

13. 神戸・六甲南麓地域

－土砂・洪水災害の危険大の花崗岩山地の山麓

1. 地域概要

神戸は六甲山を背にし大阪湾に臨む幅狭い海岸低地・扇状地に展開している街です。同じ地形条件の芦屋まで含めると、その東西の長さ 22 km に対し幅は 2 km ほどと非常に細長くて、周辺域からのアクセス(災害時など)に大きな地形的制約のある地域です(図 1)。

神戸は古くからの港町として発展し、最近まで東洋一の規模の港を誇っていました。その歴史は奈良時代にまで遡り、京・大阪の外港として大輪田泊が、湊川三角州の南、現在の兵庫区におかれ、西国との経由地になっていました。江戸時代には兵庫津と呼ばれるようになり、舟運の拠点として浜本陣がおかれ、西日本最大の港として繁栄しました。兵庫津は、多量の土砂を搬出して河口部に突き出す砂州をつくっている湊川と南の和田岬とに囲まれた天然の良港です(図 2)。

湊川の北には生田神社・湊川神社の門前町である神戸(かんべ)の集落がありました。幕末における開港では、湊川河口の北側が外国船の停泊地に指定されたので、神戸村は外国人居留地にもなって発展し、現在の三宮・元町地区をつくっています。

明治 7 年に東海道本線が開通し、そのターミナル駅である神戸駅が兵庫と神戸の両地区中間におかれ、また、搬出土砂による港の埋積を避けるために湊川は西方に付替えられて、両地区は接近し神戸の中心市街を形成しました。その後市街は東に向け大きく進展し、昭和初期には芦屋・西宮にまで至る扇状地・海岸低地のほぼ全域が市街化されました。土地が狭いということで海岸は埋め立てられ、港湾・工業地区となりました。戦後高度成長期にはポートアイランドと神戸アイランドという大規模埋立地が六甲の山砂などでつくられ、市街が大きく海にまで進展しました。一方六甲山地の縁辺は、広く地形改変を受けて新興宅造地になっています。

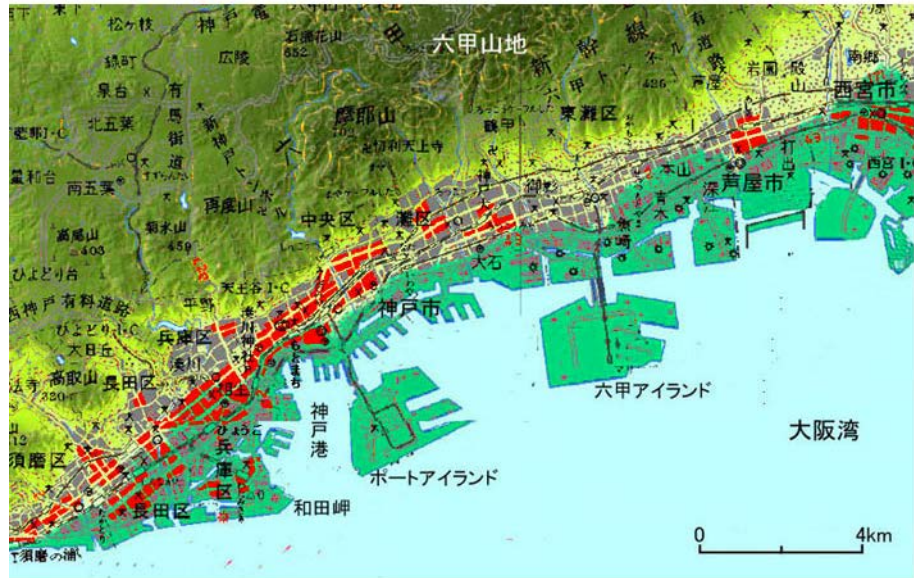


図 1 神戸の 20 万分 1 地勢図

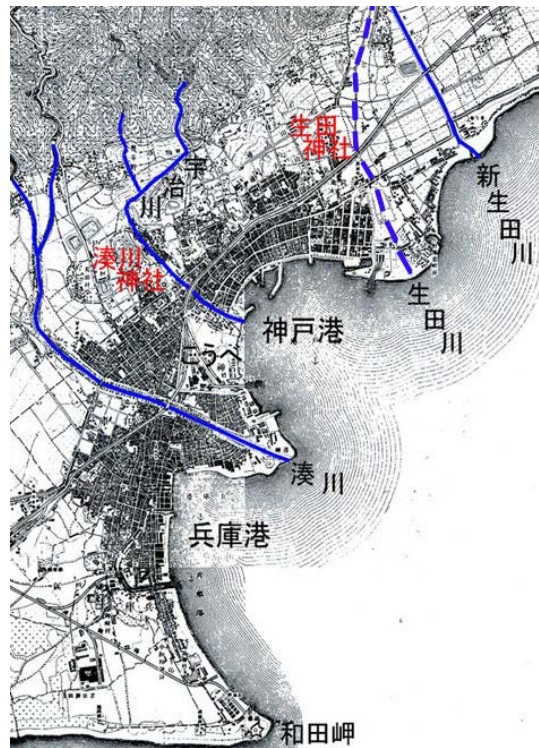


図 2 明治 18 年の神戸中心地区地形図

六甲山地は多数の活断層によって切られた断層山塊で、全体が花崗岩で構成されます。長さは30 km、幅は5 km ほどで、東北－南西方向にほぼまっすぐ延びています。第四紀中期ごろ(約100万年前)からの構造運動により東西方向の圧縮力を受け、逆断層を境にして押し上げられ、1,000 mほど隆起しました。この圧縮により花崗岩体には割れ目が発達して地下水が浸透し、深くまで風化が進行しています。風化花崗岩はマサ(真砂)とも呼ばれ、砂のような状態にまで変質しているところがあります。山頂部には隆起以前につくられていた平坦地形が押し上げられ残存しています。南面は多数の断層に区画された階段状の急斜面となり、大阪湾に臨んでつらなっています。

この南面には「六甲六百谷」といわれるように多くの谷が発達しています。大きな谷が平地に流れ出す出口には扇状地が形成され、それが連結して複合扇状地となっています(図3)。これが典型的に発達しているのは芦屋川から新生田川にかけての地域で、標高4 mほどまでのところが扇状地になっています。扇頂部の標高は約100 mで、さらにその上に段丘状になった古い扇状地が部分的に分布します。山地斜面と扇状

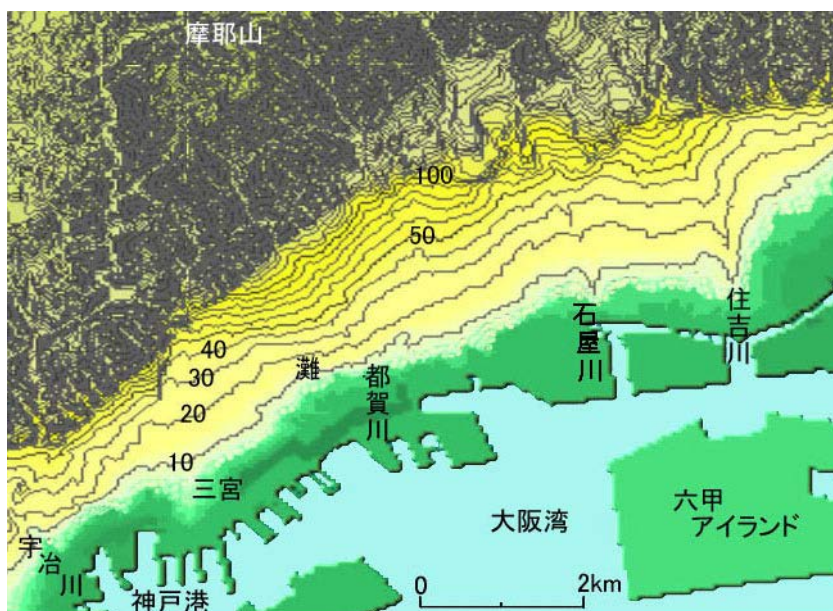


図3 六甲山地南麓の複合扇状地(黄色部分)

地との境界が直線的なところは多く、活断層の存在を明瞭に示します。複合扇状地帯の幅は1.5～2.5 km、平均勾配は1/20ほどと急傾斜です。

この扇状地帯を流れる川の中の、水源が主稜線にあって流域の広い芦屋川・住吉川などは、下流において天井川となり大阪湾に注いでいます。背後の山地が低い生田川西方では扇状地の発達はずかたで、海に面して低平な海岸低地がやや広く形成されています。全般的に海岸低地はかなり締った砂質層で構成され、和田岬付近は除き軟弱沖積層はほとんどみられません。扇状地は砂礫で構成されるので、比較的硬い地盤です。

このような地形・地質条件から、六甲南麓域は大雨による土砂・洪水複合災害の危険が大きいところで、1938年の阪神大水害をはじめとして、しばしば土砂・洪水の氾濫をこうむっています。奈良時代以降のおよそ1400年間には70件以上の大きな水害の記録があります。近年では1961年6月および1967年7月に大きな災害が発生しました。しかし、1995年の阪神大震災で地震の危険も大きい地下地質構造をもつことが明らかになりました。

2. 豪雨災害

1938年7月3日から5日にかけて六甲地域に梅雨前線の豪雨が降り、総降水量は六甲山頂で616 mmに達しました。雨が最も強かったのは5日の午前中で、8時～11時の3時間雨量は神戸海洋気象台で134 mmを記録しました。すでに400 mm近い先行降雨があったところにこの強雨が加わったために、六甲山地で非常に多数の山崩れ・土石流が発生しました。多量の土砂および洪水は山麓の街に氾濫し、死者・行方不明731人、流失・全壊家屋5,492戸などの大災害を引き起こしました(図4)。被害は神戸から西宮にかけての地域(阪神間)に集中したので、阪神大水害と呼ばれています。神戸市では市人口の72%が被災しました。

六甲山地は大阪湾北岸に屏風のようにつながっています。日本の太平洋岸域には南方から湿潤気流が流入してきますが、これが山にぶつかりと強制的な上昇が生じて、風上にあたる南側山腹および山麓に強い雨が降ります。この地形効果により、1938年、1961年および1967年の雨量はほぼ同じ分布パターンを示しました(図5)。

花崗岩は大きく成長した結晶粒子が集まって構成されています。これが地下水作用や地殻内での圧縮力をうけると、粒子間の結合がゆるんで脆くなります。外見は硬い岩のように見えても、指先で突き崩すことができるような状態に深くまで風化していることが多くみられます。このため花崗岩山地に大雨が降ると全山崩れるといったような状態になります。

崩壊土砂は滑り落ちる間に水を含み流動性を増して土石流に変わり、谷底を高速で流下して山麓を襲います。土石流本体は地表の勾配が2～3°ぐらいまでのところで停止しますが、堰き上げによって水位を増した後続洪水流は多量の土砂・流木を運んでさらに流下し氾濫します。六甲南麓扇状地のほぼ上半分はこの土石流到達範囲内にあります。通常の出水時にも、谷底に多量に堆積していた土砂が山麓に運ばれてきます。これら土砂の堆積の繰返しによってつくられたのが扇状地です。

港の土砂埋積を防ぐために、湊川と生田川はそれぞれ市街の西方および東方に付替えられました。現在のJR神戸駅北を流れていた宇治川の下流部は、川へのゴミ投棄を防ぐ、土地の有効利用を図るなどの理由で暗渠化されました。また、扇状地群を横断して3本の鉄道線路が通されました。東海道本線は最も山地寄りを通っています。豪雨時には、山から押し寄せてきた土砂・流木が暗渠をすぐさま閉ざして濁流が溢れ出します。鉄道のガードは流木でふさがれ氾濫を大きくします。

1938年水害で最も大きな被害を引き起こしたのは、天王谷川・石井川(旧湊川上流)および宇治川の土砂・洪水氾濫で、湊区と湊東区の両区で死者357人、建物の流失埋没倒壊2,297戸の被害が生じました。これは全市被害の半分以上を占めます。

山地・山麓を並走する断層群の活動により、天王寺谷の出口付近はやや凹状の地形(断層凹地)になっているので、ここで大きな氾濫と土砂堆積が生じました。この谷はトンネル水路で西方の刈藻川に付替えられていましたが、洪水は元の河道に従って神戸駅方向に流下しました(図6)。

六甲山頂を流域内にもち、みごとな扇状地をつくり河床が高い住吉川では、土石流は扇頂部から

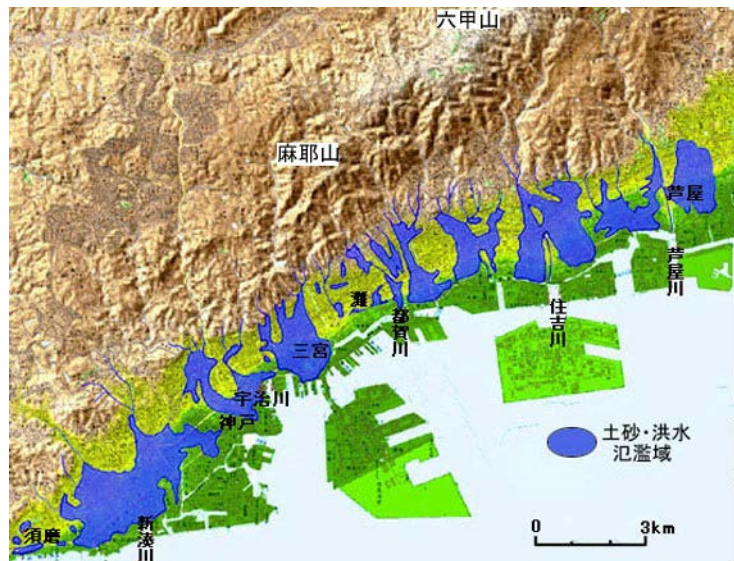


図4 1938年阪神大水害のときの土砂および洪水の氾濫域

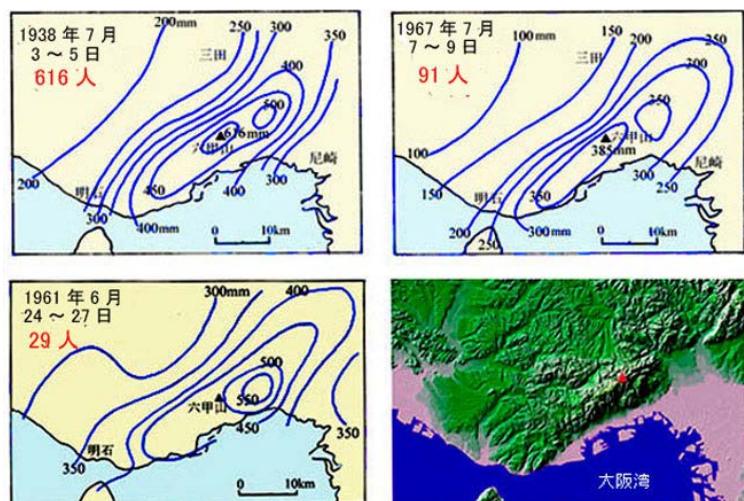


図5 六甲山系の地形に支配された集中豪雨例
赤数字は神戸の死者数

扇状地面上に溢れて、扇状地全体に洪水と土砂が氾濫しました。ただし下流の天井川化したところは高いので浸水を免れています。省線(JR)住吉駅付近では土砂が2 mの厚さに堆積しました。土石流による大きな被害を引き起こした都賀川は複合扇状地の凹部を流れているので、氾濫はほぼ河道周辺に収まっています。土砂や洪水の運動は地形によって支配されるのです。六甲山地から流出した土砂量は600万 m^3 ほどと推定されています。この土砂量はさほど多いものではなかったのですが、被害は甚大でした。

1961年の豪雨では、六甲山地に進出した新興市街地における崖崩れ被害が多数発生しました。これには宅地造成による地形改変が原因とされるものがあり、宅地造成等規制法の制定の契機となりました。兵庫県下の被害は死者41人、家屋全半壊229戸などでした。

1967年の豪雨では、山地内での山崩れ被害と山麓市街域での小河川氾濫の被害が生じました。生田川上流の市が原では、急傾斜の山地上でのゴルフ場建設が原因で、大きな山崩れが発生し21人の死者をだしました。起伏地の地形改変は雨水の浸透・流出の条件を変えて土砂災害発生の主因になっています。花崗岩山地は植生破壊により容易に禿山化して多量の土砂を流出させます。明治初期に六甲山は、雪山と見紛うばかりの禿山になっていたようで、現在では植林により植生は回復しています。

河川の氾濫は対策工事がより遅れていた小河川で多く、やはり暗渠の閉塞による中下流部での氾濫が目立ちました。市中心部を流れる宇治川は改修に多くの予算投入が行われてきたものの大きく氾濫し、基礎洗掘によるビル倒壊という被害も発生しました。河道が付け替えられてはいても、洪水の氾濫は元の地形に従います。

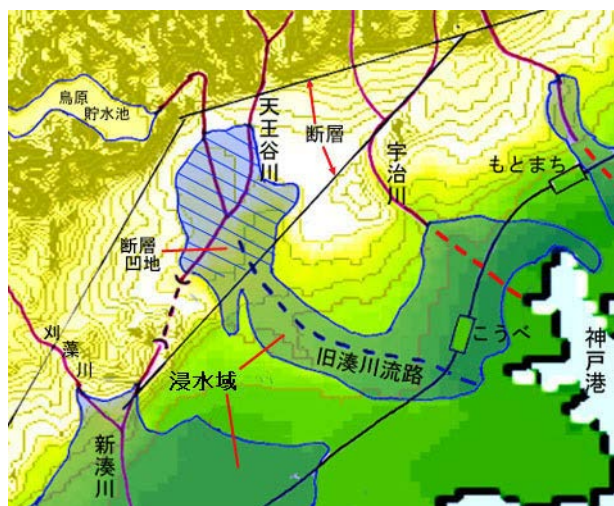


図6 宇治川・湊川の流路変更と1938年水害の浸水域
赤鎖線は暗渠化された流路

3. 地震災害

3.1 断層活動

この地域は全周囲が活断層で区画された大阪湾構造盆地の北西部にあたり、六甲・淡路島断層帯主部が走っています。これは大阪府箕面から六甲山地南縁を通り淡路島東岸北部に至る長さ70 kmの断層帯で、右横ずれを主体とし、北西側が相対的に隆起する逆断層成分をもっています。

この断層帯の最新活動は1596年の慶長伏見地震(M7.5)と考えられています。京都の伏見城が大破し大きな被害が生じたのがよく知られていてこの名がつけられたのですが、被害は畿内および近隣に広く及びました。被害状況から推定される震度6の地点には、京都・大阪・堺・有馬・須磨などがあり、この強震動域はさらに淡路島方向に伸びていたと考えられています。災害記録は多いものの全体被害は不明ですが、畿内における大地震であり死者は数万のオーダーであった可能性があります(洛中の死4万5千という記録あり)。

1995年の兵庫県南部地震(M7.3)では、六甲・淡路島断層帯主部のうち西宮から明石海峡にかけての30 km区間の地下で活動が生じたことが余震活動などで分かっていますが、主体は淡路島西岸断層の活動によるものでした。したがって、この地震は六甲・淡路島断層帯の活動による最大規模の地震とは考えられていません。この断層全体が活動した場合の規模はM7.9程度であり、その平均活動間隔は900～2800年で、今後30年以内の発生確率は0～1%とされています。この地震が起こっ

た場合、エネルギー規模は兵庫県南部地震の8倍になるので、被害は広範囲に及びます(図7)。

3.2 阪神大震災

1995年1月17日、明石海峡下を震源とするM7.3の兵庫県南部地震が発生し、死者6,425、住家等全壊110,457棟、同半壊147,438棟、直接の被害金額約10兆円などの大きな被害が生じました。被害は六甲山南面の阪神地区において著しく、神戸市では死者4,566、全壊67,421棟(19,212世帯)、芦屋市で死者442、全壊3,924棟(7,588世帯)と、この両市で全体死者の86%を占めました。

建物倒壊は六甲山に平行する長さおよそ20km、幅1kmほどの帯状域(ほぼ扇状地で地盤は良好)において多数発生しました。この「震災の帯」と呼ばれた局地的強震動域(全壊率30%以上)の出現は、断層や表層地盤条件とは無関係で、やや曲面をなす花崗岩基盤とその上部の未固結堆積層(大阪層群など)との境界面における屈折および山地側面での反射により、地震波がこの帯状域に収敛したことによるものと考えられています(図8)。水を入れた硬い容器を叩くと、水面上に容器の縁から波が発生するという現象がこの地震波でも起こったようです。地下構造は不変ですから、このような現象はこれからも起こるのは確かです。山地内の盆地縁辺でもこれと同じ地下構造が存在します。

死者数は6,424人、うち火災によるもの560人、避難生活のストレスなどによる関連死912人でした。火災および関連死を除く死者およそ5,000人の95%は建物倒壊を原因としておりほぼ即死の状態でした。この結果として死者発生地点と全壊率30%以上の地域とはほぼ重なります(図9)。建物が完全倒壊しなければ火災による死者の多くもなくなることができたはずで

したがって、住宅の耐震性を高くして倒壊を防ぐことが地震による死者を少なくする基本対策となります。全壊率と出火率とは比例関係にあるので、これは火災被害軽減にもつながります。さらにこれは、避難所設置、仮設住宅建設、立ち直り資金供与などの救護・救援の必要性を小さくし、避難所生活などによる「関連死」を減らし、人口流出等による地域の社会経済活動の低下させないなど、多方面につながります。個人の立場からは、住む家があるかないかは災害後の生活にとって決定的なことです。

倒壊の大部分は耐震性の劣る木造住宅、すなわち老朽化し、壁に筋交いがなく、重い瓦屋根で、土台が基礎にボルト締めされていない構造のものでした。戦前や戦争直後(したがって1950年建築基準法制定以前の)建築年代の古い在来構法の木造住宅の被害が大でした。とくに木造2階建て集合住宅(文化住宅など)や長屋の被害が目立ちました。一方、壁を組合わせる枠組壁工法(ツーバイフォー、プレハブなど)では、一般に建てて間もないこともあって、被害が非常に少なく済みま

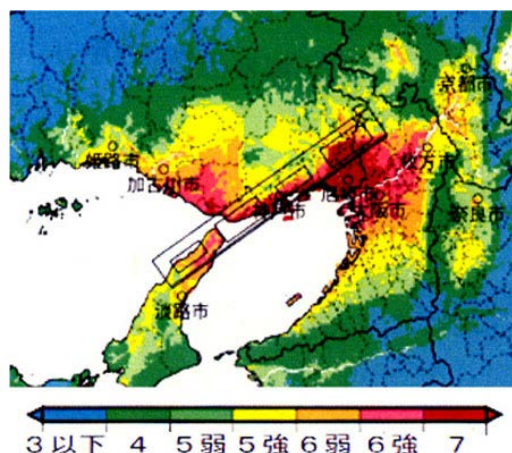


図7 六甲・淡路断層帯主部の地震による震度分布(地震調査研究推進本部資料)

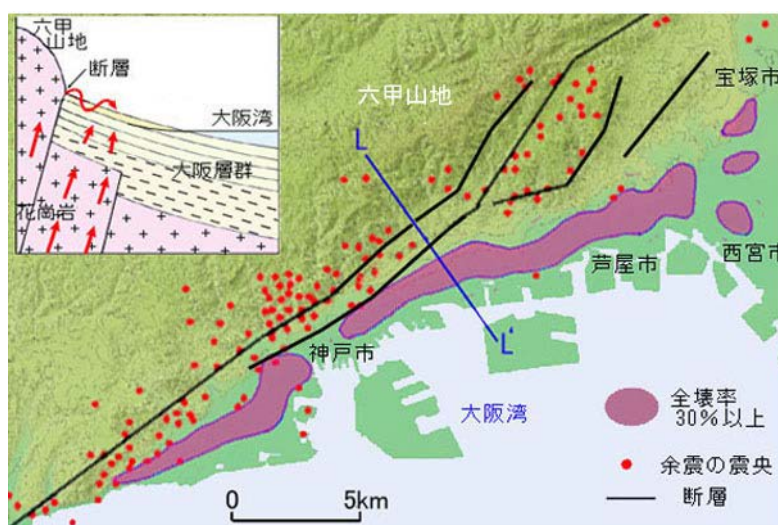


図8 阪神大震災の高被害域と地下地質構造

した。大きな被害地震は近畿と周辺域に集中しており、また活断層の密度が近畿では最大であるにもかかわらず、何故か関西では地震への備えが低かったようです。

この震動で生じた火災による焼損棟数は7,200で、関東震災時の東京市と横浜市に次ぐ規模でした。地震火災は主として建物倒壊により生じるので、出火地点は「震災の帯」にほぼ重なっています(図10)。大規模延焼火災は家屋密集度の大きかった長田区とその隣接域で生じ、焼損数を大きくしました。当日は風が非常に弱かったので、延焼速度は時速10～20mと遅かった(関東地震時の東京では200m以上)にも拘わらず火災規模を大きくしたのは、消防力不足および水利不足です。

大量の自動車通行(90%以上は緊急性のない一般車両)による極端な渋滞が消防車両の到着を極度に妨げました。到着しても、消火栓は破壊されており、また扇状地河川であるため普段の流水は非常に少ないので、消火用の水が得られませんでした。消火活動が延焼を阻止した割合は14%と低い数値でした。

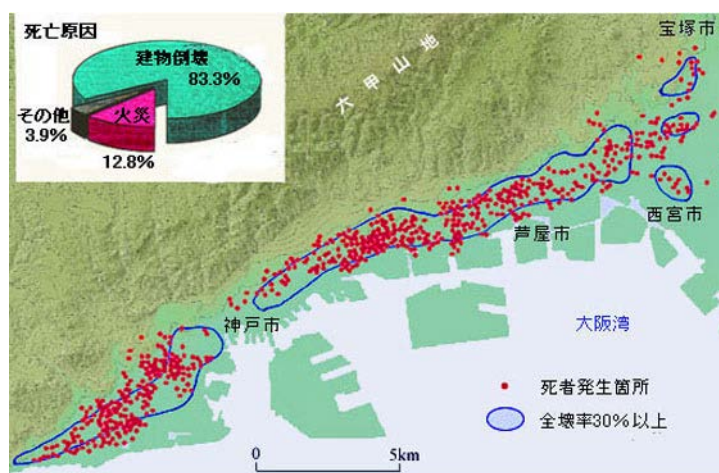


図9 阪神大震災による死者の発生箇所
(阪神大震災調査報告編集委員会, 1998 による)



図10 阪神大震災時の出火地点
(阪神大震災調査報告編集委員会, 1998)

兵庫県治山林道協会(1998): 六甲山災害誌。

神戸市役所(1939): 神戸市水害誌。

山口恵一郎ほか編(1975): 日本図誌大系, 近畿。朝倉書店。

稲見悦治(1967): 都市災害論序説。古今書院。

阪神・淡路大震災調査報告編集委員会(1998): 阪神・淡路大震災調査報告, 共通編 -2。

国土地理院(1983): 土地条件調査報告書, 大阪地区。

防災基礎講座: 地域災害環境編

http://dil.bosai.go.jp/workshop/06kouza_kankyo/

公開: 平成28年10月

国立研究開発法人 防災科学技術研究所 自然災害情報室
文責: 水谷武司(客員研究員)