

Epistula

えびすとら



国立研究開発法人 建築研究所
Building Research Institute
Vol.72 発行：2016.1

特集 火災風洞を利用した地震火災・津波火災研究

火 災風洞実験棟の紹介

わが国には、木造住宅が密集した市街地が多数あり、大規模な市街地火災を数多く経験してきました。市街地火災における建物間の延焼は、そのときの風向や風速に大きく左右されることが知られています。市街地火災の被害低減策を検討するには、風が火災に及ぼす影響を把握することが不可欠です。

建築研究所は、風が火災や煙に及ぼす影響を系統的に調べるための実験施設(火災風洞実験棟)を所有しています(写真1)。火災風洞実験棟では、直径約4mの大型ファンにより送り込まれた気流の乱れや偏りを整え、測定洞内に最大で約10m/sの風を送り込むことができます。市街地風を模擬するための風洞と呼ばれる実験施設は数多くありますが、この火災風洞実験棟は、実験計画に沿って作り出された風の中で大規模な火災実験を実施できる、世界的にも珍しい実験施設です。

火災風洞では、これまでに、(1)市街地火災を想定した熱源の風下における温度上昇特性、(2)有風下の建物間延焼過程、(3)高層建築群によるビル風と火災拡大の関係、(4)集団火災時の火の粉の飛散性状、(5)大規模空間内における外気侵入時の煙流動とその制御、などを調べるために活用されてきました。こうした実験の成果は、市街地火災をシミュレーションする数値計算プログラムの開発や、防災まちづくりガイドライン作成の基礎データとなっています。本稿では、近年になって開始された火災風洞実験の一端を紹介して、風と火災の関係で明らかになってきたことを紹介します。



■ 写真1 火災風洞実験棟の全景

縮 小模型を用いた市街地火災実験

わが国は市街地が大規模に焼失するような市街地大火を多数経験してきました(写真2)。近年、そのような大火は平常時には発生していませんが、地震時などで同時に多数の火災が発生する状況では消火活動が間に合わず、大火が発生する危険性が依然として残されています。そして強風時や家屋が密集した市街地条件などではその危険性はより高くなると考えられます。

しかしながら、建築物の不燃化や難燃化、消防力の整備が進んだ現代の市街地において、市街地大火の危険性がどの程度減少したのか、実際のところ定量的に把握することは極めて困難です。その理由としては、市街地大火が近年ほとんど発生していないため過去の経験に頼らざるを得ないこと、そして、市街地大火が頻発した当時の市街地状況は現代と大きく異なることが挙げられます。

発生頻度が低い現象の解明には実験が有効です。建築研究所では、1/10スケール(平面65cm×65cm、高さ60cm)の2階建て不燃建物を想定した模型15棟(3×5列)を並べてその内部に可燃物を配置し、1棟に点火した後の各建物の燃焼状況や建物から建物への延焼状況、集団火災による周囲への熱的影響等を詳細に計測しました(写真3)。火災風洞の特性を生かして風速を正確に制御するとともに、模型の配置間隔を様々に変えることによって、多様な気象条件や市街地の密度における火災危険性に関して系統的に把握することができます。

実験結果の分析は続いています。風速・模型の配置間隔に応じた延焼可能性や、点火した模型から最初に隣へ延焼する時間が長くても一度延焼が始まれば隣の模型への延焼に要する時間が短くなることなどが確認されています。得られた結果は、市街地火災シミュレーションの検証のための重要なデータとして火災危険性予測の精度向上に活用されます。



■ 写真2 阪神・淡路大震災時の市街地火災
(写真提供:神戸市(長田区御屋敷通周辺))



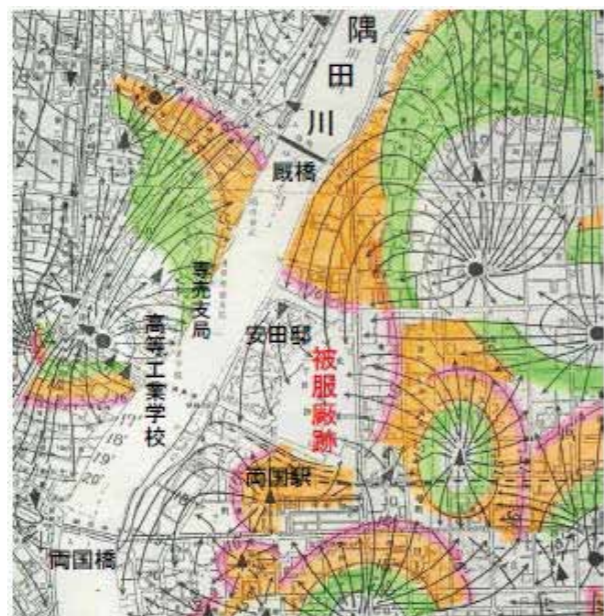
■ 写真3 縮小模型を用いた市街地火災実験の様子

市街地火災における火災旋風発生危険性の評価

火災旋風は、広域火災に付随して発生することが多い現象で、過去にも大規模な人的被害をもたらしてきました。例えば、1923年関東大震災の際には、本所被服廠(ひふくしょう)跡で火災旋風が発生し、避難していた約3万8千人が亡くなっています(図2)。2011年東日本大震災の際には、顕著な被害の発生は報告されていないものの、気仙沼市内の市街地火災区域の周辺で推定約70mの高さの火災旋風の発生が報告されています。広域火災対策を検討する上で、こうした火災旋風の危険性を定量的に評価できることの重要性は大きいものの、現象的には明らかでない部分が少なくありません。

本所被服廠跡では、市街地がL字型に燃焼しているところに市街地風が吹き込むことで巨大な火災旋風が発生しました。L字型の燃焼範囲と側方からの風という条件が重なると、火災旋風が発生しやすいことが経験的に知られており、過去にも実験的な検討がなされてきました。その多くは、数cm程度の大きさの燃料容器にアルコールを入れて燃焼させる小規模な実験で、実際の火災旋風をどの程度再現できているのか不確かな部分が残されていました。火災旋風を実際の規模に近い状態で再現することはさすがに困難ですが、火災風洞では、火災旋風実験としては規模の大きな、数十cm程度の燃料容器を用いた実験を行っています(写真4)。通常、こうした規模の実験は屋外で行われ、風の影響を制御することが難しい場合が多いのですが、火災風洞を活用することで系統的かつ定量的に風の影響の把握を試みています。

ここで得られた成果は、例えば都市防災施設としての避難場所の計画指針に反映されることが期待されます(図3)。現在、広域避難場所は概ね10ha以上の広さを有することが望ましいとされていますが、これは関東大震災などの過去の被害例をもとに経験的に決められたものです。関東大震災から90年以上が経過し、市街地構造が大きく変化したことを考慮すれば、現在の市街地でどの程度の火災旋風の発生危険性があるのかを実験的に明らかにした上で、合理的な根拠に基づいて見直しを行っていく必要があります。



■図2 被服廠跡周辺の火災動態図(内閣府中央防災会議、1923関東大震災報告書、2006)(緑色：9月1日14～15時、橙色：15～16時、桃色：16時の火災前線。●印は出火点で、そこからの火災の燃え広がりが矢印(火流線)で表されています。)



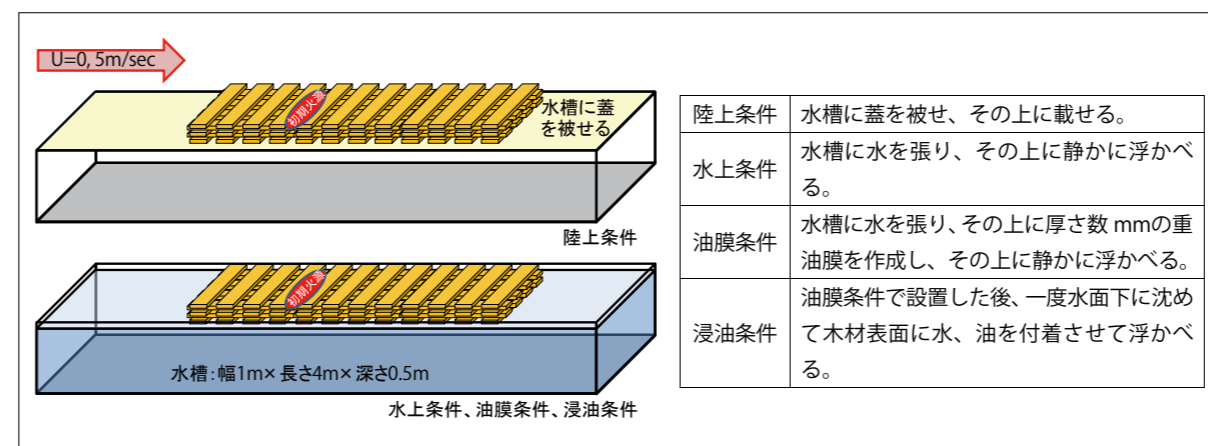
■図3 東京都内の広域避難場所(東京都都市整備局)



■写真4 火災旋風再現実験の様子

津波被災後の海上瓦礫火災実験

2011年3月11日に発生した東日本大震災では津波により多数の建物が被災し、木材等の可燃物を含む大量の瓦礫が発生しました。瓦礫は道路にも切れ目無く堆積し、繰り返し津波が押し寄せる浸水地域では消防活動が十分に行えず、一度火災が発生すると広範囲に延焼が拡大していきました。また、瓦礫の一部は海上にも流出し、何らかの原因で発生した火災が瓦礫とともに海上を漂い、離れた場所に燃え移って被害を拡大するケースもありました。特に宮城県気仙沼湾では建物の被災と同時に沿岸地域にあった重油等の貯蔵



■図4 木材の設置方法

津波火災による建築物への延焼危険性の評価

2011年の東北地方太平洋沖地震では、津波に流されずに残った建物でも、浸水域で発生した火災によって被害を受けたものが少なくありませんでした。特に、上層階が津波からの避難に使われた建物に火災が延焼し、中に避難していた人々が火災の危険に曝されたという事例が確認されています(写真6)。現在、南海トラフ地震津波など将来の発生が予想される津波に備え、各地で津波避難計画の見直しが進められています。特に、高台までの避難に時間を要する地域では、想定される浸水の深さより高い位置に階のある建物を、津波時の緊急の避難場所として活用することが検討され



■写真6 津波からの避難に使われた老人ホーム火災後の外観(当時、2階が津波で浸水し35名の人々が3階に避難していた。津波火災により3階にも延焼したが、部屋の移動を繰り返すことで助かった。)

タンクも被災し、内容物が湾内に流出することで津波被災地域の火災被害を助長した可能性も指摘されています。延焼拡大だけでなく津波によって被災した地域では出火そのものも集中的に発生しており、津波被災地域の火災被害は他の地域とは全く異なる様相を示しています。それにもかかわらず津波被災地域の火災に関してはこれまでほとんど研究が行われて来ませんでした。

建築研究所では津波被災後の火災危険性を把握するための基礎的な検討の一つとして海上瓦礫火災実

験を行いました。この実験では長さ4m×幅1m×高さ0.5mの水槽を用いて図4に挙げた4通りの方法で木材を設置し、設置方法や風速の違いによる燃え広がりの速度や燃焼の激しさ等の変化を確認しました(写真5)。この実験では、陸上の同量の木材の燃焼と比較して、水に浮かべた木材は燃え広がりが遅くなり、表面に油が付着した木材は風下側への燃え広がりが速くなる状況が定量的に確認され、油流出による津波火災の被害拡大メカニズムの一端を明らかにすることができました。

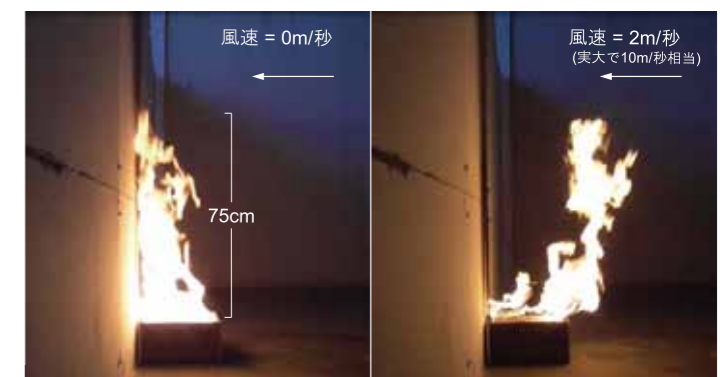
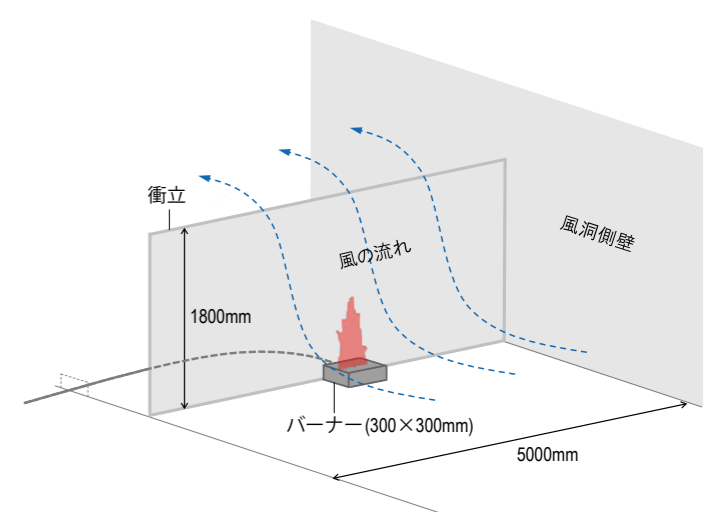
験を行いました。この実験では長さ4m×幅1m×高さ0.5mの水槽を用いて図4に挙げた4通りの方法で木材を設置し、設置方法や風速の違いによる燃え広がりの速度や燃焼の激しさ等の変化を確認しました(写真5)。この実験では、陸上の同量の木材の燃焼と比較して、水に浮かべた木材は燃え広がりが遅くなり、表面に油が付着した木材は風下側への燃え広がりが速くなる状況が定量的に確認され、油流出による津波火災の被害拡大メカニズムの一端を明らかにすることができました。



■写真5 津波被災後の海上瓦礫火災実験の様子

ています。このような建物は津波から人々の命を守るための重要な施設であるため、浸水域で発生する火災に対しても中に避難した人々の安全が確保されるよう、必要な防火対策技術について研究を行っています。

津波が引いた所では、建物の周囲に流れ着き集積した木材等の瓦礫が燃焼することで、建物の内部への延焼をもたらします。このような延焼を防止するには、例えば、建物の周囲で発生する火災の火災高さを実験によって測定し、延焼の恐れをどの程度の高さまで想定すればよいのかを把握することで、その範囲の外壁や開口部については特に火災によって損傷が生じにくい部材や熱を伝えにくい部材を用いるといった対策を考えることができます。火災風洞を用いて実施した実験(図5)では、風洞内に建物の外壁を模擬した1/26スケールの衝立を設置し、壁際に集積瓦礫が燃焼している状態をバーナーにより再現しました。ここでは、市街地風の風速を変化させることで、風が火災の高さや形状に与える影響を観測しました。その結果、無風時には火災が建物の外壁に沿って上昇しますが、市街地風が強くなると、風が建物の外壁に衝突することで生じる逆流の影響が強くなり、火災は外壁から離れる方向に伸びることが分かりました。これは、火災が建物の外壁に付着するような場合には、無風時の火災高さを想定して、防火対策を講じる範囲を検討すれば安全側となることを意味します。



■図5 津波火災による建築物への延焼危険性評価の実験装置(無風時には火災は壁に沿って伸びているが、有風時には風が壁に衝突することで生じる逆流の影響で、火災は外壁から離れる方向に伸びている)

建築生産研究グループの研究紹介

これまでわが国では、人口増加と経済成長を背景に、多くの住宅を生産・供給してきました。その結果、大量供給を可能にした部品化等の生産技術をはじめ、自然災害に強く、エネルギー効率の良い住宅システムの開発や、ユニバーサルデザインを取り入れた仕様など、高い水準の性能・品質が確保された住宅生産技術を築くことができました。ところが、今後の人口減少を考慮すると、新築住宅の着工等、国内の住宅市場は縮小していくと考えられます。その一方で、東南アジア等の近隣諸国では、人口が増加し、急速に経済が発展しているところもあり、住宅供給と住生活の質の向上が課題となっていることから、そのような国・地域に対して、わが国の住宅生産技術を移転・普及させることができれば、現地の住生活の水準・質の向上や住宅関連産業の発展に貢献できるだけでなく、わが国の住宅産業自体の新たな発展にもつながるものとなります。

そこで、建築生産研究グループでは、平成 26・27 年度実施の研究課題として、わが国の住宅生産技術の海外展開の支援を目的とした、住宅生産関連事業者にとって必要となる共有技術情報を提供するため、国内外にて調査を実施し情報を収集・整備しました。収集した情報は、調査検討対象とした国毎に、ニーズ・市場関連、住宅生産システム関連、法律・社会制度関連別に整理し、住宅の供給に係る新たな事業展開のあり方などを提案した住宅生産技術の海外展開のためのロードマップと共に、建研ホームページ等で公開し、技術移転の開発と普及に努める方針です。



写真1 住宅建設風景 (インドネシア)



写真2 タウンハウス (タイ)

Q&Aコーナー

Q: 建築研究所が実施している一般向けのイベントを教えてください。

A: 例年、建築研究所では一般の方向けに以下のイベントを開催していますので、ぜひご参加ください。

- ・ 科学技術週間における施設の公開 (4/18の週)
- ・ 「つくばちびっ子博士」実験施設ツアー見学会 (7月下旬)
- ・ LCCM住宅デモンストレーション棟見学会 (不定期※年2回程度)
- ・ 建築研究所講演会 (3月前半) ※今年度のご案内を右上 TOPICS に記載

いずれも事前にホームページにてご案内していますので、時期が近くなりましたらホームページをご確認いただくと幸いです。

● ご質問は、epistula@kenken.go.jp までお知らせ下さい。

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。

編集後記

今から40年ほど前の1976年10月29日に山形県酒田市で発生した火災(酒田市大火)は、強風にあおられて瞬く間に燃え広がり、1767棟もの家屋を焼失する記録的な被害をもたらしました。酒田市大火については、仕事柄、各種の調査報告書で触れる機会があり、いつか現地を訪れておく必要があると感じていましたが、先日、ようやく念願を果たすことができました。当時の様子をうかがい知ることができる材料は少なくなっているのですが、従前からの市街地構造を継承した復興計画が立てられていることや、良質な映像記録が残されていることなどもあり、調査報告書で断片的に理解していたことを整理し直すことができましたように感じています。本稿で紹介したような実験は、ただやみくもに実施しているだけでは、しっかりとした対策につなげることができません。実験計画を立てるための基礎資料を収集するという意味でも、災害調査の重要性を再認識した酒田市訪問でした。(K.H.)

建築研究所講演会のご案内

「建築研究所講演会」は、毎年3月に研究成果や調査活動の発表を通して、住宅・建築・都市分野の最新の技術情報を広く一般の方々に提供するために開催しています。今年度も、昨年度と同様に、建築研究所が取り組んでいる研究活動を中心に、これから果たしていくべき役割や、住宅・建築・都市分野における研究開発の最新情報をいち早くご紹介します。会場のホールロビーでは、研究成果等をポスターにして展示するとともに、研究者が直接説明するコアタイムを予定しています。

なお、本講演会は、(社)日本建築士会連合会の建築士会継続能力開発(CPD)プログラムに認定されており、入場は無料(事前登録は不要、入場は先着順)です。皆様のご来場を心よりお待ちしております。

開催概要

日 時:平成28年3月4日(金)

10:30~16:30(開場10:00)

会 場:有楽町朝日ホール

(東京・有楽町マリオン11階)

※ 詳細はホームページをご覧ください。

(<http://www.kenken.go.jp/>)

出版のご案内

建築研究資料167号

地震観測に基づく地盤 - 建築構造物の動的相互作用に関する研究



雪割草の水盤
Photo by M.Kato

Epistula

えびすたら

第72号 平成28年1月発行

編集:えびすたら編集委員会

発行:国立研究開発法人 建築研究所

〒305-0802 茨城県つくば市立原1

Tel.029-864-2151 Fax.029-879-0627

●えびすたらに関するご意見、ご感想は

epistula@kenken.go.jpまでお願いいたします。

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>)

