

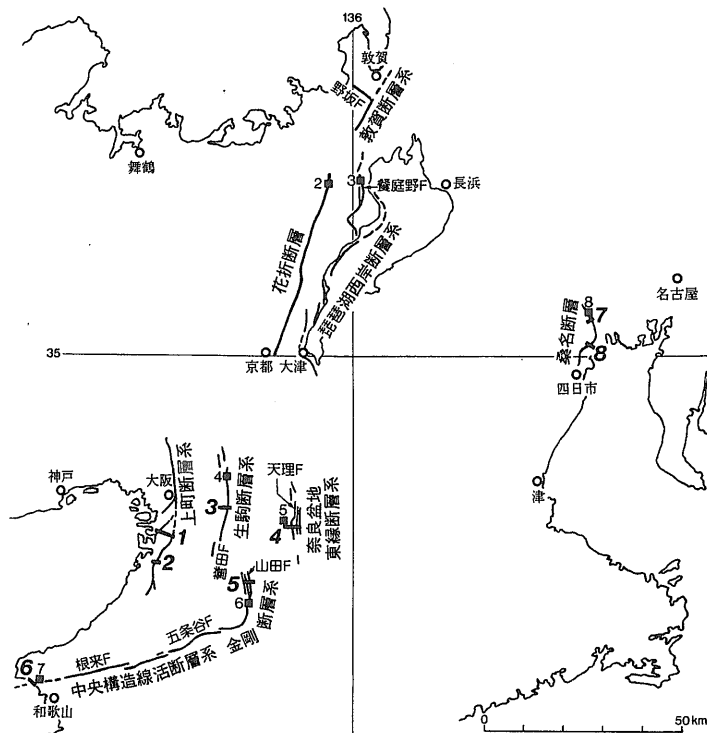
平成8年度に実施した活断層調査の成果概要

活断層・地震予知特別研究室¹⁾

はじめに

平成8年度の活断層調査は、主として平成7年度二次補正予算による委託研究「活断層調査のための地質構造等先行調査」(委託先:財団法人大阪土質試験所)と平成8年度工業技術院特別研究「活断層による地震発生ポテンシャル評価の研究」によって、近畿三角地帯の活断層を主な対象として実施しました。平成7年度二次補正予算による委託研究(先行調査)では、近畿三角地帯の8つの主な活断層(北から敦賀,花折,琵琶湖西岸,生駒,奈良盆地東縁,金剛,中央構造線(紀伊)及び桑名の

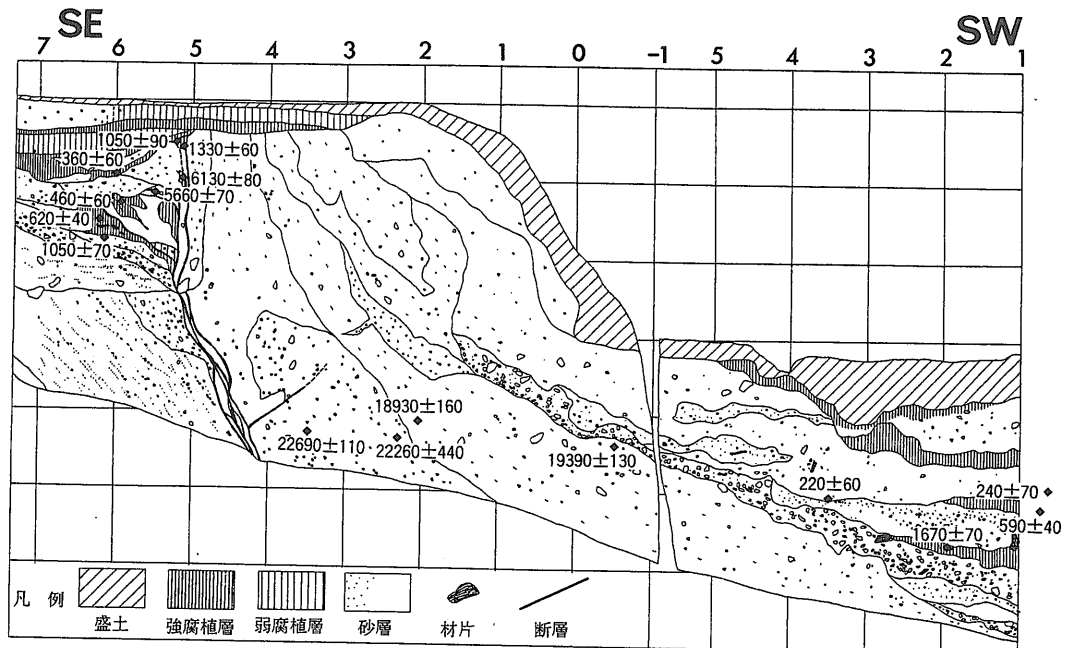
各断層(系);第1図)について、トレンチ調査に先行する地形地質調査、ボーリング調査及び物理探査などを行いました。平成8年度工業技術院特別研究では、この先行調査をうけて、花折,琵琶湖西岸,生駒,奈良盆地東縁,金剛の5断層(系)のトレンチ調査を実施しました。また、大都市などの平野部に伏在する活断層の調査として、平成7年度に引き続いて、大阪の上町断層系の反射法探査を行いました。このほか、重要活断層の補備調査として、糸魚川-静岡構造線活断層系と国府津-松田断層のトレンチ調査などを実施しました。



第1図
 近畿三角地帯の調査対象活断層位置図。
 1~8の太線は、口絵に示した8つの反射断面の測線位置を示す。2~8の■は、第2図~第8図に調査結果を示したトレンチ、ボーリングまたは断層露頭の位置を示す。

1) 本文末参照

キーワード: 敦賀断層系, 花折断層, 琵琶湖西岸断層系, 生駒断層系, 奈良盆地東縁断層系, 金剛断層系, 中央構造線活断層系, 桑名断層, 上町断層系, 糸魚川-静岡構造線活断層系, 国府津-松田断層



第2図 花折断層・途中谷トレンチの南側壁面スケッチ(吉岡ほか, 1997). グリッドは1m, 図中の数字は¹⁴C年代(y.B.P.).

各活断層の主な調査結果

1. 敦賀断層系

敦賀平野の東縁から南の野坂山地内へ北東-南西に延びる敦賀断層は、敦賀平野南端付近を境として、その北側(敦賀断層北部)と南側(敦賀断層南部)とで断層の性格が大きく異なることがわかりました。地形地質調査と反射法探査の結果から、敦賀断層北部については断層そのものが存在しない可能性があり、また、ボーリング調査の結果によると、少なくとも最近の1万1千年間は活動していないと考えられます。一方、敦賀断層南部はおよそ1.5~1.8万年前の段丘面とその堆積物を上下に約10mずらすなど、後期更新世以降の活動を示す証拠が多くの地点で確認されました。また、新鮮な低断層崖や断層凹地が認められ、断層凹地を埋積する堆積物の放射性炭素同位体年代から、最新の活動は最近の千年以内に生じた可能性があることがわかりました(杉山, 1997a)。

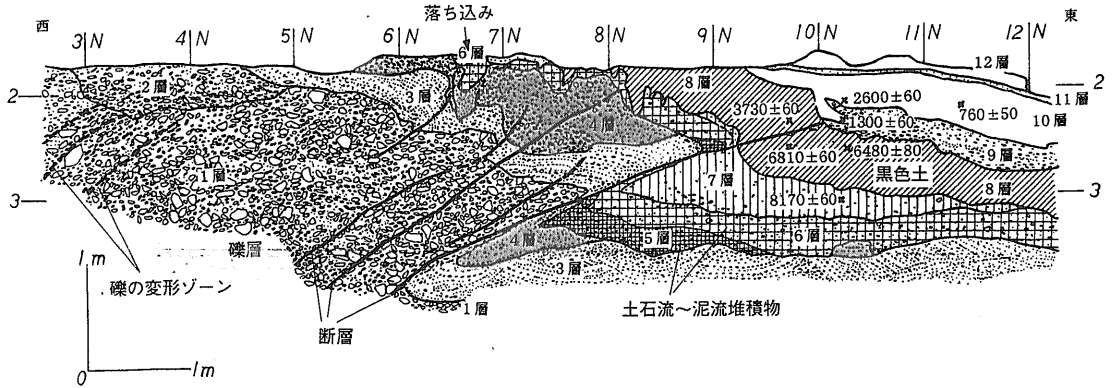
敦賀断層と共役な関係にあり、敦賀平野の南西縁に分布する野坂断層については、ボーリング調査の結果、2.5万年前以降に最新の活動を行ったことが明らかになりました。敦賀断層と野坂断層については、これらの調査結果に基づいて、平成9年

度にトレンチ調査を実施します。

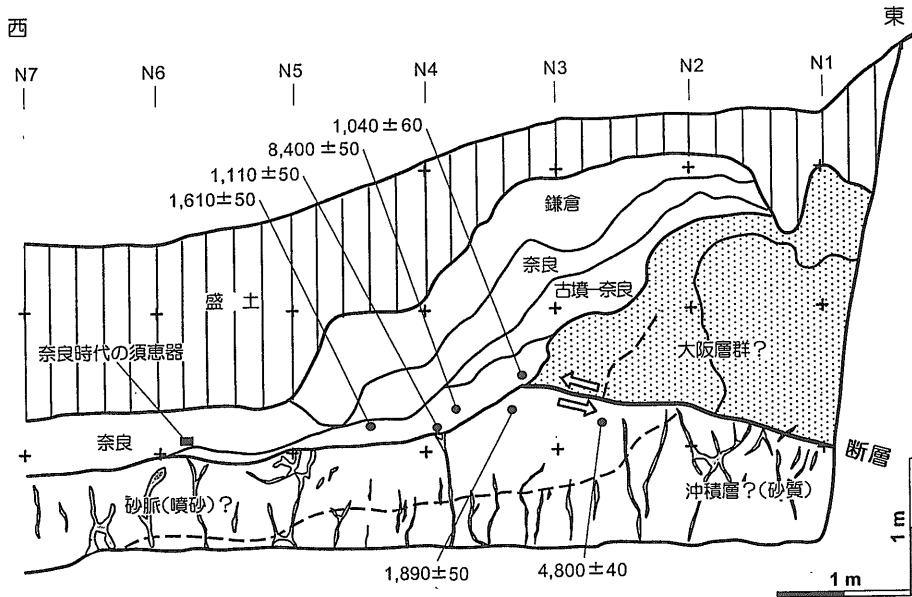
2. 花折断層

比良山地の西縁から京都盆地北部へ南南西に延びる花折断層についても、北部と南部で活動履歴が異なる可能性が高いことがわかりました。断層北部の今津町途中谷でのトレンチでは、断層に切られた地層から460±60y.B.P.、断層を覆う地層からは360±60y.B.P.の放射性炭素同位体年代が得られました(第2図)。このデータに基づくと、花折断層北部はおおよそ400年前に最新活動を行ったと考えられます。宇佐美(1996)などの歴史地震資料を参照すると、この時期に花折断層北部周辺に被害を与えた地震としては、1662年(寛文2年)の寛文近江地震しか知られていません。したがって、途中谷トレンチ周辺の花折断層北部はこの地震の際に活動した可能性が高いと考えられます。

一方、花折断層南部については、北白川上終町^{かみはてちよう}で2500±80y.B.P.の年代を示す腐植層を切り、古墳時代後期~平安時代初期と推定される土壤に覆われることが報告されています(石田, 1967)。京都盆地周辺では、縄文時代晩期から奈良・平安時代初期間の地震跡が多数報告されていること(寒川, 1994など)を考え合わせると、弥生時代かその



第3図 餐庭野断層・弘川地区トレンチの北側壁面スケッチ(水野ほか, 1997). 図中の数字は¹⁴C年代(y.B.P.).



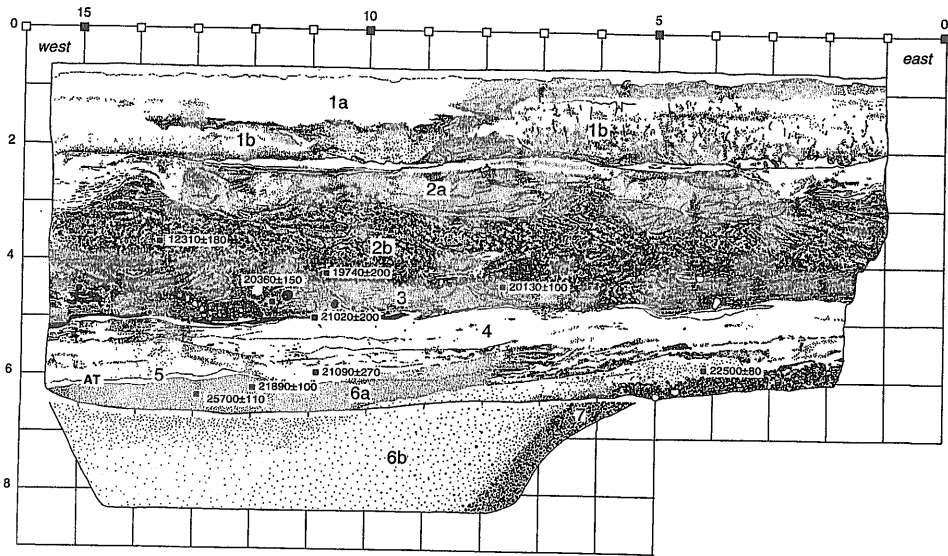
第4図 生駒断層・四条畷地区トレンチの北側壁面解析図(下川ほか, 1997). 図中の数字は¹⁴C年代(y.B.P.).

前後に花折断層南部が活動した可能性が高いと思われまます。今回、この最新活動時期の限定を狙って、今出川通でトレンチを掘削しましたが、断層の上端が人工的に削り取られていたため、最新活動時期を限定することはできず、今後の課題として残されました。

3. 琵琶湖西岸断層系

寛文近江地震では琵琶湖西岸地域が大きな被害を受けたことから、同地域に分布する琵琶湖西岸断層系が活動した可能性が指摘されています(寒川・佃, 1987; 大長・松田, 1982など)。今回、この説を実証し、同断層系の活動履歴を解明するこ

とを目的に、ボーリング、湖域での音波探査とコアリング、トレンチ調査などを実施しました。その結果、ボーリングコア解析により、本断層系(湖底の断層を除く)の平均上下変位速度は1.5m/千年程度に達し、A級の活動度をもつことが分かりました。また、比良沖での音波探査とコアリング調査の結果、約7千年前のアカホヤ火山灰層を変位させる湖底断層が確認され、断層変位が認められなくなる層準の深度から、最新活動時期は2~3千年前頃と推定されました。さらに、本断層系北部の餐庭野断層のトレンチ調査では、放射性炭素同位体年代として3730±60y.B.P.の値が得られた黒色土を切っていることが確かめられました(第3図)。しかし、この黒



第5図 帯解断層・井戸野町トレンチの北側壁面スケッチ(奥村・寒川ほか, 1997). グリッドは1m, 図中の数字は¹⁴C年代(y.B.P.). 深さ6.5m以上の部分は埋め戻し前に追加掘削して観察した状況を示す.

色土を切る断層活動の時期を詳しく限定することはできず、寛文近江地震が琵琶湖西岸断層系の活動によるものであるか否かを検証するところまでは至りませんでした。このため、平成9年度に再度、トレンチ調査を行います。

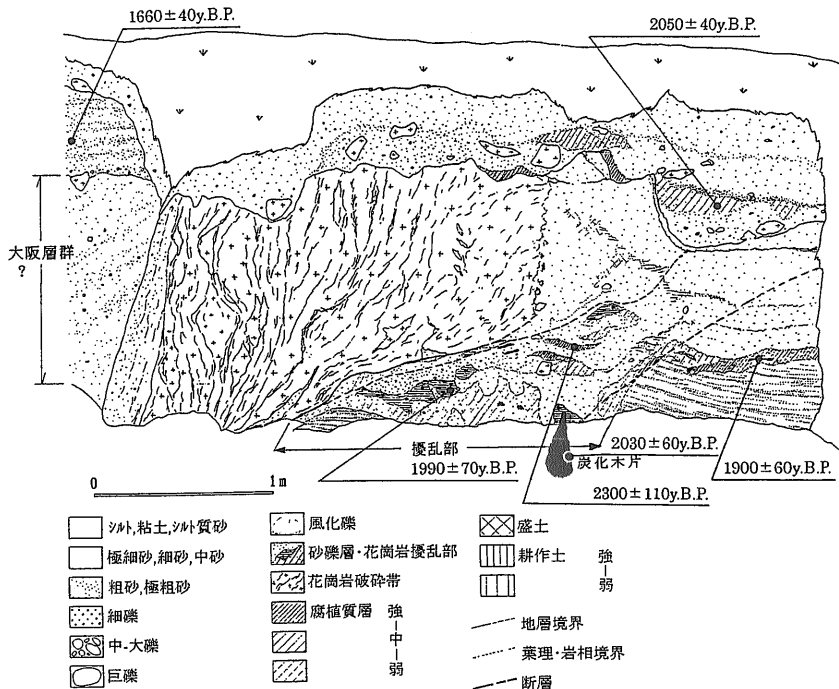
4. 生駒断層系

生駒山地の西縁に位置する生駒断層系については、南端の誉田断層が1510年の摂津・河内の地震の際に活動した可能性が指摘されています(寒川, 1986), 断層系の主体をなす生駒断層の活動履歴についてはデータが得られていません。このため、同断層系の活動度、活動履歴及び地下地質構造を明らかにすることを目的として、反射法探査、ボーリング、トレンチ調査などを実施しました。反射法探査では、生駒山地西縁の狭義の生駒断層の西側に、平野下に伏在する低角度の逆断層が存在することが明らかになりました(口絵3)。また、ボーリング調査の結果、生駒断層中央部の平均上下変位速度は約0.12m/千年、断層系南部の誉田断層の同速度は約0.2m/千年と、いずれもB級の活動度をもつことが分かりました。さらに、断層系北部の四条畷でのトレンチ調査では、約2千年前以降-奈良時代より前の断層活動の証拠が得られました(第4図)。しかし今回の調査では、生駒断層の

最新活動が誉田断層のそれと同時期であるのか、確定的な証拠は得られませんでした。両断層が同時期に活動したとすると、その時代は古墳時代後期～白鳳時代頃と推定されますが、誉田断層の最新活動は上述のように、1510年の摂津・河内の地震に対応する可能性もあり、今後、考古学的手法やデータをも取り入れて、これらの問題の解決を図る必要があります。

5. 奈良盆地東縁断層系

奈良盆地東縁断層系については、寒川ほか(1985)によって活断層の詳細な記載が行われ、段丘面の変位量と推定形成年代から、平均変位速度は0.1～0.3m/千年程度と推定されています。しかし、活動履歴や断層の地下構造は分かっていないため、今回、反射法探査、ボーリング、トレンチ調査などからなる総合的な調査を実施しました。このうち反射法探査では、既知の活断層である天理撓曲の約1km西側(盆地側)に、伏在活断層(帯解断層)が存在することが明らかになりました(口絵4)。2つの断層はいずれも東傾斜の逆断層であり、反射断面から、中期更新世に活動を開始してからの累積変位量は両断層合わせて150m程度と見積もられます。また、帯解断層のボーリング調査の結果、同断層により、約100万年前のピンク火山灰層が上



第6図 御所市一言主神社南方の金剛断層の断層露头スケッチ(佐竹ほか, 1997). 図中の数字は¹⁴C年代.

下方向に80~90m変位しているのが分かりました。トレンチ調査は天理撓曲と帯解断層で実施し、天理撓曲のトレンチでは約1万年前以降-奈良時代以前の断層活動を示す証拠が得られました。帯解断層については、約2.5万年前のAT火山灰の降下以前の活動が推定されましたが(第5図)、完新世の活動は確認されませんでした。

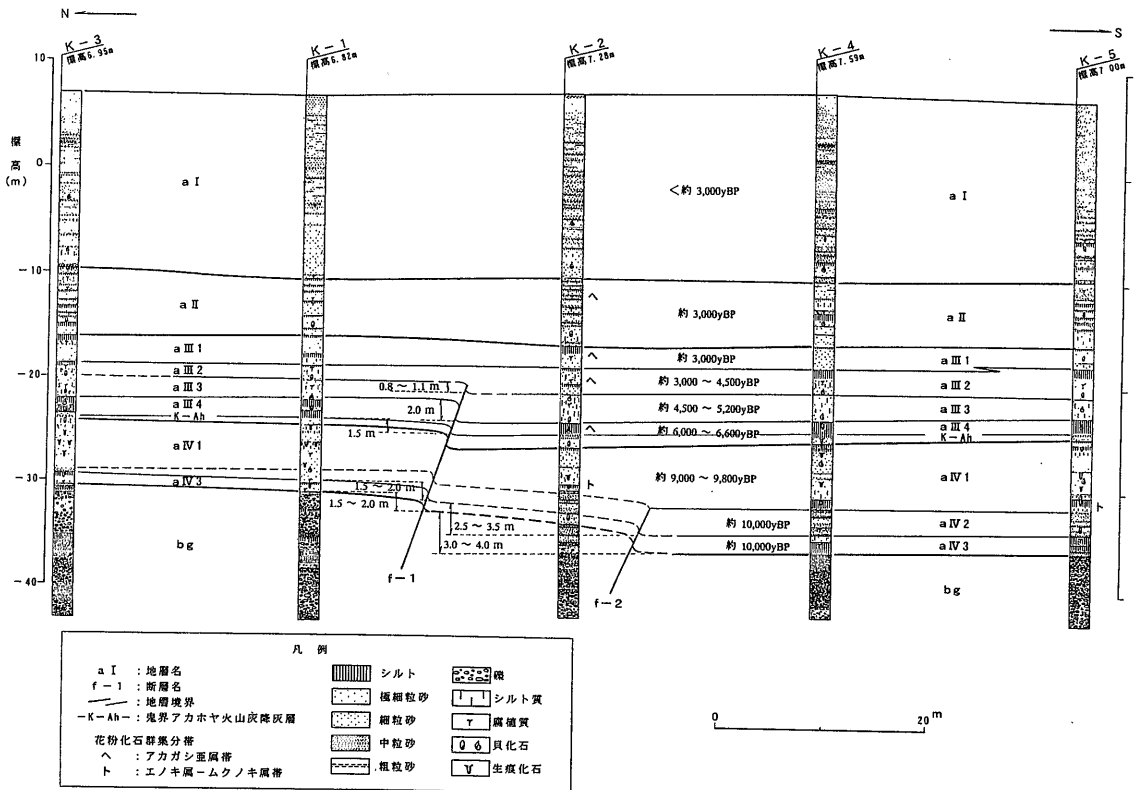
6. 金剛断層系

奈良盆地の西縁に分布する金剛断層系周辺では、3~4世紀から近世の間に発生した噴砂の跡(今尾, 1995)など、同断層系の活動を示唆する地震跡が多数発見されています。このため、金剛断層系の活動履歴の解明を主な目的として、反射法探査、ボーリング、トレンチ調査などを実施しました。反射法探査では、南北方向に並走する山田断層と金剛断層北部が地下では一本の逆断層に収れんする様子が捉えられました(口絵5)。また、奈良盆地下の基盤岩中に西傾斜の強い反射面(口絵5のF)が認められ、地表にはこの構造に対応する変動地形は認められませんが、これが金剛断層系の最前縁断層である可能性が考えられます。山田断層については、ボーリングと地表踏査により、大阪

層群のMa3層準(約85万年前)を約80m上下に変位させていることが分かりました。また、トレンチ調査の結果、約4千5百年前~中世と約1万4千年前の2つの時期の噴砂が確認されました。このほか、金剛断層中部の自然露头を詳細に調査した結果、断層に切られる砂礫層から2300~1900y.B.P.の放射性炭素同位体年代値が得られ、断層を覆う砂礫層中の腐植物と木片からはそれぞれ1660±40及び2050±40y.B.P.の値が得られました(第6図)。年代測定試料の二次堆積の可能性を考慮すると、金剛断層中部は約2千年前、あるいはそれ以降に活動したと考えられます。この活動時期を限定するため、平成9年度に詳しい調査を行う予定です。

7. 中央構造線活断層系(紀伊半島地域)

紀伊半島の中央構造線活断層系(根来断層、五条谷断層など)の活動性や地下構造を明らかにするため、詳細地形地質調査、ボーリング、反射法探査(海域の音波探査を含む)、空中重力調査などの各種調査を実施しました。詳細地形地質調査の結果、根来断層の平均右横ずれ変位速度は1.2~2.4m/千年以上で3.0~5.0m/千年以下、五条谷断層の同速度は2.5m/千年程度と算定されました。



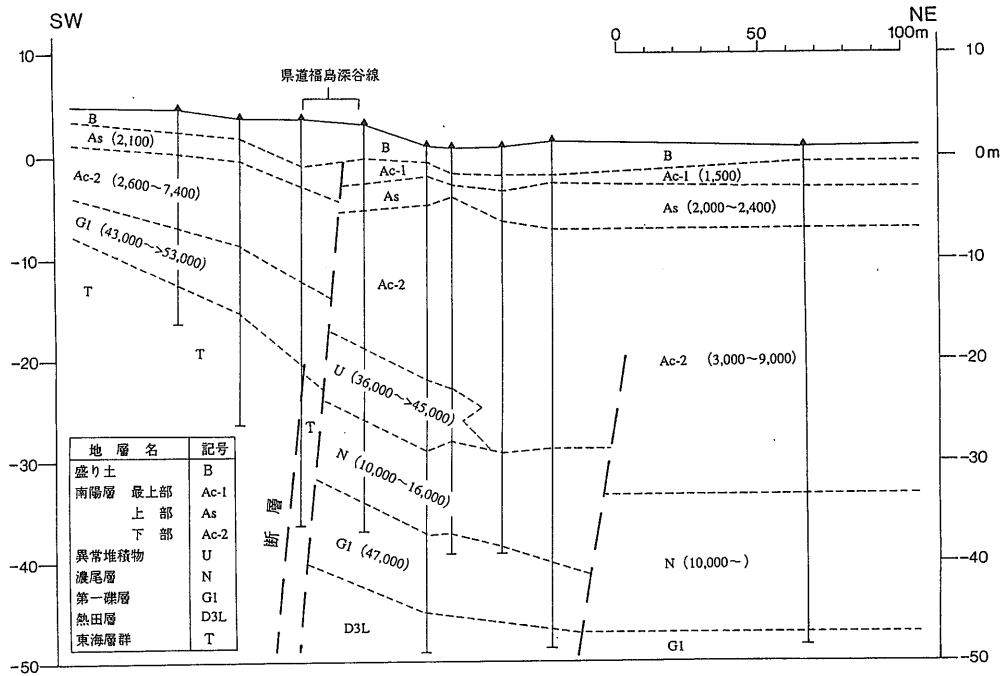
第7図 和歌山市河西公園での中央構造線活断層系(伏在活断層)のボーリング調査結果(佃, 1997)。

また、ボーリング調査の結果、和歌山平野西部に伏在する活断層の最新活動時期は、約7千年前のアカホヤ火山灰の降下以降であることが分かりました(第7図)。陸上での反射法探査では、和歌山平野の伏在活断層に対応する、北に緩く傾斜する2つの顕著な反射面(地表付近で1つに収斂するように見える)が確認されました(口絵6)。この2つの反射面に挟まれた部分は、弾性波速度などから、破碎された和泉層群と推定されます。また、友ヶ島水道の音波探査の結果、東北東方向に延びる2つの海底断層列が確認されました。このうち、南側の断層列は完新統中～下部相当層を上下方向に累積的に変位させており、和歌山平野の伏在活断層に連続すると考えられます。さらに、世界で初めて行われた飛行船を用いた空中重力探査では、徳島県の小松島付近から淡路島南方へ北東方向に延びる正の重力異常域を発見するなど、紀伊水道の地下構造について貴重なデータが得られました。これらの成果に基づき、平成9年度には根来断層のトレンチ調査、和歌山平野の伏在活断層の詳細ボーリ

ング調査など、中央構造線活断層系の活動履歴についての調査を行います。

8. 桑名断層

桑名断層はその北方延長の養老断層と共に、濃尾平野の西縁を画しており、完新世の段丘にも変位を与えていることが知られています(栗田・吉田, 1991)。この完新世の活動をはじめとして、地形地質調査、ボーリング、反射法探査などを実施しました。地形地質調査とボーリング調査の結果、中位段丘堆積物(断層の東側では沖積層下に分布する熱田層下部)の桑名断層による上下変位量は、南部の埋縄地区で85m以上、北部の大山田地区では最大128m、北端部の多度付近では160m以上と、断層の北部ほど大きい傾向があることが分かりました。また、その年代を8～10万年とすると、同断層の平均上下変速度はおよそ1～2m/千年と推定されます。反射法探査は北部の汰上地区と南部の埋縄地区で実施し、汰上地区では完新世段丘の撓曲



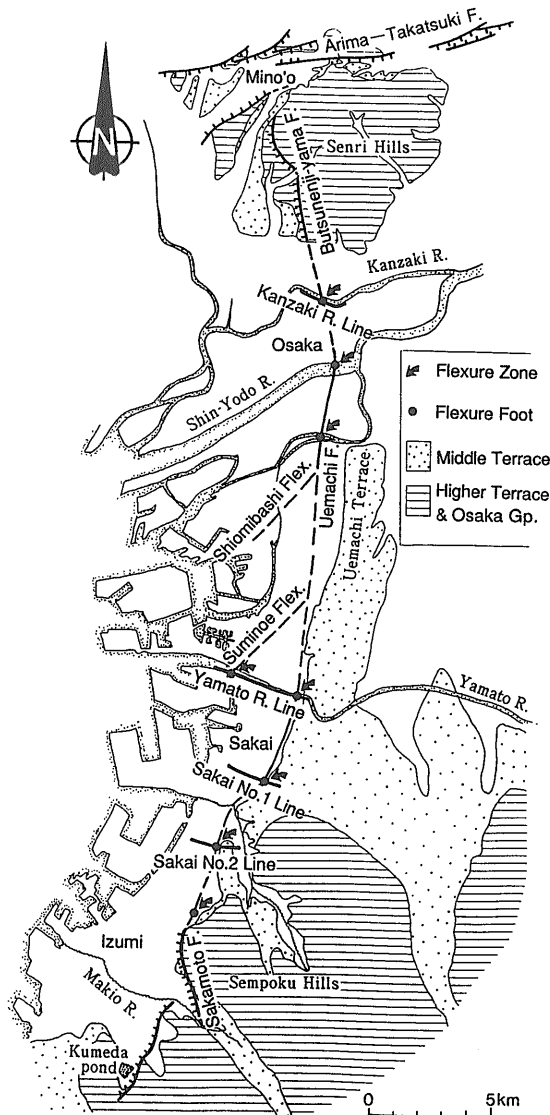
第8図 桑名市汰上での桑名断層の群列ボーリング調査結果(栗田, 1997). 括弧内の数字は¹⁴C年代データに基づく地層の推定年代(y.B.P.).

崖基部(県道福島深谷線付近)に断層が伏在することが判明し、東海層群の褶曲構造も捉えられました(口絵7)。また、埋縄地区では断層の上盤側に明瞭な撓曲構造が認められ、下盤側の地層はほぼ水平な構造を示すことが明らかになりました(口絵8)。さらに、汰上地区とその北側の今島地区での群列ボーリングの結果、桑名断層は最近の2千年間に最大10m程度の上下変位を行ったことが明らかになりました(第8図)。平成9年度には、この最近の2千年間の活動履歴、特に1586年の天正地震との関連を明らかにするため、詳細な層序ボーリングを行います。

9. 上町断層系

平成7年度の大和川河川敷での反射法探査により、遠里小野橋付近に上町断層の南方延長を確認したのをうけて、坂本断層との連続性を確かめるために堺市内の2測線で反射法探査を実施しました。また、仏念寺山断層との連続性を確認するため、神崎川沿いの1測線でも反射法探査を行い、さらに、ボーリング資料から推定されている住之江撓曲(上町断層系の一部)の実体を解明するため、大和

川最下流部でも同探査を行いました(第9図)。その結果、神崎川測線では十八条大橋と東海道本線の鉄橋の間に、500m程度の幅をもつ撓曲構造が確認されました。また大和川測線では、阪神高速4号湾岸線の大和川橋付近に、明瞭な変位の累積を示す撓曲構造が確認されました(口絵1)。その南の堺第1および第2測線でも、それぞれ大阪女子大付近と大鳥大社の西側に撓曲構造が確認されました(口絵2)。堺第2測線で確認された撓曲構造の約3km南では、ボーリング資料から撓曲構造が推定されています(本田ほか, 1993)。以上の調査結果と既存データから、仏念寺山、上町、坂本の3断層は、一連の活断層系を形成していると考えられます。また、都市圏活断層図「岸和田」(岡田ほか, 1996)によると、坂本断層の南には、久米田池南方に達する活断層が存在することから、仏念寺山断層の北端から久米田池南方までの上町断層系全体の長さは約43kmに達すると考えられます。これらの調査結果を踏まえて、平成9年度には住之江撓曲を対象として、完新世の活動履歴の解明を目的とする群列ボーリングを実施します。



第9図 上町断層系のトレースと反射法探査測線(杉山, 1997b).

10. 糸魚川—静岡構造線活断層系

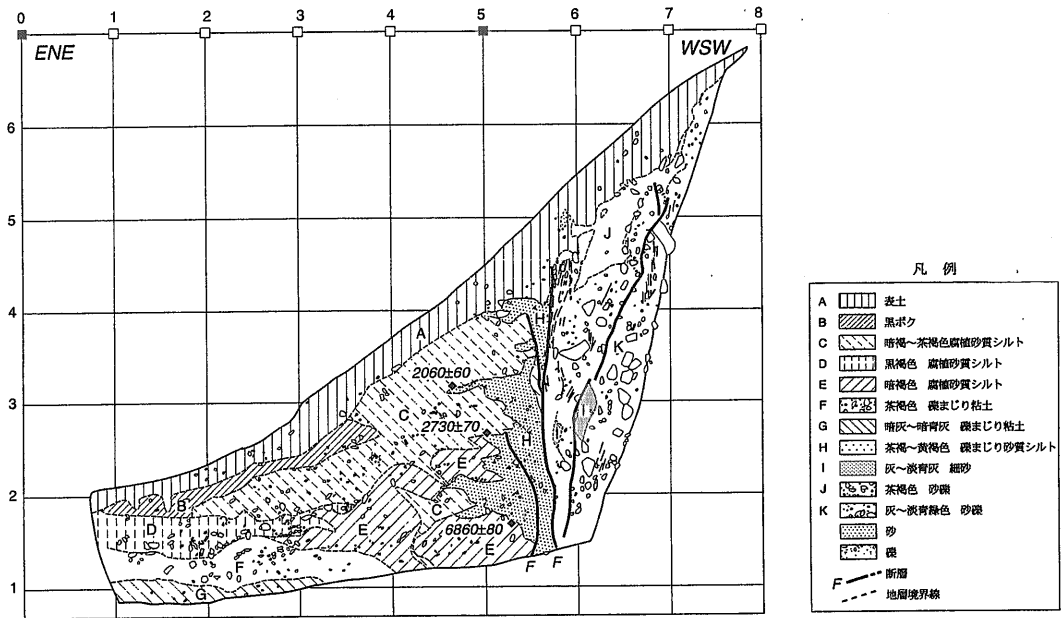
糸静線活断層系の地震発生危険度評価の信頼性を向上させるため、牛伏寺断層(松本市中山地区)と松本盆地東縁断層(池田町堀之内地区)のトレンチ調査を実施しました。中山地区では、約40mの間隔で2つのトレンチを掘削し、このうちBトレンチでは、ほぼ垂直な断層群が出現し、断層の東側には鋸歯状に低地側に向かって尖滅する斜面堆積物の層(H)が露出しました(第10図)。この層は断層運動に伴って形成されたプリズム層の集合体と

考えられ、水平グリッドの1.7m, 2m, 2.6m, 3.1m, 4mの高さに複数の断層活動の層準を認定しました。また、4m層準のプリズム層を切る、より新しい活動も認められました。予察的な年代測定の結果、2.6mのプリズム層直上で2730±70y.B.P., 3.1mのプリズム層直上で2060±60y.B.P.の値が得られています。約2700年前以降、3回の断層活動が認められたことは、松本市並柳でのトレンチ調査結果と一致し、同断層の平均活動間隔を515~840年と見積もった奥村ほか(1994)の結論を支持しています。また、Aトレンチの結果から、最新活動の時期は1640±60y.B.P.と920±60y.B.P.の間と推定されました。

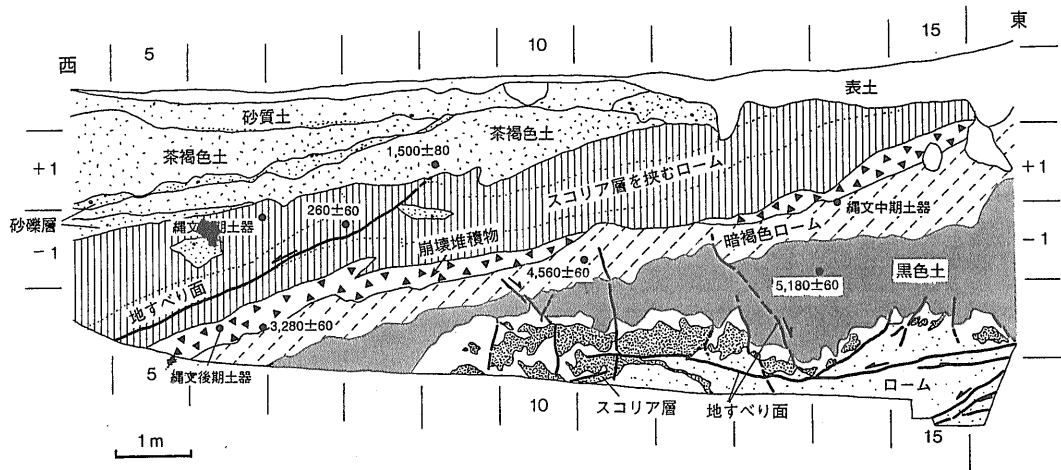
池田町での松本盆地東縁断層のトレンチでは、断層崖の基部に東へ10~15度傾斜する低角逆断層が現れました。断層に切られる地層からは3140±50y.B.P., 断層を覆う地層からは3080±60y.B.P., 2680±60y.B.P.の年代が得られ、約3千年前頃に断層活動があったと考えられます。この時期は、白馬町でのトレンチ(奥村ほか, 1996)で認められた、神城断層の最新活動の一つ前の活動の時期と一致します。

11. 国府津—松田断層

平成7年度の調査では明らかにできなかった断層の活動間隔や1回の断層運動による変位量の解明を目的として、大井町金子地区でトレンチ調査を行いました。トレンチ壁面には断層は露出しませんが、壁面下部に大規模な地すべり跡が観察されました(第11図)。この地すべりの形成時期は、1) 崩壊堆積物中の炭化物の放射性炭素同位体年代が3280±80y.B.P.であること、2) 同層中から縄文時代後期の土器が産出していること、3) 崩壊堆積物より上位のスコリア層が約2千~3千年前頃のスコリアに類似していることから、3千~3千5百年前頃と推定されます。壁面にはより新しい時期の小規模な地すべり跡も見られました。本トレンチで認められた2つの層準の地すべりのうち、約3千~3千5百年前の地すべりは規模が大きく、国府津—松田断層の活動によって引き起こされた可能性が高いと考えられます。平成7年度のトレンチ調査結果から、3千年前頃に国府津—松田断層の最新活動があったことが推定されています(水野ほか, 1996)



第10図 牛伏寺断層・中山Bトレンチの南側壁面スケッチ(奥村・荻谷ほか, 1997). 図中の数字は¹⁴C年代(y.B.P.).



第11図 国府津一松田断層・金子地区トレンチの北側壁面スケッチ(水野・山崎, 1997). 図中の数字は¹⁴C年代(y.B.P.).

が、本調査結果はこれを支持するものです。しかし、より古い時期の断層活動や1回の断層運動による変位量は、残念ながら本調査によっても明らかにすることはできませんでした。

おわりに

上述した各活断層のもう少し詳しい調査内容と成果は、地質調査所研究資料集No.303(平成8年度活断層研究調査概要報告書)に掲載されており

ます。また、近畿三角地帯の8活断層の先行調査については、詳細な調査内容と成果を地質調査所研究資料集No.268からNo.302に収録してあります。これらの研究資料集は、地質調査所地質情報センターと活断層研究室に各1部ずつ保管されておりますので、閲覧を希望される方は上記センターまたは活断層研究室にお問い合わせ下さい。

また、活断層研究室のホームページ <http://www.gsj.go.jp/dER/activef/hptop1.html> にも、本稿で紹介した調査結果と主な図・表・

写真,更に最新の研究・調査情報などを載せておりますのでご利用下さい。

最後になりましたが,本調査に際していろいろとご協力を賜りました関係自治体,教育委員会,自治会,地元の皆様に篤く御礼申し上げます。

(文責:杉山雄一)

1) 担当者

杉山雄一・下川浩一・栗田泰夫・水野清秀・佐竹健治・吉岡敏和・須貝俊彦・荻谷愛彦・七山 太(活断層研究室),寒川 旭(大阪地域地質センター),佃 栄吉(変動解析研究室),小松原 琢(環境地質研究室),宮地良典(地質部),奥村晃史・山崎博史(広島大学),岡田篤正・竹村恵二(京都大学),山崎晴雄・福沢仁之(東京都立大学),相馬秀廣・高田将志(奈良女子大学),衣笠善博(首席研究官)

引用文献

栗田泰夫(1997):桑名断層の第四紀後期の活動性調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.95-104。
 栗田泰夫・吉田史郎(1991):桑名断層および四日市断層の完新世における活動。活断層研究, No.9, p.61-68。
 大長昭雄・松田時彦(1982):寛文二年の近江の地震—地変を語る郷帳。萩原尊禮編「古地震」,東京大学出版会, p.203-230。
 本田雄二ほか8名・関西地質調査業協会丘陵地地盤研究会(1993):泉北丘陵の地質特性。丘陵地域の応用地質学的特性と課題シンポジウム講演論文集, p.51-56。
 今尾文昭(1995):太田遺跡における地震痕跡,古代学研究, No.131, p.33-35。
 石田志朗(1967):京都市北白川上終町の衝上断層でずれている腐植の絶対年代。地球科学, vol. 21, no.6, p.39-40。
 水野清秀・小松原 琢・七山 太・寒川 旭・山崎博史(1997):琵琶湖西岸断層系の活動性調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.23-35。
 水野清秀・山崎晴雄(1996):国府津—松田断層のトレンチ調査及びボーリング調査。地震予知連絡会会報, vol.56, p.264-269。
 水野清秀・山崎晴雄(1997):国府津—松田断層のトレンチ掘削調査(補備調査)。地質調査所研究資料集 No.303, p.125-128。

岡田篤正・千田 昇・中田 高(1996)1:25,000都市圏活断層図「岸和田」。国土地理院技術資料 D.1-No.333。
 奥村晃史・井村隆介・今泉俊文・澤 祥・東郷正美(1996):糸魚川—静岡構造線活断層系の最近の断層活動。地震予知連絡会会報, vol.56, p.406-410。
 奥村晃史・荻谷愛彦・水野清秀・福沢仁之(1997):糸魚川—静岡構造線活断層系及び長野盆地西縁断層系の補備調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.115-124。
 奥村晃史・寒川 旭・須貝俊彦・高田将志・相馬秀廣(1997):奈良盆地東縁断層系の総合調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.51-62。
 奥村晃史・下川浩一・山崎晴雄・佃 栄吉(1994):糸魚川—静岡構造線活断層系の最近の断層活動—牛伏寺・松本市並柳地区トレンチ発掘調査—。地震2, vol.46, p.425-438。
 寒川 旭(1986):豊田山古墳の断層変位と地震。地震2, vol.39, p.15-24。
 寒川 旭(1994):琵琶湖周辺の遺跡で検出された地震の痕跡。琵琶湖博物館開設準備室研究調査報告, No.2, p.53-70。
 寒川 旭・衣笠善博・奥村晃史・八木浩司(1985):奈良盆地東縁地域の活構造。第四紀研究, vol.24, p.85-97。
 寒川 旭・佃 栄吉(1987):琵琶湖西岸の活断層と寛文2年(1662年)の地震による湖岸地域の水没。地質ニュース, no.390, 6-12。
 佐竹健治・寒川 旭・須貝俊彦(1997):金剛断層系の総合調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.63-72。
 下川浩一・荻谷愛彦・宮地良典・寒川 旭(1997):生駒断層系の活動性調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.37-49。
 杉山雄一(1997a):敦賀断層系の活動性調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.1-11。
 杉山雄一(1997b):上町断層系の反射法弾性波探査。地質調査所研究資料集 No.303, p.105-113。
 佃 栄吉(1997):中央構造線活断層系(紀伊半島地域)の活動性調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.73-94。
 宇佐美龍夫(1996):新編日本被害地震総覧。東京大学出版会, 493p。
 吉岡敏和・荻谷愛彦・七山 太・岡田篤正・竹村恵二(1997):花折断層の活動履歴及び活動性調査。地質調査所研究資料集 No.303, p.13-22。

Special Research Laboratory for Active Fault and Earthquake Prediction (1997): Main results of active fault research in 1996 fiscal year.

<受付:1997年10月13日>