

神戸市における震災火災の出火と延焼状況に関する一考察

神戸市消防局 坊池道昭* 上村雄二*
応用技術株式会社 矢野公一** 松井武史**
近畿大学工学部 高井広行***

論文趣旨 地震と同時に神戸市内においてほぼ60件(9時までに84件)もの火災が同時に発生したと思われる。最終的に各種の障害のもとで約65ha以上を焼失する最悪の結果となった。ここでは、出火に関してはその原因の究明、要因分析を試みる。延焼に関しては、実際に発生した大火災の実態把握を、また、長田区の延焼火災を基礎データとして利用し、いままで明らかになっていなかった延焼メカニズム、延焼特性、延焼阻止効果について、研究を行うものである。さらに、地区の震災前の1棟ごとの建物、土地利用、気象状況等の詳細な情報に基づいて延焼拡大のメカニズムについてのシミュレーション解析の考え方を示し、現実の延焼拡大の様子を再現し、信頼性の高いモデルの構築を行う。その結果を利用し、一般市街地における延焼速度式の作成、風向・風速等の影響、延焼危険予測手法の構築、最適消防力の計画について検討しようとするものである。

1. はじめに

1995年1月17日 5時46分、淡路島北部(北緯34度36分、東経135度03分、震源の深さ約14km)を震源とするマグニチュード7.2の兵庫県南部地震では、木造建物の多くが倒壊し、耐火建物や高速道路が座屈・倒壊、さらに、市内各地で火災が多発した。その結果、神戸市においては、8万余棟の家屋が全半壊し、7千余棟の家屋が火災で焼失、死者4千3百余人、負傷者1万4千人以上、り災者数23万余人のほか、ライフラインの水道断水、ガス供給停止、停電、電話不通、鉄道や道路被害等多大な被害を出す大惨事となった。本地震は計り知れない教訓と今後研究すべき多くの課題を残した。

ここでは、地震直後から神戸市消防局が行った火災調査の結果及び同消防局、近畿大学及び応用技術株が行った共同研究の結果から報告する。

2. 大震災による火災被害の実態

キーワード 阪神大震災・火災・延焼・出火

- * 神戸市消防局予防部予防課 078-325-8511
- ** 応用技術株解析事業部 06-354-5430
- *** 近畿大学工学部 0824-34-7000

本地震は、わずか20秒前後で平穏な都市「みなと町神戸」を破壊した。火災は175件発生し、焼損延べ面積が10,000㎡以上となった火災が11件、なかには1件の火災で10万㎡を超える大火となったものがある。その被害は焼損棟数7,392棟、焼損延べ面積642,215㎡、火災現場での死者531名となっている

(1)出火状況

この震災で神戸市においては、地震の発生から6時までの僅か14分間に60件、17日中に109件の火災が発生した。さらに、26日まで継続的に発生し、27日の午前5時45分までの10日間に地震に起因する火災が175件が発生した。

a)火災発生が集中しているのは地震直後から6時までの14分間(60件)である。

b)東灘では長田と同じ28件の火災が発生しているが、焼損面積は1/13の38,140㎡である。これは長田に比べ消火活動の効果によるものである。

c)北、西管内は震災の被害が少ないのと同様に火災による被害も少ない。

(2)出火原因

出火原因を見ると、原因が究明出来ず「不明火」となったものも多くあるが、判明した中には電気設備や器具、燃焼器具、薬品の化学反応、放火など多

種にわたっている。その状況は表-2のとおりである。

これを見ると「電気ストーブや熱帯魚用ヒーター等の電気器具を使用中に転倒し、電気の回復により出火」した火災が17件と最も多い。ついで、

「電源コードが損傷し、電気の回復により発熱、短絡して出火」となっている。その他、漏洩ガスに起因するもの、燃焼器具に起因するもの、薬品類に起因するもの等がある。

表 - 1 発生日別・消防署別火災状況

消防署	合 計	1月17日					18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日
		～6:00	～7:00	～8:00	～9:00	～24:00										
合 計	175	59	68	75	85	109	14	15	9	4	3	6	3	9	3	0
東 瀬	28	10	11	13	14	17	2	4	1	—	—	2	—	2	—	—
瀬	22	13	13	14	15	17	2	—	1	1	—	—	—	—	1	—
葦 合	19	5	7	9	9	12	2	1	1	—	2	—	—	1	—	—
生 田	11	3	4	4	4	6	—	1	3	1	—	—	—	—	—	—
水 上	5	—	1	1	2	2	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—
兵 庫	28	11	11	13	15	17	4	3	—	—	1	1	1	1	—	—
北	2	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
長 田	27	12	13	13	14	17	1	4	2	—	—	1	—	1	1	—
須 磨	20	4	7	7	11	13	2	1	—	—	—	1	1	2	—	—
垂 水	11	—	—	—	—	6	—	—	—	2	—	—	—	2	1	—
西	2	1	1	1	1	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	—

注：表中の数値は、平成7年11月1日現在における数値である。
注：行政区別では、葦合、生田、水上の3署を合計したものが中央区となり、他の署は行政区と一致している。

表-2 兵庫県南部地震に伴う火災の発生日別・原因状況

予防課調査係
19951120

(平成7年1月17日 5:46 ～平成7年1月27日 5:46)

区 分	合 計	17日	18日	19日	20日	21日	22日	23日	24日	25日	26日	27日
合 計	175	109	14	15	9	4	3	6	3	9	3	0
電気器具・器具	電気ストーブ	8	5	1		1			1			
	熱帯魚用ヒーター	4	2			1				1		
	オーブントースター	2	2									
	電気コンロ	2	1							1		
	電子レンジ	1				1						
電気スタンド	3	2	1									
電源コード	ビデオデッキ	1	1									
	冷蔵庫	1	1									
	熱帯魚用器具類	3		1				1	1			
	印刷機	1				1						
	歯科技工用機器	1	1									
	その他の電気用品	2		1		1						
配線等	屋内配線類	3	1							1	1	
	配電盤等	1	1									
燃焼器具	ガスコンロ	3	2			1						
	石油ストーブ	5	4							1		
	ガス風呂釜	2	2									
その他	漏洩ガスに引火	2	2									
	薬品の化学反応	2	2									
	放 火	8		1	3		1				3	
	そ の 他	10	5		1	2					2	
	不 明	110	75	9	11	3	1	2	4	1	1	3

表-3 焼損面積が1万㎡以上の火災の一覧

No	発 生 日	発生時間	鎮圧時間	場 所	焼損棟数	焼損面積
1	1月17日	5時50分	18日15時30分	灘区六甲町1丁目	202	29,160
2	1月17日	5時52分	18日3時00分	兵庫区上沢通3丁目	700	94,787
3	1月17日	5時50分	18日5時00分	兵庫区湊川町2丁目	161	11,500
4	1月17日	5時47分	18日14時20分	長田区水豆通5丁目	1,311	142,945
5	1月17日	5時47分	18日0時00分	長田区若松町10丁目	997	89,099
6	1月17日	5時47分	18日0時00分	長田区若松町3丁目	442	75,840
7	1月17日	10時00分	21時00分	長田区久保町5丁目	405	72,295
8	1月17日	5時47分	22時00分	長田区菅原通2丁目	751	57,459
9	1月17日	5時47分	19時00分	長田区御蔵通5丁目	225	25,509
10	1月17日	5時47分	22時00分	長田区西代通4丁目	277	19,750
11	1月17日	5時47分	18日7時00分	須磨区大田町1丁目	197	24,137

※鎮圧時間とは、火勢が消防隊の制ぎょう下に入り、拡大の危険がなくなったと現場の最高指揮者が認定した時刻をいう。

3. 延焼拡大と焼け止まりの状況

火災175件について延焼拡大状況を見ると、77件(44%)が複数棟に拡大した火災となっている。そのうちでも焼損面積が1万㎡を超えるものを表-3に示す。

区別でみると、木造家屋が密集している灘区(1件)、兵庫区(1件)、特に神戸の地場産業であるケミカルシューズ関連工場の密集している長田区(7件)、須磨区(1件)は1万㎡以上の火災が多発している。

1万㎡を超える火災は11件あり、最も焼損面積の大きいのは4番の長田区水笠通で14.3万㎡である。このように、大きく延焼拡大した原因の一つとして当日の消火活動の違いがある。神戸市では11署の消防があり、地震直後ただちに全消防隊が出動している。しかし、消火栓が断水しているところが多く、極端な水利不足に陥っており、さらに、建物倒壊、

道路陥没等の道路状況のため、消火活動そのものが困難である地区が多く見られた。そのため大規模な火災に移行したものと考えられる。

その延焼拡大状況及び拡大要因は火災現場ごとに微妙に異なっている。火災現場ごとの詳細な調査は現在も継続中であるため、ここではわれわれが調査・検証を行った、

- a) 高橋病院周辺地区(図-1)
 - b) 水笠公園周辺地区(図-2)
 - c) 会下山公園南側地区(図-3)
- の3地区の火災について述べる。

(1) 高橋病院周辺地区(長田区)

17日5時47分頃に火災現場の南東部から出火、同日17時00分にかけてつぎつぎに西方へと延焼拡大し18日0時00分に鎮圧状態となるまで炎上し続けた。この延焼拡大の主たる要因をみると、比較的幅員の狭い道路(4m~6m)に建物が一面瓦礫の山となっていた。そのため、接炎や輻射熱により容易に延

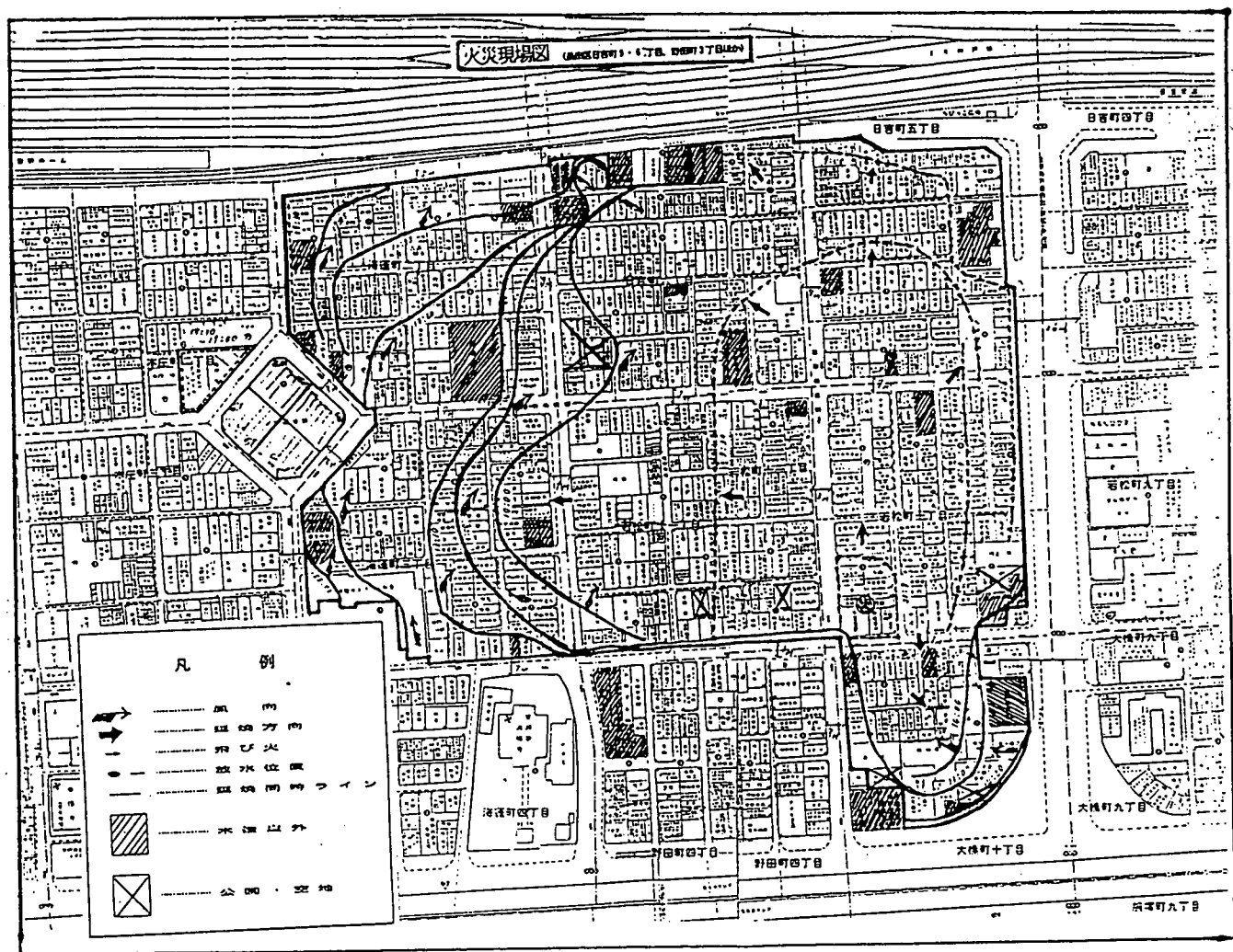


図-1 高橋病院周辺地区(長田区)

焼しているほか、炎上中の木造建物が道路側に倒壊しての延焼、さらに、路上駐車中の車両の上に炎上中の建物が倒壊したため隣接建物へ延焼した等が判明している。その結果、若松町10、11丁目、日吉町5、6丁目、海運町2、3丁目、大橋10丁目等の街区全域、本庄町2丁目の一部が延焼し、焼損延べ面積89,099㎡が焼損している。焼け止まりの状況は北側がJ Rの高架沿い、東側、南側、西側が街区を囲む道路で焼け止まっている。この火災は消防隊が到着できず防ぎょ活動が遅れている。そのため火災現場の東側は、幅員26mの主要地方道（西出・高松・前池線）で、西側は大国公園（1800㎡）と幅員8mの南北道路で、北側はJ R山陽線の高架（高さ4m）でそして、南側は幅員7mの東西道路で、それぞれ焼け止まりとなっている。この火災現場では、一部を除き耐火建物の殆どが延焼阻止には役立っておらず公園や空地、道路等が延焼阻止要因となっている。

(2)水笠公園周辺地区（長田区）

17日5時47分頃に出火、同日の19時00分頃にかけて、南西方向へと延焼拡大し、翌18日14時20分の、鎮圧までの間32時間炎上している。この火災現場で

の延焼拡大の主たる要因をみると、炎上中の木造建物が道路上に倒壊し、向かい側の建物に延焼拡大している。地形的に平坦な街区にもかかわらず比較的幅員の広い道路（6m～8m）でも接炎や輻射熱によって延焼している。特にこの地域は地場産業であるケミカルシューズ製造工場や家庭内作業所が多い。過去の火災事例からも大火が多く、他の地区とは違って火災荷重が大きかったものと考えられ、消防隊もその延焼火力の強さからつぎつぎと転戦、後退を強いられている。その結果長田区の水笠通5丁目から須磨区の千歳町4丁目に至るまでの焼損延べ面積142,945㎡が焼失している。この火災も消防隊が到着できず、防ぎょ活動が遅れている。焼け止まりの状況は東側は風上となったこともあり、幅員7mの南北道路で西側は幅員26mの主要地方道（西出・高松・前池線）で、北側は幅員30mの主要地方道（神戸・明石線）の東西道路で、南側はJ R山陽線高架（高さ約4m）で、それぞれ焼け止まりとなっている。この火災現場での延焼阻止要因となったものは、最終的には消防隊の防ぎょ放水によるものであるが、個々に見てみると、開口部のない耐火建物の外壁やガソリンスタンドの防火塀、幅員の広い道

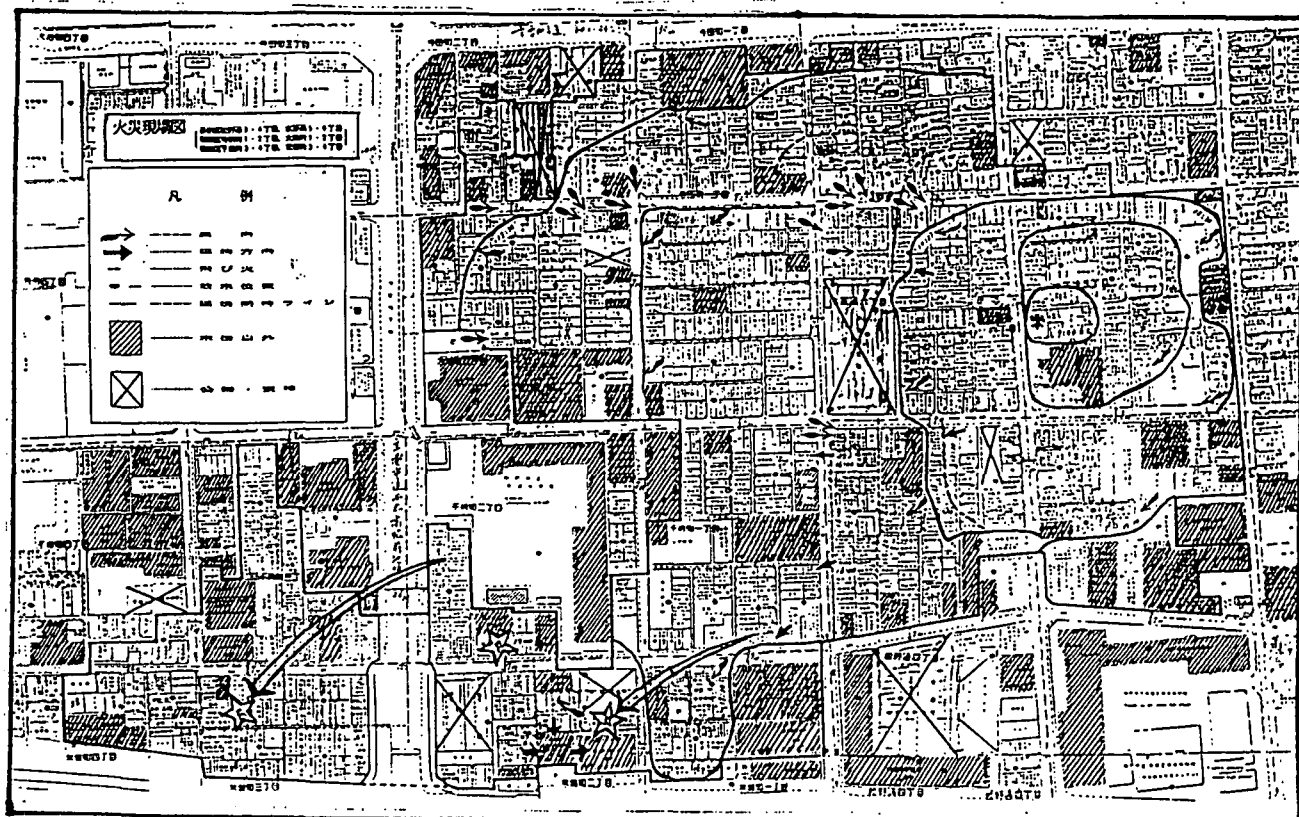


図-2 水笠公園周辺地区（長田区）

路（幅の広い道路8～26m）鉄道の高架（高さ4m）公園（約2500㎡）や駐車場等の空地が挙げられるが、これに加えて市民の必死の消火活動が功を奏している。²⁾

(3)会下山公園南側地区（兵庫区）

この地区は他の火災現場とは延焼拡大状況が多少異なる。兵庫区のやや北部寄りにあって、火災現場の北西側に会下山公園（面積約700㎡）には幅員22mの主要地方道（長田・楠・日尾町線）に挟まれた南側から北側へゆるやかに高くなっていく、傾斜した地形に住宅、事務所、商店が混在した市街地である。この地区は、17日5時52分頃、焼損区域南東側の上沢通3丁目から出火した。地震発生当時風速4.6m/s（神戸海洋気象台観測結果）の北東の風によって南西方向に延焼拡大していたが、風が南東方向に変わったあと、松本通4丁目へと飛び火、南東の風によって北西へと延焼した。³⁾消防隊の懸命の防ぎょ活動にもかかわらず、その後も風の影響を強く受けてつぎつぎと飛び火、延焼拡大している。その結果上沢通3丁目から松本通地区を中心として東西約500mにわたって焼損延べ面積94,787㎡が焼損している。延焼阻止要因として、この火災は前述の2地区

と比べると、消防隊が早期に防ぎょ活動を行っている。前掲したように、この火災現場は、多数の飛び火による典型的な飛び火拡大火災である。そのため延焼拡大危険の最も大きい北側は、東西道路を防ぎょ線とした消防隊の防ぎょ活動によって焼け止まりとなっているが、他の方角では、一部では道路や駐車場、空地等で焼け止まっているものの、この街区の炎上中に激しく変わる風向風速によって延焼拡大方向が変化したことから、特徴的な焼け止まり状況は見られず、消防隊の転戦につぐ転戦の防ぎょによって焼け止まっている状況である。

4. 延焼速度と延焼メカニズム

(1)延焼速度

高橋病院周辺地区及び水笠公園周辺地区の2地区を対象として、ビデオ映像・聞き取り調査を基に時刻毎の延焼境界線を描くことによって延焼速度を求めた。また、震災当日の風向・風速及び街区の構成等のパラメーターと延焼速度の関係について考察を行った。

震災当日の調査対象地区周辺の風の状態は、神戸

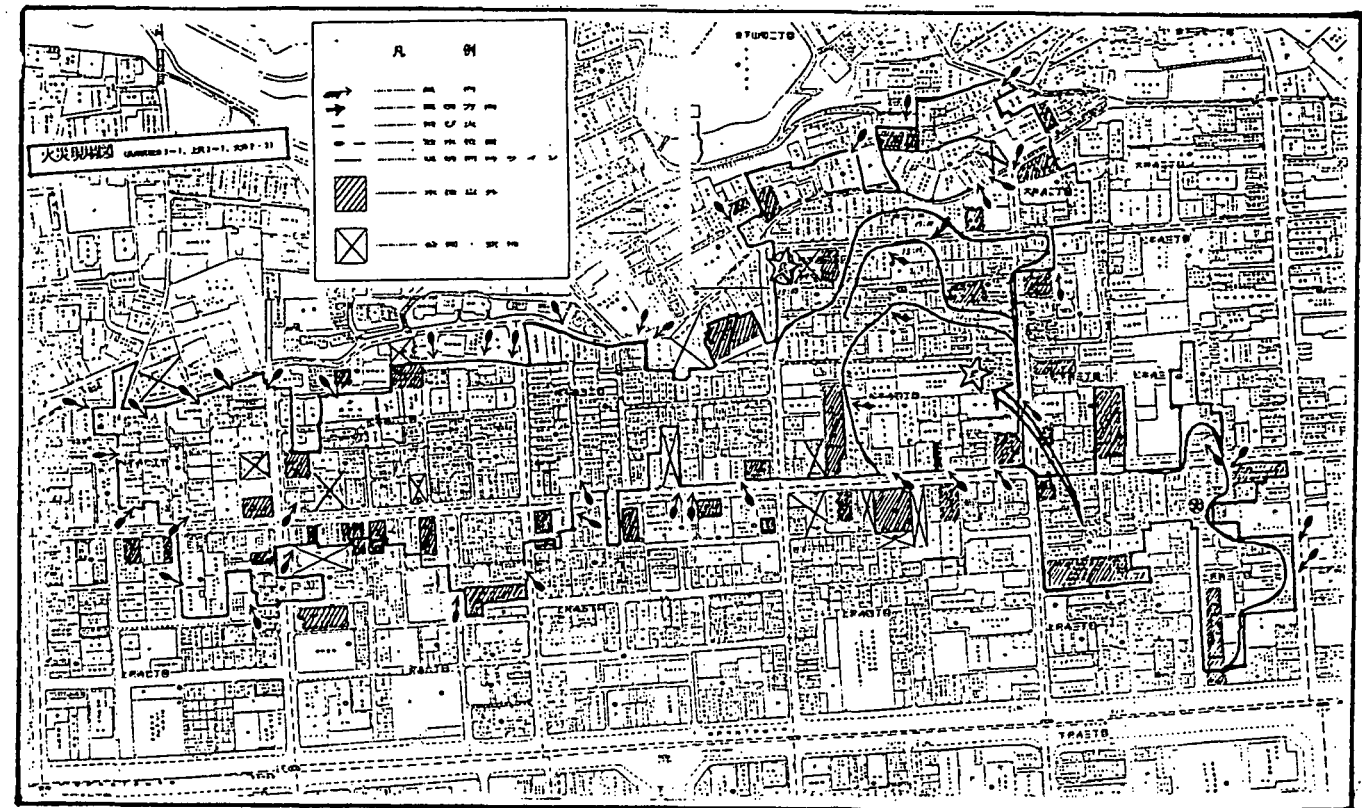


図-3 会下山公園南側地区（兵庫区）

海洋気象台の測定データとビデオ映像を参考に推定すると、10時頃までは3 m/s 程度の東よりの風が吹いており、10時以降13時までは、水笠公園周辺地区を中心として渦を巻いていた。その後は再び東よりの風が吹き始め、15時にはほぼ無風状態となり、その後は16時から20時頃まで3 m/s ～7 m/s の比較強い風が吹いていた。

高橋病院周辺地区では出火直後の6時から7時の1時間に北方向に100m/h以上と比較的大きな延焼速度となっていた。その後10時までは30m/h ～50m/h となり、風速の弱まった10時から13時までは5 m/h ～10m/h 程度に落ち込み、13時から15時までは30m/h ～50m/h に戻り、その後は消火活動が入った事もあり、延焼速度は5 m/h ～10m/h となった。なお、当地区においては建物の倒壊が激しく、火点西側の道路上（幅8m）には瓦礫が多量にあったため、道路は延焼阻止要因とはならず、建物が隣接している場合と同様の延焼をした。

一方、水笠公園周辺地区は5時47分頃に出火し火点西側の幅7 mの道路が阻止要因となったため、延焼速度は10m/h ～30m/h であった。13時頃に西側街区（水笠通6丁目）に燃え移ると、16時までは30m/h ～50m/h 、16時から18時の間には延焼速度は80m/h ～100m/h以上となった。特に17時から17時20分までの20分間には50m以上も延焼した。この時間帯に特に延焼速度が大きくなった原因としては、北東方向の風が強かったこと（ビデオ映像より推定）、当該地区では木造建物が多く、また、木造建物内で家内工業的にシューズ工場の下請けを行っている家が多くあり、火災荷重が非常に大きくなっているためであると考えられる。

(2)延焼メカニズム

ここでは、震災による火災の延焼状態を模擬する延焼モデルを構築し、高橋病院周辺地区、水笠公園周辺地区、2地区の延焼状況の分析を試みた。

延焼モデルは、個々の地域の詳細な建物状況、特性や、建物の倒壊等による影響が陽に反映されるように、建物一棟ごとに延焼を拡大させるモデルとした⁴⁾。例えば、建物の倒壊は、建物高さの低下、隣接距離の減少、着火条件の変化等としてモデルに反映される。

このモデルでは火災の延焼過程を、建物の燃焼過

程、隣接建物等との関係で定まる伝播過程、および着火過程に分けて捉えた。

出火および飛火は、出火イベントとして条件として与える。

延焼シミュレーションモデルの概略フロー図を図-4示す。

a) 建物の燃焼過程

燃焼過程では、建物の燃焼状態を延焼力の観点からモデル化を行った。

延焼力は、火炎高さ、建物規模、消防力で定義した。

火炎高さは、建物高さ⁵⁾と時間面積当りの燃焼重量

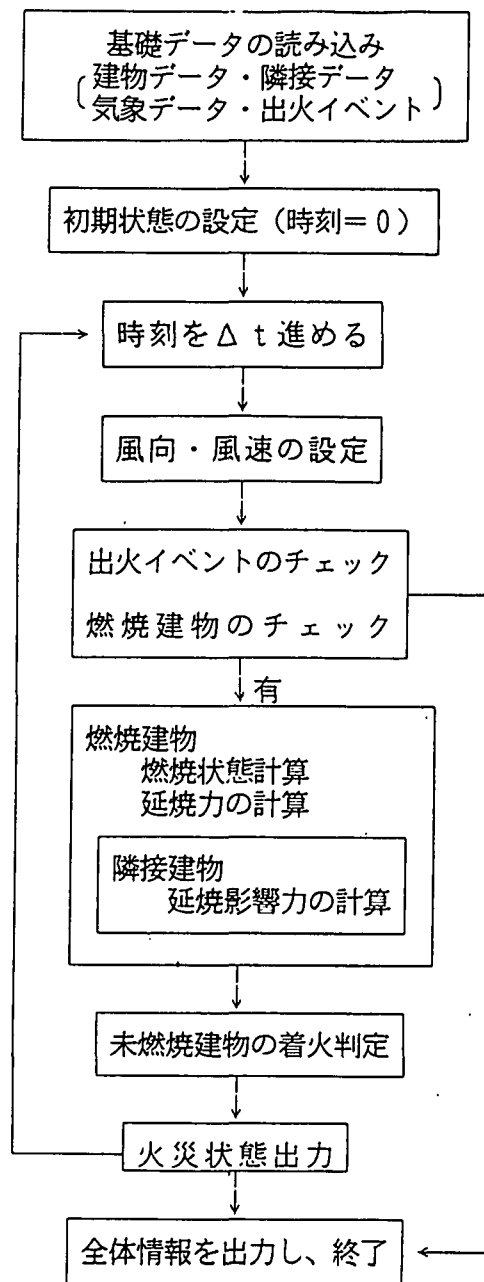


図-4 延焼シミュレーションフロー図

で表現し、建物の燃焼重量は建物の火災荷重と延べ床面積の積とした。建物の着火からの燃焼状態は、燃焼比率を着火からの時間のロジスティック型関数とし、燃え落ちるまでの時間は風速の関数とした。

建物規模は、建物一階床面積とし、また、建物が出火あるいは着火してから窓から炎が噴出しはじめる、あるいは炎が回るまでの時間を想定し、それまでの時間は延焼力はないものとした。

消防力は、建物の火災重量を減少させるものとして表現した。

なお、延焼力算定の基準条件として、火災荷重 120kg/m^2 の 100m^2 の木造一階の建物が、風速 2m/s で燃える状態を想定した。⁷⁾

b) 伝播過程

火災の伝播要因としては、^{5) 6)} 接炎、ふく射熱、気流温度上昇、火の粉、飛火等があげられている。ここでは伝播過程の要因を伝播係数で表し、伝播係数を二つの建物の隣接状態、建物高さ、風向、風速の関数で定義した。

伝播係数 = f (見通し角の大きさ、距離、
隣接建物高さ、風向、風速)

隣接建物間の関係を表す項目として、二つの建物の最短距離および見通し角の大きさをとった。

風向、風速影響項は、見通し角と風向の最小角度と風速の関数で表した。

伝播係数を算定する際の基準条件としては、 10m 角 (100m^2) の一階建物が 1m の間隔で面しており風速 2m/s とした。

c) 着火過程

着火過程は未燃焼隣接建物の着火判定で捉えた。

建物の着火状態を判定する変数としては、その建物の累積延焼影響量、単位時間延焼影響量、単位時間最大延焼影響量をとった。

建物の着火のし易さの要因としては、建物構造(木造、防火、耐火)、全体の火災規模、消防力とした。

d) 結果

高橋病院周辺地区、水笠公園周辺地区の2地区の火災を対象に、その延焼状況の再現を行っている。

気象データについては、神戸海洋気象台のデータ

を補正したもの、およびビデオ、聞込みによる情報から作成したものをを用いた。

結果については、当日報告する。

5. おわりに

兵庫県南部地震に伴う火災の状況については、現在もなお調査継続中のものがあり、詳しくはすべての調査が完了するのを待たねばならない。しかし、日を追って災害の復旧・復興が進められるなか、電気・ガス・水道等ライフインについての耐震基準の見直し、改善が図られている。中でも火災の発生に大きく係わる電気とガスに関しては、需要家部分においての出火防止対策が最も重要であることが、この度の震災から得られた教訓であり、今後も起こりうる都市直下型地震、これによって発生する火災を防止するため、ガス設備にあっては、建物倒壊によるガスマイコンメータの二次的被害の防止対策、また、電気に関しては、各家庭のメインブレーカーに地震感知式電源遮断装置設置の法的義務づけと早期改善措置が生活様式の大きく変わった現代における地震火災防止対策の根本であると考え。さらに、万一発生した火災を延焼拡大させないように、街区の不燃化、水道施設の耐震性強化等々、この震災から得た教訓をもとに、国をはじめ関係機関等に提言したいと考えている。

〔参考文献〕

- 1) 関沢 愛：阪神・淡路大震災における火災の発生と焼け止まりの状況、日本火災学会誌「火災」 217号1995年8月
- 2) 自治省消防庁消防研究所：兵庫県南部地震における神戸市内の市街地火災調査報告、1995年3月
- 3) 吉本和弘、前 益幸、北村芳嗣：兵庫県南部地震の火災の一局面、日本火災学会誌「火災」 217号1997年8月
- 4) 高橋 博他編纂：地震と対策、白亜書房、平成4年8月
- 5) 塚越 功、糸魚川英一：延焼遮断帯に対する火災外力の想定、日本建築学会論文報告集 第340号昭和59年6月
- 6) 糸魚川英一、塚越 功：飛び火を考慮した市街地

火災の確率的延焼モデル, 都市計画論文集 NO.2

3, 1988年11月

7)神戸市消防局:長田区ゴム工場の実態と防火対策

昭和35年 2月

The Study of Fires caused by the Kobe Earthquake

written by Hiroyuki Takai

Sixty fires occurred simultaneously in the Kobe city area until 6:00 a.m. on January 17th. This area were densely packed with wooden houses. So fires spread one after another easily until the area about 65ha were burnt.

In this paper causes of fire outbreaks and mechanism of fires spread are discussed mainly on the bases of real spreading fires at that day. Further more the way of modeling the fire spread is considered.