

輪島市大規模火災の原因調査結果と 対策について

総務省消防庁 消防研究センター

細川 直史(ほそかわ まさふみ)

主な内容

1. はじめに
2. 輪島市大規模火災の概要等
3. 消防庁長官調査の結果
4. 対策について
5. 消防研究センターの取り組み
6. おわりに

1. はじめに

「昭和21年 警察制度審議会答申」(抄)

自治体消防の創設とともに、これを補完するものとして、中央に消防技術の向上、消防機械、資材の改善、検定、火災予防の科学的研究等を目途とする消防研究所を設置する。

「平成16年行政改革推進本部決定」(抄)

危機管理機能の強化及び行政の効率的実施の観点から、独立行政法人消防研究所の事務及び事業を消防庁に統合・吸収するに際して、緊急事態対応等公務員が担うことが真に必要な業務について厳しく精査の上、その業務を担う要員に限ることとし、移行する要員数については5割を目途に削減を行う。

消防研究センターの任務

- ① 長期的視野に基づく消防防災に関する研究開発の継続的实施
- ② **火災、危険物流出事故の原因調査**の実施と支援
- ③ **大規模・特殊災害発生時の専門家集団**としての**消防活動支援**
- ④ 消防の科学技術関係者の連携の構築と維持

2. 輪島市大規模火災の概要等

火災の概要等

(1) 火災発生日時等

- * 発生時刻: 令和6年1月1日 時分不明
- * 覚知時刻: 令和6年1月1日 17時23分
- * 鎮圧時刻: 令和6年1月2日 7時30分
- * 鎮火時刻: 令和6年1月6日 17時10分

(2) 火元建物: 石川県輪島市河井町地内

(3) 被害状況

- * 焼失面積: 約49,000m²
- * 焼損棟数: 約240棟



焼失区域（三重県防災航空隊撮影）

(4) 火元と思われる建物の状況

- * 消防隊の活動状況, 近隣住民の目撃情報等から火元と思われる建物を判定
- * 輪島市河井町の建物(木造(一部鉄骨) 2階建て, 外壁トタン張り), 築約50年

3. 消防庁長官調査の結果

火元建物の状況

- 消防隊の活動状況, 近隣住民の目撃情報等から火元と思われる建物を判定.
- 輪島市河井町の建物(木造(一部鉄骨) 2階建て, 外壁トタン張り), 築約50年.
- 1月1日16時10分頃に発生した地震による地震動(河井町で震度6強)で倒壊.

※1 河井町の地震観測点(16時10分頃に発生した地震で震度6強が観測された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輪島観測点)では, 送電停止までに最大地動加速度 963cm/s^2 (3成分合成値)の強震動が観測されている.

※2 電力会社により, 17時04分に火元建物がある地域へ試送電(送配電設備の異常の有無を確認するための瞬間的な送電)が行われたが, 異常が検知されたため, 復電には至らなかった.



焼け跡における発掘作業

出火原因

- 火元建物全体が焼失し, 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いことから, 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.
- 火災は地震発生から1時間以上経過してから覚知されており, 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.
- 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※1, 地震発生から50分余り経過した時点で火元建物がある地域へ試送電が行われたこと※2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.
- 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.

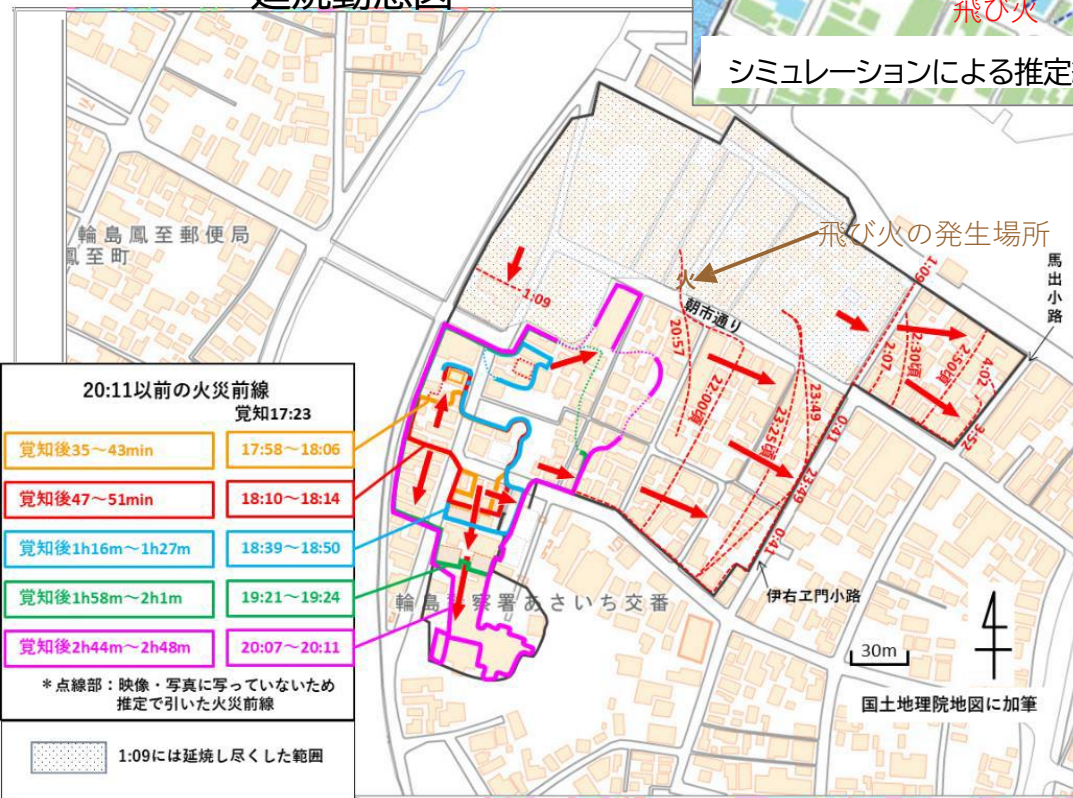
延焼動態

○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)方向の延焼速度は35m/h程度、風横(東)方向の延焼速度は20m/h程度であった。

○「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。

○北部街区の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が、シミュレーションからは、飛び火から概ね東西方向に延焼拡大したと推定される。

延焼動態図



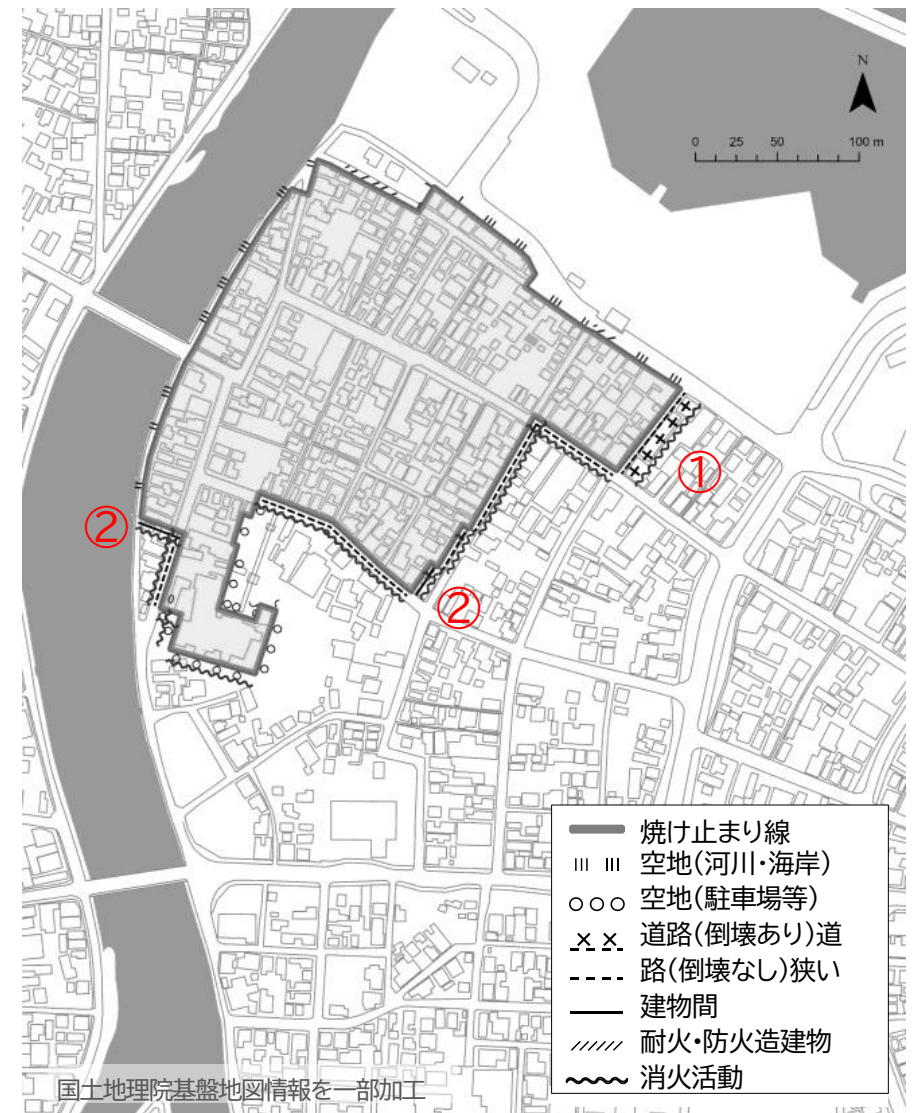
焼け止まり

○焼失範囲は輪島市河井町内にあり、焼け止まり線の周長は約1,260m、焼失面積は約49,000m²。

○焼失範囲の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。

○とくに建物倒壊で閉塞した道路(①)及び2か所の狭い建物間(②)の焼け止まりは、消火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。

焼け止まり要因

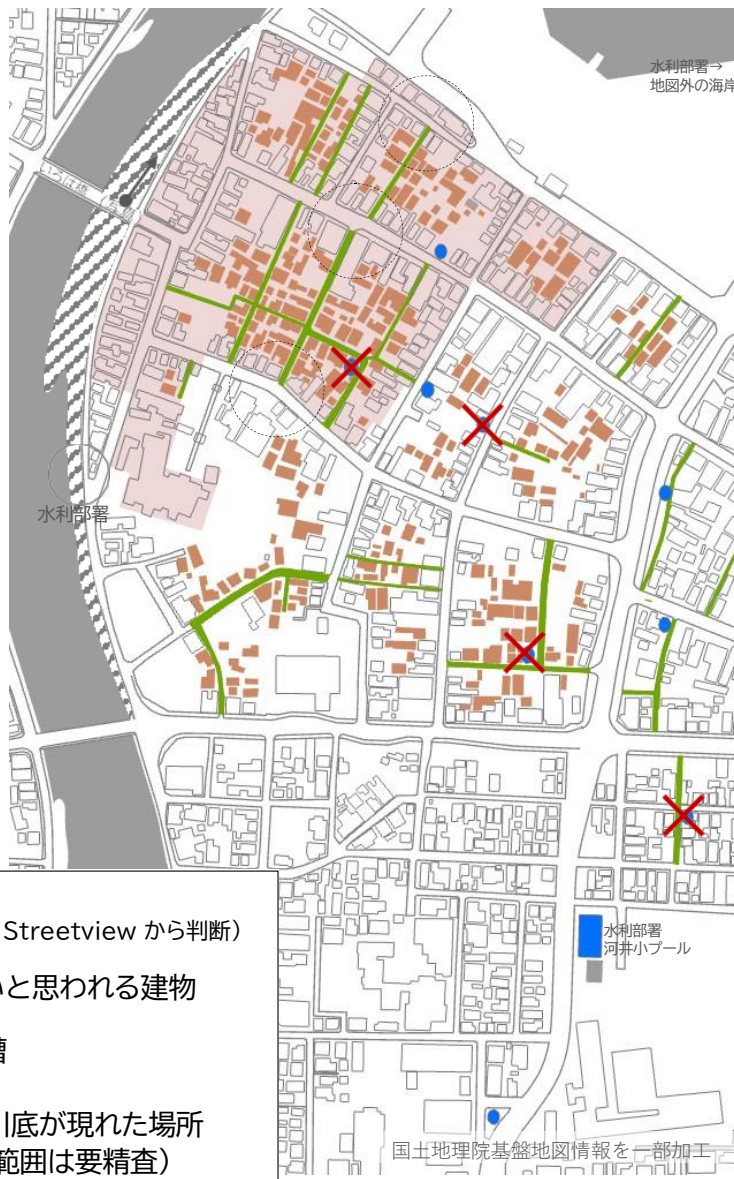


市街地の特徴・消火活動における水利の状況

○外壁面が板張りの古い木造住宅が多く見られたこと等から、焼失範囲を含む市街地の防火性は低い状況であったと考えられる。

○断水により消火栓が使用できず、建物倒壊により使用できない防火水槽もあった。また、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になるなど、消防水利が限定された状況にあったことが把握された。

市街地の状況と防火水槽



市街地火災延焼シミュレーション

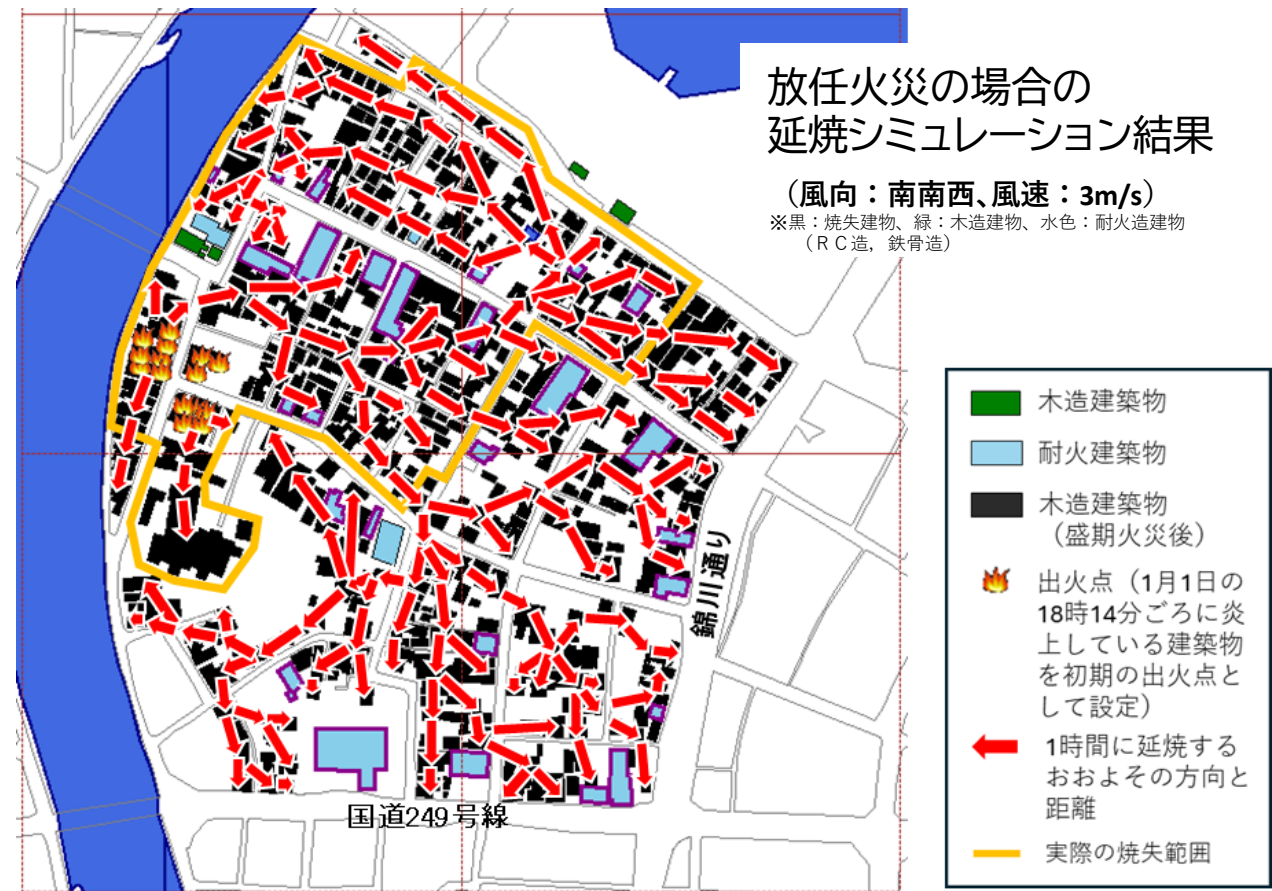
○飛び火及び延焼阻止線を突破する出火点等を設定した結果、一部の地域を除いて、映像記録に近い延焼状況を再現することができた。

○仮に消火活動が行われなかった場合、実際の被害の2倍以上にあたる約11万m²の範囲が焼失した可能性があることがわかった。

○地震により建物が倒壊して隣棟間隔が減少すると、燃え移りが早まると試算された。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った可能性があり、このことが延焼拡大要因の一つとして考えられる。

放任火災の場合の延焼シミュレーション結果

(風向：南南西、風速：3m/s)
※黒：焼失建物、緑：木造建物、水色：耐火造建物 (R C造、鉄骨造)



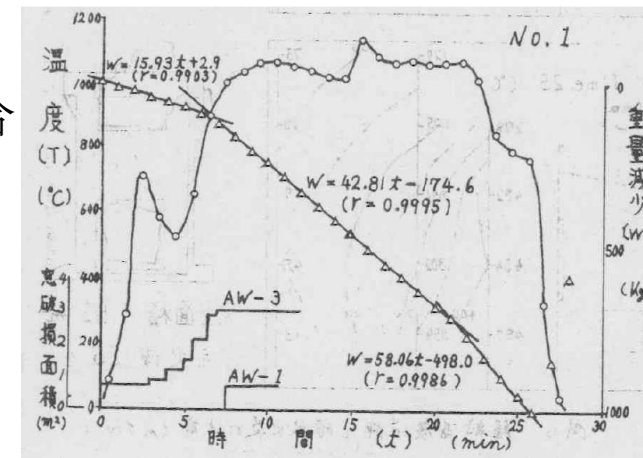
木造建物とLPガスの発熱速度の比較、LPガスボンベの安全弁

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※1)によると、

- ・6畳1間の木造住宅(10m²)1棟に、320kgの木材入れた(家具などの可燃物を想定)場合火災による**総発熱量は30~40 GJ**程度といわれている。
- ・火災で焼失したエリア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450~600 GJ**程度と想定される。
発熱速度は250~333 MW程度(火盛期の継続時間30分で計算)

それに対して、**LPガス**については、

- ・LPガスの発熱量は、49.13 MJ/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2.5 GJ**程度と想定される。
発熱速度は8.3 MW程度(安全弁からの噴出継続時間5分で計算)



火災室温度と重量減少(実験No. 1)

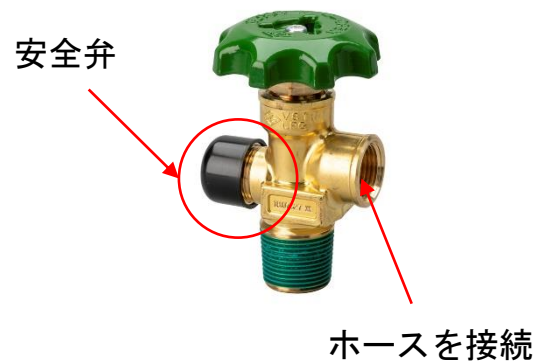
※1) 単室モデルの在来木造住宅火災実験(その1~その5), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 2377-2386, 1981

LPガスボンベの安全弁

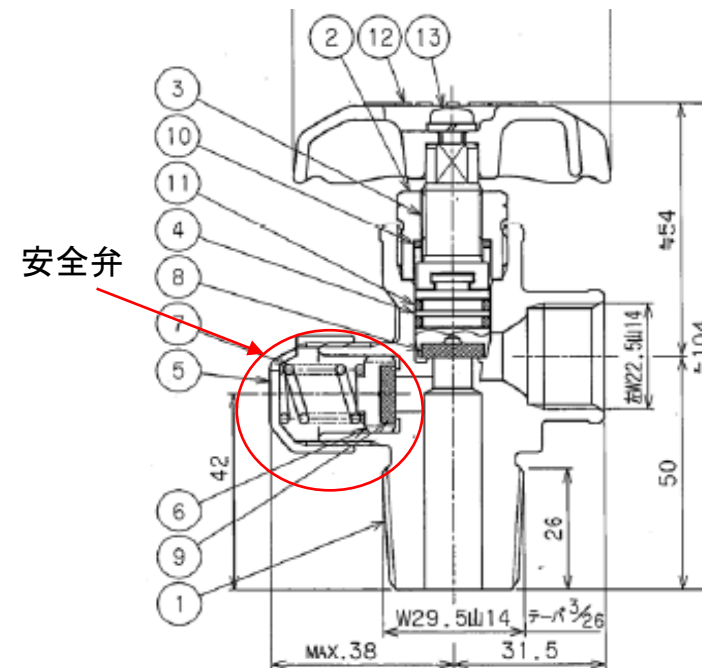
安全弁とは、高圧ガス保安法及び容器保安規則に基づき、LPガスボンベに設けられているものであり、過充てんによる液膨張、誤操作による異常高圧、火災時の熱のための内圧の上昇により作動して、LPガスを大気中に放出し、内圧を低下させる目的で使用されている



LPガス容器の設置の例



LPガス容器用弁の例



容器用弁の構造

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/>

LPガスボンベに関する現地調査について

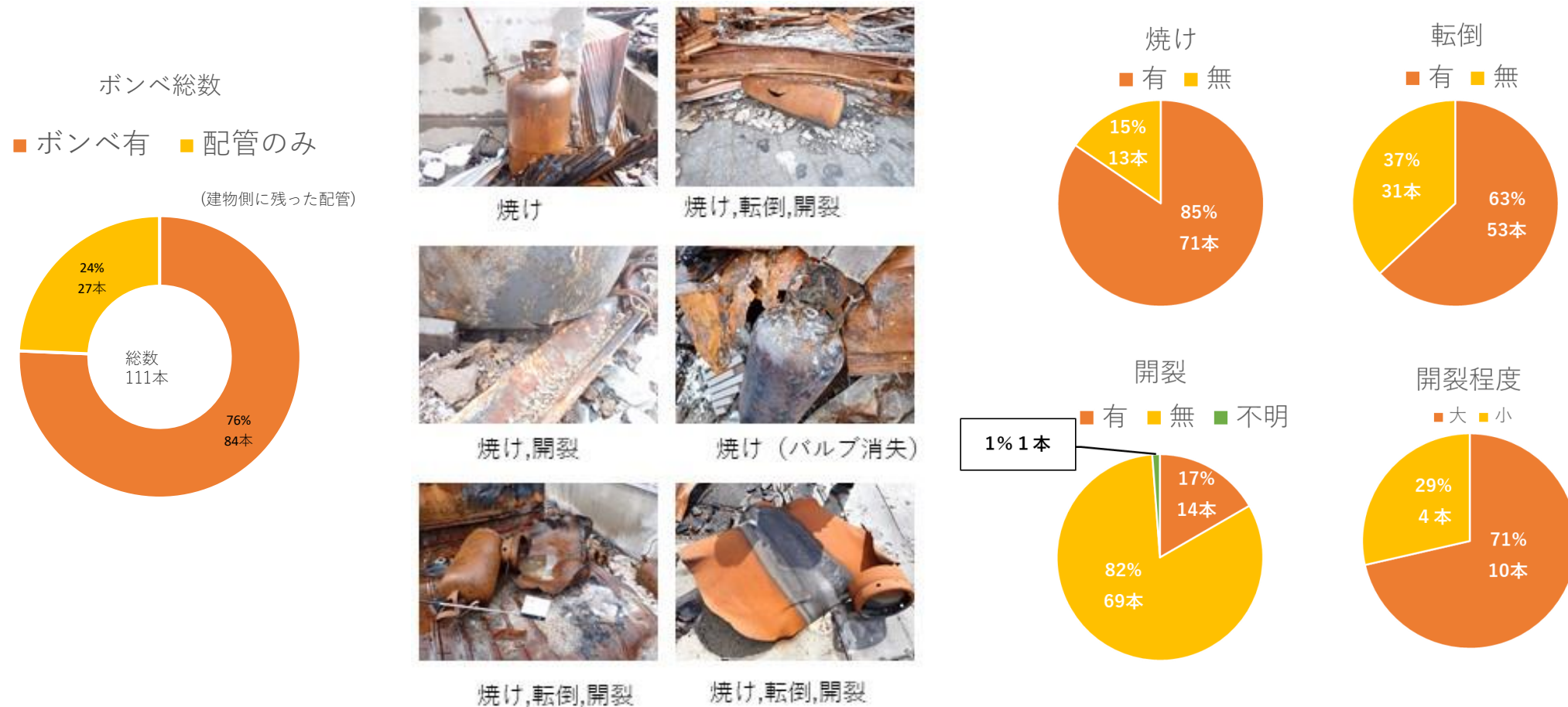
(1) 調査実施日：

令和6年3月20日（水）～22日（金）

(2) 主な調査結果

現時点において輪島市大規模火災現場に残っているLPガスボンベについて、安全弁の状況、容器の亀裂など破損状況の調査、および、消防団長へのヒアリングを行なった。

- ボンベ 84本を確認（建物側に残された配管部分のみ27本を含めると111本）

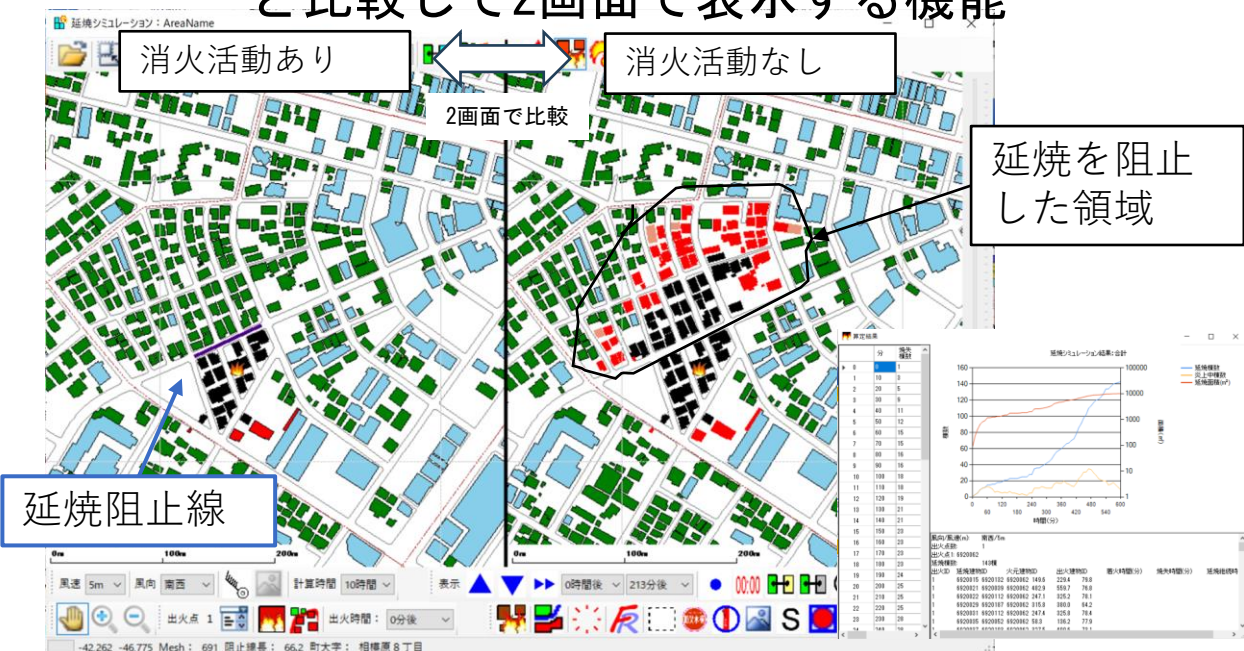


- 「自宅付近のボンベが倒れて火炎が噴出しているのを見た（安全弁が機能して時間をかけて燃焼していた）。」、「道幅半分ほど火炎が伸びていた（隣接建物に届くものではなかった）。」、「（朝市での延焼火災は）じわじわと燃焼していった。」というヒアリング結果が得られた。

以上から、LPガスが燃焼することで、延焼に一定の影響を与えたと考えられるが、木造建物の発熱速度との比較などから、大規模延焼火災に至る主要因であることを示す結果は得られなかった。

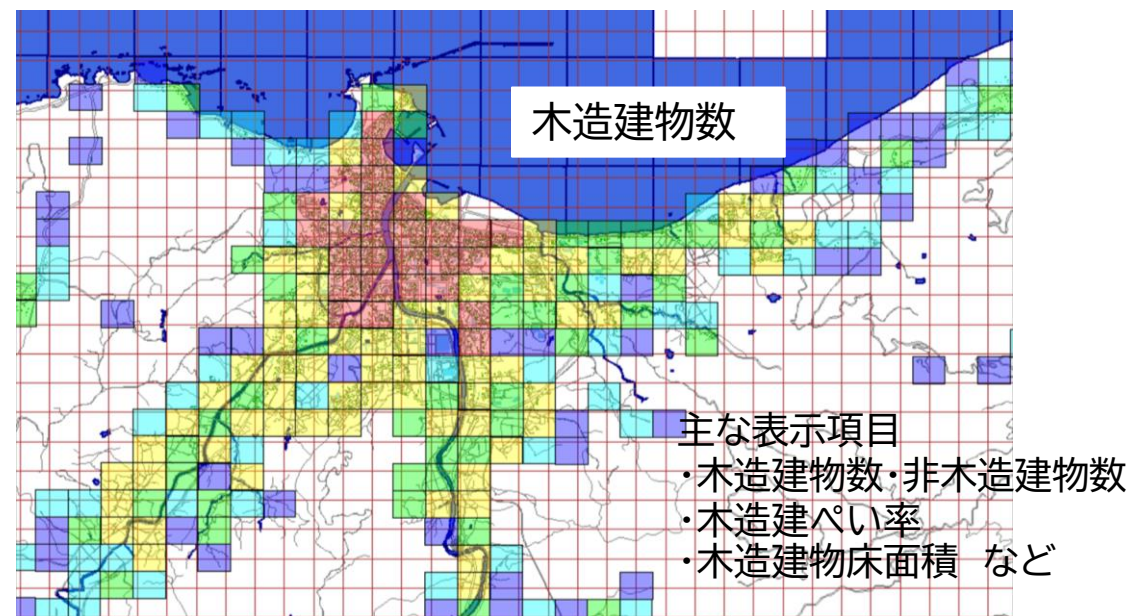
延焼阻止線

消防活動を示す延焼阻止線の効果を、消火活動無しと比較して2画面で表示する機能



建物情報の集計機能

市街地の建物情報をメッシュ（500m×500m）で集計して表示する機能（延焼リスクの高い地域を赤く表示）



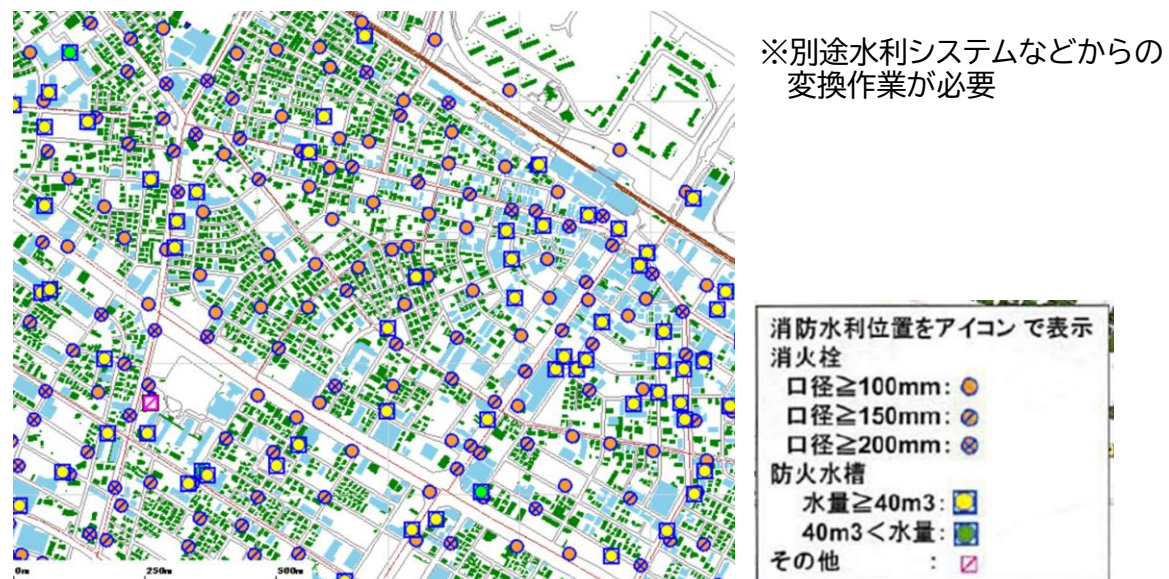
消火に必要な消防力算定機能

火面周長から必要部隊数（筒先数）を算定して表示する機能



消防水利の表示機能

消防水利（消火栓、防火水槽）をアイコン表示する機能



システムは、消防本部への提供が可能で、以下のような活用がなされている。

①市街地延焼火災に対応するための警防計画の策定



(提供 宗像地区消防本部)

消防車両の進入経路や部署位置、ホースの延長経路などの計画を事前に作成

②図上訓練

風向・風速、出火位置に基づく延焼範囲をシミュレーションによって提示し、それに応じた部隊配備など防御線の設定方法を検討して、その効果を可視化することで消防戦術の訓練を行う。

(写真提供 横浜市消防局)



③消防システムへの組み込み

指令システムや水利システムなど、消防本部の独自システムに延焼予測の機能を追加できる開発用モジュール (DLL : Dynamic LinkLibrary) が利用できる。

④防災講演会(DIG)

住民に対して居住地域の火災危険性を火災シミュレーションで示しながら、防火や防災について話し合っ理解を深める。



(写真提供 相模原市消防局)



(写真提供 横浜市消防局)

○導入コストが低い

- ・一般的な性能のWindowsPCで利用可能
- ・ソフトは、消防本部に対して消防研究センターが無償で提供
- ・建物データは、消防本部に対して消防研究センターが無償で変換
イニシャルコストが低く抑えられる。

○運用コストがかからない

- ・インストール後はスタンドアローンで利用可能で、運用コストが発生しない。
- ・建物や街区の状況が大きく変わらない限り、建物データの再入力は不要

○高速な動作

- ・任意の箇所に出火点を設定し、風向き、風の強さを入力すれば、
十数秒で計算結果が表示される。
- ・条件を変えて、何度でも繰り返し計算を行うことが出来る。

○分かりやすい操作インターフェース

- ・操作が簡単で、特別な操作研修を行わなくても、シミュレーションが利用できるようになる。

○多様な活用事例

- ・地方公共団体の「まちづくり」や、学校での「防災教育」にも活用されている

担当者： 消防研究センター 高梨、細川

連絡先： e-mail: ensyo@fri.go.jp

4. 対策について

輪島市大規模火災を踏まえた消防防災対策のあり方に関する検討会報告書【概要】



※ 撮影：三重県防災航空隊

- 令和6年能登半島地震により輪島市で発生した大規模火災について、消防法(第35条3の2)に基づく消防庁長官調査を実施
〔火災概要:焼失面積約4万9千㎡、約240棟焼損、出火から14時間後に鎮圧
火災原因: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、着火物等の特定に至らなかった。〕
- 本火災を踏まえ、今後取り組むべき消防防災対策のあり方を検討するため、消防庁及び国土交通省を事務局とした検討会を開催

明らかになった課題

- 1 条件不利地域である半島部での大規模火災
 - 道路の寸断により陸路での早期応援が困難
- 2 地震・津波発生時における沿岸部での大規模火災
 - 住民・消防職団員が避難を要することによる火災発見・通報、初期消火の遅れ
 - 地震による車両、消防団拠点施設(詰所)等消防施設の被災や管内での災害同時発生による消防力の低下
 - 断水、地盤の隆起及び津波により消火栓や自然水利の確保が困難
 - 津波警報下での津波浸水想定区域における消防活動
- 3 古い木造建物密集地域での大規模火災
 - 道路が狭隘であり、火災が発生すると延焼拡大しやすい
 - 倒壊した建物等が通行障害の原因となるとともに、道路を越えた延焼媒体となった可能性

全国消防本部への調査結果

- 1 地震・津波災害時における消防活動計画の策定状況
 - ①地震時の木造密集地域の火災防ぎよ (39%)
 - ②津波警報下における消防活動(31%)
 - ③①及び②の双方(20%)
 - ④無限水利を活用した遠距離送水(4%)
- 2 气象台との関係構築
 - 津波災害時の情報共有・連携体制等(2%)
- 3 火災予防対策
 - 地震火災の予防のための普及啓発(23%)

(※カッコ内は取り組んでいる本部の割合。ただし、1①～③は、該当地域(木造密集地域、沿岸部)が存在する本部のうち計画策定済の本部の割合)

今後の対応策

- 1 地元消防本部等の体制強化
 - 震災時の木造密集地域での活動及び津波時の浸水想定区域での活動について勘案した計画の策定等
 - 津波の状況に応じた活動のための効果的な情報収集等
 - 消防水利の確保が困難である場合等における消火方策(空中消火、延焼危険がある倒壊建物等の除去)
 - 火災の早期覚知、情報収集のためのドローン、高所監視カメラ等の整備促進
 - 消防署・消防団拠点施設(詰所)等消防施設の耐震化・機能維持
 - 消防水利の確保(耐震性貯水槽の設置促進、無限水利を活用した遠距離送水)
 - 消火活動の省力化、無人化の促進(無人走行放水ロボット、水幕ノズル、消火用ドローン等の整備)
 - 消防団の充実など地域防災力の強化
- 2 応援部隊の体制強化
 - 悪条件下での進出・活動を可能にするための、車両の小型化、資機材の軽量化
 - 空路・海路での応援部隊及び車両・資機材の投入、関係機関との連携強化
- 3 地震火災対策の推進
 - 地域における火災予防の推進(家具転倒防止対策、耐震自動消火装置付き火気設備、住宅用火災警報器、防災訓練等)
 - 大規模地震時の電気火災対策(感震ブレーカー等の普及推進)
- 4 まちづくり
 - 都市構造の不燃化や密集市街地の整備改善及び住民等の地域防災力の向上に資するソフト対策の引き続きの推進
 - 老朽木造家屋や避難・消防活動上重要な沿道の建築物等の耐震化の促進



火災の早期覚知等のためのドローン



海水利用型消防水利システム(スーパーポンパー)



悪路走行可能な小型車両

5. 消防研究センターの取り組み



消防研究センターにおける研究・開発

消防研究センターでは、5か年の研究計画を基に研究開発を実施している。一方で、災害の発生などにより緊急に研究開発を実施する必要性が生じた場合は、5か年計画の途中でも新たな研究開発を開始している。

1. 災害時の消防力・消防活動能力向上に係る研究開発

- ①土砂災害など自然災害時の現場対応型情報収集システムと情報分析・評価手法の開発
- ②自力避難困難者の避難に関する研究



2019年東日本台風相模原市牧野の崩壊



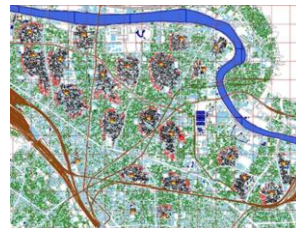
自力避難困難者の避難訓練の様子

2. 市街地火災による被害を抑制するための研究開発

- ①超高齢・人口減少社会の火災発生予測と対策
- ②消防力と消防水利の変化が延焼被害等に及ぼす影響の評価
- ③火災旋風の発生予測



火災旋風の実験



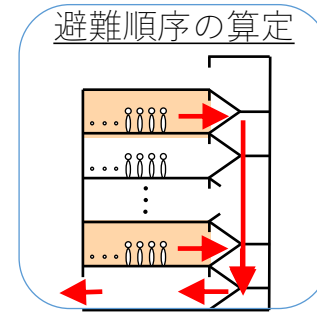
市街地火災延焼シミュレーション

3. 火災原因調査と火災避難の高度化に関する研究開発

- ①火災原因調査の高度化に関する研究
- ②高層建築物順次避難における避難順序算定方法



火災で発生する電気溶融痕の例



4. 危険物施設における火災等事故・地震災害を抑制するための研究

- ①石油タンクの地震被害予測の高精度化のための研究
- ②製造・貯蔵工程における化学物質等の火災危険性の評価方法の研究



石油タンクの全面火災（2003年十勝沖地震）

5. 消火活動困難な火災に対応するための消火手法の研究開発

大規模倉庫火災など、消火活動が極めて困難な火災に対応することを目的とした泡消火技術などの消火手法の研究開発



令和2年4月宮城県岩沼市で発生した大規模物流倉庫火災

6. 地下タンクの健全性診断に係る研究開発

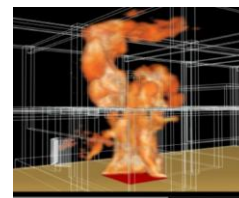
ガソリンスタンドなどに設置されている地下タンクが将来継続して使用可能か否の健全性を適切に判断するための腐食劣化に関する評価手法の研究。



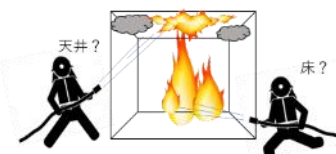
地下タンクの事故事例

7. 消防職員の消火活動時における殉職・受傷事故を防止するための研究開発

- ①放水や建物構造を考慮した火災シミュレーション技術
- ②火災状況に応じた消防隊の放水方法



火災シミュレーション



消防隊の放水方法

8. 感染拡大期を含む救急出動要請件数増大期における救急搬送時間短縮手法

無症状者を含む新型コロナウイルス感染者を救急搬送する際の感染拡大防止対策及び、感染拡大期を含む救急出場要請件数増大期における救急搬送時間短縮手法の研究



感染防止対策を講じた救急車のイメージ

最近の長官調査・原因調査支援の事例

(1) 村上市製菓工場の火災 (令和4年2月)

※長官調査



工場外観



工場内部の焼損状況

(2) 大阪市雑居ビルの火災 (令和3年12月)

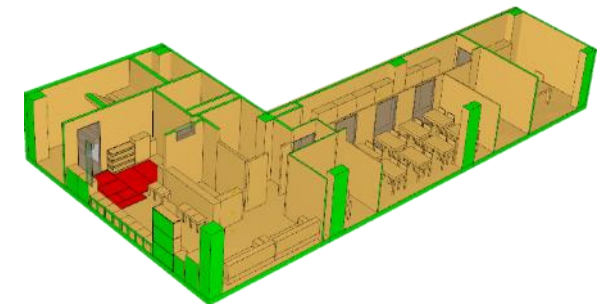
※長官調査



雑居ビル外観



火災シミュレーションモデル



出火階のモデル

(3) その他の火災・事故

<原因調査支援件数>

- 令和5年度 124件
- 令和4年度 142件
- 令和3年度 132件
- 令和2年度 136件



厚木市消防本部撮影

厚木市駐車場火災
(令和5年8月)



大阪市倉庫火災
(令和3年12月)



鉄道変電所火災
(令和3年10月)

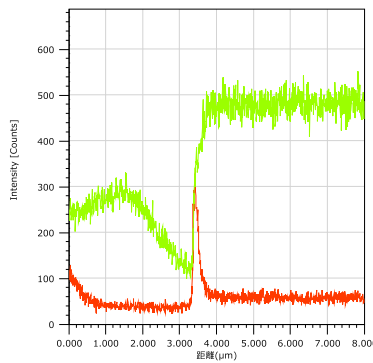
鑑識・鑑定用資機材の活用

- X線CT撮影装置、粒度分布測定装置を導入。
- 燃烧残渣の成分分析、焼損物件の元素分析、プラスチックなどの焼損品の素材特定などを実施。
- 鑑識・鑑定の結果は、長官調査や消防本部の火災調査書に活用されている。

電子顕微鏡 (R2当初予算で調達)



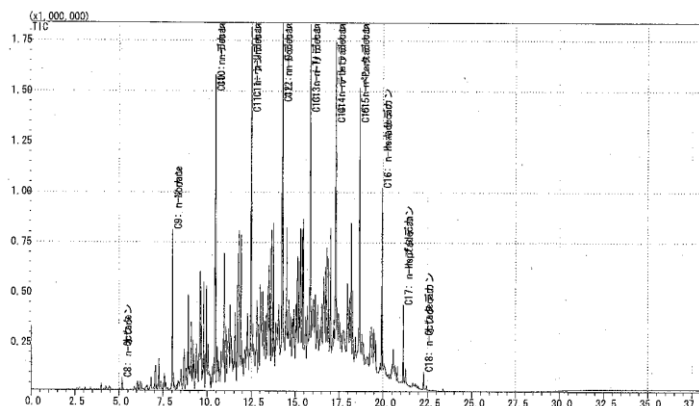
電線溶融痕の観察画像



溶融痕表面付近の銅と酸素の元素分布
表面にごくわずか酸化銅が存在することがわかる。

ガスクロマトグラフ質量分析装置

(R2補正予算で調達)

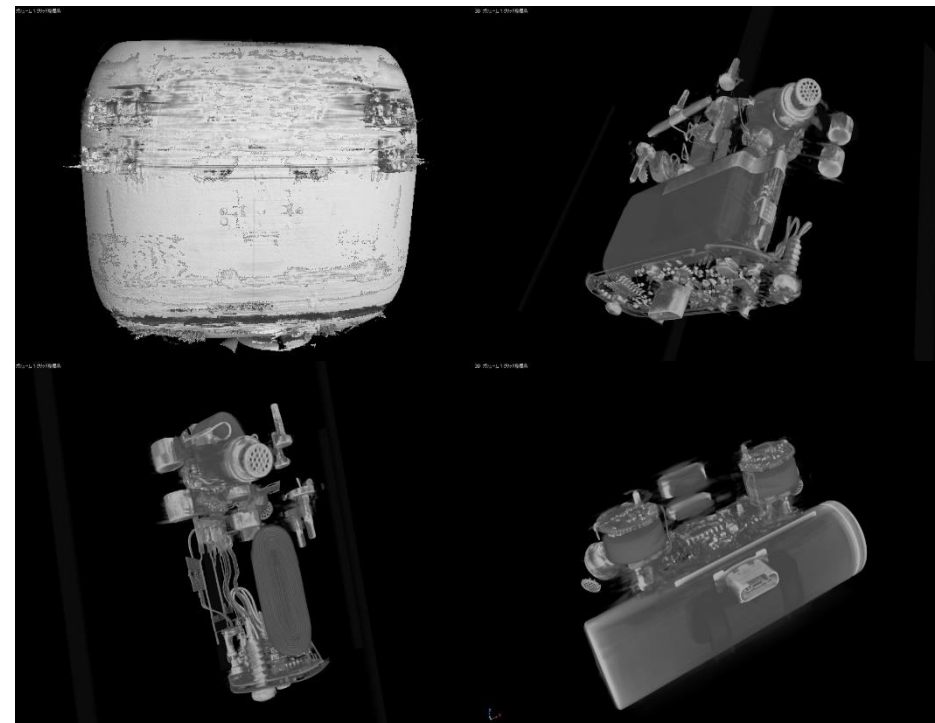


未燃烧軽油のクロマトグラム

X線CT撮影装置 (R3補正予算によりR4年度に調達)



焼損した試料の内部観察を非破壊で行うことが可能



ワイヤレスイヤホン本体と内部のX線CT撮影像

最近の消防活動支援の事例

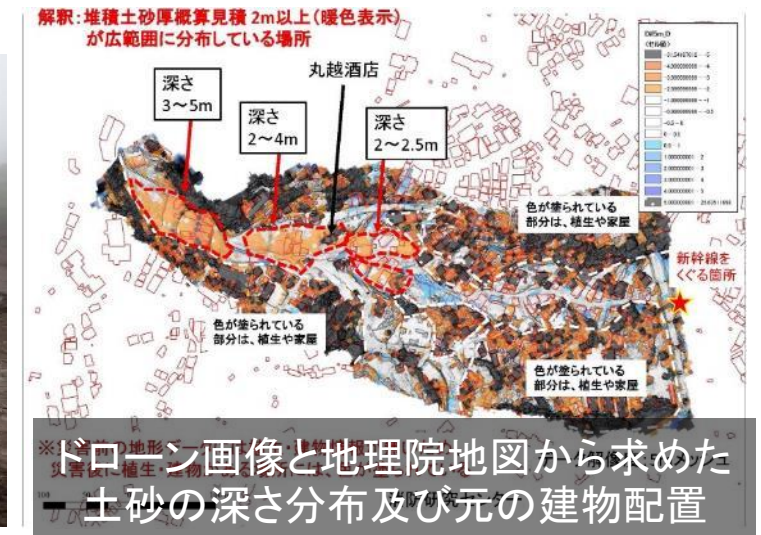
○「大阪市此花区倉庫火災」 (令和3年11月)

大阪市此花区倉庫火災の消火活動現場において、火災性状や消火方法に関する技術的支援を行った。



○「熱海市土石流災害」 (令和3年7月)

土石流の災害現場での検索救助活動において、救助隊への安全管理に関する技術的支援を行った。あわせてドローン画像による地図を作成した



○「令和2年台風10号災害」 (令和2年9月)

斜面崩落現場(椎葉村)での検索活動に対する消防庁派遣チームに参加し、ドローンの活用に係る技術的助言を行った。



一般公開(実開催+オンライン開催)

消防研究センター、消防大学校、日本消防検定協会、(一財)消防防災科学センターで開催している。次回は、令和7年4月18日(金)の実開催と、動画公開を中心としたオンライン開催を予定している。

実開催の様子(一部)

自然災害に対する消防活動のための研究開発の紹介



情報収集分析車(土砂災害等の災害時に現地で情報収集分析に利用)を展示

小型模型を使用した爆発実験



引火点の低い可燃性液体(エタノール)や液化石油ガスを小型の密閉容器内で気化させることによって容器内を可燃性予混合気で満たした後、可燃性予混合気に着火することにより、火炎の伝ぱする様子を示す実験を実施

オンライン開催画面(一部)



第71回 全国消防技術者会議

令和6年11月21日(木)～22日(金)に「全国消防技術者会議」

東京都三鷹市公会堂(光のホール)で開催。

https://nrifd.fdma.go.jp/public_info/gijutsusha_kaigi/gijutsusha_kaigi_72th/index.html

なお、発表のうちHPで公表可能なものについては、後日動画配信を予定。



開会挨拶



特別講演



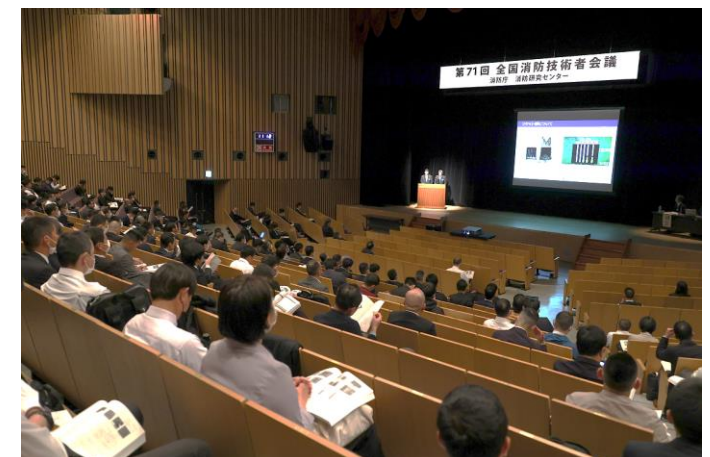
消防防災講演会



消防防災科学技術賞 表彰式



展示発表



口頭発表

情報発信の強化

令和3年11月に開始した、消防研究センターホームページ「ライブラリー」で研究紹介などの動画を配信中。

ご視聴は⇒

消防研究センター ライブラリー

Click!

消防庁ホームページ

消防防災における科学技術の研究・開発

消防防災オープンイノベーション協働ラボ

消防防災科学技術の高度化を産学官における消防防災関係者の力を結集して推進するため、「消防防災オープンイノベーション協働ラボ」を消防庁ホームページに開設しました。消防防災研究にぜひ活用してください。

<目次>

- 消防防災に関する研究開発
 - 消防研究センター
 - 消防防災科学技術研究推進制度（競争的研究費）
 - 消防機関等（消防防災科学技術費）
- 産学官連携の推進

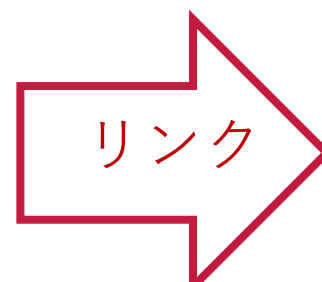
消防防災に関する研究開発

<消防研究センター>

消防庁における消防の科学技術の研究・開発は、消防研究センターを中心として実施しており、消防行政及び消防職員の活動を科学技術の面から支えることを目的とした研究・開発を行っています。

【注目研究】写真をクリックすると概要を見ることができます。

- 石油タンク火災の泡消火実験
- 火災を再現するシミュレーション技術の紹介
- 原因調査技術に関する研究の紹介



ライブラリー

【動画】消防研究センターの研究開発

- 石油タンクの安全性研究開発の紹介
- 火災を再現するシミュレーション技術の紹介
- 原因調査技術に関する研究の紹介
- 火災旋風の実験
- 身近にある製品の爆発実験
- 救急車・指揮車用 100V対応LEDの研究開発
- 消防ロボットシステム
- 軽油の燃焼性状
- ウレタン火災の危険性
- 原因調査室の業務
- 石油タンク火災の泡消火実験
- 煙層中に及ぼす金属粒子による床の炭化

消防研究センターホームページ

5. おわりに

- ・消防活動が困難な場合の木造密集地域の火災延焼リスクが改めて認識された。
→首都直下・南海トラフ地震などの巨大地震に備え、出火防止など火災対策を更にすすめる必要がある。
- ・消防活動が困難な火災に対応するために、消火活動の省力化、無人化が求められている。
→技術的に難しい課題であっても、研究開発を継続して、実用化を目指す必要がある。
- ・電気に起因する火災の発生率が増加し、さらに、メガソーラー発電所やバイオマス発電所での爆発・火災事故が増えている。
→エネルギー供給の安定化も含め、安全で高度化されたDX・GX社会の推進において、火災原因の究明と事故再発防止の取組み不可欠である。