

# Epistula

えぴすとら



独立行政法人 建築研究所  
Building Research Institute  
Vol.41 発行：2008.4

## 特集 市街地火災の延焼シミュレーション

平成7年(1995年)兵庫県南部地震では、消防庁の確定報によると死者・行方不明者6,437人、負傷者43,792人の人的被害を記録しました。地震に伴い269件の建物から出火がありましたが、通常の消防力を超える火災の発生、建物倒壊による道路閉塞、交通渋滞などにより消火活動は滞り、放任状態となった火災は木造密集住宅街を焼き尽くしていきました。焼損した建物は7,574棟に及び、その大半は全焼の被害でした。幹線道路、公園緑地、不燃化建築物群などにより辛うじて焼け止まり、都市の延焼遮断帯の効果が確認された一方で、それらに含まれる地区レベル、街区レベルでの総合的な安全性向上の必要性が認識されました。

大地震に伴う市街地火災により甚大な被害が懸念される木造密集市街地は、国土交通省の取りまとめでは、全国に約25,000ha(東京ドーム5,350個分)存在します。老朽木造建物や居住世帯が密集し、道路や公園の整備状況なども乏しく、更なる壊滅的被害が予想される市街地は重点密集市街地といわれ、東京都、大阪府に各々約2,300ha、神奈川県に約750haなど、全国に約8,000ha存在します。20世紀の負の遺産ともいえるもので、各自治体はその解消に向けて積極的な取り組みを行っています。地区レベル、街区レベルで延焼拡大を現実的に抑制するには、狭い道路の拡幅、小公園の整備に加え、住宅の建替え、耐震改修、生け垣・植栽設置の推進などの小規模な対策の集積が有効と考えられます。

建築研究所と国土交通省国土技術政策総合研究所(以下、国総研という)は、国土交通省総合技術開発プロジェクト「まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発」(平成10~14年度)の一環として、市街地火災の延焼メカニズムを実験的に解明し、その結果をもとに市街地火災の延焼シミュレーションプログラムを開発しました。延焼シミュレーションプログラムは、現状市街地で火災が起きた場合の延焼拡大を時々刻々と予測するもので、先述した小規模な防災対策の事前評価に活用することができます。

今回のえぴすとらでは、建築研究所の取り組みを中心に延焼シミュレーションプログラムについて、開発過程、活用例、課題などを紹介します。



■写真1 兵庫県南部地震直後の神戸市街の火災の様子  
(神戸山手大学都市交流学科 小林郁雄教授提供)

# 火災に強いまちづくりのために

大地震直後に同時多発的に火災が発生し、強風が重なると、木造密集市街地を中心に大規模な市街地火災に進展する可能性があります。建築研究所と国総研は、火災と風との関係を実験で明らかにし、その成果をもとに市街地火災の延焼シミュレーションプログラムを開発しました。これを用いることで、木造密集市街地で検討される防火対策の効果を事前に把握することができます。

## 開 発に至る背景

昭和50年代に都市防災に関する本格的な研究が行われました。都市防火区画を形成し得る延焼遮断帯の設計手法が提案され、都市防災不燃化促進事業などの具体的な政策が実施されてきました。

兵庫県南部地震では、延焼防止に関しては基幹道路などの周辺の不燃化が有効に機能することが実証されました。その一方で、延焼遮断帯内側の老朽木造建物が密集するエリアは壊滅的な被害を受けました。

その延焼被害状況を詳しく見ると、耐火建築物や小公園により延焼を阻止し得ることが確認され、これを踏まえ、建替え、改修、狭あい道路の拡幅、小公園整備、植樹などの小規模な対策の集積を延焼被害低減方策として前向きに実施しようという機運が高まってきました。

延焼遮断帯の整備状況をもとに延焼危険度を大づかみに評価することは可能ですが、上述した小規模な対策の効果を評価するには至っていません。

そこで、建物間の延焼拡大や上記対策の効果を物理的に表現し得るものとして延焼シミュレーションプログラムの開発が行われることになりました。

## 延 焼のメカニズム

建物の火災の進行は構造に応じて異なってきます。

裸木造では、外壁や屋根などの外構の耐火性に乏しいため、建物内外の火災が同時進行し、火災盛期には建物全体が炎上します。

防火造や準耐火建築物では、フラッシュオーバー（写真3参照）以降しばらくは開口部のみから火災が噴出するのですが、やがて、外壁、屋根が燃え抜け、建物全体が炎上するに至ります。

耐火建築物では、外構の耐火性が高く、火災盛期においても建物全体が炎上することはありません。

火災が隣の建物へ延焼拡大する要因として、①開口噴出火災や建物炎上火災による接炎、②火災からの放射伝熱、③熱気流からの対流伝熱、④火の粉による飛び火が挙げられます。強風時には、火勢が助長されるのに加え、火災や熱気流は傾斜し、大量の火の粉が広範囲に飛散するため、これらの影響はさらに強まります。そのため、裸木造の外壁や屋根、建物開口など防火性に劣る部分へ着火し、急速に延焼拡大していきます。

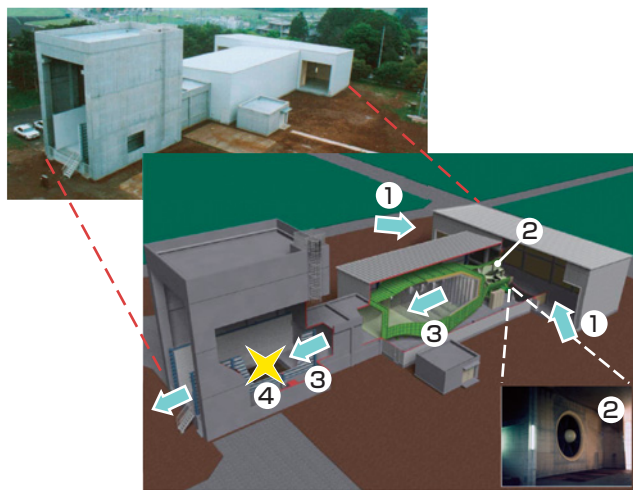
## 開 発過程

市街地火災を招く前記要因を実験的に解明し、モデル化を行い、市街地火災の延焼シミュレーションプログラムを組み立てていきました。延焼拡大に大きな影響を及ぼす風と火災の関係については、建築研究所の火災風洞（図1）を用いた実験結果から定式化を行いました。火災風洞は火災実験専用の風洞としては世界でも唯一のものであり、住宅規模であれば、

### コラム

建築物は防火的な観点から見ると、4つの構造に分類され、それぞれ火災に対する強さが異なります。特に、裸木造は燃えやすく、周囲への加害性も大きいので、密集市街地では早急な対応が望まれます。

裸木造	木材が外から見える。そのため、周辺の火災から受害しやすい。昔の住宅に多く、重点密集市街地では多く残っている。
防火造	木材がモルタル・サイディングなどの防火性能のある部材で覆われており、裸木造と比べて受火防止性が向上している。最近の住宅に多い。
準耐火建築物	耐火建築物よりは劣るが、柱や梁などの主要構造部がある程度の耐火性能を有する。
耐火建築物	主要構造部が鉄筋コンクリート造などの耐火構造であり、火災が終了するまで耐えることができる。



■図1 建築研究所の火災風洞

火災風洞は、長手方向に62.55m、最大幅は30m、最高高さは15.5mの大規模な実験施設です。①外気を取り入れた後、②直径4mの大型ファンで風を起こします。③風は風洞内を流れ、④×の火災実験エリアに到達し、ここで火災と風との関係が明らかになります。



■写真2 区画模型を用いた火災風洞実験の様子（左は無風、右は有風下）



■写真3 実際の家屋を用いた火災実験の様子  
室内の火災がある時期に一気に拡大し（フラッシュオーバー）、室全体に及ぶと、火災は窓から噴出します。



■写真4 樹木の遮熱効果確認の実験



実大スケールまでの実験が可能です(写真2、3)。これにより、従来の模型実験の限界を超えた知見が明らかになりました。樹木の遮熱効果、延焼遅延効果を明らかにするために実際の樹木を開口噴出火炎に曝した実験も行っています(写真4)。これも火災風洞ならではの実験といえます。

これらの実験結果を踏まえて構築された延焼シミュレーションプログラムを実行するのに必要なデータは、対象エリアの地盤高、個々の建物の形状や配置情報、階数、構造、開口情報、用途などです。これらのデータは自治体を持つGIS(地理情報システム)データを用いることとなりますが、開口情報のように入手が困難なものに対しては、標準的なデフォルト値を設定することも可能です。地震による構造被害、風向・風速、出火点は任意に設定ができ、地震直後の同時多発火災を想定したシミュレーションが可能です。なお、本プログラムは国総研より配布されており、シミュレーション結果は同時に配布されるプログラムで可視化が可能です。

一例として、兵庫県南部地震直後に神戸市長田区内で発生した市街地火災を再現しました<sup>1)</sup>。出火点、出火時刻は判明している情報を与えました。地震発生当日の神戸海洋気象台で観測されたデータを参照し、北東の風向、3.2m/sの風速としました。入力データの中には一部推定せざるを得なかったものもありますが<sup>2)</sup>、東京消防庁の実態調査結果と比較すると、延焼範囲が時間とともに拡大していく様子を再現することができ、十分な精度を有していることがわかります(図2)。

## 防災まちづくりへの活用

一般に、大地震時に火災による延焼や住宅の倒壊などの被害が予想される地区の住民に対し、自治体は所有する様々な防災情報の提供を行います。これらの情報を受けて、住民は行政と協働で、防災まちづくりの方法や事例を研究しながらその地区に相応しい対策を模索していきます。

しかし、防災対策といっても、種々のものが挙げられます。都市によっては、昔ながらの街並みの保存や閑静な住宅地としての整備といった課題や目標が違ってきます。そのため、全国画一的な防災対策を提案し実施することはできず、その都市の特性に応じた対策を施す必要があります。延焼シミュレーションプログラムを用いると、それぞれの防災対策の実施前後での延焼範囲を確認することができ、どの対策が効率よく防災に寄与するかを把握することができます(図3)。この結果を見ながら、住民・行政が納得の上で、その地区や都市の特性に応じた対策を取捨選択することができます。

その他にも、延焼シミュレーションプログラムの結果はビジュアル的に延焼範囲が拡大する様子を示すことができるので、防災情報として提示することで、住民の防火に対する意識向上が図られます。これにより、建物や道路といったハード面の改善だけでなく、地域コミュニティの強化が見込まれ、出火防止や被災時の円滑な避難、住民同士の助け合いが期待できます。

また、住民に示すだけでなく、行政の側としても、このプログラムを使うことで、限られた予算の中で優先的に実施する対策を決定することに役立ったり、実施した対策の費用対効果を示したりするツールとしても活用することが可能です。

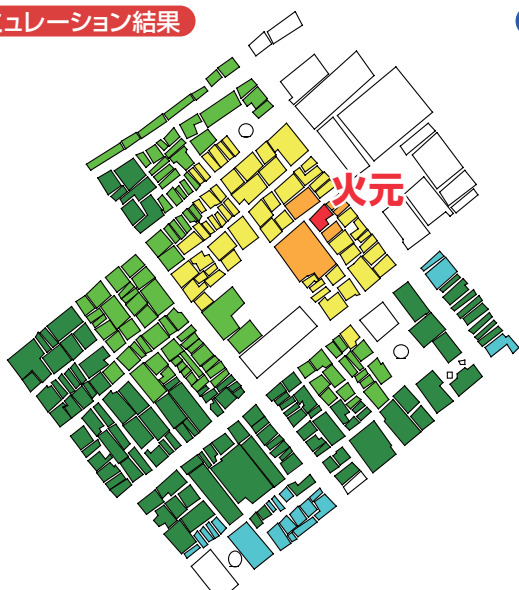
## 今後の課題

地震直後には屋根瓦や外壁モルタルの脱落により木部が露出し、火の粉による飛び火が起こり易くなります。飛び火現象の解明に向け、建築研究所では実験的、数値的検討を行ってきました。現在は、米国標準技術研究所(NIST, National Institute of Standards and Technology)とも連携し、市街地火災や森林火災時の火の粉による延焼拡大の解明に努めています(写真5)。これらの成果をもとに、火の粉発生量、飛散距離、落下時に火災を招く危険性を結び付けるモデルを構築し、延焼シミュレーションプログラムへの反映を行う予定です。

(林 吉彦、仁井 大策)

- 1) 50haくらいの地区で3000棟程度を包含する場合、CPU:Core 2 Duo (2.4GHz)、RAM:2GBのパソコンで約15分の計算時間を必要とします。
- 2) 火災当時のデータから、構造に関しては木造、非木造種別しか判明しなかったため、入力時には、防火木造、耐火造と設定しました。実際は構造被害もあったと考えられますが、個別の被害程度は不明なため、全てを無被害としました。

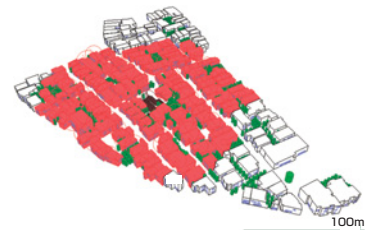
シミュレーション結果



実態調査



- 05:47 (出火)
- 05:48~06:10
- 06:11~07:30
- 07:31~08:30
- 08:31~10:30
- 10:31~12:40
- 延焼せず



■図3 延焼シミュレーションプログラムの適用例

金沢市は、金沢工業大学永野紳一郎教授らの支援の下、重点密集市街地の菊川幸町地区を対象に、植栽を用いた防火性向上を模索しています。検討結果は、住民との協議の場において活用されています。



■写真5 火の粉による飛び火の解明に向けた取り組み

■図2 兵庫県南部地震に伴う神戸市長田区若松町3丁目付近の延焼シミュレーション結果(実態調査結果と比較)

## 環境研究グループ

平成20年2月に床仕上げ材の床衝撃音レベル低減量（床衝撃音の低減性能）を測定するための床衝撃音実験棟が完成しました。

近年の集合住宅における不具合・クレーム等をみると、遮音性能に関連する事例が多く、中でも特に床衝撃音の内容が大半です。また、床衝撃音に関しては、測定法・評価法の見直しや床衝撃音遮断性能の推定精度の向上などが新たな課題となっています。

壁式のRC造2階建ての構造で、スラブ厚150mmと200mmの2種類のアンボンドスラブを有するこの実験棟は、コンクリート床土上の床仕上げ構造の床衝撃音レベル低減量の測定方法を規定したJIS A 1440-1、JIS A 1440-2 および「住宅の品質確保の促進等に関する法律」における特別評価方法認定試験の規定にも対応できる最新の実験施設です。

現在、環境研究グループでは、基盤研究開発課題として「床衝撃音レベルおよび床衝撃音レベル低減量の測定方法の

提案と対策工法の開発に関する研究」（平成18年度から3年計画）を実施しています。研究内容は、現在2つある重量床衝撃音の測定に用いられる標準重量衝撃源の対応性に関する検討、床衝撃音レベル低減量の測定方法に関する検討、乾式二重床構造の床衝撃音発生系の解明と対策工法の開発をめざすものです。

本実験棟を使用して、床衝撃音レベル低減量の測定法・評価法に関する検討、床衝撃音遮断性能の高い床仕上げ材の開発、温湿度変化や経年変化が床衝撃音に与える影響などの実験的検討を実施する予定です。



床衝撃音実験棟の外観

## Q & A コーナー

**Q** 建築研究所では、外部から研究者の受け入れを行っていますか？

**A** はい。建築研究所では、国内外の公的研究機関、大学、民間研究機関との人事交流を推進しています。平成18年度は、客員研究員及び交流研究員を併せて、34名を受け入れました。また、海外からの研究者・研修生についても、25名を受け入れました。このうち、客員研究員については、平成18年度に新たに委嘱した10名を含めて20名の研究者を委嘱し、研究所の研究内容の充実に貢献していただいたほか、民間企業等から14名の交流研究員を受け入れました。また、科学技術振興機構の「重点研究支援協力員派遣事業」を活用し、8名の重点研究支援協力員の派遣を受け入れました。

● Q&A コーナーは、読者の方から頂いたご質問にお答えするコーナーです。ご質問は、epistula@kenken.go.jp までお願いいたします。

## 編集後記

1995年1月17日に兵庫県南部地震が発生した当時、私は関西に居住しており、激しい縦揺れで目覚めたことを今でも鮮明に記憶しています。地震発生後、木造住宅密集地域を中心に大規模な火災が発生して多くの被害が生じたことは、皆様の記憶にも残っていることと思います。消防力を上回る同時多発火災が発生した場合、初期段階で消火できなかった火災が市街地火災となって成長拡大していくことは、今後も起こり得る事態です。

市街地火災の延焼速度は、風に大きく影響され、風速が増加するにつれて指数的に増加するという調査結果もあります。

兵庫県南部地震の際の火災の延焼速度（20～40m/h）が、それ以前の市街地火災の延焼速度（概ね100m/h以上）と比べて遅かったのも、風速が遅かった（概ね4m/s以下）ためと考えられています。

市街地火災の研究は、過去に発生した都市大火の延焼動態に適合させる経験的モデルの構築から、放射熱、気流温度などを考慮して、物理的に延焼拡大予測を行うモデルの構築に移行してきました。我々は、今後も市街地火災の延焼拡大要因の解明を推進し、実市街地において火災が発生した際の延焼予測精度を向上させ、火災に強いまちづくりの実現に貢献していきたいと考えています。（H.Y.）

## 平成20年度科学技術週間に伴う施設公開のご案内

建築研究所では、文部科学省が主催する「第49回科学技術週間」（平成20年4月14日～20日）の取り組みの一環として、4月19日（土）に一般の方を対象にして、実験施設と展示館を公開します。

実験施設の見学は、1コース3施設程度を紹介するツアー形式となっており、ユニバーサルデザイン実験棟や実大構造物実験棟などの実験棟を案内します。各実験棟では、その施設で行っている研究を分かりやすく説明いたします。また、展示館では建築研究所が取り組んでいる最新の研究内容をパネルで紹介いたします。

見学ツアーへの参加には、事前の予約が必要です。予約方法・ツアーの内容などの詳細については、建築研究所のホームページ（<http://www.kenken.go.jp/>）に掲載いたしますのでそちらをご覧ください。定員になり次第受付を終了させていただきますので、早めの予約をお願いいたします。

## 出版のご案内

建築研究資料 第110号

「緩衝緑地整備における事業効果の分析と樹林構造の評価」

建築研究資料 第111号

「平成19年（2007年）能登半島地震被害調査報告」

建築研究資料 第112号

「平成19年（2007年）新潟県中越沖地震被害調査報告」

建築研究資料 第113号

「21世紀鋼構造フォーラム研究報告  
－6年半の活動とその成果－」



本館前桜俯瞰  
Photo K. Bogaki

**Epistula**  
えびすとら



第41号 平成20年4月発行  
編集：えびすとら編集委員会  
発行：独立行政法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原1

Tel.029-864-2151 Fax.029-864-2989

●えびすとらに関するご意見、ご感想は  
epistula@kenken.go.jp までお願い致します。

また、バックナンバーは、ホームページでご覧になれます。  
(<http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/epistula.html>)