

## IV-345

## 地震時火災の延焼危険に関する研究(その1)

近畿大学工学部 正会員 難波義郎  
保野健治郎  
大森豊裕

## 1. はじめに

阪神大震災において焼損面積10,000㎡以上の大規模火災が発生した地域について、平常時の火災危険度と地震時大規模火災とを対比し検討を行なう。

平常時の潜在火災危険度および火災指標は、次のように設定する。

- ①出火指標：各サマリーゾーンの10年間の出火件数とする。サマリーゾーンとは神戸市の「市街地」の町通丁目をいくか積み重ねて設定した地区のことである。
- ②延焼指標：各サマリーの非小火建物火災の1件当たりの焼損面積とする。
- ③避難指標：避難の難易性の結果として人的被害の定量的な把握をする意味で、死者数を避難指標1、傷者数を避難指標2とする。
- ④消火指標：消防署所から遠くに位置する建物火災は、走行時間が一般に多くかかるので焼損面積は大きくなり、消火困難さは増すと考えられる。ここでは、出火から放水までの時間とする。
- ⑤総合火災指標：①～④までの各危険度を総合的に考慮したものとして、総合火災指標を考える。そして、10年間の焼損面積の合計を総合火災指標1、10年間の物的損害額の合計を総合火災指標2(総合火災指標1の値に単価を乗じたもの)、10年間の損害額の合計を総合火災指標3(物的損害額に人的損害額を貨幣価値に換算して含めたもの)とする。

2. 延焼速度式(保野・難波の式)について<sup>1)~7)</sup>

1) 延焼モデル：火災の先端が出火箇所から広がっていく状況(消火活動を伴わない場合の延焼過程)を焼失面積で捉えた場合の延焼速度式は、一般的に図1の実線のようなS字状の曲線となり、次式で表される。

$$A = \frac{G + n\varepsilon}{1 + \exp[-a_1(x - c_1)]} - \frac{G + n\varepsilon}{1 + \exp(a_1c_1)} \quad (1)$$

$$n = (1.39 - 2.82 \times 10^{-4} G) \times \exp\{(5.16 \times 10^{-2} + 3.29 \times 10^{-4} G - 2.18 \times 10^{-7} G^2)v\}$$

$$\varepsilon = G / (1 + \exp(ac))$$

$$a = (0.175 + 0.0245v^{1.62}) \left\{ \frac{176}{G} \right\}^{0.582 \exp(-0.146v)}$$

$$c = [\log_e\{0.980a^{1.400}\}] / a$$

$$a_1 = (0.175 + 0.0245v^{1.62}) \left\{ \frac{176}{G + n\varepsilon} \right\}^{0.582 \exp(-0.146v)}$$

$$c_1 = [\log_e\{0.980a_1^{1.400}(G + n\varepsilon)\}] / a_1$$

ここに、A:焼失面積(㎡), x:出火からの経過時間(min), G:1棟の建築面積(あるいは焼損危険のある建物群の建築面積, ㎡:ただし、 $A \leq G$ ), v:風速(m/s).

式(1)の各係数n, ε, a, c, a<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>は、K市の火災データより求められたものである。ただし、かなり精度良く使用するには、式(1)の適用範囲は、 $0 \leq v \leq 10$  m/sec,  $50 \leq G \leq 1500$  ㎡,  $x \leq 90$  min、平均建ぺい率50~60%である。なお、G<sub>1</sub><G<sub>2</sub>の2つの曲線の同一時刻の焼失面積をそれぞれA<sub>1</sub>とA<sub>2</sub>とすると、出火からの経過時間が早い部分で、A<sub>1</sub>>A<sub>2</sub>となる場合がある。これは曲線の性質上現われる誤差と考えられるので、このような場合はA<sub>2</sub>=A<sub>1</sub>として用いるようにしている。

式(1)は最近の建物火災にほぼ適合することがわかっている。また、精度をある程度まで低下させれば約150,000㎡の大火にも適用され、次稿のように酒田の大火の場合も式(1)のようなS字状の曲線になっていることが示されている<sup>9)</sup>。

2) 延焼阻止モデル：ある放水量Q(m<sup>3</sup>/min)のもとでの焼失面積は、以下のように1分刻みの差分形式で表わすことができる。

$$A(t+1) = \{1 + k(t)\} A(t) \quad (2)$$

$$\text{ここに、} k(t) = \frac{q_0\{A(t-1) - A(t-2)\}}{Q(t-1/2) - q_0\{A(t-1) - A(t-2)\}}$$

t:放水開始後の経過時間(min)、q<sub>0</sub>:所要消火水量係数(m<sup>3</sup>/㎡/min)、k(t):t時刻(min)の延焼増加割合(k(t)≥0)。

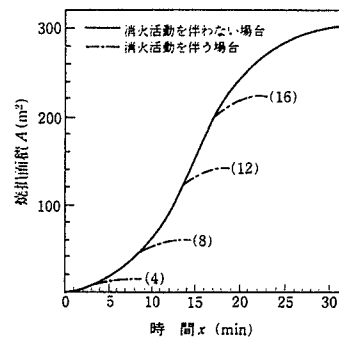


図1 焼損面積と時間  
(括弧内の数値は消火活動を開始した時間)

放水量 $Q$ は、放水ポンプ車の台数や集結状況あるいは水利能力などによって異なる。K市のデータより、第1出動のポンプ車1台、3台および7台分に相当する近似値が得られているが、3台分に相当するものは以下のようである。

$$Q(t) = 0.845 t^{0.437} \quad (3)$$

また、所要消火水量係数は同じくK市のデータより以下の関係式が得られている。

$$q_0 = 0.423 A_w^{-0.898} \quad (4)$$

ここに、 $A_w$ ：放水開始時の焼失面積（ $m^2$ ）。

### 3. 地震に伴う火災に関する罹災状況について

今回の地震に伴う火災に関する罹災状況を表1（1995年3月10日現在概数）に示す。この表からもわかるように東灘区は、兵庫区および長田区のように建物の全半壊件数と出火件数が多いにもかかわらず、焼損面積（敷地）が何故小さいのであろうか。逆に言えば、何故兵庫区および長田区は火災による被害（焼損面積）が大きかったのであろうか。

ここで、使用した平常時の火災資料は昭和49年～58年の10年間（10年間データ）と平成元年～5年の5年間（5年間データ）である。5年間データの神戸市の建物の火災件数は2,217件であり、夜間人口による出火率（件／1万人）は2.94、昼間人口による出火率は2.83となっている。各区の数値を表2に示す。

### 4. まとめ

各区の地区特性および火災に関する各種の指標のうち出火件数（件／10年）、焼損面積（ $m^2$ ／非小火火災1件）および総合火災指標1（延焼損面積： $m^2$ ／10年）においては、東灘区より兵庫区および長田区はかなり高い値を示している。

表1 阪神大震災に伴う罹災状況（'95年3月10日現在概数）

| 区名 | 全壊<br>(棟) | 半壊<br>(棟) | 全半壊<br>合計(棟) | 出火件数<br>(件) | 全焼<br>(棟) | 半焼<br>(棟) | 焼損面積<br>(敷地： $m^2$ ) |
|----|-----------|-----------|--------------|-------------|-----------|-----------|----------------------|
| 東灘 | 11,171    | 3,098     | 14,661       | 26(15)      | 338       | 54        | 31,967               |
| 灘  | 11,693    | 3,559     | 15,849       | 22(15)      | 495       | 102       | 66,350               |
| 中央 | 4,947     | 3,420     | 8,486        | 35(20)      | 72        | 47        | 15,888               |
| 兵庫 | 8,374     | 4,422     | 13,867       | 29(18)      | 1,058     | 13        | 133,395              |
| 長田 | 12,515    | 4,994     | 21,526       | 27(17)      | 3,930     | 87        | 312,095              |
| 須磨 | 6,042     | 4,093     | 11,307       | 22(15)      | 1,150     | 22        | 98,552               |
| 垂水 | 90        | 5,520     | 5,617        | 11(6)       | 2         | 5         | 172                  |
| 北  | 117       | 1,177     | 1,295        | 2(1)        | 1         | -         | 60                   |
| 西  | -         | 1,500     | 1,501        | 2(1)        | -         | 1         | 77                   |
| 合計 | 54,949    | 31,783    | 94,109       | 176(108)    | 7,046     | 331       | 658,555              |

出火件数は1月17日～26日までの件数であり、( )の数値は17日に発生した火災件数

表2 建物出火件数と出火率

| 区分 | 出火<br>件数 | 百分率    | 夜間人口<br>出火率 | 昼間人口<br>出火率 |
|----|----------|--------|-------------|-------------|
| 東灘 | 192      | 8.7    | 2.02        | 2.15        |
| 灘  | 161      | 7.3    | 2.58        | 2.58        |
| 中央 | 396      | 17.9   | 7.09        | 2.81        |
| 兵庫 | 302      | 13.6   | 5.09        | 4.17        |
| 北  | 200      | 9.0    | 1.84        | 2.51        |
| 長田 | 340      | 15.3   | 5.18        | 5.05        |
| 須磨 | 204      | 9.2    | 2.17        | 1.33        |
| 垂水 | 226      | 10.2   | 1.91        | 2.65        |
| 西  | 196      | 7.6    | 2.01        | 2.15        |
| 全区 | 2217     | 100.0% | 2.94        | 2.83        |

平成元年～5年（5年間データ）

また、5年間データを見ると表2より出火件数はおおよび出火率は、東灘区（192件／5年、2.02～2.15件／年）、兵庫区（302件／5年、5.09～4.17件／年）、長田区（340件／5年、5.18～5.05件／年）となっている。兵庫区および長田区は火災が多く発生し、しかもケミカルシューズ（合成皮革靴）などの工場も多数存在している。従って、今回の地震による火災の被害（焼損面積）がこれらの地区に発生したものと思われる。

### 参考文献

- 1) 保野健治郎他：ロジスティック曲線による建物火災の延焼速度式に関する基礎的研究，日本建築学会論文報告集No.311，P137～144，1982
- 2) 保野健治郎他：建物火災の延焼に関する基礎的研究，日本火災学会論文報告集，Vol.32，No1，P23～32，1982
- 3) 保野健治郎他：定差図法による建物火災の延焼速度式（ロジスティック曲線）に関する基礎的研究，日本建築学会論文報告集No.311，P155～160，1983
- 4) 保野健治郎他：建物火災の放水による延焼阻止効果に関する基礎的研究，日本火災学会論文報告集，Vol.32，No2，P15～23，1982
- 5) 保野健治郎他：建物火災と消防水利に関する一考察，日本火災学会研究発表会梗概集，P101～102，1981
- 6) 保野健治郎他：建物火災の消火と水損面積に関する基礎的研究，日本建築学会構造系論文報告集，No.422，P135～143，1991
- 7) 堀内三郎他：新版建築防火，朝倉書店，P133～188，1994