

2. 地形・地質概要

2.1 地形概要

図-2.1.1の接峰面に示されているように、六甲山地は、南側から見ると、東六甲から須磨に至る連嶺が北東から南西に延び、その延長は明石海峡を経て淡路島に続く。主山塊である六甲山塊は東に高く西に低くなる傾動地塊で、東部は多数の断層に切られ、構造起伏が著しいが、西部は数段の南北方向の地形的段差がわずかに見られるだけで、東播盆地に移る。六甲山地の北西部に位置する帝釈山地との境界も断層によって境され、そこでも構造起伏が明瞭である。

調査地域である西宮市西区から芦屋市を経て神戸市須磨区に至る地域は、六甲山地南麓に沿って丘陵地と海岸平野が幅の狭い領域に発達している。丘陵地は大阪層群よりなり、西宮市西区の仁川～芦屋川西部、住吉川と石屋川の間、神戸市街～会下山の各地域において、六甲山地にへばりつくように分布している。それ以外は、六甲山地から大阪湾に流入する御手洗川・夙川・芦屋川・住吉川・石屋川・都賀川・生田川・新湊川・妙法寺川から流出した碎屑物が山麓扇状地や小三角州の複合よりなる海岸平野である（図-2.1.2）。

地形面の観点から見ると、その分布高度から高位段丘面（一般には標高100～250m）・中位段丘面（標高20～70m）・低位段丘面（標高5～55m）の存在が識別できる。中位段丘面と低位段丘面は標高的には重なり、両者を堆積物から区別するのも難しいといわれている。高位段丘面は六甲山南麓から山地内部に分布し、芦屋市奥池や芦屋ゴルフ場では標高500mの位置にやや傾斜した地形面を形成している。中位段丘面は丘陵地の上面や丘陵地を開析する河川に沿って分布する。六甲山地南麓では山麓小扇状地と複合体となる。低位段丘面は中位段丘面の周辺や六甲山南麓に分布するが、石屋川から生田川の西にかけて広く分布する。低位段丘面の南側には三角州からなる沖積平野が分布するが、山麓扇状地とも複合体をなす。

六甲山地南麓は近年宅地開発が急激に進み、地形の人工改変が丘陵地はもとより、南麓の急傾斜地にも及んでいる。そこでは現在、断層変位地形など原地形はほとんど失われ、切土・盛土のうえに宅地が立ち並んでいる。海岸平野の開発も進んでいる。多くの池が埋め立てられ、現在は学校や住宅地になっている。六甲山地を貫くトンネルから排出された花崗岩起源の土砂や裏六甲地域の神戸層群の造成で排出された土砂による埋立で、自然の海岸はほとんど失われた。さらに、海上にいくつも人工島が造成された。

1995年1月17日早朝に発生したM7.2の兵庫県南部地震では、この北東-南西に延びる幅の狭い海岸平野のほぼ中央部を縦断するかたちで被害の集中した「震災の帯」が形成された。海岸平野の微地形とともにその地質構成、基盤の深度や形状、活断層、さらには盛土や埋立などの人工地盤が震災との関連において議論の対象になっている。また海岸の埋立地や人工島では液状化が広域に発生し、盛土材料や造成工事の手法が議論されている。

(2) 高位段丘堆積物

芦屋断層や五助断層等に沿う地域では、花崗岩の侵蝕を伴った液状化を受けた産生性の砂礫層が大阪層群を不整合におおって分布している。層厚は20～50m程度である。

2. 2 地質概要

六甲山地域の地質はまず明瞭に「基盤岩類」と「被覆層」に大別される。基盤岩類は花崗岩の上にルーフペンダント状に残存する丹波層群起源のホルンヘルス、白亜紀の花崗岩類および酸性凝灰岩類（有馬層群）である（図-2.2.1）。花崗岩類はさらに領家花崗岩類に属する布引花崗閃緑岩と山陽帯花崗岩類に属する六甲花崗岩からなる。一方被覆層は古いものから第三系神戸層群、鮮新統～更新統大阪層群、更新統段丘堆積物、完新統沖積層である。

このうち、調査地域に産出する基盤岩類は生田川流域の布引に分布する布引花崗閃緑岩と、そのほかの地域に広く分布する六甲花崗岩に区分される。被覆層としては上記に挙げたすべての地層が分布するが、神戸層群は新湊川の流域で須磨断層沿いで断層に挟まれて分布するだけである。大阪層群は地形概要で述べたように、西宮市西区の仁川～芦屋川西部、住吉川と石屋川の間、神戸市市街～会下山の各地域で小規模な丘陵地を形成しているにすぎないが、海岸平野の直下には厚く潜在分布していると考えられている。

以下、調査地域の被覆層の層相・層厚等を概観する。

(1) 大阪層群¹⁾

・仁川～夙川間の大阪層群

甲陽断層の北西側に大阪層群下部が見られ、その層厚は80 m以上に達している。地層は断層沿いで急傾斜している。基底部から①花崗岩質の粗粒～中粒砂層とシルト②粘土層と花崗岩質粗粒砂層の互層③厚いMa 1層④最上部細粒砂層（含ピンク火山灰層）⑤粘土層と砂礫層の互層（Ma 2層、含アズキ火山灰を含む。厚35～40 m）である。

甲陽断層の北西側で大阪層群上部のMa 3層からMa 5層が急傾斜して分布する。さらに甲陽断層の南東側でMa 4層より上位の地層が分布する。Ma 5層からMa 8層を挟在する地層群は花崗岩・流紋岩の中～大礫を含む礫層に富む。大阪層群上部の層厚は70 m以上に達する。

・夙川～芦屋川間の大阪層群

仁川～夙川間の大阪層群と同層準の地層が分布する。甲陽断層沿いでは著しく変形している。甲陽断層以南には厚い海成粘土層が分布するが、層準は不明である。

・住吉川右岸の大阪層群

花崗岩質砂層が分布するが詳細は不明である。五助橋谷川沿いの五助橋断層では、大阪層群の花崗岩質砂層と花崗岩が断層接触している。

・神戸市街地北西部（会下山・夢野・西代地域）

須磨断層や会下山断層沿いでは急傾斜している。基底深度は不明であるが、その層厚は160 m以上に達する。Ma 1層からMa 6層までの地層が分布している。

以上の情報から、海岸平野の地下に潜在する大阪層群も下部および上部の層準の地層であると考えられる。また断層沿いでは大阪層群の変形が著しいことから、海岸平野の地下に断層が伏在しているとすれば、それは大阪層群の変形構造から捉えることができるかもしれない。

(2) 高位段丘堆積物

芦屋断層や五助橋断層等に沿う地域では、花崗岩の巨礫を含む赤色風化を受けた崖錐性の砂礫層が大阪層群を不整合におおって分布している。層厚は20～50 mである。

(3) 中位段丘堆積物

一般に層厚10m未満の砂礫層からなり、六甲山地南麓に分布している。中位段丘堆積物の模式地である西宮市上ヶ原台地に見られる上ヶ原礫層は主にこぶし大の花崗岩の礫から構成されている。

(4) 低位段丘堆積物

神戸市街地の主部を占めて発達し、六甲山地南麓では、主に浅海性の砂層でできていると見られている²⁾。一般にその層厚は数m程度である。標高10mの地点が低位段丘面の末端に当たると考えられている²⁾。

(5) 沖積層

沖積層は岩見によって多数のボーリング資料を利用して総括が行われている³⁾。岩見は玉石地帯(S T)・砂州(S)・粘土多質地(C L)・砂粘土地(S c)に区別し、図-2.2.2に示した表層地質図を作成した。

①砂礫層(S T相当)

花崗岩礫を多く含む粗粒砂層からなる山麓扇状地性堆積物である。その層厚は10mを越すことが多く、なかには20mを越える。

②砂質粘土層(S c相当)

腐植を含む黒っぽい貝殻混じり砂質粘土である。完新世における縄文海進の汀線(海岸線)は国道2号線の位置(標高4m)で、海岸沖積平野の延長に当たるが、この堆積物は縄文海進時の汀線に平行に延びている。層相は場所毎に変化し、入り海が内陸に深く入り込んだ後背湿地や潟では粘土分の多い堆積物になる。

③粘土層(C L相当)

Ma 13層に当たり、縄文海進時の汀線より山地側には分布しない可能性がある。

④砂層(S相当)

縄文海進の高海面期の後、海面がわずかに低下し、河川から流入した砂が汀線付近に堆積したものである。汀線に平行に分布している。

沖積層全体から見ると、玉石地帯(S T)は住吉川・石屋川・都賀川・西郷川・旧生田川に沿って分布し、その間に砂層が分布する。玉石は六甲山地から流出した土石流堆積物で、砂層(S)は扇間盆地に堆積した細砂層である。神戸市兵庫区・長田区では各地層が複雑に分布しているが、後述するように、家屋の被災は地盤の地質構成に強く影響されている。

沖積層の南北地質断面の概要は、兵庫県南部地震地質調査グループによって東灘区の天上川沿いのボーリングデータから作成された地質断面図(図-2.2.3)によって見ることができる⁴⁾。その地質概要は、①湾岸から阪神電鉄までは層厚10~30mまでのシルト(沖積層)②阪神電鉄からJRまではN値50以上の砂礫層の上にN値7~30で層厚5~15m程度の砂・シルトの互層(沖積層、洪積層の区分は不明瞭)③JRより六甲側ではN値50以上の礫質堆積物が分布するという。③区間の礫質堆積物は中位段丘堆積物相当であろう。阪神電鉄直下の砂層は縄文海進の高海面期の後に汀線に平行に堆積した砂堆であろう。全体の分布からみて、②区間の砂礫層も沖積層の可能性が高い。

2. 3 活断層の分布と特徴

調査地域に分布する主な活断層は、図-2.2.1に示されているように、西から須磨断層・会下山断層・諏訪山断層・布引断層・大月断層・五助橋断層・渦ヶ森断層・芦屋断層・甲陽断層である。これらの断層は、活断層研究会によって确实度1、活動度B（平均変位速度1~0.1/1000年）とされた活断層である⁶⁾。分布を見ると、須磨断層・諏訪山断層は六甲山地南麓に沿って山地の延びと平行に走っている。それに対して、大月断層・五助橋断層・渦ヶ森断層・芦屋断層・甲陽断層は六甲山地の延びの方向とは斜交している。このことは地形にも明瞭に現れ、先に述べたように、六甲山地の東部では階段状の構造起伏を呈している。

今回の地震では、市街地の変位地形の分布から活動した断層を推定することが試みられているが、市街地の伏在断層は五助橋断層・渦ヶ森断層・芦屋断層・甲陽断層などの既存の活断層の延長線上にあり、さらにその先では大阪湾の海底に分布する断層にも連続するという考えも出されている。しかし、このモデルでは現在の六甲山地の地形形成を説明することはできない。六甲山地が隆起を続けて現在のような地形を形成したのであるなら、六甲山地東部においても六甲山地南麓に沿って山地と海岸平野を画する断層がなければならぬ。図-2.2.1の地質図では、芦屋断層・甲陽断層は六甲山地の南麓で山地に沿う推定断層とつながっている。これらの推定断層が実在していて、芦屋断層・甲陽断層は北東から東西に曲がると考える方が地形発達史を説明し易い。神戸市街地において伏在断層が存在するとしても、その方向は六甲山地に平行である可能性が高い。

六甲山地に発達する活断層は右横ずれの変位センスをもつ逆断層であるという考えが定説である。佃は、瀬戸内海から九州にかけての地形発達史と六甲断層系を含む活断層群の運動を説明するテクトニックモデルを構築した⁶⁾（図-2.3.1）。佃は、中央構造線（Median Tectonic Line）の北側に分布する瀬戸内海から中部九州にかけての地域は相対的沈降域であり、それはフィリピン海プレートの斜めしずみ込みと中央構造線の南側地帯の西進によって形成されたと考えている。そして相対的沈降域を瀬戸内剪断帯とよんだ。瀬戸内剪断帯は右横ずれ剪断帯であり、そこに発達する活断層はP-shear（図-2.3.2参照）であるとした。ところで、通常横ずれ剪断帯ではP-shearよりもR-shearが形成され易いことが実験的にも野外の観察でも明らかになっている。瀬戸内剪断帯でP-shearが発達するのはなぜであろうか。それは、これらの活断層は左横ずれ剪断帯のR-shearとして形成された断層が、その後造構運動の性質が変化したため、それまでとは逆の変位センスで再活動したということによって説明できる。変位センスの逆転は岩国断層系（図-2.3.1）や紀伊半島の中央構造線の副断層である根来断層・五条谷断層など⁷⁾、有馬高槻構造線の副断層のひとつ（未公表）で明らかになっている。六甲断層系では変位センスの逆転は確認されていないが、上述の活断層の分布パターンは、変位センスの逆転が明らかになっている他地域の活断層と同様に、左横ずれ剪断帯のR-shearの分布パターンを示している。変位センスの逆転を考えると、分布パターンおよび断層形態と、最大水平圧縮応力主軸の方向とから、再動した断層が逆断層成分を強くもち、その結果として六甲山地が隆起したことが説明できる。今回の地震において起こった野島断層による逆断層変位も同様の現象と考えられる。

(参考文献)

- 1) 林 隆夫・市原 実:大阪盆地西北部,市原 実編著,大阪層群,創元社, pp. 41~48, 1993.
- 2) 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, p. 115, 1983.
- 3) 岩見義男:神戸市街地の地盤特性,神戸市都市整備公社, 1980.
- 4) 兵庫県南部地震地質調査グループ:1995兵庫県南部地震における被害集中域と地質学的特性,地球科学, 49, pp. 85~88, 1995.
- 5) 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, p. 437, 1991.
- 6) 佃 栄吉:西南日本弧のアクティブテクトニクスー前弧スリバーの西進運道にともなう変形像,岡田篤正ほか編,中央構造線のネオテクトニクスーその意義と問題点ー,地質学論集, No. 40, pp. 235~250, 1992.
- 7) 宮田隆夫:中央構造線の形成史,日本の地質「近畿地方」編集委員会編,近畿地方, pp. 68~70, 1987.
- 8) Huzita K.・Kasama T.・Hirano M.・Shinoda M.・Tanaka M.:Geology and geomorphology of the Rokko area, kinki district, Japan-with special reference to Quaternary tectonics-. Jour. Geosci. Osaka City Univ., 14, pp. 71~124, 1971.
- 9) Tchalenko J. S.:Similarities between shear zones of different magnitudes., Geol. Soc. Am. Bull., 81, pp. 1625~1640, 1970.
- 10) Harding T. P.:Petroleum traps associated with wrench faoultts. Am. Assoc. Petro. Geol., 58, pp. 1290~1304 , 1974.





図-2.1.2 神戸市中央～西部の古地形図からみた海岸平野
山麓扇状地と三角州が複合体を作っている。
(旧地形図:明治18年,陸軍部測量局作成)

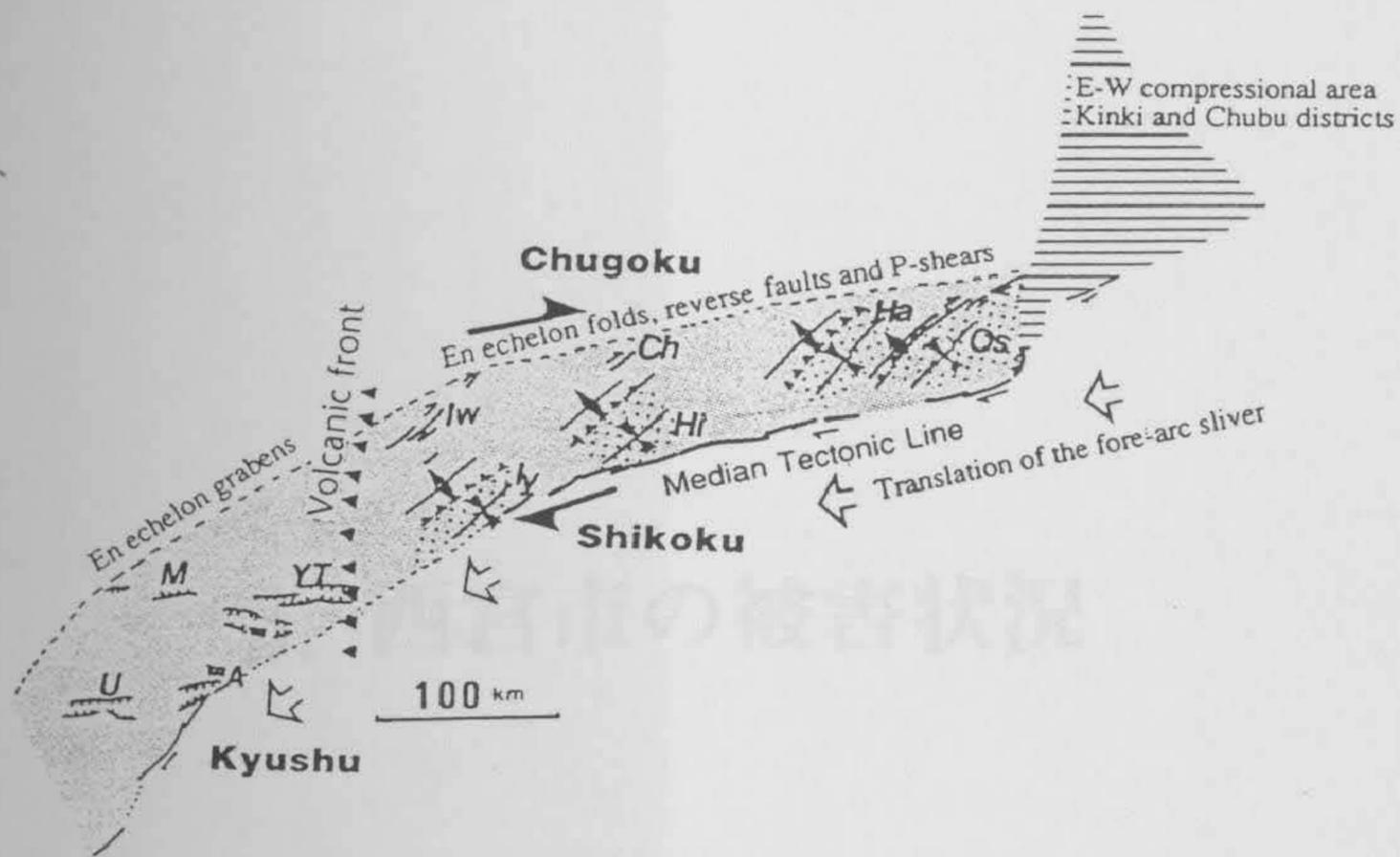


図-2.3.1 瀬戸内剪断帯に発達する活構造とその東端の近畿地域の東西圧縮領域⁶⁾

瀬戸内海域には北東-南西方向の褶曲、逆断層およびP-shearが発達。Os: 大阪湾盆地、Ha: 播磨灘盆地、Hi: 宍灘盆地、Iy: 伊予灘盆地。中部九州地域には東西方向の地溝、正断層が発達。YT: 由布・鶴見地溝、A: 阿蘇地溝、U: 雲仙地溝、M: 水鏡断層、Iw: 岩国活断層系、Ch: 長者ヶ原断層。

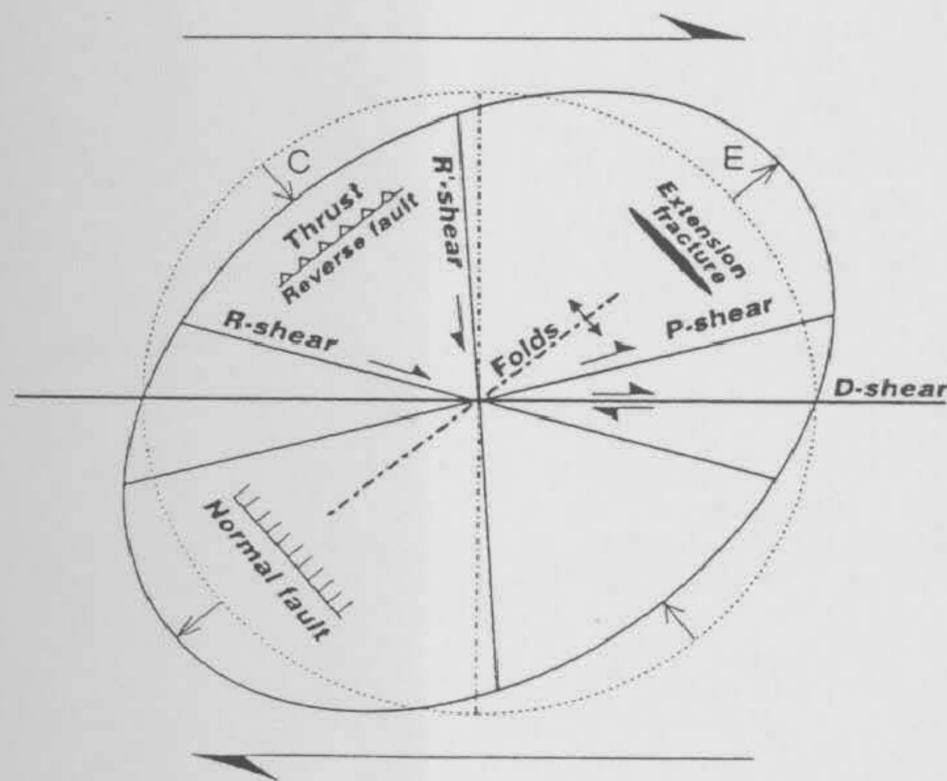


図-2.3.2 右ずれ剪断帯に発達する構造要素の方位と変位のセンス^{9)・10)}

CおよびEはそれぞれひずみ楕円帯の圧縮軸および引張軸を示す。R-shear: Riedel shear (synthetic strike-slip fault), R'-shear: Conjugate Riedel shear (antithetic strike-slip fault), D-shear (Principal displacement shear; 剪断帯の中のもっとも主要な断層で中央構造線がこれに当たる)。P-shearはR-shearとは鏡面对称の方位で変位センスが同じ。