

地震対策・対応の今

目 次

- 第 1 章 地震対応におけるリモートセンシング技術の最新動向・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
山崎 文雄（株式会社 大崎総合研究所 フェロー）
- 第 2 章 我が国の危険物施設の地震対策概観・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 7
座間 信作（横浜国立大学 総合学術高等研究院 リスク共生社会創造センター客員教授）
- 第 3 章 能登半島地震における地震火災 ―消火栓による消防水利の観点から―・・・・・・・・ 19
鋤田 泰子（神戸大学大学院 工学研究科 教授）
- 第 4 章 令和 6 年能登半島地震における応急対策職員派遣制度の運用等について・・・・・・・・ 27
伊藤 哲也（総務省自治行政局公務員部応援派遣室 室長）
- 第 5 章 ロボット技術を活用した防災・災害対応・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 37
奥川 雅之（愛知工業大学 教授）
- 第 6 章 自治体の危機管理と災害対策の標準化 ―業務継続計画と受援計画・・・・・・・・ 49
中邨 章（明治大学 名誉教授）
- 第 7 章 令和 6 年能登半島地震における輪島市大規模火災があらためて喚起した課題・・・・ 61
関澤 愛（NPO 法人日本防火技術者協会 理事長）

第 1 章

地震対応における リモートセンシング技術の最新動向

株式会社 大崎総合研究所 フェロー
山崎 文雄

1. はじめに

リモートセンシングは、光、熱、マイクロ波などの電磁波を用いて、宇宙や空中より地表や大気の状態を把握する技術であり、代表的なものが人工衛星からの気象や陸域の観測である。以前は、衛星センサの空間分解能が最大で30m程度であったこともあり、衛星画像は主として資源探査や環境把握に使われていた。防災分野における利用に関しては、大規模な地盤災害や、堪水が長期に渡る大陸型洪水の把握などに限定されていた。

1995年兵庫県南部地震以降、リモートセンシングの防災利用が大きく拡大したのは、センサとプラットフォーム（衛星、航空機など）の技術革新に負うところが大きい。センサとしては、光学（可視・近赤外）センサ、マイクロ波センサ（合成開口レーダ：SAR）、熱赤外センサなどが代表的なもので、近年これらの空間分解能が大きく向上した。また、センサが観測対象に向きを変える機能が備わり、災害を観測できる頻度が大幅に向上した。全天候型のSAR衛星が増えたことも、利用拡大の一因である。一方、プラットフォーム（図1）としては、無人航空機（ドローン、UAV）の進化と利用拡大が目覚ましい。

本報告では、最近の我国の地震災害を例に、

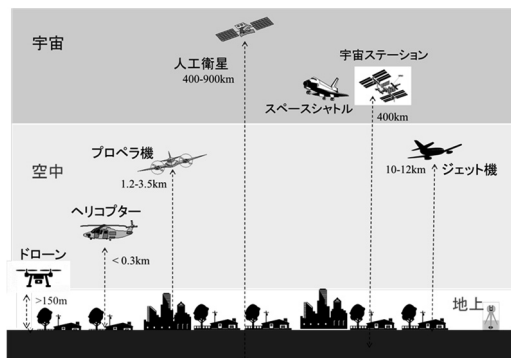


図1 リモートセンシングの各種プラットフォーム

リモートセンシングの防災分野における最新動向と今後の展開について解説する。

2. 衛星光学センサの利用

従来の光学衛星はLandsatシリーズに代表される中解像度センサが主で、防災利用に関しては、市街地の火災延焼や浸水範囲を把握できる程度であった。しかし2000年以降、空間分解能1m以下の高解像度衛星が次々に登場し、建物1棟単位の被災状況の観測も可能となった（図2）。現在は、SPOT-6, 7, GeoEye-1, WorldView-1-4など、多数の高解像度光学衛星が稼働している。これらの多くは、可視光3バンド（RGB）と近赤外（NIR）バンドを有しており、解像度0.3m - 1.5m程度のマルチスペクトル画像を生成することができる。光学画像の最大の利点は、写真と同じように誰にでも分かりやすく、目視により容易に状況を把握できる点にある。

近年、各国の宇宙機関と災害対応機関は、大災害時の衛星画像の利用に関する協定「災害国際チャータ」を締結し、観測データは被災国の緊急対応や国際的な救援・支援活動に利用されている。また、災害国際チャータのアジア・太平洋版ともいえるのが、JAXAが提唱し、2006年に発足したセンチネル・アジアであり、現在も頻繁に発動されている。

2024年1月1日の能登半島地震の発生時に

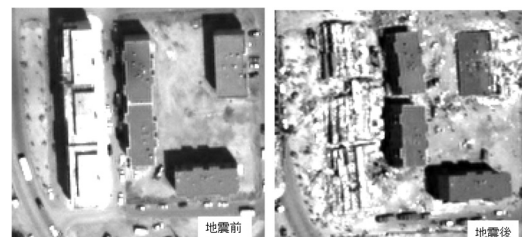


図2 2003年アルジェリア地震前後のQuickBird光学衛星画像の比較（左：地震前、右：地震後）



図3 災害国際チャータに提供された輪島市中心部の地震翌日の高解像度光学衛星画像

は、内閣府の要請で災害国際チャータが発動され、欧米の高解像度光学衛星が被災地域を観測した。図3は、筆者らが解析し災害チャータに提供した輪島市中心部の地震翌日のGeoEye-1衛星画像であるが、朝市通り周辺が火災で全焼し、いまだに煙が上がっている様子や、拡大すれば横倒しになったビルや倒壊家屋も明瞭に判読できる。

このように、光学衛星は広域災害における面的な被害状況把握に多用されるようになった。とくに交通や通信のアクセスが困難な地域の状況を知るために、重要性が高まっている。

3. 衛星 SAR の利用

SAR は衛星搭載のアンテナから能動的にマイクロ波を照射し、地表からの反射波を観測する仕組みのため、昼夜を問わず使用できる。またマイクロ波は、波長が長いので雲や煙を透過し、悪天候下や火災時でも地表の様子を撮影できる強みがある。現在稼働中の衛星 SAR センサは、JAXA の ALOS-2 衛星搭載の PALSAR-2、欧州宇宙機関の Sentinel-1、それに商業用高分解能衛星であるカナダの Radarsat-2、ドイツの TerraSAR-X、イタリアの COSMO-SkyMed などが代表的なものである。PALSAR-2 の先代の PALSAR は、2006 年以降、

世界各地の地震、風水害、火山噴火などの状況を観測し、2011 年東日本大震災でも地殻変動や津波被害の把握に貢献した。2014 年より稼働している PALSAR-2 も、2015 年ネパール地震、2016 年熊本地震、2018 年北海道胆振東部地震、2023 年トルコ地震などの被災状況を捉えてきた。2024 年 7 月 1 日には、PALSAR-3 を搭載した ALOS-4 衛星が打ち上げに成功し、今後の活躍が大いに期待されている。

能登半島地震においては、PALSAR-2 が地震発生日以降、様々な観測条件で被災地域の観測を行った。同じ撮影条件による事前・事後観測の SAR 画像ペアの差分干渉処理やピクセルオフセット解析によって、衛星視線方向の地殻変動を求めることができる。さらに 2 つの異なる撮影条件から求めた地殻変動量を組み合わせると、疑似的な 3 次元地殻変動量を求めることもできる (図4)。

国土地理院が全国 1,300 ヶ所に設置する電子基準点においては、米国の GPS などの全球測位衛星システム (GNSS) からの信号を処理することで、精密な地殻変動量を連続的に観測できる。また、地震計記録の積分処理により、地震観測点における地殻変動量を計算することも可能である。しかしこれらの方法で

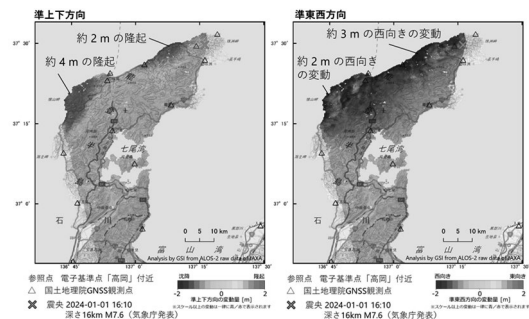


図4 国土地理院が ALOS-2 衛星画像から求めた能登半島地震の地殻変動量 (左: 準上下方向, 右: 準東西方向)

は観測点における時刻歴地殻変動は求まるが、その面的分布は求まらない。衛星 SAR による地殻変動分布の推定は、これらの欠点を補完する役割を果たすことができる。

このほかにも衛星 SAR は、全天候型で夜間観測も可能な特性を生かして、津波・洪水災害による浸水域の抽出や、土砂災害、建物や道路・インフラの被害把握などにも利用が広がっている。図 5 は東日本大震災による津波で流出した橋梁の地震前後の SAR 強度画像のカラー合成と事後の航空写真を比較しているが、津波による浸水域に加えて、橋梁の流出により、マイクロ波の後方散乱が低下した様子などを読み取ることができる。

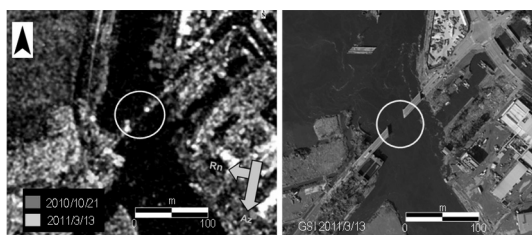


図 5 東日本大震災の津波で流出した宮城県定川大橋の TerraSAR-X の地震前後の後方散乱強度カラー合成(左)と国土地理院による事後航空写真(右)の比較

4. 航空レーザ計測の利用

空中からのリモートセンシングで最近重要性が高まっているものが、航空レーザ計測である。航空機にスキャン式レーザ測距儀と GNSS 受信機を搭載し、基準点データと照合することでセンサ位置を求め、航空機の姿勢計測装置(IMU)によって照射方向を高精度に把握する。照射レーザ光が地表面から反射して戻ってくるまでの時間を計測して対地距離を求め、これらからレーザ光の地上測点の位置情報(緯度、経度、標高)を取得する仕組みである。航空レーザ計測で取得されたデータ

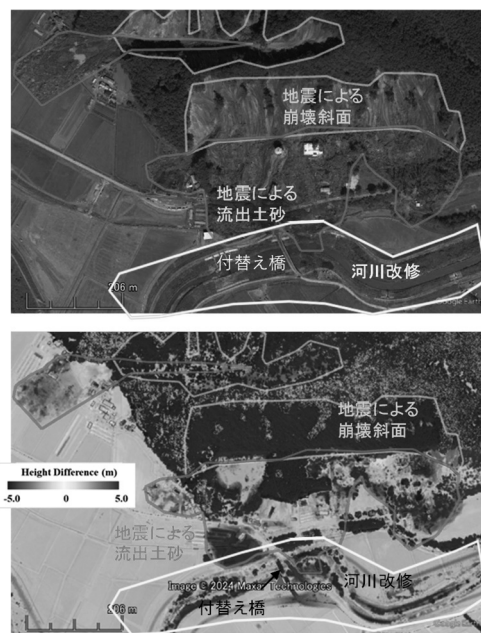


図 6 厚真町富里浄水場付近の地震後光学画像(上)と航空レーザ計測による DSM 差分(下)の比較

を補間した地表面モデルは、DSM(数値表面モデル)と呼ばれ、樹木や建物等を含む地表面の位置情報である。一方、DSM からこれらの地物を除去したものは DEM と呼ばれる数値標高モデルである。

2018 年北海道胆振東部地震で大きな被害を受けた北海道厚真町では、2006 年に河川管理のための航空レーザ計測が行われ、地震後の 2018 年と 2021 年にも高密度航空レーザ計測が行われた。図 6 には開業すぐの浄水場が斜面崩壊に巻き込まれた富里地区における地震後の光学画像(Google Earth)と 2006-2018 年間の DSM 差分を示す。光学画像からは、浄水場の後背斜面が大きく崩壊し土砂が流出した様子が分かる。DSM 差分からも崩壊および堆積土砂の範囲と体積を計測できる。また、地震前の河川改修と橋の付替えの様子も観察される。このように、複数時期の航空レーザ計測データを比較するによって、インフラ施設の整備や地震被害の状況を 3 次元的に高精度に把握することが可能となった。

5. ドローン空撮の利用

近年、ドローンの高性能化・小型化が進み、人の立ち入りが困難な箇所での効率的な情報収集手段として、様々な分野で急速に活用され始めている。災害調査においては、有人機では困難な数十メートル程度の低空から高細密な画像が取得できる点や、機動性の高さ等から、本格的に利用されるようになった。一方で、安全やセキュリティ上の問題事例が多発し、人口密集地域や空港周辺などの飛行が厳しく規制されるようになった。

能登半島地震では、直後に奥能登地域は緊急用務地域に指定され、ドローンは災害対応機関による孤立地域の物資輸送や情報収集に活用された。図7は、規制解除後の2024年3月に珠洲市飯田港付近を撮影したドローン空撮の画像である。津波で転覆した漁船がまだ港内に残されており、被害を受けた港湾施設の様子も観察することができる。

さらに近年、SfM (Structure-from-Motion) と呼ばれる3次元モデルの構築法が普及しつつある。SfMでは、カメラ視点を変えながら撮影した複数枚の画像から、対象物の3次元幾何形状とカメラ位置を同時に算出する。この技術を適用して、正射投影画像やDSMなどの作成が容易となった。

このようにドローンは、災害時における情報把握や救援活動において今後ますます重要な手段となっていくであろう。

6. まとめ

リモートセンシングの地震防災分野における利用について、最近の地震による実例を示し、今後の動向を解説した。衛星センサか



図7 ドローン空撮による珠洲市飯田港の様子

らは、広域における地殻変動や被害分布、さらには復旧・復興状況の把握までも可能になった。航空レーザ計測からは、構造物被害や地盤災害の詳細な面的分布も捉えることができる。さらに無人航空機は、アクセス困難な被災個所の詳細な状況把握や物資輸送にも利用されるようになった。

今後も、我国を含む世界各地で地震や風水害などの自然災害が多発するであろう。急速に進歩するリモートセンシング技術を災害対応に有効に利用することが、我々に課された大きな課題といえよう。

参考文献

井上和樹、劉ウエン、山崎文雄 (2017). 高分解能衛星 SAR 画像の変化抽出に基づく津波による橋梁被害把握、日本地震工学会論文集、17 (5)、pp. 48-59.

国土地理院 : https://www.gsi.go.jp/uchusokuchi/20240101noto_insar.html (2024. 9. 20 参照)

災害国際チャータ : <https://disasterscharter.org/web/guest/-/charter-activation-for-noto-earthquake-in-japan> (2024. 9. 20 参照)

山崎文雄、劉ウエン (2024). 2018年北海道胆振東部地震における多時期航空レーザ計測データを用いた厚真町の被害と復旧・復興状況の把握、日本地震工学会論文集、24(5)、pp. 307-320.

第 2 章

我が国の危険物施設の地震対策概観

横浜国立大学 総合学術高等研究院
リスク共生社会創造センター客員教授
座間 信作

1. はじめに

2024年早々に、能登地方を震源とするマグニチュード (M) 7.6 の地震が発生した。この地震では輪島市などで震度7を、七尾市などで震度6強を観測するなど、極めて強い地震動が広範囲にもたらされた。また、長周期地震動についても最大階級4を志賀町等で観測している。更に1927年北丹後地震 (M7.3) と同様に震源域が海域まで広がったことから津波が発生し、新潟県上越市で最大5.8mの遡上高となった¹⁾。

この地震による危険物施設等の被害としては、小規模火災 (直後鎮火)、スロッシングによる浮き屋根上への油の流出、内部浮き蓋シールの破損、小規模タンクの座屈、液状化による小規模な窒素・水タンクの傾斜などで、甚大な被害にはならず済んでおり、長年の危険物施設に対する地震対策の成果が表れたといえる。

地震等災害への対策の実効性の高さは、何といても行政措置によるものであろう。危険物施設の耐震基準については、1948年7月24日に公布された消防法 (昭和23年法律第186号) に危険物の章が設けられているが、具体的内容は市町村条例で規定されるというものであった。これに対し、1959年「危険物の規制に関する政令 (昭和34年政令第306号)」に基づく危険物の規制が実施され、危険物の扱いが全国統一された。ただし、当時は地震に関する知見が乏しかったこと等から、その後の被害・事故の教訓、建築・土木などの関連分野での耐震研究成果を踏まえ、危険

物施設の被害形態、特殊性を勘案し、その都度法改正がなされてきた。

以下では、我が国の危険物施設の地震対策を考える上で特に重要な1964年新潟地震における被害に焦点をあて、それらを踏まえた耐震対策の変遷と今後その発生が危惧されている南海トラフ地震等大規模地震への対応のありようについて考える。

2. 1964年新潟地震 (M7.5) による危険物施設の被害と教訓²⁾

丁度60年前に発生したこの地震では、新潟市内の危険物施設において、液状化、津波、強震動 (特に長周期地震動) の影響を複合的に受け、市内約1,500の危険物関係施設の多くに被害をもたらした。特に昭和石油新潟製油所では2件の火災が発生し、容量500kL未満の小規模タンクから45,000kLの大型タンクまで169基のタンクのうち149基が焼損するという極めて甚大な被害が生じた²⁾。

上記火災のうち、地震直後に発生した5基の原油タンク火災は、内容液が大きく揺動しタンク側板を超えて溢流した時に着火したもので、タンク全面火災、防油堤火災と発展し、さらに破損したレンガ積み防油堤から工場周辺の住家18棟にも延焼した (図1)。



図1 当日14時頃に撮影された昭和石油新潟製油所の状況（弓納持福夫氏撮影（地盤工学会管理）³⁾）に加筆

2 件目の火災は、地震の約 5 時間後、昭和石油旧工場と三菱金属鉱業工場との境界付近から発生した。原因は、液状化に伴う配管損傷による油の大量流出（図 1 のガソリンタンクなど）、液状化による噴水および津波浸水による油類の浮遊拡大という極めて危険な状態の中で、保管されていた金属（おそらく鉄粉）が海水と接触したことにより自然発火したとの見方が有力である。

延焼拡大中にボイルオーバーが度々発生し、消火活動もままならず、辺り一面が火の海と化した。被害は全体で、焼損面積 235,000 m²、消失建物面積 57,282 m² 損害額 31.8 億円、罹災世帯 347 全焼であった。なお、これら 2 件の火災での死者は幸いにもなかった。

消防庁による調査報告書²⁾では、被害の甚大さに鑑み石油製精工場及び油槽所等に焦点をあて、今後検討されるべき課題を以下のようまとめている。

- 1) 位置（危険物施設と民家等の距離、工場内における施設の配置）
- 2) 構造（タンク、装置等の基礎・地盤、タンクの構造（本体の強度、規模、浮き屋根、シール構造、ドレインパイプ））
- 3) 防油堤（構造、容量、防油堤とタンクとの間隔、防油堤を貫通する配管の設置方法、排水口設置方法等）
- 4) 設備（消火設備（消防用ポンプ室、消火配管、タンク消火設備、消火薬剤と消防用水）、配管（タンク関係の配管、工場外部の配管）、電気設備）

そもそも地震の発生メカニズムさえよく分からなかった当時としては、これら諸課題に対して回答を与えることは全く困難であり、その後の地震等災害の経験や新たな知見に基づき、危険物の規制に関する技術基準等が整備され、今日に至っている。

3. 新潟地震の被害を踏まえた対策と効果

新潟地震で危険物施設等被害を与えたハザード（液状化、長周期地震動、津波）に着目して、その後の検討、対策、その効果について示す。

3. 1. 液状化

広範囲に認められた液状化に対しては、1977 年に危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示（昭和 49 年自治省告示第 99 号）の中で地盤を構成する地質の制限として、その対策が明確化された。1977 年前に設置されたいわゆる旧法タンクに対しては、

その後様々な対策工法が確立され、例えば消防危第 73 号 (1994 年) では注入固化工法、地下水位低下工法、地盤のせん断変形を抑制する工法等が示され、消防危第 99 号 (1995 年) では容量 1,000 kL 以上の特定屋外貯蔵タンクの地盤の液状化の対策工法に関する判断基準等が定められた。その効果は、例えば、2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) において、千葉県浦安市から千葉市にかけての埋め立て地盤などで多大な液状化被害を受けたが、同じ東京湾岸の埋め立て地にある石油コンビナートにおいて、対策が施されていたタンクヤードでは地盤変状がなく済んでいる。一方で、対策の対象外である構内道路で地盤沈下や噴砂が発生しており、地盤改良の有無によって液状化発生に明瞭な違いが生じ、対策の有効性が示された⁴⁾。

3. 2. 強震動 (短周期)

タンク本体の耐震性についても、1978 年宮城県沖地震等の経験を踏まえ、特に短周期地震動に対してはその安全性の向上が図られてきた。即ち、自治省告示第 119 号 (1983 年) では、内容物とタンク本体との連成を考慮した修正震度法が採用され、また自治省告示第 129 号 (1994 年) では終局強度設計法を取り入れ、保有水平耐力によってタンク隅角部の耐震強度を評価することとされた。その成果としては、例えば 2018 年北海道胆振東部地震 (M6.7) において、震源断層から約 20 km にある石油備蓄基地において 3 成分合成で約 1,600gal もの大加速度が観測されたものの、タンク本体には何ら問題がなく⁵⁾ 十分な耐力

を有していることが示されたことが挙げられる。

3. 3. 長周期地震動

一方、長周期地震動によるスロッシングに係る問題はなかなか厄介である。液面の揺動現象自体は地震動さえ与えられればほぼ説明できるのであるが、長周期地震動の設定、浮き屋根 (特にシングルデッキ) がある場合の挙動・安全性評価については中々難しいものがある。

そもそも、昭和石油新潟製油所での最初の火災の原因となった石油タンクのスロッシングを励起した地震動の正体が分かったのはつい最近のことである。当時の新潟で得られた記録としては、液状化で横転した川岸町アパート 8 号館の隣の僅かに傾いた建物の地下室で得られたものくらいしかないが、そこには明瞭な長周期の揺れが記録されていた (図 2 上段)。この揺れについては、地震後少なくとも 20 年は、液状化によって地盤が水のごとくになったがための長周期化であろうと考えられていた。

1983 年日本海中部地震において、液状化の発生が考えられない震度Ⅲの新潟で、大きなスロッシングが認められたことを機に、上記記録の見直しがなされるようになり、漸く周期 6 秒付近の揺れは液状化によるもの、そのあとの周期 8 秒付近の揺れは震源からの表面波によるものとされた⁶⁾。長周期の揺れが液状化現象由来であればスロッシング対策は容易であるが、震源由来であればスロッシング阻止は極めて困難であり、この記録の解釈は大変重要である。図 2 下段は、川岸町アパートでのこの記録を入力とし、火災が発生した

タンクを対象にスロッシング応答解析を行ったものである。75 秒辺りで 3m もの波高となって側板を超える結果となり、当時の証言と一致する。このタンクのスロッシング固有周期は約 8.8 秒であり、周期およびスロッシング成長時間から震源からの波動によって励起されたものと判断される。

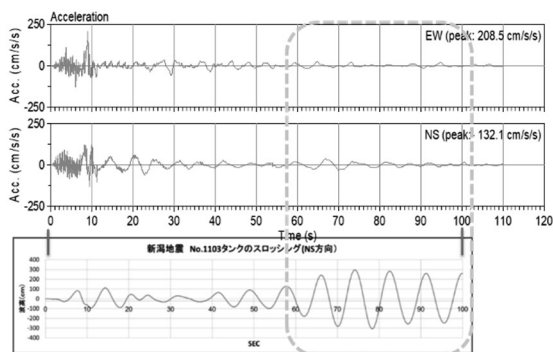


図2 川岸町アパートでの SMAC 記録(上段)を入力とした、No.1103 タンクに対する($T_s=8.77$ 秒)スロッシング応答解析結果(下段)

前述の 1983 年日本海中部地震の約 2 か月前、自治省告示 119 号で初めてスロッシングに係る設計水平震度が示された。それは全国一律周期に関わらず一定(擬似速度応答スペクトル換算で約 100cm/s)であった。これは液面の高さを側板最上部から 2m 程度とするものであったが、新潟では日本海中部地震で最大 4.5m ものスロッシングが発生して大量溢流も発生したことから、地域、周期依存を考慮する必要があるとされ、以来鋭意検討が続けられてきた⁷⁾。

2003 年十勝沖地震 (M8.0) ではスロッシングによる全面火災等の甚大な被害が発生した(図3)。これを受け、総務省告示第30号(2005年)では、長周期地震動に係る設計水平震度の見直し(地域、周期依存)や浮き屋根ポン

プーンの強化などが示され、それらに基づいて管理液面高さの低減、浮き屋根の補強などの対策が施された結果、2011 年東北地方太平洋沖地震 (M9.0) では耐震基準に適合しているタンクの浮き屋根では、ポンプ破損に伴う浮き屋根の沈下、傾斜等の浮き性能を損なうような被害はなかった。ただし、特に地震動の設定については幾つかの観測点で基準値を超えるケースも見受けられたことから、なお継続検討が必要であろう。

また、浮き屋根挙動についても基準で考えていないモードの影響も小さくないという指摘もある⁸⁾。更には、長周期地震動レベルが小さくても、浮き屋根と側板との間から内容液が吹き上げるスプラッシュについては、現象把握、モデル化、評価方法などは手付かずであり、火災発生の可能性も否定できないことから今後の課題である。



図3 2003 年十勝沖地震でのタンク全面火災(消防研究センター撮影)

3. 4. 津波

新潟地震で発生した津波は、新潟で最大波高 1.8m 程度であったが、護岸、防油堤の耐震性の脆弱さのため、事業所内に津波が侵入し、漏洩油の拡散という事態を招いた。その後、

防油堤の耐震性は向上したものの、2011年東北地方太平洋沖地震では想定以上の津波が襲来し、仙台の事業所では防油堤を乗り越えた津波が、タンク浮き上がり・破損、配管の変形・損傷、基礎洗堀、火災などを引き起こした。また気仙沼では小規模タンクが津波により浮き上がり、移動・損壊した（図4）。



図4 2011年東北地方太平洋沖地震で移動・損壊したタンク（著者撮影）

これに対して、総務省令第49号（2012年）では、地震に伴う津波が発生し、又は発生するおそれがある場合における施設及び設備に対する点検、応急措置等に関する予防規程に盛り込むべき主な事項等が示された。それによれば、従業員等の安全確保や施設の緊急停止等の実施体制などに加え、緊急遮断弁の設置義務のあるタンク（容量1万kL以上）以外についても、消防庁提供の津波被害シミュレーションツールを用いた被害予測を踏まえ、緊急遮断弁の設置を進めるべきこととしている。また、上記気仙沼での被害に鑑み、津波に強いタンクの建設・対策工法の提案もなされ一部実現している^{9, 10}が、想定を上回る津波への対策は容易ではない。

4. 南海トラフ地震等巨大地震への対応

上述のように、危険物施設、設備の耐震性能は、新潟地震当時と比較すれば、その後の地震等の教訓も踏まえ関係者の尽力によって大きく向上したと言えるが、外力の強さや経年劣化の進行等を考えると、より安全を高めるための継続的努力が必要である。今後その発生が危惧されている南海トラフ地震等の巨大地震では、新潟地震以上の外力の強さと影響範囲の広さが想定されるからである。

1964年新潟地震で広く認められた液状化現象については、上述のようにその対策工法も多く開発され実績もある。しかし1995年兵庫県南部地震等でも明らかなように、極めて強い地震動を受けた場合には液状化しにくいとされた地盤でも液状化することもあり、再確認する必要がある。

また昭和石油新潟製油所で最初の火災を引き起こした長周期地震動であるが、M9.0の東北地方太平洋沖地震における長周期地震動はそれほど強さではなく、消防法技術基準以下にはほぼ収まった。しかし、南海トラフ地震の場合には、長周期地震動の励起に強く関与する付加体の存在があり、予断を許さない。内閣府による東京湾岸での予測長周期地震動のレベルはとて低く、他の試算ではその10倍にもなりうることも示されている（図5¹¹）。しかも、その周期帯がすべてのタンクのスロッシング周期に亘っていることから、すべてのタンクで相当の被害が生じることが危惧される。即ち、複数タンクでの同時被災という事態を考えておく必要がある。

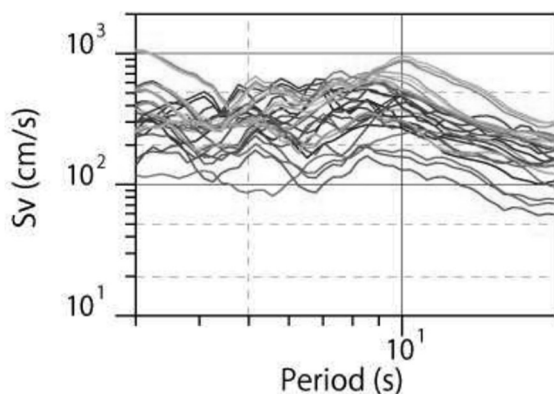


図 5 南海トラフ地震に対して予測された東京都庁での速度応答スペクトル(減衰 5%)¹¹⁾

多くのスペクトル線図は、仮定したそれぞれの震源モデルに対応している。石油タンクのスロッシングを考えるとそれぞれ約 1.8 倍程度となることに注意。

現在の特定事業所の防災体制は 1 火災を想定したものであって、同時複数タンク火災への対応が困難である。そのため、共同防災組織や広域共同防災組織が設置されているものの、例えば東京湾岸全体が上述のような事態になれば対応困難である。トルコ・コジャエリ地震でのスロッシングによる TÜPRAS 製油所タンクの同時多発火災に対して、軍・自治体・近接、さらには国際援助チームによる応援消防でも制御不能であった¹²⁾ことを肝に銘じておく必要がある。

また、南海トラフ地震で想定される津波高さは、2011 年東北地方太平洋沖地震に匹敵し、かつ襲来時間が数分以内の地域もあり、極めて対応が難しいものとなるであろう。2011 年東北地方太平洋沖地震時における仙台の危険物施設では、全員避難を余儀なくされた。その中で火災が生じたものの津波浸水のため消火活動は全くできない状況が生まれた。一時、この火災に隣接する巨大 LPG タンクへの影響が危ぶまれたが幸いにも難を逃れた。新潟地

震での第 2 の火災発生・拡大延焼という災害連鎖を半ば許したのは、スロッシングによるタンク火災でのボイルオーバー発生の危険から全従業員避難の中であったことを忘れてはならない。

繰り返しになるが、南海トラフ地震では、2011 年東北地方太平洋沖地震にもまして短周期地震動、長周期地震動ともに強く、津波については短時間で襲来が考えられ、また影響を受ける地域・施設も格段に多くなると想定されることから、個々の危険物施設等の安全性強化だけではなく、群としての安全性、さらにはコンビナート全体における複合災害のシナリオ等について、1964 年新潟地震の教訓を踏まえて改めて考え直す必要がある。

5. レジリエンスを高める情報技術

2011 年東北地方太平洋沖地震のような大規模災害の場合、被害を完全に防ぐことは困難で、そのため一時的に業務が停止してしまうことは避けられず、停止した場合にはどれだけ迅速にその機能を回復させるかが重要となる。このような危機に際しても機能が低下しないようにする「抵抗力」とともに、迅速に回復できるような「回復力」の両方を高めることが、レジリエンス向上のために必要である。そのために、主にハード的な対策によって抵抗力を高めることに加えて、回復力を高める対策に取り組んでいくことも同様に重要で、発生した事態を迅速に沈静化させ、さらに受けた影響から速やかに回復させていくために、発生した危機に対して合理的に対応できる体制の整備が必要である。

危険物施設において「一滴も油を漏らさない」ということは理想であるし望ましいが、想定以上の外力に見舞われた場合にはその限りではない。応急対応を効率的に行い、被害を最小とするためには事前の準備が必要で、様々な災害想定によってどのような様相となるかを描き出し、それへの対応として何が不足しているか、ボトルネックは何かなどの検討が必要である。筆者らはそれらの検討に資することが可能なタンク健全性評価システム (SUSTAINER) を構築、実装してきている¹³⁾ ので、以下簡単に紹介する。

複数の石油タンクを有する事業所での地震災害対応である①事前の備え、②応急対応、③復旧・復興の各フェーズにおいて活用可能であることとして開発したシステムを持続可能な社会に貢献する意味も込めて、SUSTAINER (Support System for TANK INspection in Earthquake Response) と名付けた。このシステムは、通常の PC 上で、地震動・津波に対す

るタンク健全性を迅速に評価し提示するもので、各タンクへの入力地震動、タンク側板損傷度、浮き上がりによる隅角部損傷度・累積損傷度、コーティング損傷度、スロッシング高さ・溢流量、浮き屋根損傷度、及び津波危険のある事業所に対しては、タンクの浮き上がり・移動、側板座屈、基礎洗堀による影響、配管損傷度を評価し、タンク数が 50 基程度であれば、2～3 分で全項目の評価結果を事業所敷地図面上に色分けで示すとともに、表としても表示する。

図6は一般事業所を対象としたシステム¹⁴⁾ であり、代表地点の地震動を入力したときの初期画面「速報」タブ (左上) では、地震動の波形やスペクトルの表示とともに、事業所内の推定震度分布を、「詳細」タブ (左下) では、長周期地震動および短周期地震動による評価対象タンク全体の影響評価結果を数値とともに表示する。

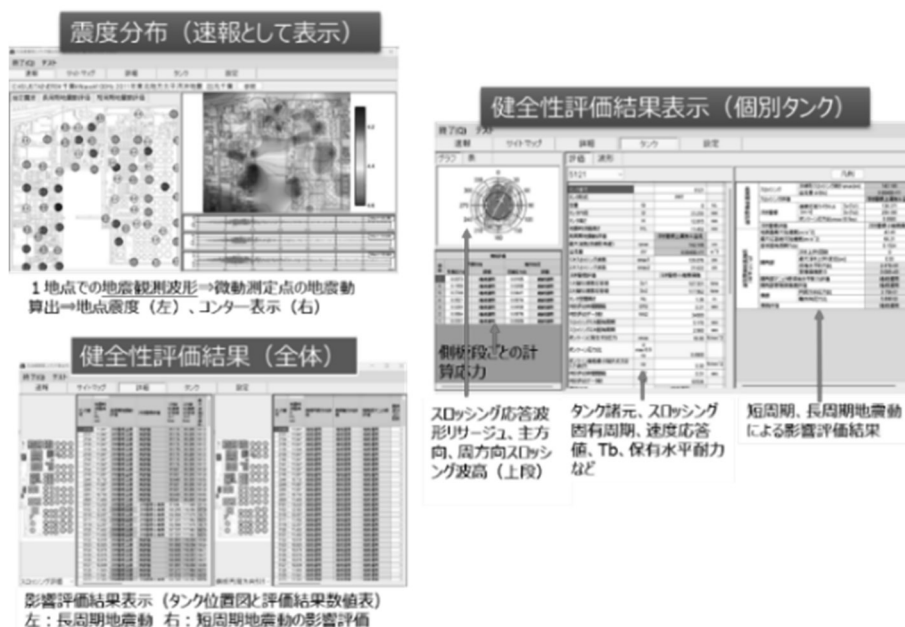


図6 SUSTAINER での評価結果

左上：震度分布と観測地震波形 左下：全体タンクの健全性評価結果の表示 右：個別タンクの健全性評価結果の表示

更にタンクを選択すれば、個別タンクに関する結果を見ることができる(同図右)。即ち、基本データや評価結果の詳細、円周方向のスロッシング高さの分布と最大方向・最大値、側板段毎の許容応力と計算応力との比、固有周期や応答スペクトルなどの途中計算での基本的な量、長周期地震動、短周期地震動による影響評価結果とその根拠となる計算値が示され、色分けによって影響度ランクを示し注意喚起する仕組みとしている。

このようなシステムを用いることで、各事業所において“我がこと”と思える観測波形や当該事業所を対象とした予測地震動を用いて、タンク群の被害様相を定量的に把握でき、防災体制の見直し、応急対応のありようの検討に資することができる¹⁵⁾。

6. おわりに

2011年東北地方太平洋沖地震後の現地調査で、ある地域では津波被害想定を踏まえて万全の対策をとっているとの自負がもろくも崩れ、逆にその自負が被害を大きくしたことに愕然とした、との行政担当者の思いを伺ったことがある。想定に基づいて対策を打つことは基本ではあるが、想定を鵜呑みにしないことも基本的な考え方である。

従って上述のSUSTAINERを用いる場合においても、被害想定調査で用いられる地震動強さや津波高さに固執せず、様々な強さ、高さの入力データを与えてどのような被害様相になるかを確認し、地震及び津波という突然の極めて大きな外力を受けた中でも被害を最小に抑え込むための事前の対策、最中での対処

のあり方が検討されているか等について改めて点検し、限られた防災資源をどこに投入するか等の事前の検討が求められる。その際、個々の危険物施設あるいは事業所等の安全性強化だけではなく、コンビナート全体における複合災害のシナリオについて改めて検討し、関係諸機関との更なる連携強化も含め、防災・減災対策の一層の強化が図られることを期待する。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部、令和6年2月9日、令和6年能登半島地震の評価 https://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2024/20240101_noto_3.pdf
- 2) 消防庁、1965、新潟地震火災に関する研究
- 3) Towhata, i., and Yoshida, N., 2024, Mr. Yuminamochi's photographs depicting ongoing liquefaction disaster during the 1964 Niigata earthquake, 地盤工学会災害調査論文集2-1 https://www.jstage.jst.go.jp/article/jgsdr/2/1/2_1/_pdf/-char/ja
- 4) 千葉県石油コンビナート防災アセスメント検討部会、平成23年10月、耐震対策分科会検討結果報告書
- 5) Hatayama, K., 2024, Damage to Oil Tanks Caused by Strong Ground Motion due to Recent Three Earthquakes in Japan, Proc. 18th World Conf. Earth. Eng. Symp.
- 6) 吉田望、工藤一嘉、2000、1964年新潟地震における川岸町の液状化に関する地盤工学的再検討、日本建築学会学術講演概要集(東北)構造II、pp. 293-294

- 7) 座間信作、細川直史、畑山 健、遠藤 真、2002、やや長周期地震動の早期予測システムの構築、第 11 回日本地震工学シンポジウム論文集、
- 8) 例えば、山本憲司、皆川洋一、2009、シングルデッキ型浮き屋根を有する円筒液体貯槽の非線形スロッシング解析、日本建築学会構造系論文集、74-643、1603-1612
- 9) 山田善政、2019、気仙沼における津波対応型燃料タンクの建設について、Safety & Tomorrow, 188, 17-28
https://www.khk-shoubou.or.jp/pdf/magazine/188/gi_jyutsu_info01.pdf
- 10) 消防庁、令和 4 年 3 月、小規模屋外貯蔵タンクの津波・水害対策工法に係るガイドライン
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-97/04/guideline1.pdf
- 11) 地震調査研究推進本部、長周期地震動予測地図作成支援事業 平成 24 年度 成果報告書 https://www.jishin.go.jp/main/chousak-enkyuu/choshuki_shien/h24/3_3.pdf
- 12) Krausmann, E., Cruz, E. M., and Salzano, E., 2017, Natech Risk Assessment and Management Reducing the Risk of Natural-Hazard Impact on Hazardous Installations, Elsevier
<https://preparecenter.org/wp-content/uploads/2021/04/Natech-risk-assessment-and-management.pdf>
- 13) 座間信作・他、2023、大規模地震・津波に対する石油備蓄陸上タンクの健全性評価システム (SUSTAINER) の構築、日本地震工学シンポジウム論文集
- 14) 伊里友一朗・他、2023、石油コンビナート防災と消防戦略立案を支援するリスクアセスメントシステムの開発、消防防災科学技術研究推進制度
令和 4 年度終了研究課題成果報告
https://www.fdma.go.jp/mission/develop/items/R4_seika_yokokoku.pdf
- 15) 飴矢拓泰・他、2024、出光興産における地震発生時のタンク健全性評価システムの活用と過去の地震被害の再現性確認、日本高圧力技術協会秋季講演会講演概要集

第 3 章

能登半島地震における地震火災

ー消火栓による消防水利の観点からー

神戸大学大学院 工学研究科 教授

鋤田 泰子

1. はじめに

2024年の能登半島地震で輪島市の朝市で発生した地震火災は、阪神・淡路大震災から30年という節目を目前にして、記憶の彼方に消えてしまっていた我が国の地震火災に対する脆弱性を改めて強く印象づけるものであった。

本稿では、阪神・淡路大震災から30年を振り返り、消防水利の一つである消火栓と、それにつながる水道の関係について再考する。消火栓自体は市町村の消防部局の所管であるが、消火栓の水は水道部局が管理している。そのため、市町村の部局間の連携が不可欠となる。水道分野からみた、能登半島地震の地震火災、30年間の水道施設の整備の変遷、そして今後の多様な消防水利について論じたい。

2. 能登半島地震の地震火災

能登半島地震では、石川県、富山県、新潟県内で合計17件の火災が発生した¹⁾。このうち、大規模火災に至った輪島市河井町における火災と輪島市の消火栓につながる水道被害について取り上げる。

2. 1. 輪島市河井町の大規模火災

輪島市河井町では、朝市通りがあった場所で、地震発生後の1月1日17時23分頃に火災が発生した。火災は14時間後に鎮圧し、同月6日夕方に鎮火した。焼失面積は約49,000m²、焼損棟数は240棟に及んだ²⁾。阪神・淡路大震災で長田区水笠公園を約97,300m²にわたって焼き尽くした大規模延焼には及ばなかったが、東日本大震災による津

波火災を除くと、阪神・淡路大震災以降で最大規模の地震火災となった(図1参照)。

地震後の消火活動は、建物倒壊にともなう救助要請が多数発生し、さらに現場を含む沿岸地域に大津波警報が発令されている中で行われた。延焼地域では倒壊した建物が道路を塞ぎ、近隣の橋も橋台背後の地盤が沈下して段差ができたため、現場へのアクセスが困難となった。延焼地域の北東には河川があり、北西には海岸が広がる。消火栓は地震被害のために使用できず、防火水槽や自然水利に頼らざるを得なかった。しかし、輪島地域では地震の断層運動によって地表が4m隆起して河床が現れたため、河川からの取水は困難をきたした。また、大津波警報中には海岸から海水を取ることもできず、注意報に変わってから取水された。火災直後は、河井小学校のプールの水などの水利に限られていた。当日の16時頃までは、北寄りの風が吹いていたが、火災が延焼し始めるころには南寄りの風が変わった。出火点から北方に延焼するのに対して河川や海などの空地で囲われていたこともあり、限られた消防水利で延焼を食い止めることができたともいえる。



図1 輪島市河井町の火災現場

2. 2. 輪島市の水道施設の被害

能登半島地震後の地震火災時、消火栓の水は断水していた(図2参照)。ただ、その断水は地震から2ヶ月が経過しても、市域の断水率が41.8%と長期にわたり、水道の完全復旧には至っていない³⁾。消火栓は、消防計画に基づいて整備されているが、それはまた各家庭に給水される上水道の配水管に接続されている。このため、地震時の断水は消火用水の機能停止をも意味する。



図2 河井町火災現場横の消火栓

本地震で地震動が大きかったということもあるが、輪島市の水道の基幹施設はことごとく被害を受けた。輪島市の浄水場は、河原田川の表流水を水源として河川沿いに立地するが、場内の液状化により場内配管が損傷した。さらに、浄水場から東側の高台にある第一配水池へ送る送水管と、配水地から市街地へ送る配水管は、いずれも丘の上にある輪島中学校のグラウンド横の側道に埋設されていた。地震によって中学校のグラウンドの一部がすべり、側道に流れ込んだ。二条の管路には離脱防止機能を備えた耐震継手が付いていたが、想定以上の地盤変状により離脱した(図3参照)。さらに、グラウンド横にあるステンレス波板鋼の配水池は、配水池側壁

に内部の支保工があたり局部で孕み出すなどの被害を受け、応急復旧が行われたが、地震から半年が経過しても全貯水量の半分程度しか貯水できていない。その上、市域では、地震に脆弱な塩化ビニル管が配水管に多く使用されていたため、市域の至る所で破断した。未復旧の地域を除き、輪島市の配水管の被害率(管路延長1kmあたりの被害箇所数)は1.60件/kmと報告されている⁴⁾。この被害率は阪神・淡路大震災における芦屋市の1.96件/km、西宮市の0.85件/kmにも匹敵し、近年最大クラスの水道管路被害であったといえる。輪島市では水道システム上流の基幹施設の被害や配水管の脆弱さによって、地震後に電力が回復しても、結果として市域の消火栓は機能できなかった。

高台に配水池を設け、加圧せずに自然流下方式で配水できる場合、阪神・淡路大震災以降に全国的に地震計と連動させた緊急遮断弁の設置が広がっている。このシステムでは、二池ある配水池の内、一つの配水池は、地震計による地震動検知によって遮断弁を閉鎖し、地震後の応急給水用に水を確保するものである。その代わり、もう一つの配水池は地震後の火災消火のため配水を継続できるように設計されている。種々の基幹施設や管路



図3 輪島中学校横の道路に仮復旧された送水管・配水管

が被害を受けなければ、火災現場近くの消火栓にも水が届いたはずである。

3. 簡易水道の統合と消火栓

能登半島の震源に近い奥能登地域では、住宅も水道管路も耐震化率が低く、そのために被害が多かったとマスコミ等で指摘されている。単純に耐震化率の数値だけを議論するのは節操で、水道事業の経緯を理解しておく必要がある。それは、同じような状況にある水道事業体が日本各地にあるためである。

奥能登地域は平成の大合併によって小さな市町が合併して現在の市町になっている。石川県では 2005 年頃に市町村合併が進み、輪島市は旧輪島市と旧門前町が、能登町は旧能都町、旧柳田村、旧内浦町が、志賀町は旧志賀町、旧富来町が合併した。さらに、市町村の合併に合わせて、簡易水道（人口 5,000 人以下の小規模水道システム）を上水道に統合することが進められた。元々、奥能登地域では平地に限られ、山間に集落が点在しているため、集落ごとに水源をもつ簡易水道が多数存在していた。2007 年の能登半島地震では、市町村合併から間もなかったために、水道システムは旧市町の簡易水道を維持しながら、段階的に統合しているところであった。ただ、統合といっても広域に冗長性のある管路網を構築していくのではなく、既存の集落の小さな管路網と管路網を一本の管路で連結していくものである。そのため、浄水場から複数系統で管路が網目状に繋がる都市域の管路網とは異なるものである。さらに、集落にあった井戸などの簡易水道の水源を閉鎖していった。例えば、輪島市の市役所近く市街地から南にある穴水町との市境界までの 30km 近くを、小口径の一本の管路で一筆書き

のようにつながっている。地震後の管路の復旧方法は、上流から一定区間ごとに栓を閉めて管路に水を張り、水漏れを確認しながら復旧区間を広げていく。単経路の場合複数の復旧班が同時並行で作業をすることができず、非効率な復旧になる。簡易水道間を耐震管でつなげれば、少しは耐震性の効果もあるのだが、水道統合時にはそうした配慮がなく、簡易水道群をつないだ管路網ができあがった。

全国の簡易水道の給水人口は 2005 年に 579 万人であったが、2021 年には 163 万人までに減少している⁵⁾。これは、中山間地域の簡易水道が統合されて、上水道の給水人口に移動したものによる。奥能登地域だけでなく、全国的に多くの中山間地域で簡易水道の統合傾向がある。

簡易水道の統合には消防水利にも関連することがある。簡易水道が統合して上水道になると、水道法第 24 条第 1 項が適用されて消火栓の設置が必要になる。これまで、給水人口が 2,000 人以下である簡易水道事業については消火栓設置義務が免除されるなどの特例措置があった（水道法第 25 条）が、水道統合によって消火栓を付ける必要が出てきている。

4. 多様な消防水利構築にむけて

4. 1. 海外の消防専用水道システム

阪神・淡路大震災では地震火災による死者は 529 人であったと日本火災学会が報告している⁶⁾。著者らは、配水池から火災地域までの配水管の被害や消防車の到達台数、到達時間、延焼過程などを火災現場ごとに分析し、消火栓が機能していれば、延焼を食い止めて何人の人が助かった可能性があるかを試算

した⁷⁾。その結果、地震火災死者の1割弱の人は助けられた可能性があることがわかった。消火栓は消防水利の一つであるが、それが機能することで人的被害を軽減させることはできる。

地震火災で痛い経験をしたのは、日本だけではない。1906年の米国のサンフランシスコ地震では、50カ所以上で火災が発生し、3日間燃え続けた。とくに、市内のチャイナタウンでは、密集した木造住宅が延焼した。その後、サンフランシスコでは上水道の管路網とは異なるAWSS (Auxiliary Water Supply System)が構築された⁸⁾。いわゆる、消防専用水道システムである。消防局が管理するもので、上水道とは異なる水源をもち、専用の配水池と管路網で市域に流れる水道システムである。上水道配水管に設置された消火栓のバックアップシステムとしての機能を有し、地震時などの緊急時の消防水利として導入された。サンフランシスコの市街地では、同じ道路側道に上水道とAWSSそれぞれの蓋の色が異なる消火栓が並ぶ。専用水道構築から100年が経過し、施設の老朽化と更新が課題とされているが、今でも稼働している。

AWSS構築後、同じ発想で構築されたのが、バンクーバーのDFPS (Dedicated Fire Protection System)である⁹⁾。AWSSと異なり、水源は海水であるため、管や金属設備が劣化しやすい。

著者らは、日本でも消防専用水道システムが導入できないかと考え、神戸市域の木造密集地域を対象にして、具体的に水源や管路網を想定してシステム導入方法を提案するとともに、その費用対効果を試算した^{10), 11)}。火災に対して脆弱な地域を消火栓による消防水利で担おうとすると、池や湖など十分な水量のある水源と消火栓数に対応した管路口

径が必要であり、上水道の配水管よりも大きな口径が必要になった。日本の住宅密集地域において消防専用水道システムは過剰なシステムかもしれないが、周辺に自然水利がなく、道路幅も狭く、木造家屋が密集するような歴史地区や文化地区などがあるならば、海外事例に倣って消防専用水道システムの導入も一つの方法である。

4. 2. 管路のダウンサイジングと消防水利

近年では人口減少や節水機器の普及によって水需要が低下してきている。高度成長期に拡張してきた管路網をそのまま使用すれば、残留塩素が低下した滞留水が枝状配管や配水区域の末端部で発生する。水道事業者では、管路の更新に合わせて、管路網のダウンサイジング (管の縮径) が検討され始めている。そもそも、管路の縮径と消防水利の確保は相反するものであり、水道部局と消防部局での協議・協力が重要になる。

とくに、大都市では消防水利の役割の大部分を消火栓が担っているため、管路の更新計画において消防水利も検討する必要がある。神戸市では、配水管再構築計画の際に、消火栓の配置や配水区域のブロック化、消火用水量の確認を合わせて行っている¹²⁾。これらの確認作業の上で、条件を満たせば配水管網の再構築案ができあがる。そして、水道局と消防局とで協議を行い、最終案が決定される。

総務省消防庁では、全国的な配水管路のダウンサイジングの状況を踏まえ、消防水利の基準緩和の方向性を示し、令和6年4月1日を施行となる消防水利の基準の一部改正を行った (令和5年12月25日消防庁告示第19号)¹³⁾。具体的には、消火栓の給水能力を確保するために、消防水利の基準第3条において、消火栓の給水能力を定める第1項及び水道配

管の管径基準を定める第2項を残し、新たに減径に係る項を第3項として追加するものである。消火栓の敷設前後において解析や実測に基づいて第3条第1項の条件を満たしていることが確認できれば、第2項で規定している消火栓は管径150mm以上の管に取り付けられていなければならないという条件を、管径75mm以上とすることができる。ダウンサイジングによって、それまで消火栓2基使用できていたものが1基しか使用できない場合には、使用できなくなった1基に代わる水利を確保するため、新たに消火栓を設けることや防火水槽等を設置するなどをして、消防力に変化がないように取り組むことが示されている。

4. 3. 中山間地域の地域住民の防火マインド

簡易水道の原形が多く残る中山間地域では、そもそもの管路管径が小さく、管径75mmであっても消火栓を設置できる配水管に限りがある。兵庫県北部で従来の簡易水道を維持している小さな集落では、消火栓をつけられる配水管が一部しかないため、地域内に用水路の幅を少し大きくした防火水槽を配置している。一般的なコンクリート造の屋外から見えない防火水槽ではなく、用水路の一部として集落の景色の中に溶け込んだ防火水槽がある。

また、災害時に水道職員や消防隊が現地へアクセスしにくい集落では、水道を維持していくために地域の住民に取水、浄水施設周りの清掃を依頼するなど、インフラ維持に地域住民が参画している。配水管に消火栓がつけられない集落の住民は、火災を起こせばすぐに消防に来てもらうことが難しいため、火の用心に関して細心の注意をしている、と話をしてくれた。災害時の備えとして、都市部同様に「もの」で整備しようとするところがあ

るが、地域住民が地域のインフラの重要性や防災力を理解し、意識しながら生活することが重要であると、考えさせられたことがあった。



図4 集落の空地につくられた防火水槽

5. さいごに

阪神・淡路大震災から30年を目前にして、地震火災は減ったと思っていたところがある。30年前の教訓から、電力会社が通電火災を起こさせないように、新潟中越地震やその後の地震で全壊家屋への配線を外してから通電させる取り組みも功を奏しているといえる。

地震時の消防力は、消防部局の取り組みだけでなく、消防水利の一端を担う水道事業者、道路幅を決める都市計画、住宅の耐震化・不燃化など、多くのキャストによる総合力で決まる。ただし、この30年においてそれぞれの分野の組織やルール、整備状況などが変化してきた。残念ながら、能登半島地震では地震後に水道施設の被害によって消火栓を機能させることはできなかった。消火栓だけに頼る必要はないが、多様な消防水利を踏まえた上で、地域の特性に応じてバランスを取りながら消防水利を確保することが期待される。

参考文献

- 1) 消防庁災害対策本部：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80報），2024
- 2) 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：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，2024 (<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001753349.pdf>)
- 3) 石川県：水道の復旧状況と今後の見通し（3月1日・記者会見資料），2024
- 4) 国土交通省：第3回 上下水道地震対策検討委員会 資料1 上下水道施設の被災概要と復旧状況，<https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001760738.pdf>（2024年9月6日閲覧）
- 5) 全国簡易水道協議会：市町村別の現在給水人口と普及率（令和3年度），2024 (<http://www.kansuikyo.com/archives/management.html>)
- 6) 日本火災学会：1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書，1996
- 7) 高田至郎，勤息義弘，鍬田泰子：火災延焼による人的被害波及と水道消火栓機能，日本地震工学会論文集，第5巻，第2号，pp. 1-15，2005.
- 8) 小林正美：サンフランシスコ市の地震災害と都市の安全設計の思想、日本都市計画学会学術研究発表会論文集、25号120番，pp. 715-720，1990.
- 9) 大窪健之：「環境防災水利」への試みーバンクーバー市の海水利用システム (DFPS) ー，NPO 法人災害から文化財を守る会情報ネット，2002年2号，pp. 8-12，2002.
- 10) 高田至郎，鍬田泰子，勤息義弘：消防専用水道システムの導入手法構築と適用事例，第7巻，第3号，pp. 13-26，2007.
- 11) 高田至郎，鍬田泰子，勤息義弘：消防専用水道システムの導入効果算定法，日本地震工学会論文集，第7巻，第4号，pp. 27-39，2007.
- 12) 矢野勝洋：神戸市消防局と連携した配水管網再構築の推進，令和元年度全国会議（水道研究発表会），pp. 472-473，2019.
- 13) 総務省消防庁：消防水利の基準の緩和について，(https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-145/02/shiryou3.pdf)

第 4 章

令和 6 年能登半島地震における 応急対策職員派遣制度の運用等について

総務省自治行政局公務員部応援派遣室

室長

伊藤 哲也

1. はじめに

大規模災害では、大量の災害対応業務が短期間に発生することから被災をした地方公共団体の単独での対応が困難な場合が多く、被災をしていない地方公共団体の職員が被災をした地方公共団体に応援に入ることが必要となる場合が多い。総務省では、東日本大震災での経験のほか、熊本地震において被災市区町村の災害対応業務のマネジメントを支援する体制が課題とされたことや、地方公共団体を被災地方公共団体に1対1で割当て多くの応援職員を速やかに派遣するカウンターパート方式による支援、いわゆる対口支援（たいこうしえん）が効果をあげたことを踏まえ、全国知事会、全国市長会、全国町村会及び指定都市市長会（以下「地方三団体等」という。）と連携して、2018（平成30）年に「応急対策職員派遣制度」を構築した。制度構築以降、総務省と地方三団体等が連携し大規模災害の発生時に応援職員の派遣を被災市区町村に行ってきた。大規模災害時の地方公共団体間の職員の派遣は、大きく分けて応援職員が所属をする地方公共団体からの職務命令による公務出張により被災地方公共団体に入り応援を行ういわゆる短期派遣と、派遣職員が所属する地方公共団体と被災地方公共団体間で地方自治法第252条の17の規定に基づく協定を締結し被災地方公共団体の身分を併せ有することとした上で職員派遣を行ういわゆる中長期派遣があるが、応急対策職員派遣制度に基づく派遣はいわゆる短期派遣である。

本稿では、応急対策職員派遣制度の概要とその実際の運用事例である令和6年能登半島

地震における応急対策職員派遣制度の運用について述べることにする。以下、第2章では応急対策職員派遣制度の概要等、第3章では令和6年能登半島地震における応急対策職員派遣制度の運用、を述べ、第4章では全体の総括を行う。

なお、本稿中の意見にわたる部分については、筆者の私見であるので念のため申し添える。

2. 応急対策職員派遣制度の概要等

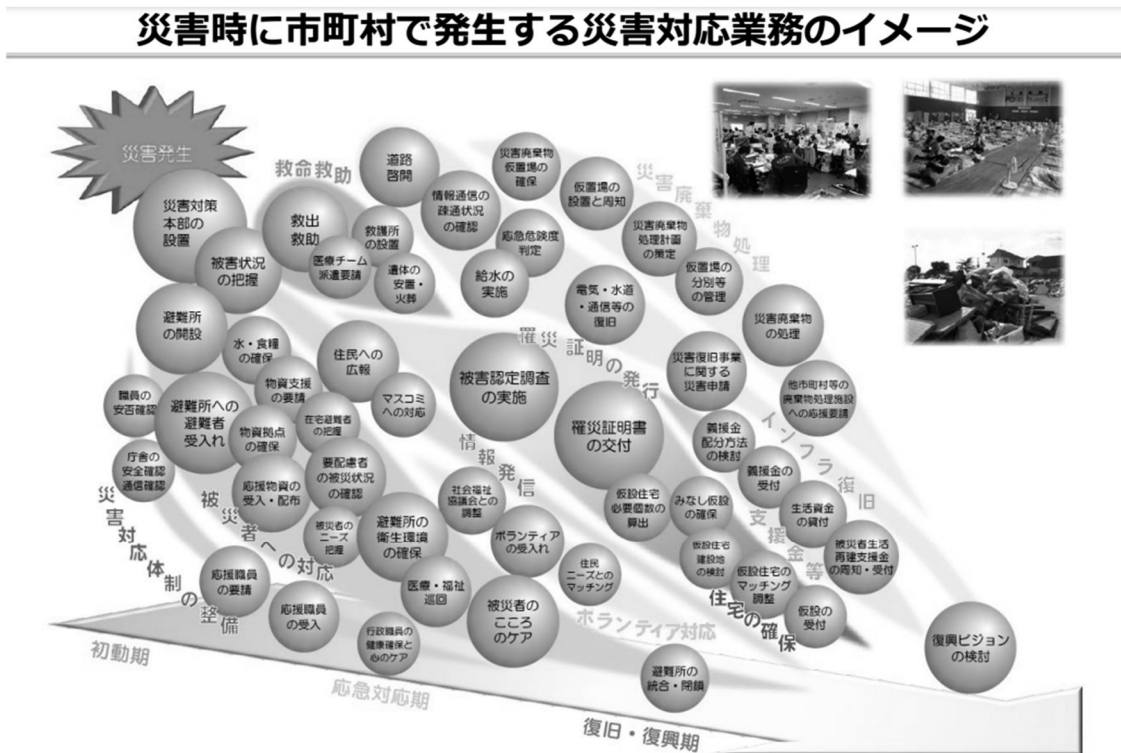
2. 1. 応急対策職員派遣制度が必要な背景

図表1は内閣府が作成をした「災害時に市町村で発生する災害対応業務のイメージ」である。災害時には初動期から応急対応期を経て復旧・復興期に至るまで様々な災害対応業務が短期間に同時に発生することが分かる。

被災をした市区町村において災害時に発生する様々な災害対応業務のマネジメントを行いそれぞれの災害対応業務を円滑に実施することが、被災住民の生活再建のために重要である。しかしながら、過去の事例を見ると必ずしも適切にマネジメントが行われていない事例も見受けられる。そのため被災市区町村への災害対応業務のマネジメントに対する支援が重要である。

また、これらの短期間で同時に発生する災害対応業務を被災市区町村の職員のみで対応することは困難な場合が多く、その場合は人的資源の確保が必要になる。この人的資源の確保は、災害対応業務における目の前のマンパワーの不足を解消する趣旨もあるが、災害時は復旧・復興に向けて被災市区町村の職員

図表1 災害時に市町村で発生する災害対応業務のイメージ



出典：内閣府（防災）「市町村のための人的応援の受け入れに関する受援計画作成の手引き」

でなければ行えない業務も多くあることから、被災市区町村の職員でなくとも対応が可能な災害対応業務については、外部から人的資源を確保して対応し、被災市区町村の職員は被災市区町村の職員でなければ行えない業務に注力するという趣旨も含むものである。人的資源の確保は被災住民の生活再建のために重要であり、人的資源の確保の一つの方法として被災をしていない地方公共団体の地方公務員による被災市区町村に対する応援があり、この場合、多くの応援職員を速やかに被災市区町村に派遣し支援することが重要である。

これらに対応をするために2018（平成30）年に総務省において地方三団体等と連携し制度化したものが応急対策職員派遣制度である。

2. 2. 応急対策職員派遣制度¹⁾の概要

応急対策職員派遣制度では、2.1 で述べた「災害対応業務のマネジメントに対する支援」及び「多くの応援職員を速やかに派遣し支援」のそれぞれに対応する被災市区町村への地方公務員の派遣を制度化している。一つ目は被災市区町村への災害対応業務のマネジメントの支援のための「総括支援チーム」の派遣、二つ目は避難所の運営、罹災証明書の交付等の多くの従事者が必要な災害対応業務に対するマンパワー支援のための「対口支援チーム」の派遣である。両チームの派遣については、原則として被災市区町村から被災都道府県に対し応援要請を行い被災都道府県外からの広域的な応援が必要な場合は、被災都道府県から地方三団体等及び総務省で構成される応援

職員確保調整本部（事務局：総務省）に連絡され、必要な調整を経た後に応援職員確保調整本部でチームを派遣する地方公共団体を決定し、決定された地方公共団体から被災市区町村にチームで応援のための職員が派遣される。

総括支援チームの役割は、被災市区町村の長の指揮の下で、被災市区町村が行う災害対応業務のマネジメントを総括的に支援することであり、被災市区町村の長への助言、幹部職員との調整、被災市区町村の被害状況や応援職員のニーズ把握、被災都道府県をはじめとする関係機関及び総務省との連携などを行う。総括支援チームは、災害マネジメント総括支援員と災害マネジメント支援員など数名で構成され、災害マネジメント総括支援員（通称GADM²（ギャドム））については、災害対応に関する知見を有し、地方公共団体における管理職等の経験などを有する者であり、災害マネジメント支援員については、避難所運営業務や罹災証明書の交付業務などの災害対応業務に関する知見を有する者である。災害マネジメント総括支援員と災害マネジメント支援員については、都道府県・指定都市等の推薦を受け、総務省・消防庁で実施する研修を受講し、総務省において名簿に登録をすることによりその資格が得られる。

対口支援チームの役割は、避難所の運営、罹災証明書の交付等の災害対応業務³に係るマンパワー支援である。対口支援チームを派遣して応援をする地方公共団体については、都道府県又は指定都市を原則として1対1で被災市区町村に割当てることとしている。こ

の割当てて応援を行うことを「対口支援」と呼んでいる。

なお、応急対策職員派遣制度において都道府県からチームの派遣を決定した場合は、管内の指定都市を除く市区町村と一体的にチームを編成し支援を行うこととされている⁴。

応急対策職員派遣制度に基づくいわゆる短期派遣に係る応援職員の派遣に要した費用の負担については、法令の定めによるほか、応援職員を派遣した地方公共団体と被災市区町村又は被災市区町村を包括する被災都道府県とが協議して定めるものとされている。その応援に要する経費（職員の時間外勤務手当・活動経費等）について、応援側の地方公共団体が負担する場合には特別交付税によりその8割が措置される。

3. 令和6年能登半島地震における応急対策職員派遣制度の運用

3. 1. 初動

2024（令和6）年1月1日16時10分に地震が発生し、石川県輪島市及び同県志賀町で震度7を観測したほか、北海道から九州地方にかけて震度6強から1までを観測し、気象庁においてその名称を「令和6年能登半島地震」と定めた。

総務省の応急対策職員派遣制度の運用に係る主な初動対応としては、1月1日16時45分には応援職員確保調整本部を設置、1月2日9時55分には地方三団体等を通じ、全国の自治体に対して速やかに対応派遣ができるよう必要な準備を要請、同日18時52分には、石川県内の輪島市、珠洲市、能登町、穴水町、

七尾市及び志賀町（以下「被災6市町」という。）への総括支援チームの派遣を決定し、1月3日及び4日には現地入りし活動を開始した。1月3日14時52分には石川県内の被災6市町及び加賀市に対して、中部ブロック等の都道府県・指定都市から対口支援チームとして各20名程度の派遣を決定し、1月3日から活動を開始した。その後、被災市町の人的支援ニーズを伺いながら、石川県、新潟県、富山県内の被災市町からの随時の新規・追加の派遣要請に基づき、全国の都道府県及び指定都市からの対口支援チームの派遣を決定していった。

3. 2. 被災市町への応援職員の派遣

被災市町への派遣状況についてまとめたものが図表2及び図表3である。3.1で述べたとおり、総括支援チームについては、1月3日及び4日には現地入りし活動を開始しており災害対応業務のマネジメントの支援を行っている。支援の終了時期については、被災6市町における避難所運営や罹災証明書の交付等の状況によって異なるが、珠洲市を支援した浜松市の4月14日の支援終了から七尾市を支援した名古屋市の6月21日の支援終了まで順次支援が終了していった。

対口支援チームは、被災県・被災指定都市である石川県、富山県、新潟県及び新潟市を除く全ての都道府県・指定都市である63団体が被災市町に応援に入った。派遣期間については、1月3日から始まり、1月26日の1,263名をピークに息の長い支援が続き、8月4日に珠洲市を支援した浜松市の対口支援チーム

の派遣の終了まで約7か月続いた⁵。対口支援は、被災市区町村に対して応援する地方公共団体が1対1で支援を行うのが原則であるが、被害の状況が甚大であったこともあり被災6市町を中心に1つの被災市町に対し多くの地方公共団体の対口支援チームが入り、輪島市では令和6年能登半島地震では最大である20団体の対口支援チームが応援に入った。多くの対口支援チームが応援に入った被災6市町の総括支援チームは対口支援チーム間の調整などの災害対応業務のマネジメントも行った。

また、被災市町1団体当たりの応援する地方公共団体数だけでなく応援職員数も多かったのも特徴であり、応援する地方公共団体数が最大であった20団体の対口支援チームが入った輪島市は応援職員数も最大であった。その状況を示したのが図表4である。避難所運営などの応急対応からはじまり、膨大な罹災証明書の交付のための住家被害認定調査を5月末までに終わらせるという目標の下で計画的に多くの対口支援チームと応援職員を動員したのが特徴である。そのため発災から約150日を経過した5月末時点で対口支援が一気に終了している。輪島市の一般行政職の職員数は264人⁶であり、300人規模の応援職員は市の一般行政職の職員数を超える人数である。

このような多くの応援する地方公共団体の対口支援チームと大人数の応援職員のマネジメントを長期間に渡って行わなければいけないという状況は、程度の差はあれ被災6市町に共通して見られた。

図表2 能登半島地震における被災市町への応援職員のパ遣

能登半島地震における被災市町への応援職員のパ遣

総括支援チームのパ遣実績

石川県内の被災6市町に対し、総括支援チーム（避難所運営等の支援に向けた応援ニーズの確認、災害マネジメント支援）の派遣を決定。6月21日をもって、6市町全てにおいて総括支援チームの派遣を終了。

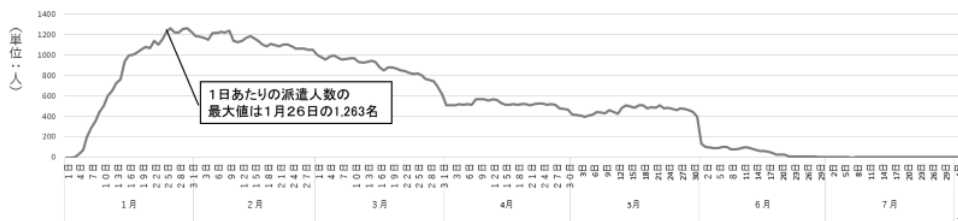
被災市町	派遣元団体※	派遣時期
輪島市	三重県	1月4日より活動開始し、5月31日に支援を終了
珠洲市	浜松市	1月3日より活動開始し、4月14日に支援を終了
能登町	滋賀県	1月3日より活動開始し、5月31日に支援を終了
穴水町	静岡県	1月3日より活動開始し、5月6日に支援を終了
七尾市	名古屋市	1月3日より活動開始し、6月21日に支援を終了
志賀町	愛知県	1月3日より活動開始し、6月16日に支援を終了

※都道府県には域内市町村職員を含む。

対口支援方式（カウンターパート方式）による派遣実績

石川県内14市町、富山県内3市及び新潟県内1市に対し、63都道府県市から対口支援方式（カウンターパート方式）による支援チームの派遣（避難所の運営・罹災証明書の交付等の災害対応業務を担うメンバーの派遣）を決定。8月4日をもって、全ての被災市町における支援チームの派遣を終了。1日当たりの派遣人数の最大値は1月26日の1,263名。

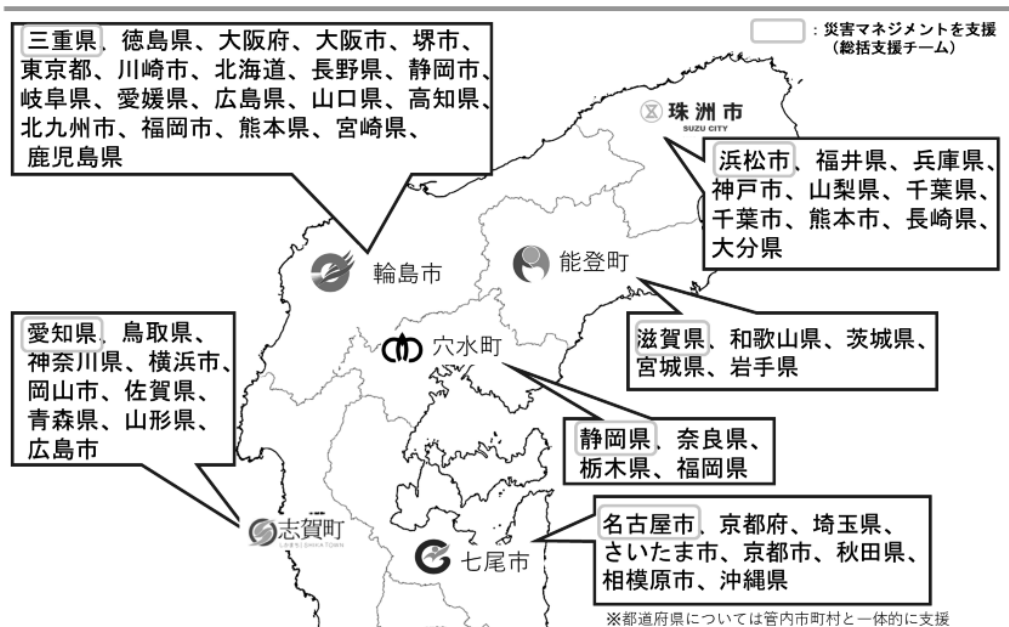
全体派遣人数推移グラフ（8月3日時点）



出典：総務省作成資料。

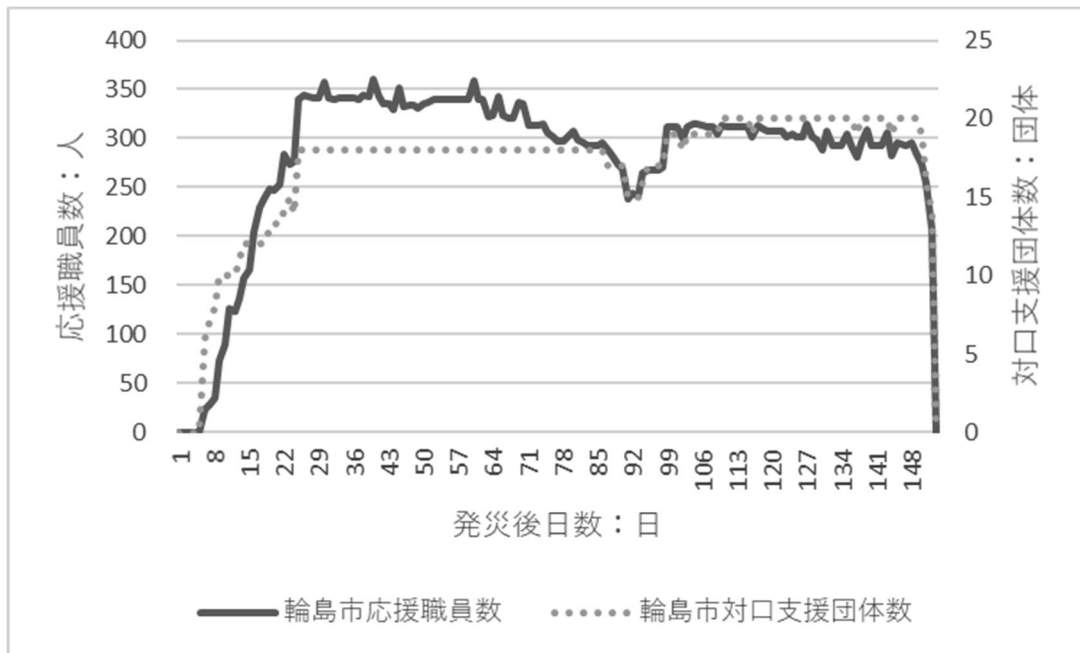
図表3 令和6年能登半島地震における被災6市町への応援団体（総括支援チーム及び対口支援チームを派遣した地方公共団体）

令和6年能登半島地震における被災6市町への応援団体



出典：総務省作成資料。

図表4 輪島市への対口支援による応援職員数と団体数の推移



出典：総務省作成資料。

3. 3. 応援職員の活動環境

3.2 で述べたように、令和6年能登半島地震においては多くの応援職員が被災市町に入ったが、その際に課題になったのが応援職員の活動環境である。

令和6年能登半島地震においては建物が多数被害を受け、被災市町内に応援職員の拠点となる宿泊施設が不足した。加えて半島という地理条件下で道路が大きく被害を受け、金沢市等の比較的被害の少ない地域から多くの地方公共団体により対口支援が行われた能登半島の被災6市町等までの移動が困難となり、金沢市等の比較的被害の少ない地域の宿泊施設に応援職員が宿泊した場合は、宿泊施設と被災6市町等の往復のための時間を要し対口支援を行う被災6市町等での活動時間が短時間に制限されるなどの状況が生じた。更にインフラが大きく被害を受け冬期での復旧作業

が長期化し、応援職員の衛生状態確保のために必要な、トイレや手洗い、入浴施設、暖房設備が不足した。

そのため総務省では、被災県である石川県と連携した活動環境の整備を行い、被災市町近隣の公共施設・民間施設のスペースを確保し、簡易ベッドや仮設トイレ、入浴施設、暖房器具等を整備した。そして県が宿泊場所を一元的に確保した場合には、県が負担する経費の8割について、特別交付税措置を講じることとした。

4. おわりに

本稿では、応急対策職員派遣制度の概要とその運用事例である令和6年能登半島地震における応急対策職員派遣制度の運用を述べてきた。

令和6年能登半島地震は、2018（平成30）年に構築された応急対策職員派遣制度の最大規模の運用となった。今回の運用により得られた様々な課題を踏まえより良い応急対策職員派遣制度としていきたいと考えており、課題の一部である応援職員の活動環境については、2024（令和6）年3月12日の関係府省庁申合せにより政府において開催されることとされた「令和6年能登半島地震に係る検証チーム」⁷でも議論され、ここでの議論を経て防災基本計画の修正⁸を行っている。また、この防災基本計画の修正や、地方公共団体、地方三団体等の意見等を踏まえ、2024（令和6）年9月25日に「応急対策職員派遣制度に関する要綱」等の改正も行ったところである（施行日10月19日）。例えば、災害対応業務のマネジメントの量が多くなった場合の複数の総括支援チームの派遣、被災都道府県及び被災地域ブロック幹事都道府県の役割について明確化した等である。

また、防災基本計画の修正とも関連するが、今後の大規模災害の発災を考えると応援職員の活動環境を確保する受援の重要性については、令和6年能登半島地震の大きな教訓として各地方公共団体で捉えられているのではないかと筆者は考えている。「被災住民の生活再建を円滑に進める。」ための人的資源の確保は被災をした市区町村の重大な業務であり、人的資源を他の地方公共団体の応援に求める場合に被災をした市区町村の受援体制が整備されてなければ、応援する地方公共団体の側の体制が整っていても意味をなさなくなる。関係の地方公共団体でしっかりと取り組むことを期待したい。

最後に、令和6年能登半島地震の被災市町への地方公共団体の応援は地方自治の歴史に残る大規模なものとなった。改めて関係の皆様へ感謝を申し上げたい。

¹ 詳細は総務省HP（https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/jichi_gyousei/koumuin_seido/hisai_chiho_kokyodantai.html）（最終閲覧日2024（令和6）年9月18日）を参照。

² 「General Adviser for Disaster Management」の略。

³ 正確には「災害応急対策を中心とした災害対応業務のうち、避難所の運営及び罹災証明書等のほか、本制度以外の仕組み等において対象としていない業務。」が応急対策職員派遣制度の対象となっている。被災市区町村の災害対応業務への地方公務員の応援は、各府省庁がそれぞれの所管分野に基づき制度化をしている。各種応援制度については、総務省HPの資料（https://www.soumu.go.jp/main_content/000968285.pdf）（最終閲覧日2024（令和6）年10月22日）を参照。

⁴ 例えば千葉県であれば、対口支援チームとしての千葉県は、千葉県庁の職員と指定都市である千葉市を除く千葉県内の市役所及び町村役場の職員で構成し、指定都市である千葉市は、千葉市として別の対口支援チームとなる。

⁵ 応援職員確保調整本部も同日付で廃止をしている。

⁶ 2023（令和5）年4月1日現在。

⁷ 資料等については内閣府HP（https://www.bousai.go.jp/updates/r60101notojishin/kensho_team.html）（最終閲覧日2024（令和6）年9月18日）を参照。

⁸ 修正の概要については内閣府HP（https://www.bousai.go.jp/taisaku/keikaku/pdf/kihon_gaiyoyu.pdf）（最終閲覧日2024（令和6）年9月18日）を参照。

第 5 章

ロボット技術を活用した 防災・災害対応

愛知工業大学 教授

奥川 雅之

1. はじめに

筆者は、社会インフラ構造物やプラント設備に対する点検調査および災害対応を目的とした調査点検ロボットとして、可視光/熱画像カメラ、測域センサなど各種センサを搭載可能な遠隔操縦型クローラ移動ロボット Scott (スコット) を開発し、社会インフラ構造物やプラント内の調査点検などに応用してきた¹⁾²⁾³⁾⁴⁾。

一方で、2015 年から豊田市消防と連携し、遠隔操縦型点検調査ロボットの消防対応への転用を目指し、災害発生時の初動対応や人命捜索・救助活動支援に対するロボット導入を想定したシナリオ検証を目的とした合同訓練を行ってきた⁵⁾。2022 年からは、サンリツオートメーション (株) と豊田市消防本部および愛知工業大学による取り組みが豊田市ものづくり創造補助金事業に採択され、消防署へのロボット配備を目的とした実用化に向けた消防ロボットの開発を行なっている。

本報では、日常時における社会インフラ構造物やプラント設備の点検調査および災害発生時の初動対応に対するロボット技術活用の背景および利点について述べるとともに、合同訓練の概要および消防ロボットの社会実装に向けた取り組みについて紹介する。

2. 災害予防/災害対応に対するロボット技術活用利点

倒壊建物内のような狭隘閉鎖空間、多重事故が発生したトンネル内のような閉鎖空間、製油/製造プラントのような可燃性ガスの漏洩が問題となる場所で災害が発生した場合、迅速な被害状況調査、人命捜索や被災空

間の環境測定など都市型捜索救助技術 (USAR: Urban Search And Rescue) が消防隊員に必要とされる。一方で、二次災害の危険がある環境下では、消防隊員の安全を守ることにも重要な課題となる。その解決策として、遠隔操縦型移動ロボットによる調査・捜索救助活動支援が期待されている。2001 年 9 月 11 日に発生した NY 同時多発テロ事件後、CRASAR (The Center for Robot-Assisted Search and Rescue) によるロボットを活用した人命捜索活動が代表的な活動事例である⁶⁾。その他、2011 年 3 月に日本で発生した東日本大震災によって起きた原発爆発事故建屋内調査⁷⁾、2012 年 5 月にイタリア北部エミリアロマーニャ地方で発生した地震により被害を受けた歴史的建造物の被害調査⁸⁾などが挙げられる。

ロボット技術による調査・捜索救助活動支援の利点の一つは、倒壊の危険性のある狭隘空間内を調査する場合、人の代替として遠隔操縦型ロボットを現場に投入することで消防隊員の安全な調査活動が可能になることである。他の利点として、有毒ガスや可燃性ガスの漏洩が予想されるエリアでは、初動活動として、ロボットに搭載されたガスセンサーで現場周辺のモニタリングが可能となることで、二次災害を避けられる点が挙げられる。これらの利点により消防隊員の危険回避や負担軽減が期待されており、消防分野からのニーズが文献⁹⁾にまとめられている。2019 年 4 月から石油化学コンビナートなどの大規模火災や爆発に対する偵察や監視と放水を行うロボットシステムが千葉県市原市に配備され、現場での利用が期待されている¹⁰⁾¹¹⁾。

一方、1980 年以降アメリカでは、道路、トンネルや橋梁など社会インフラの老朽化に伴う事故の可能性が指摘され、それらの維持

管理は重要課題とされている¹²⁾。日本国内でも 20 年後には、高度成長期以降に整備されたインフラ設備の多くが建設後 50 年を経過することから、アメリカ同様、老朽化に伴う事故の危険性が指摘されている。加えて、維持管理技術者の高齢化による人材不足の問題があると言われている。また、高所や狭隘な箇所の点検が多く作業が困難なケースも多い。国内外での大規模なトンネル事故事例として、笹子トンネル天井板崩落事故(2012)¹³⁾、国外では、ケーブルカー火災事故(2000、オーストリア)¹⁴⁾、ホークス・ネストトンネル災害(1930年代、アメリカ)¹⁵⁾などが挙げられる。事故後の緊急点検に時間を要し、迅速な復旧が困難であるといった課題が指摘されている。これら社会インフラの機能不全は社会や人命に大きな影響を及ぼすことから、災害発生後の迅速な調査による被害状況把握および早期復旧だけでなく、日常時の適切な頻度での定期点検の実施など、インフラ設備の維持管理による保全や災害予防が望まれている。

プラント設備においても老朽化や経年劣化が懸念され始めており、これらについても定期点検の実施による保全が望まれている。事故事例として、2012年8月6日米国カルフォルニア州のChevron Richmond 製油所で起きた火災事故が挙げられる。火災の原因は、腐食した配管から漏洩した油であり、検査の見落としがあったとされている¹⁶⁾¹⁷⁾。プラント設備では、可燃性ガスや有毒ガス、爆発を誘発するような物質を扱っていることが多く、これら危険物質の漏洩は深刻なプラント災害に進展してしまう危険が高いことから、災害予防への要望は強い。これらプラント設備では、一旦災害が発生すると、大規模災害に進展することが多く、その沈静化には長い

時間を要することが知られている。このため、日々の保全による災害予防とともに、災害発生時の被害拡大を防止できる技術も望まれている。また、プラント設備の中には、高温や高所など人が容易に近づけない場所、人が入れない狭隘空間、一時的なプラント停止処置を必要とする場所があり、定期点検の実施が困難もしくは実施されていない箇所も少なくない。さらに近年では、プラント設備点検の高度化に伴い、点検項目の増加や高精度化が求められており、これらにかかる費用および点検時間の増加が問題となっている。そこで、安全な遠隔地から操縦することができる各種センサやカメラなどを搭載した遠隔操縦ロボットの導入が積極的に検討されている。ロボットの導入により定期点検頻度を上げることによって、事故を未然に防ぐことが可能になる。さらに、高温環境下や危険でリスクが高い設備の点検・検査作業は該当設備を停止しなければ実施できない場合がある。このような状況下における遠隔操縦型及び自律型移動ロボット導入は、稼働中でも点検調査作業を可能にすることから、このような環境の設備の稼働率向上が期待される。

社会インフラやプラント点検調査ロボットに要求される能力は、災害対応ロボットへの転用が十分可能であると考えられる。特に、狭隘閉所空間に対する点検調査ロボットによるモニタリング技術は、社会インフラやプラントにおける狭隘・閉所箇所の点検・メンテナンス、危険箇所の内部調査に要求されるものであり、それらは、災害時の崩落箇所や可燃性・有毒ガス雰囲気中等の調査への転用が期待される。使用頻度の高い社会インフラやプラント用メンテナンスロボットの技術を災害対応ロボットに転用することにより、災害対応ロボットの社会実装の実現につな

がるものとする¹⁸⁾。このようなフェーズフリー¹⁹⁾なロボット開発が当該分野のイノベーションとして重要な考え方である。しかし、実環境での評価や検証実験を行うことは困難であるため、World Robot Summit として競技形式による研究開発の促進が進められている²⁰⁾²¹⁾。

3. 遠隔操縦型クローラロボット Scott I

図1に示す遠隔操縦型クローラロボット Scott I は、全長 720mm、幅 390mm、高さ 200mm (マニピュレータ搭載時: 330mm)、重量は約 23 kg (搭載物を除く) であり、2リンクマニピュレータと前後左右に4本のサブクローラを有するクローラ型移動ロボットである。段差踏破時の重心移動を補完するサブクローラの回転軸がフリージョイント (劣駆動) になっている点を特徴とする²²⁾。



図1 遠隔操縦型クローラロボット Scott I

高い機構自由度を有しているが、機構が有する対地適応性により操縦者は複雑な各サブクローラ操作を行う必要はなく、進行方向および移動速度の指示のみで不整地を移動させ調査対象エリアまで到達させることができる。現在は、サブクローラ駆動用モータ

を搭載した Scott III を開発し、Scott I と同様の不整地走破シーケンスの実現を目指している²³⁾。実際の現場でスタック (立ち往生) しても活動の継続を可能にするものである。Scott には、カメラ (可視光/熱画像) やガス濃度測定器を搭載することが可能である。また、制御および通信部として、サンリツオートメイション社製の TPIP システムを搭載しており、無線/有線 LAN 通信によるロボットの遠隔制御やセンサ情報の取得やカメラ画像および音声の送信を行っている。測域センサや LIDAR を搭載することで、SLAM による自己位置推定や環境地図生成が可能である。Scott I は、2021 年サンリツオートメイション株式会社によって監視点検用クローラロボット「ARTHUR」として製品化された (図2)²⁴⁾。



図2 監視点検用クローラロボット ARTHUR

4. 豊田市消防との合同訓練

4. 1. 災害対応訓練

2021 年 9 月 3 日 (金) に豊田市旧藤岡交流館において、ロボットと消防隊員との連携による大規模地震災害への対応を想定し、消防

隊員によりブリーチング¹された開口部からロボットを先行投入し、捜索対象空間の被災状況調査および要救助者の捜索を試みた。図3に訓練対象エリアの間取りとロボットの移動経路を示す。

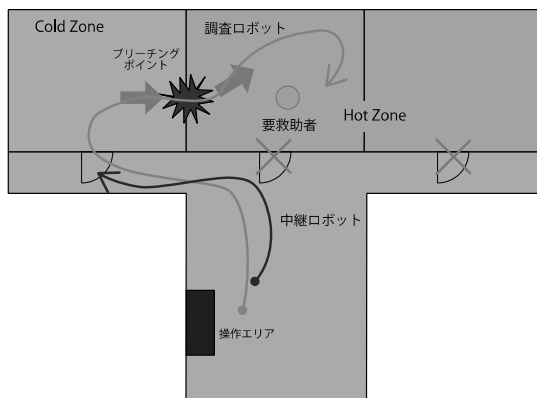


図3 対象エリア間取とロボット移動経路

調査捜索対象エリアがコンクリート建物内であることから、無線通信品質の劣化あるいは通信途絶の可能性があった。そこで、無線通信による調査ロボットと無線アクセスポイントを搭載し、有線通信ケーブルを敷設可能な中継ロボットを用意した(図4)。

自動巻取/送出制御を実現したオートリール装置を搭載した中継ロボットにより、通信ケーブルの敷設を実現した(図5)。その後、ブリーチング開口部から調査ロボットが調査捜索対象エリアに進入した。当初予定していたロボットの役割(被災状況調査および要救助者の発見)を達成することができた(図6および7)。

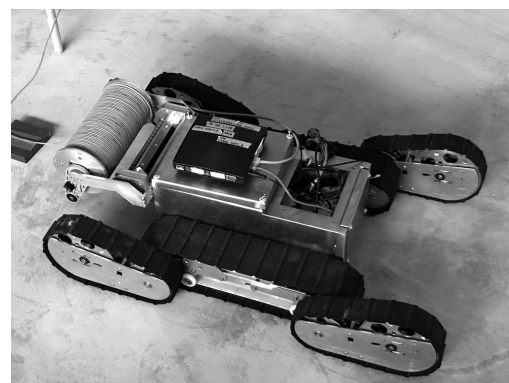
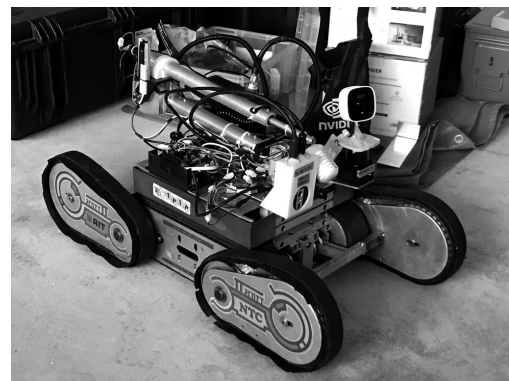


図4 訓練で使したロボット:左 調査ロボット, 右 中継(ケーブル敷設)ロボット



図5 中継ロボットによる通信ケーブル敷設

¹ 救助が必要な人のために瓦礫の下や閉じ込められた部屋の壁や床、天井などの鉄筋コンクリートを破壊し侵入口および救出路を作ること。



図 6 左 ブリーチング開口部，右 ロボット帰還時の様子，下 ロボット進入時の様子



図 7 被災状況調査および要救助者の発見

4. 2. 豊田市内トンネル災害対応訓練

2023年2月15日(水)に豊田市平和町地内旧安永川第4トンネルにて工事中のトンネル内で対応を想定した合同訓練が行われた。訓練シナリオは、トンネル工事中の建設会社からトンネル内で異臭が確認され、確認に入った作業員と連絡が取れなくなったと通報があったため、消防隊員により遠隔操縦されたロボットをトンネル内に先行投入し、トンネル内状況調査及び要救助者の捜索及び報告、その後、救助隊による救助活動を行うこととした。パンチルト高精細カメラを搭載した調査ロボットを遠隔操縦し、トンネル内の状況をタブレット端末経由で現地指揮官に逐次報告するとともに、要救助者の発見、救助隊の活動の様子を中継した。今回の訓練において最も重要な点は、調査ロボットの準備及び操縦を消防隊員が行ったことである。訓練は、想定通り実施することができた。当日の訓練の様子を図8に示す。



図 8 訓練の様子 (2023.2.15) :
豊田市平和町地内旧安永川第4トンネル

訓練後、参加した消防隊員から、ロボットを先行して現場に投入することにより、隊員の安全を確保しながら、現場の状況把握や要救助者の発見が可能となることへの理解を示していただけました。一方で、操作性については、改良の必要性があるとの指摘を受けた。

5. 社会実装に向けた検証

5. 1. 工場／倉庫火災への活用

これまでの合同訓練の実績をもとに、点検調査ロボットを消防対応に転用し実際の現場での活用を進めることとなった。工場や倉庫のような低層大空間建屋での火災を想定し、火災発生初期段階における状況調査をロボットの主な役割として設定した。火災発生直後の大空間建屋内は、空気や煙の流れが急激に変化することや防火扉など開ける際、バックドラフトやフラッシュオーバーが発生し、その結果、爆発の誘発や、火災エリアの拡大につながることから、初動時の建屋内への進入はとて危険である。消防隊員が行なっている熱画像カメラによる建屋内の温度計測やガス検知器による有害ガス測定を遠隔操縦型ロボットに代替させ、消防隊員の安全性を確保するとともに、火点や有害ガスなど危険物資の発見、建屋内における煙の状態、温度分布概略の把握（熱成層の把握）、要救助者の発見を行う。火災発生後は、300℃から500℃になる高温環境であるが、低層であれば、60℃から100℃程度であり煙も薄いため、我々は、全高の低い地上移動ロボットが有効であると考えている。実用化に向けて、(1)耐熱／遮熱対策、(2)煙中での空間／表面（天井・壁面）温度測定、(3)オペレータの育成プログラム作成などの課題が挙げられる。

5. 2. 豊田市内大規模倉庫

大規模倉庫内通信環境の検証を目的とし、2023年11月4日（土）に豊田市内大規模倉庫にて合同訓練を実施した。火災が発生している（火災発生直前含）建屋に進入する際、消防隊員は、進入エリア周辺の安全が確認さ

れるまで、進入口の扉を閉めて調査を行う。ロボットを投入する際も同様であるため、進入口扉を閉めた状態で、建屋内のロボットと建屋外のオペレータ用 PC 間で通信を行う必要がある。そのため、進入口付近に中継用のアクセスポイントを設置することとし、その設置場所の検討を行った。また、大規模倉庫の場合、倉庫内保管物やエリアを区分するための防火扉や壁の存在が電波干渉や劣化の要因となる。

検証実験を通じて、中継用アクセスポイントを仲介することにより、オペレータ PC とロボット間の通信状態の把握ができなかったことや金属製の扉越しに無線通信を行う場合、電波強度の劣化が激しいことを再確認した。

5. 3. 断熱検証実験

2024年1月26日（金）に、ロボット筐体の耐熱性を評価するための検証実験を行なった。検証には、愛知工業大学とサンリツオートメーション株式会社により共同開発した耐熱型ロボットを用いた。検証用ロボットの外観を図9に示す。

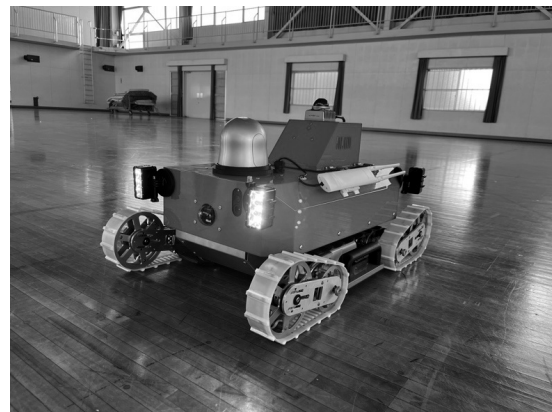


図9 検証用ロボット外観

燃焼室内にて、奥行4.6m×幅7.8m×高2.3mの空間内に置かれた火点台(幅1m×長さ1.8m×高さ0.7m)上で木材を燃やした。

検証実験 1 として、ロボットを火点から6.6m 離れた場所に静態させ、点火から25 分間にわたりロボット内部及び外部の温度を測定した。その結果、ロボット内部温度は9°Cから14°C、外部温度は3°Cから33°Cであった。外部から携行用熱画像カメラでロボット表面の温度を測定した結果は最大47°Cであった。その際、外気温は約10°C、施設に常設されている温度計の数値は、床上2.16m 地点：350°C、床上1.5m 地点：261°C、床上1.2m 地点：179°Cであった。図10に検証実験1の概要を示す。

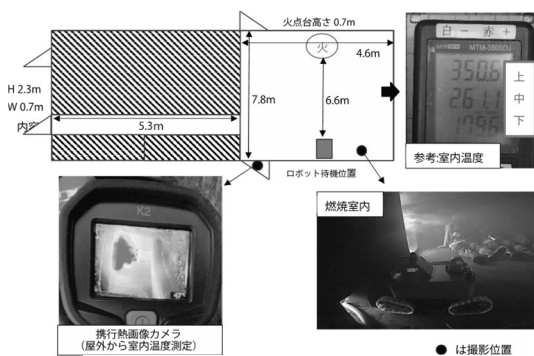


図10 検証実験1概要

検証実験 2 として、ロボットを火点に近づき戻る巡回移動を2周行った。ロボット内部温度は12°Cから15°C、外部温度は10°Cから67°Cであった。ロボット表面温度は70°Cから184°Cであった。その際、外気温は約10°C、施設に常設されている温度計の数値は、床上2.16m 地点：405°C、床上1.5m 地点：313°C、床上1.2m 地点：273°Cであった。図11に検証実験2の概要を示す。火点付近に近づいた際、通信が途絶しロボットの操作が不能となり実験を終了した。

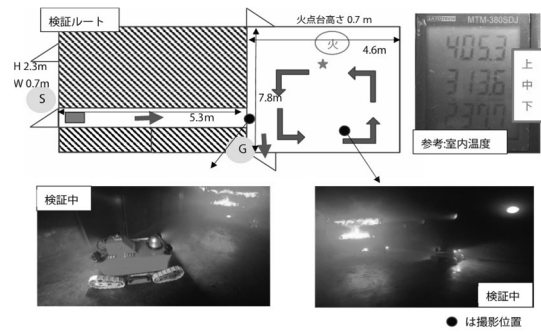


図11 検証実験2概要

検証実験後、ロボットの損傷状況を確認した。ロボット内部の制御機器類やロボット後方のボタン類およびコネクタ類、内部搭載機器の損傷は見られなかった。ロボット外側に搭載した機器類の樹脂製ケースに関しては溶損が見られたが、実験後、ロボットの動作を確認したところ正常動作が確認された。検証実験結果より、ロボットの断熱性能としては、ロボット筐体の断熱構造(特許申請前のため詳細は非公開)の効果が確認され、実用に耐えうるものと判断した。しかし、検証実験2の際、火点にかなり近接したため、輻射熱の影響により、暴露している無線LAN用アンテナ、LiDAR、カメラ、照明などのプラスチック外装が溶損した。また、火元接近により70°C以上となったため、通信途絶が生じた。使用している無線機器の動作温度範囲が-30°Cから70°Cであることが要因である。クローラベルトに関しては、走行中に、燃焼した飛散物を踏んだ箇所以外に溶損は見られなかった。携行熱画像カメラによる床部測定温度70°C程度であったことから、クローラベルト素材(ウレタン樹脂)の耐熱温度である80°C以下であったと推察している。本検証実験より、火点とロボット間の距離を十分確保した状態であれば現場での活用が可能であることを確認した。

6. まとめ

本報では、日常時における社会インフラ構造物やプラント設備の点検調査および災害発生時の初動対応に対するロボット技術活用の背景および利点について述べるとともに、愛知工業大学と豊田市消防との合同訓練の活動報告と消防ロボットの社会実装に向けた取り組みについて紹介した。

今後は、点検調査ロボットのオペレータ育成に関するカリキュラムやトレーニング方法について取り組み、消防ロボットの社会実装に向けた基盤の確立を目指していくつもりである。

参考文献

- 1) H. Miura, et al., Field Experiment Report for Tunnel Disaster by Investigation System with Multiple Robots, Proceedings of the 14th IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics (SSRR2016), Paper No. 92, pp. 276-277, 2016.
- 2) H. Miura, et al., Field Experiment Report for Verification of Abandoned Lignite Mines by Robotic Exploration System, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 30, No. 6, pp. 1004-1013, 2018.
- 3) H. Miura, et al., Verification and Evaluation of Robotic Inspection of the Inside of Culvert Pipes, Journal of Robotics and Mechatronics, Vol. 31 No. 6, pp. 794-802, 2019.
- 4) H. Miura, et al., Plant Inspection by Using a Ground Vehicle and an Aerial Robot: Lessons Learned from Plant Disaster Prevention Challenge in World Robot Summit 2018, Advanced Robotics, Vol. 34, Issue 2, pp. 104-118, 2020.
- 5) 渡邊彩夏, 他3名, 火災救助活動におけるロボット技術活用を想定したシナリオ検証, 日本ロボット学会誌, Vol. 38, No. 7, pp. 651-656, 2020.
- 6) J. Casper and R. R. Murphy, Human-Robot Interaction during the Robot-Assisted Urban Search and Rescue Response at the World Trade Center, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part B, vol. 33, no. 3, pp. 367-385, 2003.
- 7) 古田貴之, 他4名, 原発内作業・調査ミッション用ロボットの開発と改良, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 92-97, 2014.
- 8) M. Kruijff, et al., Rescue Robots at Earthquake-Hit Mirandola, Italy: A field report, Proceedings of the 10th IEEE International Symposium on Safety, Security and Rescue Robotics (SSRR2012), pp. 1-8, 2012.
- 9) 天野久徳, 消防防災ロボット/災害対策ロボット, 消防科学と情報, No. 82, pp. 50-55, 2005.
- 10) 天野久徳, 石油化学コンビナート火災・爆発対応のための消防ロボットシステムの研究開発, 日本ロボット学会誌, Vol. 38, No. 3, pp. 220-225, 2020.

- 11) 田村佳宏, 消防隊員が対応できない活動のための消防ロボットシステム, 計測と制御, Vol. 60, No. 4, pp. 271-275, 2021.
- 12) P. Choate and S. Walter, *America in Ruins: The Decaying Infrastructure*, Duke University Press, 1983.
- 13) 辻真佐邦, 他 2 名, 事故事例に学ぶ 中央自動車道笹子トンネル天井板崩落事故, 月刊消防, Vol. 35, No. 4, pp. 1-11, 2013.
- 14) 山田常圭, 渡部勇市, オーストリアケールカー火災の概要, 火災, Vol. 51, No. 2, pp. 23-28, 2001.
- 15) M. Cherniack, *The Hawk's Nest Incident: America's Worst Industrial Disaster*, Yale University Press, 1986.
- 16) U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, *Final Investigation Report: Chevron Richmond Refinery Pipe Rupture and Fire*, Report No. 2012-03-I-CA, 2015.
- 17) L. Grim, et al., *CSB Investigation of Chevron Richmond Refinery Pipe Rupture and Fire*, *Process Safety Progress*, Vol. 34, Issue 4, pp. 311-401, 2015.
- 18) 田所諭, 防災ロボットについて我が国が取り組むべき中長期的課題, 日本ロボット学会誌, Vol. 32, No. 2, pp. 154-161, 2014.
- 19) 佐藤唯行, フェーズフリー「日常」を超えた価値を創るデザイン, 翔泳社, 2024.
- 20) 田所諭, 他 14 名, WRS インフラ・災害対応カテゴリーの概要と成果, 日本ロボット学会誌, Vol. 37, No. 3, pp. 224-234, 2019.
- 21) 田所諭, 他 18 名, World Robot Summit 2020 福島大会の概要と成果, 日本ロボット学会誌, Vol. 40, No. 6, pp. 475-483, 2022.
- 22) S. Suzuki, et al., *Remote Control System of Disaster Response Robot with Passive Sub-Crawlers Considering Falling Down Avoidance*, *Robomech Journal*, Vol. 1, Issue 1, Article No. 20, 2014.
- 23) A. Watanabe, et al., *Ground Adaptability of Crawler Mobile Robots with Sub-Crawler Rotary Joint Compliance*, *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 36, No. 3, pp. 732-745, 2024.
- 24) サンリツオートメーション株式会社, 監視点検用遠隔操作クローラロボット「ART HUR」
https://www.sanritz.co.jp/products/crawler/crawler_r034/ (最終閲覧日:2024年10月11日)

第 6 章

自治体の危機管理と災害対策の標準化 —業務継続計画と受援計画

明治大学 名誉教授

中邨 章

はじめに

災害は様々な形を取って現れる。地震や台風、それに津波など内容は多岐にわたる。発生する場所も時間も一定ではない。そうした事情にも関係するが、各地の自治体がこれまで作り上げてきた災害対策は、人口や財政規模、それに災害経験の有無などによって中身が異なる。ところが、最近、内閣府や総務省・消防庁などを中心に、災害対応を平準化する計画が進められている。自治体の災害対策を「標準化」し、不測事態発生への準備を全国に定着させることを企図した施策である。

こうした状況を背景に、ここでは自治体の危機管理対策を「標準化」という視点から検討していきたいと思う。注目するのは標準化の中心を占める「業務継続計画」(Business Continuity Planning, BCP)と「受援計画」と呼ばれる2つの項目である。BCPは形式的には全国のすべての自治体で既に作成済みである。ところが、実効性、経験値、それに継続性という点では、自治体が作成したBCPには課題が残る。一方、被災した場合に備え、あらかじめ支援を受ける体制を準備する受援計画については、作成を終えた自治体はきわめて少ない。中には、支援を受けることは想定していないという自治体もある。これまでの記録から言うと、被災した自治体は外部からながしかの支援を受けるのが通例である。被災自治体になることを想定し、受援計画を策定しておくことが、これからの自治体運営の重要な課題と考えられる。

危機管理の標準化に関しては、災害に対応する首長のあるべき姿にもふれておく必要がある。実際には、首長の役割と機能が災害対応の可否を決める決め手になる。ここでは、危機に対応する首長の理想像を総務省が発表した文書などを手がかりに説明する。

I. 標準化の手始め—業務継続計画(BCP)の役割と重要性

A. 業務継続計画—首長不在時の対応とAIの発達

自治体の防災対策では、業務継続計画(BCP)が重要な位置を占める。内閣府と消防庁は、2023年、全国の自治体を対象に「地方公共団体における業務継続計画・受援計画策定状況の調査」を実施した。それによると、BCPは既に全市町村で策定されている(内閣府[防災担当]・消防庁、2024年3月27日)。策定済みの多いBCPであるが問題も残る。必要な要点だけを再検討していきたいと思う。

内閣府は「市町村のための業務継続計画作成ガイド」(ガイド)と呼ばれる資料を公表している(内閣府[防災担当]、2015年5月)。この文書は、BCPの重要要件として6つの項目を挙げている。①首長不在時の代行順位と職員参集体制の明確化、②災害時における代替庁舎の特定、③電気・水道・食料などの確保、④多様な通信手段の整備、⑤行政データのバックアップ、⑥非常時に優先すべき業務の整理が、その6項目に当たる。

その内、首長不在時の代行について言うと、災害時に首長が不在という状態にもいろいろな事例がある。阪神淡路大震災を参考にすると、発災当日、県知事が半日、所在不明という事態が起きた。当時のルールでは、知事のみが国に自衛隊の災害出動を要請できる決まりであった。知事不在の結果、神戸市に隣接する兵庫県・伊丹市に駐屯する部隊は、出動が大幅に遅れるという課題に直面した。この制度は後に改正されたが、他にも山開きのため山上にいた知事が、地震災害で下山できなかったという事例もある。実際には、知事と同行者は山の中腹まで下山していた。そ

ここで再び登山道はふさがれ、やむなく野営を強いられたというのが実情である。

首長の不在は今後、憂慮すべき課題ではなくなるかもしれない。人工知能（AI）時代の到来が、首長不在に対する自治体の姿を大きく変えようとしている。デジタル化が進歩すると、距離という概念は大きく変わる。Zoom と呼ばれるアプリケーションを活用すると、遠距離にいる首長でも映像を通して本庁との会話が可能になる。遠くにいる首長は Zoom を利用し、本庁に指示を与え協議を重ねることもできる。首長の所在は携帯電話に番号を入力することで、瞬時に位置情報が分かる。

最近の技術革新では首長が不在であっても、副市長などの補佐役が AI を活用し政策指針を決めることができる。災害状況を AI に入力すると、コンピューターが過去の事例から必要な行動を探り当て対応策を瞬時に提示してくれる。過去の資料が間違っているかもしれない。遠くにいる首長が AI の判断に異論を唱える可能性もある。ただ、代行者が AI 提案を即時に実施に移すことで 2 次災害は最小限に食い止められる。今後、AI 技術が一層、発展するとコンピューターが提案する計画の中身は充実し確度も上がる。実用性はさらに高まることが期待される。

AI の時代が到来しても、地方自治体の制度そのものは変わらない。自治体制度の基本である二元制は引き続き継続することになる。これまで、発災前後に議会が首長の行動や指揮を批判することがあった。論議を呼ぶことの多いのは執行部の専決処分である。非常時とはいえ、執行部が独自に決めた対応策は、事後、議会の承認を受ける必要がある。今後、AI 技術を自治体の災害対応に採り入れる必要があるが、首長と議会が対立する構図に変

化はない。災害時でも、首長は引き続き地方議会との交渉や折衝を進める必要性は残る。

B. BCP と通信手段の確保

BCP が必要とするもう 1 つの要件は通信手段の確保である。これには首長と職員との連絡、それに職員間のつながりなど自治体内部の伝達という側面がある。もう 1 つは、自治体と住民との関係を注視する外部連絡である。その内、内部連絡では首長と職員とをつなぐ緊急連絡ネットワークが注目される。ある首都圏内の政令市の事例で言うと、この自治体では「LoGo チャット」と呼ばれるアプリを使用している。これは、地方公共団体情報システム機構（J-Lis）が提供する LGWAN で保護されたアプリである。機密性が高く情報漏洩の可能性がきわめて低いソフトと言われる。

この政令市の場合、LoGo チャットの加入は特別職と局長など幹部職員に限定される。これに加入すると、夜間や休日に不測事態が発生した際、市長からソフトを介して関係職員に連絡が届くという仕組みである。このアプリの利用には相当な資金が掛かる。現状では、首長に直結する連絡システムの活用は、局長レベル 50 数名の幹部職員に限定されている。ソフトを職員全体に拡大するには、資金問題以外に情報漏洩という懸念が残る。関係者の規模が増えると、機密情報が外部に漏れる可能性が高まる。さらに、受信側の精神的な課題も考慮しなければならない。夜間や休日に市長から連絡が来ることを嫌う職員も多い。対象者を限定するのは、やむを得ない措置とも考えられる。

多くの自治体では、職員が本庁にメールアドレスを登録する制度を採用している。不測事態が発生すると、自治体の危機管理部門が

必要とされる情報を情報発信システムに入力する。災害情報は登録した職員に瞬時に届くシステムである。SpeeCAN RAIDEN、「すぐ参集」など民間企業が提供する情報発信サービスが使われることが多い。これらのアプリを使うと、本庁は非常時に招集できる職員の数を特定することもできる。職員の集合率はBCPも注目する重要なデータである。職員の参集率は、災害対応の速度や被災対策の内容を左右する重要な要件になる。

ちなみに、2024年1月の能登半島沖地震では、被災自治体のすべてで発災後の職員参集率は低率であった。集合率は最高でも54%、それに39%や20%が続いた。これらの数値は、2016年4月の熊本地震の62%、1995年の神戸市41.5%と対照的である。今回の地震災害では、能登半島の各地で道路が寸断され、自宅から外に出られない職員もいた。本庁と職員との連絡もうまく行かず、職員の安否確認もままならなかった。そうした理由が、職員の参集率を押し下げた原因と言われる。一部では、災害が正月に起こったことが、職員の本庁への集合を遅らせたとも噂される。この点でも今後、小規模自治体のデジタル化を推進することが必要になる。AI技術を投入することで、災害時でも本庁と自宅にいる職員との連絡網が確保され、両者を画像で結ぶことが現実化する。災害対策を実施に移す時間は大幅に短縮するはずである。

住民との連絡に関しては、既に多くの自治体が住民に防災情報等を配信するサービスに事前登録することを勧めている。2024年に実施された調査では、事前登録を済ませた住民は60代、70代以上で4割前後、他の世代では3割程度である。住民の多くは登録せず屋外に建てられた防災無線から情報を得ている。そうしたこともあって、災害時になる

と自治体に電話で情報照会を試みる人びとが増える。自治体には電話が殺到し、一般の事務職員を臨時に応援に駆り出し、押し寄せる電話に対応するのが通例である。家族のことを延々と説明する通話や、自治体の対応を批判する長電話など、対応に困惑する電話もある。不規則な電話に職員は反論することもできない。担当職員はプレッシャーの蓄積に悩まされる。非常時の電話にどう対応するか、目下のところ決め手はない。引き続き検討が必要とされる課題である。

II. 標準化と受援体制の構築

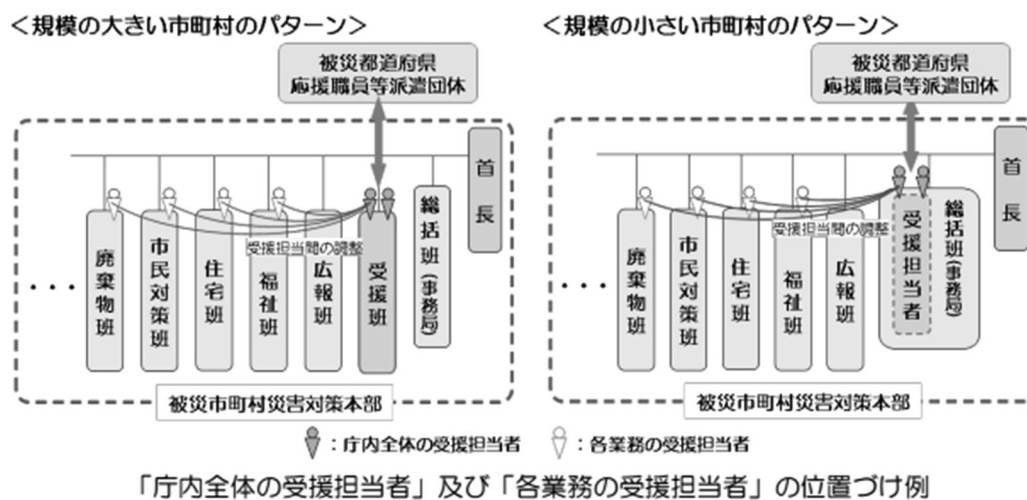
A. 受援計画の制度化

内閣府が提案した業務継続計画に関わる作成ガイドでは、BCPの他に「受援計画」の構築という課題を重視している。受援計画は、被災地が他の自治体から救援物資や人材派遣を受ける体制をあらかじめ構築しておくことを意味する。東日本大震災を機に注目を集めるようになった制度である。東日本大震災では、小規模な被災自治体に全国各地から援助が殺到し、被災地ではそれらの案件に対応出来なかった。それを奇貨とし、支援を受ける制度の充実が重視されるようになった。それが受援計画である。

内閣府は「受援計画作成の手引」とその雛形を公開している（内閣府[防災]、2021年6月）。この手引は受援計画の作成を詳しく説明した精緻な資料であるが、自治体はそれに倣って受援体制の構築を進めることが推奨される。この手引きは、受援担当の部署を明確にすること、それに担当者を決めておくことに力を置いている。自治体に受援担当者が置かれ、彼等がそれぞれの担当部署の応援要請をまとめる。それを、都道府県などとの間で協議にかけ調整を図る。これが支援受け

入れ体制の基本的な流れである（図-1 参照）。

図-1 自治体の規模による受援制度のあり方



（出典：内閣府[防災]. 2021年6月. 「市町村のための人的応援の受入れに関する受援計画作成の手引き」. 14頁）

総務省の調査によると、受援担当部署や担当者を決めていない自治体がある。調査に参加した29都道府県の内、受援計画を作成している団体は12自治体（41%）に止まる。市町村の場合には、その割合はさらに下がる。168市町の中で受援計画を作成したのは、19団体（11%）に過ぎない。計画を作らないのは、災害発生時に他の団体から応援を受けようとは思っていない。災害によって派遣職員の数や他の自治体の派遣可能性が変わる。そのため、計画が立てられないなどの理由が挙げられている。しかし、受援計画が策定されていないことには問題が多い。計画があるなしで復旧から復興に至る過程に大きな差異が出る。自治体の受援計画は、災害に備える事前準備の重要部分を占める。それを充実していくことが、自治体の危機管理では必須要件になる（内閣府 [防災担当]. 2017年

3月. 「地方公共団体のための災害時受援体制に関するガイドライン」）。

B. 首長機能の補完制度

災害対策の標準化ガイドでは、首長の補佐機能の強化が提言されている。発災時には大量の案件が噴出するのが通例である。それらの対応に首長をはじめ自治体職員は右往左往しなければならない。そうした異常な場面に遭遇した首長は、決裁する案件をできるだけ少なくすることが望まれる。大量化し多様化する様々な事案を、首長1人が決裁する環境はできる限り避けるべきである。首長の判断に誤りが出る可能性が高まるからである。緊急事態が続く中、多くの政策判断は二段構えの方法をとることが得策である。問題が発生すると、副市長、総務部長、市民部長、消防本部長など幹部職員で構成される災害対

策本部会議が、政策選択につき検討し結論を出す。例えば、A案、B案、それにC案という選択肢がある内、幹部職員はA案が最適と判断する。その判断を首長に上げる。首長は、幹部職員が決めた方針について最終判断を行うという方法である。二段構えの意思決定は首長の負担を減らすと同時に、方針的的確度を高める効果を生むはずである。

危機管理の担当者として、自衛隊や警察実務の経験者を採用する自治体も多い。確かに危機対応に関しては、知識や経験を積んだ貴重な人事と考えられる。あえて憂慮すべき点を上げると、自衛隊や警察は上意下達を基本に編成される組織である。部下は上官の命令を忠実に従う訓練を受ける。自治体の組織は、そうした厳しい指揮命令システムを基礎に編制されていない。組織は行政に固有の文化や理念に支えられた仕組みで構成される。首長の意向が行政組織全体に伝わらず、タテ割構造の欠陥が指摘され、ヨコの部署間の接触が希薄と批判されることも多い。加えて、自治体には地方議会という執行部をチェックする機関がある。そうした課題を念頭にすると、首長は行政部の幹部職員の中から適任者を選び、危機管理の専門職に育てることが得策かもしれない。ただ、防災専門職員は危機管理に専従するスタッフと位置づける必要がある。転勤を避ける専門職ポストに定着させることが望ましい。

参考までに記すと、総務省自治行政局は、2018年から短期の「応急職員派遣制度」を実施している。この制度は、被災自治体に「総括支援チーム」を派遣することを目的としている。チームは、「災害マネジメント総括支援員」と「災害マネジメント支援員」で構成される。総括支援員（1名）は被災自治体の首長の下で首長に助言することや幹部職員と

の調整などを行う。一方、マネジメント支援員（1～2名）は、避難所の運営業務や罹災証明などの業務を補助する役割を担う。いずれも、発災初期の混乱期に被災自治体を後方から支援することが責務である。小規模自治体にとって、力強い支援策になることは間違いない（総務省自治行政局公務員部応援派遣室。2021年3月15日。「応急対策職員派遣制度」）。

III. 危機対応と首長の機能と役割

A. 不測事態に直面する指導者の責任と力量

内閣府が2015年に公表した「市町村のための業務継続計画作成ガイド」は、首長が不在の際に代行者を決めるなどの対策が必要と説明している。しかし、このガイドには不測事態が発生した場合に肝心の首長そのものについて、どうあるべきかの記述がない。実際には、発災時になるとなにより首長の指揮や責任が重要である。復旧対策の可否は、首長の力量に掛かっていると言える。業務継続計画に関しても、それが実効性を持つかどうかは首長の姿勢と決断力に依るところが大きい。危機に備える首長の役割や責任が不可欠と考えられる所以である。

発災時の首長の役割については、以前から様々な見方がある。横浜市長を1990年から2期務めた高秀秀信氏は、阪神淡路大震災直後に『大震災—市長はなにができるか』（1995. Asahi News Shop）を著している。論議を呼んだ著書であるが、高秀氏は災害時の市長には積極的に市民の前に姿を現し、政策方針を公にする必要性のあることを説いている。この著書の中で高秀市長は、当時、復旧業務に専念していた神戸市の笹山幸俊・市長を厳しく批判した。阪神淡路大震災の後、笹山市長がマスコミの前に一切、姿を見せなかったか

らである。笹山市長はおよそ1月半にわたり対策本部に寝泊まりし、復旧実務の陣頭指揮をとった。これに対し高山市長は、首長の任務は住民の前に姿を見せ、被災者の不安や苦痛を緩和することと主張した。どちらの姿勢が正しいかについて明解な解答はない。公開の場に頻繁に姿を見せるか、あるいは裏方に徹するか、答えは首長個人の判断と責任に委ねられるというのが結論になる。

最近では、2024年に総務省消防庁が「市町村長による危機管理の要諦―初動対応を中心にして」を発表している。この文書は、首長が危機管理のトップであることを自覚し、全責任を負う覚悟で陣頭指揮をとる必要性を説いている。発災に際して、首長は本庁に駆けつけること、復旧体制を組むこと、それに目標や対策について意思判断を行うことなども、首長の重要な役割と考えられている。消防庁の資料は価値ある資料であるが、読むだけに終わってはならない。生かさなければならぬが、そのためにいろいろな対策を実際に経験する必要がある。図上訓練、シミュレーション訓練、シナリオレス訓練などの方法がある。後は、首長の意気込みとやる気だけである。

災害下の首長には、いくつか必要とされる要件がある。なにより対策方針の明確化を進めることが必要である。方針が安定しない指導者に部下はついてこない。発生後の混乱期でも、リーダーは常に立ち位置を明確にし、進むべき方針を明らかにしなければならない。発災時に朝令暮改を繰り返す首長は最悪のリーダーと言える。住民が安心して災害からの回復に希望をつなぐのは、進むべき方向性が明確な安定した指導者である。また、危機に対応するリーダーは、常に積極的な先手必勝の姿勢を保つことが肝要である。指導者に

は平時から様々な想定外の事態を想像し、それに対応するメンタルトレーニングを行うことが勧められる。電車や自動車移動中でも、周辺を見渡し災害や事故の発生を想像する。それにどう立ち向かうか、アタマの中で訓練を重ね、それを日常化する。実効性の高い実務的「頭上訓練」である。

先に挙げた消防庁の資料は、災害の関係情報について首長には能動的に集める姿勢が重要と指摘している。同時に、首長にはあらゆる事項について記録を残すことを求めている。首長が書き残した資料は、後日、復旧や復興を進める上で貴重なデータになる。関東大震災については膨大な記録が蓄積されている。中でも、東京市政調査会（現・「後藤・安田記念東京都市研究所」）の研究員を務め侍従を歴任した小倉庫次氏は、1930年に『復興正史』を刊行している。これは発災時から復旧、それに復興までの過程を克明に書き記した重要な文書である。この記録によって、関東大震災の被害や復興への道のりが後世に伝えられている。記録することの意義を象徴する実記である。

B. 危機のリーダー像―自己規制と説得力

方針の明確化や積極性に加え、危機に遭遇した指導者は自己規制に優れた資質を持つことが必要である。短気はリーダーとして避けなければならない性格である。指導者は辛抱強い性質の持主であることが望まれる。発災時に指導者は興奮することを避け、冷静な状態を続ける工夫が必要になる。深呼吸は忘れない。部下の意見を聞いて考える時間を作る。メンタルヘルスの維持こそが首長に求められる健康上の課題である。災害時の混乱期では職員が失敗する事案が増えるかもしれない。指揮命令が徹底しない場合も予想され

る。そうした場面でこそ、リーダーは沈着冷静でなければならない。部下を叱責した分、指導者に対する信頼感や信用性は低下することを認識すべきである。

災害下、首長には部下を言葉で説得する力を発揮することが期待される。1960年代のアメリカに人種差別撤廃に努力を重ねるマーチン・ルーサー・キングと呼ばれる人がいた。ノーベル平和賞を授与され、その後、暗殺された著名な黒人牧師であった。この人は、1963年、歴史的に有名な「I have a dream」と題された演説を残している。この演説を最初に聞いたときの感動を忘れることはできない。以後、この演説こそがリーダーに求められる説得力のモデルと思うようになった。指導者としての重要な要件は、言葉による説得力を身につけることである。これは、発災時の指導者に不可欠な要件である。

日本の場合、従来から政治のリーダーが弁舌を通して国民を説得するという文化が乏しい。1970年代に大平正芳という総理大臣がいた。「アー、ウー」を連発し、何が言いたいのか分からないことで有名であった。反対に、多弁ではあるが言語明瞭、意味不明で話題を呼んだ竹下登という総理大臣もいた。弁舌さわやかとはほど遠い「分かった、分かった」で答える田中角栄首相が、国土建設の重要施策決定の要となったことなど、およそ外国では考えられないことである。しかし、時代は変わった。ことに災害が発生した場合、首長は中身のある施策を被災者に明確に伝える責任がある。内容の濃い方針を説得力ある弁舌で説明する、それが危機に臨んで首長に求められる力量である。

これまで挙げた危機に対応する首長像は理想的に過ぎるかもしれない。2024年年初に発生した能登半島沖地震では、地理的な問題

やインフラの不足などの課題などが重なり、被災自治体職員の集合率が低くなった。加えて、首長にも問題があったという指摘がある。危機に対応する心の準備や事前訓練が不足というのが、その際の指摘である。小規模自治体になると、首長を含め職員の間でも危機管理についての認識や理解が欠けることがある。この面では、今後、国や都道府県が小規模自治体を援助し、危機対応に関する施策の点検や、首長を含めた職員の防災訓練などを拡大する必要がある。

IV. 被災職員のメンタルヘルスと BCP への組み込み

本稿は最後に、災害時における自治体職員のメンタルヘルスに関わる問題を取り上げる。近年、被災自治体の職員や他の自治体から被災地に派遣されるスタッフの精神的問題や行動障害が注目されるようになった。従来、6項目がBCPで最も重要な事項とみなされてきた。最近ではそれに職員のメンタルヘルスを加え、7項目がBCPの支柱と考えるようになってきている。それには、多くの自治体で平時から長期病休者が著しく増加しているという背景がある。参考までに指摘しておく、2022年の調査では長期病休者（疾病等により休業30日以内以上、または1ヶ月以上の療養者）の数（10万人率）は、3,254名に達している。これは病欠者が前年比で約8%近く増加したことを示している。その内、「精神および行動に障害」を持つ職員数は2,145名（65.8%）にも及ぶ。職員のメンタルヘルスは自治体として無視できない課題に発展している（地方公務員安全衛生推進協会、2022年度調査）。

災害発生時に自治体職員が受けた精神的苦痛について調査した成果は、まだまだ十分

ではない。2016年に発生した熊本地震、それに2018年の西日本豪雨災害を中心に実施されたアンケート調査では、被災自治体の職員が直面した問題として「被災住民からの避難や暴言」が挙げられている。1,000名近い回答者の内、19.0%の職員が経験した事案と報告されている。ただ、住民から感謝された職員も13.7%に達する（地方公務員安全衛生推進協会、2020年調査）。その他では、業務量の多さや仕事に先が見えないことなどが不安を引き起こす原因に挙げられている。職員の業務量が不均衡なども、災害時に多い職員の不安や不満の鬱積の理由である。被災自治体は、職員のストレスを低減する方法として、ストレスチェックの実施を優先的に採用している。他にも、産業医との面談の場を設けることや、健康相談室の設置などもストレス緩和に必要な措置と考えられてきた。一方、職員側では保健師に相談や家族との会話などの方法でストレスの解消に努めたという回答がある。

それとは反対に、被災地に職員を派遣した自治体側では、派遣された職員が未経験の業務に戸惑ったことや、現地情報の不足に悩んだことが報告されている。先が見えない仕事に関わった不安、時間をかけても終わらない業務なども、派遣職員の間でストレスを生んだ理由である。派遣自治体は対策として、災害支援の経験職員と未経験者のペアリングで被災現地に派遣することや、産業医との相談会、それに定期的報告会の実施などの方法を講じている。そうした試みは職員のストレス対策として有効であったという指摘がある。派遣職員は個人的な苦痛を緩和するためいろいろな方策を採っているが、なかでも「取りあえず寝る」を優先した回答の多いことが目につく。

被災自治体の職員は被災者でありながら、住民への支援は優先しなければならない。避難所を担当する職員は、避難者からの要望や苦情に直接、対応する必要がある。避難者の目は常に職員に向けられている。なかには、不眠不休の災害対応で過労やストレスを溜め込み、心身に不調をきたす職員も出る。自治体職員のメンタルヘルス面での措置は、早急に対応が求められる政策分野である。地方公務員安全衛生推進協会は、「災害時における地方公務員のメンタルヘルス対策マニュアル」を発行している（地方公務員安全衛生推進協会、2021年3月）。その中で災害時のストレスを可視化する方法として、チェックシートを用いたストレスチェックが紹介されている。また、災害対応業務の負担軽減のため、勤務ローテーションや業務負担不均衡の是正、休暇休養の付与、それに休憩スペースの確保などの取り組みが挙げられている。こうしたメンタルヘルス面での対策は、今後、BCPに含めるべき重要な課題と考えられる。

おわりに

本稿は、自治体の災害対策を標準化するという文脈で、業務継続計画（BCP）と受援計画につき説明してきた。BCPは既にほとんどの自治体で作られている。ただ、それが机上の計画に止まっているか、小論が問題にした要点の1つになった。また、ここではBCPの実効性と実務性を高めるため、様々な形式の訓練を繰り返す。実際に即した経験を元に、BCPの内容を継続して点検し、改善を加えることなども重視してきた。

受援計画に関しては、内閣府が手引きを公開し、自治体の計画作りを促進してきた。手引きの内容は受援計画の細部にわたって細かく紹介している。中にはそれらの責務を具

体化することに威圧感を覚える自治体もある。手引きでは、被災自治体に応援職員の宿泊施設整備や、作業を行う場所の確保なども必要と説明している。誤解を恐れず言うと、被災自治体にそうした要望に応える力はほとんどない。被災自治体に負担をかけないため、応援自治体の職員は、寝袋持参、作業場所は持参のテント内など、被災者側の負担を最小限に止めることに留意すべきである。

1995年に発生した阪神淡路大震災では、外国から多数の救援隊が神戸市に到着し活動を始めた。しかし、間もなく問題が出てきた。課題として浮かび上がったのは応援隊の食事である。オランダやアメリカからの応援部隊は、日本人のように「おにぎり」だけで支援活動はできない。サンドイッチがそれら部隊員の必要食になったが、神戸市ではそれを調達することができなかった。日本側は復旧対策本部がおかれた海上自衛隊の巡洋艦を大阪に派遣し、サンドイッチの確保に当たったと言われている。この事例が示すのは、応援者は活動に入る前から、被災自治体の負担を最小限に止めることに留意しなければならない。その上で、支援活動を続けることが理想的と思われることである。

小論では、災害時における首長の役割と責任についても言及した。首長は災害対応の基軸になる。ここでは、首長のリーダーシップが災害対策の成否を決める重要な要件と言う点を軸に論議を進めてきた。防災対策は、自治体の規模によって中身が異なる。資金の乏しい小規模自治体では、事前に作成した災害対応策が机上の作戦だけに終わることがある。そうした自治体については、都道府県の後方支援は不可欠である。府県と市町村を代表する首長が密度の濃い連携作業で結ばれる。そうすると、災害への備えは充実した

対策に成長する。

もう1つ、ここでは首長の責任と機能を高度化することを目的に、補佐機関の拡充という課題を取り上げた。災害が発生すると、首長は対応できないほどの決裁事項に見舞われる。緊急時には、副市長、総務部長、市民部長、それに防災・危機管理部長など、市政の中核機能を担うグループが、首長の補佐機関として機能することが期待される。首長に代わって各種の意思決定を補佐機関が行う。最終決定者は首長であるが、補佐機関の活動により首長の案件処理は迅速になるとともに正確度も上がる。二段構えの意思決定が、この先の自治体の危機管理に要望される要件である。

最後に本稿は、自治体職員のメンタルヘルスの問題にも触れた。この課題は、今後、被災自治体と派遣自治体で重要なテーマになる。BCPの7番目の事項として、この先、一層の検討が期待される項目である。

以上

第 7 章

令和 6 年能登半島地震における 輪島市大規模火災が あらためて喚起した課題

NPO 法人日本防火技術者協会 理事長

関澤 愛

1. はじめに

2024年1月1日16時10分に発生した令和6年能登半島地震では、輪島市河井町の朝市通り周辺で起きた火災が、津波警報下であったことや消防水利が初期に得られなかったことなどにより消火活動が有効に行えず、大規模に延焼拡大して2016年の糸魚川市大規模火災を上回る市街地火災となった。総務省消防庁の「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」資料によれば、焼失区域の面積は約49,000㎡、焼損棟数は約240棟に上った¹⁾。

今回の輪島市のように、沿岸地域において津波警報が発令されている状況下で消防団員を含めて多くの住民が高台へ避難しているなかで、地震直後に火災が発生し、断水による消火栓の使用不能や防火水槽が倒壊建物の影響で使えないといった条件の下では火災の初期延焼を防ぐことはそもそも極めて困難であったと推定される。しかし、火災のあった朝市通り周辺の地区は、古い木造家屋の密集地域ではあったが、国土交通省が定義する「地震時等に著しく危険な密集市街地」²⁾には該当しておらず、輪島市内の他の地区や全国至るところにおいても普遍的によく見られる古い木造密集市街地であり、特に火災危険度が高い地区として指定されていたわけではなかった。

その意味で、今回の輪島市の火災は、今後似たような条件で地震火災が発生した場合に備えて、どのような防火対策あるいは消防対応を講じればよいのかという極めて重要な課題を突きつけたといえる。本稿では、輪島市大規模火災の延焼状況と消防活動の実態について述べたのち、今回、あらためて喚起された津波警報下での消防活動のありかたについて国で行っている検討会での議論の概要を紹介することにする。

2. 輪島市大規模火災の延焼状況と消防活動

2. 1. 輪島市大規模火災の概要

消防庁長官による火災原因調査の資料¹⁾によれば、輪島市大規模火災の概要は以下のとおりである。

(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) 被害状況

- 焼失面積：約49,000㎡
- 焼損棟数：約240棟

(3) 出火原因

出火原因については、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とされた。

2. 2. 輪島市朝市通り周辺地域の消防力と消防水利

消火栓の断水や防火水槽への家屋の倒れ込みによる消防水利の被害など様々な活動困難事象発生のもとで、輪島市における消防署（奥能登広域圏事務組合消防本部の輪島消防署）と消防団は、津波警報発令という特殊な状況のもとではあったが、火災の初期段階から使用可能な消防水利を探しながら懸命な消火活動を実施しており、放任火災というわけではなかった。

「第1回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」資料には、輪島市の消防本部と消防団の活動状況の記録が詳しく示されている³⁾。そこで、本稿では津波警報下での消防活動の是非は後段に述べるとして、以下では、今回の輪島市大規模火災の延焼動態、ならびに延焼状況への消

防活動の実態について記すことにする。なお、上記の資料から輪島市大規模火災の焼失範囲（点線）とその周辺の消防水利とその使用

可否状況を図1に、今回の火災に出動した輪島消防署と消防団の消防車両を表1に示す。



図1 輪島市大規模火災とその周辺の消防水利 ※点線内が焼失範囲 文献3)より作成

表1 輪島市大規模火災に関わった輪島消防署と消防団の車両 ※文献3)より作成

所属	ポンプ車	化学車	その他
輪島消防署	4 (※)	1	2
輪島消防分団	2		
河原田消防分団	1		
合計	7	1	2

※非常ポンプ含む

2. 3. 輪島市大規模火災の延焼状況と消防活動状況

図2は延焼範囲と消防活動（放水筒先の配置と利用消防水利）を時系列的に示したものである⁴⁾。以下、時間帯ごとに延焼状況と消防活動状況を概観する。

(1) 17:26～18:11 の延焼範囲と消防活動 (図 2a)

輪島消防署のポンプ1号車が17:26に火災現場の南側に到着し、川から吸水し消火活動を始めた。17:56に同じく輪島消防署のポンプ2号車が到着し、川に水利部署し、延焼域の西側で18:11から放水を開始した。

(2) 18:11～18:43 の延焼範囲と消防活動 (図 2b)

輪島ポンプ1号車は第2線ホースを延長し南西隅側から放水活動。輪島ポンプ2号車は第2線ホースを北に延長し、18:43に北側から放水開始して延焼防止活動を行った。

(3) 18:43～19:20 の延焼範囲と消防活動 (図 2c)

輪島化学車が19:14に現場到着し、朝市通りの防火水槽に水利部署して延焼域の北東側から延焼防止活動を行った。さらに輪島消防分団の小型ポンプは伊右衛門通りの防火水槽に水利部署して延焼域東側から19:20に放水開始。この時点で放水筒先は合計6つで包囲体系をとっている。

(4) 19:20～21:30 の延焼範囲と消防活動 (図 2d)

輪島ポンプ1号車は引き続き延焼城南側から延焼防止活動を継続。輪島化学車は延焼域北東部で2線ホースの一つをさらに分岐して筒先3として放水活動を実施。輪島消防分団ポンプ1号車は河井小学校プールから中継送水を受けて東南側から放水している。

(5) 21:30～0:00 の延焼範囲と消防活動 (図 2e)

輪島化学車は、ホース1線で東側から延焼防止活動。消防分団ポンプ1号車も東側に移動し、延焼域東南側からホース1線で延焼防止活動。他の消防車は中継送水に従事。

(6) 00:00～7:30 の延焼範囲と消防活動 (図 2f)

輪島ポンプ1号車は津波警報解除の約30分前の午前1時前に海水への水利部署を始め、ホース1線を伸ばして馬出し小路東南側から延焼防止活動を行った。輪島化学車は海水の中継送水を受けて同じく馬出し小路の東南側から2線放水を行った。輪島消防分団ポンプ1号車も他の消防車からの海水中継送水を受けて3線を伸ばし、馬出し小路の北東側から延焼防止活動。延焼域東端の馬出し小路に放水筒先6つを集中させて最終的な延焼防止ラインを形成して鎮圧に至った。

上記の(1)から(6)に示した時間帯ごとの延焼状況に対応した消防活動状況を見ると、輪島消防署と消防団は、様々な消防活動困難に直面しながらも、火災の延焼拡大の各段階において、可能な限りの消防資源で最大限の延焼防止活動を行っていたことが伺える。これらの努力が延焼速度の低下や焼損面積の低減に寄与したことは疑いない。消防研究センターの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よれば、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110,000㎡になっていた可能性があるとのことである⁵⁾。



図2c 18:43~19:20の延焼範囲と消防活動



図2f 00:00~7:30 (鎮圧)の延焼範囲と消防活動



図2b 18:11~18:43の延焼範囲と消防活動



図2e 21:30~0:00の延焼範囲と消防活動



図2a 17:26~18:11の延焼範囲と消防活動



図2d 19:20~21:30までの延焼範囲と消防活動

図2 時系列別の延焼範囲とこれに対する放水筒先配置及び利用消防水利

※文献3)から筆者作成

津波警報下における以上のような輪島市消防署および消防団の活動については、消防職・団員の活動安全の観点から様々な評価があるかもしれない。しかしながら、少なくとも今回のケースについては、結論から言えば、大きな問題はなかった。それは、まず今回の火災は津波警報発令下での沿岸部での消火活動ではあったが、津波の第1波が火災覚知前に到達以降、地盤の隆起もあり津波警報等が解除されるまで火災地域への津波の到達はなかったという事実である。また、輪島消防署長は、2017年の津波浸水想定区域の修正により、火災のあった朝市周辺地域の大半が浸水想定区域の範囲外であることを認識していたことに加え、河原田川の河床や輪島港の岸壁が隆起していることも確認済みであった。さらに言えば、日が明けて翌日の津波警報の解除直前までは海水の取水を行わず、浸水想定区域外の消防水利からのホース延長と消防車配備をするなど、消防活動への安全配慮を行った上での消防活動を実施していたからである。

3. 沿岸地域での津波災害を想定した消防活動のありかたについて

今回の輪島市大規模火災では、あらためて津波警報下での消防活動の問題がクローズアップされた。先の総務省消防庁の「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」においても、消防職・団員の活動安全確保の観点から議論が行われている。たとえば、長時間継続する津波警報について、一般住民の避難安全確保の視点からの安全側を重視した警報とは別に、消防職員などの日頃から自らの安全管理にも習熟した防災のプロが災害対応を行うために参考となる、より細かい時間別、地域別の津波リスクに関する情報提供の可能性の有無についても質疑がなされたが、検討会のなかでは

技術的に困難であるとの意見があり、結論は得られなかった。

ところで、この津波警報下での消防職員の活動安全確保の原則については、2011年3月11日に発生した東日本大震災の後に設けられた「大規模災害発生時における消防本部の効果的な初動活動のあり方検討会」⁶⁾(2012年)において、既に明確な基本方針が示されている。ここでは、この度の輪島市大規模火災での議論を機会に、あらためてこの時の検討内容の紹介と、今回の「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」報告書において示された今後の取り組みの方針について紹介することとしたい。

3. 1. 2011年東日本大震災後の消防職員の安全管理についての検討

2011年に発生した東日本大震災においては、岩手県、宮城県、福島県をはじめとする津波による被害を受けた地域の特に関しては沿岸部の消防本部では、消防庁舎や消防車両が被災するとともに、行方不明者を含めて消防職員(27名)、消防団員(254名)という多くの殉職者を出すという極めて深刻な結果となった。この教訓を踏まえて、「大規模災害発生時における消防本部の効果的な初動活動のあり方検討会」においては、東日本大震災での被災地消防本部における災害初期の活動や対応策の調査を行い、その結果を踏まえ、大規模災害発生時における効果的な初動活動のあり方や、消防本部が具体的に取り組むべき方策等について検討を行なった。

その結果、消防活動による直接的な防除が困難な津波災害に対しては、津波が到達する前に消防職員も退避することが安全管理の基本であり、このことがひいては消防力の維持及び消防活動の継続を可能にするという考えに立って、今後の津波や様々な災害への対応を行うこととした。ここでは、そのポイ

ントとなる津波災害時における消防隊の活動安全について、その概要を紹介する⁶⁾。

(1) 職員の身に津波による危険が迫れば「消防職員も退避する」という基本的な考え方

これは、津波から消防職員の命を守り安全を図るためには、職員の身に津波による危険が迫れば、消防活動中であっても「消防職員も退避する」ということを基本の考えとするものである。津波発生時の消防活動には限界があるため、消防職員も一時的に高台等へ退避して安全を図ることにより、消防力を確保することで、津波後の消防活動の継続を行うためのものであり、退避の際に消防が避難に関する広報を行いながら住民の避難誘導を行うというものである。

(2) 津波浸水想定区域内の活動については「活動可能時間」を判断しその時間の中で活動

消防本部は、ハザードマップ等に基づき津波の浸水想定区域内の活動を想定した安全退避場所をあらかじめ指定しておくとともに、部隊等は安全退避場所及び緊急時の津波避難ビル等の位置を把握しておくものとする。そのうえで、地震発生後に津波警報が発令された場合、津波到達予想時間を基に、出動に要する時間、災害発生場所から最も近い安全退避場所へ退避する時間、さらには地域事情に応じた退避に係る安全（予備）時間を考慮し、以下のように部隊の活動可能時間を判断する。

【部隊が活動可能時間を判断する要素】

- ① 災害発生場所までの出動（移動）時間
 - ② 災害発生場所から直近の安全退避場所への退避（移動）時間
 - ③ 安全時間（想定外の事案発生も含めて安全確実に退避するための予備時間）
 - ④ 津波到達予想時刻までの時間
- 活動可能時間 = ④ - (①+②+③)

(3) 消防活動の安全管理に関する事前計画の策定

津波や様々な災害への対応時における安全管理を含む消防活動のための事前計画の策定の必要を指摘している。消防本部は、地域防災計画、ハザードマップ等をもとに、管轄地域における浸水想定区域等を把握するとともに、浸水想定区域ごとの安全退避場所、安全退避場所までの経路、及び津波避難ビル等の位置や移動時間について検討したうえで、浸水想定区域内における災害発生を想定し、津波の浸水想定区域と安全退避場所等を踏まえた活動計画を策定しておく必要がある。

3. 2. 地震・津波災害時の消防活動計画等の策定の現状に関する調査

令和6年能登半島地震を受けての「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」では、全国720消防本部を対象に各消防本部における地震・津波災害時の消防活動計画の策定状況等の調査を行った。その結果、消防活動計画に津波時の浸水想定区域での活動について策定している消防本部は、沿岸部を管轄する356消防本部のうち110消防本部（31%）であった。（図3）

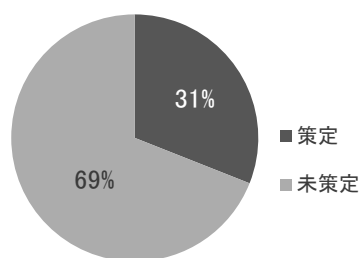


図3 消防活動計画に津波時の浸水想定区域での活動について策定している消防本部

また、これを消防本部の管轄人口別にみると、人口 70 万人以上の規模では 75%であるのに対して、人口 10 万人未満では 27%と管轄人口の少ない小規模な消防本部ほど、消防活動計画に津波時の浸水想定区域での活動について策定していない傾向にあることがわかった⁵⁾。

3. 3. 津波警報時の浸水想定区域での活動を勘案した消防活動計画の策定

津波に対する消防職・団員の安全管理については、津波警報の発令時は消防職・団員も待避することが基本とはされているが、今回の地震では津波警報発令が長時間継続するなかで、津波浸水想定区域等での火災や救助事象に対してどう消防対応すればよいかといった課題があらためて浮き彫りとなった。

上記の地震・津波災害時の消防活動計画の策定状況等の調査結果から、全国の消防本部において、必要な計画の策定が十分に進んでおらず、とりわけ小規模な消防本部ほど計画の策定が進んでいないことが分かったことから、消防庁は、各消防本部において策定すべき計画について、全国の消防本部の事例を踏まえつつ、以下に示すような計画に盛り込むべき事項等を示すなど、策定を促していくことが必要であるとしている⁵⁾。

(1) 活動可能時間の設定

津波到達前に退避することを基本とし、津波到達までに一定の時間があれば、退避する時間等を踏まえた活動可能時間内で活動を実施する。また、第 1 波以降の活動再開については、津波警報等の切替・解除などの情報や、今後の津波の見通し等に関して气象台と構築したホットラインによる情報、ドローン、潮位計、高所監視カメラ等による情報、メディアからの情報、再退避のための経路や退避場所、再退避に要すると見込ま

れる時間等の退避に関する情報等を総合的に勘案し、現場の指揮者等が安全を確保できると判断した場合、活動時間を再設定して活動することが考えられる。

(2) 津波警報レベルに対応した浸水想定区域に基づいた活動可能区域の設定

津波浸水想定区域の設定は、多くの都道府県において最大クラスの津波を想定して設定しており、警報の種類に関係なく警戒する浸水区域は最大限の範囲となる。一方で、大津波警報 (3m超) や津波警報 (1m超 3m以下) など警報の種類等に応じて浸水範囲を設定している地方公共団体もあり、この場合、津波災害時に発表される警報の種類に応じて活動可能範囲を検討・判断できる利点がある。(図 4)

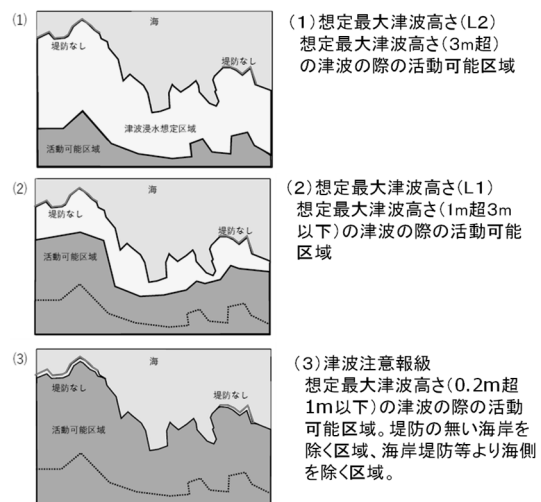


図4 津波警報レベルに対応した浸水想定区域に基づいた活動可能区域(濃い色の部分)の設定

(3) 退避場所、退避経路の確認

隊員が迅速・円滑に活動場所から退避するために、あらかじめ津波浸水想定区域ごとの安全退避場所や退避経路、津波避難ビル等の位置等について確認し、計画に位置づける必要がある。

(4) 安全監視体制の整備

津波浸水想定区域等の状況や津波の海面監視等により活動の休止・再開等に係る状況把握を行うためドローンや高所監視カメラ等を活用した安全監視体制を確保する必要がある。

(5) 情報連絡体制

消防本部と部隊間又は部隊の隊員間での活動の休止・再開等について連絡が確実に行えるように、消防救急デジタル無線、衛星携帯電話等の多様な通信手段を確保するとともに、当該通信機器を継続して活用するための非常電源や予備電源等を確保する必要がある。

(6) 消防の連携・協力

地震や津波に対する体制確保のために必要な場合は、地域特性を考慮しつつ、隣接した消防本部間等での連携・協力により、津波災害時等の計画や活動要領について、専門的・技術的内容を中心に本部間でマンパワー等を確保しつつ共同で策定を進め、内容の共通化や訓練の共同実施などの連携体制の構築を図ることが考えられる。

4. さいごに

東日本大震災では、多くの消防職・団員、消防庁舎、消防車両等が多大な被害を受けたことを踏まえ、津波警報の発表時は消防職・団員も避難することを基本とすることが示された。しかしながら、令和6年能登半島地震では津波警報が長時間発表され続ける中、沿岸部での消防活動としてどう対応したらよいかという課題があらためて浮き彫りになった。

今回の地震後の検討会での消防本部調査の結果を踏まえると、全国の消防本部において必要な消防活動計画の策定が十分に進んでおらず、とりわけ小規模な消防本部ほど計画の策定が進んでいないことも想定されることから、消防庁では各消防本部において策定すべき計画について、幾つかの消防本部の策定事例を踏まえつつ、計画に盛り込むべき事項等を示すなど策定を促していくこととなった。

今回の地震により、あらためて津波時の消防活動安全がクローズアップされたことを契機に、大規模地震時や津波災害時に備えた消防活動安全を勘案した消防活動計画の策定が全国でおおいに推進されることを期待したい。

【参考文献】

- 1) 第3回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：【参考資料2】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, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-149/02/shiryoul.pdf, (2024年11月15日アクセス), 2024.5.
- 2) 国土交通省：「地震時等に著しく危険な密集市街地」, https://www.mlit.go.jp/jutakuken_tiku/house/jutakukentiku_house_tk5_000086.html (2024年11月22日アクセス)
- 3) 第1回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：(資料6) 地元消防本部と消防団の活動状況等, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-148/01/shiryoul6.pdf, (2024年11月15日アクセス), 2024.3.
- 4) 関澤愛、佐々木克憲：輪島市大規模火災の延焼状況と消防活動に関する考察(その1) 延焼状況と消防活動の実態、日本建築学会大会学術講演梗概集(防火)、2024.8.
- 5) 第4回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：(資料1) 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, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-149/03/houkokusyo.pdf, (2024年11月15日アクセス), 2024.7.
- 6) 大規模災害発生時における消防本部の効果的な初動活動のあり方検討会：大規模災害発生時における消防本部の効果的な初動活動のあり方検討会報告書, https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/kento004.html, (2024年11月15日アクセス), 2012.3.

バックナンバーはこちらからお問い合わせいただけます：



危機管理レビュー Vol. 16

地震対策・対応の今

編集発行者 一般財団法人日本防火・危機管理促進協会

〒105-0001 東京都港区虎ノ門2-9-16 日本消防会館6階

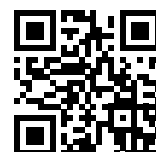
Tel 03-6264-6021

Fax 03-6264-6022

URL <https://www.boukakiki.or.jp/>

印刷 株式会社丸井工文社

発行 2025年3月





9784907905842



1923031004771

ISBN978-4-907905-84-2

C3031 ¥477E

定価(本体477円+税)