

II. 次の直下型地震への対応

II-1 地震がつくった近畿地方の地形

II-2 地震被害想定評価(Ak法)の提案

地震動を受ける側を3つの階層(スケール)に分けて評価

3つの階層とは：① 深い地質構造

② 浅い地盤の状態

③ 建造物自体の問題

地震被害想定評価(Ak法)の提案

阪神・淡路大震災後の調査によって明らかになった地質学的成果を活用、これから起こるかもしれない直下型地震への対応策の提案をこの冊子後半「II-2. 次の直下型地震への対応－地震被害想定評価の提案(Ak法)－」としてまとめました。これからの地震防災に役立てば幸いです。

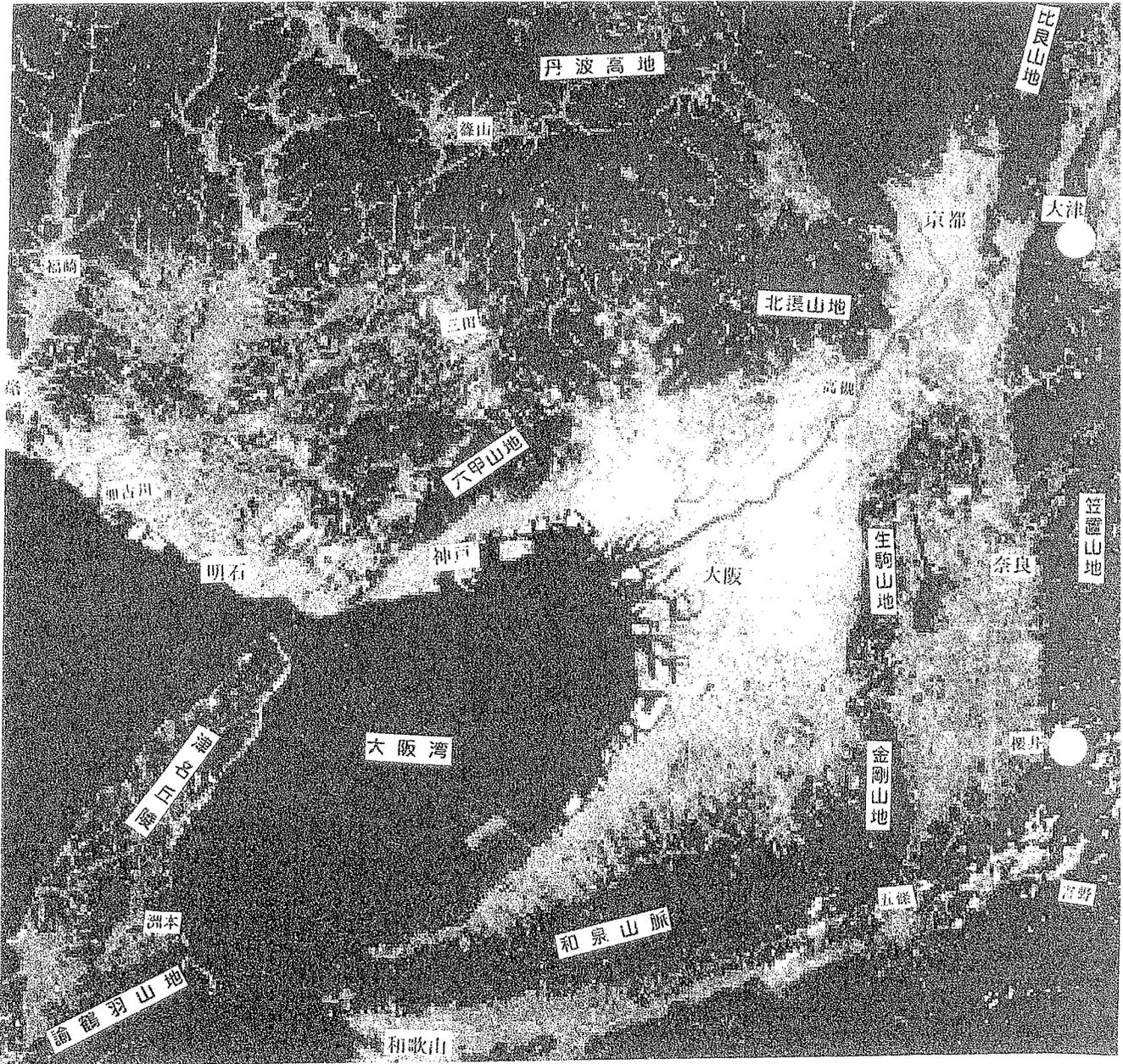
2018年10月

解説と資料編集： 秋元 宏 (吹田地学会前会長)

11-1 地震がつくった近畿地方の地形

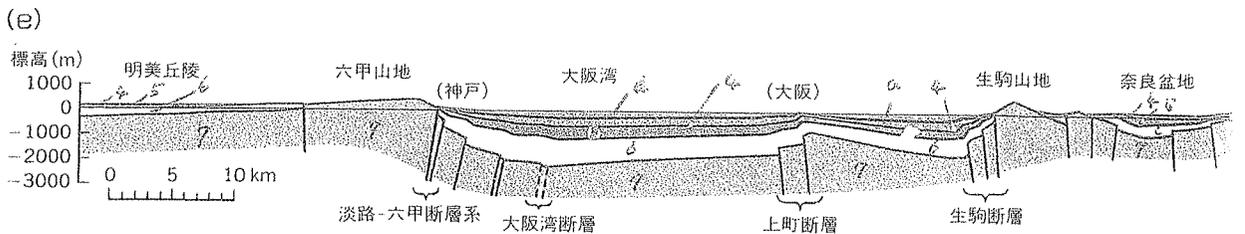
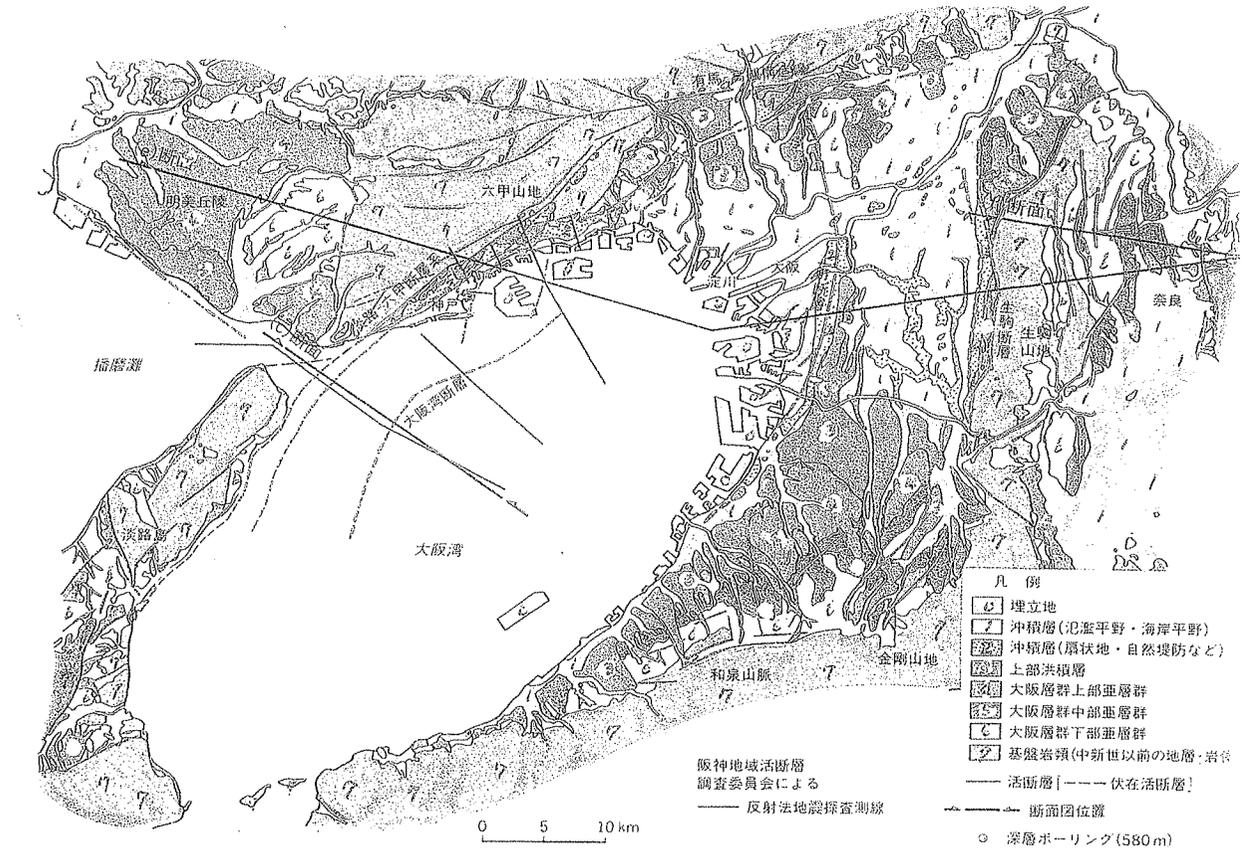
1. 近畿地方の地形 特に大阪湾とその周辺地域の地形

大阪湾を中心とする近畿地方の様子を宇宙から眺めてみよう(1図)。楕円形をした大阪湾を囲むように、西から時計まわりに淡路島・六甲山地・北摂津山地・生駒山地・金剛山地・和泉山脈と、山地が分布している。



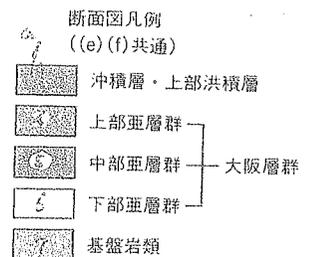
1図 大阪湾とその周辺地域のLANDSAT(地球資源衛星)からの画像に主な山地名などや地名を加筆。(LANDSAT-5 1991年4月19日 BAND-5=可視光域=より一部引用)起伏の大きい山地は森林が分布し、この波長域の太陽光を強く吸収するので黒く(海も同様)見える。他方、平地や開発の進んだ丘陵地や開けた谷部は植物の分布が少なく、反射する光が多いため白っぽく見える。

多年にわたる多くの専門家による地質学的調査の結晶とも言えるこの地域の地質図を観ると、これら山地が地質時代に起こった数多くの地震によって次第に隆起して現在の姿に至った事がわかる。



2図 左頁の1図と同地域の地質図。

(藤田和夫・佐野正人 1996年より一部引用)
 山地には基盤岩類が露出、丘陵地・平野・海底部分は基盤岩類の上を覆って新しい地質時代にできた被覆層が覆っていることが示されている。
 さらに、過去の“地震の化石”とも言える断層(活断層)が基盤岩類や被覆層を切って存在。よく見ると、1つの断層での落差(ずれ動き)は下位(古い)岩体や地層ほど大きく上位(新しい)では小さい。地質時代を通じてこれら断層を境に山地側が隆起、対する地域が沈降を続け、この地域の今の地形が形成されたことがわかる。



2. 地質図が物語ること

地質図(2図)には上記山地・山脈に並行する断層群が記載されている。これらの断層は、山地を作った地震活動の“傷痕”とも言える過去起こった地震の証拠でもある。これらの断層は、永い地質時代から見ると数100万年という極めて新しい時代にできたことから、“活断層”とも呼ばれる。

この地域の地質図を読むと、この期間に周辺地域の山地が次第に隆起、他方中心部の大阪湾地域が次第に沈降していったことが判る。そしてそういった動きが現在も続いていることが理解できる。

地質図を観ると、大阪湾や周辺の平野・丘陵地域には地質時代としては新しい時代(現在～約300万年)の地層が分布、これらは「被覆層」と呼ばれる。他方周囲の山地にはそれより古い時代(約3000万年より古い時代)が直接地表に露出する。これら古い地層や岩体(カコウ岩など)は「基盤岩類」と呼ばれる。基盤岩類は、大阪湾や周辺の平野・丘陵地域では被覆層の下に分布、大阪湾では厚い被覆層の下にあり、中央部では厚さ2500mの被覆層の以深に「基盤岩類」があることが確かめられている。

地質図が物語る大阪湾周辺部の約300万年以降の様子

およそ300万年前、これら基盤岩類の表層部はほぼ同じ高さにあったと推定される。それ以降、断層ができる地殻運動(度重なる地震)によって、周辺山地の上昇と大阪湾側の沈降が続いた。

現在、基盤岩類からなる周囲の山地側は約1000mの高さ、他方大阪湾中央部の基盤岩までの深さは約2500m、ざっとその落差は3500m。阪神・淡路大震災を起こした地震(M=7.3)で六甲山地が約20cmの隆起、他方その南麓の平野部で約10cmの沈降が確かめられている(1995年 国土地理院測量)。その落差約30cm。

“目の子算”の計算になるが、300万年前から現在まで、大阪湾と周辺山地の中で、六甲山地について考えれば、それが現在の姿になるまでに上記地震規模の地震は、 $3500\text{m} \div 30\text{cm} = 12000$ 回で、これがこの間起こった地震の回数である(この地域の六甲淡路地域に限った回数)。これは、 $300\text{万年} \div 12000\text{回} = 250\text{年/回}$ 、つまり阪神・淡路大震災を起こした規模の地震は平均して250年に1回は起こってきたことを示している。これより規模の小さい地震だともっと回数多く起こったことになる。

地質図からは以上のようなことも読み取れるのである。

3. 基盤岩類の表面の深さから伏在断層の活動をさぐる

佐野 正人(1996年)等による反射法地震探査

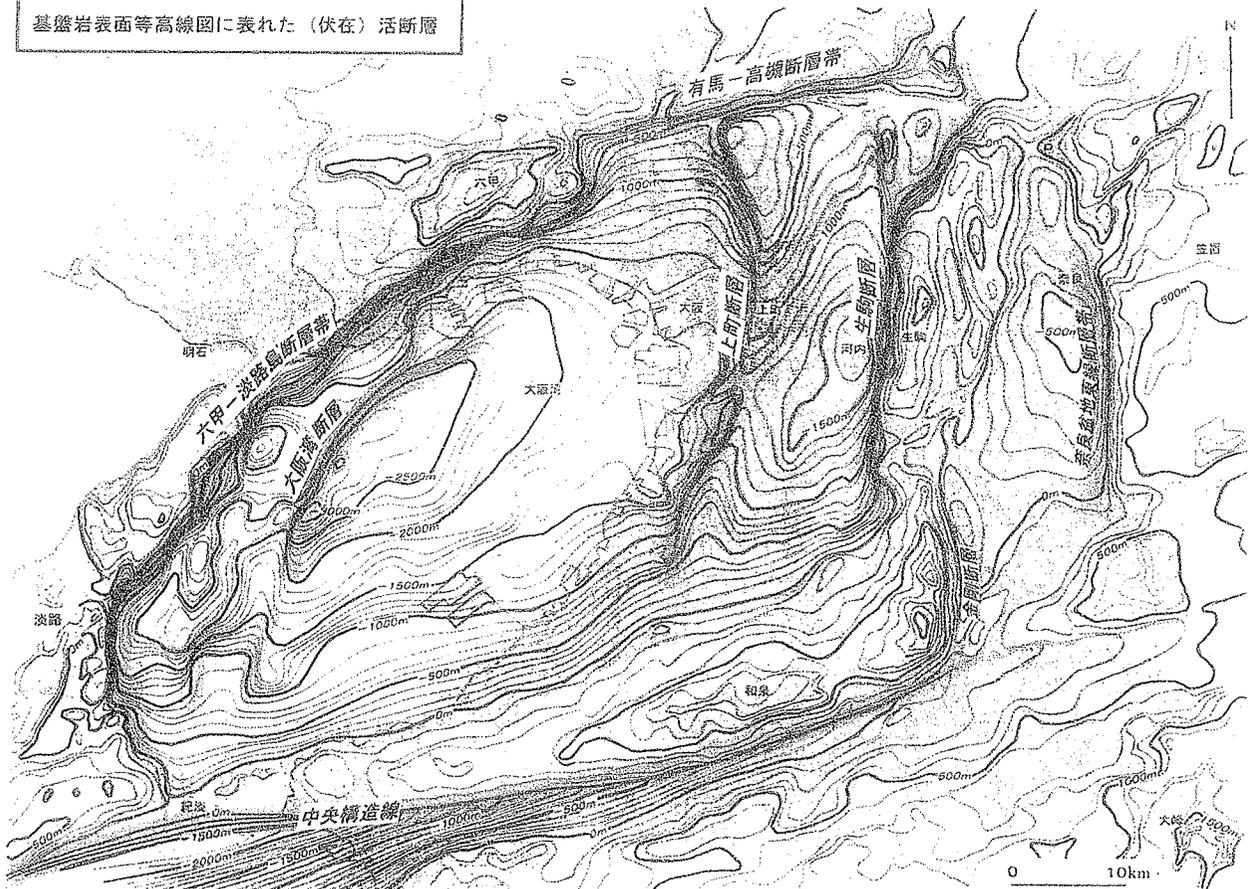
阪神・淡路大震災の後、表記 佐野等による反射法地震探査によってこの地域における基盤岩類の上面の地表からの深さ分布(3図)がまとめられた。

3頁2図に示されているように、山地を除く地域では基盤岩は大阪層群などの被覆層に覆われて伏在して分布している。これが上記探査によって確かめられ、基盤岩が地表に表れていない地域を含めて基盤岩上面までの深さが明らかにされた。

これによって地表では確認されない伏在活断層の存在が明らかになった。3図は佐野正人(1996)によってまとめられた「大阪湾および大阪湾周辺の基盤岩上面の深度分布図」である。図の中にこれまで地表で確認されていなかったこの地域の活断層の分布が示されている。

この図は、約300万年前から現在に至るこの地域の地殻変動の歴史を物語ると同時に、将来起こるであろう直下型地震に対する被害想定にも役立つ内容も含まれている。

基盤岩表面等高線図に表れた(伏在)活断層



3図 大阪湾および大阪湾周辺の基盤岩上面の深度分布図-佐野正人(1996年)による= この深度分布図は反射法地震探査の記録をもとに、基盤岩上面の起伏を100m間隔で表現している。基盤上面の最も深いところは湾の中央部ではなく、淡路島寄りの大阪湾断層の沈降部で深度3000mを超えている。

II - 2 地震被害想定評価の提案

1. 地震動を受ける側を3つの階層(スケール)に分けて考える

＝わかりやすい地震被害想定を目指して＝

地震動を受ける側の3つの階層

地震動とその被害を考える場合、全体的には地震の規模(マグニチュード)や震源までの距離や深さが大きな要素であるが、ここではその影響を受ける側の物理的状況を階層(スケールの大小)に分けて考えてみよう。

地震予知が難しい現状で、地震が起こったとき、その被害をできるだけ少なくする(減災)のため、自分たちが住む地域の1:地質構造・2:地盤・3:建造物のそれぞれが地震に対してどんな状況にあるかを、1・2・3の階層に分けて考え知っておくことは防災・減災のために大切である。

つまり、その受ける側の3つの階層と地震による影響はスケールの大きな方から次の3つの階層に分けられる。

- 1の階層: 深い地盤構造(深さ数100m～数km程度の地質構造)に由来する震度の分布
- 2の階層: 浅い地盤構造(地表から深さ数m～数10mの沖積層や盛土など)に原因のある地震被害
- 3の階層: 地震に対して 構造物(建物・道路・橋梁など)自体に問題がある被害

地震に際してある場所に起こる被害の大きさは、上の3つの階層の状況の重ねあわせ(オーバーレイ)によって予測できるだろう。地震動とその被害について、このような見方はこれまで案外なされていないので、筆者(秋元)は地表の様子と合わせ被害想定し、簡単に危険度を評価することを提案した。

下記のように、各階層ごとに被害想定の評価を1～3(階層③は1～4)の段階に評価し、その合計の点数を出して最低3から最高10までの危険度評価を行う。この「危険度評価」を地図上に表しておけば、具体的な地震対策が立てられる。

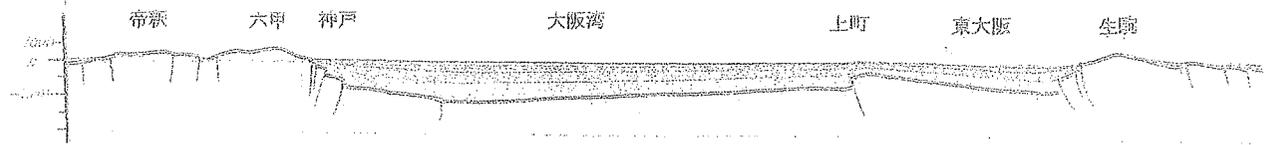
-----各階層の評価

ある場所の地震被害の想定をする場合、各階層に次のような3段階(3の階層については4段階)の評価をする。(※点数が高いほど被害が大きい。)

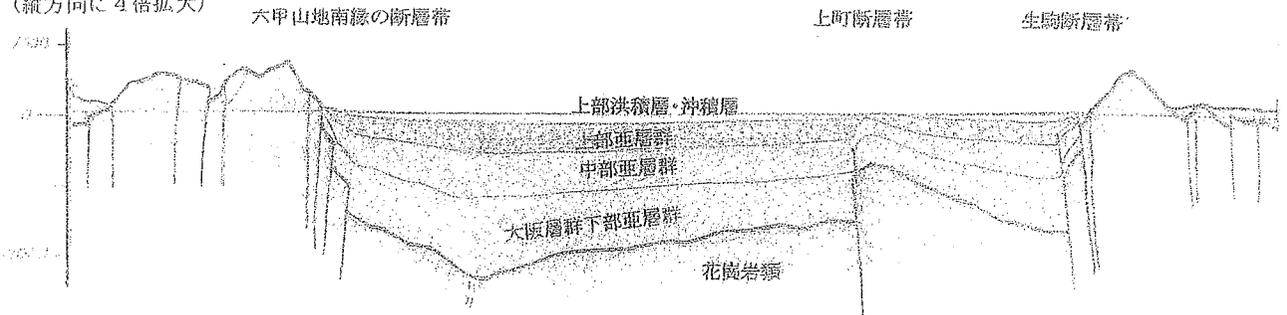
- 1の階層: まわりの地域よりも震度が大きい地域(3点)・まわりと変わらない地域(2点)・まわりよりも震度が小さい地域(1点)
- 2の階層: 沖積層や盛土の上であり地下水位が浅い地盤(3点)・沖積層や盛土の厚さが薄く地下水位が深い地盤(2点)・切り土などよく締まった地盤(1点)
- 3の階層: 木造建築の密集地、急斜面を造成した敷地など(3点、火災が延焼しやすい場合は4点)・平地の火災が延焼し難い戸建、鉄筋コンクリート建て(2点)・耐震補強された建造物(1点)

(縦横比は1 : 1)

標高 (m)



(縦方向に4倍拡大)



5 図 大阪湾周辺に伏在活断層が作りだした埋没大地形
 地質図(平面図)：震災後の調査によって明らかになった伏在活断層の位置を加えた地質図。大阪層群より古い地層・岩体は、基盤岩類に一括してある。
 地質断面図：明石北方の明美丘陵から六甲-大阪湾-生駒-奈良盆地に至る東西断面。地表に見える六甲山地や生駒山地は、地下にある大きな山地の一部にすぎないことがわかる。(藤田和夫・佐野正人 1996 佐野正人 原図)

大阪湾とその周辺地域の地質と地質構造

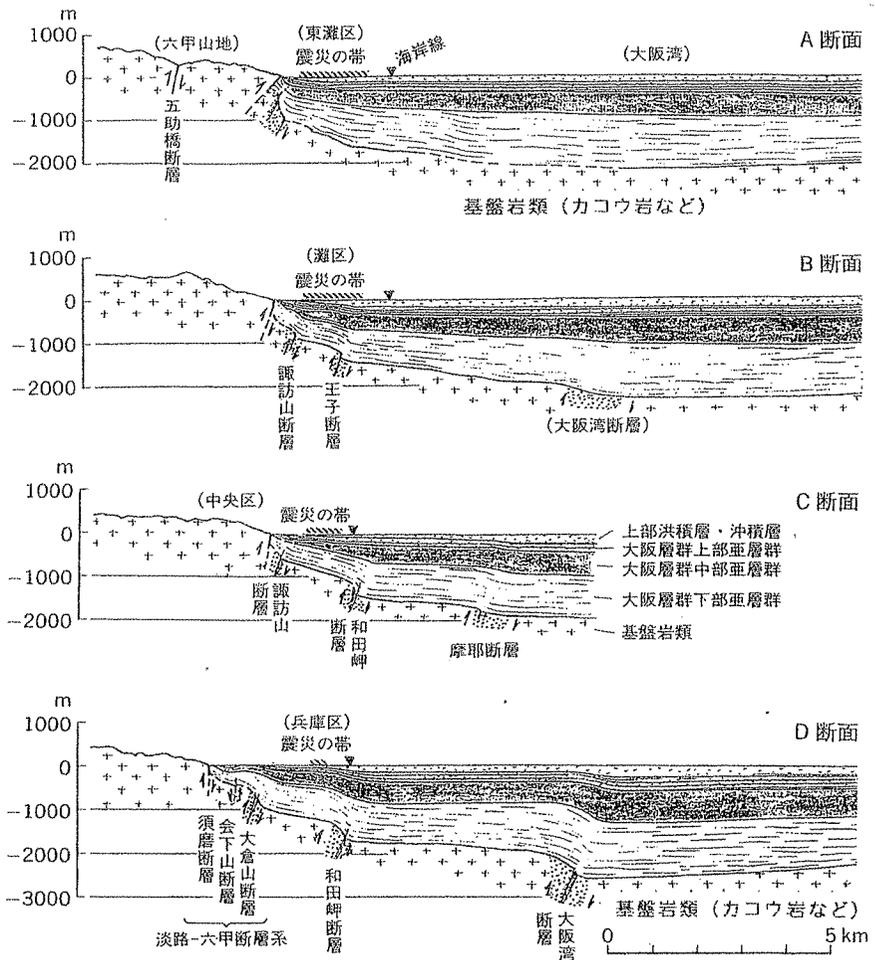
5 図 に示されている大阪湾とその周辺地域の地質断面の概観を見ると、上から順に、現在～約1万年前に形成された「沖積層」。それ以前～約30万年前の「上部洪積層」。約30万年前～約300万年前に堆積してできた「大阪層群」、その下には場所によって異なるが上記「大阪層群」よりも年数がひと桁以上も古い地質時代に形成された「基盤岩類」「神戸層群」「有馬層群」「花崗岩類」「丹波帯の地層」などが伏在する。大阪盆地を囲む六甲・北摂・生駒・金剛・和泉の各山地では「基盤岩類」が直接地表に露出している。

他方、陸域の平野は「沖積層」で覆われ、段丘や丘陵では「上部洪積層」や「大阪層群」がそれぞれ分布・露出しているのが一般的である。

断層と地震

大阪湾を中心とする盆地を囲む上記山地の山麓には、「大阪層群」堆積後の約300万年前以降に形成された数多くの活断層が分布する。つまりこれら断層を作った運動によって、大阪平野の周囲を囲む山地は上昇し、相対的に大阪湾盆地中心部は沈降していったことが地質断面図から読み取れる。このような断層をつくる激しい動き、すなわち地震は数100年～数1000年といった間隔をおいて間歇的に起こり、その動きの集積結果が地質断面図(第2図参照)に表れていると言える。そのような動きの1つが阪神・淡路大震災を起こした兵庫県南部地震である。現に国土地理院の測量によると、地震後に六甲山塊が約20cm上昇したといわれる。

6 図
 神戸市東灘区・灘区・中央区・兵庫区における各測線ごとの反射法弾性波探査
 によって得られた地質断面図と地表の「震災の帯(震度Ⅶの分布)」の位置
 (原図は佐野正人らによる1996年)



「震災の帯」はどこに生じたか？

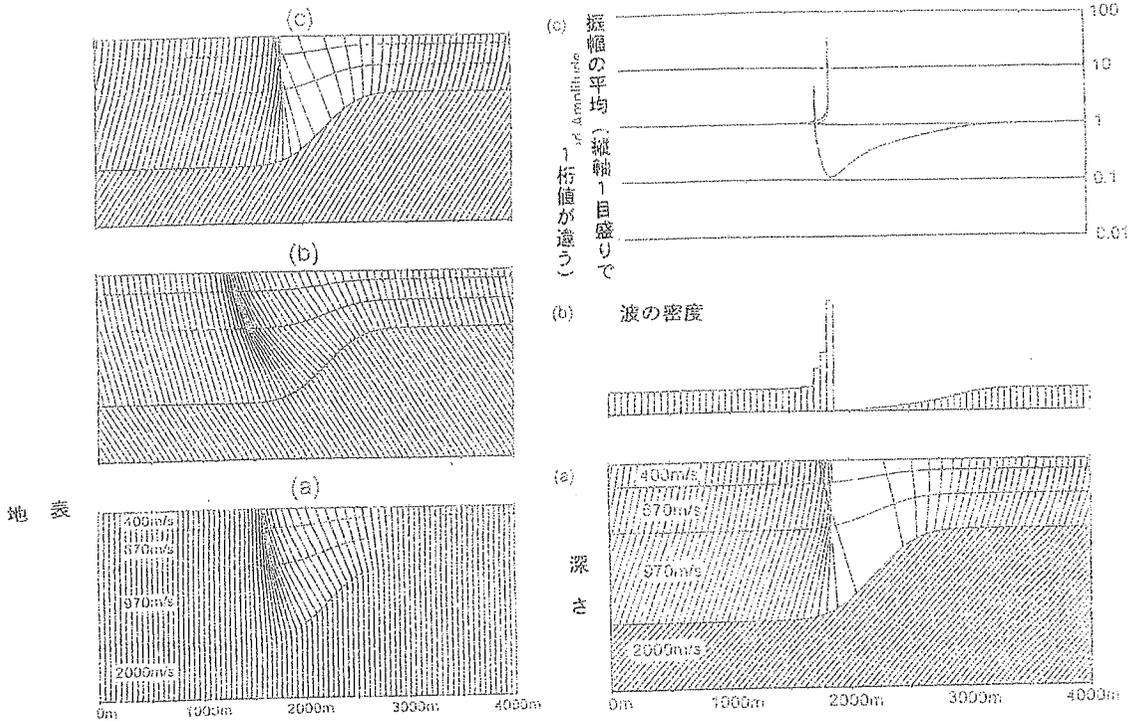
6 図は阪神・淡路大震災で生じた震度Ⅶの地帯「震災の帯」の位置をいくつかのほぼ南北方向の地質断面図で示したものである。「震災の帯」は断層の真上ではなく、断層をはさんで基盤岩類が深い方にずれて分布していることが分かる。つまりこれら神戸から阪神間に見られた周りよりも震度の大きい带状地帯は、この地域を走る断層の直上ではなく、断層の下盤側に分布している。

これはどのように説明されるだろうか。その有力な仮説が次に紹介する「中川モデル(「フォーカシング」1995)」である。そしてこの仮説は阪神・淡路大震災の際に上町-仏念寺山断層に沿う地域が受けた被害状況をよく説明できるし、この付近を震源とする地震が起きた場合の被害想定にも大いに役立つと考えられる。

7 図は阪神・淡路大震災で「震災の帯」(4 図)が生まれた要因を説明したシミュレーション(中川康一 1995による)で、それが「深い地盤構造」から来ているとしている。

震災後に「震災の帯」を説明した仮説がいろいろ提案されたが、筆者はこの「中川仮説」が最も合理的だと考えている。この仮説は後に述べる大阪の「上町-仏念寺山断層(上町断層帯)」の「被害想定」問題とも関連するので特に重要である。

下から伝わってきた波が屈折



7 図 「震災の帯」が生まれた理由を説明するシミュレーション
 屈折により地表で地震波が集まる場所とそうでない場所ができることを示す
 「フォーカシング」モデル（中川康一 1995による）

7 図 に示されたモデルには、震源から伝わってきたS波(主要動)が、断層などによって基盤岩類の地下での深さに「段差」がある場所付近を伝わる様子がモデル化され示されている。ここでは花崗岩などの基盤岩類(S波速度： $V_s=2000\text{m/秒}$)の上をそれよりもS波速度の小さい「大阪層群($V_s=970\text{m/秒}$)」や、さらにその上を V_s がより小さい「上部洪積層」や「沖積層」が覆う断面をS波が、それら岩体の境界で屈折して伝わる様子が示されている。

モデルの断面図(7 図)を見ると、地表(それぞれの図の上辺)には波が平均よりも密な部分(波が集まる部分)と逆に疎な部分(波が“まばら”な部分)があることがわかる。この図で波を表す線の密度が大きい場所では最大振幅が平均値の10倍以上になることも示されている。

上にも述べたように、阪神・淡路大震災で震度VIIを示した「震災の帯」(4 図)ができた場所は、ちょうどこの7 図の波が集まる場所に相当するわけである。これは6 図にある「震災の帯」付近の地質断面図とあわせて考えると理解できる。

7 図にある「基盤岩類」などの地表からの深さの“段差”の場所は、六甲山地南麓を南西-北東方向に走る断層群に相当し、断層のある場所に沿ってそれよりも少し南東側に「震災の帯」ができたことになる。(※断層の直上ではないことに注意)