

第4章 強風下における地震火災時の課題解明

第1節 強風による地震火災への影響

1 はじめに

(1) 背景及び目的

関東大震災では、前日に九州地方に上陸した台風の影響で気象の変化が激しく、地震発生直後に南南西約12m/sであった風は、夜間に北西約22m/sとなった¹⁾。強風に加えて、風向が刻々と変化したことで、火災の延焼方向が変わった。延焼方向が変わった火災は延焼範囲を更に広げ、甚大な被害をもたらした(図4-1-1参照)。強風と地震火災が複合した場合には、単独の地震火災以上に被害が大きくなることが懸念される。

本章では、強風下における地震火災による被害特性を把握し、問題点を明らかにしておくことを目的とした。

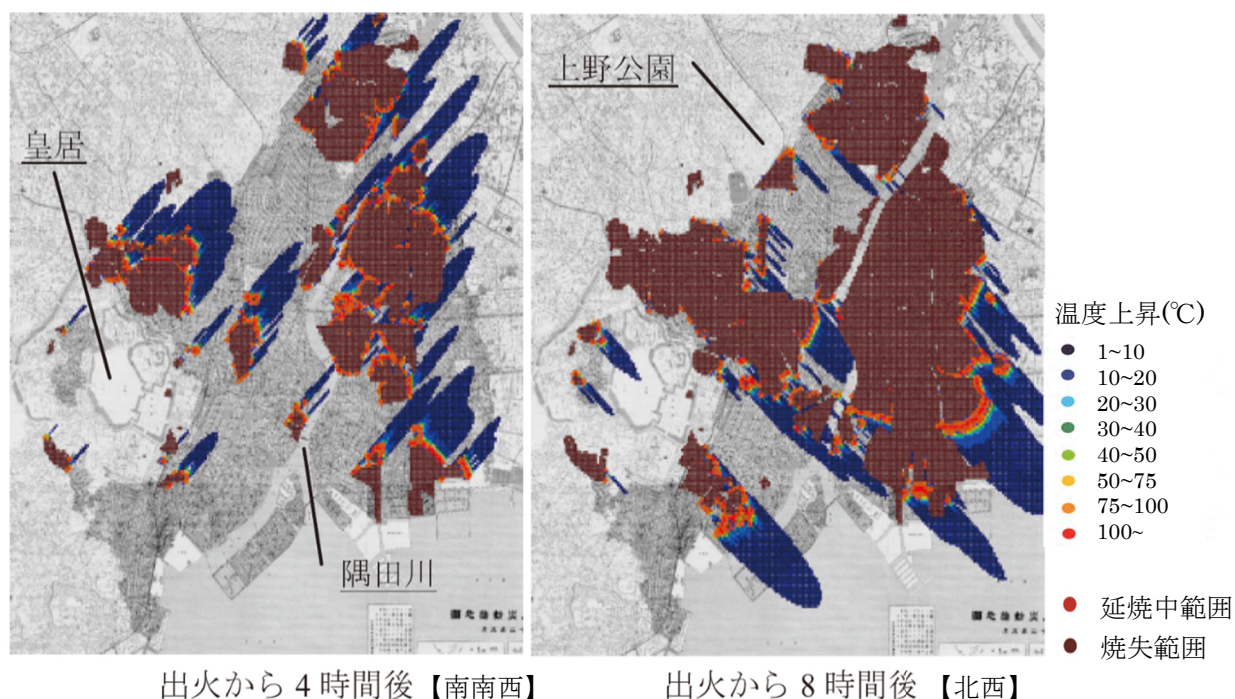


図4-1-1 関東大震災時の延焼範囲と延焼方向のイメージ(西野ら(2009)²⁾に加筆)

(2) 被害想定等における風の扱い

東京都の「首都直下地震等による東京の被害想定」³⁾(令和4年公表)では、風速8m/sでの火災を想定している。東京消防庁の「東京都の地震時における地

域別延焼危険度測定（第10回）」⁴⁾では、風速 6m/s の火災で延焼面積を測定している。いずれも強風下（風速 13.9m/s 以上）での検討は行っていない。

(3) 近年の強風事例

2019年に発生した、令和元年房総半島台風では最大風速 35.9m/s（千葉市）、最大瞬間風速 57.5m/s（千葉市）、令和元年東日本台風でも最大風速 34.8m/s（大田区）、最大瞬間風速 43.8m/s（江戸川区）を記録した。

以上のような強風時に地震が発生する可能性も十分に考えられることから、強風下での地震火災の被害特性を明らかにし、課題を抽出するとともに、その対策について検討する。

2 検討の方向性

現代の東京において、関東大震災時と同程度（風速 22m/s 以上）の強風やそれを上回る暴風下での地震火災は、どのような被害が発生し、住民等や消火活動にどのような影響を及ぼすかは未解明である。

強風下における地震火災時の被害特性の把握するため、風が強いケース、風向が途中で変化するケース等で比較することとした。

そのため、延焼シミュレーションを活用し、強風下の延焼拡大を評価した。さらに過去の大火や強風時の消火活動の事例から、消火活動の阻害要因を把握するとともに、阻害要因の一部を消防隊運用シミュレーションを用いて、感度分析を行うこととした。

第2節 強風下での地震火災の被害特性の把握

1 被害様相把握のための延焼シミュレーションの活用

強風下で地震火災が発生した場合の様相を把握するため、東京消防庁延焼シミュレーションを活用した。

(1) 東京消防庁延焼シミュレーション

東京消防庁延焼シミュレーション（以下「東消延シミュ」という。）の主な仕様は以下のとおりである。

- ・東京都の市街地（平成 28 年）を再現し、地震火災の推移や消火に必要な消防隊数を予測
- ・第 13 期火災予防審議会に基づく「東消式 2001」を採用
- ・出火建物から隣棟建物への延焼は、建物間のネットワークにより拡大
- ・樋本⁵⁾を参考にした火の粉の飛散確率表示機能を有する。（図 4-2-1 参照）
（飛び火の「発生」「飛散」までを計算。）

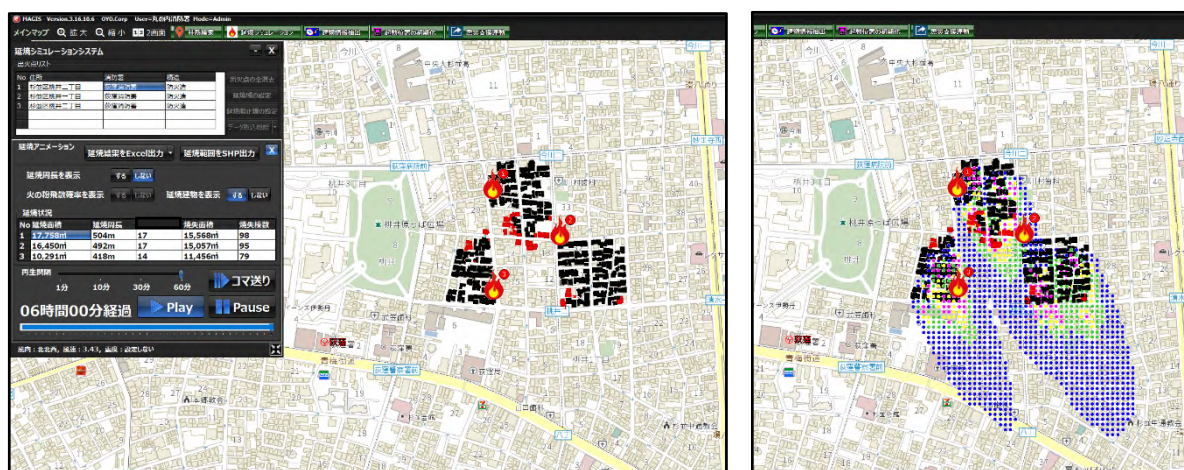


図 4-2-1 延焼シミュレーション（右図：火の粉飛散確率表示あり）

(2) 東消延シミュの課題

東消延シミュは、東京都の最新（平成 28 年）の市街地を再現しているため、東京の延焼被害状況を表現することに適している。しかし、強風下の延焼を表現するには、2つの課題がある。

1 点目は、東消式 2001 は、風速の適用範囲を 0m/s～15m/s としているため、更なる強風下での火災の燃え広がりをシミュレーションするには、延焼速度式の補正が必要となる可能性がある。

2 点目は、シミュレーション中に風向や風速を変えることが出来ないため、関東大震災時のように風向風速が時々刻々と変わるケースが表現できるよう、改修する必要がある。

この 2 点を解決するため以下の検討を行った。

(3) 延焼速度式の補正の検討

ア 延焼速度の比較

過去の大火事例との差異を確認するため、東消延シミュに設定上限以上の風速も入力し、大火事例による延焼速度と、現行の東消式 2001 による延焼速度を比較した。

図 4-2-2 に示すとおり、回帰式のイメージとして直線で結ぶと、東消式 2001 は過去の大火事例の回帰式と比べると延焼速度が遅いことが分かる。火災発生から 3 時間後の延焼速度の比較であり、大火事例は飛び火による延焼拡大も含まれていることを考慮しても東消式 2001 による強風下の延焼速度の乖離は大きい。

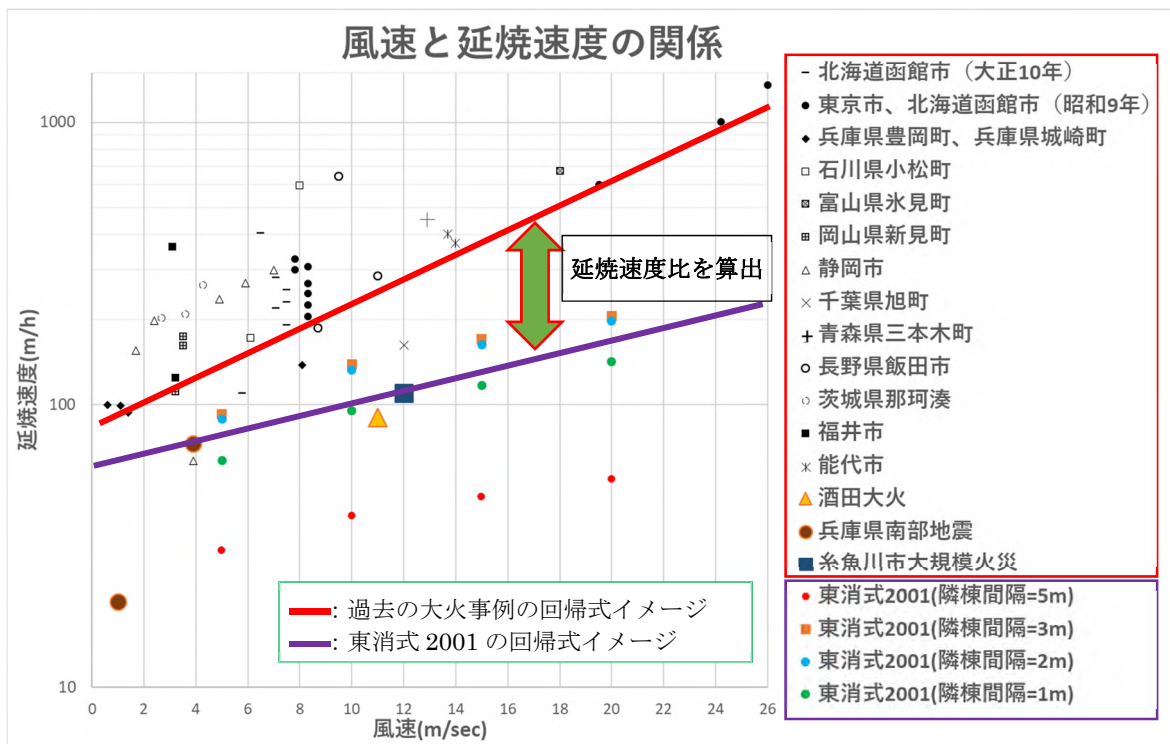


図 4-2-2 東消式 2001 による延焼速度と過去の大火事例
(川越 (1956) ⁶⁾ に加筆) との比較

この差を埋め、東消延シミュで強風時の延焼状況を表現できるように、延焼速度の補正を行うこととした。

イ 東消式 2001 の延焼速度補正方針

延焼速度に差が生じる要因として、飛び火による延焼速度増加が東消式 2001 では考慮されていないことが挙げられる。東消式 2001 そのものには手を加えず、既往研究を参考にし、東消延シミュの火の粉飛散確率表示機能を活用し、飛び火発生させることで延焼拡大を加味した補正を行った。

- ① 既往研究（樋本（2005）⁵⁾、岩見（2014）⁷⁾など）を参考に、飛び火による着火プロセスを東消延シミュに組み込む。
- ② 既存の火の粉の飛散確率表示機能を活用し、着火可能性を有する範囲を設定する。
- ③ 仮想の裸木造市街地を対象に、飛び火発生を考慮した風速に応じた延焼速度の計算結果が過去の大火事例の観測結果に合致するように、着火プロセスのパラメータを調整する。具体的には図 4-2-2 における過去の大火事例の回帰式のイメージに、風速ごとの延焼速度が極力近づくようなパラメータとした。
- ④ ①～③によって東消式 2001 そのものには手を加えず、飛び火による遠地への延焼拡大を考慮することで、図 4-2-3 に示す延焼速度補正を行った。

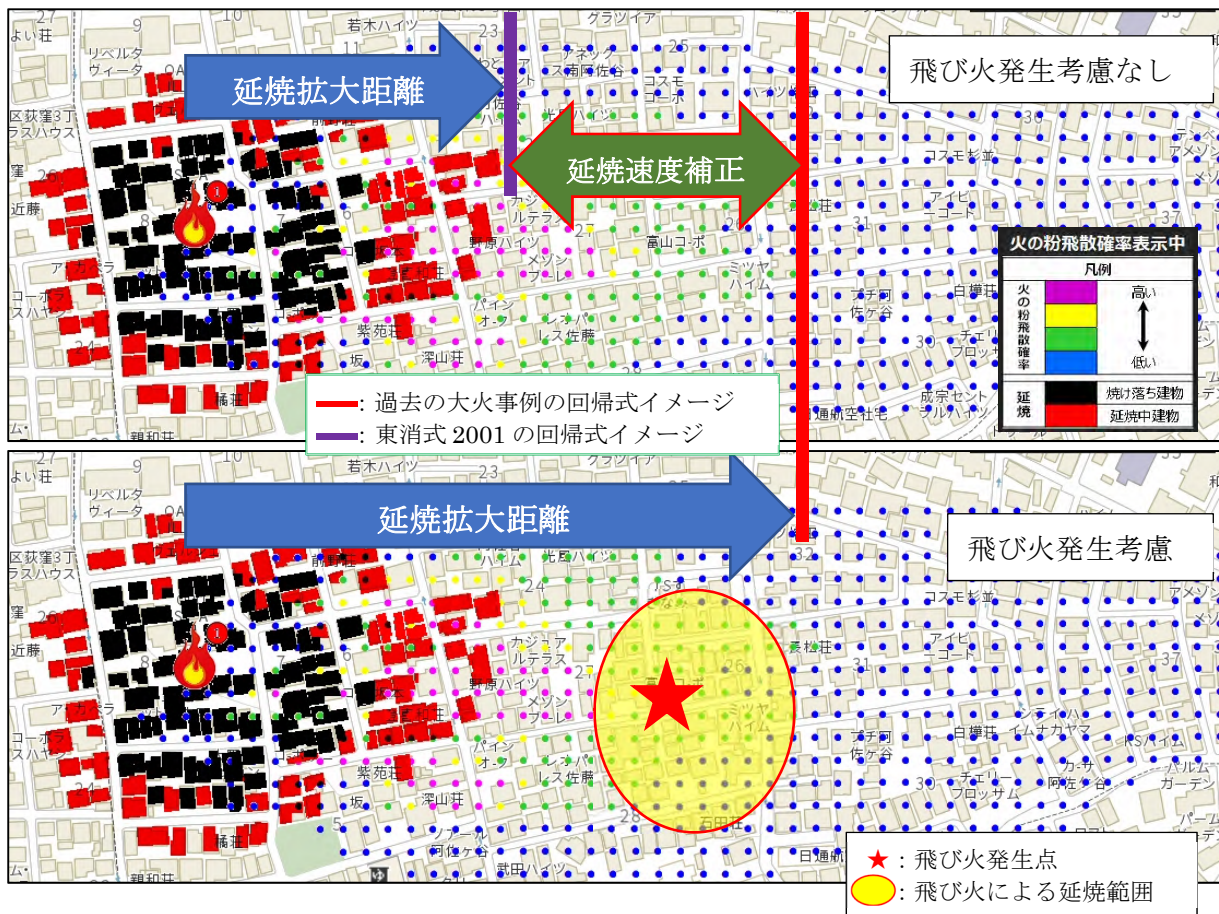


図 4-2-3 飛び火発生を加味した延焼速度補正のイメージ

ウ 飛び火による延焼拡大を加味した補正

延焼域から飛び火発生するまでの挙動は図 4-2-4 に示す 3 ステップで構成される。

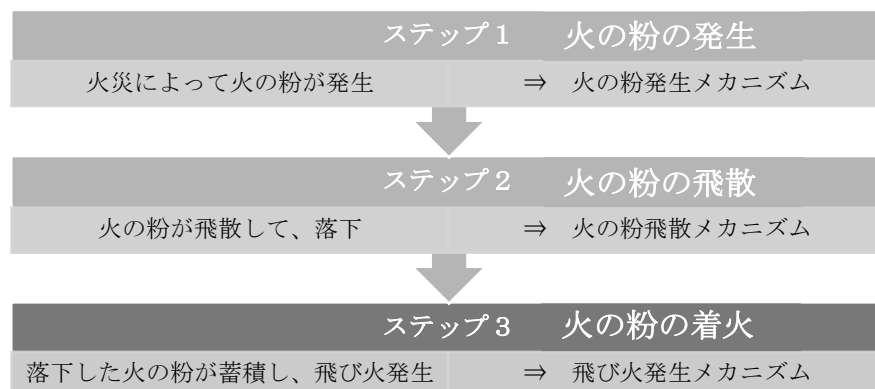


図 4-2-4 飛び火発生までの挙動

東消延焼シミュには、ステップ 1 及びステップ 2 に該当する「火の粉飛散確率表示機能」が既に組み込まれているが、着火が考慮できていない。

ステップ 3 の飛び火発生プロセスを実装するために、ステップ 1 からステップ 3 まで一連でモデル化を行っている国総研延焼シミュレーションモデル⁸⁾ (以下、国総研モデルという。) を採用した。

なお、国総研モデルは強風下の過去の大火事例に基づく飛び火発生による延焼速度の補正を実施した実績がある。

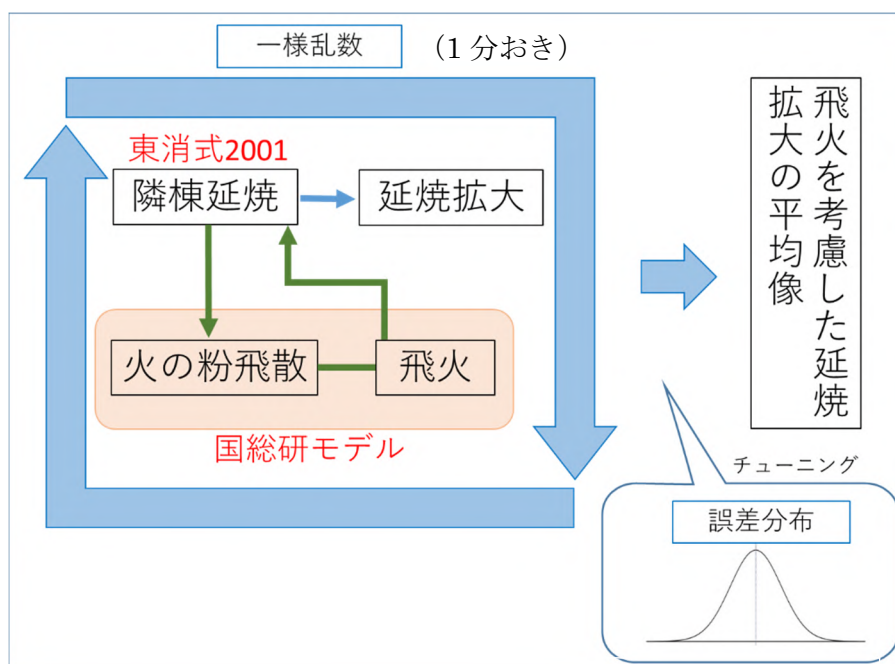


図 4-2-5 飛び火を考慮したシミュレーションの概念図

図 4-2-5 の概念図のとおり東消式 2001 では表現できなかった飛び火発生について、国総研モデルを組み込み、確率的に着火するシミュレーションを実施した。

火の粉の飛散範囲内にある受害建物に火の粉が蓄積され、当該建物の火の粉蓄積による出火確率と生成した一様乱数を1分おきに比較し、出火確率が一様乱数より高い場合に着火するものと判定した。延焼拡大のばらつきが大きい場合には誤差分布から調整して平均像を作成した。

エ シミュレーション結果への影響

飛び火発生を考慮した延焼速度を表現できる補正を実施し、シミュレーションした結果のイメージを図4-2-6に示す。

隣棟間で延焼している地域から離れた火の粉の飛散範囲内に飛び火発生による新たな火点が生じたことにより、広幅員道路や線路を飛び越えるケースも発生した。

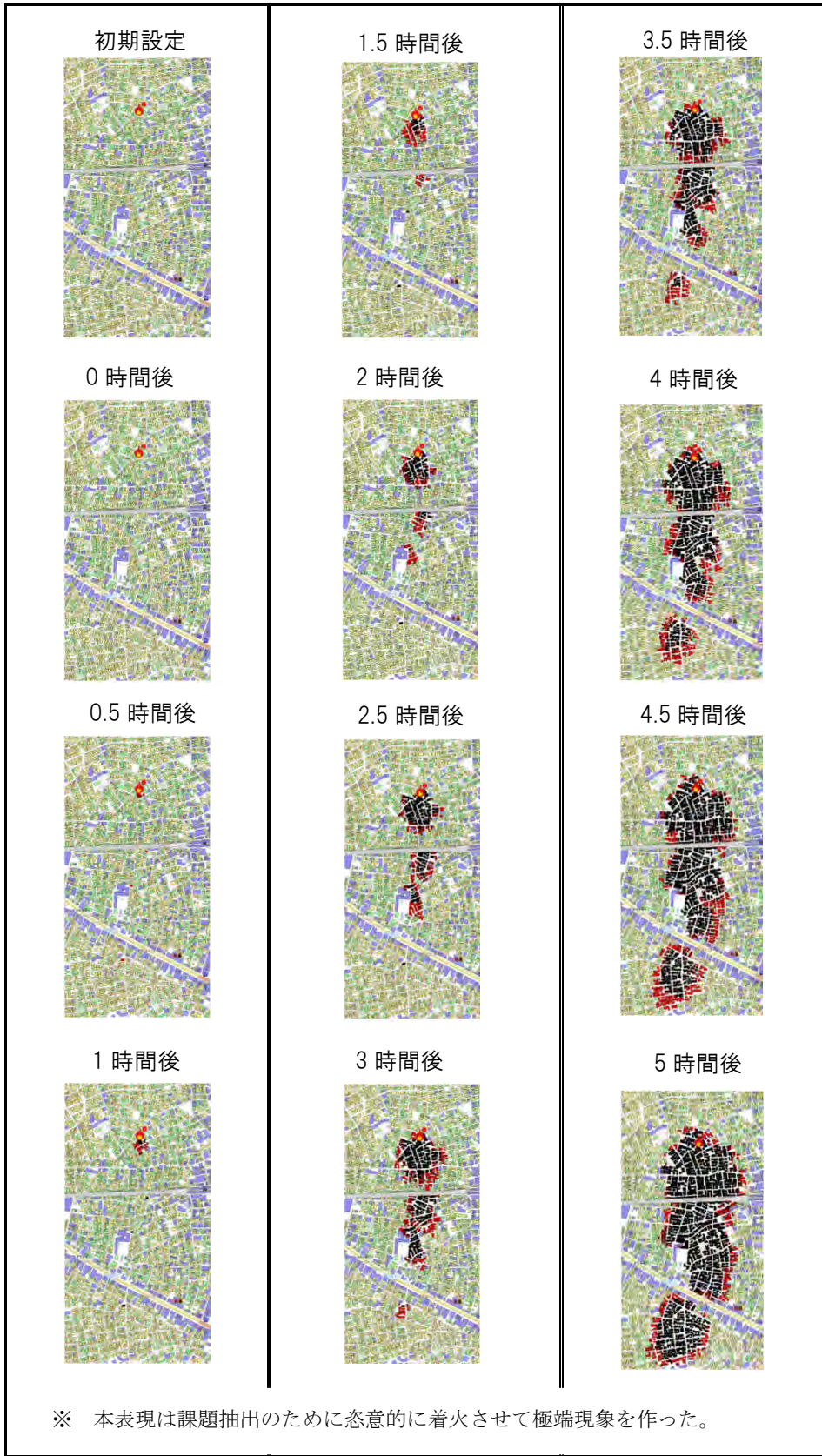


図 4-2-6 飛び火発生による延焼拡大イメージ（北風 15m/s）

(4) 風向風速の変化への対応

延焼拡大時に風向や風速が一定の場合と、途中で変化した場合との比較を行うため、東消延シミュを調整し、被害様相の表現を行った。

ア 風向・風速の変化へ対応した延焼シミュレーションの調整

風向・風速をシミュレーションの時間経過に合わせ変更できるように東消延シミュの調整を行い、延焼拡大状況を検討した。

イ 風速の設定

シミュレーションで風速の変化の影響を把握するため、『延焼危険度測定⁴⁾』で使用している風(風速 6m/s) (以下「低風」という。)、『大強風(風速 20.8m/s)』及び『暴風(風速 28.4m/s)』の3種の風速を設定した。大強風及び暴風は気象庁の風力階級から選択した。

ウ 着火確率の調整

前アの調整に加え、地震時には瓦のずれ等も生じることを考慮し、着火確率を5倍に調整し、シミュレーションを実施することとした。

(5) シミュレーションの実施結果

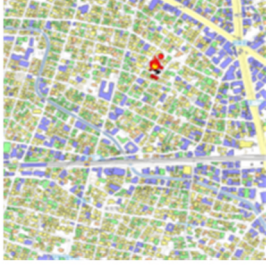











前(4)イの3種の風速を用いて、「風速の違いによる比較(風速風向の途中変化なし)」、「風向が途中で変化する場合」、「風速が途中で変化する場合」、「風向風速が途中で変化する場合」の4ケースでシミュレーションを実施した。詳細に比較するため、ケースごとにシミュレーションを10回実施した。以下に木造住宅密集地域で、東西に延焼遮断帯が横断するサンプル地区の結果を示す。

ア 延焼拡大の変化

(ア) 風速の違いによる比較(風向風速の途中変化なし)

各風速において10回のシミュレーションを行った結果、強風による延焼速度の増加によって、短時間で周辺、特に南側へ延焼拡大している。サンプル地区では延焼遮断帯(線路)を越えた先で建物が連担していたため、飛び火発生した先でも延焼拡大が発生している。

図 4-2-7 最下行に示すとおりサンプル地区では、風速 6m/s では飛び火は発生しなかった。風速 20.8m/s で 2 回、風速 28.4m/s で 3 回の飛び火が見られた。

	北風一定		
	6m/s	20.8m/s	28.4m/s
1 時間後	 焼失棟数:16 棟 焼失面積:2,404 m ²	 焼失棟数:87 棟 焼失面積:12,460 m ²	 焼失棟数:108 棟 焼失面積:15,330 m ²
2 時間後	 焼失棟数:48 棟 焼失面積:8,076 m ²	 焼失棟数:271 棟 焼失面積:43,088 m ²	 焼失棟数:412 棟 焼失面積:63,534 m ²
3 時間後	 焼失棟数:88 棟 焼失面積:14,324 m ²	 焼失棟数:582 棟 焼失面積:91,605 m ²	 焼失棟数:701 棟 焼失面積:112,925 m ²
4 時間後	 焼失棟数:131 棟 焼失面積:22,879 m ²	 焼失棟数:942 棟 焼失面積:159,303 m ²	 焼失棟数:1010 棟 焼失面積:169,208 m ²
	飛び火発生 0/10 回	飛び火発生 2/10 回	飛び火発生 3/10 回

シミュレーションを 10 回実施したうち、飛び火発生した回数

図 4-2-7 延焼被害様相の一例（サンプル地区風速一定）

風速の増加に従って時間ごとの焼失棟数・焼失面積が大幅に増加した（図4-2-8）。さらに、サンプル地区では、風速 6m/s では飛び火は発生しなかったが、風速 20.8m/s、風速 28.4m/s において飛び火が発生した。

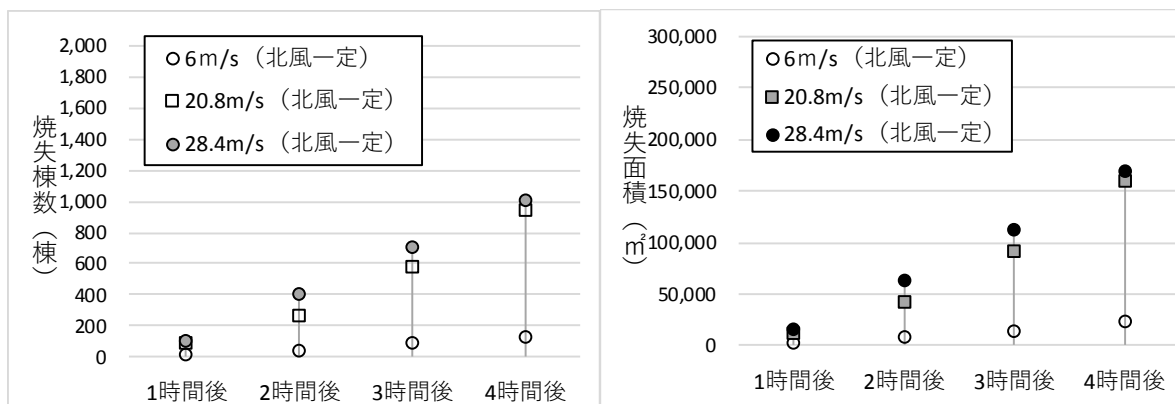


図 4-2-8 サンプル地区における焼失棟数・焼失面積推移

(イ) 風向が途中で変化するケース

各風速で10回のシミュレーションを行った結果、建物が連坦する方向へ風向が変化した場合の延焼拡大が助長される様相が確認できた。逆に、風下側に不燃建築物が多い場合には、焼失棟数及び焼失面積は減少した。

サンプル地区では、図4-2-9最下行に示すとおり風速6m/sでは飛び火は発生しなかった。風速20.8m/sで3回、風速28.4m/sのケースでは5回の飛び火が見られた。

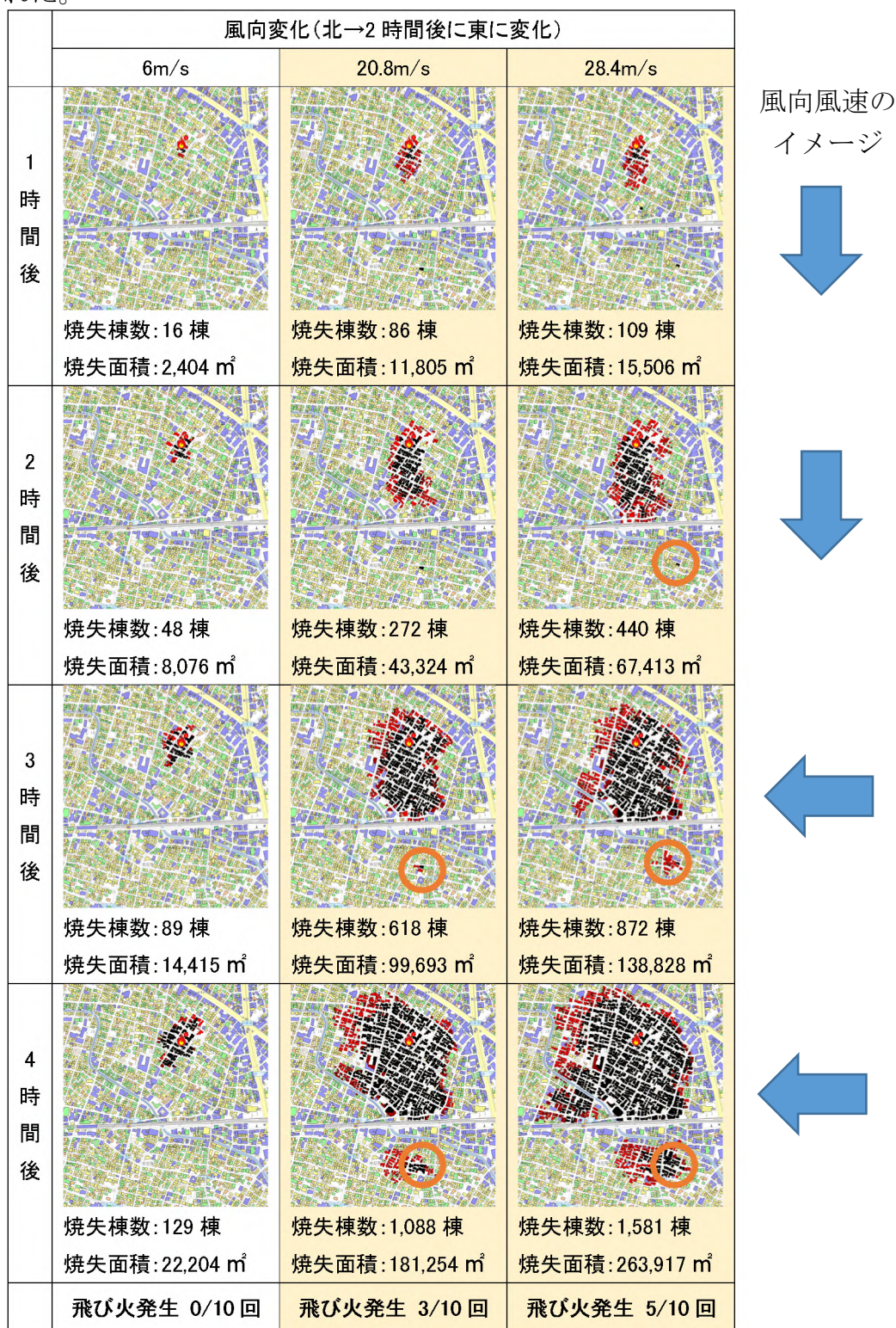


図4-2-9 延焼被害様相の一例(サンプル地区風向の変化)

風下に向かって楕円形に広がっていた延焼域が、風向の変化によって側面から風にあおられ、楕円の長辺が火元になることに伴い、延焼拡大が助長された（図 4-2-9）。

風向の変化によって延焼拡大がさらに助長されている（図 4-2-10：風速 28.4m/s 飛び火無しで風向変化有無の比較）。市街地形状によって左右される部分もあるが、風向の変化が延焼拡大の助長につながる点に留意する必要がある。

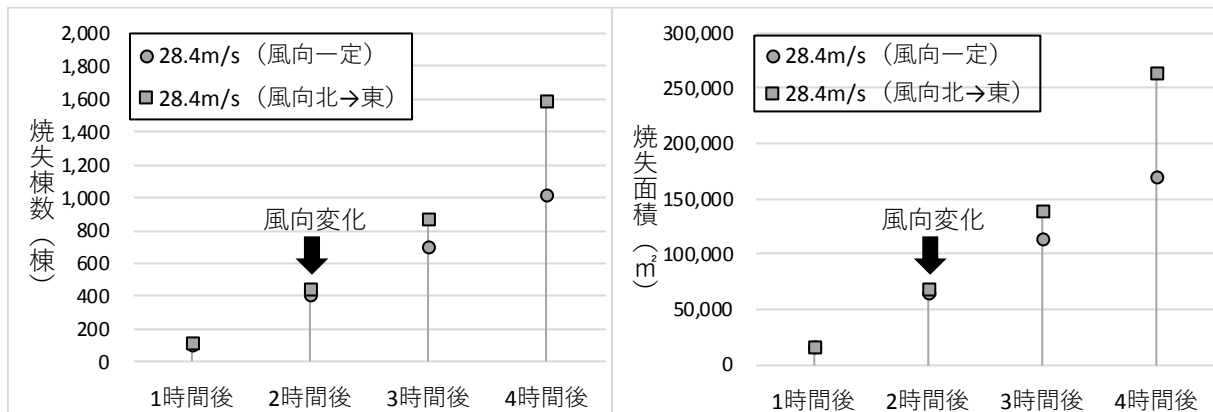


図 4-2-10 サンプル地区風向変化有り、無しの場合の焼失棟数・焼失面積推移 (風速 28.4m/s)

(ウ) 風速が途中で変化するケース

10回のシミュレーションを行った結果、風速が途中で上がった場合、延焼速度が上昇し、短時間で南側へ延焼拡大している。

サンプル地区では図 4-2-11 最下行に示すとおり風速変化のケースでは飛び火は発生しなかった。

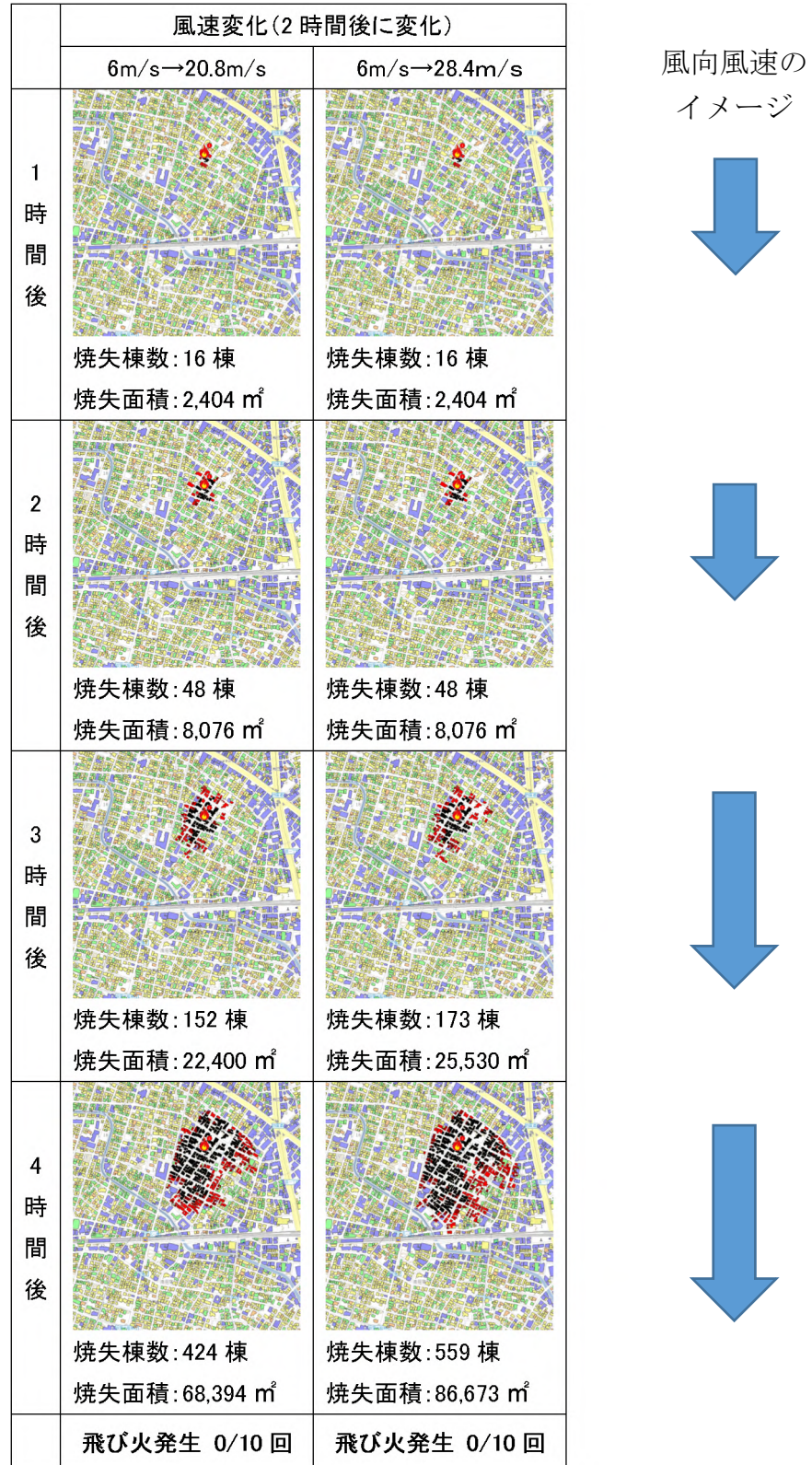


図 4-2-11 延焼被害様相の一例 (サンプル地区風速の変化)

(エ) 風向・風速が途中で変化するケース

10回のシミュレーションを行った結果、風速が変化した場合の延焼拡大の加速と合わせ、建物が連坦する方向へ風向が変化した場合の延焼拡大が助長された。

サンプル地区では、図4-2-12に示すとおり風速28.4m/sに変化したケースで1回の飛び火が見られた。

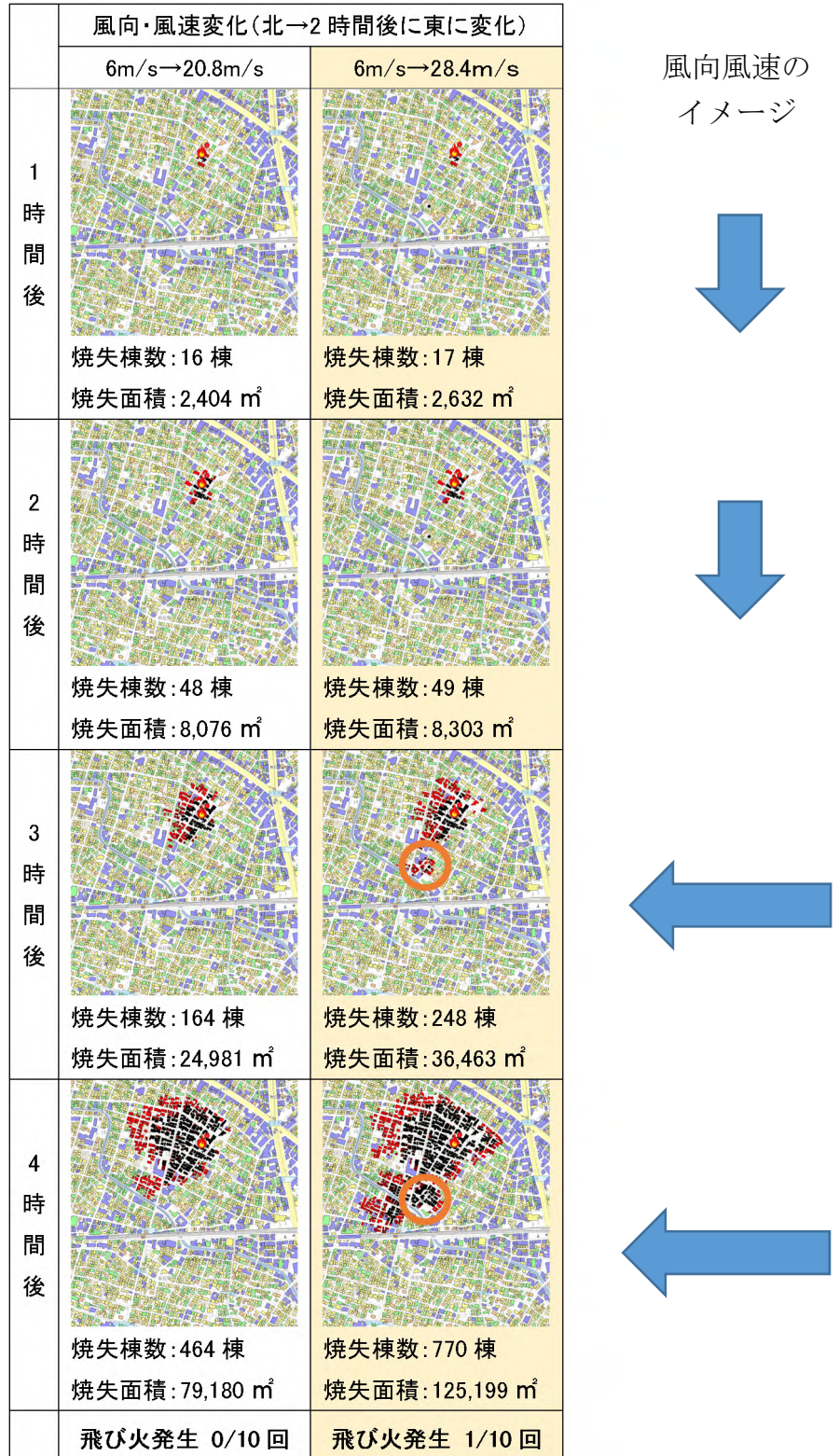


図4-2-12 延焼被害様相の一例(サンプル地区風向・風速の変化)

イ 被害様相の変化と影響

風速や風向が変化した場合や、飛び火が発生した場合、延焼被害様相はその影響を受け変化した。表 4-2-1 に、今回のサンプル地区における延焼シミュレーションによって確認できた延焼被害様相の変化と影響一覧を示す。

表 4-2-1 被害様相の変化と影響一覧

No.	検討ケース	被害様相の変化と影響
1	風速の違いによる比較 (風速風向の途中変化なし)	<ul style="list-style-type: none"> ・低風下では延焼拡大しなかった箇所が、風速が強くなると延焼拡大が発生 ・焼失棟数・焼失面積の増加
2	風向が途中で変化するケース	<ul style="list-style-type: none"> ・風下に向かって楕円形に広がっていた延焼域が、風向の変化によって側面から風にあおられ、楕円の長辺が火元になることに伴う、延焼拡大の助長 ・建物が連坦する方向へ風向が変化した場合の延焼拡大助長
3	風速が途中で変化するケース	<ul style="list-style-type: none"> ・延焼速度の急激な増加 ・焼失棟数・焼失面積の増加
4	風向・風速が途中で変化するケース	<ul style="list-style-type: none"> ・建物が連坦する方向へ風向が変化した場合の延焼拡大助長
共通	飛び火発生の影響	<ul style="list-style-type: none"> ・現在の延焼範囲から離れた場所での出火点の発生 ・飛び火発生地点からの延焼の拡大

2 被害特性を踏まえた問題と課題の考察

前項を踏まえ、強風下の延焼火災における定性的な課題を、消防活動及び住民の避難という視点から考察した。

(1) 消防活動における問題と課題

ア 風向風速の変化に関する問題と課題

(ア) 発生する問題

- ・ 風速が増加することで、延焼拡大速度も増加し、風が弱い場合の延焼する速度で予想していたよりも早く道路が通行困難になる。
- ・ 延焼拡大速度の増加により、当初の部署予定位置での活動が困難となる。
- ・ 煙による風下側での視界不良、輻射熱や火の粉による活動阻害などが発生する。
- ・ 延焼域の風上／風横側にある通行可能道路が、風向の変化によって風下側となり、通行／使用困難となる（消防車両の走行、ホース延長などに影響する）。
- ・ 風横側での延焼阻止活動中に風向が変化し、部署位置が風下側になることによって延焼阻止が困難となる。
- ・ 部署していた水利が風向の変化によって風下側になり使用できなくなる。

(イ) 考察した課題

風速の急激な変化や風向の変化によって、延焼速度の増加や延焼範囲の変化が発生するため、消防活動で使用する道路の選択、退路の複数選定などに注意した活動が必要となる。

また、延焼状況を踏まえた水利部署予定位置については風向風速の変化（予防等）を考慮した事前の検討や、現場における水利の取捨選択、移動などの判断が求められる。

くわえて、風向の変化によって放水位置が風下側に变化した場合の対応、部署した水利の変更も必要となる。

イ 飛び火に関する問題と課題

(ア) 発生する問題

- ・ 飛び火による急速な延焼拡大により、消防隊による抑制、鎮圧が困難となる。
- ・ 延焼遮断帯を越えた飛び火によって、隣接する密集市街地において大規模な延焼が発生する。
- ・ 活動していた消防隊の後方で飛び火による延焼拡大が発生し、消防隊が退路を断たれる。
- ・ 木造建物の割合が比較的多い市街地では、屋根の燃え抜けなどによって飛び火が発生することがあるため、飛び火警戒が特に重要となる。
- ・ 風向風速の変化により火の粉の飛散方向が変わり、飛び火警戒範囲が拡大、変化することで、対応が困難となる。

(イ) 考察した課題

強風によって飛び火が増える可能性があることから、市街地状況を踏まえ、飛び火の警戒範囲を検討し対応することが必要となる。

また、消防隊の活動にあたっては延焼状況と風向に十分に注意し、飛び火による想定範囲外の延焼拡大に警戒する必要がある。

強風下においては、飛び火を常に警戒し、退路を確保しつつ活動する必要がある。

(2) 住民の避難に関する問題と課題

ア 風向風速の変化に関する問題と課題

(ア) 発生する問題

- ・ 風速が変化することで延焼拡大速度が増加し、予想よりも早く道路が通行困難になる。
- ・ 延焼域の風上又は風横側で通行可能だった道路が、風向の変化で風下側となることによって、通行が困難となる。
- ・ 通行中の道路が風下側に変化することで煙や熱により通行が困難になる。
- ・ 風速が増加することによって屋外の移動が困難となることから、住民が火災に巻き込まれる可能性が高くなる。

(イ) 考察した課題

風向風速の変化によって避難に使用する道路が通行困難になるため、早めに避難開始することが望ましい。

ただし、避難開始のタイミングを住民が判断することは困難である。

また、強風や火の粉飛散、煙によって避難をためらうことも考えられるため、共助及び公助による避難の呼び掛けなどが必要である。

イ 飛び火に関する問題と課題

(ア) 発生する問題

- ・ 飛び火によって延焼遮断帯を越えた延焼が発生し、隣接する密集市街地において火災が広域に延焼拡大することで、想定外の場所で住民が火災に巻き込まれる可能性がある。
- ・ 気づかないうちに、飛び火によって自宅が出火する可能性がある。

(イ) 考察した課題

飛び火による延焼遮断帯を越えた延焼など、隣接する市街地において急激に住民に危険が迫る可能性がある。また、住民が延焼拡大状況を把握することは困難である。そのため、消防機関等は、把握した火災情報等の俯瞰的な情報を、自治体や関係機関等と連携して住民に伝え、注意喚起することが重要となる。

一方、飛び火への警戒の観点から、住民がどのタイミングで避難を開始すべきかは状況によって変化することが考えられる。

第3節 消火活動上の課題抽出

1 風速と消防活動の規定等との関係

風の強さによって、消防活動の対応も制限されることとなる。図4-3-1のとおり、「風の強さと吹き方」⁹⁾に対し、風の強さによる過去の調査及び消防機関の既存の規程等について「消防活動に関する規程等」を併記した一覧を示す。強風下では、風向風速によって火災が延焼拡大する以前に、飛散物や車の横転など風自体の影響によって活動障害が発生する可能性がある。

風の強さと吹き方						消防活動に関する規程等
平均風速	強さ	人への影響	屋外・走行中の車	建造物	およその瞬間風速	
10-15m/s ~50km/h	やや強い風	 人は風に向かって歩きにくい。 人は傘をさすことができない。	 高速運転中の車が強風に流される	 雨樋が揺れ始める。	20m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・風速14m/s以上のときは、はしご車を全伸ていしないこと（風速は製作年度により異なる。）※1
15-20m/s ~70km/h	強い風	 人は風に向かって歩きにくい。 一部の人は転倒する。	 車が強風に流される感覚が大きくなる。	 屋根瓦・屋根葺材が剥がれ始める。 シャッターが揺れる。		
20-25m/s ~90km/h	非常に強い風	 人は何かにつかまらないうちで立てない。	 車が通常の速度で運転することが困難になる。	 屋根瓦・屋根葺材が剥がれ始める。 シャッターが揺れる。	40m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・消防ヘリは風向、風速及び乱流等による影響が大きく、飛行可能な風速の限度は、通常約18m/s程度まで（機種による）※5 ・ドローンの飛行可能風速、最大18~19m/s（機種により異なる）※6 ・突風により、車両の走行が難しくなる。※7 ・強風による飛来物により、車両が破損するなどの被害が発生する。※7 ・強風による倒木や落下物等により、道路閉塞の危険性が生じる。※7
25-30m/s ~110km/h						
30-35m/s ~125km/h	猛烈な風	 屋外での行動は極めて危険。	 走行中のトラックが横転する。	 金属屋根の葺材が広い範囲で剥がれる。	50m/s	<ul style="list-style-type: none"> ・強風により、車両が横転する。※7 ・強風により、自分の身の安全を図ることで精一杯となる。※7 ・強風によりドアの開閉が困難になることから車両乗降時のドアの開閉において、安全確保が必要となる。※7
35-40m/s ~140km/h						
> 40m/s > 140km/h						

- ※1 はしご車取扱要領（東京消防庁）
- ※2 風速と放水射程に関する実験（消防科学研究所）
- ※3 目で見る消防活動マニュアル
- ※4 舟艇管理規程事務処理要綱（東京消防庁）
- ※5 航空消防救助機動部隊の消防活動基準（東京消防庁）
- ※6 即応対処部隊配置ドローンの主要諸元性能表（東京消防庁）
- ※7 令和元年中に発生した台風被害（東京消防庁調べ）

図 4-3-1 風速ごとの消防活動への影響例（気象庁「風の強さと吹き方」⁹⁾に加筆）

2 強風下における地震火災時の課題抽出

(1) 強風下における消火活動阻害要因の調査結果

表 4-3-1 の資料を収集し、過去の大火事例や台風時の消防活動に関する調査結果等から、強風下における消火活動の阻害要因について表 4-3-2 に結果を取りまとめた。

表 4-3-1 引用文献及び参考資料名等

No	大火等	参考資料名等	阻害要因の引用文献
1	静岡大火	建築学体系「8 都市大火」日本における都市大火の性状について 亀井 幸次郎	
2	熱海大火	1951_001 巻 001 号_通巻 001 号_特集：熱海の大火に学ぶ 亀井 幸次郎、堀内 三郎	
3	鳥取大火	・鳥取大火調査報告（亀井 幸次郎） ・鳥取市大火災誌（災害救護編）（鳥取市，1953）	○
4	保原大火	福島県伊達郡伏黒村 保原町の大火について 福島測候所	
5	岩内大火	北海道岩内町大火調査報告 亀井 幸次郎	○
6	新潟大火	新潟市大火調査報告 亀井 幸次郎	
7	大館大火	大館市大火調査報告 亀井 幸次郎	
8	芦原大火	芦原町大火実態調査 亀井 幸次郎	
9	魚津大火	魚津市大火実態調査報告 亀井 幸次郎	
10	能代大火	能代市大火実態調査報告 亀井 幸次郎	
11	古仁屋大火	奄美大島瀬戸内町古仁屋大火実態調査報告 亀井 幸次郎	○
12	白銀大火	八戸市白銀町大火実態調査報告 亀井 幸次郎	○
13	福江大火	福江市大火実態調査報告 亀井 幸次郎	
14	酒田大火	・酒田市大火の延焼状況等に関する調査報告 山下 邦博、 ・酒田市大火の記録と復興への道（酒田市，1978） ・消防研究所技術資料第 11 号 酒田大火の延焼状況等に関する調査報告書（消防庁消防研究所，1977）	○
15	別府市強風下延焼火災	別府市強風下延焼火災の調査 その 1、その 2 篠原 雅彦、杉井 完治、細川 直史	
16	糸魚川市大規模火災	糸魚川市大規模火災報告書（全消会、2017）	○
17	令和元年房総半島台風	令和元年中に発生した台風被害（東京消防庁調べ）	○
18	令和元年東日本台風		○
19	令和元年台風 21 号		○

表 4-3-2 近年の台風時及び強風下における消防活動阻害要因調査結果

発災状況	災害事例	番号	消防活動阻害要因	フェーズ
台風時	令和元年房総半島台風 (令和元年9/5～9/10)	1	強風により、隊員が受傷。	現場到着
		2	強風による飛来物により、消防本部がある庁舎への物的被害が発生。	出場・走行
		3	強風により、車両被害発生(転倒、飛来物による損害、ガラスの破損)。	出場・走行
		4	参集判断の混乱(同一管内における警報発令の時間差による)。	出場・走行
		5	「出場」と「出向」の判断や災害の優先順位付け。	出場・走行
		6	隊員の安全確保のため一時避難を実施。	現場到着
		7	防火帽やゴーグルやシールド、胴長等の装備。	現場到着
		8	隊員の2人行動の実施	現場到着
		9	風速30m/s以上を観測した場合署長または隊長の判断で活動を中断。	出場・走行
		10	車両から乗降時にドアの閉閉を複数名で実施(強風のため)。	現場到着
	令和元年東日本台風 (令和元年10/6～10/13)	11	強風のため、通常走行より速度を低減。	出場・走行
		12	暴風により負傷者発生。	現場到着
	令和元年台風第21号 (令和元年10/20～10/25)	13	強風、暴風による飛来物による車両の損傷や車両の転倒。	出場・走行
		14	飛来物により、隊員の負傷の懸念。	出場・走行
		15	強風による視界不良の発生。	出場・走行
		16	活線状態の配線が強風にあおられて被害拡大の懸念。	出場・走行
		17	強風から隊員の安全が確保できる場所を確認。	出場・走行
		18	強風の影響が大きい高架橋は避けた道路を通行。	出場・走行
		19	強風下では指示が伝わりにくかったため、マイクを使用。	現場到着
		20	道路の通行止め情報	出場・走行
		21	被害状況の全体像(飛来物や倒木、停電状況、負傷者の有無)	出場・走行
		22	強風下における活動体制や基準、訓練の実施が必要。	出場・走行
		23	出動のフローチャートの作成	出場・走行
強風下	酒田市大火	24	火の粉は18時過ぎバラバラ飛んできた。20時から翌3時ころまでが一番ひどかった。20時ころから23時ころまで煙がひどく目を開けられていなかった。	放水
		25	強風により放水射程が減少する	放水
		26	多数の隊による集中的な水利部署と大量放水により、消火栓の水圧が低下。水量不足も重なり放水を中止した。	放水
		27	度重なる転戦に伴いホース等が不足	放水
		28	翌2時過ぎ、飛火が吹雪の様に飛んできた。大きなものは18センチほどあった。屋根に上がって濡らしたほうきで火を消した。	延焼防止
		29	飛び火しやすい場所でもつばら火災の風下に限られるが、中高層ビルの周辺では風が乱れて火の粉が風横方向にも飛散して、延焼した例もあった。	延焼防止
		30	新井田川から約2km離れた場所まで飛散していた。	延焼防止
	鳥取市大火	31	飛び火が頭上を飛び越え、背面から火炎が迫った。	延焼防止
		32	延焼が速く火炎に消防隊が追われた。	放水
		33	高压での大量放水により消火栓の水圧が低下。周囲には貯水槽が少なかった。	水利部署
	糸魚川市大規模火災	34	強風で注水が横にはずれ、有効注水が困難となった。	放水
		35	機関車からの飛び火により2か所同時に出火し、第一出火点は消火したが、風下側の第二出火点は発見が遅れ、風速10-15mの強風で短時間で延焼拡大し、消火困難となった。	延焼防止
	北海道岩内町大火	36	風下側の煙により、活動障害が起こった。	放水
		37	強風により放水が届かないことがあった。	放水
		38	飛び火による延焼拡大の推移を予測することが困難であった。	延焼・延焼防止
	奄美大島瀬戸内町古仁屋大火	39	風のため、消防車自体の走行に困難を感じるときもあり、全備7.5tのタンク車も突風を受けると停止した。	出場・走行
		40	強風のため、放水は噴霧状となり、射程は2～3mくらいしかなかった。	放水
八戸市白銀町大火	41	風がいきおいづくときだけさっと遠方までとどく有様で、2階には有効な注水はできなかった。筒先具は皆熟練者であったが、とんでくる火の粉のため、一時、ノズルを置いて後にさがり、またかけよって放水することの繰返しであった。	放水	
	42	初期消火が功を奏さなかった火災の場合は、延焼拡大を増長するかのようSWの強風が吹き荒れ、否応なしに風下なる東方において飛火が各所に発生するという事態になり、中央区が未だ燃えきらぬうちに東区の数か所に第1、第2次の飛火による火点が発生するという状態になった。	延焼防止	
43	乾燥強風下の出火という現象に際しては、ふく射熱および火炎による着火現象も意外に早く、かつ、飛び火による燃焼区域の拡大も想像以上に早かった。空襲下の焼夷弾攻撃を受けた東京都の下町区域と同様に、出火から10～20分くらいで、同時多発生の火災になっていた。	延焼防止		

(2) 強風下における消火活動の阻害要因に関するフェーズごとの整理

収集した消防活動阻害要因を消火活動のフェーズごとに、表 4-3-3 のとおり整理した。さらに、消防機関等が定めている活動基準等について、強風下火災時の対応について列記した。

表 4-3-3 強風下における火災及び台風時等の消防活動の
阻害要因に関するフェーズごとの整理 (1/4)

		火災発生～現場到着					
		通報	覚知	出動	走行		
フェーズ	出火	通報をうけ、覚知。					
課題と対応方法		<情報収集・準備> ・火災気象通報・強風注意報・暴風警報が発表された場合や、気象予報等により風が強くなることが予想されるなど、火災発生時に注意を要する気象状況となった場合には、職員に周知し、火災発生時の対応に備える。					
フェーズ							
課題と対応方法		フェーズ (出場)	<車両被害> ●強風による車両破損などの被害。 ⇒・シャッター等、車両破損を防ぐための措置を実施。	<出動・参集> ●参集判断の混乱 (同一管内における警報発令の時間差による)。 ●「出場」と「出向」の判断や災害の優先順位付け。 ⇒・出動のフローチャート作成。 ・強風下における活動体制や基準、訓練の実施。 ・強風下の火災では飛び火の発生は比較的早い段階から始まることから、早期の段階から飛び火を考慮して部隊を配備する。 ・火災警報が発令される気象条件下では、火災の多発、延焼拡大火災、飛火火災等が予測され、消防機関として住民等に対する警戒心の喚起及び火災時の活動態勢の充実等、特別な警戒態勢をとる。	<出動準備> ・火勢が消防力を上回り、大火災に発展するおそれがあると判断した場合は、時機を失することなく、早期に隣接消防本部等へ応援を要請し、部隊を増強する。	<延焼予測> ・火災出動時には、出動指令書等に記載されている風位・風速を必ず確認し、延焼拡大危険方向及び飛び火の飛散方向を予測する。	
フェーズ							
課題と対応方法		活動基準等 青字：総務省消防庁 緑字：東京消防庁		<走行時の車両被害> ●走行時、飛来物による車両被害の発生。 ●強風により、車両が横転する。 ●飛来物の釘等で車両のタイヤがバンクする。 ⇒・低速走行の実施。	<走行障害> ●突風により、走行が困難となる。 ⇒・低速走行の実施。	<視界不良> ●強風により、走行時の視界不良が発生	<道路閉塞> ●強風による倒木や落下物等により、道路閉塞の危険性。 ⇒・低速走行の実施。 ・高架橋等強風の影響が大きい道路を避けた道路選定。 ・危険箇所の迂回。 ・道路の寸断情報やがけ崩れの情報等の情報共有。

黒字・・・過去の発生事象 赤字・・・過去の対応事例 青字・・・「強風下における消防対策について」総務省消防庁よりとりまとめたもの

緑字・・・「飛火火災警戒実施要領 (東京消防庁消防活動基準等)」よりとりまとめたもの

・・・消防隊運用シミュレーションにおいて被害量に影響するパラメータ

表 4-3-3 強風下における火災及び台風時等の消防活動の
阻害要因に関するフェーズごとの整理 (2/4)


	現場到着	放水準備 水利部署・ホース延長
フェーズ		
課題と 対応方法	<p><人的被害・安全確保></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 強風により、自分の身の安全を守ることによって精一杯となる。 ● 強風による飛来物により、隊員が負傷。 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 隊員の2人行動の実施 ・ 強風から隊員の安全が確保できる場所を確認。 ・ 強風下では指示が伝わりにくかったため、マイクを使用した。 ・ 強風下においてはトタン板などの大きな部材も飛散することから、飛散物や落下物などに十分注意する。 <p><車両乗降時></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 車両ドアが強風にもっていかれ、車両への乗降が難航する。 ● 車両乗降時のドアの開閉時の安全確保（強風によりドアの開閉が困難になる）。 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 車両停車時は風の受ける面積が狭く、かつガラス面のない後部を風上側にして停車する。 ・ 車両から乗降時にドアの開閉を複数名で実施。 <p><視界不良></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 強風による視界不良。 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ ゴーグルやシールドの着用。 ・ 火の粉、トタン板、ガラス等の飛散物に注意し、防火帽の顔面保護板を下げて行動する。 <p><筒先配備></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 筒先配備は、風下、背面、両側面及び上階を優先する。 ・ 筒先進入は、風横側を原則とする。 ・ 筒先は、防ぎよ担当面を努めて広くとる。 <p><活動体制></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 活動中に風向が大きく変化する場合があるため、消防本部や指令センター等は地域 時系列予報等の情報を収集し、現場指揮本部へフィードバックできる体制をとる。 <p><延焼拡大対策></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 火面が拡大している場合には、火勢の回り込み、飛火等により退路を断たれるおそれがあるので予備注水を行ってから進入する。 	
フェーズ		
課題と 対応方法	<p><隊員の安全確保></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 強風からの隊員の安全確保 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 強風による被害を緊急回避できる位置を確認。 <p><消火栓の水圧低下></p> <ul style="list-style-type: none"> ● 多数の隊による集中的な水利部署と複数の放水により、消火栓の水圧が低下する。 ● 噴霧注水や低圧の注水は風の影響で十分な効果が得られない。 <ul style="list-style-type: none"> ⇒ 風向風速計等により、風速、風向を確認し、水利部署を決定し、ホースを延長。 ・ 事前に現場周辺の消防水利の位置の確認。 <p><水利部署の選定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 風下の水利の選定は、原則として避ける。 ・ 大量放水と防御が長時間にわたることを予想し、水量豊富な水利を選定する。 ・ 風横の、大量かつ継続的な放水が可能な水利（自然水利や大容量の防火水槽）を優先的に選定する。 ・ 有効注水を確保するため、後着隊の消火栓への部署には特に注意が必要である。 ・ 原則として、応援隊等の後着する消防隊は自然水利を選定し、現場到着時に現場指揮本部において部署位置についても確認する。 <p><ホース延長、筒先選定></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 移動又は転戦に備えて、余裕ホースを十分にとる。 ・ 強風下では高圧のストレート放水を基本とし、最大流量で、可能な限り多口放水を行う。特に、火勢 熾烈な場合には 65mm ホースを活用し、水量及び射程距離を確保できる大口径ノズル（23 mm以上のスムーズノズル等）や放水銃を活用する。 ・ 延焼範囲の拡大とともに、多くのポンプ車等の水利部署が必要になることから、仮設水槽等の早期要請・設置・充水に配慮する。仮設水槽の手配・設置場所は事前計画に基づき、火災の状況により、現場指揮本部 <p><活動体制></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 長時間の活動が予想されることから、防火水槽への充水体制を確保する。なお、充水体制は 地域の実情に応じてあらかじめ計画しておき、火災の状況により現場指揮本部により決定する。 <p><応援要請></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 長時間活動が予想される場合は、充水隊及び燃料輸送小隊の要請を考慮する。 <p><車両停車></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 先着隊は、火点直近の水利をとり、後着隊の活動障害にならないように停車する。 	

表 4-3-3 強風下における火災及び台風時等の消防活動の
阻害要因に関するフェーズごとの整理 (3/4)

		放水～鎮圧まで	
		放水	延焼防止
フェーズ			
課題と 対応方法		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #fff9c4; display: inline-block; margin-bottom: 10px;"> 定量的評価の入力に引用 (表 4-3-7) </div> <p><放水への影響></p> <ul style="list-style-type: none"> ●強風により放水が届かない。 ●強風で注水が横にはずれ、有効注水が困難となる。 ●強風により放水射程が減少する。 ●強風のため、放水は噴霧状となる。 ⇒現場到着時に風向や水利位置を確認した上で、水利部署の決定。 <p><ホース等の不足></p> <ul style="list-style-type: none"> ●度重なる転戦に伴いホース等が不足。 ⇒予備ホース等を事前の準備。 <p><活動障害></p> <ul style="list-style-type: none"> ●風下側の煙により、活動が阻害される。 <p><放水方法></p> <ul style="list-style-type: none"> ・注水は風を利用し、風速の弱い時は直接燃焼実体に注水し、風速が強い時には風に乗せて流すように斜めからストレート放水を繰り返す。 ・周囲への延焼拡大危険が大きい場合には、延焼危険方向（風下側・風横側）を優先的に筒先を配備し、可能な限り多口放水を実施する。 ・ノズルや放口の急激な開閉は、ホースやポンプ等に損傷を与えるだけでなく、同一ポンプから複数口放水している場合には他の筒先に急激に圧がかかり、極めて危険であることから、開閉はゆっくり行う。 ・大口径ノズル、放水銃、放水砲を活用した高圧注水を行う。 <p><筒先配備></p> <ul style="list-style-type: none"> ・筒先配備は、風下、背面、両側面及び上階を優先する。 ・更なる延焼の拡大のおそれが生じた場合には、地形や道路状況、建物状況を勘案し、延焼阻止線（風横・風下）を早期に決定し、筒先を集中的に配備。 ・延焼阻止線は、防火壁、階段、建物屈曲部とし、筒先を集中配備させる。 ・風上側への延焼の可能性もあることを念頭に、筒先を配備する。 ・火災の防ぎよ活動は、周囲建物への延焼阻止に主眼をおく。 <p><予備注水の実施></p> <ul style="list-style-type: none"> ・風下側などの延焼危険の高い建物へ予備注水を実施し、延焼阻止を図る。 <p><情報共有・連携体制></p> <ul style="list-style-type: none"> ・筒先の移動転戦を行う場合は、周囲の各隊と緊密な連絡をとる。 ・後着隊は、筒先の不足している面に進出する。 ・強風下での放水活動は延長ホースが風に煽られ危険性が高い。また、放水が高圧かつ最大流量の場合には筒先の1人保持は困難であることから、放水1口に対する筒先担当員は2名以上とする。 ・複数の筒先で防ぎよしている際には1隊の放水中止により火勢が急激に増大する可能性があることから注意を要する。 	
フェーズ			
課題と 対応方法		<p><飛び火による延焼拡大></p> <ul style="list-style-type: none"> ●飛び火が吹雪のように飛び、延焼拡大する。 ●初期消火できなかった火災より、各所に飛び火が発生する。 ●飛び火による延焼拡大の予測が困難となる。 ●風下側の煙により、活動障害が発生。 ●飛び火が頭上を超え、背面から火災が迫る。 ⇒大きな飛び火は濡らしたほうきで消火。 ・風向を踏まえた放水の実施。 <p><輻射熱等による延焼拡大></p> <ul style="list-style-type: none"> ●輻射熱および火災による着火現象の発生。 <p><消火困難></p> <ul style="list-style-type: none"> ●短時間での延焼拡大により消火が困難となる。 	

表 4-3-3 強風下における火災及び台風時等の消防活動の
阻害要因に関するフェーズごとの整理 (4/4)

フェーズ	放水～鎮圧まで	
	放水	延焼防止
課題と 対応方法	<p>●強風による飛び火や飛来物からの住民の安全確保。 ⇒・市民や関係者等の安全確保を実施し、周知。 ・救出・救助について、県職員、市職員、警察、自衛隊と連携。</p> <p>＜住民等への注意喚起＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・強風下で火災が発生し、延焼のおそれがある場合等には、住民が的確に行動できるよう、市町村等と連携し、火災発生後速やかに周辺住民に対して警戒を呼びかけるなど情報提供を行うよう努める。 ・飛火警戒隊及び風下等の火粉の落下が認められる区域に部署し、当該火災の消防活動に従事している隊は、付近住民に対して車載拡声器、トランジスターメガホン等を活用し、飛火による火災の防止に関する広報を実施する。 ・乗車隊員は、五感を働かせ警戒に当たるとともに車載拡声器を活用し、付近住民に注意喚起する。 ・警戒隊員は、事業所の管理者又は自衛消防隊長に対して、自衛の対策をとるように指導する。 <p>＜情報収集・伝達＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火災の状況から延焼拡大の危険性が著しく高い場合には、市町村長が遅滞なく的確に「避難勧告」、「避難指示（緊急）」の発令ができるよう、該当地域等を早期に市町村に伝達する。 ・特別警報、警報、重要な注意報、災害原因に関する重要な情報について関係機関等から通報を受けたとき、又は自ら収集するなどして知ったときは、直ちに関係のある区市町村等に通報する。 <p>＜飛び火警戒体制＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・強風下の火災においては、飛び火は必ず発生するものと考え、現場最高指揮者は早期の段階で出場部隊又は消防団の中から特定の部隊を飛び火警戒に当て、警戒体制を確立する。 ・指揮本部長は、火の粉の飛散が激しく、飛火による火災発生危険が大であると認められる場合、出場部隊の中から特定の隊を指定し、飛火警戒に当たらせる。 ・消防団員との積極的な連携を図る。 ・指揮本部長は、複数の隊で飛火警戒を実施させる場合は、当該中・小隊長の中から飛火警戒指揮の責任者を指定し、飛火警戒の範囲を明示して、全般的な指揮を担当させる。また、状況により、応援指揮隊を指定し、飛火警戒の指揮を担当させる。 ・飛火警戒隊長は、警戒拠点及び高所見張所等を設定するとともに、高所見張員、巡ら班、巡回警戒班及び待機要員等をもって警戒に当たるものとする。 ・状況により、市民消防隊又は市民防災組織の責任者に指示して飛火の警戒を要請する。この場合、警戒の実施場所や要領等を具体的に指導する。 ・指揮本部長は、消防団に対して飛火警戒隊長と協力し、現場広報等飛火警戒に当たるよう要請する。 <p>＜飛び火警戒隊による警戒＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・警戒拠点は、飛火警戒に便する位置に設定し、飛火情報又は飛火による火災発生の有無の情報等の把握に務め、必要により警戒員、資器材等の増強を行うとともに、指揮本部、高所見張所、巡ら班及び巡回警戒班との間に連絡手段を確保しておく。 ・高所見張所は高層建築物の屋上等を設定し、高所見張員は、火粉の飛散落下状況の把握、飛火による火災の発見等にあたり、その状況を携帯無線機等により、飛火警戒隊長（警戒拠点経由）に報告する。なお、状況により高所見張所として、はしご車・空中作業車等の活用も配慮する。 ・ただし、はしご車の性能はメーカー・車種・製作年度により性能が異なることから、強風下における伸梯については各車両の特性を把握した上で実施する。 ・巡ら班は、2名1組で編成し、主にポンプ車の進入できない道路、路地裏などを巡ら警戒し、着火しやすい箇所への火の粉や燃えさしの落下がないか確認する。また、拡声器等を活用して住民に注意喚起する。状況により、消火器やジェットシューターなどの準備にも配慮する。 ・巡回警戒は、ポンプ車又は広報車等の消防車両により行うものとし、水槽付ポンプ車を充てるようにする。 ・飛火警戒隊長は、火粉の飛散状況・警戒実施状況を指揮本部長に定期的に報告する。 ・飛火警戒隊長は、飛火火災を発見したときは、その旨を直ちに指揮本部並びに警防本部に報告するとともに必要な措置をとる。 ・飛火警戒は、原則として当該火災が鎮火するまで実施するものとし、警戒態勢の縮小・解除は指揮本部長の下命による。 ・飛火警戒隊長は、引揚げに際し、消防団又は町会役員の責任者等に対して警戒の実施状況等を説明し、以後の警戒（取り込んだ衣類、布団等の再確認等）について十分配慮するよう指導する。 <p>＜車両や機器等の準備・活用＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・飛火の危険方向又は落下範囲に部署し活動中の各隊は、車両付近に即時に対応できるホースを準備しておき、飛火による火災発生時に対処する。 ・三角バケツ・水バケツ等を活用しやすい場所に準備しておく。 <p>＜被害状況の確認＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・航空隊は飛火の方向及び落下範囲等の情報を警防本部に報告するとともに飛火火災の発見に努める。 ・建物内外を随時見まわって、発煙箇所等の発見に努める。 <p>＜延焼拡大防止対策＞</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火災現場に出場している防ぎよ中の各隊は、飛火について最大限の関心を払う。 ・窓・ドア等の開口部は閉め、屋内に火粉が飛び込まないようにする。 ・火粉が洗濯物、特にふとん等に付着していないか良く確認させ、屋外にある干物は速やかに屋内に取り込ませる。 ・火粉が激しく落下している屋根や家の周囲等には、事前に散水する等の予防措置をとる。 ・危険物を扱う事業所等には特に注意喚起する。 	

3 阻害要因の影響

(1) 消防隊運用シミュレーションによる感度分析

過去の大火事例や台風時の消防活動に関する調査結果等から取りまとめた強風下における消火活動の阻害要因から、定量的評価が可能なもの（橙色で囲ったもの）は、第 21 期火災予防審議会（2015 年 4 月答申）で活用した消防隊運用シミュレーション¹⁰⁾（図 4-3-2）を用いて、どのように影響するか感度分析を行った。

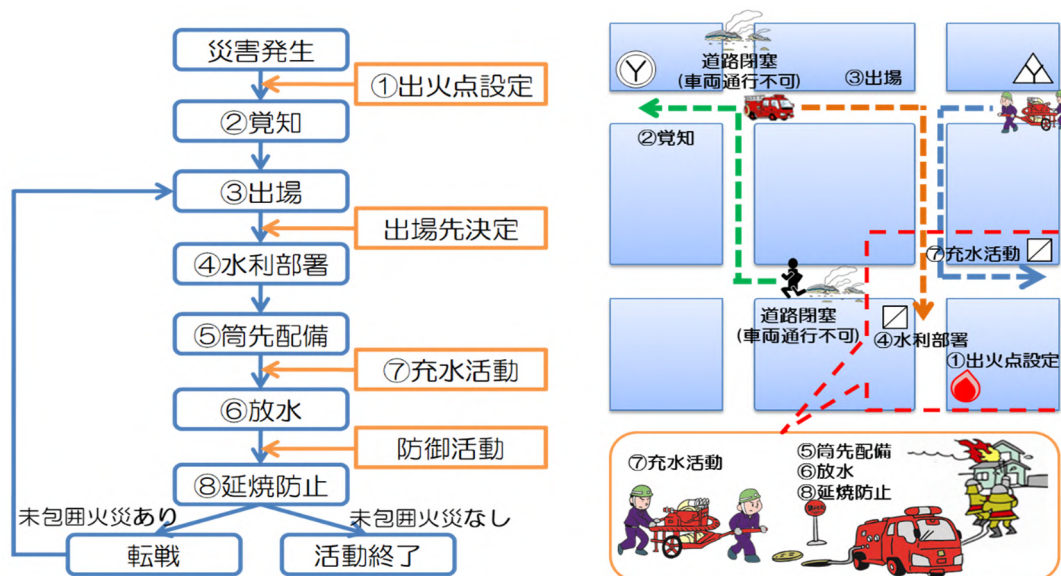


図 4-3-2 消防隊運用シミュレーションの概要

強風が消火活動における「覚知」「出動」「放水」に与える影響を考慮し、阻害要因として表 4-3-4 に示すシミュレーション設定値に反映する。強風下ではない状況で発生した地震火災時の延焼被害量と比較することで、被害量の悪化への影響が大きい要因を把握した。

表 4-3-4 シミュレーション設定値（抜粋）¹⁰⁾ と検討事項

項目		21 期火防審での設定値	検討事項
覚知	駆付け時間	出火点から直近署所までの直線距離×1.4(道路屈曲率)÷駆付けの移動速度(80m/分≒4.8km/h)	強風下の影響により、住民が駆け付ける移動速度を落とす。
出動	出動走行速度	延焼危険度実施時に消火活動困難度で設定した走行速度 区部平均:13.6km/h 多摩地区平均:17.8km/h (震災時の渋滞考慮) 2.1km/h(走行状態が非常に悪い場合)	強風下による影響を考慮し、車両走行速度を低下させる。
水利	活用水利	震災時水利部署できる可能性が高い水利を活用(消火栓を除く)	強風により放水が届かず放水に必要な水量が増加する。 また、放水圧の上昇で、ホース確保に人員が取られるなどから放水口数を減少させる。
	有効水量	部署口数で 30 分間放水可能な水量 (3 口(1t/min):30t、2 口(0.666t/min):20t、1 口(0.333t/min):10t)	
	水利選定	直近の有効水量が確保されている水利に部署	
	部署隊数	容量 40t~80t 未満の水利は 1 隊、容量 80t 以上の水利は 2 隊まで部署可能	

(2) 強風下での地震火災を考慮したパラメータの設定

消防活動の一連の流れにおいて、強風下における阻害要因の影響を、表 4-3-5 に示すパラメータを変更した設定（Ⅰ～Ⅺ）で検討する。

本検討では火点位置及び延焼速度、風速は変更せず、強風下において消防活動の阻害要因となるパラメータを変更することで、延焼面積がどのように変化するか検証した。

表 4-3-5 各パラメータの設定

区分	検討パターン	想定される事象	基準値	検討Ⅰ	検討Ⅱ	検討Ⅲ
通報・ 覚知	駆けつけ通報 移動速度（m/ 分）	強風により、駆け付け 通報が遅れる。	78.3	52.2 (1/3 減)	39.15 (1/2 減)	26.1 (2/3 減)

区分	検討パターン	想定される事象	基準値	検討Ⅳ	検討Ⅴ	検討Ⅵ
走行	各消防車両の 走行移動時間 （分）	強風により、速度を落 として走行する。	-	走行時間 1.5 倍	走行時間 2 倍	走行時間 3 倍

区分	検討パターン	想定される事象	基準値	検討Ⅶ	検討Ⅷ
水利 部署	消防隊の放水 口数	強風により高圧放水 の確保に人数が取ら れることや、風下ホ ースの放棄、破断、長 距離ホース延長等によ り筒先口数が減少。 ⇒口数及び放水量を 減	3	2	1
	消防隊 1 分あ たりの放水量 （t）		1	0.666	0.333

区分	検討パターン	想定される事象	基準値	検討Ⅸ	検討Ⅹ	検討Ⅺ
放水	消防隊 1 分あ たりの放水量 （t）	強風により射程距離 が減るため、圧力を 上げて放水すること から消費する水量が 増える ⇒放水量が増	1	1.25	1.5	2
	可搬ポンプ車 （B 級）1 分あ たりの放水量 （t）※		0.666	0.8325	0.999	1.332

※（3 口（1t/min）：30t、2 口（0.666t/min）：20t、1 口（0.333t/min）：10t）

注）水利容量が不足した場合に消防団による充水活動を実施し、次に使用できる水利を探索するため、鎮圧までの時間が遅れ、延焼面積が大きくなる。

(3) サンプル署の選定

第21期火災予防審議会¹⁰⁾で地震火災時による延焼被害量の特徴ごとのクラスター分類を用いて、各クラスターから1つの消防署をサンプルとして選定し、消防隊運用シミュレーションを実施した。

表 4-3-6 各クラスターの特徴とサンプル消防署¹⁰⁾

	特徴
クラスター1	出火件数が非常に少ないが、鎮圧数も非常に少ない。しかし、建ぺい率が非常に低いため、延焼する危険性が低く、延焼面積も非常に小さい。
クラスター2	出火件数は非常に多いが、鎮圧数も非常に多く、延焼面積も小さい。木造系混成率が低く、燃えにくい市街地である。
クラスター3	出火件数が少ないが、鎮圧数も少ない。しかし、建ぺい率が低いため、延焼する危険性が低く、延焼面積も小さい。
クラスター4	出火件数は平均的であり、鎮圧数も平均的である。東京消防庁管内の平均的な延焼被害量の消防署である。
クラスター5	出火件数はやや少ないが、鎮圧数も少ない、その結果、延焼面積はほぼ平均的であるが、90分後までの焼け止まり率も低く、延焼が広がりやすい。
クラスター6	出火件数は多く、鎮圧数はやや少ない。そのため、延焼面積が非常に大きい。90分後までの焼け止まり率も低く、延焼が広がりやすい。

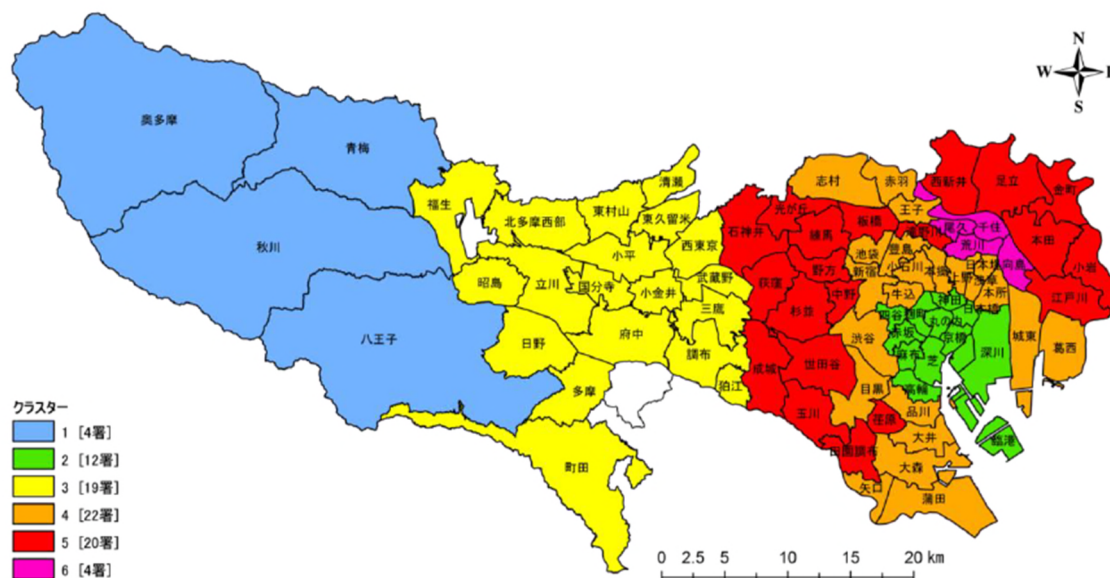


図 4-3-3 クラスター分析の結果¹⁰⁾

(4) シミュレーション結果による延焼面積の変化

パラメータ設定に基づきシミュレーションした結果、延焼面積がどのように変化するか、グラフで可視化した。以下ではクラスター5から選んだ消防署（以下「代表署」という。）の例を抜粋して示す。

ア 駆け付け通報移動速度の変更（Ⅰ～Ⅲ）

代表署の駆け付け通報移動速度別、出火点別の延焼面積を図 4-3-4 に示す。

強風による歩行困難を考慮、駆け付け通報移動速度を 2/3、1/2、1/3 と低下させた場合、4 時間後の延焼面積は、約 108%、約 127%、約 162%と変化する結果となった。

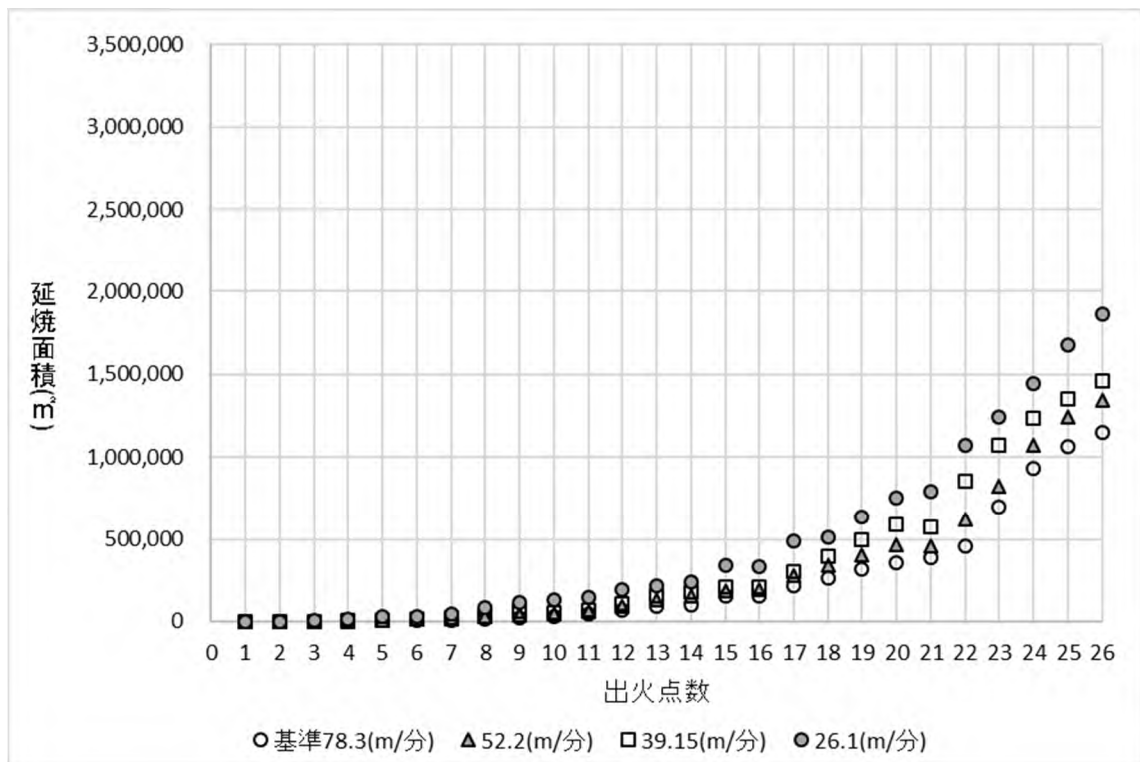


図 4-3-4 駆け付け通報移動速度別、出火点別の延焼面積：代表署

イ 各消防車両の走行移動時間の変更（IV～VI）

代表署の走行時間別、出火点別の延焼面積を図 4-3-5 に示す。

出場時の走行速度が低下することで、移動時間が 1.5 倍、2 倍、3 倍と増えた場合、4 時間後の延焼面積は約 127%、約 142%、約 168%と増加する結果となった。

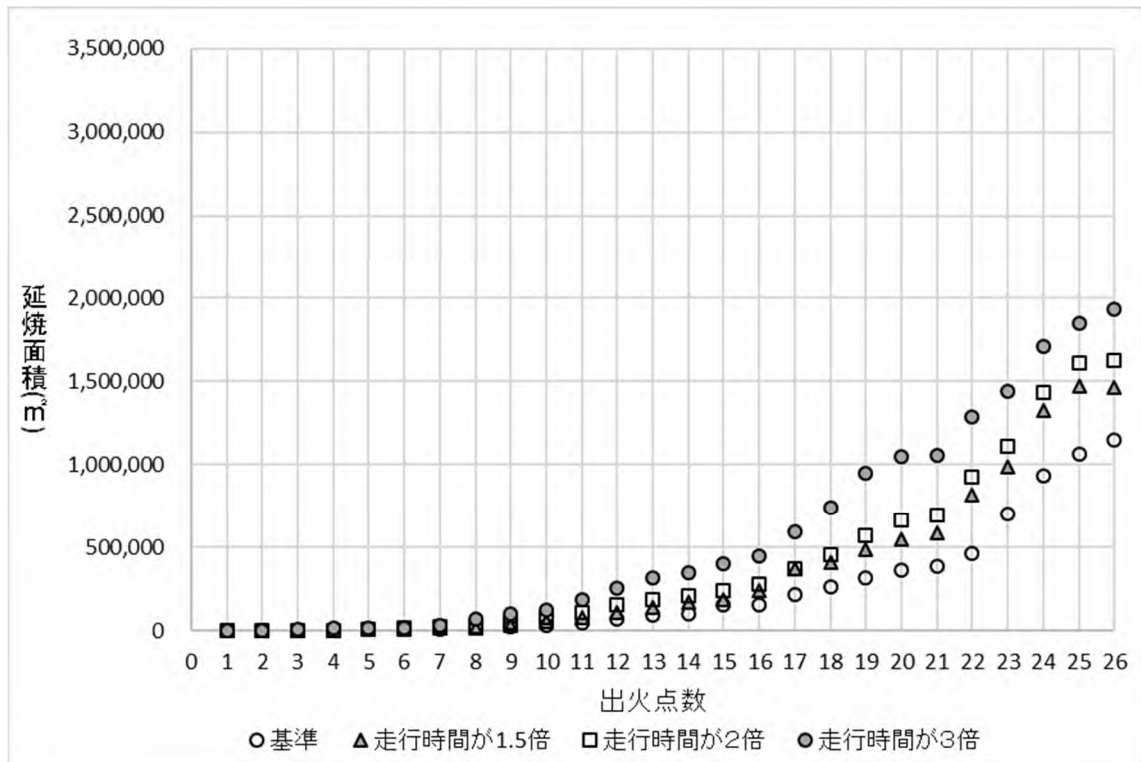


図 4-3-5 走行時間別、出火点別の延焼面積 (m²) : 代表署

ウ 消防隊の放水口数の変更（Ⅶ～Ⅷ）

代表署の放水口数別、出火点別の延焼面積を図 4-3-6 に示す。

消防車等からのホースの放水口数を基準の 3 口から 2 口、1 口と減少させた場合、放水量が減ることによって鎮圧までに時間を要することとなり、4 時間後の延焼面積は、約 207%、約 287%に増加する結果となった。

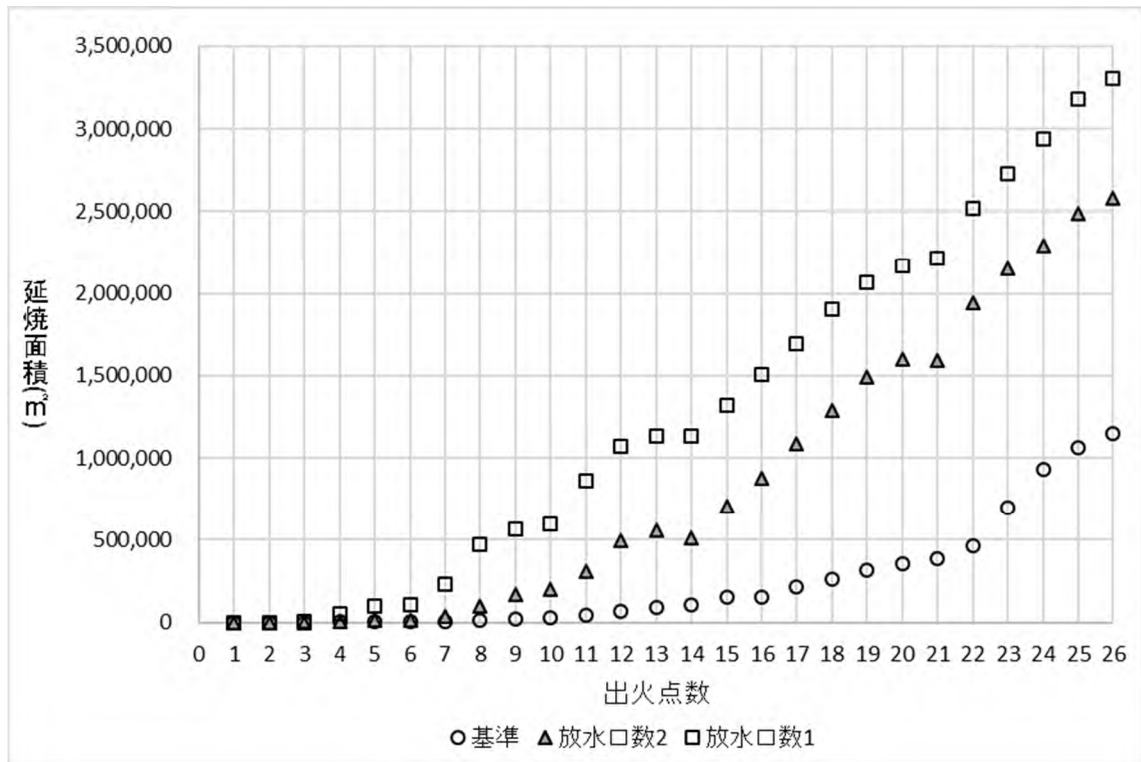


図 4-3-6 放水口数別、出火点別の延焼面積 (m²) : 代表署

□

エ 放水量に関する変更（Ⅸ～Ⅺ）

代表署の放水量別、出火点別の延焼面積を図 4-3-7 に示す。

強風の影響で放水の射程距離が短くなるのを補うために水圧を上げて放水を行うことで、消火用水の消費量が増加することを想定し、放水量を 1.25 倍、1.5 倍、2 倍とした。消防水利の残水量がその速さで消費され、消防団等による充水活動を行う必要があり、鎮圧まで時間を要することが想定される。4 時間後の延焼面積は約 193%、約 271%、約 286%に増加する結果となった。

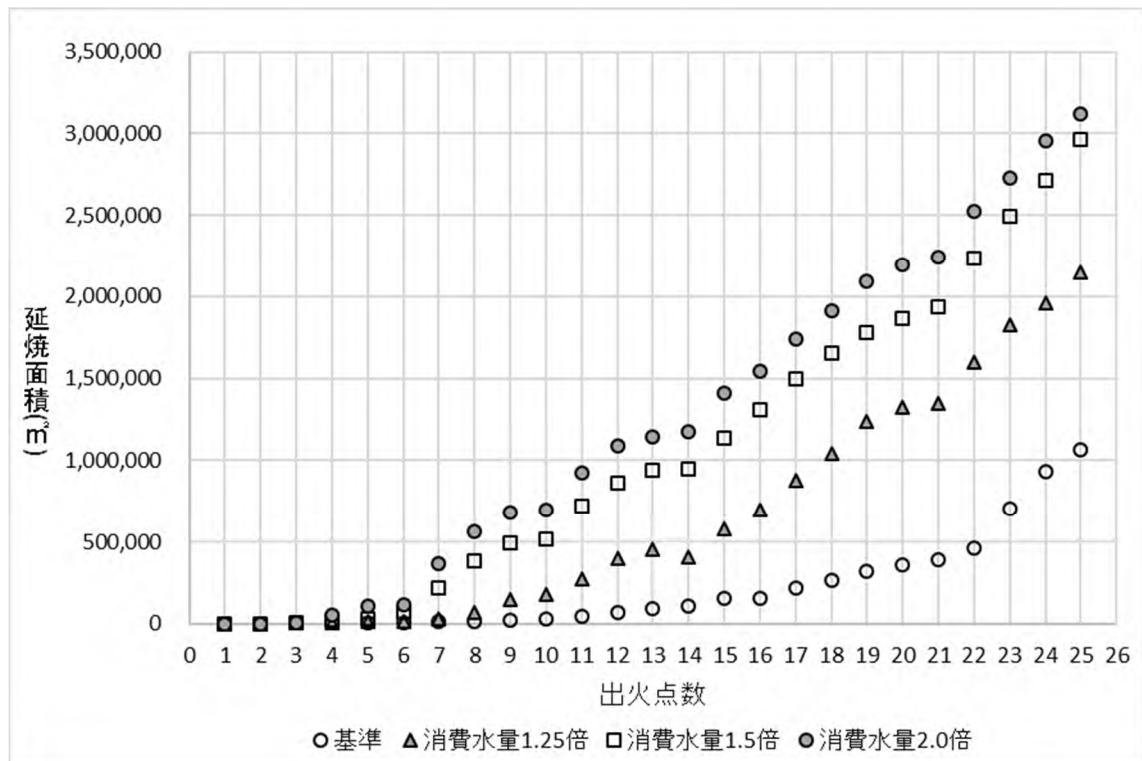


図 4-3-7 放水量別、出火点別の延焼面積 (m²) : 代表署

(5) 感度分析結果のまとめ

各消防署別、パラメータ設定別、出火件数期待値に対する延焼面積を表 4-3-7 に整理し、消防活動の阻害要因としてどのパラメータ設定の影響度が高いかを把握した。

表 4-3-7 各消防署別、設定パラメータ別、出火件数期待値に対する延焼面積

クラス ター No	出火 件数 期待 値	項目	基準	駆け付け移動速度 (m/分)			走行時間			放水口数		放水量		
				52.2	39.15	26.1	1.5倍	2倍	3倍	2口	1口	1.25倍	1.5倍	2.0倍
1	30	延焼面積	317,128	322,581	343,448	400,822	321,762	331,659	360,893	477,262	631,196	369,142	715,106	792,159
		(延焼面積)/ (基準となる延焼面積)	100%	101.7%	108.3%	126.4%	101.5%	104.6%	113.8%	150.5%	199.0%	116.4%	225.5%	249.8%
2	7	延焼面積	19,160	20,049	20,971	26,111	20,137	22,028	23,465	25,378	27,041	24,572	25,340	24,823
		(延焼面積)/ (基準となる延焼面積)	100%	104.6%	109.5%	136.3%	105.1%	115.0%	122.5%	132.5%	141.1%	128.2%	132.3%	129.6%
3	15	延焼面積	52,425	60,216	62,902	70,265	61,914	65,573	72,124	72,617	71,638	64,428	91,781	101,075
		(延焼面積)/ (基準となる延焼面積)	100%	114.9%	120.0%	134.0%	118.1%	125.1%	137.6%	138.5%	136.6%	122.9%	175.1%	192.8%
4	10	延焼面積	71,096	95,797	97,608	78,020	79,036	85,916	107,100	119,540	126,576	115,978	122,935	135,856
		(延焼面積)/ (基準となる延焼面積)	100%	134.7%	137.3%	109.7%	111.2%	120.8%	150.6%	168.1%	178.0%	163.1%	172.9%	191.1%
5	18	延焼面積	156,989	189,867	212,582	336,302	240,339	278,141	446,692	874,761	1,508,293	697,445	1,304,539	1,544,695
		(延焼面積)/ (基準となる延焼面積)	100%	120.9%	135.4%	214.2%	153.1%	177.2%	284.5%	557.2%	960.8%	444.3%	831.0%	983.9%
6	21	延焼面積	639,733	661,909	671,035	691,553	675,001	710,558	743,849	844,840	870,421	825,549	951,035	1,051,120
		(延焼面積)/ (基準となる延焼面積)	100%	103.5%	104.9%	108.1%	105.5%	111.1%	116.3%	132.1%	136.1%	129.0%	148.7%	164.3%

ア 消防署別の影響順位

各消防署別に影響するパラメータを表 4-3-8 に整理した。

クラスター1の消防署及びクラスター2の消防署を除き、放水量、放水口数、走行時間、駆け付け通報移動速度の順で各パラメータの最大延焼面積が大きくなる傾向にあった。

クラスター5では延焼面積が最大で約10倍になることから、他の消防署と比較すると、強風下において消防活動が阻害されると延焼拡大の影響を受けやすい傾向にあった。

表 4-3-8 出火件数期待値の延焼面積における各消防署別の影響するパラメータの整理

クラス ターNo	影響度			
	1	2	3	4
1	放水量	放水口数	駆け付け 移動速度	走行時間
2	放水口数	駆け付け 移動速度	放水量	走行時間
3	放水量	放水口数	走行時間	駆け付け 移動速度
4	放水量	放水口数	走行時間	駆け付け 移動速度
5	放水量	放水口数	走行時間	駆け付け 移動速度
6	放水量	放水口数	走行時間	駆け付け 移動速度

イ 消防署別の影響の比較

(ア) 影響度順位が「放水量」「放水口数」「駆け付け移動速度」「走行時間」

クラスター1の消防署

各パラメータ設定の最大延焼面積で比較すると、駆け付け移動速度及び走行時間は約 1.1～1.26 倍程度であるが、放水口数及び放水量は最大で 1.99 倍以上となった。

駆け付け通報移動速度の影響が 3 番目の要因は、クラスター1の消防署の管轄面積あたりの出張所数が他のサンプル消防署と比較すると最も少なく、出火を認知してから、近郊の消防署及び出張所への駆け付け通報までの時間が比較的長くなるため、駆け付け通報移動速度の影響度が走行時間よりも大きくなったと考えられる（表 4-3-9）。

(イ) 影響度順位が「放水口数」「駆け付け移動速度」「放水量」「走行時間」

クラスター2の消防署

各パラメータ設定の最大延焼面積で比較すると、結果としてはあまり差がない。

放水口数が放水量を上回っている要因としては、管轄面積あたりの有効水利数が他の消防署に比べて多く、水利を使い切っても、すぐに水利を探索できることが考えられる。また、クラスター2の消防署は管轄面積あたりの消防車両台数が 3 番目に多くなっている。管轄面積あたりの水利数や車両保有台数がやや多いことから、放水量の変更の影響度が上位にならなかったと考えられる（表 4-3-9）。

(ウ) 影響度順位が「放水量」「放水口数」「走行時間」「駆け付け移動速度」

a クラスター3の消防署

各パラメータ設定の最大延焼面積は 2 倍程度だが、影響度が低い駆け付け移動速度の最大延焼面積が約 1.3 倍であることから最小となる延焼面積の拡大比率がやや高い。

b クラスター4の消防署

駆け付け移動速度を除き、延焼面積が基準の延焼面積から 1.5 倍以上となっている。他署と比較すると、走行時間による拡大比率が高い。

c クラスター5の消防署

全てのパラメータ設定の最大延焼面積が 2 倍以上になり、放水量の検討 XI に関しては 9.8 倍まで大きく拡大する結果となった。他署と比較しても、延焼面積の増加率が大きい。

d クラスター6の消防署

放水口数及び放水量の延焼面積は 1.36 倍以上となっている。他署と比較すると、放水口数及び放水量についての拡大比率が比較的高い。

表 4-3-9 各消防署における消防車両及び水利数等の比較

クラスター・期待値	出火件数	管轄範囲面積(km ²) a	車両数				可搬ポンプ		水利数			管轄内の出張所数	
			消防車両数 b	管轄範囲面積(km ²)あたりの車両台数 c=b/a	積載車 d	管轄範囲面積(km ²)あたりの車両台数 e=d/a	台数 f	管轄範囲面積(km ²)あたりの可搬ポンプ台数 g=f/a	水利数 h	震災時部署可能水利 i	管轄範囲面積(km ²)あたりの有効水利数 j=i/a	出張所数 k	管轄範囲面積(km ²)あたりの出張所数 l=k/a
1	30	53.90	19	0.35	89	1.65	56	1.04	1,837	1,826	33.88	8	0.15
2	7	2.83	4	1.41	2	0.71	2	0.71	219	219	77.36	2	0.71
3	15	33.18	14	0.42	37	1.12	36	1.08	1,406	1,393	41.98	6	0.18
4	10	2.12	4	1.89	2	0.94	3	1.41	166	152	71.69	2	0.94
5	18	15.98	17	1.06	5	0.31	32	2.00	656	642	40.17	7	0.44
6	21	4.77	8	1.68	5	1.05	12	2.51	327	301	63.04	3	0.63

感度分析結果の考察

延焼面積をみると、5 消防署（クラスター2 以外）において影響度の高いパラメータとして、「放水量」及び「放水口数」が上位を占めていたことから、これらの消防署では強風による影響として、消費水量が増えることや放水口数が減少することが予想される。

クラスター2 の消防署では、管轄面積あたりの有効水利数が他の消防署に比べて多く、水利が不足しても、すぐに水利を探索できることが考えられることから、「放水口数」の影響が1 位、「放水量」の影響は3 位となっている。

クラスターで分類して検討を行ったところ、総じて「放水量」と「放水口数」の影響が上位となった。強風下における消火活動では放水活動を中心とした事前対策が必要となる。

第4節 対策の検討

1 課題の集約と対策

過去の大火事例や台風時の調査結果等に基づく課題と、それに応じて地震火災時においても実施可能な対策を取りまとめた（図4-4-1、表4-4-1参照）。

(1) 強風下における消防活動阻害要因の取りまとめ

第2節、第3節を踏まえ、シミュレーション結果から得られた知見等とともに、強風下における過去の大火事例^{11)~29)}や台風時における消防活動について東京消防庁調べの調査を取りまとめた。

(2) 強風下の火災に対する対応方法

前(1)の検討で得られた対応方法に関する知見、既に消防機関の規定等で実施するとされている対策、シミュレーション等から得られた課題に対する対策等を突合した。

(3) 地震火災時における実施の可否

前(2)において突合した内容について、地震火災時にはその対応方法や対策がとれない場合が考えられる。地震火災時の実施可否を検討し、地震時の状況によって対応が困難なものには△を、地震時の対応として現実的でないものに×を付け、その理由を整理した。その際に、想定した災害シナリオも合わせて整理した。

フェーズ	項目	想定される課題	対応方法	地震火災時の実施可否	想定される災害シナリオ
火災発生～現場到着	出場・参集	●災害状況によっては出動判断の優先順位付けが必要となる。	喚起を働きかける。また、各消防車に対しては強風下火災時の活動態勢の準備を行わせるために警戒態勢を発生する。	○	・同時多発火災が発生することで出動部隊数を上回る。
	走行時の車両被害	●走行時は強風による飛来物により車両への被害が生じる。 ●強風により車両が横転する。 ●飛来物の釘がタイヤに刺さる等車両のタイヤがパンクする。	●低速走行を実施する。 ★強風下では現場到着に至る経路は複数の候補を用意しておく。	○	・走行時の地震発生により、屋外広告物等が落下し、走行時の車両被害が発生する。 ・建物倒壊による道路閉塞が発生する。
	走行障害	●突風により、車両の走行が難しくなる。 ★延焼域の風上・風横側で進行できていた道路が、風向の変化により風下側になることにより通行・使用困難となり、走行障害が発生する。	●強風下においては低速走行を強いられることから、風速、風向を踏まえた最速ルートを検討しておく。 ●走行障害となる視界不良対策を実施する。	○	・地震による液状化や津波の発生に伴い、通行不可能となる道路が発生する。 ・地震の揺れにより、鉄道が緊急停止し、踏切の遮断が発生する。これにより、通行できない区間が生じる。 ・通行不能道路の発生による影響により、交通渋滞が発生する。
	道路閉塞	●強風による倒木や落下物等により、道路閉塞の危険性が生じる。 ★風速が変化することで、延焼拡大速度が増加し、予想よりも早く道路が通行困難になる。 ★狭小路上の道路が存在する場合、延焼拡大あるいは延焼拡大方向の変化によって移動が阻害される場合がある。	●低速走行を実施する。 ●高架橋等、強風の影響が大きい場所を避けて道路を選定する。 ●危険箇所を迂回する。	○ △ ○	
		想定される課題 ●…過去の大火事例、台風時ヒアリングから得られた課題 ★…延焼シミュレーション等から得られた課題 ◆…消防隊運用シミュレーションの検討の際に消防活動の阻害要因として想定された課題	対応方法 赤字…今回の調査研究で得られた知見 黒字…規程上実施するとされている対策 ★…延焼シミュレーション等から得られた課題に対する対策 ◆…消防隊運用シミュレーションより確認した知見から考えられる対策	地震火災時の実施可否※ ○…地震時においても実施可能なもの △…地震時の状況によっては対応が困難なもの ×…地震時は現実的に対応が困難なもの	

図4-4-1 取りまとめ図の参照方法と凡例

表 4-4-1 課題の取りまとめ

		想定される課題	対応方法	地震火災時の実施可否※	想定される災害シナリオ	
フェーズ	項目	<ul style="list-style-type: none"> ●…過去の火事事例、台風時ヒアリングから得られた課題 ★…延焼シミュレーション等から得られた課題 ◆…消防隊運用シミュレーションの検討の際に消防活動の阻害要因として想定された課題 	<ul style="list-style-type: none"> 赤字…今回の調査研究で得られた知見 黒字…規程上実施するとされている対策 ★…延焼シミュレーション等から得られた課題に対する対策 ◆…消防隊運用シミュレーションより確認した知見から考えられる対策 	<ul style="list-style-type: none"> ○…地震時においても実施可能なもの △…地震時の状況によっては対応が困難なもの ×…地震時は現実的に対応が困難なもの 		
火災発生～現場到着	待機時の車両被害	●強風による飛来物により、車両が破損するなどの被害が発生する。	→ ●シャッター等、車両破損を防ぐための措置を実施する。	△ 余震等を考慮しシャッター等を閉めない場合もある。	・地震の強い揺れに伴い、庁舎被害が発生し、車両損壊やシャッターへの被害等が発生する。	
	出場	参集・覚知・出場	<ul style="list-style-type: none"> ●「出場」と「出向」の判断が困難となる。 ●災害状況によっては出動判断の優先順位付けが必要となる。 ●強風の状況によっては参集判断の混乱が生じる（同一管内における警報発令の時間差による）。 ◆強風に煽られ、住民による駆け付け通報が遅れる。 	<ul style="list-style-type: none"> ●出場のタイミングを判断するフローチャートを作成する。 ●強風下における活動体制や基準の見直し、また、それに対応した訓練を実施する。 ●強風下の火災では飛び火の発生は比較的早い段階から始まることから、早期の段階で飛び火を考慮して部隊を配備する。 	<ul style="list-style-type: none"> △ 震災時には、使えない場合がある。 ○ △ 	<ul style="list-style-type: none"> ・地震により、消防署においても庁舎被害や停電が発生し、出場に遅れが生じる。 ・地震による道路施設が損傷し、参集に遅れが生じる。 ・同時多発火災が発生することで出動部隊数を上回る。
		走行時の車両被害	<ul style="list-style-type: none"> ●走行時は強風による飛来物により車両への被害が生じる。 ●強風により車両が横転する。 ●飛来物の釘がタイヤに刺さる等車両のタイヤがパンクする。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●低速走行を実施する。 ●走行中に積載物が落下しないように結着する。 	○	・地震の影響により、屋外広告物等が落下し、走行時に車両被害が発生する。
	走行	走行障害	<ul style="list-style-type: none"> ●突風により、車両の走行が難しくなる。 ★延焼域の風上・風横側で通行できていた道路が、風向の変化により風下側になることよって通行・使用困難となり、走行障害が発生する。 ◆強風下においては飛来物や視界不良に伴い、走行障害が生じ、低速走行となる。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●低速走行を実施する。 ◆強風下においては低速走行を強いられることから、風速、風向を踏まえた最適ルートを検討しておく。 	○	・地震による液化化に伴い、通行不可能となる道路が発生する。
道路閉塞		<ul style="list-style-type: none"> ●強風による倒木や落下物等により、道路閉塞の危険性が生じる。 ★風速が変化することで、延焼拡大速度が増加し、予想よりも早く道路が通行困難になる。 ★袋小路上の道路が存在する場合、延焼拡大あるいは延焼拡大方向の変化によって移動が阻害される場合がある。 ◆強風に伴う倒木や飛来物等により道路閉塞が発生する。これに伴い、迂回を強いられることから、現場到着が遅れる。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●高架橋等、強風の影響が大きい場所を避けて道路を選定する。 ●危険箇所を迂回する。 ●他隊から道路の寸断情報やがけ崩れ等の情報を共有する。 	<ul style="list-style-type: none"> △ ○ △ 	<ul style="list-style-type: none"> ・通行不能道路の影響や一般車両による交通渋滞が発生する。 ・停電、通信障害が発生する。 	
現場到着		<ul style="list-style-type: none"> ●現時点、すでに、火面が拡大している場合には、火勢の回り込み、飛び火等により退路を断たれるおそれがある。 ●強風により、自分の身の安全を図ることで精一杯となる。 ●強風による飛来物により、隊員が負傷する。 ●高所における窓ガラス等の破壊活動の際、強風下では離れた場所まで飛散し、地上の隊員の頭上に落下物が落ちてくるため安全確保が不十分となる。 ★風下側の煙、輻射熱や火の粉による活動阻害が発生する。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●現場に向かう際は、常に複数の退路を意識した活動を行い、可能な場合には、活動隊の安全管理に専念する部隊を配置する。 ●隊員の2人行動の実施 ●強風から隊員の安全が確保できる場所を確認。 ●強風下でも指示が伝わるようにマイクを使用する。 ●強風下においてはタンク板などの大きな部材も飛散することから、飛散物や落下物などに十分注意する。 ●落下物の危険性から、地上の安全を確保するために警戒区域を広くとることに加えて、シールド等で物理的に防護する手段を組み合わせる。 ★強風下においては風下側到着を避ける。 ●車両停車時は風の受ける面積が狭く、かつ、窓ガラスのない後部を風上側に向けて停車する。 	<ul style="list-style-type: none"> △ △ ○ ○ ○ ○ ○ △ 	<ul style="list-style-type: none"> ・地震による建物損壊や地面の液化化などにより、活動時の退避位置の確保が困難となる。 	
放水準備	車両乗降時	<ul style="list-style-type: none"> ●強風により、車両への乗降が平時よりも難航する。 ●強風によりドアの開閉が困難になることから車両乗降時のドアの開閉において、安全確保が必要となる。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●車面からの乗降時にドアの開閉を複数名で実施する。 ●火の粉、タンク板、ガラス等の飛散物に注意し、防火帽の顔面保護板を下げて行動する。 ●コールドやシールドを着用する。 	○	・地震による道路損壊や液化化の影響により、車両停車位置が制限される。	
	視界不良	●強風下においては激しい煙や飛散物で目が開けてもらえない等の視界不良が発生する。	→ <ul style="list-style-type: none"> ●車面からの乗降時にドアの開閉を複数名で実施する。 ●火の粉、タンク板、ガラス等の飛散物に注意し、防火帽の顔面保護板を下げて行動する。 ●コールドやシールドを着用する。 	○	・地震による建物倒壊やガラスの落下に伴い、飛散物が発生し、視界不良が生じる。	
	活動体制	<ul style="list-style-type: none"> ●消防活動中に風向や風速が大きく変化する。 ●強風下において、延焼範囲が刻々と変化する中、多数の部隊を指揮することが困難となる。 ●風速が資器材の性能を上回るため、ドローンやはしご車を活用した延焼地域に近い位置での高所からの情報収集は行えない。 ★延焼拡大速度の増加によって当初部署予定位置での活動が困難となる。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●警防本部等は風の地域時系列予報等の情報を収集し、現場指揮本部へフィードバックできる体制をとる。 ●災害状況に応じて積極的に局面指揮を実施する。 ●高所カメラからのライブ映像など、現場付近の俯瞰情報を収集し、現場指揮本部において延焼方向の予測や筒先配備などに活用する。 	<ul style="list-style-type: none"> △ × △ ○ 	<ul style="list-style-type: none"> ・地震の発生に伴い、住民の避難誘導に要する人員が必要となり、活動人員はさらに不足する。 ・停電、通信障害が発生する。 	
放水準備	隊員、車両の安全確保	<ul style="list-style-type: none"> ●強風による飛来物等から、隊員の身の安全確保する対策が必要となる。 ●強風時には、水利部署、ホース延長が風下側にならないよう配慮する必要がある。 ●損壊した建物のがれき等が障害となり、接近できず水利部署やのホースの延長に支障をきたす。 ★部署していた水利が風下側になることで使用不可となる可能性がある。 ★延焼域の風上・風横側で通行できていた道路が、風向の変化により風下側になることよって通行・使用困難となることでホース延長が困難となる。 	→ <ul style="list-style-type: none"> ●強風による被害を緊急回避できる位置を確認。 ●現場到着時に風向や水利位置を確認した上で、水利部署を決定する。風下の水利の選定は、原則として避ける。 ●筒先進入は、風横側を原則とする。 ●移動又は転戦に備えて、余裕ホースを十分にとる。 ●他隊と連携し、長距離でのホース延長を行う。 ●ホース延長は火の粉の流れに注意し、縁石際など火の粉の溜まり見い所を避ける。 ●現場では特に煙の中の避難者に注意し、警笛や音声発してホースカッター等の接触事故を防止する。 ●事前に現場周辺の消防水利の位置の確認。 	○	・地震による道路損壊や液化化の発生に伴い、安全位置の確保や水利部署が制限される。	
	消火栓の水圧低下	●強風下においては、必要とされる有効水量が増加することから、多数の隊による集中的な水利部署と複数の放水により、消火栓の水圧が低下する。	→ <ul style="list-style-type: none"> ●風向風速計等を活用し、水利部署を決定する。 ●大量放水と防御が長時間にわたることを予想し、水量豊富な水利を選定する。 	○	・建物の倒壊等により、震災時に使用できる水利が制限される。	
				→ <ul style="list-style-type: none"> ●現場到着時に風向や水利位置を確認した上で、水利部署を決定する。風下の水利の選定は、原則として避ける。 ●筒先進入は、風横側を原則とする。 ●移動又は転戦に備えて、余裕ホースを十分にとる。 ●他隊と連携し、長距離でのホース延長を行う。 ●ホース延長は火の粉の流れに注意し、縁石際など火の粉の溜まり見い所を避ける。 ●現場では特に煙の中の避難者に注意し、警笛や音声発してホースカッター等の接触事故を防止する。 ●事前に現場周辺の消防水利の位置の確認。 	<ul style="list-style-type: none"> △ △ ○ ○ 	・震災時に、出場先の状況把握が難しい場合がある。

放水	放水への影響	<ul style="list-style-type: none"> ●強風にあおられ、放水が届かない。 ●強風で注水が横にはずれ、有効注水が困難となる。 ●強風にあおられ、放水射程が減少する。 ●強風より、噴霧状の放水となる。 ●噴霧注水や低圧の注水は風の影響で十分な効果が得られない。 ●強風下において、はしご車の伸梯操作や消防ヘリの飛行、消防舟艇の運航は制限されるため、高所や水上からの放水は実施できない。 ◆強風により、延焼拡大し、鎮圧するために必要な水量が増加する。 	→	<ul style="list-style-type: none"> ●強風下では高圧のストレート放水を基本とし、最大流量で、可能な限り多口放水を行う。特に、火勢熾烈な場合には65mmホースを活用し、水量及び射程距離を確保できる大口径ノズル(23mm以上のスムーズノズル等)や放水銃を活用する。 	○	・地震による建物倒壊や液状化に伴い、放水位置が制限され、適切な放水ができず、延焼拡大する。
	ホース等の不足	<ul style="list-style-type: none"> ●度重なる転載に伴いホース等が不足する。 ◆強風により、放水射程が減少するため、放水圧力を上げて放水を実施する。これにより、筒先確保に人員を割かれ、放水口数が制限される。 ◆強風による飛来物や放水圧力を上げた放水により、ホースが破損し、放水口数が制限される。 	→	<ul style="list-style-type: none"> ●風下側の延焼建物付近に予備注水を行う。 ●出場が制限される部隊については、出場不能とし、本来、充てられていた職員を他隊への増員要員とする。もしくは、新たに隊を編成し、地上面の消防力を増強する。 ◆強風にあおられ、必要放水水量が増加することから、風向・風速を踏まえた放水活動等の事前対策が必要である。 ●予備ホース等を事前に準備する。 	○	・地震の揺れに伴い、建物倒壊による飛散物やガラスの飛散等に伴い、ホースが破損する。
放水～鎮圧まで	飛び火による延焼拡大	<ul style="list-style-type: none"> ●飛び火が吹雪のように飛び、延焼拡大する。 ●初期消火できなかつた火災より、各所に飛び火が発生する。 ●風向・風速の変化に伴い、飛び火による延焼拡大の予測が困難となる。 ●風下側の煙や燃焼現象の激化により、活動障害が発生。 ●強風により、飛び火が頭上を超え、背面から火災が迫る。 ●煙にまかれて、前後不覚となり、火災に挟まれ、逃げ場を失う。 ★飛び火着火後の風向の変化によって延焼拡大がさらに助長される場合がある。 ★飛び火着火が発生することによって、同じ風速でも焼失棟数・焼失面積が大幅に増加する。 ★飛び火着火によって延焼遮断帯を越えた延焼が発生し、隣接する密集市街地において広域に大規模な延焼が発生する。 ★風横側で延焼阻止していた状況で、風下側になることによって延焼阻止が困難となる。 	→	<ul style="list-style-type: none"> ●風向を踏まえた放水を実施する。 ●周囲への延焼拡大危険が大きい場合には、延焼危険方向(風下側・風横側)を優先的に筒先配備し、可能な限り多口放水を実施する。 ●火の粉が激しく落下してくると予測される屋根や家の周囲等には事前に散水する等の予防措置を図る。 ●風向、風速の変化による飛び火着火発生への警戒を実施する。 	△ ○	・地震による建物の倒壊に伴い、可燃物が露出・飛散し、飛び火着火が多発する。これに伴い、火報が増加し、消防対応におかわれる。 ・地震時には、消防や救急活動の対応に追われ、事前散水等飛び火対策に人員がさけなくなる。
	強風による延焼拡大	<ul style="list-style-type: none"> ★風向の変化によって延焼拡大がさらに助長される場合がある。 ★強風の影響で時間ごとの焼失棟数・焼失面積が大幅に増加する。 	→	<ul style="list-style-type: none"> ●再掲 ●高所カメラを活用し、上空からのライブ映像など現場付近の俯瞰情報を収集できる体制をとり、延焼方向の予測や筒先配備などに活用する。 ●濃煙による目の負傷や吸い込みを防ぐため、シールド付き防火帽などの装備の活用と着装状態の確認を徹底する。 ●建物間や路地等に進入する際は、飛び火等により火勢が回り込むことで退路を断たれるおそれがあることを十分留意しながら活動し、必要によっては監視要員を配置するなどの措置をとる。 ★延焼遮断帯を越えた飛び火着火を警戒する。 	△ ○	・地震により、高所カメラが故障した場合には使用できない。
延焼防止	輻射熱等による延焼拡大	●輻射熱および火災による着火現象が発生する。	→	<ul style="list-style-type: none"> ●再掲 ●周囲への延焼拡大危険が大きい場合には、延焼危険方向(風下側・風横側)を優先的に筒先配備し、可能な限り多口放水を実施する。 ●放水位置の優先順位を考慮する。 ●風速の変化による放水位置の変更。 ●周囲への延焼拡大危険が大きい場合には、延焼危険方向(風下側・風横側)を優先的に筒先配備し、可能な限り多口放水を実施する。 ●周囲への延焼拡大危険が大きい場合には、延焼阻止を主眼とし、風下側に優先的に筒先を配備する。 ●風速、風向を確認した上で、延焼危険方向に対し、優先的に放水を実施する。 ★強風下で飛び火着火による延焼拡大が予想される気象状況の場合を想定した応援計画などを立案しておく。 	○	・強風により、はしご車を使用できず、高層階火災への対応が困難となる。
	消火困難	<ul style="list-style-type: none"> ●強風下においては短時間での延焼拡大により消火が困難となる。 ★飛び火着火による急速な延焼拡大により、当初部署した消防隊では抑制、鎮圧が困難となる。 ★風向の変化によって延焼阻止していた状況が一変し、消火困難となる。 ★飛び火着火によって活動していた隊を飛び越えて、後方で延焼拡大し、活動隊の退路を断たれる。 	→	<ul style="list-style-type: none"> ●再掲 ●建物間や路地等に進入する際は、飛び火等により火勢が回り込むことで退路を断たれるおそれがあることを十分留意しながら活動し、必要によっては監視要員を配置するなどの措置をとる。 ●平常時から、住民が主体的に考え、行動避難できるよう呼びかけや避難訓練の実施を促進する。 ●避難誘導や広報等について、自治体、警察、自衛隊と連携する。 ●付近住民に対し、家屋の開閉部から火の粉が入り込まないように注意を呼び掛ける。さらに、水バケツ等を事前準備させ、火の粉や火の粉による着火を発見したら、直ちに初期消火に当たらせる。 ★現場映像共有(FLV:Field Live Videoの略称)を活用した、リアルタイムでの現場把握を実施し、報告に要する時間を短縮することで、住民避難への移行のタイミングを逸しない。 ★強風下においては、離れた場所の住民へも飛び火警戒協力を依頼し、警戒を強化する。 	○	・地震による建物の倒壊に伴い、可燃物が露出・飛散し、輻射熱等による着火現象が発生する。これに伴い、複数の火災に対応し、鎮圧が遅延する。
飛び火警戒・周辺警戒・住民規制	消防隊の安全確保	●飛び火着火によって活動していた隊を飛び越えて、後方で延焼拡大し、活動隊の退路を断たれる。	→	<ul style="list-style-type: none"> ●再掲 ●建物間や路地等に進入する際は、飛び火等により火勢が回り込むことで退路を断たれるおそれがあることを十分留意しながら活動し、必要によっては監視要員を配置するなどの措置をとる。 	△	・地震による道路損壊や液状化の発生に伴い、安全位置の確保が制限される。
	住民による飛び火警戒、住民の安全確保	<ul style="list-style-type: none"> ●強風による飛び火や飛来物からの住民の安全を確保する対策が必要である。 ●強風による飛び火に対し、付近住民の周辺警戒、初期消火が少なかった。 ★裸木造が多い市街地では飛び火着火が発生しやすいため、飛び火警戒が特に重要となる。 ★風向の変化によって火の粉の飛散方向が変わり飛び火警戒範囲が変わる。 ★住民が気づかないうちに、自宅が飛び火着火により、出火したり、予期せぬ場所からの延焼により被害を受ける。 ★刻々と変化する風向、風速の影響により、移動を伴う住民避難の困難性も一変する。 * 強風や風向の変化等に伴い、避難速度が低下し、逃げ遅れが発生する。状況によっては避難できないリスクも想定されることから、強風下における避難対策を講じる必要がある。 	→	<ul style="list-style-type: none"> ●再掲 ●付近住民に対し、家屋の開閉部から火の粉が入り込まないように注意を呼び掛ける。さらに、水バケツ等を事前準備させ、火の粉や火の粉による着火を発見したら、直ちに初期消火に当たらせる。 ★現場映像共有(FLV:Field Live Videoの略称)を活用した、リアルタイムでの現場把握を実施し、報告に要する時間を短縮することで、住民避難への移行のタイミングを逸しない。 ★強風下においては、離れた場所の住民へも飛び火警戒協力を依頼し、警戒を強化する。 	○ ×	・地震による負傷者の発生に伴い、救助対応や避難誘導に人員が必要となり、活動体制の人員が不足する。 ・地震による道路損壊を踏まえた安全位置の確保や避難誘導必要となる。

2 新たに把握した課題に対する対策

過去の大火事例や台風時の調査結果等に基づく課題と、延焼シミュレーション、消防隊運用シミュレーション等から把握した新たな課題を整理した。

これらの課題に対して考えられる、これまで取られてこなかった対策について、消防活動のフェーズごとに整理した。地震時には対応が更に困難化することが予想されるため、下記の対策を強化しておく必要がある。

なお、対策については事前に対策の実施が可能なものと、発災時に応急的に対策が求められるものがあることから【事前】と【応急】とに区分した。

(1) 火災発生～現場到着前における対策

<覚知>

【事前】強風下においては覚知時間の遅延も想定されることから、気象予報等の事前情報を収集、把握し警戒を強化する。^{※3}

【応急】風の予報等を活用し、今後の気象状況の変化についても把握する。

※3

<出場>

【事前】強風下の車両被害を防ぐために現場到着に至る経路は、風向風速の変化があることを考慮して複数の候補を検討し、事前計画を策定する。

※2

【事前・応急】延焼シミュレーションを有効に活用し、風向風速の変化に応じた出場経路を計画する等、事前に風の影響が少ない経路を検討する。

※2

【応急】強風下においては低速走行を強いられることから、風向風速を踏まえた最適ルートを検討し、状況に応じて柔軟に経路選定する。^{※3}

(2) 現場到着における対策

<人的被害・安全確保>

【応急】急な風向変化に注意し、風下側の部署を避ける。^{※2}

<車両乗降時>

【応急】車両からの乗降時にはドアの開閉を複数名で実施するなど、挟み込みによる隊員等の受傷が発生しないよう、安全管理を徹底する。^{※1}

(3) 放水準備における対策

<隊員、車両の安全確保>

【事前】ゴーグルやシールドを着用し、飛散物からの安全確保に努める。^{※1}

【応急】強風による被害を緊急回避できる位置を確認し、安全確保に努める。

※1

(4) 放水～鎮圧における対策

【事前】飛散物等によるホースの破損により、放水口数の減少が想定されるため、出場前の予備ホース等の準備や、ホース積載量を増強する。^{※3}

【事前】強風の影響で放水の射程距離が短くなるのを補うために、圧力を上げて放水を行うことで、消火用水の消費量が増加することから、代替水利の把握、充水計画の策定、残水量を把握するための事前対策等が必要である。※³

【応急】強風下における飛び火の警戒は飛散範囲が拡大することを踏まえ、十分な警戒範囲を設定する。※¹

【応急】風向が変化することによる、当初の見込みとは異なった方向や地域に延焼拡大することに警戒する。※¹

【応急】延焼遮断帯を越えた飛び火を警戒する。※²

【応急】風向風速の変化に応じて放水位置を柔軟に変更する。※¹

【応急】市街地の中で活動する隊員等が、強風であるという意識がないまま活動を継続してしまわないよう、署隊本部長は俯瞰的な情報を伝達する。
※¹

(5) 飛び火警戒・周辺警戒・住民規制における対策

【事前】強風下においては延焼速度の増加に伴い、より多くの逃げ遅れの発生が想定されるため、自助・共助を踏まえた避難訓練の実施や普及啓発等を行う。※²

【応急】強風下での急速な延焼拡大を想定し、自治体や関係機関等と連携して避難の呼び掛けにあたる必要がある。※²

【応急】強風下においては、離れた場所の住民へも飛び火警戒への協力を依頼し、警戒を強化する。なお、住民による飛び火警戒や初期消火の協力については被害状況に応じて安全確保を優先しつつ判断する。※²

※¹…過去の災害事例で得られた知見に基づく対策

※²…延焼シミュレーション等から得られた知見に基づく対策

※³…消防隊運用シミュレーションから得られた知見に基づく対策

第5節 本章のまとめ

強風下の地震火災の被害様相の把握及び課題の抽出を主眼に、延焼シミュレーション、消防隊運用シミュレーションを活用して検討を実施した。そこから得られた知見と課題をまとめる。

なお、シミュレーションは一定の条件下で計算を行うため、現実の市街地で発生する事象を表現するには限界がある。震災時の建物被害、延焼状況、飛び火は不確実なものであり、この結果をもって全ての被害様相を表現できていないことに留意する必要がある。

1 強風下での地震火災の様相について

今回の検討によって、強風下における延焼火災の被害様相は延焼速度が上昇し、延焼が広範囲に拡大するだけでなく、飛び火によって広範囲で同時多発の火災延焼が、時には延焼遮断帯を越えた先で発生し得ることを把握した。

また、風向変化によって、風下に向かって楕円形に広がっていた延焼域が、風向の変化によって側面から風にあおられ、楕円の長辺が火元になることに伴い、延焼拡大が助長される。

2 風向変化による消防活動・住民避難の困難化について

延焼域の風上・風横側で通行できていた道路が、風向の変化により風下側になることによって、輻射熱や煙の影響により消防車両の走行不能や、ホース延長を困難化する。また、住民の避難では、風向の変化により通行困難になることが予想される。このため、避難路が閉ざされる前に避難開始する必要がある。

3 強風下での地震火災時における水利活用について

強風の影響で放水の射程距離が短くなることを補うために、圧力を上げて放水を行うことで、消火用水の消費量が増加する。より多くの水量が必要となる。地震による断水の発生も懸念され、消防水利の確保がより切迫した課題となる。さらに、瓦礫や倒壊による道路閉塞や、消防水利の蓋の埋没により使用困難な水利が増加する。

使用可能な消火栓の把握や、防火水槽、自然水利など断水の影響を受けない水利の利用計画、代替水利の把握方法、充水体制の補強などの対策が重要となる。

4 強風下の消防活動の限界について

本検討では、低風 (6m/s)、大強風 (20.8m/s)、暴風 (28.4m/s) を対象に検討を行った。しかし、台風時には最大瞬間風速が暴風 (28.4m/s) を超える状況となることも予想される。その場合、消防隊員が安全に活動できない状況や、消防車両が走

行困難になる状況など、強風そのものによって消火活動が困難になる場合も想定しておく必要がある。

5 火災に囲まれる危険性について

市街地の中で消火活動等を行っている隊員や住民は、強風を意識をしないまま、延焼火災に囲まれてしまう可能性がある。火災を目前で活動している隊員にとって、延焼拡大の状況や、火の粉、煙の広がりを俯瞰的に把握することは困難である。そのため、署隊本部等は部隊の位置を把握し、風下にいる隊員に退避を伝えるなど、俯瞰的な情報を本部等と災害現場にいる消防職員間で共有する必要がある。

6 自助・共助による飛び火警戒の重要性

地震火災時には、消防機関の対応力を越えた多数の火災が発生し、共助による初期消火や延焼阻止が重要となる。さらに強風下で地震火災が発生した場合、住民への飛び火警戒の協力を依頼し広範囲の警戒を実施することが一層強く求められる。消防機関は、市区町村等と一層連携し、住民へ飛び火を注意喚起するとともに、俯瞰的な情報が住民にも伝わるよう配慮する必要がある。

7 経験の蓄積について

今後、強風下で大規模火災が国内外で発生した場合にはヒアリング等の調査を詳細に行い、消防活動阻害要因における課題と対策を追加し、次の災害に向けて経験を蓄積していくことが重要である。

参考文献

- 1) 藤原咲平：関東大震災調査報告 気象篇，中央气象台，p.96，1924
- 2) 西野智研，円谷信一，樋本圭佑，田中哮義：関東大震災における東京市住民避難性
状の推定に関する研究，日本建築学会環境系論文集，第74巻，第636号，2009
- 3) 東京都防災会議：首都直下地震等による東京の被害想定 報告書，エム・アール・
アイビジネス株式会社，2012.5
- 4) 東京消防庁：東京都の地震時における地域別延焼危険度測定（第10回），2019
- 5) 樋本圭祐，田中哮義：都市火災の物理的延焼性状予測モデルの開発，日本建築学会
環境系論文集，第71巻，第607号，2006
- 6) 川越邦雄編：建築学大系 21 建築防火論，彰国社，p.170，1956
- 7) 岩見達也：市街地火災のリスク評価，日本建築学会大会防火部門パネルディスカッ
ション資料，2014
- 8) 岩見達也：飛び火による市街地火災の延焼過程のモデル化，日本火災学会誌，火災，
Vol.71，No.4，2021.8
- 9) 気象庁：風の強さと吹き方
https://www.data.jma.go.jp/multi/cyclone/cyclone_wind_advisory.html?lang=jp
- 10) 火災予防審議会・東京消防庁：（火災予防審議会答申）地震火災による人的被害の
軽減方策，桜プリント有限公司，p.12，2015.4
- 11) 亀井幸次郎：日本における都市大火の性状について，建築学体系「8 都市大火」，
1961
- 12) 亀井幸次郎 堀内三郎：特集：熱海の大火に学ぶ，火災 001号，1951
- 13) 亀井幸次郎：鳥取大火調査報告，1959
- 14) 鳥取市：鳥取市大火災誌（災害救護編），1953
- 15) 福島県伊達郡伏黒村：保原町の大火について，福島測候所，1953
- 16) 亀井幸次郎：北海道岩内町大火調査報告，1959
- 17) 亀井幸次郎：新潟市大火調査報告，1959
- 18) 亀井幸次郎：大館市大火調査報告，1959
- 19) 亀井幸次郎：芦原町大火実態調査，1959
- 20) 亀井幸次郎：魚津市大火実態調査報告，1959
- 21) 亀井幸次郎：能代市大火実態調査報告，1959
- 22) 亀井幸次郎：奄美大島瀬戸内町古仁屋大火実態調査報告，1959
- 23) 亀井幸次郎：八戸市白銀町大火実態調査報告，1959
- 24) 亀井幸次郎：福江市大火実態調査報告，1959
- 25) 山下邦博：酒田市大火の延焼状況等に関する調査報告，1977
- 26) 酒田市：酒田市大火の記録と復興への道，1978
- 27) 消防庁消防研究所：酒田大火の延焼状況等に関する調査報告書，消防研究所技術
資料第11号，1977

- 28) 篠原雅彦、杉井完治、細川直史：別府市強風下延焼火災の調査 その1、その2，
2012
- 29) 全国消防長会：糸魚川市大規模火災報告書，2017