

3. 兵庫県南部地震に関連する活断層帯

3.1 はじめに

1995年1月17日に起きた兵庫県南部地震は六甲―淡路活断層帯の中部で発生した。この活断層帯は近畿三角帯の北西縁であり、第四紀における地殻運動が活発な地帯である。ここでは、六甲山地や淡路島のような隆起域と、大阪湾・播磨灘のような沈降域とが接触しており、その地形・地質の急変部に沿って活断層が密に発達している。こうした活断層は複数本が連なり、活断層帯を形成する。また、活断層は山地を隔てて並行したり、一連のものも分岐・斜交したりする複雑な配置をしている。

ところで、一般に隆起域は激しい浸食作用を受けるので、起伏に富んだ険しい山地形となる。一方、山麓から海底にかけての低地域は山地から土砂が供給され急速に造成されてくる。こうした地域も活断層を主とする地殻運動の作用をさらに受けたり、海水準変動や気候変化の影響を蒙ったりして、変化に富む地形や地質が境界域や低地域にも形成されてくる。

当域では、このような隆起と沈降の上下方向の異なる動き、さらに水平方向の動きが異なる地殻運動が近接した場所で繰り返されている。しかも、この運動は最新の地質時代である第四紀（約200万年）以降にとくに顕著であり、完新世（1万年以降）や歴史時代のみならず、現代もなお続いている。

この動きが端的に現れたのが上記の兵庫県南部地震である。その時に発現した地震断層や地殻変動はこのクライマックスとも言えるものである。その後には発生している余震活動や緩慢な余効的な土地の動きも、当域での地殻運動の一部である。

六甲―淡路島地域は周辺部に比べてとくに起伏に富む地帯であり、それ故に風光明媚で有名な場所であるが、これは活発な地殻運動とそれを修飾する浸食作用がもたらした所産と言える。こうした場所は直下型の大地震や、洪水・土石流などの災害が発生し易い土地柄なのである。この地域の大地の構成要素・地下構造・成立過程などを理解することは、次の大地震時の災害対策を考える上で基礎的な資料となるだけでなく、類似した性質をもつ他地域の地震対策にとっても重要な材料を提供する。

そこで、当域の活断層の性質を概観した後に、兵庫県南部地震を引き起こした地震断層の諸側面を紹介する。こうした地震断層の動きが過去にも繰り返して起こり、その変位が累積して、当域の活断層や地形・地質が形成されてきた訳であるので、これらの性質を展望する。さらに、当域の地形や地質の特徴・成立過程などを把握し、地盤の特質を理解するよう努める。

3.2 六甲・淡路活断層系の分布の特徴

六甲―淡路島断層系は六甲山地から淡路島周辺にかけて発達する活断層群であり、全体の走向は北東―南西方向で、右横ずれが卓越する。六甲山―淡路島北部は活断層に挟まれて隆起・傾動してきた地塁であり、周辺より盛り上がった隆起域となっている。

このように、六甲山地は六甲断層帯に沿う右横ずれ運動によって形成された圧縮部であり、淡路島北部もほぼ同じ様な成因をもつ。これらの山地の両側には、活動度の高い大規模な断層が密集し、これらは地形・地質的にもきわめて明瞭である（図-3.2.1）。

六甲東麓部には、南北走向の逆断層が階段状地形を作って並走する。北東―南西走向の甲陽断層・西宮撓曲などは逆断層成分をもつが、右横ずれも随伴している。その横ずれ現象は、1960年代以降の新しい空中写真ではなかなか識別できなかったが、1948年に米軍が撮影した縮尺1万分の1空中写真の判読から変位地形の存在が明らかとなった。活断層や活撓曲の詳細位置が都市圏活断層図として国土地理院から1996年に刊行された。また、地震後に行われた多くの反射法地震探査やボーリング調査などによって、伏在活断層や海底活断層が実在することや、その性格も詳しく判明してきた（図-3.2.2）。

六甲山地から大阪湾・大阪盆地の断面でみると、約100万年前に堆積したとみられる大阪層群の海成粘土層（Ma1）が約1000mも上下方向に変位しており、この平均上下変位速度は1.0m/1000年に達する。しかも、段丘面や沖積層も食い違っており、第四紀後半に向かって、この速度は増加の傾向にある。個々の活断層の右ずれ平均変位速度はB級であるが、それらの右ずれ運動の総和はA級であるといえる（活断層研究会、1991¹⁾；松田、1995²⁾）。

ところで、六甲―淡路島断層帯には多くの第四紀断層がみられるが、それらの中でも山地の形成に大きく関与したが、第四紀後期以前に活動を停止したものと、段丘面を切断し後期にも活動を繰り返している

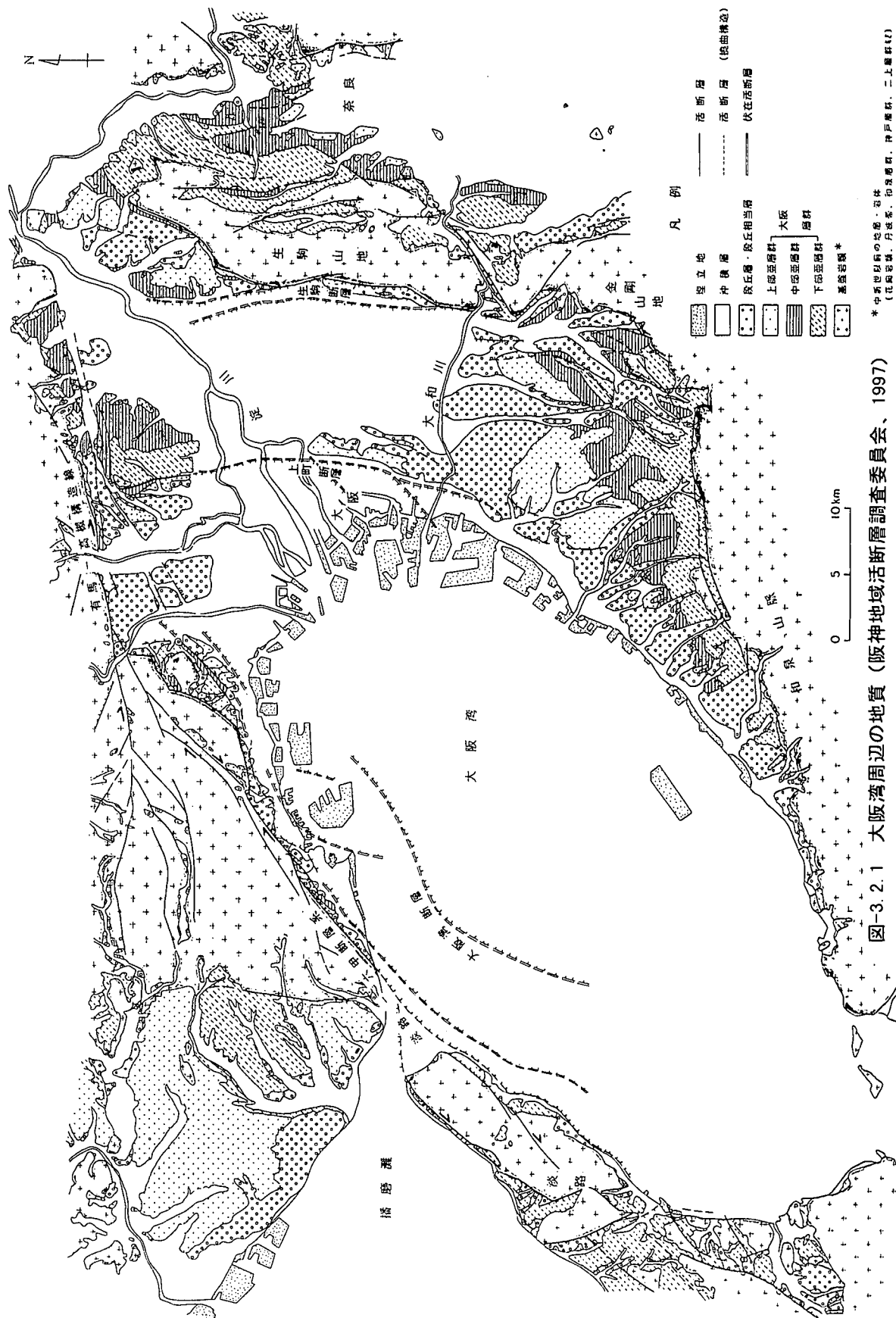
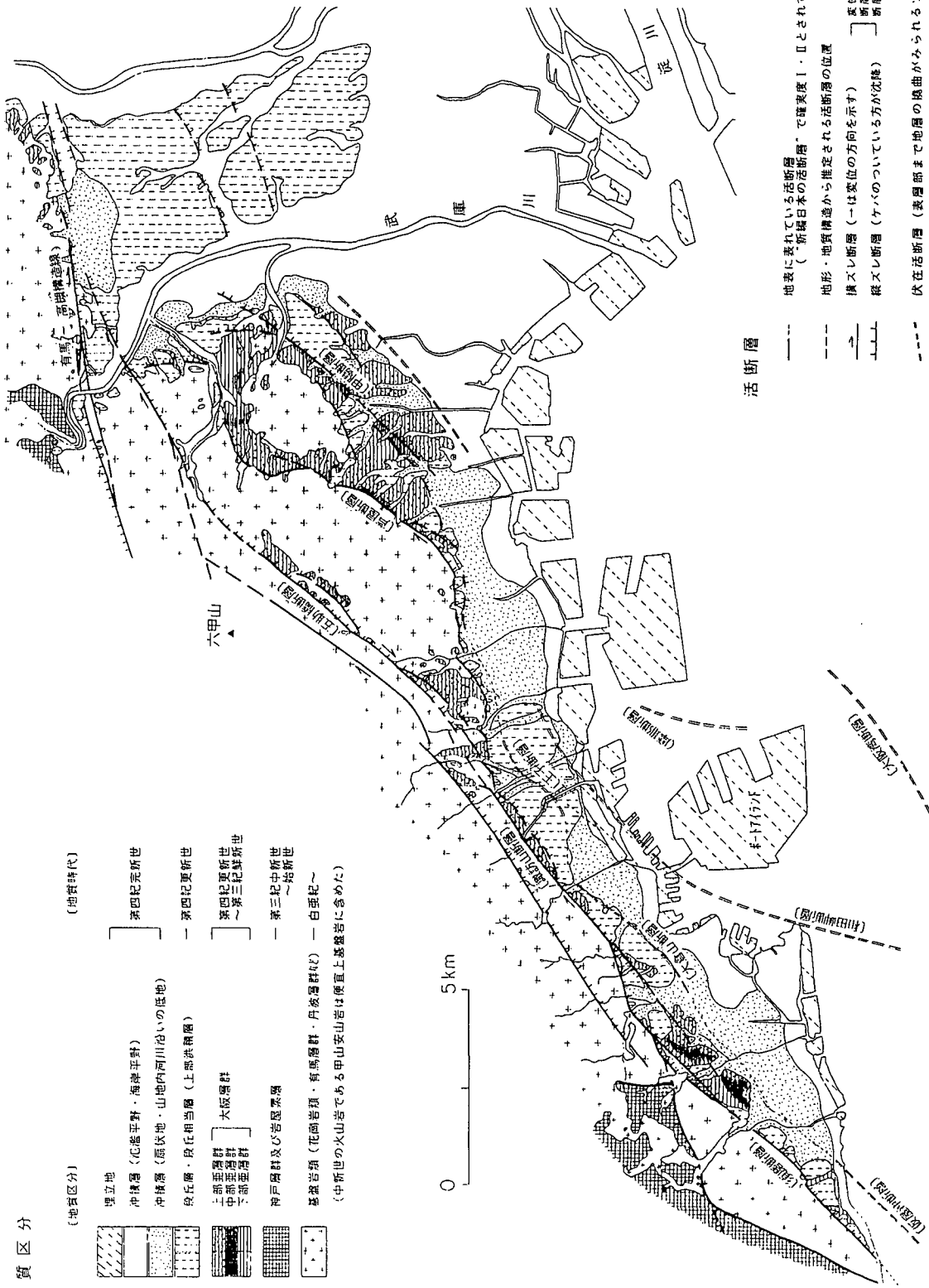
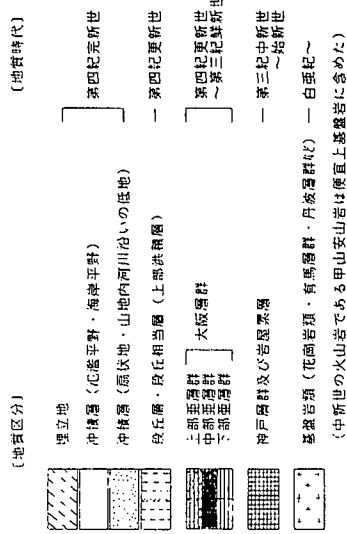


图-3.2.1 大阪湾周辺の地質 (阪神地域活断層調査委員会、1997)

* 中野地区以外の地質は、本誌
(比呂野段丘、丹波系、和泉層群、神戸層群、二上層群等)

地質区分



活断層

- 地表に表れている活断層 (新規日本の活断層で確実度Ⅰ・Ⅱとされているもの)
- - - 地形・地質構造から推定される活断層の位置
- 横スレ断層 (→は突位の方向を示す)
- ↑ ↓ 縦スレ断層 (↑↓は突位の方向を示す)
- 断層は確実度Ⅰの活断層
- 断層は確実度Ⅱの活断層
- 断層は確実度Ⅲの活断層
- 伏在活断層 (表層部まで地層の傾曲がみられるゾーン)
- 伏在活断層推定部

図-3.2.2 六甲南縁部の地質 (阪神地域活断層調査委員会、1997)

活断層がある。前者の断層として、地質学的によく知られた六甲山地を斜断する大月・五助橋・芦屋などの断層、六甲山地中西部北側の山田・射場山・湯槽谷などの断層がある。これらは中地形的な断層崖地形や地形境界としての表現が明瞭であるが、小規模の変位地形が不明瞭である。しかしながら、後者の活断層として、地震断層となった野島断層や横尾山断層、六甲南麓の諏訪山断層・会下山断層・須磨断層、六甲東麓の甲陽断層・西宮撓曲、さらに六甲南麓低地の伏在活断層がある。これらは段丘堆積物や完新世の地層を明瞭に変位させている。

とくに、六甲山地の南側低地や東麓では、より新しい動きをもつ活断層が低地側に位置する。山地の成長とともにより活動的な断層が周辺へと発現してきたとみなされている。六甲-淡路島断層系の断層運動の進行とともに、山地は隆起・傾動しながら、その位置や形を少しずつ変えてきたと言える(岡田、1996³⁾; 図-3.2.3)。

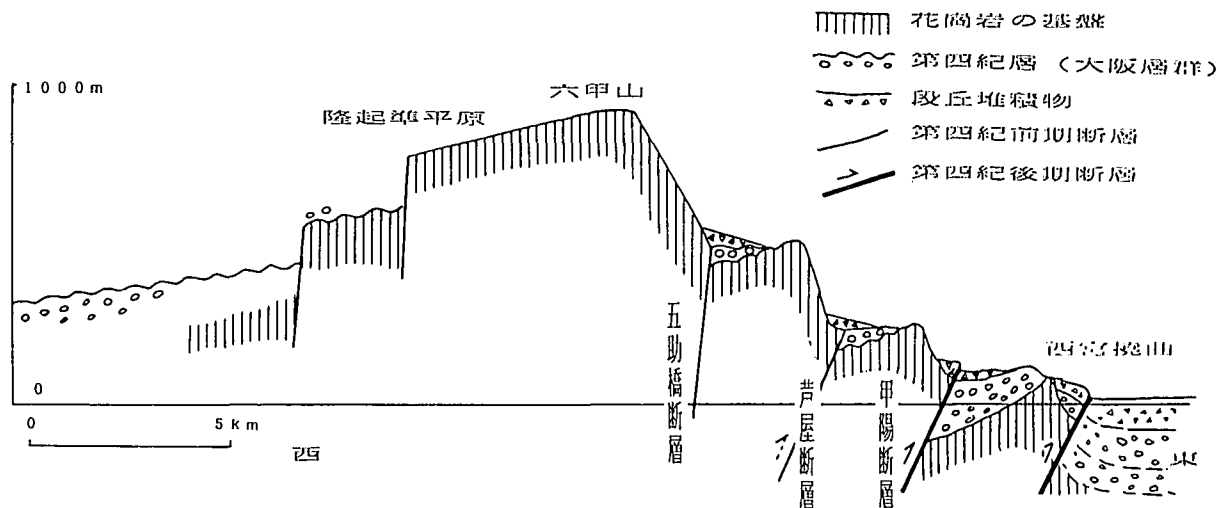


図-3.2.3 六甲山地の東西断面と断層の移動模式図(中村ほか、1995を改変した岡田、1996)

3.2.1 地震断層系(写真-3.2.1~8 口絵参照)

兵庫県南部地震は明石海峡を震央とするM7.2、深さ約14kmの直下型大地震(M7.2)である(安藤、1995⁴⁾; 菊池、1995⁵⁾; 吉川・伊藤、1995⁶⁾ほか)。これを引き起こした明瞭な地表地震断層が淡路島北西部の野島断層沿いに現れ、さらに、やや不明瞭な地表地震断層も淡路島北東側の造成地や六甲山地域の一部で出現した³⁾。

これら地表地震断層(系)には次のようなものがあつた。すなわち、1:野島地震断層系、2:灘川地震断層系、3:横尾山断層 などである(図-3.2.4)。今回の本震を引き起こした震源断層と考えられるものから、その余震で生じたり、本震の地震動に誘発されて発現したりした微弱な地震断層もある。重要なものから以下に順に解説する。

(1) 野島断層

兵庫県南部地震の発生源(の一部)となつた地震断層系が、発生直後に淡路島北部の北西側の野島断層沿いで発見された。これは明瞭な地表変位を伴つた地震断層であつたために、一般にも注目されてきた(中田ほか、1995⁷⁾⁸⁾; 岡田、1995¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾)。野島断層は北淡町北部の江崎灯台付近から、同町中心部の富島にかけて延長10km強の間に続く。北東-南西走向の地表地震断層が各所で確認され、詳しい位置・様式・変位量などが明らかにされてきた(栗田ほか、1995¹³⁾・1996¹⁴⁾; 原口ほか、1995¹⁵⁾; 林ほか、1995¹⁶⁾¹⁷⁾; 太田ほか、1995¹⁹⁾; 太田、1996²⁰⁾; 鈴木ほか、1995²¹⁾; 岡田・鬼木、1996²²⁾)。この主要部は、池辺(1961)²³⁾、水野ほか(1990)²⁴⁾や活断層研究会(1991)¹⁾がすでに記載していた野島断層に一致しており、その再活動によって今回の地震が発生したことが明らかにされた(図-3.2.5)。

野島地震断層系に沿ってはどこでも右横ずれが卓越し、上下方向の変位も伴われていた。その変位量は大部分の場所で右横ずれ1~2mであり、南東側の隆起は0.5~1mであつた。断層中央部付近の野島平林では、

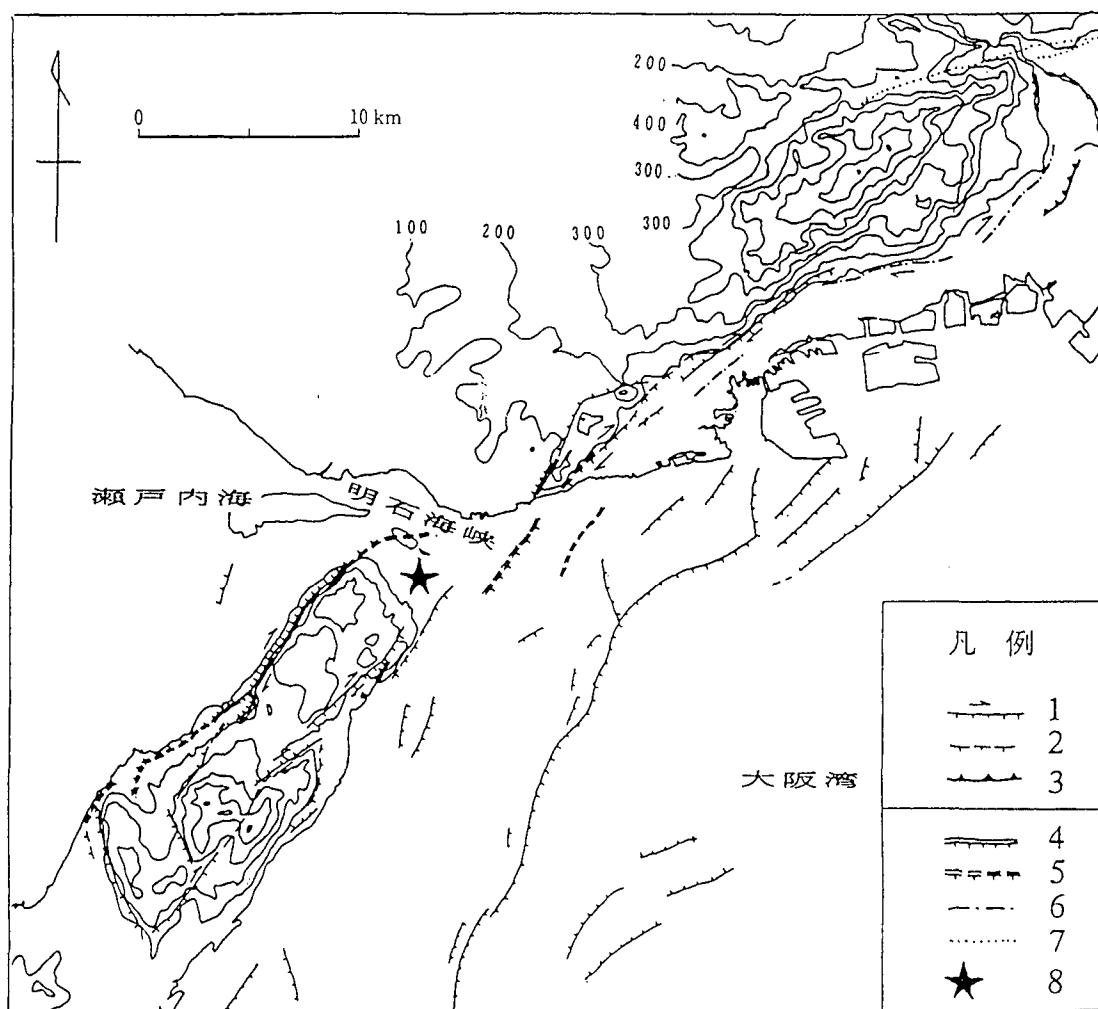


図-3.2.4 六甲山地-淡路島北部と周辺海底の主要活断層と地表地震断層の分布図（岡田、1996）

陸上部は幅500mの谷埋法による接峰面等高線（100m間隔）であり、海底部は等深線（100m）を記入した。凡例、1：活断層（第四紀後期；ケバ側は低下）、2：推定および伏在活断層、3：逆断層、4：地表地震断層（确实）、5：地表地震断層（不确实）、6：地表地震断層（不确实-推定）の可能性ある活断層、7：微弱な動きがみられた活断層、8：本震の震央

右横ずれが2.1m、南東側の隆起が1.2mで、それらを合わせた総変位量は2.4mに達した（中田ほか、1995²⁷⁾；池田ほか、1995²⁸⁾；尾高ほか、1996²⁶⁾）。平林地区は野島断層の最大変位量が観察され、変位地形がもっとも明瞭な地点であった。この貴重な地震断層崖も徐々に崩落・変形してきたが（吾妻ほか、1996）²⁹⁾、最後には人為的に削られ現在は消滅してしまった。断層面の傾斜は平林や小倉などで約70~80° SEであり、東（山地）側へ高角度に傾き下がる。野島断層の南西端に近い北淡町梨本では、部分的に北西側が上がっていたが、他ではどこでも南東側が隆起していた。

野島藁浦において、地震断層は2条に分岐するが、主な地震断層は野島断層の一般走向を保ったまま南西方向へ延びて、富島市街地南方の水越撓曲部（水野ほか、1990）²⁹⁾に至る。分岐地点に近い梨本付近の断層は、変位量がやや小さく、北西側の相対的な隆起を示すが、分岐点から約1km南西の小倉になると、右横ずれが1.4mで、南東側の相対的な隆起が0.5mを示すようになる。

多くの調査者は地震断層を富島南方まで記載しているが、林ほか（1995³⁰⁾、1997³⁰⁾）はさらに南西方向の志筑断層北部まで追跡し、数cm程度の右ずれと10数cm以下の上下ずれを報告している。北淡町浅野南・育波南方・一宮町枯木付近では、小規模な崖崩れや地すべりがかなり多く発生しており、こうした斜面崩壊に伴う変位と変位量の少ない地震断層とを区別することは容易でない。

前述のように、梨本の南から折ヶ谷池に向かって南北方向に分岐し、やがて南西方向に向きを変えていく、地震断層としては副次的な断層が存在する。地表では花崗岩と大阪層群を境する地質境界線である

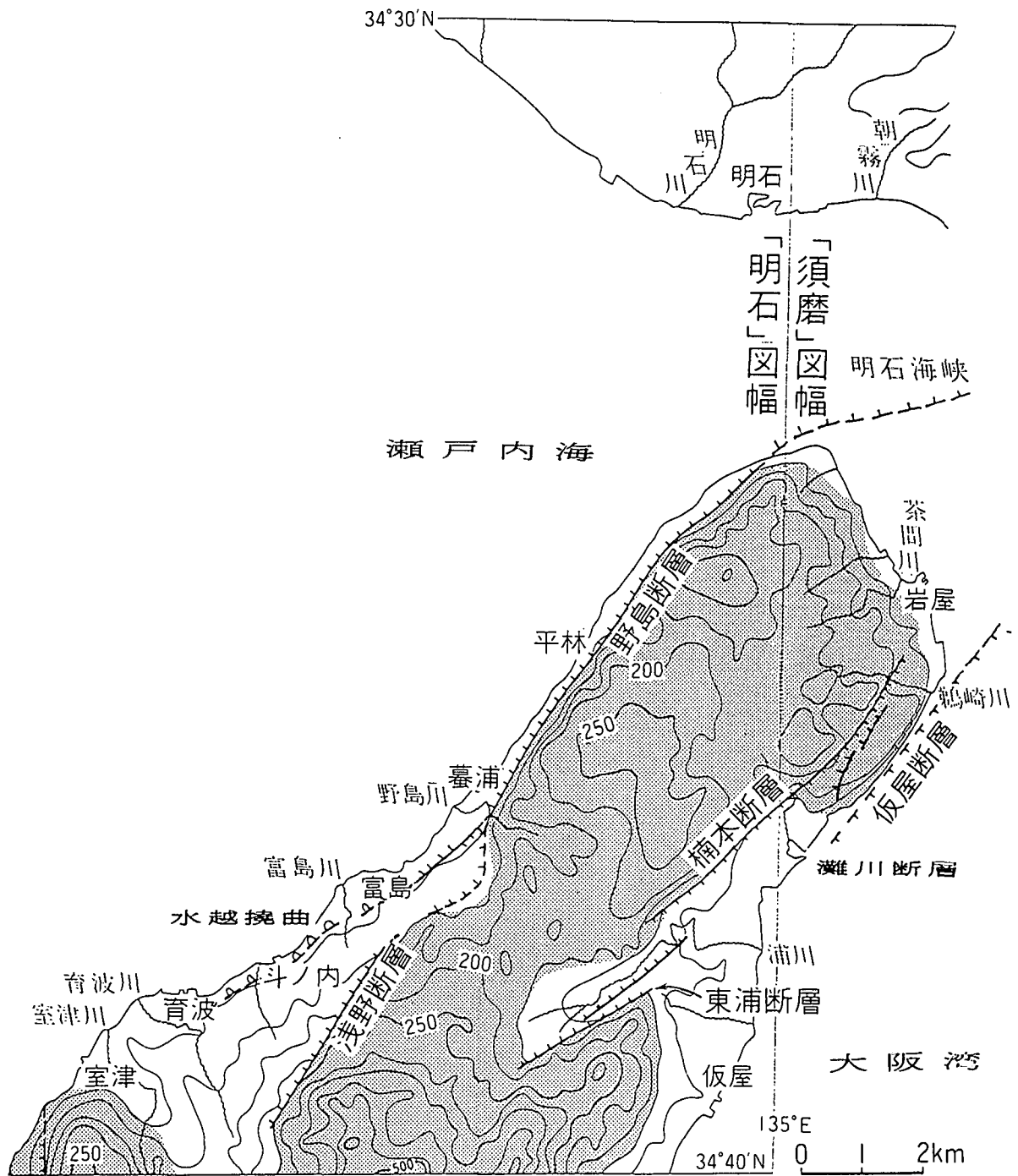


図-3.2.5 淡路島北部の活断層分布図（岡田、1995 a）

水野ほか（1990）に活断層・活褶曲を追加。等高線（50m間隔）は谷埋法による接峰面図であり、アミ掛け部は山地域である。

（中田ほか、1995⁷⁾；皆川ほか、1995²⁸⁾；粟田ほか、1995¹³⁾；尾高ほか、1996²⁶⁾）。この断層も右横ずれであり、相対的に南東側の山地側が上昇する上下成分をもつが、これらの変位量は水平・上下変位ともせいぜい20cm程度である。

野島断層の北東延長は明石海峡に入る。この海峡底では、開裂した基盤岩石が地震後に発見された。その位置はほぼ野島断層の延長部に一致しており、地震断層は海峡部に延びたとみなされる。海上保安庁水路部が地震後に実施した音波探査でも断層が確認されているが、複雑な海底地形や基盤岩石の露出などの悪条件のために、延長は充分解明されていない（海上保安庁水路部、1995²⁹⁾；岩渕、1995³⁰⁾³¹⁾）。

明石海峡を横切って明石大橋が建設中であったが、橋台や主ケーブルなどは地震発生時に完成していた。陸地部にある橋台の間が全体として約1.1m延びた。2本の橋脚（主塔）のうち、淡路島側のものは南西へ約

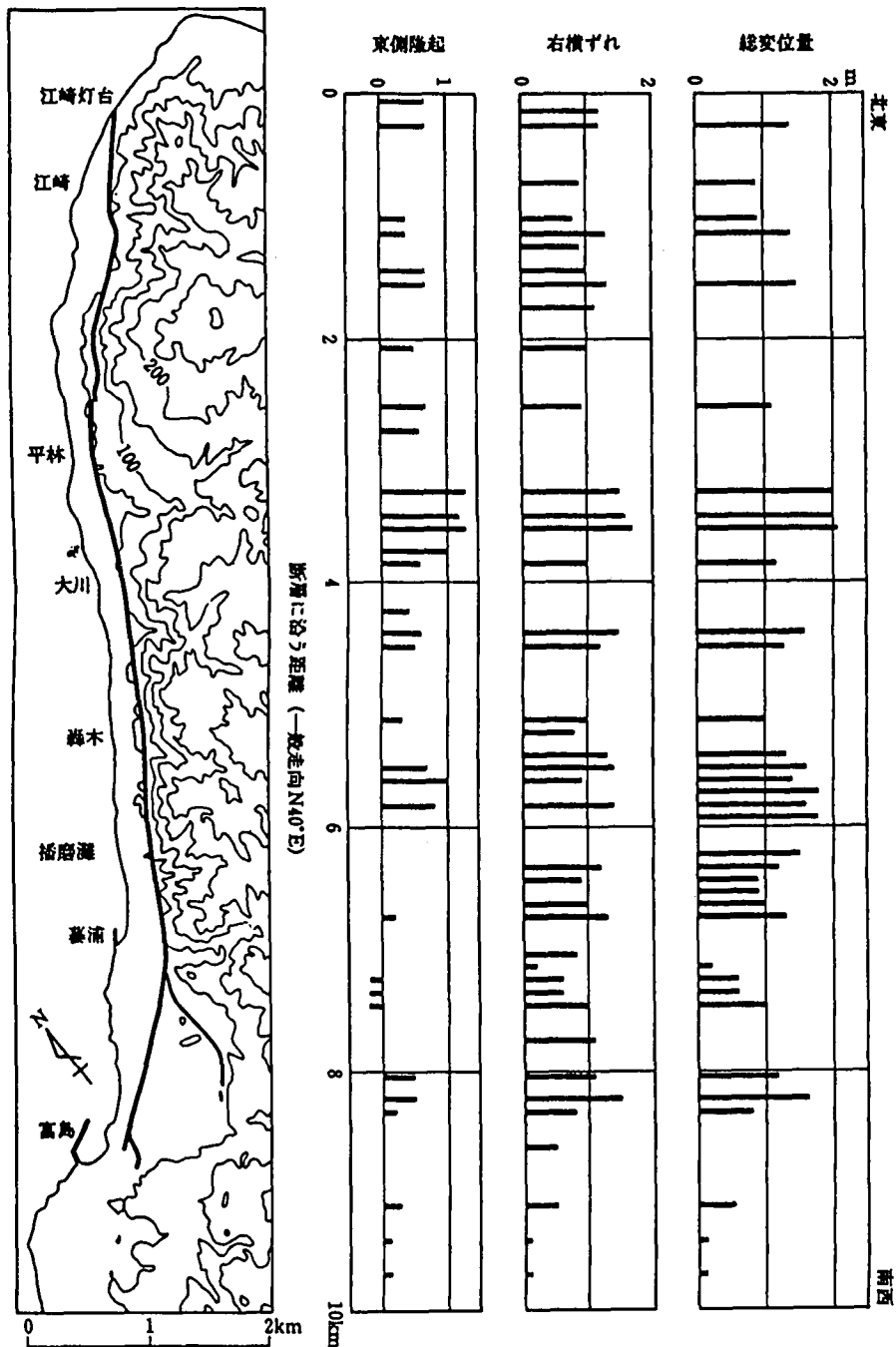


図-3.2.6 野島地震断層とその変位置分布図 (粟田ほか、1995)

野島断層に沿う距離7km以遠(轟浦よりも南西側)では、2つに分岐した地震断層のうち、海岸沿い延びる断層の変位置だけを表示。

0.9m、神戸側のは東へ約0.2m、それぞれ移動し、わずかの上下変位も生じた。こうした観測結果でも、野島断層は明石海峡部に延長しており、そこでも右ずれの変位が起きたとすれば、両側の橋台や橋脚が延びた理由はよく説明できる(溝上ほか、1995)³²⁾。

(2) 灘川断層系

淡路島北部東岸の淡路町鶴崎から東浦町楠本にかけての「灘山地区」では、丘陵性山地を削って大規模な造成が行われていた(図-3.2.5、図-3.2.6左)。この南側地区では、兵庫県が淡路島国際公園都市構想によって「淡路夢舞台」を推進し、その建設工事が進行していた。敷地は長さ2.5km・幅0.5kmの採石跡地であり、厚さ数10m以上に及ぶ上載岩石がすでに除去されていた。

この敷地の主として西側法面や南北両側法面に、雁行状に配列する灘川断層系が現れた(図-3.2.6左；

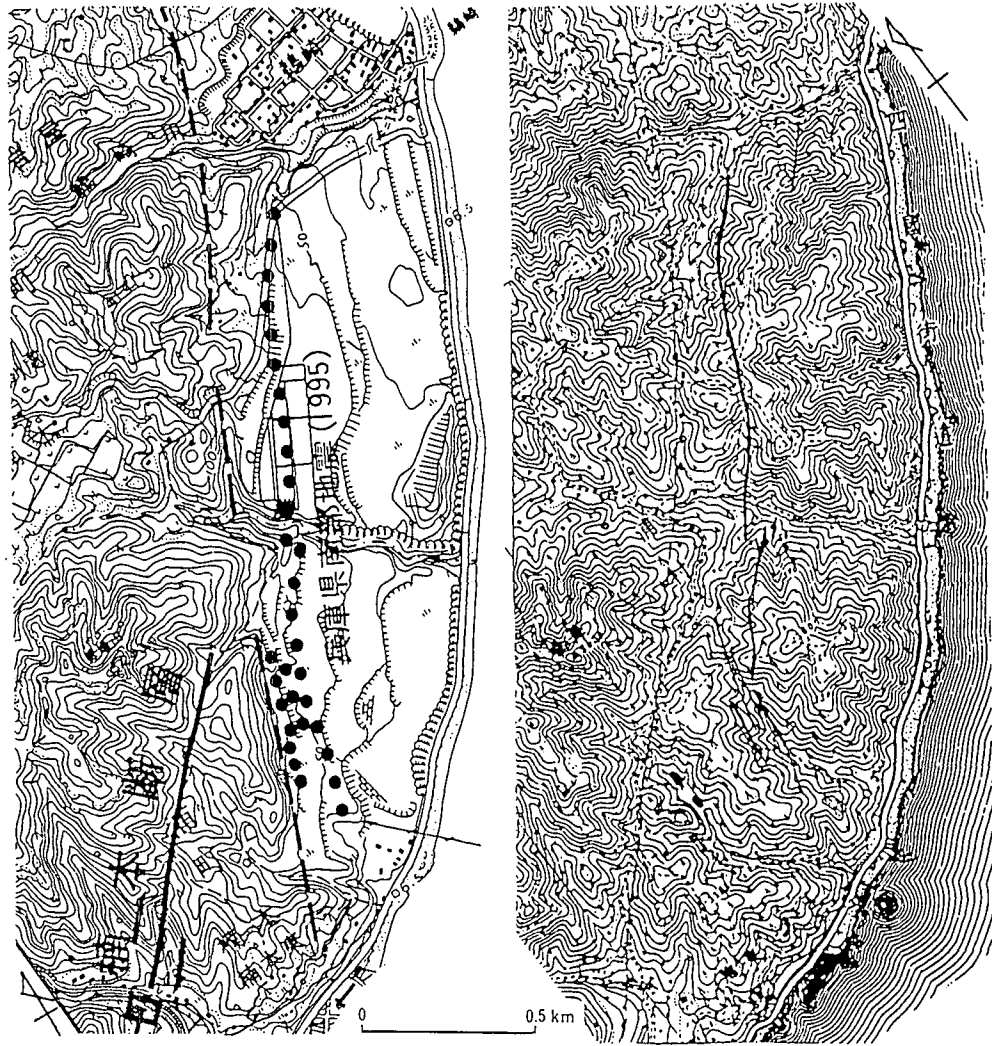


図-3.2.7 灘川地区の地形と地震断層の分布図（岡田、1996を改変）

左：等高線の少ない部分が造成地である。渡辺ほか(1996)の2.5万分の1都市圏活断層図「須磨」の一部。
 右：灘川地区の旧地形（大日本帝国陸地測量部明治31年発行の2万分の1仮製地形図「机浦」「岩屋」）に地震断層（太実線）・既存断層（細実線）と楠本断層（波線）を記入。

栗田ほか、1995)³⁹。断層系の全長は約1.6kmであり、上下変位量は10cm～20cmである。その多くは東側の相対的隆起であり、高角度の逆断層状を呈し、3～5cm程度の右横ずれも伴う。これらの断層を横切って多くの小規模なトレンチ掘削が行われ、基盤岩石内での性状確認の調査が行われた。いずれの断層も幅数m以内の断層破碎帯や、幅数10cm以内の粘土帯を伴い、既存の断層が再活動した。どの断層線も直線性が高く、高角度の断層面が観察される。地質は花崗閃緑岩と塩基性岩類であり、その境界付近で主に変位が生じた（兵庫県企業庁、1995）³⁹。この付近には第四紀層がなく、第四紀に動いたかどうかの認定は露頭で直接に判定できない。しかし、軟弱な断層破碎帯や粘土帯・地形表現が伴われているので、微弱な動きとしては第四紀にも活動があった可能性は高い。

この敷地の西側を楠本断層が、東側を仮屋断層が走る。造成前の空中写真判読によれば、楠本断層の存在は断層地形として明瞭に読み取れるが、灘川断層系はその位置に一致する鞍部列としてのリニアメントが検出される程度であり、地形的な表現が不明瞭である。

ところで、地表地震断層の出現位置を旧地形図に示したのが、図-3.2.6fである。この地形図に示した断層線は、断層面の角度を考慮して位置を多少修正する必要があるが、いずれも高角度の断層であるので、断層線の位置は大きく相違しない。

楠本断層は西側山地が隆起し、かつ右ずれを示すが、今回の地震では地表面沿いの動きは認められない。しかし、造成地の中を走る灘川断層系は、地形的に推定される山側隆起の動きとは逆に海側が隆起してい

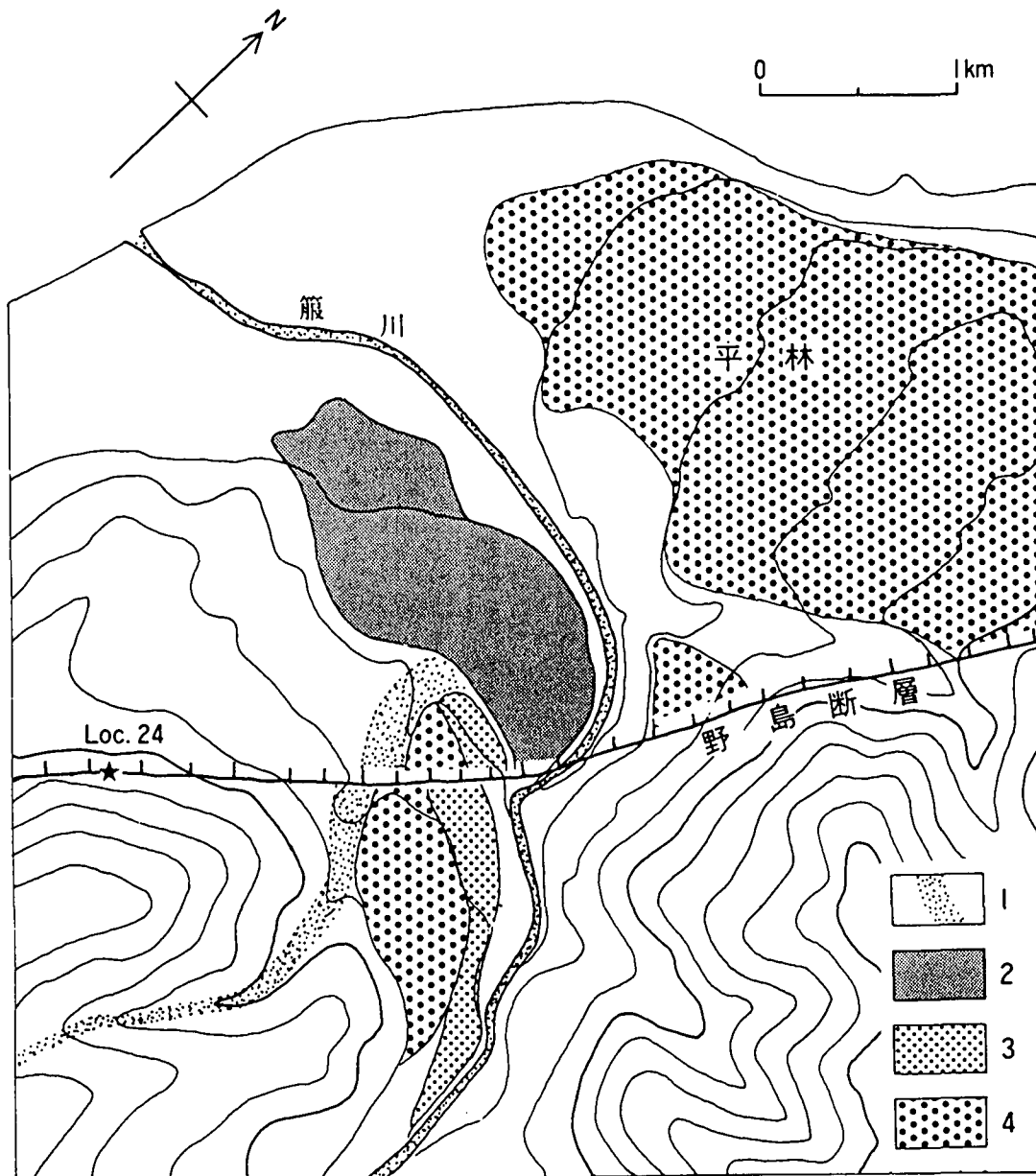


図-3.2.8 北淡町平林における野島断層による段丘面の変位図（水野ほか、1990）
 1：河川、2：最低位段丘面、3：低位段丘下位面（L1面）、4：低位段丘面（L面）

る。また、造成地のみで観察されることから、大規模な岩体（荷重）除去に伴う応力開放によって、主震の発生により二次的に地殻の隆起（リバウンド）が生じ、断層変位が誘発された可能性が高いと指摘されている（兵庫県企業庁、1995）³⁹⁾。この断層変位は右ずれを伴うことから、広域圧縮応力場のもとで、このような作用が生じたとみなされる。

（3）横尾山断層

六甲山地の南西端には鉄拐山（標高:234m）と鉢伏山（標高:252.8m）の山塊がある。これら山地の西側は地形・地質的に明瞭な横尾山断層で限られている（藤田・前田、1984）³⁹⁾。断層の通過位置は現在ではほとんど土地造成がなされており、本来の地形が不明瞭になっている。造成前に撮影された空中写真の判読によれば、鞍部列の見事な配列がみられた。この横尾山断層の一部は兵庫県南部地震時に動いたとみなす次のような見解がある。

JR山陽本線の塩屋駅付近から横尾山断層の通過位置に沿って、多数の亀裂や家屋の破壊が認められたが、これらの走向はN20° Eであった（桜井、1995）³⁵⁾³⁶⁾。この地表の割れ目は北東方向の山地に入って1本に収斂し、海岸線から約1.5kmの地点で消滅している。桜井（1995）³⁷⁾は、割れ目の配置から断層面は東側へ傾

斜し、見かけ上「正断層」をなすとしている。こうした地表での表現は、地下の震源断層からこの断層と須磨断層とに分岐したものであり、本質的には西側が突き上げられたと考えている（桜井、1997）³⁰⁾。

塩屋台放水路トンネルはNATM工法により掘削された水路トンネルであり、その全長が1442mに達する。このほぼ中央部で横尾山断層を横切るとは、地震の前から判明していた。ちょうど断層の位置で、トンネルの北側が東方へ約8.5cm右ずれ状に剪断ずれを生じた（神戸大学工学部、1995）³⁹⁾。

（4）須磨断層

鉄拐山－鉢伏山山塊の東側は須磨断層で限られ、比較的明瞭な断層崖（比高百数十m）が連なる（藤田・前田、1984）³⁰⁾。その山麓線沿いには、地形変換線や段丘面を変位させる低断層崖がみられる（渡辺ほか、1996）⁴⁰⁾。兵庫県南部地震後に国土地理院が行った国道2号線に沿う水準点の改測によって、神戸市西部の垂水区（平磯1丁目）と須磨区（一ノ谷町5丁目）の間で東下がり運動が認められ、約30cmの高低差が生じた（橋本、1995⁴¹⁾；多田ほか、1995⁴²⁾）。地表で明瞭な食違いが連続的に生じた訳ではないので、狭義の地震断層ではないが、測地的に検出された地震断層として注目される。

須磨断層より西側では水準点改測による高度差は加古川市にかけて徐々に下がり、傾動的な変位が生じた。明石海峡北岸に沿って発達する海成段丘面の高度分布から、西方へ傾動する地殻運動が第四紀後期に継続していると指摘されされていた（藤田・前田、1984）³⁰⁾。地震時に生じた須磨断層以西の地殻変動は海成段丘面の変形と調和的であった。

（5）垂水沖・須磨沖(海底)断層

明石海峡東部の海底には、海上保安庁水路部（1995）²⁹⁾が実施した音波探査によって、垂水沖断層や須磨沖断層の存在が明らかにされた。これら断層は地震前の探査記録では、最上位層に変位が認められなかった。地震後に行われた探査では最上位層にも変形が及んでいると解釈され、今回の地震で活動した海底地震断層とされている（岩淵ほか、1995）³⁰⁾³¹⁾。垂水沖断層の北東延長は陸上部の須磨断層に、須磨沖断層はいわゆる「震災の帯」（嶋本、1995）⁴³⁾の南西延長部にあるので、大被害を引き起こした震源地震断層や地盤の影響とも関連して、今後の検討が必要である。

なお、関西空港では2～3cmの津波が観測され、地震発生後に明石海峡全域で海水がやや褐色に変色した（岩淵ほか、1995）³⁰⁾³¹⁾。変色域は明石海峡西口の江崎灯台沖と、同東口の岩屋から垂水にかけての海域であった。これらの事実は海底地すべりが生じたか、海底活断層が活動したことを示唆し、他の現象をも考慮すると、後者の可能性が高いとされている（岩淵ほか、1995）³⁰⁾³¹⁾。

（6）六甲山地南側低地の地震断層

六甲山地域でも地震断層が出現したであろうと予想して、多くの研究者が現地調査を実施した（例えば、粟田ほか、1995¹³⁾；嶋本、1995⁴⁰⁾）。六甲山地南麓や山地内の既存の活断層（図-3.2.1、図-3.2.2）が調べられたが、明瞭な食違いはどこにも認められていない。

とくに被害の大きかった神戸市街地やその東部周辺地域では、これまでの調査によっても、1mを越すような明瞭な断層変位は認められていない。しかし、数10cm程度以下の変位をもつ、地震断層が既存の活断層や伏在断層に沿って現れたとする見解もある（平野・波田、1995⁴⁰⁾；平野・藤田、1995⁴⁹⁾；宮田ほか、1995⁴⁶⁾）。一方、これらは地すべりや液状化現象などに伴われた地表変形であり、地下深部に起因した（≡テクトニックな）変位でないとする見方も多くある（粟田ほか、1995¹³⁾）。

なお、竹村（1997⁴⁷⁾⁴⁸⁾は六甲南側の低地域で舗装に現れた亀裂を系統的に調べ、産地側での集中帯の存在を指摘し、地下の断層の動きを示唆しているが、海岸側での集中帯は液状化や流動化の影響が大きいとされている。

山陽新幹線六甲トンネルは、六甲山地東部や南部の断層を斜断して掘削されている。地震断層が地表まで現れたとすれば、この路線が変位基準となる。しかし、新幹線は比較的早期（1995年4月8日）に復旧され、断層変位がトンネル内に生じたとの報告はない。トンネルは大月・五助橋・芦屋断層などを基盤岩石の中で、甲陽断層を堆積物の中で横切る。基盤岩石の中で変位が起これば、トンネルの路面や壁面に必ず異常が認められるはずである。堆積物の中では、変位量が少なければ引きずりや小断層として分散する可能性もある。したがって、仮に甲陽断層沿いでは数10cm程度の変位が生じたとしても、トンネルの変状だけでは議論はできない。

六甲トンネル東出口（西宮市甲東園）から武庫川河床までの間では、新幹線の橋脚が数カ所で崩落し、

その被害がとくに顕著であった。甲東園付近では、北東－南西方向に走る亀裂や地割れが数本あり、数cm程度の右横ずれを伴っていた。しかし、それらが認められた場所は地形の変換部でもあり、その斜面上部には開口性の亀裂も伴っていたので、表層物質の移動（＝地すべり・斜面崩壊・液状化現象に伴う測方流動など）によるとも考えられる。

24時間営業しているコンビニエンスストアでは、防犯ビデオカメラが設置されており、その映像記録から地震動の挙動が六甲山南側の低地域で捉えられている。この解析から、山地の南縁といわゆる「震災の帯」（嶋本、1995）⁴⁹との間に沿って、水平方向の動きを異にさせた（＝右ずれの）地震断層線が生じたと推定される（菊地、1995）⁵⁰。この北東端は甲陽断層付近まで図示されているが、起震断層と地表断層との詳しい関係は解明されていない。

兵庫県南部地震前後の国土地理院基準点の座標差が、六甲山地と周辺、さらに淡路島北部の三角点について国際航業K. K. によって求められている。もっとも大きな変動は淡路島北部と明石周辺であり、諏訪山・会下山断層－須磨断層を挟む両側はどちらも北東へ移動しているが、北西側の移動ベクトルの方が数10cm程度相対的に大きい。しかしながら、大月断層・五助橋断層・芦屋断層を挟む両側の地塊では相対変位はほとんど検出できない。一方、甲陽断層を挟む土地は西側が北東へ、東側が南西へ移動しているので、これに沿って50cm程度の右横ずれが生じた可能性は指摘される（岡田、1996）⁵¹。

このように、六甲南麓域で地震断層が地表面に達したかどうか未解明の問題がなお残されているが、地震学的な解析から求められた断層面は地表には到達していないか、地表面ではわずかな変位量であって、厚い堆積層の上では不明であるとする見解が一般的である（菊池、1995⁵²；橋本、1995⁴¹；平田、1995⁴⁹；多田ほか、1995⁴²）。

（7）その他の活断層に沿う微弱な変位

北淡町浅野付近の浅野断層や、神戸市兵庫区有馬町－白水峡付近から宝塚市御殿山付近にかけての六甲断層（Huzita、1962⁵⁰；藤田・笠間、1971⁵¹、1982⁵²、1983⁵³）に沿って亀裂が生じたり、数cm程度以内の変位が認められた。これらはあまり長く連続せず、変位量も大きくないことから、今回の地震発生に直接に関与した地表地震断層とは思われない。

大規模な断層破砕帯を伴う断層は、それを境にして地形・地質・地下構造などが大きく異なるブロック境界である。周辺で大きな地震動が発生した際には、両ブロックが異なる振動特性（波形）をもって揺れることはよく知られている。こうしたブロックの間で異なる振動がおさまる時に、断層面にわずかな変位が残されることもある。したがって、こうした活断層沿いに認められた微弱な食い違いは地震断層というよりも、強い地震動に伴って生じた二次的な変位と考えられる。

3.2.2 野島断層の活断層図

1997年兵庫県南部地震に伴って地表に現れた野島断層は実に明瞭な地表変位が伴われ、地震と活断層との関係を解明する良い機会となったので、多くの詳しい記載が行われた。とくに、栗田ほか（1996）¹⁴、中田ほか（1995）⁷、太田ほか（1995）¹⁹、林ほか（1995）¹⁶、鈴木ほか（1995）²¹は写真やスケッチ図等で変位を詳しく記録し、各地点での事例を詳細に報告している（図-3.2.7）。岡田・鬼木（1995）²²はこうした地震断層の出現位置と記載された変位量などをリストにまとめて示した。

また、尾高ほか（1996）²⁰は上記の緊急的な調査をさらに発展・継続し、地震断層の正確な位置と詳しい出現形態・変位量などを示して、大縮尺の詳細図や地震断層図を作成し、地震断層変位に関する詳しい記録をまとめている。

さらに、栗田ほか（印刷中）⁵⁴は、野島断層の詳細位置や変位量分布などを1万分の1地質図として示した。これによって、今までに行われた成果を総合し、地震断層や活断層と地形・地質の関係を詳細断層図としてまとめている。

3.2.3 野島断層のトレンチ調査結果

北淡町平林で地形・地質学的に求められた野島断層の平均変位速度は、右ずれで1,000年に約1m、南東側隆起で約0.5mである（水野ほか、1990²⁴；図-3.2.8）。この付近での今回の地震による変位量は右ずれ約2m、上下ずれ約1.3mである（図-3.2.7）。したがって、後述のように野島断層の活動間隔を約2000年とす

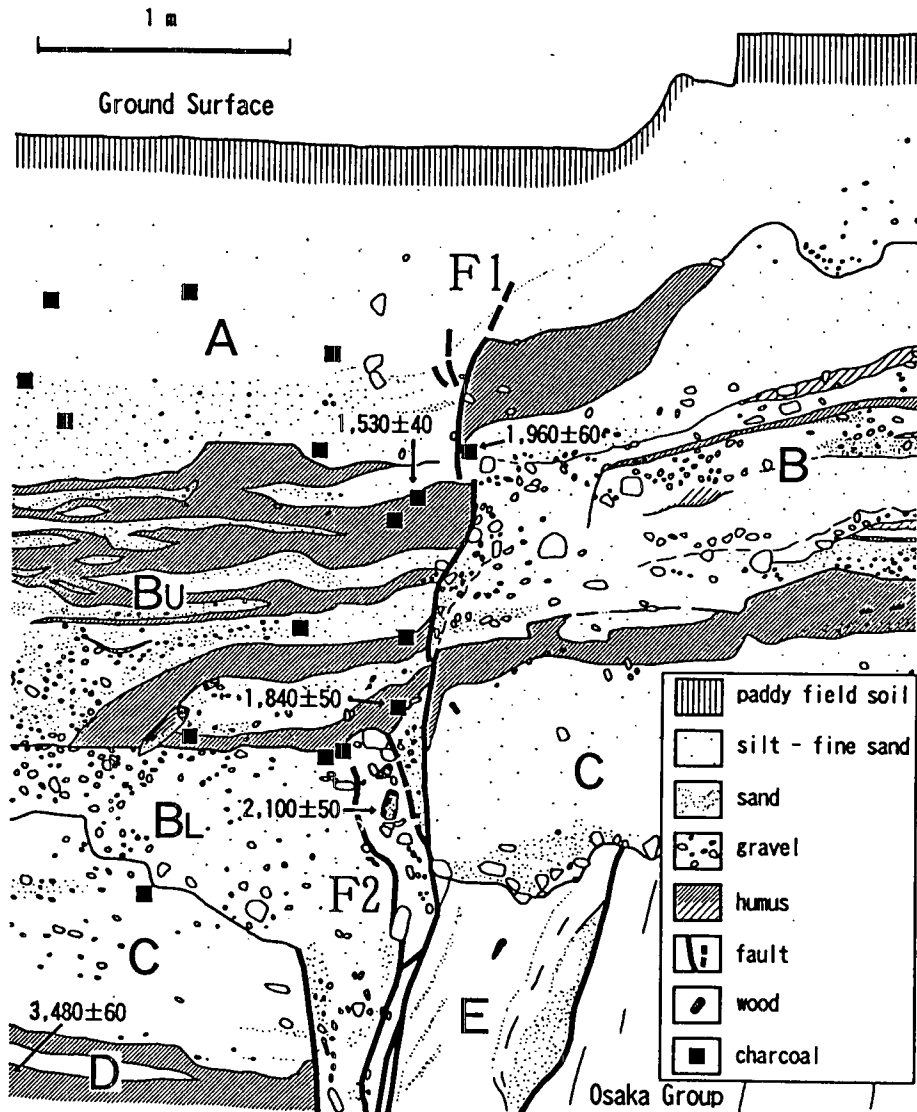


図-3.2.9 野島地震断層のトレンチのスケッチ（鈴木ほか、1996）

北淡町梨本における第二次トレンチ北東向き壁面。数値は¹⁴C年代(Beta Analytic社による $\delta 13C$ 補正済)。れば、これらの値は合理的に説明できる。

北淡町梨本の沖積谷底で行われたトレンチ発掘調査によれば、約400年前頃に亀裂を伴う微弱な動きがみられた(Nakata et al., 1996)⁵⁹ものの、今回の地震に先行する確実な変位は約2000年前に生じており、約2000年の活動間隔が野島断層にあるとされた(図-3.2.9; 鈴木、1995⁵⁹; 鈴木ほか、1996⁶⁰)。

地質調査所でも、計6ヶ所でトレンチ調査を行い、50年AD頃と1900年BC~3000年BC頃の断層活動を認めた(活断層・地震予知特別研究室、1997)⁵⁹。また、野島断層の南西部では、兵庫県南部地震での上下変位が0.4mであったが、50年AD頃の活動の際もほぼ同じ値であり、約2000年の活動間隔で同じような規模の変位を繰り返しているともなしている(活断層・地震予知特別研究室、1997)⁵⁹。

3.2.4 野島断層の諸性質

(1) 野島断層の一般的性質

北淡町江崎から野島墓浦にかけての野島地震断層は、地形・地質学的に求められていた野島断層にほぼ一致して現れた。この地震断層は北東-南西方向の右ずれ・山側隆起であり、その総延長は約10kmである。概して直線状に延びる1本の断層線として現れたが、明石海峡部から富島まで大局的にみると、S字状に大きく弯曲する。墓浦付近を境に北東側と南西側で地形や地質が異なったり、隆起側に相違がみられる。ほぼ中央部の平林で最大の変位量が現れたが、いくつかのうねりを伴って変位量は両端方向へ減少した。

地震断層は幕浦の南西方では水越撓曲に延長した。これらを連ねる断層線はほぼ直線状に延びる。水越撓曲は大阪層群や神戸層群を撓曲変形させるが、地震前には野島断層に連続するとの認識はなかった。

幕浦から南方へ延びる分岐断層の変位量は小さく、主たる地震断層とは思われない。しかし、断層破砕帯はおよそ幅20mあるので、地質断層としての規模は大きい。第四紀中期頃までは、この部分が激しく活動し、地質境界となってきたが、後期以降では野島断層に連動してわずかな変位を伴ったものの、大きな変位は終息しているようである。

(2) 野島断層の横ずれ累積変位量

北淡町梨本-小倉においては、大阪層群相当層よりなる丘陵がかつてあったが、現在では造成されて自然の地形はわからない。しかし、本来の地形は国土地理院が1963年に撮影した縮尺約1万分の1空中写真(KK-63-5)や旧版の地形図類に記録されている。こうした地形図としては明治19(1886)年に測図された縮尺2万分の1迅速図や、昭和45(1970)年に発行された縮尺2.5万分の1地形図がある。

これらの空中写真や地形図を使用して土地造成前の地形を検討してみた。この地域には、野島断層や分岐断層などの地震断層が現れたが、これら両地震断層の位置に沿って、断層鞍部や河谷・尾根の屈曲が認められる(図-3.2.10)。

とくに、野島断層に沿って2本の尾根とそれらの間の河谷が小さめにみると200m、やや大きめにみると、300m右ずれ屈曲している(図-3.2.10左上)。大阪層群堆積後に削剝が始まり、尾根や河谷の位置が決定し

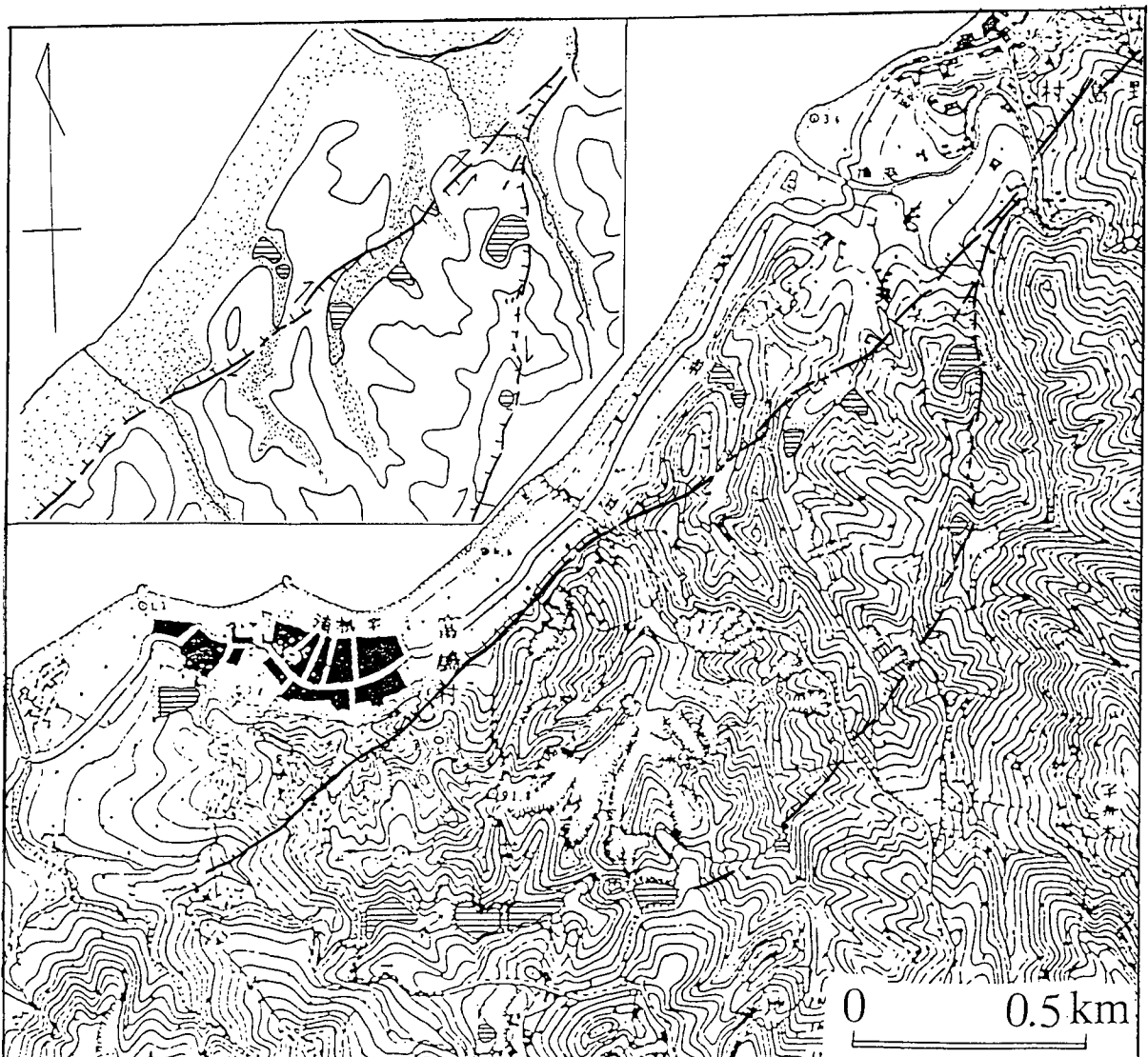


図-3.2.10 北淡町梨本-小倉-富島付近の旧地形(岡田、1996)

大日本帝国陸地測量部明治19年測図の2万分の1仮製地形図「富島村」に野島地震断層と分岐断層を実線で記入した。左上部の挿入図は断層線と河谷変位の関係を示す。

てから、300mに及ぶ右ずれが累積してきたとみなされる。大阪層群堆積後や段丘面形成後にも、これ以上の大きな右横ずれ量は推測されるが、西側が扇状地や崖錐のために、変位基準に乏しく明確に求められない。

これに対して、分岐断層に沿う右ずれは数10m程度であり、数本の尾根や河谷に沿って系統的な屈曲がみられるが、それらの地形表現は微弱である。第四紀後期の動きは継続しているが、野島断層に比べて相対的に弱い。

(3) 野島断層の上下累積変位量

野島断層は暮浦の南北を境にして、地形・地質の様子が異なる。北側では、断層崖の地形が明瞭であり、その比高は最大250m程度である(図-3.2.5)。南側では、地震断層は主断層と分岐断層の2本に枝別れし、主断層の両側では地形的に高度差はほとんどない。分岐断層は花崗岩と大阪層群とが接する地質境界であるが、地形改変以前の地形図や空中写真をみても、わずかに東南側が高い程度である(図-3.2.5)。

大学連合が実施した垂直及び斜めボーリングの調査で、大阪層群・神戸層群や花崗岩類の構造・関係などが判った。とくに、3本の深層ボーリングの関係によって、基盤岩石の上面が野島断層で約230m、分岐断層で約180m上下方向に変位(東上がり)していることが判明した。さらに、野島地震断層や分岐断層の構造・上下変位量・断層破碎帯・断層面の角度(83° E)などの重要な情報も解明されてきた(後述)。

(4) 空中写真測量による野島断層沿いの地殻変動

星野ほか(1996⁵⁰⁾)は兵庫県南部地震の前後に撮影された空中写真の測量から、野島地震断層の周辺で設定した880点において、地表面の三次元的な変位量計測を行った。これに使用された空中写真類は、1983年10月に北淡町が撮影したモノクロ写真(縮尺:8000分1)と1995年1月18日にパスコ(株)が撮影したカラー写真(縮尺:5000分1)である。さらに、地震防災GISを利用して、今回の地震による家屋被害データや地表面の変位量・地形などとの関係についても検討された。

星野ほか(1996⁵⁰⁾)によって、水平変位量・鉛直変位量・三次元的な合成変位量などについて、以下にまとめてみる。

まず、水平変位量についてみると、野島断層の北西側は東方向へ最大で3.4m、平均1.1m移動していた。断層の南東側では、南から南東方向へ最大3.1m、平均1.1mの変位を示していた。一方、野島断層の南端部では、水平方向の変位は東南東から南南西方向と一定せず、その量は最大で3.5m、平均は0.8mであった。

写真測量によって計測された全てのデータにより鉛直変位量の分布みると、野島断層の北西側では最大+1.8mであり、平均+0.5mである。野島断層沿いでは、隆起域(野島平林北部、野島轟木、梨本)と沈降域(野島江崎とその南西、野島平林から野島大川、野島轟木南部)とが交互に分布している。しかし、野島断層の南東側では、全体が隆起しており、最大は+1.8mに及ぶ。一方、富島とその南側の地域では、全体的に沈降しており、最大は-2.4m、平均は-0.1mである。

計測された地域においては、最大の鉛直変位量は+2.4mに達したが、沈降した場所では-1.3mに及んだ。野島断層の北西側では、沈降と隆起が交互にみられるが、沈降のみに注目すると、震央に近い北東部地域の沈降側がとくに大きく、南西部の地域へと次第に減少している。地震の前後に行われた水準測量による結果からも、同じような傾向が確認されている。

三次元的な合成変位量は、水平変位量と鉛直変位量とを合成して作成され、変位ベクトル量として示される。計測された地域全体において、三次元的な合成変位量をみると、その最大値は3.7m(隆起点)、2.4m(沈降点)である。野島断層の北西側は最大で3.7m、平均で1.3m、南東側では最大で3.1m、平均で1.3mを示した。野島断層南部の西区域では、最大で2.4m、平均で0.7m、南部東区域では最大で3.5m、平均で1.2mであった(図-3.2.11)。

野島断層の北西側と南東側の平均的な三次元合成変位量は共に1.3mであり、ほぼ同じ値であった。また、野島断層南部の西区域と東区域では、平均的な三次元合成変位量は、東区域の方が西区より0.5m大きく、野島断層の南東側とはほぼ同じ変位量であった。今回の地震断層の変動は、全体には野島断層の南東側がより大きく変位したと言える。また、計測された地域の全体として、三次元的な合成変位量は平均で1.1m変動したことが明らかにされた。

今回生じた野島地震断層は、地震前後に実施された多くの野外観察結果からみて、逆断層成分をもった右横ずれ断層である。写真測量による計測結果でみると、水平変位は断層線に対して平行ではなく、断層

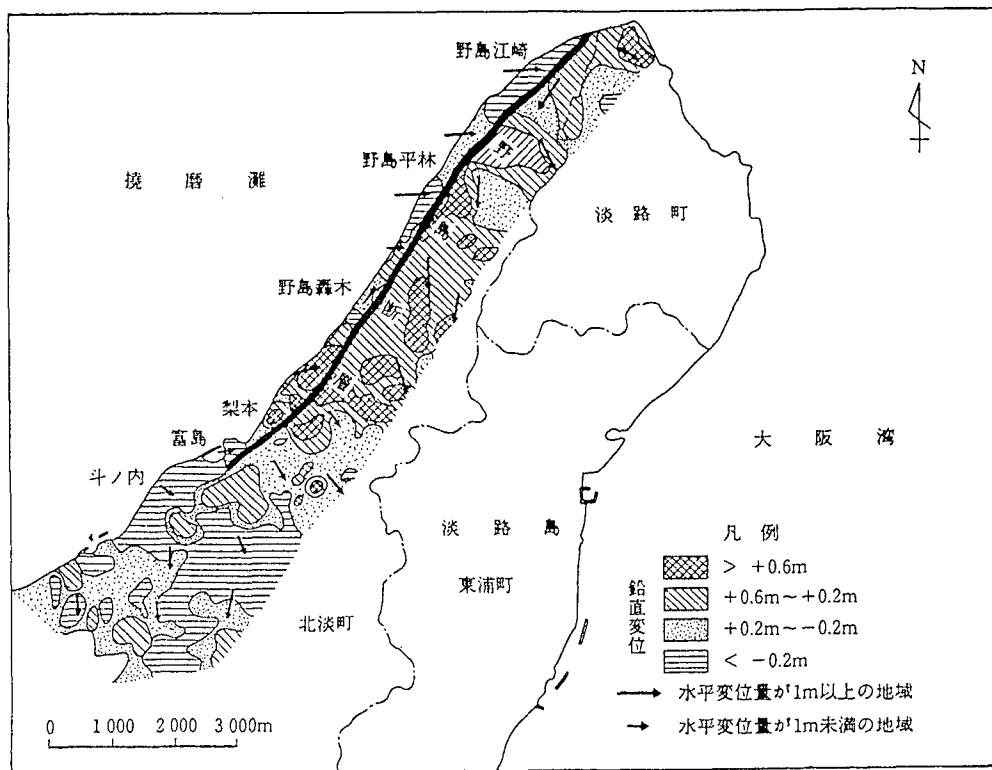


図-3.2.11 野島断層と南西延長部付近の水平・鉛直変位分布総括図（星野ほか、1996）

の北西側では東方向へ、断層線の南東側では南方向へと変位している。鉛直変位は、断層の北西側では全体が沈降しているわけではなく、隆起する区域と、沈降する区域とが交互に見られ、地下での複雑な動きを予想させる（図-3.2.11）。また、水平および鉛直変位量は、断層線から離れるに従って徐々に小さくなると予想されたが、断層線から1~2km程度離れてもほとんど変化していない。計測による変位の特徴は、野島断層の北西側では、北部に沈降量が大きい地区があり、水平変位も北方ほど大きい。断層の南東側では、鉛直変位および水平変位について全域で比較的均一な値を示している。富島以南の野島断層南部域については、全体が沈降した傾向にある。今回の計測によれば、野島地震断層の南方への延長は北淡町斗ノ内の東方まで達していると推定された（星野ほか、1996）⁵⁶⁾⁵⁹⁾。

3.3 六甲・淡路断層系をとりまく地域（大阪湾・淡路島・六甲山地）の活断層と地下構造

日本列島の中でもとくに中部・近畿地方は、いわゆる直下型大地震を引き起こす原因となる活断層が多方向に高密度で分布している（活断層研究会、1980⁶⁰⁾、1991¹¹⁾）。その運動様式（タイプ）には、横ずれ断層や縦ずれ断層があり、場所や方向によってタイプは異なっている。横ずれ断層には右ずれと左ずれがあり、右ずれは北東-南西方向であり、左ずれは北西-南東方向である。これらの断層線は直線状に長く延びている。縦ずれはほとんど逆断層であり、南北方向に延び、その断層線はかなり弯曲していることが多い。

これらの活断層は、第四紀（最近約200万年間）の後期に活動を繰り返してきたため、地形によく現れ、地質（構造）の上でも大きな境界線となっている。このような地形境界部に沿って大規模な活断層がみられる。また、大阪平野・大阪湾や琵琶湖などのような沈降性の低地の下には、地形的には認められない伏在活断層もあるが、音波探査・反射法地震探査・ボーリング調査などで存在や性質が急速に判明してきた。

近畿三角帯においては、基盤岩石で構成される山地と、第三紀-第四紀の地層で構成される丘陵・台地や低地とが（活）断層で接しているため、比較的明瞭に地形上で区分される。こうした主要な地形・地質境界線に沿って、大きな活断層が走り、第四紀の地層や地形面の変位・変形も明瞭である。しかし、山麓域は新期の扇状地や崖錐で覆われている場所も多く、長期間に及ぶ人工改変も伴われているので、活断層の詳しい位置や断層の構造などが十分に判明していない所もかなりある。

これら近畿地域の活断層のうち、近畿三角帯（Huzita、1962）⁵⁰⁾の北西縁の一部で兵庫県南部地震が発生

したので、この地域の活断層と地形・地下地質を中心に述べる。

3.3.1 活断層分布と地形・地質

(1) 六甲山地東縁・南縁部の活断層（甲陽・西宮・塩屋寺・岡本の各断層）

甲陽断層は大阪層群中部から上部亜層群や段丘面群を横切る断層である（図-3.2.2）。北西側から南東側へ突き上げる逆断層であることは露頭でも確認されている（藤田・笠間、1971）⁵¹。

西宮市の関西学院大学付近に発達する上ヶ原段丘（鈴木ほか、1996⁵⁰のⅠ段丘）は約30m、北側を東流する仁川沿いの低位段丘（鈴木ほか、1996⁵⁰のⅡ段丘）は約10m、この断層により上下に変位している。甲陽園南側の松風町でも低位段丘面が明瞭に食い違っており、第四紀末期におけるこの断層活動は顕著である。

上ヶ原段丘は扇状地性の段丘面であるのに、その末端部が膨らみ、山地側に逆傾斜している場所もある（図-3.3.1）。その傾斜部には副次的な逆向き低断層崖も認められる。西宮市の満池谷付近の段丘面は南東側に凸状に撓む。このような変形に対して、鈴木ほか（1996）⁵⁰は西宮撓曲と名付け、それをもたらした断層は段丘の南東付け根を北東-南西方向に走ると推定した。この推定線は多少弯曲するものの、低地面との間に明瞭な不連続部として連なる。これを横切る反射法地震探査を兵庫県活断層調査委員会が実施し、地下の第四紀層が撓曲しており、基盤岩石が千m近く上下に変位していることを確認した。西宮撓曲の中・南西部の位置はほぼ藤田・笠間（1971⁵¹、1982⁵²）が推定した伊丹断層の南西延長部に一致するが、北東部は西宮市門戸厄神から甲東園へと延びるので、断層線の位置が異なる。認定の根拠も上ヶ原段丘の地形的な変形や東縁の崖麓線の形状から推定されたものである。

塩屋寺断層は宝塚市武庫山から宝梅・野上にかけて、南北方向へ約2km連なる（藤田・笠間、1982）⁵²。宝松苑・宝梅付近の中位段丘面は、東流河川が形成した扇状地面であるが、その平坦面は西側へ傾斜している。この逆傾斜した段丘面は、その東麓を走る逆断層に起因した傾動によるものと考えられる。南方は逆瀬川河床付近から不明となる。

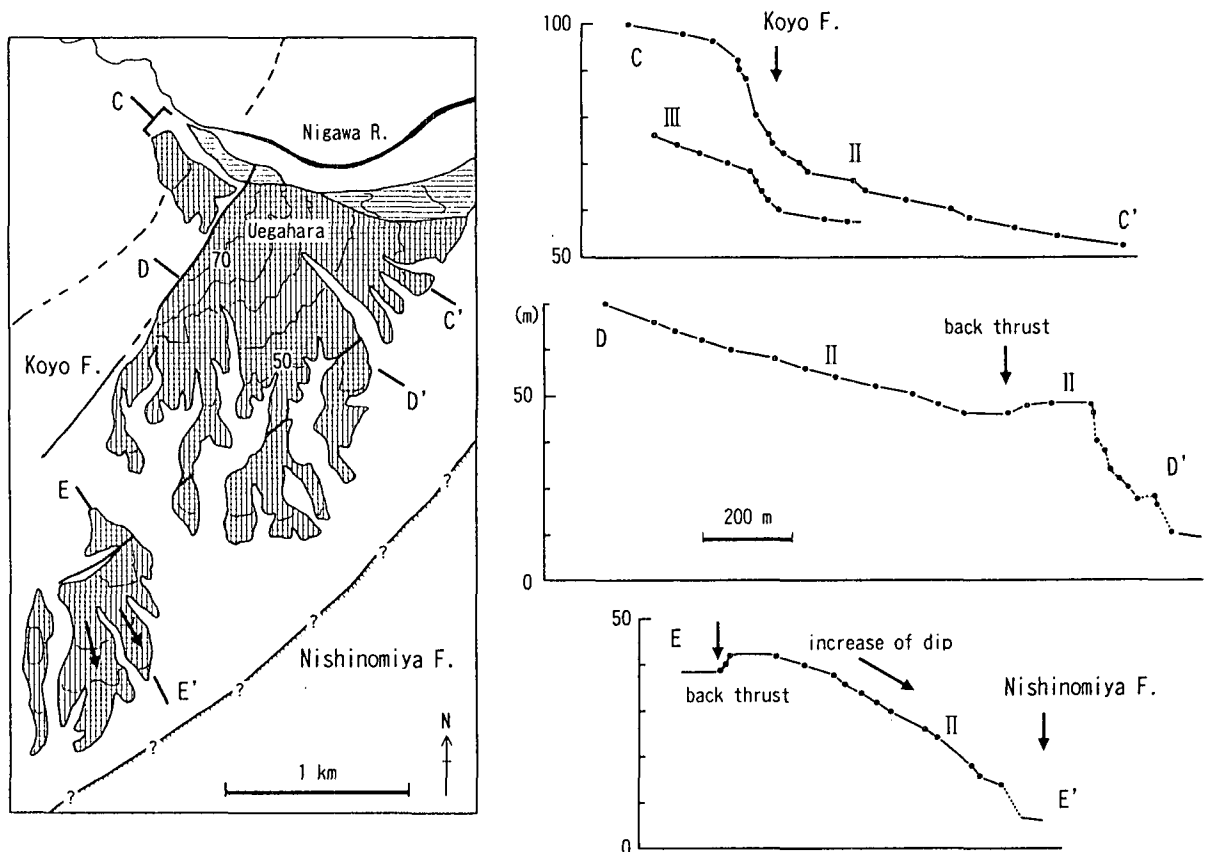


図-3.3.1 西宮市北部（上ヶ原周辺）の地形分類図と地形断面図（鈴木ほか、1996）
左の地形分類図中に、右に示した地形断面の位置が示されている。

岡本断層は、神戸市灘区岡本から北本山へかけての山麓線を走る断層である（中田ほか、1996）⁶¹⁾。ここでは山地が急傾斜を保って低地で終わるが、この山麓線はほぼ直線状に4kmにわたって東西に連なる。この東方延長に神戸女子薬科大学や甲南女子大学があり、鞍部列や右ずれ屈曲した河谷がみられる（松山・岡田、1991）⁶²⁾。高座川付近までは右ずれ北上がりの活断層地形が伴われる。しかしながら、これより北東の芦屋断層沿いには、段丘面形成以降の動きは認められず、第四紀後期には活動していない断層とみなされる。

この西方は西岡本の中位段丘面南縁を通り、阪急御影駅北側へ延びる。岡本断層は反射法地震探査によっても、明瞭な地下地質の不連続として現れている。これを境に堆積層の基底が700m以上も食い違っており、六甲南東部でもっとも変位速度や変位量が大きい活断層と言える。

(2) 六甲山地北東部を斜走する断層（大月、五助橋、渦ヶ森、芦屋などの断層）

これらの断層は六甲山地の東部を北東-南西方向に斜断するようにして走る（図-3.2.2）。大月断層は地形的に明瞭な鞍部や線状構造地形を伴い、系統的な河谷の右横ずれが一部で認められる。しかしながら、その南西部にあたる神戸市灘区鶴甲や長峰台では、中位段丘面に覆われ、変位地形が見られないので、第四紀末期以降の動きはその部分ではないようである。なお厳密に言えば、この中部や東部は、侵食作用の激しい山地中を通過し、指標となる段丘面や第四紀層が欠如するので、第四紀末の動きの有無については判定できない。

五助橋断層や渦ヶ森断層は直線状に走り、断層面もほぼ直立している。これらは大阪層群中部亜層群までを切断し、200~300mの高度差を伴う。地形的に明瞭な傾斜変換部が一部にみられるが、あまり明瞭な右横ずれ変位が認められない。しかし、住吉山手9丁目では、扇状地・崖錐堆積物を変位させる活断層露頭が現れ、多くの¹⁴C年代資料が得られた。ここでは1500A. D. ~1700A. D. の間に最新の断層変位があったとされ、それは1596年慶長伏見地震に伴った可能性が高いとされた（丸山ほか、1997）⁶³⁾。また、この北東延長部にあたる五助谷川及び西滝ヶ谷川でも、活断層露頭が観察・記載されている。後者では、約6、300年前に降下したアカホヤ（K-Ah）火山灰層も変位・変形している。こうした調査から、五助橋断層の平均変位速度は千年につき、右横ずれ1~4m、北上がり0.2~0.3mと求めているが、この値は推定される値（活断層研究会、1991）に比べて、相当大きく、今後十分な検討を要する。神戸市活断層調査委員会で詳しい調査が行

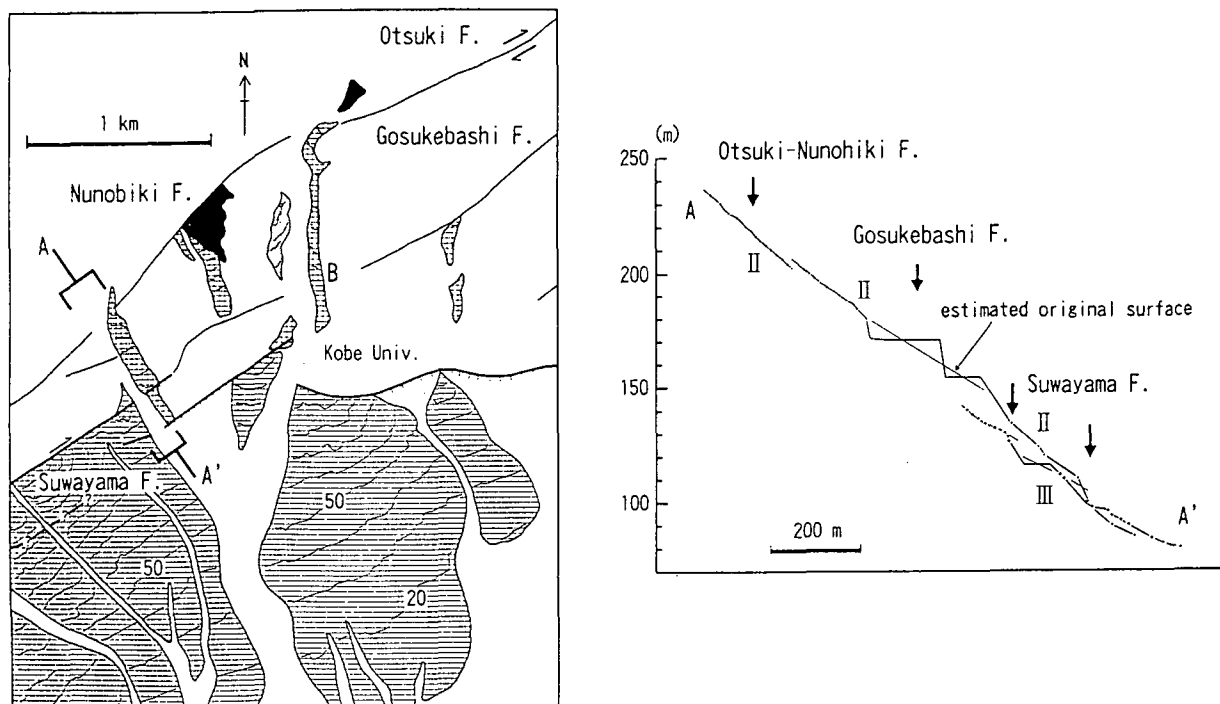


図-3.3.2 神戸大学周辺の地形分類図と地形断面図（鈴木ほか、1996）
左の地形分類図中に、右に示した地形断面の位置が示されている。

われ、現在解析が進められている。

芦屋断層の中部は走向が南北に近いが、この両端は北東-南西方向となる(図-3.2.2)。断層線はかなり弯曲しており、上盤側にあたる西側地塊は東高西低の地形・地質を示すことから、北西から南東へ突き上げる逆断層とみなされる(藤田・笠間、1971)⁵¹⁾。花崗岩類が大阪層群下部-中部亜層群へ衝上する露頭(45~80° NW)が観察されている。200~300mの高度差を伴い、地形的にも明瞭な傾斜変換部がみられるが、断層線を横切って分布する高位-中位段丘面や崖錐面には、南西端部を除いて変位がみられず、第四紀後期の活動はほとんど認められない(鈴木ほか、1996)⁵⁶⁾。第四紀後期には活動を停止したとみなされる。

(3) 六甲山地南部の活断層(諏訪山-会下山断層、須磨断層)

諏訪山断層・会下山断層は六甲山地中部の南麓を限る一連の活断層であり、これに沿う断層崖地形はきわめて新鮮である(図-3.3.2)。この山麓線は東北東-西南西方向へ直線状に連なる。山陽新幹線「新神戸駅」から灘区長峰台までの山麓線では、至る所で段丘面が切断されている。この断層崖を横切って流下する河谷は山麓部でいくつも系統的に右横ずれ屈曲をしている(活断層研究会、1980⁶⁰⁾、1991¹⁾; 杉村、1981⁶⁴⁾; 松山・岡田、1991⁶²⁾)。この断層のもっとも新しい運動が、山陽新幹線の「新神戸駅」が建設される際に観察され、旧生田川の河床礫層(数千年前程度)が断層破砕帯を伴う花崗岩類と垂直の断層面で接触し、引きずられ切断されていた(藤田・笠間、1983)⁵³⁾。礫層の幅30cm部では、礫の長軸が垂直に立ち、断層運動によって礫が回転していた。こうした特徴から、諏訪山断層は右横ずれの活断層であり、完新世にも変位を繰り返してきた活断層であることがわかってきた。

神戸海洋気象台や神戸大学付属病院のある大倉山は中位段丘面に位置するが、この北縁は会下山断層で切断されており、北向きの低断層崖で限られている(図-3.3.3)。諏訪山断層と走向が全く一致するが、上下変位の向きは逆となる。山側に向いた逆向き低断層崖は六甲南麓でも特異な存在であるが、この北側低地の北縁を限る長田山断層との間には地溝が形成されている。ここは右ずれに伴って開裂した一種のプルアパート盆地(pull-apart basin)となっている(図-3.3.3)。

この段丘面は頂部では凸状のふくらみをもつが、南(下流)側でその傾斜を増している。末端でも凸状に急傾斜し、沖積低地面に移る。縄文海進時の海食作用で基部を修飾されているとしても、段丘面の変形

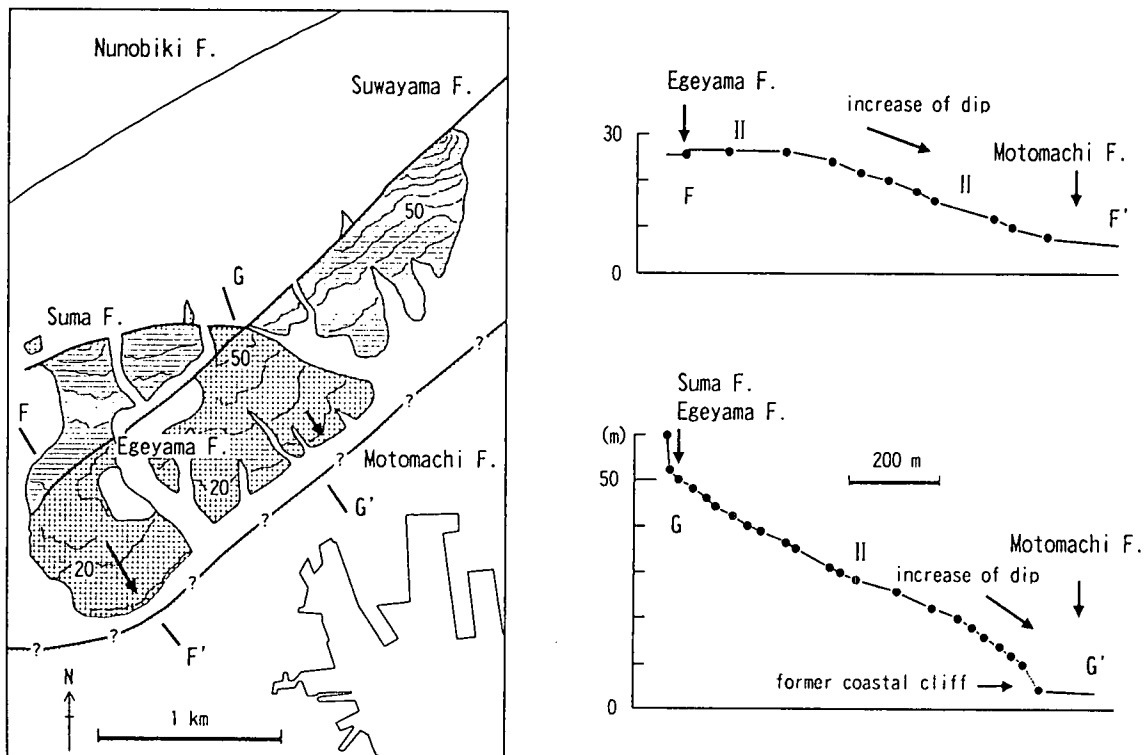


図-3.3.3 神戸市元町周辺の地形分類図と地形断面図(鈴木ほか、1996)
左の地形分類図中に、右に示した地形断面の位置が示されている。

や長く直線状に延びる崖線を伴っていることから、全体として撓曲崖と推定され、元町撓曲と名付けられた（鈴木ほか、1996）⁵⁶⁾。これを横切る反射法地震探査やボーリングでも完新統や後期更新統が撓曲していると確認された（藤田・佐野、1996⁵⁸⁾；図-3.2.1）。

長峰台の山麓断層や岡本断層は、神戸市灘区岡本から神戸大学南側の山麓線を走る（渡辺ほか、1996⁴⁰⁾、1997⁶⁰⁾；図-3.2.2）。ここでは山地・段丘が急傾斜の崖面（＝低断層崖）を隔てて低地で急に終わるが、この山麓線はほぼ直線状に4km以上にわたって東西に連なる。前述したように、岡本断層は反射法地震探査によっても、明瞭な地下地質の不連続として現れており、これを境に堆積層の基底が700m以上も食い違う大規模な活断層を形成している。

神戸市灘区から中央区にかけての低地域では、扇状地性の段丘面が広がるが、こうした面上に撓みの連なりが認められる（鈴木ほか、1996⁵⁶⁾；渡辺ほか、1996⁴⁰⁾、1997⁶⁰⁾）。こうした事例の内でもっとも明瞭な「たわみ」が上述した大倉山の段丘面である（図-3.3.3）。

灘区の王子公園付近や大石付近にも、撓みの地形が扇状地面上に認められ、反射法地震探査やボーリングで地下に撓曲構造が確認された（阪神地域活断層調査委員会、1997⁶⁷⁾；図-3.2.2）。

須磨断層も山麓を限る明瞭な断層であり、段丘面を切断している。高取山南東麓は、大阪層群よりなる丘陵であり、変位地形は不明瞭であるが、南縁に沿って撓曲構造が認められ、低地部では伏在活断層となっている。山陽電鉄「西台駅」北側は大阪層群とそれを覆う中・高位段丘面からなる。これらの南縁は南方へ撓み下り沖積面に移化するが、こうした地形変換線沿いに伏在活断層が推定される（渡辺ほか、1996）⁴⁰⁾。この延長線は元町撓曲－須磨沖断層を連ねた位置であり、基盤岩石には数100m以上の南側へのし上がるの（北上がり）逆断層の性格をもつ。この撓曲構造は、南西方ではJR線（鷹取駅－須磨駅）に沿う地形境界に延びる。

（4）六甲山地南側低地の活断層

神戸から芦屋・西宮市街地の下に伏在する活断層は元町撓曲や西宮撓曲などのたわみ変形を伴うので前述した。

神戸港付近の沖積低地の下には、ボーリング調査や音波探査・反射法地震探査で明らかにされた活断層が指摘されている（藤田・前田、1984³⁴⁾；図-3.2.1、図-3.2.2）。

それらは和田岬断層や摩耶断層であり、これら断層を挟んで、約10万年前に堆積した海成粘土層（Ma12）が上下方向に約30m食違っている。こうした変位は表層地質の中では穏やかな撓曲構造として表現されており、断層地形は地表面にはほとんどみあたらない。これら両断層の上下変位だけをみても、1000年につき0.3m程度の平均変位速度をもつので、横ずれを考慮すると、その変位速度はかなり大きい。

低地や海域の活断層については、それらを横切る反射法地震探査・音波探査・ボーリング調査などが実施され、これらの調査から判明した断層の連続性や延長方向、累積性や深部構造などが解明された。とくに、兵庫県南部地震以後に行われた反射法地震探査によって、大きな撓曲構造や基盤岩石上面の高度差が存在することが認められ、和田岬断層の存在はほぼ確実となってきた。和田岬付近では、大阪層群以降の堆積層は厚さ1500mに達し、幅広い撓曲構造を形成している。この撓曲（断層）の横ずれを考慮した真の変位速度はかなり大きな値となる。

（5）六甲南側低地の活断層の最新活動時期

寒川（1997）⁶⁰⁾は最近行われた次のような考古学的な成果から、六甲山地南麓の活断層が1596年の慶長伏見地震時に活動した可能性が大きいとしている。すなわち、1）神戸市灘区の西処女塚古墳は16世紀の土器包含層と共に大規模な地すべりを起こしている。2）兵庫区にあった16世紀末の兵庫津遺跡では液状化の痕跡が認められる。尼崎市の田能高田遺跡、芦屋市の寺田遺跡、兵庫県の業平遺跡などでも、16世紀末の噴砂・液状化現象が検出されている。3）須磨区の須磨寺では僧坊に大きな被害が出たことが記録されている。これらは1995年兵庫県南部地震時の被害や液状化現象を上回る規模のものであるので、ごく近くに位置する活断層が動いたと予測されているが、それがどの活断層であるかの特定や、その変位量までは判明していない。

（6）淡路島の活断層（野島断層、楠本断層、東浦断層など）

淡路島北西部の地形的な変換線に沿って、野島断層はほぼ北東－南西方向に延長する（図-3.2.5、図-3.3.4）。地質的には、花崗岩類（白亜紀）と中新世以降に堆積した神戸層群・大阪層群とが接する境界面と

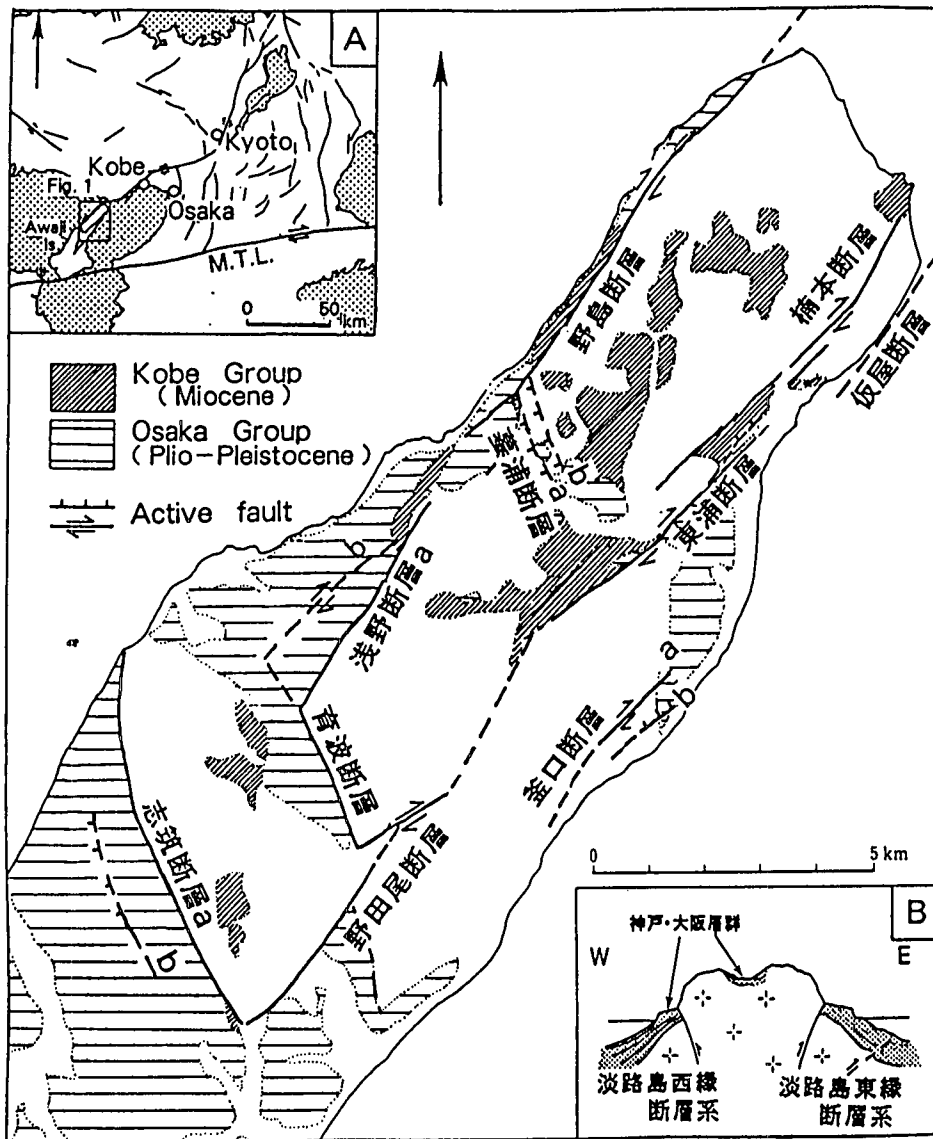


図-3.3.4 淡路島北部の主要活断層分布と第三系・第四系の分布図及び模式断面図（吾妻、1997）
 なっているが、墓浦付近から南西方向では、神戸層群や大阪層群中の水越撓曲部に延びる。

野島断層に沿って、急斜面（＝断層崖）下部に傾斜変換線が伴われているが、一部に右横ずれの尾根や河谷の系統的屈曲がみられる。また、段丘面を変位させる低断層崖から、南東側の山地が隆起していることが判る。

野島断層の崖麓域では、大阪層群と基盤岩石とが断層関係で接する露頭が数カ所で観察されるが、いずれの場所でも逆断層的な見かけを呈していた。北淡町平林では、いくつかの段丘面や段丘崖を横切って変位地形が発達している（図-3.2.8；水野ほか、1990⁶⁹）。前述のように、ここでは平均変位速度が求められ、右ずれの平均変位速度では千年につき0.9～1.0m、同じく上下方向では0.4～0.5mと見積られている。

楠本断層は淡路島北部東縁を北東－南西方向へ約6km延びる活断層である。その北半部は山地中を走り、鞍部列や直線状谷が連続する。南半部は比高150m前後の断層崖地形を伴い、山麓で逆断層状の露頭が確認されている。全線を通して、右ずれの河谷・尾根の変位が認められ、北西側が隆起している（図-3.2.5、図-3.3.4）。これに雁行するように、次に述べる東浦断層・野田尾断層が配置しており、両者を合わせた総延長は20kmに達する（吾妻、1997）⁶⁹。

東浦断層は北東－南西方向へ3km以上にわたって延び、南東側山地と北西側の丘陵・台地を分ける。鞍部列や右ずれ河谷が明瞭であり、さらに南西方は山地の中に入って野田尾断層へと延長するので、これを含めた総延長は13kmにもなり（図-3.3.4）、淡路島北部山地の東側の重要な活断層系を構成する。最近行われた発掘調査では、約400年前（1596年慶長伏見地震）の動きが確認された⁶⁷。

志筑断層には中規模の地形として明瞭な断層崖がみられるが、山麓の小規模な変位地形は不鮮明である。この西側0.5~1kmを並走する低断層崖が認められ、逆断層を示す平面形をなし、これが第四紀末期には活動的とみられる（図-3.3.4）。

一方、神戸層群や大阪層群最下部を切断する中持断層や久野々断層には、明瞭な活断層地形はみられない（水野ほか、1990）²⁹。また、浅野断層・育波断層など（高橋ほか、1992）⁷⁰も第四紀後期の動きは不明瞭である。

（7）大阪湾の活断層

大阪湾北西部では、エアガン反射法探査が実施され、淡路島の東方沖合約15kmの位置に顕著な活断層の記録が現れた（岩崎ほか、1994）⁷¹。この西側の基盤岩石が約1,000m上昇し、完新統と思われる最上位の地層まで変形させている。大阪湾地塊と六甲-淡路島の隆起地塊とを画する重要な活断層として、藤田（1990）⁷²は大阪湾断層の名前を与え、その地学的意義を強調した。

海上保安庁水路部は明石海峡から大阪湾西部にかけての海底音波探査を兵庫県南部地震後に実施し、この海域の断層や褶曲を地質構造図として刊行した（図-3.3.5；岩淵ほか、1995^{30/31}；海上保安庁水路部、1995²⁹）。この調査によっても、大阪湾断層に一致する大規模な海底活断層群が検出された。この断層中部（図-3.3.5中央部）では、東側に向斜軸を、西側に背斜軸を伴う。この断層線はかなり弯曲し、その北東部は何本もの断層に分岐している。

こうした広域の調査によって、大阪湾断層系の延長方向や六甲-淡路島の活断層系との位置関係が解明された。これは大阪湾沈降部と六甲-淡路島隆起帯との間に存在する、大規模な断層であり、延長距離は30kmにも及ぶ。この東縁では大阪層群の基底は3000mの深さに達するが、断層西側では1000m急上昇する。

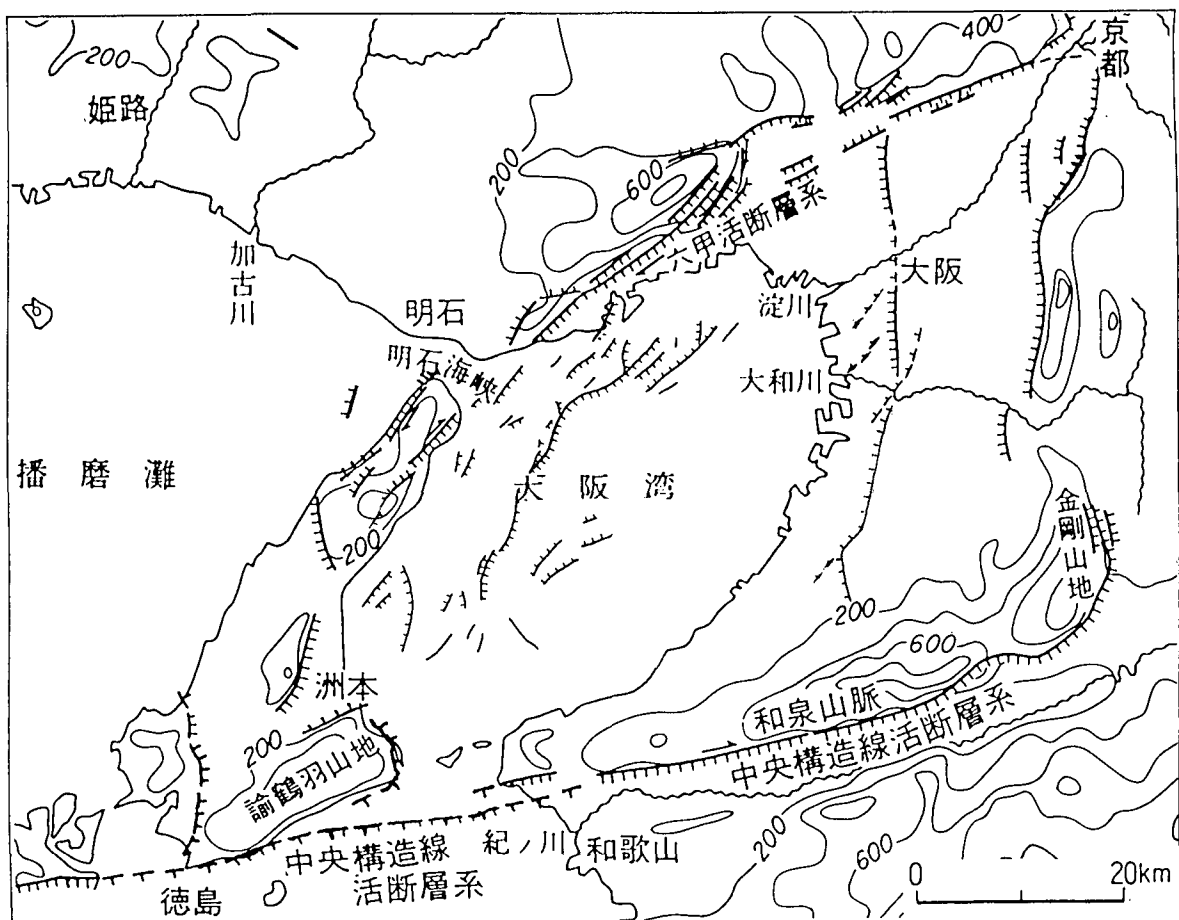


図-3.3.5 六甲山地・大阪湾周辺の活断層（岡田、1996）

水野ほか（1990）に中央構造線や活断層を修正し、海上保安庁水路部（1995）・岩淵ほか（1995a）が探査した大阪湾内の海底活断層、新たに発見された活断層などを記入した。

断層線や褶曲軸の平面配置や探査断面記録などからみて、大阪湾断層は東へ突き上げる逆断層の性質をもつとみなされる。

大阪湾断層に並走したり、やや斜交したりする、他の断層が認められているが、淡路島との間には数本の比較的短い断層が確認されているのみである。水路部の調査では沿岸数km以内の浅部は探査されていないので、海岸に近接して走る断層は未検出である。淡路島北部東岸沖に沿っては、陸上の地形・地質と延長部での探査から、活断層の存在が明らかにされたり、断層が推定されたりしている。

仮屋断層は淡路島の北東縁を北東-南西方向に走る海底活断層であり、初期の音波探査によって解明された(藤田・前田, 1984)³⁰⁾。淡路島では大阪層群下部層は陸上部にみられるが、大阪湾断層の東側との間に3000mを越す基盤岩石の上下高度差があり、こうした高度差は大阪湾断層だけでは説明しにくい。仮屋断層との間に別の大きな断層はないらしく(海上保安庁水路部, 1995)²⁹⁾、高低差の形成には淡路島東岸に沿う仮屋断層や東浦町釜口沖-津名町志筑沖の推定断層が第四紀以降に大きく活動したと推測される。

(8) 大阪堆積盆地を埋める地層群

大阪湾を中心とした大阪堆積盆地は淡路島、六甲山地、北摂山地、生駒山地、金剛山地、和泉山地に囲まれた楕円形の盆地である。ここでは、その堆積盆地を埋積している地層群について簡単に述べる。

大阪湾周辺には新生代の地層群が花崗岩や中・古生層、有馬層群、和泉層群、泉南酸性岩などを基盤として広く分布している(図-3.3.6)。神戸層群は、神戸市西部・三田盆地周辺・淡路島北部・北摂山地縁辺・千里丘陵西北部などに分布している。従来、新第三紀中新世の地層とされてきたが、最近三田盆地に分布する淡水成層中の凝灰岩を対象としたK-Ar年代測定やフィッション・トラック年代測定結果(30-38Ma)から、古第三紀始新世から漸新世と考えられている(尾崎・松浦, 1988)⁷⁰⁾。層厚は三田盆地で800m+である。なお、淡路島北部の海成層を含む地層(岩屋累層)は、貝化石および有孔虫化石から中新世と考

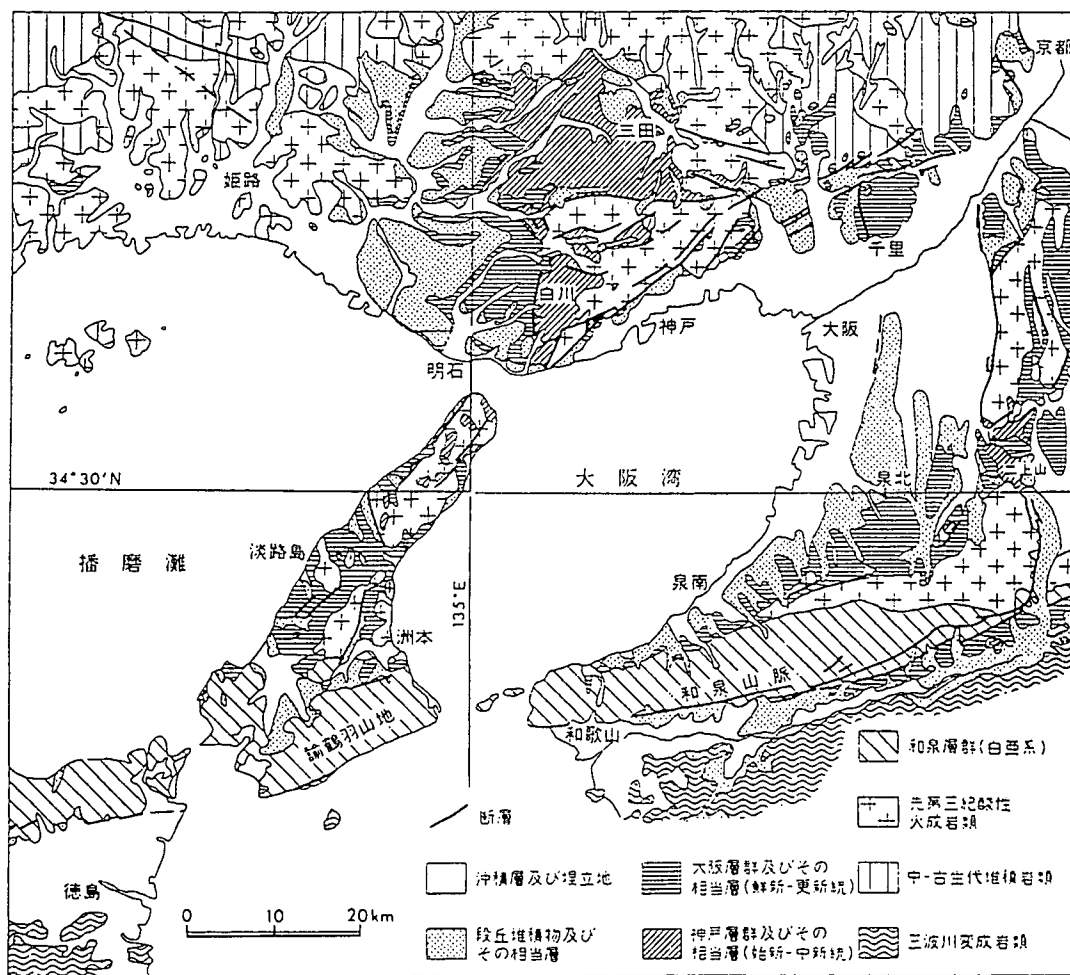


図-3.3.6 大阪湾周辺の地質図(水野ほか, 1990)

えられているが、この地層の時代についても再検討がせまられている。また、第一瀬戸内累層群（中新統）とよばれる地層群（京都府南部の綴喜層群、二上層群、藤原層群など）が分布している。

大阪湾周辺丘陵の主体は、鮮新-更新統の大阪層群からなる。大阪層群の研究は、戦後天然ガス調査の期に詳細な調査が開始され、火山灰層や海成粘土層を追跡することにより、層序や構造が明かにされ、その大略が藤田ほか（1951）⁷⁵⁾によって発表された。海成粘土層と火山灰層を鍵層として追跡する方法は、その後重要な研究方法となり、市原（1960）⁷⁶⁾は丘陵に分布する海成粘土層を下位よりMa1からMa8とよんだ。

その上位には段丘堆積物や沖積層が重なる。こうした層序が大阪湾域を取り巻く丘陵の大きな基本的な区分となった。

大阪湾周辺の丘陵に分布する地層群が盆地中心部でどのような分布をしているか関心を集めることであるが、その調査の機会は地盤沈下などの社会的問題との関連で訪れた。大阪平野部における深層掘削（OD-1~OD-9）である（図-3.3.7；Ikebe et al., 1970⁷⁷⁾）。これらのボーリングの地層対比に大きな威力を発揮したのは火山灰層であり、特にMa3（第3海成粘土層）に挟まれるアズキ火山灰層は地下地質の層序決定と地下構造の推定に重要な役割を果たした。

その結果、大阪堆積盆地には100万年間の堆積物が500m近く地下に存在することが明かになり、丘陵との対比によって盆地部の沈降と丘陵部の隆起の相対的速度が推定できるようになった。また、海成粘土Ma1の下にMa0が新しく認められ、沖積層の海成粘土（梅田粘土層）までの間にMa12までの海成粘土が記載された。この海成粘土卓越部の下位には、ボーリングの観察結果から下大阪層群（Infra Osaka Group）や神戸層群が記載されていた。この結果が、大阪構造盆地地下堆積物の基本層序として長く用いられてきた。

その後、吉川ほか（1987）⁷⁸⁾は、OD-1およびOD-2の再検討を行い、下大阪層群（Infra Osaka Group）や神戸層群とされた地層は大阪層群下部に相当するものとして、基盤に直接大阪層群が重なることを指摘した。

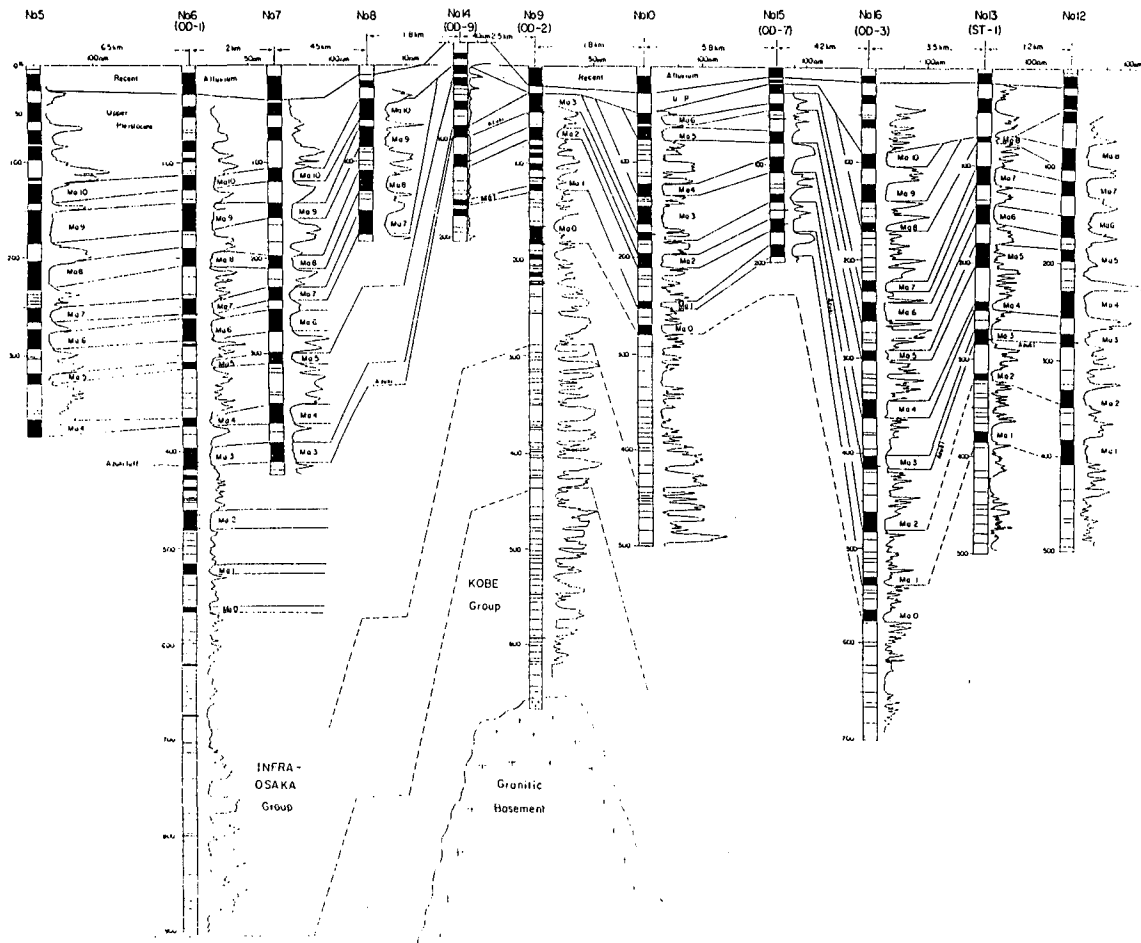


Fig. 29 Correlation of well-logs (11). No. 5-No. 6-No. 7-No. 8-No. 14-No. 9-No. 10-No. 15-No. 16-No. 13-No. 12 (Ikebe & Takenaka).

図-3.3.7 大阪平野のボーリング対比 (Ikebe et al., 1970)

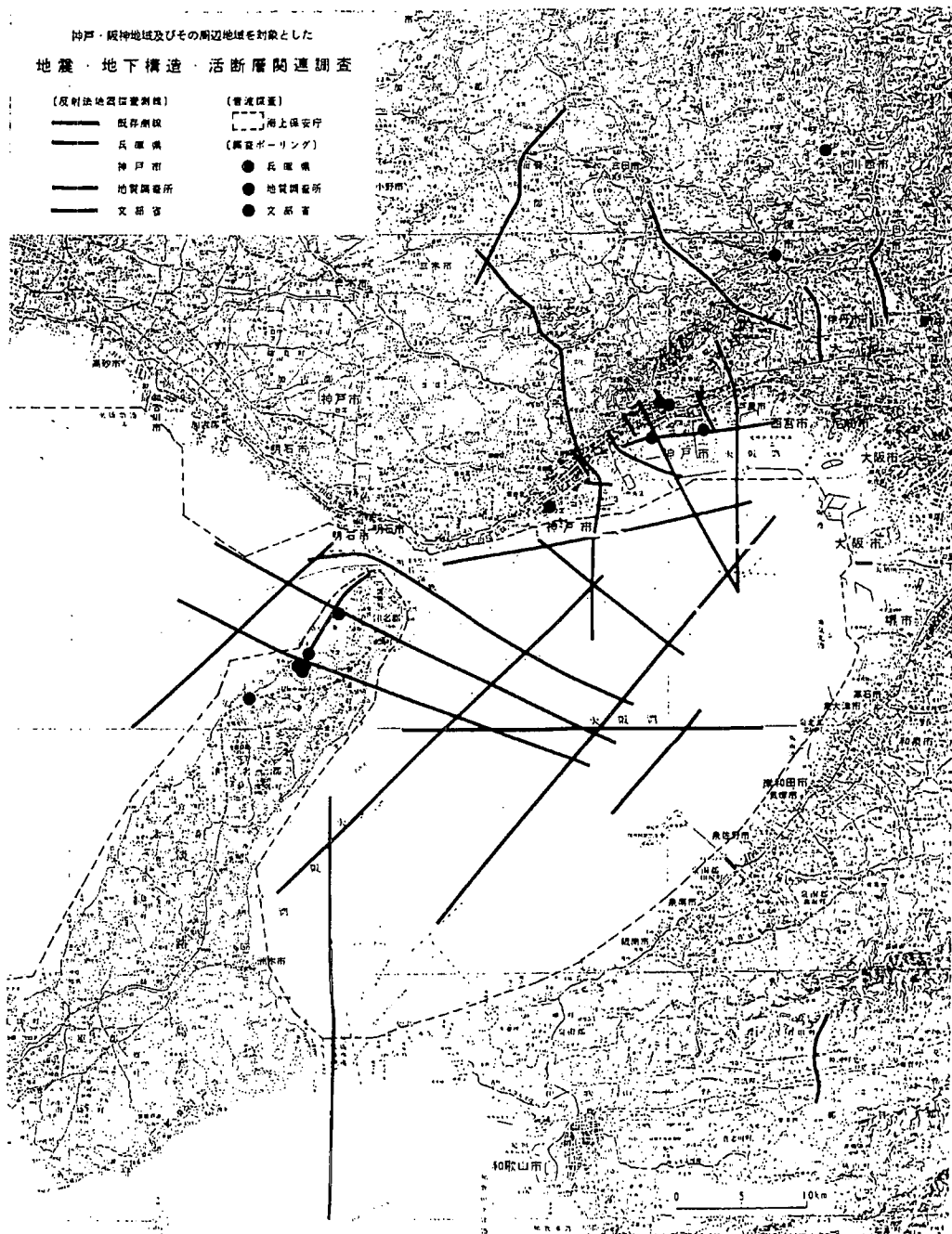


図-3.3.8 神戸・阪神地域およびその周辺地域を対象とした主な震災関連調査（阪神地域活断層調査委員会、1996）

人間の活動は埋め立ての進行などにより平野から海域へと広がっていった。その過程で、海底下の情報がかなり得られてきた。その代表が泉佐野沖5 kmに1996年開港した関西国際空港建設の事前調査で得られた結果である。この調査のうち、深度400mが2本、100~200mが63本に達する結果が中世古ほか（1984⁷⁹⁾⁸⁰⁾によってまとめられ、海底地盤の概要が明かにされた。特筆すべきことは、この調査で従来の肉眼による火山灰調査や海成粘土層の観察に加え、微化石の総合調査や珪藻調査、ナンノプランクトン調査といった系統的な調査を行い、ボーリングコア間対比の精度を格段に向上させたことである。これは海底地盤が丘陵の地層に比較して新鮮で、石灰質化石の保存が良好であったことによるが、これ以後の海底地盤調査では、この微化石総合調査を中心とした手法が対比に重要な役割を果たしている。

大阪湾周辺の海底地盤の研究の歩みは土質工学会関西支部によって1995年にまとめられた海底地盤—大阪湾を例として—に詳しい⁸¹⁾。

兵庫県南部地震の以後、大阪湾内や周辺地域で各省庁・自治体によって多くのボーリングや地下探査が実施されたり、進行中であつたりする。特に震災の関連で調査の立ち上げが早かった兵庫県は、海域・陸域の反射法探査や、摩耶埠頭での約580m、震災の帯地域での125mと55mの掘削を実施した（兵庫県人と自然の博物館編、1997）⁸²⁾。東灘区の海岸部では、地質調査所が1500mの深層掘削を実施して、この結果も今後の大阪堆積盆地の研究にとって重要な意味を持つことになる（衣笠・水野、1996）⁸³⁾。なお、これらのコアは、兵庫県人と自然の博物館の收藏されており、標準資料として見学や利用が可能になるとと思われる。

これ以外にも、地質調査所による掘削、京大防災研と東大地震研による淡路島での掘削、科学技術庁地震調査研究交付金による大阪府、大阪市⁸⁴⁾、兵庫県、神戸市の掘削など大阪湾周辺で多くの掘削が実施されており、さらに地下探査（反射法地震探査や重力測定など）も実施され、それら貴重な情報の有機的な解釈により、六甲—淡路地域を含む大阪堆積盆地の構造や地下地質の理解が深まってきている。

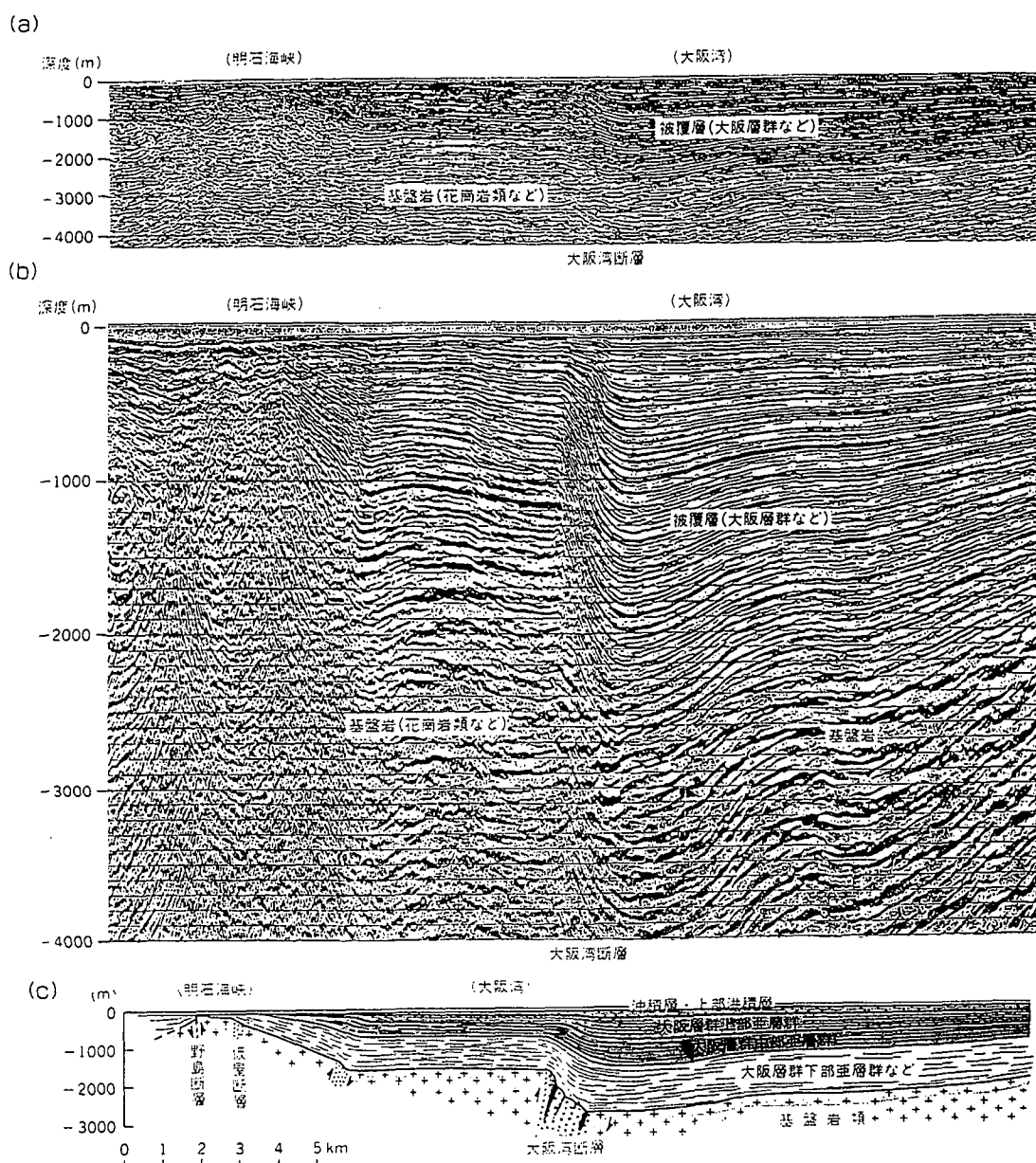


図-3.3.9 調査結果の例—明石海峡から大阪湾中央部にいたる測線（阪神地域活断層調査委員会、1996）

(a) 反射断面（縦横比1:1深度断面）。(b)は(a)を縦方向に4倍拡大したもの。(c)は(a)に地質情報を入れて作成した地質断面。

3.3.2 反射法地震探査

反射法地震探査は、解析結果が地盤の断面図として得られるので、地下情報の理解が得られやすく、また比較的容易に地下深部の探査が可能であり、断層構造などの地質構造の把握ができるなどの利点がある。この調査は主に石油探査の関連で用いられて、有効に利用されてきた。大阪湾周辺の資料としては、大阪市周辺での、中川ほか（1983⁸⁵⁾、1989⁸⁶⁾）、吉川ほか（1987）⁸⁷⁾などの成果が報告されてきた。また、大阪湾内でも実施された調査によって、大阪湾断層と名付けられた大構造が発見された（岩崎ほか、1994）⁷¹⁾。兵庫県南部地震の以後には、深部地下構造（基盤形態）や変形構造などを解明し、地震の発生から被害の究明までを行うことが重要であること再認識され、下記のような多くの機関で探査が実施されてきた。

兵庫県阪神地域活断層調査委員会（横田ほか、1997⁸⁸⁾：兵庫県人と自然の博物館編）・地質調査所（遠藤ほか、1995⁸⁹⁾；井川ほか、1996⁹¹⁾；横倉ほか、1996⁹²⁾）・海上保安庁水路部・科学技術庁交付金による調査（神戸市・兵庫県・大阪市・大阪府）・大学などの研究機関である。

兵庫県阪神地域活断層調査委員会の調査結果は、従来の行政による報告書の枠をこえ、すべてのデータが兵庫県人と自然の博物館編集による報告書として出版された（兵庫県人と自然の博物館編、1997）⁸²⁾。兵庫県阪神地域活断層調査委員会の報告は横田ほか（1997）⁸⁸⁾としてまとめられている。調査測線は海上ストリーマー探査が3測線、バイブレーターおよびペイケーブル探査が6測線で行われた（図-3.3.8）。

地質調査所の調査は、六甲南縁の市街地で実施された（遠藤ほか、1995⁸⁹⁾、1996⁹⁰⁾）ほか、海域と陸域を繋ぐ大規模調査が実施された（井川ほか、1996⁹¹⁾；横倉ほか、1996⁹²⁾）。

これらの調査を通して、六甲山地から大阪湾にかけての地下構造が把握されてきた。

六甲南縁地域の地下地質の情報として、反射法探査の都賀川測線の結果と摩耶埠頭でのボーリング結果（竹村ほか、1997）⁹³⁾で判明した海成粘土層の番号との対応がつけられ、海岸部での基盤深度1400m、大阪

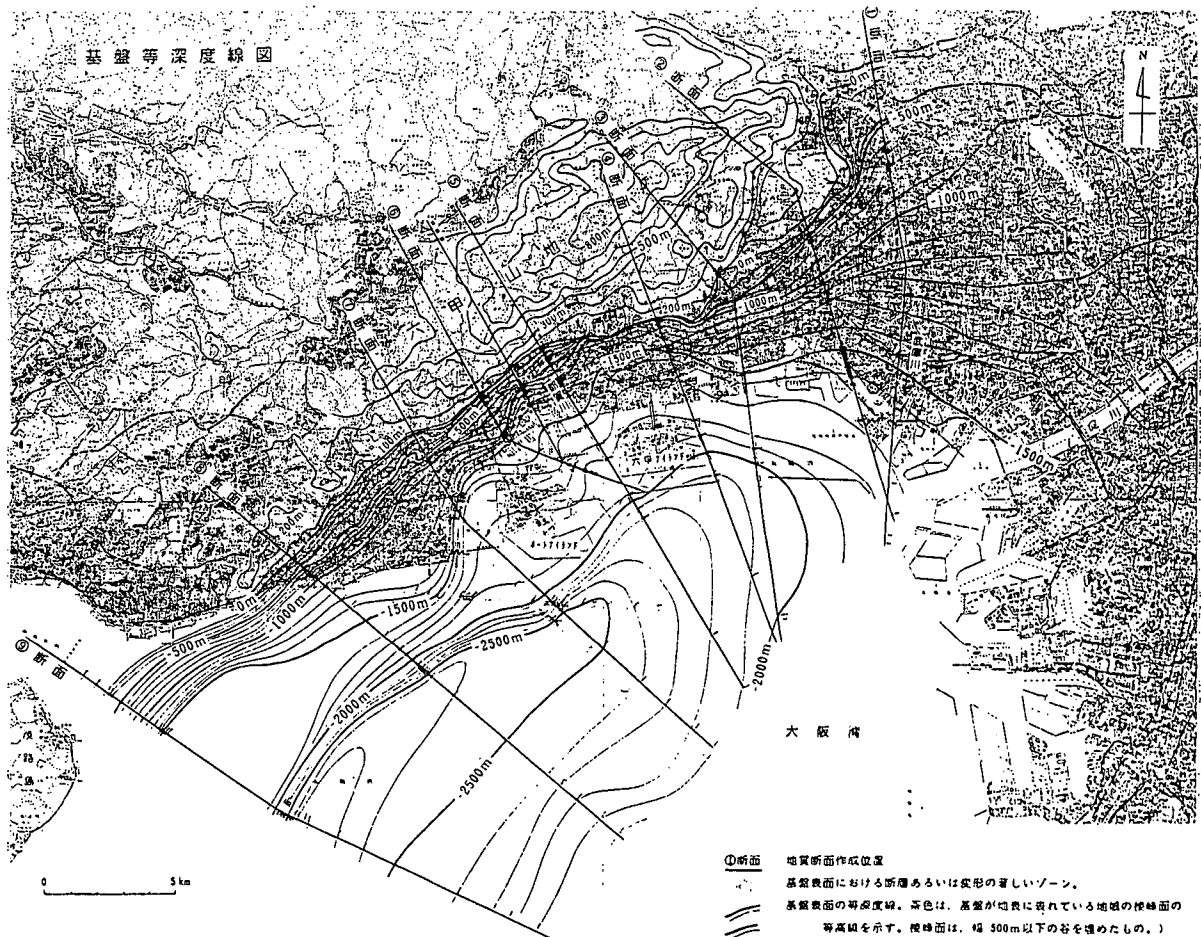


図-3.3.10 反射法地震探査の結果を用いて作成した基盤岩表面の等深度線図（阪神地域活断層調査委員会、1996）

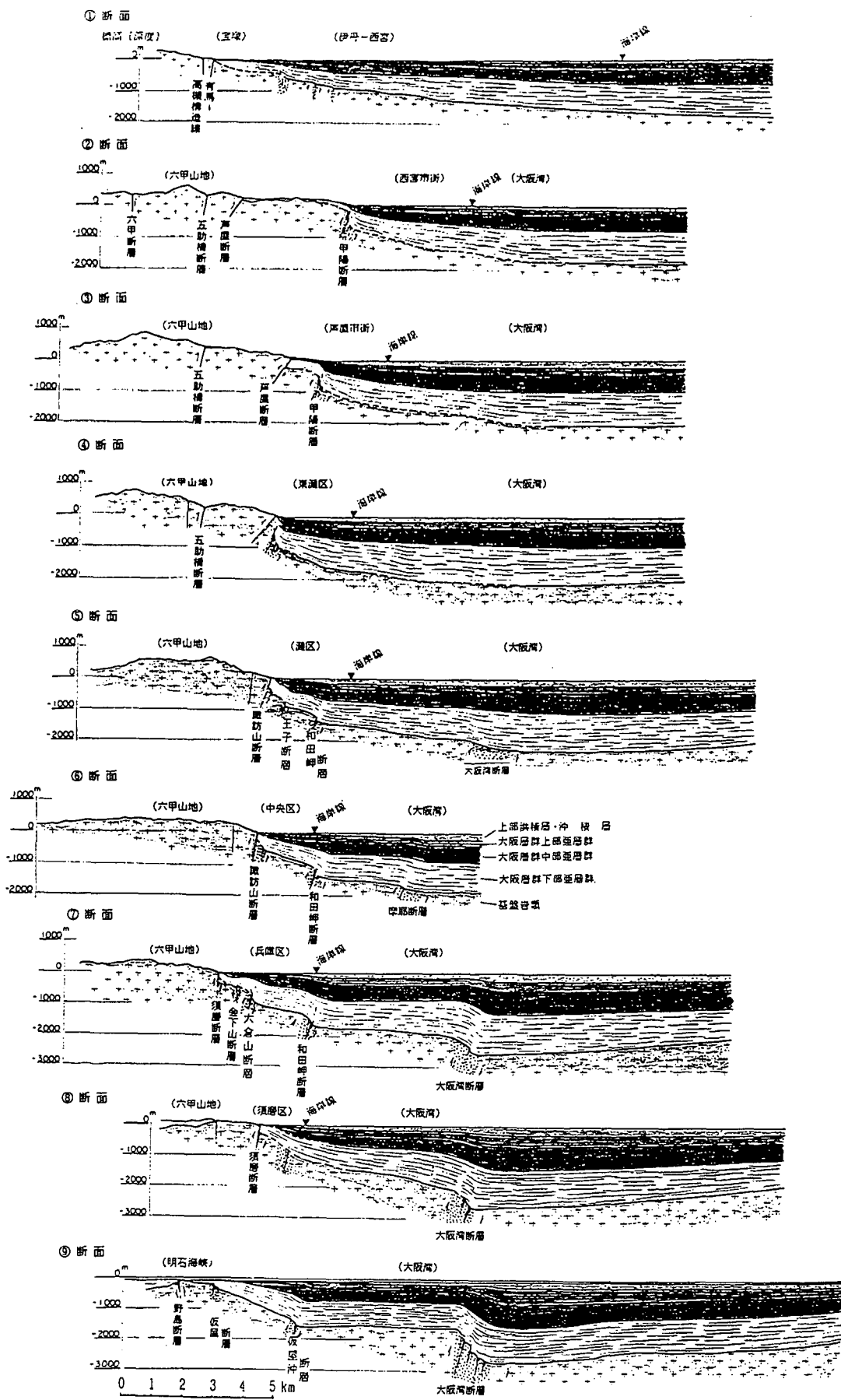


図-3.3.11 神戸—阪神地域の地質断面 (阪神地域活断層調査委員会、1996)
断面位置は、図-3.3.10に示す。

層群下部亜層群と中部亜層群の境界が約700m深度、中部亜層群と上部亜層群との境界が340m深度に対応していることが明らかになり、この境界を対象地域全域に広げていくことが可能になった。この地層との対比は、地質調査所の東灘ボーリング (GS-1) の調査などの深層ボーリングによって、正確さが増してきた。

神戸-阪神間の地下構造と活断層との関係はもっとも注目される点であり、図-3.3.9は明石海峡から大阪湾中央部にいたる反射断面とその解釈である。この断面では、すでに知られていた大阪湾断層 (岩崎ほか、1994)⁷¹⁾の北への延長が認められる。大阪湾断層による基盤変位はここでは1000mに達し、断層東側の堆積層層厚は最大3kmに達している。断層近傍では基盤岩の形状が複雑であるとともに、上位の未固結層は断層としてシャープに切れることはなく、基盤岩の変形と調和した撓曲構造をとっている (横田ほか、1997)⁸⁰⁾。明石海峡東方の仮屋断層付近でも基盤表面が傾動し、上位の堆積層がこれと同調して傾斜している。このような被覆層の変形と基盤変形と同調性などから、断層運動の継続性をみることができる (横田ほか、1997)⁸⁰⁾。

さて、基盤岩の表面の認定がなされた結果、六甲南縁部での基盤岩表面の等深度線図が描かれた (図-3.3.10) (阪神地域活断層調査委員会、1996⁶⁷⁾; 横田ほか、1997⁸⁰⁾)。これによれば、神戸・阪神地域には、六甲山地山麓で400-1000m程度、海岸付近で1200-1900mに達する堆積層が存在していることが明らかになった。また、大阪層群の海成粘土の分布などから、六甲山地と大阪湾最深部の高度差約4000mは主に第四紀に起った変動によって形成されていると考えられる。また、横田ほか (1997)⁸⁰⁾は、六甲南縁から海岸にかけての地質断面図 (図-3.3.11) を用いて以下の特徴を明らかにしている。大きくみた地質構造は、六甲山地から市街地直下の広い範囲で傾動を伴いながら、須磨断層、諏訪山断層などの既知の活断層や仮屋沖断層、大倉山断層などの伏在断層からなる「淡路-六甲断層系」と、そのおよそ5km南東側に並行して走る「大阪湾断層系」に分けられる。この他、和田岬断層や摩耶断層の存在もこの地域の活構造を考える上で重要な位置を占める (図-3.3.12)。

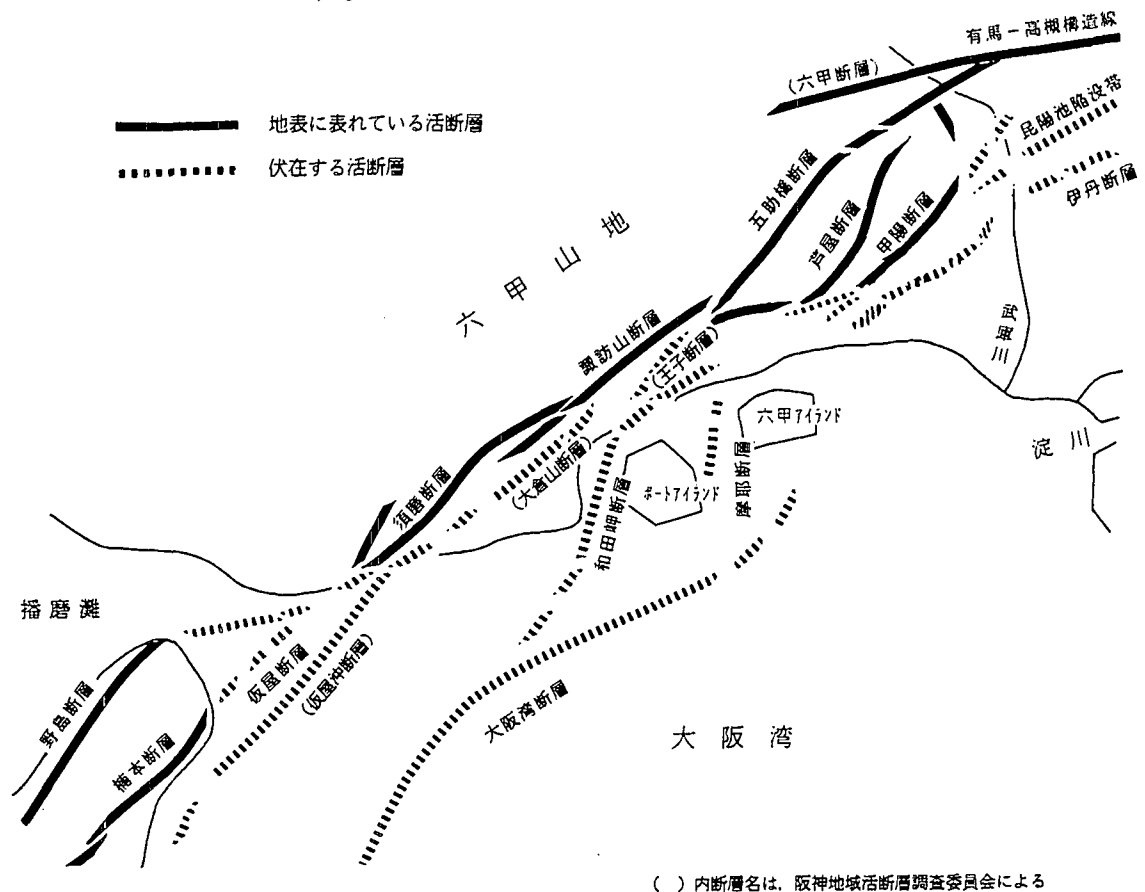


図-3.3.12 伊丹台地西端-淡路島北部にかけて分布する主な活断層 (阪神地域活断層調査委員会、1996)

また、これらの反射法地震探査は、地下に伏在する断層の実体を明らかにしてくれた。ここでは、伏在活断層が厚く柔らかい堆積層がたまった場所において、いわゆる撓曲構造を示しており、このような構造は丘陵地域で大阪層群で観察される構造と類似のものである。したがって、上位の被覆層の層厚と基盤変位量の違いにより、伏在する活断層の形に違いが生じている(図-3.3.13)。また、表層地形と伏在断層との関係も地下構造探査により明らかにできることの重要な側面であり、伏在活断層と地表地形との関係を図-3.3.14に示す。地下で伏在断層が推定される地点で、地質図上では、山側で地表に分布していた段丘相当層(上部洪積層)が地下に没し、海側には沖積層が発達するようになり、大きくは地下の断層活動の影響が地表に表現されているとみることができる。ただ、明瞭な線状の変位地形(低断層崖や地形面撓曲)として認識することは困難が伴っており、伏在断層の地表面への表現はある幅をもって考えることが必要である(横田ほか、1997)²⁸⁾。

淡路島北淡町の野島地震断層地域においても、反射法地震探査が実施された(皆川ほか、1995²⁸⁾;河村ほか、1998²⁹⁾など)。北淡町梨本から南方に延びる道路においては、いくつかの調査機関やS波極浅層やP波中深度の反射法地震探査が行われている。こうした探査によれば、花崗岩と堆積層との不整合面は野島地震断層や分岐断層の位置で東上がりに変位している(皆川ほか、1995)²⁹⁾。分岐断層では、花崗岩と堆積層とが接する断層面が現地の露頭で観察される。堆積層側には数本の断層を伴い、その下の不整合面は-50m付近にあるが、徐々に西方に深さを増し、野島地震断層付近では-200mとなる。野島断層以西では、急に-400mまで堆積層となる(皆川ほか、1995)²⁹⁾。この堆積層は反射面の性状から、下位からI層・II層・III層に分けられ、I層とII層はやや斜交するので、下位のI層は神戸層群に、上位のII・III層は大阪層群に対比され、両者は不整合関係で接していると推定されている(皆川ほか、1995)²⁹⁾。このような対比であれば、野島地震断層を挟む大阪層群および神戸層群基底の上下変位量は、それぞれ東上がり約100mおよび150mと見積られる。

この付近では、後述のように大学連合によってボーリング調査も実施され、実際の地質との対応が明らかにされている。

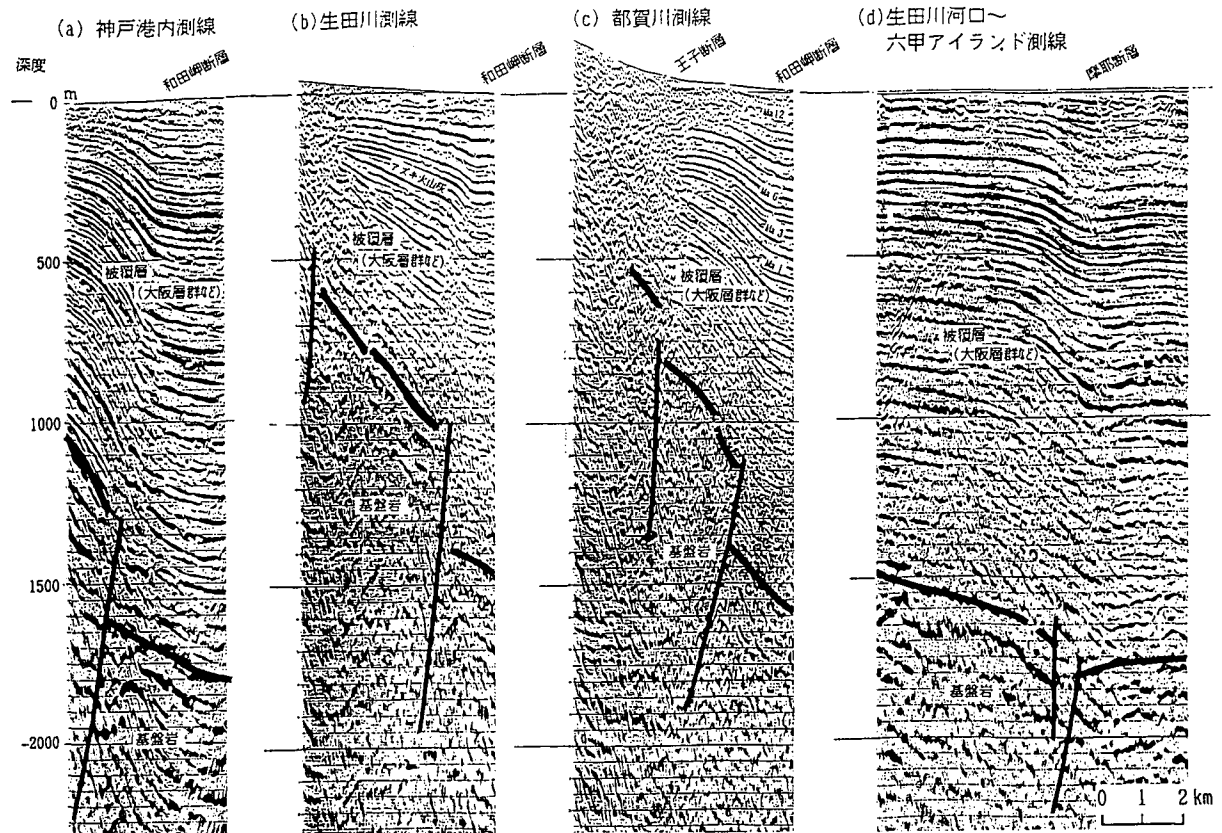


図-3.3.13 神戸市街地域に伏在する活断層のかたち(阪神地域活断層調査委員会、1996)
縦方向に4倍に拡大している点に注意

3.3.3 重力探査

重力調査は、地下の密度構造を知り、それから特に堆積層の層厚分布（すなわち基盤構造）を明らかにする上で重要な情報を提供する。兵庫県南部地震以前には、大阪堆積盆地の陸域では、Nakagawa et al. (1990)⁹⁵⁾や西南日本重力研究グループ(1994)⁹⁶⁾による重力図がまとめられ、基盤構造やその急変部の存在の概略が明らかにされていた。

兵庫県南部地震以後、2つの方向の調査が実施された。ひとつは精密重力調査により、より詳細な地下構造把握をして、断層との関係を明らかにする研究で、志知ほか(1996)⁹⁷⁾や村田ほか(1996)⁹⁸⁾などにより実施された(図-3.3.15)。この結果は、重力急斜帯と地震動との関連が議論されている(中川ほか、1996⁹⁹⁾;村田ほか、1996⁹⁸⁾など)。また、大阪堆積盆地では大阪湾内の詳細なデータはほとんどえられていなかったもので、その調査研究が駒澤ほか(1996)によって実施され、陸域のデータ(西南日本重力研究グループ、1994)⁹⁶⁾との結合がなされ、全域の重力異常図が作成された(図-3.3.16)。

その結果、大阪湾を含む大阪堆積盆地全域の重力構造が明らかになった。結果の概略の特徴は、大阪湾における支配的なプーゲー異常は、湾中央部を北東から南西にのびる低重力異常帯であり、その低重力帯(地質平面)

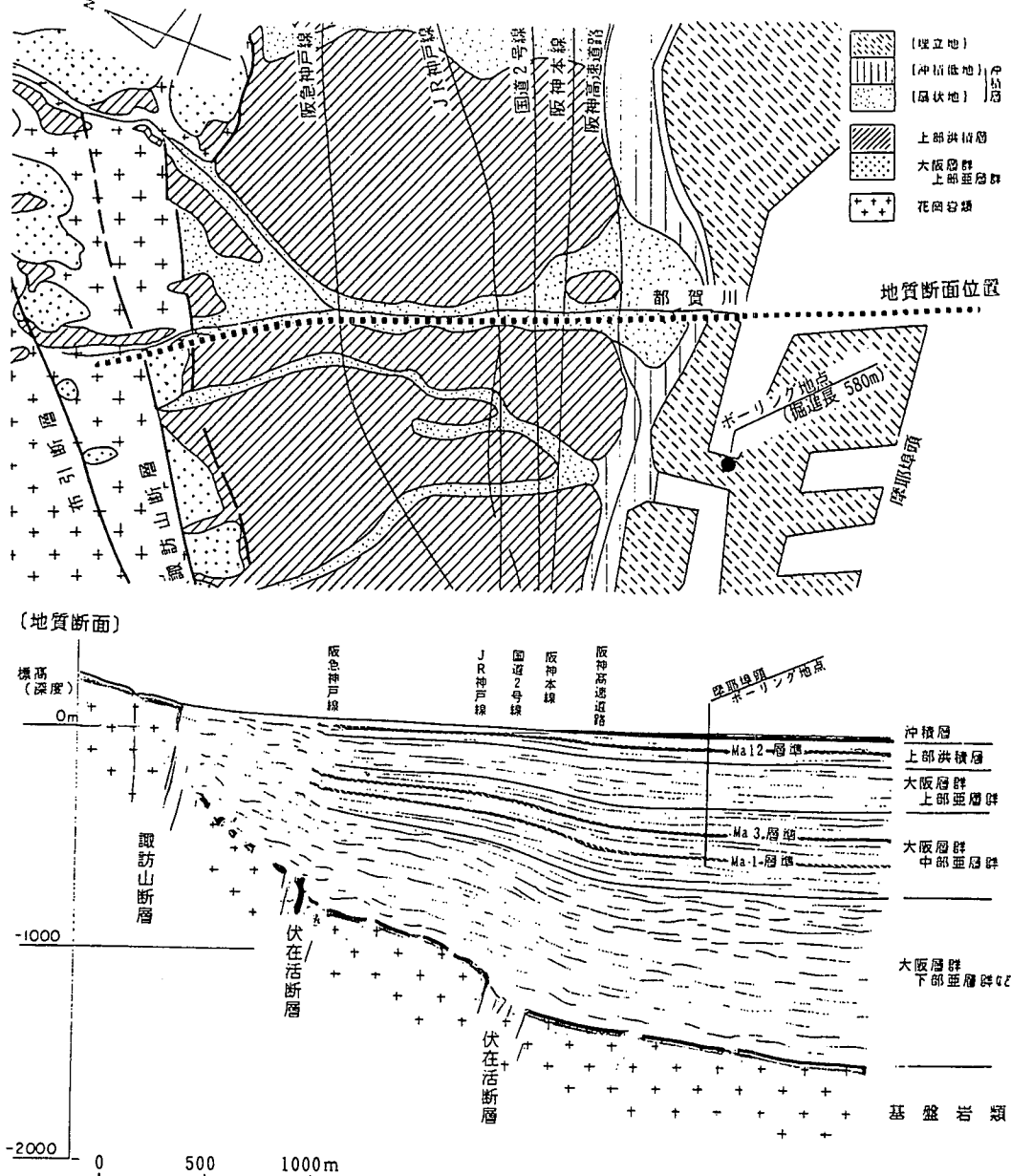


図-3.3.14 伏在活断層と地表地形・地質との対応—灘区都賀川沿いの例—(阪神地域活断層調査委員会、1996)

は、東側に比べ西側により大きな勾配をもつ分布を示している。その西側の勾配構造は、淡路島東岸の仮屋断層から明石海峡を経て、六甲・有馬一高槻断層系に対応してもっとも大きな勾配を示しており、さらに東側10km付近の海域にも勾配構造があり、階段状の重力勾配構造が認められる（駒澤ほか、1996）¹⁰⁰⁾。

3.3.4 深層ボーリング

深層ボーリングは、地下に埋もれている堆積物の層序や物性に関する情報をもたらしてくれる。また、断層の掘削は、地震断層の地下での性状についての情報をもたらしてくれる重要な情報源である。大阪堆積盆地内での深層ボーリング研究の歴史は3.3.2で述べたが、1995年兵庫県南部地震後の調査は六甲南縁部のみならず、大阪堆積盆地の地下の地球科学的情報を質的に大きく変えようとしている。

この章では、特に兵庫県が震災後すぐに実施し、現在までに報告が出版されている兵庫県阪神淡路活断層調査委員会の調査結果を主として、調査法やその結果、さらに問題点を中心に述べ、他の重要な調査の情報について紹介する。

(1) 兵庫県阪神地域活断層調査委員会（兵庫県、平成7年度、復興局）による調査

兵庫県が独自に行った調査は震災後すぐに実施され、その後の調査の策定に大きな貢献をした。調査の詳細は、幸い兵庫県人と自然の博物館から報告書として出版され（人と自然の博物館編、1997）⁸²⁾、引用可能な形でまとめられた。その中に、実施された3地点でのボーリング結果が詳細にまとめられている（竹村ほか、1997）⁹⁴⁾。

深層ボーリングは、神戸市灘区摩耶埠頭（北緯34° 41′ 48″、東経135° 13′ 51″、標高2.1m）の地点で実施された（図-3.3.17）。深度583mまでの地層が採取された。東灘区でのボーリングは、神戸市東灘区田中町（北緯34° 43′ 20″、東経135° 16′ 40″、標高13.94 m、掘進長125.00m）（A地点）と神戸市東灘区本山北町（北緯34° 43′ 35″、東経135° 17′ 00″、標高29.28m、掘進長55.00m）（B地点）の2地点で行われた（図-3.3.17）。堆積物の分析では、地層観察、微化石総合調査、火山灰分析、古地磁気測定、炭素14年代測定が実施された。また、関連するボーリング孔内での物理検層が行われた。

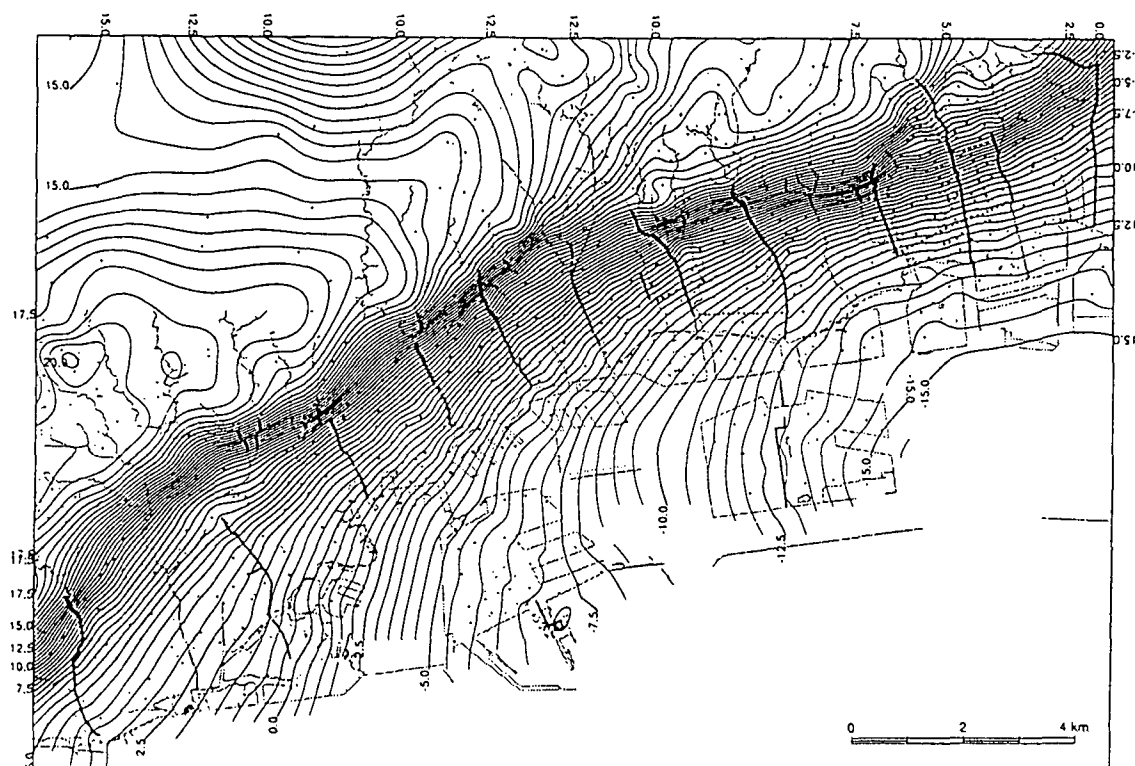


図-3.3.15 ブーゲ異常図（村田ほか、1996）

等値線間隔0.5mGal、仮定密度は2.4g/cm³、測点を・印で示す。短い測点間隔の場所では線状になっている。

・摩耶埠頭ボーリングの層序と年代

このボーリングは深度583mに達する掘削である。摩耶埠頭ボーリングは、阪神地域での、基準となる層序を作ることと、反射法地震探査との対応関係を明確にするために行われた。地層の観察（粒子の大きさや粘土分量、化石の有無、堆積構造など）、と前項に述べた微化石総合調査、火山ガラス及び火山灰調査、炭素14年代測定、古地磁気測定により、大阪地域との対比や、大阪層群の海成粘土番号（いわゆるMa No.）との対比が可能になった（図-3.3.18）。

地層観察と微化石総合調査により明かになった海成粘土の層準は12層準にまとめられる。これらの海成粘土層は塊状で暗青灰色を呈している。海成粘土層は最下位の層準まで貝殻片が産出し、陸上に分布する大阪層群の海成粘土層の貝殻がほとんど溶けて型のみになっているのに比較して保存がよい。海成粘土層の間はほとんど砂主体の地層からなり、微化石総合調査の結果からは海成の証拠はあがっていない。しかし、珪藻化石の情報が入れられておらず、確実に淡水であるということも断定できない。また、砂層にかなりの礫を含む層準は390m層準より上位に限定されるようである。

この12層準の海成粘土層の対比のために予察的に行った火山灰分析及び古地磁気測定の結果から、以下のようなおおまかな対比が可能になる。

まず、古地磁気測定の結果から深度404.51mと深度405.81mの間に磁化極性の反転層準があると判断される。この境界はこの下位にアズキ火山灰が発見されているため、ブルネ/松山境界（78万年前）に相当すると考えられる。肉眼的に識別された火山灰は19層あり、そのうち、445.25~445.67mの火山灰がアズキ火山灰、545.35~545.87mの火山灰がピンク火山灰と同定された。したがって、ブルネ/松山境界（78万年

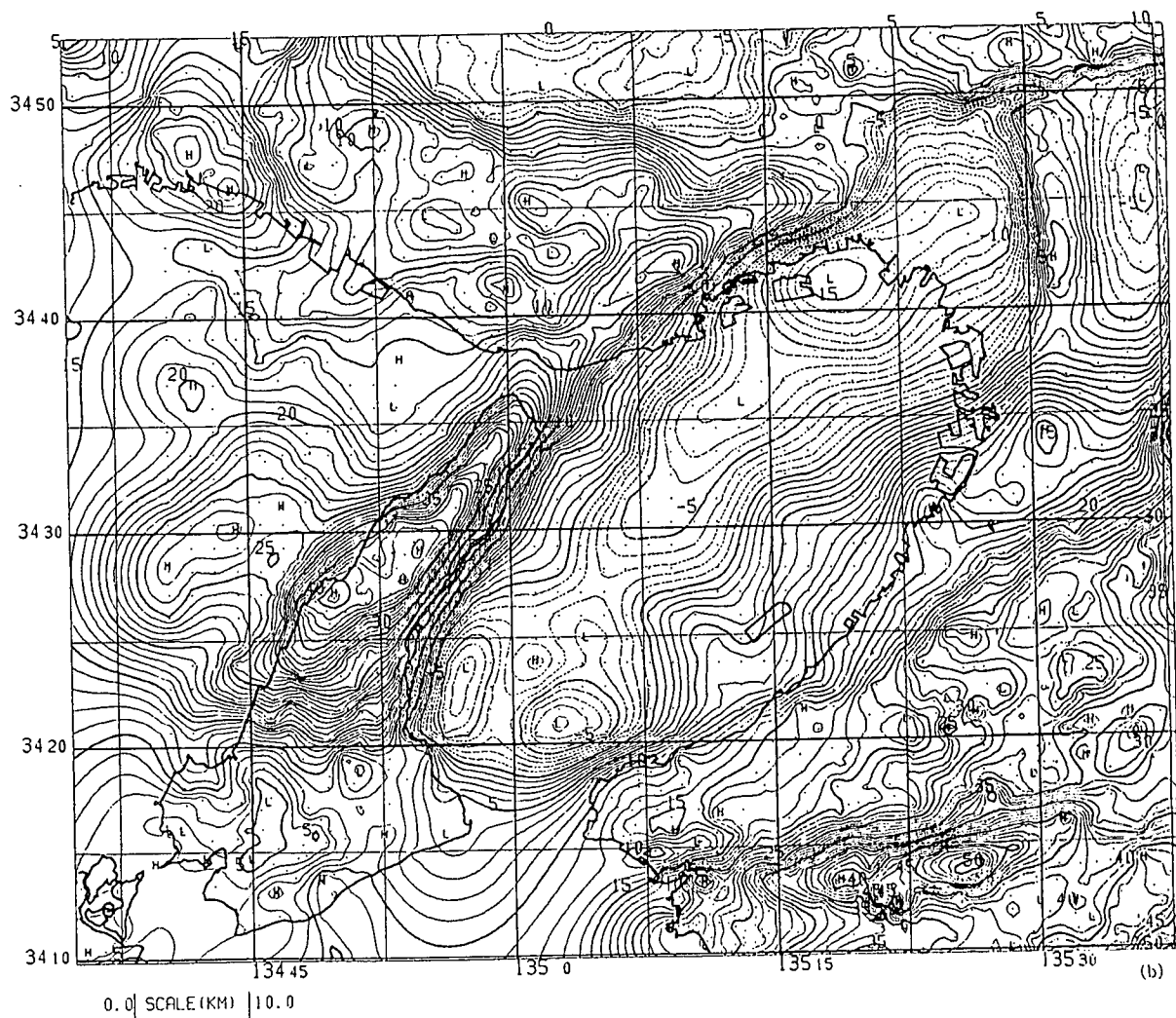


図-3.3.16 大阪湾の海底重力調査によるブーゲー異常図（駒澤ほか、1996）
 仮定密度：2.5g/cm³、コンター間隔は1 mGal。

前) 以深の海成粘土は、393.00~410.00mがMa4、417.00~449.00mがMa3、475.00~496.00mがMa2、552~575mがMa1に対比される。また、475.00~496.00mの海成粘土層には顕著なすべり面を伴う破碎帯が数層準に観察される。また、上位からの対比を試みると、12.00~13.00mが沖積層でMa13、70.90~77.10mがMa12に対比できることは従来の大阪湾岸の調査結果からも支持される。この以深の対比は、現時点での番号合わせは図中が () で示したように可能であるが、より確実な対比のためには火山灰の詳細分析、及び火山ガラス分析、古地磁気測定結果と微化石詳細調査などの分析が必要である。

・東灘区田中町2丁目中之町公園ボーリング (No. A地点)

このボーリングは深度125mに達する掘削である。地層の観察(粒子の大きさや粘土分の量、化石の有無、堆積構造など)、微化石総合調査、火山ガラス及び火山灰調査、炭素14年代測定によって、大きく4層に区分されることが明かにされた(図-3.3.19)。地表から2.83mまでの盛土を除き、2.83m~4.30m (A12; 沖積層相当層)、4.30~49.62m (T1; 低位段丘相当層)、49.62~78.35m (Tm; 中位段丘相当層)、78.35m~125.00m (Os; 大阪層群上部亜層群相当層)の4層である。各地層の特徴は、図-3.3.19の右側に記載される通りである。

2.83m~4.30m (A12) は暗灰色の砂礫と細~中砂からなる。3.00m深度の黒灰色腐植質シルトには、アカホヤ火山灰 (K-Ah、約6300年前に鹿児島南方の海上での噴火によって日本各地にもたらされた火山灰) 起源の火山ガラスが発見された。大阪湾周辺の地層対比では沖積層相当層にあたる。

4.30~49.62m (T1) は黄褐色~暗灰色の砂礫と中~粗砂が主体である。径50~100mmの玉石が密集するところが多い特徴がある。上位に厚さ30~60cm程度の腐植質粘土を3層挟み、そのうち、5.40m層準に始良-Tn火山灰 (AT、約25000年前に鹿児島湾のカルデラでの噴火活動により日本各地にもたらされた火山灰) の火山ガラスが密集している層が見つかった。低位段丘相当層にあたると思われる。

49.62~78.35m (Tm) は、上部は暗青灰色の砂礫と中~粗砂が主体であるが、砂層が厚くなり、シルト・砂礫との互層状になる。年代を決定できる情報は得ることはできなかった。中位段丘相当層である。

78.35m~125.00m (Os) は、大阪層群上部亜層群相当層にあたるが、この地点では、さらに4層に細分できる。78.35~84.60m、84.60~113.95m、113.95~118.33m、118.33~125.00mである。78.35~84.60mは暗青灰色の粒子がよく揃った細砂が特徴的である。84.60~113.95mは、暗青灰色の粒子の粒ぞろいが悪い中砂が主体で、3cm程度までの礫を含む。中央部は砂まじり腐植質粘土の挟みが多く、互層状になる。113.95~118.33mは貝殻片を含む暗緑灰色の均質の海成粘土であるが、植物片・砂分の混入も多い。下部はラミナが発達する。この海成粘土層と大阪層群の海成粘土番号(いわゆるMa No.)との対比は現在のところ確定はできない。反射法などの資料による海岸部からの連続性や、もともと内陸まで海進した堆積物であることを考慮すると、Ma9である可能性が指摘されるが、この層準にみられる火山灰(火山ガラス)の産出が

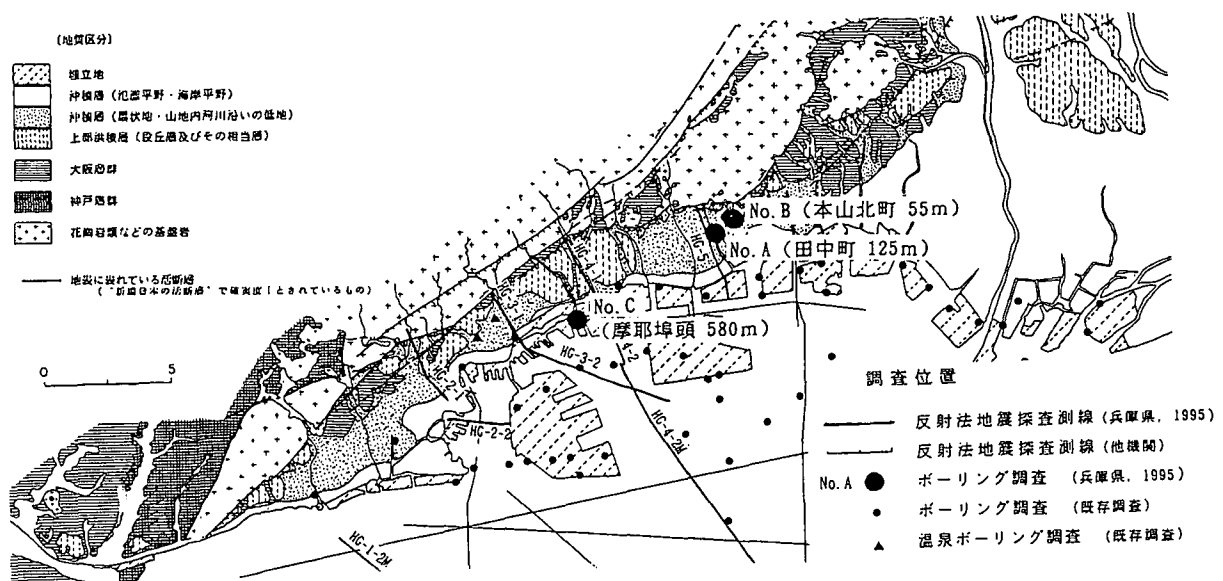


図-3.3.17 調査ボーリングと反射法地震探査測線の位置(阪神地域活断層調査委員会、1996)

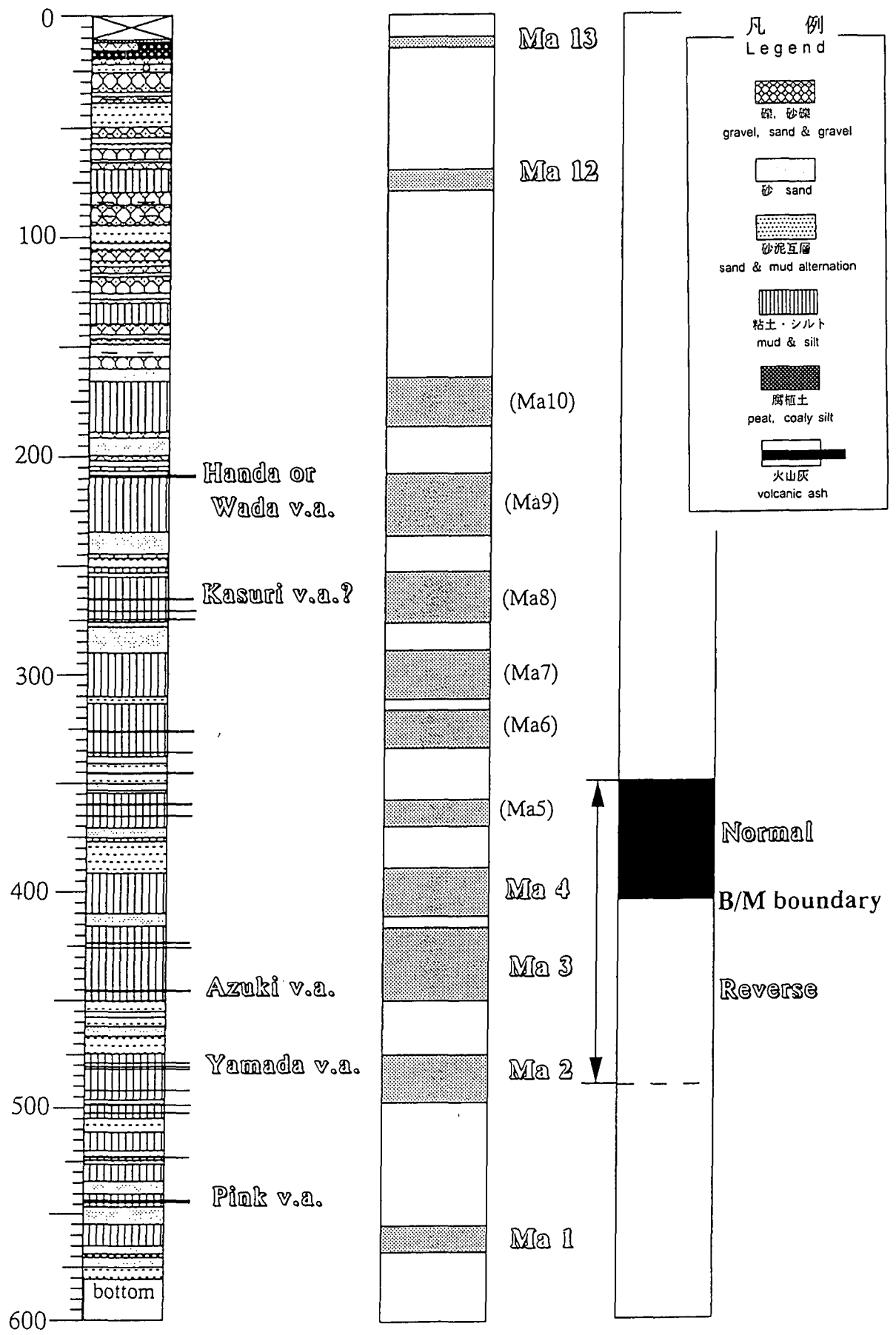


図-3.3.18 摩耶埠頭のボーリングの層序 (竹村ほか、1997)

認められないことから、より詳細な検討が必要であろう。下部はラミナが発達する。118.33~125.00mは淡青灰色の細砂と暗緑灰色の腐植まじり粘土の互層状の地層である。

・東灘区本山北町本山北町公園ボーリング (No. B地点)

このボーリングは深度55mに達する掘削である。地表から0.80mまでの盛土を除き、0.80~4.75m (A1 2 ; 沖積層上~中部相当層)、4.75~12.72m (A1 1 ; 沖積層下部相当層)、12.72~23.00m (T1 ; 低位段丘相当層)、23.00~55.00m (Tm ; 中位段丘相当層) の4層である。各地層の特徴は、図-3.3.20の右側に記載される通りである。

0.80~4.75m (A1 2) は茶褐色~黄褐色の礫まじり砂と細~中砂からなる。4.00m深度の黄褐色砂層には、アカホヤ火山灰起源の火山ガラスが発見された。

4.75~12.72m (A1 1) は黄褐色~緑灰色の砂礫、粗砂主体である。7.63m以深で垂角礫が主体になる。黒灰色の腐植質粘土を2層挟む。上位の炭素14年代は12,440±70年、12,450±100年、下位は14,440±90年の

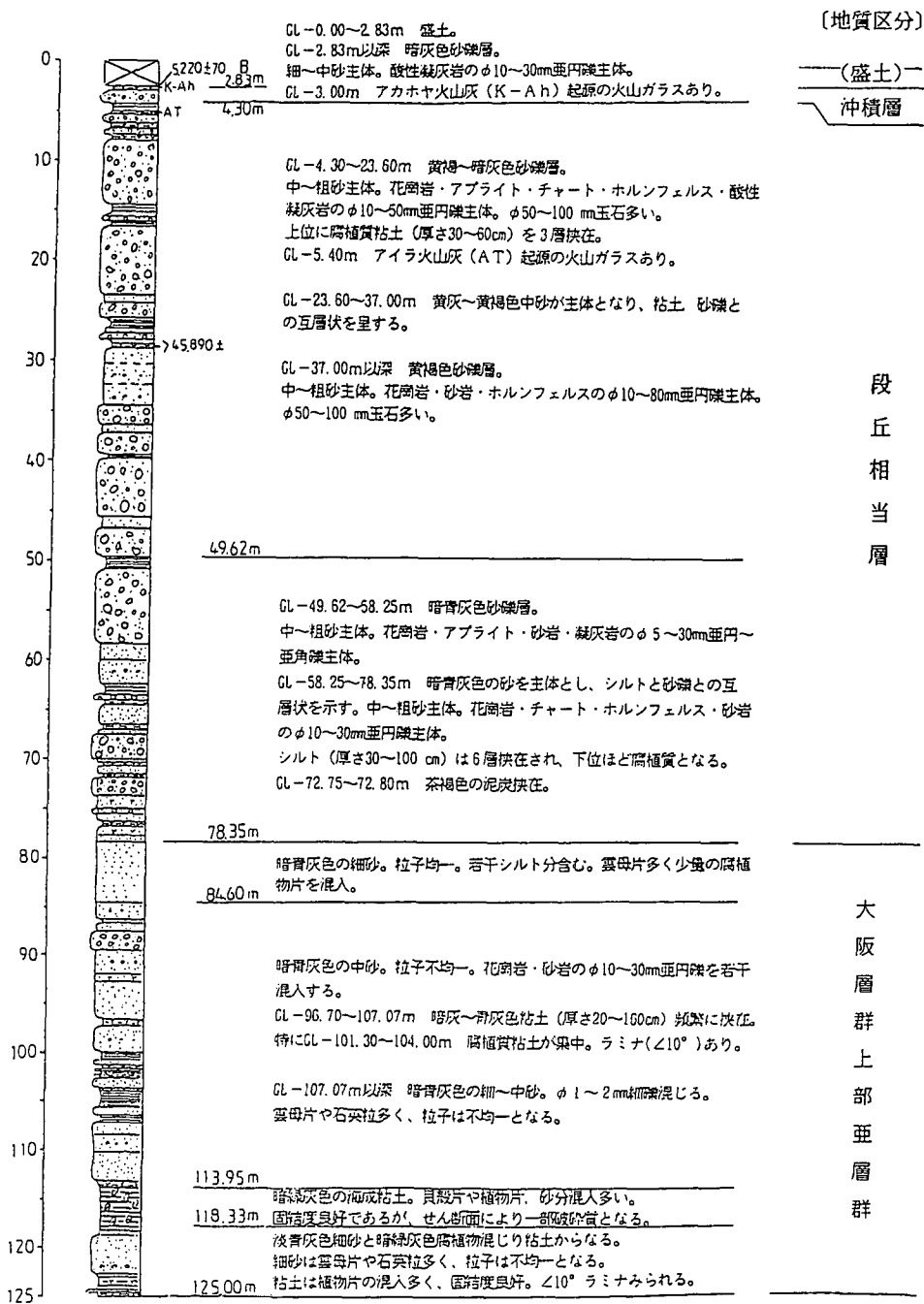


図-3.3.19 東灘区田中町中之町公園 (No. A地点) 125mボーリング模式柱状図 (竹村ほか、1997)

値である。

12.72～23.00m (T1) は暗緑灰色の砂礫と中～粗砂が主体である。径150mmまでの亜角礫が多い特徴がある。13.60～13.82mに灰白色のガラス質火山灰の純層が発見された。始良Tn火山灰である。また、黒灰色の腐植質粘土を2層挟み、下位の17.20～17.30mの炭素14年代として26,040±480年前が得られている。

23.00～55.00m (Tm) は、暗青灰色の砂礫で砂は中～粗砂が主体である。50m以深で、暗青灰色粘土と暗灰色砂礫との互層状になり、植物片の混入が多い。

以上の3本のボーリングは、六甲南縁部の深部地下地質や段丘下の地下地質の詳細な情報を知る上で重要な第一歩であるといえる。つまり、これまで実施されてこなかった段丘面から地下深部の堆積物情報をえることがこの地震を契機に進み、この情報が被害の規模などにとってどの程度重要であるかの検討が急がれる。

(2) 地質調査所によるボーリング (衣笠・水野、1996⁸³⁾ ; 佃ほか、1996¹⁰¹⁾)

通産省地質調査所でも、兵庫県南部地震以後の事業として、近畿圏で多くのボーリング調査を実施した。大きく2つに分けられるが、一つは地下地質を明らかにするため(被害の原因究明を目的に)であり(衣笠・水野、1996)⁸³⁾、GSK1～GSK5までの5本が実施された。このうち、K1ボーリングは神戸市東灘区魚崎で実施され、1500m掘削後、さらに200m掘り増しされ、基盤まで到達している。この1500mまでの地層の概略は図-3.3.21に示され、このデータも反射法の結果と対応させることにより、地下構造の解明に重要な貢献をすると考えられる。

他の4本もボーリング(K2、神戸市灘区石屋川、350m ; K3、神戸市灘区石屋川、675m ; K4、神戸市長田区、540m ; K5、淡路島野島川河口、485m)の概略柱状図は図-3.3.22に示される。これらの深層掘削試料の解析によって、神戸-阪神地域の地下堆積物の情報が整理され、地下構造の把握の正確さが増してきた。

他方、地震予知地下水テレメーターネットワークのための地下水観測井ボーリングも14ヶ所で実施され、一部はオールコアリングが実施されている。それら概略柱状図は図-3.3.23にまとめて示されており(佃ほか、1996)¹⁰¹⁾、これらも地下地質のデータとして有効に活用されることになる。

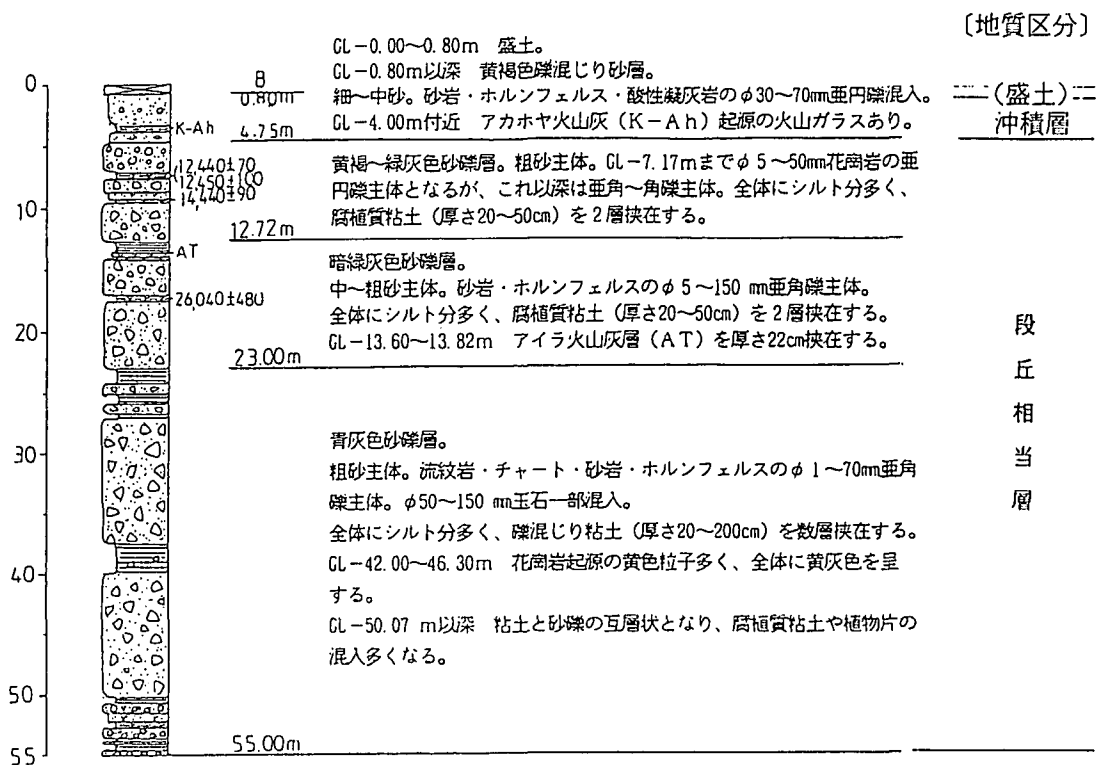


図-3.3.20 東灘区本山北町本山北町公園 (No. B地点) 55mボーリング模式柱状図 (竹村ほか、1997)

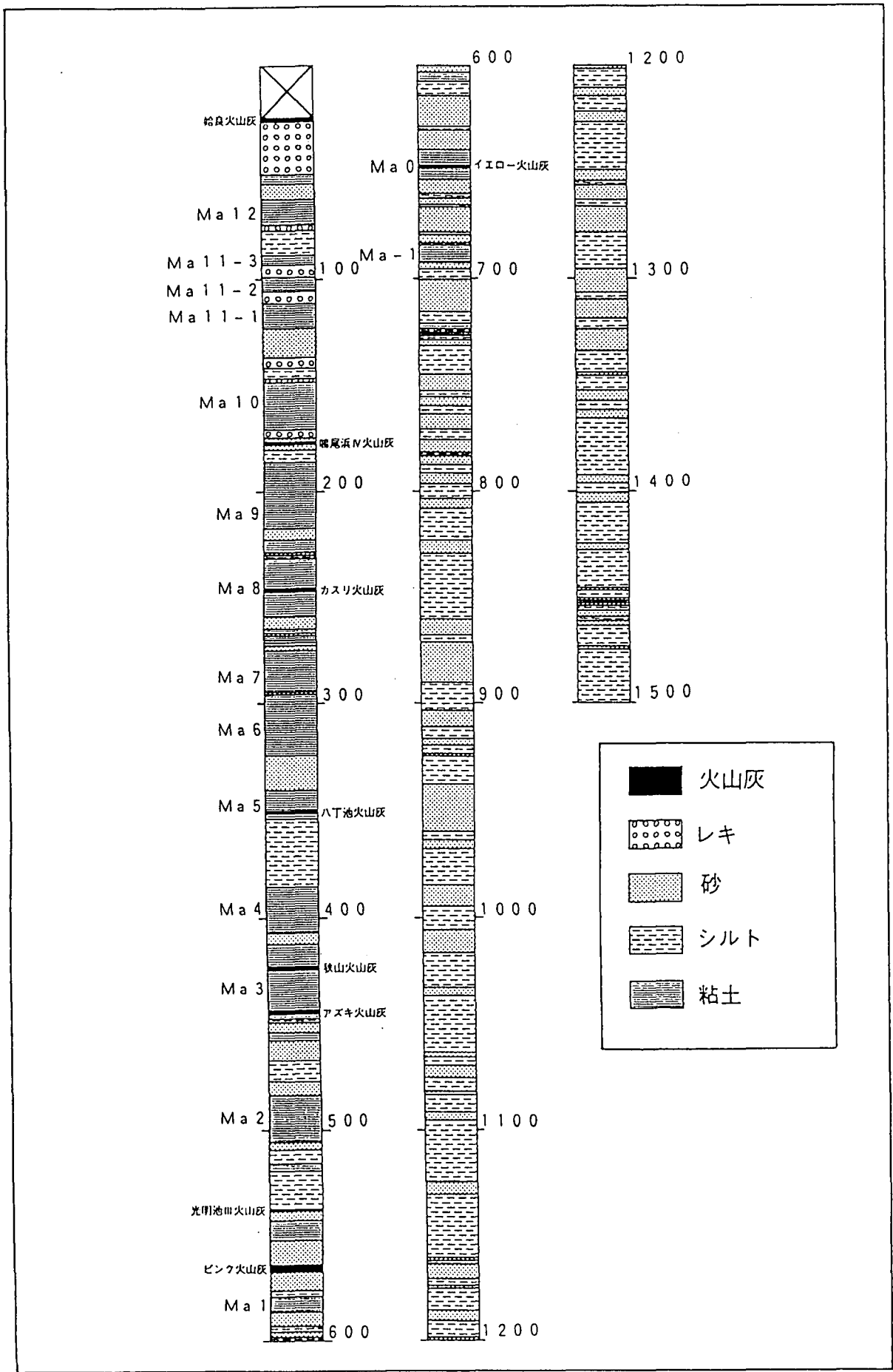


図-3.3.21 東灘深層ボーリング (K1) 地質柱状図 (衣笠・水野、1996)

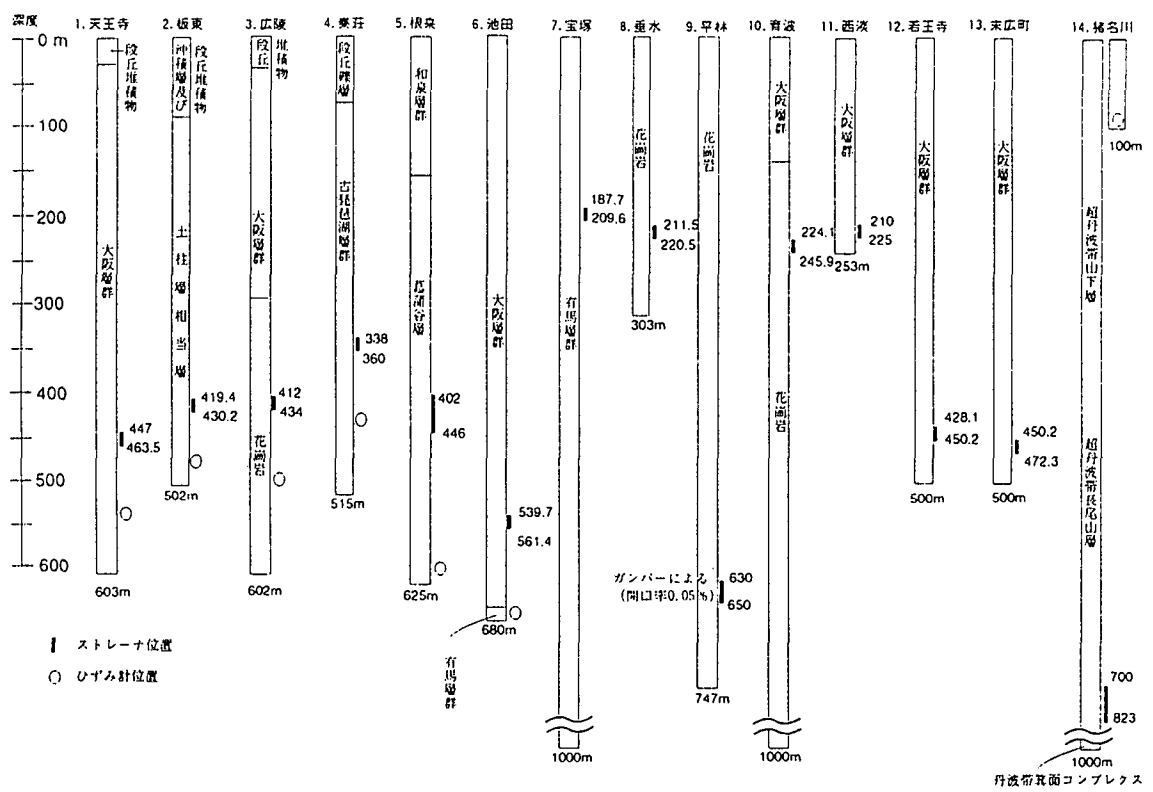
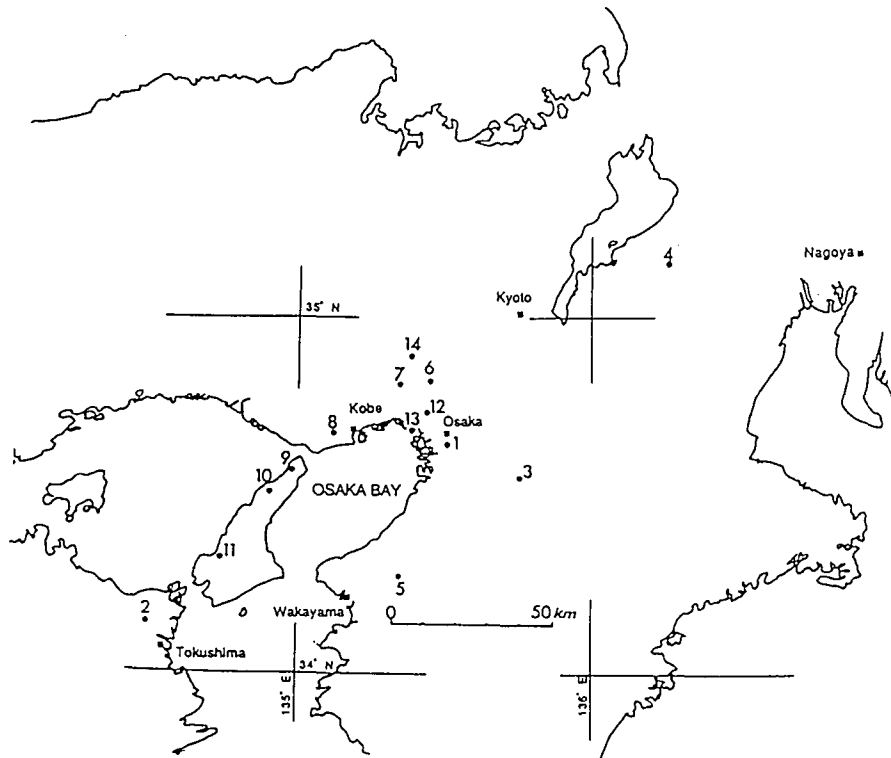
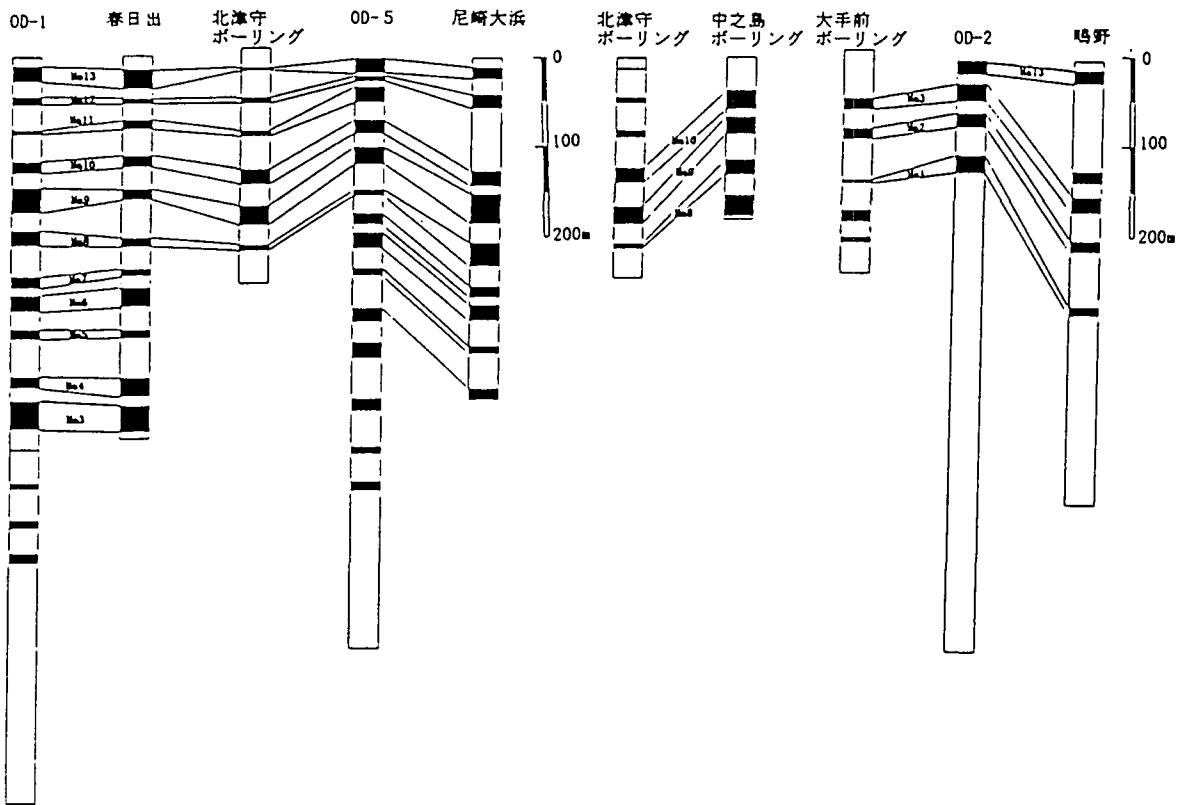


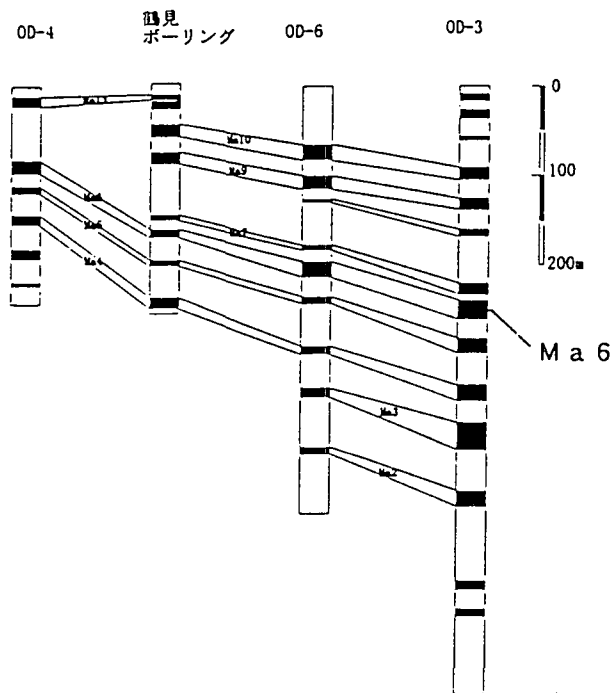
図-3.3.23 近畿地域の地下水等観測井の位置および地質概要 (佃ほか、1996)

数字は各観測井を表す。1：天王寺、2：板東、3：広陵、4：秦荘、5：根来、6：池田、7：宝塚、8：垂水、9：平林、10：育波、11：西淡、12：若王子、13：末広町、14：猪名川



西大阪地域 (OD-1、軸碁)と北津守ボーリングの対比図

西大阪(北津、中島)～上町台地にかけてのボーリング対比図



(注意)
ODナンバーは、大阪市が1960年代
に実施した深層学術ボーリングである

東大阪地域(OD-6、OD-3)と鶴見ボーリングの対比図

図-3.3.24 上町断層帯調査のボーリング (3本) と従来のボーリング結果との対比図 (大阪市、1997)

り（藤田・笠間、1982）⁵²⁾、活構造による変位・変形を念頭におくことも考え、ここでは後者で表現する。大阪層群の上位には段丘層とその相当層、沖積層が分布している（表-3.3.1）

大阪層群下部亜層群は、淡水成の堆積層のみから構成されているが、中部亜層群以上の地層は、淡水成の地層の中に、周期的に海成内湾の地層が挟まれている。海成粘土層は、下位よりMa-1, Ma0, Ma1,, Ma13と命名されており、Ma-1の堆積時期はおよそ120万年前であり、以後約10万年の間隔で順次上方へ堆積していった。Ma-1~Ma5までが中部亜層群、Ma6~Ma10までが中部亜層群に含まれる。

六甲山地南縁部では、大阪層群は神戸市長田区会下山・夢野から西代にかけての丘陵地で分布する。現

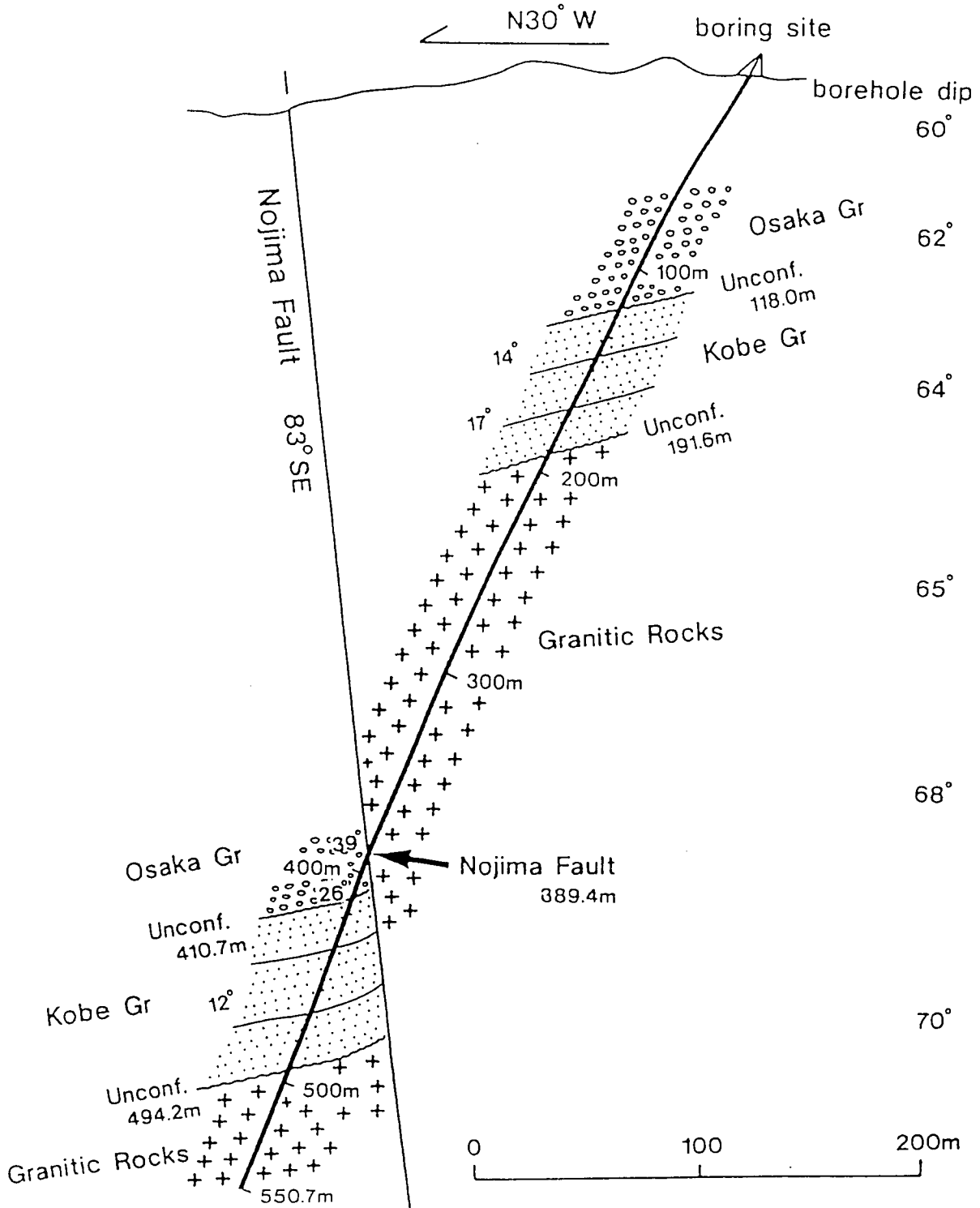


図-3.3.25 500mコア試料の層理面の傾斜を用いた掘削孔付近の構造（村田ほか、1998）

在は、その露出をほとんどみることはできないが、津田（1965）¹⁰⁰によれば、Ma1層、ピンク火山灰、Ma2層、アズキ火山灰層とMa3層、Ma5層が追跡される。このように少なくとも大阪層群の海成粘土を挟む中部亜層群がほとんど基盤岩との境界付近まで分布していることがわかる（図-3.3.2）。

この地域の丘陵地以外は六甲山地南縁の地表は、段丘堆積物、扇状地堆積物、沖積層で覆われ、地下の基盤深度や地下に分布する地層についての情報は非常に少なく、大阪層群の層序との関係、海成粘土の分布状況、基盤深度などについてはさらに情報の収集が必要とされていた。

・海岸部地下の層序

海岸部は従来から、阪神高速道路や六甲アイランド、ポートアイランドなどの掘削調査により、現在の地表からMa9付近までの層序が知られていた（海底地盤参照）。ただ、それ以深の層序については、今回の摩耶埠頭のボーリングではじめて明かとなり、大阪平野側との大阪層群以降の堆積物の対比が可能になった。この基準ボーリングは、反射法地震探査の結果（横田ほか、1997）⁹⁸と合わせて考察することにより、より内陸へ向けての各海成粘土層層準の広がり、その層厚分布などについての情報をもたらしてくれる。

・扇状地部の層序と考え方の基本について

六甲南縁の地域は、山地部から供給される粗粒物質により、扇状地や山麓斜面を形作っている。海岸から山麓まで、できるかぎり時間を正確にして対比を行い、地盤についての情報を整理して行くことが望まれている。今回、海岸部で、海成粘土の層準が確定されたこと、また扇状地部の地下深部には、ボーリングと反射法により、海成粘土の広がりが確認できる可能性がみだされたことにより、おおまかな層序対比はまず、＜層序は海からつなげ＞という考えで、海成層を追って考えることが望まれる。

つぎに、地表部のより詳細な対比のためには、堆積物の供給方向と堆積の仕方を考えることが必要になる。たとえば、扇状地堆積物や土石流堆積物などとの対応をみきわめ、堆積学的な検討を加え、層厚変化はあることを考慮して対比することが望まれる。

表-3.3.1 大阪盆地周辺の被覆層

地質時代		絶対年代 (万年)	地質区分	地質の特徴
第四紀	完新世	1 (2)	沖積層	軟弱な粘性土層、ゆるい砂・砂礫層からなり、沖積低地、微高地（砂堆、砂州、自然堤防等）、扇状地などを形成する。海成粘土層のMa13層準が沖積層に相当する。また、大阪湾の周囲には人工の埋立地が造成されている。
			* 段丘層及び段丘相当層	海成の粘土・砂層と淡水性の砂礫・砂・粘土層の互層。ただし、山地に近い地域では非海成層のみとなる。海成粘土層では、Ma11から12層準が上部洪積層に相当する。
	更新世	13 (20)	上部亜層群	海成の粘土・砂層と淡水性の砂礫・砂・粘土層の互層。山地に近い地域では全体的に砂礫層が優勢となる一方で、現在の堆積盆地より内陸地域にまで広く分布している。海成粘土層のMa6からMa10層準までが、上部亜層群に相当する。
		70	中部亜層群	海成の粘土・砂層と淡水成の砂礫・砂・粘土層の互層。山麓付近あるいは、基盤山地内にまで海成層が広がっている。海成粘土層の最下位の層準（Ma-1層）からMa5層準までが、中部亜層群に相当する。
	前期	(120) 170	下部亜層群	淡水成の砂礫・砂・粘土の互層からなり、海成層はみられない。粘性土は一般に固く締まり軟岩状を呈する。現在山地となっている基盤の小起伏面上にも、わずかながら残存しており、現在の山地を越えて広範囲に堆積していたとみられる。
新第三紀	鮮新世	(300)		
大阪層群堆積以前は、基盤岩類が長期にわたって浸食され、小起伏面を形成していた。				

* 地盤工学の分野では、“上部洪積層”を用いられることがある。

そのためには、同時間面の指標である火山灰（アカホヤ火山灰とAT火山灰）をさがし、また炭素14年代測定を行い、少なくとも沖積層の決定と低位段丘堆積物の決定ができることが望まれる。たとえば、No. AとNo. B両地点における地層区分は、両地点とも粗粒堆積物を主とする地層であるため困難な点が多いが、アカホヤ火山灰とAT火山灰の純層や火山灰降灰層準が認定されている。このように、火山灰抽出により、少なくとも完新世の沖積層の認定ができる。また、最終氷期の段丘堆積物相当層の認定が可能になる。これを用いることにより、粗粒な地層が地表近くを覆う六甲南縁地域でも、沖積層の層厚、段丘堆積物相当層の層厚や層相変化の情報をある程度定量的に取り扱うことができる。今後は、地盤関連のボーリング調査などで少なくとも、アカホヤ火山灰やAT火山灰の層準の認定作業が地下情報の有効利用のために必要になると思われる。

(5) 断層掘削

断層を掘りぬく掘削も今回の地震を契機に実施された。今回、地震断層として現れた淡路島の野島断層を対象として3機関（大学連合；断層解剖計画、地質調査所、科学技術庁防災科学技術研究所）によって実施され、現在コア解析や掘削孔を用いた観測が継続している（安藤ほか、1998）¹⁰⁵⁾。

掘削及び採取の状況について、大学グループ、地質調査所、科学技術庁にわけて概略をまとめると、以下のようになる（竹村ほか、1998）¹⁰⁶⁾。

・大学グループ

大学グループによる掘削は北淡町富島の3地点で深度500m、800m、1800mの掘削が実施された（安藤、1997）¹⁰⁷⁾。500m掘削は約60°の傾斜掘りであり、野島断層に向けて礫層を主とする大阪層群の丘陵上から、断層の認定、岩相変化把握のためにオールコア掘削が実施された。掘削は455.3mまで行われた段階で掘削困難になり、サイドキックして550.7mまで掘削が行われた。断層破碎帯が約390m掘削深度でみられ、花崗岩（上盤）と大阪層群（下盤）が接する83°西傾斜の逆断層が観察された（図-3.3.25）（竹村ほか、1997）¹⁰⁸⁾；村田ほか、1998）¹⁰⁹⁾。この結果、重要な断層破碎帯部分が2本分採取され、破碎帯の研究に資することになり、これらの試料で種々の分析が実施されている。800m掘削は鉛直掘削で、観測機械の設置のためであり、ごく短い層準でのコアが採取された。1800m掘削は1250mからオールコア採取が実施され、それ以後は100mごとに10m程度の定方位資料を含むコアが採取された。なお、1800m掘削は地質境界の断層（花崗岩と神戸層群・大阪層群）の花崗岩側から行われ、掘削地点との地表に花崗岩が露出している。

・地質調査所

地質調査所では淡路島野島平林において、野島断層の地表露出から74.6m東側の地点で、野島断層を貫く坑井を掘削した。地質は地表から花崗閃緑岩であり、深度623.3m～625.1mで花崗閃緑岩起源の断層ガウジに遭遇し、ほぼ連続なコアの採取を行い、各種調査を実施した（伊藤ほか、1996）¹¹⁰⁾；藤本・大谷ほか、1998）¹¹¹⁾など。また、この坑井を利用し、地下水位の連続観測と坑井内多レベル地震計による繰り返し観測が実施されている。

・防災科学技術研究所

野島断層及びその北東延長上の3地点（野島平林；1800m、岩屋；1000m、甲山；1300m）において、種々の深度の活断層ドリリングを実施し、総合的な研究を行っている（池田ほか、1997）¹¹²⁾。3地点とも花崗岩地域であり、岩質的な差は少ないが、活断層との位置関係、余震分布域との関係でそれぞれ特徴的な場所に位置する。そのうち、最も深くかつ野島断層を直接掘り抜いたのが野島平林で、現在コア解析が集中的に行われ、地質調査所コアとの比較検討もなされている（田中ほか、1998）¹¹³⁾。

掘削地点は兵庫県津名郡北淡町野島平林（採石場跡地）で、野島地表地震断層からほぼ鉛直方向（S41°E）に320m離れた地点である。最終掘削深度は1838.8mで、掘削孔径は1000mから1838m区間で97.5mm、最大孔芯傾斜は993.9mで鉛直から7°20"、それ以降1838m以深で1°以内であった。コアは1000m以浅で5箇所スポット採取、1001mから1838mまではコア径64mmで連続採取された。岩質は花崗閃緑岩ないしトータル岩、断層破碎帯である。

北淡町富島での500mコアの掘削結果（竹村ほか、1997）¹⁰⁸⁾；村田ほか、1998）¹⁰⁹⁾によれば、野島断層の傾斜は、地表における断層の位置と、ボーリングコア中の断層の位置を結ぶと、83°南東傾斜となる。これは、小倉付近の地表で観察された84°南東傾斜と同じ程度であり、少なくとも、この深度までは断層面はほぼ

平面的であるといえる。ボーリングコアでは、大阪層群や神戸層群の層理面が明瞭に認められる部分があり、コアから求めた傾斜を図-3.3.25 (村田ほか、1998)¹⁰⁹⁾に示した。野島断層の上盤では、神戸層群・大阪層群の傾斜はいずれも、14~17°である。野島断層の下盤では、断層から離れると12°程度である。下盤の大阪層群は、断層近傍では断層に近づくにつれて、26°、39°と傾斜が急になる。この大阪層群の急傾斜は、少なくともこの付近では、野島断層が南東側隆起の逆断層であることから、断層の引きずり(ドラッグ)の影響であると判断された。

500m孔では、断層の上盤(南東側)、下盤(北西側)の両方で、花崗岩類と神戸層群の境界の不整合面を貫いている(図-3.3.25)。この不整合面をマーカーとして、野島断層垂直変位量を求めた結果、不整合面をマーカーとして断層に沿う傾斜成分の変位量を求めると、235mである。これは断層の引きずりによる変位量も含んだ値となっている。野島断層の断層面は83°南東方へ傾斜しているため、垂直変位量に換算すると、230mの南東側隆起となる(村田ほか、1998)¹⁰⁹⁾という結果も得られている。

このように、断層の地下深部での性状や変位の形の推定を深層掘削による資試料を用いて明らかにしようとする試みが進んできている。

3.4 まとめ

- 1) 六甲山-淡路島は活断層に挟まれて隆起・傾動してきた地壘である。六甲山地は六甲断層帯に沿う右横ずれ運動によって形成された圧縮部であり、淡路島北部もほぼ同じ様な成因をもつ。
- 2) 六甲-淡路島断層帯には、多くの活断層がみられるが、それらの中でも第四紀後期以前に活動を停止したものと、段丘面を切断し後期にも活動を繰り返している活断層がある。前者には六甲山地を斜断する大月・五助橋・芦屋断層、六甲山地北縁を限る山田・唐櫃・射場山・湯槽谷断層、六甲山地西縁を限る高塚山断層・木見断層、六甲山地内部の北摩耶断層・万福寺断層などが含まれる。後者には地震断層となった野島断層や横尾山断層が含まれ、さらに、六甲南麓の須磨断層、諏訪山-会下山断層、岡本断層、甲陽断層、西宮撓曲、元町撓曲、低地下に推定される伏在活断層などがこれに属する。
- 3) 野島断層の詳細位置・変位地形・活動間隔・累積変位量・地下構造などが明らかになってきた。比高250mを越す断層崖を伴う野島断層においては、大阪層群の堆積以後に急激な上下運動が生じ、第四紀末期では約2000年の間隔をもって活動を繰り返してきた。野島断層の右ずれ量は少なくとも300mに達する。この断層は北淡町暮浦を挟む南北両側で異なる性質をもつ。
- 4) 淡路島北東端にみられる緩斜面は山頂の侵食平坦面の連続であり、それが傾動し変位している。明石海峡は侵食作用によって削剥された凹地ではなく、基本的には六甲山地と淡路島山地との間の構造的な低所である。淡路島と六甲山地は今回現れた地震断層を挟んで対極的な位置関係にある。両山地は右横ずれの進行部が隆起するように配置しており、その中間に非隆起部の明石海峡が存在する。こうした横ずれ断層運動に伴って、淡路島や六甲山地は隆起や傾動を受けながら第四紀後半に成長してきた。
- 5) 今回の地震では、淡路島西側の野島断層が動き、六甲山地南麓の伏在活断層へと延びた。しかし、1596年慶長伏見地震では、淡路島東側の東浦断層・先山断層などが動く、六甲山地南麓低地の活断層も連動したらしい。この時には野島断層は活動していないらしく、淡路島北部の山地を挟む両側の活断層が口語に大地震で活動しながら、中央部を隆起させてきた。
- 6) 六甲山地の南側や東麓では、より新しい動きをもつ活断層が低地側に位置する。山地の成長とともに断層が周辺へと移動し、新しい活断層が低地側に発現してきた。六甲-淡路島断層系の運動の進行とともに、山地は隆起・傾動しながら、その位置や形を変えてきたと言える。
- 7) 六甲山地南部の地震断層としては、横尾山断層と須磨断層が活動した。地形・地質的に明瞭な長田山断層や諏訪山-会下山断層は活動していない。震災の激しかった地域の直下や北側に沿って活動した可能性がある断層として、元町撓曲や西宮撓曲下の断層・岡本断層・甲陽断層などがあるが、厚い堆積層に覆われて直接的な断層変位は地表面では見られなかったようである。
- 8) 六甲-淡路地域の反射法地震探査が陸域-海域で高密度で実施され、基盤構造の概略がまとめられた。また、地下に伏在する断層や撓曲構造が認められ、地下での地層の変形構造が明らかにされた。大阪湾における最深部は3kmを超える未固結堆積層を埋積しており、六甲山地との落差は約4kmに達する。

- 9) 兵庫県南部地震後の断層沿いの精密重力調査、海域の海底重力探査により、重力基盤構造が明らかにされ、大阪堆積盆地の大構造と活断層沿いの変形構造が明らかにされた。
- 10) 断層掘削が各機関で実施され、六甲山地南縁の地下地質が究明された。また、反射法地震探査の結果と合わせ、六甲山地山麓で400-1000m程度、海岸付近で1200-1900m程度の堆積層が存在することが明らかになった。大阪平野で重視されたアズキ火山灰による対比や海成粘土層による対比は今回も有効であり、大阪平野の地下地質との関係が明らかになった。
- 11) 断層掘削により野島断層地下での地質・断層破碎帯・破碎状態などが明らかとなり、こうした地震断層のやや深い場所での組織・傾斜・岩質などが解明されてきた。
- 12) 六甲-淡路島断層帯のみならず、近畿地域あるいは日本の主要活断層が総合的に調査されてきた。活断層の詳しい位置・活動様式・平均変位速度さらに活動履歴、地形・地質との関係、地下構造などが明らかにされてきた。とくに、当域は詳しい各種の調査・探査が行われ、詳細な災害図・地形分類図・活断層図・地盤構造図などが刊行されてきている。これら成果の有効な活用が望まれる。

参考文献

- 1) 活断層研究会：新編 日本の活断層—分布図と資料、東京大学出版会、437p. 1991.
- 2) 松田時彦：1995年兵庫県南部地震はどこまで予測されていたか、月刊地球、号外13、pp. 90-94、1995.
- 3) 岡田篤正：兵庫県南部地震の地震断層と六甲-淡路島活断層帯、日本地形学連合編「兵庫県南部地震と地形災害」、古今書院、pp. 28-63、1996.
- 4) 安藤雅孝：1995年兵庫県南部地震の前震・本震・余震・誘発地震、月刊地球、号外13、pp. 18-2、1995.
- 5) 菊地正幸：兵庫県南部地震の震源断層、科学、65、pp. 569-572、1995.
- 6) 吉川澄夫・伊藤秀美：1995年兵庫県南部地震の概要、月刊地球、号外13、pp. 30-38、1995.
- 7) 中田 高・蓬田 清・尾高潤一郎・坂本晃章・朝日克彦・千田 昇：1995年兵庫県南部地震の地震断層、地学雑誌、104、pp. 127-142、1995.
- 8) 中田 高・蓬田 清：地震断層からみた兵庫県南部地震、科学、65、pp. 202-204、1995.
- 9) 中田 高・蓬田 清：地震断層からみた1995年兵庫県南部地震の震源過程、月刊地球、号外13、pp. 107-116、1995.
- 10) 岡田篤正：六甲-淡路島活断層系と兵庫県南部地震、地理、40(4)、pp. 86-97、1995.
- 11) 岡田篤正：六甲-淡路島活断層系と中央構造線活断層系、月刊地球、号外13、pp. 99-107、1995.
- 12) 岡田篤正：近畿の活断層と今回の地震断層、「阪神・淡路大震災誌—1995年兵庫県南部地震—」、57-82、朝日新聞社、733p.、1996.
- 13) 栗田泰夫・水野清秀・杉山雄一・下川浩一・井村隆介・木村克己：1995年兵庫県南部地震に伴って出現した地震断層、地質ニュース、486、pp. 16-20、1995.
- 14) 栗田泰夫・水野清秀・杉山雄一・井村隆介・下川浩一・奥村晃史・佃 栄吉：兵庫県南部地震に伴って淡路島北西岸に出現した地震断層、地震II、49、pp. 113-124、1996.
- 15) Nakata, T., Odaka, J., Goto, H., Asahi, K., Chida, N., Suzuki, Y., Watanabe, M. and Nakamura, T.: A trench study on the surface fault rupture in Awaji Island associated with the 1995 Hyogoken-nambu earthquake, Active Fault Research, 14, 1996.
- 16) 林 愛明・井宮 裕・宇田進一・飯沼 清・三沢隆治・吉田智治・靖松保貴・和田卓也・川合功一：兵庫県南部地震により淡路島に生じた野島地震断層の調査、地学雑誌、104、pp. 113-126、1995.
- 17) 林 愛明・井宮 裕・宇田進一・三沢隆治：野島地震断層の性状、応用地質、36、pp. 41-46、1995.
- 18) 林 愛明・宇田進一：野島地震断層の南北末端部の性状、活断層研究、14、pp. 70-79、1996.
- 19) 太田陽子・堀野正勝・国土地理院災害地理調査班：1995年兵庫県南部地震の際に出現した野島地震断層と被害状況、地学雑誌、104、pp. 143-155、1995.
- 20) 太田陽子：兵庫県南部地震（1995, 1, 17）で現れた野島地震断層による地表変位と災害の概要、地理学評論、69(A)、pp. 277-289、1996.
- 21) 鈴木勝義・海野芳聖・堀野正勝・木佐貫順一・星野 実・岩橋純子・水越博子・根本寿男・中野 修・飯田剛輔：兵庫県南部地震に伴う淡路島北部地域の地形変化、国土地理院時報、pp. 34-51、1995.

- 22) 岡田篤正・鬼木史子：兵庫県南部地震の地震断層、藤田和夫・岡田篤正編著「1995年（平成7）年兵庫県南部地震の地震断層と六甲－淡路島活断層系」、断層研究資料センター、pp. 1-49、1995.
- 23) 池辺展生編：兵庫県地質鉱産図(17万分の1)、同説明書、兵庫県（地質図作成委員会）、171p.、1961.
- 24) 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩：明石地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1図幅）、地質調査所、90p.、1990.
- 25) 池田安隆・澤 祥・東郷正美：1995年兵庫県南部地震に伴う野島地震断層の最大変位ベクトル、地震Ⅱ、48、pp. 531-537、1995.
- 26) 尾高潤一郎・中田 高・後藤秀昭・朝日克彦・千田 昇・坂本晃章・蓬田 清：1995年兵庫県南部地震で現れた地震断層の詳細図、活断層研究、14、pp. 80-106、1996.
- 27) 吾妻 崇・太田陽子・小林真弓・金 幸隆：野島地震断層崖の断面形の変化過程、地理学評論、69、pp. 365-379、1996.
- 28) 皆川 潤・大槻憲四郎・青野正夫・大友淳一・中村教博：野島地震断層の性状、応用地質、36、pp. 50-62、1995.
- 29) 海上保安庁水路部：明石海峡および大阪湾西部（海底地質構造図）、1995.
- 30) 岩渕 洋・春日 茂・殻田昇一・沖野郷子・志村栄一・長田 智：大阪湾西部の活断層、海洋調査技術、7、pp. 11-19、1995.
- 31) 岩渕 洋・春日 茂・殻田昇一：兵庫県南部地震による海底変動の調査、地質ニュース、490、44-49、1995.
- 32) 溝上 恵・中村正夫・瀬戸憲彦：1995年兵庫県南部地震の震源域周辺における連動性地震活動を伴う断層系、月刊地球、号外13、pp. 38-46、1995.
- 33) 兵庫県企業庁：淡路島国際公園都市灘山地区耐震調査報告書、65p. 1995.
- 34) 藤田和夫・前田保夫：須磨地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1図幅）、地質調査所、101p. 1984.
- 35) 櫻井 孝：神戸側での断層と被害について、「阪神大震災」中間報告会－人工改変と地震災害－予稿集、日本応用地質学会、pp. 38-54、1995.
- 36) 櫻井 孝：兵庫県南部地震によって現れた横尾山断層近傍の地山変状状況、応用地質、36、pp. 63-68、1995.
- 37) 櫻井 孝：震害状況から推定される断層変位運動、応用地質、36、pp. 40-49、1995.
- 38) 櫻井 孝：兵庫県南部地震により出現した横尾山地震断層、応用地質、37、pp. 452-462、1997.
- 39) 神戸大学工学部：兵庫県南部地震緊急被害調査報告書(第1報)、81p. 1995.
- 40) 渡辺満久・鈴木康弘・中田 高：1:25,000都市圏活断層図「神戸」・「須磨」・「明石」、国土地理院、1996.
- 41) 橋本 学：兵庫県南部地震の概要、国土地理院時報、83、pp. 6-14、1995.
- 42) 多田 堯・橋本 学・鷺谷 威・小沢慎一郎：1995年兵庫県南部地震の測地的断層モデル、月刊地球、号外13、pp. 136-140、1995.
- 43) 嶋本利彦：” 震災の帯 ” の不思議、科学、65、pp. 195-198、1995.
- 44) 平野昌繁・波田重熙：六甲山地東南部の断層の活動と変位地形、「阪神大震災」緊急合同報告会資料集、日本地質学会ほか「阪神大震災」学術調査団、pp. 24-27、1995.
- 45) 平野昌繁・藤田 崇：1995年阪神大震災に伴う地盤災害－とくに断層に沿う変位地形について、地球科学、49、pp. 77-84、1995.
- 46) 宮田隆夫・洪 景鵬・前田保夫：神戸－芦屋間における潜在活断層とその動き、「阪神大震災」緊急合同報告会資料集、日本地質学会ほか「阪神大震災」学術調査団、pp. 28-29、1995.
- 47) 竹村厚司：1995年兵庫県南部地震による神戸・芦屋市街地の舗装の亀裂、地質学雑誌、103、pp. 21-35、1997.
- 48) 竹村厚司：兵庫県南部地震後の神戸・芦屋市街地における亀裂調査について、兵庫教育大学研究紀要、17、pp. 61-73、1997.
- 49) 平田 直：1995年兵庫県南部地震の余震活動、月刊地球、号外13、pp. 63-70、1995.
- 50) Huzita, K. : Tectonic development of the Median zone(Setouchi) of Southwest Japan, Since the characteristic

structure of Central Kinki Area, Jour. Geosci., Osaka City Univ., Vol., pp 103-114, 1962.

- 51) 藤田和夫・笠間太郎：六甲山地とその周辺の地質、神戸市および隣接地域地質図（5万分の1）、神戸市企画局、58p.、1971.
- 52) 藤田和夫・笠間太郎：大阪西北地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1図幅）、地質調査所、112p. 1982.
- 53) 藤田和夫・笠間太郎：神戸地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1図幅）、地質調査所、115p. 1983.
- 54) 栗田泰夫・水野清秀ほか：1万分の1野島断層地質図、地質調査所、印刷中.
- 55) 鈴木康弘：古・兵庫県南部地震を探る－野島断層のトレンチ調査、太田陽子・島崎邦彦編「古地震を探る」、古今書院、pp.210-215、1995.
- 56) 鈴木康弘・渡辺満久・吾妻 崇・岡田篤正：六甲－淡路島活断層系と1995年兵庫県南部地震－変動地形学的・古地震学研究と課題－、地理学評論、69A、pp.469-482、1996.
- 57) 活断層・地震予知特別研究室：平成7年度に実施した活断層調査の成果概要、地質ニュース、506、pp.15-23、1996.
- 58) 星野 実・水越博子・海野芳聖・村上広史・山後公二：野島地震断層周辺の地殻変動および被害・地形との関係－写真測量による変位量計測でデータおよびGISによる分析－、国土地理院時報、86、pp.20-36、1996.
- 59) 星野 実・村上広史・水越博子・山後公二：兵庫県南部地震による野島断層周辺の地表面変動、地理学評論、69、pp.483-492、1996.
- 60) 活断層研究会：日本の活断層－分布図と資料、東京大学出版会、363p. 1980.
- 61) 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆：1:25,000都市圏活断層図「大阪東北部」「大阪西北部」、国土地理院、1996.
- 62) 松山紀香・岡田篤正：空中写真判読による六甲山地南麓部の活断層詳細図－試作例－、活断層研究、9、pp.69-92、1991.
- 63) 丸山 正・林 愛明・宮田隆夫：六甲山地東部五助橋断層帯の変位地形と第四紀後期の活動性、活断層研究、16、pp.59-72、1997.
- 64) 杉村 新：六甲山周辺の活断層、兵庫県震災対策調査報告書、1-26、兵庫県、1981.
- 65) 原口 強・岡村 眞・露口耕治：1995年兵庫県南部地震に伴う野島地震断層調査、応用地質、36、pp.51-61、1995.
- 65) 藤田和夫・佐野正人：阪神・淡路大震災と六甲変動－“震災の帯”をもたらした埋没大地形－、科学、66、pp.793-805、1996.
- 66) 渡辺満久・鈴木康弘・岡田篤正：神戸・芦屋・西宮市街地の活断層と兵庫県南部地震に伴う震災の帯。地形、18、pp.223-232、1997.
- 67) 阪神地域活断層調査委員会：阪神・淡路大震災と六甲変動、兵庫県南部地震域の活構造報告、兵庫県人と自然の博物館、225p.、1996.
- 68) 寒川 旭：揺れる大地－日本列島の地震史、同朋舎出版、272p、1997.
- 69) 吾妻 崇：淡路島北部における活断層の活動度の再評価、第四紀研究、36、pp.29-42、1997.
- 70) 高橋 浩・寒川 旭・水野清秀・服部 仁：洲本地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）、地質調査所、107p.、1992.
- 71) 岩崎好規・香川敬生・澤田純男・松山紀香・大志万和也・井川猛・大西正純：エアガン反射法地震探査による大阪湾の基盤構造、地震、46、pp.395-403、1994.
- 72) 藤田和夫：大阪湾岸の地質、日本建築構造技術者協会、Structure、36、pp.25-29、1990.
- 73) 中村一明・松田時彦・守屋以智雄：火山と地震の国、新版日本の自然1、岩波書店、371p.、1995.
- 74) 尾崎正紀・松浦浩久：三田地域の地質、地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）、地質調査所、93p、1988.
- 75) 藤田和夫・池辺展生・市原 実・小島信夫・森島正夫・森下 晶・中世古幸次郎：大阪層群とそれに関連する新生代層、地球科学、6、49-60、1951.
- 76) 市原 実：大阪・明石地域の第四紀層に関する諸問題、地球科学、49、pp.15-25、1960.

- 77)Ikebe, N.,Iwatsu, J.and Takenaka, J.:Quaternary Geology of Osaka with special reference to land subsidence. Jour. Geosci. Osaka City Univ., 13, pp.39-98, 1970.
- 78)吉川周作・中川康一・川辺孝幸・古谷正和・大四雅弘：大阪市深層ボーリングOD-2・OD-1コアの再検討。地質学雑誌、93、pp. 653-665、1987.
- 79)中世古幸次郎・西村明子・山内守明・菅野耕三・竹村厚司：微化石総合調査、関西国際空港地盤地質調査、災害科学研究所報告、pp. 7-12、1984a.
- 80)中世古幸次郎・竹村恵二・西脇二一・中川要之助・古谷正和・山内守明：大阪湾泉州沖海底地盤の層序、関西国際空港地盤地質調査、大阪大学災害科学研究所報告、pp. 191-198、1984b.
- 81)土質工学会関西支部：海底地盤－大阪湾を例として－、406p. 1995.
- 82)兵庫県人と自然の博物館編：阪神・淡路大震災と六甲変動、兵庫県南部地震域の活構造調査報告、106 p. 1997.
- 83)衣笠善博・水野清秀：神戸地域の地下地質、兵庫県南部地震の地質学的背景（第11回地質調査所研究講演会資料）技術資料、No. 265、pp. 77-80、1996.
- 84)大阪市：上町断層【上町断層帯】に関する調査、平成7年度・8年度自身調査研究交付金成果報告会予稿集（科学技術庁）、pp. 90-94、1997.
- 85)中川康一・伊藤岳彦・三木茂・福島真英：エアガンによる大阪市南部の反射実験、地震学会春季大会、pp. 195、1983.
- 86)中川康一・岩崎好規・横田 裕：弾性波からみた大阪平野の地下、大阪層群の諸問題、日本応用地質学会関西支部、pp. 90-105、1989.
- 87)吉川宗治・町田喜之・寺本光雄・横田 裕・長尾英孝・梶原正章：大阪市内における反射法地震探査、第77回春季物理探査学会、1987.
- 88)横田 裕・井川 猛・佐野正人・竹村恵二：大阪湾から六甲山にかけての反射法地震探査、阪神・淡路大震災と六甲変動－兵庫県南部地震地域の活構造調査報告、pp. 57-89、1997.
- 89)遠藤秀典・渡辺史郎・牧野雅彦・村田泰章・渡辺和明・卜部厚志：兵庫県神戸市及び芦屋市における伏在断層と基盤構造、物理探査、48、pp. 439-450、1995.
- 90)遠藤秀典・渡辺史郎・牧野雅彦・村田泰章・渡辺和明・卜部厚志：1995年兵庫県南部地震による阪神地域の被害と伏在断層との関係、第四紀研究、35、pp. 165-178、1996.
- 91)井川 猛・川中 卓・清水信之・阿部 進・横倉隆伸・加野直巳・山口和雄・宮崎光旗：1995年兵庫県南部地震震源域の周辺の深部反射法調査について、物理探査、49、pp. 420-434、1996.
- 92)横倉隆伸、加野直巳、山口和雄、宮崎光旗、井川猛、太田陽一、川中卓：1995年兵庫県南部地震震源周辺の断層、基盤構造について（概報）、物理探査、49、pp. 435-451、1996.
- 93)河村知徳・荒井良祐・小先章三・伊藤谷生・津村紀子：淡路島小倉地域における反射法地震探査の結果とボーリングコアを用いた弾性波速度測定、月刊地球号外、21、1998.
- 94)竹村恵二・加藤茂弘・井上善夫・石沢一吉・大鹿明文・戸来正嗣・野尻誠二・檀原 徹・林田 明・佐野正人：六甲南縁部の地下堆積物の研究－神戸市摩耶埠頭および東灘区でのボーリング調査－、阪神・淡路大震災と六甲変動－兵庫県南部地震地域の活構造調査報告、pp. 10-56、1997.
- 95)Nakagawa, K., Ryoki, K., Muto, N., Nishimura, S. and Ito, K. : Gravity Anomaly Map and Inferred Basement Structure in Osaka Plain, Central Kinki, South-west Japan., Journal of Geoscience, Osaka City University, 34, 5, pp. 103-117. 1991.
- 96)西南日本重力研究グループ：日本列島中央部の重力異常図、地調報告、No. 280、pp. 29-36. 1994.
- 97)志知龍一・中村佳重郎・慈道 充・赤松純平・西村敬一・駒澤正夫：兵庫県南部地震震源域北部後背地における重力精査、地球惑星科学関連学会1996年合同大会、I22-P18S、1996.
- 98)村田泰章・牧野雅彦・遠藤秀典・渡辺和明・渡辺史郎・卜部厚志：神戸市、芦屋市、西宮市における精密重力探査（1）、地質調査所月報、47、pp. 109-132. 1996.
- 99)中川康一・井上直人・領木邦浩：大阪盆地の基盤構造、都市耐震センター研究報告、別冊第18号、pp. 11-25. 1996.
- 100)駒澤正夫・太田陽一・渋谷昭栄・熊井基・村上稔：大阪湾の海底重力調査とその構造、物理探査、49、

- 6、pp. 459-473、1996.
- 101) 佃 栄吉・高橋 誠・佐藤 努・松本則夫・伊藤久男：近畿地域における地下水観測井の概要、兵庫県南部地震の地質学的背景（第11回地質調査所研究講演会資料）技術資料、No. 265、pp. 84-86、1996.
- 102) 市原 実（編）：大阪層群、創元社、340p. 1993.
- 103) 市原 実・吉川周作・三田村宗樹・水野清秀・林 隆夫：12万5千分の1「大阪とその周辺地域の第四紀地質図」、アーバンクボタ、No. 30、1991.
- 104) 津田景三：夢野—西代の地形・地質、湊川高校、1965.
- 105) 安藤雅孝・島崎邦彦・竹村恵二：総論：断層解剖計画、月刊地球号外、21、1998.
- 106) 竹村恵二・伊藤久男・池田隆司・田中秀実：野島断層掘削の意義・課題と現状—コア解析に関連して、月刊地球、号外21、1998.
- 107) 安藤雅孝：断層解剖計画で何がわかったか？、断層計画シンポジウム、平成8年度京大防災研究所共同利用研究成果報告書、1997.
- 108) 竹村恵二・村田明広・宮田隆夫・林愛明・外田智千：断層解剖計画における掘削コアの記載（層序と構造、年代）、断層計画シンポジウム、平成8年度京大防災研究所共同利用研究成果報告書、1997.
- 109) 村田明広・竹村恵二・宮田隆夫・林 愛明：野島断層500mボーリングコアの層序と累積変位、月刊地球、号外21、1998.
- 110) 伊藤久男・桑原保人・宮崎光旗・西沢 修・木口 努・藤本光一郎・大谷具幸・田中秀実・樋口孝幸・Susan Agar・Alain Brie・山本裕祥：断層を貫く坑井調査による野島断層の深部構造、物理探査、49、pp. 522-535、1996.
- 111) 藤本光一郎・大谷具幸・田中秀実・樋口孝幸・富田直人・伊藤久男・Susan M. Agar：地震直後の断層破碎帯の性質—地質調査所平林坑井のコアの物質科学的解析、月刊地球、号外21、1998.
- 112) 池田隆司・飯尾能久・小村健太郎：阪神・淡路活断層ドリリング—野島平林・岩屋・甲山における掘削と応力測定—、断層計画シンポジウム、平成8年度京大防災研究所共同利用研究成果報告書、pp. 33-35、1997.
- 113) 田中秀実・池田隆司・伊藤久男・新井宗史・大谷具幸・小村健太郎・小林健太・佐野広征・富田倫明・富田直人・樋口孝幸・平野聡・藤本光一郎・松田達生・山崎暁子：野島地震断層掘削コア（GSJ and NIED）に見られる断層岩の産状、地質学雑誌、1998（印刷中）。