

京都盆地西縁の変動地形と第四紀テクトニクス

植村善博*

I. はじめに

近畿地方中部には南北に配列する山地や盆地が発達している。このような地形は、合衆国西部の Basin and Range 地域のもものとよく似ているが、これは張力場において地殻が引き延ばされた結果であるとされている (Stewart, 1978¹⁾)。一方近畿では、第四紀以降東西の水平圧縮場におかれてきたと考えられており (藤田・岸本, 1972²⁾、安藤, 1979³⁾、東西圧縮にもとづく第四紀の地殻変動は六甲変動とよばれている (藤田, 1968⁴⁾)。近年、近畿三角帯において顕著な南北性の変動地形が活断層によって形成されたことが明らかになり (活断層研究会, 1980⁵⁾・藤田, 1983⁶⁾)、とくに六甲山地の研究により地殻変動と地形の形成過程との関係が詳細に検討されている (Huzita et al, 1971⁷⁾・藤田・笠間, 1982⁸⁾・1983⁹⁾)。また第四紀中期 (50万年前頃) 以降、変動速度は加速化していると考えられるようになった (藤田・太田, 1977¹⁰⁾・藤田, 1986¹¹⁾)。

このような現在の地形を形成してきた第四紀の地殻変動や現在も進行中の活動的な地殻変動に関する総合的な研究分野を第四紀テクトニクスまたはネオテクトニクスとよんでいる。

京都盆地は東西両縁を断層崖によって限られた変動性の凹地である。とくにその西縁部には新期の変位をうけた地形や地層がよく発達しており、中村他 (1936)¹²⁾ 以来、水山 (1953)¹³⁾・55¹⁴⁾、西山団研グループ (1966)¹⁵⁾ などの研究によって、断層の位置や性質が明らかにされてきた。最近では、活断層研究会 (1980)⁵⁾ や吉岡 (1986)¹⁶⁾ によって、変位地形を指標とした断層運動の特徴や運動速度などが記載されている。しかし変動地形に関する詳細な検討は少なく、また地殻変動の様式やその時代の変遷、京都盆地の形成過程と地形発達との関係など、本地域の第四紀テクトニクスに関する未解決の問題が多い。

そこで筆者は、京都盆地西縁の活断層系とそれに伴う断層変位地形を中心に調査をおこなった。

本稿では、1) 断層変位地形の特色や断層露頭を記載し、活断層の分布や変位量を明らかにする。その結果にもとづいて、2) 断層運動の性質や変位速度、3) 断層の活動時期と地形発達との関係、4) 重力異常および微小地震の特色および断層と地殻構造との関係、4) 本地区と六甲山地との変動地形と第四紀テクトニクスの比較、などについて報告し御批判を仰ぎたい。

* 京都府立朱雀高等学校

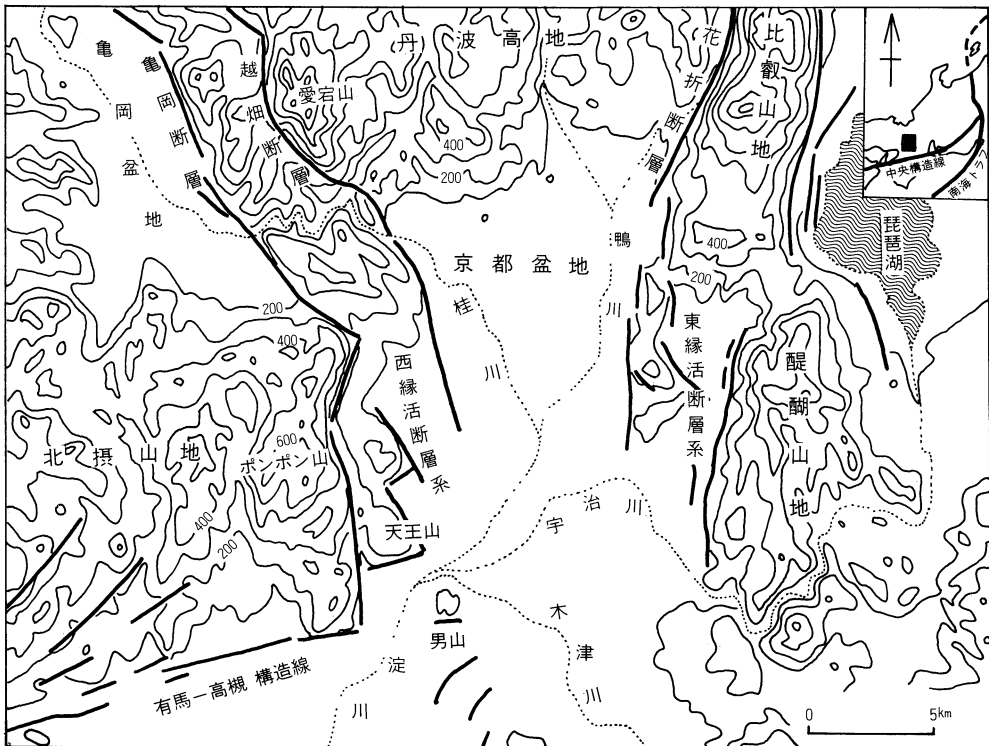
II. 地形・地質の概観

京都盆地は、近畿三角帯の北西辺にあたり、また南北にのびる山城・大和低地帯の北端部をしめている（第1図）。盆地の西側には400～600 m に定高性をもつ北摂山地が、東側には500～700 m 程度の比叡山地・醍醐山地が南北に連なっている。これらはいずれも直線的な断層崖によって盆地底と接し、その境界部に活断層が推定される（活断層研究会、1980⁵⁾・吉岡、1986¹⁶⁾）。一方、盆地の北部には600～900 m 前後の丹波高地が広がり、その境界は漸移的で断層を伴わない。盆地内には桂川・鴨川水系によって形成された扇状地性低地が発達するが、南部は宇治川・

木津川などの三川合流地域であり、天王山と男山との狭隘部をへて大阪平野へ排水されている。この基盤の高まりのために、上流側には広い低湿地帯が形成され、近年まで巨椋池などの池沼が分布していた。

また地質についてみると、盆地周辺の山地はほとんどが丹波帯の中・古生層から構成されており、比叡山南部に花崗岩が分布するにすぎない。一方、山地をとりまく丘陵や台地は第四紀の大阪層群と段丘層から構成されている。

京都盆地西縁は北摂山地の西端部にあたり、比高300～500 m の西山断層崖が発達している。西山断層の東側には、高度200～300 m 程度の野山や天王山の基盤山地が、さらに東

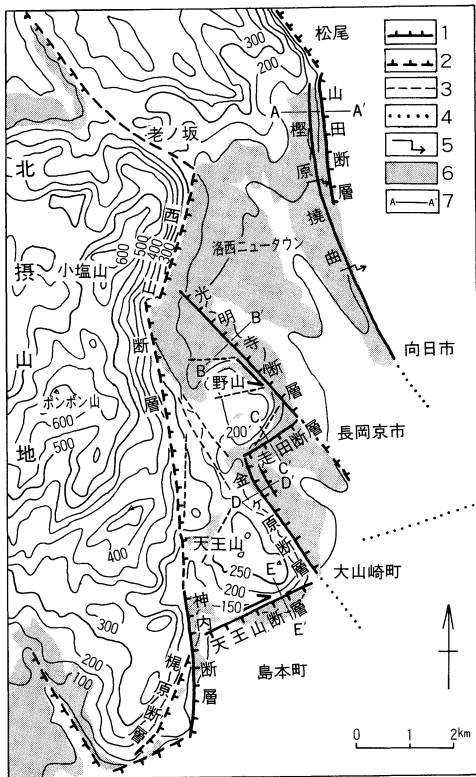


第1図 京都盆地周辺の接峰面と活断層の分布
接峰面の等高線は100 m 間隔

側には丘陵・低地が分布する。これらの境界は直線状で断層の存在が推定される。このように、京都盆地西縁は北摂山地が階段状に京都盆地へ低下していく地域で、両地塊の境界をなしている。

Ⅲ. 断層変位地形の記載

本地区には第四紀中後期に活動した活断層として、^{かたぎはら}樫原断層¹⁷、^{こうみやうじ}光明寺断層、^{ほしりだ}走田断層、^{かねがはら}金ヶ原断層、^{てんのうざん}天王山断層、^{こうない}神内断層が認められる（第2図）。これらを一括して京都盆地

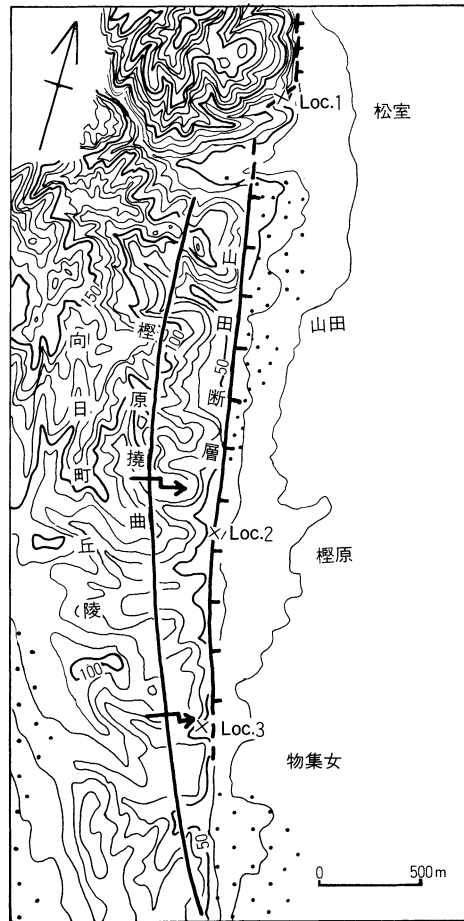


第2図 京都盆地西縁の活断層

1. 確実度Ⅰの活断層、2. 確実度Ⅱの活断層、
3. 確実度Ⅲの活断層・リニアメント、4. 埋没断層、5. 撓曲、6. 大阪層群の分布域、7. 地形・地質断面線の位置

西縁活断層系とよぶ。以下に、これらの活断層とそれともなう変位地形の特色、変位量や断層露頭について記載する。

1) 樫原断層：右京区嵐山から向日市上植野付近まで、北北西走向で約 9 km 連続する。松尾以北では山地と低地とが接する比高約 100~150 m 程度の断層崖を形成するが、松尾以南では大阪層群からなる向日町丘陵と低地部との境界をなす。丘陵東縁は比高 50~70 m 程度の撓曲崖をなすが、松尾から樫原の間には山田断層が約 2.5 km にわたり連続する



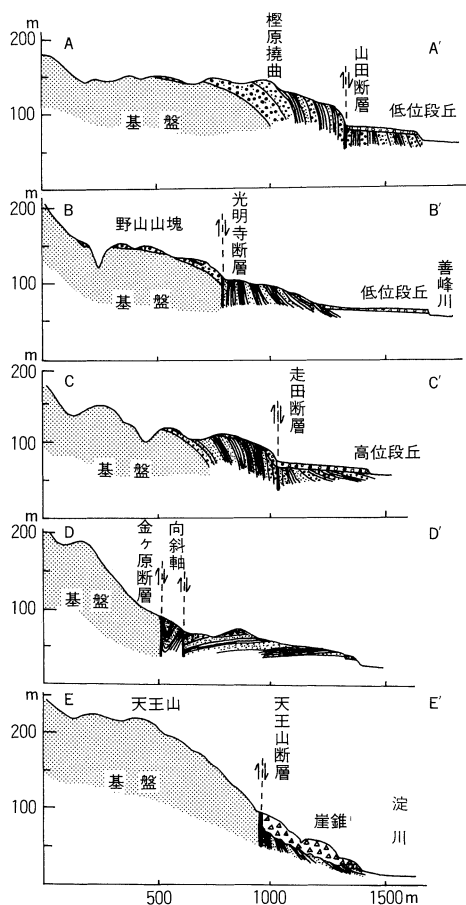
第3図 樫原断層北部の地形
凡例は第8図を参照、等高線は 10 m 間隔

(第3図)。撓曲崖の比高は物集女^{もすめ}で 20~30 m、向日町で 10~20 m 程度と南へ低下し、上植野付近で丘陵が消滅する。

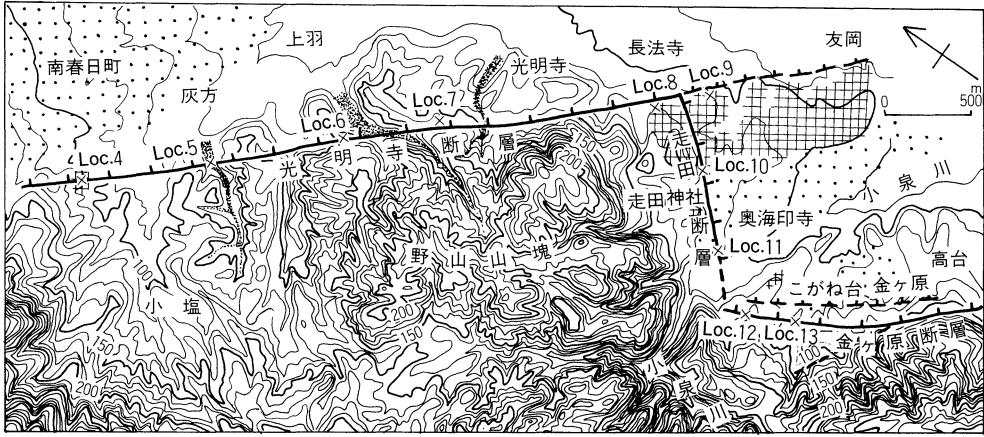
松室 (Loc. 1) では、丹波層群の頁岩が N30°E、25°W の低角逆断層で大阪層群に衝き上げている。断層面は 0.5 m の粘土化した破砕帯をもち、下盤の大阪層群の礫層は逆転している。これより北方には大阪層群は分布しない。山田付近では、大阪層群が撓曲構造をなし、50度前後の傾斜で盆地下へもぐっていく。また山田断層の影響で、幅 100 m

以上にわたって大阪層群が直立している (第4図の A-A' 断面)。しかしこれをおおう低位段丘面に変位は認められない。榎原 (Loc. 2) では、撓曲帯と断層との関係が観察される。ここでは、N-S、28°E の撓曲をなす粘土・礫層互層が、N10°W、90° の断層により切られ、直立するようになる。断層の変位量は 10 m 程度の西側隆起を示す。物集女 (Loc. 3) では、N22°W、30°~40°E の撓曲がみられる。これより南方では東へ10~15度傾斜する大阪層群最上部の礫層が観察されるだけである。

2) 光明寺断層：大原野南春日町から長岡京市友岡付近まで、北西走向で直線状に約 6 km にわたって連続する。断層は北部の南春日町から上羽までは大阪層群中をはしり、光明寺付近の約 1 km 間は野山山塊と丘陵との境界、長法寺以南では丘陵と低地の境界をなす (第5図)。南春日町南西 (Loc. 4) では、大阪層群が N30°~40°W 走向で幅 80 m 以上にわたって直立している。ここでは高位段丘層が東へ40度傾斜する露頭があり、約 15 m の西側隆起を示す。灰方南方の丘陵の開析谷 (Loc. 5) には約 50~60 m の左ずれオフセットが生じている。また上羽南方 (Loc. 6) では大阪層群の上部層が N38°W、90° の断層により直立し、下部層の砂礫層と接している。この位置には比高 25 m 程度の断層崖が生じている (第4図の B-B' 断面)。光明寺付近では基盤と大阪層群との境界をなし、比高 100 m 程度の断層崖が発達する。急崖下には連続的に大阪層群の急傾斜が認められ、開析谷には 100~170 m の左ずれオフセットが認められる。Loc. 7 では低位段丘相当の角礫層が大阪層群と断層で接しており、約 1 m の



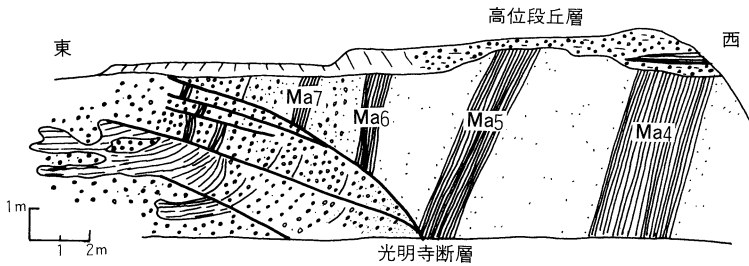
第4図 地形・地質断面図
断面の位置は第2図に示す



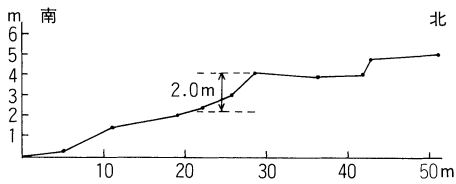
第5図 光明寺断層・走田断層・金ヶ原断層の地形
凡例は第8図を参照、等高線は10m間隔

変位が観察された。断層崖背後の高度 150～180 m の小起伏面上には粘土をはさむ砂礫層が分布しており、岩相から大阪層群下部の層準とみられる。光明寺の断層分離丘は N6°W 走向で60～80度東へ急斜した大阪層群からなる。これと主断層の走向とが約40度も異なっており、基盤との間の幅約 50 m の凹地は横ずれ運動に伴う断層凹地であろうとみられる。長法寺付近では、丘陵と低地との間に比高 30～40 m の急崖をなす。Loc. 8 では工事中に第6図のような断層露頭が観察された。ここでは N45°W、50°S の主断層があり、数本の分岐した断層を伴っている。上盤

は70～90度東に急斜する大阪層群上部で、下盤の赤褐色の砂礫層と逆断層で接している。この砂礫層は Ma7 より上位の層準のものであるが、変位量は不明である。この露頭より東方の赤褐色砂礫層中にも東上がり 1.5 m を示す逆断層が観察された。これらの構造を切って、水平に堆積している高位段丘層が注目される。これは粘土をはさむ厚さ 3.5 m の砂礫層からなり、平坦面を残さず丘陵を構成するものである。天神三丁目 (Loc. 9) では、丘陵東縁に比高約 20 m の崖があり、その西側で大阪層群中に N50°W、80°S の2本の逆断層が観察され、0.5 m の西上がりの変位を



第6図 長法寺 (Loc. 8) における光明寺断層の露頭
(石田志朗氏の資料に加筆)



第7図 奥海印寺 (Loc. 11) の低位段丘面を切る走田断層の低断層崖 (簡易測量による実測断面図)

与えていた。さらに南延長の長岡天神付近で15 m、友岡で5 m程度の崖が連続しており、南方ほど比高は低下していく。

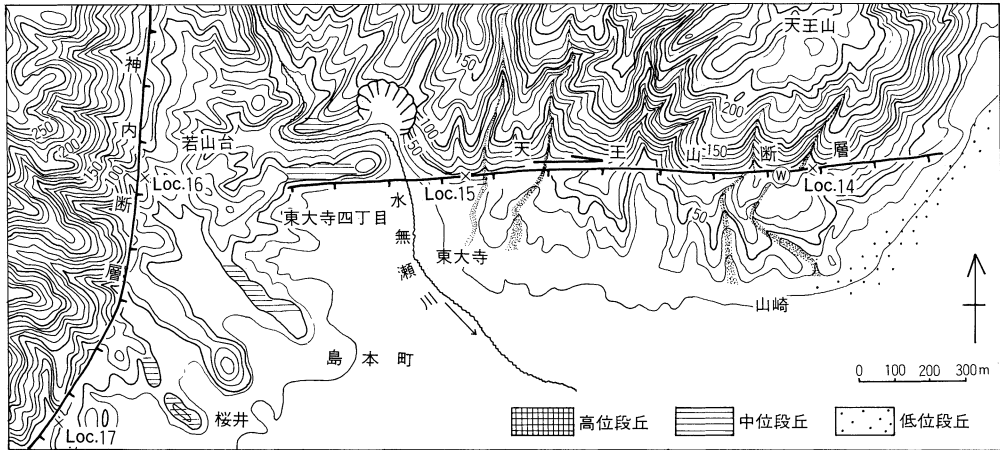
3) 走田断層：長法寺から奥海印寺にかけて約1.3 km連続し、走向N60°Eで直線状に丘陵と高位段丘面との境界をなす。本断層は光明寺断層と金ヶ原断層とを結ぶようにのびている点が注目される(第5図)。北側の丘陵頂部には、高度90~100 mの開析された高位段丘がのっている。これは厚さ約5 mの赤褐色砂礫層からなり、南へ30~80度急斜する大阪層群を傾斜不整合でおおっている。段丘層も15度程度南へ傾斜している。ところが走田神社 (Loc. 10) では、この高位段丘礫層がN44°E、86°Sで大阪層群とともに直立している(第4図のC-C'断面)。この断層による高位段丘面の垂直変位量は北上がり約50 mである。奥海印寺 (Loc. 11) では小泉川の低位段丘面上に比高約2 mの北上がりの低断層崖が認められる(第7図)。

4) 金ヶ原断層：本断層は奥海印寺西方から大山崎付近まで、約4 km連続し天王山の北東向きの断層崖を形成する。走向はN45°Wであるが、北端部の約1 kmは丘陵中を走るようになり、走向もN10°~20°Wに変化する。奥海印寺 (Loc. 12) では丹波層群の頁岩と大阪層群とがN10°W、90°の逆

断層で接していた。大阪層群は幅100 m以上にわたり、急傾斜している。こがね台 (Loc. 13) では大阪層群中に両翼部が急傾斜する閉じた向斜軸が形成されており、その両側に断層が存在する(第4のD-D'断面)。この構造は高台四丁目~小倉神社付近まで連続する。向斜構造は幅100 m以下であり、断層破碎帯に引きずり込まれた大阪層群の変形を示しているとみられる。断層崖の比高は150 m前後で、崖下には最終氷期の角礫層が堆積しているが、断層による変位はみられなかった。円明寺団地付近では、久保川の数回にわたる流路変更が生じており、左ずれ運動に関連する可能性がある。大山崎小学校ではN20°W走向で直立する大阪層群の急斜帯がみられ、低位段丘層が水平におおっている。

5) 天王山断層：天王山山塊の南縁を東北東走向で、約2.5 km連続する。有馬一高槻構造線の延長にあたる断層で、比高約50~100 m程度の断層崖を形成している(第8図)。断層崖下には20~40 mの厚い角礫層が堆積しており、礫層中にはAT火山灰が挟まれている。宝寺 (Loc. 14) では角礫層が丹波層群の頁岩と80度の急傾斜で接しており、断層面は不明瞭だが、断層関係と推定される(第4図のE-E'断面)。東大寺 (Loc. 15) では、N56°E、80°Nの高角逆断層がみられ、大阪層群は垂直から逆転にまで変位している。東大寺四丁目では、丹波層群がN65°E、65°Sの断層面で大阪層群に衝上していたという記載がある(島本町、1975¹⁸⁾)。断層崖を開析する4本の谷には70~140 mの右ずれオフセットが生じているが、全てdown hillの例である。

6) 神内断層：この断層はほぼ南北走向で



第8図 天王山断層・神内断層の地形
等高線の間隔は10 m

約4 km 連続し、比高約150~250 m の西側隆起の断層崖が発達する(第8図)。西山断層の南延長部にあたり、南部で2本に分岐している。若山台(Loc. 16)では大阪層群の砂泥互層がN16°W 走向で東へ60度傾斜しているが、これをおおう角礫層には変位がみられない。また島本高校(Loc. 17)では、N26°W で西へ30~60度傾斜する大阪層群がみられるが、新期の角礫層は変位を受けていない。桜井付近からN30°W の梶原断層が分岐し、西側隆起をしめす比高200 m の断層崖が形成されている。崖下には高度120 m 程度の小起伏面が分布しており、大阪層群下部に属する亜炭をはさむ砂礫層をのせている。この東端は神内断層に限られ、比高100程度の断層崖で低地に臨んでいる。

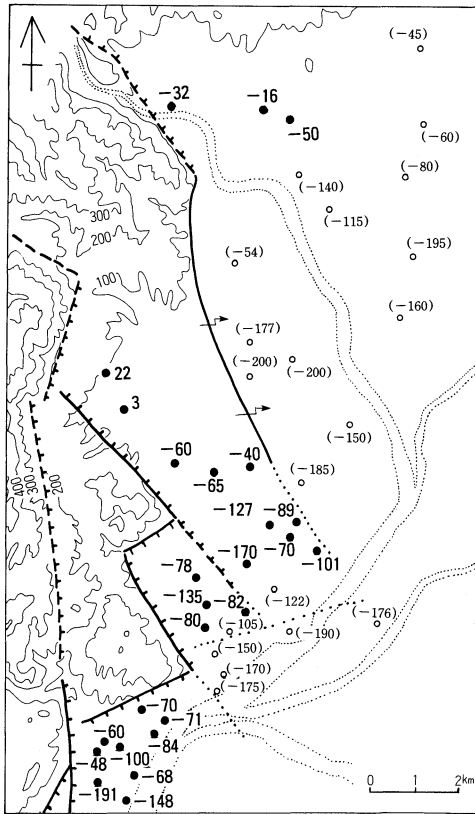
IV. 深井戸資料による基盤高度の変位

本地域では、丘陵や盆地底にまで大阪層群が広くかつ厚く分布している。このため、野

外調査から断層による基盤の高度変位量を求めることは困難である。しかしこの変位量は第四紀における断層運動の総和であり、断層運動の速度や変遷を考えるうえで重要である。

そこで、調査地域について深井戸掘削による地質柱状図を収集し、基盤の深度を確認することにした。第9図はその結果を標高(m)で示したものである。それによると、低地下の基盤は小規模な起伏をもつものの、全体として高度がよくそろっている。そこで、この基盤の定高性は北摂山地の頂上部に分布する小起伏面に対比されるものとする。以下、これにもとづいて各断層による基盤の垂直変位量を検討していく。

①梶原断層：北端の嵐山付近で-32 m に基盤があり、この付近の小起伏面との高度差は約300 m である。松尾以南では基盤が深くなるようで、桂付近では-200 m でも基盤に当たっていない。物集女付近では大阪層群の岩相に注目すると、Ma7 を境に下位の粘土・砂互層が上位では厚い砂礫層に変わる。



第9図 深井戸地質柱状図による基盤深度の分布 (単位は標高 m)

●は着岩地点、○は未着岩地点でカッコ内の数字は掘削深度を示す

この変化層準は地下でも確認され、約 130 m の西側隆起が生じている。②光明寺断層：灰方では 3 m で基盤に当たり、変位量は 120 m 前後である。光明寺付近では約 210 m と変位量が增大しており、基盤は南方へ深度を増していく傾向がみられる。③金ヶ原断層：下海印寺や円明寺で -80 m 付近に基盤が確認され、変位量は西側隆起約 350 m となっている。④天王山断層：山崎付近では基盤深度が -70~80 m に求められ、変位量は約 320 m に達する。本断層と金ヶ原断層とにより低下したとみられる三川合流地域では、-190

m でも基盤に達していない。また合流点付近で実施された地震探査によると、地下の基盤は西側が約 400 m 隆起しているという (小林・今住、1985¹⁹⁾)。これに山地と低地との高度差を考慮すると 550~650 m 前後の垂直変位が生じていることになる。⑤神内断層：東大寺で約 350 m、桜井で 300 m 前後の変位量が求められる。南で変位が減少しているのは、梶原断層が両地点間で分岐しているためであり、この変位を考慮すると総変位量は約 500 m に達すると推定される。

V. 考 察

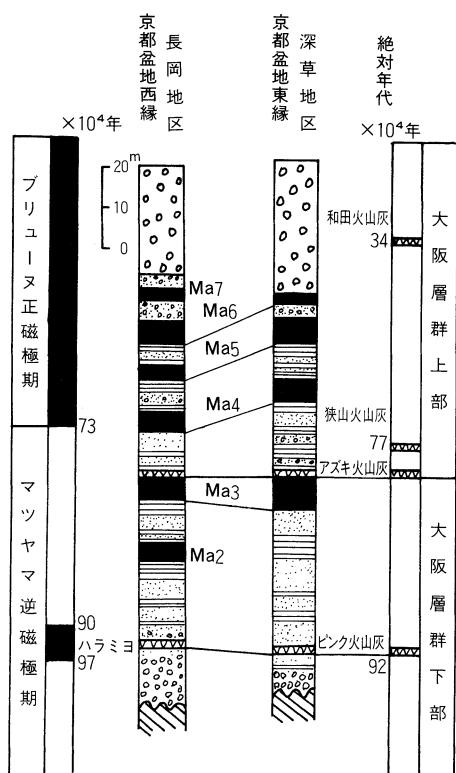
1) 地層および地形面の年代

大阪層群：本地域に分布する大阪層群の総合柱状図を第10図に示す。全層厚は約 180 m で、最下位の層準はピンク火山灰の下位約 20 m であり、最上位は Ma7 の約 30 m 上位の砂礫層でおわっている。

小起伏面：野山や天王山の山頂部にみられる小起伏面は、北摂山地の 500~600 m 面に入り込む 300 m 面 (水山、1952²⁰⁾) に対比されるものであり、大阪層群下部の地層をのせている。高槻・茨木北方では、イエロー・千里山火山灰層準 (約120万年前頃) の地層がアバットしており、この頃まで低平な小起伏状態が続いていたと推定される。

高位段丘：全体に赤褐色風化をうけた砂礫層からなる。南春日町、長法寺、走田神社などの大阪層群が急斜した部分では、Ma7 以下の層準を斜交不整合でおおっている。本地域では年代の資料は得られていない。

低位段丘：丘陵の末端部に付着する扇状地性の面で、上部に AT 火山灰がはさまれてい



第10図 京都盆地における大阪層群の総合柱状図
(西山岡研グループ、1967および市原他、1988より編集)

る。また断層崖下の崖錐性礫層にはAT火山灰をはさむものがあり、同時期のものと思われる。

大阪層群については、市原他(1988)²¹⁾による絶対年代値を採用する(第10図)。これによると、本地域の基底部は約95~100万年前となる(以下100万年前とする)。Ma3は80万年前、Ma7は50万年前となり、最上部は約30万年前頃で堆積が終わったとみられる。高位段丘は直接的な年代資料を欠くが、地形・地層の特徴から約20万年前頃と推定する。低位段丘はAT火山灰の年代からみて約2万

年前頃のものである。

2) 活断層の分布と運動様式

京都盆地西縁断層系は北摂山地と京都盆地との境界をなし、幅4km程度の断層帯を形成している。これらの活断層はその分布や性質から、A)西山断層・神内断層・榎原断層、B)光明寺断層・金ヶ原断層、C)走田断層・天王山断層の三タイプに分類できる。

Aは南北走向で、山地・丘陵・低地の主要な地形境界をなす。西山断層は12kmと最も長く、また比高300~400m前後の顕著な断層崖を形成する。南端部の神内断層をのぞき、新期の変位地形は発達していない。榎原断層は北部で断層を伴う撓曲構造を示し、基盤の高角逆断層による表層部での変形を示すものであろうと推定される。BはNNW~NW走向で並走し、5~9kmの長さをもつ。全て西~南西側が隆起する逆断層タイプで、一部に左ずれ成分を伴っている。全体として右雁行配列をなす点が注目される。CはENE走向をもつ1~2.5kmの短いものである。北側隆起を示す逆断層で、右ずれ成分を伴う。Bの断層の両端部を結ぶようにのびている。

これらの活断層系は、北摂山地が逆断層で京都盆地に突き上げるという構造を反映したものである。また、西山断層と榎原断層はそれぞれ山地と丘陵、丘陵と低地との顕著な地形的境界をなすもので、本地域の主要断層と考えられる。両者の間にBタイプの断層が右雁行状に配列しているのは、左ずれ応力下でのリーデル剪断による断層の形成を示すものであろう。これは、北摂山地の南進と京都盆地の北進という両ブロックの水平運動によって規定された現象とみなされる。吉岡(1986)¹⁶⁾も盆地の北への移動を指摘してい

第1表 京都盆地西縁の活断層に関する資料

断層番号	断層名	确实度	活動度	長さ(km)	走向傾斜	断層形態	断層基準
1	檜原断層	I	B	9	NS~NNW		
A	檜原撓曲	I	B	7	NNW E	撓曲崖	大阪層群下部
a	(苔寺)					撓曲崖	大阪層群上部
b	(檜原)					撓曲崖	第7海成粘土
c	(物集女)					地下資料	
B	山田断層	I	B~C	2.5	NS	断層崖	基盤/大阪層群
d	(松室)					断層露頭	大阪層群上部
e	(山田)					断層崖	大阪層群上部
f	(檜原)					断層露頭	大阪層群上部
2	光明寺断層	I	B	6		断層崖	
a	(南春日町)		C		NW	低断層崖	高位段丘
b	(灰方)					屈曲	谷
c	(上羽)					屈曲	谷
						断層露頭	基盤/大阪層群
d	(光明寺)					地下資料	大阪層群基底
						断層露頭	大阪層群/崖錐
e	(長法寺)					屈曲	谷
						地下資料	大阪層群基底
						断層露頭	大阪層群
3	走田断層	I	B	1.3	ENE S	断層崖	
a	(走田神社)					断層崖	高位段丘
b	(奥海印寺)					低断層崖	低位段丘
4	金ヶ原断層	I	B	4	NW	断層崖	
a	(奥海印寺)					断層露頭	基盤/大阪層群
b	(金ヶ原)					地下資料	大阪層群基底
c	(大山崎小学校)					地層急斜	大阪層群
d	(淀川合流点)					地震探査	基盤高度
5	天王山断層	I	B	2.5	ENE N	断層崖	
a	(山崎)					屈曲	谷
b	(東大寺)					地下資料	大阪層群基底
						断層露頭	基盤/大阪層群
6	西山断層系			12	NS		
A	西山断層	II	B?	9	NS	断層崖	山地高度
B	神内断層	I	B	3	NS	断層崖	
	(東大寺)					地下資料	大阪層群基底
	(桜井)					地下資料	大阪層群基底
C	梶原断層	II	B	2	NNE	断層崖	山地高度

第1表 (つづき)

年代 (10 ⁴ 年)	断層変位		平均変位速度 (m/10 ³ 年)	備考
	垂直成分 隆起側(m)	水平成分 むき(m)		
100	W			
40	W(>100)		>0.1	
50	W(>60)		>0.15	
40	W(130)		0.26	
40	W			断層面N30°E、25°N
40	W(40)		0.1	
40	W(10)		0.025	断層面N10°W、90°
20	SW	L		高位段丘層が40°Eで急傾斜
	SW(15)		0.08	
		L(50-60)		
		L(100-170)		断層面N50°W、82°S
100	SW(120)		0.12	
2	SW(1)		0.05	
		L(100-120)		
100	SW(210)		0.21	主断層面はN45°W、50°S
20	N			
2	N(50)		0.25	高位段丘層がN44°E、86°Sに急斜
	N(2)		0.1	
100	SW	L(?)		久保川の流路変更あり
	SW(350)		0.35	断層面N24°W、80°W、大阪層群に向斜構造
	SW(400)			N12°W、86°Wで大阪層群が急斜
100	N	R		
	N(320)	R(70-140)	0.32	断層面N60°E、70°N、大阪層群が逆転
100	W			
	W(>350)			
100	W			
	W(350)		0.35	
100	W(300)		0.3	
	W(200)			

る。

一方、CはBの末端部を結ぶように形成され、Bの断層運動がCを利用して雁行状に乗り換える役割を果たしている。BとCは走向と横ずれ成分の性質から、東西水平圧縮下において共役断層系として形成されたものである。両断層で画されたくさび状の野山や天王山の山塊はその東南部に最高点をもち、西への傾動を示す。これは藤田・岸本(1972)²⁾が示した、「共役関係のくさび状ブロックが、押し込みにより膨れ上がり傾動を生じる」モデルで説明できる。

西山断層では100万年前以降、南端部をのぞき断層運動はほとんど停止してしまった。これにかわって50万年前頃から2~4 km 東側に活動域が移動し、約30万年前頃に断層運動が激化するようになった。この現象は逆断層の低角度化による活動域の低地側への前進(池田・米倉、1979²²⁾、太田・寒川、1985²³⁾)を示す可能性がある。そうだとすると西縁断層系は、地下では西山断層に収斂し、表層部で幅広い断層帯を形成しているとみることができよう。

つぎに本活断層系の垂直変位についてみると、北から南へ変位量が增大していく傾向が認められる。断層により細分化された小地塊の基盤高度も南方へ深度を増す。一方西側隆起を示す西山および檜原断層の北方延長は、亀岡断層および殿田・越畑断層に連続していく(第1図)。これらは京都盆地西縁とは逆に、東側隆起を示す顕著な断層崖を発達させ亀岡盆地に臨んでいる。このような関係は、保津峡付近を旋回軸とする蝶番断層の運動を推定させる。京都盆地北縁部と亀岡盆地南縁部に沈降性の地形が発達するのは、ここが旋

回軸上に位置するためであろう。亀岡・京都両盆地を限り、約30 km にわたって南北に連続するこの活断層帯を、亀岡・京都構造帯とよぶことにしたい。この構造帯は左ずれ運動で特徴づけられる三峠断層系(植村、1988²⁴⁾)の南延長部に相当するものであろう。

3) 活断層の変位量と変位速度

本地域において確認された活断層の変位量および変位速度などの資料を第1表に示した。高位段丘以降の地形面の変位例は少ないが、垂直変位の累積が認められる。各断層の垂直変位速度は100万年以降、0.1~0.4 m/千年を示しており、全てB級下位の活動度を持つ点が注目される。金ヶ原・走田両断層においては、高位段丘以後変位速度が低下していることが指摘できる。

水平変位について検討すると、光明寺断層で50~100 m 程度の左ずれ、天王山断層で50~80 m 程度の右ずれが生じているとみなせる。これは大阪層群堆積終了以後(約30万年前)の総変位量とみなされるから、横ずれ運動の速度は0.17~0.33 m/千年と垂直変位と同程度の速度をもつことがわかる。

4) 断層の活動時期と地形発達との関係

まず京都盆地の形成期について検討する。大阪層群の下限は、京都西部でピンク火山灰の下位約20 m で、東部の深草地域でもほぼ同じである(第10図)。これはほぼ100万年前ころの地殻変動によって京都盆地が沈降し、そこに大阪層群が堆積するようになったことを意味する。西山断層の東側に接する小塩付近にはピンク火山灰より下位に20 m 以上に達する巨・大礫層が堆積している。また野山の150~200 m の小起伏面上にも同じ礫層が広く分布する。この礫層は西山から供給され

た 10~20 cm 径の黒色チャートや砂岩の角~亜角礫からなる。この事実は盆地西縁の形成に西山断層の活動が関与しており、この当時かなりの比高をもつ断層崖が形成されたことを推定させる。また天王山や野山などが断層により西山から落下し、大阪層群におおわれたことを示している。

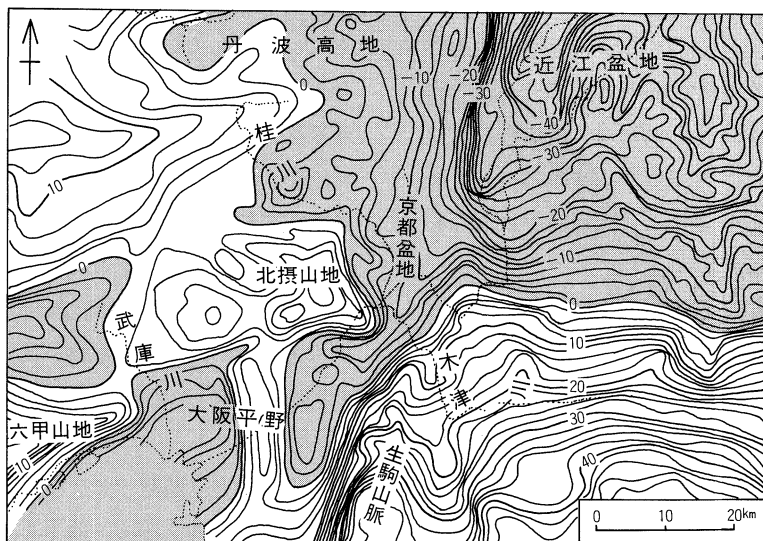
北摂山地では、200~350 m 前後の山稜に砂礫を主体とする地層がひろく分布している(水山、1952²⁰・長谷、1984²⁵)。これらは大阪層群下部、とくに100~120万年前頃までに堆積した地層であり、当時の北摂山地南半部は低平な小起伏状態であったことが推定される。しかしそれ以後の大阪層群の分布は山地周辺の丘陵地に限られている。したがって、100万年前頃に断裂を伴った地殻変動が発生し、北摂山地は隆起して浸食域に転じ、沈降域には大阪層群上部が堆積していった。この地殻変動により山地の高起伏化と、低地との地形的分化が生じた。藤田(1983)¹¹)はこの時期に海水準の絶対的な上昇があったことを推定しているが、北摂山地にみられる広域のオーバーラップや京都盆地の湖水化もこれによって説明される可能性がある。京都盆地西縁では、100万年前頃の西山断層の活動により、京都盆地と北摂山地とが分化した。

一方、大阪層群の堆積末期についてみると、西縁部で Ma7、深草で Ma6 より上位で急激に砂礫層に変化する。この砂礫層は約 20~30 m にも達する厚い地層で、50万年前頃から後背域の急激な隆起に伴って形成された変動期の礫層であることを意味する。この際、光明寺・走田・金ヶ原などの断層も活動を開始し、とくに30万年前頃に激しい断裂が生じた。これらを50万年前の変動とよぶ。しかしそれ以前に断層活動を生じた証拠はなく²⁶⁾、断層としては活動していなかったとみなせる。この時期に東西圧縮の応力が強まるとともに、三峠断層系の左ずれ、有馬一高槻構造線の右ずれ運動が始まり、京都西縁部の複雑な応力場においてBおよびCタイプの断層運動が開始された。この運動によって現在の地形がほぼ決定された。この際、西山断層が活動した証拠は南端部の神内断層を除いて認められず、断層面は癒着して曲隆的変形に変わったとみなされる。

一方、光明寺断層や金ヶ原断層において高位段丘以降、変位速度が低下している。これらの事実は、前述した断層面の折れ曲がりや活動域の移動によっても説明できるが、活動が全く停止しているわけではなく、応力の低下を意味している可能性がある。こう考えると、本地域の断層運動は、急速に破断が進行して地形の高起伏化が生じた100万年前頃と50万年前頃の二時期と、それ以外の定常的な変形の進む時期とに区別するべきかもしれない。したがって、過去約100万年間における地殻変動は、速度が徐々に加速化しつつ進行してきたというよりは、応力の急増による2回の断層運動の激化期をはさみつつ定常的な変動が進んでいるとみるべきではないだろうか。

5) 京都盆地西縁の重力異常と地震現象

本地域が北摂山地と京都盆地の両ブロックの境界であり、激しい地殻変動が繰り返され発生し、それが変動地形として強く反映されていることを明らかにしてきた。ここではこの境界域の地球物理学的な性質と断層運動の要因を考察するために重力異常と微小地震の資料を検討する。



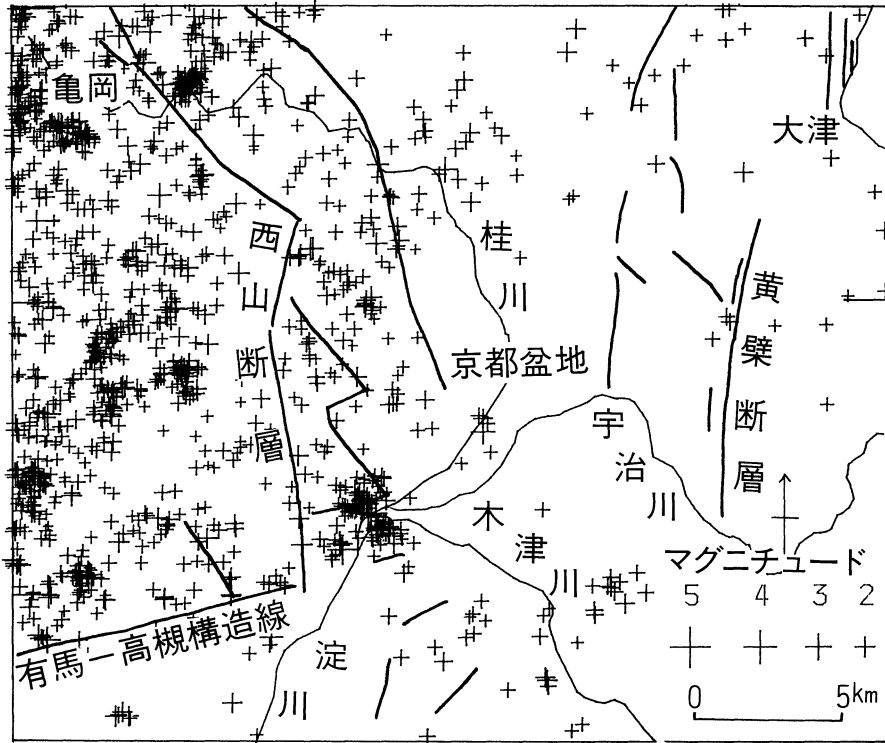
第11図 重力異常図
等値線は 2 mgal ごと、白地は正の異常域、アミは負の異常域（河野・古瀬、1989による）

①重力異常：第11図は 2 mgal ごとの等値線でブーゲ異常を示したものである（河野、1989²⁷⁾）。この図では地形補正が行われているから、地殻を構成する物質の密度差をしめすものとみなせる。北摂山地は、東西約 40 km、南北約 20 km の正の異常をしめす北摂ブロックの東半部をしめている。このブロックの南縁は有馬一高槻構造線によって直線状に限られ、大阪平野の負の異常帯と接している。一方、京都盆地は近江盆地を中心に分布する大きな負の異常地帯の西縁にあたり、北摂山地との境界には幅 6 km につき約 15 mgal に達するブーゲ異常の急変帯を生じている。詳しくみると、西山断層と榎原断層に対応した階段状の変化が表れており、ここに大規模な地下構造の不連続が存在することがわかる。北摂ブロックは丹波層群と有馬群層からなり、その平均密度は 2.6 gr.cm である。また京都盆地には 300~600 m 前後の第

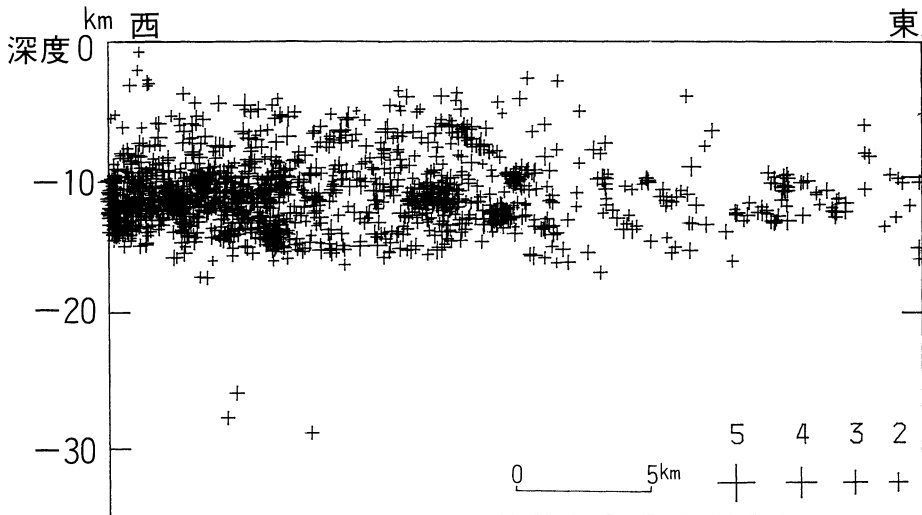
四紀層が分布しており、約 2.2 gr.cm とされる。そこでこの境界では、密度差 0.4 gr.cm の層が断層で接しているとみなすと、約 1 km の落差が生じていると推定される。これは西縁断層系全体の総変位量とよく一致している。また有馬一高槻構造線の東部でもほぼ同程度の落差が生じている。

これに対し、京都盆地東縁には活断層が分布し、顕著な地形的境界をなしているにもかかわらず、重力異常としては表れていない。これは東縁の活断層系が地殻表層部にのみかわる性質をもつためと考えられる。

②微小地震：第12図は 1983~87年の5年間に京都盆地周辺で発生したマグニチュード 2 以上の地震の震央分布を示したものである。まず注目されるのは、北摂山地における地震の多発であり、これは北東に連続し丹波高地から琵琶湖北西岸にまで達している。これに対し京都盆地以東ではほとんど発生していな



第12図 マグニチュード2以上の地震の震央および活断層の分布
(伊藤 潔氏の資料に活断層を加筆)



第13図 震源の東西投影断面図
範囲は第12図に一致する。(伊藤 潔氏の資料による)

い。両地域の境界をなしているのが西縁断層系である。活断層が地震発生域の境界をなしている例は中丹地域でも報告されている(植村, 1989²⁸)。西山断層と榎原断層の間には、活断層と同じ北西方向に震央が線状にならんでいることがわかる。

つぎに、西山断層の西側に幅約 2 km の地震空白域がみられること、金ヶ原断層と天王山断層との交差部付近に地震の密集地区がある事が指摘される。前者は西山断層の性質や地震予知を考えるうえで重要であろう。後者は、この地点が北摂ブロックの南東端にあたり、共役断層に限られた鋭角状の地塊をなすことから、応力の集中しやすい条件をそなえている点で注目される。京都大学理学部・防災研究所(1984)²⁹によると、1984年5月5日に発生したマグニチュード4.7の地震は、まさにこの地区の地下約 12 km で発生し、そのメカニズム解は南西へ傾斜する節面上における逆断層型であった。これは、北摂山地や丹波高地における発震機構が横ずれ型である(大倉, 1988³⁰)のと対照的である。京都盆地西縁を境に地震発生を規定する応力条件が異なっていることを示す。

つぎに第12図内での震源の東西断面図(第13図)について検討してみよう。地震の上限深度は北摂山地で約 4 km、京都盆地では約 9 km にあり、西縁部を境に約 5 km に達する急変が生じている。しかし下限は 15 km 付近にそろっていて変化はみられない。これは応力が脆性破壊によって解放される(地震を発生する)上部地殻の厚さが、北摂山地で 10 km であるのに、京都盆地では 5 km と半分にすぎないことを示す。ところが上部地殻の厚さ変化に対して、粘性的で地震を発生しな

い下部地殻の上面は 15 km と一定の深度になっている。重力異常とも考え合わせると、西縁断層系の発生要因は、上部地殻の厚さの急変部に位置し、アイススタシーに調和していないために生ずる歪みの集中する地帯であると考えることができよう。

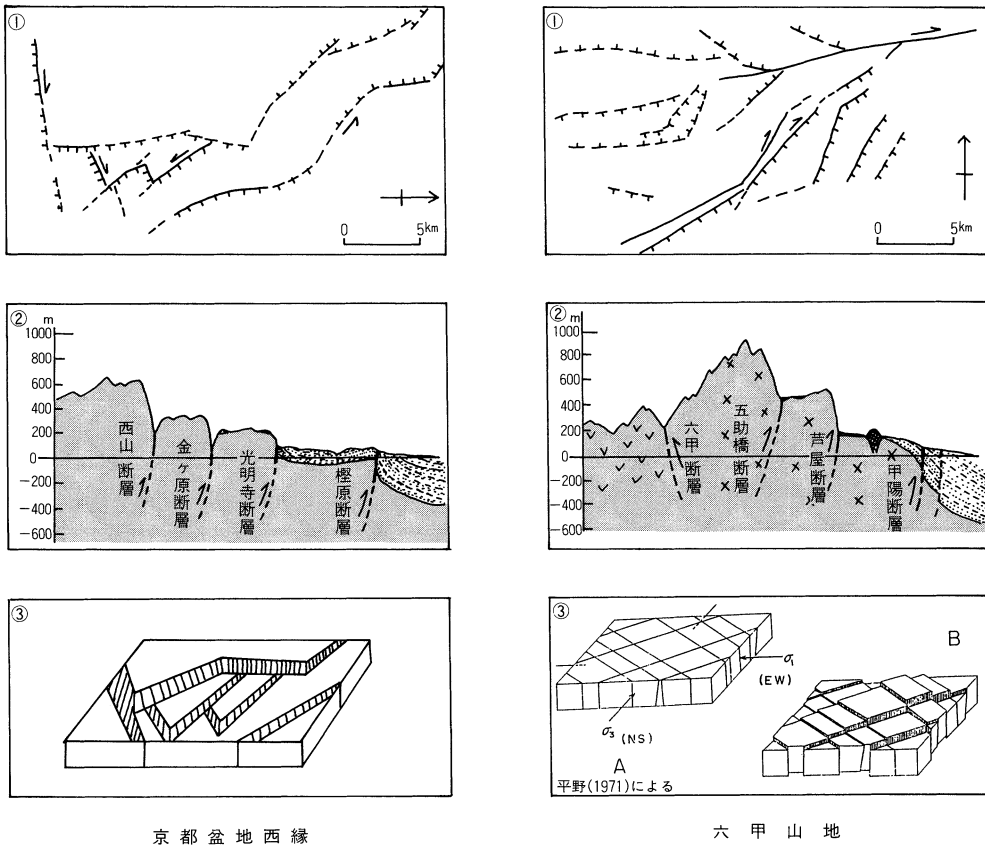
6) 京都盆地西縁の第四紀テクトニクス

一六甲山地との比較において一

京都盆地西縁の変動地形は過去約100万年間の地殻変動によって形成されたものである。こうした地形と地殻変動との関係が詳細に検討されている六甲山地の事例と比較しつつ、本地域の第四紀テクトニクスの特色について整理しておきたい。そこで両地域の①活断層の分布、②地形・地質模式断面、③地塊構造をしめすブロックダイアグラムを、同じスケールで示した第14図を中心に比較をすすめてみよう。

①活断層の分布：両者における分布や配列の様式はよく似ている。六甲山地ではNE走向(甲陽・芦屋・五助橋断層など)、WNW走向(塩瀬・十万辻断層など)、N-S 走向(丸山・高塚山断層など)、E-W 走向(六甲断層)の断層による地塊化が進んでいる。また地形的に顕著な断層崖を発達させるNE走向の断層群は、くさび状の地塊を作っており、本地域におけるNW走向の榎原・光明寺・金ヶ原の各断層と同じ性質をもっている。

②地形・地質模式断面：六甲山地は100万年以降に逆断層によって上昇してきた地塁である。その南半部は、甲陽・芦屋・五助橋の各断層によって階段状に隆起した幅2~3 kmの断層地塊からなる。その地塊表面は逆断層面の傾斜方向にむかって傾動している。各断層の垂直変位量は250~400 m に達し、B級



第14図 京都盆地西縁および六甲山地の変動地形の比較

① 活断層の分布 ② 地形・地質模式断面図 ③ 地塊構造のモデル
同縮尺でかつ方角が90°異なっている点に注意

の活動度をもつ。このような特徴は本地域と全く同じ関係を示しており、各断層の変位量が100m程度小さい点が両者の起伏程度の差として表れているにすぎない。六甲山地の北縁（北摂山地の境界）は北落ちの六甲断層に限って地塁構造を示すのに対し、西縁では西山断層が主境界となって階段状構造をなす点が異なる。

③地塊構造をしめすブロックダイアグラム：六甲山地の断層系は東西主圧力のもとで横ずれ型の剪断面が広域的に形成され、その後一部の断層にそって垂直運動が進行してき

たと考えられている（平野、1971³¹⁾。本地域では、南北性の西山断層・榎原断層が形成され、その後東西圧縮応力下でB、Cタイプの共役断層系が発達してきたと考えられる。

以上に述べたように、両地域は基盤地質や地体構造上の位置などを異にしている³²⁾にもかかわらず、変動地形の形成過程や活断層の性質はよく似ている。このような共通性は、過去100万年間の地殻変動の原動力として、東西水平圧縮応力が支配していることによるものであり、近畿三角帯内では地形とテクトニクスが見事に対応していることを示してい

る。

Ⅵ. ま と め

本稿では、京都盆地西縁の変動地形と第四紀テクトニクスについて検討し、以下のよう
な結果をえた。

1) 本地域の活断層は横ずれ成分を伴う逆断層で、B級下位の活動度をもつ。断層の性質、変位様式や変位速度などから、A・B・Cの3タイプの断層に分けられる。BとCは東西圧縮による共役断層系として発達した。

2) 断層の活動時期として、約100万年前と約50万年前の二時期を識別し、その特徴および京都盆地西縁の地形の形成過程との関係を明らかにした。

3) 本地域の重力異常と微小地震の特徴を整理した。その結果、北摂山地と京都盆地西縁との境界部で、上部地殻の厚さの急変を生じていることがアイソスタシーの不調和をまねき、西縁断層系の発生要因となっていると推定した。

4) 活断層と地形形成との関係を六甲山地と比較し、両者が多くの共通点を持ち、東西水平圧縮応力場におけるテクトニクスの反映であることを示した。

〔付記〕この研究における野外調査の一部は、長岡京市史編纂事業に関連して実施されたものである。多くの御援助をいただいた編纂委員の日下雅義先生、および長岡京市当局とくに市史編さん室の皆さんに厚くお礼申し上げます。また大阪層群について山口大学石田志朗先生、地震活動について京都大学地震予知観測地域センター伊藤潔先生に御教示いただくとともに、貴重な資料の引用を許された。断層研究資料センターの藤田和夫先生には有意義な討論をしていただいた。明記して感謝の意を表します。深井戸資料の収集に協力下さった向日市・長岡京市・大山崎町・島本町の各水道課当局にもお礼申

しあげます。最後に、筆者は学部学生時代に西山団研グループに参加し、自然を科学する楽しさを経験した。そしてこれが今日までの研究の原点になってきたと思う。当時の団研の皆さんにお礼の言葉を送ります。

注

- 1) Stewart, J.H.: Basin—range structure in western North America, A review. *Cenozoic Tectonics and Regional Geophysics of the Western Cordillera*. Geological Society of America, Memoir. 152, 1978, pp. 1~31.
- 2) 藤田和夫・岸本兆方「近畿のネオテクトニクスと地震活動」、科学、42、1972、422~430.
- 3) 安藤雅孝「日本列島最近50万年の応力場」、月刊地球、1、1979、542~546.
- 4) 藤田和夫「六甲変動、その発生前後—西南日本の交差構造と第四紀地殻変動—」、第四紀研究、7、1968、248~260.
- 5) 活断層研究会編「日本の活断層—分布図と資料—」、東大出版会、1980、1~363.
- 6) 藤田和夫「日本の山地形成論」、蒼樹書房、1983、1~466.
- 7) Huzita, K. et al.: *Geology and Geomorphology of the Rokko area, Kinki district, Japan, with special reference to Quaternary Tectonics*. Jour, Geosci, Osaka, City, Univ, 14, 1971, 71~124.
- 8) 藤田和夫・笠間太郎「大阪西北部地域の地質・5万分の1図幅」、地質調査所、1982、1~112.
- 9) 藤田和夫・笠間太郎「神戸地域の地質・5万分の1図幅」、地質調査所、1983、1~115.
- 10) 藤田和夫・太田陽子「第四紀地殻変動」、日本第四紀学会編「日本の第四紀研究」、東大出版会、1977、127~152.
- 11) 藤田和夫「中期更新世の断層地塊運動と海水準変動」、月刊地球、8、1986、725~728.
- 12) 中村新太郎・松下 進・館林信吾「京都西山山地の地質」、地球、26、1936、311~334.
- 13) 水山高幸「京都盆地西縁の断層と地形」、地理評、26、1953、1~9.
- 14) 水山高幸「断層崖の破壊と崖麓の地形変化に関する一二の問題—京都盆地西縁の地形—」、京都学芸大学学報 A-7、1955、36~57.
- 15) 西山団研グループ「京都盆地西南部、西山山麓の大阪層群」、地球科学、21-5、1967、1~10.
- 16) 吉岡敏和「京都盆地周縁部における第四紀の断層運動および盆地形成過程」、第四紀研究、26、1986、97~109.

- 17) 本断層は地表においては大阪層群の撓曲構造として観察されるもので、北部で山田断層を伴っている。しかしこの撓曲は基盤岩中における西上がりの断層運動を反映したものであることから、総称として榎原断層と呼ぶことにする。また個々の構造を記載する際には榎原撓曲、山田断層と呼んで区別することにしたい。
- 18) 島本町史編さん委員会編「島本町史本文編」、1975、1～804.
- 19) 小林芳正・今住 隆「金ヶ原構造線の地震探査」、地震予知「きんき・けいはんしん」、6、1985、10～15.
- 20) 水山高幸「丹波山地の面について」、京都学芸大学学報 A-2、1952、49～60.
- 21) 市原 実他「近畿地方の第四紀層の層序区分」、地質学論集、30、1988、111～125.
- 22) 池田安隆・米倉伸之「San Fernando 地震の断層モデル—断層面の折れまがりとその地学的意味」、地震、32、1979、477～488.
- 23) 太田陽子・寒川 旭「鈴鹿山脈東麓地域の変位地形と第四紀地殻変動」、地理評、57(A)、1984、237～262.
- 24) 植村善博「丹波高地西南部、三峠断層系の断層変位地形」、地理評、61(A)、1988、453～468.
- 25) 長谷憲治「北摂山地の活断層系」、地震予知「きんき・けいはんしん」、4、1984、1～4.
- 26) 大阪層群の岩相や層厚変化から、ゆるやかな撓曲運動が生じていたことは認められる。
- 27) 河野芳輝・古瀬慶博「日本列島重力異常図」、東大出版会、1989.
- 28) 植村善博「京都北部、中丹地域の活断層」、活断層研究、6、1989、55～63.
- 29) 京都大学理学部・防災研究所「京都府南部の地震（1984年5月5日、M=4.7）について」、地震予知連報、32、1984、295～301.
- 30) 大倉敬宏「山陰、近畿、北陸に発生する浅発地震の発震機構」、地震、41、1988、89～96.
- 31) 平野昌繁「花崗岩の節理を中心とした深成岩体の brittle な変形・破壊を考えるうえでの問題点」、地質雑、77、1971、257～263.
- 32) 六甲山地は北東～東北東に連続し、花崗岩からなる。また有馬—高槻構造線の南側に接する。京都盆地西縁は北西方向の構造が発達し、中・古生層からなる。また同構造線の北側に位置する点でも異なる。

**Tectonic Landforms and Quaternary Tectonics of the Western
Margin of Kyoto Basin, Southwest Japan.**

UEMURA Yoshihiro*

The Kyoto Basin is situated on the border between Tamba zone and Kinki Triangle, and has developed as tectonic depression trending N-S as the Ohmi, Nara and Osaka Basins. In the western and eastern margins of this basin, many active faults are widely distributed.

The author has investigated fault topography and active faulting of the western margin of this basin in order to reveal the nature of active faults, relationship between tectonic landform and faulting, and Quaternary tectonics of the western margin based on active faulting and geophysical phenomena.

The following conclusions were obtained:

(1) Active faults in this area are characterized by reverse faults with lateral slip and have repeatedly moved during the middle Quaternary period. These faults are Class B activity and could be grouped into A, B and C types. The B and C type faults were formed as conjugate sets due to E-W compressional stress state in the upper crust.

(2) Toward 1 Ma and 0.5 Ma, the intense faulting took place. The close relationship between faulting and geomorphic development of the western margin has been discussed.

(3) From viewpoint of gravity anomaly and seismic activity, the faulting of the western margin of Kyoto Basin presumably resulted from isostatic adjustment caused by abrupt change of thickness of the upper crust.

(4) On active faulting and tectonic landforms, there are many commons between this area and Rokko Mountains. These facts imply that the stress fields of both areas have been controlled by E-W compressional stress during 1 Ma.

* Suzaku High School