

○1995 年兵庫県南部地震と阪神淡路大震災

- ・**震災前の神戸市の地震防災対策**：神戸市では、阪神大震災前の地震防災のための想定地震としては山崎断層と有馬－高槻断層帯（M7 クラス）や南海地震（M8 クラス）など、神戸から離れた地震を想定し、想定最大震度はⅤであった（過去の最大震度がⅤであることが理由とされている）。このため広域火災は想定していたが、建物やライフラインの被害は想定外であった。また一般にも「関西には地震が無い」という俗説が浸透していた（実際は慶長地震など活動期には多数の地震があった）。
- ・**活断層と震源**：1995 年 1 月 17 日午前 5 時 46 分 52 秒に明石海峡の深さ 14km で発生した Mj7.3（Mw6.8）の活断層による地震で、**兵庫県南部地震**と命名された。断層破壊は南東の淡路側（野島断層）と北西の神戸側（六甲断層系）に伝播し、右横ずれを生じた（図 1）。野島断層では 1～2 m の地表すべりが見られたが、神戸側の六甲断層系は地表断層の現れない伏在断層の地震となり、神戸市に破壊的な被害を生じさせた。
- ・**最大震度と震災の帯**：神戸市の三宮など、西宮市、芦屋市、宝塚市、淡路島の北淡町・一宮町・津名町（現・淡路市）の一部で**震度 7**を観測した（図 1）。特に神戸市側の震度 7 の地域は大阪湾に平行する幅 2 km 程度の帯状となって分布しているため、**震災の帯**と呼ばれた（但し、当初の発表は震度 6）。
- ・**主な地震被害：死者 6433 人**（9 割以上が家屋の倒壊による**圧死・窒息死**）、負傷者は約 43,800 人、全壊家屋約 10 万棟、半壊家屋約 15 万棟で、被害建物の多数は**旧基準の建物**であった。大阪湾に沿った埋立地、海岸平野部で多数の**液状化**し、港湾施設に大きな被害が発生した。建物以外の主要な被害は、道路 10,069 箇所、橋梁 320 箇所、河川 430 箇所、崖崩れ 378 箇所、新幹線橋脚の落下 8 箇所、JR・私鉄などの高架の落下 12 箇所、高速道路の倒壊・落下 5 箇所などである。**ライフライン施設**では停電や通信ケーブルの損傷、電話回線の輻輳などで通信機能が著しく低下したほか、水道（地震直後の断水戸数）95 万 4000 戸、ガス（地震直後の供給停止）86 万戸、電気（地震直後に停電になった戸数）260 万戸の被害を生じた。**火災は 285 件発生**したが、道路の閉塞、ライフラインの寸断、交通渋滞などで消火活動に支障をきたし、住家全焼 6,148 棟、全焼損（非住家・住家共）の 7,483 棟の**2次災害**が発生した。また多くの病院が被災または設備が破損し、救急活動に支障を生じた。避難者数は最大 32 万人におよび、**被害総額は 10 兆円**規模となった（現在の国家予算は約 80 兆円）。

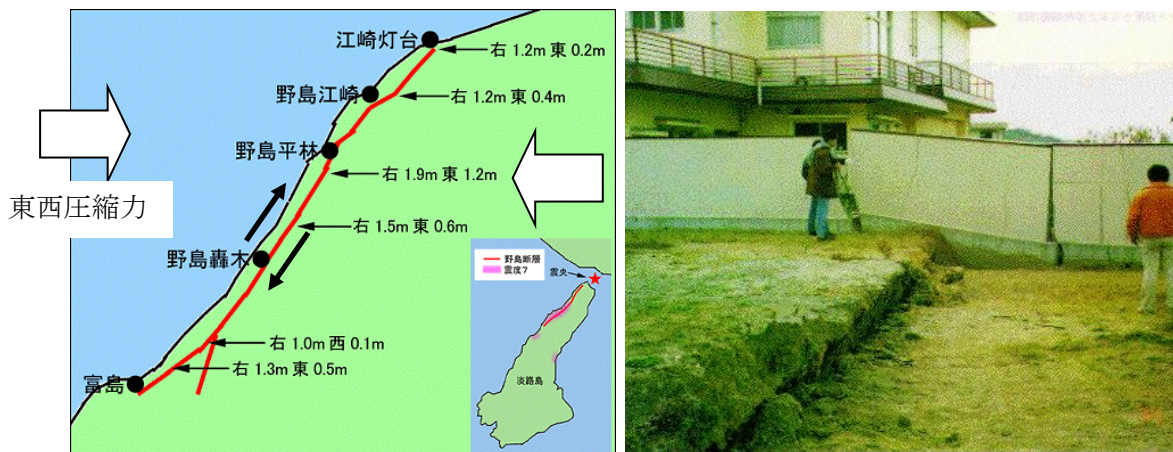


図 1 野島断層のずれ（左 <http://www.rcp.dpri.kyoto-u.ac.jp/main/hyogoken-nanbu/hyogoken-nanbuJ.html> 右 <http://www.rcp.dpri.kyoto-u.ac.jp/main/hyogoken-nanbu/hyogoken-nanbuJ.html>）

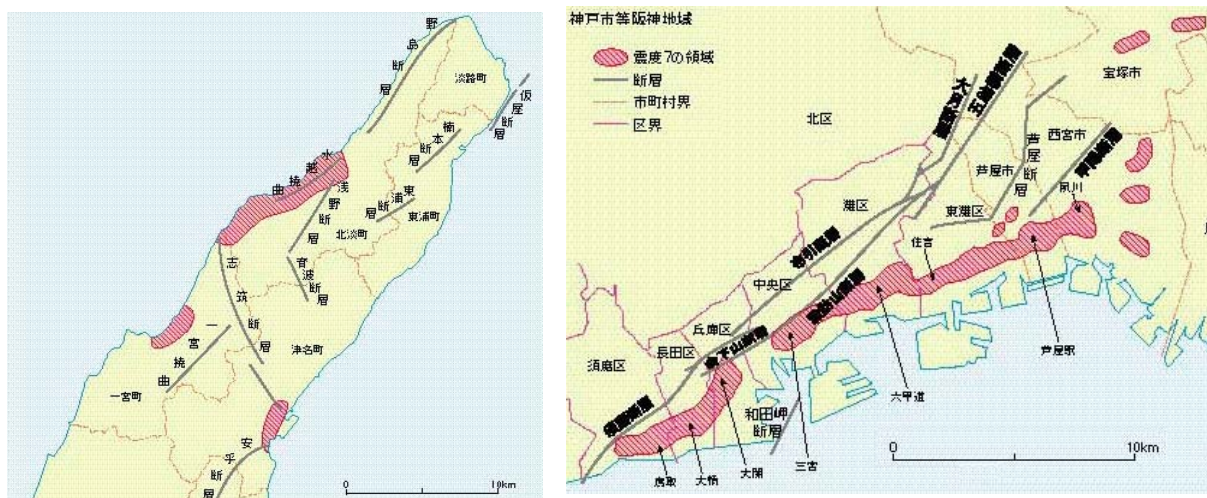


図 2 震度 7 の地域と震災の帯 <http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchr/eqchrfrm.htm>

- 震源近傍の地震動：**神戸市では地震の際、多数の強震記録が得られた。図4は山側の岩盤サイトである神戸大学の**強震記録**である。図でFNは断層面に直交する水平成分、FPは断層面に平行する水平成分である。図より**断層面に直交する成分**に周期1秒程度のパルス波が観測され、建築基準法レベルを凌駕する地震動となっている。このパルス波は震源断層面の**アスペリティー**（asperity；強い地震動を発生する部分、最近では**強震動生成域**とも呼ばれている）から生じ、図3に示すように断層破壊が進行する側で、断層面の直交成分に現れることが明らかになっている。これは震源近傍での特徴的な強震動特性で、**指向性パルス**（directivity pulse）と呼ばれている。図4に見られるように、木造家屋の大多数は断層面に直行する向きに、なぎ倒されるように倒壊・傾斜した。
- 震災の帯の原因：**大被害を発生した震度7の地域は大阪湾に平行する JR 沿いの幅2 km 程度の帯状となった**震災の帯**が現れ、それよりも山側と海側では被害は小さかった。この原因は JR 沿いに**古い建物**が集中したことに加え、大阪盆地の**洪積地盤**における**地震動の増幅**（堆積層厚は約1 km）、**沖積地盤**による地震動の増幅（より軟弱地盤の海側では液化化など**地盤の非線形破壊**を生じ、強い地震動を吸収した）、などが複合した現象と解釈されている。

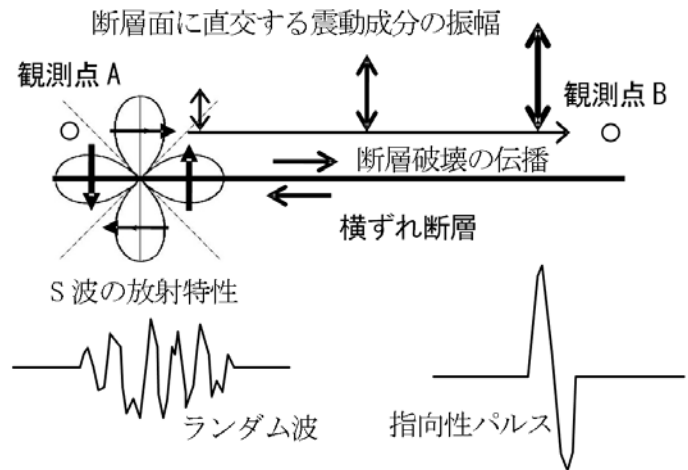


図3 震源断層近傍で発生する指向性パルスの成因

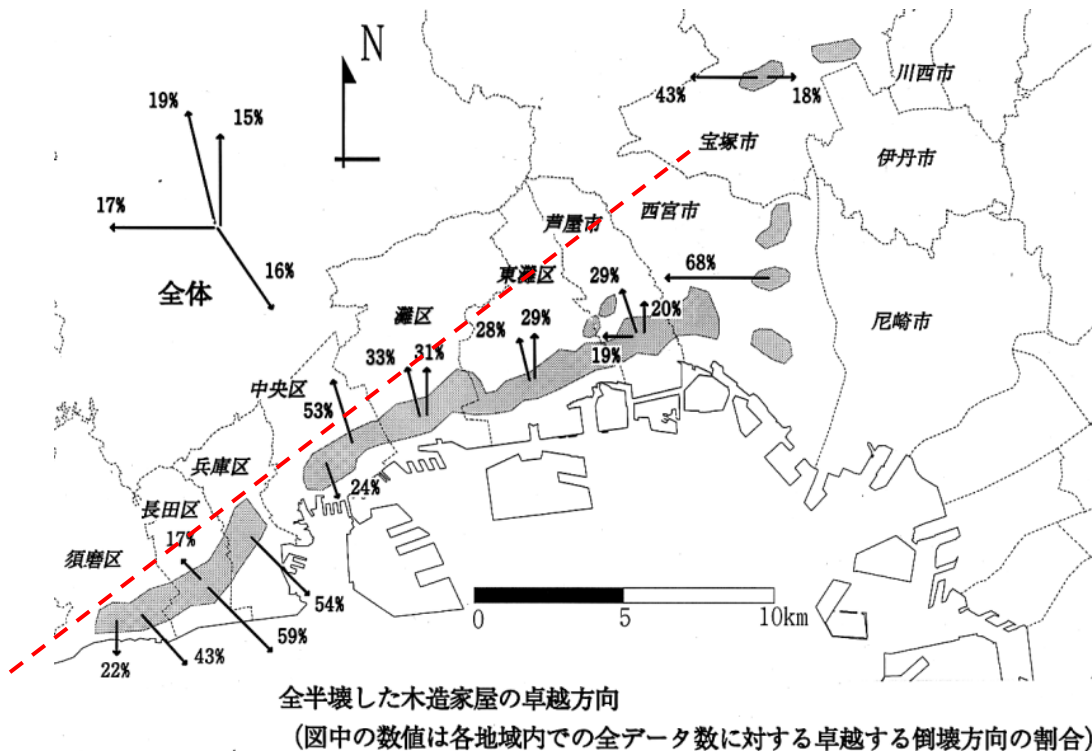
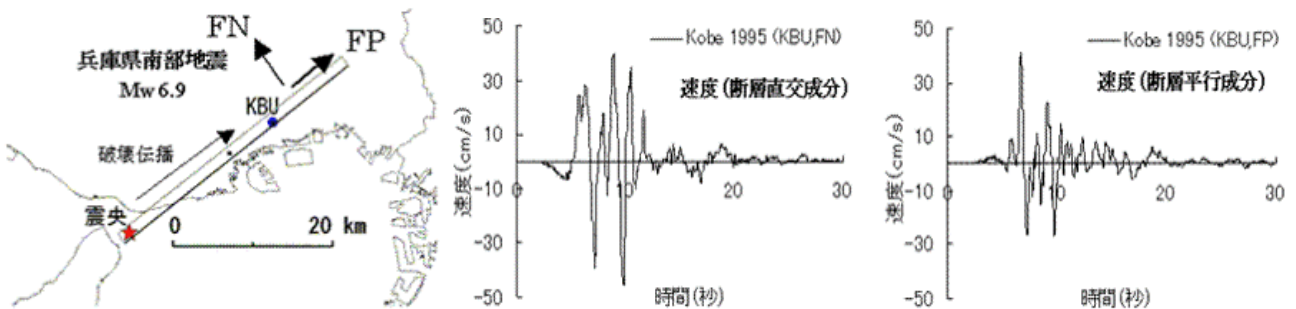


図4 神戸大学で観測された地震動（上）、全半壊した木造家屋の倒壊方向（中：久田, 1998）

・特徴的な建物被害：図5に示すように強い地震動により阪神高速神戸線が倒壊し、「崩壊した安全神話」のシンボルとなった。強い地震動により古く老朽化した家屋の多くは倒壊したが、**新耐震基準（1981）**でしっかりと設計施工された家屋は軽微な被害であった。1階の壁不足による木造家屋の被害（図6）や、旧基準（1981年以前）のRC造建物の柱のせん断破壊や中間層の被害が目立った（図7）。

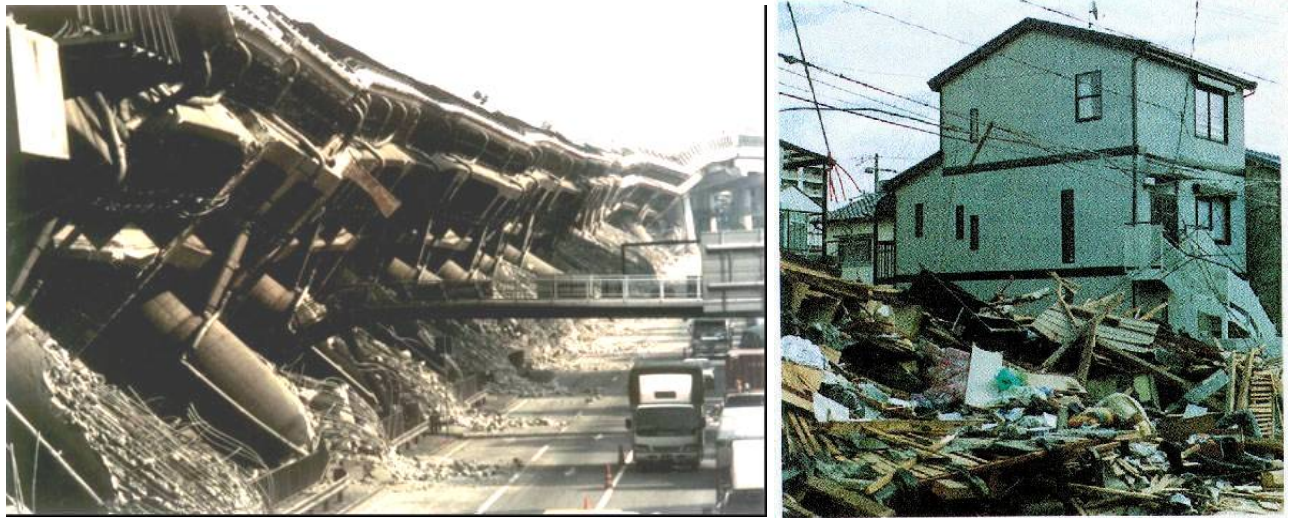


図5 倒壊した阪神高速神戸線（左：<http://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchr/eqchrfrm.htm>）、倒壊した木造家屋（手前）と無被害な家屋（右：阪神大震災全記録、毎日ムックより）



図6 1階の壁不足による木造家屋の被害



図7 旧基準のRC造建物の柱のせん断破壊（左）と中間層破壊（上）

また新基準の RC 造建物ではピロティー階の被害が顕著であった（図 8）。このほか、埋立て地盤では液状化による被害が目立ち、倒壊した家屋が道路を塞ぎ、救助や消火活動に支障をきたした（図 9）。



図 8 新耐震基準の RC 造建物のピロティー層の被害



図 9 液状化被害（左、ポートアイランド）と倒壊家屋による道路閉塞（右）

- ・**災害情報と危機管理**：図 10 は公的な発表による震災後の公的な死者・行方不明者、傷害者、被害家屋数の累計である。地震直後、被災地の通信網は麻痺状態となり、国も自治体も正確な被害状況の把握は不可能となった。地元自治体（兵庫県、神戸市）では職員自らが被災者となり参集できず、警察や消防署も目前の対応に追われ、全体像は把握できなかった。自衛隊は自治体と連絡不能なまま待機状態であった。
- ・**早期被害情報推定システム**：震災後、国や各自治体で速やかな初動体制を確立するため、強震計を用いた様々な**早期被害情報推定システム**が導入された。但し、平常時の利用法とその維持管理が課題となっている。

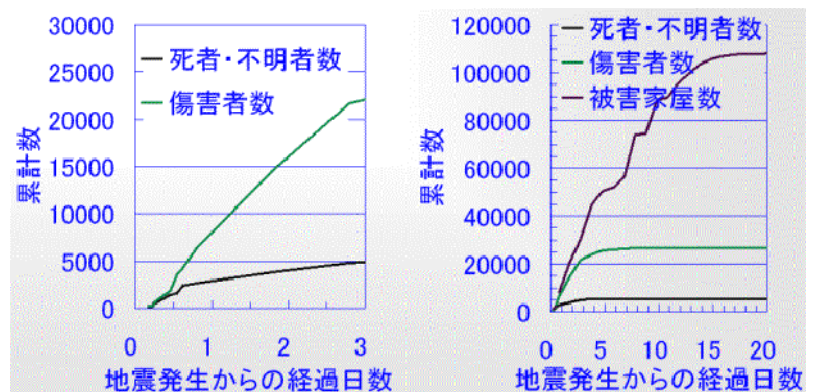


図 10 公的な死者・行方不明者、傷害者、被害家屋数の累計

- ・**計測震度**：兵庫県南部地震までの震度は気象官の体感（震度Ⅴ以下）と建物の倒壊率（震度Ⅵ以上）で決定していた。このため建物調査が終了しない限り震度Ⅵ以上を公表できなかった。このため1996年から強震計による**計測震度**が導入され、震度の即時公表が可能になった。しかしながら、計測震度と実際の倒壊率が定義どおりに対応するのかが、新たな課題となっている。
- ・**地震調査研究推進本部**：兵庫県南部地震までの国の地震防災対策の基本は**耐震構造**と**地震予知**だと考えられていた。しかしながら兵庫県南部地震によって殆どの地震では地震予知が困難であることが明らかとなった。このため1995年に国の総合的な地震防災対策を推進するため、**地震防災対策特別措置法**が制定され、行政施策に直結する地震に関する調査研究に推進するため、**地震調査研究推進本部**が総理府に設置（現・文部科学省に設置）された。地震調査研究推進本部によって**活断層調査**、**地震の長期評価**、**地盤構造の調査**、**強震動評価**などを行い、その成果を総合した**全国を概観した地震動予測地図**、**リアルタイムによる地震情報の伝達**などの事業を行っている。
- ・**既存不適格建築**：被災した建物の大多数は1981年の建築基準法改正以前の古い建物であった（図11参照）。このため、1995年に**建築物の耐震改修の促進に関する法律**が制定され、公共建築・学校建築、大規模建築の耐震診断と補強が促進された。一方、一般の民間建築、特に木造住宅の耐震補強は殆ど進んでいない。
- ・**仕様設計と性能設計**：従来の建築基準法では建物各部の仕様が規定され、建物の総合的な性能（耐震性能など）が評価できず、建物オーナーへの**説明責任**も果たせなかった（**仕様設計**）。このため建物の持つべき性能を定め、それを目標とした設計法（**性能設計法**）の必要性が高まった。
- ・**建築基準法改正と限界耐力計算**：2000年に建築基準法が改正され、従来の耐震設計法（1981）に加え、**限界耐力計算法**が導入された。限界耐力計算法では、**稀に発生する地震動**（50年に1回程度）には**損傷限界耐力**（修復可能な耐力）を、**極めて稀に発生する地震動**（500年に1回程度）に**安全限界耐力**（倒壊しない耐力）を、それぞれ建物が保有することを確認する。その際、地震動は**工学的基盤**で与えられ、**地盤増幅率**、**地盤・建物の動的相互作用**、**建物の動的応答**を簡便な手法ながら計算することになる。一方、政令に定める基準に従った構造計算は性能規定化の基準法改正の主旨に逆行する、地震動に**震源近傍の強震動特性**や堆積盆地での**長周期地震動**が反映されていない、理解が困難で建築主事が従来の耐震設計法を要求する、などの問題点が指摘され、実際に使用されている例もまだあまり多くは無い。
- ・**仕様設計と性能設計**：従来の建築基準法では建物各部の仕様が規定され、建物の総合的な性能（耐震性能など）が評価できず、建物オーナーへの**説明責任**も果たせなかった（**仕様設計**）。このため建物の持つべき性能を定め、それを目標とした設計法（**性能設計法**）の必要性が高まった。図12に構造技術者協会（JSCA）による建築構造の耐震性能メニューの例を示す。基準級とは建築基準法による最低限の建物グレードであり、より上級のグレードとして、大地震時の修復可能性や機能継続性・使用継続性などの性能を満足する建物を提示できることを目指している。
- ・**建築基準法改正と限界耐力計算**：2000年に建築基準法が改正され、従来の耐震設計法（1981）に加え、**限界耐力計算法**が導入された。限界耐力計算法では、**稀に発生する地震動**（50年に1回程度）には**損傷限界耐力**（修復可能な耐力）を、**極めて稀に発生する地震動**（500年に1回程度）に**安全限界耐力**（倒壊しない耐力）を、それぞれ建物が保有することを確認する。その際、地震動は**工学的基盤**で与えられ、**地盤増幅率**、**地盤・建物の動的相互作用**、**建物の動的応答**を簡便な手法ながら計算することになる。一方、政令に定める基準に従った構造計算は性能規定化の基準法改正の主旨に逆行する、地震動に**震源近傍の強震動特性**や堆積盆地での**長周期地震動**が反映されていない、理解が困難で建築主事が従来の耐震設計法を要求する、などの問題点が指摘され、実際に使用されている例もまだあまり多くは無い。
- ・**自助・共助・公助**：阪神・淡路大震災で得られた最も重要な教訓は、自助・共助の重要性と公助の役割である。まず、**自助**は「自分・家族・自社などは自身で守る」ことで

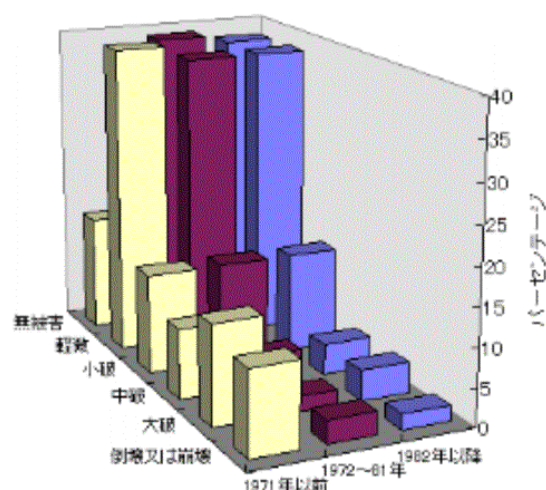


図11 阪神大震災のRC造建物の建築年別の被害
(<http://www.aij.or.jp/jpn/seismj/rc/rc2.htm>)

性能グレード		まれに作用する荷重	極めてまれに作用する荷重	余裕度の検証
特級	免震		機能維持 無被害 修復不要	
	耐震			
上級	制震	無被害		
		修復不要	軽微な被害 軽微な修復 小規模修復 中規模修復	小破 中破 大破 大規模修復
基準級				
		中震度	大震度	巨大震度
		V弱 V強 VI弱 VI強 VII		
加速度(cm/s ²)		100 200 300 400 500 600 700		
速度(cm/s)		← 25 → ← 50 →		
再現期間(年)		30 500 1000		
発生確率(%) (50年)		80% 10% 5%		
備考		関東大震災 (東京大手町地区)		阪神・淡路大震災 (神戸三宮地区)

図12 建築構造の耐震性能メニュー・JSCA標準より
(http://www.jsca.or.jp/vol3/13sp_issue/200311/sp_issue031126.php)

あり、震災対策の根幹である。この震災での死者 6434 名のうち、直接死は 5520 名であり、その内訳は、約 8 割は建物倒壊による圧死、1 割は家具類等の転倒による圧死、1 割は焼死であると言われており、しっかりと家屋と室内の耐震対策を行っていれば殆どは防ぐことが可能であった。家屋倒壊は地震だけでなく、初期消火や救援救護活動にも著しい障害となり、地域の評価にも大きな影響を与える。自助として建築基準法等による命を守る対策だけでなく、これからは図 12 に示す高いグレードの建物を目指し、避難が不要で、震災後には速やかに生活や事業を再開できる建物を目指すべきである。次に、仮に地域内での非常事態が発生した場合、**共助**による対策・対応も重要である。図 13 は阪神・淡路大震災で被害家屋から誰に救助されたかの割合（左）と、震災直後（1/17）からの救助者数と生存率（右）を示す。この統計では 9 割以上の住民は自助・共助で救出されており、初日の生存率は 80% であるが、日を迫うごとに急激に低下している。事前対策として、地域住民は地域・マンション等の特性と危険度（ハザード）に関する情報を認識・共有し、ハード（まちの耐震・耐火性能の向上、防災拠点の整備など）とソフト（教育・訓練、リーダー育成など）による取組が必要である。震災直後には、地域特性に応じて津波や延焼火災から速やかに避難するか、あるいは、初期消火・救援救護・安否確認など被害に立ち向かい、まちを守る活動を行うか、適切な判断が求められる。今後は、できる限り多くのまちで、**逃げる必要のないまちづくり**を目指すべきである。最後に、まちづくりなど**公助**に対する要望は、個別に行うのではなく、議員なども含む地域リーダーを中心に地域の合意を得たうえで提出すべきである。

- ・ **防災まちづくり**：まちづくりは、防災のためにあるのではなく、持続可能で優良な環境を有し、安全・安心で、外部からもぜひ住みたい・投資したいなど高い資産価値を生み出すためのしくみづくりである。優良なまちづくりが、結果として効果的な防災・減災対策への投資を可能にする。災害に強いまちとは、住民がまち（お隣さんなども）に愛着を持ち、仮に大きな被害があっても再建したいと思えるようなまちである（世界の歴史的なまちは戦災などでの壊滅後も必ず再建される）。そのため、日ごろから住民同士が顔の見えるつながりを促すための仕掛け（決して空地率や広い道路幅だけでない）や、住民が集い、祭りなどのイベントや集会を行い、いざというときに避難所・避難場所としても利用可能な施設・空間があること望ましい。

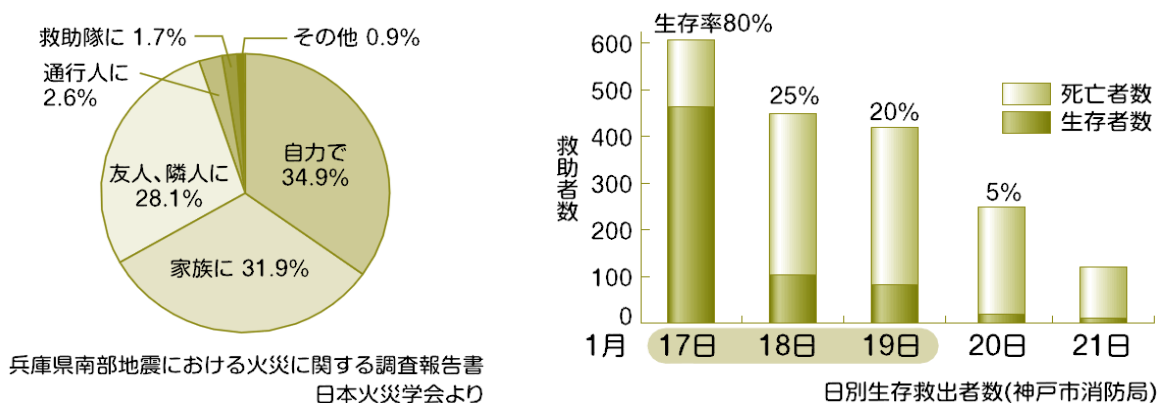


図 13 阪神・淡路大震災の際、被害家屋から誰に救助されたかの割合（左）と、震災直後（1/17）からの救助者数と生存率（右）（http://www.pref.kochi.lg.jp/uploaded/life/12232_17695_misc.pdf）

○その後の主な地震災害

- ・ **1999 年台湾・集集地震**：台湾中部の内陸活断層が破壊した M7.3 の地震で、最大 10m の断層すべりが地表に現れた（死者 2440 名）。地表断層すべりにより橋桁の落下、ダムが決壊などの被害が生じた。地表断層の近くで**断層すべりによる長周期強震動（fling step）**が観測されたが、短周期成分は小さく、振動による地震被害も軽微であった（図 14）。
- ・ **2003 年十勝沖地震**：襟裳沖約 80km の沖合いで発生した M8.0 プレート境界地震。津波により 2 名の行方不明者が出たが、地震規模の割に被害は軽微であった。**長周期地震動**による苫小牧市の**石油タンク**が炎上した。
- ・ **2003 年イラン・バム地震**：イラン南西部の Ms=6.5 の地震。多くの家屋は非耐震の日干し煉瓦・組石造であり、バム市とその周辺の人口約 12 万人の 1/3（約 4 万人）が死亡した。歴史的建造物である**アルゲ・バム**も破壊され、歴史的建造物の保存・補修が課題となった。
- ・ **2004 年新潟県中越地震**：新潟県中越地方で起きた M6.8 の内陸活断層による地震。大規模な**地すべり被害**を生じ、川口町で兵庫県南部地震以降初めての震度 7 を記録したが、被害の大半は古い木造建物であった。死者は 40 名であるが、大半（約 30 名）は地震後の疲労や**エコノミー症候群**などで死亡した。
- ・ **2004 年スマトラ島沖地震津波**：インドネシアのスマトラ島沖で発生した M8.7 のプレート境界の巨大地震。津波によりインドネシア、タイ、スリランカ、インドなどインド洋沿岸で死者・行方不明者は約 23 万名にぶ大災害となった。



図 14 台湾集集地震で出現した地表断層と傾斜した RC 建物（軽微な被害）

参考文献：内閣府、阪神・淡路大震災教訓情報資料集 http://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/hanshin_awaji/

大都市における震災対策（主として地震・火災対策）と防災まちづくりの課題

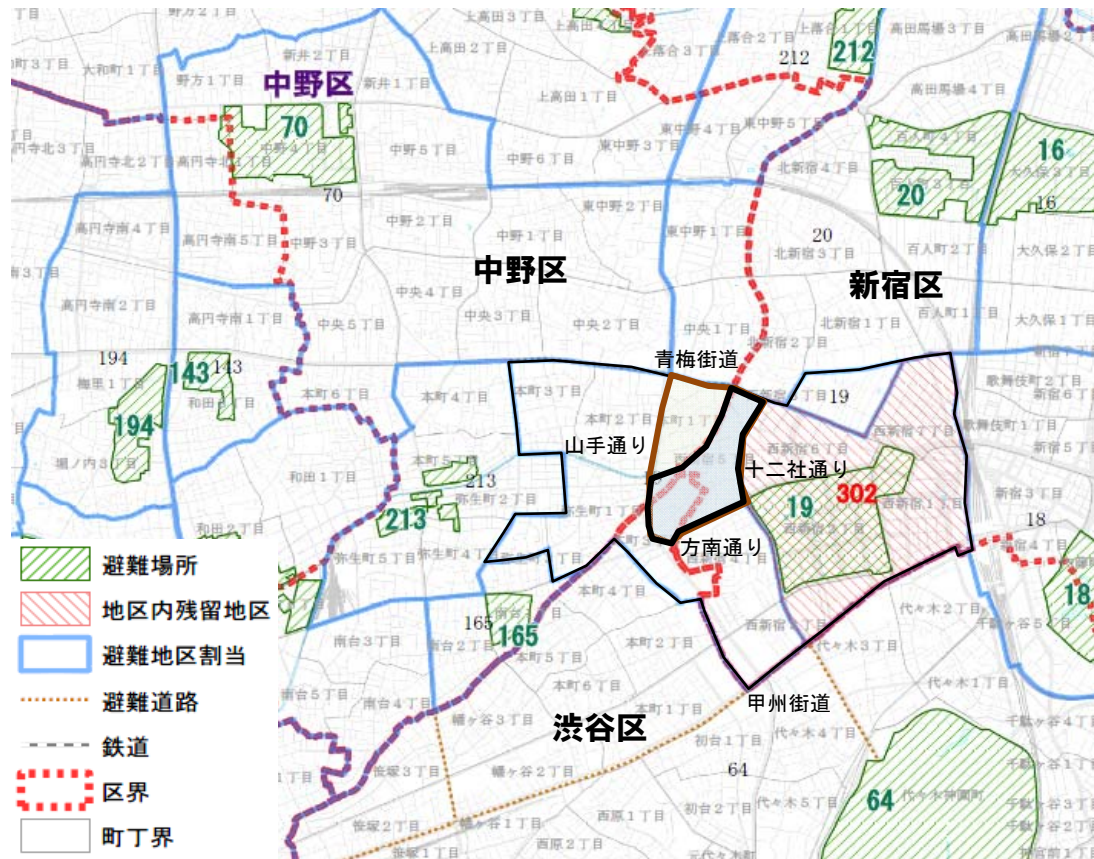


図1 新宿・中野・渋谷区域における避難区域割当と避難場所（東京都都市整備局：図1を参照）
（図中の青枠は避難区域割当、オレンジ枠は都市防災区画、黒枠は西新宿5丁目地域）

避難場所：東京都区部の避難場所は、地震火災から住民の生命を守るため、平成25年5月現在で197カ所指定。

避難道路：避難道路は、震災時に避難場所まで遠距離避難を余儀なくされる地域などにお住まいの皆さんが、指定避難場所へ安全に避難するため指定。

地区内残留地区：地区内残留地区は、地区の不燃化が進んでおり、万が一火災が発生しても、地区内に大規模な延焼火災の恐れがなく、広域的な避難を要しない区域として、平成25年5月現在で34カ所、約100k指定。

都市基盤整備

- ・関東大震災の帝都復興事業
- ・幹線道路や河川・公園の整備

都市防火区画の形成

- ・幹線道路沿道建物の不燃化
- ・延焼遮断帯の形成

地区レベルの対策

- ・生活道路等の拡幅整備
- ・老朽建物の建替え促進
- ・身近な公園・広場の整備

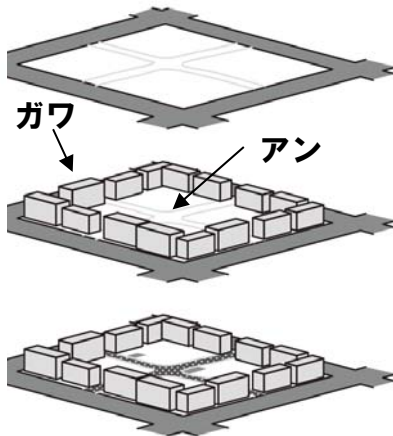


写真1 西新宿5丁目のガワとアン
（分断されたまちのコミュニティー）

山下浩一：都市防災からみた市街地整備の課題と方向、より

図2 都市の地震火災対策の変遷

- ・関東大震災などを経て、木造密集市街地などの地震火災対策のための防災まちづくりは、幹線道路沿道建物の高層不燃化などによる延焼遮断帯による防火区画の形成が基本となった（ガワとアンが出現し、まちとしての一体感はなく、コミュニティーが分断）。本来は、まちとして互いに必要とされ、交流あるコミュニティーが形成されるべき。安全・安心で持続可能なまちには、まちを愛する市民のコミュニティーが必須。
- ・防災まちづくりの問題点：平和な時世に、防災を主とするまちづくりはあり得ない！ 例えば、津波対策のための奥尻島（参考文献）や東北地方太平洋沿岸のまちづくり、1000年間どうやって維持！？