関西自然保護機構会報 17(2)：103－117，1995

原　著

阪神・淡路大震災と大阪盆地の地下構造の概要

大阪市立大学理学部　中　川　康　一
大阪市立大学阪神大震災学術調査団

GENERAL REMARKS ON GREAT HANSHIN-AWAJI EARTHQUAKE DISASTER AND GEO-STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF OSAKA BASIN

Koichi NAKAGAWA　*Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University*
Osaka City University Investigation Team on Hanshin Great Earthquake Disaster
Department of Geosciences, Faculty of Science, Osaka City University

はじめに

1995年１月17日未明，近畿一円を烈しく揺さぶった地震は気象庁によって「平成７年兵庫県南部地震」と名付けられたが，災害があまりにも激烈であったために「阪神・淡路大震災」と呼ばれるようになった。この地震は，高度に近代化した都市の周辺に地震が発生した場合，いかに多くの人命と都市機能が一瞬にして喪失させられるかをまのあたりに見せつけたものであり，典型的な都市直下型地震として位置づけられるものである。

この地震の規模は気象庁の観測網から解析された結果によると，マグニチュード M＝7.2であり，汎世界的な観測網から得られたものは M＝6.9となっている（菊池，1995）。これらは先の鳥取地震（1943）や福井地震（1948）とほとんど変わらず，内陸に起こった被害地震の中で特に大きいというようなものでもなく，記録にみられる地震動波形も，他の内陸型の地震に比べて別段変わるところがない。しかしながら，被害の程度は近年稀にみる最大規模のもので，これまでに経験しなかったような種類の被害が数多く報告され，今回の地震によって改めて都市直下型地震の恐ろしさが知らしめられたのである。

マグニチュードをはじめ，何もかもがごく普通の内陸型地震となんら変わらないにもかかわらず，１つの都市が灰燼に帰す程の大惨事が発生してしまったことは一体何を物語っているのであろうか。

関西地方は，ここ数十年間は大きな地震もなく静穏に経過してきた。しかし残念ながら，この長期間の静穏さこそが，関西の都市震災全般にわたる防災意識に低迷を来たし，未曽有の大惨事につながっていったことは否めない事実として，直視しなくてはいけないだろう。この大惨事の発生に関与した直接の自然要因とはどのようなものであったのであろうか。重大な原因の１つに日本の大都市を載せている地盤の成因と周辺の深部地下構造にまたがる地質学的背景と非常に深い関わりがあるとみられ，今後の都市の震災防止に大変重要な教訓を数多く提供することになるであろう。ここでは地震の発生，地盤の被害特性とその背景となっている地質特性について概説しよう。

近畿地方の活断層と地震

歴史地震や活断層の分布をみても，関西地方は

他の地域に比べてその頻度や密度は決して低くない。以前から，筆者も含めて多くの地震学者や他の地球科学者らは，この不気味な静穏さに言及して大地震発生の注意を確かに促してはきたが，それが一般の人たちにまで充分に浸透していったとはとても言い切れず，その力不足にもどかしさを感じると同時に，関西地方にもようやく防災のためのいくつかの大規模研究事業が発足した矢先に，このような大惨事が発生してしまったことは大変残念なことである。

近畿地方は日本列島の中でも最も活断層が密集しているところである。若狭湾－伊勢湾－淡路島を結ぶ三角形は近畿トライアングルと呼ばれ（Huzita, 1962），大規模なひずみの集中帯であると考えられている。このようなひずみの激しい集中は地球規模の構造運動によるもので，環太平洋を初めとする変動帯に特有のものである。

第１図に近畿地方を中心とした，地震と活断層の分布を示す。図中の円の大きさは，内陸型地震のマグニチュードと震度分布の平均的な関係を用いて，マグニチュード（M）を震度６（烈震）の範囲に相当する半径で示してある（中川, 1981）。また中心の点は震央を，４桁の数字は発生年を西暦で示している。日本海や陸域に比べ，太平洋側ではＭ８クラスの大地震が頻発していることがわかる。

プレートと呼ばれる厚さ数10～100kmの十数枚の硬い岩盤が地球表面を覆っているが，第２図に示されるように，日本列島はそれらの境界部付近に位置している。プレートどうしは年間数 cm の速度で互いにずれながら動いている。中部日本と西南日本では，南海トラフと呼ばれる深い海底の溝のところで，フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に潜り込む時のギクシャクした動きによって，Ｍ８クラスの巨大地震が規則的に発生している。南海トラフ沿いで発生している大地震の繰り返し周期は百年前後である。この海溝型の巨大地震で，大阪に被害をもたらした最も新しい地震は1946年に起こった南海地震（Ｍ8.1）であって，ほぼ50年を経過している。一方陸側における地震は内陸型地震と呼ばれ，一般にマグニチュードはそれほど大きくはないが，震源の深さが浅いので大きな被害を生みやすいために，直下型地震とも呼ばれて警戒されている地震である。このような地震は活断層の活動と共に引き起こされている。

地震は地層の破壊現象であり，断層の発生や地層の変位を意味する。地層中に発生する力は地殻変動によって絶えず変化しており，その力が破壊強度より大きくなれば，破壊と共に地震が発生して地層がずれ，断層が形成されたり滑動したりすることになる。このような力は一体どのようにして発生しているのであろうか。この力の発生源は日本列島周辺にあるプレートの動きにあり，日本列島はこれらの移動しているプレートに引きずられた複雑な動きを強いられて絶えず悲鳴を上げることになり，その悲鳴が地震ということになる。

地震活動の周期性

南海地震や東南海地震は南海トラフ沿いに起こる巨大地震であるが，ほぼ100年周期で過去に何回も起こってきた。不思議なことにこの２つの地震は続けて起こるという珍しい習性をもっている。これらの地震はフィリピン海プレートが西南日本（ユーラシアプレート）の下に沈み込むことによって，プレート境界の摩擦が原因で発生しているとみられるが，その震源の深さはかなり深い。一方直下型地震に対応する内陸の地震は活断層沿いに発生し，震源の深さは第３図に示されるように20km以浅である。微小地震の解析から得られる近畿地方の地殻内の圧縮力の方向はほぼ東西であ

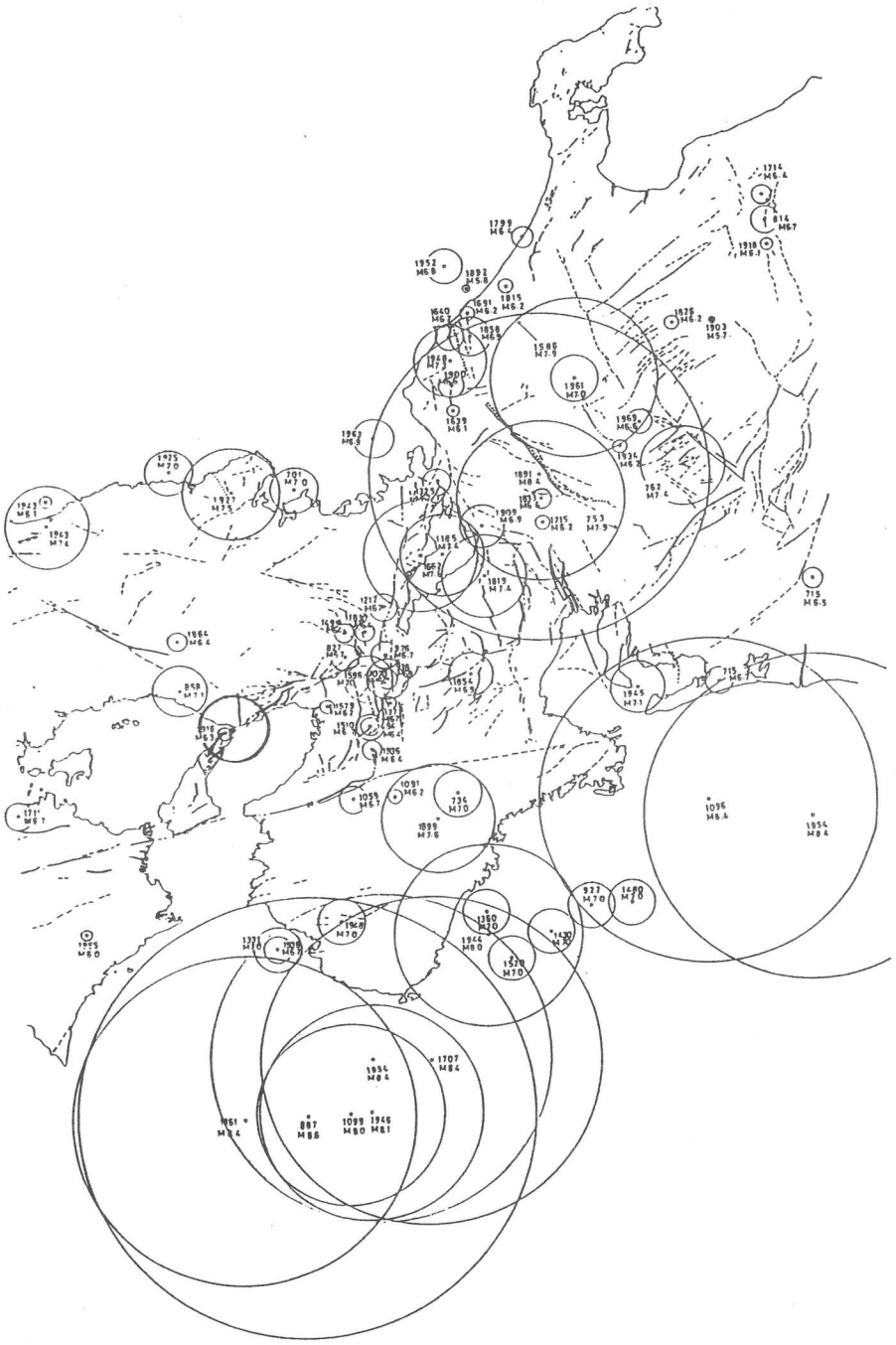


図 1　近畿地方に発生した大地震と活断層の分布（中川（1981）を一部改変）．
活断層の分布は活断層研究会（1980）。図中の数字は西暦を，Mはマグニチュードを，点は震源をそれぞれ示す．円の半径は震度Ⅵの地域の平均的な範囲に対応するもので，震源域にほぼ等しい．実線は確認されている活断層，破線は推定されている活断層，点線は地震断層をそれぞれ示す．

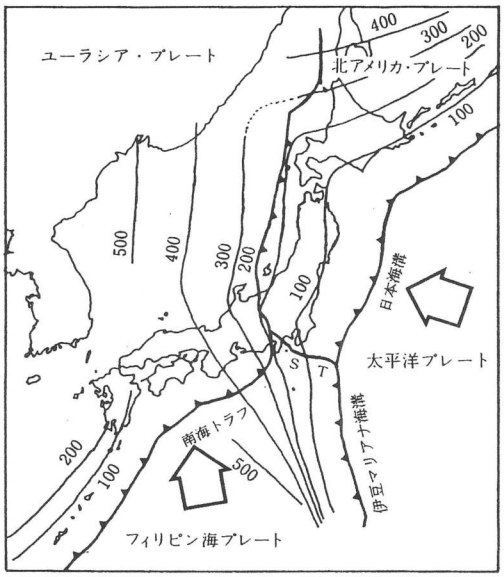


図2　日本列島周辺のプレートとその境界.
矢印はユーラシアプレートからみたプレートの移動方向，コンターは深発地震の深さ(km)を示し，太平洋プレートとフィリピン海プレートの上面に相当する.

る。内陸の地震を引き起こす力は，フィリピン海プレートの進行方向が北北西であるので，このプレートの沈み込みだけでは説明できず，太平洋プレートの運動をも考慮しなければならない。

しかしながら，内陸地震とプレート境界で起こる地震との間にはかなり密接な関係がある。過去に大きな地震を何回も経験している関西地方はここしばらく静穏な時期を経過してきた。地震学ではこのような地域の静穏な領域を空白域と呼んでいるが，今回の地震の発生によって活動期を迎えたとみる向きが多い。この辺の様子は第4図（茂木，1981）に示される。南海地震と東南海地震はそれぞれほぼ同じ場所で繰り返し起こってきたが，発生してからの経過時間によって，内陸地震の活動性を5つの段階に分けることができる。1854年に安政南海地震と安政東南海地震がほぼ同時に発生したあと，40～50年は静穏期であった（①）が，1891年の濃尾地震や1909年の姉川地震が起こり，これを契機に関西地方一円は活動期に突入した（②）。次に起こるプレート境界の巨大地震の震

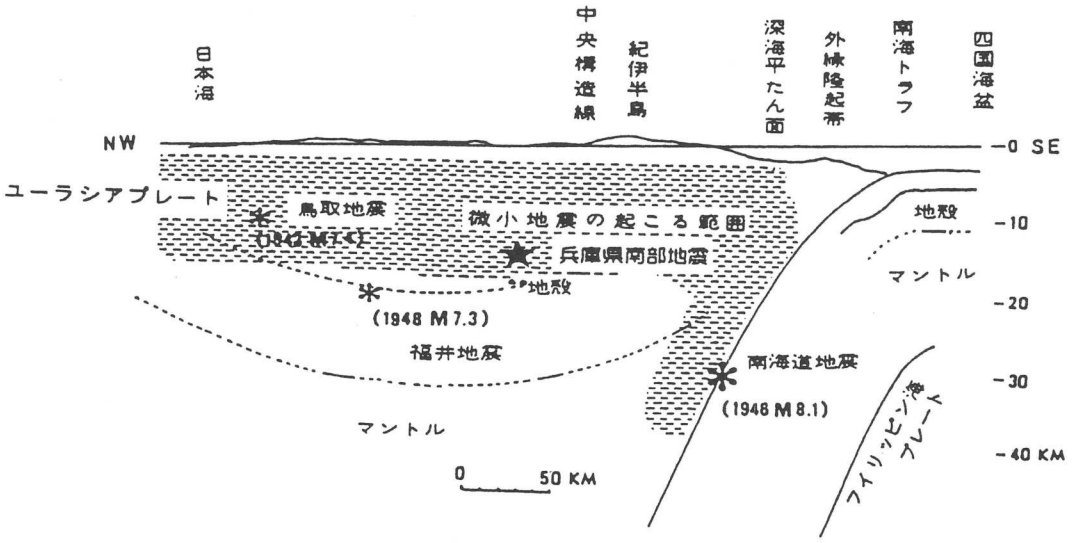


図3　近畿地方で起こる地震の深さ.
紀伊半島から山陰にかけてのNW－SE断面.

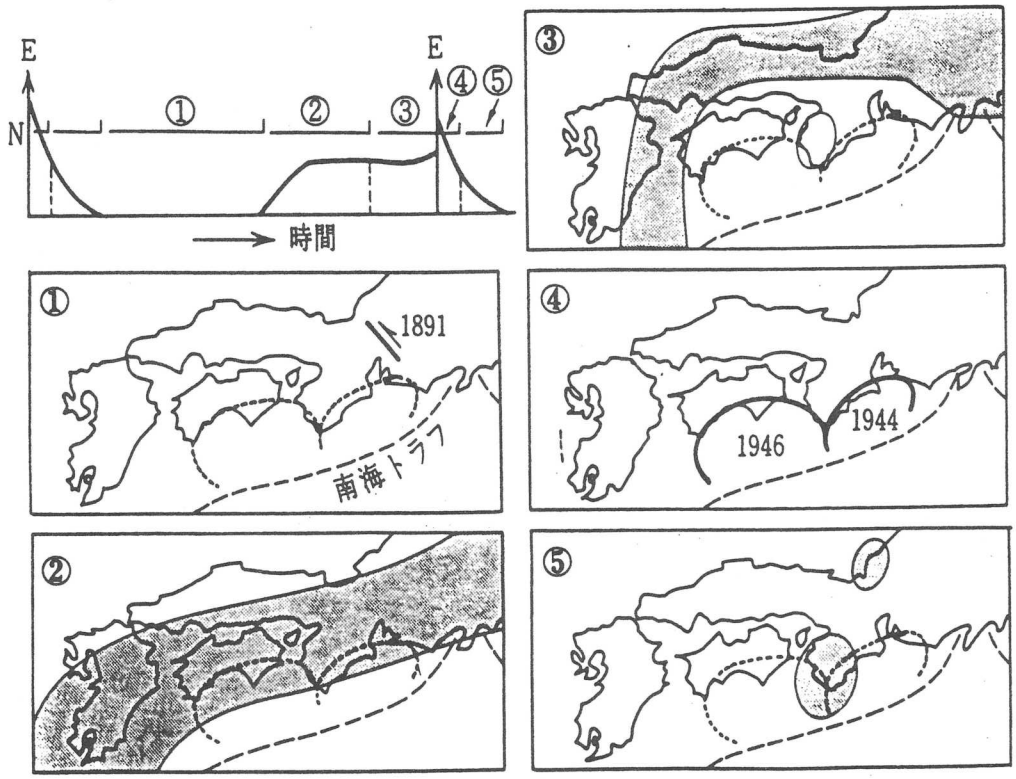


図4　南海トラフ沿いに起こる巨大地震と内陸の直下型地震の間の活動性（茂木清夫（1981),「地震」より）．影の部分は活動の高い地域，四国沖と紀伊沖はそれぞれ昭和の南海地震と東南海地震の震源域（本文参照）．

源域（震源断層によって地層が変位し，ひずみエネルギーが解放される領域）周辺が静穏になる(空白域の形成）が，この空白域を取り巻くような範囲でまわりは活動度がさらに高まっていく（③)。そして昭和の南海地震，東南海地震が続けて起こり（④)，内陸部ではＭ７クラスの福井地震(1948）や和歌山県西牟婁の地震（1948）などの広義の余震が発生するが，やがて時間とともに鎮静化して静穏期を迎える（⑤)。したがって，このような見方にたつと，今回の兵庫県南部地震は21世紀の前半に起こるであろう南海地震や東南海地震の巨大地震発生に向けた近畿地方の活動の始まりを知らせる重要な地震であると位置づけられる。

地震の発生過程

今回の大地震による被害は，死者5,500人を越え，負傷者約３万５千人，30万人以上が避難生活を余儀なくされた。全半壊家屋は約16万棟，うち焼失家屋が7,500棟にのぼった。鉄道，高速道路など各種交通網，通信網やライフライン（電力，水道，ガス，下水道）が至るところで寸断され，港湾施設，商業施設などが壊滅的な被害を受け，都市機能が完全にマヒ状態に陥った。過度に人口

集中した近代都市の一つが壊滅して，戦後最大級の大惨事となった。高速道路の倒壊や高架橋の崩落，おびただしい液状化・側方流動，ビルディングの倒壊や中層の特定階への被害集中など，これまでにあまり経験しなかった被害が多発したことから，発生した地震の特異性が問われた。しかしながら，マグニチュード自身も7.2とそれほど大きくなく，多くの地震計に記録された地震波形そのものも，これまでに見慣れたものとなんら変わるところがないことから，ごく普通にみられる直下型地震であったことになる。

各地の震度分布を第5図に示す。神戸，洲本が震度6に対して，京都，彦根，豊岡が震度5であるが，大阪は1ランク低く震度4であった。さらに，気象庁は被害に関する現地調査を行なって，第6図に示されるように，観測史上初めて震度7を適用して，その分布を明らかにした。これは1948年の福井地震の時にはじめて検討されたものである。震度7の分布は，神戸市須磨区から西宮市に至る幅約1km，長さ約20kmの細長い帯状の部分，淡路島の北淡町・一宮町・津名町の一部，宝塚市の一部などとなっている。

地層が地下深部で大きな力を受けると，耐えきれなくなって破壊する。この時の破壊が地震であり，できた割れ目が断層である。地震計にとらえられた地震波を細かく調べることによって，断層のでき方の様子がかなり詳しくわかるようになってきた。世界中にばらまかれている地震計の中で，特に周波数帯域の広いものを選び出して解析された結果（菊池，1995）によると，本震は，実は一つではなく，3つの地震からなっているという。1つ1つの地震はそれぞれに対応した断層がずれ動いたことに相当している。第一の地震は明石海峡の地下8km付近で起こり，破壊はそこからそれぞれ北東と南西方向の両方に2～3km／secの速度で10～15kmの長さを伝播した。破壊はこれだけではおさまらず，北東の端からさらに北東に向かって別の2つの断層へと飛火した。これらが

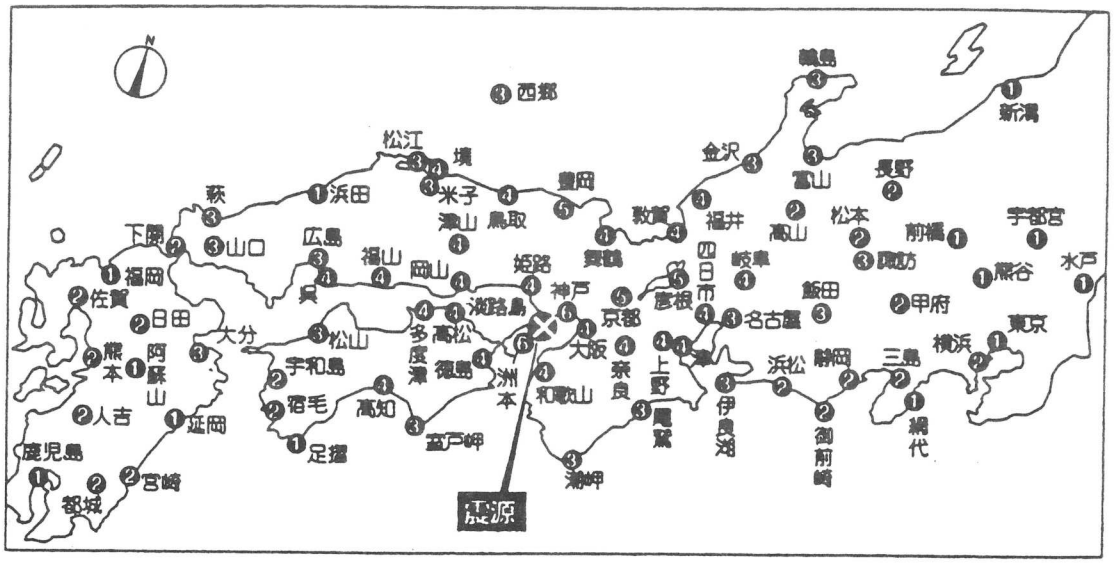


図5　兵庫県南部地震による各地の震度（気象庁，毎日新聞）.

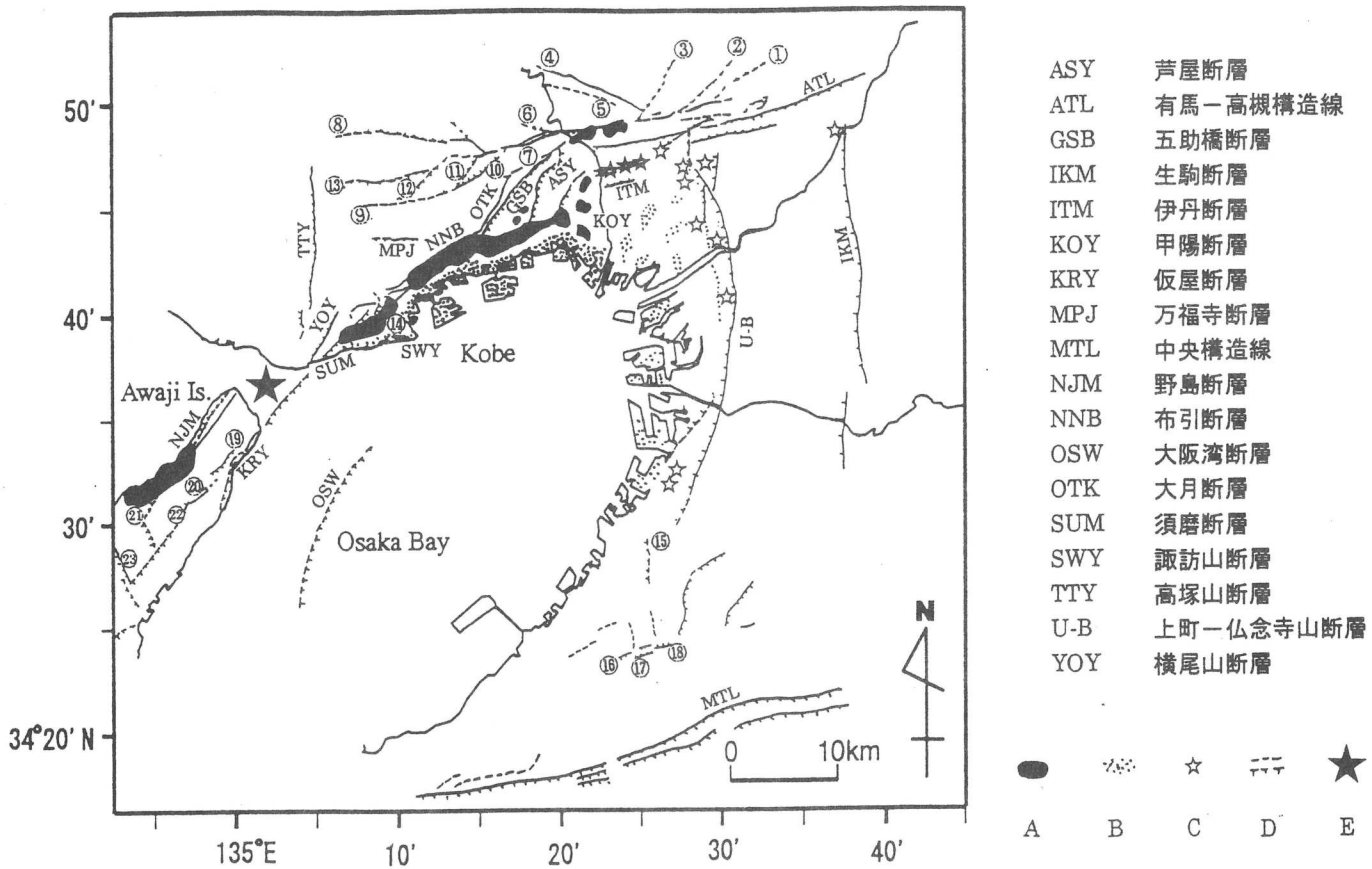


図 6　活断層，液状化・側方流動，震度Ⅶ（気象庁）などの分布

A：震度Ⅶの分布（気象庁），B：液状化および側方流動化被害の分布，C：周りに比べて構造物の被害が著しかった所，D：活断層および撓曲帯，E：兵庫県南部地震の震央．断層の名称，1：馬場断層，2：箕面断層，3：五月山断層，4：十万辻断層，5：中山断層，6：名塩断層，7：六甲断層，8：有野－淡河断層，9：山田断層，10：湯槽谷断層，11：射場山断層，12：古々山断層，13：柏尾谷，14：会下山断層，15：坂本，16：神於山断層，17：内畑断層，18：若樫断層，19：楠本断層，20：東浦断層，21：育波断層，22：妙見山北西，23：志筑断層．

いわゆる震源断層である。

淡路島ではこれらの震源断層に相当すると思われる１つの断層が地表に現れた。深部で地震を起こした断層が地表にまで現れたものを地震断層と呼んでいる。この断層は以前より活断層と目されていた野島断層で，今回の地震によって再活動したもので，新しいずれの最大は横に1.7ｍ，縦に1.2ｍであるが，全体としては約１ｍのくい違いをもつ右横ずれ断層（上からみて，断層をはさんで南東の陸側が海側に対して南西方向にずれた）とみられている。しかし，他の２つの震源断層に関しては，野島断層のようなはっきりした形の地震断層は見つかっていない。

一般に本震が起こった後，その周辺でより小さな地震がたくさん起こる。これを余震と呼ぶが，初期に起こる余震はある限られた範囲（余震域）に集中する。この余震域は一般に震源断層とほぼ一致していることから，付近に地震計を多数設置することによって，地震を起こした断層の位置や大きさを正確に推定することができる。第７図を

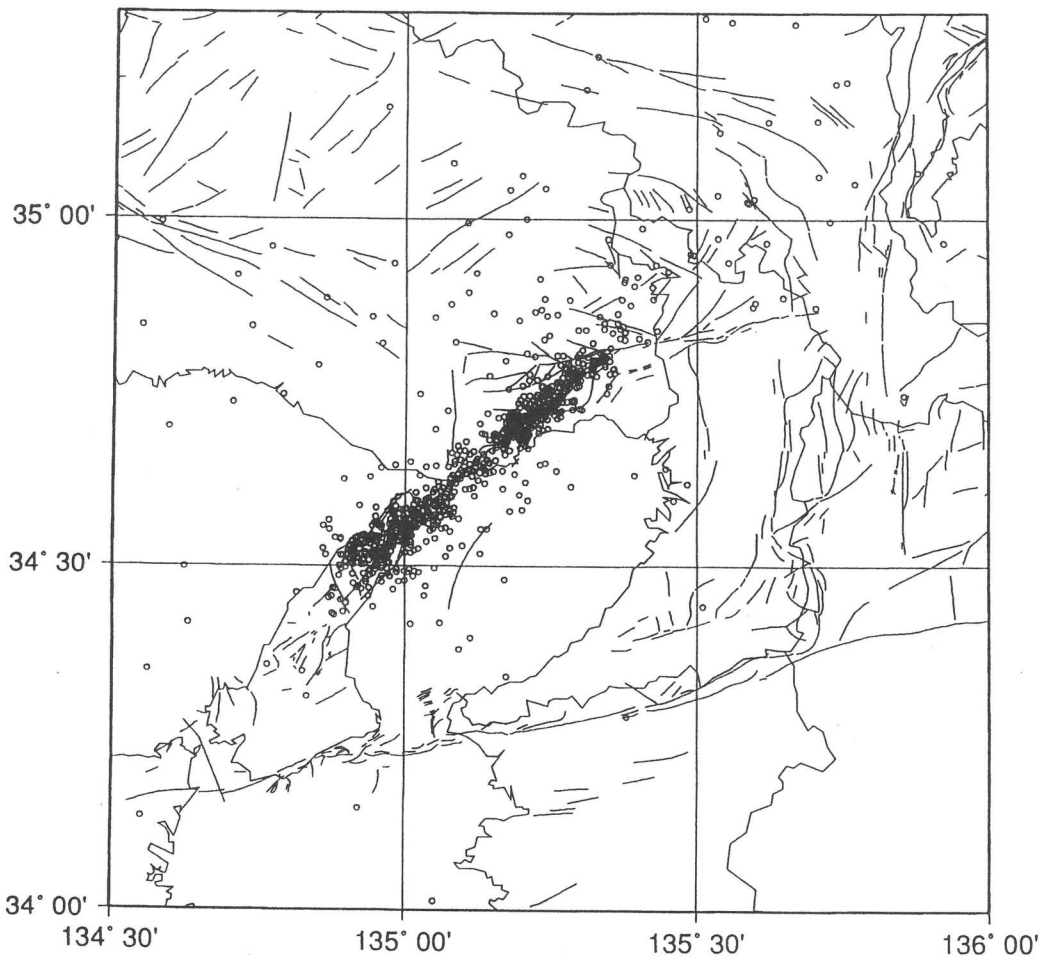


図７　余震の分布（京大防災研究所），１月17日～１月20日.

見ると，淡路島の一宮町あたりから宝塚にかけてほぼ直線的にのびる細長い帯状の分布が認められるが，これが深部の震源断層を表しているものと見られる。

余震分布から推定される震源断層の位置は決定確度が高いと思われるが，震度７の分布とは必ずしも一致していない。この激震の分布域の解釈としては，深部にある未知の活断層が動いたためであると考える人もいるが，地下構造や，地盤の震動特性と結びつける考え方もいくつかあるが，詳しいことは今後の課題である。

大阪とその周辺の地盤被害の特徴と地質特性

淡路島や神戸・阪神地区では広域にわたって，甚大な液状化の被害がもたらされたが，特にポートアイランドや六甲アイランドの人工島ではおびただしい沈下や岸壁の流動破壊が目立った。

マスコミの報道では，その大部分が特に震害の著しかった神戸・阪神地区に集中し，その周辺部の被災状況はあまり知られていない。大阪とその周辺域もまた典型的な都市地盤であるが，神戸・阪神地区に比べると被害の程度はかなり低くかったものの，それでも大阪湾岸部一帯，特に明治以降の埋立地や，神崎川および淀川の堤防，河川敷などでは噴砂や沈下などを伴って観察された（第８図)。被害が集中する地盤条件としては，海岸や河川沿いの軟弱地盤，干拓地，旧河川や池の埋立地，盛土，断層沿いなどが挙げられる。大阪では一般に，家屋や構造物の損壊は比較的大きな規模の液状化や側方流動などの地盤被害に付随して生じているが，これらとは全く無関係に分布している場合もある。液状化とは砂を多く含むような水で飽和した軟弱な地層が地震動によって強度を失い収縮するために，粒間中の水圧が増加することによって，液体状になることをいうが，液状までには至らずとも非常に柔らかくなって，下方の安定な位置にわずかでも動こうとして横方向に移動する現象を側方流動と呼んでいる。

海岸部では液状化や側方流動が多くみられ，顕著な被害は神戸から大阪湾岸の北部一帯にかけて分布している。軽微なものまで含めると，南は，岸和田市まで追跡できる。淀川の河口より以北の湾岸部は尼崎，西淀川一帯が液状化と側方流動の著しい地域となっているが，淀川の河口付近にも顕著な被害が現れ，左岸はほぼ２km にわたって堤防の破損が続いた。さらに右岸では十三大橋付近が約 500m にわたって，北方に約40cm 流動し，不等沈下を起こしている。このような被害は淀川大橋の北詰め付近や中之島の東部にも見られるが，ほとんどが旧淀川の流路と非常によい一致を示している。また神崎川や旧淀川の河口部一帯で見られる液状化の分布はこれらの河川によって形成されたデルタ部に対応している。淀川左岸堤防の大規模な崩壊はちょうどこのデルタの縁にあたっている。

淀川より南の湾岸部では，港区の築港に大きな被害が見られ，天保山では，大規模な液状化・側方流動被害が大きく現れた。さらに大正区では鶴町に，住之江区では南港の一部で流砂現象が認められた。

家屋の損壊による被害は大阪でもかなり多く見られた。宝塚市は非常に被害の大きい地域であったが，その被害はまた川西市や池田市へと東の方にも分布している。特に震源から遠く離れている豊中市でも全壊家屋が多く見られ，その倒壊数は500軒を越えた。大阪ではこの地区の被害が最も大きいが，これらの被害の集中している部分は特に南北方向に伸びているという特徴がある。

大阪市内では，液状化や側方流動等の地盤変状と直接関係のない家屋の損壊はそれほど多くはないが，堺筋の一部に南北に細長く伸びた被害集中

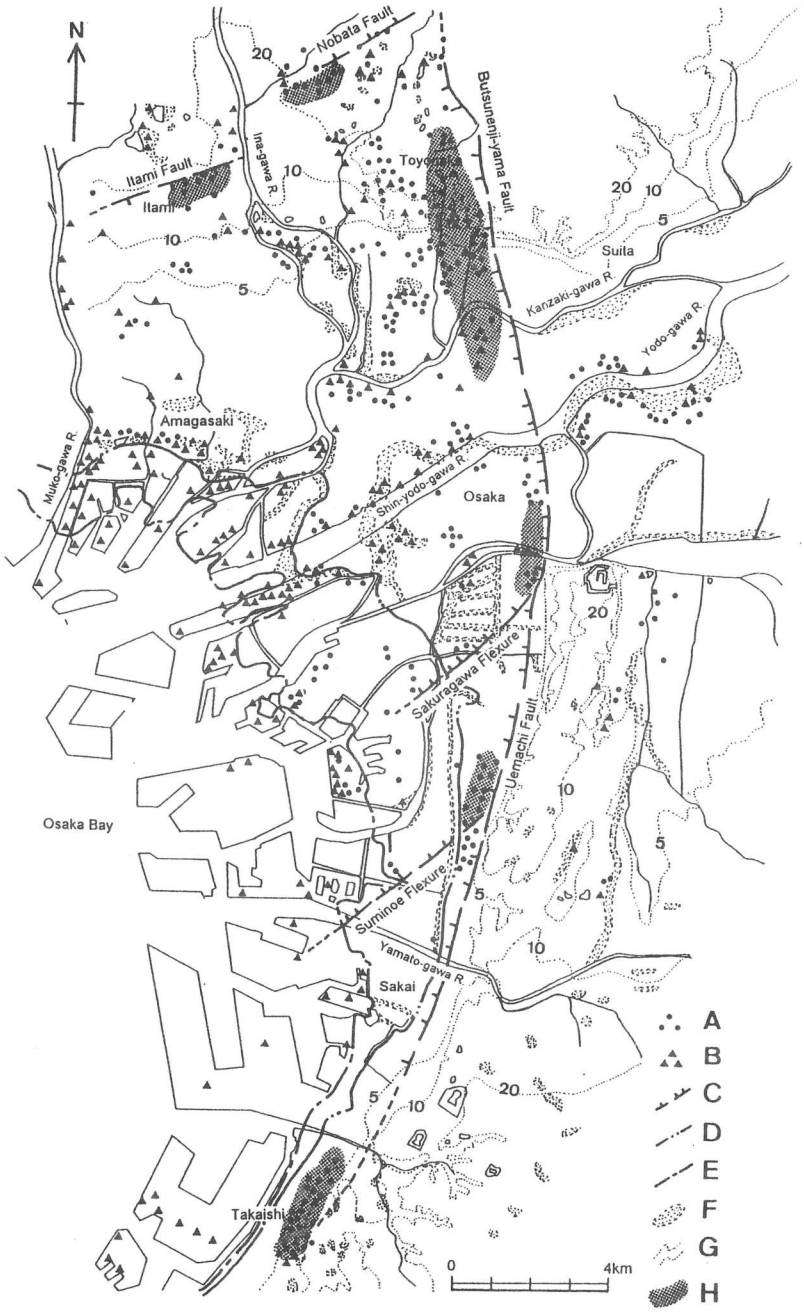


図 8　大阪とその周辺の被害の分布　三田村，（大阪市立大学阪神大震災学術調査団，1995）．
A：液状化地域，B：家屋損壊地域，C：断層，D：江戸期（1680年前後）の海岸線，E：明治18年（1885年）の海岸線，F：旧河川敷，G：地形等高線，H：液状化，側方流動によらない構造物の損壊ゾーン．

域が存在する。三越ビルが柱や壁などに大きな被害を受け，使用不能となったほか，外壁や大きなガラスが割れる等の被害が軒並み１km位にわたって見られ，道路も数cm沈下した所が何カ所か見られた。このような変状はすぐとなりの御堂筋や谷町筋，その他の所では見られていない。

上町台地では地震による被害はほとんどなく，棚の上のものもほとんど動かなかったようである。さらに南の方では堺市や高石市に全壊家屋こそなかったもののかなりの被害が出た。これより以南では，泉大津市・岸和田市でも若干の家屋の被害が認められたが軽微であったといえる。堺方面ではやはり南北方向に被害が目立ち，浜寺船尾町あたりから東羽衣を経て加茂に至る北北東－南南西の細長いゾーン（巾２～300ｍで長さ約３kmにおよぶ）に被害が集中した。しかし，隣の段丘堆積物上にある家屋にはほとんどその被害が見られていない。これらの結果を第８図に示す。

液状化の被害は図に示されるように，ほとんどが埋立地に代表される人工地盤域に集中していて，自然地盤域にあまり観察されていない。今回の地震被害におけるもう一つの特徴的な分布として，断層近傍に被害が集中していることが多くの地点で観測されている。既存の複数の活断層が活動したというみかたもあるが，被害の多くは断層直上よりも，相対的に落ち込んでいる側に多い。第６図や第７図に示されるように大阪やその周辺において，建造物の被害が周りに比べて特に大きかった所が細長く帯状の分布を示しているが，これらの被害分布を説明する可能な原因として，堆積層と基盤の形態に起因する地震波の屈折と反射の効果を挙げることができる。

第９図は上町断層を横切る淀川の河川敷におけるＰ波とＳ波の反射法地震探査実験の結果（中川他，1993，山本他，1992）について，Ｐ波断面を基に解釈を加えたものである。断層による基盤の正確な変位形態がわからないので適当に形を仮定した。第10図はその反射断面をモデルに入射角αが０度，または±30度のＳ波を入射した場合のフォーカシングの効果をみたものである。いずれも断層帯の西側に波線の集中するゾーンがあることがわかる。Ｐ波の場合においてもあまり違いがなく，地震波は光の場合と同様に，速度が変わる境界面であたかもレンズのように屈折する（Shiono *et al.*, 1995）。

第11図は基盤にある角度で入射したSH 波が被覆層内でどのように屈折するかをやゝ定量的に計算した結果を示したものである。（ａ）は同様の地下構造のモデルに，明石海峡の地下10km付近から地震波が到来したと考え，基盤への入射角を40°（鉛直方向から）とした場合のSH 波の伝播経路を直線群で示している。境界面が湾曲していることがレンズのような働きをして，断層の西側に波線の集中するゾーンが，真上ないしすぐ東側では波線のまばらな領域ができていることがわかる。（ｂ）は地表に到達する波線の粗密の程度を棒グラフで示したものである。図の両端の部分では一様であるが，断層のすぐ西側で極端な波の集中がみられる。その東側では広い範囲にわたって波の到着の少ない領域がみられる。SH 波の振幅の結果を（ｃ）に示すが，ここでは多重反射の効果は計算されていない。基盤側で一定面積を横切る波線群は，（ａ）でみられるように狭い領域に集中したり，広い領域に拡大したりする。波線の集中するところではエネルギーが集中して振幅が大きくなる。逆に，波線が広がるところでエネルギーが拡散して振幅が小さくなることがわかる。

グラーベンと呼ばれる凹地状の構造の場合，いずれの場合も凹地の中央部に波線の集中がみられ，特に垂直に近い壁をもつグラーベンではその中央部に激しいエネルギーの集中が予想される。これは有馬－高槻構造線付近にみられる顕著な被害が

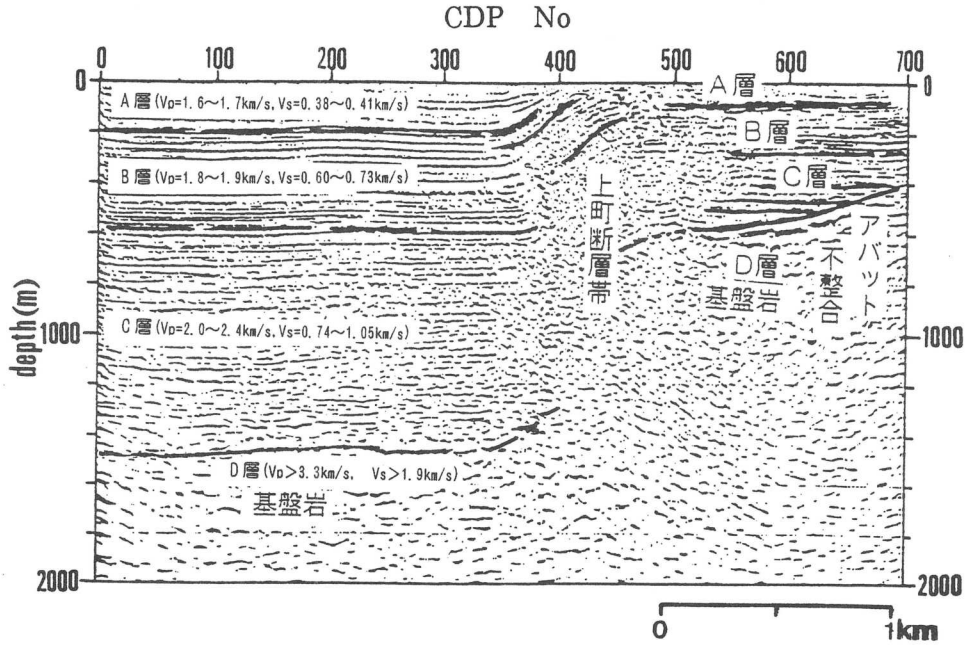


図 9　上町断層を横切る深度断面解釈図（淀川河川敷における P 波と S 波の反射法地震探査の結果から）.

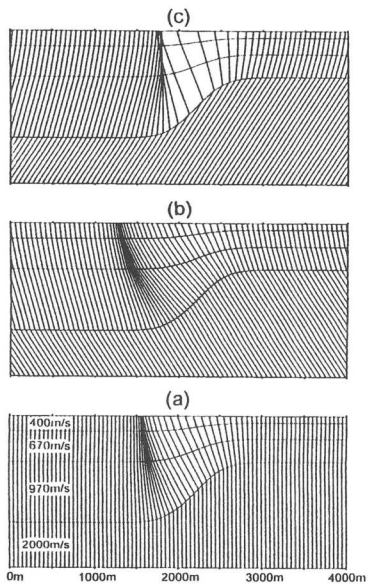


図10　屈折 S 波の波線経路.
速度構造は(a)に示す．入射角は(a)：$\delta = 0°$.
(b)：$\delta = -30°$.（c)：$\delta = 30°$.

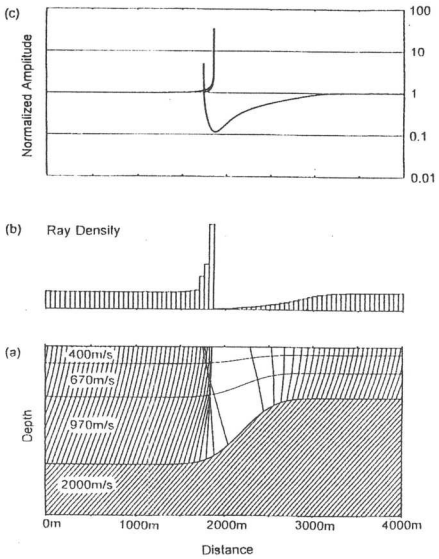


図11　基盤入射角が40°の場合の SH 波.
(a)：波線経路.（b)：波線密度.（c)：正規化された振幅.

このような効果によって引き起こされた可能性が大変高いことを示している。今回の多くの被害は活断層付近に沿って集中しているようにみえるが，特に被害が激甚であった低地の震度Ⅶのゾーンは，重力異常からみると，その下の基盤は海側に非常に急な角度で傾斜しており，断層である可能性が高い。このゾーンの形成がフォーカシングや全反射による影響もその一因として考えられる。ここでは重要なまとめとして，今回の地震では特に埋立て地や盛土などの人工的な地盤と断層をはさんだ低地側の近傍に多くの被害が集中したことを挙げることができる。

都市の震害特性

日本の主要な都市の大部分は，沖積低地と呼ばれる新しい軟弱な地層の上に形成され発展してきた。そこは都市が立地するための多くの条件が備っているからである。水平で平坦な土地，農耕に適した土壌，豊富な水資源，交通の便等が産業都市の形成に必要な要素となっていたであろう。わが国の都市地盤の大きな特徴は，日本列島自体がプレート境界に隣接していることから常時巨大地震の発生にさらされていること，隆起・沈降等の構造運動の激しい活動的な場となっており，平野

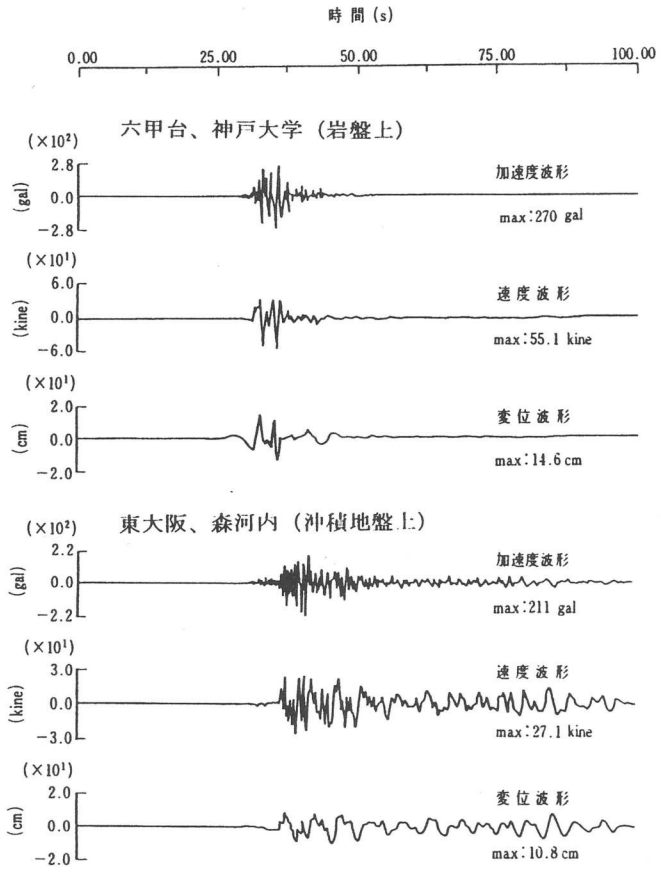


図12　岩盤上と軟弱地盤上の地震波形のちがい（関西地震観測研究協議会）.

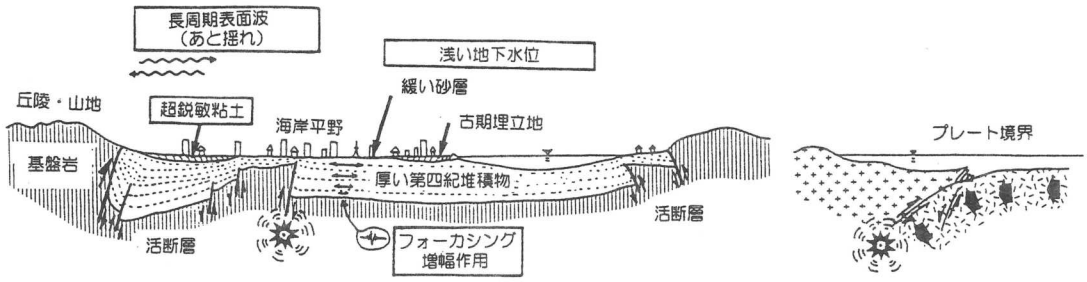


図13　都市地盤構造と震害要素（Nakagawa et al.（1995）より）.

内あるいは平野と丘陵・山地との境界にある活断層の活動によって，直下型地震の発生頻度も高いことが挙げられる。

大都市を載せている沖積低地は分厚い軟弱地盤からなっていて，地震工学的には地震動増幅，レンズのように地震波が集中するフォーカシングや長周期地震動が持続するなどの深刻な問題がある。さらに，旧河川の堆積物や三角州，海岸の砂からなる地盤では液状化や側方流動等の地盤災害問題が挙げられる。第12図（岩崎，1995）は岩盤上における地震動と軟弱地盤上のものとの違いの例を示す。岩盤上の波形は大変単純で，短時間で振動が終わるのに対し，平野中央部の軟弱地盤上ではいつまでも振動が続いているという性質があると同時に，地震動そのものの振幅が深部の岩盤よりも増幅されて増大するという特性を持つ。

日本の大都市を構成している自然の地盤は大きな地震災害に見舞われやすい性質があることを述べたが，今回の地震では，さらに人工的な地盤に重大な被害が集中した。都市が発達すると人口が増え，住み心地のよい便利な土地が不足するために，多くの土地が造成されてきた。海や湖が干拓され，河川や池も埋立てられ，さらに丘陵や山地が開拓され広い盛土地盤が形成されてきた。阪神地区はこれの典型的なところである。今回の地震ではこのような人工地盤におびただしい液状化，側方流動，地すべりや崩壊，大規模な亀裂の発生，振動の増幅などによるいろんな地盤災害が集中した。第13図に典型的な都市地盤と地震動被害の特性についての例を示す。

おわりに

「阪神・淡路大震災」は典型的な都市直下型地震によって引き起こされたものである。地震そのものはごく普通のものであったが，都市特有の地盤構造と都市の構造そのものによって，未曽有の都市災害につながっていったと結論づけられる。今回の地震によって，日頃の防災意識の高揚をはじめ，活断層及び地盤構造の詳細な調査，各種構造物の設計基準の的確な見直しなどが最重要な課題となって浮かび上がってきた。関西地方では平成元年頃より，全国でも珍しく，自治体，公益企業，大手建設業界，大学などが協力して，地下に関する情報データベースや地震動観測ネットワーク・システムを構築して，これを活用するための研究協議会がいくつも作られて，積極的に運用されてきている。これを土台にして，さらなる地道な活動を展開して行くと同時に，この度の貴重な教訓を今後の都市計画や都市防災に充分に活かし

きることが現代に生きる私たちの責務であろう。最後にこの稿をおくにあたって，犠牲者のご冥福をお祈りしたい。

引用文献

Huzita, Kazuo, 1962：Tectonic Development of the Median Zone (Setouti) of Southwest Japan, since the Miocene, Journal of Geoscience, Osaka City University, I. 6, Art. 4, 103－144.

岩崎好規. 1995：阪神域の地震環境と兵庫県南部地震における強震動記録，土と基礎，43，No.3，2－6.

活断層研究会. 1980：「日本の活断層」，東京大学出版会，363p.

————————. 1991：「新編　日本の活断層」，東京大学出版会，439p.

菊池正幸. 1995：遠地実体波による震源のメカニズム，月刊地球号外 No. 13，47－53.

三田村宗樹・大阪市立大学「阪神大震災」学術調査団. 1995：1995年兵庫県南部地震による地盤被害と地形の人工改変，シンポジウム「阪神・淡路大震災と地質環境」論文集，209－214.

茂木清夫. 1981：「地震」，東京大学出版会，176p.

中川康一・三田村宗樹・原田俊之・白方邦博・横田　裕. 1993：大阪平野におけるＳ波バイブロサイス地震探査. 第88回物理探査学会講演論文集，114－117.

Nakagawa Koichi, Mitamura Muneki and Iwasaki Tomozawa Yoshinori. 1995：Influence of ground characteristics on shaking and liquefaction resistance in major cities in Japan. -Geological condition and geotechnical problem of subsurface formation and their relation to seismic hazard in the alluvial Plain-, *Outline of papers of the 4th Japan／United States Workshop Urban Earthquake Hazard Reduction*, 259－262.

中川康一・大阪市立大学阪神大震災学術調査団. 1995：震害と地盤構造，シンポジウム「阪神・淡路大震災と地質環境」論文集，233－238.

中川康一. 1981：近畿地方の地震と断層に関連して，地学教育と科学運動，地学団体研究会，第10号，81－86.

Shiono Kiyoji, Nakagawa Koichi, Mitamura Muneki, Masumoto Shinji and Irikura Kojiro：Focusing of seismic ray along the Uemachi fault：Damages in Osaka area caused by the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake and subsurface geologic structure. *Journal of Physics of the Earth*, (submitted)

山本栄作・中川康一・三田村宗樹・戸田　茂・西田智彦・寺田裕司・宇田英雄・横田　裕. 1992：大阪平野中央部における反射法地震探査１－淀川（十三～柴島）測線－. 日本応用地質学会平成４年度研究発表会講演論文集，185－188.