

地震時の火災と住民対応行動に関する研究

Studies on Earthquake Fires and Response Activities by Residents

北後 明彦*

Akihiko Hokugo

1. はじめに

この度、標記研究により日本火災学会賞を受賞し光栄です。この受賞は、共同して研究に携わった多くの方々によるところが大きく、ご指導、ご協力いただきました皆様に深く感謝いたします。

今回の受賞は、阪神・淡路大震災をきっかけに行った地震火災関連の調査研究と、その後、研究プロジェクトの立ち上げなどを通じて実施してきた地震火災に備えた防災まちづくりに関する研究、及び、学生時代以来の研究課題である建物火災時の避難行動の研究を地震後に拡張した研究の一連の研究に対してのものでした。この機会に、これらの研究の経過を振り返り、今後の展開について考え、受賞者の解説としたいと思います。

2. 阪神・淡路大震災の火災調査

阪神・淡路大震災は、私たちの世代にとってはそれまでに経験したことのない大災害でしたが、同時にその経験を正確に伝えなければ、他の地域の多くの人々にはその深刻さが理解されず、忘れられてしまうことになります。その意味では、被災の実態を記録する調査は、その後の研究活動と直接の関係がなくても重要です。

地震が発生した1995年1月17日、当時所属していた建設省建築研究所では、現地の状況が「被害を見て歩く」ことが許容されないほど深刻であると受け止め、必要最小限の調査団を派遣することになり、神戸大学出身であり現地の状況に詳しいということで火災調査担当のメンバーとなりました。1月19日には、神戸市の都市計画関係の職員の方と焼失地域を見て回ったあと、神戸大学の研究室で恩師の室崎益輝先生に会って、共同調査のセンタ

ーを神戸大学に置いて、各機関と調査体制の調整や調査結果の相互提供を行う方向性について話し合いました。これが地震後の火災調査を共同で行っていくことのきっかけの一つとなったと思います¹⁾。翌20日には、室崎先生からお借りした自転車で長田区・兵庫区の大規模火災焼失地域を回りました。焼け跡やその周辺ではどの角度にカメラを向けても被害が写るという状況で大量の写真を撮りました。人が犠牲になっていることを感じなければと思いつつ、これまで知識にすぎなかったことが目の前で確認されるので夢中になりました。しかし肌の感覚でわからなくても、多くの人が倒壊家屋で押しつぶされて圧死し、また、迫り来る炎に身の自由がきかなかったという事実をしっかりと受け止め、価値判断の基準とする必要があると思いつけています。

地震火災についての共同調査は、各機関で連携した調査を行う形で展開し、その後、火災学会に設置された震災調査連絡会（出火原因WG、建物火災WG、延焼動態WG、市民行動WG）、及び、兵庫県南部地震調査委員会（映像WG、火害WG、市民行動WG）において、各機関が実施した調査のデータを収集・整理し、市街地火災の延焼動態、消防隊及び市民の消火活動の効果、住民の避難行動の実態、市街地特性と延焼性状の関係に関するデータを中心とした報告書を刊行しました^{2,3)}。この時は、各委員会・WGの幹事として運営する他、建築研究所で調査した各火災地区や単体建物火災のデータ整理、各WGの作業として映像の収集・整理（映像WG）、及び、焼失地域及び地震後に出火した高層共同住宅の住民を対象としたアンケート調査（市民行動WG）等、数多くの記録を残す作業を行いました。震災から2年ほどこのような忙しい状況が続きました。その後、市民行動W

* 神戸大学都市安全研究センター

Gの活動として、火災誌に「阪神・淡路大震災時の火災と市民行動」と題して連載⁴⁾を企画し、成果をとりまとめました。これらの成果は、市民行動WGに参加した若い火災研究者達の共同研究の賜物です。

この間、建築研究所の火災グループでは、建築基準法の性能基準化に向けた防・耐火総プロに取り組んでいましたが、期間が終了するので次の課題を検討することとなり、私は1998年度からの総プロ課題として「建築物・地域における地震火災制御技術の開発」を提案しました。その時の目的及び全体計画の概要（原案）は、次の通りでした。

地震後の出火の結末の大きさは阪神大震災により改めて認識された。特に地震後の市街地火災の抑制方法に課題を残した。現行の制御方針は関東大震災の教訓を元に作られており、緑地帯や路線防火帯などの対策が取られているが、「大きな公園、広い道路」という仕様書的な対策となっている。そのため、地域の実情からみてその対策の実現可能性が極めて低く、また、地域住民の生活環境や歴史的景観にそぐわないという問題点があり、必ずしも地域住民に受け入れられる対策手法となっていない。関東大震災当時は、市街地の建築物が燃えやすく、火災が相当な高さとなる状況があったが、現在では、個々の建築物の防火性能もある程度確保されており、従来とは違った地震火災を抑制する技術を提供できる可能性がある。

また、阪神大震災は早朝に発生したため多くの建物は使用されておらず、そのため建築物単体としての地震出火の危険についての議論は明確には行われていない。しかし地震力による防災設備機器の損傷や防火扉の閉鎖障害等の事例が多数報告されており、建物単体としての地震出火の危険性について今一度見直す必要がある。

本総プロでは、建築物単体としての危険とその後の市街地火災への進展というシナリオの中で、建物単体および集団として要求すべき安全レベルを、現在行われている建築基準の性能化との整合性を図りながら設定し、地域の実状に応じた性能的な防火設計法を開発する。

建築研究所の都市計画グループからも地震火災関係の課題が提案されたので、上記の課題は、「まちづくりにおける防災評価・対策技術の開発（防災まちづくり総プロ）」に統合され、実施されました。その後、神戸大学に移り、これらの研究課題を順次取り組むこととなります。

3. 市街地の諸要素による延焼抑止効果の研究

神戸大学に移ってから先ずとりかかったのは、阪神・淡路大震災時による市街地火災の映像記録などを分析し、市街地の諸要素による延焼抑止効果を把握することでした。この時のゼミの学生達は、震災からまだ間もない頃で震災の現象の解明に積極的であり、膨大な映像資料の分析に意欲的に取り組んでくれました。

具体的には、阪神・淡路大震災の火災時に撮影されたビデオ、写真などの画像情報を基にして、火炎形状、発熱量、延焼速度、火災継続時間等について整理し、市街地構造や気象条件との関連を分析しました。その結果、耐火建築や倒壊家屋がある場合、建物からの発熱量が小さくなり同時延焼領域が小さくなること、空地や耐火建築などの不燃領域を延焼する火炎が回りこむことによって同時延焼領域が小さくなること、幅員の広い道路沿いに火炎が広がり同時延焼領域が広がることなど、建築物の構造や形態によって、同時延焼領域や発熱量に影響があることを明らかとしました⁵⁾。

次いで、延焼を抑止する要素として、耐火造及び準耐火造建物を取り上げ、これらの建物から出火した場合と、周辺から類焼する場合に分けて、阪神・淡路大震災時の火災について延焼抑止効果を分析しました^{6,7)}。耐火造及び準耐火造建物から出火した場合については、(1)建物の構造被害が地震後の延焼拡大要因の一つであること、(2)危険物を扱う工場や可燃物の多い店舗などの用途及び小規模建物の場合に隣棟延焼しやすく建物用途や規模が隣棟延焼要因となること、(3)建物密度や道路等の空地の存在が隣棟延焼の有無に関与していること、を明らかとするとともに、隣棟延焼に関わる各要因を用いて隣棟延焼の有無の判別式を作

成した結果、構造被害、最小隣棟距離、公設消防活動、建物用途を変数とする式が得られ、それらの変数が隣棟延焼の有無に寄与する傾向を示しました。また、市街地火災が耐火造及び準耐火造に類焼する場合については、(1)開口部の面積 2m^2 未満の網入りガラスの場合、燃焼建物との距離が 2m 以上あれば脱落しにくいこと、(2)開口部面積 2m^2 未満で燃焼建物との距離 2m 以上の場合はバルコニーが延焼防止に寄与する一方、距離 2m 未満の場合には逆効果になること、(3)鉄骨造はRC造に比べて外壁の剥落率が高く、地震後に受害防止性を保持しにくいこと、(4)RC造では、建物規模が大きくなるほど、延焼抑止の効果が高いのに対し、鉄骨造では規模に関係が見られないこと等を示しました。

4. 住民による消火活動に関連する研究

先述した防災まちづくり総プロ（1998～2002年度）の成果として作られた建物1棟ごとに火災性状を予測するミクロな延焼シミュレーションを用いて、(1)協調型建て替えによる防火性能の高い建築物が連続することにより、延焼遮断帯が形成され街区としての防火性能が向上する。また、規制（建ぺい率・容積率）緩和しても準耐火造以上であれば集団防火性能が得られる、(2)防火性能の高い建築（例えば木造3階建てのような準耐火造）が点在することにより、街区の不燃領域率は上がるが、街区としての防火性能（延焼速度など）にはほとんど影響がない、(3)隣棟に対して開口部を設けない、背割り側に蔵を配置するなどの伝統的な市街地構造は延焼拡大を軽減させる効果は大きい、といったことを確認することができました^{8,9)}。しかし、延焼シミュレーションで示される延焼動態を防災まちづくりワークショップに参加した住民に示しても、いずれは自分の家が延焼範囲に入ってしまう結果に納得がいかない様子でした。そこで、このような延焼を遅延させ、限定させるハード対策を行うとともに、住民による消火活動によって延焼をストップさせるソフト対策についても評価に加えることを考えました。

地震後の大きく広がった火災に対しては、茫然

としてなすすべもなかった人が多かった一方、先述した市民行動WGが実施したアンケートでは、それぞれの火災地区に応じて様々な延焼防止活動を展開していたことも明らかとなっています。

そこで、ミクロな延焼シミュレーションを開発していた京都大学防災研究所の田中孝義先生にお願いして消火活動による放水効果をこの物理的延焼性状予測モデルに組み込む共同研究を始めました。その結果、地震火災に対する地域住民の消火活動による火災抑制の効果を定量的に評価可能なモデルの開発を行い、消防水利や消火資機材の整備など防災計画の合理的策定ができることを示しました¹⁰⁾。その際、消防水利と消火資機材の配置を念頭においた地域住民の消火活動について、消火活動が可能な建物を選択する論理を構築するとともに、活動開始時間及び活動継続時間の設定を行っています。また、住民による初期消火活動についての知識や意向についてのアンケート調査を行った上で、サクセス・ツリーによる地区評価手法を構築し、住民による初期消火活動を有効的な防災対策とするためには、住民が使用することのできる消防水利・設備の整備、及び、これらの施設・設備の使い方や設置場所の表示が重要であることを明らかとしました¹¹⁾。

5. 地震後の建物火災時の避難に関する研究

この間、建物火災時の避難に関する研究としては、避難開始時間、火災時の防災要員による対応活動、エレベータ利用を想定した避難誘導方法等について実施してきましたが、地震後のビル火災時については、2004年4月から始まった日本建築学会東海地震等巨大災害への対応特別調査委員会避難計画小委員会の避難情報WGでの検討をきっかけとして、阪神・淡路大震災の時に発生した地震後のビル火災時の在館者の動向³⁾の再整理を行い、また、2005年に発生した福岡県西方沖地震時等の在館者の避難動向^{12,13)}を調査しました。その上で、地震後の火災発生時の避難状況を、避難安全確保上課題となる集客施設、超高層オフィスビル、超高層集合住宅など、建物のタイプ別に想定し、地

震時ビル火災に対する避難安全性能の確保のために取るべき対策として実施可能性・必要性の高い順に、①玄関扉や非常口の地震による開閉障害の除去対策、②地震時の火災を念頭に置いた避難誘導体制の確立、③地震時も考慮した避難施設の整備の必要性について示しました¹⁴⁾。現在、地震後の建物火災時の状況においての避難性状予測の手法を検討しています¹⁵⁾。

6. 今後の課題

これまでの地震時の火災と住民対応行動に関する研究を振り返ってみると、市街地火災については震災後の調査によって、現代都市における被災・対応状況が明らかとなり、密集市街地の改善の方向性の検討も行ってきたので、今後、出火対策、地震後に確実に使える消火水利の整備とあわせて、各地区の状況にあわせた、実施可能な施策を検討していくことが重要と考えています。地震後の建物火災については、問題の深刻さについての確に理解することから始めて、破滅的な事態を回避するために取り得る手段をどのような手順で入れていくと良いのかを検討できるまで、研究を進めていく必要があると考えています。

参考文献

- 1) 神戸大学工学部建設学科室崎研究室編：1995.1.17 阪神・淡路大震災，見た・聞いた・感じた，調査ボランティアの記録，1995
- 2) 日本火災学会：兵庫県南部地震の火災調査整理報告書，1996.
- 3) 日本火災学会：1995年兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書，1996.
- 4) 北後明彦他：連載 阪神・淡路大震災時の火災と市民行動（その1）～（その10），火災，Vol. 47，No. 2・3・5・6，1997. Vol. 48，No. 1・4・5・6，1998. Vol. 49，No. 3・5，1999.
- 5) 関藤幹人，越山健治，北後明彦，室崎益輝：阪神・淡路大震災の市街地火災における火災形状と延焼遮断効果に関する研究，都市計画論文集，第34号，pp. 673-678，1999.
- 6) 村田明子，横田英邦，北後明彦，室崎益輝：兵庫県南部地震時に火災した耐火造・準耐火造からの延焼要因，日本建築学会計画系論文報告集，No. 553，pp. 1-8，2002.
- 7) 村田明子，横田英邦，北後明彦，室崎益輝：兵庫県南部地震後の火災における耐火造・準耐火造の類焼要因，日本建築学会計画系論文報告集，No. 553，pp. 9-16，2002.
- 8) 福本一海，室崎益輝，北後明彦：木造密集市街地の集団防火対策の効果に関する研究，2004年度建築学会近畿支部研究報告集，第44号計画系，pp. 585-588，2004.
- 9) 北川和代，幾代健司，北後明彦：火災リスク評価を用いた街区防災性能評価に関する研究，2005年度建築学会近畿支部研究報告集，第45号計画系，pp. 429-432，2005.
- 10) 樋本圭佑，幾代健司，秋元康男，北後明彦，田中孝義：放水の物理的火災抑制効果に着目した地域住民の消火活動モデル，日本火災学会論文集，Vol. 56，No. 3，pp. 53-63，2006.
- 11) 芝真理子，北後明彦，秋元康男，樋本圭佑，関沢愛，諸隈貴寛，西田幸夫，田中孝義：地震火災時における地域消防力評価手法に関する研究，日本火災学会研究発表会概要集，pp. 222-223，2008.
- 12) 和田ちはる，北後明彦：高層建築物における地震時の避難計画に関する研究—福岡県西方沖地震を通して—，2006年度建築学会近畿支部研究報告集，第46号計画系，pp. 253-256，2006.
- 13) 黒田良，朴南権，和田ちはる，北後明彦：防災知識の移転特徴に関する研究—その2 新潟県中越地震後の商業施設の被害状況及び応急対応，日本火災学会研究発表会概要集，pp. 56-57，2008.
- 14) 北後明彦：地震直後のビル火災に対する避難安全性，火災，Vol. 58，No. 1，pp. 5-10，2008.
- 15) 原田曜輔，北後明彦，関沢愛，掛川秀史：地震時の什器の転倒を考慮した建築物からの避難に関する研究，日本火災学会研究発表会概要集，pp. 46-47，2008.