

日本応用地質学会関西支部
平成11年度見学会案内書

比良山地の大規模崩壊と琵琶湖西岸活断層系

1999年11月

日本応用地質学会 関西支部

日本応用地質学会関西支部平成11年度見学会

主催：日本応用地質学会 関西支部

協賛：関西地質調査業協会

月 日：平成11年11月26(金)・27日(土)

集合場所・時間：JR湖西線 志賀駅前 11月26日午前9:00集合

見学地：比良山地山稜部(長池)の崩壊前兆地形，町居の崩壊堆積物，
今津町活断層はぎ取り露頭ほか

案内者：千木良雅弘(京大防災研)，水野清秀(地質調査所)

行 程：26日(金) JR志賀駅出発→路線バス→琵琶湖パレコントラー→徒歩→長池の
崩壊前兆地形の観察→バス→明王院(安曇川縁)→送迎バス→宿舎
(村営グリーンパーク思い出の森, Tel.0740-38-2770)

27日(土) 宿舎発→バス→葛川梅の木の崩壊堆積物観察→今津町活断層ト
レンチはぎ取り露頭見学→比良・比叡山麓の断層変位地形の観察

日本応用地質学会 関西支部
平成11年度見学会 案内書

比良山地の大規模崩壊と琵琶湖西岸活断層系

目次

比良山地の大規模崩壊・前兆地形

千木良雅弘(京都大学防災研究所) ----- 1

琵琶湖西岸活断層系 -その特徴と活動調査結果-

水野清秀(地質調査所大阪地域地質センター) -----11

コース案内図



比良山地の大規模崩壊・前兆地形

行程：

11月26日（金）

琵琶湖バレーゴンドラ山頂駅－長池の小崖地形観察－明王院

27日（土）

町居の崩壊および堆積物観察

1. はじめに

近年大規模な地震が続発しており、9月の台湾の地震の際には2億 m^3 をこえる体積の崩壊が発生したと報道されている。また、我が国では1984年の長野県西部地震の時に3600万 m^3 の御嶽山の大崩壊が発生したことは記憶に新しい（奥田他，1985）。これらの大規模崩壊の多くは、時速100kmオーダーの高速で、kmから10kmオーダーの距離を移動し、天然ダムを形成し、それが決壊して氾濫に至ることも多い。このため、大規模崩壊の発生場所の予測を的確にしておくことは、防災上必要不可欠である。発生場所の予測は広大な山地から危険斜面を抽出することになるので、空中写真などを用いた地形調査、および地表地質踏査による地質調査を主体にすることが必要で、そのための手法の確立が求められている。

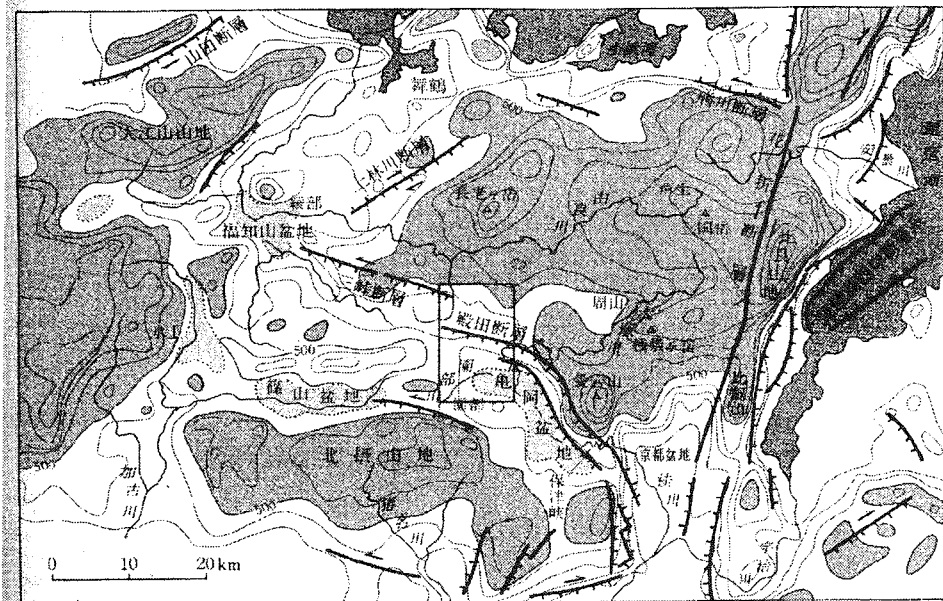
本見学では、流れ盤構造をなす堆積岩地域の大规模崩壊前兆地形として典型的と考えられる比良山西部の長池周辺の地形を観察し、その後、1662年に発生した町居の崩壊を遠望し、その地質構造の理解と堆積物の観察を行う。

2. 地形と地質の概要

比良山地は標高900mから1100m程度の小起伏の山頂からなり、その東は琵琶湖、西は安曇川に向かって急傾斜する斜面に挟まれている。比良山地と琵琶湖との境界には比良断層などの琵琶湖西岸断層系、比良山地の西側の安曇川沿いには花折断層があり、いずれも活断層と考えられている（図－1）。小起伏の面の形成メカニズムと形成時代については明確ではないが、中新世以前から更新世にかけて形成された後に隆起した侵食小起伏面であると考えられている（植村，1995）。

比良山地には、二畳紀からジュラ紀の丹波層群が分布し、これらの地層は白亜紀の花崗岩に貫入されている（河田他編，1985，Yoshida，1986）。丹波層群の地質構造は詳細には明らかになっていないが、Yoshida（1986）は、地層は花折断層沿いで左横ずれを示すように引き摺られていると考えた。一方、Kano et al.（1990）は、琵琶湖北西の丹波帯および北東の美濃帯の

地層は、東西方向の水平圧縮により巨大なキンク褶曲をしていると考え、キンク褶曲の軸部の一部が断層となっていると考えた。すなわち、これらの地域の地層はギクシャクと折れ曲がっている可能性が指摘されている。



図－1 丹波山地および比良山地の接峯面図（植村，1995）

3. 長池周辺の地形

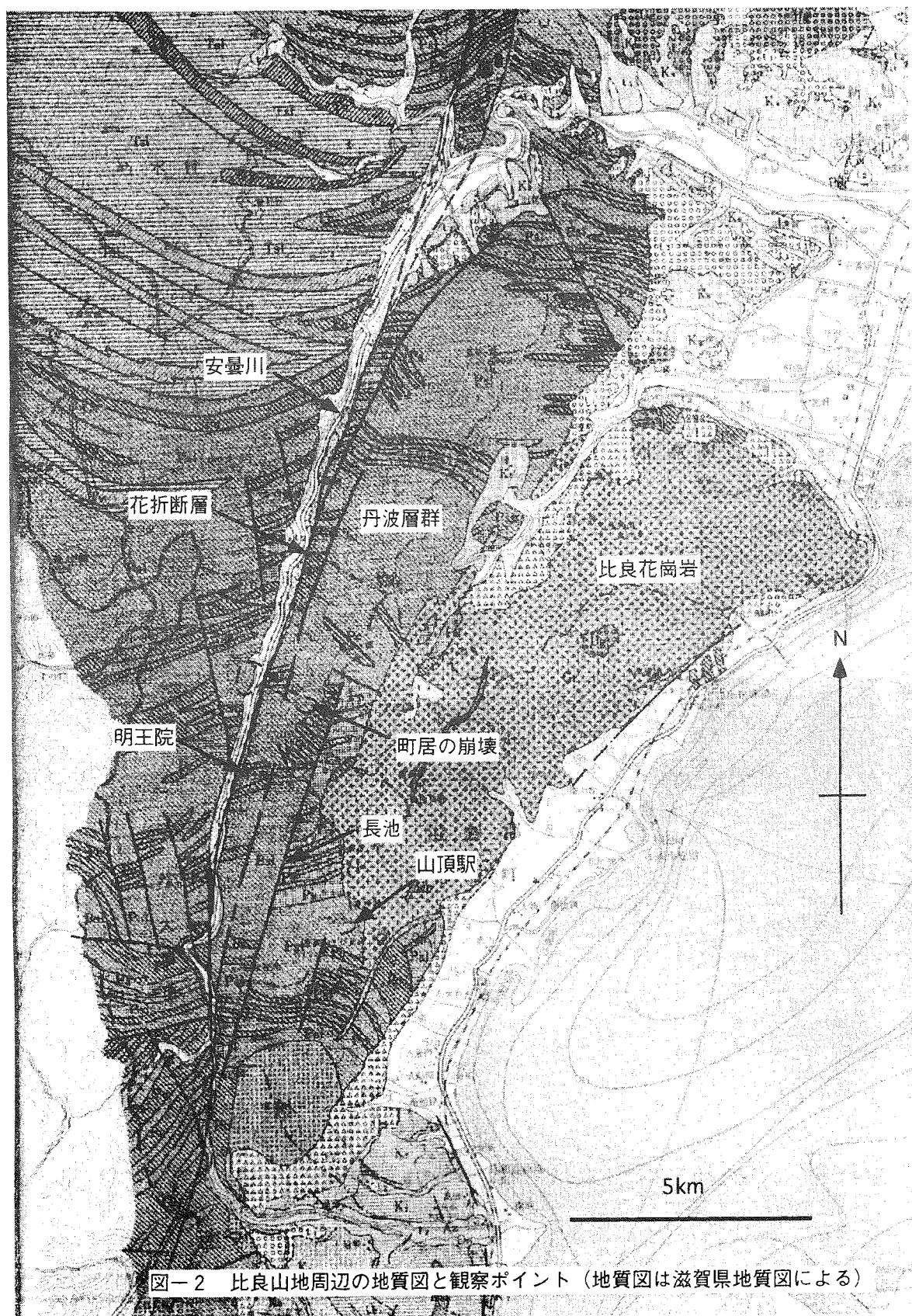
長池は、比良岳の西方、白滝山の南西にあり、比良山地の山頂小起伏面の西縁にある（図－3）。ここには、比高 10m から 25m 程度の小崖が、平面上で東に凸を向けた弓状に約 1km にわたって連なっている（図－4）。この小崖は南部で西方に急に方向を変えている。小崖には主たる連なりから分岐したり、分離したりしたものも認められる。これらの比高は数 m から 1m と小さい。ている。小崖は、以下の特徴を有している。

- ・小崖は、東に向かって流れる 4 つの小沢の上流を切断しており、これらの小沢は小崖上でウインドギャップとなっている。
- ・小崖の西側は長池他の池や湿地となっている。
- ・小崖の高さは北部で 10m 程度と小さく、南部で約 25m と大きい。

これらの地形的特徴は、小崖よりも西側の部分、すなわち小起伏の部分のみをとれば、南北約 1km、東西約 400m の範囲が下降しながら、北西方向に移動したことを示している。移動距離は、地形図上で小崖の水平長さから 100m 程度であると考えられる。一方、この小崖と小

起伏面，さらにその西方の急斜面は，地すべりの馬蹄形滑落崖と地すべり地塊の形態上の特徴も示していない．すなわち，この小崖は，わずかに地層がすべりかけている形態を示している．小崖は小起伏面西縁の急斜面上端まで連続している．従って，この小崖よりも西方の部分は重力的には不安定な状態にあると考えられ，大規模崩壊の前兆的地形と考えられる．

当地域の地質構造の詳細は未だ明らかになっていないが，安曇川から小起伏面に至る沢の地質踏査によれば，砂岩および頁岩が北東－南西の走向をもって，北西に 35° から 56° 傾斜している．従って，当地域の不安定領域は流れ盤構造にあると考えられる．



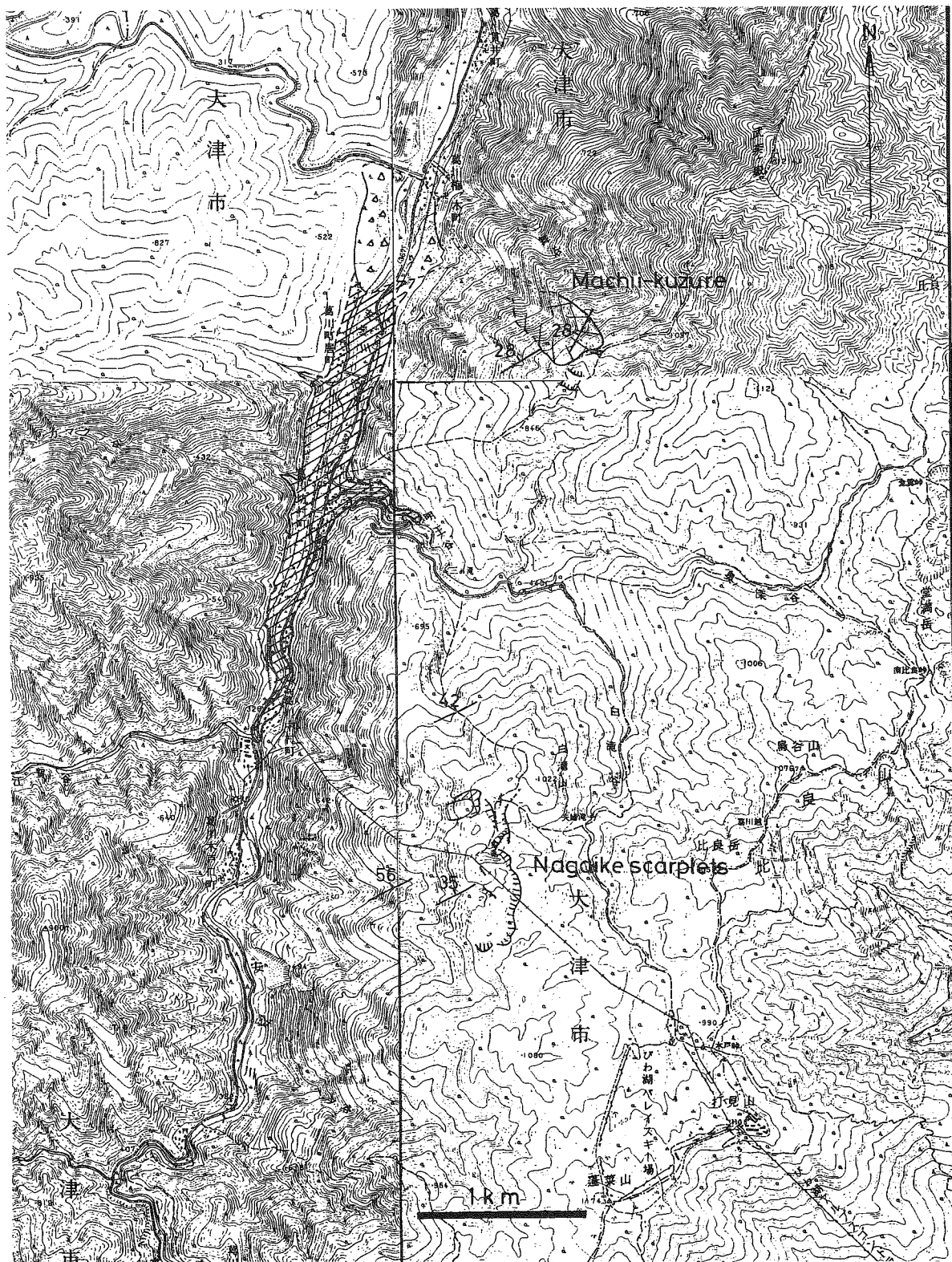


図-3 長池と町居の崩壊付近の地形図（2万5千分の1地形図，北小松，比良山，久多，花背をベースにした）。

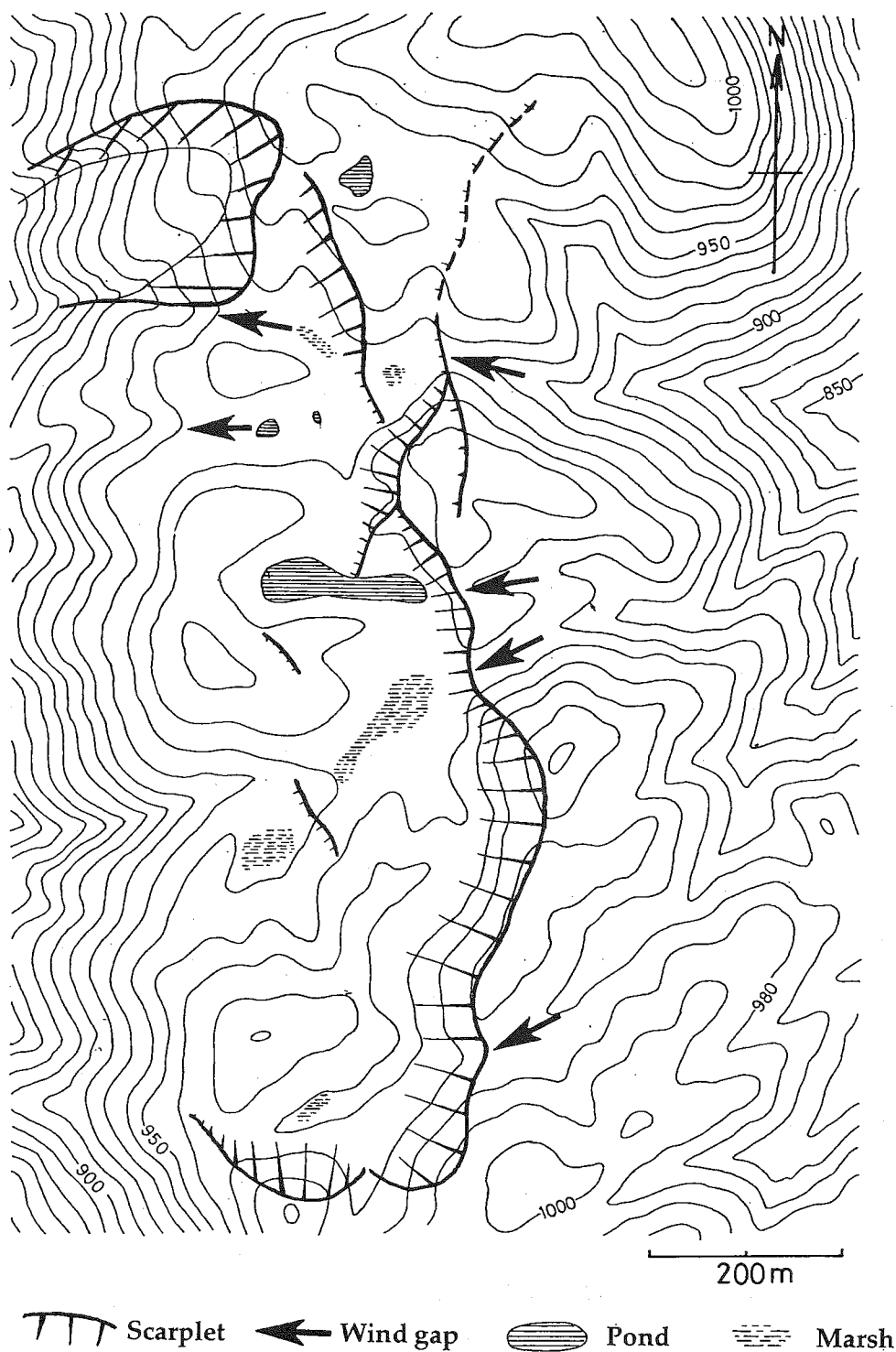


図-4 長池の地形（大津市の2千500分の1地形図をベースにして，空中写真判読と現地調査により作成）。

4. 町居の崩壊

4. 1 崩壊の概要

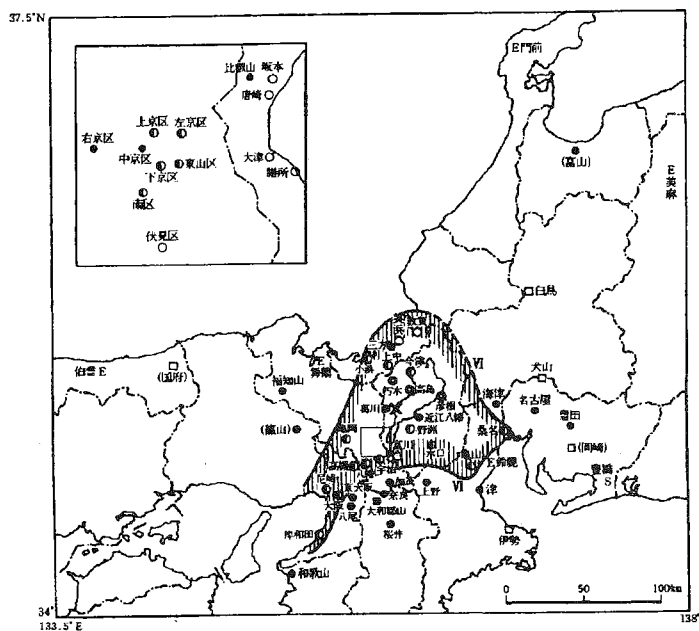
町居の崩壊は、安曇川の東方で川からの比高約 700m の比良山地西端を最上部とし、その堆積物は安曇川の両岸に残っている。特に、その対岸では川からの比高 100m の小山を作っており、安曇川沿いの遠方からも良く認められる。町居の崩壊は 1662 年の琵琶湖西岸地震の時に発生したこと、また、崩壊は 2 週間程度安曇川をせき止めたこと、250 名以上の死者が出たことが古文書から明らかになっている（古谷他, 1984；井上・今村, 1998）。琵琶湖西岸地震は、1662 年 6 月 16 日、午前 11 時に発生したもので、マグニチュード 7.6 であった（図-6、宇佐美, 1996）。

現地地質踏査の結果から推定した崩壊の概要は、次の通り。崩壊地長 500m、最大幅 350m、崩壊面積 175000 m²、平均深度を 40m とすれば、崩壊体積は 700 万 m³。これは、南他（1997）による推定 $4.8 \times 10^7 \text{ m}^3$ よりもかなり小さいが、後者は現地調査なしでの推定である。さらに、堆積物は、幅 500m、長さ 700m なので、堆積物面積は 350000 m² となり、崩壊体積が 1.3 倍になって堆積したとすると、堆積物の平均厚さは 26m となる。堆積物の厚さ自体は場所により変化していること、堆積物の基底が正確に求められないこと、また、河床部はすでに侵食されて失われていることから、残存するデータからは正確には推定しがたい。

4. 2 崩壊源と堆積物

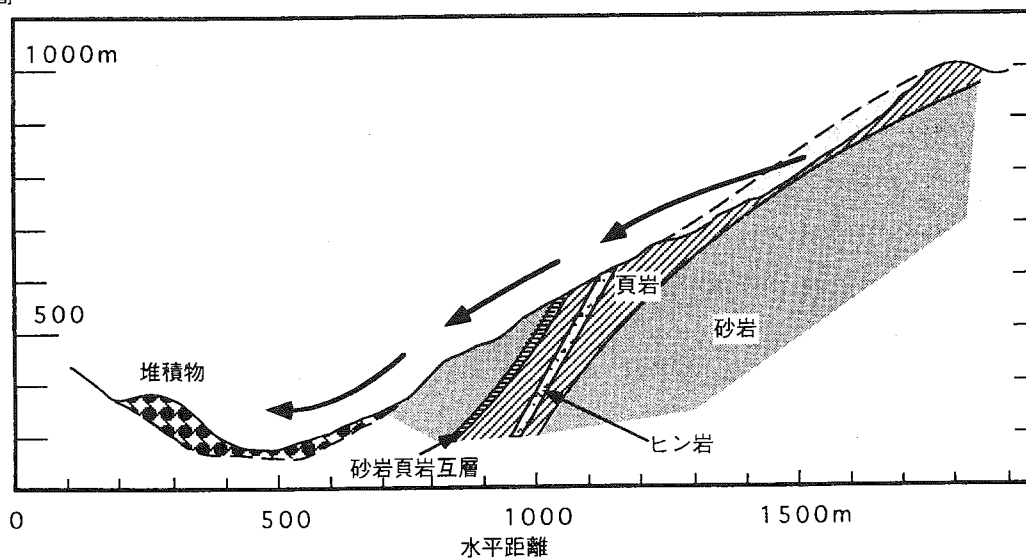
崩壊源は、北東－南西方向の山稜の北西側斜面に位置し、この斜面は大きく見ると比較的平滑で、それを直線的な沢が下刻している。崩壊源は、標高約 1000m の尾根を最上部とし、北西に開いた U 字型の輪郭を有している。現在その大部分で植生が回復していて、裸地になっているのは崩壊の最上部のみであるが、崩壊源の南西側方および南東上方は明瞭な崖で境されていることが現地調査の結果明らかとなった。北東側方は北西にのびる尾根となっている。崩壊源の最上部のさらに上方には、東西方向のわずかな凹み、および西北西－東南東方向で北に傾斜する小崖が認められる（図-3）。これらは長池で認められたような小崖の名残りである可能性があるが、崩壊前の地形は大部分失われているので、明確ではない。

崩壊の堆積物は、崩壊源下方の沢が安曇川に出る標高 350m 付近まではほとんどなく、そこから安曇川を覆うように広がっている。河床部の堆積物は侵食されているが、その対岸の堆積物の表面は上に凸な曲面を描いて河床方向および上下流方向に傾斜していることから、堆積物は大きく飛散することなく、一体を保っていたと推定される。堆積物の内部構造は、安曇川左岸の採石場で良く観察することができる。堆積物は、様々なサイズの岩片の乱雑な集合で、これらの岩片は主に頁岩からなり、砂岩およびひん岩を伴う。堆積物の最も大きな特徴は、堆積物の中に同種の岩片の帯状のつらなりを認めることができることである。すなわち、もともと 1 枚の地層が岩片に破壊されているものの、連続性を失っていない場合が多々認められる。これは大規模崩壊から移り変わった岩屑流の堆積物に良く認められる構造である。ただし、その形成メカニズムや条件については明らかになっていない。



図一 5 琵琶湖西岸地震時の震度分布（宇佐美、1996）

標高



図一 6 町居の崩壊の地質断面図（地質踏査により作成）

崩壊の最上部は標高 1000m、最下部は 650m 付近、すなわち、安曇川河床の標高が 280m であるから、そこからの比高は、それぞれ 720m、370m である。また、対岸の堆積物の最高点は標高 380m で比高 100m である。

4. 3 崩壊の地質構造

町居の崩壊地周辺では、比較的露頭状況が良い。また、崩壊地を含む北西向き斜面では、多くの沢で沢の傾斜方向と地層の傾斜方向が同様で、その場合同じ層準の地層が沢沿いに追跡できる。地質踏査の結果得られた地質断面図を図-6 に示す。崩壊地に分布するのは、丹波層群の頁岩、砂岩、チャート、およびこれらを貫くひん岩脈である。地層は局所的な褶曲の影響を除くと北東-南西方向の走向を有し、北西に 30° から 60° 傾斜している。局所的な褶曲は梅ノ木集落南部に見られる。ひん岩脈は北東-南西方向から南北方向の走向で、東または西に 60° から 70° 傾く。規模の大きなものは、崩壊西方斜面にあり、幅約 20m である(図-6)。崩壊は、北西に約 30 度傾斜する頁岩、すなわち流れ盤の頁岩斜面に発生した。崩壊地最上部の裸地には破碎し、ゆるんだ頁岩が広く露出している。このゆるみは、崩壊発生前からクリープによって形成されていた可能性があると考ええる。崩壊地から安曇川までの間の範囲では幅 1m をこえるような規模の大きな破碎帯は認められない。

4. 4 古文書に残る記録

以下に井上・今村(1998)による古文書の調査結果を転記する。町居崩れ琵琶湖西岸地震による土砂災害で最も大きな被害のあったのは朽木谷で、当時の町居村付近の斜面(現在の梅ノ木集落の背後斜面)が大崩壊し、甚大な被害があったことが記される古記録が残る。明王院文書によれば、「五月一日大地震があり、山岳斜面は崩壊し、谷からは土石が流出した。坊村の田畑は壊滅、明王堂前の右舞台・大橋・寺周囲の石垣は崩れた。榎村(梅ノ木)東の大峰が十三町(一町を 109m とすると 1471m ということになるが、少し誇張表現か?)程上より二つに破れて(崩壊して)、榎・町居の両村を埋没させた。崩壊土砂は安曇川を堰止め、明王院の屋敷まで水が着き(明王院などへの聞き込み調査では明王堂の石段の、下から 3 段目くらいまでの湛水位であったという言い伝えがあるらしい)、坊村の人家は浮流した。十五日辰下刻(午前九時前頃)、堰が切れて水が引いたが、その後も町居～明王院の下付近まで湛水が残り、大池となっていた。明王院では、破損箇所などを修繕の上、六月の法会は無事行いう事が出来た。」という記録がある。また、別の史料にも「両所より割れ出て、谷へ崩れ落ちて谷を埋め、高山をなしその高さ二町(218m)、長さ八町(872m)。家数五十軒、37/300 人生存し、その他は死骸も見えない一状態で、家々も全て埋没した。」とある。

古記録・旧版地形図・航空写真などをもとに当時の土砂移動を推測すると、崩壊は、比良山地、武奈ヶ嶽の南西約 1.5km 付近に位置する、現在「イオウハゲ」とよばれている崩壊地の下部斜面に発生した大規模崩壊であったと推測される。崩壊土砂により、約 50 軒の人家と約 300 人が埋没した。さらに安曇川を堰止め、天然ダムを形成し、明王院付近まで湛水し(「六月の

法会は無事行う事が出来た」という記録を信頼すれば、明王院の床下程度までの湛水位の天然ダムであったのではないだろうか、標高 320m)、そして約 2 週間後に決壊した。ということであろうか。現在の町居の集藩の北端にある観音寺は、埋没した死者を供養するために延宝六(1678)年、当時の町居村の生存者により建立されたとされている。「町居、柚ノ木(榎・梅ノ木)は川端に在りし村なり一」、当時の町居の集落は、現在の町居の集落より 500m 程下流の左岸に存在したものと推測される。現在の観音寺の位置が、当時の町居の集落の南端くらいであったのではないだろうか。また、境内に建つ石宝塔は、戦後の頃に畑下の土中から発見されたもので、当時の町居の集落内に存在した寺のものであったとされている。

5. おわりに

長池の地質構造の解明や町居の崩壊の堆積物の詳細な記載など、まだ不十分な点もあるが、その概要を説明した。今後これらの点については研究を進める予定である。

今後大規模崩壊の発生場所予測は必ず重要になると思います。色々な機会に関心を持って下さると幸いです。

引用文献

- 井上公夫・今村隆正(1998)琵琶湖西岸地震と「町居崩れ」．京都大学特定研究「大規模崩壊の地質・地形特性の研究」集会資料．6p.
- 宇佐美龍夫(1996)新編日本被害地震総覧(増補改訂版)．東京大学出版会，493p.
- 奥田節夫・奥西一夫・諏訪浩・横山康二・吉岡龍馬(1985)．1984 年御岳山岩屑なだれの流動状況の復元と流動形態に関する考察．京都大学防災研究所年報，28-B: 491-504.
- 河田清雄・宮村学・吉田史朗編(1985)20 万分の 1 地質図「京都及大阪」．地質調査所．
- 古谷尊彦・奥西一夫・石井孝行・藤田崇・奥田節夫(1984)地震に伴う歴史的な崩壊の地形解析．京都大学防災研年報，27B-1: 387-396.
- 松岡長一郎編(1979)滋賀県地質図，1/10000．財団法人滋賀県自然保護財団．
- 南哲行・小山内信智・石川芳治(1997)地震による大規模土砂移動現象と土砂災害の実態に関する研究報告書．土木研究所資料，3501，261p.
- 植村善博(1995)都をささえた奥座敷丹波．大場秀章・藤田和夫・鎮西清高編，日本の自然地域編 5 近畿，岩波書店，128-138.
- Kano, K., Kosaka, K., Murata, A. and Yanai, S. (1990) Intra-arc deformations with vertical rotation axes: the case of the pre-Middle Miocene terranes of Southwest Japan. *Tectonophysics*, 176, 333-354.
- Yoshida, S. (1986) Hanaori fault, a left-lateral strike-slip fault northeast of Kyoto. *Jour. Faculty of Sci. Univ. Tokyo, Sec. II*, 21, 223-237.

琵琶湖西岸活断層系 -その特徴と活動性調査結果-

水野清秀（地質調査所大阪地域地質センター）

1. はじめに

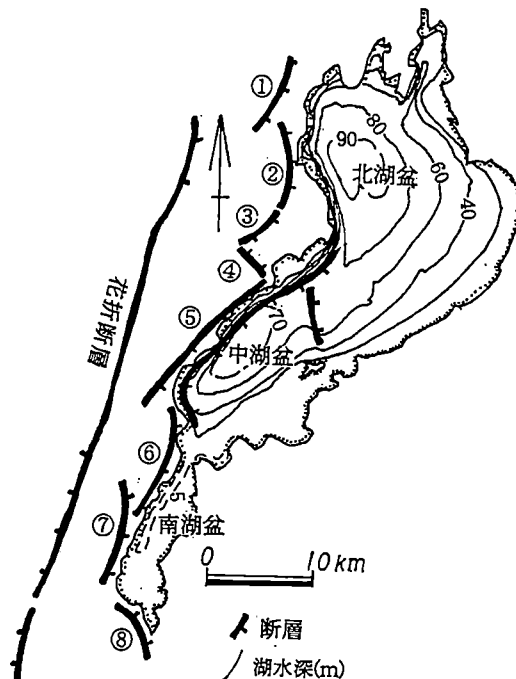
地質調査所では、平成7年度から琵琶湖西岸に分布する活断層群（琵琶湖西岸活断層系）の活動度や活動履歴に関する調査を行ってきた。それらは、地形・地表地質調査、ボーリング調査、トレンチ掘削調査、反射法弾性波探査、琵琶湖湖底での音波探査及びコアリング調査などからなる。これらの調査結果を概説し、琵琶湖西岸活断層系の性質についてふれる。

琵琶湖西岸断層系は、第1図に示す、8つの陸上断層と比良沖の湖底断層からなり、総延長約55kmに及ぶ。西暦1662年（寛文2年）の寛文近江地震は、琵琶湖西岸地域を中心として著しい被害をもたらしたが、その震源断層として琵琶湖西岸断層が活動した可能性が指摘されている（大長・松田, 1982; 寒川・佃, 1987）。しかし調査の結果、北部に位置する饗庭野断層の最新の活動時期は約3,000～2,400年前であることが判明し、饗庭野断層は現在は要注意断層であるとされている（小松原ほか, 1999a; 杉山ほか, 1999）。寛文地震では、隣接する花折断層北部や三方断層が活動したことが明らかになっている（吉岡ほか, 1997; 小松原ほか, 1999b）が、琵琶湖西岸断層系の活動については未だに確認されていない。

第1図 琵琶湖西岸断層系の分布

（寒川ほか, 1999より）

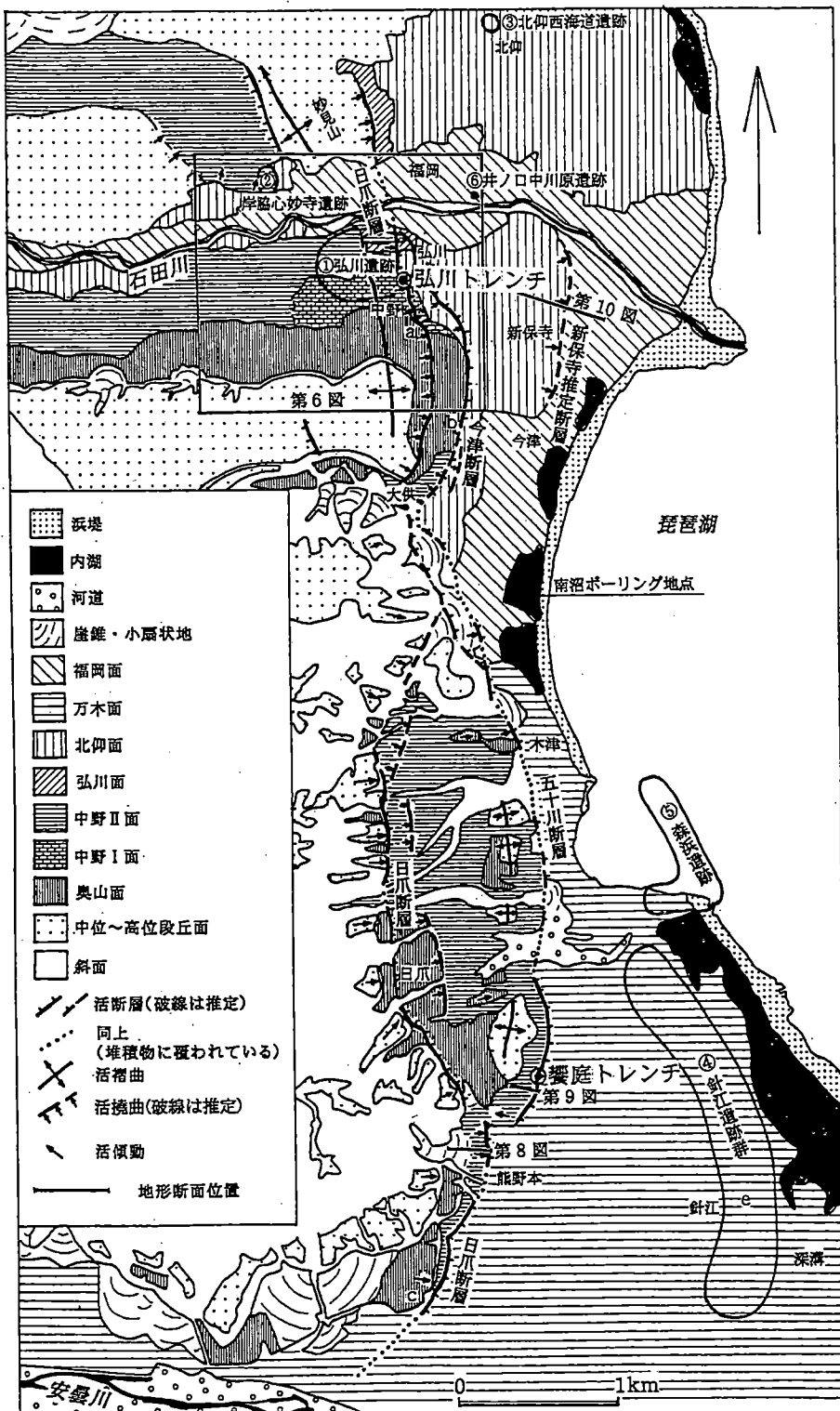
- ①酒波断層 ②饗庭野断層 ③上寺断層
- ④梓戸断層 ⑤比良断層 ⑥堅田断層
- ⑦比叡断層 ⑧膳所断層



2. 饗庭野断層

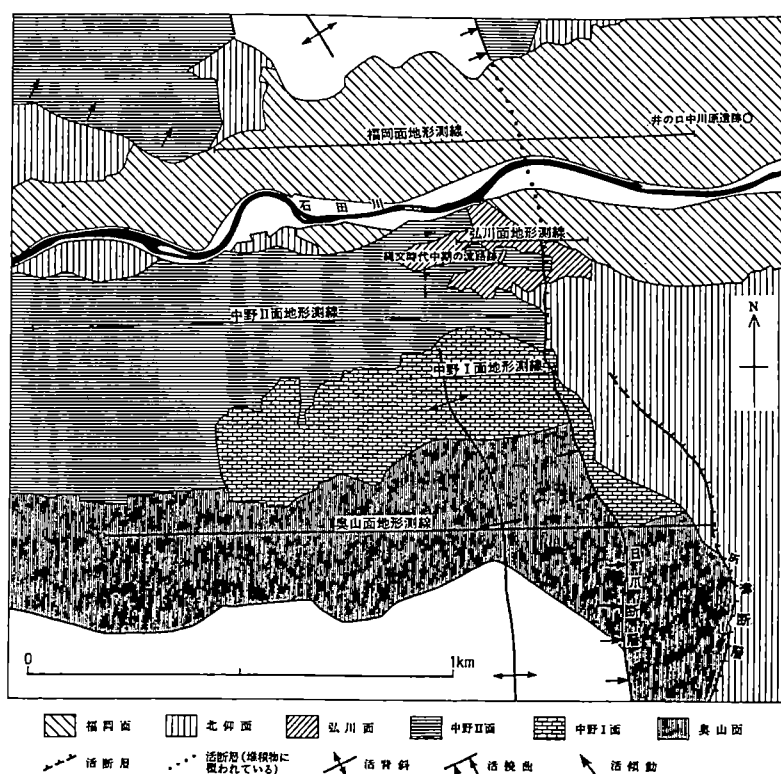
饗庭野断層は、琵琶湖北西岸に位置する活断層で、変位地形が明瞭である（第2図）。特に、石田川沿いの新しい段丘面に累積的な変位が見られる（小松原ほか, 1998: 第3, 4図）。今津町弘川と新旭町饗庭でトレンチ掘削調査が実施された。弘川地区ではトレンチ壁面の剥ぎ取り標本が今津町教

第2図
 饗庭野断層
 周辺の
 地形分類図
 (小松原
 ほか, 1998)

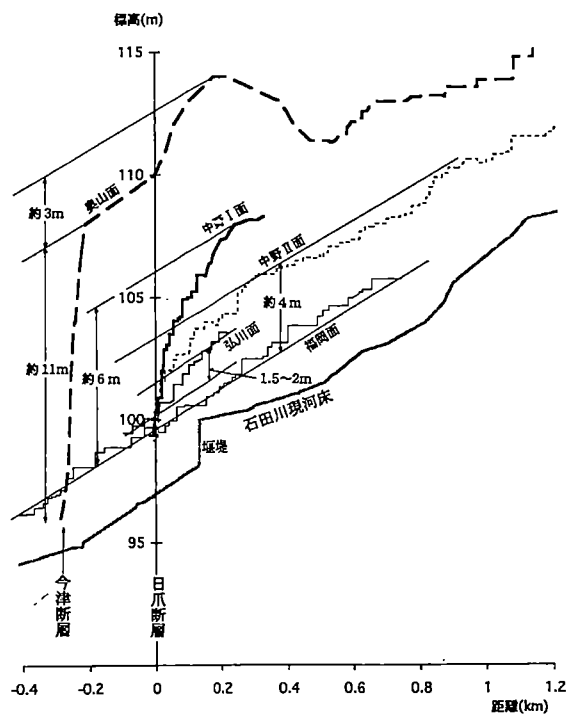


育委員会で作成され、同委員会に保存されている。

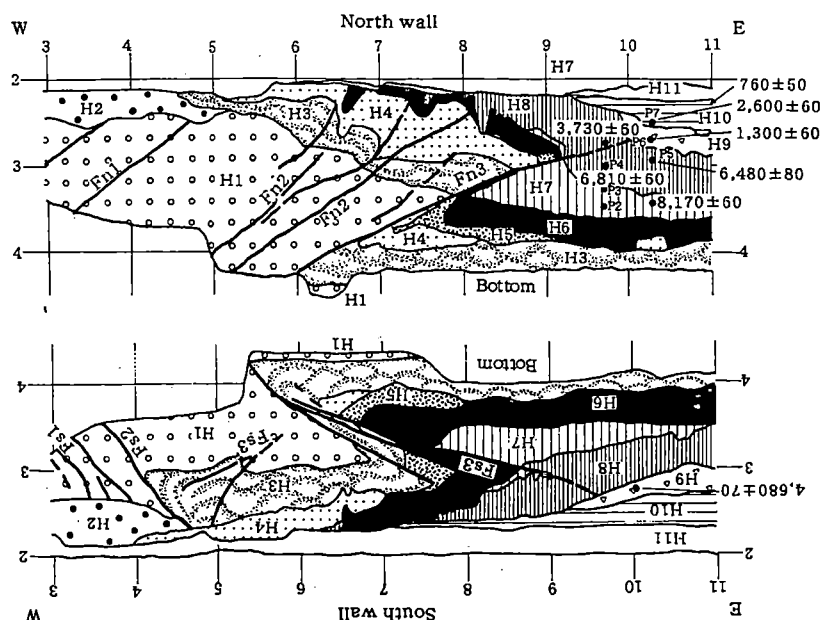
第3図
石田川周辺の
地形分類図
(小松原ほか, 1998)



第4図
石田川南岸の段丘面の
縦断面形
(小松原ほか, 1998)

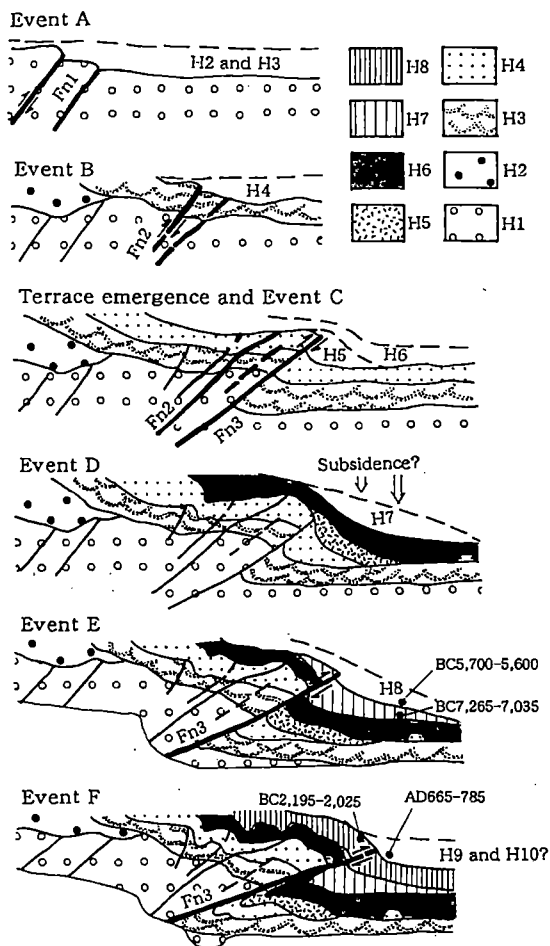


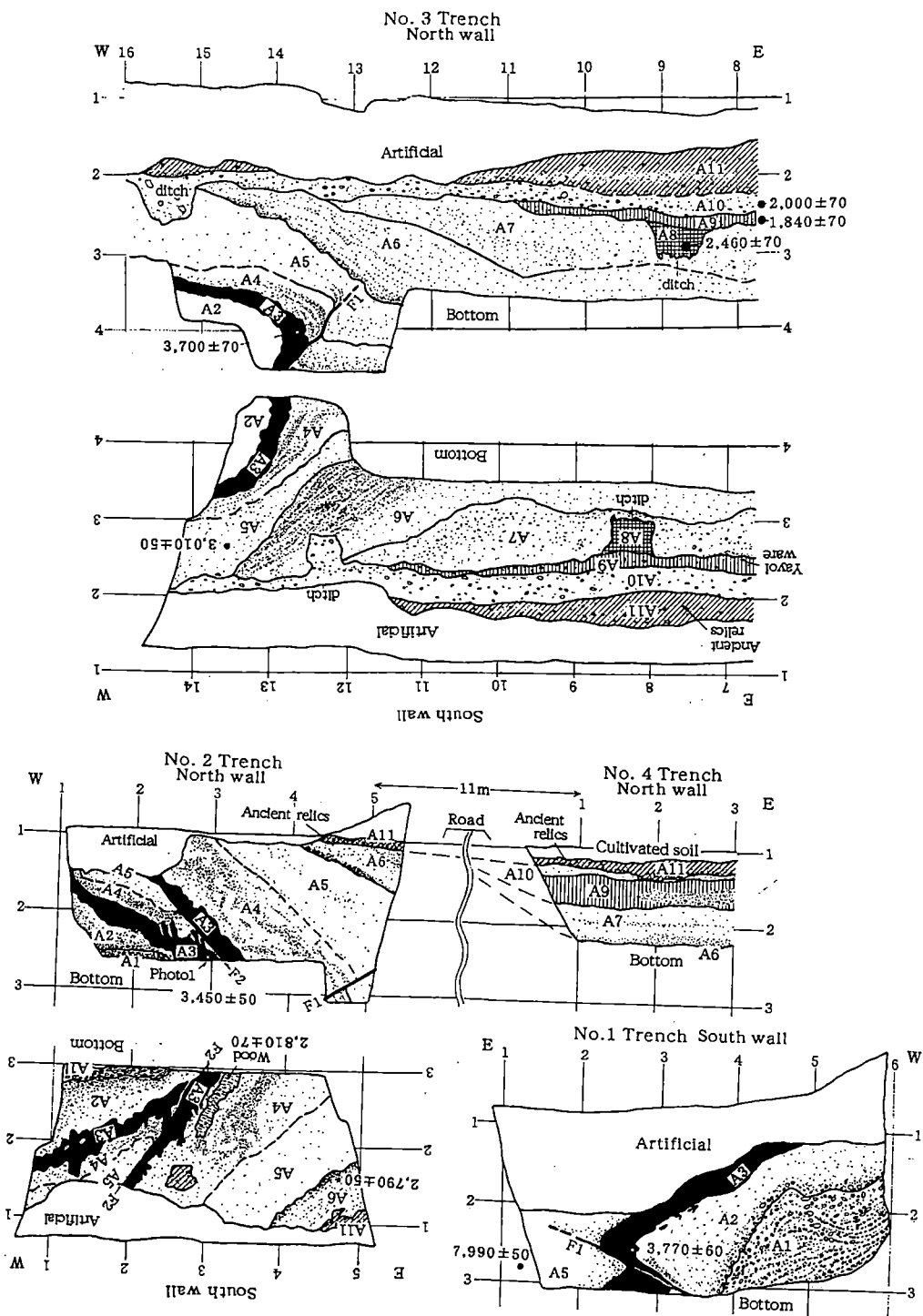
第5図
弘川トレンチ壁面
の簡略スケッチ
(小松原ほか, 1999a)



弘川地区のトレンチでは、少なくとも5回の断層活動イベントが判読された(第5, 6図)。また櫻庭地区トレンチでは、最新活動時期が特定され、その時期は約3,000~2,400年前であることが明らかになった(第7図)。活動間隔は4,800~6,800年程度で、最新活動による上下変位量は3~5mと推定される(小松原ほか, 1999a)。これらから推定される平均変位速度は、ボーリング調査から推定される変位速度(2m/千年)よりも明らかに小さく、問題点として残っている。

第6図
弘川トレンチでの断層活動イベントの解釈図
(小松原ほか, 1999a)

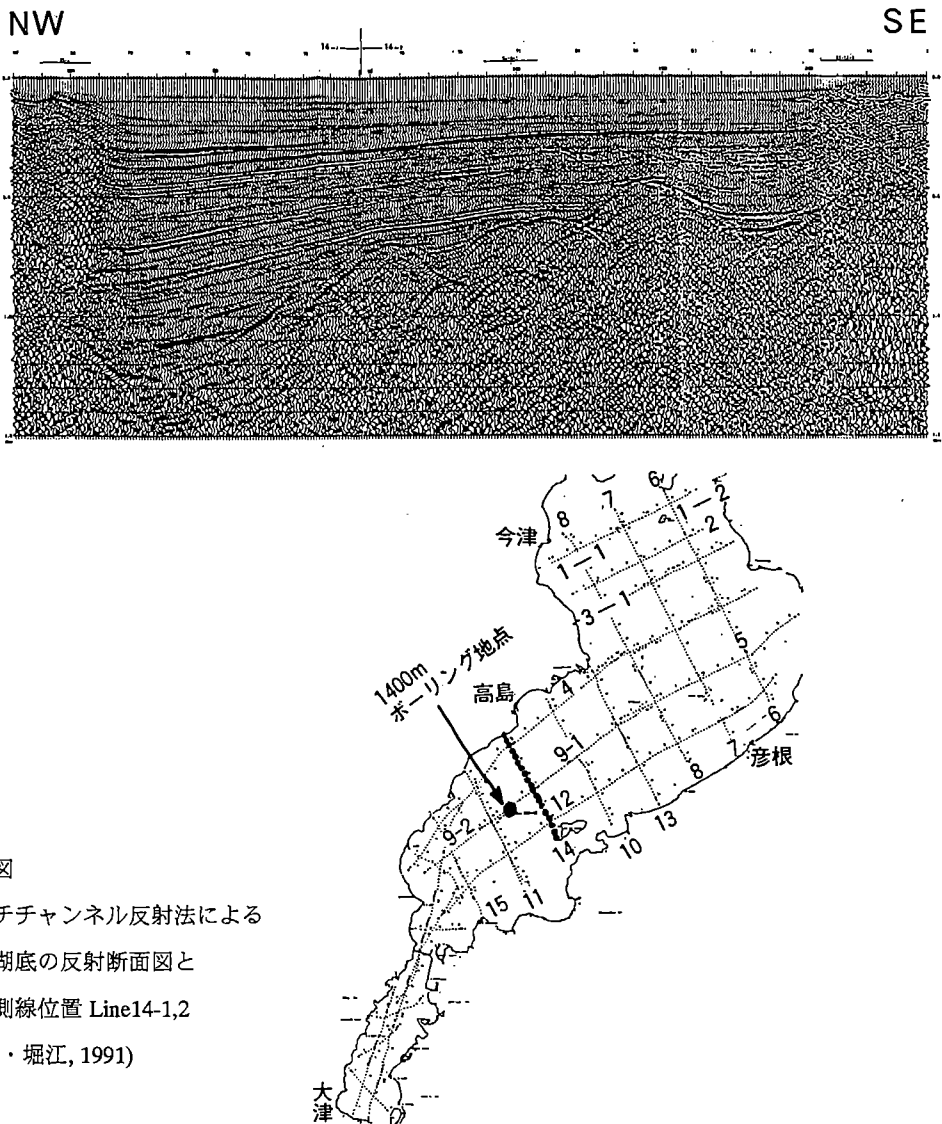




第7図 饗庭地区トレンチのスケッチ (小松原ほか, 1999a)

3. 比良沖湖底断層

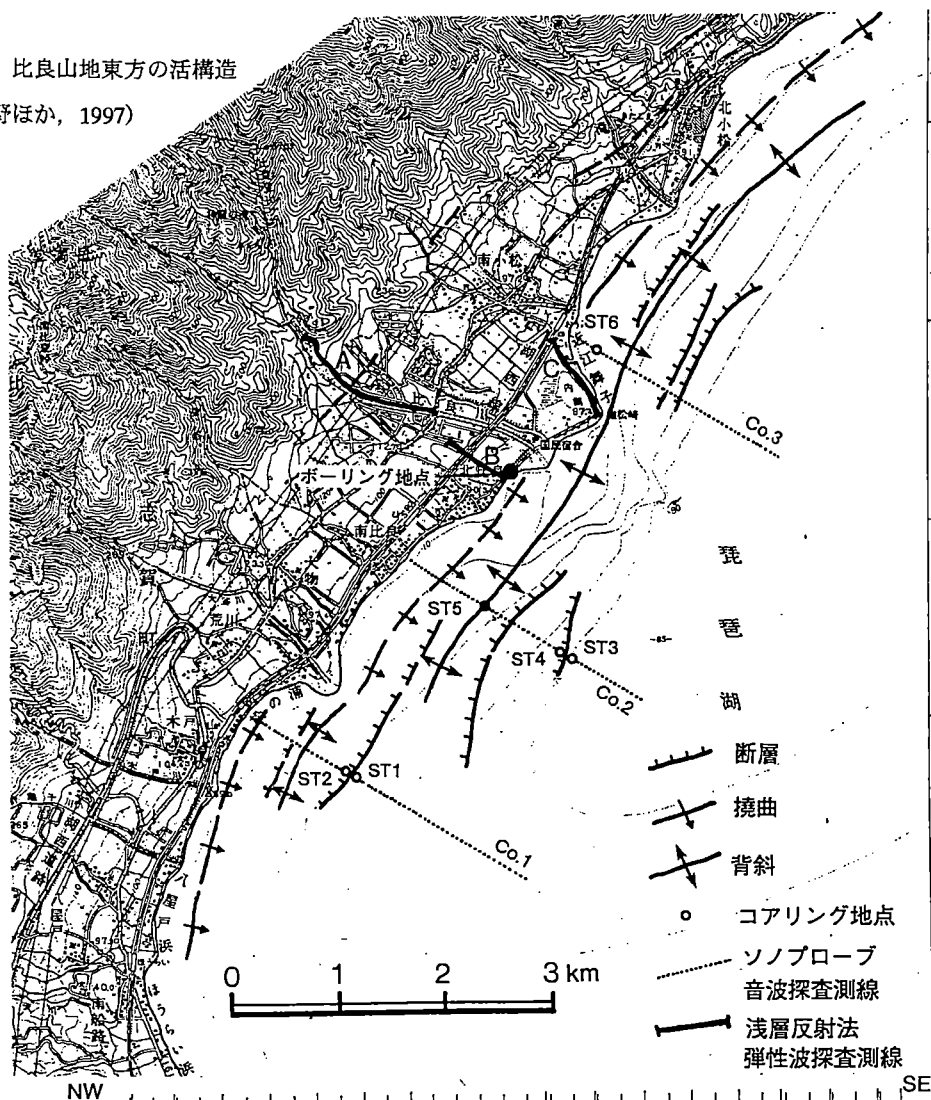
比良山地の東沖の琵琶湖湖底には、断層が存在することが、植村・太井子(1990)や水野ほか(1997)などの音波探査によって示されている(第8,9図)。近江舞子のすぐ東には、北東-南西方向に延びる背斜構造があり、陸上での反射法探査記録にも、湖側へ逆に高くなる構造としてとらえられている(第10図)。音波探査記録によると、背斜構造は古い時代の反射面ほど傾斜が強くなっていて、活褶曲であることがわかる。また湖底斜面にみられる小断層(第11図)は、深部の断層活動に伴って背斜構造が成長するときに形成されたものと考えられ、コアリングによる反射面と広域火山灰層との対比結果から、その活動時期は、約2~3千年前と1万数千年前が推定されている(水野ほか, 1997)。



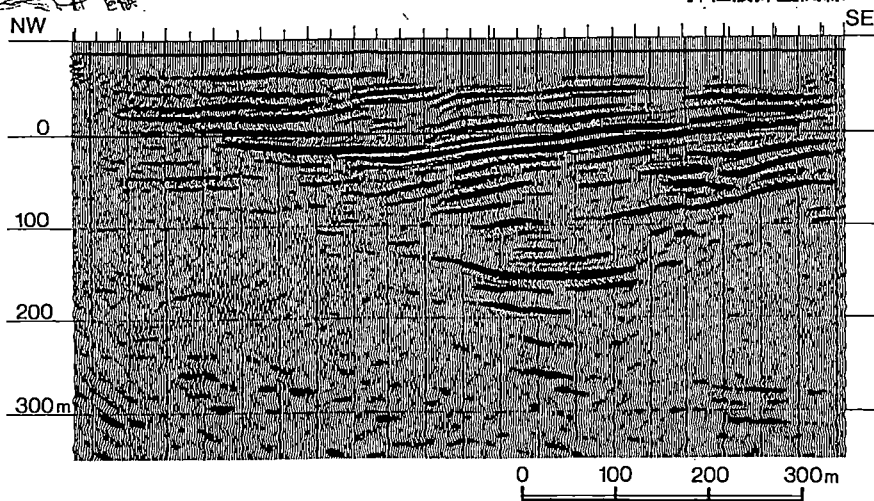
第8図

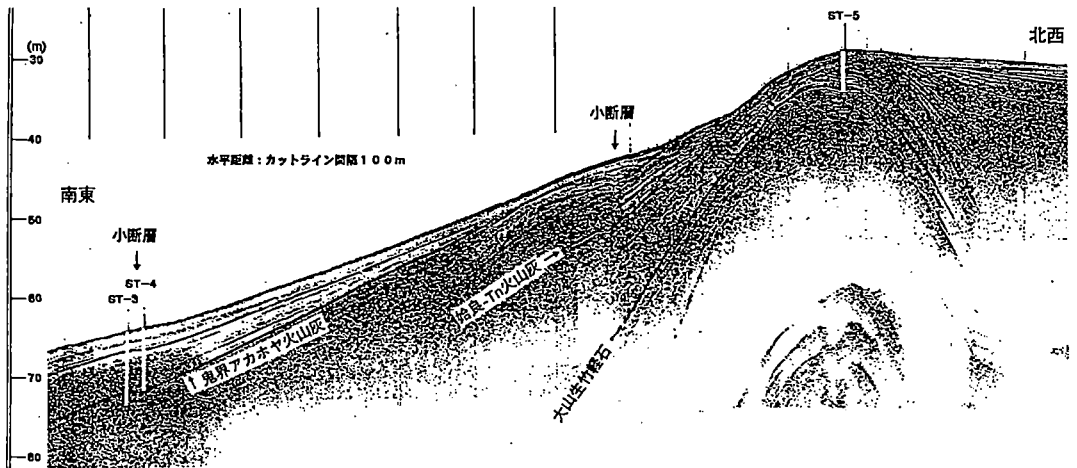
マルチチャンネル反射法による
琵琶湖底の反射断面図と
その測線位置 Line14-1,2
(横山・堀江, 1991)

第9図 比良山地東方の活構造
(水野ほか, 1997)



第10図
近江舞子測線
(第9図のC)
に沿った反射
法地下断面
(水野ほか,
1997)

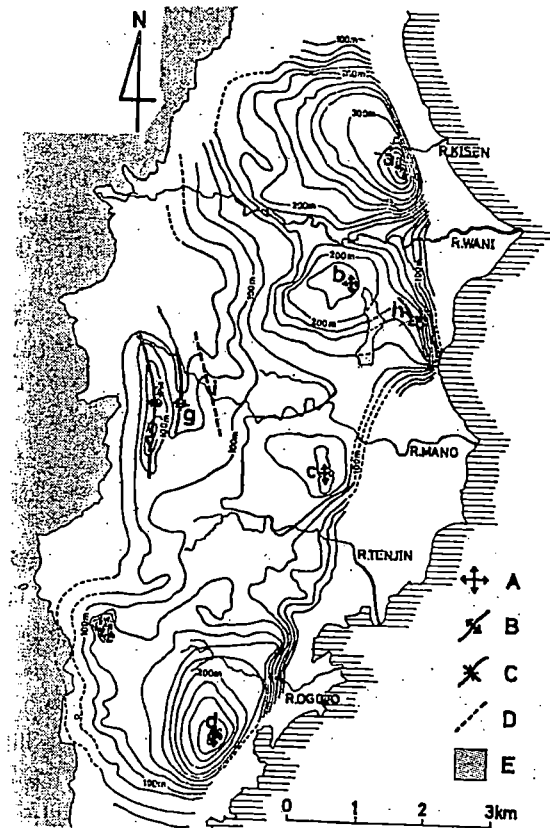




第11図 比良沖 Co.2 に沿ったソノプローブ音波探査記録 (水野ほか, 1997)

4. 堅田断層

堅田断層は、琵琶湖南西に位置する堅田丘陵の東縁に分布する。堅田丘陵は古琵琶湖層群堅田累層と呼ばれる前期-中期更新世の河川-湖成堆積物によって構成され、堅田断層沿いでは、古琵琶湖層群の急傾斜帯が観察される (林, 1974: 第12図)。

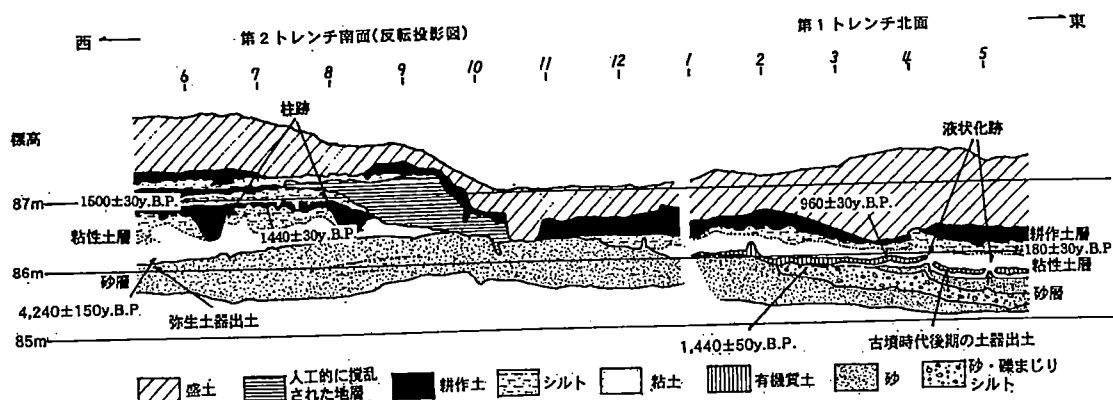


第12図

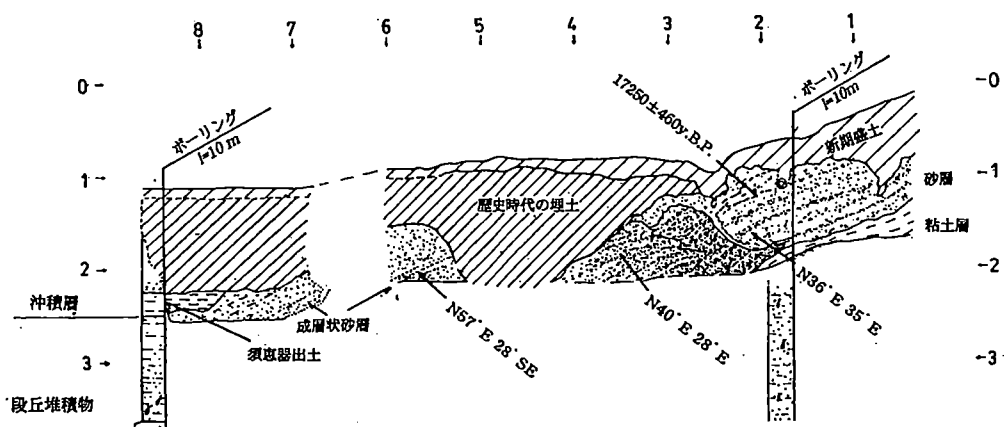
古琵琶湖層群に挟まる栗原Ⅲ火山灰層の構造等高線図 (林, 1974)

- A: ドーム状構造 B: 背斜構造
C: 向斜構造 D: 推定断層
E: 基盤岩類

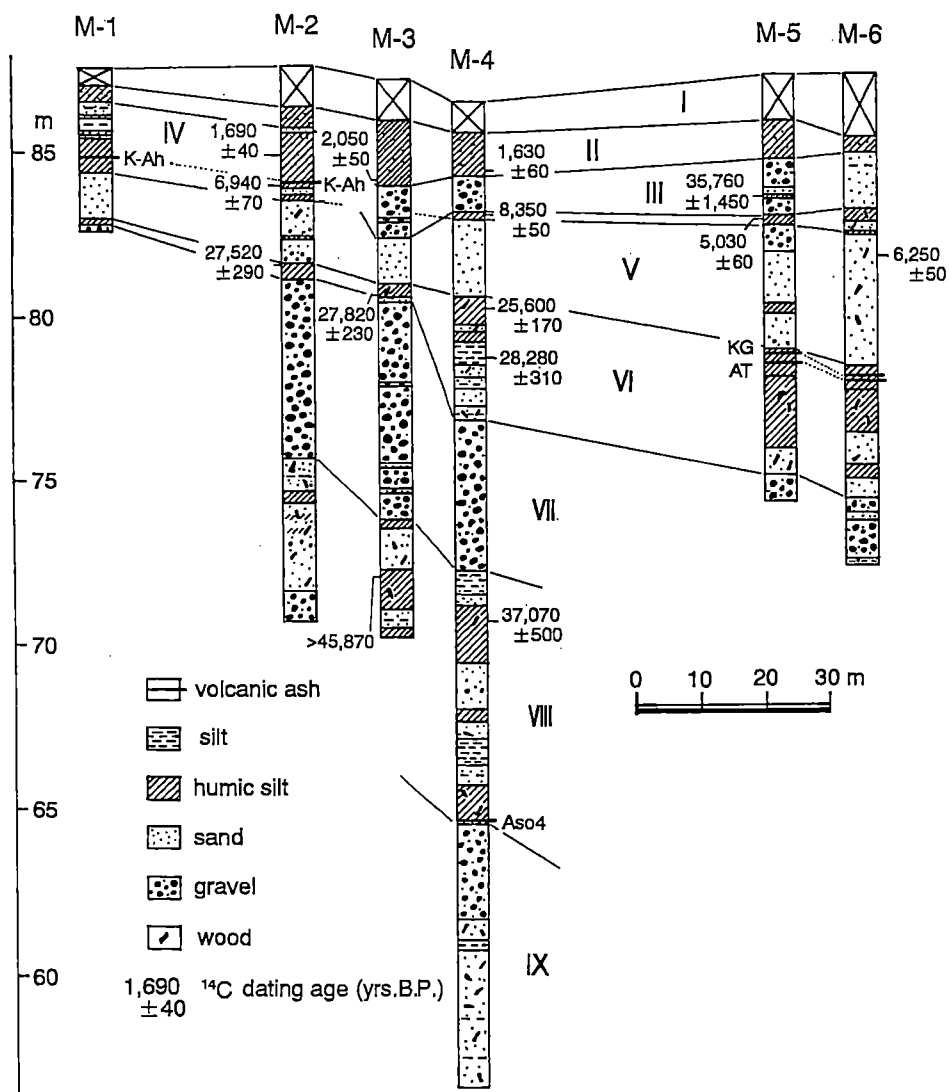
堅田断層では、真野地区と衣川地区においてトレンチ掘削調査が実施された。真野地区トレンチ（第13図）では、古墳時代の土器を含む地層が液状化による変形を受けていることがわかったが、断層変形であるかどうかを明らかにすることはできなかった。また衣川トレンチ（第14図）では低位段丘堆積物が30度程度の傾斜で変形している様子が観察されたが、活動時期を特定することはできなかった（水野ほか，1997）。真野地区及び雄琴地区では、ボーリング調査を実施した。真野地区では断層近傍に群列ボーリングを行った（第15図）が、地層は緩やかに傾斜していて、幅広い撓曲状の変形をしているものと推定される。5,000～2,000年間に変形があったと考えられるが、2,000年前より新しい地層が変形しているかどうかはわからなかった（水野・小松原，1999）。雄琴の断層下盤側のボーリングでは、深度約79mに約8万年前の大山生竹軽石層と考えられる火山灰層がみつかり、一方上盤側では、中位段丘層にはほぼ同時代の阿蘇4火山灰層が挟まれている。これらの標高差から、断層の平均上下変位速度は1m/千年あまりと推定される。



第13図 真野地区トレンチのスケッチ（寒川ほか，1999）



第14図 衣川地区トレンチのスケッチ（寒川ほか，1999）



第15図 真野地区の堅田断層近傍ボーリングの柱状図と撓曲による地層の緩やかな撓み
(水野・小松原, 1999)

K-Ah: 鬼界-アカホヤ火山灰, KG: 鬼鹿川火山灰, AT: 始良-Tn 火山灰,

Aso4: 阿蘇4火山灰

引用文献

- 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.
- 林 隆夫 (1974) 堅田丘陵の古琵琶湖層群. 地質学雑誌, vol.80, p.261-276.
- 小松原 琢・水野清秀・寒川 旭・七山 太・木下博久・松本宏彰・新見 健・吉村辰朗・井上 基・居川信之・葛原秀雄・中村美重・図司高志・横井川博之 (1998) 琵琶湖西岸断層系北部・饗庭野断層の第四紀後期の変動. 地質調査所月報, vol.49, p.447-460.
- 小松原 琢・水野清秀・寒川 旭・七山 太・木下博久・新見 健・間野道子・吉村辰朗・井上 基・葛原秀雄・中村美重・図司高志・横井川博之 (1999a) 琵琶湖西岸断層系北部・饗庭野断層の活動履歴. 地震, vol.51, p.379-394.
- 小松原 琢・水野清秀・寒川 旭・山崎晴雄 (1999b) 三方断層のトレンチ調査と寛文地震時の地殻変動に関する検討. 地質調査所速報, no.EQ/99/3, p.197-213.
- 水野清秀・小松原 琢 (1999) 琵琶湖西岸断層系堅田断層及び今津-高島沖湖底断層の補備調査. 地質調査所速報, no.EQ/99/3, p.215-224.
- 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.
- 寒川 旭・小松原 琢・水野清秀 (1999) 近畿三角帯北部の歴史地震と地殻変動. 1999 年度日本第四紀学会主催巡検案内書, 71p.
- 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, p.6-12.
- 杉山雄一・下川浩一・栗田泰夫・佐竹健治・水野清秀・吉岡敏和・小松原 琢・七山 太・荻谷愛彦・吾妻 崇・伏島祐一郎・佃 栄吉・寒川 旭・須貝俊彦 (1999) 近畿三角地帯における主要活断層の調査結果と地震危険度. 地質調査所速報, no.EQ/99/3, 285-309.
- 植村善博・太井子宏和 (1990) 琵琶湖湖底の活構造と湖盆の変遷. 地理学評論, vol.63A, p.722-740.
- 横山卓雄・堀江正治 (1991) マルチチャンネル反射法による琵琶湖の地層調査. 滋賀県自然史, 滋賀県, p.703-714.
- 吉岡敏和・荻谷愛彦・七山 太・岡田篤正・竹村恵二 (1998) トレンチ発掘調査に基づく花折断層の最新活動と1662年寛文地震. 地震, vol. 51, p.83-98.