

地域の防災力の評価手法の検討—木造住宅密集地域を対象に— The research on an evaluation method for the capability of local disaster response -The focus on the area densely crowded with wooden houses-

○小林 英史¹, 白石 博也¹, 江原 信之¹
Hideshi KOBAYASHI¹, Hironari SHIRAISHI and Nobuyuki EHARA¹

¹東京消防庁 防災部
Disaster Division, Tokyo Fire Department

In Tokyo Metropolitan Earthquake, it is estimated that post-earthquake fire will occur in the area densely crowded with wooden houses. Because the fire spreading risk of this area is very high, it is essential to improve the capability of initial fire fighting by residents.

This paper proposes an evaluation method for the capability to cope with initial fire by community. Based on a questionnaire, this method can assess the ability which reflects each community efforts. The evaluation method can be a help to consider a realistic countermeasure for each community.

Keywords :Tokyo Metropolitan Earthquake, area densely crowded with wooden houses, initial fire fighting

1. はじめに

東京都の被害想定¹⁾によると、東京湾北部地震（冬の18時発生、M6.9、風速6m/s）では、区部の木造住宅密集地域を中心に地震火災の被害が発生し、死者のうち火災を原因とするものが約51%を占めるとされている。東京都においては、防災都市づくり推進計画に基づき、延焼遮断帯の形成や市街地の面的な不燃化等に取り組んでいるが、その進行は未だ不十分な状況であることから²⁾、地震火災の被害軽減のためには、地域住民による様々なソフト対策を並行して進めることにより、地域の初期消火力を高めていくことが重要である。

本報告では、木造住宅密集地域を対象に実施した住民の防災力基礎調査により把握した様々な防災対策の実施率を用いて、地域の取り組み状況を反映した初期消火成功率の算出手法を検討した。

なお、各種係数の決定には東京消防庁管内の火災帳票データのうち、平成16年～20年に発生した火災で初期消火が行われた事例データを用いる。

2. 火元初期消火成功率

出火した場合に火元の住民自身が消火器具等を用いて初期消火に成功する確率を「火元初期消火成功率」として、次式により算出する。

$$\begin{aligned} & \text{火元初期消火成功率} \\ & = \text{消火資器材による初期消火成功率(火元)} \\ & \quad \times \text{消火資器材による火元消火活動実施率} \\ & \quad \times \text{住宅用火災警報器設置の効果による補正係数} \\ & \quad \times \text{初期消火訓練経験率による補正係数} \\ & \quad \times \text{年齢による補正係数} \\ & \quad \times \text{防災行動可能率} \end{aligned}$$

とし、それぞれの算定方法を以下に示す。

(1) 消火資器材による初期消火成功率(火元)

火元初期消火データとして、初期消火従事者のうち応

急消火義務人数が1以上であり、かつ、これ以外の初期消火従事者がいないものを使用した(表1)。

表1 火元住民による初期消火事例データ

消火資器材	対応事例数	初期消火成功数	初期消火成功率
簡易消火器具	692	549	79%
消火器	2863	2186	76%
水道水	2368	1929	81%
汲み置き水	363	291	80%
井戸等	2	1	50%
その他	1893	1616	85%
不明	1	1	100%
合計	8182	6573	80%

事例数の多少及び震災時の使用可能性から、火元住民が用いる消火資器材として、簡易消火器具、消火器及び汲み置き水の3種類を考慮することとした。3種類の消火方法平均で消火成功率は77%であるため、次式で消火資器材による初期消火成功率(火元)を表す。

$$\text{消火資器材による火元初期消火成功率} = 0.77$$

(2) 消火資器材による火元消火活動実施率

消火資器材による火元消火活動実施率は、3種類の消火資器材のいずれかを保有している割合と考え、次式のように設定する。

$$\begin{aligned} & \text{消火資器材による消火活動実施率} \\ & = 1 - (1 - \text{簡易消火器具保有率}) \\ & \quad \times (1 - \text{消火器保有率}) \times (1 - \text{風呂水汲み置き率}) \end{aligned}$$

(3) 住宅用火災警報器設置の効果による補正係数

住宅用火災警報器を設置することで火災が早期に発見できるため、火元初期消火成功率が向上すると考える。前(1)で用いた事例のうち、住宅用火災警報器が設置され

ていた事例を用いた(表 2)。ただし、使用するデータは住宅用火災警報器に関するデータが存在する平成 17 年以降のデータである。

表 2 住宅用火災警報器が設置されていた場合の火元住民による初期消火事例データ

消火資器材	対応事例数	初期消火成功数	初期消火成功率
簡易消火器具	13	10	77%
消火器	27	22	81%
汲み置き水	2	2	100%

通常時の消火資器材による消火成功率は 77%であり、住宅用火災警報器が設置されていた場合の消火資器材による消火成功率は 81%であるため、設置による効果を $81/77=1.05$ とし、補正係数を次式のとおりに設定する。

$$\text{住宅用火災警報器設置の効果による補正係数} = 1 + 0.05 \times \text{住宅用火災警報器設置率}$$

(4)初期消火訓練経験率及び年齢による補正係数

訓練経験及び年齢による初期消火成功率の補正係数は、第 14 期火災予防審議会答申³⁾において、防災館利用者アンケート(表 3)を基に設定したものを使用する。

表 3 平均的な正解率に対する訓練経験と年齢の正解率の比(正解率/平均正解率)

	10代	20-50代	60代以上	小計
訓練経験あり	0.52	1.65	0.71	1.29
訓練経験なし	0.35	0.80	0.23	0.62
平均	0.43	1.29	0.54	1.00

$$\begin{aligned} \text{訓練経験による補正係数} &= 1.29 \times \text{消火訓練経験率} + 0.62 \times \text{消火訓練未経験率} \\ &= 0.67 \times \text{消火訓練経験率} + 0.62 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{年齢による補正係数} &= 0.43 \times 10 \text{代比率} + 1.29 \times 20-50 \text{代比率} \\ &\quad + 0.54 \times 60 \text{代以上比率} \end{aligned}$$

(5)防災行動可能率

住民が火元初期消火を実施できない場合として、自宅建物が大きな被害を受けている場合や室内の散乱状況が激しい場合が代表的な状況として考えられる。そこで、防災行動可能率は建物全壊率と家具転倒率の関数として表現されるものとした。

また、地域別出火危険度測定⁴⁾では、既往の地震事例に基づき、平常時の初期消火率を 1 とした場合の震度別補正係数を表 4 のとおりに設定している。

表 4 初期消火成功率の震度別補正係数の既往設定値

震度	5弱	5強	6弱	6強	7
補正係数	1	1	1	0.453	0.229

この傾向に概ね合うように、建物全壊率と家具転倒率を説明変数として関数化を行った結果、防災行動可能率は次式で表された。

$$\text{防災行動可能率} = 0.93 \times \{1 - \text{建物全壊率}\} \times \{1 - \text{家具転倒率}^{1.6}\} + 0.07$$

なお、震度別建物全壊率は、村尾ら⁵⁾に基づき構造・建築年代別に算出した値を、家具転倒率は金子⁶⁾で検討された阪神・淡路大震災での本棚・食器棚・タンス等の家庭内大型家具の転倒率の式による値(表 5 及び図 1)をそれぞれ使用する。

表 5 震度と家具転倒率との関係(転倒防止対策無)

震度	5弱	5強	6弱	6強	7
計測震度	4.75	5.25	5.75	6.25	6.75
速度(kine)	17	29	52	92	164
転倒率	0.6%	5.0%	23.8%	54.0%	74.1%

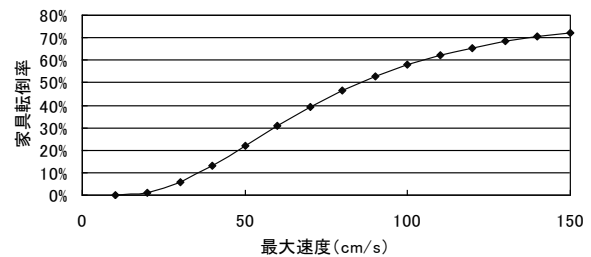


図 1 最大速度と家具転倒率との関係(転倒防止対策無)

3. 隣保初期消火成功率

出火建物の周辺の住民等が消火器具を用いて初期消火に成功する確率を「隣保初期消火成功率」とし、火元初期消火成功率の算定式を補正して以下のように算出する。

$$\begin{aligned} \text{隣保初期消火成功率} &= \text{消火資器材による初期消火成功率(隣保)} \\ &\quad \times \text{消火資器材による隣保消火活動実施率} \\ &\quad \times \text{初期消火訓練経験率による補正係数} \\ &\quad \times \text{年齢による補正係数} \\ &\quad \times \text{防災行動可能率} \end{aligned}$$

なお、ここでは、隣保初期消火活動への参加者によって次の 2 つのケースに分けて考える。

- ・火元住民と周辺住民が共同で初期消火活動を実施するケース
- ・周辺住民のみで初期消火活動を実施するケース

(1)消火資器材による初期消火成功率(隣保)

隣保初期消火データとして、初期消火従事者のうち消防協力者人数が 1 以上のものを使用した。

表 6 隣保共助による初期消火事例データ(火元+周辺住民)

消火資器材	対応事例数	初期消火成功数	初期消火成功率
簡易消火器具	108	65	60%
消火器	522	315	60%
汲み置き水	47	26	55%

表 7 隣保共助による初期消火事例データ(周辺住民のみ)

消火資器材	対応事例数	初期消火成功数	初期消火成功率
簡易消火器具	206	174	84%
消火器	939	506	54%
汲み置き水	28	24	86%

火元住民と周辺住民による消火資機材を用いた消火成功率は 60%となるが、周辺住民のみによる活動では、自宅の消火器及び街頭消火器による活動になると考えられるため、消火器による初期消火成功率である 54%を使用し、次式で消火資器材による初期消火成功率を表す。

$$\begin{aligned} \text{消火資器材による初期消火成功率}_{\text{火元+周辺住民}} &= 0.60 \\ \text{消火資器材による初期消火成功率}_{\text{周辺住民のみ}} &= 0.54 \end{aligned}$$

(2)消火資器材による隣保消火活動実施率

消火資器材による隣保消火活動実施率は 1(2)によるが、隣保初期消火活動に利用される消火器として、参加者自身が保有する消火器と街頭消火器を想定し、以下のように消火器の使用本数を設定する。ただし、消火器本数が 1 以上となれば消火器保有率=1 と設定する。

a) 各自の保有する消火器

参加者は自身が保有する消火器を利用すると考えると、参加者が持ち寄る消火器本数は参加人数×消火器保有率で表せることから、隣保共助による初期消火活動に想定される人数を設定する。火災時に近隣から駆け付けるとしても、1 棟火災前の段階ということもあり、火点から一定範囲に居住する人のみが対象になると考えられる。

火点から半径 R(m)以内に居住する住民が参加の対象になると考えると、次式で隣保初期消火への参加人数を表すことができる。

$$\begin{aligned} \text{参加人数} \\ &= R(m)\text{半径円の面積} \times \text{火災気付き等係数} \\ &\quad \times \text{人口密度(人/m}^2\text{)} \times \text{隣保共助率} \end{aligned}$$

隣保共助率については、平成 12 年当時の都平均である 42%を使用する³⁾。

また、東京都の平均的な人口密度は 0.00575 人/m² (平成 17 年国勢調査)であり、火災帳票データに基づく隣保初期消火活動事例の参加人数は、火元+周辺住民で平均 3.3 人、周辺住民のみで平均 2.1 人であることを考えると、「R(m)半径円の面積×火災気付き等係数」は、それぞれ、1,366、870 となる。

したがって、隣保初期消火活動参加者が保有する消火器本数は次式で表せる。

$$\begin{aligned} \text{参加者保有の消火器本数} &= \text{参加人数} \\ &\quad \times \text{家庭用消火器保有率} \\ \text{参加人数}_{\text{火元+周辺住民}} &= 1,366 \times \text{人口密度(人/m}^2\text{)} \\ &\quad \times \text{隣保共助率} \\ \text{参加人数}_{\text{周辺住民のみ}} &= 870 \times \text{人口密度(人/m}^2\text{)} \times \text{隣保共助率} \end{aligned}$$

b) 街頭消火器

消火器保有率を平成 12 年のアンケート結果³⁾による約 57%とすると、火災帳票データに基づく隣保初期消火活動事例の平均参加人数 2.5 人の場合、消火器本数は平均 1.4 本となる。これは、火災帳票データに基づく隣保初期消火活動事例の平均使用本数 2.4 本より少なく、この差 1.0 本が街頭消火器であると見なす。

街頭消火器の配置密度は平成 17 年度区市町村防災事業の現況⁷⁾によると特別区で平均 0.00022 本/m²であるので、1.0 本が存在する範囲を円で表すと半径 38m ということになり、平均的に火点から半径 38m 以内の街頭消火器を利用すると考える。

また、火災帳票データから推定される街頭消火器の使

用本数は街頭消火器の存在を認識しているの人のみによる数値と考えられるため、実際の街頭消火器認識率により補正する必要がある。平均的な街頭消火器認識率を平成 12 年のアンケート結果³⁾による 43%とすると、隣保初期消火活動に使用される街頭消火器本数は次式で表せる。

$$\begin{aligned} \text{街頭消火器本数} \\ &= (\text{街頭消火器認識率}/0.43) \times \text{街頭消火器密度} \times 38^2 \times 3.14 \\ &= 10,545 \times \text{街頭消火器認識率} \times \text{街頭消火器密度} \end{aligned}$$

(3)隣保初期消火成功率の算定式

訓練経験及び年齢による補正係数、防災行動可能率は 1 の検討結果を用いることとし、隣保初期消火成功率はそれぞれ以下のように表せる。

$$\begin{aligned} \text{隣保初期消火成功率}(P_{\text{火元+周辺住民/周辺住民のみ}}) \\ &= \text{係数 a} \\ &\quad \times [1 - \{1 - (\text{係数 b} \times \text{人口密度} \times \text{隣保共助率} \times \text{家庭用消火器保有率} + 10,545 \times \text{街頭消火器認識率} \times \text{街頭消火器密度})\} \times (1 - \text{風呂水汲み置き率}) \times (1 - \text{簡易消火器具保有率})] \\ &\quad \times (0.67 \times \text{消火訓練経験率} + 0.62) \\ &\quad \times (0.43 \times 10 \text{ 代比率} + 1.29 \times 20\text{-}50 \text{ 代比率} + 0.54 \times 60 \text{ 代以上比率}) \\ &\quad \times [0.93 \times \{(1 - \text{建物全壊率}) \times (1 - \text{家具転倒率}^{1.6})\} + 0.07] \\ &\quad \text{※ なお、下線部が 1 以上となる場合は 1} \\ &\quad \text{※ } P_{\text{火元+周辺住民}} \text{ の場合、} a=0.60, b=1,366 \\ &\quad \text{※ } P_{\text{周辺住民のみ}} \text{ の場合、} a=0.54, b=870 \end{aligned}$$

4. 地域住民による初期消火成功率

これまでの検討項目から、地震時における火元初期消火成功率及び隣保初期消火成功率を考慮した初期消火成功率(全体)を算定する。その際、地震時には火元住民だけでは消火が困難となるケースが増え、その分周辺住民による活動割合が増加する可能性があることを考慮に入れる必要がある。ここでは、フェーズごとに全体の初期消火行動を次の 3 ケースに区分し、それぞれの発生確率を設定する。

- ケース 1 : 火元住民が在宅で消火活動を実施し、火元住民のみの初期消火活動によって消火に「成功した」ケース
- ケース 2 : 火元住民が在宅で消火活動を実施し、かつ、周辺住民と共同で初期消火活動を「実施した」ケース
- ケース 3 : 火元住民が不在の場合や在宅だが防災行動が不可能な場合を含めて消火活動を実施せず、周辺住民のみで初期消火活動を「実施した」ケース

在宅率を γ 、火元での消火活動実施率を δ 、火元住民のみによる消火活動実施率を ϵ 、火元初期消火成功率を $P_{\text{火元}}$ とすると、全出火に対するそれぞれのケースの発生確率は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \text{ケース 1 が発生する確率} &= \gamma \times \delta \times (\epsilon \times P_{\text{火元}}) \\ \text{ケース 2 が発生する確率} &= \gamma \times \delta \times (1 - \epsilon \times P_{\text{火元}}) \\ \text{ケース 3 が発生する確率} &= 1 - \gamma \times \delta \end{aligned}$$

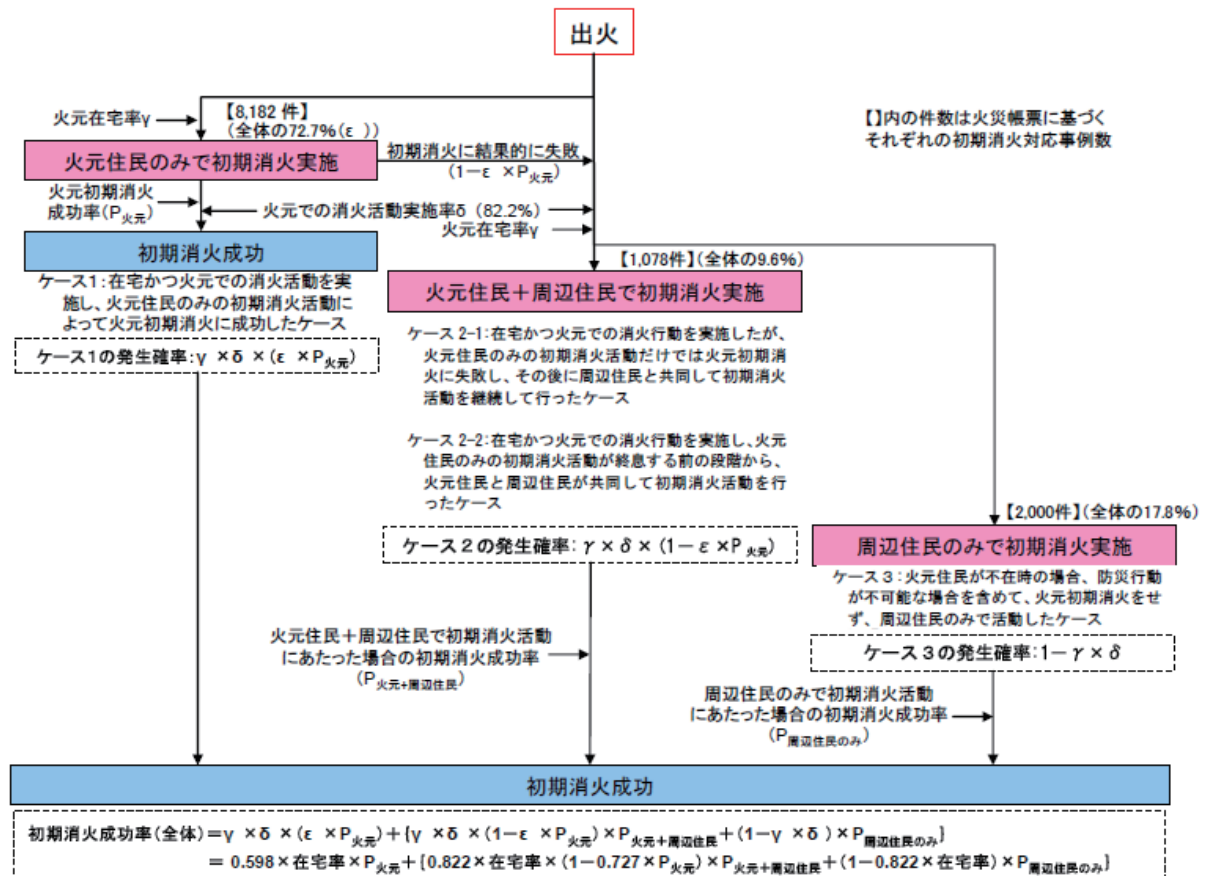


図2 出火から初期消火成功までのフローチャート

それぞれのケースの発生確率と、前出の火元初期消火成功率と隣保初期消火成功率を合わせた初期消火成功率 (全体) は次式で表せる。

初期消火成功率 (全体)

$$\begin{aligned}
 &= \text{火元住民が初期消火を実施し、消火成功する確率} \\
 &\quad + \text{火元住民及び周辺住民による初期消火実施率} \\
 &\quad \quad \times \text{隣保初期消火成功率 (} P_{火元+周辺住民} \text{)} \\
 &\quad + \text{周辺住民のみによる初期消火実施率} \\
 &\quad \quad \times \text{隣保初期消火成功率 (} P_{周辺住民のみ} \text{)} \\
 &= \gamma \times \delta \times \epsilon \times P_{火元} \\
 &\quad + \gamma \times \delta \times (1-\epsilon) \times P_{火元} \times P_{火元+周辺住民} \\
 &\quad + (1-\gamma \times \delta) \times P_{周辺住民のみ}
 \end{aligned}$$

ここで、火災帳票の初期消火対応事例データによると、

$$\delta = (\text{火元初期消火件数 } 8,182 \text{ 件} + \text{火元住民と周辺住民による隣保初期消火件数 } 1,078 \text{ 件}) / \text{全体の初期消火件数 } 11,260 \text{ 件}$$

$$= 0.822$$

$$\epsilon = \text{火元初期消火件数 } 8,182 \text{ 件} / \text{全体の消火件数 } 11,260 \text{ 件} = 0.727$$

よって、初期消火率の算出式は次式となる。

初期消火成功率 (全体)

$$\begin{aligned}
 &= 0.598 \times \text{在宅率} \times P_{火元} \\
 &\quad + 0.822 \times \text{在宅率} \times (1-0.727 \times P_{火元}) \times P_{火元+周辺住民} \\
 &\quad + (1-0.822 \times \text{在宅率}) \times P_{周辺住民のみ}
 \end{aligned}$$

5. まとめ

本手法により地域の状況を反映した初期消火力が算定可能となり、地域住民が今後の現実的な取り組みを検討する一助となることが期待される。

今後、算定に用いた各対策の実施困難度や各種危険度との関連性などを考慮することで、より有効な評価が可能となるだろう。

6. 謝辞

本研究は、第19期火災予防審議会地震対策部会における審議結果の一部である。同審議会でご検討を頂いた委員の皆様に対し、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 東京都防災会議(2006)「首都直下地震による東京の被害想定報告書」
- 2) 東京都(2010)「防災都市づくり推進計画」
- 3) 火災予防審議会答申(2001)「地震火災に関する地域の防災性評価手法の開発と活用方策」
- 4) 東京消防庁(2006)「東京都の地震時における地域別出火危険度測定(第7回)報告書」
- 5) 村尾修・山崎文雄(2002)「震災復興都市づくり特別委員会調査データに構造・建築年を付加した兵庫県南部地震の建物被害関数」日本建築学会構造系論文集第555号, p.185-192
- 6) 金子美香(2003)「地震時における家具転倒率の簡易推定法の提案」日本建築学会大会学術講演梗概集(東海), p.61-62
- 7) 東京都(2006)「平成17年度区市町村防災事業の現況」