

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

○谷内 幸久¹, 川村 達彦², 田山 裕信³

Yukihisa Taniuchi¹, Tastuhiko Kawamura², Hironobu Tayama³

¹ 東京消防庁 中野消防署

Nakano Fire Station, Tokyo Fire Department

² 東京消防庁 防災部防災課

Disaster Mitigation Management Section, Tokyo Fire Department

³ 株式会社 三菱総合研究所 安全科学研究本部 安全政策研究部

Safety Science and Policy Department, Mitsubishi Research Institute, Inc.

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.

Key Words : Earthquake Fire, Community Firefighting Performance, Frequency of the Proper Shutoff of Fire-using Facilities, Initial Firefighting Rate, Fire Checking Rate

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、火災の初期段階に地域住民が、積極的に防災行動を行って初期消火を成功させることができるのが重要なポイントとなる。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では、地域の防災性向上のために平素から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。このような課題を解決するには、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別出火危険度²⁾及び延焼危険度³⁾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。

なお、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。同審議会でご検討いただいた諸先生方に対し、ここに記して感謝の意を表します。

2. 評価指標の分類・整理

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のなものと（資機材等保有率）と非施設のなもの（行動指標）とに分類して図1のとおり整理した。

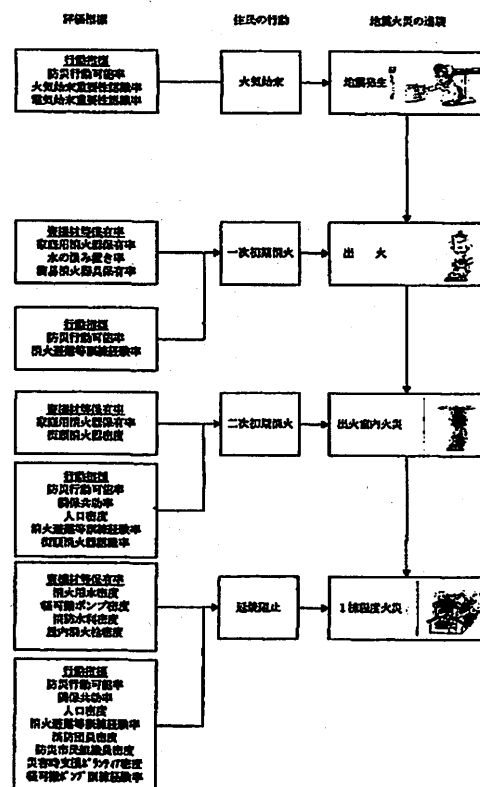


図1 地域消火活動性能評価指標の分類・整理

3. 地域消火活動性能評価手法の検討

3.1 アンケート調査等の実施

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ため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。

3.2 地域消火活動性能評価手法の検討（図2）

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。

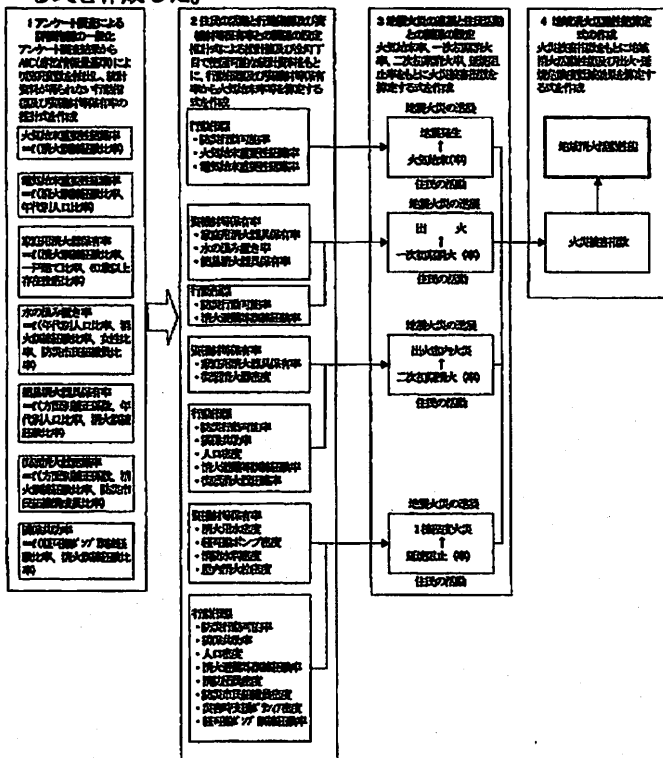


図2 地域消火活動性能評価手法の検討概念図

3.3 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で把握された水の汲み置き率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、把握可能な統計資料をもとに推計式を作成した。ここでは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。このプログラムはカテゴリーな目的変数について、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

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表1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。

表1 目的変数

変数として考慮する評価指標（77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
消火栓大規模訓練の有無	二次初期消火
火気始末監視性訓練の有無	火気始末
電気始末監視性訓練の有無	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

説明変数：CATDAP02 を利用して表1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2のとおりである。

表2 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	ウエイト
1	年齢	4	-226.01	.00	1.00000
2	60歳以上	2	-134.84	101.17	0.00000
3	消防等訓練経験	2	-93.55	142.45	0.00000
4	訓練経験	2	-88.19	147.82	0.00000
5	職業	10	-61.50	184.21	0.00000

また、最終的に選ばれた説明変数の最適な組み合わせは表3の通りであった。

表3 説明変数の最適な組み合わせ

説明変数1: 間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: 間15(消火避難等訓練経験) 有、無の2区分
説明変数3: 間1(性別) 男性又は女性の2区分
説明変数4: 間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式1のとおり設定した。

式1 水の汲み置き率推計式

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

同様の手法により図2に示す各推計式を設定した。

3.4 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、資機材等保有率及び行動指標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2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2 火気始末率算定式

火気始末率＝{1-比例係数×(火気関係出火比率×火気始末重要性認識率による補正係数+電気関係出火比率×電気始末重要性認識率による補正係数)}×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1995年～1998年における東京消防庁管内の建物火災データ（以下「火災帳票データ」という）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3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3 一次初期消火率算定式

一次初期消火率＝比例係数×消火資機材保有率×消火資機材による消火成功率×訓練による補正係数×年齢による補正係数×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。そこで、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4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/㎡）
- ・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/㎡）、消火避難等訓練経験率、街頭消火器認識率

式4 二次初期消火率算定式

二次初期消火率＝補正係数×(参加人数+消火器本数)×訓練による補正係数×年代による補正係数
 参加人数＝比例係数×人口密度×隣保共助率×防災行動可能率
 消火器本数＝比例係数×参加人数×家庭用消火器保有率+比例係数×街頭消火器認識率×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。そこで、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/㎡）、軽可搬ポンプ密度、消防水利密度（基/㎡）、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/㎡）、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①住民、②防災市民組織、③事業所の自衛消防組織の3つにわけ、各々の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（式5）を設定した。

式5 延焼阻止率算定式

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

3.5 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～延焼火災段階までのうち、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6を設定した。

式6 火災被害指数算定式

火災被害指数＝火気始末段階で消火される確率×0+一次初期消火段階で消火される確率×1+二次初期消火段階で消火される確率×10+延焼阻止段階で消火される確率×100+延焼火災に至る確率×1,000

(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6の考え方を取り入れた式7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7 地域消火活動性能算定式

地域消火活動性能＝(1,000-火災被害指数)/10

(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8により評価することとした。

式 8 出火危険度低減効果算定式

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

(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 9 により評価することとした。

式 9 延焼危険度低減効果算定式

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

4. ケース・スタディの実施

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もとに東京都 A 区でケース・スタディを実施した結果を以下に示す。

4.1 地域消火活動性能の評価結果

地域消火活動性能を図 3 のとおり評価した。その結果、火気始末率、一次初期消火率、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。

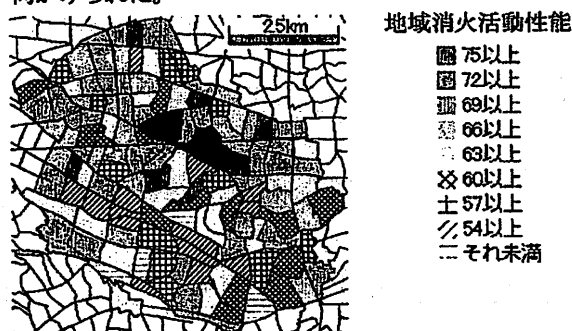


図 3 地域消火活動性能評価結果

4.2 出火危険度・延焼危険度低減効果の評価結果

(1) 出火危険度低減効果

総合出火危険度ランク²⁾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 4 のとおり評価した。

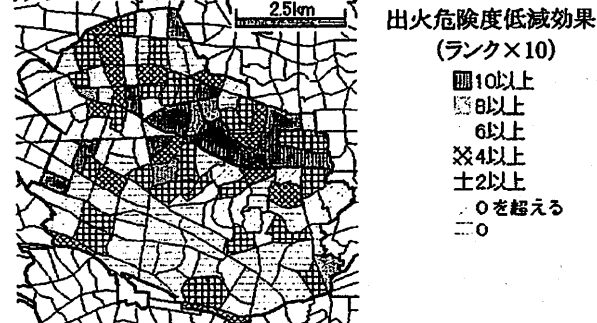


図 4 出火危険度低減効果

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。

(2) 延焼危険度低減効果

延焼危険度³⁾に対する延焼面積 (㎡) の低減効果を、延焼火災段階以降への進展割合の減少分ととらえ、図 5 のとおり評価した。

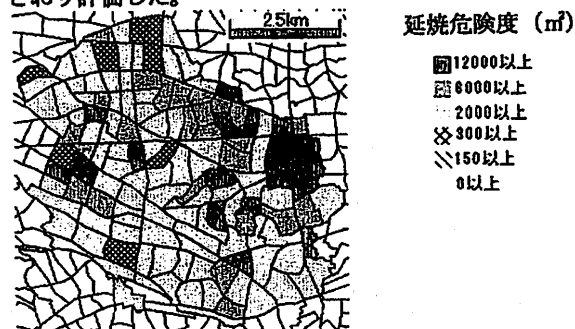


図 5 延焼危険度低減効果

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。

5. 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。

主要参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.