

2. 阪神・淡路地域の地形・地質・活断層

Topography, geology and active faults of the Hanshin-Awaji area, as tectonic implications to the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake

石沢一吉, 岡部幸彦

Kazuyoshi Ishizawa, Yukihiko Okabe

Abstract

So called the "Disaster Belt" was produced between the Rokko Mountains and the Osaka Bay with the 1995 Hyogo-ken Nanbu Earthquake. Various factors such as earthquake source, wave propagation, topography, geology, and also distribution of houses have been calibrated by energetic studies after the Earthquake. One of the most important factors is geology-related effects, including the distribution of active faults beneath urban areas. In this paper, the characteristics of topography, geology and active fault systems in and around Hanshin-Awaji area are described as a background of the Disaster.

The Hanshin-Awaji area is one of the representative area of the neotectonic movement of Southwest Japan, called the "Rokko Movements". Major Topographic features of this area are resulted from the Quaternary tectonic movements. The Osaka basin has filled with Quaternary sediments up to a thickness of more than 1000m, while the elevated peneplain of the Rokko Mountains reaches 800-900m above sea-level. This means that the vertical displacement of the surface of the basement between the Rokko Mountains and Osaka bay reaches about 2000m, most of which has occurred during the latest Pleistocene to Holocene. Then, it can be said that the Hyogo-ken Nanbu Earthquake is one of the continued activities of the Rokko Movements.

It is clear that the distribution of damage, ground failure such as liquefaction and soon, caused by the Earthquake showed close relation to geology. Many researches after the event pointed out that the seismic motion and damages are affected by the combination of seismic source, irregular shape of basement, and geology. Urban planning and urban disaster prevention countermeasure should consider the geological characteristics and the neotectonic process of the area as a basic factor for the mitigation of earthquake disaster.

1 まえがき

「1995年1月17日の兵庫県南部地震は、六甲と淡路を結ぶ明石海峡を震源として起こった。私は神戸の被災地の中心でこの地震を経験し、胸つまる思いで、多年頭の中に描きつづけてきた「六甲変動」の現実の姿を、今までのあたりにしているのだと思った。」これは、長年の間六甲山地の地質の研究に携わり、そして兵庫県南部地震で被災された藤田和夫大阪市立大学名誉教授の懐述である(藤田, 1996)。その深奥には、地質学的研究が明らか

かにしてきたネオテクトニクスに対して、「さもありません」といった肯定的なものがあつたに違いない。

阪神地域の地形や地質のなりたちは、戦後間もない頃から大阪市立大学の藤田和夫、市原実、笠間太郎、岸本兆方等によって精力的に調べられ、近畿地方の第四紀層の模式地とされてきた。また、詳細な層序学的・年代学的研究に基づいて、活断層の活動経緯や芝の不整合・満池谷不整合といった第四紀における地殻変動の歴史が明らかにされてきている。それによると、人類紀である第四紀の日本列島は、それまでアルプス造山運動後の穏や

かな時代であると考えられてきたが、そうではなく、現在見られる山地と平野との地形的対照を形作った地殻変動が激しく行われている時代であり、しかも最近50万年前以降からその地殻変動は激しさを増し、現在はその延長線上にあると認識されるようになった。こうした現代に引き続く地殻変動は、六甲山周辺にその痕跡を顕著に認めることが出来るため、“六甲変動”と呼ばれている(藤田, 1983, 1985)。今回の兵庫県南部地震は、巨大都市神戸に強烈なダメージを与えたため、異常な地震と考えられがちであるが、現代へと続く六甲変動の一つの活動であると考えれば、この地震も起こるべくして起こった普通の“直下型”地震であると言えるであろう。

兵庫県南部地震に伴って、淡路島北西部の野島断層に沿って明瞭な地震断層が生じた。六甲山南麓には明瞭な地震断層が出現しなかったにもかかわらず、神戸市から芦屋市、西宮市にかけての地域に帯状にのびる幅約2 kmの“震災の帯”(嶋本ほか, 1995)と称せられる震度VIIの激震地帯が生じた。この“震災の帯”の原因を巡って、震災直後からさまざまな見解が出されてきた。震災の帯の存在を始めに報告した嶋本ほか(1995)は、最近50万年間の東西圧縮応力下で六甲が上昇し大阪湾が沈降するという長期的な地殻変動(六甲変動)を念頭に置いて、震災の帯直下に主断層(Master fault)が存在し、それが活動したとする見解を発表した。その後まもなく、地震予知連絡会が「神戸市街下の断層は動かなかった」という見解を公表して以来、市街下の断層が動いたと考える人はごく少数になってしまった。また、“震災の帯”そのものが帯状に連続するものではなく断続的な分布を示すことが指摘され、その分布が地形遷急線や谷底低地や後背湿地等の分布に対応することから、“震災の帯”の原因が地形や地盤に規制されているとする見解も出された(例えば、石川ほか, 1995; 吉岡ほか, 1995)。そして、震災直後から、六甲山南麓から大阪湾にかけての地域で深部構造探査が行われ、震災の帯北限部の地下に埋没した断層崖地形があり、大阪層群上部亜層群まで含めた撓曲帯を形成しているものの、上部洪積層から沖積層への変位は明らかではないことが判明した(兵庫県, 1996)。これらの結果を踏まえて、“震災の帯”は、伏在する活断層の動きに直接起因するというよりも、六甲山地と大阪盆地との間にある埋没断層崖地形による地震動の増幅に起因するとする考えが多く述べられるようになった(例えば、入倉, 1996; 藤田・佐野, 1996)。しかし、“震災の帯”北限部の地下に伏在することが確認された断層群が、大阪層群上部亜層群までを含めた撓曲帯を形成し、六甲山地と大阪盆地とを画する断層帯として六甲

変動を通じて形成されてきたことは確かであろう。また、震災後に六甲山周辺で得られた測地学的資料(国土地理院, 1995)は、六甲山南麓のいずれかの活断層が右横ずれ運動を行ったことを示している。これらのことは、“震災の帯”の原因が地震動の増幅で基本的には説明できるにしても、その北限部地下に埋没する断層群が今回の地震でもネオテクトニクスの上で重要な役割を演じたであろうことを示唆していると思われる。むしろ、基盤岩中の断層の変位が、その上部の厚い被服層によって吸収され、地表には明瞭な形で表現され得なかったと考えたほうが妥当なのではなかろうか。

“震災の帯”の原因を巡ってさまざまな見解が出される中で、構造物の被害と地盤との関係、あるいは構造物の新旧と倒壊率との関係といった“震災の帯”の原因そのものに直接関係のない報告が多数出されるにおよんで、兵庫県南部地震の地質学的特徴がぼやけてしまい、煩雑で混沌としたイメージのみが一般の人々に残った。その一方で、“活断層”や“直下型地震”といった言葉だけが一人歩きし、ネオテクトニクスとの関わりへが理解されないまま、兵庫県南部地震は偶発的で異常な現象として取らられようとしている。しかし、上述したように、兵庫南部地震は、地質学的研究が明らかにしてきた六甲変動の一部として捉えたとき、まさに起こるべくして起こった普通の“直下型地震”であり、六甲山地と大阪盆地との対極を形成してきた断層系の活動の現れであると見ることが出来る。

以下に、兵庫県南部地震の地質学的背景としての阪神・淡路地域の地形と地質の成り立ちを、六甲変動という大局的な観点から概括し、併せて地震に伴う活断層の動きとその解釈を巡る幾つかの見解を紹介したい。

最後に、都市防災の上で平野部の地質構造とその発達史を明らかにして行くことが、重要な課題であることを指摘したい。

2. 阪神・淡路地域の地形と地質の概要

1) 大地形と活断層

兵庫県南部地震以降、「近畿三角地帯」という語をよく耳にする。

近畿三角地帯とは、敦賀湾を頂点として、敦賀断層-花折断層-有馬・高槻構造線-六甲・淡路島断層系を結ぶ北西の縁と、柳ヶ瀬断層-関ヶ原断層-養老断層系-伊勢湾断層を結ぶ北東縁、そして底辺の中央構造線で画される地域で、第四紀後半以降の東西圧縮の造構地殻応力場で形成された様々な活構造が発達している(Hujita, 1962, 図-1参照)。この近畿三角地帯内部には、比良

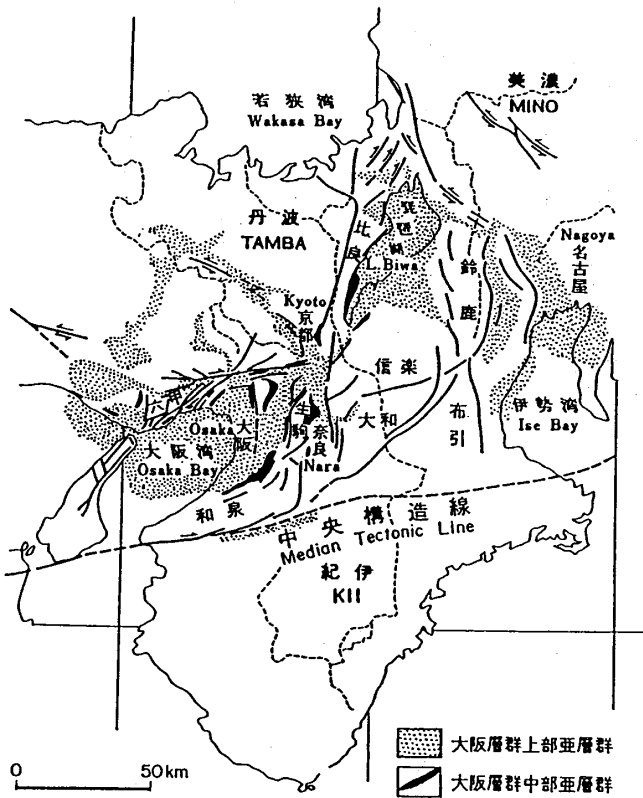


図-1 近畿トライアングルの第四紀層の分布と第四紀層
Fig.1 Quaternary fault systems and Quaternary sediments of the Kinki Triangle.

山地と琵琶湖、生駒山地と奈良盆地、淡路島と大阪湾、そして養老-鈴鹿山地と伊勢湾といった組み合わせに見られるような、南北方向の軸を持つ山地と盆地とが組み合わせられて、起伏に富んだ地形を形成している。これは、基盤褶曲と呼ばれる基盤岩のうねり状の起伏が次第に増大し、それが逆断層運動に発展し、ブロック化した山塊が急上昇して形成されたものである。一方、近畿三角地帯の外側には、丹波山地、美濃山地、紀伊山地などの山地が広がるが、その山頂部の標高は概ね一定で、かつての準平原の名残をとどめている。またその山塊の外形は、北東-南西方向と北西-南東方向の直線で区画されたような矩形をなして、北東-南西と北西-南東の2系統の横ずれ断層によってブロック化していることを示している。このような三角地帯の内と外に見られる地形的な対照は、三角地帯を構成する花崗岩類が圧縮応力下で延性的に撓み曲がるような変形を行ったのに対し、外側の古期堆積岩類が脆性的に横すべりの変形を行ったためと考えられている (Hujita, 1969)。

2) 六甲山周辺の活断層

六甲山周辺地域は、この近畿三角地帯の西北縁に位置し、東西圧縮の応力場で形成された様々な活断層が分布する (図-2)。これらの活断層の多くは、これを横切る尾根筋や河谷を横ずれ変位させるとともに、山地斜面・段丘面・扇状地面などに上下方向の変位を与え、数万年以上以降にも断層運動を激しく行ったことを示している。また、六甲山地周辺に発達する活断層には、方向性や活動様式に次のような規則性が認められる。山地の東南側を走る北東-南西方向の活断層としては、須磨、会下山、諏訪山、布引、大月、五助橋、渦ヶ森、芦屋、甲陽、伊丹断層などがある。これらは、山地南部では東北東-西南西方向で右横ずれの動きが卓越しているが、東部になると北東-南西走向になり上下方向の動きがかなり伴われてくる。これは、これらの北東-南西方向の六甲断層系と北東縁の有馬・高槻構造線とともに右横ずれ運動を行うことにより、その接合部に当たる六甲山地が一種のプレッシャーリッジとなって、西へ傾動しつつ上昇をおこなったことを物語っている (宮内ほか, 1995)。このため、大阪平野下では深度約700mに分布する大阪層群の第1海成粘土層 (Ma1) が、芦屋断層の西側で標高250mの位置に、五助橋断層の西側で標高500mの位置にそれぞれ分布していて、1000m余の落差を生じている (藤田・笠間, 1982)。六甲山地内部や北側を東西方向に走る断層としては、高取山、万福寺、北摩耶、山田、射場山、湯漕谷、六甲断層などがある。これらの断層群も、右横ずれが主な動きであり、南側から北側へ突き上げる上下運動を伴うことが多い。さらに、南北方向に延びる断層として、高塚山や丸山断層、鈴蘭台撓曲があり、これらは東から西へ突き上げる逆断層運動を行っている。以上の主要活断層の他に、六甲山地内部には、これらと共役の関係にある北西-南東走向の左横ずれ型の断層群が分布し、六甲山地が東西圧縮の応力場にあることを示唆している (Hirano, 1969; 石沢・岡部, 1996)。

六甲山南麓の沖積低地の下にも、ボーリング調査や音波及び地震波探査で明らかにされた活断層が知られている (図-3及び図-4, 笠間・岸本, 1974; 藤田・前田, 1984; 兵庫県, 1996)。それらは、須磨、諏訪山、五助橋、芦屋、甲陽断層の延長に当たると考えられるもの、和田岬断層、摩耶断層、そして大阪湾断層などである。和田岬断層と摩耶断層は、約10万年前の第12海成粘土層 (Ma12) を上下方向に約30m食い違わせる撓曲構造を示すが、断層地形は地表面には見られない。両断層は、上下変位だけで30cm/1000年の平均変位速度を持つ

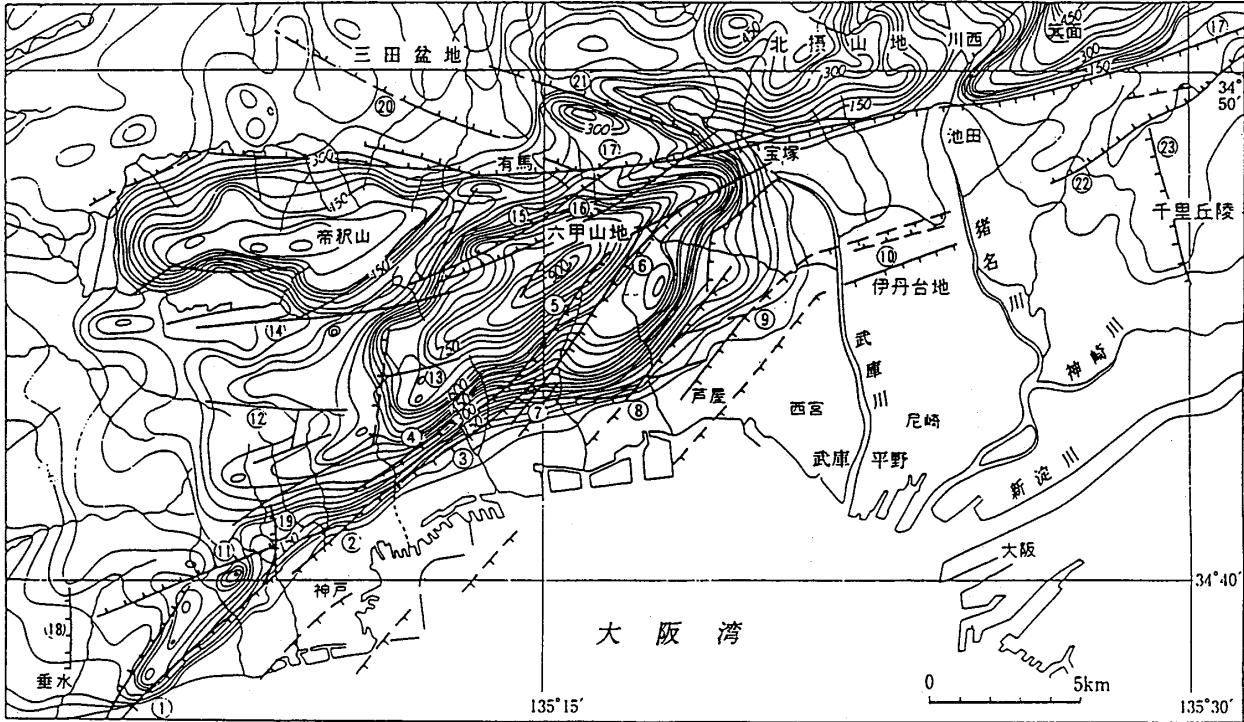


図-2 六甲山地と周辺の活断層 (岡田, 1995から引用)

Fig.2 Active fault systems in and around Rokko Mountains, after Okada (1995).

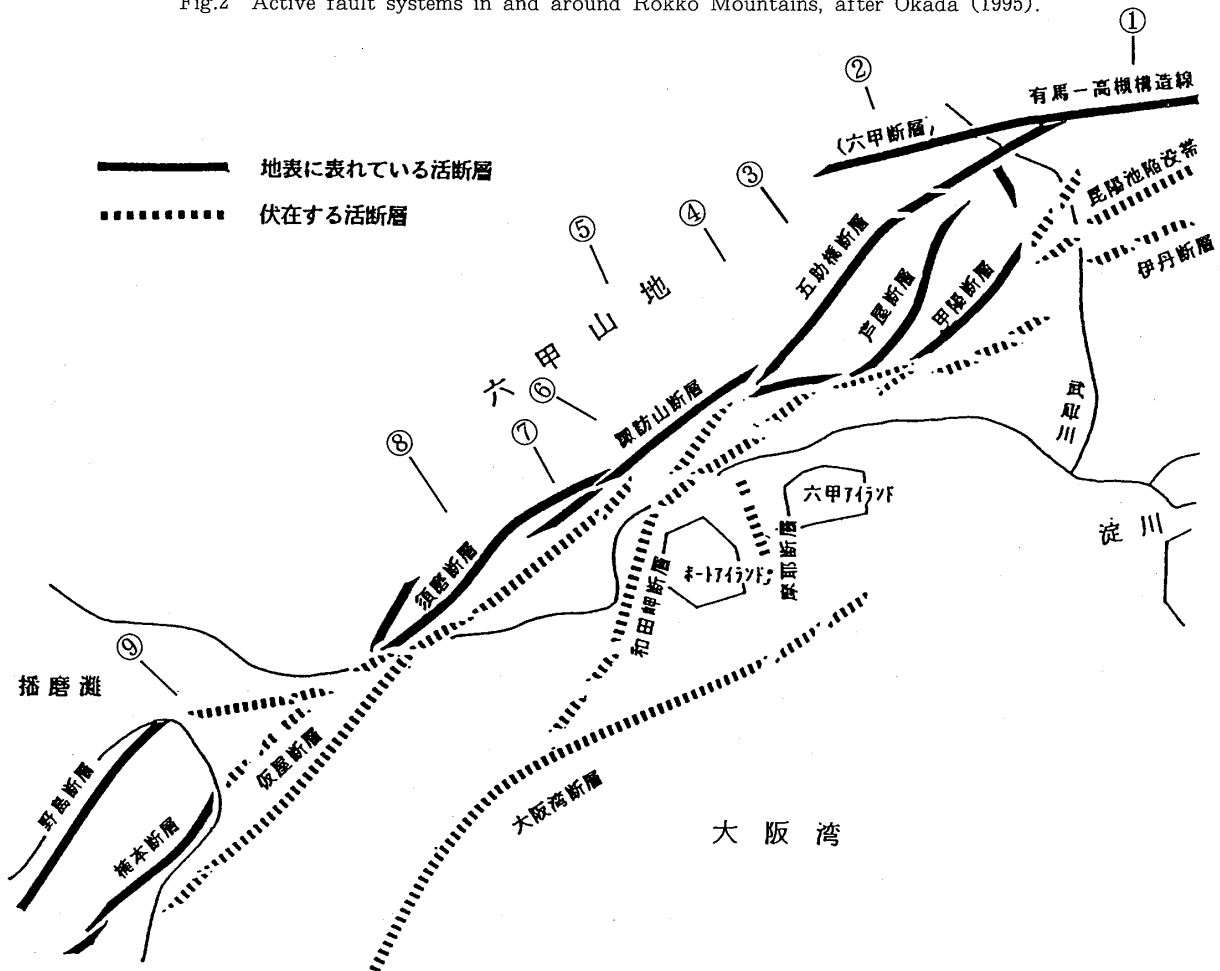


図-3 神戸・阪神地域の主な活断層系 (兵庫県, 1996)

Fig.3 Active fault systems in Kobe-Hanshin area, after Hyougoken (1996).

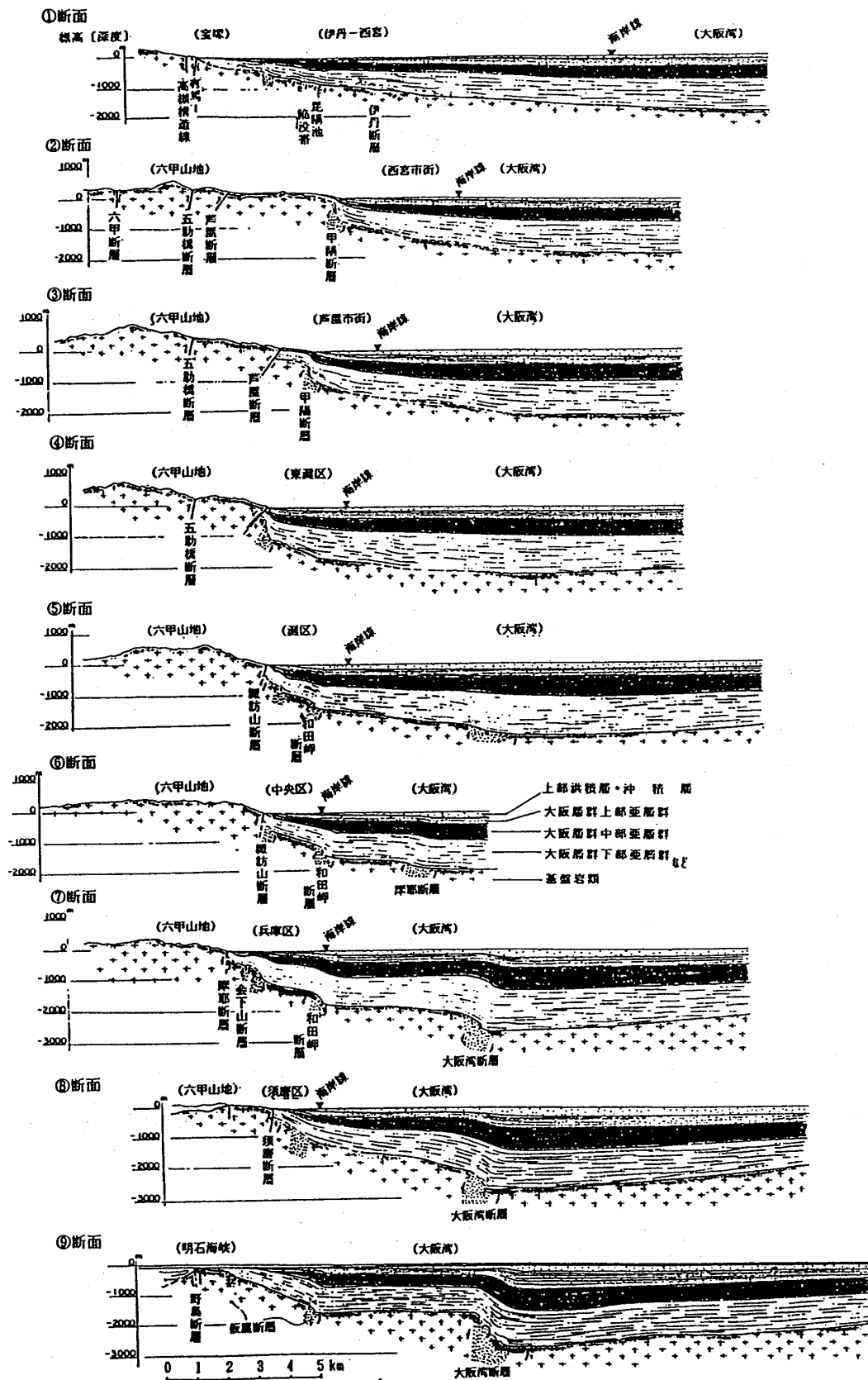


図-4 神戸・阪神地域の地質断面図（兵庫県，1996から引用）

縦横比は1：1。断面線位置は図-3参照。

Fig.4 Geological profiles of Kobe-Hanshin area, after Hyougo-ken Nanbu earthquake (1996).

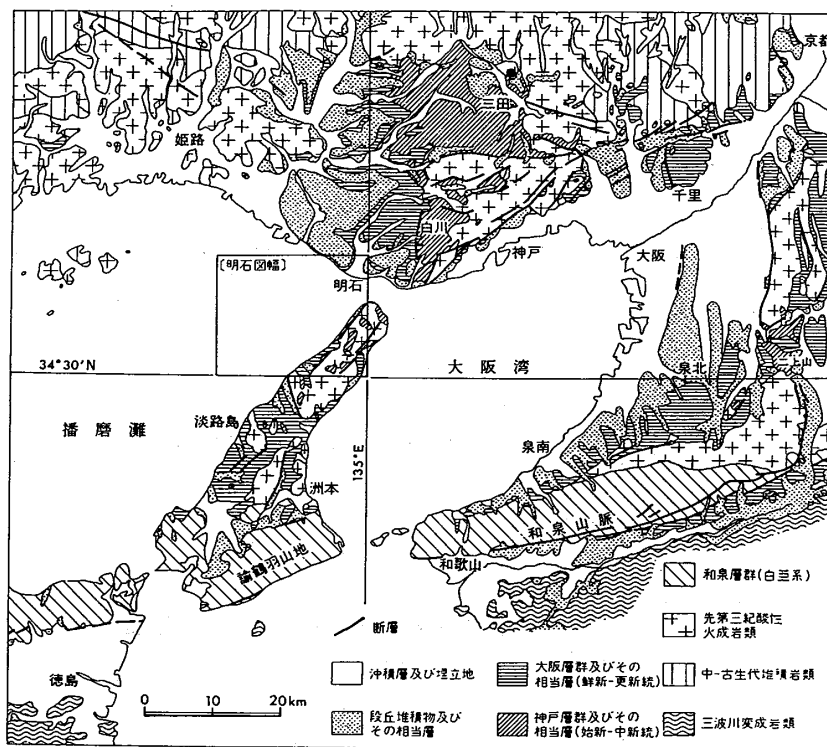


図-5 阪神・淡路地域の地質概略図 (水野ほか, 1990)

Fig.5 simplified geological map of the Hanshin-Awaji area, after Mizuno, et al.(1990)

表-1 神戸市周辺地域の地質総括表 (藤田・笠間, 1982から引用)

Table 1 Summary of the geology of the kobe district, after Hujita and Kasama (1982)

地質年代		地質系統		主な地史	
新 生 代	第四紀	完新世	砂州・砂堆・自然堤防 (b) 崖 錐 (ta) 低位段丘 (Tl) 低位段丘 (Tm) 低位段丘 (Th)	被 覆 層	沖積平野の形成
		更新世 { 後期 中期 前期	大阪層群 { 上部亜層群 (O3) 中部亜層群 (O2) 下部亜層群 (O1)		段丘の形成 第二瀬戸内海時代 瀬戸内湖水湖時代
	第三紀	鮮新世 中新世	甲山安山岩 神戸層群 { 淡河累層 { 上部 (Kou) 下部 (Kol) 吉川累層 { 上部 (Kyu) 下部 (Kyl) 有野累層 (Ka)	瀬戸内系火山岩の噴出 古神戸湖の時代	
中生代	白亜紀	六甲花崗岩 (Rg) 土橋石英閃緑岩 (Dq) 石切山花崗岩 (Ig) 有馬層群 (Nl, Tt, Sm) 布引花崗閃緑岩 (Ng)	基 盤 岩 類	第一瀬戸内海時代	
新古生代		丹波層群 (T)		広島型花崗岩の進入 後期中生代火山岩類の最盛活動期 領家型花崗岩の進入 秩父地向斜時代	

表-2 大阪層群の層区分の対応関係 (尾崎・松浦, 1988)
 Table 2 Correlation of stratigraphic successions of the Osaka group, after Ozaki and Matsuura (1988).

地質時代	市原・小黒 (1958) 市原 (1960) 市原ほか (1960) による層序区分		植物群	海成粘土層	藤田・笠間 (1983) による層序区分		大阪層群	
更新世	高位段丘構成層		(明美丘陵北部)	Ma10 Ma9 Ma8 Ma7 Ma6 Ma5 Ma4	上部亜層群			明美累層
	大	上			満池谷の不整合		明石累層 (狭義)	
					阪	下		
	層	部					西条層	
三木礫層			メタセコイア植物群	Ma0 Ma1				
鮮新世	最下部		繁栄期					

で、横ずれを考慮すると、さらにその変位速度は大きくなると言える。大阪湾断層は、基盤に東落ち約1000mの上下変位を与えている逆断層で、完新統にも変位が見られるので、典型的な活断層であると考えられている (藤田, 1990)。これらの伏在活断層群は、基盤褶曲に伴い被覆層を変位させてはいるものの、地表付近での地層の変形は緩やかであり、地表までは大きな断層変位としては延びていない。

3) 地質の構成

阪神・淡路地域には、ジュラ紀付加堆積物としての丹波帯地層群、白亜紀花崗岩類及び火山岩類、白亜紀末期の和泉層群、そしてそれらを被覆する神戸層群、大阪層群、段丘構成層、沖積層などが分布する (図-5, 表-1 参照)。

<基盤岩>

基盤岩類は、丹波帯地層群、白亜紀花崗岩類、和泉層群等で構成され、山地周辺の丘陵・台地から沖積低地・大阪湾に向かって傾動や基盤褶曲を行いながら地下へ潜り、大阪湾底では深度約3000mまで沈降している。基盤岩の深度は、各種の探査等によって大阪平野では600~1500m、神戸地域の湾岸部では1000~2000mにも達している (図-4 参照)。

基盤岩類の上部には、新第三紀鮮新世後期 (約300万年) 以降に堆積した粘土・シルト・砂・砂礫などから構

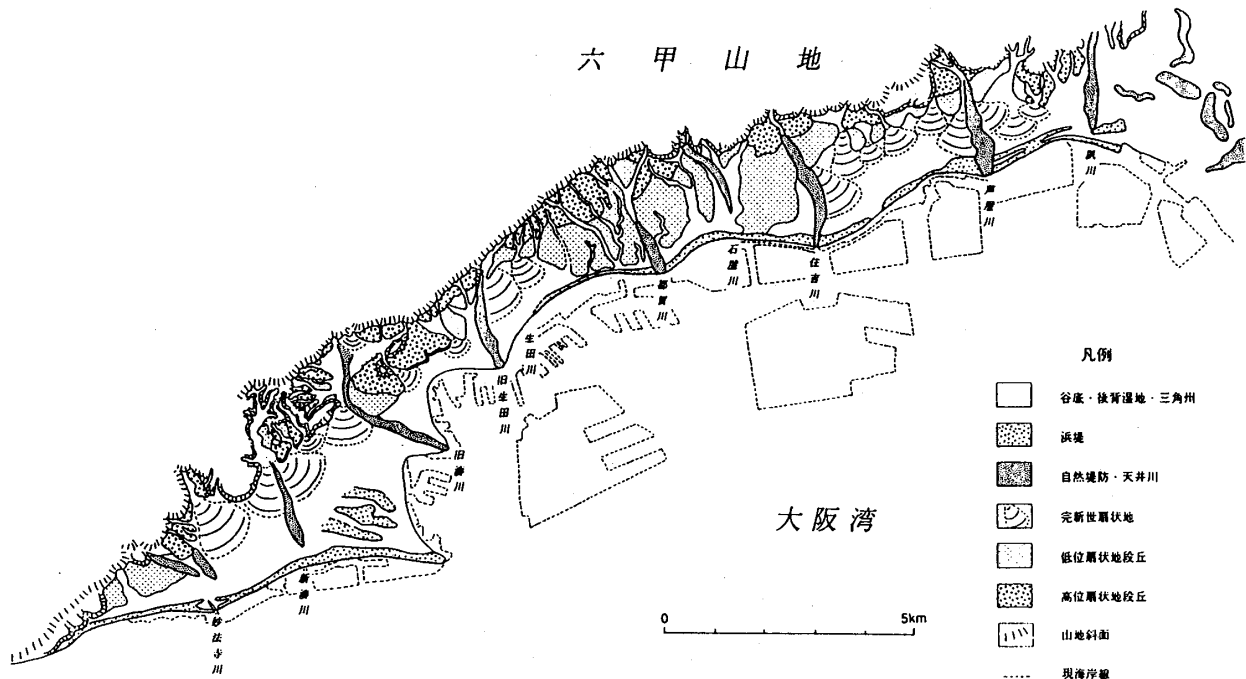


図-6 阪神地区の地形分類図 (吉岡ほか, 1995)
 Fig.6 Geomorphological map of the Hanshin area, after Yoshioka et al.(1995)

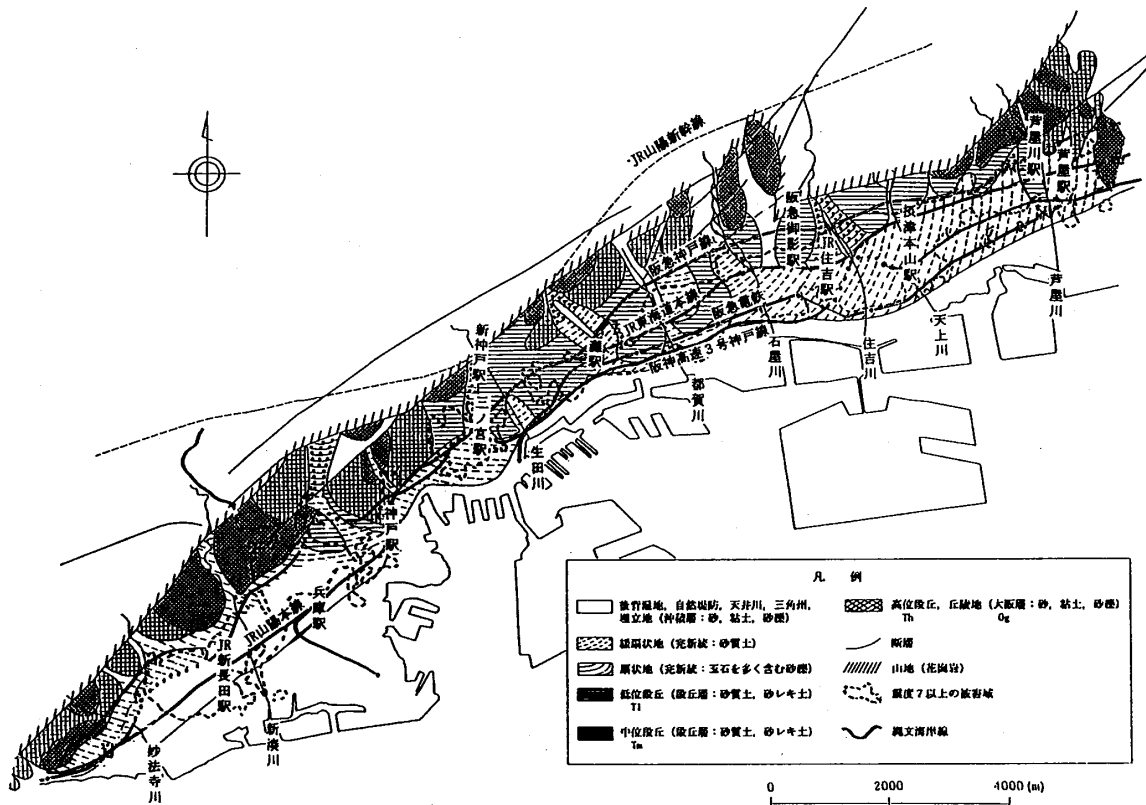


図-7 六甲山南麓平野の地形分類略図 (高橋, 1996)

Fig.7 Geomorphological map of Kobe, after Takahashi(1996)

成される未固結層が分布している。これらの地層は大阪層群と呼ばれている。大阪層群の上位に分布する段丘構成層に相当する時期(約20万年~2万年前)の地層は上部洪積層, 最終氷期最終寒冷期以降(約2万年前~現在)の地層は沖積層として区分されている。

<大阪層群>

大阪層群は, Ma-1~Ma10と呼ばれる海成粘土層が挟まれ, 淡水成層と互層をなす。Ma-1より下位の地層は全て淡水成である。この12枚の海成粘土層と, その間に挟まれる30枚以上の火山灰層を鍵層として層序区分がなされているが, Ma0の下位の層準に存在する芝の不整合(横山他, 1981)と, Ma5とMa6の間付近に存在する満池谷不整合(Hujita, 1954)を認めるかどうかで区分が多少異なっている(表-2参照)。ここでは, 藤田と笠間(1983)に従って, 芝の不整合より下位の層準を大阪層群下部亜層群, これから満池谷不整合までの層準を中部亜層群, これより上位の層準を上部亜層群として扱うことにする。

大阪層群下部亜層群は, 全体として砂礫層優勢な淡水成のシルト-粘土層, 砂層及び礫層の互層からなる扇状地ないし湖沼成の堆積物で, 当時の基盤の起伏に支配された分布を示している。中部亜層群は, 瀬戸内区が海水の進入を受けて内海化してきた時期の堆積物で, 海進期

の海成粘土層と海退期の砂礫優勢層との互層から構成される。海成粘土層の分布を見ると, Ma1が最も広く分布し, 東播, 大阪, 京都, 奈良盆地に及ぶ広い範囲に分布し, 堆積相も安定している。しかし, これより上位の海成粘土層は分布が狭くなっていることから, 背後の山地の上昇に伴う堆積盆の縮小が行われたものと考えられている。上部亜層群は, 地域毎に層相の変化が激しい。六甲山南麓では山麓扇状地ないしは崖錐状の堆積物であるが, 大阪湾方向へ向かうにつれて海成粘土を含む厚層に変わっている。こうした分布や堆積状況から, 上部亜層群堆積時期以降に, 六甲山地は激しく隆起し, その運動は完新世にも引き続いていると考えられている。

<段丘構成層>

段丘構成層は, 基本的には砂や礫を主体とし, 山麓や丘陵の縁辺部に発達する段丘面を構成している。段丘面の区分の仕方は研究者によって異なるが, 一般にはその地形面の分布高度や開析の度合い, 構成する地層の特徴等から高位, 中位, 低位に区分され, ある限られた地域内では分布高度の高いものほど形成年代は古い(図-6, 図-7参照)。高位段丘構成層は, 東播地域に広く分布し, 赤色土層を含むことで特徴付けられる。この高位段丘面は大阪層群上部亜層群の堆積平坦面で, 古播磨灘に注ぐ巨大扇状地に形成されたものと考えられている(藤

田・笠間, 1982)。北六甲の蓬莱峡の上ヶ平面をつくる礫層がこれに相当する。

阪神・淡路地域の中位段丘構成層や低位段丘構成層はこの扇状地を開析する河川に沿って形成されたものであり、その相当層は大阪平野周辺の上町台地、泉北丘陵、枚方丘陵、伊丹丘陵等に分布している。このうち伊丹の低位段丘構成層は、かつての海進の際の古大阪湾の堆積物が、その後の海退で段丘面として残った標高10m前後のもので、段丘崖を伴わず南側の平野部の地下へ没している(藤田と笠間, 1982)。また宝塚・西宮市域に見られる中位段丘面は旧扇状地が隆起したもので、標高50m前後を示している。以上の上部洪積統は大阪平野下にもその相当層が分布し、中位段丘構成層に相当する地層は上町層・枚方層と呼ばれ、また低位段丘構成層に相当する地層は天満層、伊丹礫層、富田礫層等と呼ばれている。

<沖積層>

標高0~5mの低平地を構成する沖積層は、最終氷期の最も海面が低下した時期以降に形成された地層であ

り、大阪湾岸域では軟弱な粘土層が主体を占めている。しかしながら、六甲山南麓部では山地から供給された土砂が扇状地性堆積物となって分布しているので、表層部を構成する地層は砂礫が主体となっている。

神戸地区の南北方向と東西方向に切った模式的な地質断面図を、それぞれ図-8と図-9に示す(日本応用地質学会, 1995)。図-8の南北断面では、六甲山南麓地域が、六甲山が上昇して以来山地から常に粗粒堆積物が供給されるとともに、第四紀を通じての気候変動に伴う海水準変動による堆積と浸食の繰り返し等を反映して、堆積物の層相変化が激しく、連続性に乏しいという全体的な傾向を示している。また図-9東西断面では、完新統の堆積物はせいぜい20mであり、低位段丘堆積層が甲子園付近と生田川付近で大きく西へ傾いている様子が観察される。これらの地点は、物理探査等で伏在活断層の存在が推定される箇所であるので、断層変位の影響が低位段丘堆積層にまで及んでいる可能性が指摘されている(石川, 1996)。

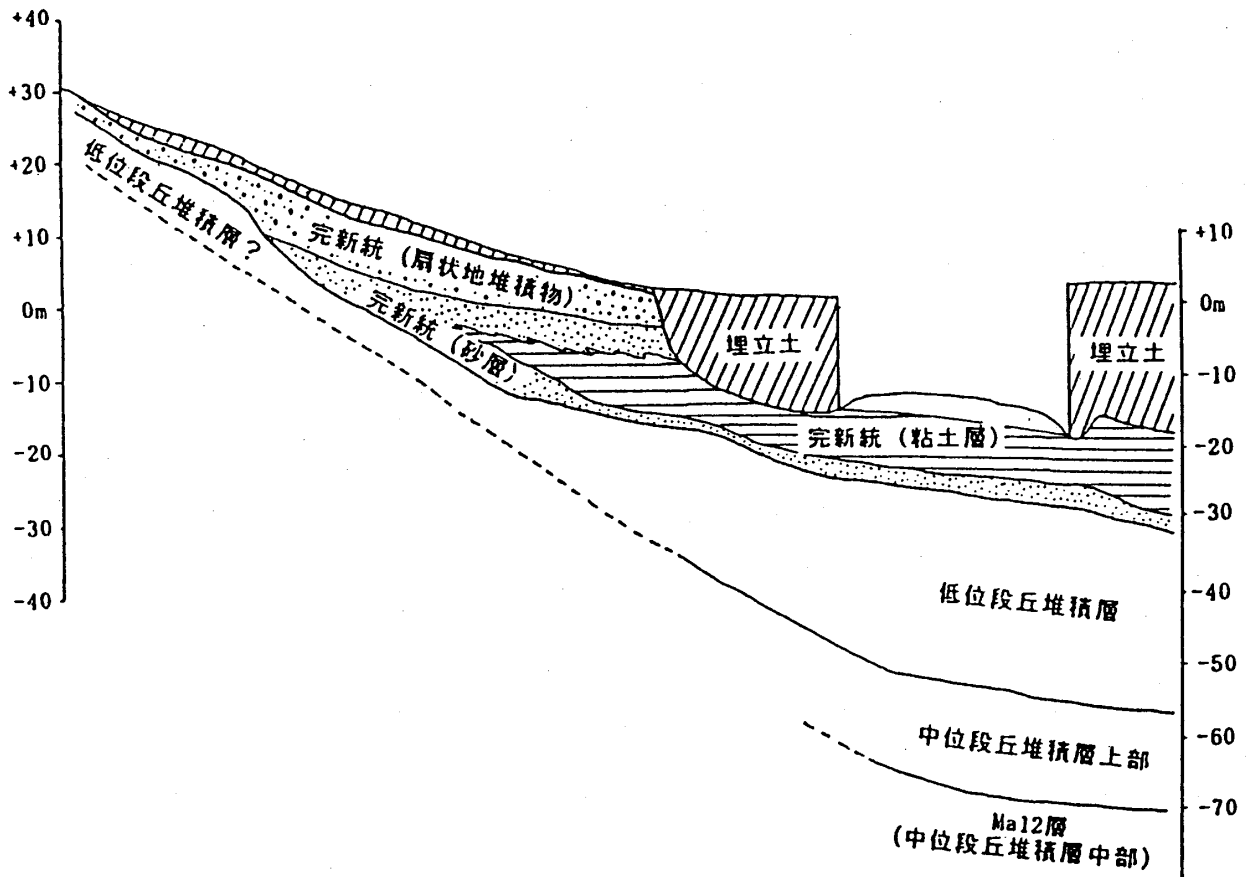


図-8 神戸市東部地下の地層分布概念図(日本応用地質学会阪神淡路大震災調査委員会, 1995)
 Fig. 8 Schematic cross sections of the eastern part of Kobe city, after the Japan society of engineering geology(1995)

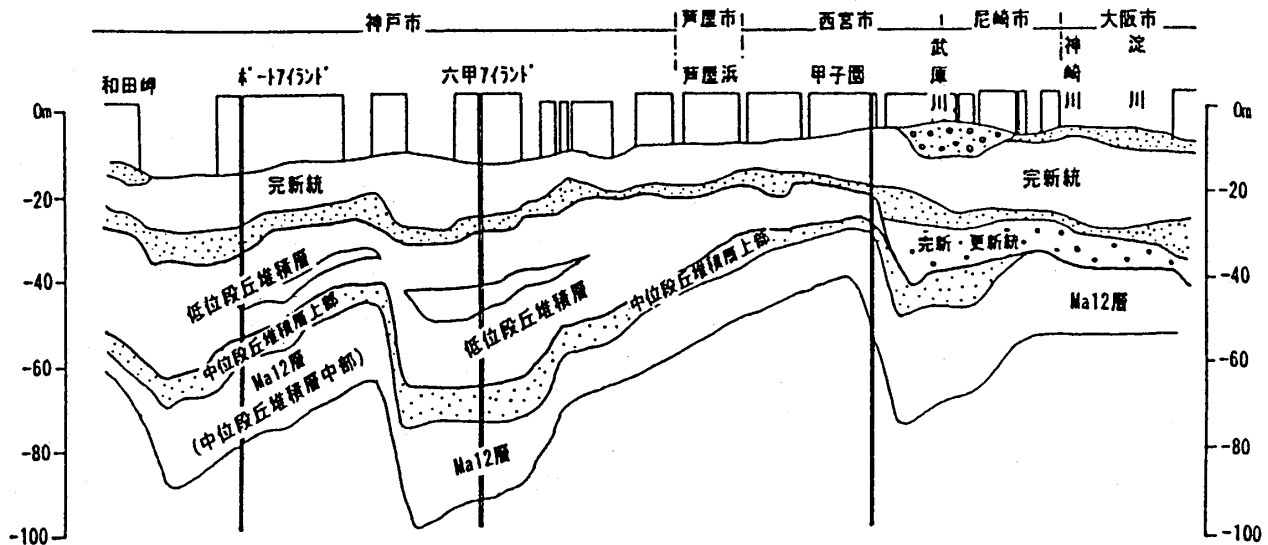


図-9 沿岸部埋立地地下の地層分布推定図 (日本応用地質学会阪神・淡路大震災調査委員会, 1995)

Fig.9 Inferred geological profiles under the Kobe city along the past shore line, after the Japan society of engineering geology(1995).

3. 兵庫県南部地震で現れた断層をめぐって

兵庫県南部地震は、明石海峡を震源として淡路島北西部から六甲山南西部に至る区間での第1の破壊、六甲山北東部での第2の破壊、そして神戸～西宮区間での第3の破壊に至る3つの過程で、総延長35～45 kmにおよぶ六甲-淡路島断層系の断層群が動いて発生したと考えられている (図-10, 菊地, 1995)。

1) 地震断層の長さ

この兵庫県南部地震に伴って、淡路島北西部の野島断層沿いに約10.5kmにわたって明瞭な右横ずれ変位を伴う地震断層が出現した。しかし、この地震断層の長さをどうとるか、特に富島から南に延びた地割れや波状撓曲構造を地震断層と認定するかどうかで研究者間の意見が分かれている (例えば、栗田ほか, 1995と林ほか, 1995の見解の違い)。また、江崎灯台の東方から松帆にかけて断続的に出現している西北西-東南東方向の規則的な地割れ群についても、地震断層と見る立場 (林ほか, 1995) とそうではないとする見方 (阪神・淡路大震災調査委員会, 1995) とがあり、見解の一致を見ていない。

2) "地震の帯" の原因

野島地震断層の北東延長については、明石海峡で建設中の明石海峡大橋がその中央部で右横ずれに移動した

(山縣, 1995) ので、右ずれの地震断層が海峡中央部を斜めに横切って神戸方面へのびた可能性が指摘されている (宮内ほか, 1995)。さらにその北東の六甲山南麓から東麓にいたる地域では、地震学的に想定される第2と第3の破壊に対応するような明瞭な地震断層は生じなかった。しかしながら、神戸市から芦屋市・西宮市にいたる地域では、「震災の帯」(嶋本他, 1995) と称される震度VIIの激震地域が、幅約2kmの帯状の領域に形成された (図-11)。この震災の帯の原因について、島本 (1995) のその直下に伏在震源断層が存在するのではないかとする考えが提唱されて以降、伏在活断層のずれに伴う衝撃的な剪断破壊によるとする考え (断層変位運動説, 桜井, 1995)、地形や表層地盤の違いによるとする考え (吉岡他, 1995など)、深い地質構造と地震動の増幅特性とから説明しようとする考え (入倉, 1996など) 等が出された。その後、阪神間から大阪湾にかけての基盤に達する深部構造が明らかにされると共に、表層地盤の特性や各種のシミュレーション解析がなされ、震災の帯の原因が、伏在活断層の動きによるというよりも、主として埋没している基盤の断層崖地形で規制された地震動の増幅によるとする考えが多くなりつつある (例えば、遠藤ほか, 1996; 藤田と佐野, 1996など)。

震災の帯の原因が基盤の構造に支配されたものであり、伏在活断層の動きには関与していないとするならば、六甲山南麓部に地震学的に想定された第2、第3のイベン

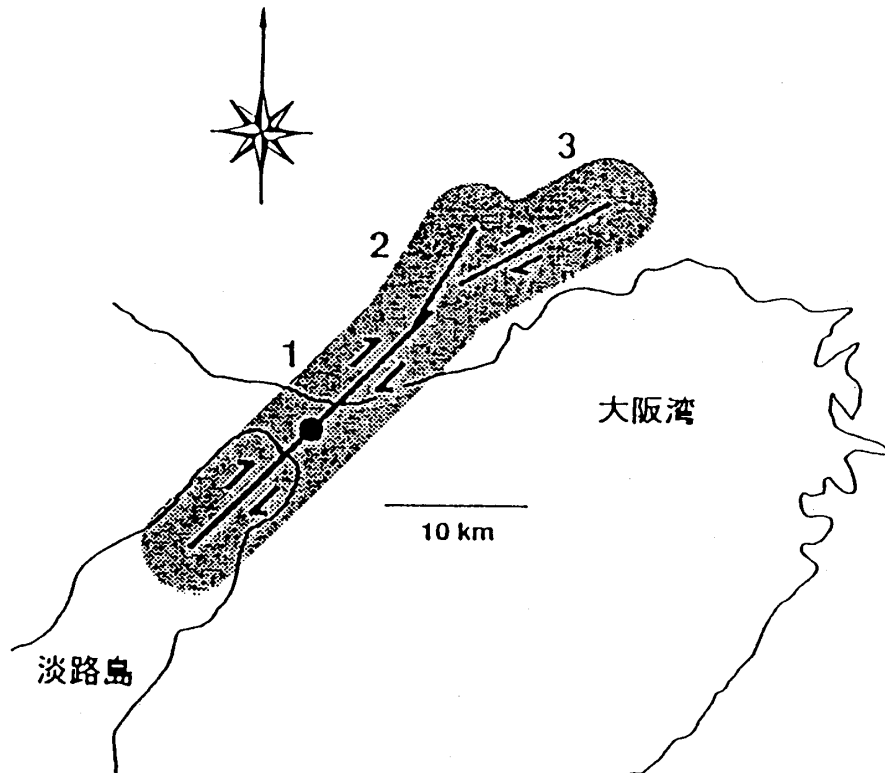


図-10 震源メカニズムから求められた兵庫県南部地震の断層モデル (菊池, 1995)
 数字は断層破壊の3つのサブイベント (断層) の空間分布を示す。
 陰影部は断層位置の不確かさを示す。黒丸は震央の位置を示す。

Fig. 10 Spatial distribution of the modeled faults of the 1995 South Hyogo Earthquake determined from focal mechanism, after Kikuchi(1995).

トに対応する震源断層をどのように考えればよいのであろうか。国土地理院による基準点測量結果や水準点測量結果は、六甲断層系のいずれかが右横ずれ断層運動をしていたことを示している (国土地理院, 1995)。また、六甲山地内の活断層を横断する幾つかの山岳トンネルでは、断層の変位によると考えられる被害が報告されている (小山ほか, 1996; 岡田, 1996など) が、それらは震源断層からの変位の拡散が既存の断層部分に集中したものではないだろうか。

3) 地表変状の解釈

震災の帯およびその周辺地域では、舗装上に多数の亀裂が出現し、墓石や電柱の変形が生じた。それらの多くは、地震動によって微地形に支配されて生じた地すべり、地盤の液状化によって生じたものと考えられている。しかし、舗装の亀裂を詳細に追跡した平野と波田 (1995) の研究や、電柱の転倒量を測定した宮田ほか (1995) の研究は、芦屋、五助橋、諏訪山といった山地部に知られていた活断層の市街地への延長線上に系統的な地割れや電柱の転倒が見られることを指摘している。また、阪神高速道路より南側では縄文海進以降の堆積物が厚く分布していて、その地域に見られる地変の多くは液状化や地

盤の測方流動によるものと多くの人々は考えている。しかし、千葉と若松 (1995) は魚崎付近に見られる雁行配列するスラスト群は、伏在する活断層の右横ずれ運動の地表部への現れであるとしている。

「震災の帯」の原因が、大局的には、市街地下に伏在する基盤の断層崖地形 (凹状地形) による地震動の増幅と表層地盤との兼ね合いで生じたものとする考えが多くなっている。しかし上述したように震災の帯の中に見られる亀裂や構造物の変形の中には、地震動による地盤の液状化や側方流動では解釈できないような性状を持つものもあり、基盤岩から大阪層群を含めた断層運動を反映したものである可能性も否定できないのが現状である。

以下に、淡路島北西部と六甲山南麓を例に、地震に伴う活断層の動きに関する見解をまとめ、問題点を指摘する。

3・1 淡路島に出現した地震断層

1) 野島地震断層の長さ

淡路島では、その北西部の野島断層沿いの約10kmの区間、北西端の松帆地区の約1kmの区間、そして東部の楠本断層沿いの約1.5kmの区間に連続する地表変位が現れ

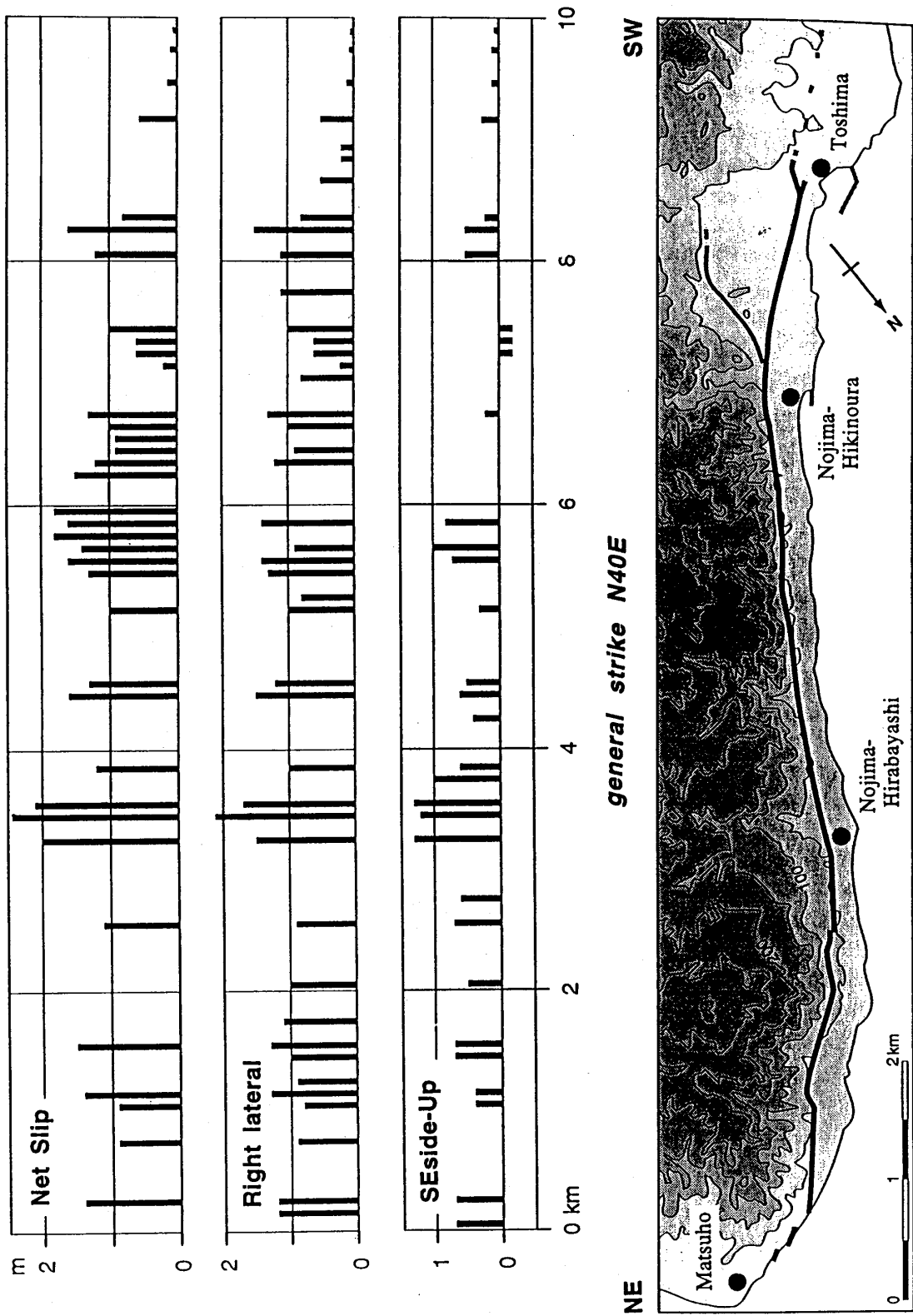


図-12 淡路島地震断層に沿う変位量の分布図 (粟田ほか, 1996)
野島墓浦南方の小断層は除いて表示してある。

Fig.12 Coseismic slip along the Nojima earthquake fault,
after Awata et al.(1996)

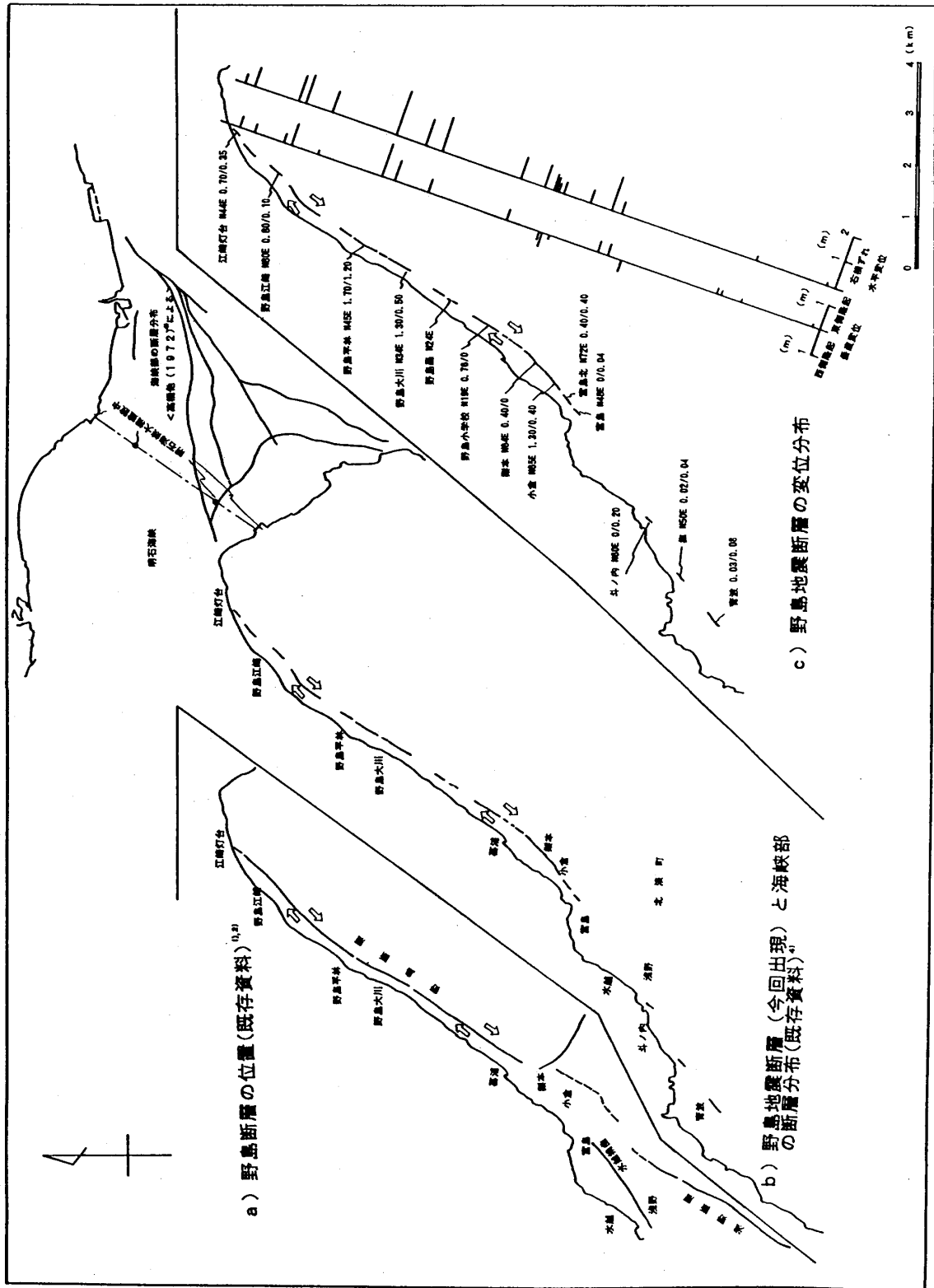


図-13 野島地震断層の分布と変位量の関係図(林ほか, 1995)
 Fig.13 The distribution of the surface fault and coseismic slip along the Nojima fault, after Lin et al.(1995)

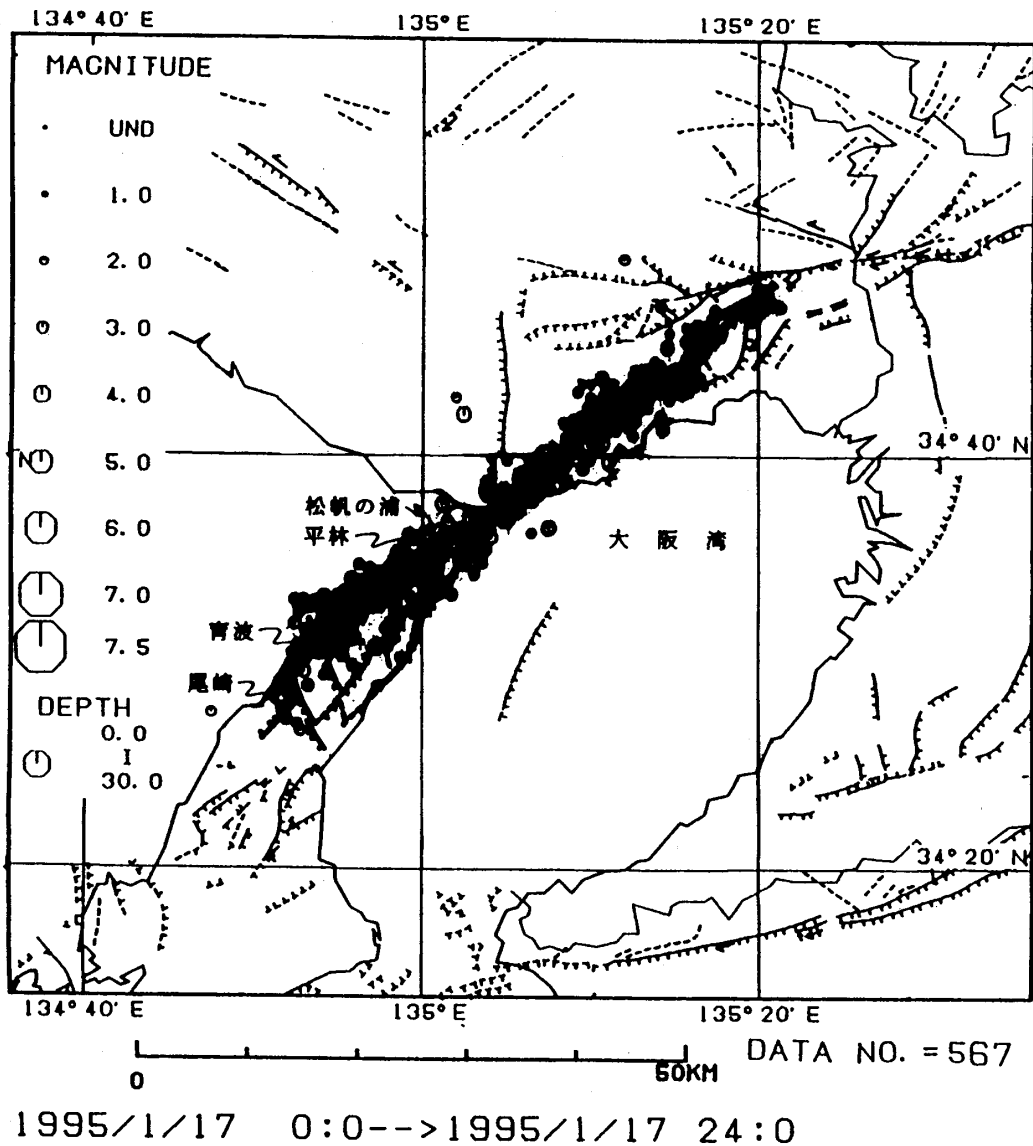


図-14 神戸-淡路島における1995年1月17日(0:00~24:00)の余震分布図 (林・宇田, 1996)
 Fig.14 Aftershock distribution in the Kobe-Hanshin area within a day after the occurrence the main shock, after Lin and Uda(1996).

余震の分布の南限は、図-14に示したように室津付近にまで達している。さらに星野と村上(1995)による地表面3次元計測の結果では、富島より南部の育波撓曲付近までの区間でも、断層沿いに複雑な隆起と沈降を伴いながら右横ずれ変位していることが示されている(図-15参照)。これらの資料は、淡路島北西部の震源断層の変位が育波撓曲近傍地域の地表にまで到達していることを示唆していると言えよう。

3) 野島断層のセグメントおよび変形形態

野島断層沿いに現れた地震断層を巡って、その区間長の認定の他に、今一つ研究者間で見解の異なっている興味深い事項がある。出現した地震断層は大局的に見れば

ほぼ直線状に連なっているが、もう少し細かなオーダーで見ると雁行配列する長さ数km単位のセグメントに区分できる。江崎灯台~富島間でのセグメント区分も研究者間で異なっている。例えば、中田ほか(1995)では5区分、皆川ほか(1995)では6区分、林ほか(1995a)では2区分である。興味深いのは、このセグメントの配列を左雁行(前出2者)とするか右雁行(後者)とするかで、見解の違いが見られることである。地震学的に想定される第1のイベントに対応する震源断層のずれは右横ずれである(菊地, 1995a)ので、震源断層が地表面に現れた地震断層では右横ずれの左雁行配列を示すはずである。地震断層が右雁行配列するとした林ほか(1995a)は、こうした現象を、東西方向からやや反時計回転

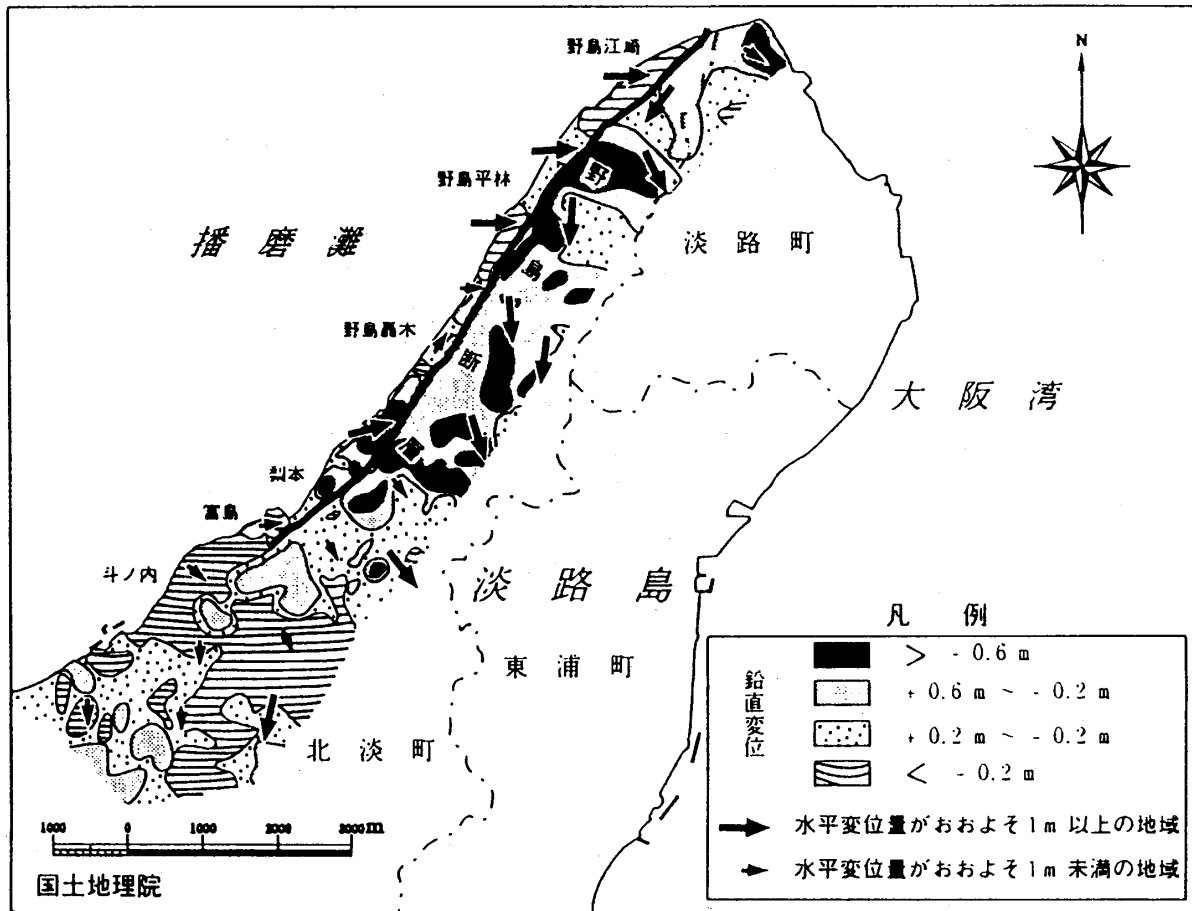


図-15 野島地震断層周辺の地表面3次元変位量計測結果 (星野・村上, 1995)
 Fig.15 Three dimensional displacement along the Nojima earthquake fault, after Hoshino and Murakami (1995)

した最大圧縮主応力軸下でのデュプレックス・ジョグ (duplex jog) で説明している。しかし、菊地 (1995a) が発震機構解から想定した圧縮軸は東南東-西北西方向へふれていて、林たちのそれとは回転が逆である。

3・2 震災の帯周辺に現れた地割れ・地変

1) 地表変状の見方

兵庫南部地震により、上述したように淡路島では明瞭な地震断層が出現したが、地震学的には「六甲断層系」が活動したとされる神戸～西宮地域では、そのような顕著な地震断層は認められず、道路などの人工構造物の変位・変状の評価も関係して、断層は動いていないとの見解も示されている (熊木ほか, 1995など)。

地震直後に島本ほか(1995)によって出された「震災の帯」の原因が、その直下に伏在する活断層の動きによる見解も、多田ほか (1995) による測地学的データに基づく断層モデルの検討から震災の帯直下の震源断層の存在は否定されている (図-16参照)。また、嶋本ほかの示した震災の帯の分布もその後の詳細調査により、

激震区域は帯状に連続するのではなく断続的な分布を示すこと (例えば、石川ほか, 1995など) が指摘され、その分布が地形遷急線や谷底平野や後背湿地の分布に対応する (図-17参照) ことから、震災の帯の原因が地形や地盤に規制されているとする見解も出されている (例えば、石川ほか, 1995 ; 吉岡ほか, 1995など)。しかし、震災の帯周辺の地域では、地表面に限らず道路などの人工構造物などについても、一定の水平変位が系統的に線状に連続しているという見解もある。

2) 系統的な地表変状の存在

平野と波田 (1995a, b) は、六甲山南麓地域の表面や人工構造物に見られる系統的な変位を追跡し、図-18に示したような (地震) 断層群の存在を推定した。平野と波田によれば、これらの系統的変位は地形や地盤の違いを越えて連続することから、伏在する断層のテクトニックな動きを反映したものとされている。こうした地表変位や変状は、市街地背後の山地部に既存の活断層の延長上に位置していることが多く、北東-南西系のものは右

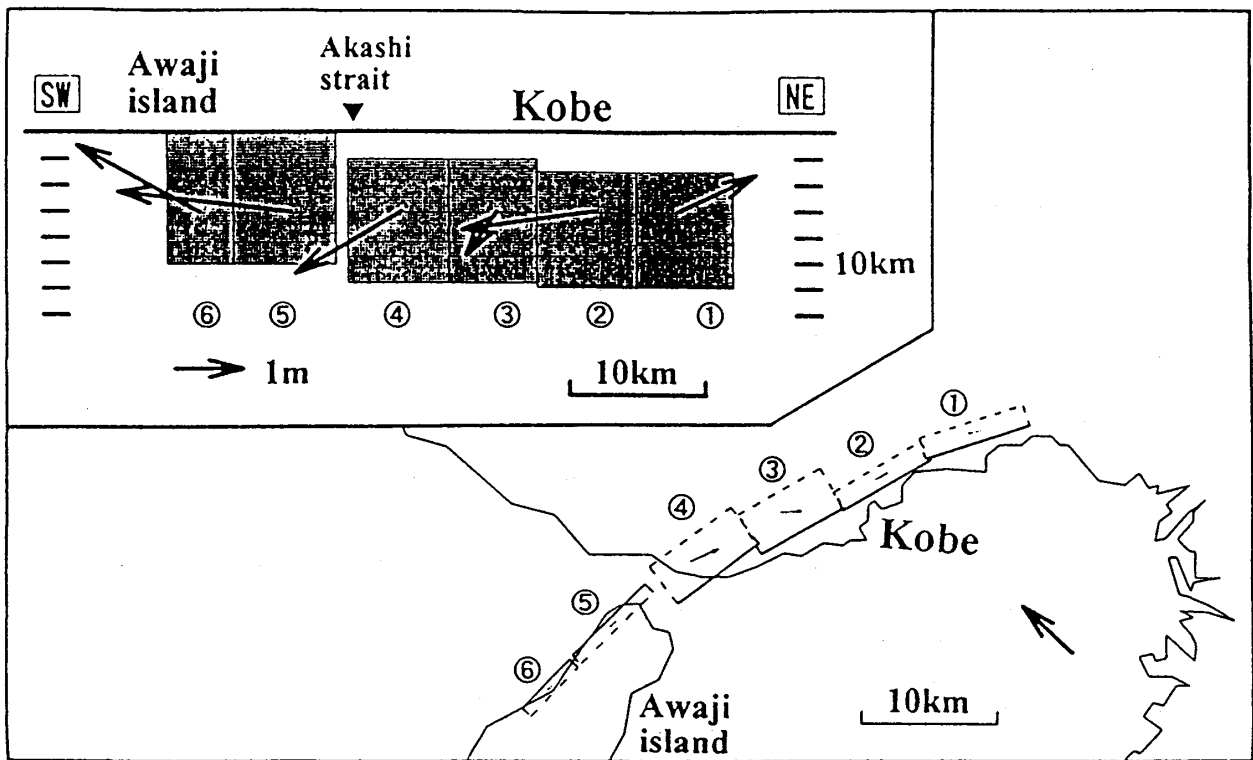


図-16 測地学的データに基づく断層面モデル (多田ほか, 1995)

Fig.16 The geometry of modeled fault segments for the "Belt-of Damage" model based on the geodetic data, after Tada et al.(1995).

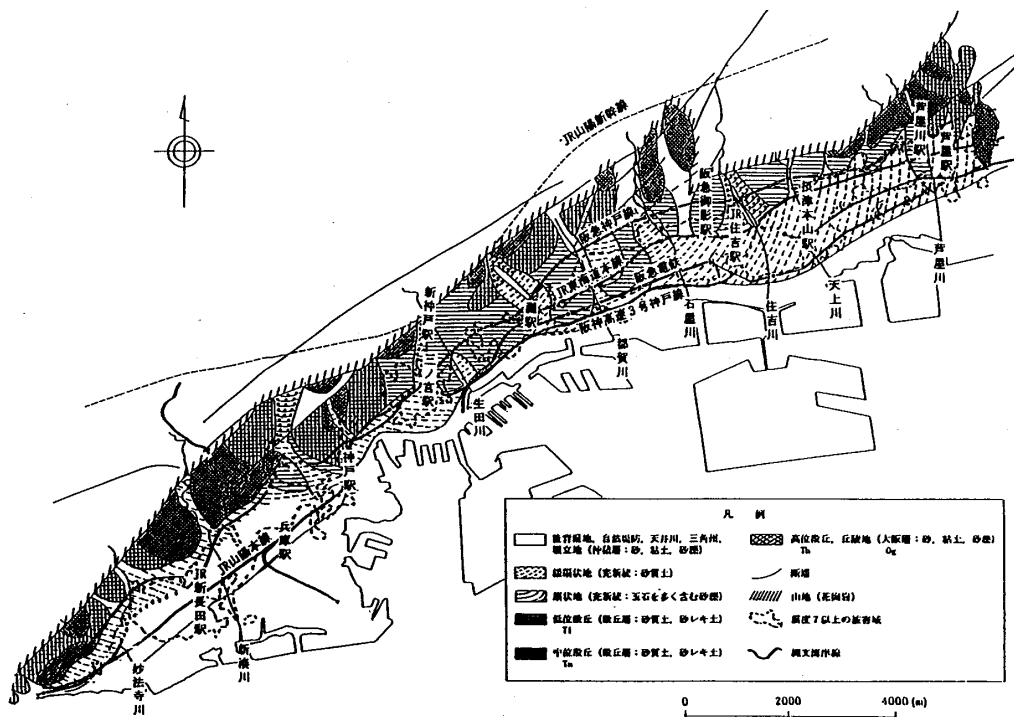


図-17 地形・地質分類と被害度図 (石川, 1995)

Fig.17 Geomorphological map and distribution of damage in the Hanshin area, after Ishikawa (1995)

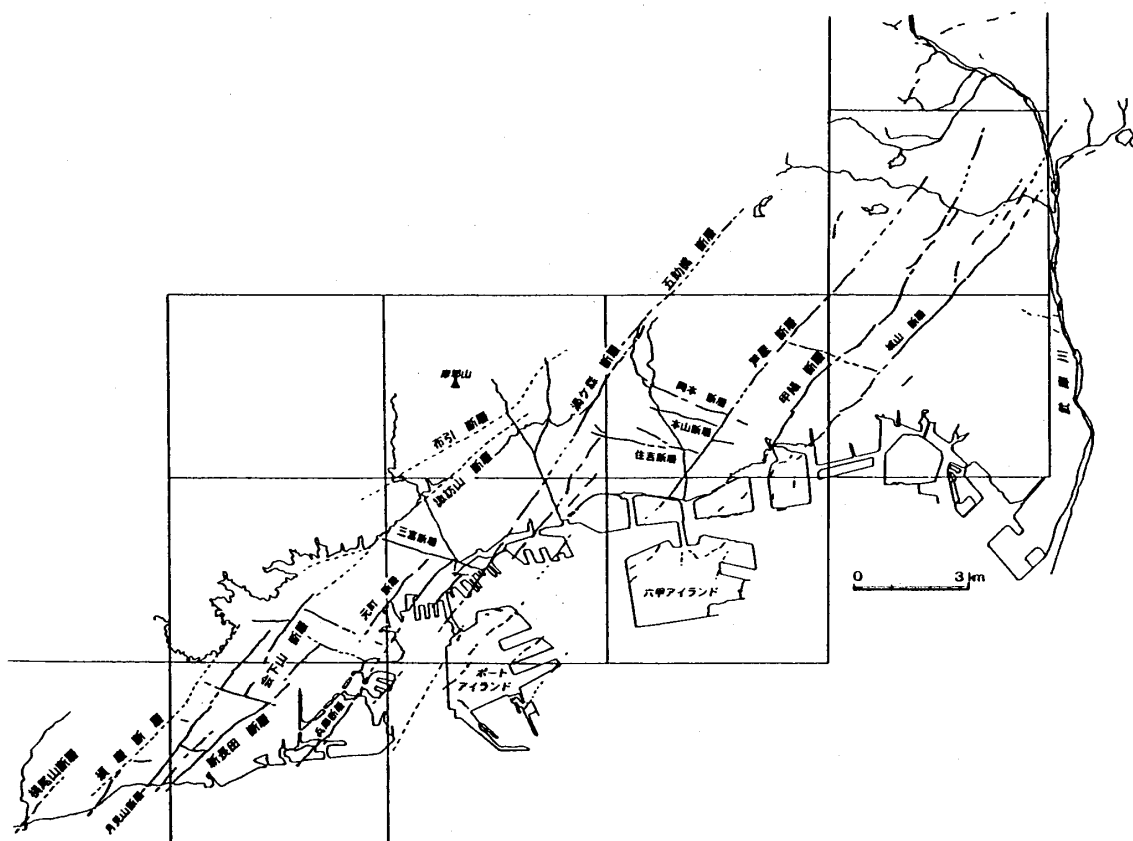


図-18 兵庫県南部地震により六甲山地南麓地域において活動した断層群の広域的分布 (平野・波田, 1995)

Fig.18 Distribution of the surface faults due to the 1995 South Hyogo Earthquake, after Hirano and Hada(1995)

横ずれ, 北西-南東系のものは左横ずれの変位を示し, 六甲山地内部の共役断裂系のパターンに一致している (平野と波田, 1995a)。特に系統的な右横ずれ変位を伴うものは, 芦屋断層, 五助橋断層と渦ヶ森断層, 甲陽断層, 城山断層などであり, 余震分布で示される地下の震源断層に対して右雁行配列している。この関係は前述した淡路島の野島地震断層と同様であり, これらの断層が地下の震源断層そのものの現れというよりも, 震源断層から放出された応力波により変位を生じた「応力波断層」であると考えられている (平野と波田, 1996, 図-19参照)。

宮田ほか (1995) は, 灘区から芦屋市にかけての地域において, 地震に伴う電柱基部の転倒量を測定し, 平野等と同様に渦ヶ森断層, 芦屋断層, 甲陽断層の市街地への延長線上で変位が大きくなることを指摘した (図-20参照)。また千葉と若松 (1995) は, 芦屋断層の南西延長上にある魚崎付近において, 雁行配列する逆断層性の地割れ群を記載し, それらが伏在する活断層の右横ずれ運動の地表への現れであると考えた (図-21参照)。

3) 深部の地質構造

地震後六甲山南麓の9測線で行われた反射法地震波探査の結果では, 渦ヶ森断層, 芦屋断層, 甲陽断層などの市街地への延長線上に伏在断層が分布することが明らかにされている (兵庫県, 1996)。また, 最近行われた西宮市での反射法地震波探査では, 波田たちの城山断層に相当する埋没断層の存在が明らかにされている (横田, 1996)。こうした物理探査から存在が示された活断層群が, 地表面にまで変位を与えているかどうかは今後明らかにされるはずである。

これまで行われてきた各種物理探査から推定される震災の帯直下での基盤深度は約1,000mに達している。このように被覆層が厚く堆積している地域では, たとえ基盤岩が数m変位したとしても, その変位が地表まで到達しうるかどうかが多くの研究者が疑問に考えていた。例えば, 図-22に示した過去の歴史地震に伴う地表変位と被覆層の厚さの関係 (山崎, 1981) を見ると, 被覆層の厚さが100mを越える場合では地震断層が出現する可能性はほとんどない。平野と波田 (1995b) は都市部表層を覆う脆性的な構造物の存在が, かえって微弱な断層変位

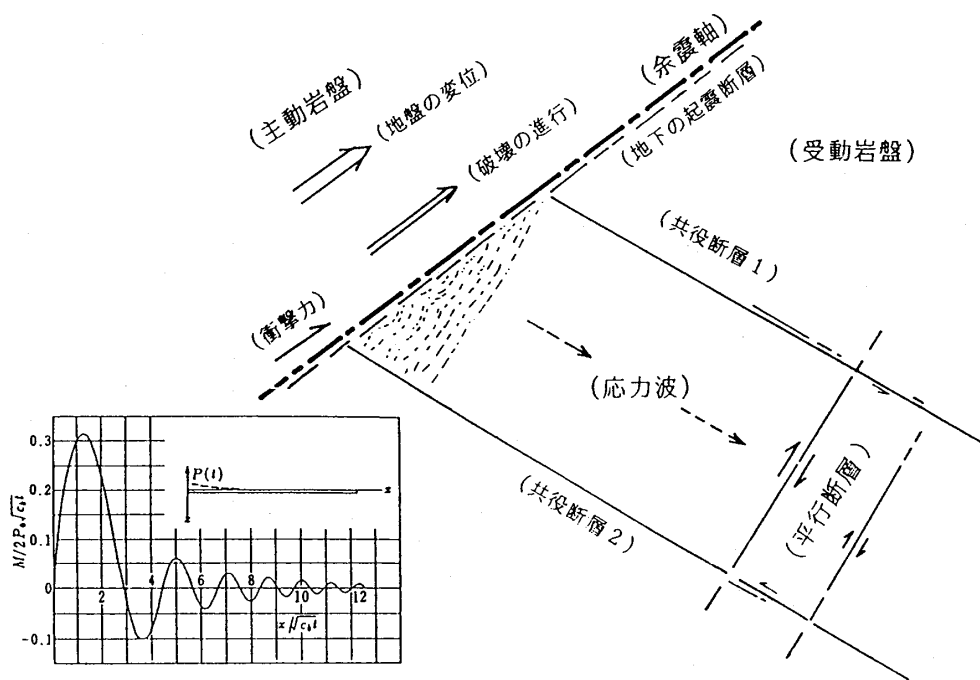


図-19 起震断層からの衝撃力が共役断層で分けられた細長い地殻ブロックに衝撃力が作用する場合の応力波断層モデル (平野・波田, 1996)

Fig.19 Stress wave fault model due to the propagation of elastic waves from the deep-sited earthquake fault, after Hirano and Hada, 1996

を増幅させる brittle edging の役割を果たす可能性があることを指摘している。いずれにしても、市街地地下に伏在する活断層の存在は、断層崖による地震動の増幅という意味においても、また上述したように地表に直接変位を及ぼしうるといふ意味においても、都市の地震防災上特に留意する必要があることは言うまでもないであろう。

3・3 六甲山地内の山岳トンネル内の変状

兵庫県南部地震の被災地域内には100を越える山岳工法トンネルが存在する。このうち、軽微なものを含めて30余本のトンネルが地震の影響を受け、補強・補修を要するような被害を受けたトンネルは約10本であった(朝倉, 1996)。

これまでトンネルは耐震性に富む構造物であると言われてきた。しかし、吉川(1979)の日本の鉄道トンネルの震災事例分析によれば、(1)地震規模が大きくなるほど、(2)地震断層面からの距離が短くなるほど、(3)地震前の覆工の変状経歴などがあれば被害を受けやすいとされている。

六甲山地内には、既存の活断層を横切っていくつかの山岳トンネルが施工されているが、施工時に断層の分布が確認された箇所周辺で地震時の変状が報告されている。

山陽新幹線六甲トンネルは、延長16 kmを越える長大トンネルで、甲陽断層、芦屋断層、五助橋断層、大月断層、布引断層などの主要な活断層を貫いている(図-23参照)。建設時には、これらの活断層周辺で被圧水を伴う多くの断層破碎帯に遭遇し、難工事を余儀なくされた。今回の地震では、覆工に強い圧縮力が作用したためと考えられる剥落が、断層破碎帯沿いで生じた(朝倉, 前出)。

横尾山断層を横切る塩屋谷放水路トンネルでは、建設時に横尾山断層の位置が確認された箇所を境に約4 mの幅で、アーチ、側壁、インバートにずれを伴うひび割れが多数生じ、北西側が右へ8 mm、上方へ5 cm変位している(桜井, 1995, 1996, 図-24参照)。この横尾山断層沿いに見られる地震による変位は、施工前での調査で明らかにされている断層のずれのセンスと横ずれ変位では一致するが、縦ずれ変位は逆である。桜井はこうした変位の違いを、南へ傾斜している横尾山断層への地震動の突き上げ効果で説明している。

盤滝トンネルは南東側坑口に分布する五助橋断層と北西側坑口に分布する大月断層に挟まれたトンネルで、建設時にはこれらの断層に左雁行配列する断層群が分布することが確認されている。今回の地震では、こうした右雁行配列する断層群にそって覆工コンクリートが破壊し、

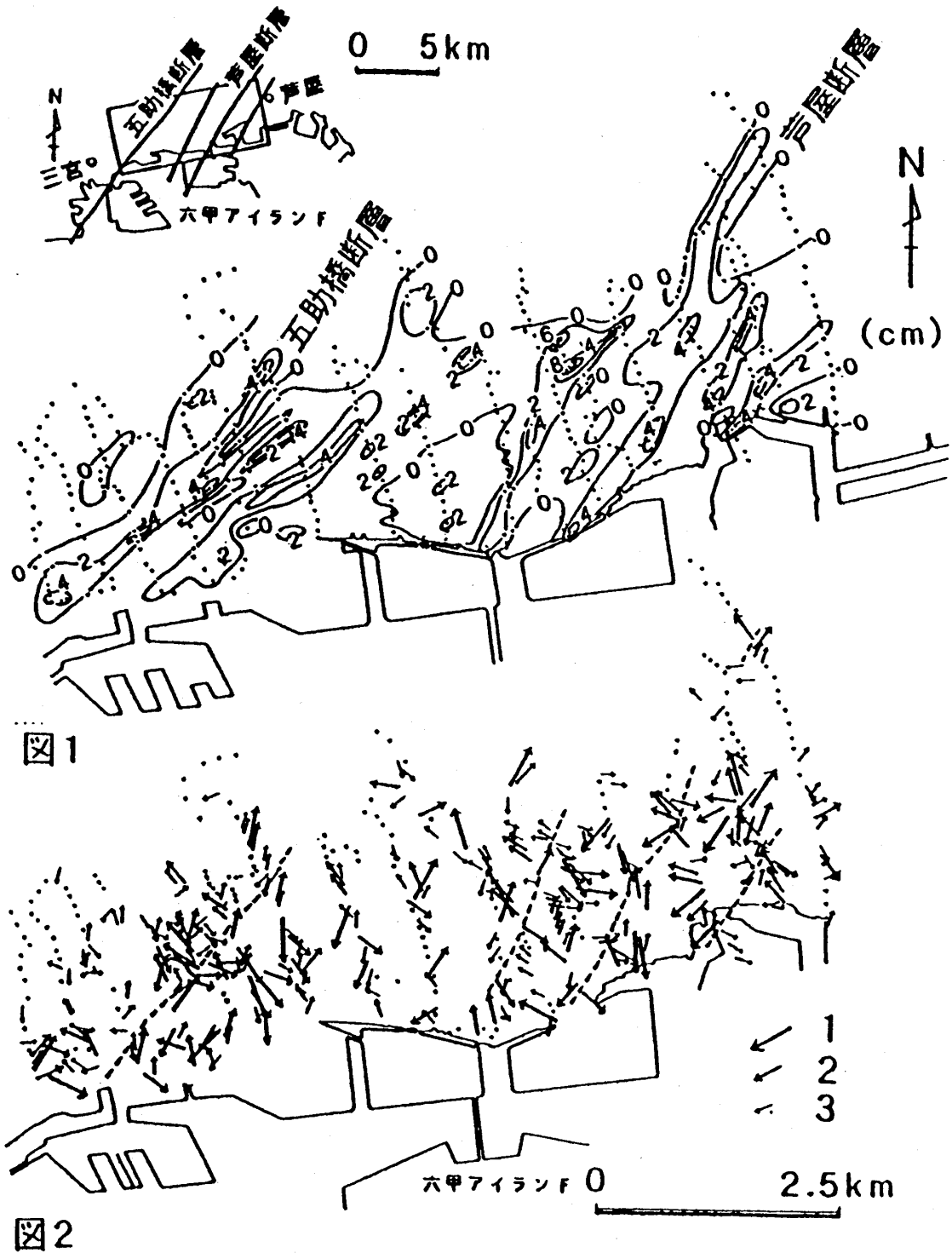


図-20 兵庫県南部地震に伴う電柱の移動量の分布と傾動方向 (宮田ほか, 1995)
 Fig.20 Distribution of displacement and direction of tilting of telegraphic poles due to the 1995 South Hyogo Earthquake, after Miyata(1995).

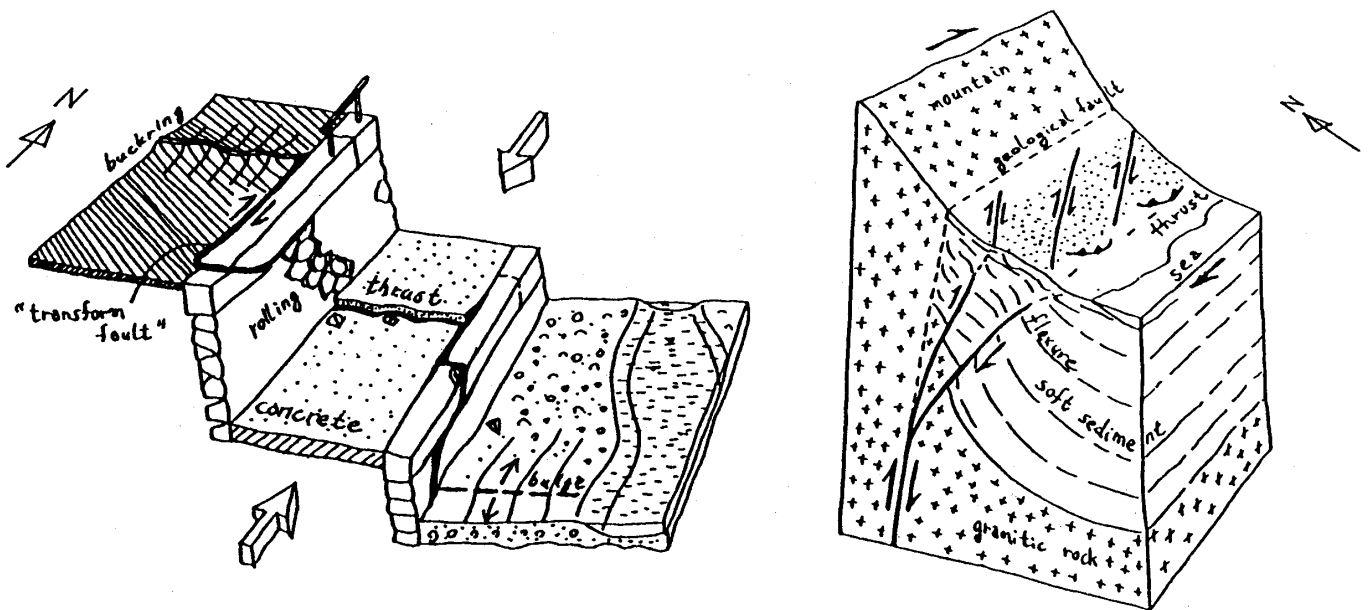
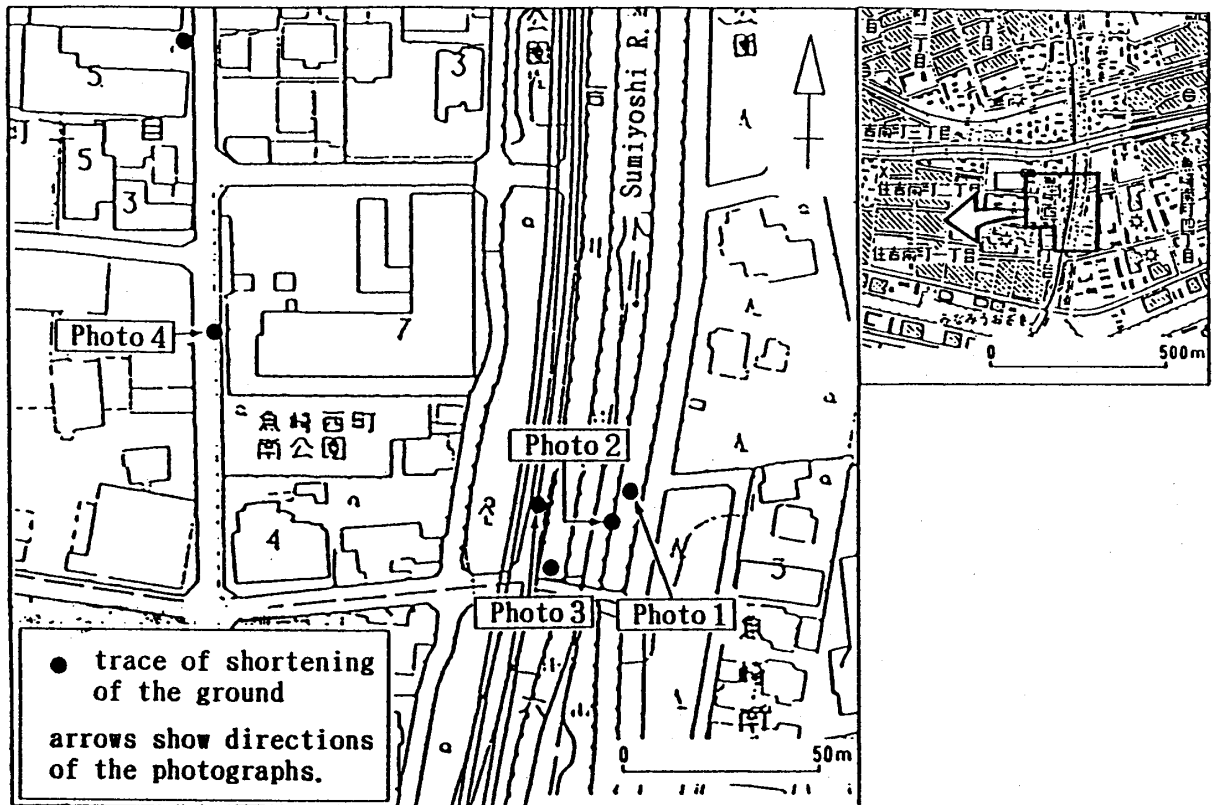


図-21 魚崎付近の地表面に見られるスラスト群の概念的モデル(千葉・若松, 1995)
Fig.21 Conceptual model for thrust fault systems in the Uozaki area, after Chiba and Wakamatsu (1995)

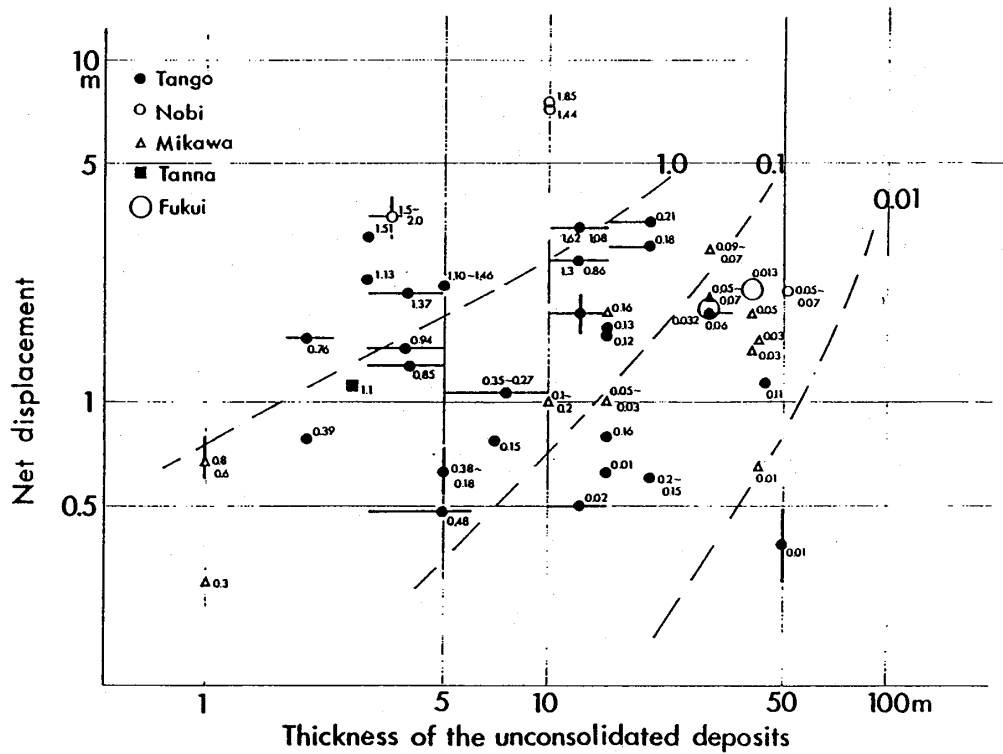


図-22 地震断層の出現形態とその地点の変位量及び未固結被覆層の厚さとの関係 (山崎, 1981)
 図中の小数字はD (変位量) / W (断層帯の幅) 値。

Fig.22 Relationship among net displacement of the surface fault, width of raptures and thickness of the unconsolidated deposits, after Yamazaki (1981).

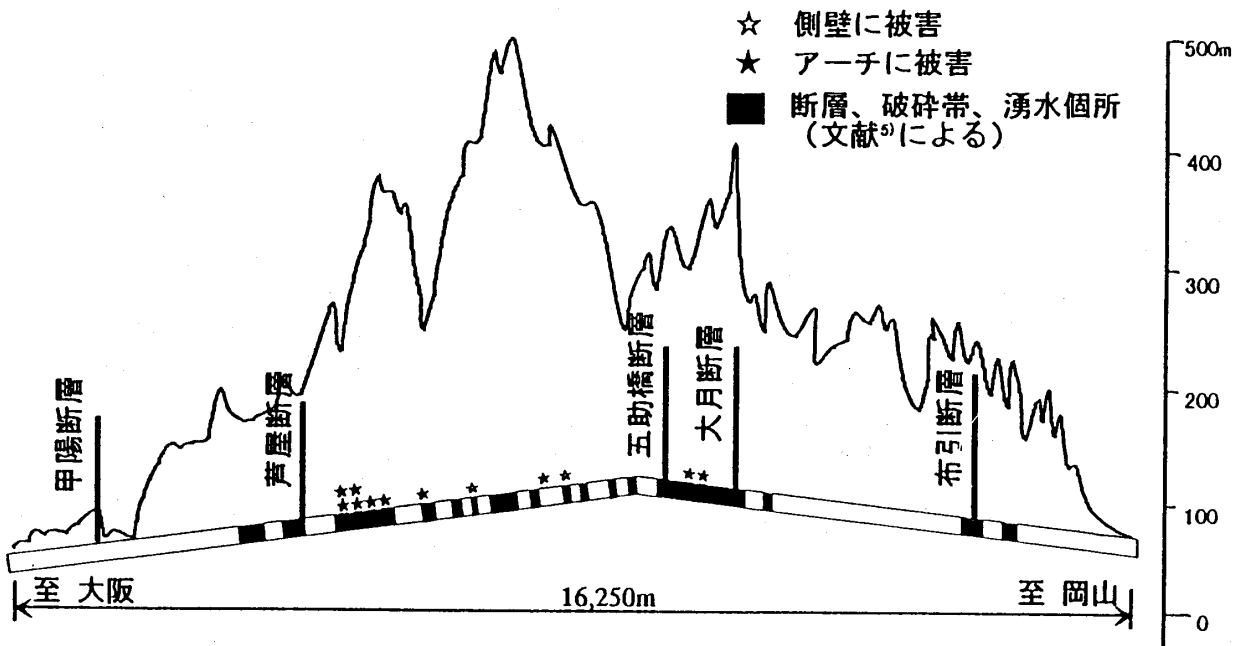
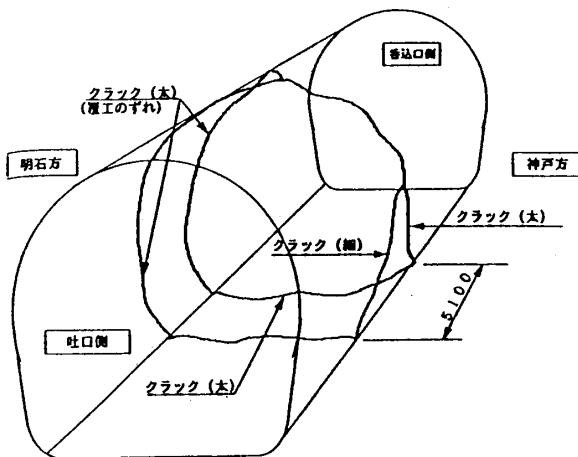
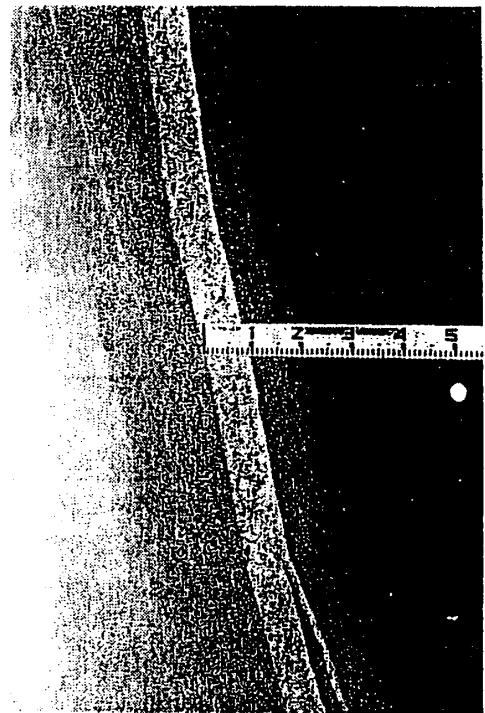


図-23 六甲トンネルの被害位置図 (縦断図) 朝倉 (1996) から引用。

Fig.23 Distribution of damages along the Rokko tunnel, after Asakura(1996)



a: 横尾山断層部覆工コンクリート破損状況



b: 側壁コンクリートのせん断状況

図-24 塩屋谷川放水路トンネル覆工コンクリート破損状況 (桜井, 1995)
Fig.24 Damages of the Shioyagawa tunnel, after Sakurai(1995)

トンネル全体として反時計回転の変位を示している (朝倉, 前出)。

六甲山北麓の山田断層沿いでも、建設中のトンネルで断層沿いの変位が報告されている (中川ほか, 本特集号)。中川ほかの報告によれば、地震に伴う断層沿いの変位のセンスは、事前調査で把握されていた逆断層のセンスであるとされている。

以上見てきたように、今回の兵庫県南部地震に伴って断層沿いのトンネルで生じた構造物の変位は、断層の変位とが調和的であることが多いようである。

3・4 兵庫県南部地震で現れた断層は何を意味するか

上述したように、今回の兵庫県南部地震に伴って、系統の変位を示す連続した地表変位が多数出現した。それらは、野島地震断層のように明瞭に地震断層と認定できるものもあるし、震災の帯周辺で地域での地表変位のように、連続性を持ち系統的な変位を示すもののその変位量が数cm~数10cm程度のものもある。また地表変位ではないが、余震分布域の六甲山地内の既存活断層沿いのトンネル内の変位のように、断層の変位と一致した変位を示すものもある。これらの地表変位やトンネル内構造

物の変位は、系統的であり相応の連続性を有するという意味で、一種の地震断層と呼ぶべきではなかろうか。あるいは、地震断層の定義を震源断層が直接地表に出現したものに限定するのであれば、これらの地表変位や変位は、地震断層ではないにしても、地盤のテクトニックな動きを反映したものと言うことはできよう。

1) 震源断層と地震断層

「地震は、地下における岩石の破壊および食い違い、すなわち震源断層の運動によって発生する」と言われている。また、大地震の際に、その震源付近に地震断層がしばしば出現するが、それは地下の震源断層の直接的延長部あるいはその分岐断層が地表に到達したものと理解されている (例えば、松田, 1976)。しかし、地震の際にその震源付近に多数出現する地割れや地変の中から、地震断層を特定することは極めて困難である。まして、「震源断層」は地震波や地殻変動等の観察に基づいて地震学的に想定される断層であり、「地震断層」は地表で観察される地質学的な断層であって、両者の関係を実証することは現状において困難である。このため、「震源断層」と「地震断層」の認定を巡って、過去の大地震の

際に多くの論争がなされてきたし、淡路島やサンアンドリアス断層での深層ボーリング等によって、その解明が試みられている。

震源断層とは、地震の震源として想定される断層で、地表の各地の観測所で記録された地震波初動の押し引き分布から断層スリップモデルに基づいて、適当な物性値や変位速度を与えて推定される。

地震断層は、「日本では地震に伴って地表に現れたことが歴史的に記録されている断層で、震源断層に対する地表地震断層の意味で用いられることが多い」（平凡社新版地学事典）。明治以降に日本の内陸部で起こった大地震で、地表に明瞭な地震断層が現れたのは、濃尾、陸羽、丹後、北伊豆、鳥取、三河、松代、伊豆半島沖など8例が知られている。しかし、地震全体では、地震断層が出現するのは極めて希であり、圧的に少ないのが現状である。星野（1956）は、陸上及び海底で起こった38例の地震から、マグニチュード $M > 7.4$ では100%の地震断層が出現するが、 $M = 7 \sim 7.4$ では出現率が60%となり、 $M < 7.0$ の地震では地震断層を伴わないと述べている。また前述した山崎（1981）の検討結果（図-22参照）では、被覆層の厚さが100mを越える場合での地震断層の出現事例は無く、被覆層が薄い場合でも変形帯（断層帯）の幅に比べて変位量が小さいほど地震断層が不明瞭になることが示されている。

2) 地震断層の定義

松田（1976）によれば、震源断層の地表面への現れである地震断層を認定する基準として、①震央を通過していること、②地震波や地殻変動の解析から推定される震源断層と走向、変位の向き、変位の量などが似ていること、③余震分布の広がりとも一致していることなどの特徴を有することが挙げられている。今回の兵庫県南部地震の場合、震央は明石海峡部において、明石大橋の橋脚が右横ずれに変位したという状況証拠以外は、この部分での地震断層の出現は確認されていない。また余震分布との関係で言えば、これまで何度も指摘されているように六甲山南麓地域での余震分布域は震災の帯とは数km程度北側へずれている。また、淡路島の野島地震断層についても、余震分布域の西縁に位置しており、多数の研究者が野島地震断層の南限としている富島以南にも余震の分布は続いていて、少数意見である林ほか（1995b）が地震断層として認定した区間の方が合っている。地震波の解析から推定された第1のイベントに対応する震源断層の右横ずれ変位と、野島地震断層沿いの測地学的観測結果（星野と村上、1995）セグメントの雁行配列様式

（林ほか、1995a）についても、上で述べてきたように完全には一致していないと見るべきであろう。

3) 2次的な地震断層

震央や余震分布域から数km~10数kmも離れた地域に地震断層が出現した例は、濃尾地震の際の根尾谷断層に対する梅原断層の例、丹後地震の際の郷村断層に対する山田断層の例、北伊豆地震の際の丹那断層に対する姫の湯断層の例など数多く知られている。これらの2次的な地震断層は、その活断層周辺に局所的に蓄えられてきた歪みが、強い地震動を引き金として断層運動として解放されたものと解されている（例えば、山崎、1987）。しかし、1971年のサンフェルナンド地震の際の地震断層のように震央から30km近く離れた地域に出現した地震断層が、低角度の断層面を介して震源断層と繋がっていたことが示された例（池田、1992）もあり、2次的な地震断層と”真の地震断層”とを識別することは極めて困難である。

以上、震源断層と地震断層の問題を述べてきたが、なお未解決な問題が多く、今後の学界での研究成果が待たれる。しかし、今回の兵庫県南部地震では、それらを地震断層と認定するかどうかは別にしても、伏在する活断層上でテクトニックな動きによる地表変位が生じた可能性があることは上に述べたとおりである。都市圏の市街地地下に伏在する活断層は、基盤構造に規制された地震動の増幅を生じるという意味だけではなく、実際に地表に変位を及ぼしようという意味で、その精確な分布を把握しておくことが都市の地震防災上極めて重要である。

4. あとがき

今回の兵庫県南部地震は、六甲変動の一環として捉えるならば、起こるべくして起こった普通の”直下型地震”であると言える。この地震が残した最大の爪痕である”震災の帯”についても、その主要な原因が基盤の断層崖地形に規制された地震動の増幅によるものであるにしても、その地下の埋没断層崖そのものが、六甲変動を通じて山地と盆地との境に形成された活断層であることには変わりはない。

図-25は、合成開口レーダによる干渉画像である。（村上他、1995）。これによると、①神戸市須磨区~東灘区にかけて、幅約数km、長さ20kmにわたる帯状の地殻変動が認められ、六甲山南側山裾に沿って縞状の干渉が認められる。これは、既知の断層に良い一致を示し、右横ズレ運動および平野部の沈降によるものとみられる。

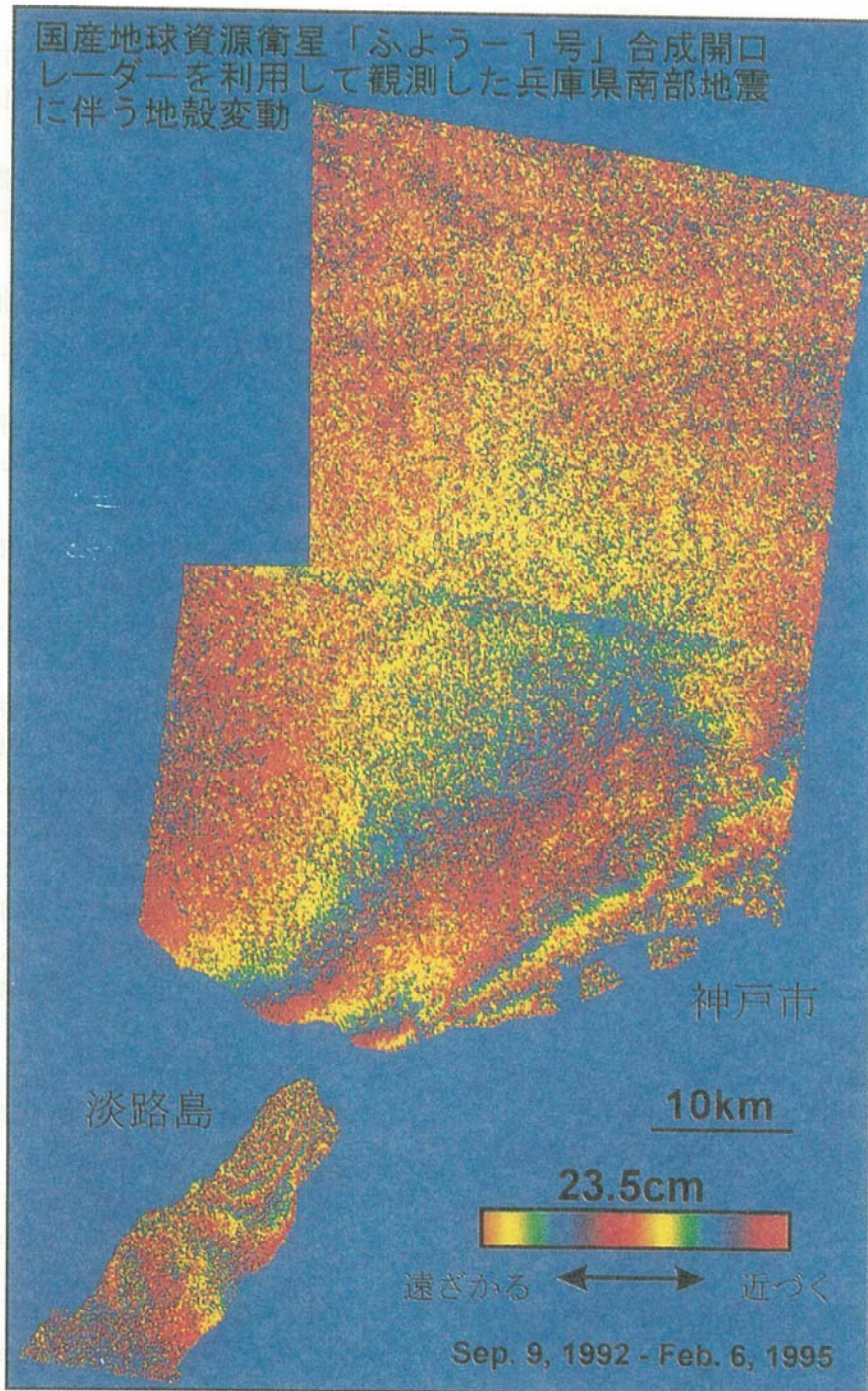


図-25 兵庫県南部地震に伴う地殻変動を表す合成開口レーダによる干渉画像（地震ジャーナル, vol 22, 口絵）

Fig. 25 Defferential radar interferometry indicated tectonic movement aused by the Hyogo-ken Nanbu Earthquake.

②淡路島では、同心円状の変動が野島断層を中心とした地域に認められ、同断層の右横ズレおよび南東側隆起によるものと見られる（村上，1996）。このように、合成開口レーダやGPS等の人工衛星を利用した地球表面部の変動をグローバルに見ると従来より知られている断層が数m～数十cmの幅で動いたことを強く示唆している。また、震災の帯の中に、それらを地震断層として認定す

るかどうかは別にしても、系統的変位と相応の連続性を有する地表変位が生じ、それらの分布が地震波探査の結果明らかにされた埋没断層崖の分布に大略一致し、さらに、笠間・岸本（1974）がその古典的研究を通じて神戸市街地下に推定していた断層の分布とも一致していること。また、これらの変位は、震源断層からの地盤変位が拡散していく過程で、既存の断層沿いに変位の集中が起こ

たものであり、当然発生し得るものと考えられる。これらのことは、研究者によって細かく見れば見方の違いがあるものの、地質学的研究を通じて明らかにされてきた地殻の運動像が、今回の兵庫県南部地震で再確認されたことを物語っていると言えよう。

しかし、こうした地質学的がもたらした成果や自然観は、阪神・淡路地域の都市防災に十分に反映されてこなかったのではなかろうか。これは、防災に対する地質学の基本的知識と社会のそれとの間にギャップがあったことを物語っている。

過去の地質時代の地殻変動の歴史を解明し、その中の法則性を見出して、未来予測を行うことは地質学の社会への貢献の一つである。ただし、地質学が取り扱う時間のスケールは、社会の人々が対象とするそれに比べてはるかに長大であり、このことは地質学的知識と社会のそれとのギャップを生じる原因の一つであろう。しかし、過去数10万年間の地殻変動の歴史を通じて未来を眺めるといった自然観、そしてそこから生まれる危機感こそが、社会的にもこれからの都市防災を策定して行く上で必要なのではなかろうか。

現代の技術レベルでは、どのように密に地震観測網を整備したとしても、内陸部直下型地震の短期予測は不可能であると言われている。しかし、第四紀層の中に記録された地球変動史の解読や、現在各地で精力的に調査が進められている活断層の活動履歴の解明は、地質学の限度内において、中長期での地震災害の予測に大きな貢献をするに違いない。また、先に述べたように、活断層のセグメンテーションやグルーピングの問題、あるいは二次的な地震断層に関する問題などの解明も、地震防災の対象範囲の策定に大きな変革をもたらす可能性もある。

兵庫県南部地震の残した最大の爪痕は、神戸市から西宮市にかけ幅約2kmの帯として連続する震災の帯であった。日本の他の地域においても洪積～沖積層が厚く堆積している都市部が多いことを考えると、その深部地下構造の立体的形状や活断層の分布を把握しておくことが、地震防災上重要な課題であり、堆積物に記された過去の変動史の解読を含めた総合的な検討が必要である。こうした観点で見ると、都市圏の深部地下構造とその形成史に関する情報はまだまだ不足していると言わざるを得ない。今後、系統的に深部探査や深層ボーリング調査等を行ってデータを蓄積するとともに、それらの情報を公有の財産として公開し、各都市部（平野部）の地質構造を明らかにし、広範囲な人々に地質学的な知識と自然観を理解してもらうことが、急務の課題ではなかろうか。

文 献

- 栗田泰夫, 水野清秀, 杉山一雄, 下川浩一, 井村隆介, 木村克己(1995); 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, 16-20
- 朝倉俊弘 (1996); 山岳トンネルの地震被害, 阪神・淡路大震災調査研究委員会中間報告会講演集, 土木学会関西支部, 63-68
- 岡田篤正 (1995); 兵庫県南部地震の地震断層と六甲-淡路活断層帯, 兵庫県南部地震と地形災害, 日本地形学連合編, 28-63
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩(1990); 「明石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, 1-90
- 尾崎正紀・松浦浩久 (1988); 「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, 1-90
- 高橋 学 (1996); 土地の履歴と阪神・淡路大震災, 地理学評論, 69A-7, 504-517
- 日本応用地質学会阪神・淡路大震災調査委員会 (1995); 大阪盆地周辺の地質構造, 兵庫県南部地震-地質・地盤と災害-報告書, 45-56
- 大矢 暁(1996); 兵庫県南部地震について, 土と基礎, vol.44, No.3, 3-8
- 遠藤秀典, 渡辺史朗, 牧野雅彦, 池田裕, 野田利一, 香川敏幸 (1996); 兵庫県神戸市における脇浜第2測線反射法弾性波探査, 地質調査所月報, Vol.47, 2/3, 95-108
- 阪神・淡路大震災調査委員会 (1995); 兵庫県南部地震-地質・地盤と災害-報告書, 日本応用地質学会, 1-364
- Hirano, M. (1969); Joint system of the Rokko Mountain range-tectonics of uplifted in the kinki district, Japan(I)-, Jour. Geosci, Osaka City Univ., Vol.12, 25-44
- 兵庫県 (1996); 調査結果の総括(案)について, 1-9
- Hujita, K. (1954); Stratigraphic significance of the plant remains contained in the Late Cenozoic formations in Central Kinki, Jour. Inst.Polytech. Osaka City Univ., Vol.2, 75-88
- Huzita, K. (1962); Tectonic development of the median zone(Setouchi) of Southwest Japan since Miocene. Jour.Geosci. Osaka City Univ., vol.6, 103-144
- Huzita, K. (1969); Tectonic development of Southwest Japan in the Quaternary Period.

- Jour. Geosci. Osaka City Univ., vol.12,
 53-70
- 藤田和夫 (1983); 日本の山地形成論, 蒼樹書房, 1-466
- 藤田和夫 (1985); 変動する日本列島, 岩波新書306,
 1-228
- 藤田和夫 (1996); 近畿トライアングルと六甲変動, 日
 本地質学会環境地質研究委員会編「阪神・淡路大
 震災 (地質環境と地球環境シリーズ3)」, 2-16
- 藤田和夫・笠間太郎 (1982); 「大阪北西地域の地質地域
 地質研究報告 (五万分の一図幅)」地質調査所,
 1-113
- 藤田和夫・笠間太郎 (1983); 「神戸地域の地質地域地質
 研究報告 (五万分の一図幅)」地質調査所, 1-115
- 藤田和夫・前田保夫 (1984); 「須磨地域の地質地域地質
 研究報告 (五万分の一図幅)」地質調査所, 1-101
- 藤田和夫 (1990); 大阪湾岸の地質, Structure, 36,
 25-29
- 藤田和夫, 佐野正人 (1996); 阪神・淡路大震災と六甲
 変動, 科学, Vol.66, 11, 793-805
- 池田 硯 (1996); 阪神大震災と地形条件, 日本地形学
 連合編「兵庫県南部地震と地形災害」, 95-109
- 石沢一吉・岡部幸彦 (1996); 六甲山諏訪山断層沿いの
 布引花崗岩の変形構造解析とそれによる初期地圧
 の評価, 平成8年度応用地質学会講演予稿集,
 51-57
- 石川浩次 (1995); 兵庫県南部地震による構造物の被害
 と地形・地質および地盤条件, 地質ニュース,
 No.7, 17-23
- 石川浩次・溝口昭二・大鹿明文 (1995); 兵庫県南部地
 震の神戸の地盤と被災状況調査, 応用地質, Vol.
 36, 62-80
- 入倉孝次郎 (1996); 兵庫県南部地震の断層モデルと震
 度7地域の強振動の推定, 「阪神淡路大震災調査
 報告書」, 地盤工学会・阪神大震災調査委員会,
 151-170
- 笠間太郎 (1968); 六甲山地の花崗岩類, 地質学雑誌,
 Vol.74, 147-158
- 笠間太郎・岸本兆方 (1974); 神戸と地震, 神戸市総務
 局・土木局, 1-48
- 宮内崇裕・伊藤谷生・荒井良裕・村田明広・狩野謙一・
 沢田啓臣 (1995); 兵庫県南部地震にともなう淡
 路島北部の地表断層-地形・地質・地震のテクト
 ニックな関連性, 1995年1月17日兵庫県南部地震
 調査速報会記録, 日本第四紀学会, 35-36
- 島本利彦 (1995); “震災の帯”の不思議, 科学, 65,
 195-198
- 島本利彦・堤 昭人・大友幸子・川本英子 (1995); 神
 戸市～西宮市における地震被害と推定地震断層,
 阪神大震災緊急合同報告会資料, 121-122
- 桜井 孝 (1995); 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, 日
 本応用地質学会, 38-54
- 桜井 孝 (1997); 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, Vol.37, 452-462
- 千葉達郎・若松尚則 (1995); 神戸市灘区海岸付近での
 スラストの発見とその構造地質学的意義, 兵庫県
 南部地震シンポジウム論文集, 日本地質学会,
 61-64
- Yamagata, M., Yasuda, M., Nitta, A. and
 Yamamoto, S. (1996); Effects on the Akashi
 Kaikyo Bridge, Special Iss. Soils and
 Foundations, 179-187
- 横山卓雄・中川要之助・檀原 徹・竹村恵二 (1981);
 芝の不整合について(1)-千里山丘陵北縁部大阪
 層群の層序および大阪層群中における不整合の発
 見と意味について-, 同志社大学理工学部研究報
 告, Vol. 21, 301-320
- 横田 裕 (1996); 反射法地震探査記録から見た甲陽断
 層, 甲陽断層に関する最新情報, 断層研究資料セ
 ンター第10回セミナー資料集, 28-37
- 吉川恵也 (1979); 鉄道トンネルの震災事例調査, 鉄道
 技術研究報告, No.1123
- 吉岡敏和, 宮地良典, 寒川 旭, 下川浩一, 奥村晃史,
 水野清秀, 松山紀香ほか (1995); 兵庫県南部地
 震に伴う阪神地区の被害分布と微地形, 地質ニュー
 ス, 7, 24-28
- 菊池正幸 (1995); 遠地実体波による震源のメカニズム,
 月間地球号外13, 47-53
- 国土地理院 (1995); 阪神地方の地殻変動, 第113回地震
 予知連絡会提出資料
- 小山幸則, 朝倉俊弘, 佐藤 豊 (1996); 兵庫県南部地
 震による山岳トンネルの被害と復旧, トンネルと
 地下, Vol.27, 3, 51-61
- 松田時彦 (1976); 活断層と地震-その地質学的研究,
 地質学論集, 12, 15-32
- 中田 高, 蓬田 清, 尾高潤一郎, 坂本晃章, 朝日克彦,
 千田 昇 (1995); 1995年兵庫県南部地震の地震
 断層, 地学雑誌, Vol.104, 1, 127-142
- 林愛明, 井宮 裕, 宇田進一, 飯沼清, 三沢隆治, 吉田
 智治, 清松保貴, 和田卓也, 川合功一 (1995);

- 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, Vol.104, 1, 113-122
- 林愛明, 宇田進一 (1995); 野島断層のセグメンテーションと断層破壊プロセス, 地震, 48, 375-386
- 林愛明, 宇田進一 (1996); 野島地震断層の南北末端部の性状, 活断層研究, No.14, 70-79
- 星野 実, 村上広史 (1995); 地殻変動の実際, 兵庫県南部地震-地質・地盤と災害-報告書, 日本応用地質学会阪神・淡路大震災調査委員会, 160-167
- 平野昌繁, 波田重貴 (1995); 淡路島との比較からみた兵庫県南部地震による神戸市域における断層の活動, 日本地質学会環境地質研究員会, 第5回環境地質シンポジウム論文集, 78-82
- 平野昌繁, 波田重貴 (1996); 1995年兵庫県南部地震によって生じた地表断層の構造地質学的意義, 京大防災研究所研究報告, 別冊大18号, 37-51
- 宮田隆夫, 洪景鷗, 前田保夫 (1995); 神戸市街地の隠れた活断層, 日本地質学会環境地質研究員会, 第5回環境地質シンポジウム論文集, 45-48
- 山崎晴夫 (1981); 地震断層の出現形態とその形成条件, 地調月報, 32, 574-575
- 山崎晴夫 (1987); 地震と活断層, 応用地質特別号「防災地質の現状と課題」, 日本応用地質学会, 84-133
- 池田安隆・米倉伸之 (1979); San Fernando 地震の断層モデル, 地震, vol.32, 477-488
- Hanks, T. C. (1974); The faulting mechanism of the San Fernando Earthquake, Jour. Geophys. Res., 79, 1215-1229
- 村上 亮, 藤原 智, 齊藤 隆 (1995); 干渉合成開口レーダを使用した平成7年兵庫県南部地震による地殻変動の検出, 国土地理院時報。
- 村上 亮 (1996); 合成開口レーダー (その地震研究への利用), 地震ジャーナルvol. 22, p15~23, 1996年12月。