

第3章 火災の想定手法

3. 1 出火

(1) 炎上出火件数の想定手法

出火件数は、次の7要因別に算出した。1)～5)はメッシュ別に算出し、6)7)は市区町村別に算出した。1)については、算出に初期消火率を使用し、初期消火の効果を評価した。

対象とする出火要因は、以下のとおり。

要因別の出火件数	算出単位	季節・時間帯	初期消火の効果
1) 火気器具・電熱器具からの出火件数（建物圧壊以外の場合）	メッシュ別	考慮あり	評価あり
2) 火気器具・電熱器具からの出火件数（建物圧壊の場合）			
3) 電気器具からの出火件数			
4) 配線からの出火件数			
5) 漏洩ガスからの出火件数			
6) 危険物施設からの出火件数	市区町村別	考慮なし	評価なし
7) 化学薬品からの出火件数			

1) 火気器具・電熱器具からの炎上出火（建物圧壊以外の場合）

火気器具・電熱器具からの出火件数（建物圧壊以外の場合）は、次の方法で算出した。

火気器具・電熱器具からの出火件数（建物圧壊以外の場合、メッシュ別）

＝（建物棟数－揺れにより圧壊した建物棟数）

× 火気器具・電熱器具からの出火率（建物圧壊以外の場合）

×（1－初期消火率×初期消火率の補正係数）

揺れにより圧壊した建物棟数＝揺れによる全壊棟数×0.3※1

初期消火率＝0.67※2

※1：「揺れにより圧壊した建物棟数」は、「揺れによる全壊棟数」の3割と設定。

※2：用途が「住宅」の場合の出火率、初期消火率を適用。

表 3.1 火気器具・電熱器具からの出火率（建物圧壊以外の場合）

震度	火気器具・電熱器具からの出火率（建物圧壊以外の場合）					
	5 時		12 時		18 時	
	冬	夏	冬	夏	冬	夏
7	0.000265	0.000243	0.000350	0.000274	0.001521	0.000906
6 強	0.000031	0.000028	0.000074	0.000058	0.000505	0.000301
6 弱	0.000005	0.000005	0.000027	0.000021	0.000094	0.000056
5 強	0.000002	0.000002	0.000009	0.000007	0.000035	0.000021
5 弱	0.000001	0.000001	0.000009	0.000007	0.000016	0.000010
4 以下	0	0	0	0	0	0

表 3.2 震度と初期消火率の補正係数の対応

震度	初期消火率の補正係数
7	0.229
6 強	0.453
6 弱以下	1

2) 火気器具・電熱器具からの出火（建物圧壊の場合）

火気器具・電熱器具からの出火件数（建物圧壊の場合）は、次の方法で算出した。

火気器具・電熱器具からの出火件数（建物圧壊の場合、メッシュ別）

＝揺れにより圧壊した建物棟数×火気器具・電熱器具からの出火率（建物圧壊の場合）

揺れにより圧壊した建物棟数（メッシュ別）＝揺れによる全壊棟数×0.3※1

※1：「揺れにより圧壊した建物棟数」は、「揺れによる全壊棟数」の3割と設定。

表 3.3 火気器具・電熱器具からの出火率（建物圧壊の場合）

時間帯	火気器具・電熱器具からの出火率 （建物圧壊の場合）
5 時	0.000403757
12 時	0.000426353
18 時	0.000458499

3) 電気器具からの出火

電気器具からの出火件数は、次の方法で算出した。

電気器具からの出火件数（メッシュ別）

＝揺れによる全壊棟数×電気器具からの出火率

電気器具からの出火率 ＝ 0.00039

4) 配線からの出火

配線からの出火件数は、次の方法で算出した。

配線からの出火件数（メッシュ別）＝揺れによる全壊棟数×配線からの出火率

配線からの出火率 ＝ 0.00024

5) 漏洩ガスからの出火

漏洩ガスからの出火件数は、次の方法で算出した。

漏洩ガスからの出火件数（メッシュ別）

＝（建物棟数－揺れ・液状化による全壊棟数）×灯内内管被害率×0.01×0.0015

＋揺れ・液状化による全壊棟数×（灯外内管被害率＋灯内内管被害率×0.01）×0.013

揺れ・液状化による全壊棟数（メッシュ別）

＝揺れによる全壊棟数＋液状化による全壊棟数

表 3.4 震度と灯内内管被害率・灯外内管被害率の対応

震度	被害率	
	灯内内管	灯外内管
7	0.37%	1.00%
6 強	0.13%	0.35%
6 弱	0.04%	0.10%
5 強	0.01%	0.02%
5 弱以下	0.00%	0.00%

6) 危険物施設からの出火

危険物施設からの出火件数は、次の方法で算出した。

危険物施設からの出火件数（市区町村別、施設別）

= 危険物施設数 × 危険物施設からの出火率

表 3.5 震度と危険物施設からの出火率の対応

震度	危険物施設からの出火率（施設別）						
	発熱反応 工程施設	製造所	屋内貯蔵 所	屋外タンク貯蔵所			地下タンク 貯蔵所
				浮屋根式	特定	非特定	
7	1.89540%	0.11000%	0.02369%	0.99000%	0.01568%	0.03420%	0.00000%
6 強	0.81000%	0.11000%	0.02300%	0.99000%	0.00550%	0.01200%	0.00000%
6 弱	0.18630%	0.06600%	0.01886%	0.99000%	0.00160%	0.00348%	0.00000%
5 強	0.00000%	0.00110%	0.00989%	0.99000%	0.00022%	0.00048%	0.00000%
5 弱	0.00000%	0.00000%	0.00253%	0.99000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%
4 以下	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%

震度	危険物施設からの出火率（施設別）						
	屋内タン ク貯蔵所	給油取扱所		販売取扱 所	一般取扱所		少量危険物 施設
		営業用	自家用		小口・灯油	その他	
7	0.00012%	0.03193%	0.03705%	0.10000%	0.00007%	0.03200%	0.02400%
6 強	0.00002%	0.03100%	0.01300%	0.10000%	0.00003%	0.03200%	0.02400%
6 弱	0.00000%	0.02542%	0.00377%	0.06000%	0.00001%	0.01920%	0.01440%
5 強	0.00000%	0.01333%	0.00052%	0.00100%	0.00000%	0.00032%	0.00024%
5 弱	0.00000%	0.00341%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%
4 以下	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%	0.00000%

7) 化学薬品からの出火

化学薬品からの出火件数は、次の方法で算出した。

化学薬品取扱施設からの出火件数（市区町村別、施設別）

= 化学薬品取扱施設数 × 化学薬品取扱施設からの出火率

表 3.6 震度と化学薬品取扱施設からの出火率の対応

震度	化学薬品取扱施設からの出火率(施設別)		
	高校	大学	自然科学 研究所
7	10.8%	56.6%	20.9%
6 強	7.4%	30.5%	12.4%
6 弱	4.0%	4.3%	4.0%
5 強	0.6%	0.0%	0.0%
5 弱以下	0.0%	0.0%	0.0%

(2) 消防力運用（消火率の設定）に関する想定手法

自主防災組織、消防団、公設消防の投入効果を評価し、市区町村あたりの消火率を設定する。

$$P = P_j + (1 - P_j) P_D + (1 - P_j) (1 - P_D) P_s$$

P : 消火率、 P_j : 自主防災組織の消火率、 P_D : 消防団の消火率

P_s : 公設消防の消火率

残火災件数* = 炎上出火件数 - 消火可能件数

※自衛消防隊についても、消火率の評価を行ったが、影響は小さいため、考慮しないこととした。

※炎上出火件数は、少数部分は切り捨て、整数にする。

1) 自主防災組織の消火率

自主防災組織による消火率は、東京都火災予防審議会答申「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」を参照し、以下のように設定する。

自主防災組織消火率（延焼阻止率）

= 自主防災組織の水利使用可能範囲に火点が入る確率
× 自主防災組織の消火活動開始時における延焼阻止率
× 自主防災組織の可搬ポンプ訓練による補正係数

自主防災組織の水利使用可能範囲に火点が入る確率

= $\{1 - (1 - 15,400 / \text{消防対象地域の面積})^{\text{水利数}}\}$

自主防災組織の消火活動開始時における延焼阻止率

= $0.87 / \text{消火活動開始時間}$

自主防災組織の可搬ポンプ訓練による補正係数

= $(1.45 \times \text{可搬ポンプ訓練経験率} + 0.91)$

- 水利数 = 耐震性のある防火水槽数 + (耐震性のない防火水槽数 × 使用可能な耐震性のない防火水槽の割合^{*1}) + 自然水利数
- 消火活動開始時間 = 出動までに要する時間 + 火点までの駆け付け時間
- 出動までに要する時間：前回調査のデータにより市区町村ごとに算定
- 火点までの駆け付け時間：ある可搬ポンプ格納庫から火点までの平均的な距離 / 100
- ある可搬ポンプ格納庫から火点までの平均的な距離：

$$= 0.4 \times \sqrt{\text{可搬ポンプ密度}}$$

- ・可搬ポンプ密度：可搬ポンプ数÷消防対象地域の面積
 - ・可搬ポンプ数：前回調査のデータを使用
 - ・可搬ポンプ訓練経験率：前回調査のデータにより市区町村ごとに算定
 - ・式中の各係数については、東京都火災予防審議会答申「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」に提示されている数値を採用
- ※1 小数第1位を四捨五入し、整数にする

表 3.7 震度と使用可能な耐震性のない防火水槽の割合の対応

震度	7	6 強	6 弱	5 強以下
使用可能な耐震性のない防火水槽の割合	10%	70%	90%	100%

2) 消防団消火率

消防団による消火率は、東京都火災予防審議会答申「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」を参考にして、以下のように設定する。

消防団消火率（延焼阻止率）

＝{1-(ある水利が火点から半径 141mに入る確率)}×20/{29×(消火活動開始所要時間＋火点までの平均的な駆け付け時間＋ホース展開時間)/10}×消防団員の参集率

- ・ポンプ 1 台あたりの担当火面長＝20m 東京都（1997）
- ・ホース本数：20m×10 本（200m） 東京都（1997）
→延長可能な距離＝200/√2 ≒ 141m 東京都（1997）
- ・ある水利が火点から半径 141mに入る確率
＝1-(3.14×141×141/地域面積)^{水利数}
＝1-(62,426/地域面積)^{水利数}
- ・水利数＝耐震性のある防火水槽数＋（耐震性のない防火水槽数
×使用可能な耐震性のない防火水槽の割合※1）＋自然水利数
- ・消火活動開始所要時間（出動までに要する時間）：前回調査のデータにより市区町村ごとに算定
- ・ある消防団ポンプ倉庫から火点までの平均的な距離（m）
＝1 / √{6.28×消防団ポンプ密度}
→火点までの平均的な駆け付け時間
＝（1 / √{6.28×消防団ポンプ密度）/走行速度）
＝（0.4×√消防団ポンプ密度）/走行速度）
- ・消防団ポンプ密度＝ポンプ数÷消防対象地域の面積
- ・走行速度：時速 9 km 東京都（1997）
- ・ホース展開時間（分）
＝ある水利から火点までの平均的な距離/ホース展開速度
→（震度 5 強以下）＝（17×必要ホース本数+15 秒）/60 秒 東京都（1997）
→（震度 6 弱以上）＝（25.5×必要ホース本数+15 秒）/60 秒 東京都（1997）
- ・必要ホース本数※1
＝ある水利から火点までの平均的な距離(m)/ホース 1 本の長さ 20m
- ・ある水利から火点までの平均的な距離
＝1 / √{6.28×消防団ポンプ密度}＝0.4×√水利密度
- ・水利密度＝水利数÷消防対象地域の面積

- ・消防団員の参集率：前回調査のデータにより市区町村ごとに算定
 - ・式中の各係数について特に参考文献の指定のない数値については、東京都火災予防審議会答申「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」に提示されている数値を採用
- ※1 小数点以下の値は切り上げとする

3) 公設消防消火率

公設消防の消火率は、東京都火災予防審議会答申「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」を参考にして、次のように設定した。

公設消防消火率（延焼阻止率）

＝公設消防の水利使用可能範囲に火点が入る確率
 ×公設消防の消火活動開始時における延焼阻止率

公設消防の水利使用可能範囲に火点が入る確率

＝ { 1 - (1 - 249,705/消防対象地域の面積)^{水利数} }

公設消防の消火活動開始時における延焼阻止率※1

＝ 30 / { 29 × (消火活動開始所要時間 + 火点までの平均的な駆け付け時間
 + ホース展開時間) / 10 }

- ・ホース本数：20m × 20 本（400m）東京都（1997）
 → 延長可能な距離 = $400 / \sqrt{2} \div 282\text{m}$ 東京都（1997）
- ・ある水利が火点から半径 282m（ホース延長可能な距離）に入る確率

$$= 1 - (3.14 \times 282 \times 282 / \text{地域面積})^{\text{水利数}}$$

$$= 1 - (249705 / \text{地域面積})^{\text{水利数}}$$
- ・消火活動開始所要時間（出動までに要する時間）：8 分 東京都（1997）
- ・火点までの駆け付け時間：0.4 / 消防ポンプ車密度^{0.5} / (走行速度 × 1000 / 60)
- ・消防ポンプ車密度 = ポンプ車数 ÷ 消防対象地域の面積
- ・走行速度：震度 5 強以下 → 時速 15km 東京都（1997）
 震度 6 弱以上 → 時速 10km 東京都（1997）
- ・ホース展開時間(分) = ある水利から火点までの平均的な距離 / ホース展開速度
 → (震度 5 以下) = { 17 × 必要ホース本数 + 15 秒 } / 60 秒 東京都（1997）
 → (震度 6 以上) = { 25.5 × 必要ホース本数 + 15 秒 } / 60 秒 東京都（1997）
- ・必要ホース本数※2
 = ある水利から火点までの平均的な距離(m) / ホース 1 本の長さ 20m
- ・ある水利から火点までの平均的な距離

$$= 1 / \sqrt{6.28 \times \text{水利密度}} = 0.4 \times \sqrt{\text{水利密度}}$$

- ・水利密度（＝水利数 ÷ 消防対象地域の面積）
- ・公設消防による消火件数は消防ポンプ車数を上限とし、過剰分は消火できない件数として出火率へ再配分
- ・式中の各係数について特に参考文献の指定のない数値については、東京都火災予防審議会答申「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」に提示されている数値を採用

※1 消防ポンプ車数が 0 の場合、0 とする

※2 小数点以下の値は切り上げとする

※中央防災会議の手法では、各消防本部・組合について、下記に示す簡易的方法で求めた消火可能件数（発災直後 1 時間後）と、想定される炎上出火件数を比較し、消火されなかった火災が延焼拡大すると考え、残火災件数（延焼拡大件数）を求めている。

3. 2 延焼

延焼による建物被害の予測については、消防による消火活動の結果、消火することができなかった残火災件数を用いて、建物一棟ごとに焼失の判定を行う延焼シミュレーションを実施した。

延焼シミュレーションを行うにあたって以下のような仮定を設定した。

- ① 延焼の単位は建物1棟単位とし、出火点は残火災件数に従い、市域の木造建物に対しランダムで設定した。
- ② 建物間の燃え移りは、図3.1に示すように、建物の中心（ポリゴンの幾何重心）を結ぶ直線に沿って、出火建物の重心から外壁、隣接建物の外壁、隣接建物の重心へと燃え進み、さらに同様に次の隣接建物に燃え進んで行く。ある建物から隣接建物に延焼するまでの時間 t は下式のとおりである。

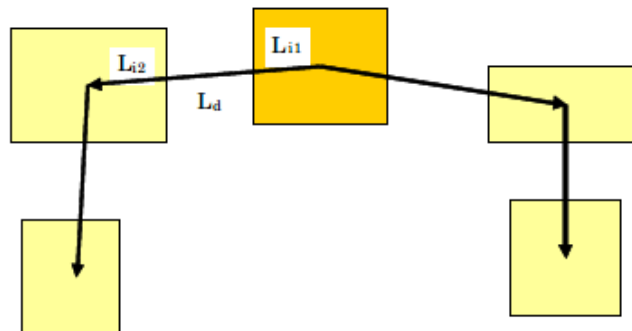


図 3.1 延焼経路のイメージ

$$t = \frac{L_{i1} + L_{i2}}{V_i} + \frac{L_d}{V_d}$$

ただし、 L_{i1} : 延焼元建物の重心から外壁までの延焼距離

L_{i2} : 延焼先建物の重心から外壁までの延焼距離

L_d : 延焼元・延焼先建物の外壁間の延焼距離

V_i : 建物内の延焼速度

V_d : 建物間の延焼速度

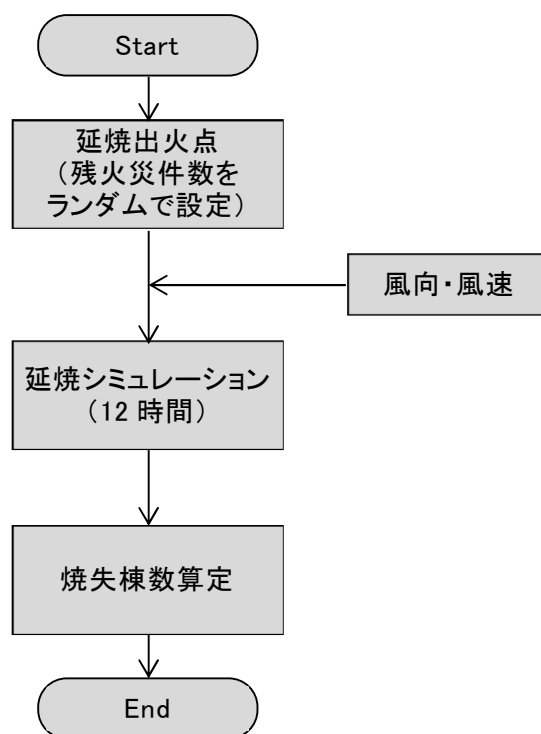


図 3.2 延焼シミュレーションの流れ

なおシミュレーションは 1 回の計算では、延焼火点の位置に依存した結果になるため、延焼火点の位置を 10,000 回全体にランダムに割り振り、それぞれの延焼シミュレーションを行い、平均的な焼失棟数期待値を求めた。

3. 3 津波火災による被害

東日本大震災で発生した津波火災の実績に基づいて、津波による出火件数を定量的に推計する。

津波による出火件数＝車両火災件数＋その他の火災件数

車両火災件数＝世帯当たり所有車台数×浸水建物数×0.000024－0.798

その他の火災件数＝浸水建物数×0.000264＋プロパン使用率×1.080

※出典：廣井悠．津波火災に関する東日本大震災を対象とした質問紙調査の報告と出火件数予測手法の提案．地域安全学会論文集(24)．pp.111-121．2014

参考文献：

- ・東京都火災予防審議会答申「地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」、火災予防審議会・東京消防庁、2005.3
- ・東京都火災予防審議会答申「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」、火災予防審議会・東京消防庁、2001.3
- ・中央防災会議：首都直下地震の被害想定と対策について（最終報告）、平成25年12月
- ・建設省：都市防火対策手法の開発報告書、1982
- ・東京都防災都市づくり推進計画、東京都、2020（2021 一部修正）