

焼却施設用地 地質・トレンチ調査業務委託

トレンチ調査
報告書

平成31年3月

株式会社ダイヤコンサルタント

目 次

1. 実施概要	1
1.1 基本方針	1
1.2 実施概要	1
1.3 調査位置図	2
1.4 調査数量	3
2. 奈良盆地東縁断層帯について	4
3. 調査方法	14
3.1 作業手順	14
3.2 作業内容及び注意事項	14
3.3 データの整理, とりまとめ	15
3.4 地元説明会	15
3.5 有識者対応	15
3.6 原状復帰	15
3.7 安全管理及び環境対策	15
4. 断層について	16
5. トレンチ調査結果	21
5.1 調査位置	21
5.2 層序および地質概要	22
5.3 追加掘削について	31
5.4 断層構造	34
5.5 測点 90m 付近の逆断層	35
5.6 トレンチ西側の正断層	38
5.7 まとめ	41

図表 目次

図 1-1 調査位置図	2
図 1-2 トレンチ調査位置図	3
図 2-1 奈良盆地東縁断層帯の構成（地震調査委員会より引用）	6
図 2-2 調査位置図（都市圏活断層図）	8
図 2-3 調査位置図（近畿の活断層）	9
図 2-4 調査位置図（5 万分の地質図幅「桜井」）	10
図 2-5 大阪層群の層序と分布（桜井地域の地質より引用）	11
図 2-6 反射法地震探査から求めた奈良盆地東縁部の地質断層（桜井地域の地質より引用）	12
図 2-7 地形分類図（平成 25 年度「活断層の補完調査」成果報告書より引用）	13
図 4-1 近畿地方と周辺の活断層区の区分と活断層の特性	19
図 5-1 測点 25-26m 付近の拡大スケッチ	23
図 5-2 測点 39-40m 付近の拡大スケッチ	24
図 5-3 測点 90m 付近の拡大スケッチ	25
図 5-4 トレンチ壁面写真－1（南側壁面測点 10-40m）	26
図 5-5 トレンチ壁面写真－2（南側壁面測点 40-70m）	27
図 5-6 トレンチ壁面写真－3（南側壁面測点 70-100m）	28
図 5-7 トレンチスケッチ（1）（南側壁面，縮尺 1/50 測点 13-55m）	29
図 5-8 トレンチスケッチ（2）（南側壁面，縮尺 1/50 測点 55-100m）	30
図 5-9 追加掘削スケッチ（1）（南側壁面，縮尺 1/50 測点 13-55m）	32
図 5-10 追加掘削スケッチ（2）（南側壁面，縮尺 1/50 測点 55-100m）	33
図 5-11 奈良盆地東縁断層の地質構造（断面方向を合わせるためにオリジナル断面を反転）	34
図 5-12 逆断層で生じる変形構造例	34
図 5-13 測点 88-91m 区間の写真とスケッチ	35
図 5-14 北側壁面測点 88-91m 区間の写真とスケッチ	36
図 5-15 圧縮応力で生じる地層のずれ	37
図 5-16 副次的な逆断層（bending-moment fault）	37
図 5-17 測点 25-27.5m 区間の写真とスケッチ	39
図 5-18 測点 30-33m 区間の写真とスケッチ	40
表 2-1 奈良盆地東縁断層帯まとめ	7

巻末資料

- 巻末-1 壁面拡大写真
- 巻末-2 現場施工写真
- 巻末-3 現地説明会資料
- 巻末-4 有識者のコメント

1. 実施概要

1.1 基本方針

本業務は、山辺・県北西部広域環境衛生組合（以下「本組合」という。）が計画する焼却施設整備事業の円滑な進捗を図るために、施設建設予定地における断層情報を得ることを目的とした。

トレンチ調査は焼却施設予定地において、施設に影響を及ぼす断層の有無を確認するために、施設を横断する方向にトレンチを掘削し、地質構造の詳細観察を行った。

1.2 実施概要

- | | |
|-----------|---|
| (1) 委 託 名 | 焼却施設用地 地質・トレンチ調査業務委託 |
| (2) 委託場所 | 天理市岩屋町 ^{いわやちょう} 他（焼却施設） |
| (3) 履行期間 | 自）平成 30 年 7 月 31 日
至）平成 31 年 3 月 29 日 |
| (4) 委 託 者 | 山辺・県北西部広域環境衛生組合
〒632-8555 天理市川原城町 605 番地 天理市役所内
TEL:0743-63-1001 FAX:0743-63-3915 |
| (5) 受 託 者 | (株)ダイヤコンサルタント 奈良事務所
〒630-8115 奈良市大宮町 7 丁目 2-5 田村ビル 2 階
TEL:0742-36-7390 FAX:0742-36-7391 |
| 管理技術者 |  技術士（応用理学部門：地質、森林部門：森林土木）
RCCM（河川、砂防及び海岸・海洋） |
| 照査技術者 |  技術士（応用理学部門：地質）
RCCM（土質及び基礎）（河川、砂防及び海岸・海洋） |
| 業務担当者 |  技術士（総合技術管監理：応用理学-地質）
（応用理学部門：地質）
 RCCM（土質及び基礎）

 技術士補（応用理学部門）測量士補 |

1.3 調査位置図

調査位置図を図 1-1 に示す。

トレンチ調査は委託場所-1 の焼却施設予定地である。

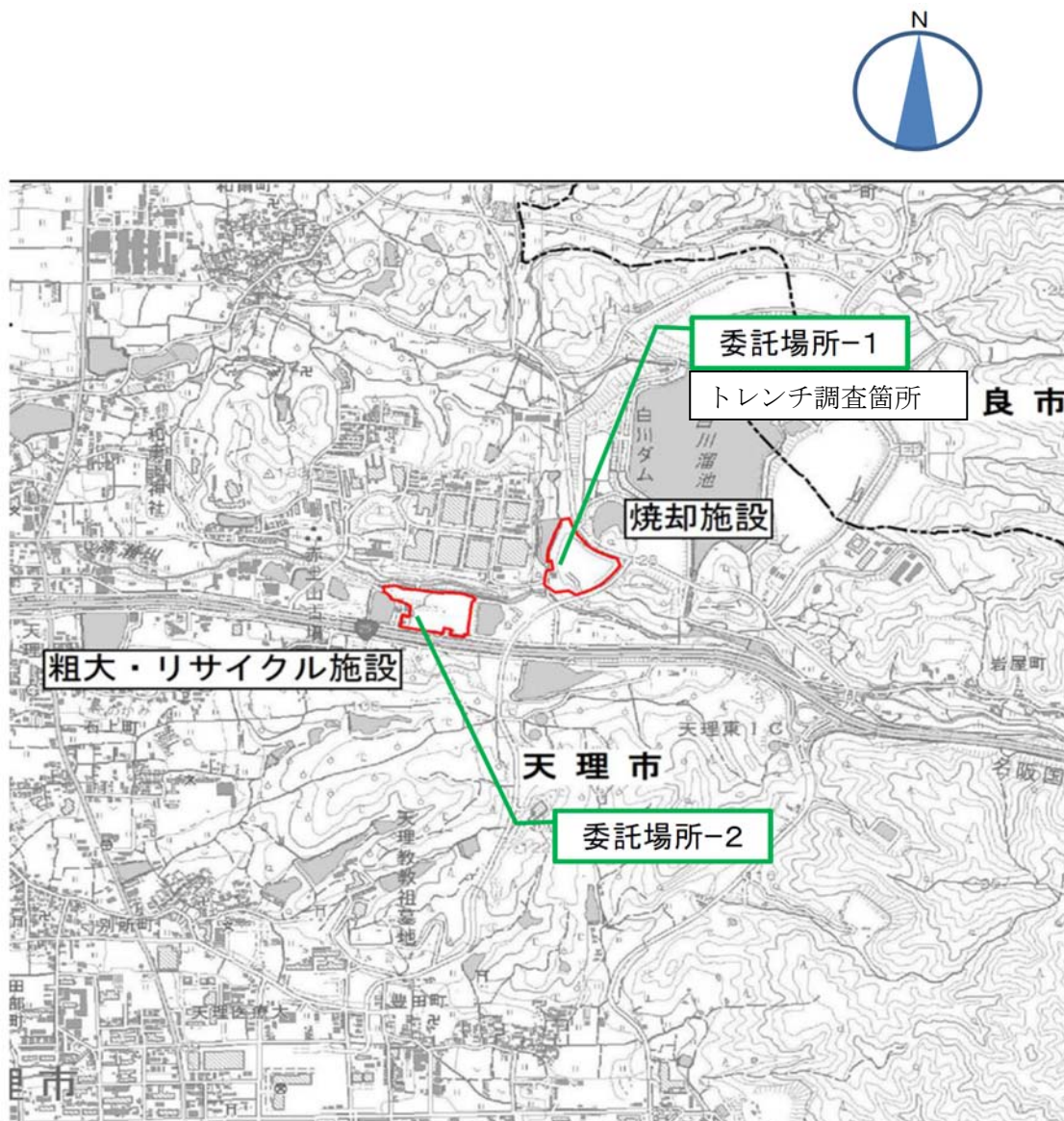


図 1-1 調査位置図

1.4 調査数量

トレンチ調査の調査内容および数量を以下に示す。

当初：トレンチ掘削 100m 深さ 2m

追加：掘り下げ掘削 7m 深さ 1m（最終 3m）

測点 25-27.5m, 30-33m, 88-91m

当初：トレンチ壁面観察 174 m² 程度（測点 13-100m）

追加：掘り下げ分観察 7.5 m² 程度

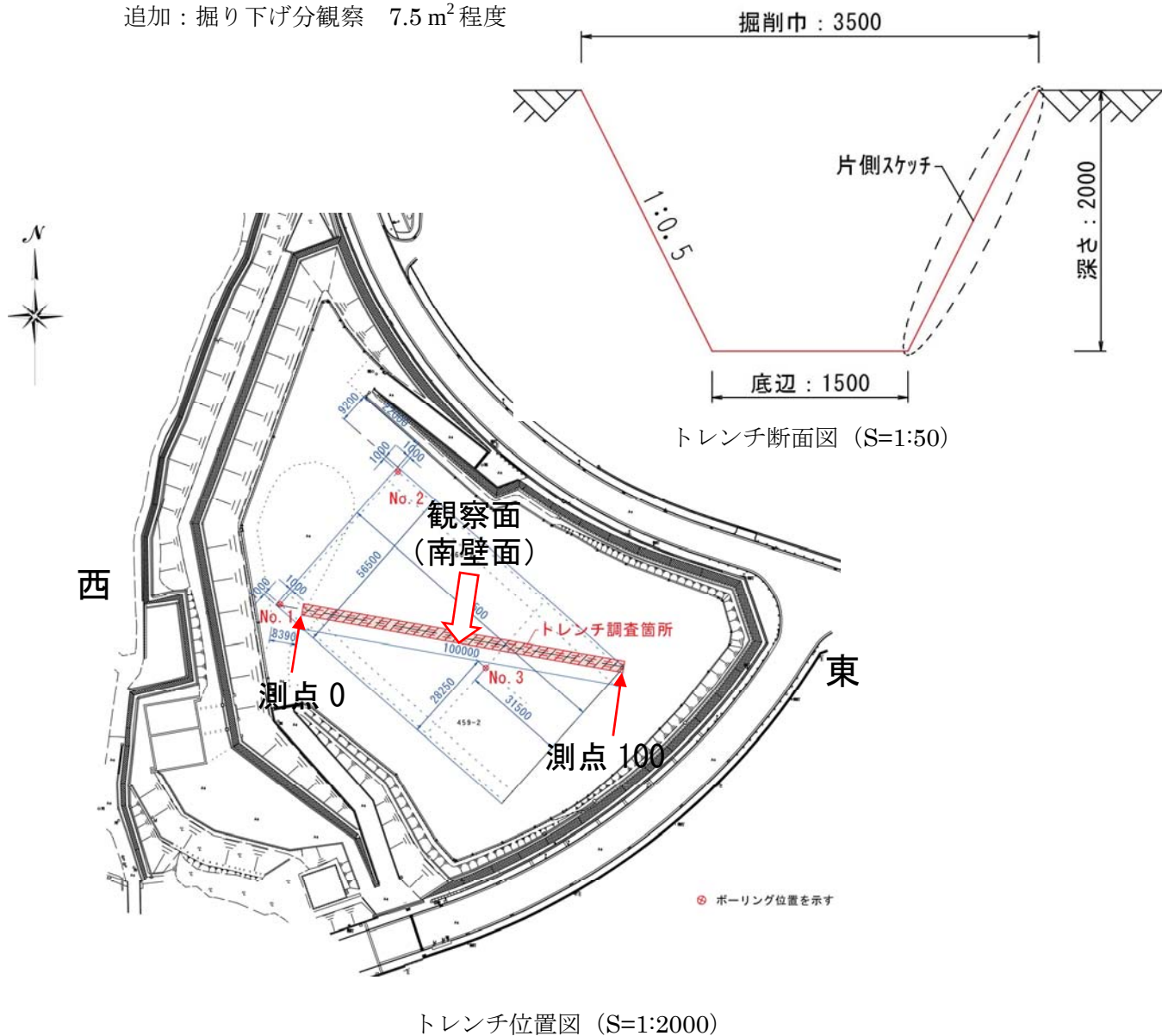


図 1-2 トレンチ調査位置図

2. 奈良盆地東縁断層帯について

委託場所周辺には奈良盆地東縁断層帯が通過しており、その断層帯の活動による影響が懸念されている。

独立行政法人産業技術総合研究所 平成 25 年度「活断層の補完調査」成果報告書「奈良盆地東縁断層帯」によると、奈良盆地東縁断層帯（京都盆地-奈良盆地断層帯南部）は、京都府精華町から奈良県奈良市付近を経て桜井市に至る活断層帯である（図 2-1 および表 2-1）。

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）によると、奈良盆地東縁断層帯は、京都府城陽市の南部から奈良県桜井市まではほぼ南北に延びる長さ約 35km の活断層帯である。全体として西側に対し東側が相対的に隆起する逆断層であり、横ずれ成分は認められない。

また、奈良盆地東縁断層帯では、マグニチュード 7.4 程度の地震が発生し、その際に断層帯の東側が西側に対して相対的に概ね 3m 程度高まると推定された。

相馬秀廣・八木浩司・岡田篤正・中田高・池田安隆（1997）1:25,000 都市圏活断層図「桜井」では、トレンチ調査地点の西側（上記の菩提仙川-天理断層相当）及び東側（上記の三百断層相当）に推定活断層の記載がある（図 2-2）。

岡田篤正・東郷正美編（2000）近畿の活断層（図 2-3）では、トレンチ調査地点の西側谷部に 6 F 菩提仙川-天理断層（活断層）が通過し、東側に 6 E 三百断層（断層：30 万年前以前にのみ活動した断層）が通過する（図 2-3）。

西岡芳晴・尾崎正紀・寒川旭・山元孝広・宮地良典（2001）桜井地域の地質・地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）では、トレンチ調査地点は大阪層群白川池累層が分布している（図 2-4）。白川池累層は、奈良盆地東縁部の丘陵地に分布し、南北方向の逆断層（三百断層、和爾断層、天理断層など）によって西側落ちの変位（20-90° 西傾斜で、一部逆転する）が認められ、西側ほど上位の地層が露出する。

白川池累層は花粉化石からメタセコイヤ帯の D 帯に対比でき、奈良盆地の地下の大阪層群の地質構造（図 2-5）から、ピンク火山灰より下位の層準の大阪層群と推定できる。以上から、白川池累層は大阪層群の標準層準である大阪層群下部の中頃に対比される。

トレンチ調査地点付近には和爾断層が記載されている。和爾断層は、地表では撓曲として現れている。白川池の北西側の露頭（図 2-5）では、最大 40° 西傾斜の撓曲が幅 50m で南北方向に発達している。反射法地震探査の断面では傾斜約 15° の撓曲帯が認められている（図 2-6）。

独立行政法人産業技術総合研究所 平成 25 年度「活断層の補完調査」成果報告書「奈良盆地東縁断層帯」によると、トレンチ調査位置は菩提仙川・天理付近の断層と三百断層の間に位置し、段丘面ではなく丘陵に位置する（図 2-7）。上記の断層は明瞭な変動地形を伴わない主な推定活構造（既存文献による）と区分されている。

高樋断層の西側約 300-600m 付近を並走して、奈良市鹿野園町付近から天理市櫛本町の西方にかけて、長さ約 5.5km の三百断層が活断層として推定されている（図 2-7）。西岡ほか（2001）の地質図に基づけば、この推定活断層は、藤原層群と第四系の大阪層群を限る長さ 9km の断層（三百断層）の中・北部と概ね一致する。活断層としての三百断層は、最高位段丘面の構成層である中期更新統の虚空蔵山礫層に覆われており、それらに変位・変形を与えていないとされる（坂本，1955；寒川ほか，1985；西岡ほか，2001）。また、高位 2 段丘面を変位させる鹿野園町付近の断層は、推定活断層とされる三百断層を斜めに横切って延びており、このことから、三百断層が中―後期更新世に活動していないと考えられる。

菩提仙川―天理付近の断層は、天理市和爾町西方の虚空蔵山付近から同市豊田町付近にかけて分布する、長さ約 2km の推定活断層である（図 2-7）。三百断層および高樋断層の 300m～1km 西方を並走し、下部更新統の大阪層群中に発達する和爾断層（西岡ほか，2001）にほぼ一致する。しかし、この推定活断層を覆って分布する中位および低位 1 段丘面には変位・変形が認められない。

以上から、トレンチ調査位置周辺の断層について

- ・ 三百断層 中―後期更新世に活動していない
- ・ 菩提仙川―天理付近の断層 中位および低位 1 段丘面には変位・変形が認められない。

周辺の断層（ただし、敷地下ではない。P41 参照）による変位は

- ・ 1 回の変位は 3m 程度
- ・ 断層は東側隆起の逆断層で断層面は東傾斜
- ・ 大阪層群白川池累層は断層付近で西傾斜の撓曲構造が見られる

大阪層群白川池累層は

- ・ 大阪層群下部の中頃に対比される（ピンク火山灰より下位の層準）
- ・ 層序表から 100 万年前程度に堆積したと推定



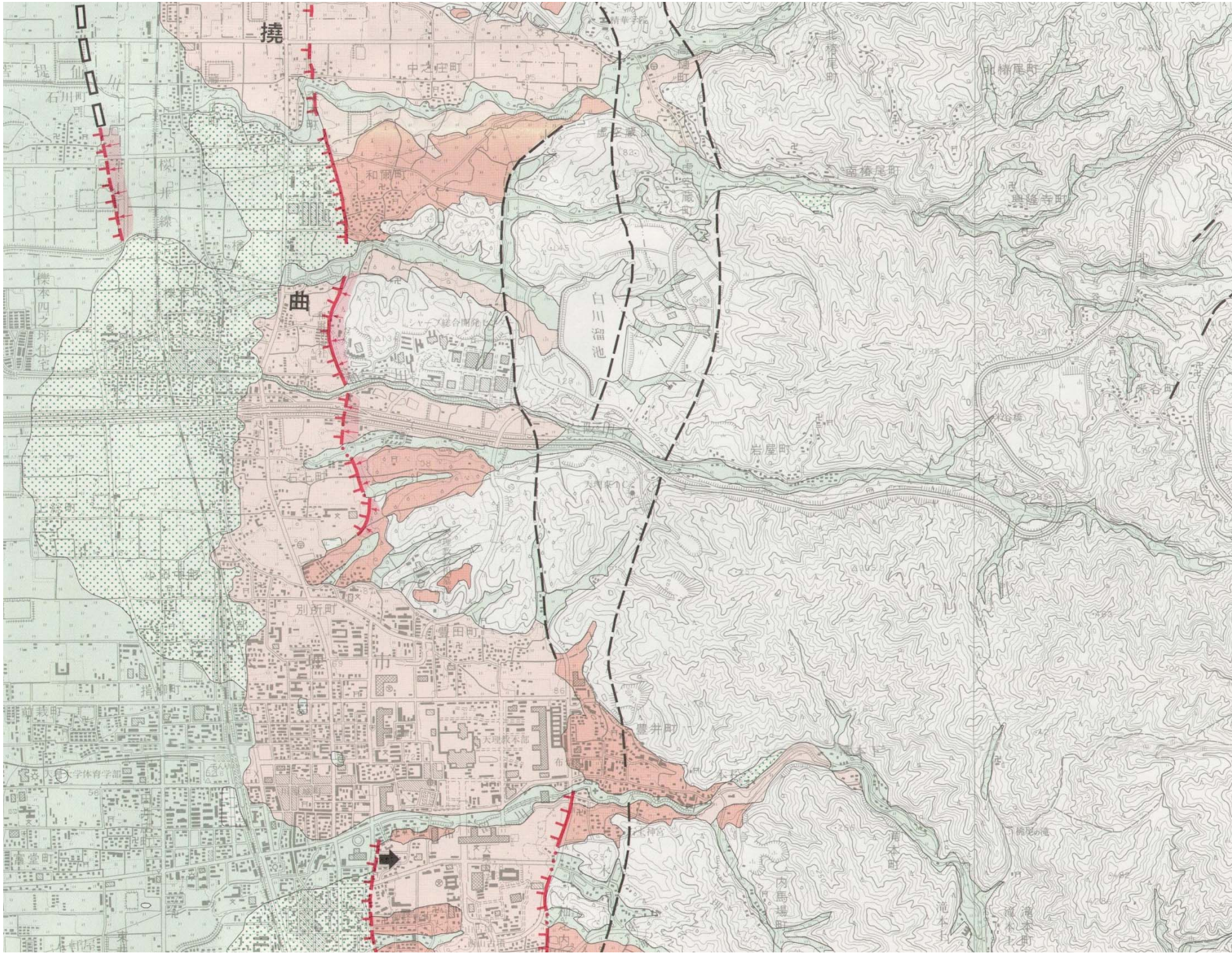
図1 奈良盆地東縁断層帯の位置と主な調査地点

1：今市町地区，2 古市町地点，3：井戸野町地点，4：P波浅層反射法
 探査測線，◎：断層の南端と北端。太線は変動地形が明瞭な活断層帯。
 細線は変動地形が不明瞭な断層帯。破線は中期更新世以後に活動を停止
 している可能性がある活断層。基図は国土地理院発行の数値地図
 200000「京都及び大阪」および「和歌山」を使用。

図 2-1 奈良盆地東縁断層帯の構成（地震調査委員会より引用）

表 2-1 奈良盆地東縁断層帯まとめ

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 断層帯を構成する断層	井手断層 片山(断層) 奈良坂拗曲 高樋断層 園原町(断層) 中山町-三輪(断層) 市ノ井断層 三百断層 菩提仙川-天理(断層) 萱生町-穴師(断層) 天理拗曲 樺本(断層) 丹波市町(断層) 長柄-巻野内(断層) 箸中-三輪(断層) 帯解断層 佐保田拗曲 佐紀町拗曲 曾根山拗曲 僧坊拗曲 植田断層 秋篠拗曲 中山(断層) 日葉酢媛命陵(断層)	僧坊拗曲 植田断層 秋篠拗曲 日葉酢媛命陵付近の断層 中山町付近の断層 曾根山拗曲 佐紀町拗曲 佐保田拗曲 帯解断層 丹波市町付近の断層 奈良坂拗曲 天理拗曲 鹿野園町付近の断層 樺本町付近の断層 萱生町-三輪付近の断層 菩提仙川-天理付近の断層 三百断層 市ノ井断層 高樋断層 園原町-三輪付近の断層 穴師付近の断層	井手断層および片山付近の断層は、段丘面等に変動地形が認められず、また、付近には地質断層も知られていない。 僧坊断層、高樋断層、三百断層は、中期更新世以後には活動していない。 萱生町-三輪付近の断層は、従来評価による萱生町-穴師(断層)の北部と長柄-巻野内(断層)の南部、および箸中-三輪(断層)を合わせたものに概ね相当する。 園原町-三輪付近の断層は、従来評価による園原町(断層)および中山町-三輪(断層)を合わせたものに概ね相当する。
(2) 断層帯の位置・形状			
地表における断層帯の位置・形状			
断層帯の位置(両端の緯度・経度)	(北端)北緯34° 50', 東経135° 49' (南端)北緯33° 31', 東経135° 51'	(北端)北緯34° 47', 東経135° 47' (南端)北緯33° 31', 東経135° 51'	
長さ	約35 km	約29km	
地下における断層面の位置・形状	地表での長さ・位置と同じ		
上端の深さ	0 km	0 km	
一般走向	N10° W	N10-15° W	
傾斜	50-60° 東傾斜(地下600m以浅い)	50-60° 東傾斜(地下600m以浅い)	中期更新世以後に活動していない高樋断層、三百断層では、露頭において傾斜90° の断層面が間查察される。
幅	不明		
(3) 断層のずれの向きと種類	東側隆起の断層		断層帯の北端部に分布する僧坊拗曲および植田断層と、天理拗曲の副断層である鹿野園町付近のは、西側隆起の構造。
2. 断層の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	約0.6m/千年(上下成分)	0.2-0.4m/千年程度(上下成分)	高位段丘面の変位量に基づいて推定。
(2) 過去の活動時期	最新活動時期 約1万1千年前以後、 約1千2百年前以前	最新活動時期 約1万1千年前以後、 約1千2百年前以前	
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔			
1回のずれの量	約3m(上下成分)	2.5m程度(上下成分)	断層帯の長さから推定。
平均活動間隔	約5千年	6千-1万3千年程度	
(4) 過去の活動区間	断層帯全体で1区間	断層帯全体で1区間	松田(1990)の基準に基づいて推定。



記号 Legend

活断層 Active Fault Trace		最近数十万年間に、概ね千年から数万年の周期で繰り返し動いてきた跡が地形に現れ、今後も活動を繰り返すと考えられる断層。明瞭な地形的証拠から位置が特定できるもの。
活断層(位置やや不明確) Active Fault Trace (site indistinct)		活断層のうち、活動の痕跡が侵食や人工的な要因等によって改変されているために、その位置が明確には特定できないもの。
活断層(活拗曲) Active Flexure		活断層のうち、変位が軟らかい地層内で拡散し、地表には段差ではなくたわみとして現れたもの。たわみの範囲及び傾斜方向を示す。
活断層(伏在部) Active Fault Trace (concealed)		活断層のうち、最新の活動時以後の地層で覆われ、変位を示す地形が直接現れていない部分。
横ずれ Strike Slip		活断層の相対的な水平方向の変位の向きを矢印で示す。
縦ずれ Dip Slip		活断層の上下方向の変位の向き。相対的に低下している側に短線を付す。
地震断層 Earthquake Fault		地震発生の際に変位したことが明らかになっている活断層。この図においては、明治時代以降に観察されたものに限る。
トレンチ調査地点 Trench Survey Site		活断層の通過地点に調査溝(トレンチ)を掘り、断層運動の解読調査を行った地点。(これまでに各種調査研究機関等によって調査が実施されたもの)
活断層の名称 Name of Active Fault	野島断層(例)	活断層の固有名称。
推定活断層(地表) Presumed Active Fault		地形的な特徴により、活断層の存在が推定されるが、現時点では明確に特定できないもの。または、今後も活動を繰り返すかどうか不明なもの。
推定活断層(地下) Presumed Active Fault (by prospecting data)		新しい地層に覆われて、断層地形が地表で確認されていないが、既往のボーリングや物理探査によりその存在が推定された活断層。
活 褶 曲 Active Fold		現在も続いている地殻変動により生じている波状地形。凸部または凹部を連ねた線で図示。
地形面の傾動方向 Tilting Surface Direction		地形面が、現在も続いている地殻変動によって傾いている場所。最大傾斜方向で図示。
上位段丘面 Higher Terrace		海または河川的作用で形成された平坦地が、約数十万年前に陸化した台地面。
中段段丘面 Middle Terrace		海または河川的作用で形成された平坦地が、約十万〜数万年前に陸化した台地面。
下位段丘面 Lower Terrace		海または河川的作用で形成された平坦地が、約数万〜数千年前に陸化した台地面。
沖積低地 Alluvial Lowland		数千年前から歴史時代にかけて、海または河川的作用で形成された平坦地。地下に未発見の断層が存在する可能性もある。
扇 状 地 Fan		河川によって形成された、谷口を頂点とし平地に向かって扇状に開く半円錐の地形。地下に未発見の断層が存在する可能性もある。
埋立地・干拓地 Filled-up Land Reclaimed Land		浅い内湾や低湿地などに埋め立てや排水を施して造り出した新たな陸地。この図においては、主に明治時代以降に造成された範囲を図示。地下に未発見の断層が存在する可能性もある。
地すべり Landslide		斜面を構成する岩石・土壌などの一部が斜面下方に移動している場所。滑落崖と移動土塊の範囲を図示。
変位した谷線 Offset Channel		断層の横ずれ活動により変位した谷線。
火口・カルデラ Crater・Caldera		火山地におけるほぼ円形の凹地形。外縁線を図示。
火砕流堆積面 Surface of Pyroclastic Flow Deposit		火山活動によって溶岩と火山ガスとの混合物が落下して堆積した平坦面。

図 2-2 都市圏活断層図

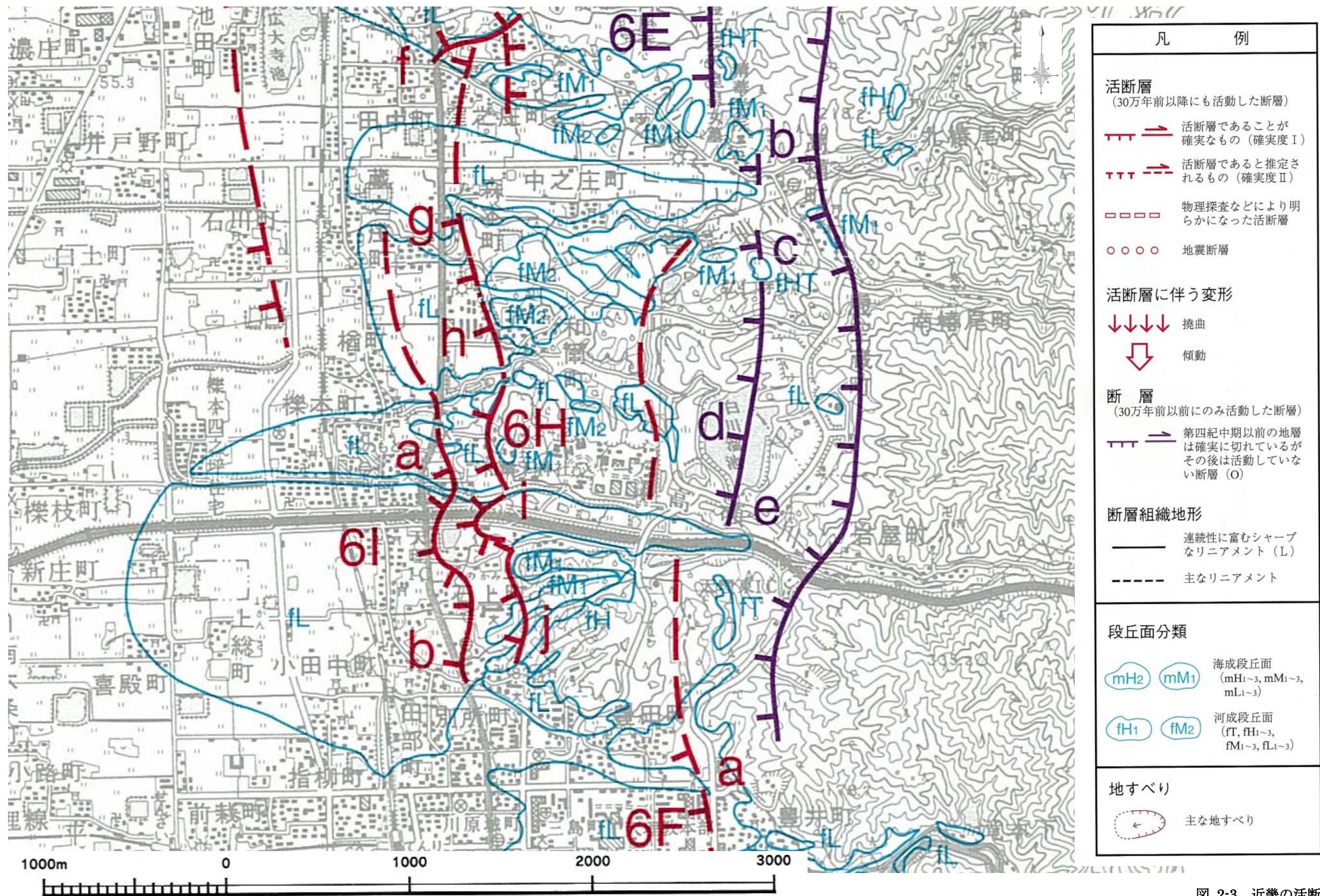
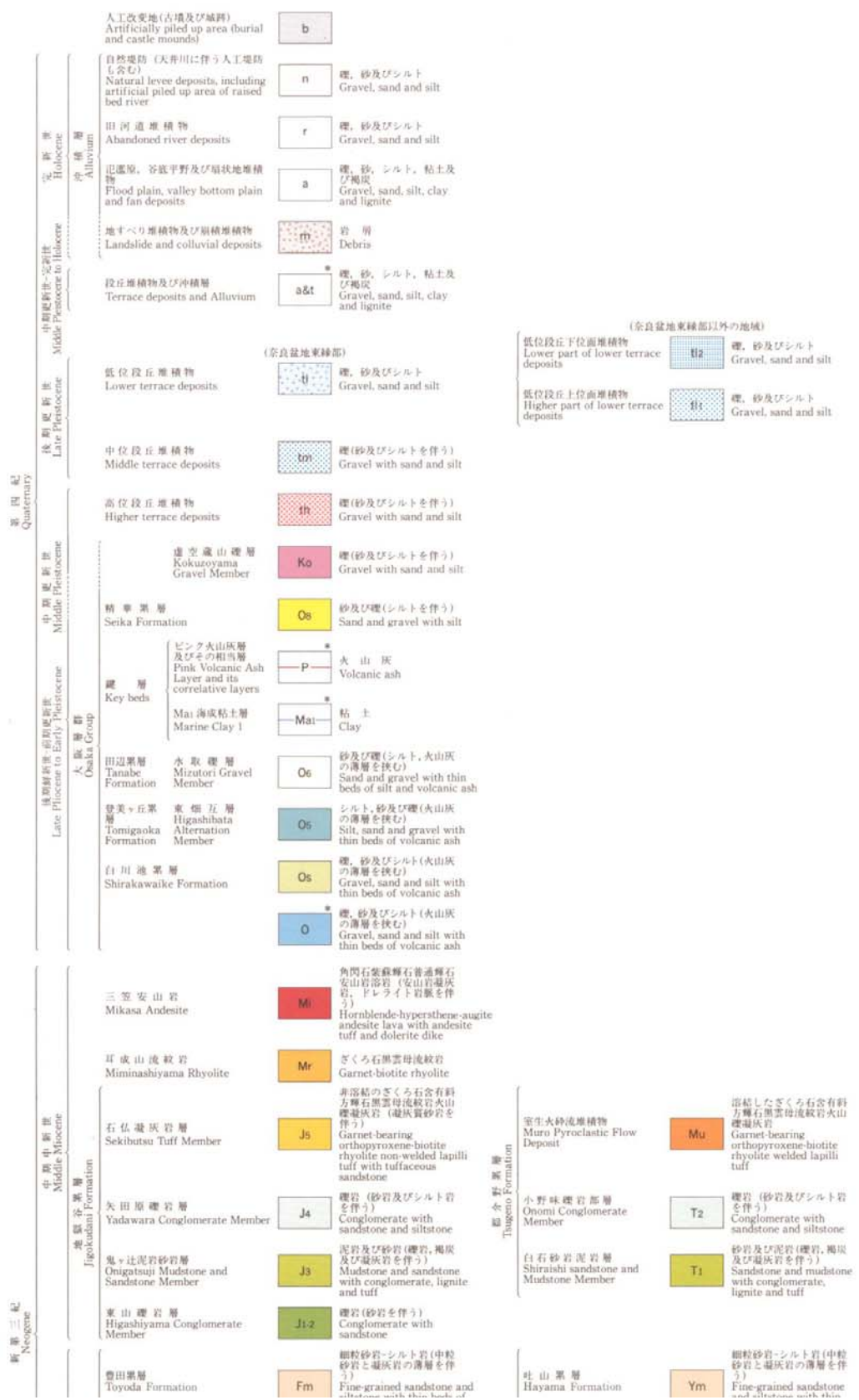
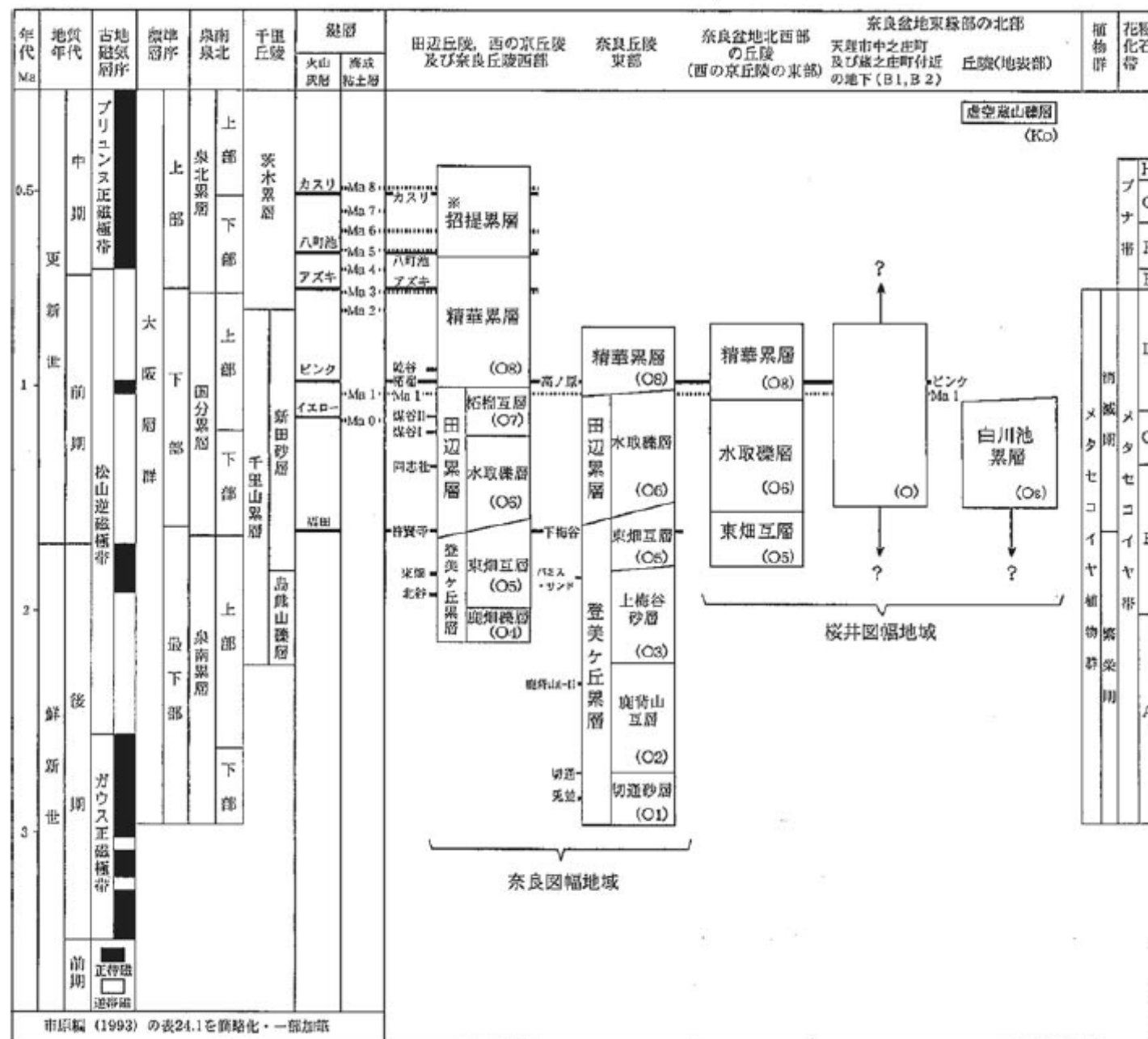


図 2-3 近畿の活断層



10



第31図 桜井図幅地域に分布する大阪層群の層序区分

Sa-68 地点番号

30° 正常層の走向傾斜

80° 逆転層の走向傾斜

断層 (撓曲を含む。破線部は伏在)

リニアメント

0 1 2 km

- 沖積層
- 低位段丘堆積物
- 中位段丘堆積物
- 高位段丘堆積物
- 虚空蔵山礫層
- 大阪層群 (虚空蔵山礫層を除く)
- ソノハ礫層
- 三笠安山岩
- 地獄谷累層
- 藤原層群
- 先第三系

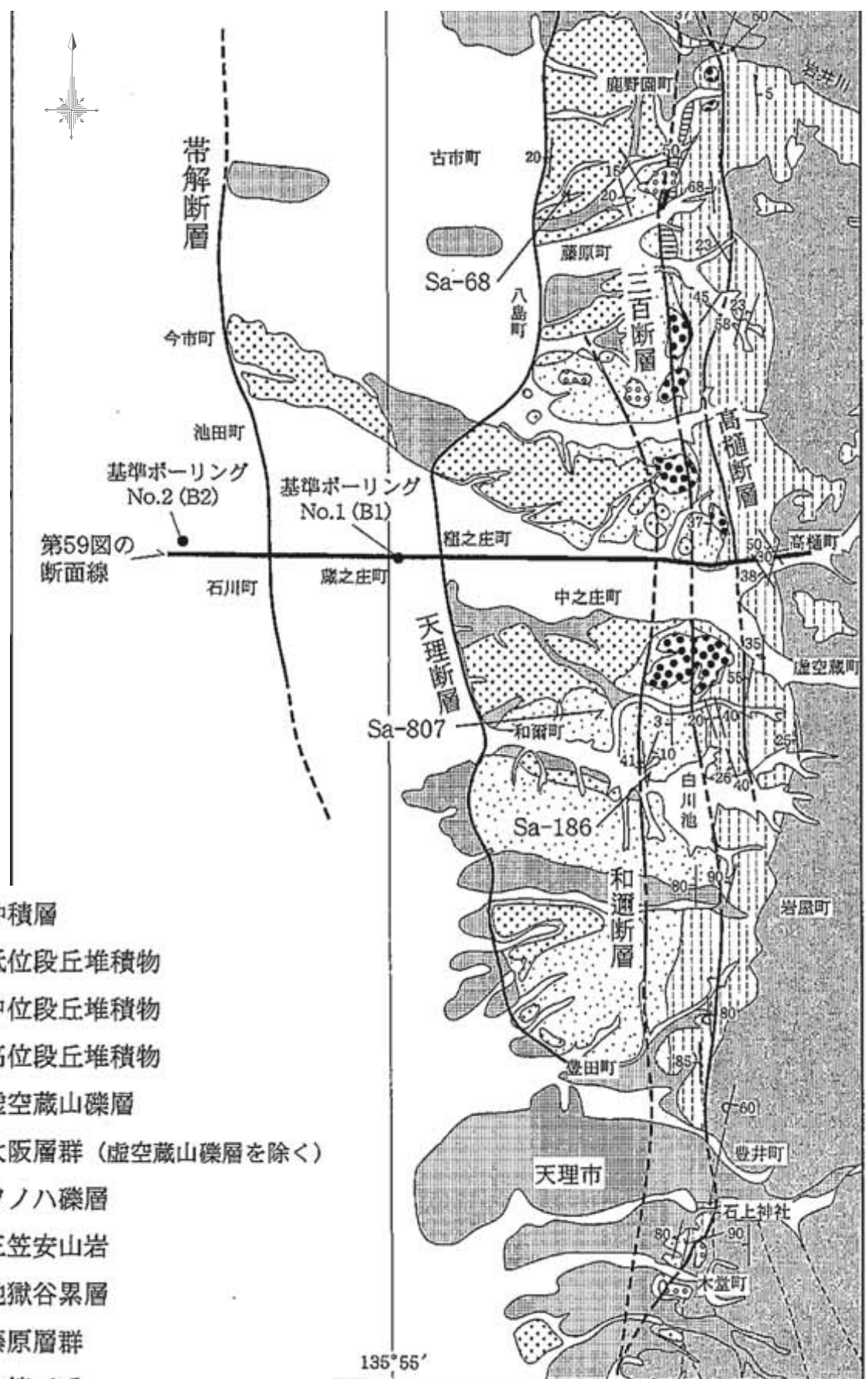


図 2-5 大阪層群の層序と分布 (桜井地域の地質より引用)

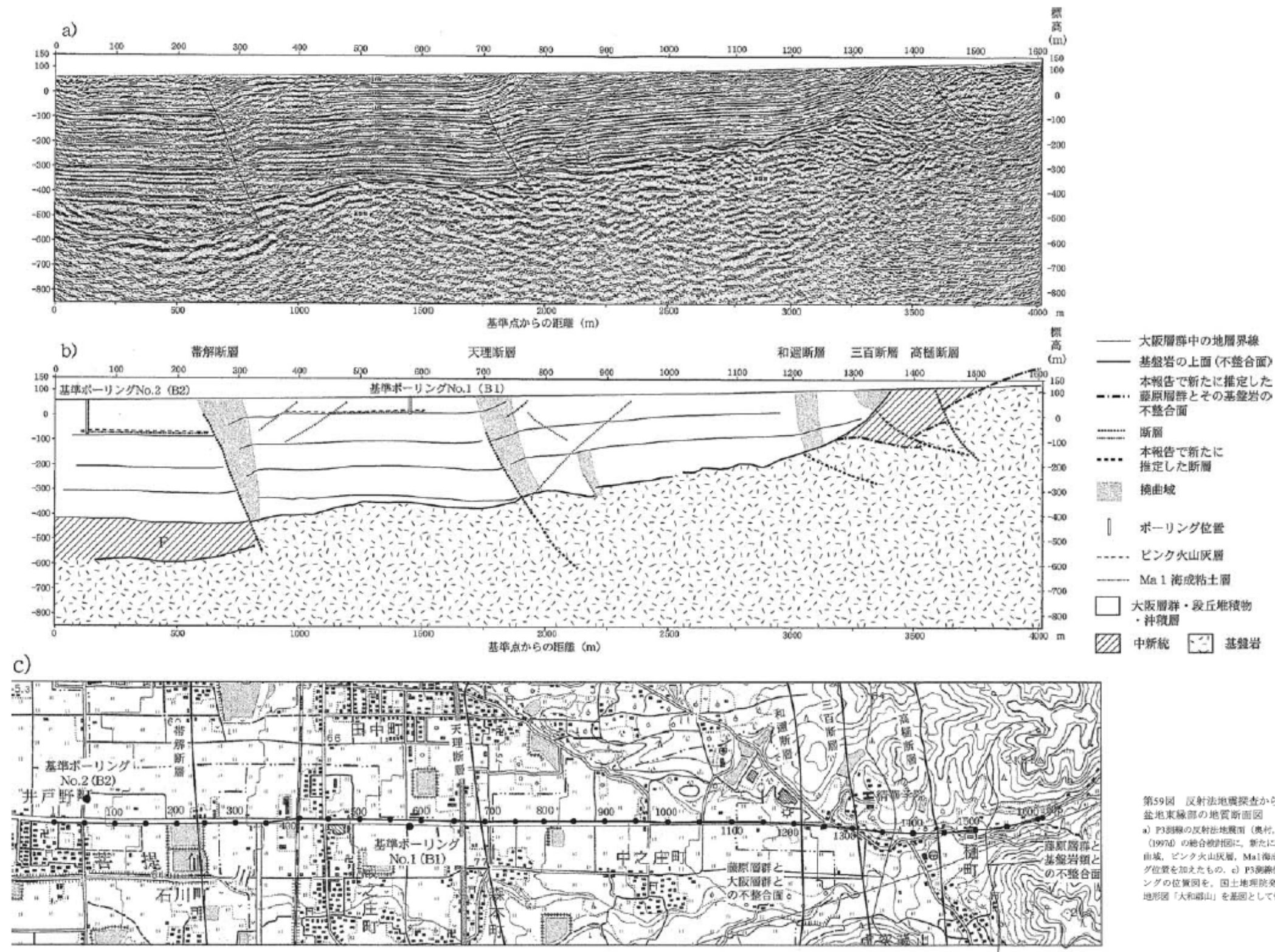


図 2-6 反射法地震探査から求めた奈良盆地東縁部の地質断層 (桜井地域の地質より引用)

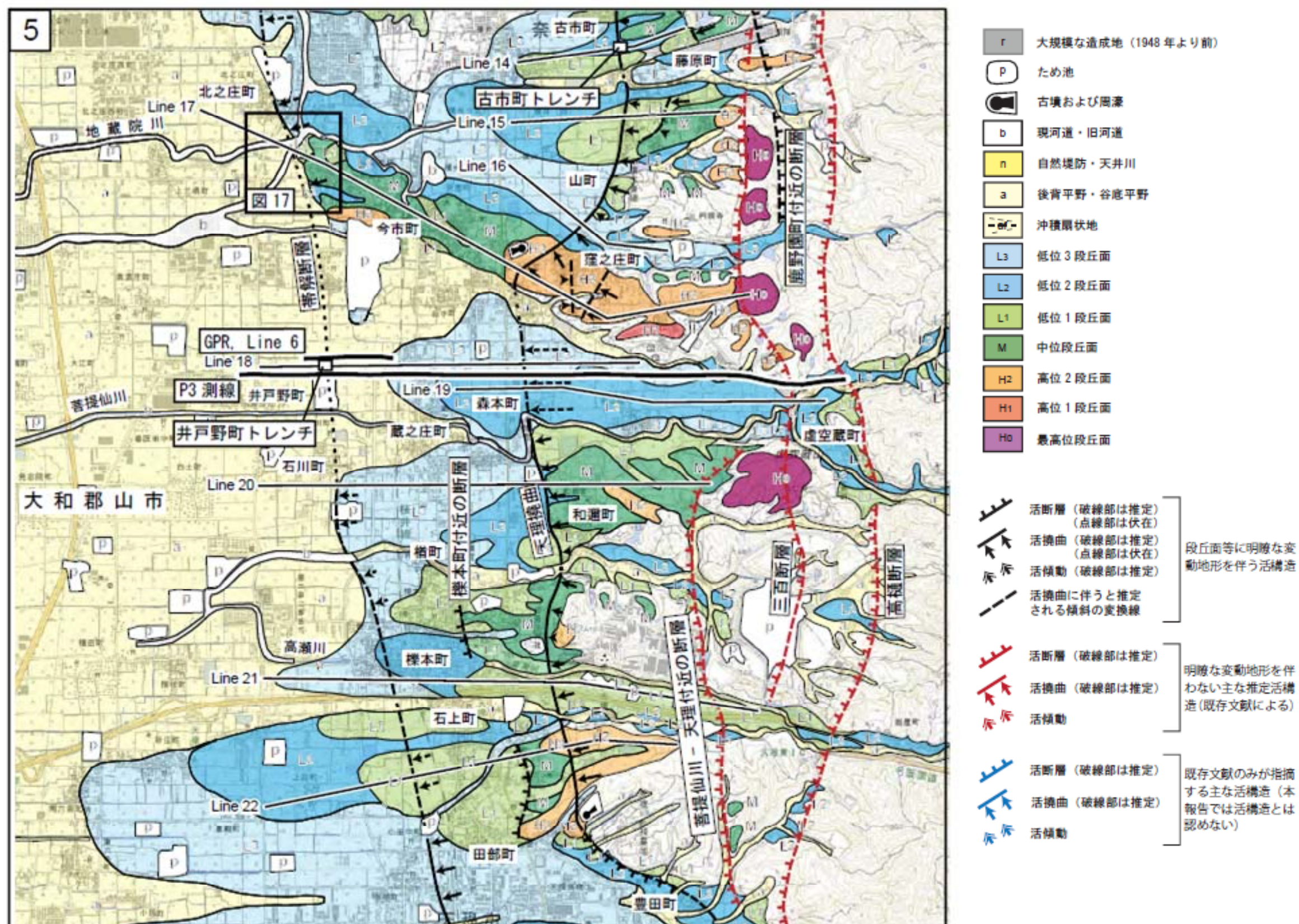


図 2-7 地形分類図（平成 25 年度「活断層の補完調査」成果報告書より引用）

3. 調査方法

3.1 作業手順

- ① トレンチの掘削
- ② トレンチ法面の整形
- ③ 整形した法面に 1m メッシュのグリッドの設置
- ④ トレンチ壁面の詳細な観察、スケッチ及び写真撮影
- ⑤ トレンチ壁面の断層層序と構造の記載と測定
- ⑥ トレンチの埋め戻しと用地の原状復旧

3.2 作業内容及び注意事項

- (1) トレンチは、掘削残土の置き場、作業スペース等を勘案して重機（0.8m³級バックホウ）を用いて掘削した。掘削残土はトレンチ沿いに、崩壊しない勾配で盛土した。トレンチ内に湧水があったので、水中ポンプ等を用いて排水した。排水に当たっては、周辺の用水路や水田等に砂泥の流入がないように留意した。
- (2) 掘削したトレンチの法面は、地層が観察できるように、人力で平滑に整形した。その際、掘削時に法面に張り付いた掘削残土を完全に除去し、最終的な仕上げはねじり鎌を用いた。
- (3) 整形したトレンチ法面には、観察及びスケッチの座標として、1m メッシュのグリッドを設けた。グリッドの水平・垂直はレベルを用いて決定した。また、観察期間中は法面の乾燥や崩壊に注意して、常に最適な状態で地層を観察できるように努めた。
- (4) トレンチ法面は、以下の点に留意して観察及び詳細スケッチを行った。
 - a. 観察の範囲は、整形した片側の法面（南壁面）とした。スケッチを行う面積は盛り土部分を除き 180m²程度であり、スケッチの縮尺は 50 分の 1 とした。破碎帯及び断層運動に起因する片状等が認められた部分は、20 分の 1 の縮尺で拡大スケッチを行った。
 - b. 観察は、肉眼で識別でき、かつ所定の縮尺でスケッチに表現できる大きさの単層毎に地層を区分し、単層毎の岩相・変形構造、堆積構造、地層境界の形状、層位関係、断層、動・植物遺体、考古遺物等についてスケッチに表示した。また、各種構造の走向・傾斜等の計測記載も行った。
 - c. 整形した全ての法面についてデジタルカメラを用いた写真撮影を行い、複数の

写真を繋げて法面毎のモザイク写真を作成した。この際、写真の繋ぎ目が見えないように色調、明るさとコントラストを調整するとともに、撮影時の歪みや法勾配によるみかけのグリッドサイズの変化を補正した。

また、断層面や地割れ、噴砂、火山灰、古地震イベント認定に関わる重要な地質構造などが認められた場合には、それらの拡大写真を適宜撮影した。断層面あるいは断層破碎帯が露出した場合は、それらの走向・傾斜、破碎帯の幅、非対称構造や剪断面の特徴、切断関係等を詳細に記録（スケッチ）した。

3.3 データの整理、とりまとめ

全ての調査結果と既存データを整理・総括して、断層の活動履歴・活動性について、客観的なデータのとりまとめを行った。

とりまとめに当たっては、以下の点に留意し、必要なトレンチ壁面の解釈図等を作成し、報告書に添付した。

トレンチ調査の結果については、確定された各地層区分（単層）相互の関係、地層と断層・液状化跡等との関係、単層間の変形の相違等を見直し、イベント層準（断層活動＝地震が生じた層準）を検討した。

3.4 地元説明会

地元説明会を12月2日に行った。地元説明会資料を巻末-3に添付した。

3.5 有識者対応

委託者の有識者として、[]に現地を確認いただいた。また、受託者の有識者として、[]に現地を確認いただき、コメントをいただいた（巻末-4参照）。

3.6 原状復帰

本調査及び地元説明会終了後、トレンチの埋め戻しを行った。

3.7 安全管理及び環境対策

- 1) 作業現場及びその周辺での十分な安全対策や騒音振動の防止及び生活環境の保全に努め、本作業において、現場作業員、通行人、近隣住民の安全ならびに環境保全に努めた。
- 2) 作業に用いる資機材の搬入等の際には、一般者や車両の通行を妨げないように十分に配慮した。

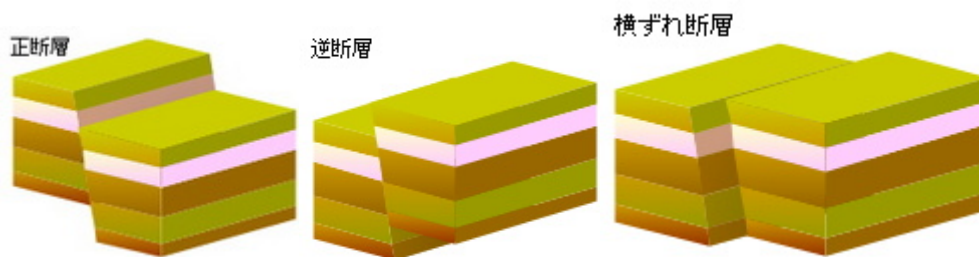
4. 断層について

産業技術総合研究所地質調査総合センターHP より断層について引用した。

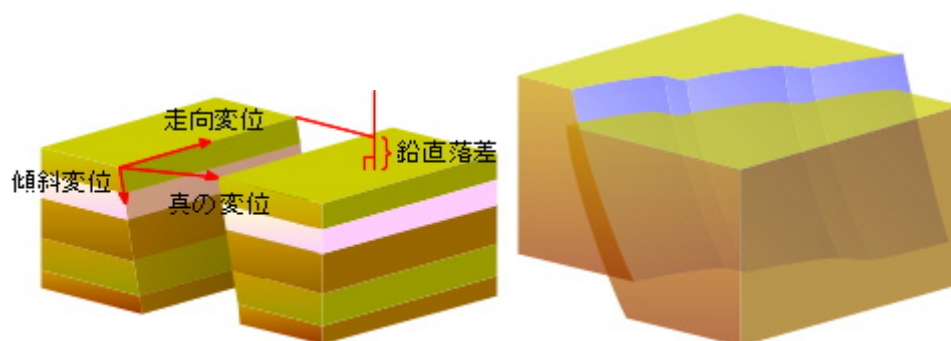
1. 断層

日本列島には数多くの断層があります。地質図では黒い実線で描かれています。このうち、最近の地質時代に繰り返し活動し、今後も活動する可能性のある断層を「活断層」と呼びます。活断層にはそれぞれ特徴があり、活動の周期や1回に動く量（変位量）が断層ごとにおおよそ決まっています。大きな被害を及ぼす地震の場合、断層の変位量は数 m からときには 10m 以上に及ぶことがあります。

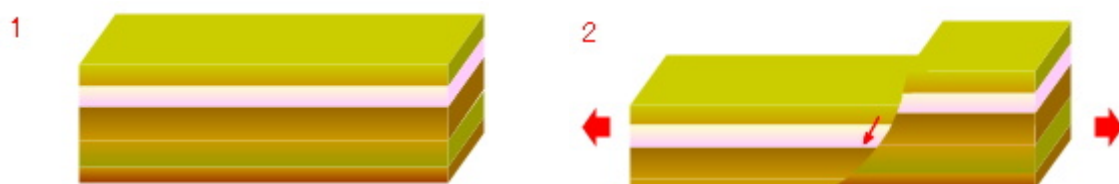
断層は動く方向によって正断層、逆断層、横ずれ断層と分類されています。それぞれの断層ができる原因は、地殻のどの方向に最も強い力がはたらいているかの違い（[広域応力場](#)）にあります。理想的には、正断層は地殻が引き延ばされているとき（引張応力場）、逆断層は横から強く押されているとき（圧縮応力場）に、横ずれ断層は斜め横方向からの圧縮を受けているときに、それぞれできると考えられています。



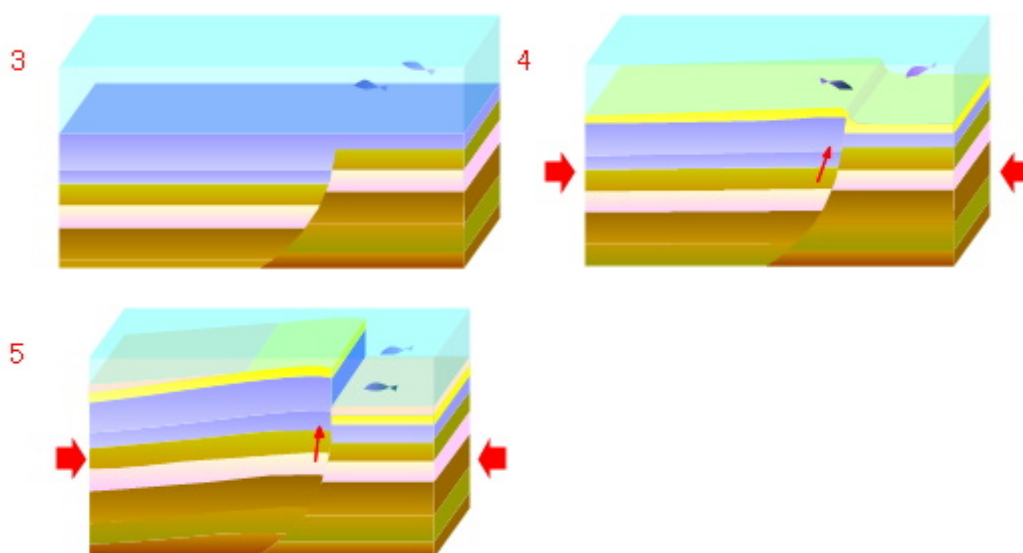
断層活動の規模を見積もるのに、しばしば地形に現れた垂直方向のずれ（鉛直落差）を使います。ただし、実際の断層は斜め方向に動くことも多いので、落差が少ない断層であっても走向変位が大きければ断層の規模は大きいと言えます。また、断層は地層の強度の弱い場所にできます。実際の地層は不均質にできているため、断層面は必ずしも単純な平面になるとは限りません。



断層がひとたび形成されると、地殻の中ではそこだけが強度の弱い場所となります。このため、力を受けている限り、同じ断層が繰り返し活動することになります。



広域応力場は時代によって大きく変わることがありますが、その変化を反映して、断層も時代によって性質を変えることがあります。特に東北日本の陸上または日本海の海底に多数見られる南北方向の断層は、もともと正断層として形成されました。しかし、現在その多くが逆断層として活動しています。このような断層は、正逆反転断層と呼ばれています。



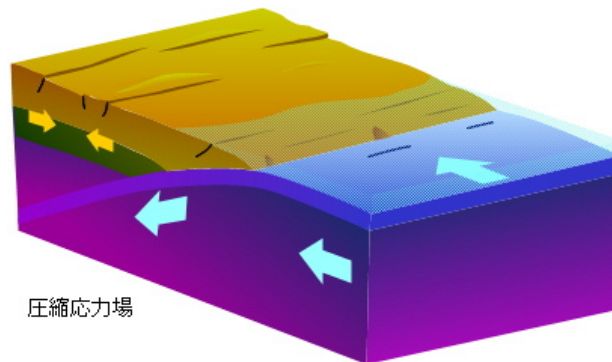
日本海ができるときに、地殻には水平方向に引っ張られる力がはたらき、正断層ができました。その後、安定した状態が続き、断層で落ち込んだ凹地は堆積盆地となり、堆積物が厚く堆積しました。やがて、今度は地殻が水平方向に押される力がはたらき始め、断層は逆断層として再活動します。このため、堆積盆地は次第に隆起し、今度は地形の高まりとなります。つまり、初めは盆地だった場所が、後には山になっているわけです。このような現象は、盆地反転と呼ばれています。

2. 広域応力場

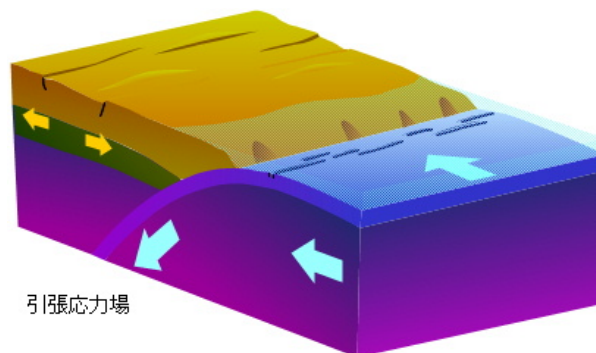
断層や褶曲を説明するときに、しばしば広域応力場という用語が出てきます。これは、地層にどのような力が加わっているかを示すもので、水平方向を基準にして押されていれば圧縮応力場、引っ張られていれば引張応力場といえます。

応力場の変化は、プレートの運動に関係しています。特に日本のような沈み込み帯では、海洋プレートの沈み込みの方向と角度が応力場を変化させると考えられています。

海洋プレートの沈み込み角度が緩いときは、大陸プレートを押す力が大きくなり、大陸プレート上には圧縮応力場ができます。

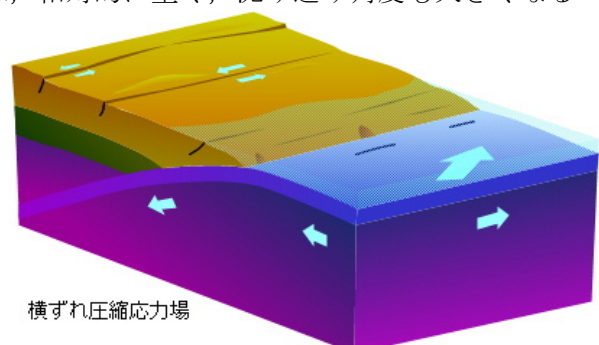


海洋プレートの沈み込み角度が急なときは、大陸プレートを押す力は小さくなり、大陸プレート上には引張応力場ができます。



このように、海洋プレートの沈み込みの角度に違いが生じるのは、海洋プレートの年齢と関係しているといわれています。海嶺から近い、形成されたばかりの海洋プレートはまだ熱く、浮力を持っているため、沈み込みの角度は緩くなると考えられます。一方、海嶺から遠く、十分に冷却の進んだ海洋プレートは、相対的に重く、沈み込み角度も大きくなると考えられています。

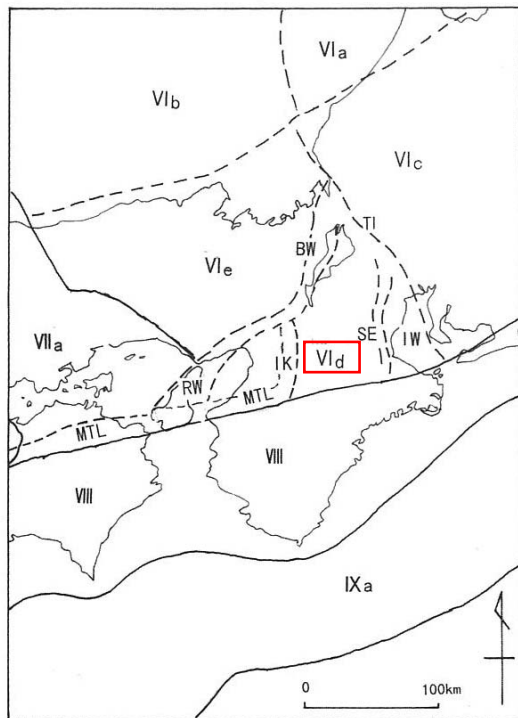
このほか、海洋プレートが大陸プレートに対して著しく斜め方向に沈み込んでいる場合には、大陸プレートの縁辺部は海洋プレートに引きずられて、横ずれの応力場ができます。



近畿地方は、広域応力場から、活断層の分布や地形配列には、顕著な地域性が見られる。

活断層研究会編（1991）は、近畿地方の中央構造線を境にまず大区分し、さらに、その間を複数の小区分に分けている。これに基づいて、岡田・東郷（2000）は、小区分をさらに主要活断層帯に細分し、小区分や活断層帯の性質をまとめている（図 4-1）。

これによると、奈良盆地東縁断層が含まれる近畿三角地域（VI_d）は、木津川断層帯を除いて、ほぼ南北走向であり、縦ずれ成分が卓越した逆断層活動を行っている。



図Ⅷ-4 近畿地方と周辺の活断層区の区分（岡田作成）

VI:西南日本内帯東部, a:(能登半島周辺), b:(隠岐トラフ周辺), c:(中部山地), d:(近畿三角地域), e:(近畿北西部), VII:西南日本内帯西部, a:(中国・瀬戸内), VIII:西南日本外帯(紀伊・四国山地), IX:西南日本太平洋斜面(a:南海トラフ陸側斜面), MTL:中央構造線活断層帯, RW:六甲-淡路島活断層帯, BW:琵琶湖西岸活断層帯, SE:鈴鹿東縁断層帯, IK:生駒金剛断層帯, TI:敦賀湾-伊勢湾線, IW:伊勢湾断層

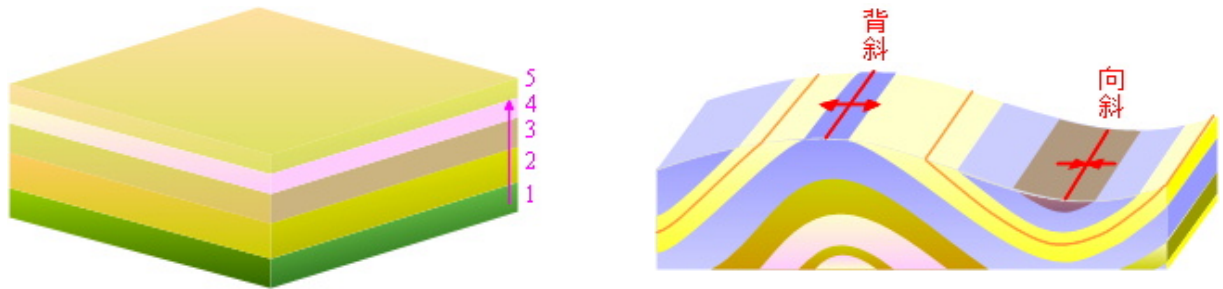
表Ⅷ-1 近畿地方の活断層区とその中の活断層の特性（岡田編集）

大区分	小区分	密度	主要断層の長さ	主要断層の活動度	卓越する断層型	備考
VI:西南日本内帯東部	VIa(能登半島周辺)	小	中	B・C	逆	陸・海底
	VIb(隠岐トラフ周辺)	中	中	B	逆	海底
	VIc(中部山地)	大	大	A	横・逆	陸
	TI:敦賀湾-伊勢湾線	大	大	A・B	横・逆	
	IW:伊勢湾断層	大	大	B・A	逆・横	
	VI _d (近畿三角地域)	大	大	A・B	右横	
	RW:六甲-淡路島活断層帯	大	大	B	逆	
VII:西南日本内帯西部	BW:琵琶湖西岸活断層帯	大	大	B	逆	
	SE:鈴鹿東縁断層帯	中	中	A	横・逆	
	IK:生駒金剛断層帯	中	大	A	右横	特に顕著
	VI _e (近畿北西部)	小	小	B・C	横・逆	陸・海底
	MTL:中央構造線	小	小	B・C	横・逆	陸・海底
VIII:西南日本外帯	VIIa(中国・瀬戸内)	極小	小	B・C	逆・横	陸・海底
IX:西南日本太平洋斜面	(紀伊・四国山地)	大	大	A	逆・横	海底
	IXa:南海トラフ陸側斜面					

図 4-1 近畿地方と周辺の活断層区の区分と活断層の特性

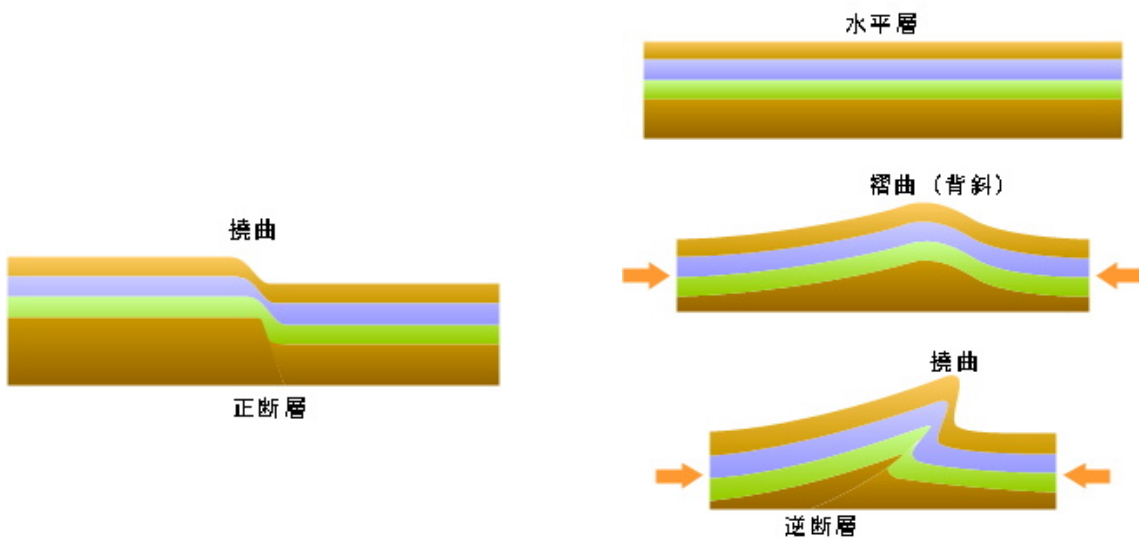
3. 褶曲

海や湖など、広い堆積盆では地層は一般に水平に堆積します。しかし、完全に固結する前に地殻の変動によって横方向に圧縮されると、波形に曲がってしまいます。これを **褶曲**（しゅうきょく）といい、盛り上がった箇所を **背斜**（はいしゃ）、沈んだ箇所を **向斜**（こうしゃ）と呼びます。地質図では地層が傾斜した方向を示す矢印をつけた線で表します。大規模な褶曲の場合、盛り上がった箇所は山となり、侵食されると周囲よりも古い地層が露出します。沈んだ箇所は盆地となり、堆積物が埋めていきます。



褶曲と逆断層はともに圧縮を受けてできる構造で、密接に関係しています。

地層が堆積してから硬い岩石になるまでには、通常は長い時間がかかります。つまり地層は堆積して間もないときにはまだ軟らかく、力が加わったときにも柔軟性があります。このため、横方向に圧縮されたとき、地表の近くほど褶曲しやすく、地下になるほど断層をつくりやすくなります。



地下に断層ができると、そこが最も強度の低い場所になるため、その断層が動き続けることになります。すると地表では断層の延長上の一部分に変形が集中し、そこだけ地層が急傾斜したり、ときには逆転したりします。このような構造は、特に **撓曲**（とうきょく）といえます。撓曲は逆断層だけでなく、地下に正断層が伏在している場合にも形成されます。

5. トレンチ調査結果

5.1 調査位置

調査地点は、丘陵を造成した平坦地であり、駐車場として利用されていた（写真 5-1）。
表層 50cm 程度は駐車場のためセメント改良されており、それより下位に地山を確認した。



写真 5-1 トレンチ調査地点全景写真（トレンチ掘削前）



写真 5-2 トレンチ調査地点全景写真（トレンチ掘削後）

5.2 層序および地質概要

トレンチ壁面写真を図 5-4～図 5-6 に、トレンチ壁面スケッチを図 5-7, 図 5-8 に示す。

測点 13m より西側では、盛り土が分布している。

測点 13～22m の区間では盛り土、旧土壌及び旧崖錐堆積物の下に大阪層群が分布する。

測点 22～39m の区間は大阪層群がほぼ水平に堆積している。礫層、砂層、シルト層が水平に分布し、所々でラミナ構造が認められる。この区間では、複数の正断層が認められる。傾斜は西傾斜、東傾斜ともに認められる（写真 5-3, 図 5-1）。

測点 39m 付近では、壁面に対して前後に違う地層が分布している境界が認められる。測点 39m より西側は水平に堆積したシルト、砂礫、シルトの互層が分布しているが、測点 39m より東側は、上位に砂礫層、下位にシルト層が分布し、西側とは連続していない。西側で認められる地層は壁面に平行に薄く分布し、その背面に東側で認められる地層が分布している（写真 5-4 図 5-2）。

測点 60m 付近より東側で地層の傾きが認められるようになる。特に測点 62m 付近の断層から東側では、シルト層の分布、ラミナの構造が傾いてくる。傾きは東に行くほど大きくなり、測点 65m 付近で 10 度程度、測点 75m 付近で 15 度程度となる。さらに測点 85m 付近のシルト層は 20 度程度傾斜している。

測点 93m 付近のシルト層は 25 度の傾斜があり、測点 97m 付近のシルト層は 30 度近い傾斜を示す。

測点 90m 付近に比較的大きな変位を示す断層が認められた。シルト層が最大 80cm 程度ずれており、見かけ西傾斜の逆断層を示す（写真 5-5 図 5-3）。明瞭なせん断面はなく、シルト層中に断層運動による破碎構造（ガウジなど）が見られないため、シルト層が未固結状態の時に変位した可能性が高い。この逆断層の成因については、次項にて検討した。



写真 5-3 測点 25-26m 付近の正断層
(赤矢印が断層位置)

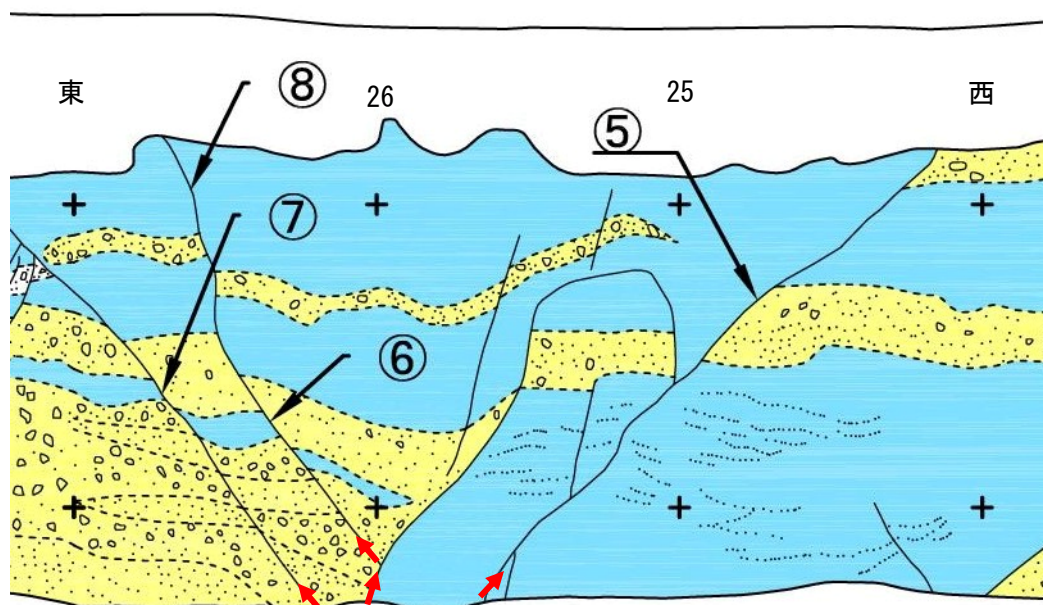


図 5-1 測点 25-26m 付近の拡大スケッチ

- 盛り土
- 旧表土(盛り土前)
- 崖錐堆積物
- 大阪層群の礫および砂
- 大阪層群のシルト・粘土

- 断層
- 地質境界
- 土質境界
- 偽礫

b: 層理面の走向傾斜

f: 断層面の走向・傾斜
(N: 正断層, R: 逆断層)

⑤Nf: TN33e/56S

⑥Nf: TN18W/60W

⑦Nf: TN53E/52N

⑧Nf: TN73E/56N



写真 5-4 測点 39-40m 付近の地質境界
(赤矢印が地質境界)

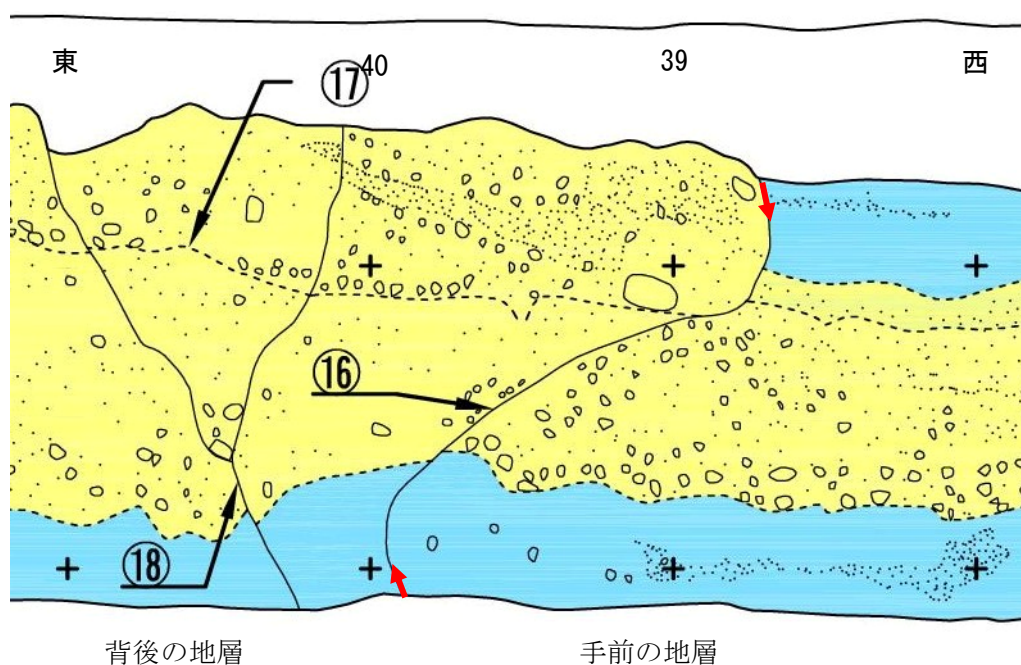


図 5-2 測点 39-40m 付近の拡大スケッチ

b: 層理面の走向傾斜

f: 断層面の走向・傾斜
(N: 正断層, R: 逆断層)

- 盛り土
- 旧表土(盛り土前)
- 崖錐堆積物
- 大阪層群の礫および砂
- 大阪層群のシルト・粘土

- 断層
- 地質境界
- 土質境界
- 偽礫

- ①6Nf: TN82W/80S
- ①7 b: TN11W/5E
- ①8Nf: TN69W/90

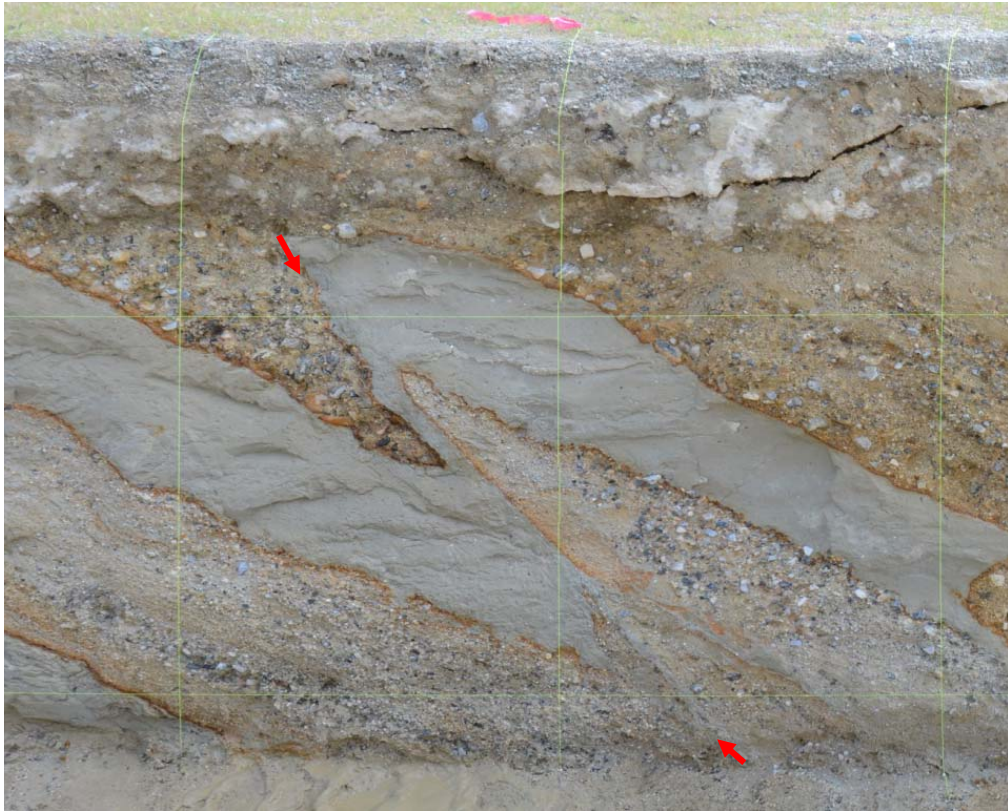


写真 5-5 測点 90m 付近の逆断層
(赤矢印が断層位置)

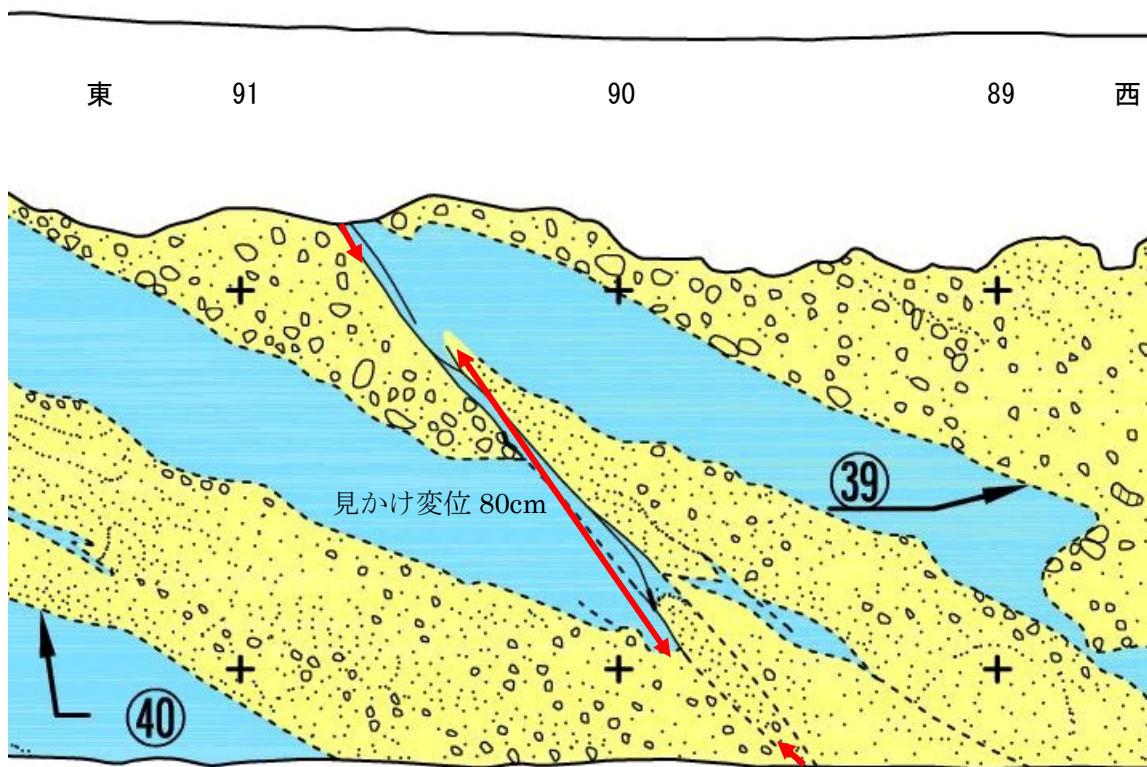


図 5-3 測点 90m 付近の拡大スケッチ



図 5-4 トレンチ壁面写真－1（南側壁面測点 10-40m）



図 5-5 トレンチ壁面写真-2 (南側壁面測点 40-70m)



図 5-6 トレンチ壁面写真－3（南側壁面測点 70-100m）

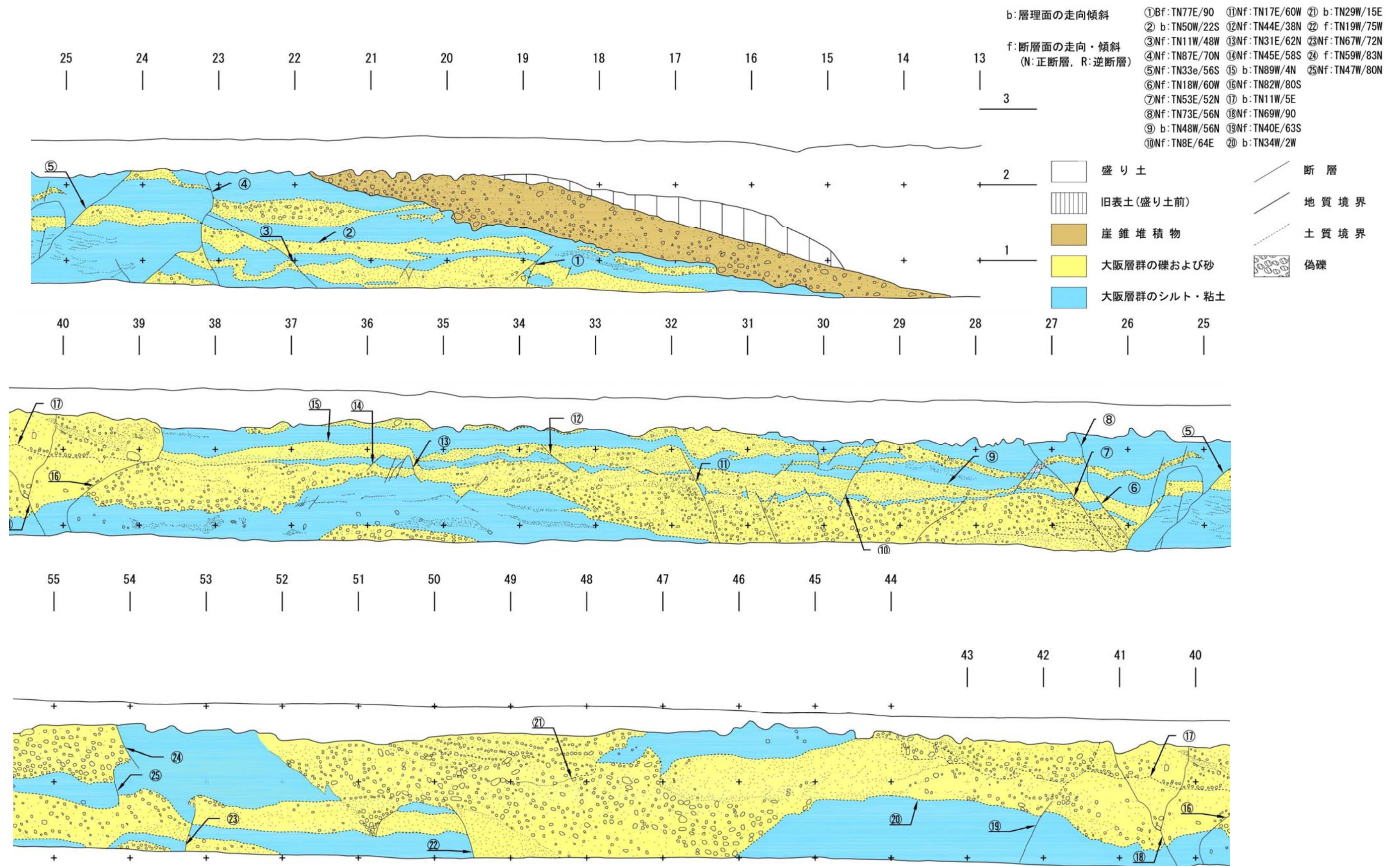


図 5-7 トレンチスケッチ (1) (南側壁面, 縮尺 1/50 測点 13-55m)

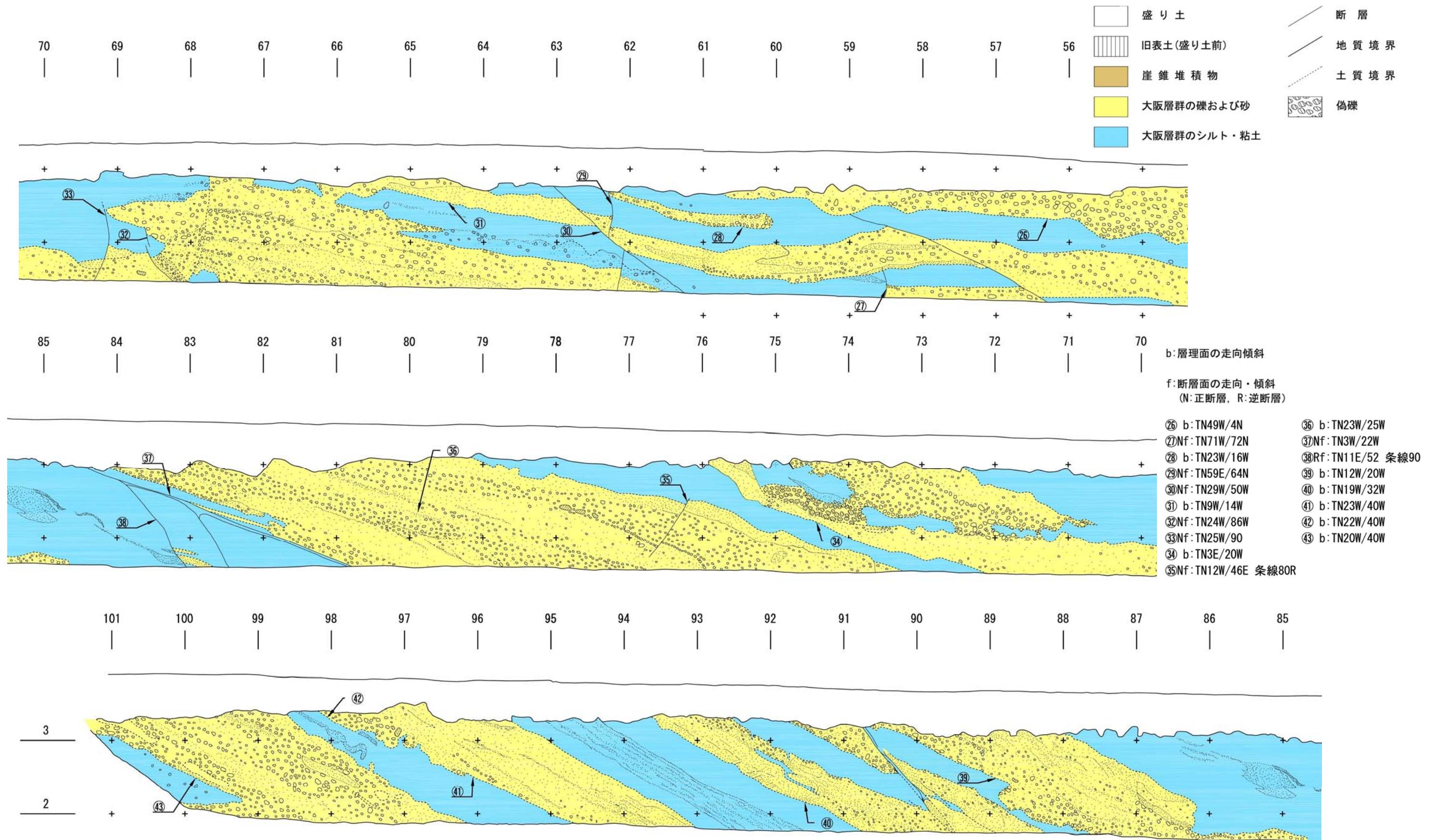


図 5-8 トレンチスケッチ (2) (南側壁面, 縮尺 1/50 測点 55-100m)

5.3 追加掘削について

有識者の現地確認において、以下の断層部分の掘り下げ指示を受けた。

- ・ 測点 25-27.5m
- ・ 測点 30-33m
- ・ 測点 88-91m

以上の 3 区間において約 1m の掘り下げ調査を行った。

また、測点 88-91m 区間については、北側壁面についても観察を行った。

全体修正スケッチを図 5-9, 図 5-10 に示す

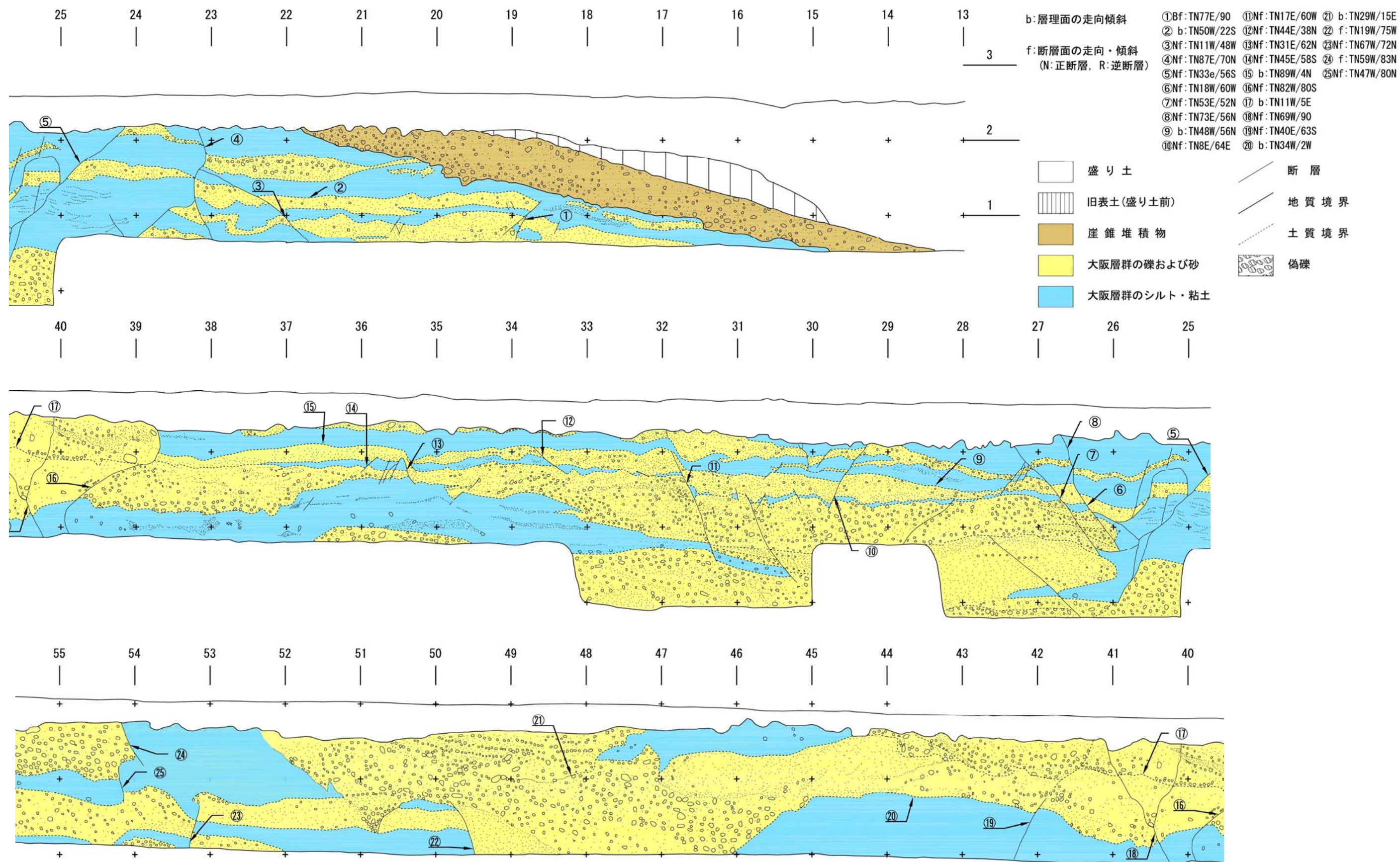


図 5-9 追加掘削スケッチ (1) (南側壁面, 縮尺 1/50 測点 13-55m)

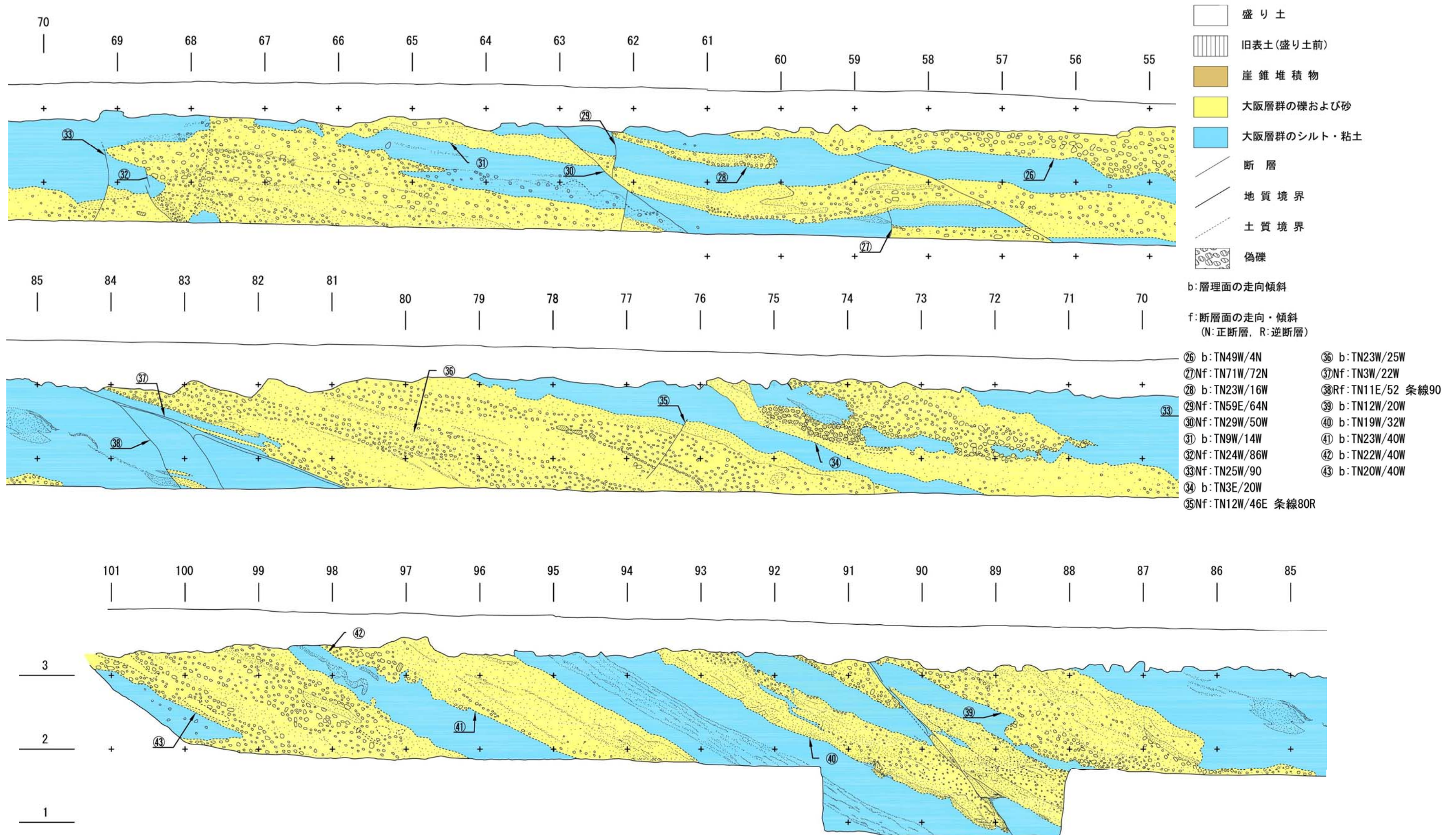


図 5-10 追加掘削スケッチ (2) (南側壁面, 縮尺 1/50 測点 55-100m)

5.4 断層構造

トレンチでは東側に向かって傾斜が大きくなる撓曲構造が認められる。

測点 65m 付近で 10 度程度、測点 75m 付近で 15 度程度となる。さらに測点 85m 付近のシルト層は 20 度程度傾斜している。測点 93m 付近のシルト層は 25 度の傾斜があり、測点 97m 付近のシルト層は 30 度近い傾斜を示す。

この構造はトレンチの東側にある断層（三百断層）の影響と考えられる。

各種文献から、この地域の断層は東側隆起の逆断層であり、断層運動により地層が引きずられ、西傾斜の傾きが生じる（図 5-11）。逆断層近傍では、地層の傾きは断層に近いほど急になる傾向があり、今回トレンチで確認された傾向と一致する（図 5-12）。

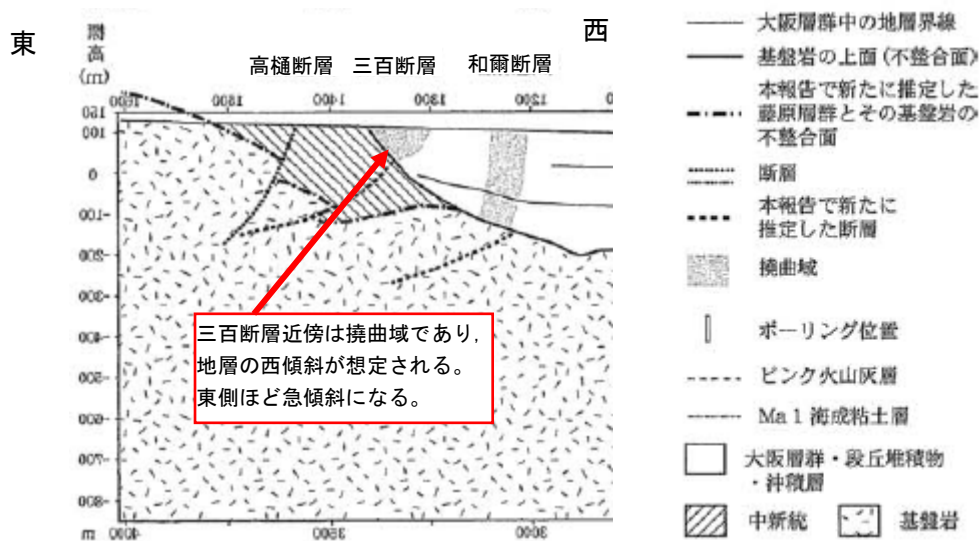


図 5-11 奈良盆地東縁断層の地質構造（断面方向を合わせるためにオリジナル断面を反転）

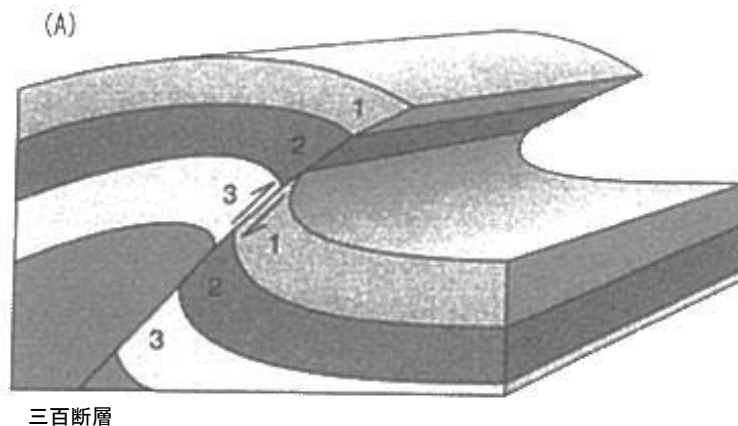


図 5-12 逆断層で生じる変形構造例

5.5 測点 90m 付近の逆断層

測点 90m 付近で、変位が 80cm 程度ある西傾斜の逆断層が見られた（図 5-13 参照）。

断層面に沿って、砂層が引き延ばされるような構造を示すことから、砂層がまだ十分に固結していない時点（後期鮮新世～前期更新世）で断層変位が起こった可能性が高い。

共に西傾斜する断層面と地層面の傾斜は約 10° しか変わらず、西傾斜の逆断層の断層面が、地層の境界に延びることが確認できたため、この断層はトレンチ底以深では層面すべり断層に変化すると考えられ、地下深く伸びる断層ではないと判断した。

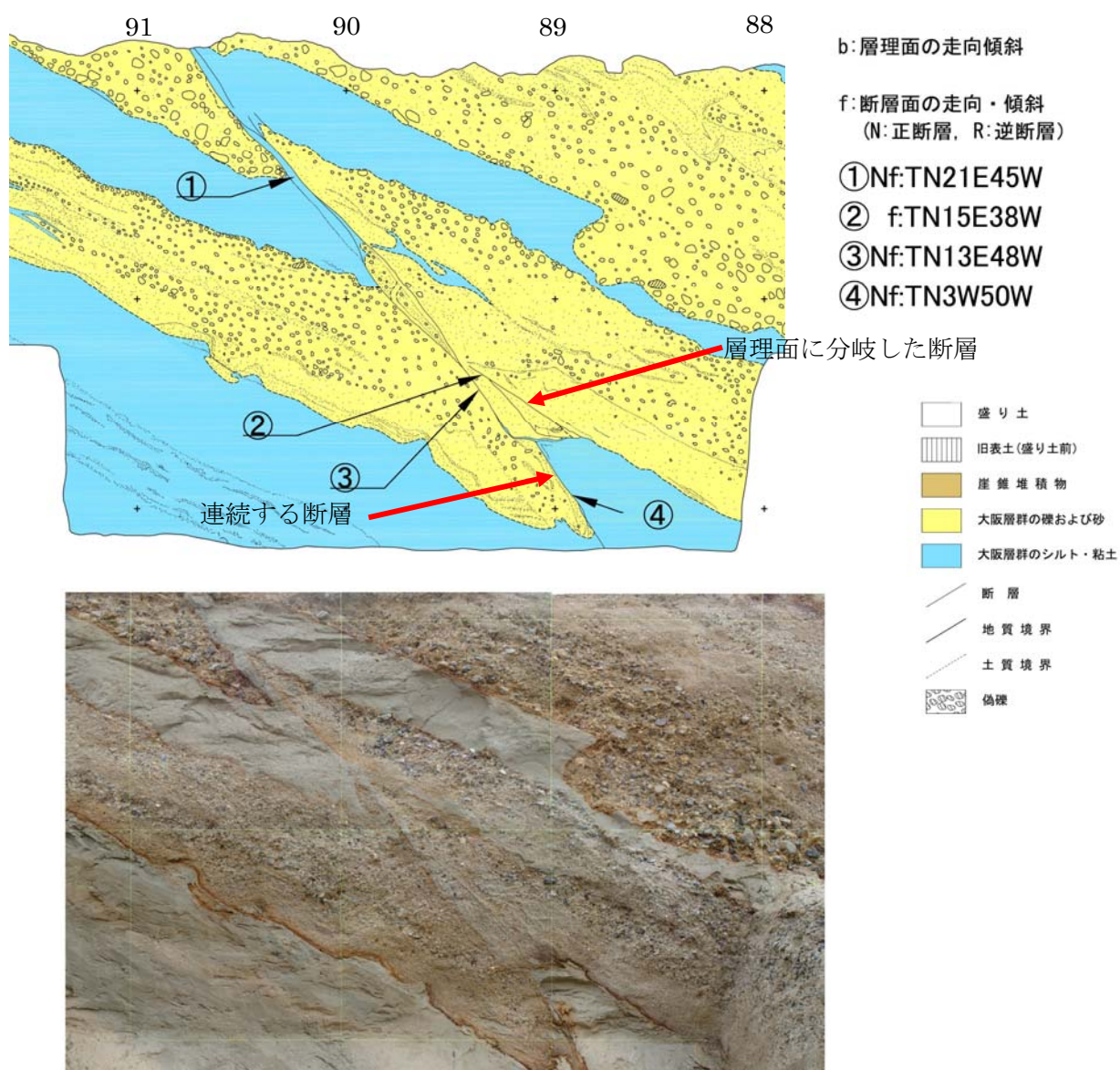


図 5-13 測点 88-91m 区間の写真とスケッチ

また、測点 88-91m 区間について、北側の壁面も観察を行った。掘削範囲の写真とスケッチを図 5-14 に示す。

南側壁面から逆断層変位を示す断層が連続する。北側壁面でもシルト層が 80cm 程度変位している。また、断層面ではレイク 80-90° の条線も観察された。

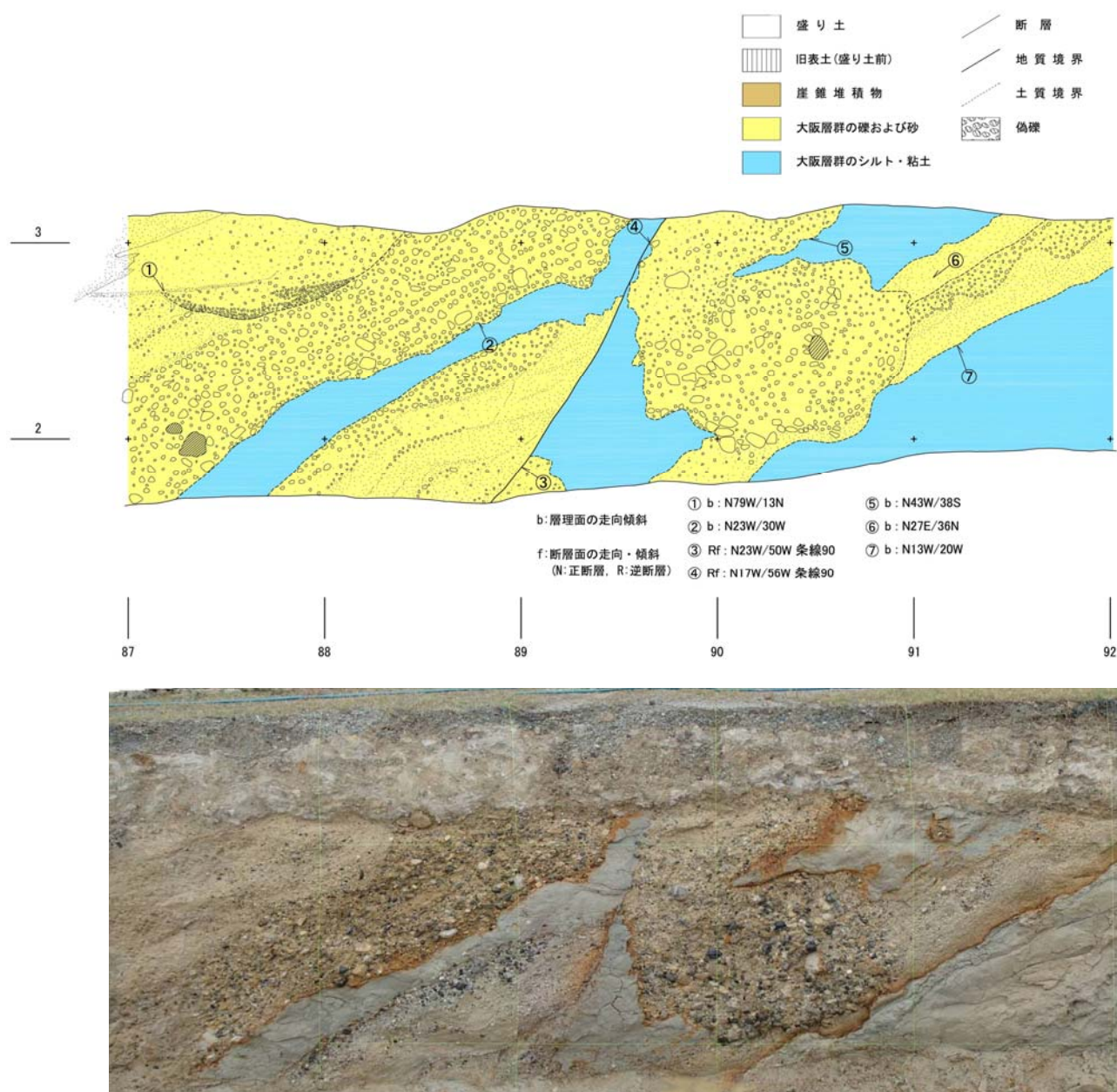


図 5-14 北側壁面測点 88-91m 区間の写真とスケッチ

西傾斜の逆断層は、東側を隆起させた断層運動により地層が曲がって（撓んで）向斜構造が成長する際に、撓みの内側で層面に平行方向（この場合には東西方向）の短縮が生じ、副次的な逆断層（bending-moment fault）が生じたものである。当該地域では、三百断層の近傍での大阪層群のめくれ上がりに伴う向斜構造の形成に関連すると解釈される。

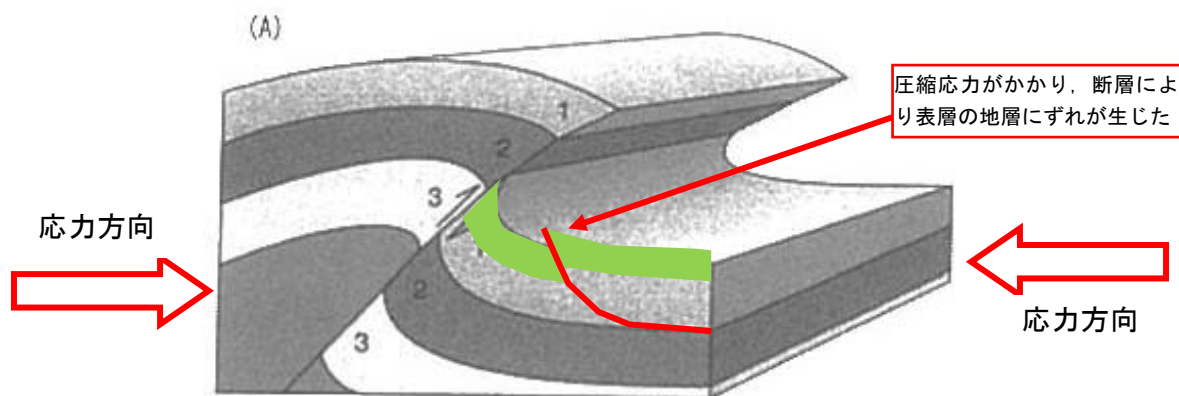


図 5-15 圧縮応力で生じる地層のずれ

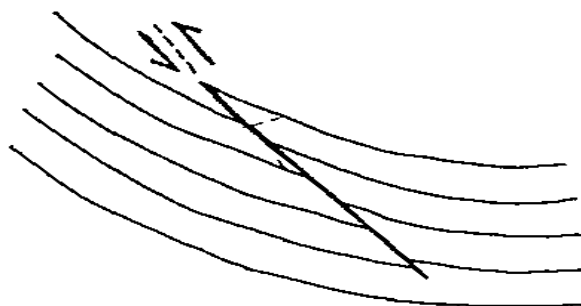


図 5-16 副次的な逆断層 (bending-moment fault)

吉岡 1988 より引用

5.6 トレンチ西側の正断層

トレンチ西側には多くの正断層的な変位が認められた（図 5-17 図 5-18 参照）。

壁面には、大阪層群を数 cm～数 10 cm 変位させる小規模な断層群が多数露出した。断層の傾斜は西傾斜と東傾斜のものがほぼ同数見られ、 60° 以上の高角度で傾斜するものがほとんどである。壁面での見かけの上下変位はすべて正断層変位を示す。西傾斜の断層と東傾斜の断層が対をなし、挟まれた地層が落ち込む地溝構造を示すものが多い。変位量は最大でも数 10 cm 程度であり、壁面中で断層が下方に向かってせん滅することもありことから、これらの断層は地表付近の極浅部に発達する、いわゆる「根無し」の断層である可能性が高く、地震による液状化、地すべりなどによる変位である。堆積して間もない未固結な地層の中で起きた液状化などの表層現象により生じたものである。

現状では液状化現象は起きない。

5.6.1 測点 25-27.5m

掘削範囲の写真とスケッチを図 5-17 に示す。

掘削前に確認していた断層は掘削部では不明瞭になり連続しない。また、上に連続しない断層を確認した。

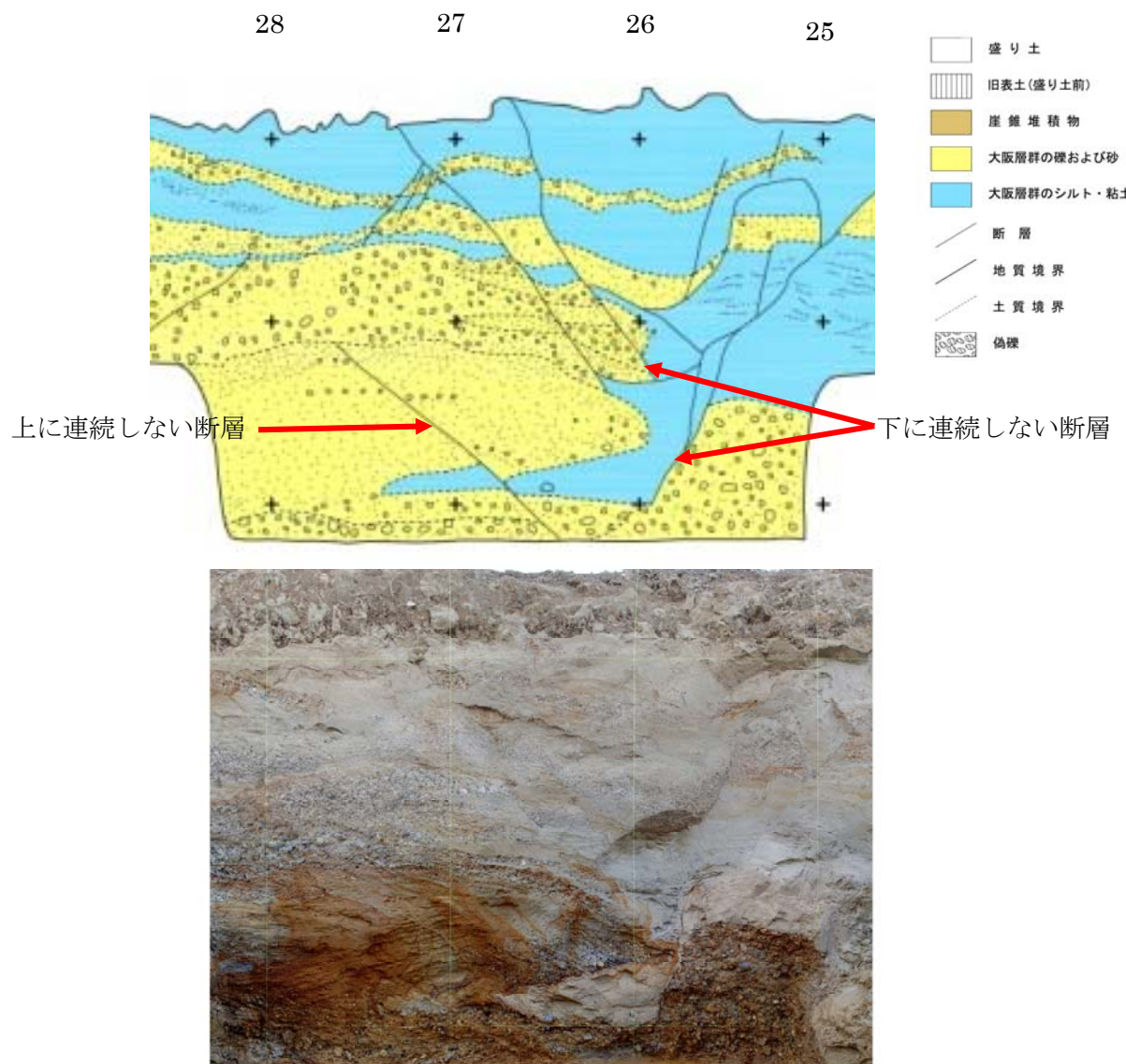


図 5-17 測点 25-27.5m 区間の写真とスケッチ

5.6.2 測点 30-33m

掘削範囲の写真とスケッチを図 5-18 に示す。

掘削前に確認していた断層は掘削部では不明瞭になり連続しない。

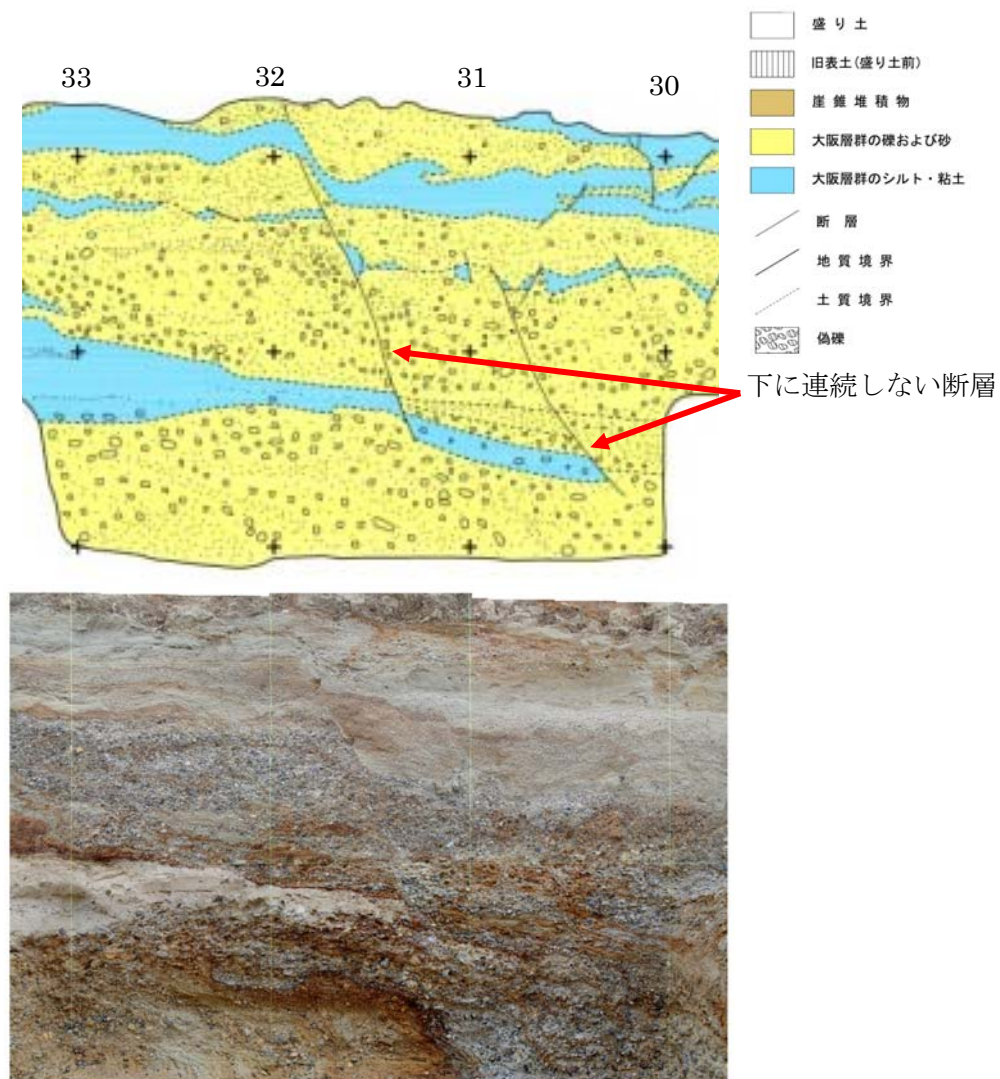


図 5-18 測点 30-33m 区間の写真とスケッチ

5.7 まとめ

トレンチ壁面観察から、以下の観察事項を確認した。

- ・ トレンチでは東側に向かって傾斜が大きくなる撓曲構造が認められる。
- ・ 東端で、西傾斜の逆断層が確認されたが、三百断層の近傍での大阪層群のめくれ上がりに伴う向斜構造の形成に関連する副次的な層面すべり断層と判断した。
- ・ トレンチ西側の正断層は、堆積して間もない未固結な地層の中で起きた液状化などの表層現象により生じたものであると判断した。

また、奈良盆地東縁断層帯の主要な活断層は、東傾斜の逆断層（地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）参照）であり、トレンチ壁面では東傾斜の逆断層は確認できていない。

したがって、焼却施設予定地内に、奈良盆地東縁断層帯を構成する主要な活断層は通過していないと判断した。