

地震時における地域の消火活動の可能性に関する評価手法の開発

1. はじめに
2. 検討手順
3. 評価指標の分類・整理
4. 地域消火活動性能評価手法の検討
5. ケース・スタディの実施
6. おわりに

谷内 幸久*
川村 達彦*

要 約

地震時における地域の住民、防災市民組織及び事業所による消火活動の可能性に着目した評価手法（地域消火活動性能評価手法）を開発することによって、出火・延焼危険度の低減にどの程度効果があるのかを明らかにすることを目的に検討した。

その結果、地域内で地震火災が発生した時、住民等の初期消火活動により、どの程度消火される可能性があるのかを、地域にある街頭消火器や軽可搬ポンプ等の消火資機材の保有状況と、住民や防災市民組織等による防災訓練状況をもとに評価することが可能となった。

1. はじめに

地震時の同時多発火災による被害軽減と局限防止のためには、地震時に使用中の火気器具等について、使用者が火の始末をできるかどうかや、火災の初期段階に、防災市民組織を中心とした地域住民が、積極的に防災行動をとり、初期消火を成功させることができるかどうか重要なポイントとなる。

実際、1995年に発生した阪神・淡路大震災では、地域の住民が河川やプール、防火水槽から水を汲み上げ、バケツリレーによる消火活動を行い、地

震火災の延焼拡大を防止した事例が数多く報告されている。

地震火災に脆弱な木造住宅密集地域を数多く抱える東京都においては、地域の防災性向上のために、平素からの住民参加に基づく防災まちづくり活動や自主防災に関する啓発等、地域住民が自分のまちは自分で守るという体制、意識をいかにして醸成するかが緊急の課題となっている。

このためには、地域の地震火災に係る危険度と、事前に備え育成すべき地域の消火活動力の大きさをコミュニティレベルで評価する事ができれば、きめの細かい震災対策を実施するための基礎資料となるばかりでなく、防災行政機関による都民

*東京消防庁防災部防災課

指導の指針として防災意識、防災知識の向上に活用できるなど、効果的な震災対策を推進することができるものと考えられる。

そこで本研究は、地域の住民、防災市民組織及び事業所などによる消火活動の可能性に着目した評価手法（地域消火活動性能評価手法）を開発し、地域の消火活動力が地震時における地域の出火危険度及び延焼危険度の低減にどの程度効果があるのかを明らかにすることを目的とする。

2. 検討手順

- (1) 地域の消火活動に関する指標となるものを抽出し、防災訓練回数や防災市民組織構成員数などの非施設的な指標（行動指標）と街頭消火器数や軽可搬ポンプ数などの施設的な指標（資機材等保有率）に整理・分類する。
- (2) 前(1)で整理・分類した行動指標及び資機材等保有率が、平常時の火災や阪神・淡路大震災などの事例から、地域消火活動にどの程度寄与するのかを分析し、各指標の寄与率などから地域消火活動性能を評価する手法を検討する。
- (3) 前(2)で検討した評価手法によって算出された値が、出火危険度・延焼危険度の低減にどのくらい効果があるのかを分析し、地域評価活動性能に応じた出火危険度・延焼危険度の低減効果測定手法を検討する。
- (4) ケース・スタディ地区において、地域消火活動性能を試算し、出火危険度・延焼危険度の低減効果を測定することにより、これらの評価手法の有効性を検証する。
- (5) 開発した評価手法と評価結果の効果的な活用方を検討する（図1）。

3. 評価指標の分類・整理

3. 1 基本的な考え方

地域消火活動性能とは、あくまでも個々の地域住民と、それらからなる防災市民組織等の消火能力について評価をしようとするものであり、建物

構造等に着目して地域の防災性能を評価しようとする延焼危険度などは別の概念である。

したがって、地域消火活動性能を評価するにあたって、住民が居住する地域の建物構造について余り意識しないこととした。

このことから、建物に付随する装置系の評価指標（対震自動停止装置、住宅用スプリンクラー、防災製品、火災警報装置等）は、初期消火活動を補助するものとして、その有効性は認められるが、直接的な評価からは外すこととした。

3. 2 地域消火活動性能評価指標の抽出

地域住民によって消火又は延焼阻止活動が可能な地震火災の進展（地震発生～出火～出火室内火災～1棟程度火災）に応じた、地域住民の消火行動に着目して、指標となる事項を施設的なもの（資機材等保有率）と非施設的なもの（行動指標）とに分類して図2のとおり整理した。

(1) 地震発生

地震の揺れにより火気器具が転倒したり、電熱器具上に可燃物が落下したりするなどして可燃物に着火するまで（地震発生～出火）の段階である。

この段階では、火気器具や電熱器具を使用していた人が、地震の揺れを感じてとっさに火を止めたり、揺れがおさまってからスイッチを切ったりする行動（火気始末）が考えられる。このような行動を評価するための指標としては、以下の指標があげられる。

ア 行動指標

(ア) 防災行動可能率

地震によって死傷せず、防災行動が可能かどうか。

(イ) 火気始末・電気始末重要性認識率

発災直後における火気始末の重要性ばかりではなく、避難時における電源ブレーカー切断の重要性を認識しているかどうか。

(2) 出火

可燃物に着火して炎が立ちあがるまでの状況であり、各家庭に備えてある消火器等で消火できる規模（出火～炎上：出火から3分位）の段階である。

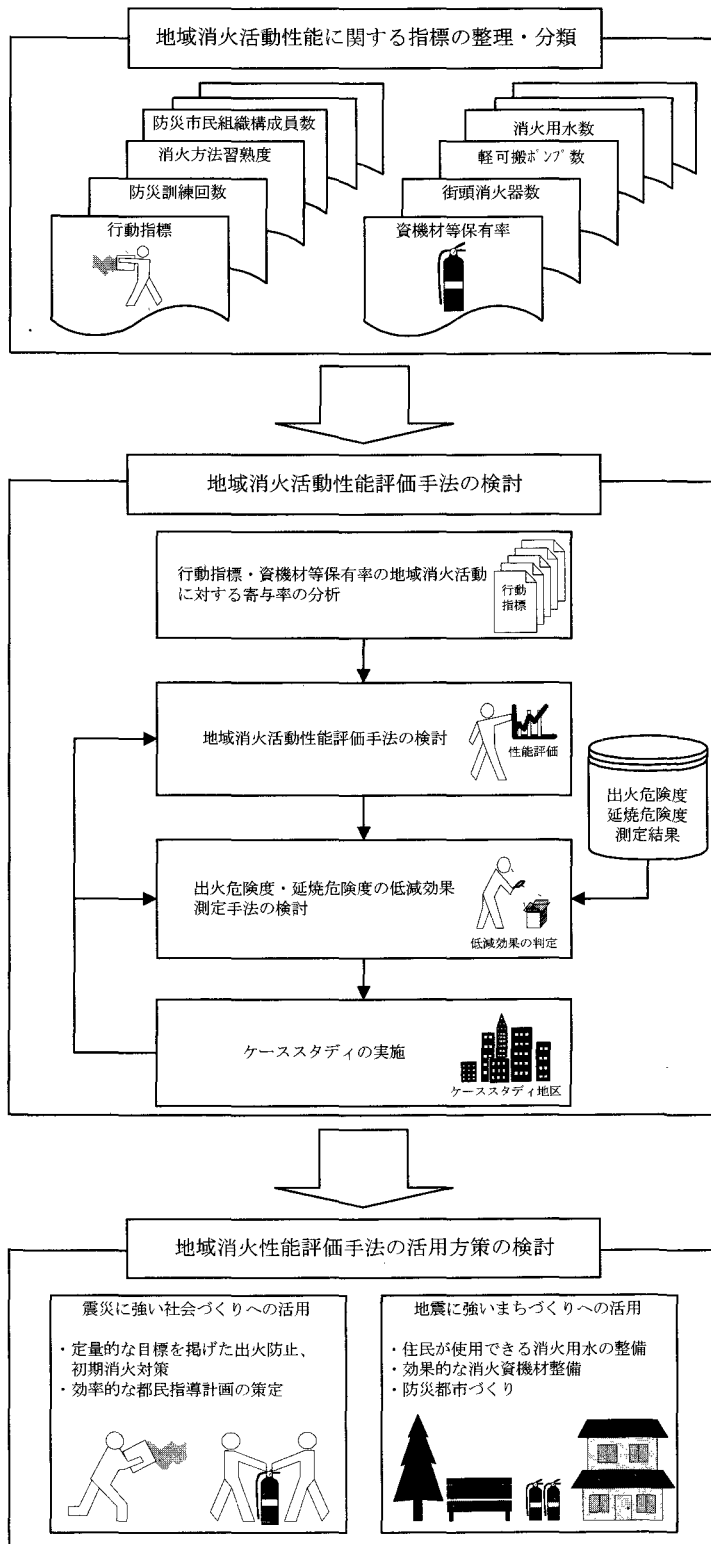


図1 地域の消火活動の可能性に関する評価手法の開発検討フロー

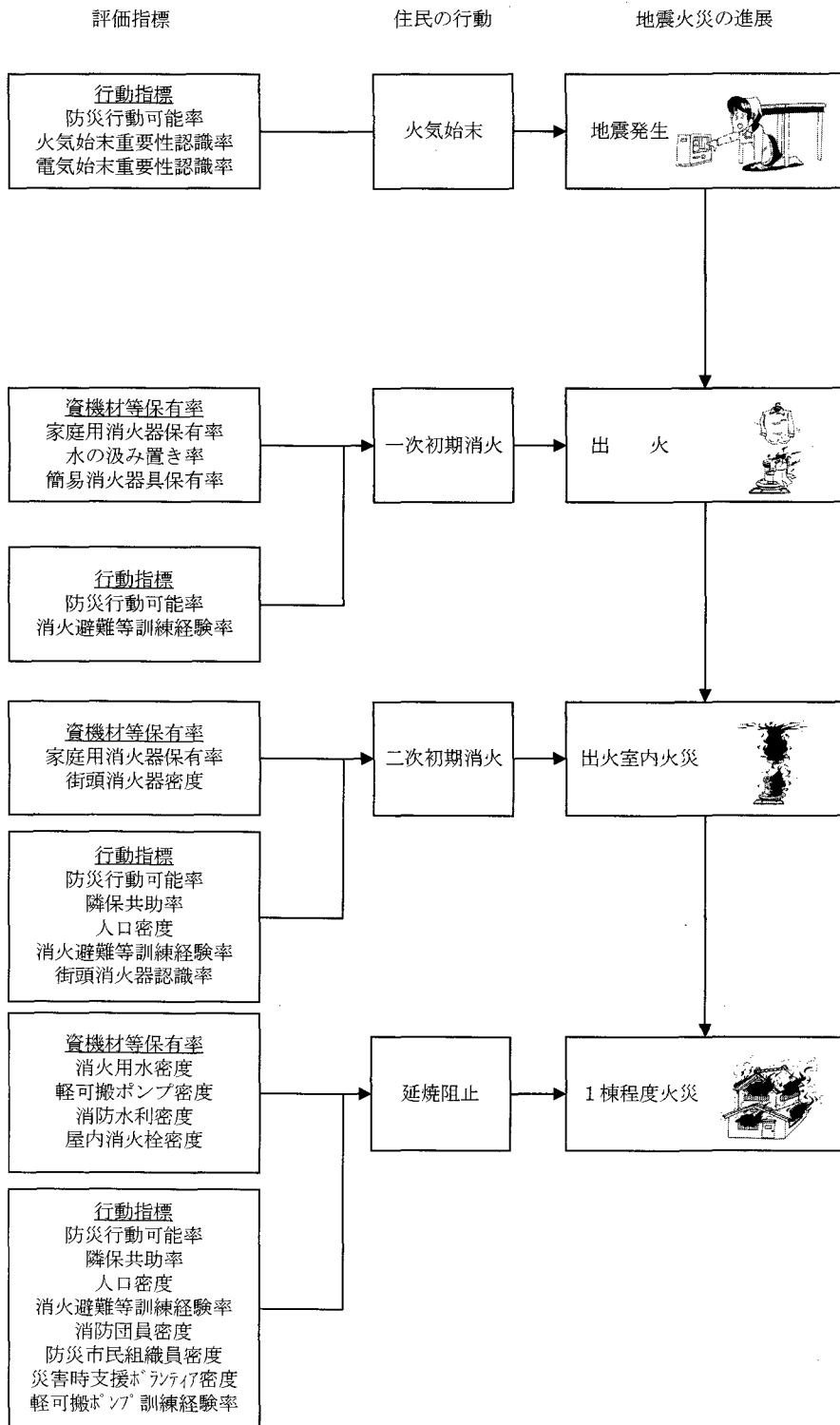


図2 地域消火活動性能評価指標の分類・整理

この段階では、付近にいる居住者や事業所の従業員等により消火器や三角消火バケツ等にて初期消火する行動（一次初期消火）が考えられる。このような行動を評価するための指標としては、以下の指標があげられる。

ア 資機材等保有率

(ア) 家庭用消火器保有率

(イ) 水の汲み置き率

風呂やバケツ等に水を汲み置いている割合

(ウ) 簡易消火器具保有率

三角消火バケツの保有率

イ 行動指標

(ア) 防災行動可能率

(イ) 消火避難等訓練経験率

地域内で消火避難等の訓練を経験している割合

(3) 出火室内火災

立ちあがった炎が可燃物を伝わって天井に達する規模（炎上～天井着火：出火から5分位）の火災の段階である。

この段階では、隣近所で家庭用消火器を持ち寄り、街頭消火器を使って初期消火したりする行動（二次初期消火）が考えられる。このような行動を評価するための指標としては、以下の指標があげられる。

ア 資機材等保有率

(ア) 家庭用消火器保有率

(イ) 街頭消火器密度

イ 行動指標

(ア) 防災行動可能率

(イ) 隣保共助率

地域でお互いに消火活動を行う割合

(ウ) 人口密度

(エ) 消火避難等訓練経験率

(オ) 街頭消火器認識率

地域に設置してある街頭消火器の認識割合

(4) 1棟程度火災

出火室全体に火が回る規模から火元建物全体に火が回る規模（天井着火～1棟火災：出火から10分位）の段階である。

この段階では、地域住民によるバケツリレーを

はじめ、防災市民組織や事業所の自衛消防組織による軽可搬ポンプや屋内消火栓を用いた延焼阻止を主眼とした消火活動（延焼阻止）が考えられる。このような活動を評価するための指標として、以下の指標があげられる。

ア 資機材等保有率

(ア) 消火用水密度

5t 水槽、公衆浴場、河川、池、井戸等の

密度

(イ) 軽可搬ポンプ密度

防災市民組織等に配置されているC級、D

級可搬ポンプの密度

(ウ) 消防水利密度

震災時に使用可能な消火栓以外の消防水利

の配置密度

(エ) 屋内消火栓密度

近隣消火可能な事業所等の屋内消火栓の密

度

イ 行動指標

(ア) 防災行動可能率

(イ) 隣保共助率

(ウ) 人口密度

(エ) 消火避難等訓練経験率

(オ) 消防団員密度

地域内の消防団員密度

(カ) 防災市民組織員密度

地域内の防災市民組織員密度

(キ) 災害時支援ボランティア密度

地域内の災害時支援ボランティア密度

(ク) 軽可搬ポンプ訓練経験率

地域における軽可搬ポンプ取扱い訓練経験

割合

4. 地域消火活動性能評価手法の検討

4. 1 地域消火活動性能に対する寄与率の分析

地域消火活動性能を評価する指標の寄与率を設定するための基礎資料として、住民の防災訓練への参加回数や参加率等と火気始末行動や一次初期消火、二次初期消火、延焼阻止活動との間の相関

を調査する地域消火活動性能調査（アンケート調査及び地域住民等が使用できる消火資機材数の調査）を実施した。

また、この調査だけでは防災訓練の効果が消火活動性能の向上に、どの程度寄与するのかが不明であったため、補足調査として防災訓練効果に関する調査（東京消防庁都民防災教育センター（防災館）来館者及び防災専門家に対するアンケート調査）を実施した。

(1) 地域消火活動性能調査

ア アンケート調査

(ア) 調査項目

表1に示す項目について、地域の住民、防災市民組織及び事業所等に対するアンケート調査を実施した。

(イ) 調査対象者及び調査方法

① 住民アンケート

・調査対象者：

防災訓練の実施回数が比較的多い町会、平均的な町会、やや少ない町会それぞれ1町会

ずつ、合計3町会を抽出し、当該町会員（概ね25人）及び防災市民組織員（概ね25人）を無作為に抽出した。

・調査方法：

当該町会長に調査票の配布及び回収依頼をし、後日、消防職員が回収した。

② 防災市民組織アンケート

・調査対象者：

前①で抽出した各町会内に所在する防災市民組織の代表者等とした。

・調査方法：

当該組織の代表者等に対して、調査票への回答を依頼し、後日、消防職員が回収した。

③ 事業所アンケート

・調査対象：

前①で抽出した町会内あるいはその近隣に所在し、自衛消防組織を有する事業所（1～2事業所）を無作為に抽出した。

・調査方法：

当該事業所の責任者等に対して、調査票へ

表1 アンケート調査項目

対象	項 目
住 民	① 性別、年代、職業、居住年数、住宅構造・形式、時間帯別在り率 ② 防災訓練参加回数、訓練内容、実災害経験 ③ 地震火災に対する備え、地震発生時の行動、火災発生時の消火に対する自信 ④ 防災市民組織、事業所、消防団に対する期待 ⑤ 回答者の家族の性別、年齢、職業、時間帯別在り率
防 災 市 民 組 織	① 本部所在地 ② 集会有無 ③ 結成時期、結成動機、結成以前の防災組織 ④ 担当範囲及び世帯数 ⑤ 組織体制（任務分担、年代別構成員数等） ⑥ 町内にある事業所との協力体制 ⑦ 地震火災発生時の活動状況（参集人員、参集時間等） ⑧ 消火開始所要時間 ⑨ 住民、事業所、消防団に対する期待
事 業 所	① 所在地、建物用途、建物面積 ② 時間帯別従業員数、勤務体制 ③ 責任者（代表者）及び防火管理者の自宅距離 ④ 徒歩1時間以内に居住する従業員数 ⑤ 事業所の用途、建物構造、階数、危険物施設 ⑥ 町会や防災市民組織等地域との関係 ⑦ 当該事業所で地震火災が発生した時の活動 ⑧ 事業所の近隣で地震火災が発生した時の活動 ⑨ 地震火災発生時の消火活動協力要請に対する対応 ⑩ 住民、防災市民組織、消防団に対する期待

の回答を依頼し、後日、消防職員が回収した。

イ 消火資機材等調査

(ア) 調査対象

調査対象地域内の全ての町会・自治会（町会・自治会別データがない場合は町丁目）とした。

(イ) 調査方法

消防署や区・市役所等が保有する資料をもとに、表2に示す地域住民等が使用できる消火資機材等に関するデータを町会・自治会ごとに集計した。

表2 消火資機材等調査項目

	項 目
町会・自治会	① 街頭消火器数
	② 消火用水数
	③ 防災訓練、防災教育実施状況
	④ その他の消火資機材数
防災市民組織	① 防災市民組織数、構成員数
	② 可搬ポンプ数
	③ 消火器数
	④ 資機材保管庫数及び位置
	⑤ 消火用水数
	⑥ その他の消火資機材数
	⑦ 防災訓練、防災教育実施状況

ウ 調査時期

平成12年4月25日～5月31日

エ 対象地域

対象地域は都内各区市とした。

オ 実施結果

アンケート調査の実施結果は表3のとおりである。

表3 アンケート調査実施結果

調査対象	調査票配布数	回収数	回収率
住 民	6,450人	5,206人	80.7%
防災市民組織	144組織	130組織	90.2%
事業所	258事業所	171事業所	66.3%

また、消火資機材等調査は全ての町会・自治会を対象とした。

(2) 防災訓練効果に関する調査

ア 東京消防庁都民防災教育センター（防災館）来館者に対するアンケート調査

(ア) 目的

初期消火訓練経験の有無によって、どの程度初期消火成功率が向上するのかについての指標を得るためにアンケート調査を実施した。アンケート調査結果は、一次初期消火率及び二次初期消火率の設定に反映させた。

(イ) 実施時期等

平成12年9月25日～10月2日の土日を含む1週間にわたり、池袋、立川、本所の各防災館において、各々350人前後、合計1,084人に対しアンケートを実施した。

(ウ) 対象者

防災館の来館者で中学生以上の年齢層とし来館直後の館内説明時に配布し、回答後に回収した。

(エ) 調査項目

表4に示す項目について調査を行った。

表4 アンケート調査項目

項 目
① 性別
② 年代
③ 消火訓練回数
④ 消火訓練時期
⑤ 消火器を使用する自信
⑥ 消火器使用順序
⑦ 実火災経験
⑧ 消火器使用時間

イ 防災専門家に対するアンケート調査

(ア) 目的

防災訓練や軽可搬ポンプ訓練を行うことによって、住民による延焼阻止率や防災市民組織による延焼阻止率が、どの程度向上するのかを設定するため、防災専門家に対するアンケート調査を実施した。

(イ) 実施時期

平成12年9月27日～10月5日

(ウ) 対象者

火災予防審議会委員、消防職員、防災館の

インストラクター等を対象として行った。

(エ) 調査項目

表5示す項目について調査を行った

(オ) 回答数

表6に示すとおり回答を得た。

表5 アンケート調査項目

項 目
1 可燃物に着火して炎が立ち上がるまでの規模の火災に対する訓練効果
2 立ち上がった炎が可燃物を伝わって天井に達する規模の火災に対する訓練効果
3 出火室全体に火がまわる規模から火元建物全体に火がまわる規模の火災に対する訓練効果
4 防災市民組織の軽可搬ポンプ取扱訓練効果

表6 専門家アンケート回答数

	回答数
火災予防審議会委員等	16
消防職員	11
防災館インストラクター	56
合計	83

(3) アンケート調査結果の概要

以上実施したアンケート調査等の結果から、次に示すように、各地域ごとに実施される防災訓練実施回数や住民の訓練経験率が地域の防災意識の高揚や防災行動力の向上に大きな影響を及ぼしていることが明らかとなった。

ア 各家庭における消火器の保有率は地域により差があり、この格差は防災訓練回数や住民の訓練経験率の高い地域ほど消火器の保有率が高い傾向が認められた(図3)。

イ 街頭消火器がどこに設置されているのかについての認識率や地震発生時の火気始末や電気機器の電源を遮断することの重要性の認識率なども、同様の傾向が認められた(図3)。

ウ 防災訓練参加者の多くが50歳代以上の年代が多く、年代が若くなるにしたがって訓練経験率が低くなる傾向が認められた。

エ 消火器の保有率も同様に、高齢者の世帯が高く、若年層の世帯ほど低い傾向が認められた。

オ 消防団員や災害時支援ボランティアが役員となっている町会・自治会では、防災訓練等の実

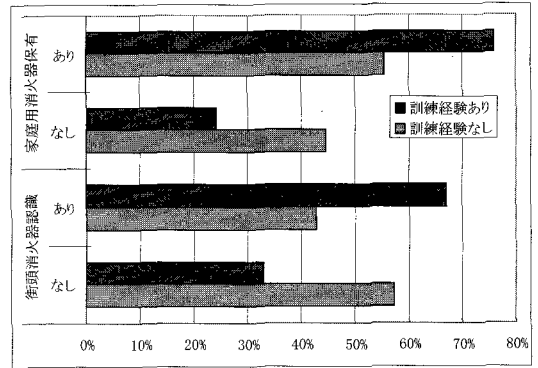


図3 アンケート調査結果の概要

施回数が多い傾向が認められた。

カ 消火器の取扱いに関する訓練効果の調査では、1年以内に訓練を経験した人の場合、訓練効果が高い傾向があることが判明した。また、60歳代以上になると訓練効果が低下する傾向もあることが判明した。

4. 2 地域消火活動性能評価手法の検討

まず、住民や防災市民組織、事業所に対して実施したアンケート調査結果について統計的な解析手法を用いて分析し、統計資料が得られない行動指標及び資機材等保有率を推計する式を作成した。

次に、全地域で把握可能な統計資料をもとに行動指標、資機材等保有率から地震火災の進展に対応する火気始末率、一次初期消火率、二次初期消火率、延焼阻止率を算定する式を作成した。

さらに、火気始末率、一次初期消火率、二次初期消火率、延焼阻止率をもとに、地震火災が住民等によって、どの段階で消火される可能性があるのかを評価する火災被害指数を算定する式を作成した。

最後に、火災被害指数をもとに地域消火活動性能及び出火・延焼危険度低減効果を算定する式を作成した。全体の流れは図4のとおりである。

4. 3 アンケート調査による評価指標の一般化

地域消火活動性能を評価するための一連の計算式に用いる変数のうち、地域消火活動性能調査(住民アンケート調査)で把握された水の汲み置き率

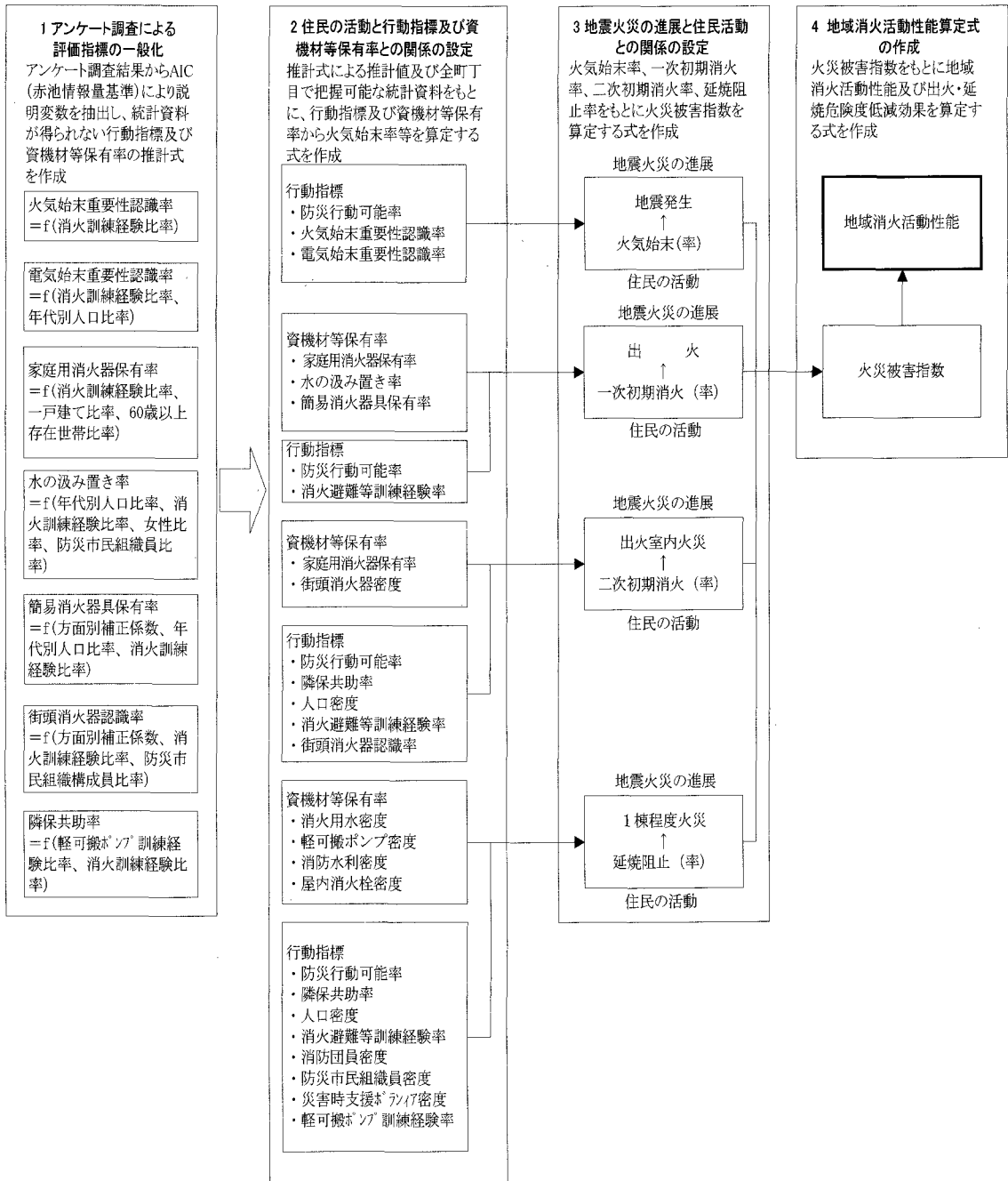


図4 地域消火活動性能評価手法検討概念図

や家庭用消火器保有率など統計資料が得られない指標について、統計資料で把握可能なデータをもとに都内全で推計する方法を検討し、推計式を作成した。

ここでは、その手法として文部科学省統計数理研究所により開発された変数選択プログラムCATDAP02を利用した。このプログラムは目的変数がカテゴリーなデータ(家庭用消火器保有の有

表7 目的変数

変数として考慮する評価指標（アンケート項目）	評価指標を利用する住民の活動
水の汲み置きの有無	一次初期消火
家庭用消火器保有の有無	一次初期消火、二次初期消火
三角消火バケツ保有の有無	一次初期消火
街頭消火器認識の有無	二次初期消火
火気始末重要性認識の有無	火気始末
電気始末重要性認識の有無	火気始末
隣保共助意向の有無	二次初期消火、延焼阻止活動

表8 水の汲み置きを目的変数とした場合の計算結果

目的変数：（水の汲み置き）					
順位	説明変数	説明変数の カテゴリ数	AIC	1位との AIC差	ウェイト
1	年齢	4	-236.01	.00	1.00000
2	60歳以上	2	-134.84	101.17	0.00000
3	消火等訓練経験	2	-93.55	142.46	0.00000
4	訓練経験	2	-88.19	147.82	0.00000
5	職業	10	-51.80	184.21	0.00000

無のような分類データ)について、様々な説明変数がある場合に、最適な説明変数を選択するものでありAIC(赤池情報量基準)に基づくものである。

(1) アンケート分析方法

ア 目的変数

火気始末率、一次・二次初期消火率、延焼阻止率を算定する式において変数とする行動指標・資機材等保有率のうち、アンケート調査によりサンプル的に得られているものについて、CATDAP02により分析した。目的変数として考慮する指標は次表のとおりである。これらの指標について、全地域で把握可能な統計資料等を説明変数とする推計式を作成した。

イ 説明変数

CATDAP02を利用して表7の各指標をそれぞれ目的変数とした場合、アンケート調査の質問項目のうち、性別や年齢など統計資料等、全地域で把握可能な項目の中から最適な変数の組み合わせを選択することとした。

(2) アンケート調査分析による推計式の設定例

水の汲み置きを目的変数とした場合のCATDAP02の計算結果は表8のとおりである。

また、最終的に選ばれた説明変数の最適な組み合わせは以下の通りであった。

説明変数1：問2（年齢） 40歳代以下と、50歳代、60歳代以上の3区分
 説明変数2：問15（消火避難等訓練経験） 有、無の2区分
 説明変数3：問1（性別）男性又は女性の2区分
 説明変数4：問12-4（防災市民組織構成員） 有、無の2区分

各説明変数ともAICのマイナス値の最大が50を超えているので、論理的な説明ができないもの以外は変数として採用した。説明変数各々について、水の汲み置きの有無とのクロス集計を行い、補正係数を設定することによって、地域ごとの水の汲み置き率の推計式を次式のとおり設定した。

式1 水の汲み置き率推計式

$$\text{水の汲み置き率} = 0.61 \times (40 \text{歳代以下比率} \times 0.63 + 50 \text{歳代比率} \times 1.06 + 60 \text{歳代以上比率} \times 1.20) \times (\text{消火避難等訓練経験率} \times 0.24 + 0.85) \times (\text{女性比率} \times 0.19 + 0.97) \times (\text{防災市民組織構成員比率} \times 0.20 + 0.96)$$

(3) アンケート調査分析による推計式

前(2)と同様の手法により、次に示す各推計式を設定した。

式2 家庭用消火器保有率推計式

$$\text{家庭用消火器保有率} = 0.68 \times (\text{消火避難等訓練経験率} \times 0.30 + 0.81) \times (\text{一戸建て比率} \times 0.17 + 0.86) \times (60 \text{歳以上存在世帯率} \times 0.18 + 0.88)$$

式3 簡易消火器具(三角消火バケツ)保有率推計式

$$\text{簡易消火器具保有率} = 0.21 \times \text{地域の属する方面の補正係数} \times (40 \text{ 歳代以下比率} \times 0.42 + 50 \text{ 歳代比率} \times 1.09 + 60 \text{ 歳代以上比率} \times 1.41) \times (\text{消火避難等訓練経験率} \times 0.65 + 0.59)$$

式4 街頭消火器認識率推計式

$$\text{街頭消火器認識率} = 0.58 \times \text{町会・自治会(地域)が属する方面による補正係数} \times (\text{消火避難等訓練経験率} \times 0.42 + 0.73) \times (\text{防災市民組織構成員率} \times 0.30 + 0.94)$$

式5 火気始末重要性認識率推計式

$$\text{火気始末重要性認識率} = 0.57 \times (\text{消火避難等訓練経験率} \times 0.16 + 0.90)$$

式6 電気始末重要性認識率推計式

$$\text{電気始末重要性認識率} = 0.18 \times (\text{防災訓練経験率} \times 0.34 + 0.78) \times (50 \text{ 歳代以上比率} \times 0.67 + 60 \text{ 歳代比率} \times 1.21 + 70 \text{ 歳代以上比率} \times 1.55)$$

式7 隣保共助率推計式

$$\text{隣保共助率} = 0.44 \times (\text{軽可搬ポンプ訓練経験率} \times 0.23 + 0.95) \times (\text{消火避難等訓練経験率} \times 0.16 + 0.90)$$

4. 4 地震動や時刻の設定

(1) 地震動の考え方

地震による死傷者や生き埋め者の発生や消火資機材の損傷による活動力の低下を反映させるため。

したがって、地震動の大きさは東京都(1997)で最大と考えられている「震度6強」を前提に検討した。

(2) 時刻の考え方

住民の活動に関して在宅率が時間帯によって大きく変化することから、時刻の影響を考慮する必要がある。本研究では、昼間の消火活動性能、夜間の消火活動性能を算出する場合、火災予防審議会(1999)による、昼間(12時)及び夜間(2時)の人口で代表させることとした。

(3) 地震動や時刻による影響

地域消火活動性能に対する地震動や時刻の影響は表9のようになることから、それぞれの低下量を表10のとおり設定した。

表9 地震動や時刻による影響

・消火活動に参加する人数	・地震動による死傷、生き埋め ・時刻による在宅率の変化
・消火資機材等	・地震動による被害

4. 5 住民の活動と行動指標及び資機材等保有率との関係の設定

統計資料及びアンケート調査結果をもとに、行動指標及び資機材等保有率から火気始末率等を算定する式を作成した。

(1) 火気始末率に関わる設定

火気始末段階は、地震の揺れにより火気器具が転倒したり、電熱器具上に可燃物が落下するなどして可燃物に着火するまで(地震発生～出火)の段階であり、火気器具や電熱器具を使用していた人が、地震の揺れを感じてとっさに火を止めたり、揺れがおさまってからスイッチを切ったりする行

表10 地震動及び時刻の影響の設定

住民の活動	消火活動主体の防災行動可能率 (カッコ内は消火活動主体)	消火資機材等の被害率
火気始末	防災行動可能率 = $1 - 0.31 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口}$ (火元にいる人)	
一次初期消火	防災行動可能率 = $1 - 0.31 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口}$ (火元にいる人)	(家庭用消火器:建物大破率分と考えるが、防災行動可能率で考慮)
二次初期消火	防災行動可能率 = $1 - 1.6 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口} \times \text{在宅率}$ (火元の近隣住民)	街頭消火器: 0.55% (家庭用消火器:防災行動可能率で考慮)
延焼阻止	防災行動可能率 = $1 - 1.6 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口} \times \text{在宅率}$ (火元の近隣住民)	屋内消火栓: 24%

動をイメージする。

したがって、地域別出火危険度測定における出火率の設定手法をもとに、火気器具（灯油ストーブ、ガスコンロ等）及び電気関係（電熱器具、電気機器等）からの出火に対する地域的な違いを反映し得る次の指標の影響を考慮して検討した結果、式8を得た。

○行動指標

防災行動可能率

火気始末重要性認識率

電気始末重要性認識率

式8 火気始末率算定式

$$\text{火気始末率} = \{1 - 0.55 \times (1.3 - 0.58 \times \text{火気始末重要性認識率}) - 0.20 \times (1.3 - 1.8 \times \text{電気始末重要性認識率})\} \times (1 - 0.31 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口})$$

この式の意味合いは次の通りである。

$$\text{火気始末率} = \{1 - \text{比例係数} \times (\text{火気関係出火比率} \times \text{火気始末重要性認識率による補正係数} + \text{電気関係出火比率} \times \text{電気始末重要性認識率による補正係数})\} \times \text{防災行動可能率}$$

(2) 一次初期消火率に関わる設定

一次初期消火段階は、可燃物に着火して炎が立ちあがるまでの状況であり、各家庭に備えてある消火器等で消火できる規模（出火～炎上：出火から3分位）の火災の段階であり、出火場所の住民による単独消火をイメージする。

ここでは、平成7年～平成10年の東京消防庁管内における建物火災データ（火災帳票データ）から、一次初期消火段階に該当する火災事例を抽出し、住民等による初期消火が成功した事例から、消火方法と一次初期消火率の関係を分析し、以下の資機材等保有率及び行動指標と一次初期消火率の関係を検討した。

また、防災館アンケート調査から消火避難等訓練経験と年代による一次初期消火率の向上効果を考慮した結果、式9を得た。

○資機材等保有率

- ・消火資機材保有率（家庭用消火器保有率、水の汲み置き率、簡易消火器具保有率）

○行動指標

- ・防災行動可能率（大破率、在宅率）
- ・消火避難等訓練経験率

式9 一次初期消火率算定式

$$\text{一次初期消火率} = 0.93 \times \{ \text{消火資機材保有率} \times 0.44 \times (0.67 \times \text{消火避難等訓練経験率} + 0.62) \times (0.43 \times 10 \text{代比率} + 1.29 \times 20 \text{代} \sim 50 \text{代比率} + 0.54 \times 60 \text{代以上比率}) \times (1 - 0.31 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口}) \}$$

この式の意味合いは次の通りである。

$$\text{一次初期消火率} = \text{比例係数} \times \text{消火資機材保有率} \times \text{消火資機材による消火成功率} \times \text{訓練による補正係数} \times \text{年齢による補正係数} \times \text{防災行動可能率}$$

(3) 二次初期消火率に関わる設定

二次初期消火段階は、立ちあがった炎が可燃物を伝わって天井に達する規模（炎上～天井着火：出火から5分位）の火災の段階であり、近隣住民の協力による消火をイメージする。

したがって、平成7年～平成10年の火災帳票データをもとに二次初期消火段階に相当する火災事例を分析し、以下の資機材等保有率及び行動指標と二次初期消火率の関係を検討した。

また、防災館アンケート調査から消火避難等訓練経験と年代による二次初期消火率の向上効果を分析した結果を考慮した結果、式10を得た。

○資機材等保有率

- ・家庭用消火器保有率
- ・街頭消火器密度（本/m²）

○行動指標

- ・防災行動可能率（大破率、在宅率）
- ・隣保共助率
- ・人口密度（人/m²）
- ・消火避難等訓練経験率
- ・街頭消火器認識率

式10 二次初期消火率算定式

$$\text{二次初期消火率} = 0.93 \times \{ 16 \times (1 + 1.1 \times \text{家庭用消火器保有率}) \times \text{人口密度} \times \text{隣保共助率} \times [(1 - 1.6 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口}) \times \text{在宅率}] + 116 \times \text{街頭消火器認識率} \times \text{街頭消火器密度} + 0.13 \} \times (0.67 \times \text{消火等訓練経験率} + 0.62) \times (0.43 \times 10 \text{代比率} + 1.29 \times 20 \text{代} \sim 50 \text{代比率} + 0.54 \times 60 \text{代以上比率})$$

この式の意味合いは次の通りである。

$$\text{二次初期消火率} = \text{補正係数} \times (\text{参加人数} + \text{消火器本数}) \times \text{訓練による補正係数} \times \text{年代による補正係数}$$

$$\text{参加人数} = \text{比例係数} \times \text{人口密度} \times \text{隣保共助率} \times \text{防災行動可能率}$$

$$\text{消火器本数} = \text{比例係数} \times \text{参加人数} \times \text{家庭用消火器保有率} + \text{比例係数} \times \text{街頭消火器認識率} \times \text{街頭消火器密度}$$

(4) 延焼阻止率に関わる設定

延焼阻止段階は、出火室全体に火がまわる規模から火元建物全体に火がまわる規模（天井着火～1棟程度火災：出火から10分位）の火災の段階であり、住民によるバケツリレーのほか、防災市民組織や事業所の自衛消防組織による組織的な延焼阻止活動をイメージする。

したがって、以下の資機材等保有率及び行動指標と延焼阻止率の関係を検討した。

○資機材等保有率

- ・消火用水密度（基/m²）
- ・軽可搬ポンプ密度
- ・消防水利密度（基/m²）
- ・屋内消火栓密度

○行動指標

- ・防災行動可能率（大破率、在宅率）
- ・隣保共助率
- ・人口密度（人/m²）
- ・消火避難等訓練経験率
- ・消防団員密度
- ・災害時支援ボランティア密度
- ・軽可搬ポンプ訓練経験率

また、活動主体を住民、防災市民組織、事業所の自衛消防組織の3つにわけ、各々以下のように延焼阻止率を算定し、これらを合算することで延焼阻止率算定式を設定した。

ア 住民による延焼阻止率の設定

人口密度や在宅率、水利分布等を考慮した住民のバケツリレーによる延焼阻止率を検討した。

具体的には、住民によるバケツリレーによる時間あたり水量を算出し、消防隊1隊の放水量との比較により、住民が担当可能な火面長を算出することによって、住民による延焼阻止率を設定した。

また、消防団員や防災市民組織構成員、災害時支援ボランティアの存在による延焼阻止率の向上についても考慮した。

さらに、専門家アンケート調査から住民の消火避難等訓練経験による向上効果を考慮した。

イ 防災市民組織による延焼阻止率の設定

防災市民組織の延焼阻止活動については、D級可搬ポンプを使用することとし、消防隊1隊の放水量との比較により、防災市民組織が担当可能な火面長を算出した。

そして、消火開始所要時間及び消火用水等の水利分布を考慮することによって防災市民組織延焼阻止率を設定した。

さらに、専門家アンケート調査から防災市民組織の軽可搬ポンプ訓練経験による延焼阻止率向上効果を考慮した。

ウ 自衛消防組織による延焼阻止率の設定

基本的な消火活動性能は防災市民組織と同程度であるものとした。

ただし、屋内消火栓から放水可能な範囲で延焼阻止活動を行うものとした。

そこで、屋内消火栓の分布から延焼阻止活動可能範囲を算定し、地域の面積によって、この範囲に火点が入る確率を設定した。

また、自衛消防組織が担当可能な火面長は防災市民組織と同様とし、地震動による被害を考慮することによって自衛消防組織延焼阻止率を設定した。

以上の検討の結果、式11を得た。

式11 延焼阻止率算定式

$$\begin{aligned} \text{延焼阻止率} &= 1 - (1 - \text{住民延焼阻止率}) \times (1 - \text{防災市民組織延焼阻止率}) \times (1 - \text{自衛消防組織延焼阻止率}) \\ \text{ただし、} & \\ \text{①住民延焼阻止率} &= 1,000 \times [2.0 - \{1 - (\text{消防団員密度} + 0.5 \times \text{防災市民組織員密度} + 0.4 \times \text{災害時支援ボランティア密度}) / \text{人口密度}\}^{0.000 \times \text{人口密度}}] \times \{(1 - 1.6 \times \text{大破率} \times \text{木造屋内人口} / \text{屋内人口}) \times \text{在宅率}\} \times \text{隣保共助率} \times \text{人口密度} \times \sqrt{\text{水利密度}} \times (0.75 + \text{消火避難等訓練経験率} + 0.63) \\ \text{②防災市民組織延焼阻止率} &= \{1 - (1 - 15,400 / \text{地域面積})^{\text{水利数}}\} \times (1.19 \times \text{軽可搬ポンプ訓練経験率} + 0.94) \times 0.87 / \{7.0 + 0.0040 / \sqrt{\text{軽可搬ポンプ密度}}\} \times (1.45 \times \text{軽可搬ポンプ訓練経験率} + 0.91) \\ \text{③自衛消防組織延焼阻止率} &= 0.063 \times \{1 - (1 - 1,380 / \text{地域面積})^{0.068 \times \text{屋内消火栓数}}\} \end{aligned}$$

上記①～③の意味合いは次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{①住民延焼阻止率} &= \text{比例係数} \times \text{消防団員等による補正係数} \times \text{防災行動可能率} \times \text{隣保共助率} \times \text{人口密度} \times \text{水利距離} \times \text{訓練による補正係数} \\ \text{②防災市民組織延焼阻止率} &= \text{比例係数} \times \text{水利使用可能範囲に火点が入る確率} \times \text{防災市民組織活動度} / \text{放水時間} \times \text{軽可搬ポンプ訓練による補正係数} \\ \text{③自衛消防組織延焼阻止率} &= \text{比例係数} \times (\text{延焼阻止活動可能範囲に火点が入る確率}) \\ &\quad \text{使用可能率} \times \text{屋内消火栓数} \end{aligned}$$

4. 6 地域消火活動性能と住民活動との関係の設定

火気始末率等の住民の活動率をもとに火災被害指数算定式及び地域消火活動性能算定式、出火・延焼危険度低減効果算定式を設定した。

(1) 火災被害指数

地域消火活動性能は、訓練回数等の行動指標や街頭消火器数等の資機材等保有率の状況により、火気始末段階、一次初期消火段階、二次初期消火段階、延焼阻止段階、延焼火災段階へと進展した場合における、地域消火活動の期待値によって得られるようなものとした。

そこで、地域ごとに火災に至る危険のある潜在的な火災が1件ある場合に火気始末段階（火災被害指数：0）、一次初期消火段階（火災被害指数：1）、二次初期消火段階（火災被害指数：10）、延焼阻止段階（火災被害指数：100）、延焼火災段階（火災被害指数：1,000）までのうち、どの段階で地震火災が住民等によって消火される可能性があるのかを0～1,000までの指数で評価する式を式12のとおり設定した。

式12 火災被害指数算定式

$$\begin{aligned} \text{火災被害指数} &= \text{火気始末率} \times 0 \\ &+ (1 - \text{火気始末率}) \times \text{一次初期消火率} \times 1 \\ &+ (1 - \text{火気始末率}) \times (1 - \text{一次初期消火率}) \times \text{二次初期消火率} \times 10 \\ &+ (1 - \text{火気始末率}) \times (1 - \text{一次初期消火率}) \times (1 - \text{二次初期消火率}) \times \text{延焼阻止率} \times 100 \\ &+ (1 - \text{火気始末率}) \times (1 - \text{一次初期消火率}) \times (1 - \text{二次初期消火率}) \times (1 - \text{延焼阻止率}) \times 1,000 \end{aligned}$$

この式の意味合いは次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{火災被害指数} &= \text{火気始末段階で消火される確率} \times 0 \\ &+ \text{一次初期消火段階で消火される確率} \times 1 \\ &+ \text{二次初期消火段階で消火される確率} \times 10 \\ &+ \text{延焼阻止段階で消火される確率} \times 100 \\ &+ \text{延焼火災に至る確率} \times 1,000 \end{aligned}$$

【火災被害指数の計算例】

以下のような仮想の地域を例に火災被害指数の計算例を示す。

- ・火気始末率：50%
- ・一次初期消火率：50%
- ・二次初期消火率：20%
- ・延焼阻止率：5%

火災被害指数

$$\begin{aligned} &= 50 \times 0 \\ &+ (1 - 50) \times 50 \times 1 \\ &+ (1 - 50) \times (1 - 50) \times 20 \times 10 \\ &+ (1 - 50) \times (1 - 50) \times (1 - 20) \times 5 \times 100 \\ &+ (1 - 50) \times (1 - 50) \times (1 - 20) \times (1 - 5) \times 1,000 \\ &= 192 \text{ となる。} \end{aligned}$$

同様に、火気始末率が100%である地域の火災被害指数は0となり、火気始末及び一次初期消火率、二次初期消火率、延焼阻止率とも0%である地域の火災被害指数は1,000となる。

(2) 火災被害指数による地域消火活動性能の評価

火災被害指数が低い地域ほど、地域消火活動性能は高いことから、式12の考え方を取り入れた式13により、火災被害指数が0の場合の点数が100、1,000の場合の点数が0となるような指標を地域消火活動性能とした。

式13 地域消火活動性能算定式

$$\text{地域消火活動性能} = (1,000 - \text{火災被害指数}) / 10$$

【地域消火活動性能の計算例】

前計算例で火災被害指数が192である地域の地域消火活動性能は、

$$\text{地域消火活動性能} = (1,000 - 192) / 10 = 81$$

となる。

(3) 出火危険度低減効果の評価

出火危険度低減効果を、出火危険度の対象となる延焼阻止段階以降への進展割合の減少分ととらえ、地域ごとに式14により評価することとした。

式14 出火危険度低減効果算定式

$$\text{出火危険度低減効果} = \text{出火危険度ランク} - \text{出火危険度ランク} \times (\text{延焼阻止段階に至る確率} / \text{延焼阻止段階に至る確率の都平均})$$

なお、延焼阻止段階に至る確率は次式により算定する。

式15

$$\text{延焼阻止段階に至る確率} = 1 - \text{火気始末率} - (1 - \text{火気始末率}) \times \text{一次初期消火率} - (1 - \text{火気始末率}) \times (1 - \text{一次初期消火率}) \times \text{二次初期消火率}$$

(4) 延焼危険度低減効果の評価

延焼危険度低減効果を、延焼火災段階以降への進展割合の減少分ととらえ、地域ごとに式16によ

り評価することとした。

式16 延焼危険度低減効果算定式

$$\text{延焼危険度低減効果} = \text{延焼面積} - \text{延焼面積} \times (\text{延焼火災段階に至る確率} / \text{延焼火災段階に至る確率の都平均})$$

なお、延焼火災段階に至る確率は次式により算定する。

式17

$$\text{延焼火災段階に至る確率} = 1 - \text{火気始末率} - (1 - \text{火気始末率}) \times \text{一次初期消火率} - (1 - \text{火気始末率}) \times (1 - \text{一次初期消火率}) \times \text{二次初期消火率} - (1 - \text{火気始末率}) \times (1 - \text{一次初期消火率}) \times (1 - \text{二次初期消火率}) \times \text{延焼阻止率}$$

5. ケース・スタディの実施

都内の3地区（山の手A区、下町B区、多摩C市）において、これまで設定した評価式をもとに地域消火活動性能及び出火・延焼危険度低減効果を評価した。

(1) 地域消火活動性能の評価結果

地域消火活動性能を図5のとおり評価した。その結果、A区の場合、火気始末率、一次初期消火

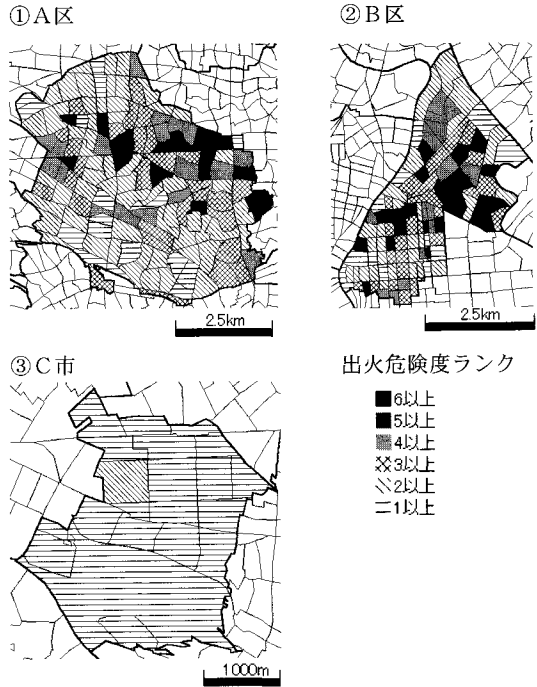


図6 総合出火危険度ランク

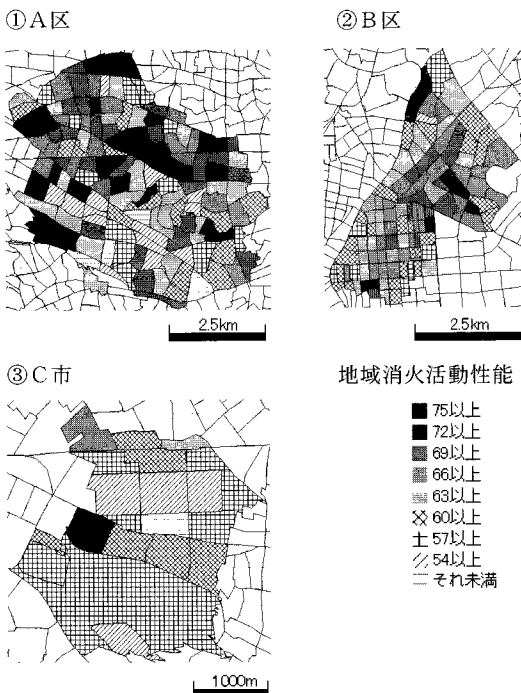


図5 地域消火活動性能評価結果

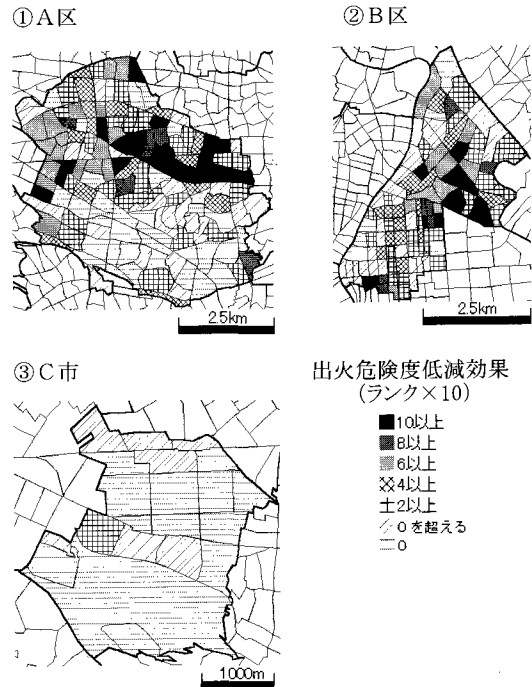


図7 出火危険度低減効果

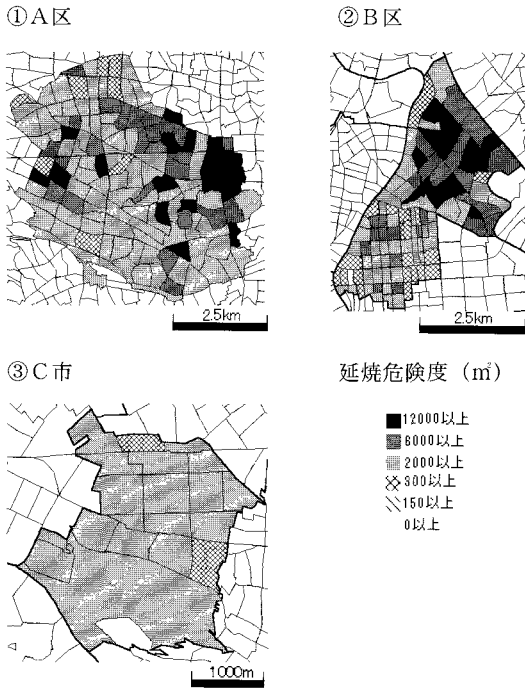


図8 延焼危険度 (m²)

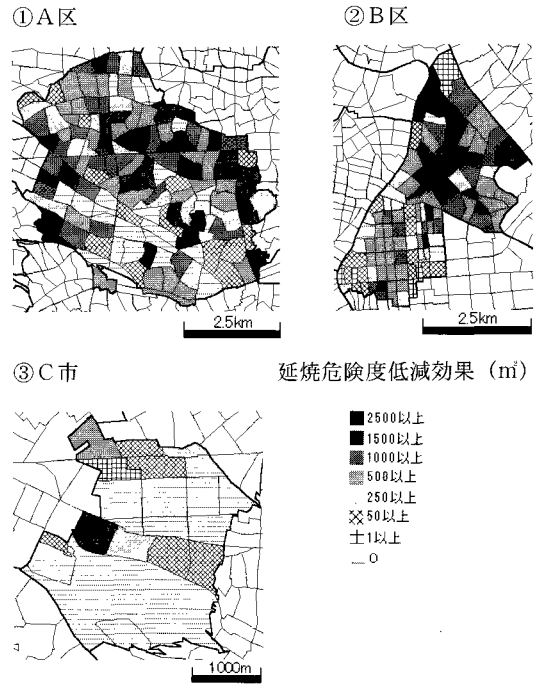


図9 延焼危険度低減効果

率、二次初期消火率が比較的高かった北部の地域で地域消火活動性能が高く、これらの値が低かった南部の地域で地域消火活動性能が低い傾向がみられた。

また、B区の場合、北部の木造密集地域で地域消火活動性能が高く、南部の非木造地域で地域消火活動性能の低い傾向が見られた。さらに、C市の場合、消火避難等訓練経験率の高い北部で地域消火活動性能が比較的高い傾向にあった。

なお、地域消火活動性能は最高で100、最低で0である。

(2) 出火危険度・延焼危険度低減効果の評価結果
ア 出火危険度低減効果

東京消防庁(1997a)における総合出火危険度ランクは図6のとおりである。

これに対する低減効果を、出火危険度の対象となる延焼阻止段階以降への進展割合の減少分ととらえ、図7のとおり評価した。

試算結果は地域消火活動性能と同様の傾向となった。これは出火危険度ランクの低減分として評価していることから、出火危険度の高い地

域ほど低減効果が大きくなる傾向があり、逆に出火危険度の低い地域では低減効果は小さくなる傾向がある。

イ 延焼危険度低減効果

東京消防庁(1997b)における延焼危険度 (m²) は図8のとおりである。

これに対する低減効果を、延焼火災段階以降への進展割合の減少分ととらえ、図9のとおり評価した。

出火危険度低減効果と同様に、延焼危険度の高い地域ほど低減効果が大きくなる傾向があり、逆に延焼危険度の低い地域では低減効果は小さくなる傾向がある。

6. おわりに

地震火災による被害の拡大を防ぐためには、地域住民による出火防止や初期消火、延焼阻止活動などの自主的な防災活動が重要となる。こうした地震火災への対応は、火災の延焼拡大とともに変化し、住民個々による出火防止や初期消火段階か

ら近隣住民が連携した初期消火、更には防災市民組織などを中心とした組織的な延焼阻止活動へと移行することとなる。このような住民の地震火災への対応力向上には、普段から火災の進展状況に応じた消火技術の向上や消火資機材を装備しておくことが重要である。

本研究の結果、住民等の初期消火活動により、地震火災がどの程度消火される可能性があるのかを、住民や防災市民組織等による防災訓練状況と、地域にある街頭消火器や軽可搬ポンプ等の消火資機材の保有状況をもとに評価することが可能となった。

今後、防災行政機関において、地域の防災性能の実態を把握した震災対策に係わる地域ごとの重点指導項目や訓練計画の策定など、地域の災害対応力に応じた効果的な防災対策の推進と、都民の「自らの生命は自らが守る」という自己責任の原則と「自分たちのまちは自分たちで守る」という隣保共助の二つの理念に基づいた自主的な震災対策の推進に向け、本地域消火活動性能評価手法が効果的に活用されることを期待したい。

謝 辞

本研究は、第14期火災予防審議会地震対策部会で審議されたものの一部である。同審議会にて審議していただいた諸先生方に対し、記して感謝を申し上げます。

参 考 文 献

大森寿雄・室崎益輝「阪神・淡路大震災における市民消火行動に関する研究－神戸市における調査を通じて－」、『地域安全学会論文報告集』No. 5, p.67-72, 1995.
火災予防審議会『防災市民組織等の地震時消火活動力の現状と対策 昭和58年3月』396p., 1983.

火災予防審議会『東京直下の地震を踏まえた地域防災力向上策等震災対策の在り方 平成7年5月』219p., 1995.
火災予防審議会『地震発生時にける人命危険要因の解明と対策 平成11年3月』348p., 1999.
火災予防審議会『地震火災に関する地域の防災性能評価手法の開発と活用方策 平成13年3月』248p., 2001.
梶 秀樹「自主防災組織の能力を評価する」、『自主防災』2000年9月号, p.7-9, 2000.
梶 秀樹「自主防災組織の新たな展開を期待する」、『月刊消防』2001年1月号, p.12-16, 2001.
熊谷良雄「初期消火体制の課題とあり方は？」震災対策国際総合検証会議分野報告の概要(3)、『消防通信』2000年3月号, p.23-25, 2000.
京都市消防局『地域防災力判定の要素及び係数化に関する調査 平成11年3月』44p., 1999.
東京消防庁監修『みんなで守る－地域の防災活動－』85p., 1996.
東京消防庁『東京都の地震時における地域別出火危険度測定(第5回) 平成9年3月』36p., 1997a.
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5回) 平成9年3月』36p., 1997b.
東京消防庁『消防に関する世論調査 平成11年11月』124p., 1999.
東京消防庁・(財)東京防災指導協会『地震時における地域活動アセスメントシステムの調査研究委託報告書 平成13年3月』148p., 2001.
東京都『東京における直下地震の被害想定に関する調査報告書 平成9年8月』241p., 1997.
東京都総務局災害対策部『平成11年度区市町村防災事業の現況(平成11年4月1日現在)』198p., 1999.
中林一樹・小坂俊吉・木平秀夫「大都市における地域防災組織の実情と住民の地震災害対応行動に関する研究」、『総合都市研究』第20号, p.29-78, 1983.
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』398p., 1996.
室崎益輝・流郷博史「阪神・淡路大震災における市民の初期対応行動に関する研究」、『地域安全学会論文集』No. 6, p.206-212, 1996.

Key Words (キー・ワード)

Earthquake Fire (地震火災), Community Firefighting Performance (地域消火活動性能), Frequency of the Proper Shutoff of Fire-using Facilities (火気始末率), Initial Firefighting Rate (初期消火率), Fire Checking Rate (延焼阻止率)

Development of the Evaluation Method in Terms of the Effectiveness of Community Firefighting in an Earthquake Fire

Yukihisa Taniuchi* and Tatsuhiko Kawamura*

*Earthquake Disaster Mitigation Management Section, Tokyo Fire Department
Comprehensive Urban Studies, No.75, 2001, pp.53-70

We researched and developed the method for the evaluation of “community firefighting performance”. The evaluation is to determine how much the hazards of fire occurrence and fire spread will be reduced in earthquakes by the anticipated firefighting capability of community residents, citizens’ disaster organizations and companies.

We are now able to assess the effectiveness of the citizen-initiated fire suppression in an earthquake in each neighborhood association/self-governing body. For the assessment, we refer to the number/status of each area’s fire protection equipment like street fire extinguishers and portable light pumps, and to the frequency of the fire drills by citizens, citizens’ disaster organizations, etc.