

6 - 11 丹後半島・郷村・山田断層系の発掘調査

Excavation Survey of the Gōmura-Yamada Fault System, Tango Peninsula, Kyōto

地質調査所

Geological Survey of Japan

1. はじめに

丹後半島の付け根に発達する郷村・山田断層系は1927年3月7日の北丹後地震の際に活動し、丹後地方に大きな災害をもたらした地震断層である。郷村断層と山田断層は互いにほぼ直交する断層で、東西方向に近い圧縮応力場でできた共役断層と考えられている（第1図）郷村断層の走向は約N 20°Wで、全体の長さは18 km、左ずれ、西側隆起の断層である。山田断層は走向約N 65°Eで、長さ5 km、右ずれ、北側隆起の断層である。郷村断層はいくつかの雁行するモグメントで構成されている。渡辺・佐藤（1928）は北から、浅茂川断層、下岡断層、郷村断層、生野内断層、安断層、杉谷断層、新治断層、上管断層、長岡断層、善王寺断層、口大野断層、三重断層の12のセグメントに区分している。地震時のずれとしては、最高3.28 mの左ずれが郷村断層で記録されている（中村、1928）。

仲禅寺断層は郷村断層に近接して並走する断層で、小河川の左ずれオフセット地形が明瞭である。この断層は1927年の地震では活動しなかったと考えられている。このみごとな変動地形と断層の活動性の関係を明らかにするため、この断層においてもトレンチ調査を実施した。トレンチ掘削地点は、郷村断層で2カ所、山田断層および仲禅寺断層でそれぞれ1カ所である。

2. 各トレンチの調査結果

A トレンチ

トレンチの規模は長さ20 m、幅6.3 m、深さ3 m、法面傾斜は50度、トレンチの長軸方向はほぼ東西である（第2図）。本トレンチ掘削調査では以下のことが明らかとなった。

1) トレンチ壁面に明瞭な断層構造を認めることはできなかったが、砂脈や開口亀裂が数多く発達することがわかった。これは地表での噴砂現象と関係があるものと考えられるが、当時この場所に噴砂丘ができたとの報告はされていないので、活動化した砂は地表まで達しなかったと推定される。

2) 開口亀裂群（砂脈を含む）は北側壁面では、上部においてほぼ等間隔に4本確認され、

南側では下部から上部に雁行状に現われた。これらの方向を第2図cに示す。平均的な走向はN 40°Wで、郷村断層の一般的な方向に対して約20度西へ振れている。

- 3) トレンチで見られた沖積層は、幾つかのチャンネル構造をもつ砂、泥、腐植層などの堆積物で構成されている。腐植物の¹⁴C年代測定によって、トレンチの上位から、A. 約2,000年前、B. 約3,400年前、C. 約4,000年前、D. 約4,800年前、の堆積層であることが分かった。
- 4) トレンチ付近の地震断層は Yamasaki and Tada (1928) などによると、多少の西側上がりの垂直変位があったと記録されているが、上記のチャンネル構造による地層境界面の傾斜がかなり大きいためか、明瞭な断層運動による地層の撓みをトレンチ壁面に認めることはできなかった。
- 5) 前述の砂脈や開口亀裂以外には、断層運動を示す証拠をトレンチ壁面に認めることはできなかった。この砂脈は約2,000年前より新しい地層を切り、地表付近まで達しているので、砂脈の発達を1927年の地震の証拠とすることができる。また、トレンチ内の砂脈の発達の仕方は一連のものであり、そこに断層運動の累積を認めることはできない。以上のことから、Aトレンチでは1927年の1回の断層運動しか読み取ることはできないので、郷村断層の位置が常に同じであったと仮定すると、1927年の断層運動は約4,800年前以後初めてのものであったといえる。すなわち、Aトレンチでは郷村断層の活動周期は4,800年以上であると考えられる。

Bトレンチ

トレンチの規模は長さ19 m、幅6.8 m、深さ3.4 m (深部)、1.8 m (浅部)、法面の傾斜は約50度である (第3図)。

Bトレンチ掘削調査では次のことが明らかとなった。

- 1) トレンチのほぼ中央部に断層破碎物質を伴うきわめて明瞭な断層をとらえることができた。断層の走向・傾斜はN 14°W・76°SWであった。
- 2) 断層を挟んで東側が相対的に落下しており、そこには下位より砂礫層、腐植層、表土が重なっている。隆起している西側には網野累層に属する安山岩を基盤として、その上に砂礫層、腐植層が堆積している。
- 3) 地層の¹⁴C年代測定などの解析は、人工的にあまり乱されていないと考えられる南側の壁面について行った。南側壁面の西側の腐植層からは約6,100年前から約3,350年前という年代が得られ、下位から上位まで乱れなく堆積していることが明かとなった。東側では¹⁴C年代は下位から、約5,300年前～約3,800年前という年代が得られた。その上位の砂

層からは、弥生～古墳時代および奈良～平安時代の土器片が発見された。

- 4) 西側の砂礫層の厚さは約 50 cm, 東側では, ボーリング調査を参考にすると砂礫層の厚さは約 3 m である。この厚さの違いが断層運動の累積結果であるのか, 河川の差別浸食であるのかは不明である。
- 5) ボーリング調査によると, 東側の砂礫層の基盤は花崗岩である。断層に接する安山岩の鏡下での観察によると, 岩脈の急冷相であることがわかった。また, 断層ガウジ中には安山岩起源のものと花崗岩起源のものが混在していることが認められた。したがって, 断層は花崗岩とそれに貫入した安山岩との境界部に発達していると推定される。
- 6) 断層面上に観察された擦痕の方向は, 北プランジ約 30°～45°であった。これは郷村断層の西側隆起, 左横ずれの運動センスと調和的である。
- 7) 砂礫層の上位面の垂直変位量は約 65 cm であった。これは 1927 年の地震の時の落差とほぼ同じ値である。したがって, 約 6,000 年前以降 1 回しか断層運動を行っていないことになる。すなわち, ここで求められる地震の再来周期は 6,000 年以上であるといえる。

C トレンチ

このトレンチの規模は長さ 17.5 m, 幅 7.5 m, 深さ 3.6 m, 法面傾斜は約 50 度, トレンチ長軸の方向は N 68°E である。ここではトレンチ北側壁面について詳しい解析を行った(第 4 図 c)。調査結果は以下の通りである。

- 1) 仲禅寺断層はトレンチの東部に現われた。北側壁面では F 1～F 4 の 4 本の断層が確認され, 断層の走向は N 20°W 前後で仲禅寺断層の一般的な方向とよく一致している。断層面は全体として西へ傾斜しているが, トレンチ下部では 4 本の断層は一つに収斂するように見える。おそらく, さらに下方では一つの破碎帯となっているものと思われる。
- 2) 北側壁面には, 花崗岩, スランプ構造の顕著な粘土分の多い青みを帯びた堆積物 (Y 1～Y 4), これを不整合と覆う花崗岩起源の谷埋め堆積物が露出した。¹⁴ C 年代測定, 花粉分析結果から, 帯青粘土質堆積物は最終氷期後期 (最盛期) の堆積物 (矢田層と仮称) 谷埋堆積物は基底が約 1 万 2 千年前の完新世堆積物であることがわかった。
- 3) 現われた何れの断層も, 矢田層を切ったり変形させてはいるが, 完新世堆積物を変形させてはいない。断層と矢田層の関係を詳しくみると, F 1 および F 2 は, スランプ褶曲層と級化層を伴うスランプ堆積物 (Y 3 層) 下底のすべり面に確実に覆われている。また, F 3 は明瞭にこのすべり面および Y 3 層を切るが, 粒子流堆積物と級化層を伴う Y 2 層に覆われている。F 4 は Y 2 層を切るが, 上部に行くにしたがってその連続は不鮮明となり, Y 1 層との関係は判断できない。

- 4) Y2およびY3層のスランプ堆積物の形成が断層運動と密接に関係していると仮定して、上述の観察と¹⁴C年代資料をもとにすると、次のような仲禅寺断層の活動史を読み取れる。1) 約2万4千年前から2万1千年前の間、2) 約2万1千年前から1万8千年前の間、3) 約1万8千年前から1万2千年前の間にそれぞれ1回ずつ活動した。しかし、約1万2千年前以降の活動の証拠は認められない。
- 5) 以上の考察にもとづく、仲禅寺断層に沿って発達するみごとな河川の左横ずれ地形(第4図b)は、すべて最終氷期末期までには完成していたことになる。言い換えると、最終氷期末期までの河川の下刻時期には仲禅寺断層は活発に活動し、累積的に川の横ずれ変位地形を作ってきたが、完新世にはいるとその活動を止めた。その後、横ずれ河川は堆積物により埋積され、その形態をほとんど変えることなく保存され、現在に至っていると推定される。

Dトレンチ

トレンチの規模は、長さ21.8 m、幅8.8 m、深さ3.3 mである。ここではまず、S 30°Wの方向に掘り進んで断層を確認し、さらに、地層の堆積状態を確認するため、南北方向に北へ掘り進んだ。

Dトレンチの東側壁面のスケッチ図を第5図bに示す。調査結果は以下の通りである。

- 1) トレンチ内に現われた地層は、後背地の花崗岩起源の砂や礫からなる①~④の地層で構成され、全体として、南へゆるく傾斜している。最上位の第①層は第②層の上部が耕作などによって人工的に乱された部分で、腐植物を多く含む。第②層は腐植層を挟み、ラミナのよく発達した砂層である。第③層は第②層より花崗岩礫を多く含み、下位の第④層を一部切り込んで堆積している。第④層はトレンチ最下部の地層で、腐植層を伴う砂層および礫層からなっている。この地層には foreset bedding 構造が見られる。
- 2) 山田地震断層はトレンチ東側壁面に逆断層として現れ、壁面下部では断層は南フェルゲンの撓曲構造として認められる。西側壁面には明瞭な断層構造を認めることはできなかった。
- 3) 腐植層や木片の¹⁴C年代測定をした結果、第④層は約4,500年前から3,150年前に堆積した地層であることがわかった。第④層上部の淡青白色の砂層からは縄文時代後期から晩期の土器片が発見された。
- 4) 断層による第④層下部の地層の変形量は約60 cmである。地表付近では撓曲状に地層が幅広く変形しているが、落差はこれとほぼ同じ値である。1927年当時の地表の変形が撓曲であったことが、当時の写真でも確認できる。渡辺・佐藤(1928)は断層による落差

を 52 cm と報告しているが、これはトレンチ内の落差とほぼ同等な値である。

- 5) 西側壁面で断層が不明瞭となるのは、地震当時の地表の撓曲が西方ですぐに不明瞭になるという記載（渡辺・佐藤，1928年）とよく対応している。
- 6) トレンチ内での断層（撓曲）の形態が逆断層であることから、山田断層は逆断層的性格をもっていると推定される。
- 7) トレンチ下部での変形量と地表の変形量が同じことから、観察される範囲では断層変位の累積はないといえる。したがって、山田断層の活動周期は 4,500 年以上であると考えられる。

3. まとめ

今回のトレンチ発掘調査の結果をもとにした、郷村・山田断層系に関する活動性評価は以下のようにまとめられる。

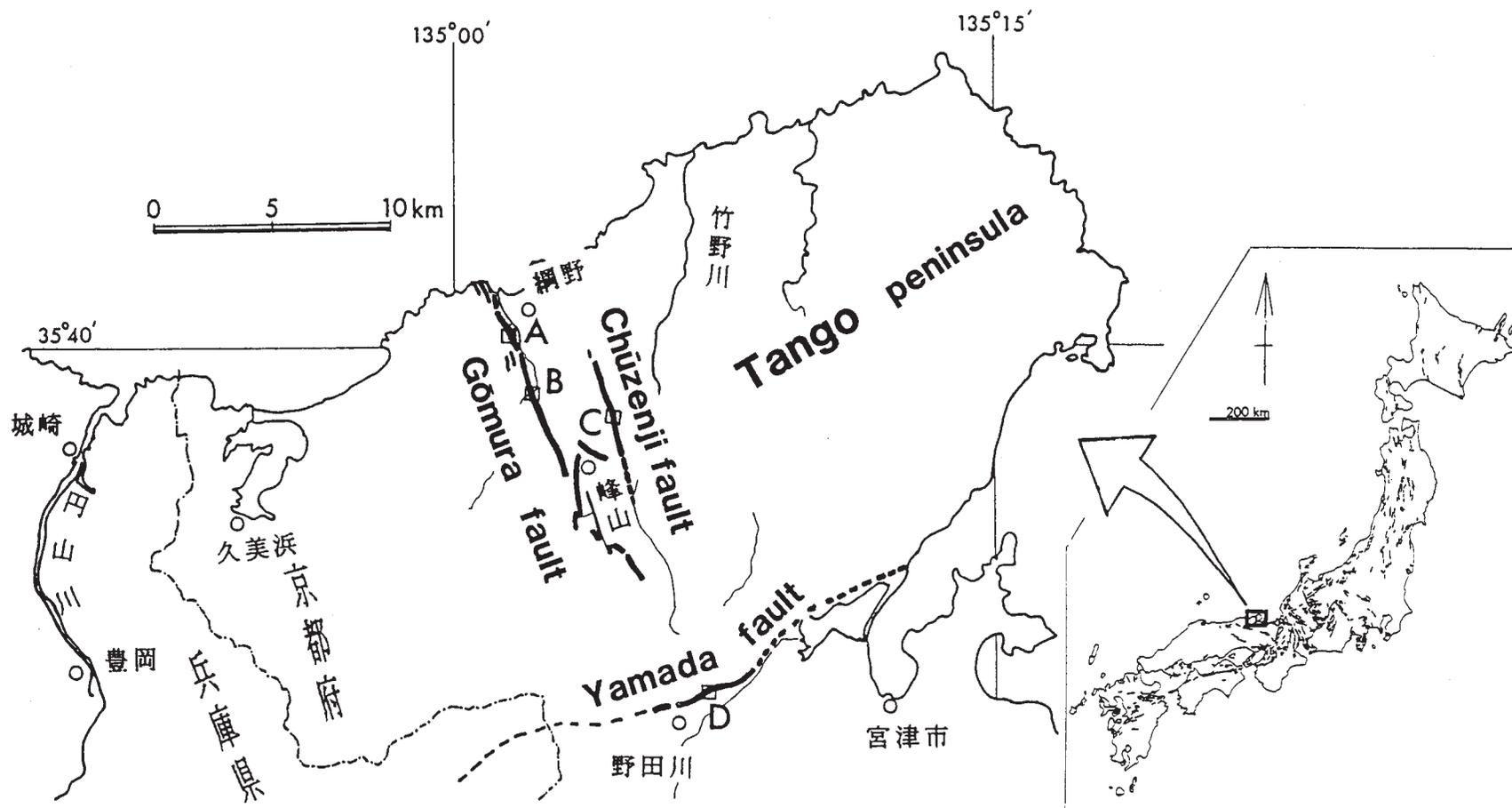
- 1) 郷村断層はおよそ 6,100 年以上、山田断層は 4,500 年以上の活動周期をもつことがわかった。これは、植村（1985）が M 面を変位基準とし、垂直方向の平均変位速度から求めた郷村断層の活動周期、6,100 ～ 7,400 年という値と非常によくあっている。仮に、郷村断層の活動周期を 6,000 年、単位変位量を 3 m とすると、平均変位速度は 0.5 m / 1,000 年となり、郷村断層は B 級の活断層ということになる。山田断層は地震時の地表の変位量を考慮すると、さらに低い（おそらく C 級の）活動性をもつ断層ということになる。
- 2) 仲禅寺断層は約 2 万年前頃には、かなり高い活動性をもっていたと考えられるが、約 1 万 2 千年前以降は活動を停止しているものと考えられる。
- 3) 以上の活動性評価や 1927 年の地震時の変動を考慮すると、郷村・山田断層は、郷村断層を主断層とする左横ずれ断層系として 1927 年に活動したと考えられる。地震断層部分の山田断層は左横ずれ断層系末端部の共役的な断層（Conjugate Readel shear）として理解される。
- 4) 仲禅寺断層と郷村断層の比較からわかるように、変動地形のより明瞭な断層の方が現在活動的であるとはかならずしもいえない。仲禅寺断層の発掘調査は、現在見られる変動地形が最終氷期の小河川の下刻期までに完成されたものであり、現在は谷埋めによってそれが保存され、非常に明瞭に見えていることを示した。また、郷村断層と仲禅寺断層の関係は、次のことを示唆している。変動地形が明瞭であるにもかかわらず、現在は活動が停止していると判断される断層があった場合、それに隣接して、変動地形が不明瞭であるが現在よりは活動的となっている断層が存在する可能性を注意しなければならない。（佃栄吉，杉山雄一）

参 考 文 献

- 藤原咲平・高山威雄・岩見憲逸 (1927) : 北丹後地震踏査報告, 驗震時報, 3, 191 - 209。
- 今村明恒 (1928) 丹後大地震調査報告, 震研彙報, vol. 4, 179 - 202,
- Kanamori, H. (1973) : Mode of strain release associated with major earthquakes in Japan. Annual Review Earth Planetary Sciences, 1, 213 - 239.
- Kasahara, K. (1958) : The nature of seismic origins as inferred from seismological and geodetic observations (1) , Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 473 - 532.
- 京都府 (編) (1928) : 奥丹後震災誌, 臨川書店, 648 P. 付録 (90 P.) 及び丹後震災被害調査結果表 (46 P.) 付。
- 松田時彦 (1976) : 活断層と地震 - その地質学的研究, 地質学論集, No. 12, 15 - 32。
- 中村新太郎 (1927) : 丹後峰山地震に顕れたる起震線と地弱線, 地球, vol. 7, 260 - 272 及び 431 - 440。
- 那須信治 (1929) : 丹後地震の余震調査報告 (第2報), 震研彙報, 7, 133 - 152。
- 太田陽子・成瀬 洋 (1977) : 日本の海成段丘, 科学, vol. 47, 281 - 292。
- 関 和夫・小野英男・棚橋嘉一 (1927) : 北丹後大地震実地踏査概況第2報告, 驗震時報, 3, 169 - 187。
- 多田文男 (1928) : 奥丹後半島の地形発達史, 震研彙報, vol. 4, 111 - 121。
- 多田文男 (1970) : 丹後震災地郷村断層図, 地図の友, No. 123, 4 - 5。
- 田山利三郎 (1928) : 丹後但馬地震地域の地体構造と最近地史に就て, 齊藤報恩 会報告, 3 31P。
- 津屋弘達 (1928) : 丹後地震地方の地質構造に就て (予報), 震研彙報, vol. 4, 139 - 158,
- Tsuboi, C. (1930) : Investigation on the deformation of the Earth's crust in the Tango district connected with the Tango earthquake of 1927 (Part 1). Bull. Earthq. Res. Inst., 8, 153 - 221.
- Tsuboi, C. (1932) : Investigation on the deformation of the earth's crust in the Tango district connected with the Tango Earthquake of 1927 (part 4). Bull. Earth. Res. Inst., vol. 10, 411 - 434.
- Yamasaki, N. and Tada, T. (1928) : The Oku-Tango Earthquake of 1927. Bull. Earthq. Res. Inst., vol. 4, 159 - 177.
- 植村善博 (1985) : 郷村・山田断層系の変位地形と断層運動, 活断層研究, vol. 1, 81 - 92。

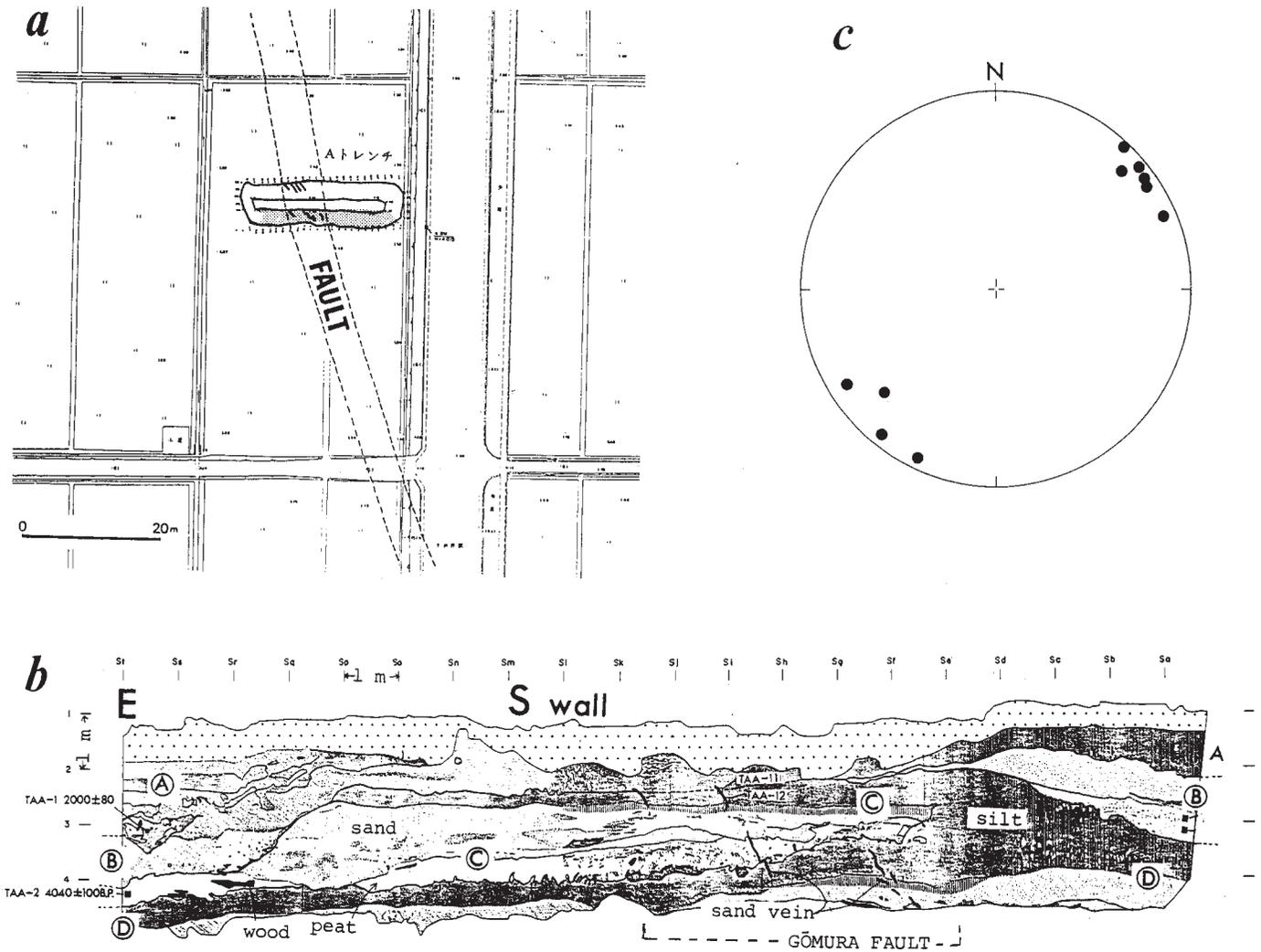
鷺坂清信 (1927) : 北丹後烈震余震調査, 驗震時報, 3, 107 - 124。

渡辺久吉・佐藤戈止 (1928) : 丹後震災地調査報文, 地調報告, No. 100, 102 P。



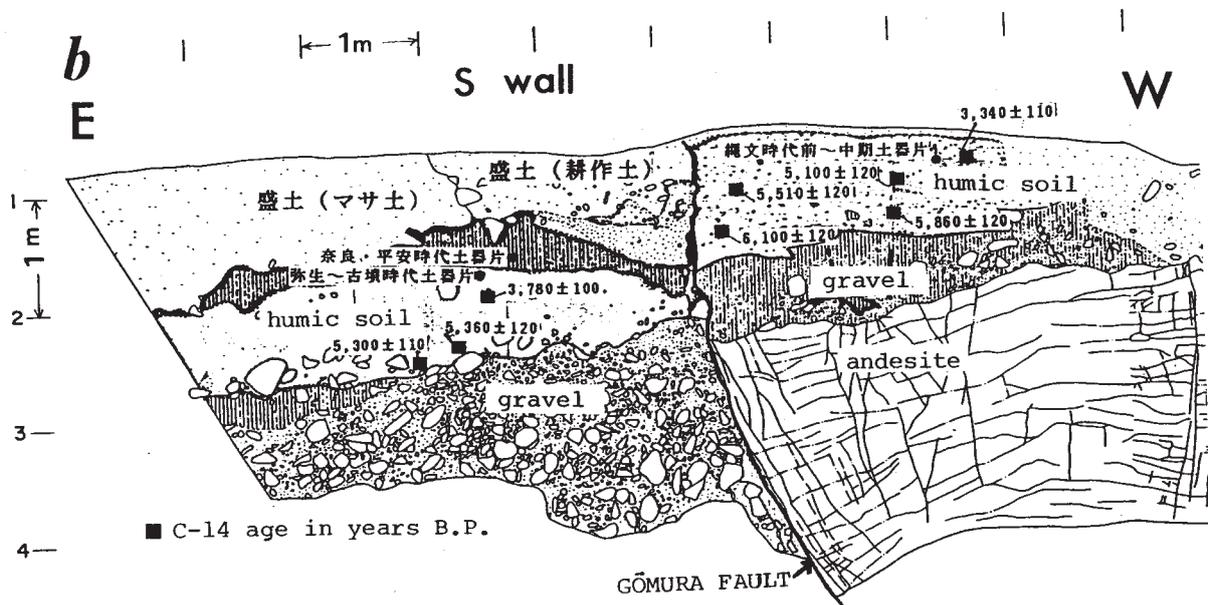
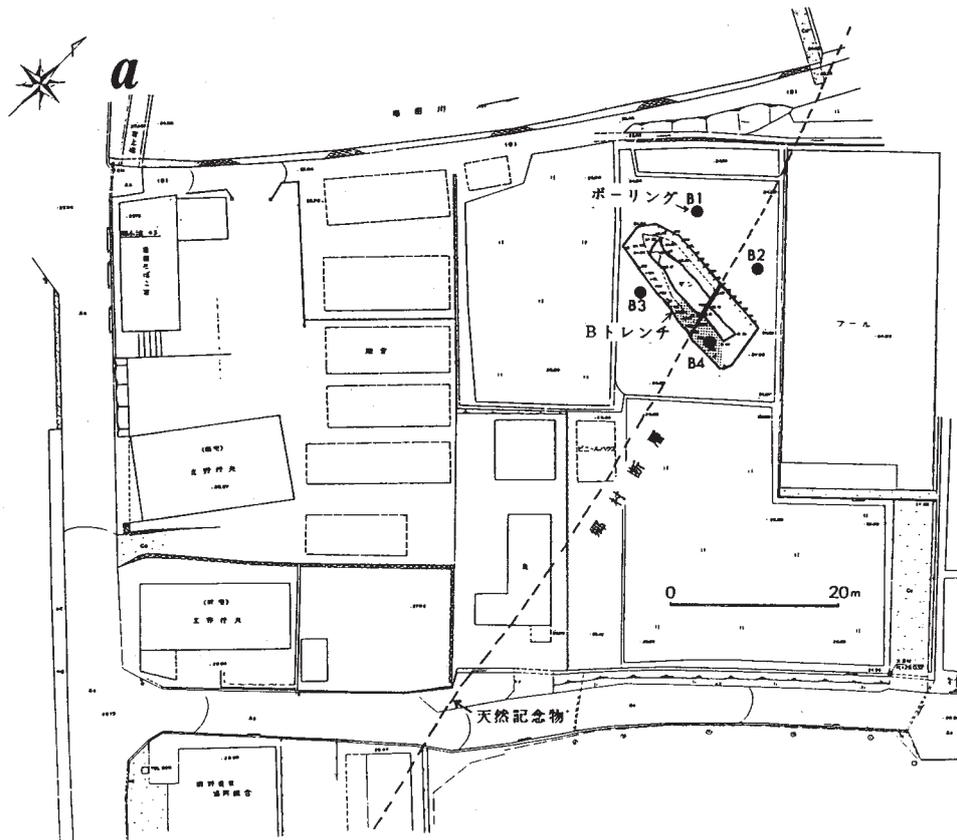
第1図 郷村・山田断層系および各トレンチ (A, B, C, D) の場所

Fig. 1 The fault distribution of the Gōmura-Yamada fault system and the locality of trench sites, A, B, C, and D.



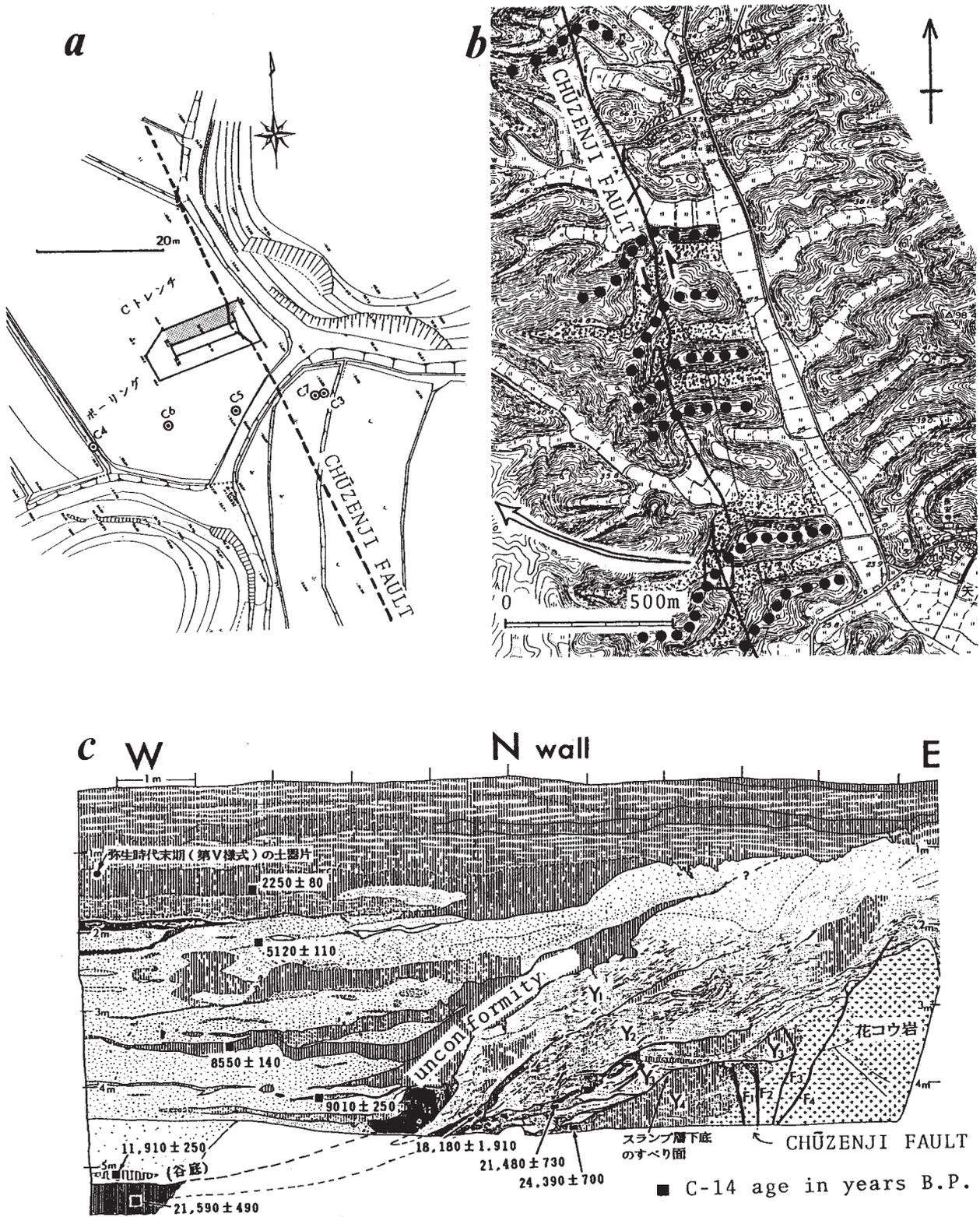
第2図 Aトレンチ (網野町下岡). a: Aトレンチの位置と形態, b: Aトレンチ南側壁面のスケッチ図, c: トレンチ内に現われた砂脈や開口亀裂の方位, 面の極をシュミットネットの下半球に投影

Fig. 2 A trench, Shimooka, Amino-cho, a: The location and the shape of A trench. b: Sketch of the southern wall. c: The orientation of sand veins and open cracks exposed on the trench walls. Poles of the planes are projected to the lower hemisphere of the Schmidt's net.



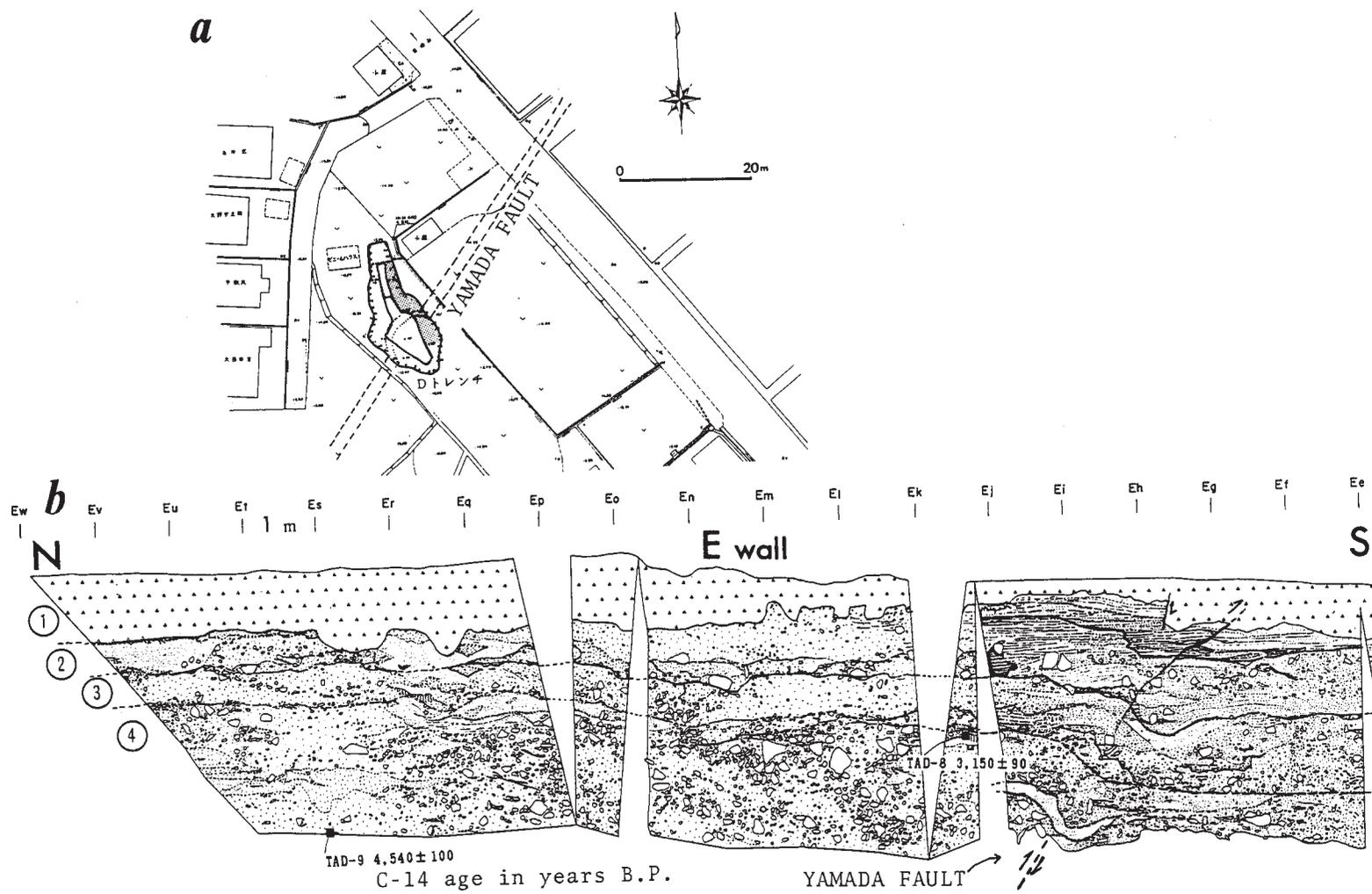
第3図 Bトレンチ (網野町郷). a : Bトレンチの位置と形態. b : Bトレンチ南側壁面のスケッチ図

Fig. 3 B trench, Gō, Aminocho. a: the location and the shape of the B trench. b: Sketch of the southern wall.



第4図 Cトレンチ (峰山町矢田). a: Cトレンチの位置と形態. b: 仲禅寺断層 (実線) の左横ずれ地形, 黒丸は尾根線, 小点模様は谷線を表す. c: Cトレンチ北側壁面のスケッチ図

Fig. 4 C trench, Yata, Mineyama-cho. a: The location and the shape of the C trench. b: The left lateral offset streams (fine dots) and ridges (solid circles) along the Chuzenji fault (solid line). c: Sketch of northern wall.



第5図 Dトレンチ (野田川町上山田). a : Dトレンチの位置と形態. b : Dトレンチ東側壁面のスケッチ図

Fig. 5 D trench, Kamiyamada, Nodagawa-cho. a: The location and the shape of the D trench. b: Sketch of the eastern wall.