

3. 6 屏風山・恵那山-猿投山断層帯（赤河断層帯）の調査

（１）業務の内容

（a）業務題目 屏風山・恵那山-猿投山断層帯（赤河断層帯）の調査

（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 活断層・火山研究部門	主任研究員	吾妻 崇
国立大学法人 富山大学	准教授	安江健一

（c）業務の目的

屏風山・恵那山-猿投山断層帯（赤河断層帯）（以下、「赤河断層帯」と略す）は、岐阜県加茂郡白川町から恵那市に至る北西－南東方向に伸びる長さ約 23 km の南西側隆起で左横ずれ成分を伴う活断層であり、赤河断層、権現山断層、中野方北方の断層よりなる（図 1：地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004）。長期評価では平均変位速度、最新活動時期、平均活動間隔のいずれの情報も得られておらず、将来の地震発生確率が算出されていない。本研究では、赤河断層帯の南東部において UAV（ドローン）を用いたレーザー測量を実施して詳細なデジタル標高モデルを作成し、詳細な断層変位地形に関する検討を行う。また、ボーリング調査及びトレンチ調査を実施して、赤河断層帯の断層活動履歴に関する情報を取得する。さらに、断層運動による水系の屈曲量（D）と活断層よりも上流の長さ（L）を計測し、文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2021）が示した中国地方における横ずれ断層の平均変位速度の評価手法の検証を試みる。

（d）年度毎の実施業務の要約

1) 令和 4 年度

なし

2) 令和 5 年度

赤河断層帯に関する既往研究の情報を収集し、同断層に関するこれまでの研究成果を整理した。赤河断層帯の南東部において、UAV を用いたレーザー測量とボーリング調査を実施し、次年度に実施する活断層調査の実施地点の検討をした。

3) 令和 6 年度

赤河断層帯の断層活動履歴に関する情報を充実させるため、トレンチ調査等を実施した。また、横ずれ変位を受けた水系について、水系の屈曲量と上流の長さを計測して水系の屈曲量（D：m）/上流の長さ（L：m）の値（ α ）を算出し、横ずれ成分の平均変位速度が既知の中部地方に分布する活断層の事例を参照した係数 k の値を用いて、赤河断層帯

の平均変位速度を検討した。

(2) 令和6年度の成果

(a) 業務の要約

赤河断層帯は、岐阜県東部に位置する北西－南東走向で長さ約 23 km の南西側隆起で左横ずれ成分を伴う断層帯であり、赤河断層、権現山断層、中野方北方の断層からなる（図 1；地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004）。これらのうち、赤河断層の南東部（図 2）において、トレンチ調査、ピット調査、露頭観察、水系屈曲率に基づく平均変位速度の検討を実施した。

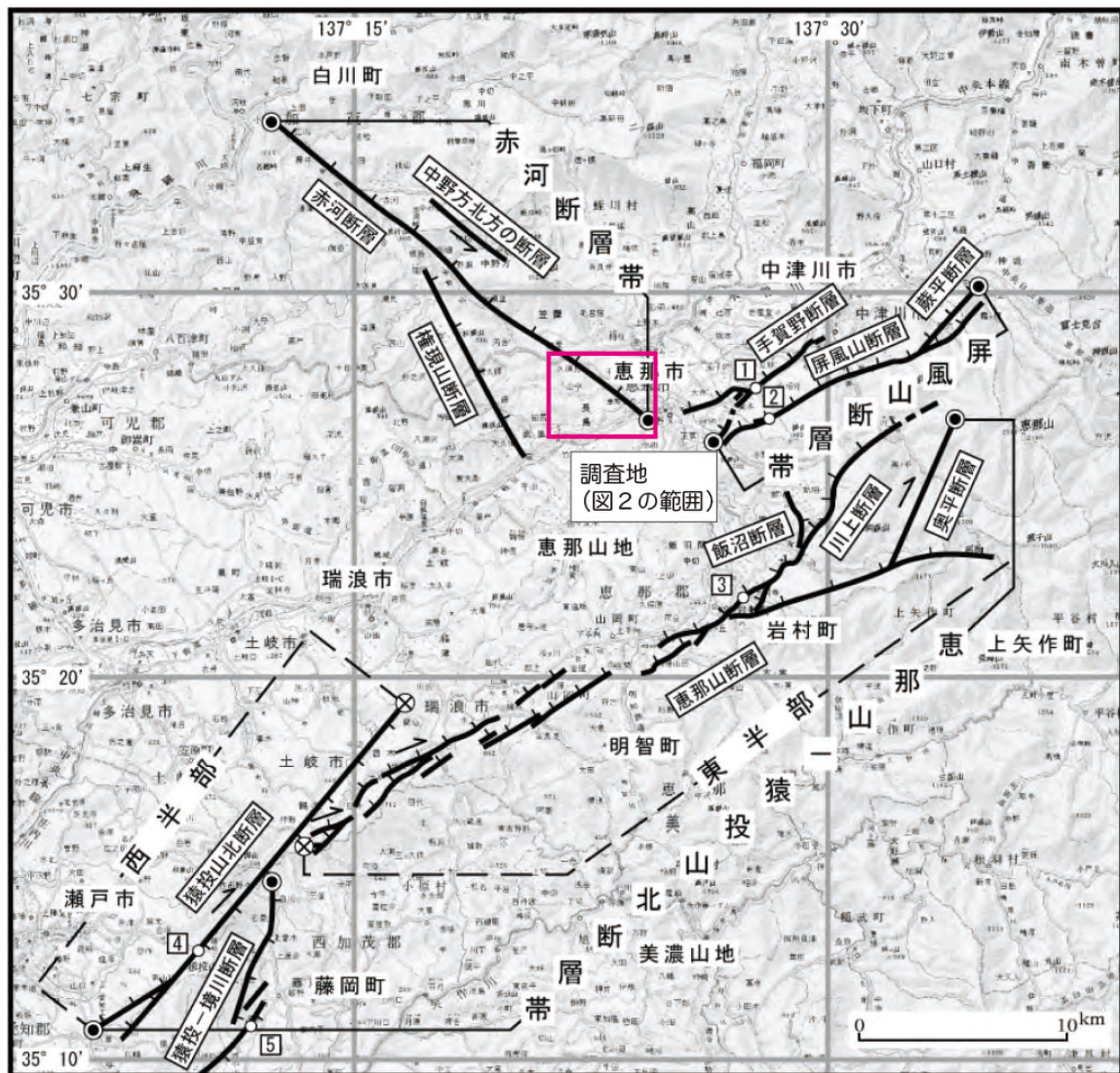


図 1 赤河断層帯の位置（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004）

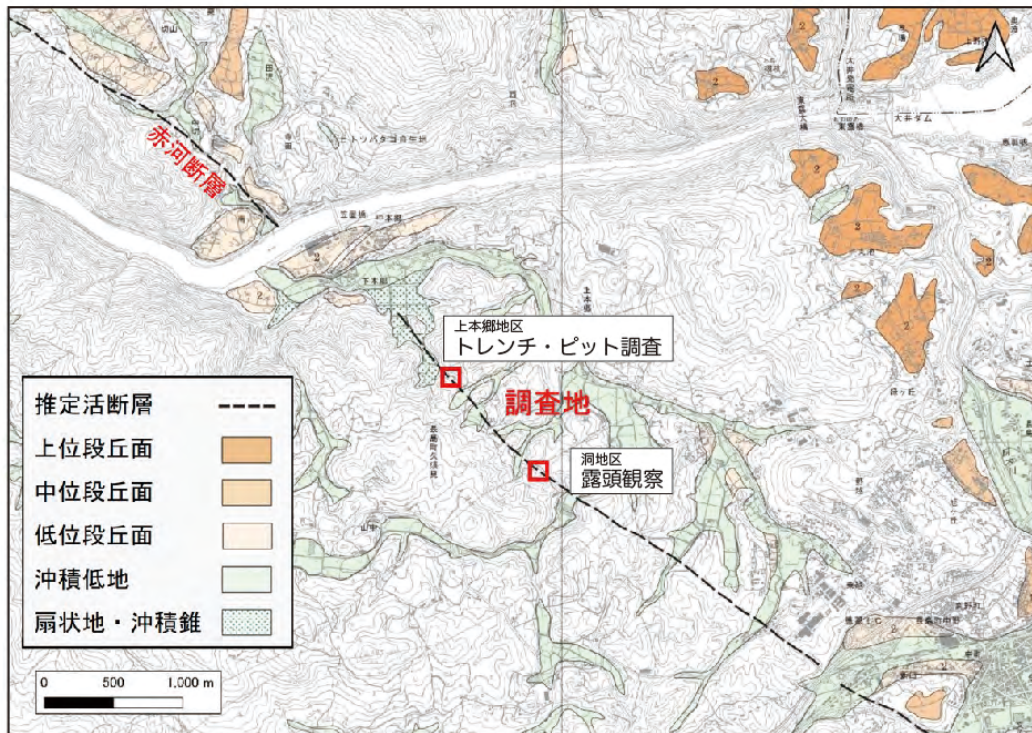


図2 令和6年度に赤河断層帯で実施した調査の位置図
基図には国土地理院活断層図（岡田・他，2006；宮内・他，2017）を用いた。

(b) 業務の実施方法

1) 露頭観察

赤河断層帯を構成する活断層のうち、赤河断層の南東部においてトレンチ調査を実施し、断層の性状を確認する。

2) トレンチ調査

赤河断層帯を構成する活断層のうち、赤河断層の南東部においてトレンチ調査を実施し、断層の性状を確認するとともに活動時期の検討を行う。

3) ピット調査

赤河断層帯を構成する活断層のうち、赤河断層の南東部においてピット調査を実施し、堆積物の厚さや層相を確認する。

4) 年代測定

トレンチ調査及びピット調査によって採取された試料について年代測定を実施し、赤河断層帯の活動時期に関する検討を行う。

5) 水系屈曲率に基づく平均変位速度の検討

赤河断層帯を横切る水系の屈曲量 (D) と断層よりも上流の水系の長さ (L) を計測し、 $S = k \cdot \alpha$ の関係から赤河断層帯の平均変位速度 (横ずれ成分) を検討した。

(c) 業務の成果

1) 露頭観察

恵那市長島町久須見の洞地区の道路脇で露頭観察を行った。この地点は、岐阜県博物館が公開している「岐阜県地質図：ジオランドぎふ」の詳細地質図では、濃飛流紋岩と花崗岩の境界をなす断層が通過する場所である (図 3)。国土地理院活断層図 (岡田・他, 2006) が示す推定活断層はこの地点を通過する位置に引かれているが、岐阜県活断層図 (鈴木・杉戸, 2010) が示す推定活断層はこの地点よりも約 100 m 南西側に引かれている (図 4)。

観察を行った露頭で撮影した写真をオルソ化した画像を図 5 上に、観察結果をまとめたスケッチを図 5 下に示す。露頭では数多くの亀裂が観察された。露頭で観察された亀裂の走向と傾斜を表 1 に示した。

この露頭では、濃飛流紋岩と花崗岩が分布する。これらの岩石の境界 (図 5 下の 15) は、走向 $N87^{\circ}W$ 、傾斜 $40^{\circ}N$ の断層で接しているが、断層ガウジは発達していない。一方で、濃飛流紋岩の中の破碎部 (図 5 下の 2、走向 $N43^{\circ}W$ 、傾斜 $88^{\circ}S$) には、粘土化した白色の断層ガウジが観察された。

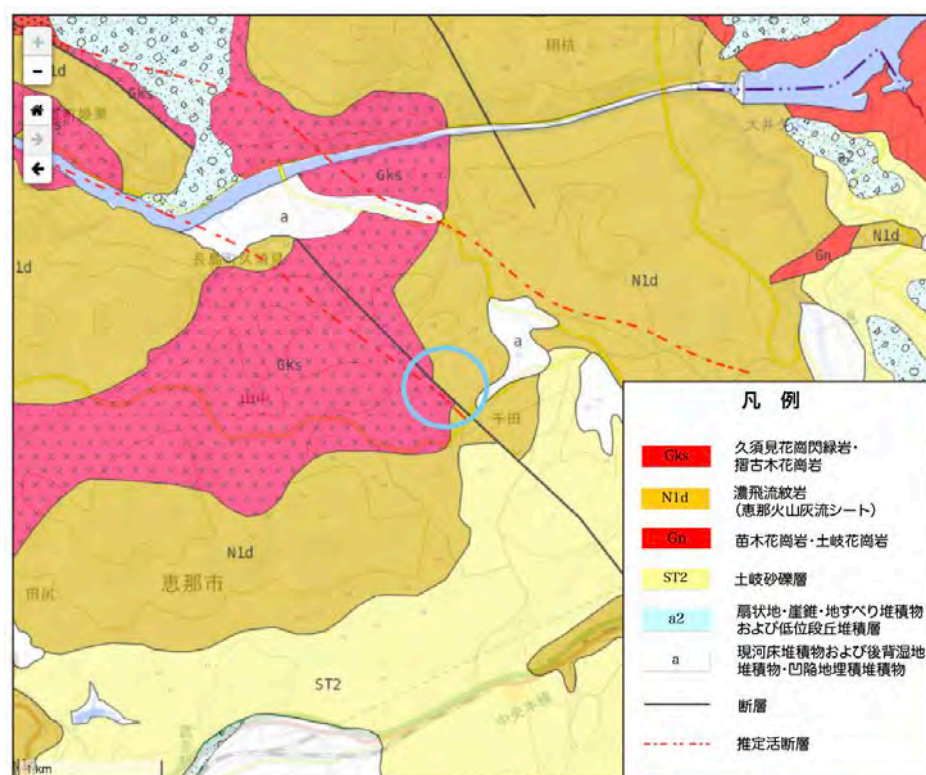


図 3 岐阜県地質図 (詳細) による洞地点周辺の地質分布
図の中央に示された丸印付近が露頭の位置

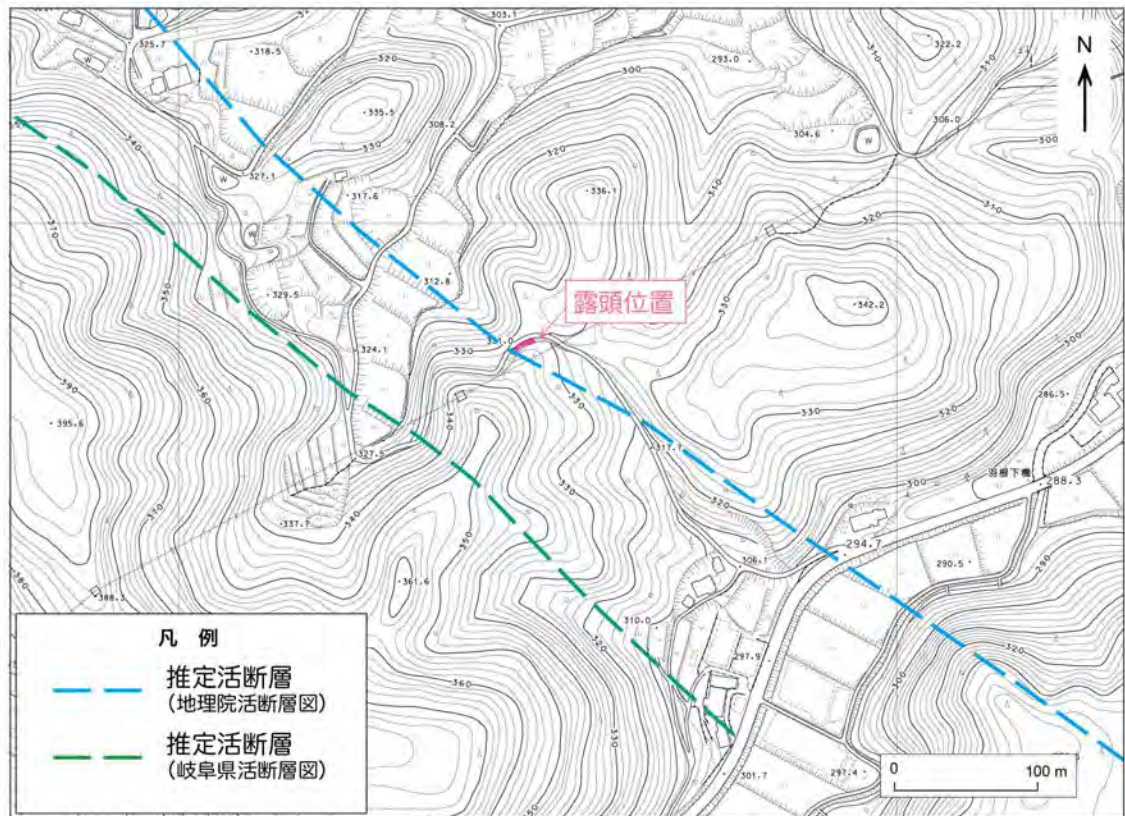


図4 洞地区の既往文献の活断層位置と詳細観察を実施した露頭の位置
基図には、恵那市発行の縮尺2,500分の1地形図を使用した。

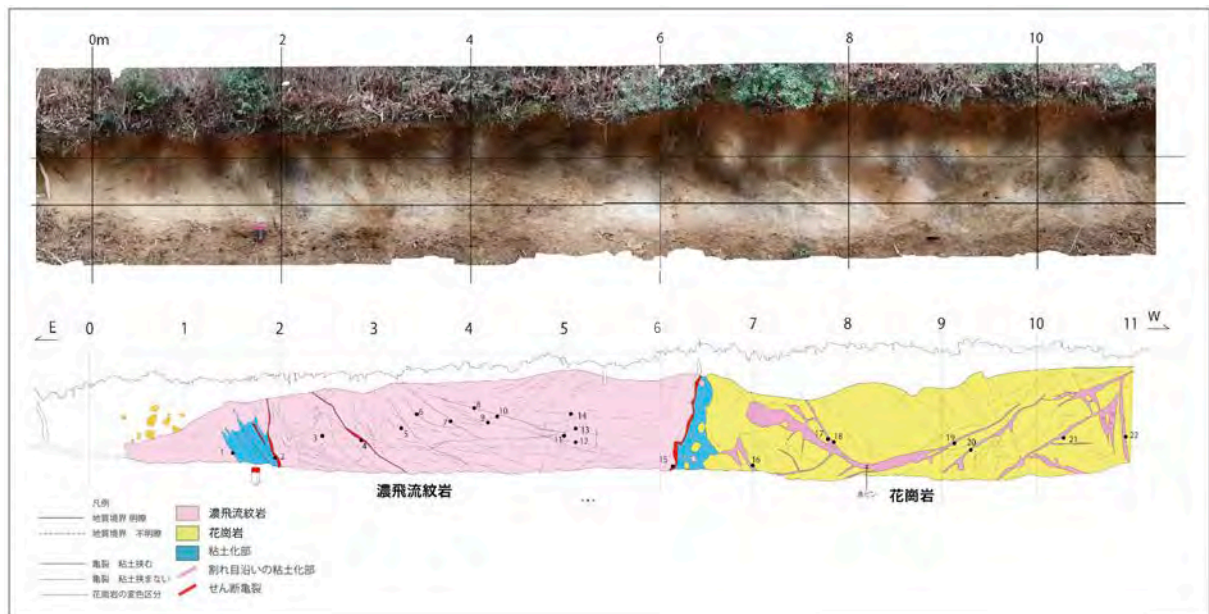


図5 洞地区における赤河断層の露頭の写真（オルソ画像）（上）とスケッチ（下）
スケッチに記された番号は、走向と傾斜を計測した亀裂（表1）の位置を示す。

表 1 露頭で観察された亀裂の走向と傾斜

No.	走向・傾斜（真北）	No.	走向・傾斜（真北）	No.	走向・傾斜（真北）
1	N61°W, 78°S	9	N80°E, 80°S	17	N43°W, 80°S
2	N43°W, 88°S	10	N27°E, 70°S	18	N67°W, 80°S
3	N39°W, 34°S	11	N33°W, 48°N	19	N5°W, 38°N
4	N33°W, 48°S	12	N72°E, 70°S	20	N33°W, 54°N
5	N77°W, 50°S	13	N69°E, 24°S	21	N13°W, 30°N
6	N39°W, 48°S	14	N23°W, 74°N	22	N56°W, 64°S
7	N18°W, 42°S	15	N87°W, 40°N	—	—
8	N89°E, 36°S	16	N69°W, 84°S	—	—

2) トレンチ調査・ピット調査

当初はトレンチとピットを別の地点で掘削する予定であったが、複数の適地を見つけることができなかったため、一つの谷の両側の谷壁の基部でトレンチ及びピットを掘削した。現地を確認した結果、谷の南側を大きめに掘削してトレンチとし、北側にピットを掘削することにした（図 6）。

トレンチの規模は、長さ約 9 m、幅約 6 m、深さ約 2.5 m とした。ピットで観察した壁面の写真とスケッチを図 7（東壁面）、図 8（西壁面）、図 9（北壁面）に示した。ピット内で観察された地層は、上位から順に、表土（砂質シルト）、腐植質砂混り粘土（灰～暗灰）、砂礫（褐灰）、砂質シルト（暗青灰～暗緑灰）、礫混じりシルト（黒色）、腐植質粘土（暗灰～灰黒色）、シルト（暗灰）及び基盤の花崗岩に区分される。基盤の上面は、谷の中央に向かって緩やかな勾配で傾き下がっており、一部ではチャンネル状の窪みが認められる。

東壁面と西壁面では、基盤の花崗岩内に多数の亀裂が確認された。トレンチで観察された亀裂の走向と傾斜を表 2（東壁面）と表 3（西壁面）に示した。一部の亀裂の上端はチャンネル状の窪みの縁へと続いている。

東壁面と西壁面から、放射性炭素年代測定用の試料を採取した。試料を採取した位置をそれぞれの壁面のスケッチに示した。また、採取した試料の一覧を表 4 に示した。

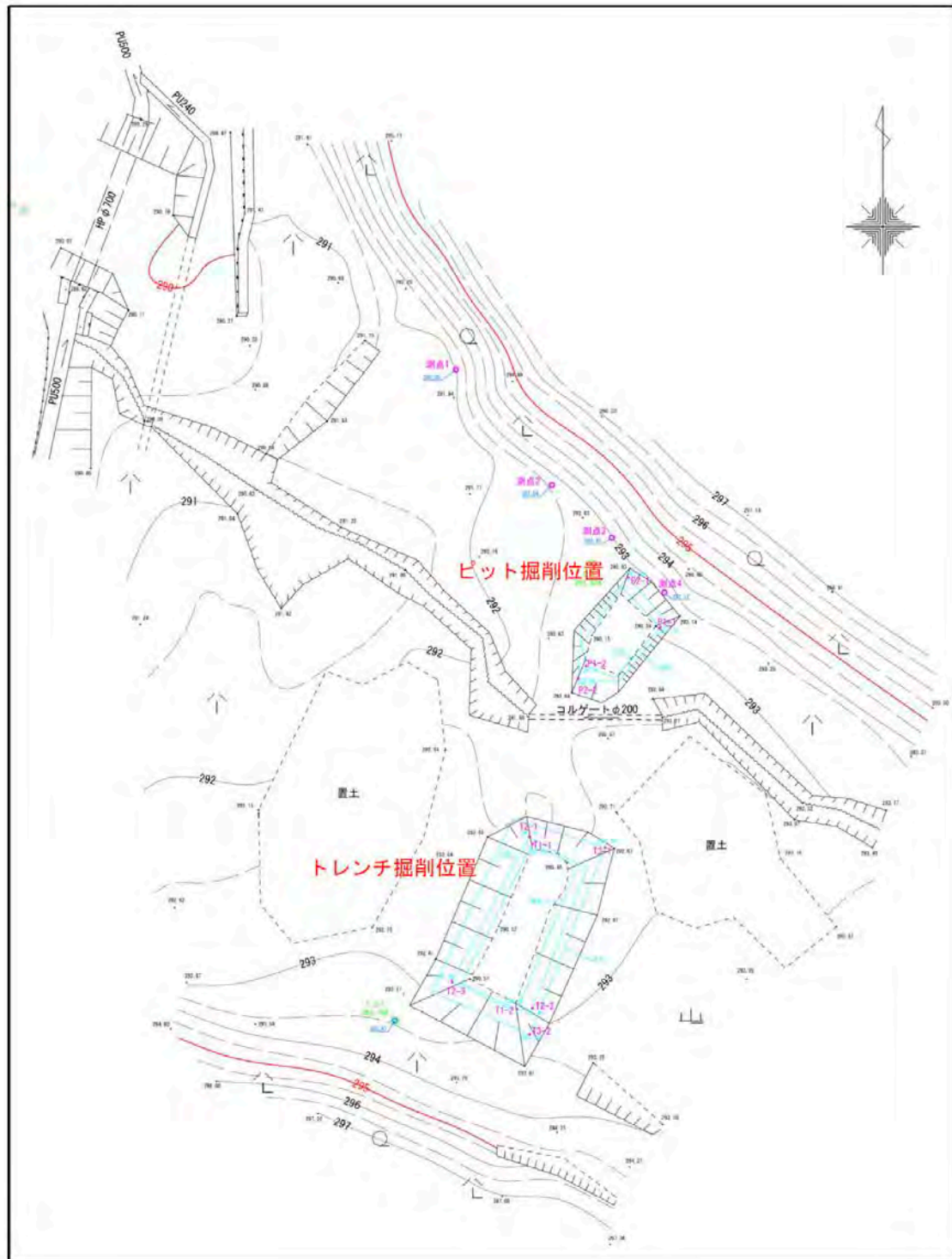


図6 トレンチ及びピットの掘削位置図
現地で実施した測量結果に基づき作成

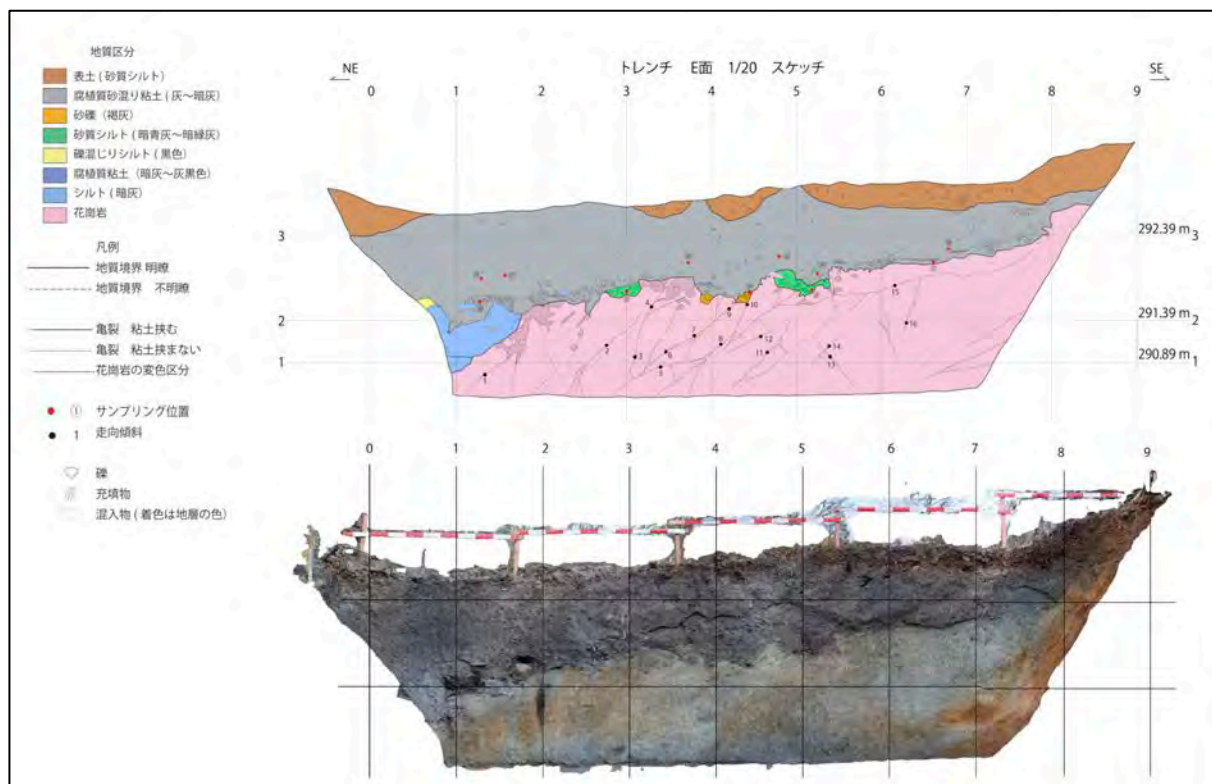


図7 トレンチ東壁面のスケッチ（上）及びオルソ画像（下）

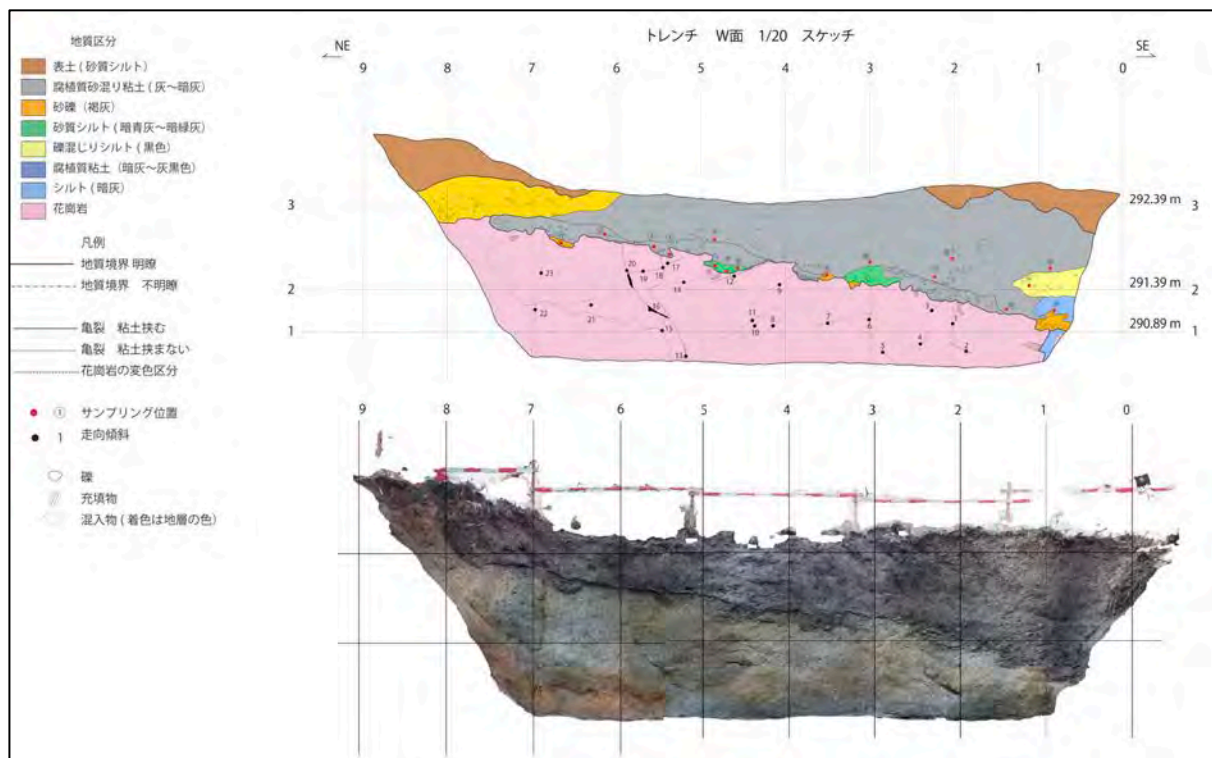


図8 トレンチ西壁面のスケッチ（上）及びオルソ画像（下）

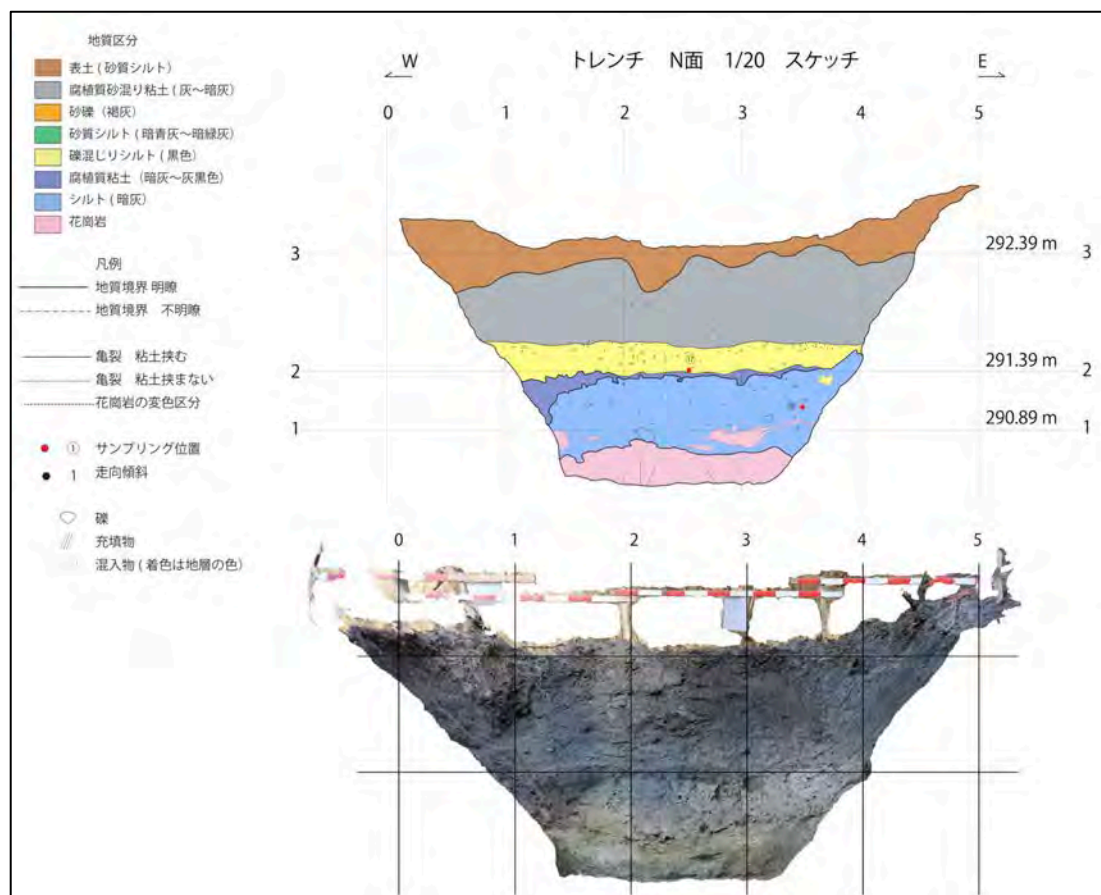


図9 トレンチ北壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

表2 トレンチ東壁面で観察された亀裂の走向と傾斜及び粘土の厚さ

No.	走向・傾斜 (真北)	粘土の厚さ	No.	走向・傾斜 (真北)	粘土の厚さ
1	N11°E, 86°S	15 mm	9	N21°W, 75°N	15 mm
2	N21°W, 66°N	12 mm	10	N31°W, 70°N	5-10 mm
3	N33°W, 88°S	2 mm	11	N21°W, 62°N	20 mm
4	N15°W, 80°S	5 mm	12	N12°E, 52°S	2 mm
5	N27°E, 62°S	40 mm	13	N79°W, 56°S	3 mm
6	N25°W, 44°N	7 mm	14	N27°W, 68°N	25 mm
7	N23°W, 52°N	7 mm	15	N29°E, 84°S	5 mm
8	N19°W, 75°N	15 mm	16	N7°W, 66°S	3 mm

表 3 トレンチ西壁面で観察された亀裂の走向と傾斜

No.	走向・傾斜（真北）	粘土の厚さ	No.	走向・傾斜（真北）	粘土の厚さ
1	N70°W, 78°S	5 mm	13	N2°E, 45°S	3 mm
2	N88°W, 57°N	0-2 mm	14	N16°E, 70°N	—
3	N48°W, 42°S	0-3 mm	15	N44°W, 85°N	0-3 mm
4	N2°W, 55°S	0-2 mm	16	N26°W, 37°N	5 mm, 3 mm
5	N63°W, 55°N	0-1 mm	17	N22°E, 75°N	0-2 mm
6	N71°W, 80°S	0-3 mm	18	N26°W, 37°N	5 mm
7	N17°E, 80°N	0-1 mm	19	N32°E, 50°N	0-1 mm
8	N6°W, 71°S	—	20	N15°W, 50°N	1-5 mm
9	N9°W, 55°S	0-2 mm	21	N16°E, 47°N	1 mm
10	N14°W, 79°S	—	22	N26°W, 75°N	1-2 mm
11	N11°W, 64°S	0-1 mm	23	N15°W, 79°S	1-2 mm
12	N9°E, 65°N	1-3 mm	—	—	

表 4 トレンチ壁面から採取した年代測定用試料

No.	壁面	試料名	層準	試料の種類
1	西壁面	HTC-1	砂礫	材
2	西壁面	HTC-2	腐植質砂混り粘土	木炭
3	西壁面	HTC-3	腐植質砂混り粘土	木炭
4	西壁面	HTC-4	腐植質砂混り粘土	木炭
5	西壁面	HTC-5	腐植質砂混り粘土	木炭
6	西壁面	HTC-6	砂質シルト	木炭
7	西壁面	HTC-7	砂質シルト	木炭
8	西壁面	HTC-8	砂質シルト	木炭
9	西壁面	HTC-9	砂礫	材
10	西壁面	HTC-10	腐植質砂混り粘土	材
11	西壁面	HTC-11	腐植質砂混り粘土	材
12	西壁面	HTC-12	腐植質砂混り粘土	材
13	西壁面	HTC-13	腐植質砂混り粘土	材
14	西壁面	HTC-14	礫混じりシルト	材

15	西壁面	HTC-15	シルト	材
16	西壁面	HTC-16	腐植質砂混り粘土	材
17	北壁面	HTC-17	礫混じりシルト	材（加工木材）
18	北壁面	HTC-18	シルト	木炭
19	東壁面	HTC-19	腐植質砂混り粘土	木炭
20	東壁面	HTC-20	腐植質砂混り粘土	材
21	東壁面	HTC-21	腐植質砂混り粘土	木炭
22	東壁面	HTC-22	砂質シルト	木炭
23	東壁面	HTC-23	腐植質砂混り粘土	木炭
24	東壁面	HTC-24	砂礫	木炭
25	東壁面	HTC-25	腐植質砂混り粘土	材
26	東壁面	HTC-26	砂質シルト	木炭
27	東壁面	HTC-27	腐植質砂混り粘土	材
28	東壁面	HTC-28	腐植質砂混り粘土	材
29	東壁面	HTC-29	腐植質砂混り粘土	バルク

谷の北縁にピットを掘削した。掘削規模は、南北方向に約 5 m、東西方向に約 3 m、深さ約 2.5 m とした。埋め戻し前に、花崗岩と堆積物の境界部をさらに約 1 m 掘り下げた。ピットで観察した壁面の写真とスケッチを図 10（東壁面）、図 11（西壁面）、図 12（北壁面）に示した。ピット内で観察された地層は、上位から順に、表土（砂質シルト）、砂質シルト（暗灰）、腐植土質砂質シルト（黒灰～暗灰）、礫質砂混りシルト（灰～黄灰）、砂混り腐植質シルト（黒色）、シルト混り砂～砂礫（赤褐色）、砂混りシルト（灰）、砂・腐植質混りシルト（灰～暗灰）、砂混り腐植質シルト（黒）、シルト（青灰）及び基盤の花崗岩に区分される。

東壁面と西壁面から、放射性炭素年代測定用の試料を採取した。試料を採取した位置をそれぞれの壁面のスケッチに示した。また、ピットの壁面から採取した試料の一覧を表 5 に示した。

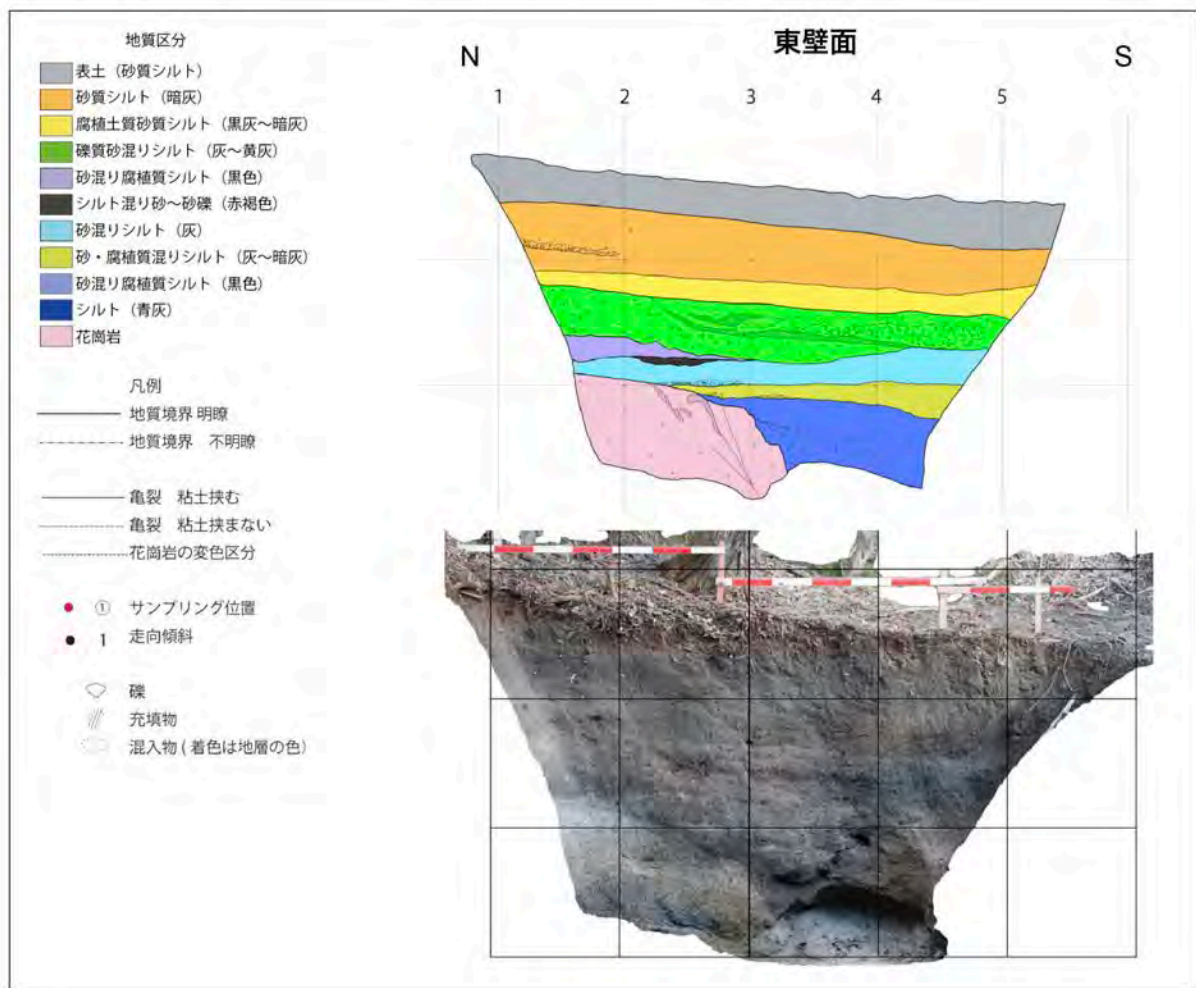


図 10 ピット東壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

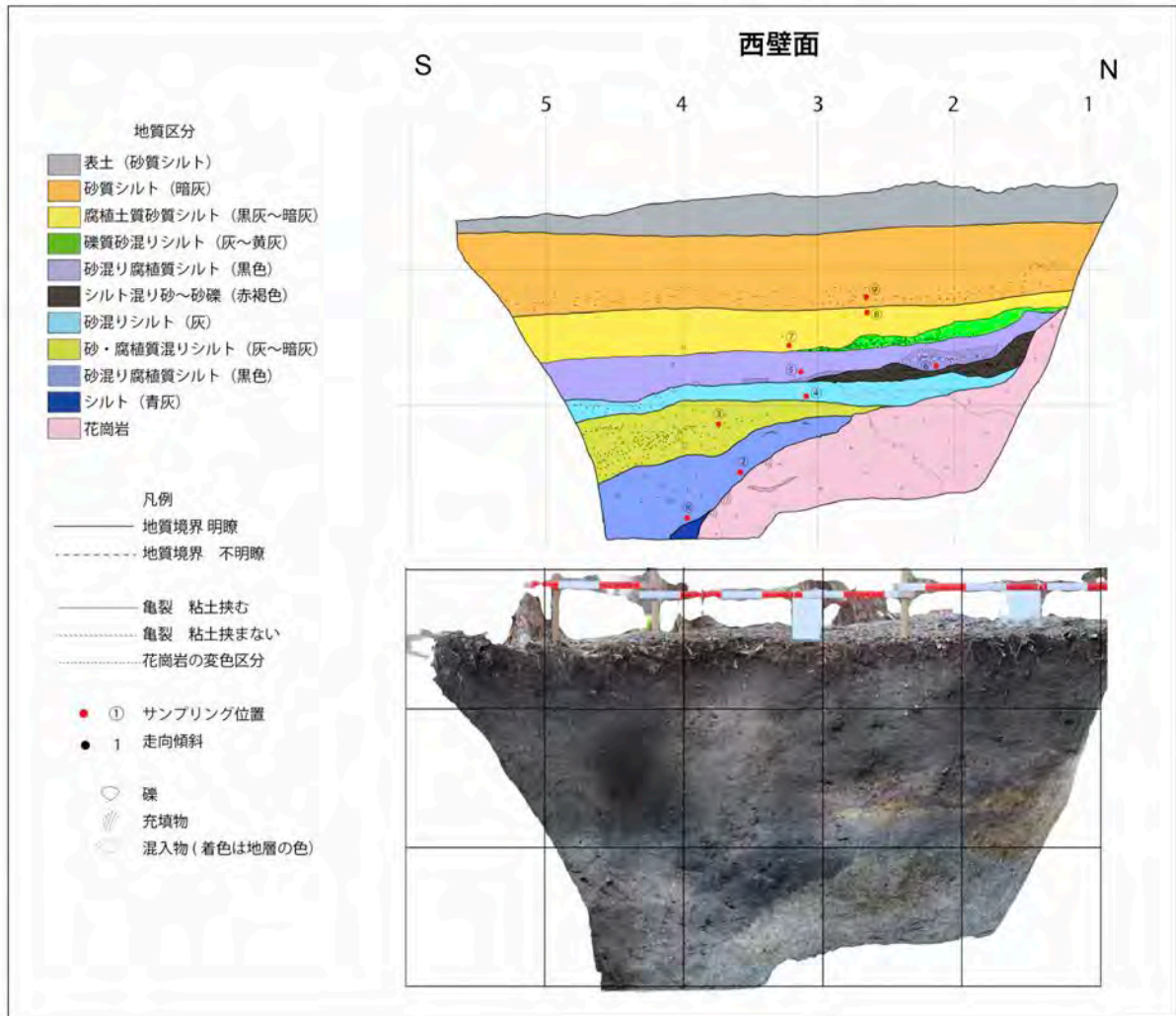


図 11 ピット西壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

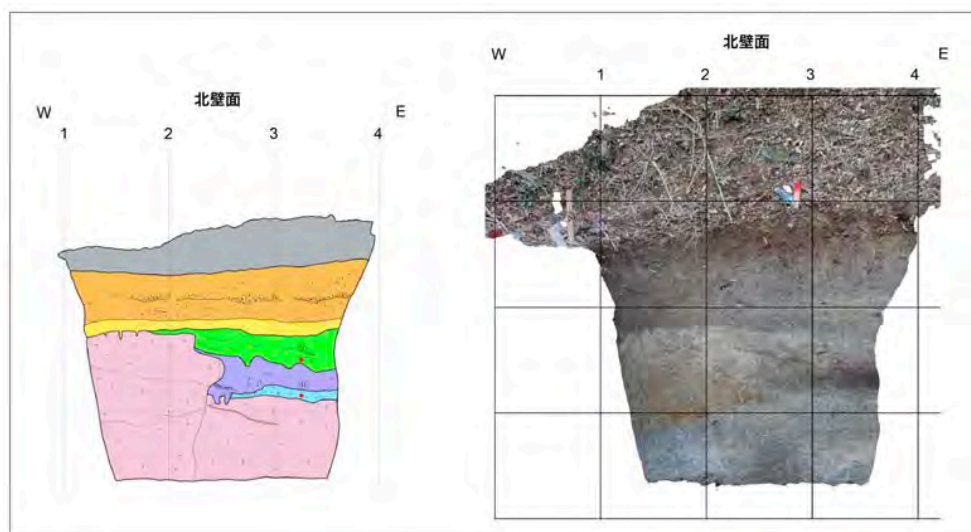


図 12 ピット北壁面のスケッチ (右) 及びオルソ画像 (左)

表 5 ピット壁面から採取した年代測定用試料

No.	壁面	試料名	層準	試料の種類
1	西壁面	HPC-1	シルト	腐植質シルト
2	西壁面	HPC-2	砂混り腐植質シルト	木炭
3	西壁面	HPC-3	砂・腐植質混りシルト	木炭
4	西壁面	HPC-4	砂混りシルト	木炭
5	西壁面	HPC-5	砂混り腐植質シルト	木炭
6	西壁面	HPC-6	砂混り腐植質シルト	木炭
7	西壁面	HPC-7	腐植土質砂質シルト	木炭
8	西壁面	HPC-8	腐植土質砂質シルト	木炭
9	西壁面	HPC-9	砂質シルト	木炭
10	西壁面	HPC-10	砂混り腐植質シルト	木炭
11	北壁面	HPC-11	砂混りシルト	木炭
12	北壁面	HPC-12	礫質砂混りシルト	木炭

トレンチ調査とピット調査で観察した結果を合わせて投影した図（東測線、西測線）を作成し、調査を実施した谷地形を横断した地質構造を検討した。それぞれの測線の位置を図 13 に、東測線の投影図を図 14 に、西測線の投影図を図 15 に示した。西測線については、トレンチの西壁面とピットの西壁面のスケッチを反転させて作成した。

トレンチとピットの間には深さ 3 m 以上の谷構造があり、今回の調査規模ではその基底まで確認することはできなかった。断層付近は基盤岩が破碎しているために周辺よりも浸食作用を受けやすく、断層に沿って直線的な谷が形成されることがある。今回の調査地点では、谷地形の縁辺ではなくて深い谷が形成されている部分に断層が通過している可能性が考えられる。

投影断面の南北で基盤上面の高さを比較すると、トレンチを掘削した南側が若干高い。また、トレンチを掘削した範囲では、比較的広い範囲で基盤が侵食されて上面が平坦になっている。このことから、土岐砂礫層の高度分布の情報に基づいて赤河断層が南側隆起の断層活動を行ってきた（木曾、1963；森山、1987）と想定されているように、今回の調査地点においても南側隆起の断層運動が起こっていることが推定される。



図 13 トレンチとピットの投影断面の位置図



図 14 東測線におけるトレンチとピットの投影断面

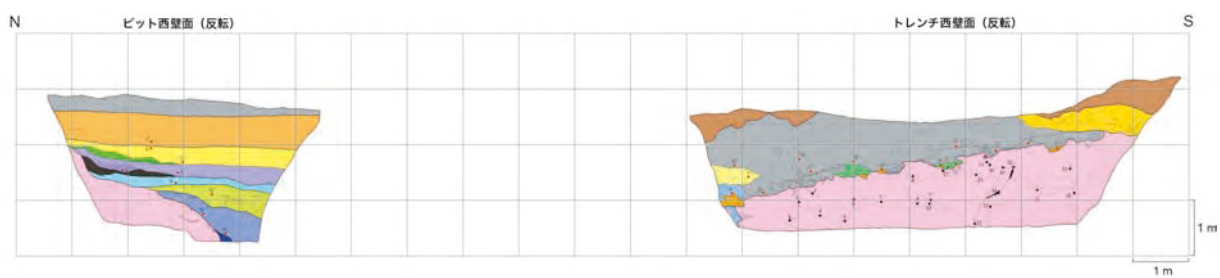


図 15 西測線におけるトレンチとピットの投影断面

3) 年代測定

トレンチ及びピットの壁面から採取した炭化物のうち3試料（トレンチ：1試料、ピット：2試料）について、放射性炭素同位体年代を測定した。年代測定は、株式会社地球科学研究所に依頼した。測定結果を表6に示す。

トレンチについては、東壁面の腐植質砂混り粘土の層準から採取した試料（HTC-25：木炭）の年代測定を行った。暦年較正した年代値（ 2σ ）は499-316 cal BPであった（図16）。

ピットについては、西壁面の砂質シルトの層準から採取した試料（HPC-4：木炭）及びシルトの層準から採取した試料（HPC-10：木炭）の年代測定を行った。暦年較正した年代値（ 2σ ）は、HPC-4が1,176-977 cal BP、HPC-10が770-672 cal BPであり、上下の層準で年代が逆転した（図17）。

表6 トレンチ及びピットから採取した試料の年代測定結果
年代測定結果の暦年較正は、Bronk Ramsey (2009) の手法に従い、
INTCAL20 (Reimer et al., 2020) を用いて行った。

試料名	Beta-Lab. No.	試料の種類	Conventional Age (BP)	Calibrated Age (cal BP)	
				(1 σ)	(2 σ)
HTC-25	734654	charcoal	370 $\pm$ 30	491 - 433 (44.9 %) 360 - 330 (23.3 %)	499 - 423 (52.2 %) 398 - 316 (43.2 %)
HPC-4	734652	charcoal	1,180 $\pm$ 30	1,129 - 1,059 (54.1 %) 1,175 - 1,160 (12.7 %) 1,144 - 1,141 (1.4 %)	1,176 - 1,051 (82.8 %) 1,032 - 991 (11.7 %) 983 - 977 (0.9 %)
HPC-10	734653	charcoal	800 $\pm$ 30	725 - 686 (68.2 %)	770 - 762 (1.8 %) 740 - 672 (93.6 %)

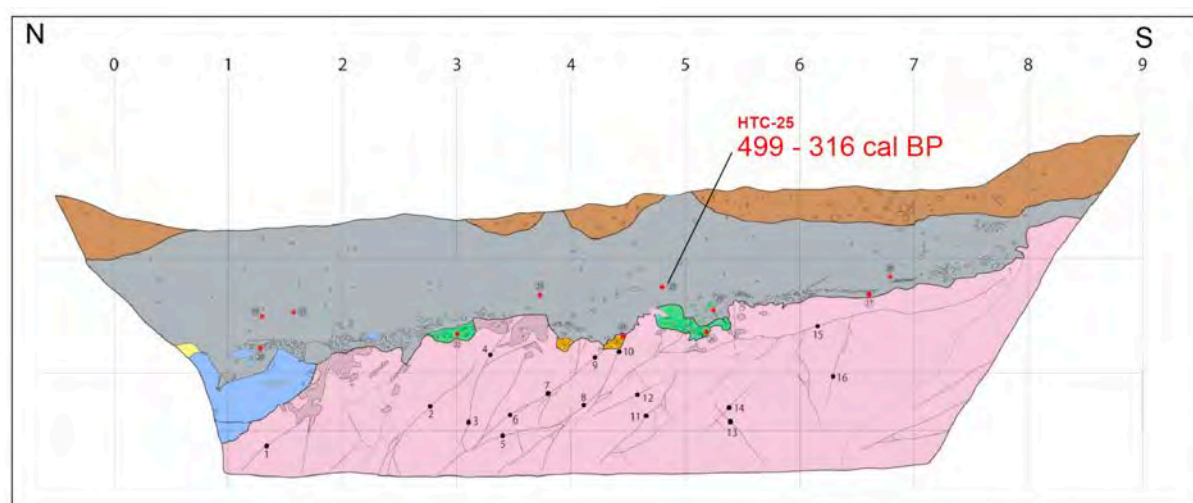


図16 トレンチ東壁面から採取した試料（HTC-25）の年代測定結果
層序区分の凡例は、図7及び図8に示す。年代測定結果の詳細については、表6に示す。

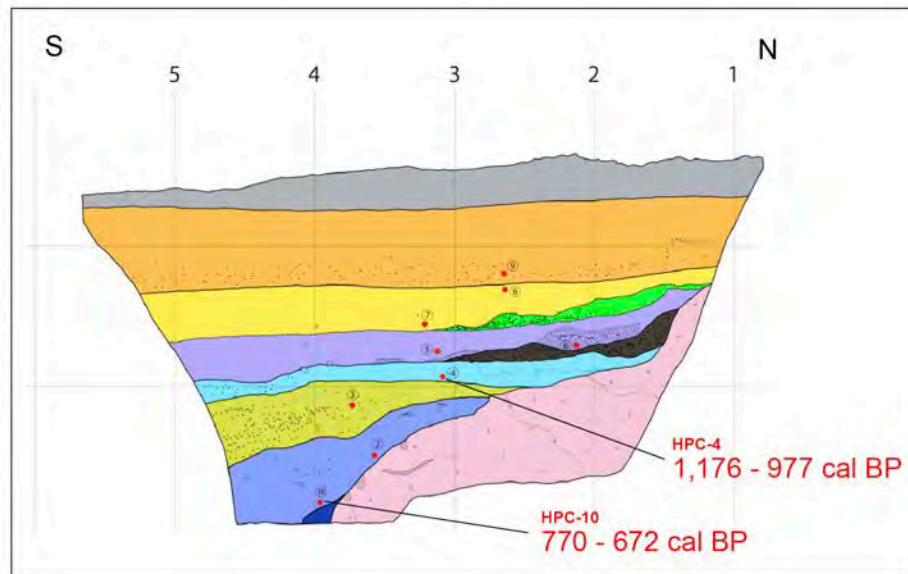


図 17 ピット西壁面から採取した試料（HPC-4、HPC-10）の年代測定結果
層序区分の凡例は図 10 及び図 11 に示す。年代測定結果の詳細については、表 6 に示す。

4) 水系屈曲率に基づく横ずれ平均変位速度

赤河断層帯の平均変位速度（横ずれ成分）を検討するため、水系屈曲率の検討を行った。検討対象は、赤河断層の南東部において左横ずれが認められ、上流部が侵食小起伏面に達している 7 水系を対象とした（図 18）。計測した水系の屈曲量、上流の長さ及び α の値を表 7 に示す。また、水系の屈曲量と上流の長さとの関係および α の値を図 19 に示す。検討の結果、赤河断層の南東部における水系の屈曲について、屈曲率 α の値は最大で 0.320、最小で 0.052 であり（表 7）、平均値は 0.148 と算出された。

屈曲率 α の値から平均変位速度（横ずれ成分）を算出するには、係数 k の値が必要となる。係数 k は侵食速度等と関係があると考えられるため、その地域ごとに検討する必要がある。ここでは、文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2023）が算出した跡津川断層の係数 k の平均値 19.0 を中部地方における代表値として用いることとする。

赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度の算出について、上述の水系屈曲率の平均値（0.148）と、跡津川断層で算出された係数 k の平均値 19.0 に基づくと、赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度は 2.8 m/千年（ α のばらつきを考慮すると、0.99～6.1 m/千年）となる。この値に従えば、赤河断層の南東部が活動度 A 級の活断層ということになるが、これまでに断層変位地形の明瞭さ等から推定されていた活動性（B 級）よりも高い活動を示すことになる。文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2023）でも指摘されているように、本手法については今後も検討を重ねる必要がある。

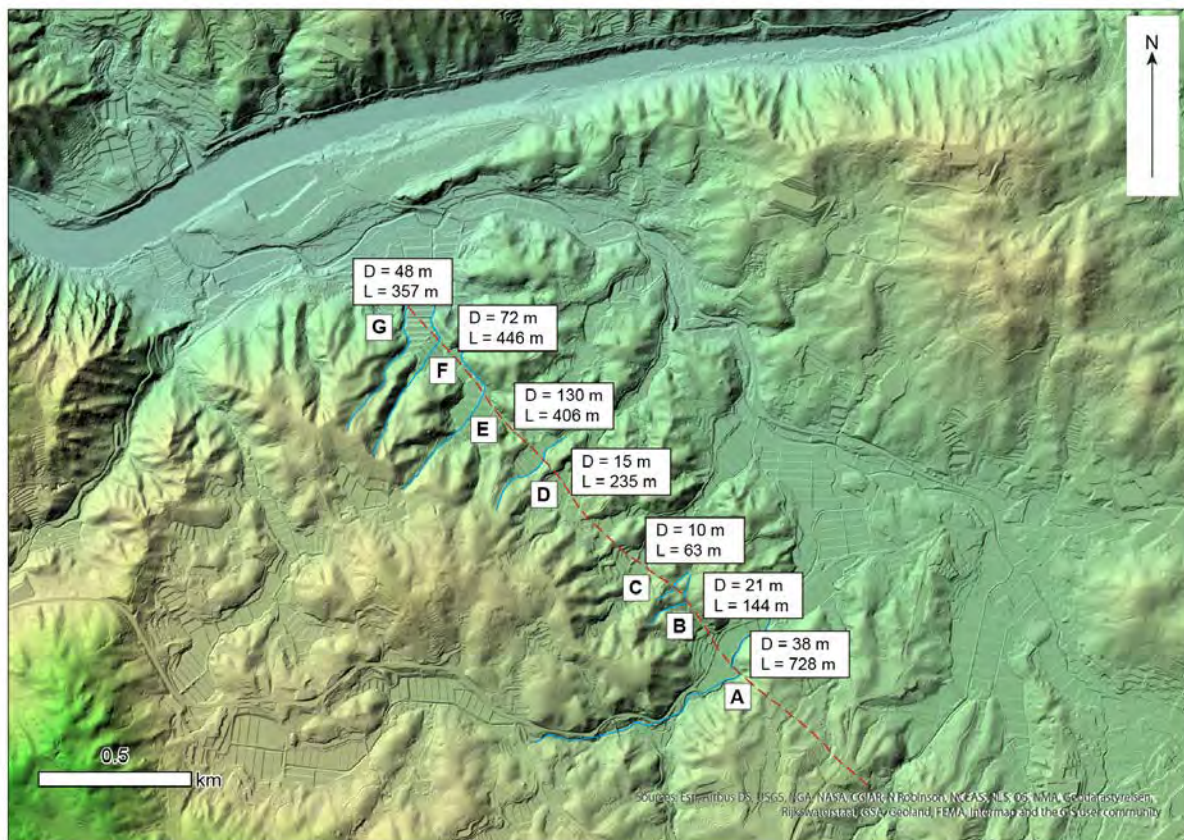


図 18 赤河断層南東部における水系屈曲量と断層よりも上流の水系の長さ

表 7 赤河断層における水系の屈曲量と上流の長さ

α の列の赤文字は最大値、青文字は最小値を示す。

地点	地点名	水系の屈曲量 (m) ①	上流の長さ (m) ②	α ① / ②
A	千田	38	728	0.053
B	洞 1	21	144	0.146
C	洞 2	10	63	0.159
D	井洞	15	235	0.064
E	下本郷 1	130	406	0.320
F	下本郷 2	72	446	0.161
G	下本郷 3	48	357	0.134

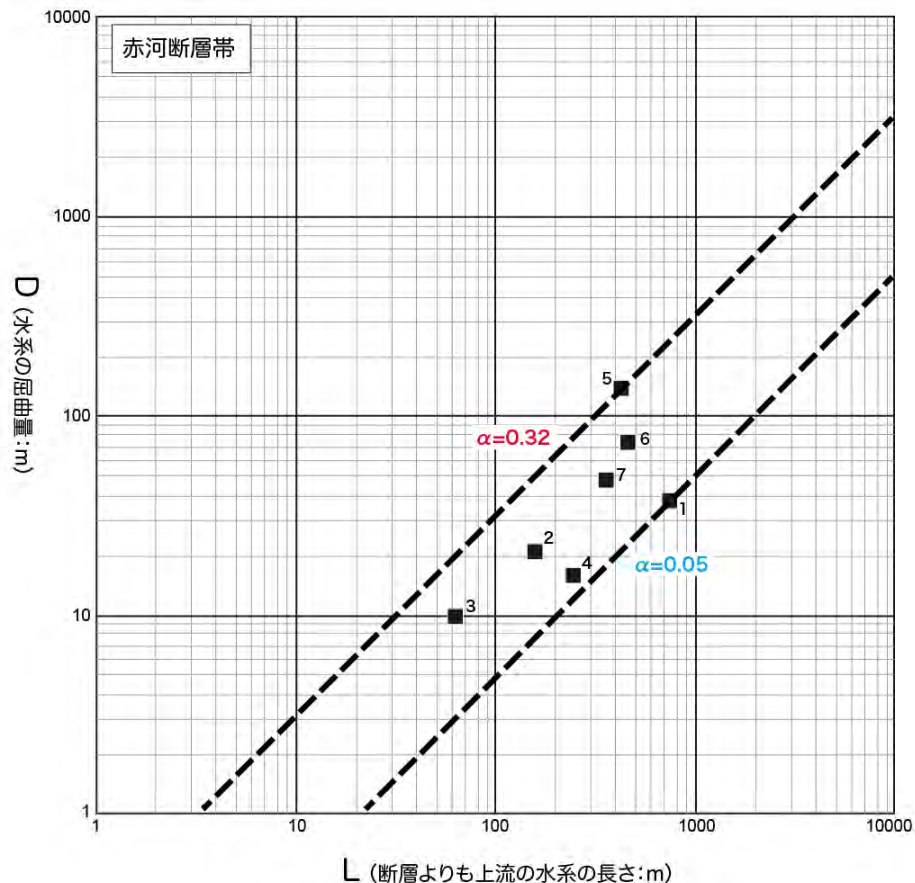


図 19 赤河断層南東部における水系の屈曲量 (D) と断層よりも上流の水系の長さ (L) の関係

(d) 結論

赤河断層帯を構成する活断層（赤河断層，権現山断層，中野方北方の断層）のうち、赤河断層の南東部において、露頭観察、トレンチ調査、ピット調査を実施した。また、トレンチ及びピットから採取された試料の年代測定を実施した。

露頭観察では、濃飛流紋岩と花崗岩の境界をなす断層露頭を観察し、亀裂の性状の観察と走向・傾斜の計測を実施した。観察の結果、粘土化した断層ガウジの存在から、この地点における最近の断層活動は、地層境界をなす断層よりも数 m 北側の濃飛流紋岩内で生じていた可能性が推定された。しかし、第四紀層と断層との関係など、最近の断層活動を示す直接的な証拠は得られなかった。

トレンチ調査とピット調査では、499-316 cal BP、770-672 cal BP、1,176-977 cal BP の年代を示す地層に断層運動による変位を確認することはできなかった。これらの堆積物に覆われる基盤の花崗岩に明瞭な断層破碎帯が確認できなかったことから、今回の調査で掘削することができなかった谷地形の中央部付近を断層が通過している可能性がある。トレンチ内では基盤の花崗岩の上面が広く侵食されていることから、南側が隆起する傾向があることが推定される。このことは土岐砂礫層の分布高度などから想定されている赤河断層の運動センスと調和的である。

赤河断層の南東部を対象として実施した水系屈曲率に基づく横ずれ成分の平均変位速

度の検討では、水系屈曲率 α の平均値(0.148)と、跡津川断層で算出された係数 k の平均値19.0に基づき、横ずれ成分の平均変位速度が2.8 m/千年と算出された。この値は、断層変位地形の明瞭さ等からこれまでに推定されていた赤河断層の活動性(B級)よりも高い。文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所(2023)でも指摘されているように、本手法については今後も検討を重ねる必要がある。

(e) 引用文献

- Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360, 2009.
- 岐阜県地質図 [ジオランドぎふ] <https://geo-gifu.org/geoland/>
- 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長期評価, 51p, 2004.
- 木曾敏行, 木曾川流域の地形発達. 地理学評論, 36, 87-109, 1963.
- 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.
- 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所, 活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証 令和4年度成果報告書, https://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/koudoka_kenshou/r04/r04_koudoka_kenshou_all.pdf, 2023.
- 森山昭雄, 木曾川・矢作川流域の地形と地殻変動. 地理学評論, 60, 67-92, 1987.
- 岡田篤正・澤 祥・後藤秀昭・熊原康博・越後智雄・池田安隆, 1:25,000 都市圏活断層図 阿寺断層とその周辺「白川」. 国土地理院技術資料 D・1-No.458, 2006.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, u., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), Radiocarbon 62(4), 725-757, 2020.
- 鈴木康弘・杉戸信彦, 1:25,000 岐阜県活断層図解説書. 岐阜県, 104p, 2010.

(3) 令和4～6年度の成果

(a) 業務の要約

赤河断層帯は、岐阜県東部に位置する北西－南東走向で長さ約23 kmの南西側隆起で左横ずれ成分を伴う断層帯であり、赤河断層、権現山断層、中野方北方の断層からなる

(図 1 ; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004)。これらの活断層に関する既往研究の整理(令和 5 年度)を行ったほか、赤河断層の南東部において、航空レーザー測量(令和 5 年度)、ボーリング調査(令和 5 年度)、トレンチ調査・ピット調査、露頭観察、水系屈曲率に基づく平均変位速度の検討(令和 6 年度)を実施した。また、ボーリング調査及びトレンチ調査・ピット調査によっ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た。各調査の調査地点を図 20 に示す。

(b) 業務の実施方法

1) 既往研究の整理

赤河断層帯において調査を実施するにあたり、この断層帯を構成する各断層の詳細分布や特徴を明らかにするため、令和 5 年度に既往研究の整理を行った。活断層図のほか、地質図、論文、研究報告書等を対象に文献調査を実施し、赤河断層帯の研究史を整理するとともに、詳細位置の検討を行った。

2) 航空レーザー測量

赤河断層帯の構成する活断層のうち、連続する長さが最も長く、恵那市の市街地に近接する赤河断層の南東部における活断層の詳細位置を明らかにするため、令和 5 年度に航空レーザー測量を実施し、詳細な地形データを作成した。

3) ボーリング調査

横ずれを示す谷の形成年代を検討するため、令和 5 年度に赤河断層の南東部において谷の堆積物を採取するためのボーリング調査を実施した。また、ボーリングコアから採取した試料について放射性炭素同位体年代を測定した。

4) トレンチ調査・ピット調査

赤河断層帯の構成する活断層のうち、連続する長さが最も長い赤河断層の活断層の活動性を明らかにするため、令和 6 年度に同断層の南東部においてトレンチ調査とピット調査を実施した。また、トレンチ及びピットの壁面から採取した試料について放射性炭素同位体年代を測定した。

5) 露頭観察

赤河断層帯の各断層の詳細分布位置及び断層性状を明らかにするため、赤河断層帯を構成する活断層沿いに露頭観察を実施した。令和 6 年度には、赤河断層の南東部において断層露頭の詳細観察を実施した。

6) 水系屈曲率に基づく横ずれ平均変位速度の検討

赤河断層帯の横ずれ平均変位速度を検討するため、令和 6 年度に赤河断層の南東部において水系の屈曲量(D)と断層よりも上流の水系の長さ(L)を計測し、中部地方における係数kの値を用いて、平均変位速度(横ずれ成分)を算出した。

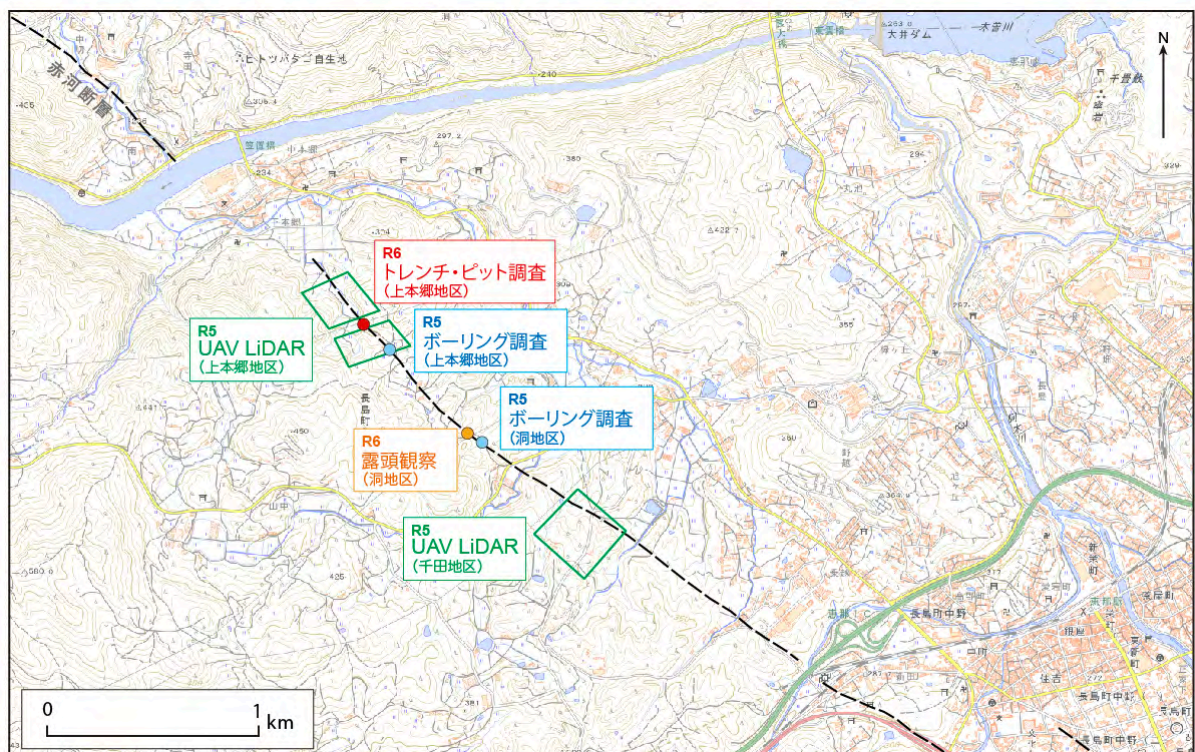


図 20 令和 5 年度及び令和 6 年度に赤河断層の南東部で実施した各種調査の実施地点
基図には「地理院地図」の標準地図を用いた。推定活断層（黒破線）の位置は、
地理院活断層図（岡田・他，2006；宮内・他，2017）に従った。

(c) 業務の成果

1) 既往研究の整理

赤河断層帯を構成する活断層のうち、赤河断層については、河田（1961）が 5 万分の 1 地質図の解説書において花崗岩と流紋岩を切る断層として記載し、赤河峠周辺における同断層の位置を図示した。木曾（1963）は、赤河断層と権現山断層について、恵那盆地の西縁を限る南西上がりの断層として記載した。活断層研究会編（1980）は、「飯田」に赤河断層、権現山断層、中野方北方の断層を確実度Ⅰ～Ⅱの活断層として図示し、それぞれの長さ、走向、変位形態、変位基準を記載した。森山（1987）は木曾川・矢作川流域の地形と地殻変動を論じ、この地域に分布する活断層の特性を整理した。活断層研究会編（1991）は、権現山断層の形状を変更した。水谷・小井戸（1992）は赤河断層について恵那市市街地付近から北西方へ 20 km 以上にわたり続く断層とし、その北西部の約 7 km の区間を図示した。地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004）は、屏風山・恵那山断層帯および猿投山断層帯を構成する活断層を構成する断層帯として赤河断層帯を示し、長さ約 23 km の南西側隆起で左横ずれ成分を伴う活断層として評価している。岡田・他（2006）は恵那市中野方町伊勢後付近から加茂郡白川町赤河付近にかけて分布する推定活断層として赤河断層を図示している。鈴木・杉戸（2010）は岐阜県の詳細な活断層図を作成し、赤河断層について長さ 22 km で南西側隆起の縦ずれ運動を主体とする推定活断層である

が、最近約 10 万年間の活動を示す証拠は見つかっていないことを示した。宮内・他(2017)は、岡田・他(2006)が図示した赤河断層の南東延長にあたる推定活断層を恵那市大井町付近から中野方町伊勢後付近に図示しているが、その名称は記していない。また、宮内・他(2017)は既往文献による権現山断層とほぼ同じ位置に推定活断層を図示しているが、これについても名称は記していない。

2) 航空レーザー測量

赤河断層帯のうち赤河断層の南東部の 2 地区で UAV を用いて航空レーザー測量を実施し、詳細デジタル標高データを作成した。

千田地区においては、宮内・他(2017)が推定活断層の存在を示した位置よりも南西側に活断層が存在する可能性があるため、詳細な地形データを作成して検討を行った(図 21)。レーザー測量の計測面積は約 110,000 m²、点群密度は 574 点/m²である。

上本郷地区においては、水系の左屈曲と鞍部の地形を詳細に検討するため、詳細な地形データを作成して検討を行った。計測範囲に高圧線が存在していたため、北部と南部に分けてレーザー測量を行い、計測結果を統合して詳細地形データを作成した(図 22)。レーザー測量の計測面積は、北部が約 58,000 m²、点群密度は 689 点/m²、南部が約 52,000 m²、点群密度は 689 点/m²である。なお、上本郷地区の南部にはボーリング調査を実施した井洞地区の一部が含まれているため、ボーリング調査結果の地形地質断面の作成において、レーザー測量の結果を用いた。

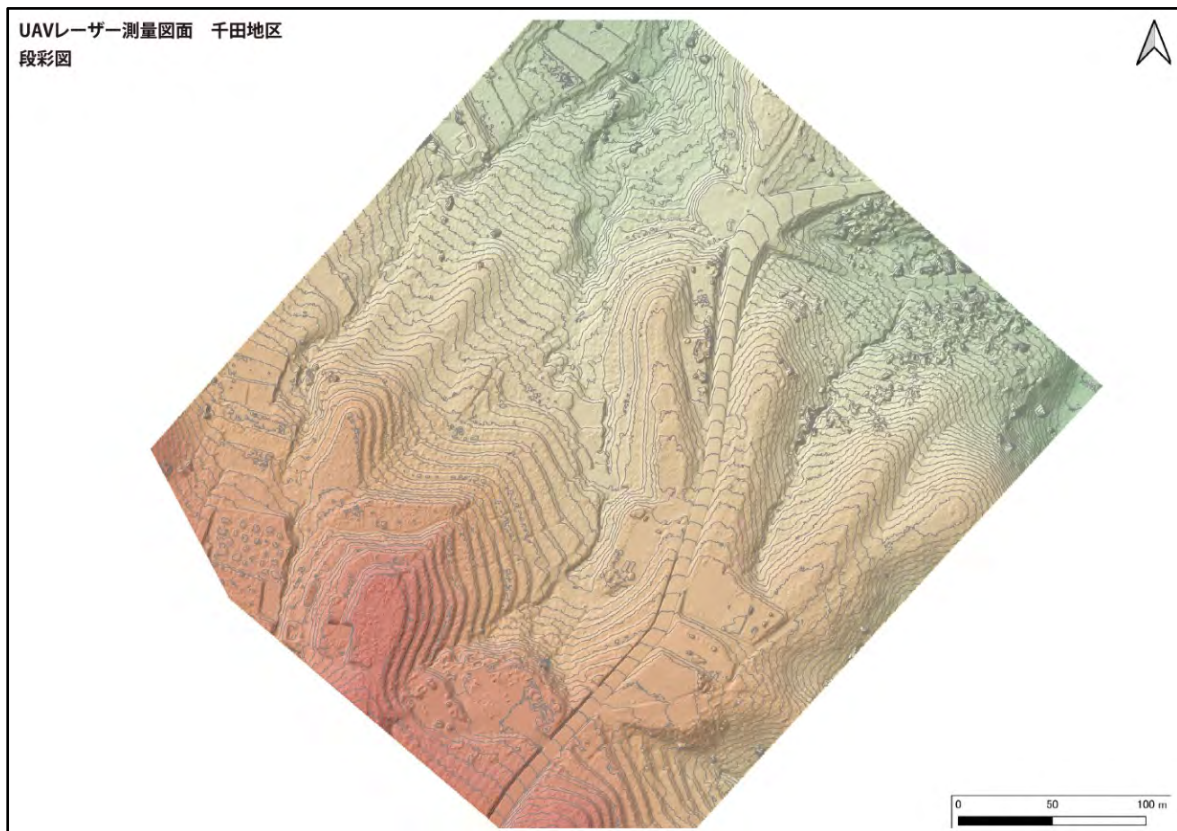


図 21 赤河断層南東部千田地区の段彩陰影図

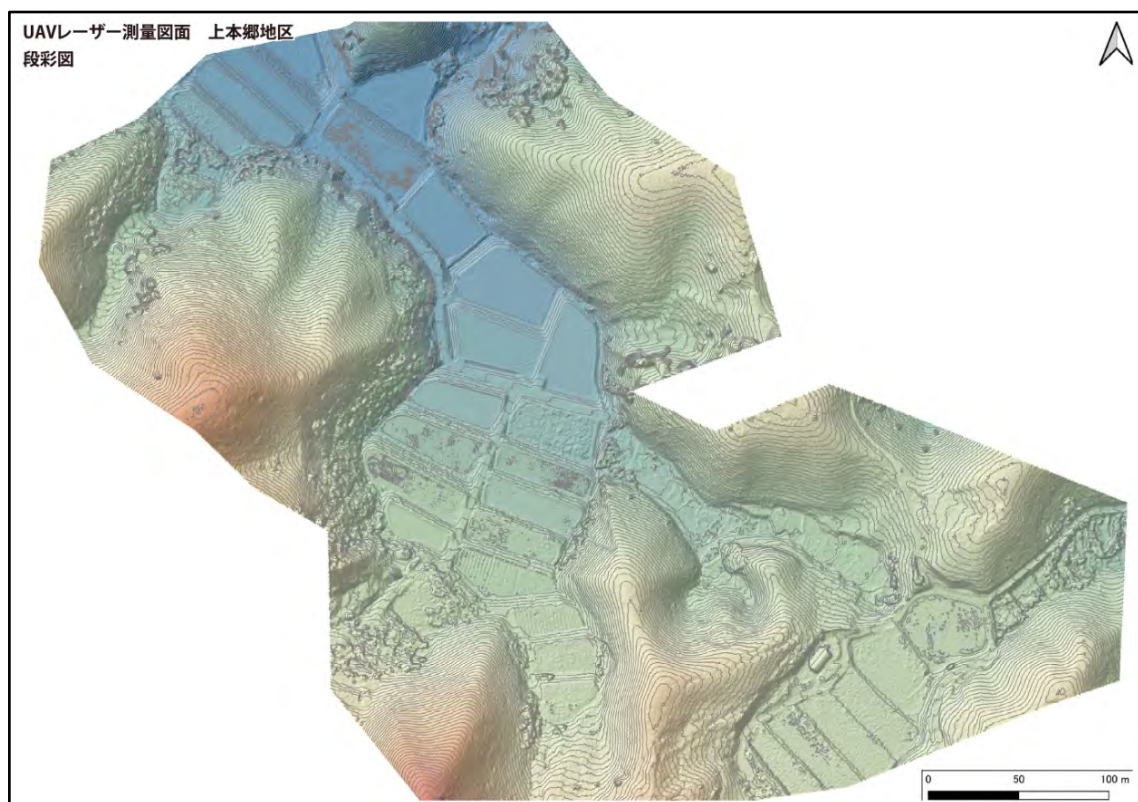


図 22 赤河断層南東部上本郷地区の段彩陰影図

3) ボーリング調査

赤河断層帯の活動により左横ずれの変位を受けていると推定される水系についてボーリング調査を実施し、掘削したボーリングコアから採取した試料の年代を測定した。掘削地点は、恵那市長島町久須見の洞地区と井洞地区である（図 23）。洞地区で 2 孔（HRA-1、HRA-2）、井洞地区で 3 孔（IBR-1～IBR-3）のボーリングを掘削した。掘削深度は HRA-1 が 9 m、HRA-2 が 5 m、IBR-1 が 8 m、IBR-2 が 9 m、IBR-3 が 9 m である。

【HRA-1】（図 24）

深度 0.00-0.14 m は、砂礫混じり粘土からなる黒色の表土である。

深度 0.14-2.21 m には、淡褐色～黒褐色の砂礫まじり粘土が分布する。粗粒砂や細礫、炭化物を含み、淘汰が悪い。含水比が高く、軟質である。深度 1.00-1.60 m 及び深度 1.78-2.21 m は、腐植質で炭化物を多く含む。深度 2.20 m 付近には径 40 mm 程度の岩片を含む。

深度 2.21-6.00 m には、淡緑色のシルト混じり砂が分布する。粗粒砂～細礫を含み、不均質である。下位に向かって粒径が粗くなり、深度 5.00 m 以深では、径 5-20mm の岩片をまばらに含む。全体的に未固結で、指圧でわずかに凹む程度の硬さである。

深度 6.00-9.00 m には、淡緑灰色～褐色の凝灰角礫岩が分布する。濃飛流紋岩の溶結凝灰岩である。硬質だが、風化して一部粘土状～砂礫状を呈す。粒径は細粒～中粒を主とし、径 5-30 mm 程度の扁平状の岩片をまばらに含む。深度 6.00～6.48m は比較的新鮮で硬質であり、深度 6.48-7.25 m は風化して一部粘土状～砂礫状になっている。深度 7.25-9.00 m では、高角度の亀裂を含み、全体に酸化色を帯びて、コア表面は砂状を呈す。深度 7.25-7.90 m 付近は、特に強く酸化する。

【HRA-2】（図 25）

深度 0.00-0.18 m は、砂礫混じり粘土からなる茶褐色の表土である。

深度 0.18-0.71 m には、黒褐色の砂礫混じり粘土が分布する。植物片や径 2-8 mm の礫を含み、不均質である。深度 0.45-0.71 m は腐植質である。

深度 0.71-1.04 m には、茶褐色の砂礫混じり粘土が分布する。黒色の粗粒砂や細礫を含み、不均質である。指圧で凹む程度の硬さである。

深度 1.04-5.00 m には、青灰色を呈する濃飛流紋岩の溶結凝灰岩が分布する。最大粒径 25 mm 程度の岩片を含み、淘汰が悪い。全体に風化しており、酸化色を呈す。コアは棒状だが、ハンマー打撃で崩れる程度に脆く、一部角礫岩状～砂状となる。深度 1.04-3.00 m は、全体に強く酸化しており、コア表面が砂状となる。深度 2.50 m 付近には、高角度の亀裂を含み、白色鉱物が充填する。深度 3.00-5.00 m は、亀裂を多く含み、亀裂に沿って酸化する。また、深度 3.80-4.00 m、4.60-4.75 m、4.90-5.00 m においては、全体的に風化して角礫岩状を呈す。

【IBR-1】（図 26）

深度 0.00-0.16 m は、シルト質砂からなる淡褐色の表土（耕作土）である。やや不均質で、細礫や細かい材片を含む。

深度 0.16-0.70 m には、黄褐色のシルト混じり砂が分布する。深度 0.16-0.43 m では細粒砂主体で比較的均質である。その下位の深度 0.43-0.60 m では、炭化物や細礫、腐植質シルトをまばらに含み、不均質である。深度 0.60-0.70 m では、石英粒を多く含む。

深度 0.70-2.32 m には、砂まじり粘土～砂質シルトが分布する。全体に腐植質で植物片や細礫をまばらに含み、やや不均質である。

深度 2.32-3.28 m には、緑灰色のシルト質砂が分布する。細粒砂～中粒砂を主とし、まばらに細礫を含み、やや不均質である。全体に石英粒を含む。

深度 3.28-4.57 m には、風化花崗閃緑岩の岩片および花崗閃緑岩起源堆積物が分布する。礫は角礫状である。指圧で凹まないが、ハンマー打撃で崩れる程度の脆さである。

深度 4.57-8.00 m には、暗緑色の花崗閃緑岩が分布する。全体に亀裂を含み、風化している。深度 4.57-5.80 m では、強く風化し、部分的に砂礫状となる。深度 5.80-8.00 m では、コアは棒状を呈するが、水平あるいは高角度の亀裂を含み、亀裂に沿って強く酸化する。全体に風化しており、コア表面は砂状である。

【IBR-2】(図 27)

深度 0.00-1.76 m は、淡褐色の表土（耕作土）である。細礫や植物片を多く含み、不均質な砂礫混じり粘土からなる。含水比が高く、非常に軟質である。

深度 1.76-3.38 m には、暗褐色の砂礫混じり粘土が分布する。砂、細礫や 1-2 mm の炭化物を含み、不均質である。全体に腐植質である。深度 2.50-2.55 m には、材が存在する。深度 3.00-3.38 m は、細礫をあまり含まず、比較的均質である。

深度 3.38-4.32 m は、褐色の風化花崗岩起源の堆積物である。礫は径 2-15 mm 程度の亜角～角礫状で、不均質である。全体に酸化色を呈し、指圧で容易に崩れる程度の硬さである。

深度 4.32-9.00 m には、褐色～白色の風化花崗閃緑岩が分布する。全体に強く風化し、錆色を呈する。コアは棒状だが、風化してコア表面は砂礫状であり、部分的に粘土状となり、容易に崩れる程度に脆い。深度 6.00-7.20 m 付近は、特に酸化が著しく、強い錆色を呈する。深度 7.85-9.00 m では、コア径大の比較的新鮮な岩片をまばらに含む。

【IBR-3】(図 28)

深度 0.00-0.20 m は、砂礫混じり粘土からなる褐色の表土である。不均質で非常に軟質である。

深度 0.20-1.68 m には、淡褐色のシルト混じり砂が分布する。植物片や細礫を多量に含み、不均質な砂礫混じり粘土を含む。深度 0.20-0.50 m は茶褐色を呈し、深度 0.50-1.60 m は淡褐色で緑色を帯びる。

深度 1.68-3.31 m には、暗褐色の粘土混じり砂が分布する。砂は細粒砂主体で比較的均質である。植物片や材片、細礫を含み、全体的に腐植質である。

深度 3.31-4.03 m には、淡緑色のシルト混じり砂礫が分布する。砂は花崗閃緑岩起源で白色の粗粒砂～極粗粒砂を主とする。径 2-5 mm の岩片をまばらに含み、不均質である。シルトは淡緑色を呈する。

深度 4.03-9.00 m には、褐色の風化花崗閃緑岩が分布する。全体に強く酸化し、錆色

で一部砂状～砂礫状となる。指圧で崩れる程度に脆く、岩片は軟質である。深度 4.03-4.25 m では、比較的新鮮な岩片が見られ、暗緑色を呈する。深度 4.40-4.60 m 及び深度 5.32-5.60 m では、風化が著しく、砂状を呈する。

【年代測定】

ボーリングコアから採取した試料（6 試料）について、AMS 法による放射性炭素年代測定を行った。年代測定については、株式会社地球科学研究所に測定を依頼した。年代測定結果を表 8 に示す。

HRA-1 の深度 2.10-2.15 m から採取した腐植質シルトについて年代測定を実施した。得られた年代は、暦年較正した 2σ の値で、905-698 cal BP の範囲である。

HRA-2 の深度 0.65-0.70 m から採取した腐植質シルトについて年代測定を実施した。得られた年代は、暦年較正した 2σ の値で、3,383-3,227 cal BP の範囲である。

IBR-1 の深度 2.25-2.30 m から採取した腐植質シルトについて年代測定を実施した。得られた年代は、暦年較正した 2σ の値で、1,379-1,299 cal BP の範囲である。

IBR-2 では、深度 2.50-2.55 m から採取した材と、深度 3.28-3.33 m から採取した腐植質シルトについて年代測定を実施した。得られた年代は、暦年較正した 2σ の値で、上位の材は 915-740 cal BP、下位の腐植質シルトは 3,455-3,355 cal BP の範囲である。

IBR-3 の深度 3.25-3.30 m から採取した腐植質シルトについて年代測定を実施した。得られた年代は、暦年較正した 2σ の値で、1,467-1,306 cal BP の範囲である。

洞地区の 2 地点で掘削したボーリングの柱状図を、標高を合わせて並べ、年代測定結果を示した図を図 29 に示した。また、井洞地区で掘削したボーリング 3 孔の柱状図に地形断面図に重ね、年代測定結果を示した図を図 30 に示した。



図 23 赤河断層南東部で実施したボーリング調査の掘削位置

HRA-1

(m)



(m)

0	表土	砂礫混じり粘土	1
1		砂礫混じり粘土	2
2	砂礫混じり粘土	花崗閃緑岩（風化）	3
3		花崗閃緑岩（風化）	4
4		花崗閃緑岩（風化）	5
5		花崗閃緑岩（風化）	6
6		花崗閃緑岩（風化）	7
7		花崗閃緑岩（風化）	8
8		花崗閃緑岩（風化）	9

図 24 赤河断層南東部（恵那市長島町久須見）洞地区で掘削した HRA-1 のボーリングコア写真（上）と層相区分図（下）

HRA-2

(m)



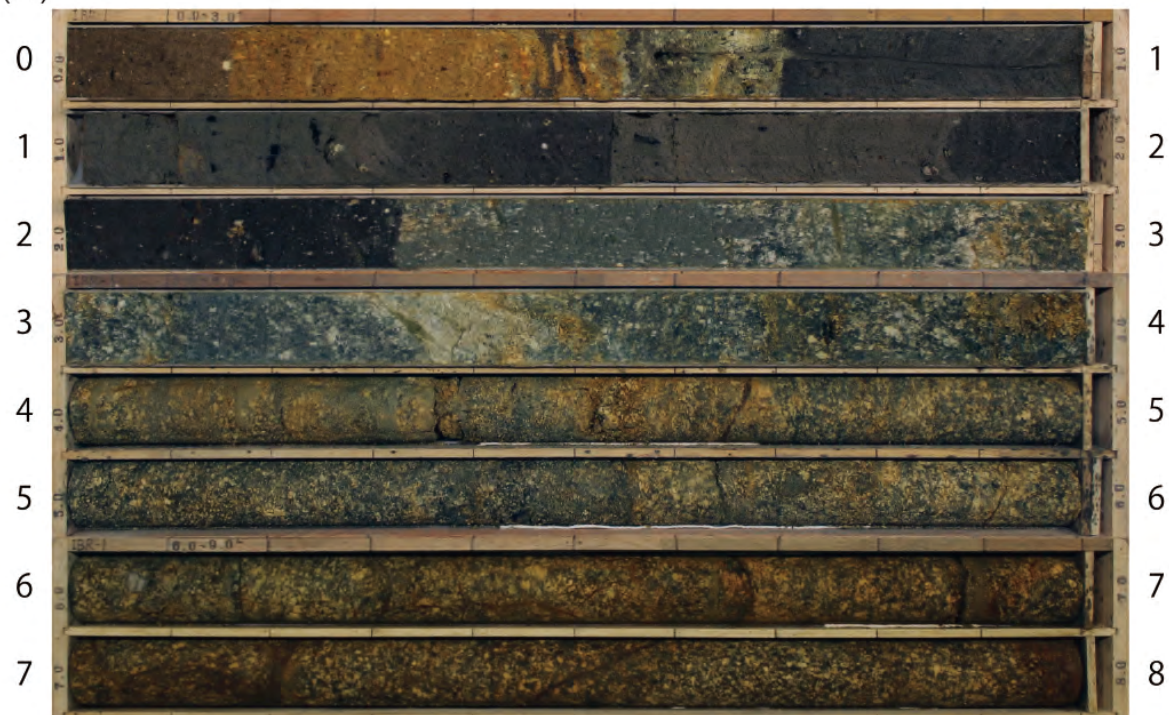
(m)

0	表土	砂礫混じり粘土	1
1		凝灰角礫岩	2
2		凝灰角礫岩	3
3		凝灰角礫岩	4
4		凝灰角礫岩	5

図 25 赤河断層南東部（恵那市長島町久須見）洞地区で掘削した HRA-2 のボーリングコア写真（上）と層相区分図（下）

IBR-1

(m)



(m)

0	表土	シルト混じり砂	砂混じり粘土	1
1	砂混じり粘土			2
2	砂混じり粘土	シルト混じり砂		3
3	シルト混じり砂	礫混じり砂		4
4	礫混じり砂		花崗閃緑岩	5
5	花崗閃緑岩			6
6	花崗閃緑岩			7
7	花崗閃緑岩			8

図 26 赤河断層南東部（恵那市長島町久須見）井洞地区で掘削した IBR-1 のボーリングコア写真（上）と層相区分図（下）

IBR-2

(m)

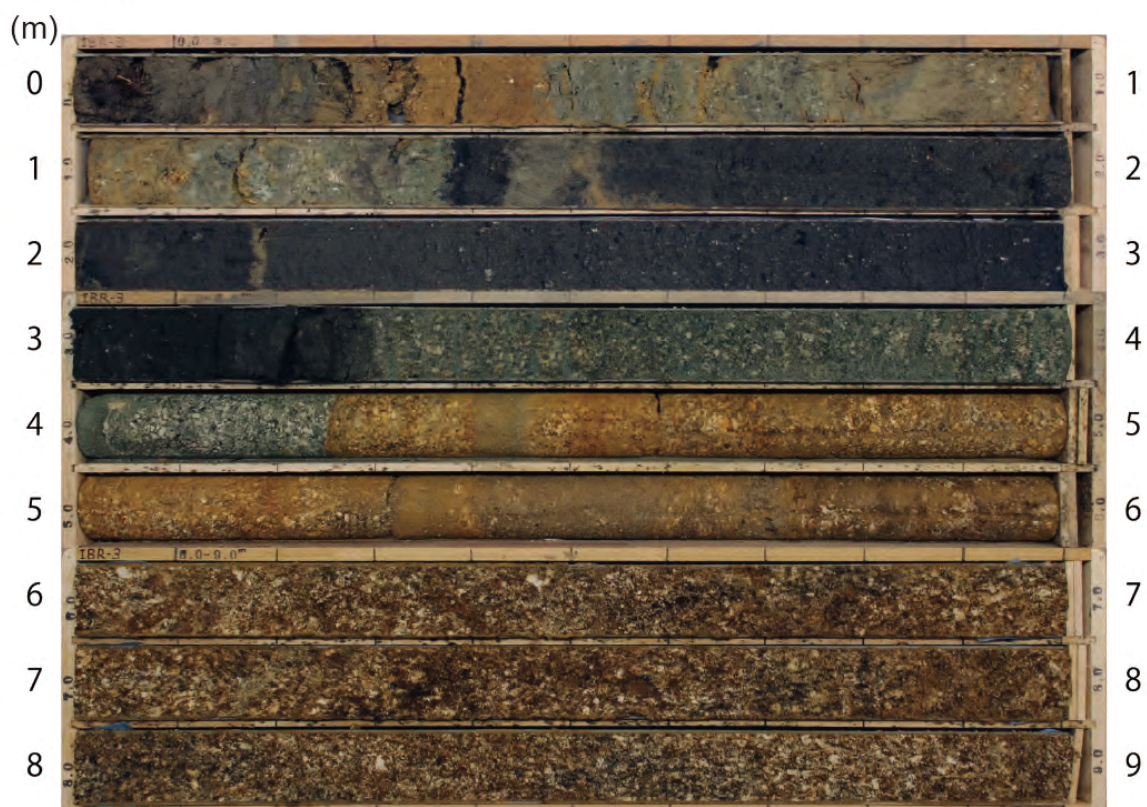


(m)

0	表土		1
1	表土	砂礫混じり粘土	2
2	砂礫混じり粘土		3
3	砂礫混じり粘土	シルト混じり砂礫	4
4	シルト混じり砂礫	花崗閃緑岩（風化）	5
5	花崗閃緑岩（風化）		6
6	花崗閃緑岩（風化）		7
7	花崗閃緑岩（風化）		8
8	花崗閃緑岩（風化）		9

図 27 赤河断層南東部（恵那市長島町久須見）井洞地区で掘削した IBR-2 のボーリングコア写真（上）と層相区分図（下）

IBR-3



(m)

0	表土	シルト混じり砂	1
1	シルト混じり砂	粘土混じり砂	2
2	粘土混じり砂		3
3	粘土混じり砂	シルト混じり砂礫	4
4		花崗閃緑岩（風化）	5
5	花崗閃緑岩（風化）		6
6	花崗閃緑岩（風化）		7
7	花崗閃緑岩（風化）		8
8	花崗閃緑岩（風化）		9

図 28 赤河断層南東部（恵那市長島町久須見）井洞地区で掘削した IBR-3 のボーリングコア写真（上）と層相区分図（下）

表 8 令和 5 年度に実施した赤河断層帯の調査で採取した試料の年代測定結果
暦年代 (cal BP) は、Ramsey (2009) の手法に従い、INTCAL20 (Reimer et al., 2020) を用いて算出した。

試料名 (試料採取深度)	Labo 番号 (Geo ID)	試料種類	前処理	Measured Age (BP)	Conventional Age (BP)	$\delta^{13}\text{C}$	cal BP (2 σ)
AKO_HRA-1_C1 (深度 2.10-2.15 m)	Beta-68355 (690803)	organic sediment	acid washes	900 $\pm$ 30	880 $\pm$ 30	-26.09	905 - 865 (16.9%) 858 - 846 (1.6%) 830 - 722 (76.5%) 702 - 698 (0.4%)
AKO_HRA-2_C1 (深度 0.65-0.70 m)	Beta-68356 (690804)	organic sediment	acid washes	3,120 $\pm$ 30	3,100 $\pm$ 30	-26.05	3,383 - 3,227 (95.4%)
AKO_IBR-1_C1 (深度 2.25-2.30 m)	Beta-68357 (690805)	organic sediment	acid washes	1,430 $\pm$ 30	1,450 $\pm$ 30	-23.86	1,379 - 1,299 (95.4%)
AKO_IBR-2_C1 (深度 3.28-3.33 m)	Beta-68358 (690806)	organic sediment	acid washes	3,180 $\pm$ 30	3,180 $\pm$ 30	-24.79	3,455 - 3,355 (95.4%)
AKO_IBR-2_C2 (深度 2.50-2.55 m)	Beta-68359 (690807)	wood	acid/alkali/acid	940 $\pm$ 30	920 $\pm$ 30	-26.32	915 - 770 (88.5%) 762 - 740 (6.9%)
AKO_IBR-3_C1 (深度 3.25-3.30 m)	Beta-68360 (690808)	organic sediment	acid washes	1,540 $\pm$ 30	1,500 $\pm$ 30	-27.17	1,467 - 1,460 (0.9%) 1,414 - 1,306 (94.5%)

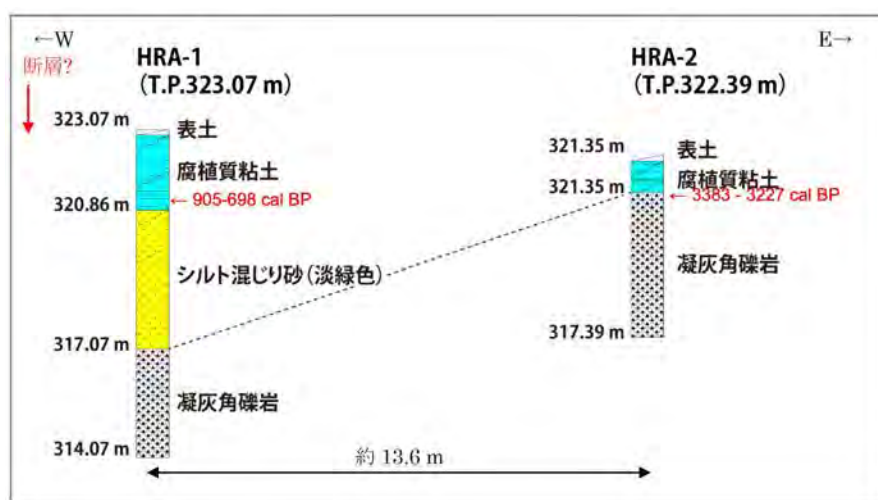


図 29 赤河断層南東部（洞地区）で掘削したボーリングの柱状図と年代測定結果

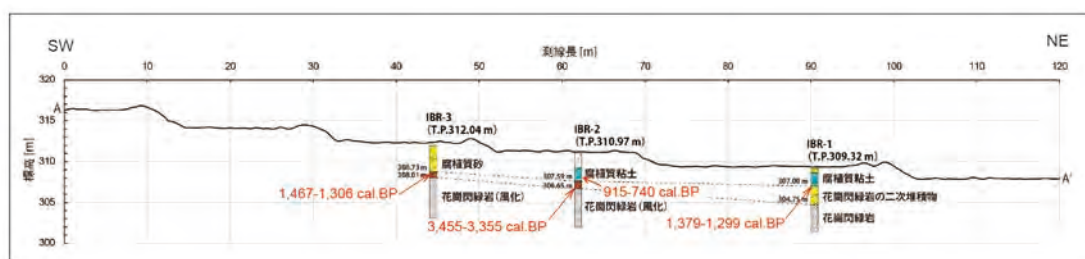


図 30 赤河断層南東部（井洞地区）で掘削したボーリングの柱状図と年代測定結果

4) トレンチ調査・ピット調査

令和6年度に、赤河断層の南東部でトレンチ調査とピット調査を実施した。当初はトレンチとピットを別の地点で掘削する予定であったが、複数の適地を見つけることができなかったため、一つの谷の両側の谷壁の基部でトレンチ及びピットを掘削した。現地を確認した結果、谷の南側を大きめに掘削してトレンチとし、北側にピットを掘削することにした（図31）。

【トレンチ調査】

トレンチの規模は、長さ約9 m、幅約6 m、深さ約2.5 mとした。ピットで観察した壁面の写真とスケッチを図32（東壁面）、図33（西壁面）、図34（北壁面）に示した。ピット内で観察された地層は、上位から順に、表土（砂質シルト）、腐植質砂混り粘土（灰～暗灰）、砂礫（褐灰）、砂質シルト（暗青灰～暗緑灰）、礫混じりシルト（黒色）、腐植質粘土（暗灰～灰黒色）、シルト（暗灰）及び基盤の花崗岩に区分される。基盤の上面は、谷の中央に向かって緩やかな勾配で傾き下がっており、一部ではチャンネル状の窪みが認められる。

東壁面と西壁面では、基盤の花崗岩内に多数の亀裂が確認された。トレンチで観察された亀裂の走向と傾斜を表9（東壁面）と表10（西壁面）に示した。一部の亀裂の上端はチャンネル状の窪みの縁へと続いている。

東壁面と西壁面から、放射性炭素年代測定用の試料を採取した。試料を採取した位置をそれぞれの壁面のスケッチに示した。また、採取した試料の一覧を表11に示した。

【ピット調査】

ピットの掘削規模は、南北方向に約5 m、東西方向に約3 m、深さ約2.5 mとした。埋め戻し前に、花崗岩と堆積物の境界部をさらに約1 m掘り下げた。ピットで観察した壁面の写真とスケッチを図35（東壁面）、図36（西壁面）、図37（北壁面）に示した。ピット内で観察された地層は、上位から順に、表土（砂質シルト）、砂質シルト（暗灰）、腐植土質砂質シルト（黒灰～暗灰）、礫質砂混りシルト（灰～黄灰）、砂混り腐植質シルト（黒色）、シルト混り砂～砂礫（赤褐色）、砂混りシルト（灰）、砂・腐植質混りシルト（灰～暗灰）、砂混り腐植質シルト（黒）、シルト（青灰）及び基盤の花崗岩に区分される。

東壁面と西壁面から、放射性炭素年代測定用の試料を採取した。試料を採取した位置をそれぞれの壁面のスケッチに示した。また、ピットの壁面から採取した試料の一覧を表12に示した。

【年代測定結果】

トレンチ及びピットの壁面から採取した炭化物のうち3試料（トレンチ：1試料、ピット：2試料）について、放射性炭素同位体年代を測定した。年代測定は、株式会社地球科学研究所に依頼した。測定結果を表13に示す。

トレンチについては、東壁面の腐植質砂混り粘土の層準から採取した試料（HTC-25：木炭）の年代測定を行った。暦年較正した年代値（ 2σ ）は499-316 cal BPであった。

ピットについては、西壁面の砂質シルトの層準から採取した試料（HPC-4：木炭）及び

シルトの層準から採取した試料（HPC-10：木炭）の年代測定を行った。暦年校正した年代値（ 2σ ）は、HPC-4 が 1,176-977 cal BP、HPC-10 が 770-672 cal BP であり、上下の層準で年代が逆転した。

【総合解釈】

トレンチ調査とピット調査で観察した結果を合わせて投影した図（東測線、西測線）を作成し、調査を実施した谷地形を横断した地質構造を検討した。それぞれの測線の位置を図 38 に、東測線の投影図を図 39 に、西測線の投影図を図 40 に示した。西測線については、トレンチの西壁面とピットの西壁面のスケッチを反転させて作成した。

トレンチとピットの間には深さ 3 m 以上の谷構造があり、今回の調査規模ではその基底まで確認することはできなかった。断層付近は基盤岩が破碎されるために周辺よりも浸食作用を受けやすく、断層に沿って直線的な谷が形成されることがある。今回の調査地点では、谷地形の縁辺ではなくて深い谷が形成されている部分に断層が通過している可能性が考えられる。

投影断面の南北で基盤上面の高さを比較すると、トレンチを掘削した南側が若干高い。また、トレンチを掘削した範囲では、比較的広い範囲で基盤が侵食されて上面が平坦になっている。このことから、土岐砂礫層の高度分布の情報に基づいて赤河断層が南側隆起の断層活動を行ってきた（木曾、1963；森山、1987）と想定されているように、今回の調査地点においても南側隆起の断層運動が起こっていることが推定される。

断層の活動時期については、499-316 cal BP、770-672 cal BP、1,176-977 cal BP の年代を示す地層に断層運動による変位を確認することはできなかったことから、これらの年代以降に赤河断層の活動はなかったと推定することもできるが、活断層の通過位置が今回の掘削位置から外れている可能性もあるため、確定的な情報とすることはできない。

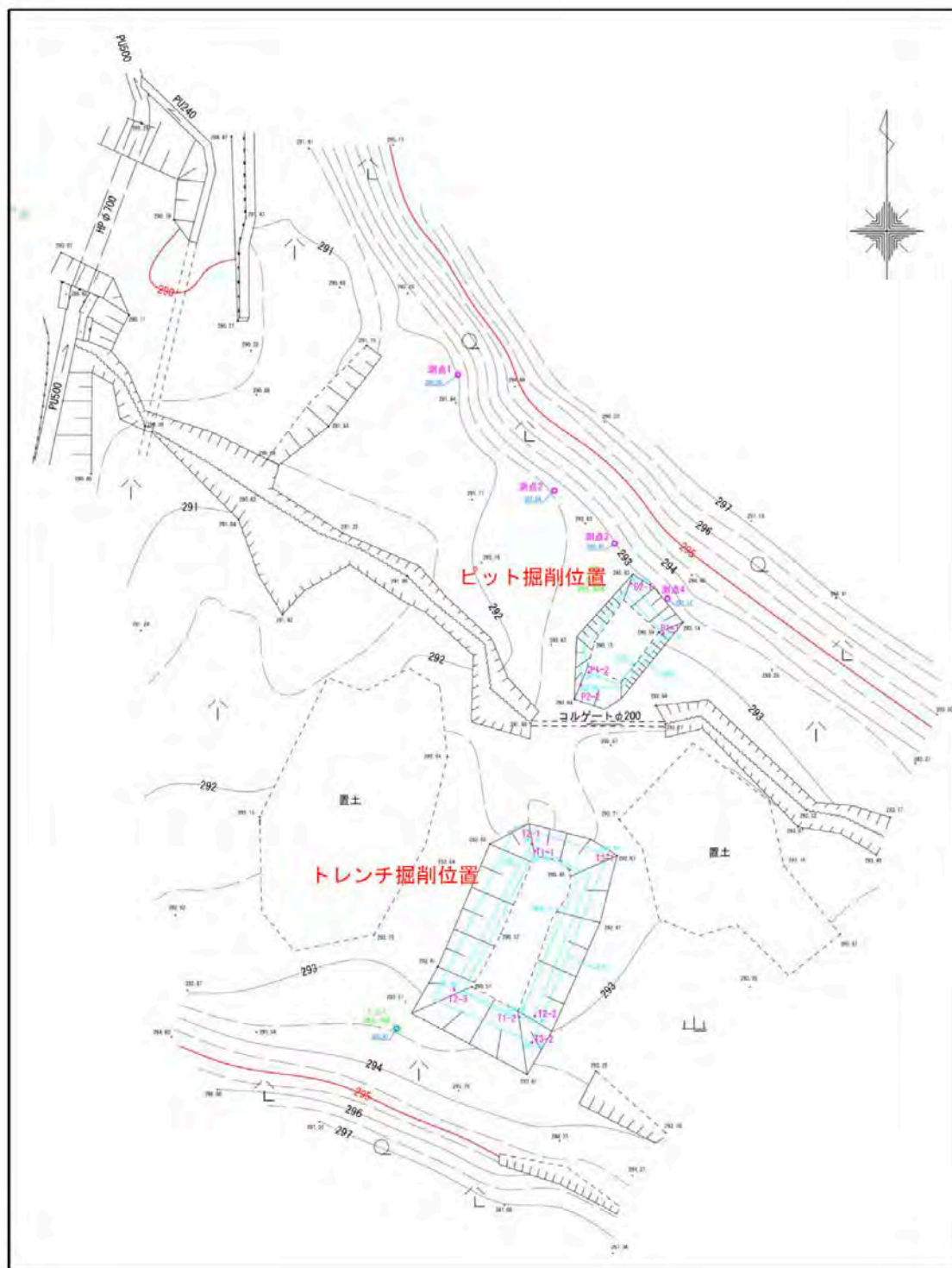


図 31 トレンチ及びピットの掘削位置図
 現地で実施した測量結果に基づき作成

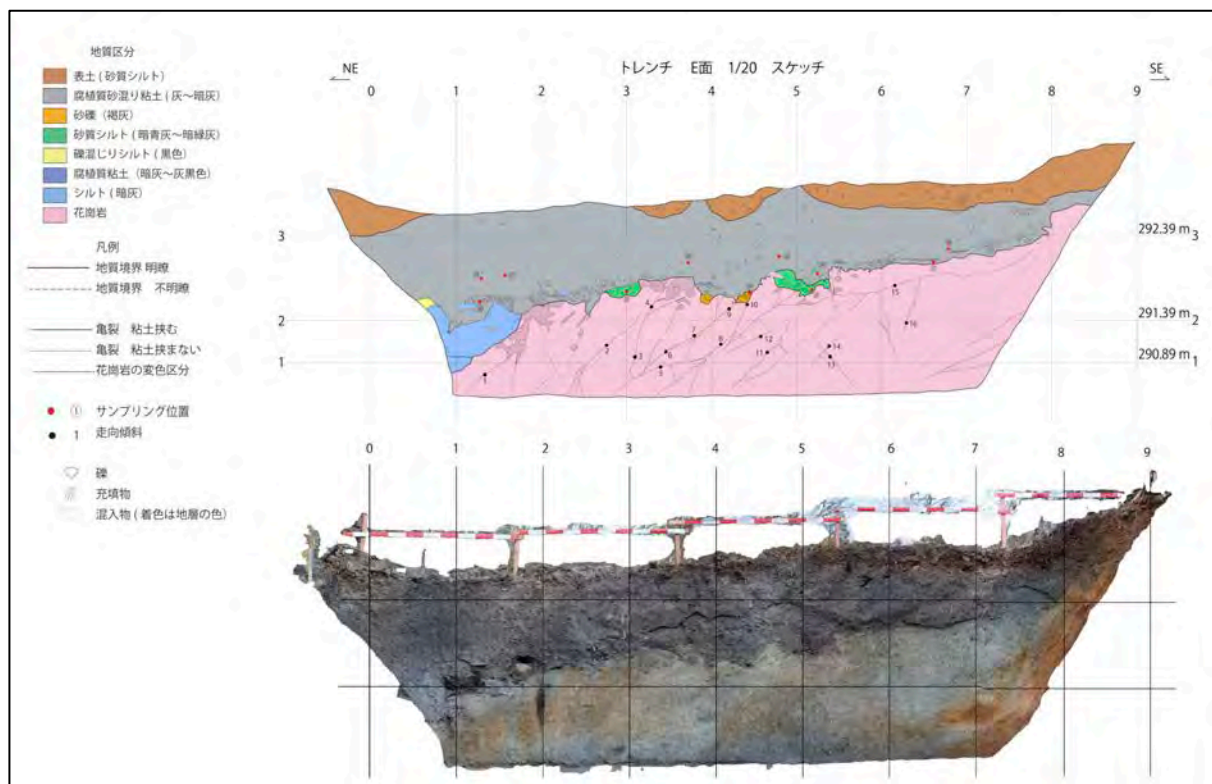


図 32 トレンチ東壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

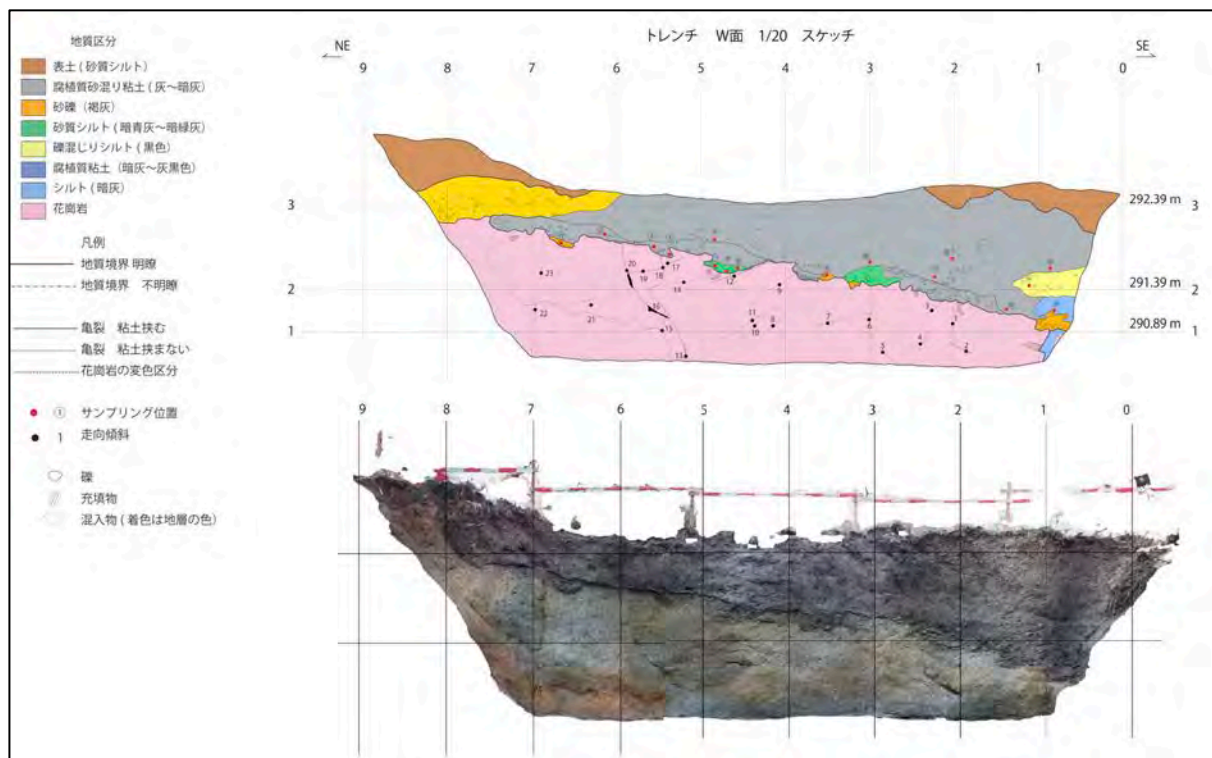


図 33 トレンチ西壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

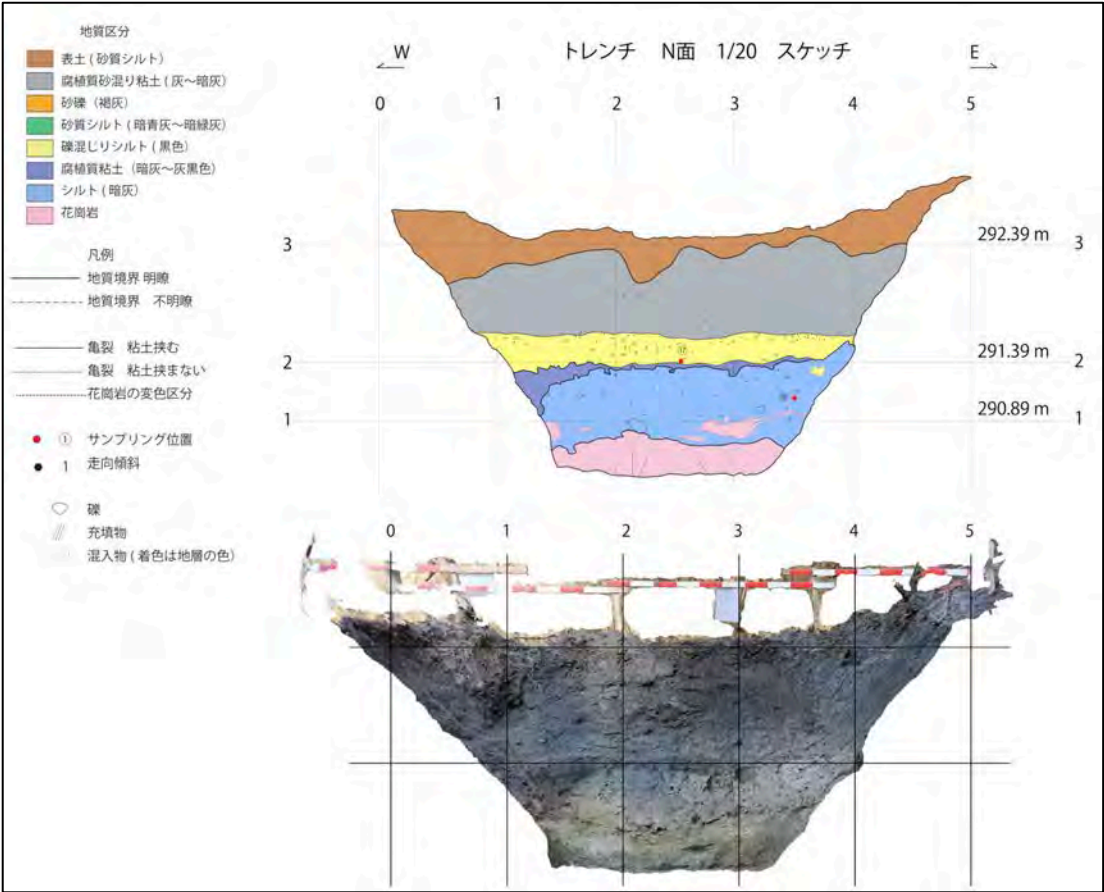


図 34 トレンチ北壁面のスケッチ（上）及びオルソ画像（下）

表 9 トレンチ東壁面で観察された亀裂の走向と傾斜及び粘土の厚さ

No.	走向・傾斜（真北）	粘土の厚さ	No.	走向・傾斜（真北）	粘土の厚さ
1	N11°E, 86°S	15 mm	9	N21°W, 75°N	15 mm
2	N21°W, 66°N	12 mm	10	N31°W, 70°N	5-10 mm
3	N33°W, 88°S	2 mm	11	N21°W, 62°N	20 mm
4	N15°W, 80°S	5 mm	12	N12°E, 52°S	2 mm
5	N27°E, 62°S	40 mm	13	N79°W, 56°S	3 mm
6	N25°W, 44°N	7 mm	14	N27°W, 68°N	25 mm
7	N23°W, 52°N	7 mm	15	N29°E, 84°S	5 mm
8	N19°W, 75°N	15 mm	16	N7°W, 66°S	3 mm

表 10 トレンチ西壁面で観察された亀裂の走向と傾斜

No.	走向・傾斜（真北）	粘土の厚さ	No.	走向・傾斜（真北）	粘土の厚さ
1	N70°W, 78°S	5 mm	13	N2°E, 45°S	3 mm
2	N88°W, 57°N	0-2 mm	14	N16°E, 70°N	-
3	N48°W, 42°S	0-3 mm	15	N44°W, 85°N	0-3 mm
4	N2°W, 55°S	0-2 mm	16	N26°W, 37°N	5 mm, 3 mm
5	N63°W, 55°N	0-1 mm	17	N22°E, 75°N	0-2 mm
6	N71°W, 80°S	0-3 mm	18	N26°W, 37°N	5 mm
7	N17°E, 80°N	0-1 mm	19	N32°E, 50°N	0-1 mm
8	N6°W, 71°S	-	20	N15°W, 50°N	1-5 mm
9	N9°W, 55°S	0-2 mm	21	N16°E, 47°N	1 mm
10	N14°W, 79°S	-	22	N26°W, 75°N	1-2 mm
11	N11°W, 64°S	0-1 mm	23	N15°W, 79°S	1-2 mm
12	N9°E, 65°N	1-3 mm	—	—	

表 11 トレンチ壁面から採取した年代測定用試料

No.	壁面	試料名	層準	試料の種類
1	西壁面	HTC-1	砂礫	材
2	西壁面	HTC-2	腐植質砂混り粘土	木炭
3	西壁面	HTC-3	腐植質砂混り粘土	木炭
4	西壁面	HTC-4	腐植質砂混り粘土	木炭
5	西壁面	HTC-5	腐植質砂混り粘土	木炭
6	西壁面	HTC-6	砂質シルト	木炭
7	西壁面	HTC-7	砂質シルト	木炭
8	西壁面	HTC-8	砂質シルト	木炭
9	西壁面	HTC-9	砂礫	材
10	西壁面	HTC-10	腐植質砂混り粘土	材
11	西壁面	HTC-11	腐植質砂混り粘土	材
12	西壁面	HTC-12	腐植質砂混り粘土	材
13	西壁面	HTC-13	腐植質砂混り粘土	材
14	西壁面	HTC-14	礫混じりシルト	材
15	西壁面	HTC-15	シルト	材
16	西壁面	HTC-16	腐植質砂混り粘土	材
17	北壁面	HTC-17	礫混じりシルト	材（加工木材）
18	北壁面	HTC-18	シルト	木炭
19	東壁面	HTC-19	腐植質砂混り粘土	木炭
20	東壁面	HTC-20	腐植質砂混り粘土	材
21	東壁面	HTC-21	腐植質砂混り粘土	木炭
22	東壁面	HTC-22	砂質シルト	木炭
23	東壁面	HTC-23	腐植質砂混り粘土	木炭
24	東壁面	HTC-24	砂礫	木炭
25	東壁面	HTC-25	腐植質砂混り粘土	材
26	東壁面	HTC-26	砂質シルト	木炭
27	東壁面	HTC-27	腐植質砂混り粘土	材
28	東壁面	HTC-28	腐植質砂混り粘土	材
29	東壁面	HTC-29	腐植質砂混り粘土	バルク

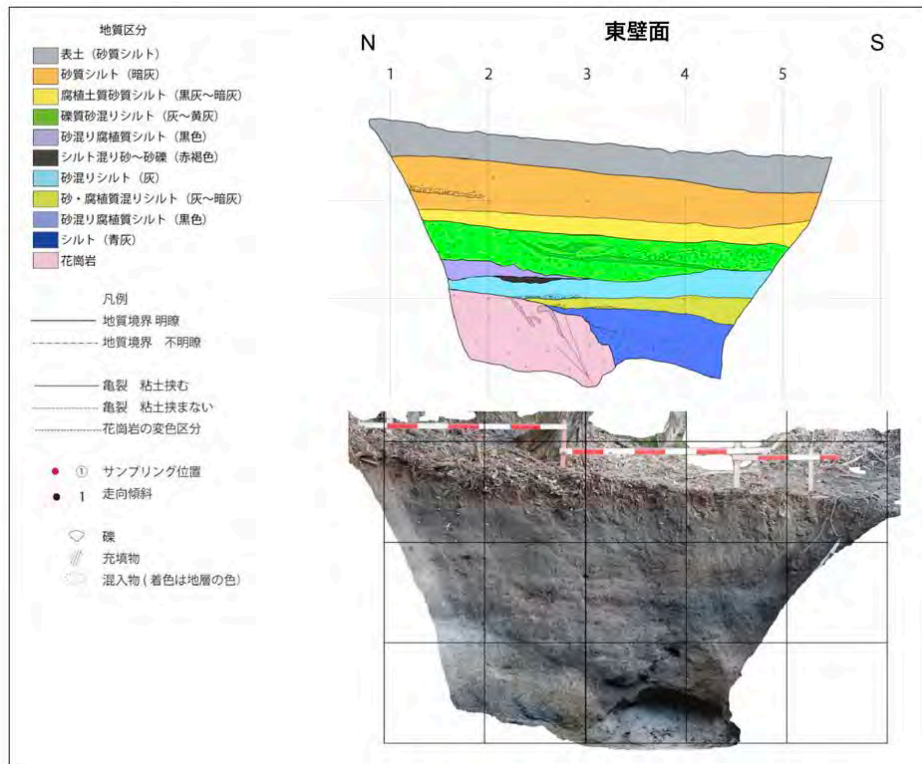


図 35 ピット東壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

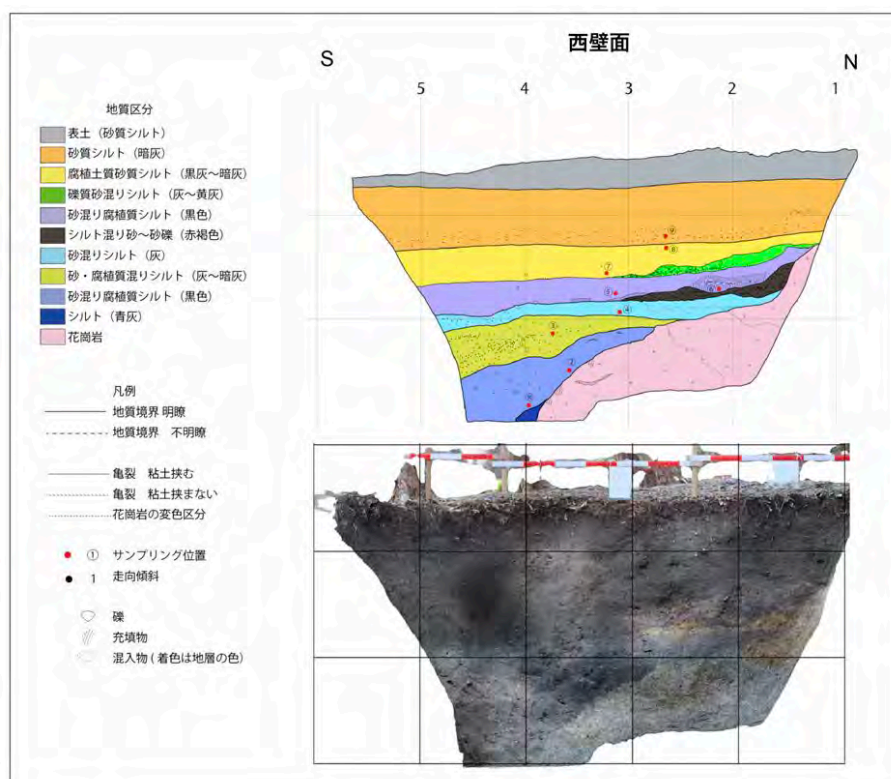


図 36 ピット西壁面のスケッチ (上) 及びオルソ画像 (下)

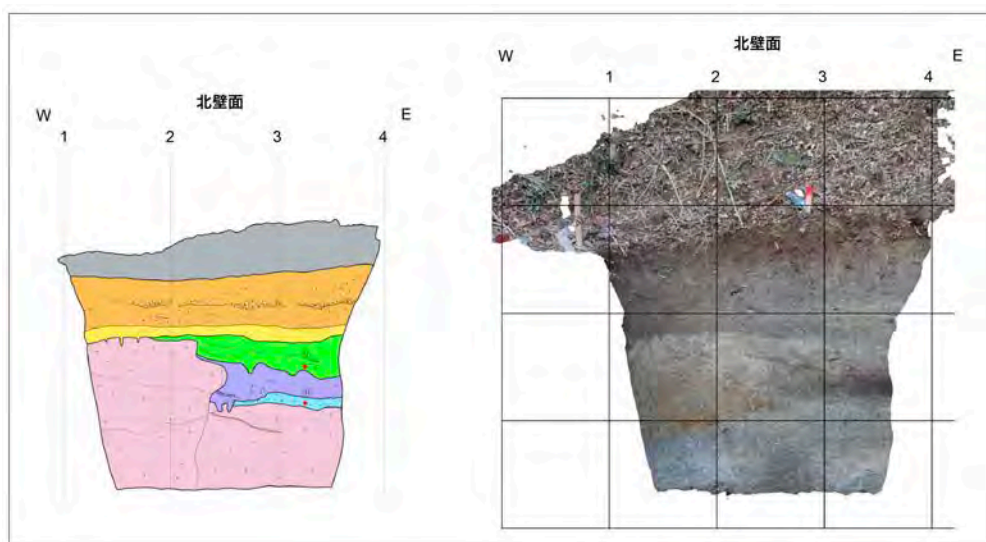


図 37 ピット北壁面のスケッチ（右）及びオルソ画像（左）

表 12 ピット壁面から採取した年代測定用試料

No.	壁面	試料名	層準	試料の種類
1	西壁面	HPC-1	シルト	腐植質シルト
2	西壁面	HPC-2	砂混り腐植質シルト	木炭
3	西壁面	HPC-3	砂・腐植質混りシルト	木炭
4	西壁面	HPC-4	砂混りシルト	木炭
5	西壁面	HPC-5	砂混り腐植質シルト	木炭
6	西壁面	HPC-6	砂混り腐植質シルト	木炭
7	西壁面	HPC-7	腐植土質砂質シルト	木炭
8	西壁面	HPC-8	腐植土質砂質シルト	木炭
9	西壁面	HPC-9	砂質シルト	木炭
10	西壁面	HPC-10	砂混り腐植質シルト	木炭
11	北壁面	HPC-11	砂混りシルト	木炭
12	北壁面	HPC-12	礫質砂混りシルト	木炭

表 13 トレンチ及びピットから採取した試料の年代測定結果

試料名	Beta-Lab. No.	試料の種類	Conventional Age (BP)	Calibrated Age (cal BP)	
				(1σ)	(2σ)
HTC-25	734654	charcoal	370 ± 30	491 - 433 (44.9 %) 360 - 330 (23.3 %)	499 - 423 (52.2 %) 398 - 316 (43.2 %)
HPC-4	734652	charcoal	1,180 ± 30	1,129 - 1,059 (54.1 %) 1,175 - 1,160 (12.7 %) 1,144 - 1,141 (1.4 %)	1,176 - 1,051 (82.8 %) 1,032 - 991 (11.7 %) 983 - 977 (0.9 %)
HPC-10	734653	charcoal	800 ± 30	725 - 686 (68.2 %)	770 - 762 (1.8 %) 740 - 672 (93.6 %)

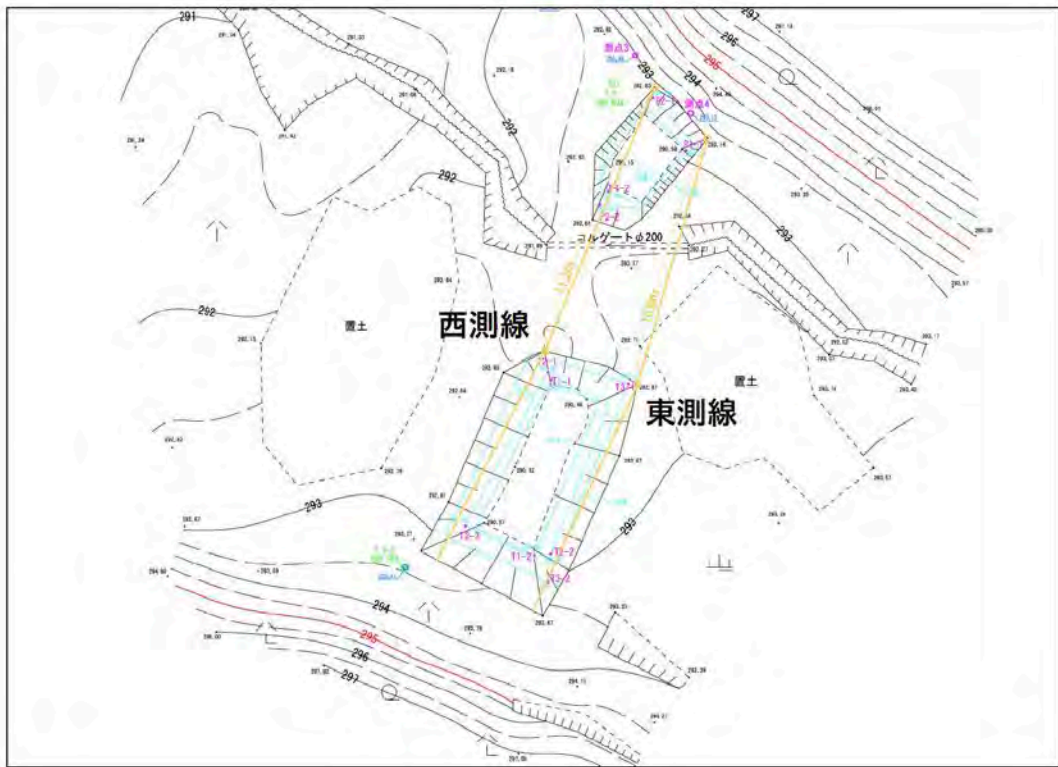


図 38 トレンチとピットの投影断面の位置図

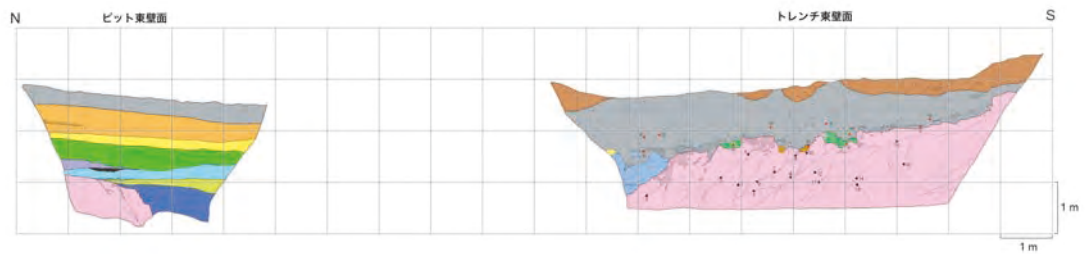


図 39 東測線におけるトレンチとピットの投影断面

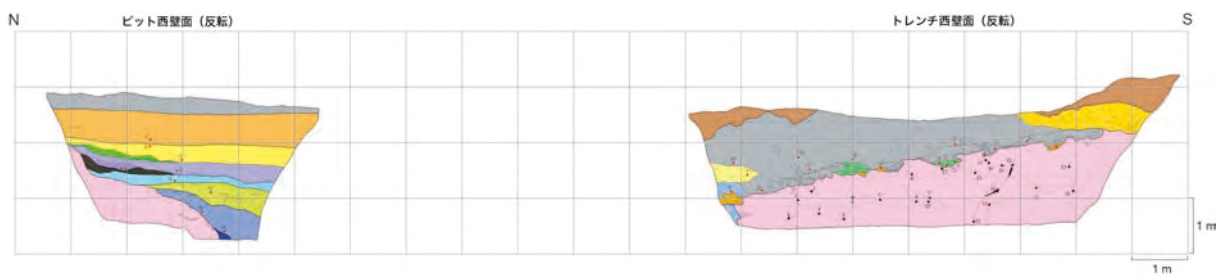


図 40 西測線におけるトレンチとピットの投影断面

5) 露頭観察

恵那市長島町久須見の洞地区の道路脇で露頭観察を行った。この地点は、岐阜県博物館が公開している「岐阜県地質図：ジオランドぎふ」の詳細地質図では、濃飛流紋岩と花崗岩の境界をなす断層が通過する場所である。国土地理院活断層図（岡田・他，2006）が示す推定活断層はこの地点を通過する位置に引かれているが、岐阜県活断層図（鈴木・杉戸，2010）が示す推定活断層はこの地点よりも約 100 m 南西側に引かれている。

観察を行った露頭で撮影した写真をオルソ化した画像を図 41 上に、観察結果をまとめたスケッチを図 41 下に示す。露頭では数多くの亀裂が観察された。露頭で観察された亀裂の走向と傾斜を表 14 に示した。

この露頭では、濃飛流紋岩と花崗岩が分布する。これらの岩石の境界（図 41 下の 15）は、走向 N87°W，傾斜 40°N の断層で接しているが、断層ガウジは発達していない。一方で、濃飛流紋岩の中の破碎部（図 41 下の 2、走向 N43°W，傾斜 88°S）には、粘土化した白色の断層ガウジが観察された。

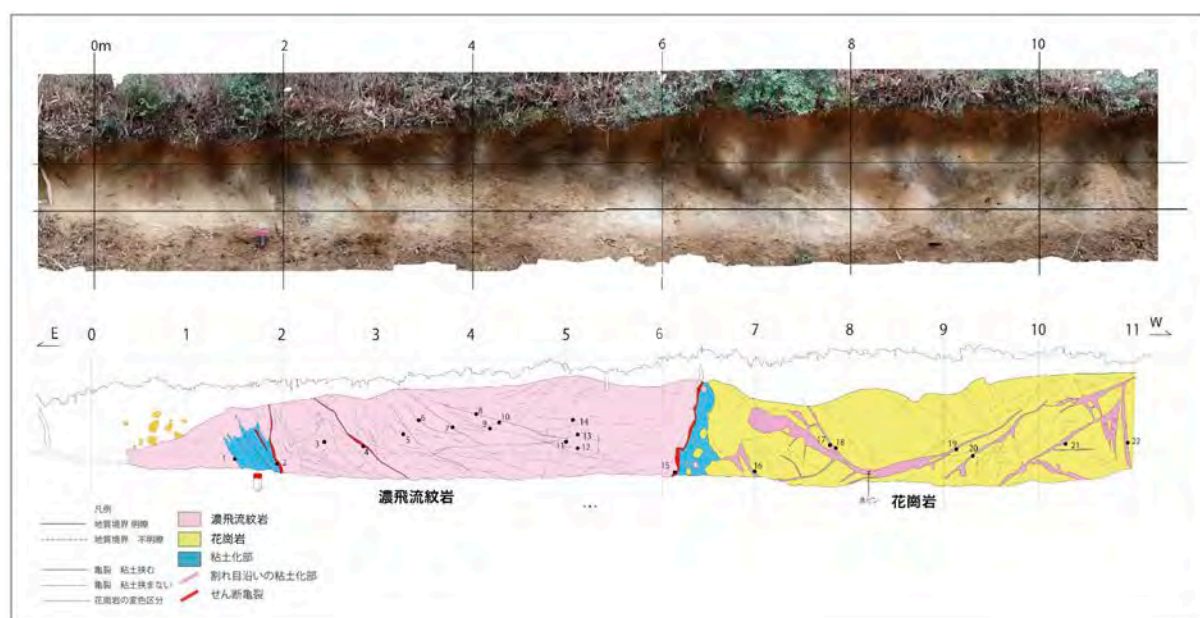


図 41 赤河断層の露頭の写真（オルソ画像）（上）とスケッチ（下）

表 14 露頭で観察された亀裂の走向と傾斜

No.	走向・傾斜（真北）	No.	走向・傾斜（真北）	No.	走向・傾斜（真北）
1	N61°W, 78°S	9	N80°E, 80°S	17	N43°W, 80°S
2	N43°W, 88°S	10	N27°E, 70°S	18	N67°W, 80°S
3	N39°W, 34°S	11	N33°W, 48°N	19	N5°W, 38°N
4	N33°W, 48°S	12	N72°E, 70°S	20	N33°W, 54°N
5	N77°W, 50°S	13	N69°E, 24°S	21	N13°W, 30°N
6	N39°W, 48°S	14	N23°W, 74°N	22	N56°W, 64°S
7	N18°W, 42°S	15	N87°W, 40°N	—	—
8	N89°E, 36°S	16	N69°W, 84°S	—	—

6) 水系屈曲率に基づく横ずれ平均変位速度

赤河断層帯の平均変位速度（横ずれ成分）を検討するため、赤河断層の南東部において水系屈曲率の検討を行った。検討対象は、文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2021）の手法に基づき、左横ずれが認められ、上流部が侵食小起伏面に達している 7 水系を対象とした（図 42）。計測した水系の屈曲量、上流の長さ及び α の値を表 14 に示す。また、水系の屈曲量と上流の長さとの関係および α の値を図 43 に示す。検討の結果、赤河断層の南東部における水系の屈曲について、屈曲率 α の値は最大で 0.320、最小で 0.052 であり（表 15）、平均値は 0.148 と算出された。

屈曲率 α の値から平均変位速度（横ずれ成分）を算出するには、係数 k の値が必要となる。係数 k は侵食速度等と関係があると考えられるため、その地域ごとに検討する必要がある。ここでは、文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2023）が算出した跡津川断層の係数 k の平均値 19.0 を中部地方における代表値として用いることとする。

赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度の算出について、上述の水系屈曲率の平均値（0.148）と、跡津川断層で算出された係数 k の平均値 19.0 に基づくと、赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度は 2.8 m/千年（ α のばらつきを考慮すると、0.99 ～6.1 m/千年）となる。この値に従えば、赤河断層の南東部が活動度 A 級の活断層ということになるが、これまでに断層変位地形の明瞭さ等から推定されていた活動性（B 級）よりも高い活動を示すことになる。文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2023）でも指摘されているように、本手法については今後も検討を重ねる必要がある。

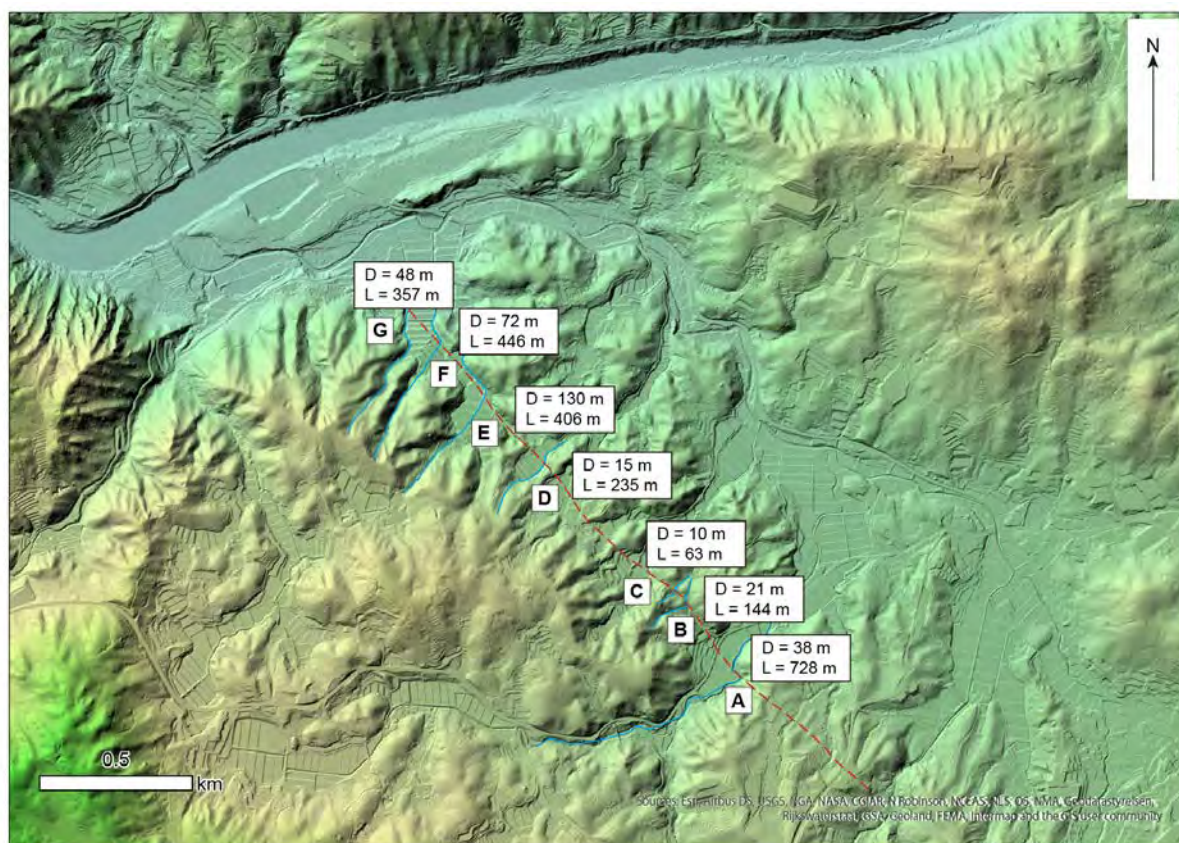


図 42 赤河断層南東部における水系屈曲量と断層よりも上流の水系の長さ

表 15 赤河断層における水系の屈曲量と上流の長さ

α の列の赤文字は最大値、青文字は最小値を示す。

地点	地点名	水系の屈曲量 (m)	上流の長さ (m)	α
		①	②	① / ②
A	千田	38	728	0.053
B	洞 1	21	144	0.146
C	洞 2	10	63	0.159
D	井洞	15	235	0.064
E	下本郷 1	130	406	0.320
F	下本郷 2	72	446	0.161
G	下本郷 3	48	357	0.134

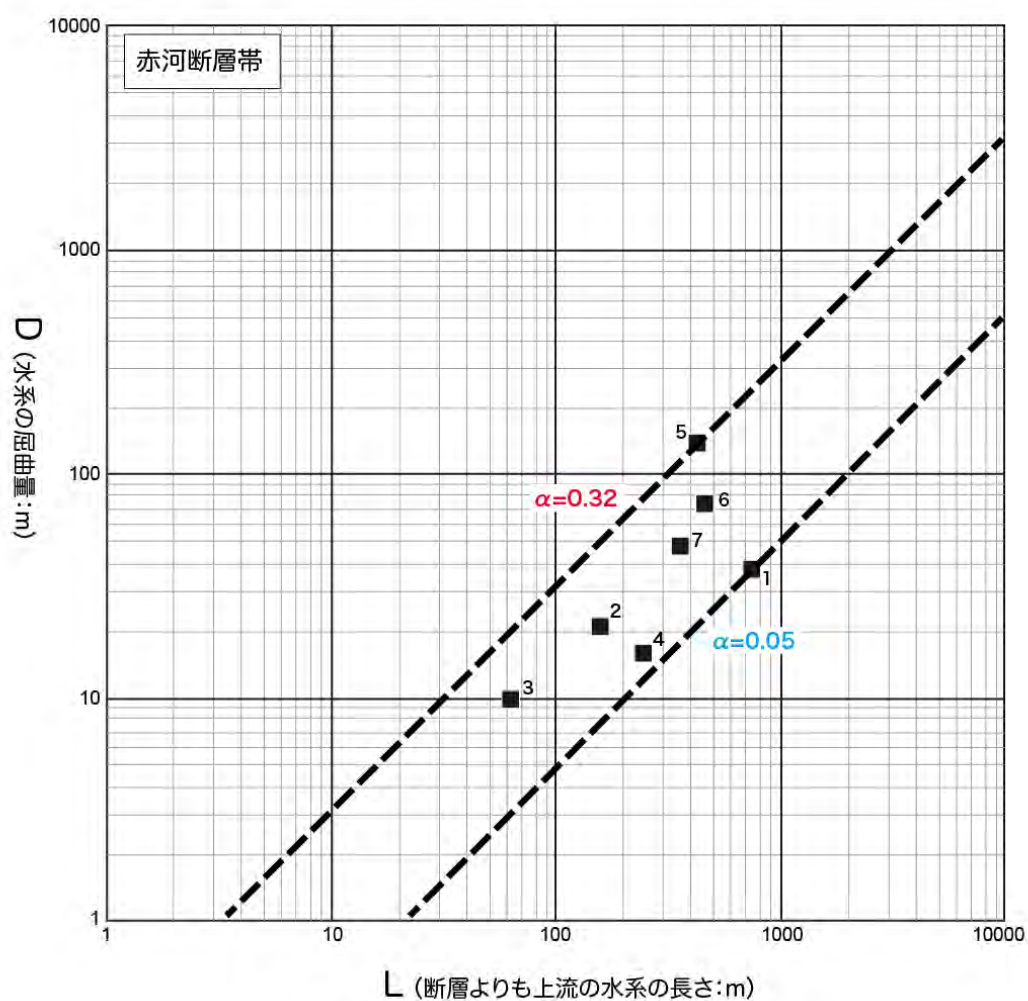


図 43 赤河断層南東部における水系の屈曲量 (D) と断層よりも上流の水系の長さ (L) の関係

(d) 結論

赤河断層帯を構成する活断層（赤河断層、権現山断層、中野方北方の断層）について、既往文献を調査し、それぞれの活断層の特性について確認した。これらの活断層のうち、赤河断層の南東部（恵那市長島町久須見）において、令和5年度にUAVを用いたレーザー測量（千田地区、上本郷地区）とボーリング調査（洞地区、井洞地区）を、令和6年度にトレンチ調査・ピット調査（上本郷地区）と露頭観察（洞地区）を実施した。

令和5年度に実施したUAVを用いたレーザー測量では、千田地区と上本郷地区において赤河断層に沿った断層変位地形を明らかにすることができ、翌年度のトレンチ調査・ピット調査の候補地の選定に役立った。

令和5年度に実施したボーリング調査では、横ずれを示す水系の堆積物の厚さと層相を確認した。また、ボーリングコアから採取された試料について放射性炭素年代測定を実施し、水系における堆積物の堆積開始時期について検討した。その結果、洞地区において左横ずれ変位したことが推定される2本の水系のうち、北西側の水系の堆積物の基底付近で採取された腐植質シルトから905-698 cal BP（HRA-1）の年代が、南東側の水系の堆積物の基底付近で採取された腐植質シルトから3,383-3,227 cal BP（HRA-2）の年代が、それぞれ得られた。一方、井洞地区の水系の堆積物に含まれる材から915-740 cal BPの年代が、堆積物の基底付近から採取された腐植質シルトから1,379-1,299 cal BP（IBR-1）、3,455-3,355 cal BP（IBR-2）、1,467-1,306 cal BP（IBR-3）の年代が得られた。

令和6年度に実施したトレンチ調査とピット調査では、499-316 cal BP、770-672 cal BP、1,176-977 cal BPの年代を示す地層に断層運動による変位を確認することはできなかった。これらの堆積物に覆われる基盤の花崗岩に明瞭な断層破碎帯が確認できなかったことから、今回の調査で掘削することができなかった谷地形の中央部付近を断層が通過している可能性がある。トレンチ内では基盤の花崗岩の上面が広く侵食されていることから、南側が隆起する傾向があることが推定される。このことは土岐砂礫層の分布高度などから想定されている赤河断層の運動センスと調和的である。

令和6年度に実施した洞地区の露頭の詳細観察では、濃飛流紋岩と花崗岩の境界をなす断層露頭を観察し、亀裂の性状の観察と走向・傾斜の計測を実施した。観察の結果、粘土化した断層ガウジの存在から、この地点における最近の断層活動は、地層境界をなす断層よりも数m北側の濃飛流紋岩内で生じていた可能性が推定された。しかし、第四紀層と断層との関係など、最近の断層活動を示す直接的な証拠は得られなかった。

水系屈曲率を用いた赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度の検討では、水系屈曲率の平均値（0.148）と、跡津川断層で算出された係数 k の平均値19.0に基づくと、赤河断層の南東部の横ずれ成分の平均変位速度は2.8 m/千年（ α のばらつきを考慮すると、0.99~6.1 m/千年）と算出された。この値に従えば、赤河断層の南東部が活動度A級の活断層ということになるが、これまでに断層変位地形の明瞭さ等から推定されていた活動性（B級）よりも高い活動を示すことになる。文部科学省研究開発局・産業技術総合研究所（2023）でも指摘されているように、本手法については今後も検討を重ねる必要がある。

(e) 引用文献

- Bronk Ramsey, C., Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1), 337-360, 2009.
- 岐阜県地質図 [ジオランドぎふ] <https://geo-gifu.org/geoland/>
- 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長期評価, 51p, 2004.
- 活断層研究会編, 日本の活断層-分布図と資料-, 東京大学出版会, 363p, 1980.
- 活断層研究会編, 新編日本の活断層-分布図と資料-, 東京大学出版会, 437p, 1991.
- 河田清雄, 5 万分の 1 地質図幅解説書「付知」, 地質調査所, 81p, 1961
- 木曾敏行, 木曾川流域の地形発達. *地理学評論*, 36, 87-109, 1963.
- 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.
- 水谷伸治郎・小井土由光, 金山地域の地質. *地域地質研究報告* (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 111p, 1992.
- 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所, 活断層評価の高度化・効率化のための調査 令和 2 年度 成果報告書, https://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/koudoka/r02/r02_koudoka_all.pdf, 2021.
- 文部科学省研究開発局・国立研究開発法人産業技術総合研究所, 活断層評価の高度化・効率化のための調査手法の検証 令和 4 年度 成果報告書, https://www.jishin.go.jp/main/chousakenkyuu/koudoka_kenshou/r04/r04_koudoka_kenshou_all.pdf, 2023.
- 森山昭雄, 木曾川・矢作川流域の地形と地殻変動. *地理学評論*, 60, 67-92, 1987.
- 岡田篤正・澤 祥・後藤秀昭・熊原康博・越後智雄・池田安隆, 1:25,000 都市圏活断層図 阿寺断層とその周辺「白川」. 国土地理院技術資料 D・1-No.458, 2006.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, u., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A. and Talamo, S., The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0-55 cal kBP), *Radiocarbon* 62(4), 725-757, 2020.
- 鈴木康弘・杉戸信彦, 1:25,000 岐阜県活断層図解説書. 岐阜県, 104p, 2010.