

## 8. 火災被害の予測

### 8.1 予測条件

火災被害は、季節、時間、気象条件により変わるので、表8.1.1に示す条件で行った。発生時間については、5時と18時の2ケースについて検討した。夕刻18時は出火確率が高い時間帯である。今回用いた方法では、風速による差異は小さい。

表8.1.1 火災の予測に用いる季節、時間および気象条件

項目	条件
季節	冬
曜日	平日
発生時間	5時、18時
天候	晴れ
風速	6m/s (強風時)
風向	北

### 8.2 火災被害の予測手法

#### 8.2.1 予測手順

クラスター法（加藤ら(2006)<sup>1)</sup>）による焼失棟数予測の流れを、図8.2.1に示す。以下に手法の概要を示す。

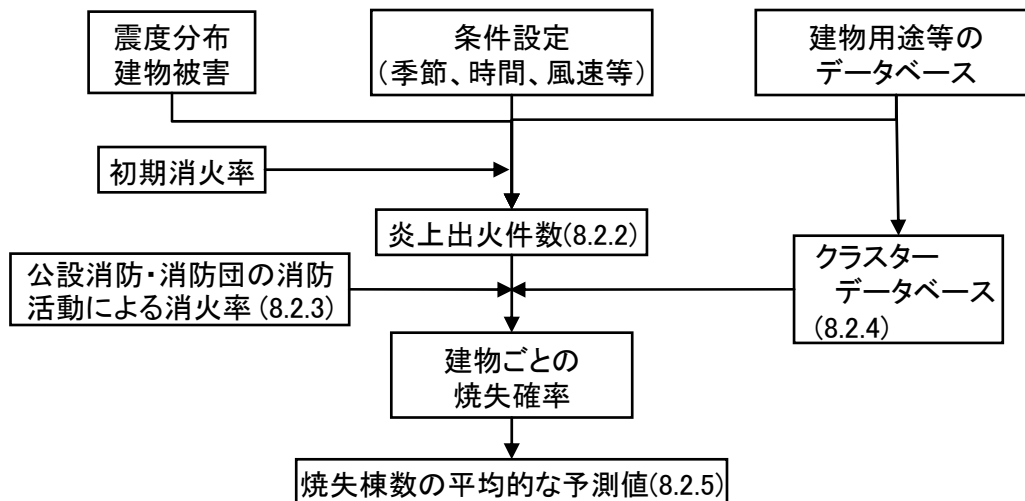


図8.2.1 クラスター法による焼失棟数予測の流れ

<sup>1)</sup>加藤孝明・程洪・亜力坤玉素甫・山口亮・名取晶子：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築、地域安全学会論文集 No. 8、2006年

### 8.2.2 出火件数の算出

出火要因として、「火気器具・電熱器具」、「電気機器・配線」、「化学薬品」、「危険物施設」、を対象とした。「火気器具・電熱器具による出火」では、季節・時間に応じた用途別震度別出火率が必要となる。

#### ①火気器具・電熱器具からの出火（建物圧壊以外の場合）

- ・建物毎に用途と震度に応じて、季節・時間に応じた用途別震度別の出火率<sup>1,2</sup>を求める。
- ・これに、用途別初期消火率とその震度階に応じた補正係数を乗じる<sup>1</sup>。
- ・個別建物→メッシュ→区と集計して出火件数を算出する。

なお、初期消火率は、家人、近隣住民、自主防災組織等の自助・共助による初期消火活動によるものである。

#### ②火気器具・電熱器具からの出火（建物圧壊の場合）

- ・全壊建物のうち、3割を圧壊と考える<sup>1</sup>。
- ・圧壊建物からの出火率と火気器具の時間帯別使用率から算出する<sup>1</sup>。

#### ③電気機器・配線からの出火

- ・全壊棟数に係数を乗じて算出する<sup>1</sup>。

#### ④化学薬品からの出火

- ・化学薬品からの震度別出火率を用いて算出する<sup>1</sup>。

#### ⑤危険物施設からの出火

- ・震度別出火率<sup>1</sup>と横浜市内の区別危険物施設分布を用いて算出する。

### 8.2.3 消火率の設定

公設消防、消防団の投入効果を、式(8.2.1)の各々の消火率に反映させて、各区の消火率を設定する。

$$P = P_D + (1 - P_D) \times P_S \quad (8.2.1)$$

ここで、 $P$  : 消火率

$P_S$  : 公設消防の消火率

$P_D$  : 消防団の消火率

公設消防の消火率 $P_S$ は、以下のように設定した<sup>1</sup>。面積の単位は $m^2$ 、時間は分である。

$$\text{公設消防消火率} = \{ 1 - (1 - 249,705 / \text{地域面積})^{\text{水利数}} \} \times \\ 30 / \{ 29 \times (\text{消火活動開始所要時間} + \text{火点までの平均的な駆付け時間} + \\ \text{ホース展開時間}) / 10 \} \quad (8.2.2)$$

消防団の消火率 $P_D$ は、消防ポンプの能力を比較に基づいて公設消防の1/4とした。

<sup>1</sup> 火災予防審議会・東京消防庁：（東京都第16期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、2005年

<sup>2</sup> 川崎市：川崎市地震被害想定調査報告書、2010年

なお、このようにして算出した消火率を適用すると、消火件数が消防ポンプ車の台数を上回る場合が生じる。このような場合（今回では元禄型関東地震）、1隊（ポンプ車1台）1件を上回ることはないように修正した。

#### 8.2.4 クラスタデータベースの構築

延焼限界距離を、構造や気象条件に応じて建物毎に算出し、これと隣接する建物との距離を比較し、延焼するか否かの判定を行う（加藤ら(2006)）。延焼する可能性のある範囲をグループ化したものが、クラスター（運命共同体）となる。

#### 8.2.5 焼失棟数の算出

以下の手順で、焼失棟数の平均的な予測値を算出した。

- ① 建物単体における出火確率を設定する。
- ② ①の出火確率に対し、公設消防・消防団による消火率をかけ合わせ、消防効果を加味した建物単体における出火確率とする。
- ③ 建物の焼失確率は、各建物が属するクラスターから1件以上出火する確率に等しいことから、クラスターを構成する建物を $n$ 棟、クラスターに属する建物の出火確率の平均値を $\bar{p}$ とすると、各建物の焼失確率 $P$ は、式(8.2.3)で求められる。

$$P = 1 - \exp(-n\bar{p}) \quad (8.2.3)$$

$P$ ：焼失確率

- ④ 集計単位における焼失棟数の確率的な予測値 $x$ は、集計単位内の建物の焼失確率 $P$ の総和に等しい。

$$x = \sum P \quad (8.2.4)$$

【用語説明：クラスター法】

隣棟間の距離が近く延焼して最終的に燃え尽きる可能性のある建物群をクラスターと呼ぶ。このクラスター内のどこかで出火すれば、すべて延焼すると考えるので、クラスターを「運命共同体」とも呼ぶ。

従来の延焼速度式では出火点を設定する必要がある、それによって結果が変わるという問題があった。クラスター法では、全ての建物について出火する可能性を考慮し、確率論的に焼失棟数を算出するので、出火点により値が変わるという問題は生じない。

確率の意味を簡単な例で示す。20棟の建物があり、10棟からなるクラスターがあり、他の10棟は独立（十分な距離がお互いにある）とする。建物の出火確率は、すべて0.05とする。延焼棟数の期待値は、下式となる。独立した建物から出火した場合、焼失棟数は1棟、クラスターから出火した場合、焼失棟数は10棟である。それぞれ、出火確率と建物数を乗じると下記のように、焼失棟数は5.5棟となる。

$$0.05 \times 1 \times 10 \text{ (棟)} + 0.05 \times 10 \times 10 \text{ (棟)} = 5.5 \text{ (棟)}$$

このように、確率として表現するので、10棟のクラスターがあっても、算出される焼失棟数は、それとは一致しない。

道路拡幅等により、クラスターを5棟ずつの2つに分けたとすると、下記のように、6割以下に減らすことができる。このように、防災まちづくりの効果が分かりやすいのも本手法の特徴である。

$$0.05 \times 1 \times 10 \text{ (棟)} + 0.05 \times 5 \times 5 \text{ (棟)} + 0.05 \times 5 \times 5 \text{ (棟)} = 3.0 \text{ (棟)}$$

### 8.3 焼失棟数の予測結果

焼失棟数の予測結果を表8.3.1に示す。元禄型関東地震の際、冬18時・風速6m/sの条件で、焼失棟数は約8万棟となった。5時の場合、炎上出火件数が大幅に少なくなるので、焼失棟数も少なくなる。18時での炎上出火件数の分布を図8.3.1に、50mメッシュでの焼失棟数を図8.3.2に示す。図8.3.2より、中区、西区、神奈川区で特に火災延焼危険度が高い地域が広く見られ、南区、鶴見区、磯子区も危険性が高い。

南海トラフ巨大地震では、建物倒壊による道路閉塞の可能性が小さく炎上出火件数も少ないので、式(8.2.1)の消火率による値のみを焼失棟数とした。

表8.3.1 火災被害による焼失棟数の予測結果

条件	項目	元禄型関東地震	東京湾北部地震	南海トラフ巨大地震
冬 18時 6m/s	炎上出火件数 (件)	370	100	35
	焼失棟数 (棟)	77,654	13,035	5*
冬 5時 6m/s	炎上出火件数 (件)	90	32	13
	焼失棟数 (棟)	20,435	6,946	2*

\*消防により隣棟への延焼を防ぐことが可能とした

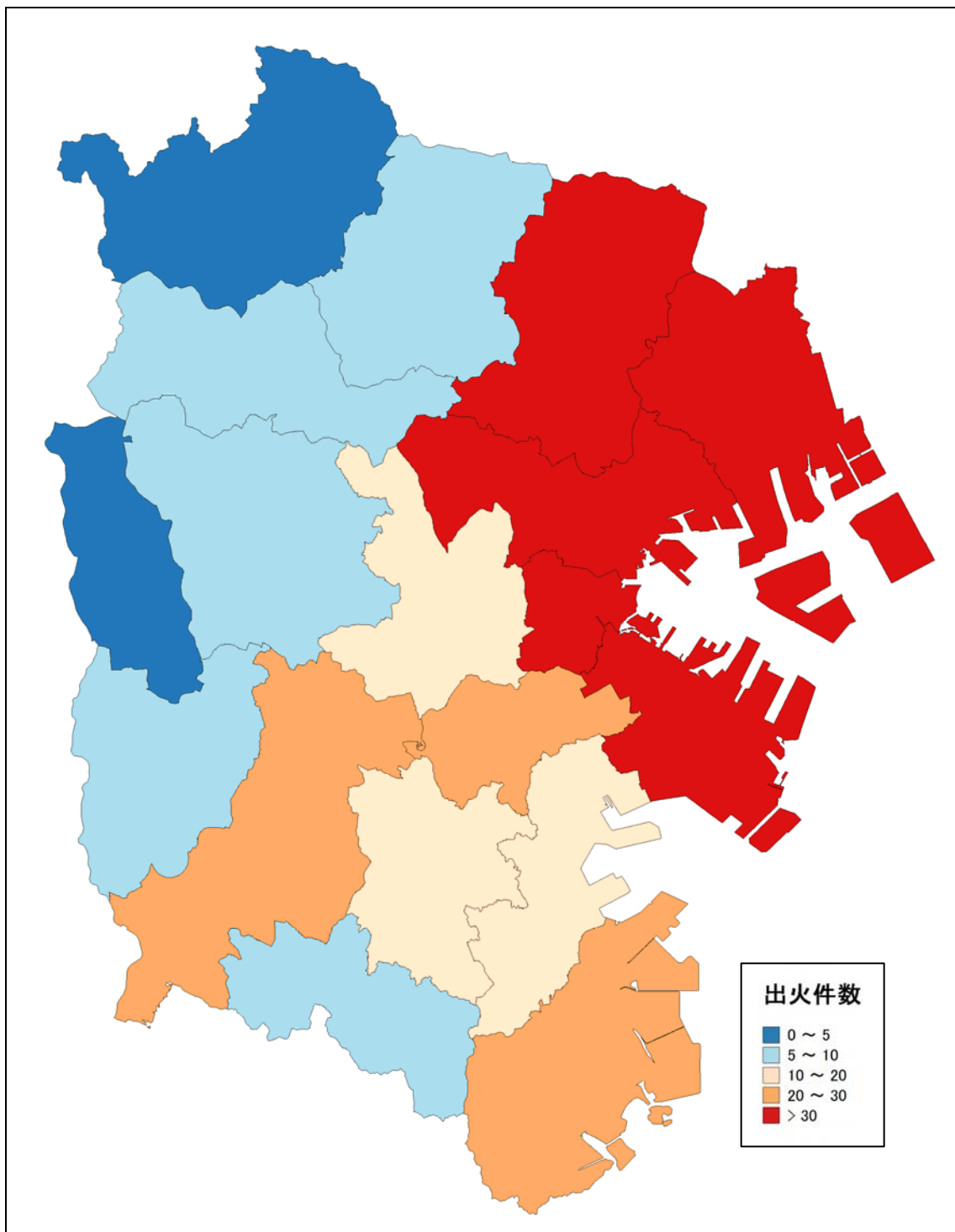


図8.3.1 炎上出火件数：区単位（元禄型関東地震：冬18時、風速6m/s）

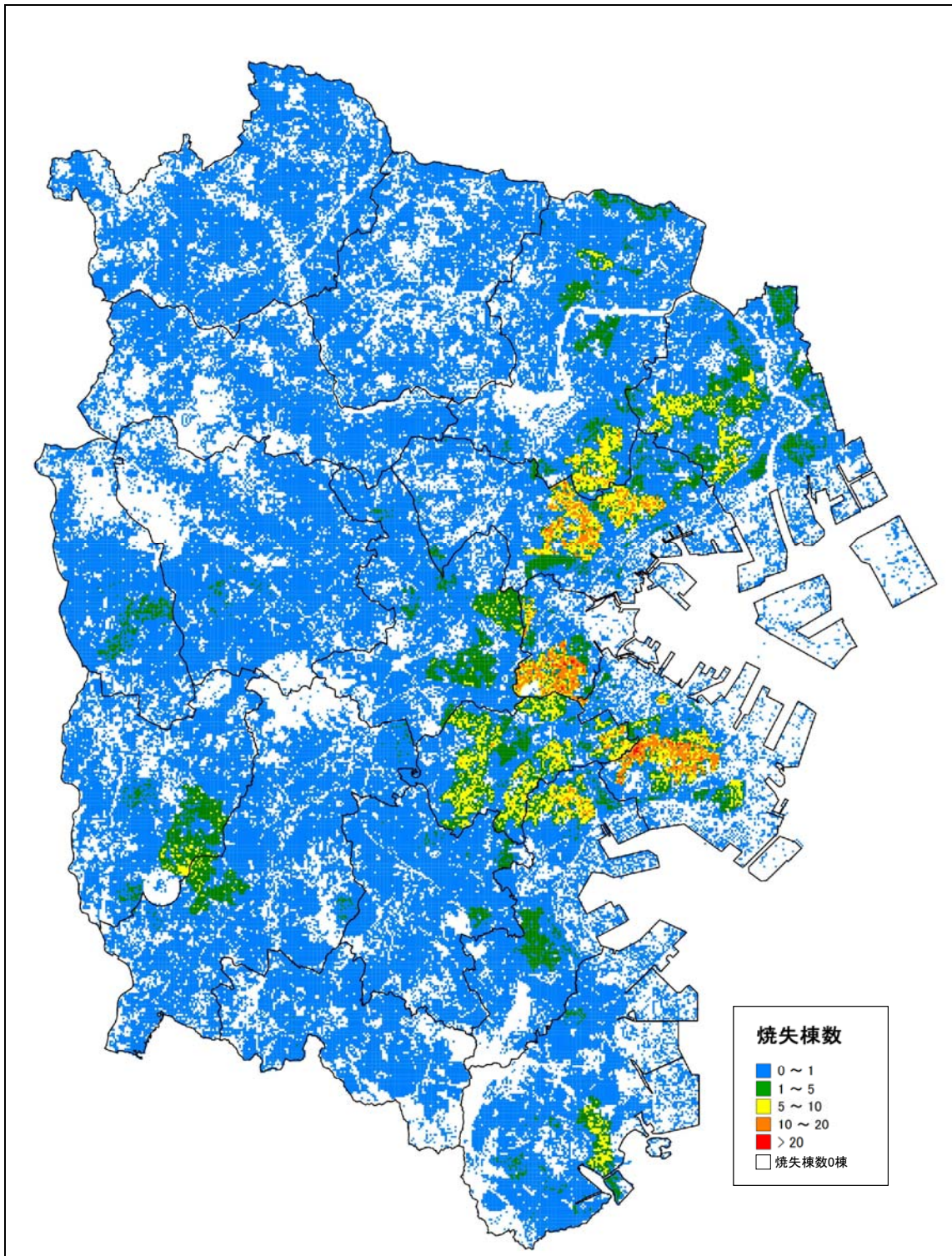


図8.3.2 焼失棟数：50mメッシュ（元禄型関東地震：冬18時、風速6m/s）

## 8.4 火災による人的被害

### 8.4.1 予測方法

死者の発生要因として、以下の3種類のシナリオ（表8.4.1）を想定して、火災による死者数を推定する。中央防災会議（2005）の予測手法を用いた。

表8.4.1 火災による死者の発生要因

シナリオ	具体例
a) 炎上出火家屋内からの逃げ遅れ	出火直後：突然の出火により逃げられなかった人 （揺れによる建物倒壊を伴わない）
b) 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者（生き埋め等）	出火直後：揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に延焼が及び、逃げられない人
	延焼中：揺れによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に延焼が及び、逃げられない人
c) 延焼拡大時の逃げ惑い	延焼中：建物内には閉じ込められていないが、避難にとまどっている間に延焼が拡大し、巻き込まれて焼死した人

#### a) 炎上出火家屋内からの逃げ遅れ

突然の出火により逃げられず被災した死者数を、式(8.4.1)により算定した。

（炎上出火家屋内から逃げ遅れた死者数）

$$= (\text{死者発生率:0.078}) \times \text{出火件数} \times (\text{屋内滞留人口比率}) \quad (8.4.1)$$

#### b) 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者

逃げ遅れた人は、自力脱出困難者の救出可能性を式(8.4.2)により考慮して算定した。

（閉じ込めによる死者数）= ①全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人 × (1 - 生存救出率:0.387)

$$(8.4.2)$$

ここで、

①全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人

$$= (1 - \text{早期救出可能な割合:0.72}) \times \text{②全壊かつ焼失家屋内の要救助者数}$$

②全壊かつ焼失家屋内の要救助者数 = (自力脱出困難者発生率:0.117) × (全壊率(%)/100)

$$\times (\text{全壊かつ焼失棟数/全壊棟数}) \times (\text{発生時刻の出火家屋内滞留人口})$$

#### c) 延焼拡大時の逃げ惑い

延焼拡大時の死者数は、東京都(1997)の過去の大火被害における焼失棟数と死者数のデータに基づき、式(8.4.3)により算定した。

$$(\text{延焼火災による死者数}) = \{0.0218 \times (\text{焼失棟数})\} \times (\text{屋内滞留人口比率}) \quad (8.4.3)$$

負傷者、重傷者についても、所要の係数を用いて算出した。

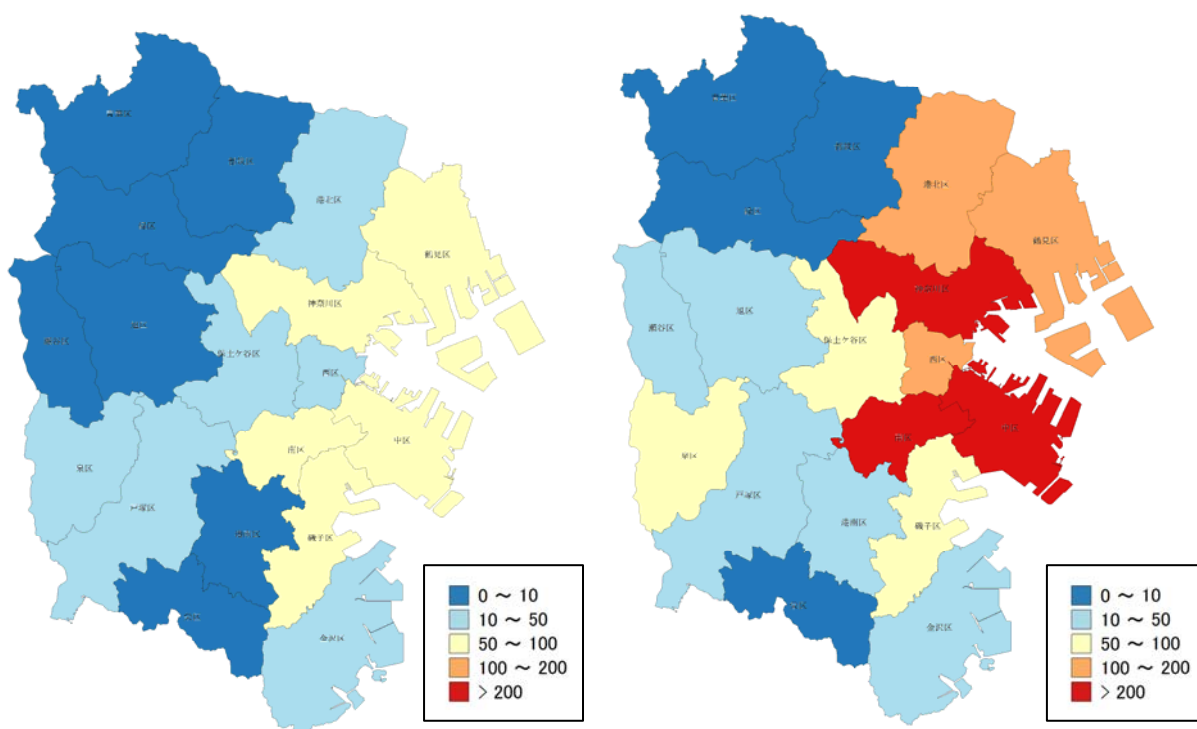
#### 8.4.2 予測結果

表8.4.2に、予測結果を示す。また、図8.4.1に元禄型関東地震が発生した際の火災による死者数の分布（区別）を、図8.4.2に人口1万人あたりの火災による死者数の分布（町丁目別）を、それぞれ5時と18時について示す。火災被害が多い18時の場合、鶴見区から中区にかけて多くの死者が発生すると予測される。これらの地域は、昼間人口が多くなることもあり、北側の住宅地に比べ、明らかに被害が大きい。なお、過去の大火被害データに基づく推定であるので、火災旋風の発生等により、大きく上回る可能性がある。

表8.4.2 火災による人的被害

気象条件	項目	元禄型 関東地震	東京湾 北部地震	南海トラフ 巨大地震
冬 18時 6m/s	死者数（人）	1,548	242	0
	負傷者数（人）	1,778	331	0
	重傷者数（人）	499	92	0
冬 5時 6m/s	死者数（人）	559	181	0
	負傷者数（人）	613	224	0
	重傷者数（人）	167	62	0

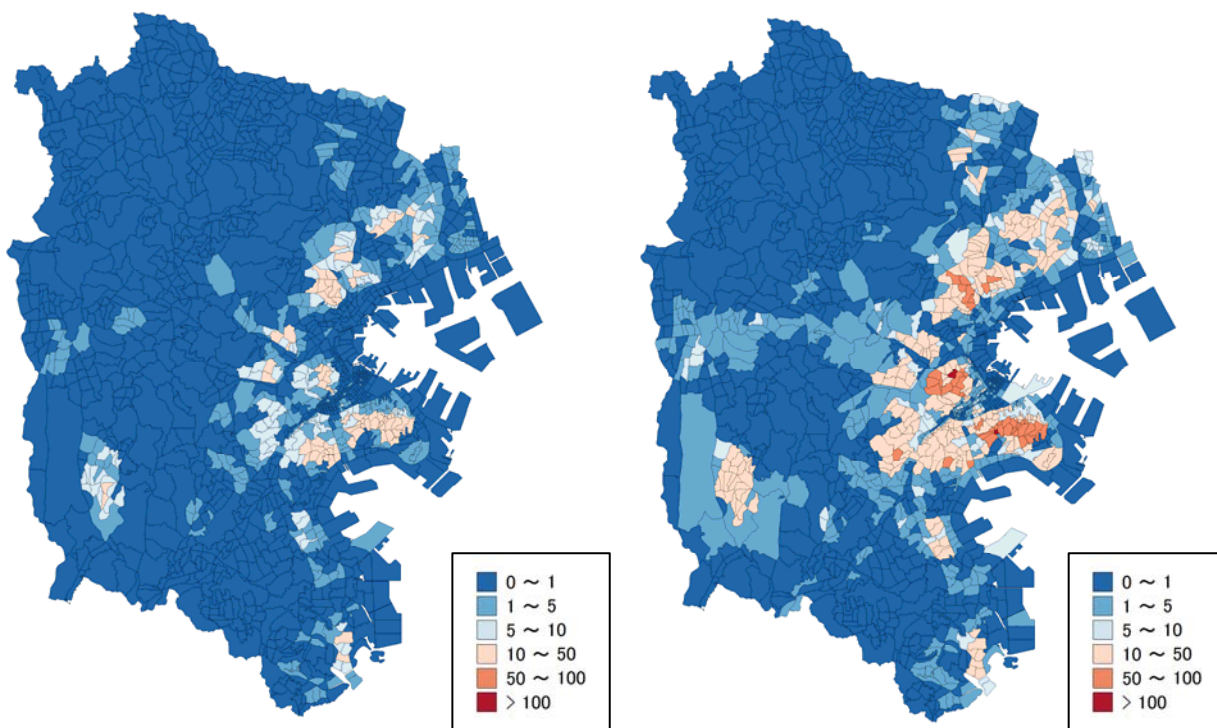




(a) 5時発生

(b) 18時発生

図8.4.1 火災による死者数の分布（元禄型関東地震）



(a) 5時発生

(b) 18時発生

図8.4.2 人口1万人あたり火災による死者数の分布（元禄型関東地震）