

## IV-59 酒田大火における市街地建物火災の延焼速度に関する基礎的研究

日本上下水道設計 正 員 松岡 秀男  
 近畿大学工学部 正 員 保野健治郎  
 同 上 正 員 難波 義郎  
 近畿大学大学院 学生員 西谷 志彦

## 1. はじめに

本研究では、強風時の市街地大火の事例として、昭和51年の酒田大火(焼損棟数1,774棟、焼失区域面積225,000m<sup>2</sup>)をとりあげ、出火からの経過時間(x:min)、風速(v:m/s)および建築面積(G:m<sup>2</sup>)を考慮した延焼損面積(A:m<sup>2</sup>)を求める。そして延焼損面積に基づく火面周長(S:m)および延焼速度(m/h)の時間的な変化について検討を行った。

2. 延焼速度式(m<sup>2</sup>)について

従来ある延焼モデル式(延焼損面積)の1つである保野・難波の式は、火災の先端が出火箇所から拡がっていく状況(消火活動を伴わない場合の延焼過程)を焼損面積で捉えた場合の木造系建物の延焼速度式であり、式(1)で表わされる。

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

$$\varepsilon = G / (1 + \exp(a_1 \cdot c_1)) \quad (1-a)$$

ここに、A: 焼損面積(m<sup>2</sup>)

X: 出火からの経過時間(min)

G: 1棟の建築面積(あるいは延焼危険のある建築群の建築面積、m<sup>2</sup>;ただし、A ≤ G)

n: nは1 ≤ n < 3として使用する。一般には、1.3 < n < 2程度となる。

a<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>: 定数

ただし、式(1)は、平常時の火災(0 ≤ v ≤ 10m/s, 50 ≤ G ≤ 1500m<sup>2</sup>, X ≤ 90min, 平均建蔽率50~60%)に適用してきた。そこで本研究は、平均風速11m/s, 最大瞬間風速33m/s程度となった酒田大火に式(1)を適用し、a<sub>1</sub>, c<sub>1</sub>, 及びG+n・εのパラメータを求めた。

自治省消防庁が地域住民、消防職員および電力会社職員の証言で推定した延焼動態図<sup>1)</sup>をもとに、非線形最小2乗法により式(1)を適用してパラメータを求めた結果を図1に示す。この酒田大火では、最初の火災(ここでは、第1火災と呼ぶ)の出火約260分後に飛び火による火災が発生しており、それを第2火災として表示している。なお、平均風速11m/s, 第1火災の延べ焼損面積124,131m<sup>2</sup>, 第2火災の延べ焼損面積27,869m<sup>2</sup>である。第1火災と第2火災

を合計した場合のパラメータは、G+n・ε=165,130, a<sub>1</sub>=0.0108, c<sub>1</sub>=371および相関係数R=0.999となった。

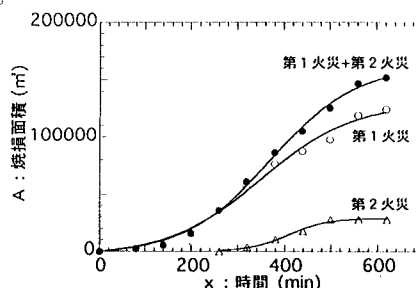


図1 酒田大火における焼損面積と時間の関係

図1に示すように、強風時飛び火によって延焼面積が増大しても式(1)が適用でき、焼損面積(A:m<sup>2</sup>)と時間(x:min)との関係はSカーブとなる。つまり、多くの建物が次々に延焼していく状況は、各火災が時間をずらして出火して燃え広がる焼損面積を合計したものと捉えることができる。

## 3. 延焼速度(m/h)について

## 3.1 火面周長(S:m)

昭和26年から昭和37年の全国約200都市の水道管網図をみると、縦横比が約1:2の矩形が市街地の基本形となっており、一般にそれらが4~6個組み合わせられて1つの街区を形成していることがわかっている。この場合の火面の火面周長は次式で表わされる<sup>2)</sup>。

$$S = 6.36A^{0.5} \quad (2)$$

式(2)は、実際の建物には凸凹部分や死角があるから、堀内が行ったように50%増しとしている。

また、酒田大火の火面周長は、式(3)で表わされる。

$$S = 1.84A^{0.606} \quad (r=0.993) \quad (3)$$

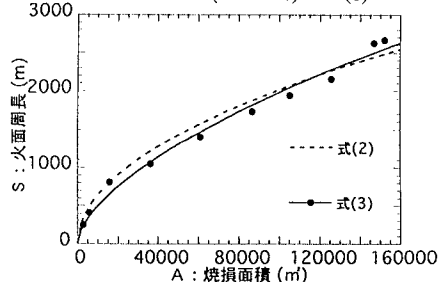


図2 焼損面積と火面周長の関係

図2に示すように、式(3)と式(2)はかなり良く一致している。したがって、式(3)の代りに式(2)を使用してもよいと思われる。よってここでは、街区の基本形として1:2の矩形とすることにより、焼損面積( $A:m^2$ )を延焼距離( $L:m$ )に変換し延焼速度( $V:m/h$ )を求めている。

### 3.2 延焼速度( $V:m/h$ )

東京消防庁の調査によれば、火災初期(出火から60分までの)延焼の平面形態は円に近い楕円形となっており、初期段階を円とみなして、保野式<sup>2)</sup>と東消式によって求めた延焼距離 $L$ はかなり近い値となっている<sup>3)</sup>。よって、火災初期の延焼拡大を円とみなし、それ以降を1:2の矩形とすると、延焼距離( $L:m$ )は、出火から最初の $t$ 分後(ここでは $t=20$ , 半円とみなす)

$$L = \sqrt{A/\pi}$$

$t$ 分から60分まで(円とみなす)

$$L = 2\sqrt{A/\pi} \quad (4)$$

60分から鎮圧まで

$$L = \sqrt{2A}$$

となる。ここでは、式(1)より経過時間( $x$ )ごとに焼損面積( $A$ )を求め、この $A$ と式(4)より $t$ 分刻みで延焼速度 $V(m/h)$ を求めている。

$$V_{(x)} = \frac{L_{(x+t/2)} - L_{(x-t/2)}}{t/60} \quad (5)$$

$x$ : 出火からの経過時間(min)

この式(5)を全体の火災(図1)に $t=20min$ で適用したもの(○記号)と、延焼動態図の延焼等時線間における延焼距離の最大値(●記号:山下の研究<sup>4)</sup>による)および最小値(■記号)による延焼速度を図3に示す。なお、図中の曲線は近似的に3次式で表わしている。

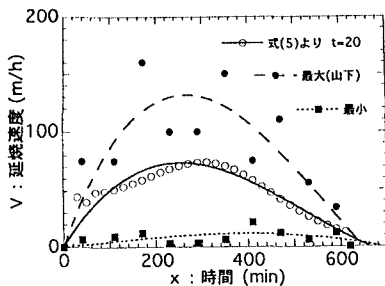


図3 延焼速度と時間の関係

図3に示すように、焼損面積( $A$ )を円と1:2の矩形に変換した場合の延焼速度( $V$ )は経過時間( $X$ )の関数で表示できる。式(1)より、 $X=X_G$ (鎮圧時間:620分)に対して $X=C_1(371)$ は $X_G/2$ の近くの値となり、 $X \div C_1$ で延焼速度( $V$ )はほぼ最大値をとり左右対称の曲

線が描かれる。また、風速を平均風速とすれば、延焼速度( $V$ )は実測の最大値と最小値の中間の値をとる。一方現実には、安全側に消防計画を策定するために実測の最大値を考慮する必要がある。この最大値(3次曲線)は、補正係数 $m \div 1.8$ を乗ずれば求まるが、ここでは省略する。

この時の延焼速度は約120m/hとなり、兵庫県南部地震時の市街地大火の延焼速度と比較すれば、およそ2倍から3倍となっている<sup>5)</sup>。

### 4. 結論

1) 強風時飛び火によって延焼拡大した酒田大火にも式(1)が適用でき、 $G+n \cdot \epsilon = 165,130$ ,  $a_1 = 0.0108$  および  $c_1 = 371$  を得た。この $a_1$ は、佐賀関の実家屋群火災実験<sup>6)</sup>の4棟合計した場合の $a_1$ の約1/13であり、建築面積 $G$ が大きくなるに従って $a_1$ は小さくなっている。

2) 酒田大火における火面周長と焼損面積の関係として式(3)が得られ、街区の形状を1:2と仮定して求めた式(2)とほぼ一致している。

3) 保野・難波の式に基づき、経過時間( $x$ )に対して焼損面積( $A$ )を求め、火災初期段階(出火後1時間まで)を円、それ以降を1:2の矩形として延焼距離( $L$ )の延焼速度( $V$ )を計算し、ほぼ一定の補正係数( $m \div 1.8$ )を乗ずれば実測の最大値が求まる。また、 $X=C_1$ は $X_G/2$ の近くの値となり、 $X \div C_1$ で延焼速度( $V$ )はほぼ最大値をとり左右対称となっている。

謝辞:本研究に際し、ご協力いただいた自治省消防庁消防研究所 山下邦博氏に感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 山下邦博:酒田市大火の延焼状況等に関する調査報告(II), 日本火災学会誌「火災」, Vol.27, No.3, P43, 1977
- 2) 保野健治郎:水道を中心とした都市防火施設に関する研究, 京都大学学位論文, 1968
- 3) 東京消防庁:地震時における市街地大火の延焼性状の解明と対策, 第2編 P153~155, 1985
- 4) 山下邦博:酒田市大火の延焼状況等に関する調査報告(III), 日本火災学会誌「火災」, Vol.27, No.4, P37, 1977
- 5) 神戸市消防局編:阪神・淡路大震災における消防活動の記録(神戸市域), P157~158, (財)神戸市防災安全公社/東京法令出版株式会社, 1995
- 6) 保野健治郎ほか: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, P137~143, 1982