

防火研究グループ

- 1 市街地における防火性能評価手法の開発

The development of the fire performance evaluation method for city fire

(研究期間 平成 13 ~ 14 年度)

防火研究グループ

成瀬友宏

大宮喜文

林 吉彦

Dept. of Fire Engineering

Tomohiro Naruse

Yoshifumi Ohmiya

Yoshihiko Hayashi

Synopsis - This study is aimed at developing the methods to evaluate the fire performance against city fire.

Both macroscopic and microscopic models were made. The former is based on the four indexes with the parameter of the covering volume fraction and the latter includes the ten kinds of sub-models to estimate the physical fire phenomena.

【研究目的及び経過】

平成 7 年に発生した兵庫県南部地震における市街地火災では、大規模となった火災が広幅員の道路、公園、連続可燃建築物などの都市基盤によって焼け止まり、延焼遮断帯の重要性が確認された。その一方で、街区内部の火災による被害が著しく、市街地火災に対する地区レベルでの安全性向上の重要性があらためて指摘された。平常時から住民が参加したまちづくりや防災対策を支援する技術の開発も不可欠となっている。

本研究は、これまでの延焼遮断帯、避難地、避難路対策といった都市の骨格を形成する都市計画的防災計画に加えて、道路、緑地、空地、河川をはじめとした地区施設、耐火性能を有する建築物等が市街地火災に対してどのような延焼抑止効果を有するのかを明らかにすることにより、地区の防火性能評価手法の研究、開発を行うことを目的とする。

なお、本研究では市街地の防火性能評価手法として、建坪率などのマクロ的な市街地指標に基づき、詳細に検討すべき地区を抽出する手法（マクロ評価手法）、及び抽出された地区に対して延焼シミュレーションを用いて詳細に検討する手法（ミクロ評価手法）をそれぞれ検討している。昨年度までに、マクロ評価手法では、東京都の実データをもとに市街地指標から防火性能指標を導く関数形を求め、ミクロ評価手法では、火災実験を行って市街地火災現象の物理モデルを構築し、これに基づくシミュレーションプログラムのプロトタイプを作成した。

【研究内容】

本年度は、マクロ評価手法では、市街地防火性能評価関数を確定し、マクロ評価手法を開発した。ミクロ評価手法では、市街地火災の物理モデルを確定し、シミュレーションプログラムを完成させた。さらに、シミュレーションプログラムを用いて市街地の防火性能を評価する手法についても開発した。

【研究結果】

1. マクロ評価手法

表 1（平均的な評価関数のみ）に示すような市街地防火性能を表す 4 つの指標を定義し、CVF の値を説明変数として、

- (i) 「平均的には」どの程度の市街地防火性能指標になるのか
- (ii) 「最大限悲観的に見積もった場合」どの程度の市街地防火性能指標になるのか

を予測する評価関数を導出した。

表 1 市街地防火性能評価関数一覧

No	市街地防火性能指標	平均的な評価関数
1	平均焼失建築面積割合 (対市街地面積)	$1 - \exp\left(-\frac{0.00514}{(1 - CVF)^{2.58}}\right)$
2	セミグロス平均焼失 建築面積割合	$1 - \exp\left(-\frac{0.00566}{(1 - CVF)^{2.59}}\right)$
3	平均焼失建築面積割合 (対全建築面積)	$1 - \exp\left(-\frac{0.01428}{(1 - CVF)^{2.71}}\right)$
4	最大焼失建築面積割合 (対全建築面積)	$1 - \exp\left(-\frac{0.04099}{(1 - CVF)^{2.17}}\right)$

ただし、 $CVF = 3.170 \times \text{セミグロス裸木造建べい率}$
 $+ 2.090 \times \text{セミグロス防火造建べい率}$
 $+ 1.398 \times \text{セミグロス準耐火造建べい率}$

セミグロス裸木造建べい率 = 裸木造建築面積
 $\div (\text{市街地面積} - \text{一定規模以上の空地面積})$

セミグロス防火造建べい率 = 防火造建築面積
 $\div (\text{市街地面積} - \text{一定規模以上の空地面積})$

セミグロス準耐火造建べい率 = 準耐火造建築面積
 $\div (\text{市街地面積} - \text{一定規模以上の空地面積})$

2. ミクロ評価手法

2.1 延焼シミュレーションモデルの開発

市街地の延焼拡大過程について火災進展シナリオを想定し、その中に表 2 に示す ~ のサブモデルを位置づけ、それらを組み上げることで市街地火災のシミュレーションモデルを開発した。

表2 主なサブモデル

火災進展状況設定	建物構造ごとの、屋根燃え抜け有無、外壁燃え抜け有無の設定
換気量計算	火災進展状況ごとの開口部、屋根、外壁を考慮した空気の供給量の計算
発熱速度計算	換気量と可燃物量から可燃物の燃焼の激しさの計算
火炎形状計算	各開口部、屋根上等、建物周囲に形成される火炎形状の計算
火炎合流判定	燃焼建物周囲の火炎が他の火炎と合流するかどうかの判定
着火可能領域設定	建物構造ごとに、開口部や可燃物の露出している部位を設定
気流温度計算	周囲の気流温度の計算
接炎判定	近傍の火炎に接するかどうかの判定
放射受熱量計算	周囲の火炎がどの程度の大きさに見えるかを幾何学計算
温度上昇計算	気流、放射の影響による着火可能領域の温度変化を計算

サブモデルの中で、**1**、**2**、**3**、及び **4** は既存の知見を元にモデルを構築し、**5**、**6**、**7** は、火災実験を行って、その成果を元にモデル化を行った。火災実験の概要とモデル化の方法は以下の通り。

(1) 発熱速度のモデル

側壁に2つの開口部を設けた区画模型を作成し、天井の有無を条件にして木材クリブを模型の中と外に設置した場合のそれぞれで燃焼させ、有風下における木材クリブの燃焼速度をモデル化した。

(2) 火炎形状のモデル

1)と同様の区画模型内部で、区画内の木材クリブの燃焼に相当するプロパンガスを燃焼させることで、系統的に火炎長さや火炎傾斜に関する定式化を行った。

(3) 火炎合流のモデル

複数の格子状に並べた正方形のガスバーナーを用い、それらの配置（縦、横の個数）、間隔、一個あたりの発熱速度、風速・風向を系統的に変化させ、合流発生の有無の確認と火炎からの放射熱を測定し、実験結果から火炎合流発生条件、及び合流による影響をモデル化した。

(4) 気流温度分布のモデル

ガスバーナーを用いて、燃焼量、風速を系統的に変化させることで、有風下の風下熱気流の温度分布の定式化を行った。

2.2 シミュレーションを用いた防火性能評価手法

評価指標を得るためには、風速と出火点の条件を変化させた複数回のシミュレーション結果から、平均あるいは最大の被害状況等を計算することが基本となる。対策実施前後の評価指標値を比較することで、防火性能を評価することが可能となる。

評価項目としては、評価の対象ごとに次のような指標が考えられる。

(1) 市街地の防火性能評価指標：

- ・平均・最大焼失建築面積・棟数（面積割合・棟数割合）、
- ・風下側平均延焼速度（出火後一定時間後での）、
- ・時間 - 平均・最大焼失建築面積・棟数（面積割合・棟数割合）曲線、
- ・時間 - 平均・最大火面周長曲線。

(2) 建物の防火性能評価指標：

- ・時間 - 焼失確率曲線、
- ・平均着火時刻、
- ・平均加害棟数（自らを經由して延焼した建物数）、
- ・平均延焼時間（自らを經由した際の隣棟着火の遅れ時間）
- ・自出火時平均・最大焼失建築面積・棟数（面積割合・棟数割合）（自ら出火した際の焼失面積割合）、
- ・自出火時風下側平均・最大延焼速度（自ら出火した際の出火後一定時間後での風下側延焼速度）、
- ・着火箇所の頻度分布。

(3) 特定の道路や延焼遅延帯による延焼遅延効果の評価：

- ・当該遅延帯を突破して片側から他方へ延焼する割合、
- ・当該遅延帯を突破して片側から他方へ延焼するに要した平均時間・最大時間。

【備考】本研究の詳細については以下の文献を参照のこと。

- ・国土技術研究センター：まちづくりにおける防災評価・対策技術の総合的検討に関する調査報告書、2002.3
- ・糸井川栄一：防災まちづくりの目標指標としての不燃領域率、日本建築学会地震防災総合研究特別研究委員会都市構造防災化小委員会第3回公開研究会資料、1999.6
- ・大宮喜文、岩見達也：建物火災に伴う火の粉の飛散と飛び火に関する実態調査、日本建築学会技術報告集 第9号、1999.12
- ・若狭弘幸、西野耕平、大宮喜文、若松孝旺：有風下における建物周囲に形成される火炎形状、日本建築学会大会学術講演梗概集、2000.9
- ・林吉彦、佐賀武司：有風下の火災気流の温度分布に関する実験的検討、日本建築学会環境系論文集、No.566、pp.25-32、2003
- ・岩見達也：市街地火災の延焼拡大過程、第30回安全工学シンポジウム講演予稿集、2000.7
- ・三澤温、鍵屋浩司、長谷見雄二、伊藤重人、若松孝旺：火炎近傍における樹木の防火性に関する実験、2000年度日本建築学会関東支部研究報告集、pp.13-16、2001.3
- ・鍵屋浩司、長谷見雄二、伊藤重人：自由空間の複数火源による火炎高さの定量実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、2002.9