

3. 2 地震発生予測のための活動履歴調査

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 地震発生予測のための活動履歴調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立研究開発法人 産業技術総合研究所	主任研究員	吾妻 崇
同	主任研究員	中島 礼
同	主任研究員	重松 紀生
国立大学法人富山大学	准教授	安江 健一
同	准教授	立石 良
国立大学法人信州大学	教授	廣内 大助

(c) 業務の目的

屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯の複数地点において活動履歴調査を行い、それぞれの断層帯の構成断層を明確にする。恵那山－猿投山北断層帯については、一括に活動した評価が現在公表されているが、恵那山断層と猿投山北断層が別々に活動した可能性があるため、両断層においてトレンチ調査を実施して最新活動時期と平均活動間隔に関する情報を取得し、活動履歴に基づく構成断層の検討を行う。また、トレンチ調査の結果から、過去の断層活動時におけるずれ量に関する情報を取得し、地震規模推定の検討を行う。

(d) 3ヵ年の年次実施業務の要約

1) 令和2年度：

恵那山－猿投山北断層帯において地形地質踏査を実施し、活動履歴調査を実施する地点を選定した。同断層帯上の2地点においてトレンチ調査及びボーリング調査を実施した。また、両地点で採取された試料について放射性炭素同位体年代測定を実施し、同断層帯の活動履歴を検討した。

2) 令和3年度：

令和4年度に実施するトレンチ調査の実施地点及びトレンチの掘削規模等を決めるため、地形地質踏査と予察的なボーリング調査を実施する。また、過去の断層活動におけるすべり方向の履歴を明らかにするための露頭観察を実施する。

3) 令和4年度：

恵那山－猿投山北断層帯上の2地点においてトレンチ調査及びボーリング調査を実施し、同断層帯の最新活動時期と平均活動間隔に関する情報を取得して活動履歴に基づく構成断層の検討を行う。また、過去の断層活動時におけるずれ量に関する情報を取得し、地震規模推定の検討を行う。

(2) 令和 2 年度の成果

(a) 業務の要約

恵那山－猿投山北断層帯及びその周辺において、地形地質踏査を実施して活動履歴調査を実施する地点の選定を行った。また、同断層帯において過去に実施された活動履歴調査等に関する文献を収集し、これまでに明らかにされたことを確認した。これらの事前調査の結果に基づき、猿投山北断層の東白坂地点及び恵那山断層の富田地点を活動履歴調査の実施地点に選定し、トレンチ調査及びボーリング調査を実施した。また、調査地において採取された試料について放射性炭素同位体年代測定を実施し、両断層の活動時期について検討した。

(b) 業務の実施方法

1) 地形地質踏査

活動履歴調査を実施する地点を選定するため、恵那山－猿投山北断層帯及びその周辺において地形地質踏査を実施した。断層露頭が観察できる露頭においては、断層面の走向と傾斜角、破碎帯の厚さなどを計測した。

2) ボーリング調査

トレンチ調査の詳細な掘削位置と掘削深度を決めるため、深さ 10 m のオールコアボーリングを 4 孔掘削した。掘削工法は、地層の変化に応じてコア採取に最も有効な方法を選択した。コアの採取には、径 86 mm のパックチューブを用いた。

3) トレンチ調査

断層活動履歴を明らかにするため、猿投山北断層と恵那山断層についてそれぞれ 1 地点でトレンチ調査を実施した。それぞれのトレンチの規模は、長さ約 25 m、幅約 8 m、深さ約 4 m とした。トレンチ壁面を観察して断層活動による地層の変形の有無を確認するとともに、写真撮影とスケッチを行って観察結果の記録を残した。観察した地層の年代をあきらかにするため、放射性炭素同位体年代測定用の試料を採取し、分析を依頼した。得られた年代測定結果に基づき、恵那山－猿投山北断層帯の活動履歴を検討した。また、メンバーが集まって現地観察ができなくなった場合のことで及び今後の普及活動における利用のことを考え、トレンチ壁面の剥ぎ取り標本を作成した。

(c) 業務の成果

1) 地形地質踏査

2020 年 9 月 3 日から 9 月 5 日にかけて、サブテーマ 2 のメンバーによる現地踏査を実施した。この時の踏査では、猿投－境川断層の北部（猿投町地区、深見地区）、猿投山北断層（東白坂地区、柿野地区）、恵那山断層（原地区、富田地区、中洞地区）、屏風山断層（神徳地区）において断層露頭の観察等を実施した（図 1）。

猿投－境川断層においては、断層北部の豊田市猿投町地区で断層露頭の観察を行ったほか、豊田市深見町地区で過去にトレンチ調査が実施された地点及びかつて断層露頭

猿投山北断層においては、瀬戸市東白坂地区の東京大学生態水文学研究所の赤津演習林に事前に入林許可手続きを行った上で、過去にトレンチ調査が実施された場所の確認とその北東延長で水系の屈曲が示されている区間（鈴木・他，2004）において断層露頭の観察を実施した。また、土岐市柿野地区において過去にトレンチ調査が実施された地点の確認を行った。

屏風山断層においては、瑞浪市神徳地区で断層露頭を観察した。露頭では花崗岩を切る断層面と断層破碎物質（断層粘土）が観察された。

This map illustrates the distribution of Quaternary faults in the Tokai region. The faults are represented by red lines and labeled as follows: 笠原断層 (Kasayama Fault), 猿投山北断層 (Sagamiyama North Fault), 屏風山断層 (Fusuruyama Fault), 恵那山断層 (Ena Mountain Fault), and 猿投 - 境川断層 (Sagami - Sakai River Fault). Green dots indicate specific locations along these faults. The map also shows the locations of several cities: 御嵩町 (Gomatsu), 瑞浪市 (Suwayama), 神徳 (Kandoku), 恵那市 (Ena), 富田 (Tomida), 多治見市 (Tsuji), 土岐市 (Tsuji), 原 (Hara), 中洞 (Nakadō), 柿野 (Kashiwa), 瀬戸市 (Seto), 東白坂 (Hirakawa), 長久手市 (Nagakute), 猿投町 (Sagami), 深見町 (Fukami), and 豊田市 (Toyohashi). A scale bar at the bottom left indicates a distance of 5 km, and a north arrow is located in the top left corner.

産総研の「活断層データベース」の検索画面（基図は「地理院地図」の白地図を使用）から該当地区を抜粋し、地名等を加筆して作成した。

恵那山断層富田地点（図 2）において、トレンチの詳細な掘削位置及び掘削深度を決めるための群列ボーリング調査を実施した。掘削地点は岐阜県（2002）が ET-1 トレンチを掘削した地点の北東約 100 m の地点である。

掘削はオールコアボーリングとし、堆積物の基盤深度と岩相を確認しながら、掘削深度 10 m 前後のボーリングを合計 4 孔掘削した。孔名は、掘削した順に T-1 から T-4 とした。群列ボーリングの測線は、恵那山断層の走向方向 (N30°E 前後) と直交するように北西－南東方向に配置した。北西から南東に向かって T-4、T-1、T-2、T-3 の順である (図 3)。この地点の約 100 m 南西では、恵那山断層の低下側 (北西側) に瑞浪層群が、隆起側 (南東側) に花崗岩が分布することが確認されている (岐阜県, 2002)。今回のボーリング調査では、堆積物の基盤として瑞浪層群と花崗岩の境界が確認されることが期待されたが、T-1 から T-4 までのいずれにおいても地表からの掘削深度 10 m 付近で瑞浪層群の泥岩が確認された (図 4)。瑞浪層群を覆う堆積物の層相は、花崗岩や濃飛流紋岩の礫を主体とし、一部に砂層を挟在する。この結果を受けてトレンチは敷地内の最も山側 (南東側) から掘削することとした。また、トレンチを掘削する深さは、山側で約 3 m、平野側で約 4 m とすることにした。

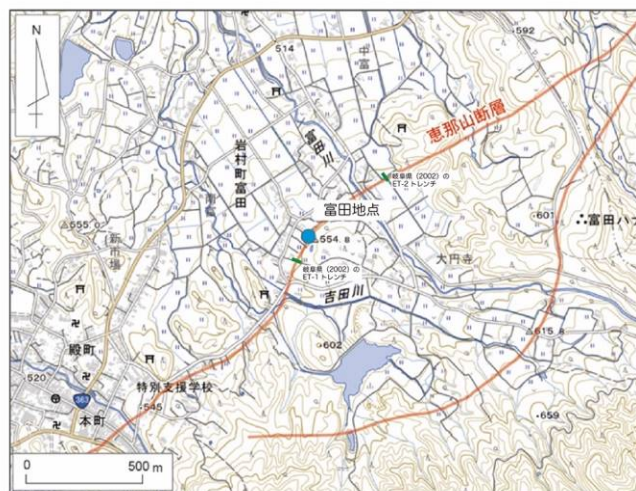


図 2 恵那山断層富田地点の位置図。

基図には「地理院地図」を用いた。活断層線は「1:25,000 都市圏活断層図」の「中津川」(岡田・他, 2017) 及び「恵那」(宮内・他, 2017) に従った。



図3 恵那山断層富田地点における群列ボーリングの配置図。
基図は現地での測量結果に基づく。

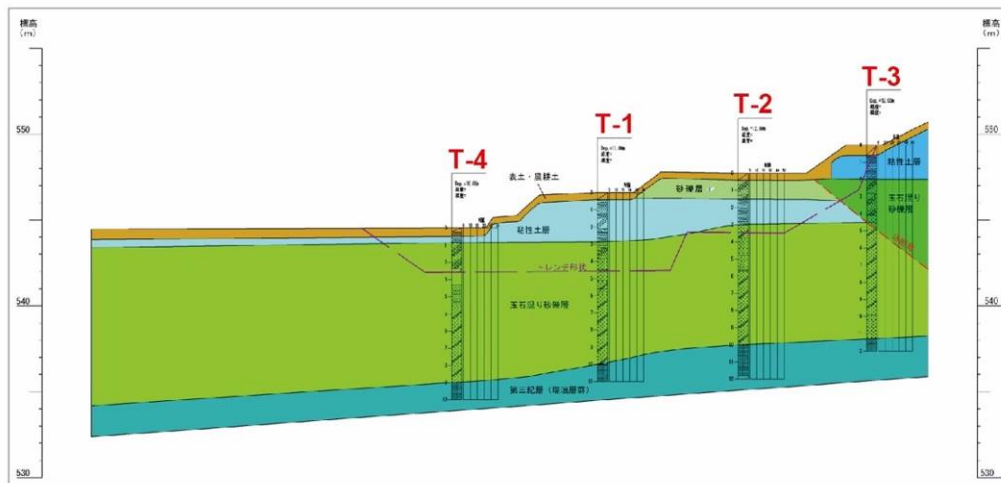


図4 恵那山断層富田地点における群列ボーリングに基づく地形地質図。

3) トレンチ調査

トレンチ調査は、猿投山北断層の東白坂地点と恵那山断層の富田地点の2地点で実施した（図5）。計画段階におけるトレンチの規模は、両地点ともに長さ約25m、幅約8m、深さ約4mとしたが、現地の地形の状況や掘削土置き場の確保、壁面に現れた地層の状況などに応じて形状を変更した。トレンチ壁面を観察して断層活動による地層の変形の有無を確認するとともに、写真撮影とスケッチを行って観察結果の記録を残した。観察した地層の年代を明らかにするため、放射性炭素同位体年代測定用の試料を採取し、加速器分析研究所に測定を依頼した。本文及び図中に記されている全ての年代測定値は、IntCal20 較正曲線 (Reimer et al. , 2020) を用い、OxCal v4.4 較正プログラム (Bronk Ramsey, 2009) を使用して求めた暦年較正年代である。得られた年代測定結果に基づき、それぞれのトレンチ調査地点における断層活動時期を検討した。



図5 トレンチ調査実施地点の位置図。

産総研の「活断層データベース」の検索画面（基図は「地理院地図」の白地図を使用）から該当地区を抜粋し、地名等を加筆して作成した。

a) 東白坂トレンチ

東白坂地点では、東京大学生態水文学研究所赤津演習林内でトレンチを掘削した。掘削地点は1996年に愛知県がトレンチを掘削した地点（愛知県建築部・玉野総合コンサルタント（株），1997；鈴木・野澤，2006）から約20 m北東である（図6）。トレンチの形状は、全体として長さ約25 mの範囲を深さ約2 mまで掘り下げ、その中で約15 mの範囲をさらに深さ約2 m掘り下げた。掘り下げた部分は南西壁面側に寄せてあり、南西壁面では地表から深度約4 mまでの地層を連続的に観察できるようにした（図7）。以下にトレンチ壁面で観察された地層と断層の記載及び解釈について記述するが、層序区分や断層変位に関する十分な検討がまだできていないため、暫定的な内容であることに注意して頂きたい。

トレンチ壁面では、南東へ傾斜する逆断層が観察された（図8）。この断層は、トレンチ壁面の下部に分布するシルト層を変位させ、その上位の砂礫層及び小礫～粗砂層に覆われる。断層面の傾斜角は20～30°SEであるが、埋め戻し前に深さ約1 m増し掘りしたところでは60°SEとなり、また75°SEの傾斜角を持つ断層面も観察された（図9）。北東壁面でも同様に、シルト層を変位させ、砂礫層に覆われる南東傾斜の逆断層が観察

された（図 10）。

今回のトレンチ調査に基づく猿投山北断層の活動時期は、北東壁面で断層変位を受けているシルト層中から採取された木炭の年代から 17,529 cal. yBP 以後であると推定される。一方、南西壁面で観察された腐植土層が断層運動によって変位を受けていないとすると、断層活動時期は 5,049 cal. yBP 以前となる。ただし、地形面に高低差があり、砂礫（土石流堆積物）がその地形面と調和的な構造を示していることから、砂礫（土石流堆積物）堆積後に撓曲変形が生じた可能性がある。そのことから、埋没土壌堆積後に断層活動が発生し、その後に撓曲崖の低下側のみに埋没土壌を覆う地層が堆積したという解釈が残される。

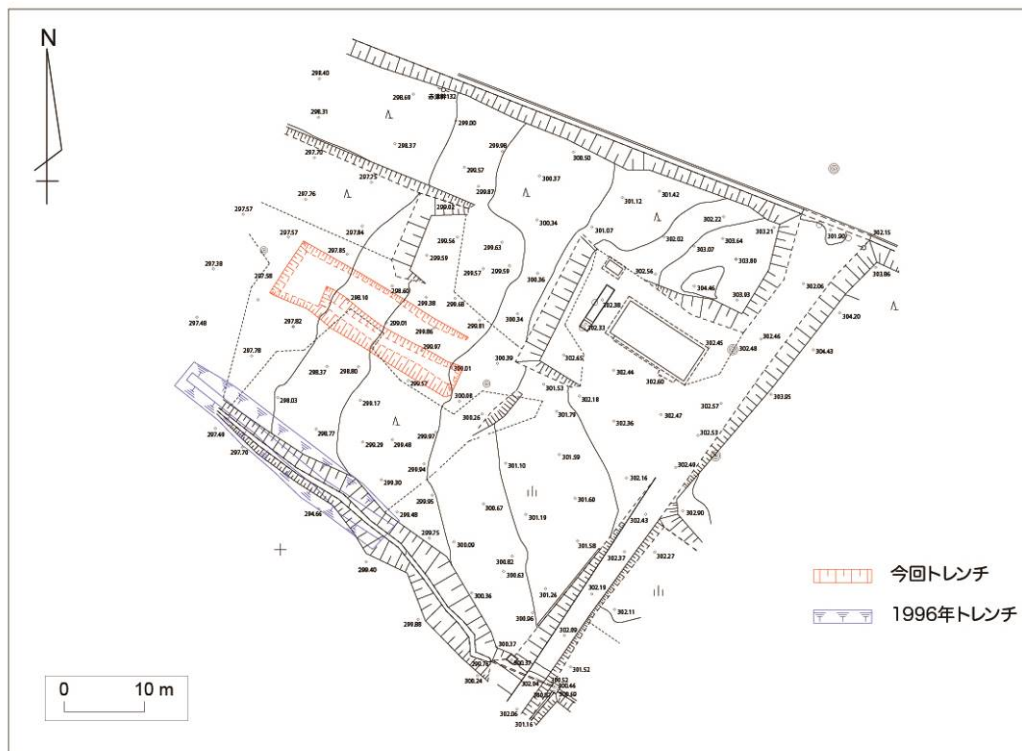


図 6 猿投山北断層東白坂地点のトレンチ掘削位置図。

今回の実施した測量結果に 1996 年トレンチ(愛知県建築部・玉野総合コンサルタント(株), 1997) の位置(青線)を重ねた。

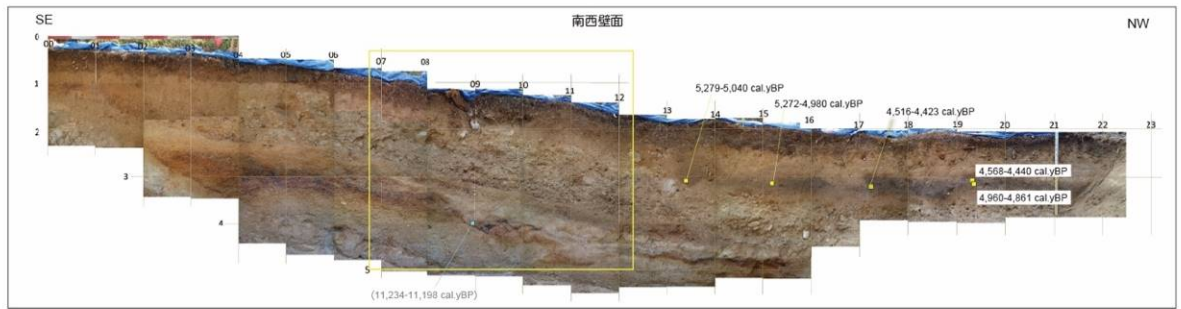


図7 東白坂トレンチ南西壁面の写真と放射性炭素同位体年代
灰色の文字で示した括弧付きの年代は、試料の炭素含有率が低いため信頼度が低いと判断したもの。黄色線の枠は図8に示した拡大写真の範囲を示す。

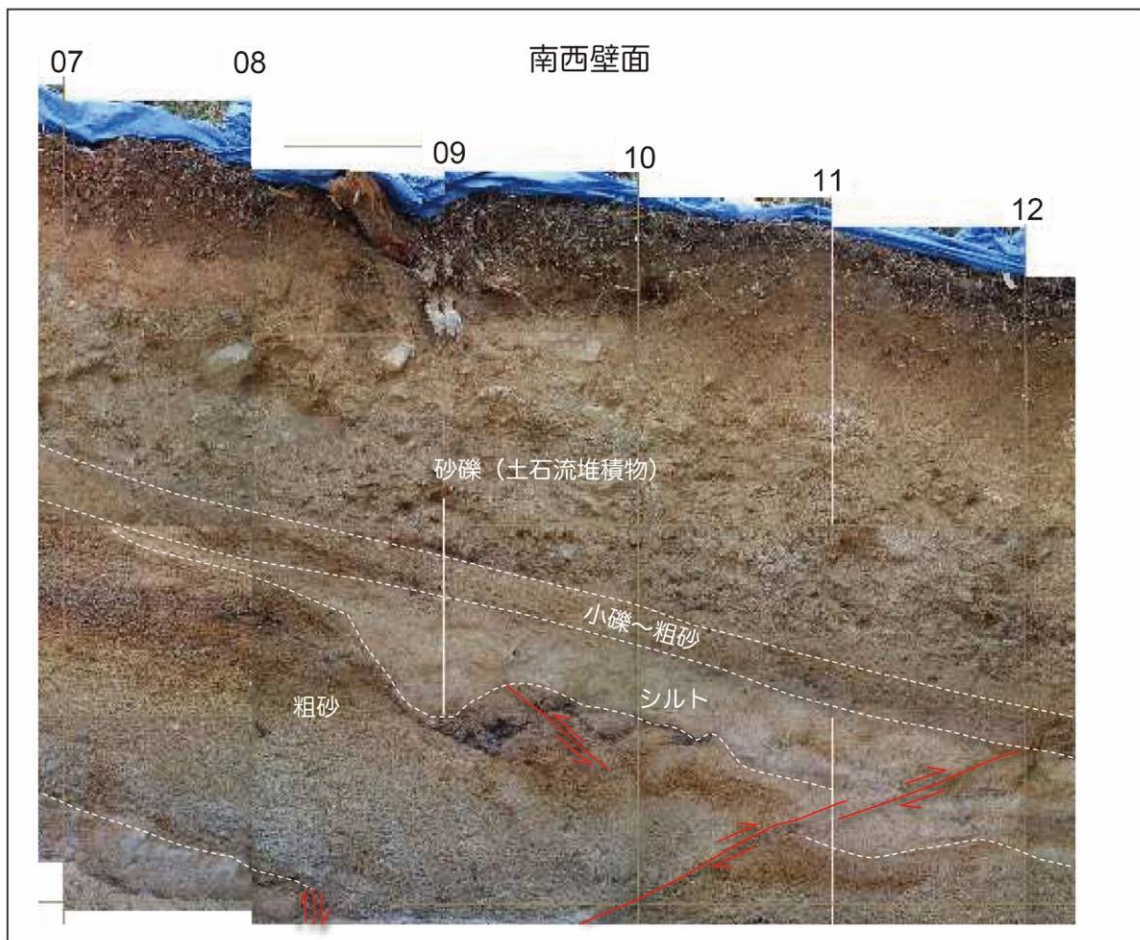


図8 東白坂トレンチ南西壁面の断層付近の拡大写真
赤線は断層、赤矢印はずれの方向、白破線は地層境界を示す。

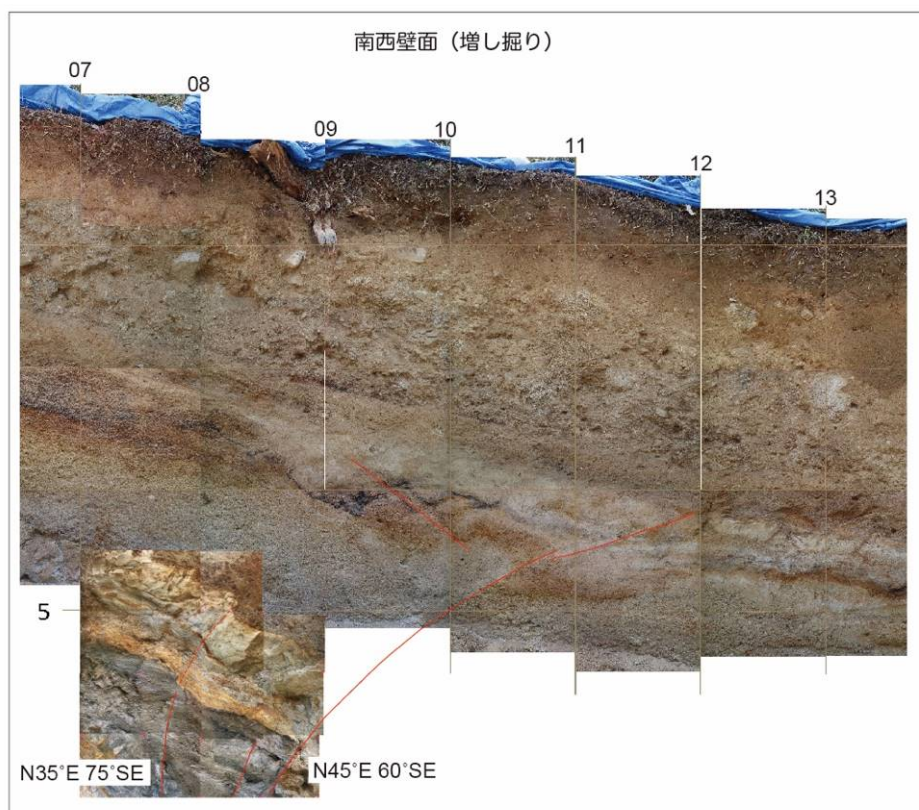


図9 東白坂トレンチ南西壁面の断層付近の写真（増し掘り）
赤線は断層を示す。図中の英数字は、断層面の走向と傾斜を示す。

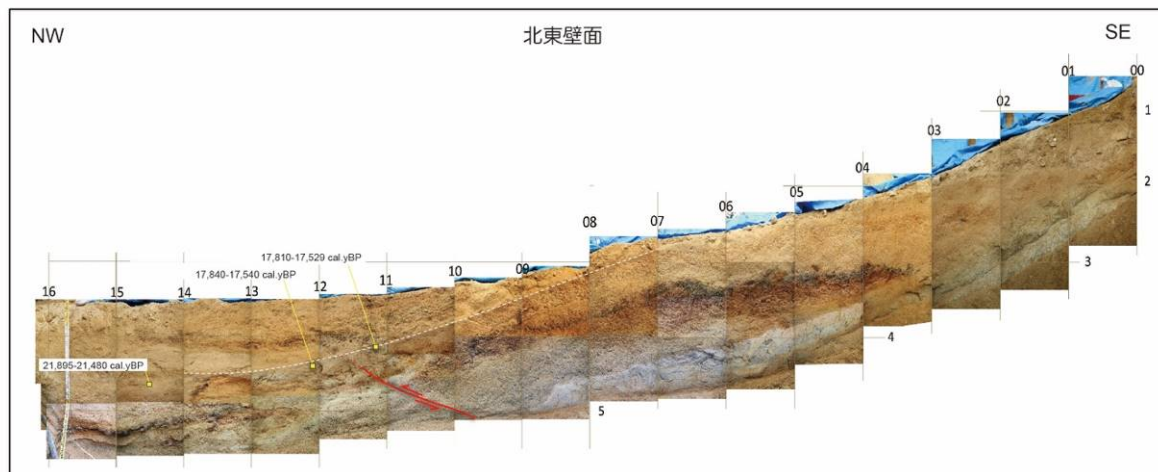


図10 東白坂トレンチ北東壁面の写真と放射性炭素同位体年代
赤線は断層、赤矢印はずれの方向、白破線は地層境界を示す。

b) 富田トレンチ

恵那山断層の富田地点では、2001年に岐阜県がET-1トレンチを掘削した地点から約100 m北東の位置に長さ約30 mのトレンチを掘削した。トレンチ掘削に先立って実施した群列ボーリング調査では、恵那山断層の隆起側（南東側）に分布する花崗岩を確認することができなかったため、調査用地の範囲の南東寄りにトレンチを掘削することと

した（図 11）。北西側については、群列ボーリングの T-1 孔と T-4 孔の間に存在する崖地形が断層崖か確認できる範囲まで掘削した。これら全ての範囲を掘削すると比高が大きくなるため、先に南東側を掘削して上段とし、その後に北西側を掘削して下段とした（図 12）。上段と下段でトレンチの開口部の幅が異なるため、北東壁面を一面で観察できるようにし、南東壁面は鍵状の形状とした。

トレンチ壁面では、円～亜円の大礫を多く含む砂礫層と粘土質の細粒堆積物が主に分布し、一部に細砂層を挟在する。断層は、トレンチの南東寄りに 2 条確認された（図 13、図 14）。どちらの断層面も比較的高角に南東に傾斜する。北東壁面では、断層は腐植土に覆われている。この腐植土からは約 2,000 年前の放射性炭素同位体年代が得られた（図 13）。断層によって切られている粘土層中から採取した腐植質の土塊からは 9,125-9,020 cal. yBP の放射性炭素同位体年代が得られた（図 13）が、試料中に含まれる炭素の含有率が低いため、この年代値の扱いには注意が必要である。一方、南西壁面では腐植土の下位に小礫混じり砂層が分布し、断層構造を覆っている。

これらの結果に基づくと、富田地点における恵那山断層の断層活動時期は、北東壁面で断層構造を覆う腐植土から得られた放射性炭素同位体年代に基づき、1,998 cal. yBP 以前に生じたことが確認された。断層変位を受けた粘土層中の腐植質土塊から得られた年代が信頼できるのであれば、断層活動時期は 9,125 cal. yBP 以後とすることができる。

なお、富田トレンチの北東壁面において、幅 2 m、高さ 2 m の規模で断層付近の地層の剥ぎ取り標本の作成を実施した（図 15）。



図 11 富田トレンチの掘削位置。

T-1 から T-4 の丸印はボーリング孔の位置を、緑色の実線は図 4 に示した地形地質断面図の位置を示す。

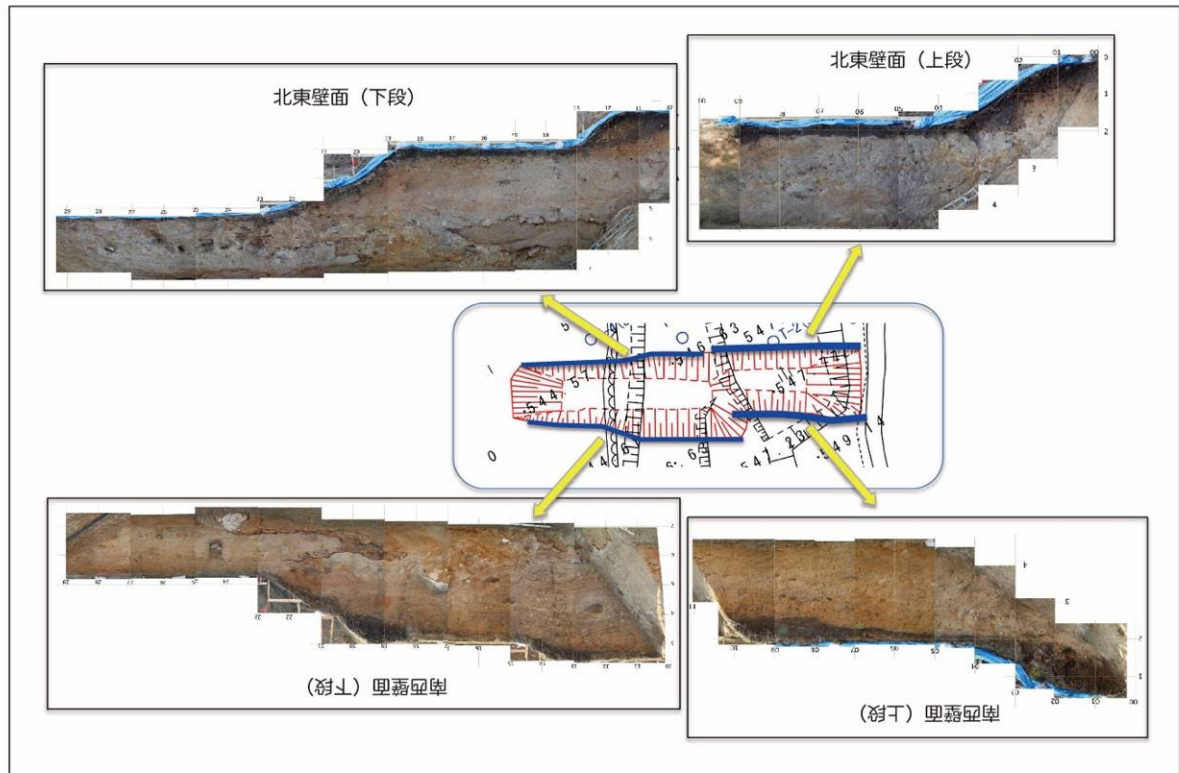


図 12 富田トレンチの全体写真。

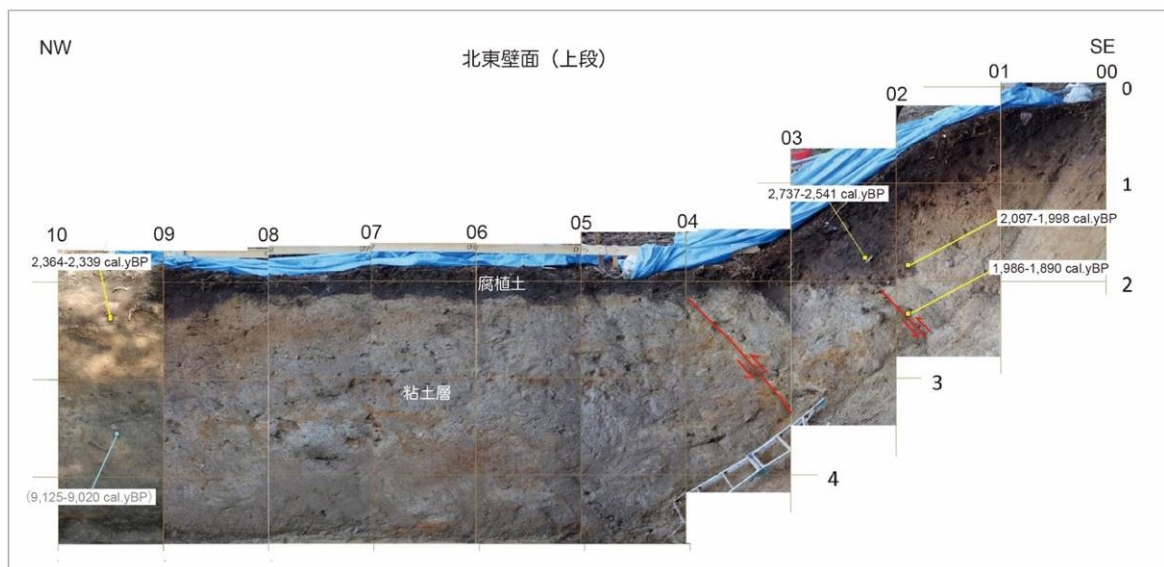


図 13 富田トレンチ北東壁面（上段）の写真と放射性炭素同位体年代
赤線は断層、赤矢印はずれの方向を示す。灰色の文字で示した括弧付きの年代値は、試料の炭素含有率が低いため、信頼度が低いと判断したもの。

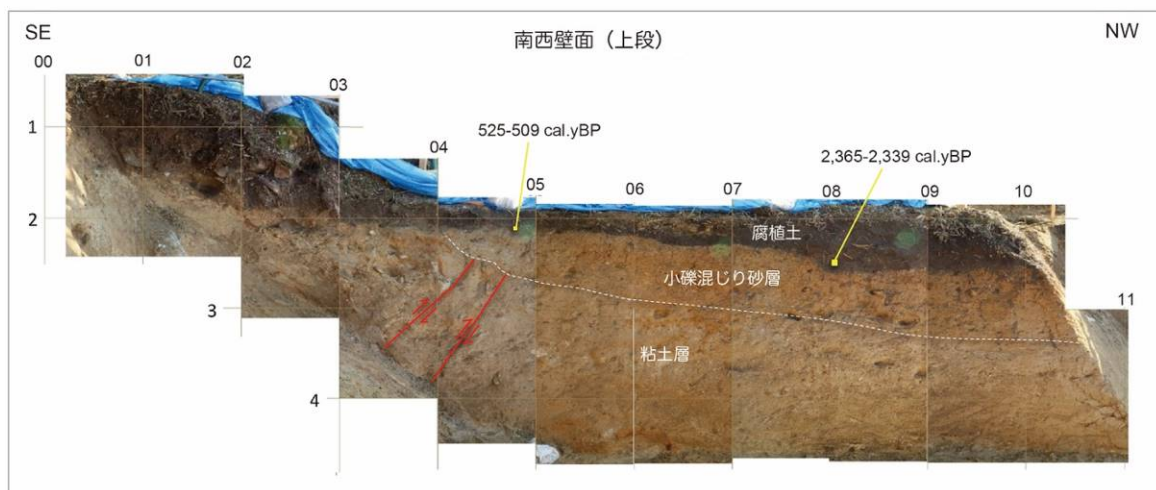


図 14 富田トレンチ南西壁面（上段）の写真と放射性炭素同位体年代
赤線は断層、赤矢印はずれの方向、白破線は地層境界を示す。



図 15 トレンチ壁面の剥ぎ取り標本作成作業

(d) 結論ならびに今後の課題

猿投山北断層と恵那山断層について、それぞれ1地点においてトレンチ調査を実施し、断層活動履歴に関する新たな知見を得た。猿投山北断層では「約17,600年前以後、約5,100年前以前」に、恵那山断層では「約2,000年前以前」に、それぞれ断層活動があったことが確認された。これらの断層活動時期は、これまでに明らかにされた両断層における過去の活動時期と矛盾しない結果となったが、従来の評価よりも活動時期の精度を上げることはできなかった（図16）。ただし、この断層活動時期はトレンチ調査の層序区分や断層変

位について十分な検討が行われていない暫定的な解釈であるので、令和3年度において検討の継続と追加の年代測定等を実施して、信頼性の高い解釈にする必要がある。また、猿投山北断層では約5,100年前以降に撓曲変形を伴う断層活動があった可能性が残されたままになった。これらの結果を踏まえて、令和4年度に実施する活動履歴調査については、特に両断層の最新活動時期について精度を上げられるように調査地を丁寧に選定して実施できるように準備を進めていく。

なお、恵那山断層について従来の長期評価及び強震動評価では断層面の傾斜角が「南東傾斜45度」とされているが、野外調査で観察される断層面の傾斜角はより高角であり、横ずれ変位を伴うことが想定される。断層面の傾斜角及びすべり方向は地震動の発生予測の詳細な検討に与える影響が大きい。このことを受け、令和3年度においては恵那山断層において断層破碎帯の性状を調査し、断層のすべり方向に関する情報を取得するための調査を計画に追加する。

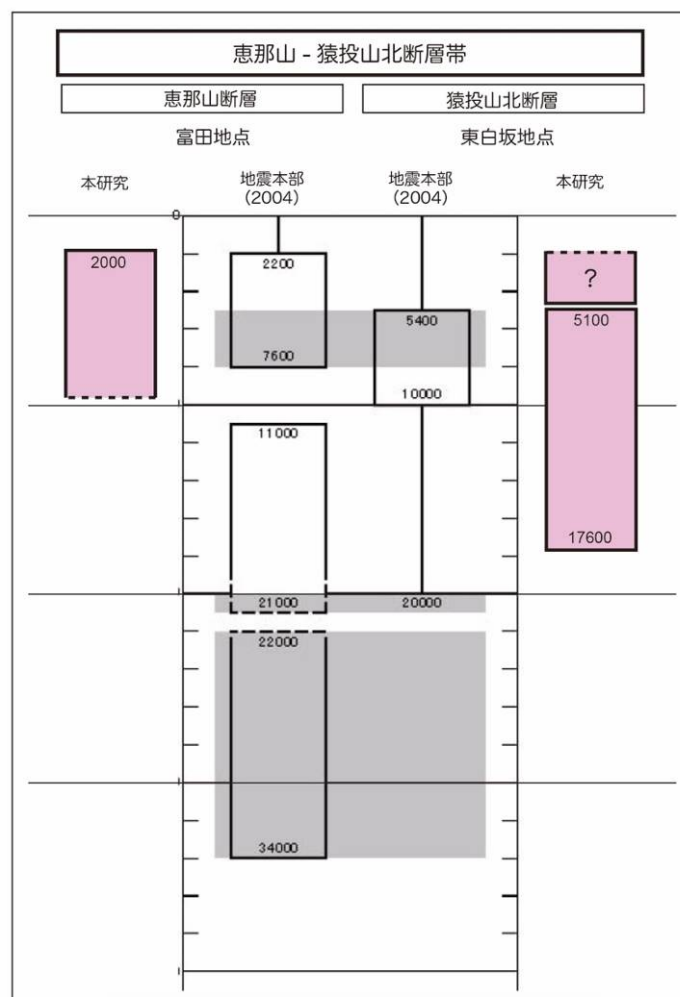


図 16 恵那山－猿投山北断層帯の断層活動時期を示す時空間ダイアグラム（暫定版）
地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）が示した時空間ダイアグラムに、
今回の調査成果に基づいて暫定的に算出した断層活動時期を加筆して作成した。

(e) 引用文献

- 愛知県建築部・玉野総合コンサルタント（株），「平成 8 年度 瀬戸市南東部開発事業地質調査報告書（2） 第 2 編 断層調査」. 60p, 1997.
- Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates, Radiocarbon 51(1), 337-360, 2009.
- 岐阜県，「平成 13 年度 地震関係基礎調査交付金 屏風山・恵那山断層帯に関する調査成果報告書」. 118p, 2002.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会，屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯の評価，50p, 2004.
- 宮内崇裕・岡田篤正・杉戸信彦・鈴木康弘・吉田英嗣，1:25,000 都市圏活断層図 屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯とその周辺「恵那」. 国土地理院技術資料 D1-No. 758, 2017.
- 岡田篤正・廣内大助・松多信尚・宮内崇裕，1:25,000 都市圏活断層図 屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯とその周辺「中津川」. 国土地理院技術資料 D1-No. 758, 2017.
- Reimer, P.J. et al., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), Radiocarbon 62(4), 725-757, 2020.
- 鈴木康弘・野澤竜二郎，猿投山北断層のトレンチ調査ー横ずれ断層の活動認定と議論ー. 月刊地球，号外，No. 54，171-179，2006.
- 鈴木康弘・岡田篤正・熊原康博・東郷正美，1:25,000 都市圏活断層図「瀬戸」. 国土地理院技術資料 D1-No. 435, 2004.