

### 3. 3 断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測

#### 3. 3. 1 活動履歴調査

##### (1) 業務の内容

(a) 業務題目 活動履歴調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
独立行政法人産業技術総合研究所	研究員	近藤 久雄
国立大学法人名古屋大学大学院環境学研究科	研究員	杉戸 信彦
独立行政法人産業技術総合研究所	特別研究員	木村 治夫

(c) 業務の目的

上町断層帯の最新活動時期を限定するとともに、地震発生の長期予測に資する複数回の断層活動履歴を新たに復元するための古地震調査を実施する。古地震調査に際しては最適な調査地を選定し、河川を利用した音波探査および群列ボーリング等による掘削調査を実施し、試料分析を行う。これらを基に地形地質断面図を作成し、既存の反射法地震探査、ボーリング調査結果等を総合して、上町断層全域における断層活動時期の評価を行う。

(d) 3カ年の年次実施業務の要約

1) 平成 22 年度： 実施業務なし

2) 平成 23 年度：

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、サブテーマ 1 で得られた DEM の成果から最適な調査地を選定し、河川を利用した音波探査および群列ボーリング等による掘削調査を実施し、試料分析を行った。これらの結果を基に地形地質断面図を作成し、新たな地形・地質情報と既存の反射法地震探査、ボーリング調査結果等を総合して断層活動時期の評価を行った。

3) 平成 24 年度：

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、サブテーマ 1 で得られた DEM の成果から最適な調査地を選定し、河川を利用した音波探査および群列ボーリング、群列ジオスライサー等による掘削調査を実施し、試料分析を行う。これらの結果を基に地形地質断面図を作成し、新たな地形・地質情報と H23 年度成果、既存の反射法地震探査、ボーリング調査結果等を総合して、上町断層全域における断層活動時期の評価を行う。

##### (1) 平成 23 年度業務の成果

(a) 業務の要約

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、陸域にお

けるトレンチ・ボーリング掘削調査、地下レーダー探査、および河川域における音波探査・ボーリング掘削調査をおこなって、次の新たな知見を得た。堺市堺区大仙町、高石市取石、および和泉市観音寺町においてトレンチ掘削やボーリング調査の掘削調査を実施し、得られた試料について放射性炭素年代測定やテフラ分析等を行った。大仙町および観音寺町においては地中レーダー探査をあわせて実施した。探査においてはプロファイル測定法およびワイドアングル測定法によって、深度変換断面を作成した。これらに基づき地形地質断面図を作成した結果、撓曲変形や断層変位が認定され、古地震イベントや段丘面の形成時期等に関する新たな知見が得られた。さらに、淀川における音波探査とボーリング調査の結果、川底付近まで及ぶ西側低下の撓曲構造が見いだされ、上町断層帯の最新活動に伴って形成された可能性が示唆された。樫井川においては、海側へ急斜する大阪層群相当層とこれを不整合に覆う完新統が認められ、この急斜構造は樫井川河口よりも海側に逆断層が存在する可能性が支持された。

(b) 業務の成果

1) 堺市堺区大仙町における掘削調査

a) 調査地点の概要

大仙町付近においては下位段丘面（国土地理院，1983）が東側隆起の変位を受けて撓曲崖が発達している（図1）（中田ほか，1996；岡田・東郷編，2000；池田ほか編，2002）。反射法地震探査の断面には撓曲崖に対応する変形構造が推定されている（杉山，1997）。今回、この撓曲崖の基部を対象として掘削調査を実施した。調査地点付近における撓曲崖は幅約200m、比高約7mである。撓曲崖の西側には低位段丘面（国土地理院，1983）がひろがる。調査地点は下位段丘面・低位段丘面の境界付近にあたる。

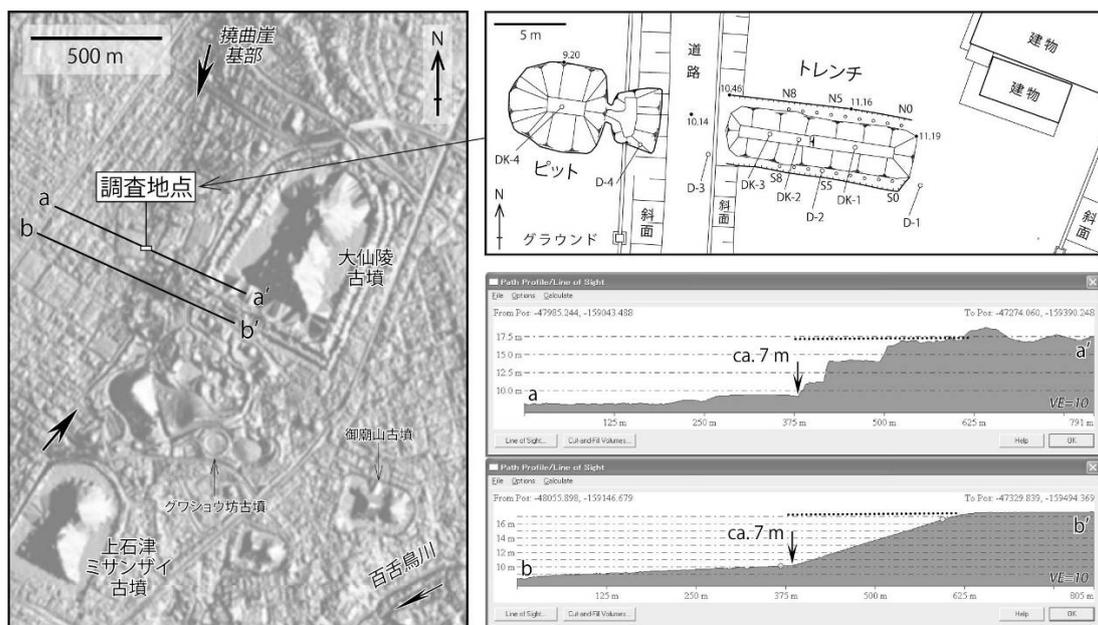


図1 大仙町付近の活断層分布・調査位置・地形断面

背景陰影図・地形断面は2mメッシュDEMに基づいて作成した。D-1~4 および DK-1~4 はボーリング位置を示す。

本地域の段丘面形成時期や古地理に関しては以前より検討がすすめられてきている（例えば、市原ほか，1986；小倉ほか，1992；趙，1994，2001；太田ほか，2004；大阪市文化財協会編，2008；土井ほか，2010）。

本地域の歴史は古く、百舌鳥古墳群の築造に代表される大規模な人工改変が行われてきた（例えば、日下，2008）。調査地点に関しても、大仙陵古墳に隣接しており古墳時代に何らかの改変を受けた可能性が考えられる。また調査地点から大仙陵古墳の間の範囲は「大仙遺跡」に指定されており（中世の城館跡・集落跡）、雛壇造成が行われたことが確認されている。近代以降にも現大阪府立大学の敷地として改変を受けてきた。撓曲崖基部の位置に関しては、少なくとも1948年米軍撮影縮尺約1万分の1航空写真と現況を比べるとほぼ変わっていない。

#### b) トレンチ・ピット掘削調査およびボーリング調査

撓曲崖基部の東側に長さ約12 m・幅約5 m・深さ3～4 mのトレンチを、同じく西側に長さ約4 m・幅約4 m・深さ3 mのピットをそれぞれ掘削した（図1、2）。撓曲崖基部および直上の道路は埋設管があるため掘削できなかった（グラウンド東端の地下には雨水管があり、道路直下にも上水道に加え深度3.59 mを頂部とする直径70 cmの雨水管がある）。なお掘削に際しては堺市による立会のもと試掘を行ったのち本掘削に入った。

トレンチ・ピットの壁面観察作業中、後述する7層の分布を確認するため底部においてパーカッション式コアサンプラーを用いた人力ボーリングを4本行い各1.5 m程度のコアを取得した（DK-1～4）。いずれも打ち込みが不可能となるまで掘削した。

また、埋め戻し後、地層の対比や変位の累積性を検討するため、トレンチ・ピットのすぐ南において機械ボーリングを4本実施した（D-1～4）。掘削長はD-1～3が15 m、D-4が40 mである。



図2 大仙町トレンチ・ピットの様子 (2011年12月21日撮影)

#### c) 地層区分

トレンチとピット、DK-1~4、およびD-1~4で観察された地層を総合して概略を述べる(図3~6、表1)。撓曲崖基部付近における地層の対比は現在検討中の部分があるが、地中レーダー探査の結果に基づき、トレンチ・ピット間で6層上面を対比した。

1・2層は中世以降の盛土である。1層中にはケーブル等も認められる。トレンチN4・S4付近にみられる1層下面の約30~40cmの段差は、ここより東側において遺跡調査が行われた跡である(大仙遺跡)。ピットにおける1層は貯水池を埋めた地層である。トレンチN8・S8付近、2層最下部には中世の遺構(水路跡等)が認められる。2層中にはその他にも中世以降の遺構が認められ、遺物も多数産出する。

3層の上部は主に砂礫層である。礫主体であり径1~10cmの垂円礫を主とする。基質は主に細砂~粗砂である。3層下部は主に礫混じり砂層~砂礫層である。礫は径0.3~3cmの垂円礫~円礫を主とする。基質は主に粗砂であり平行層理が発達する。D-2においては径1cm程度の垂円礫を含む礫混じり砂層として認められる。

4層は主に礫混じり砂層~砂礫層である。礫は径0.3~3cmの垂円礫を主とする。基質は主に極粗砂~細礫である。

表1 大仙町で得られた試料の放射性炭素年代測定結果

Loc.	Sample No.	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional $^{14}\text{C}$ age ( $\pm 1\sigma$ , yr BP)	Analysis Method	Pretreat- ment	Lab. No. (Beta-)
Daisen	DS-01	Wood fragment	-28.9	> 43,500	AMS	AAA	311734
Daisen	DK-3 (0.25m)	Plant material	-26.4	38,650 $\pm$ 440	AMS	AAA	313101

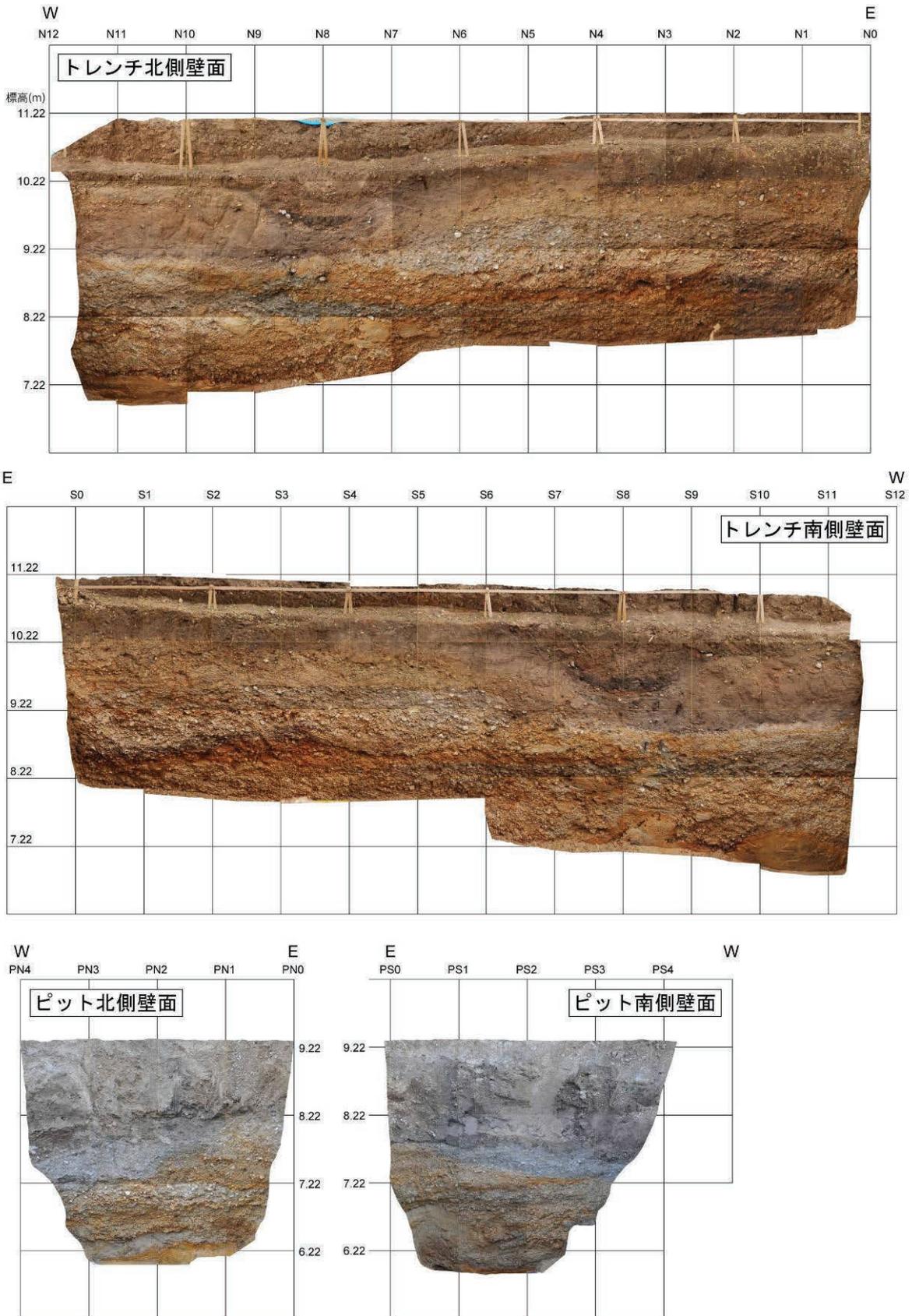


図3 大仙町トレンチ・ピットのはりあわせ写真

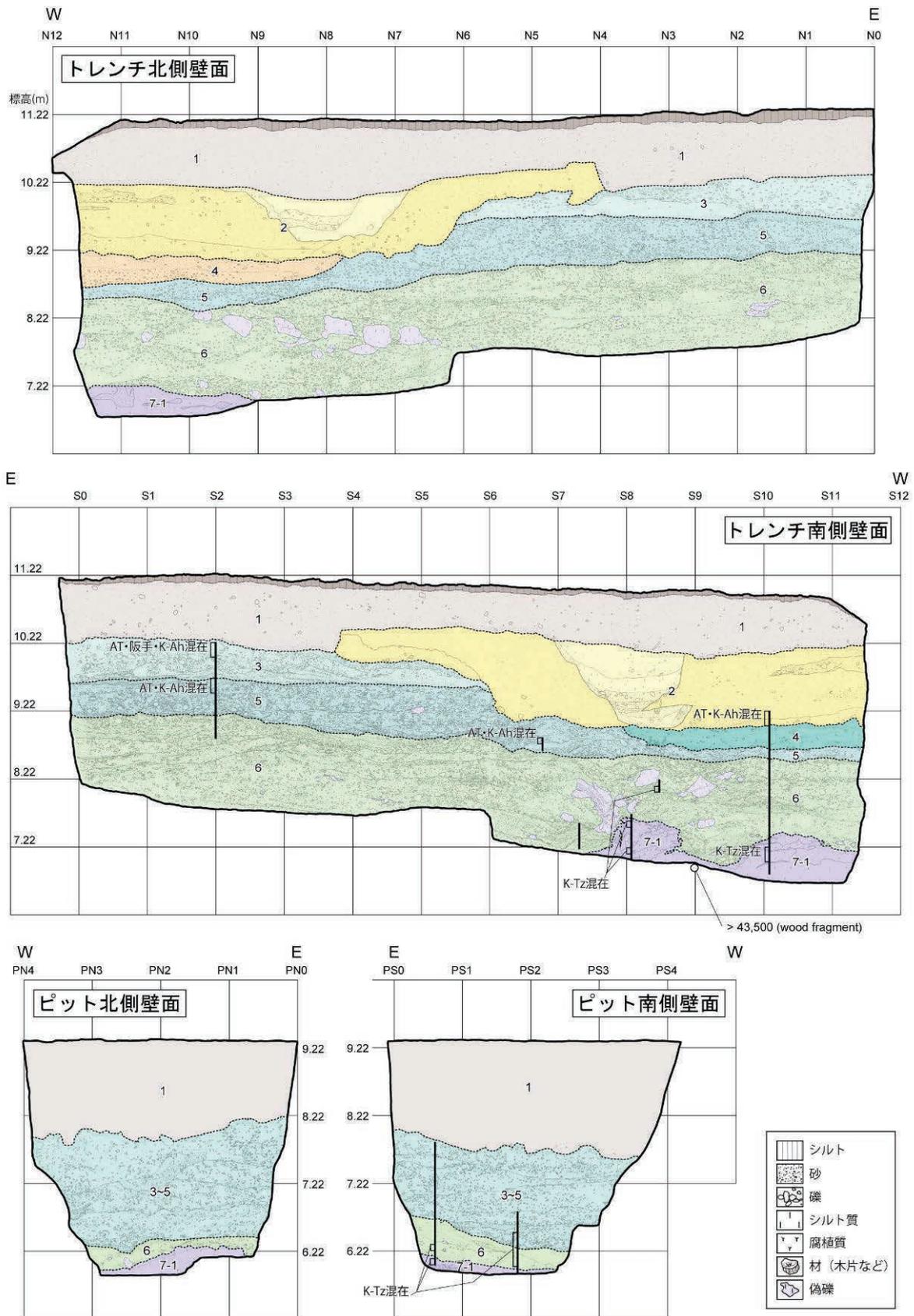


図4 大仙町トレンチ・ピットのスケッチ

黒実線はテフラ分析試料採取位置 (10 cm ごとに採取) を示す。

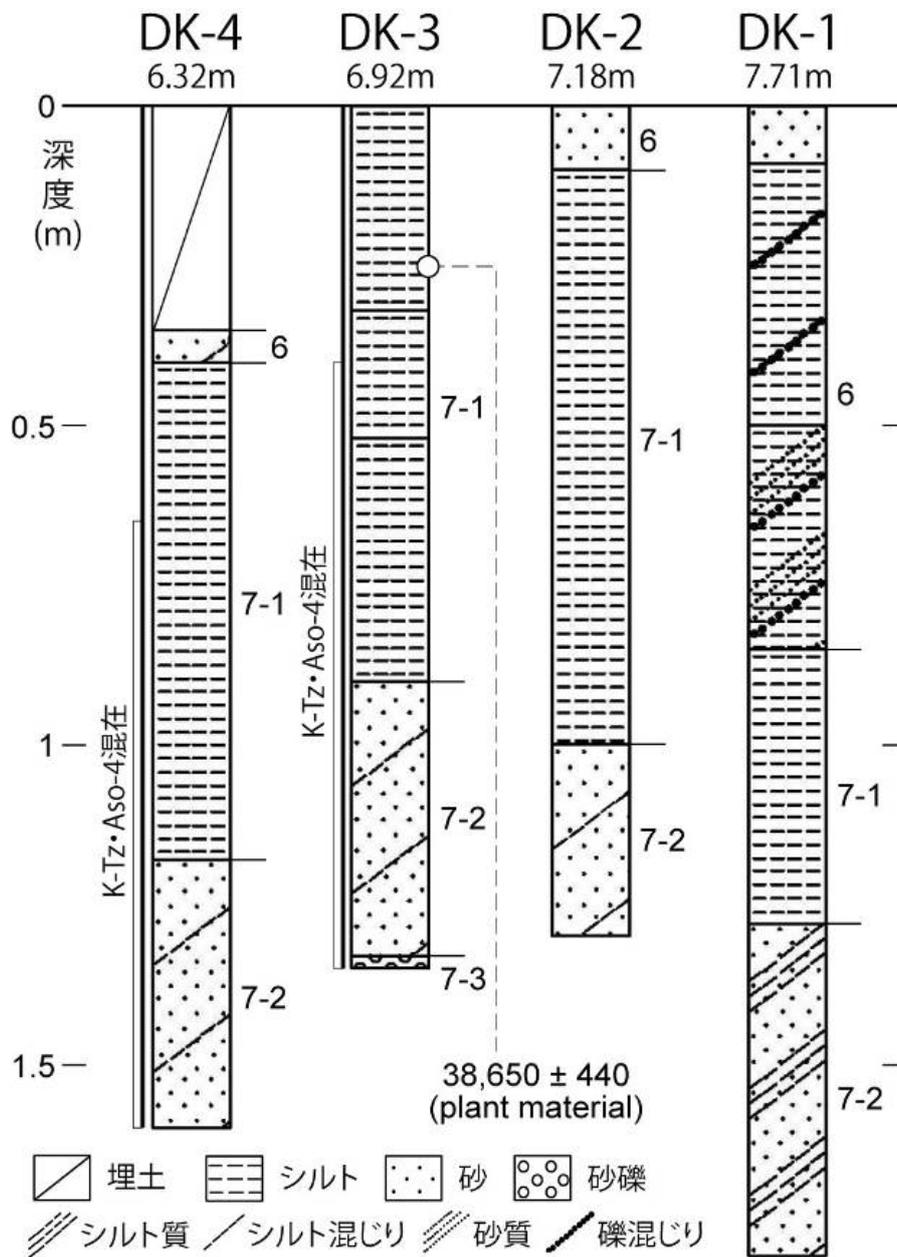


図5 大仙町ボーリング DK-1~4 の柱状図 (コア名の下の数値は孔口標高)  
 黒実線はテフラ分析試料採取位置 (10 cm ごとに採取) を示す。

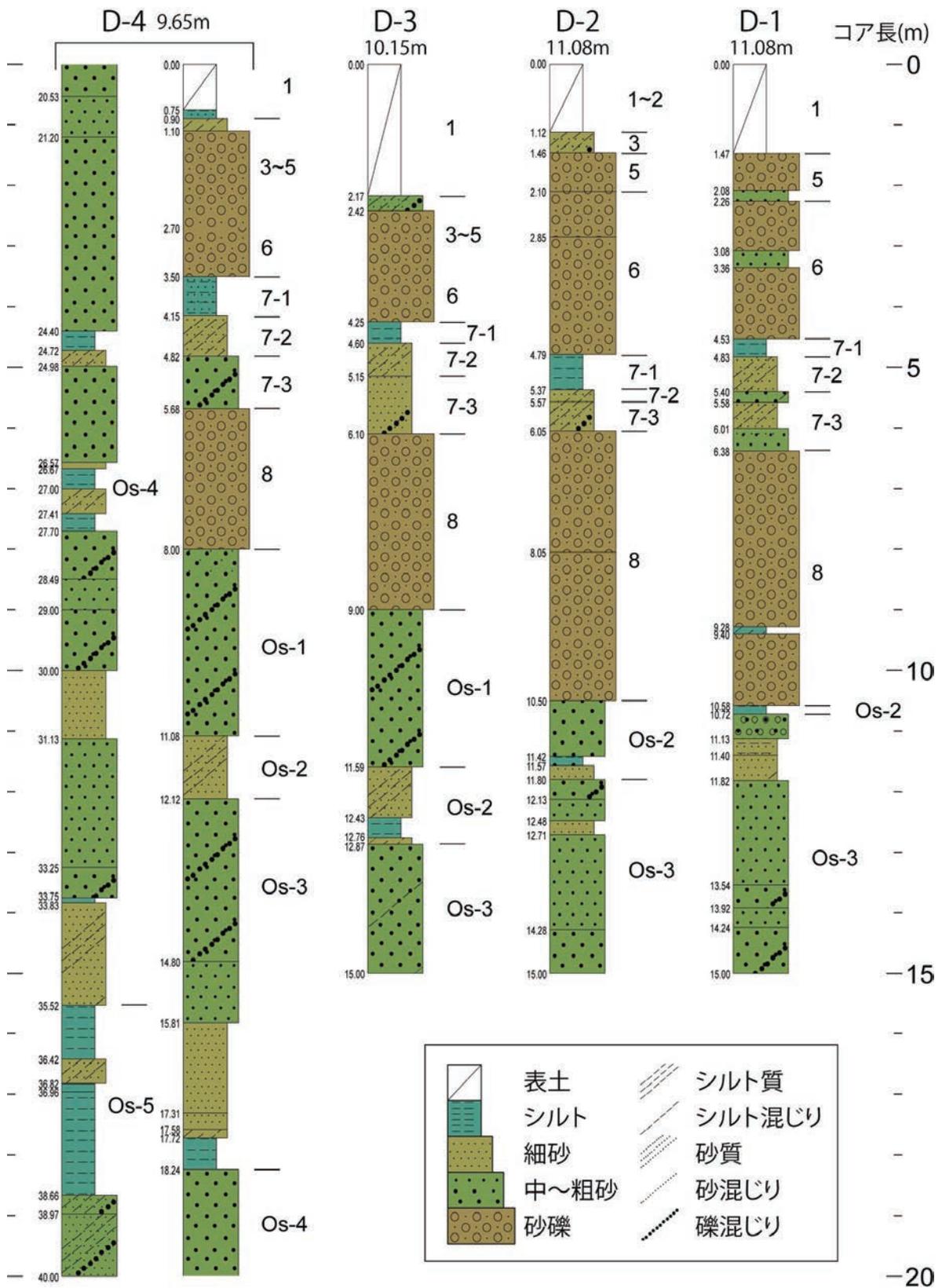


図6 大仙町ボーリング D-1~4 の柱状図 (コア名の下/右の数値は孔口標高)

5層は主に砂礫層である。上部は礫主体であり径 0.5～10 cm の亜円礫を主とする。基質は主に細砂～粗砂であり平行層理が発達するほかシルト偽礫が点在する。一部にレンズ状のシルト層（層厚約 11 cm、平行層理が発達）を挟む。5層下部は径 0.5～10 cm の亜角礫を主とする。基質は主に粗砂～極粗砂であり一部にトラフ型斜交層理が発達する。壁面東部の5層最下部には層厚約 6 cm のシルト層が認められる。D-1・2においては主に径 1～4 cm 程度の角礫を含む砂礫層として認められる。

ピットにおいては3層～5層の区分を検討中であるため3～5層としてまとめて示した。これらは主に砂礫層である。

6層は主に砂礫層である。トレンチ N2・S2 付近より東の6層上部は礫主体であり径 1～12 cm の亜円礫～円礫を主とする。基質は主に極粗砂～細礫であり一部にトラフ型斜交層理が発達する。N2～7・S2～7 付近は主に極粗砂～細礫によって構成される。礫は亜角礫～亜円礫でありトラフ型斜交層理が発達する。N7・S7 付近より西は礫主体であり径 1～11 cm の亜円礫～円礫を主とする。基質は主に粗砂～極粗粒砂でありトラフ型斜交層理が発達する。6層下部は、N6・S6 付近より東においては亜円礫～円礫を主とし径 5～15 cm のシルト偽礫を含む。基質は細砂～粗砂であり一部にレンズ状の礫混じり砂層（層厚 5～20 cm、平行層理が発達）を挟む。N6・S6 付近より西ではシルト偽礫が散在し一部にトラフ型斜交層理が発達するほか礫混じりの粗砂層～極粗砂層をレンズ状に挟む。N7～11・S9～10 付近における6層最下部は流路に堆積した礫層である。径 1～10 cm の礫によって構成され基質はほぼ認められない。ピットにおける6層は細礫層をレンズ状に挟む中砂～粗砂層として認められる。DK-1においては礫混じりシルト層として、D-1・2では主に径 1～5 cm 程度の亜角礫～亜円礫を含む砂礫層としてそれぞれ認められる。D-3・4における3層～6層相当層は主に、径 0.5～3 cm 程度の亜円～亜角礫を含む砂礫層であり、現在その区分を検討している。

7層はシルト層～砂層であり、7-1層～7-3層に細分される。7-1層はシルト層であり砂層を挟む。トレンチ南壁面においては6層に侵食されて上面の凹凸が大きい。トレンチ N8・S8 付近の7-1層は腐植質である。この腐植質シルトから得られた木片は > 43,500 yBP の年代値を示した。一方、DK-3 の深度 0.25 m で得られた植物片は 38,650±440 yBP の年代値を示した。7-2層はシルト質細砂層、7-3層は 0.5～3 cm 程度の礫を含む砂層である。DK-1～4 コアの下端は、打ち込み時の状況から考えて7-3層の上面付近と推定される。8層はD-1～4によって確認された砂礫層であり、径 1～6 cm の角礫～亜円礫を主とする。

8層より下位は層相からみて大阪層群に区分される（0s-1～5）。

0s-1層は主に礫混じり砂層でありD-2～4で観察される。0s-2層は主に砂混じりシルト層～シルト質砂層、0s-3層は主にシルト混じり砂層や礫混じり砂層である。D-1～4で確認されたこれら0s-2・3層の一部には上方細粒化や上方粗粒化、ラミナが認められるほか、有機物を含む部分もある。0s-4・5はD-4のみで観察された地層である。前者はシルトを挟む砂層である。後者は砂を含むシルト層主体で下部に礫混じり砂層が認められる。

0s-1～5全体にわたって、海成であることを示す証拠は得られていない。

#### d) テフラ分析

トレンチとピット、およびDK-3・4を対象としてテフラ分析向け試料を10 cm毎に採取

し分析を行った（図4、5、表2）。

表2 大仙町 DK-4 コア深度 1.5~1.6 m のガラス包有物の主成分化学分析結果

glass inclusion								
採取地点 DK-4 1.5								
point No.	1	2	3	4	5		平均値	標準偏差
SiO <sub>2</sub>	75.65	75.36	75.59	75.92	76.10	SiO <sub>2</sub>	75.72	0.29
TiO <sub>2</sub>	0.31	0.30	0.28	0.23	0.21	TiO <sub>2</sub>	0.27	0.04
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.11	11.07	11.22	10.80	10.86	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.01	0.18
FeO	1.02	1.05	0.90	0.97	0.86	FeO	0.96	0.08
MnO	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	MnO	0.02	0.04
MgO	0.04	0.16	0.23	0.11	0.12	MgO	0.13	0.07
CaO	1.02	1.07	1.06	1.10	1.03	CaO	1.06	0.03
Na <sub>2</sub> O	3.25	2.85	2.46	3.20	2.63	Na <sub>2</sub> O	2.88	0.35
K <sub>2</sub> O	3.43	3.38	3.39	3.38	3.39	K <sub>2</sub> O	3.39	0.02
Total	95.92	95.24	95.13	95.71	95.20		95.44	

point No.						平均値	標準偏差	
SiO <sub>2</sub>	78.87	79.13	79.46	79.32	79.94	SiO <sub>2</sub>	79.34	0.40
TiO <sub>2</sub>	0.32	0.31	0.29	0.24	0.22	TiO <sub>2</sub>	0.28	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.58	11.62	11.79	11.28	11.41	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.54	0.20
FeO	1.06	1.10	0.95	1.01	0.90	FeO	1.01	0.08
MnO	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	MnO	0.02	0.04
MgO	0.04	0.17	0.24	0.11	0.13	MgO	0.14	0.07
CaO	1.06	1.12	1.11	1.15	1.08	CaO	1.11	0.03
Na <sub>2</sub> O	3.39	2.99	2.59	3.34	2.76	Na <sub>2</sub> O	3.01	0.35
K <sub>2</sub> O	3.58	3.55	3.56	3.53	3.56	K <sub>2</sub> O	3.56	0.02
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		100.00	

トレンチ S2 付近の 3 層上部には最大 27% のバブルウォール型火山ガラスが含まれる。この層準には緑色普通角閃石およびカミングトン閃石も含まれる。同じく 5 層上部には微量のバブルウォール型火山ガラスが含まれる。

火山ガラスの屈折率はいずれも 1.494~1.501 および 1.508~1.515 の 2 グループに分かれる。緑色普通角閃石の屈折率は 1.672~1.679、カミングトン閃石の屈折率は 1.662~1.667 である。

火山ガラスの形態および屈折率は AT および K-Ah の特徴（町田・新井，2003）と一致する。これらのガラスは AT および K-Ah 起源である。また緑色普通角閃石およびカミングトン閃石の屈折率は近畿地方にひろく分布する阪手火山灰の特徴（中村ほか，2011）と一致する。同じ層準に AT および K-Ah 起源のガラスが含まれることから、緑色普通角閃石およびカミングトン閃石は阪手火山灰起源と考えられる。

S6.8 付近の 5 層中下部にはバブルウォール型火山ガラスが微量含まれる。屈折率は 1.497~1.500 および 1.509~1.512 の 2 グループに分かれる。形態および屈折率は AT および K-Ah の特徴（町田・新井，2003）と一致する。これらのガラスは AT および K-Ah 起源である。

S8.1 付近の 7-1 層上部および下部には上下層準に全く含まれない高温型石英が微量含まれる。S8.5 付近の 6 層中部にも高温型石英が微量含まれる。高温型石英のガラス包有物は、

近畿地方にひろく分布する K-Tz の石英に含まれるガラス包有物の含有形態（5～10 $\mu$ m 程度）と類似する。

S10.1 付近の 2 層下部には最大 30% 程度のバブルウォール型火山ガラスが含まれる。屈折率は 1.497～1.501 および 1.510～1.515 の 2 グループに分かれる。形態および屈折率は AT および K-Ah の特徴（町田・新井，2003）と一致する。これらのガラスは AT および K-Ah 起源である。同じく 7-1 層中上部には上下層準に全く含まれない高温型石英が微量含まれる。高温型石英のガラス包有物は、近畿地方にひろく分布する K-Tz の石英に含まれるガラス包有物の含有形態（5～10 $\mu$ m 程度）と類似する。

ピット PS0.6 付近の 6 層下部および 7-1 層には、上位層準に全く含まれない高温型石英が微量含まれる。PS1.8 付近の 3～5 層下部および 6 層にも高温型石英が微量含まれる。高温型石英のガラス包有物は、近畿地方にひろく分布する K-Tz の石英に含まれるガラス包有物の含有形態（5～10 $\mu$ m 程度）と類似する。

DK-3 の深度 0.4～1.35 m（7-1 層中部～7-3 層）には高温型石英が含まれる。高温型石英のガラス包有物は、近畿地方にひろく分布する K-Tz の石英に含まれるガラス包有物の含有形態（5～10 $\mu$ m 程度）と類似する。また深度 0.8～0.9 m（7-1 層最下部）には屈折率 1.685～1.692 の緑褐色普通角閃石が微量含まれる。この角閃石は Aso-4 の特徴（町田・新井，2003）と一致する。

DK-4 の深度 0.5～1.6 m（7-1 層中上部～7-2 層）には高温型石英が含まれる。高温型石英のガラス包有物は、近畿地方にひろく分布する K-Tz の石英に含まれるガラス包有物の含有形態（5～10 $\mu$ m 程度）と類似する。このガラス包有物の主成分化学組成は K-Tz の特徴（古澤・中村，2009）と一致する（表 2）。また深度 1.5～1.6 m（7-2 層最下部）には屈折率 1.685～1.692 の緑褐色普通角閃石が微量含まれる。この角閃石は Aso-4 の特徴（町田・新井，2003）と一致する。

#### e) 地形・地質構造と活動時期・平均変位速度

撓曲崖基部付近において、3～7 層に上下落差が認められる（図 7）。0s-1～3 層はこれより大きい上下落差を示し、変位の累積を読み取ることができる。

2 層下部および 3 層上部で確認されたテフラ（AT・阪手・K-Ah）は、産出状況からみて再堆積や擾乱に起因する可能性は低い。よって 3 層堆積中もしくはその直後に AT が降下し、その後阪手、K-Ah が降下した可能性が高い。一方 5 層中に見出されたテフラはいずれも微量であり再堆積または擾乱に起因する可能性が高い。したがって 3 層～5 層の堆積は AT 降下頃もしくはその少し前と考えられる。

6 層や 7 層には微量ながらも K-Tz 起源と考えられる高温型石英が多くの試料で確認され、DK-4 の深度 1.5～1.6 m についてはガラス包有物の主成分化学組成が K-Tz の特徴（古澤・中村，2009）と一致する。K-Tz 起源と考えられる高温型石英はピットの 3～5 層にも微量含まれる。また DK-3・4 においては 7 層中に緑褐色普通角閃石が微量含まれ、屈折率も含め Aso-4 の特徴（町田・新井，2003）と一致する。このような状況から 7 層の堆積は K-Tz や Aso-4 の降下より後であったと考えられる。7 層中からは 38,650 $\pm$ 440 yBP の年代値が得られており調和的である。以上のことから 7 層の堆積は 38,650 $\pm$ 440 yBP 頃もしくはその少し後に起こったと考えられる。

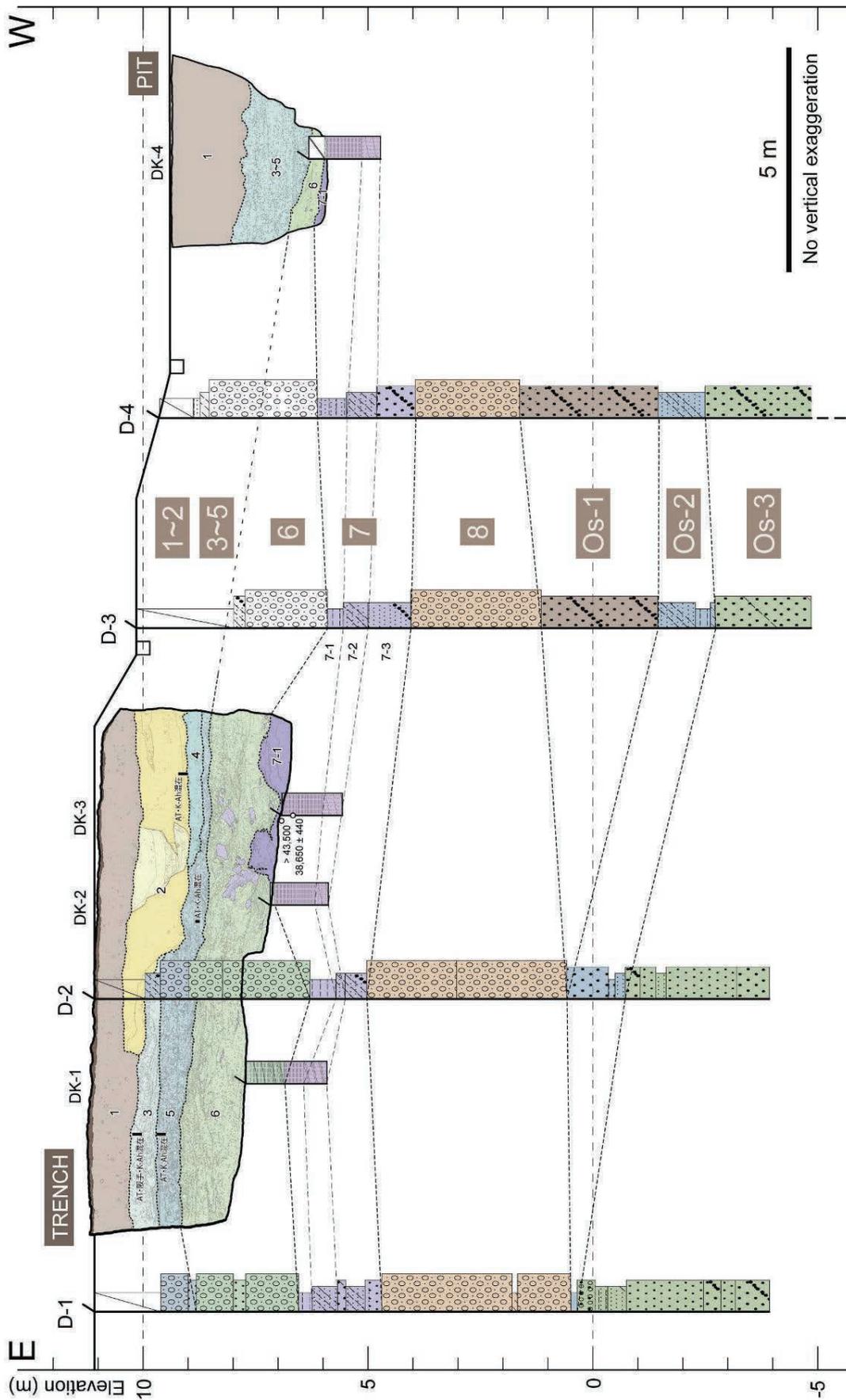


図7 大仙町の地形地質断面図

したがってAT降下以降少なくとも1回のイベントが発生したものと考えられる。今後、7層堆積以降のイベント発生時期と回数、人工改変の影響の有無、また付近の段丘面の分布・形成時期との関係等について検討をすすめていく。

大仙陵古墳と上石津ミサンザイ古墳の間には、西方へと流下する浅い谷地形が発達する(図1)。この付近に位置するグワショウ坊古墳においては、墳丘盛土のベースをなす堆積物(砂質シルト層)上部にK-Ah起源の火山ガラスが少量含まれる(土井ほか, 2009)。ただし古墳築造時の削平や下位層との時間間隙の有無等を検討する必要がある(土井ほか, 2009, 2010)。同じく御廟山古墳では、段丘構成層中にK-Ahに由来すると推定される火山ガラス(褐色でバブルウォール型を示すことが根拠)が散在する(内本ほか, 2011)。調査地点近傍の地形面編年に関するこうした資料、また付近一帯の諸資料も参照しつつ検討をすすめる予定である。

## 2) 高石市取石における掘削調査

### a) 調査地点の概要

取石付近においては下位段丘面(国土地理院, 1983)が東側隆起の変位を受けて低断層崖・撓曲崖が発達している(図8(A))(中田ほか, 1996; 岡田・東郷編, 2000; 池田ほか編, 2002)。なかでも調査地点付近においては下位段丘面を開析する浅い谷地形の中に発達する、ごく新しい時期に形成された段丘面が東側隆起の変位を受けて幅約150m、比高約2mの撓曲崖が形成されている。撓曲崖基部付近より西側は、より新しい時期に形成された段丘面に区分される。

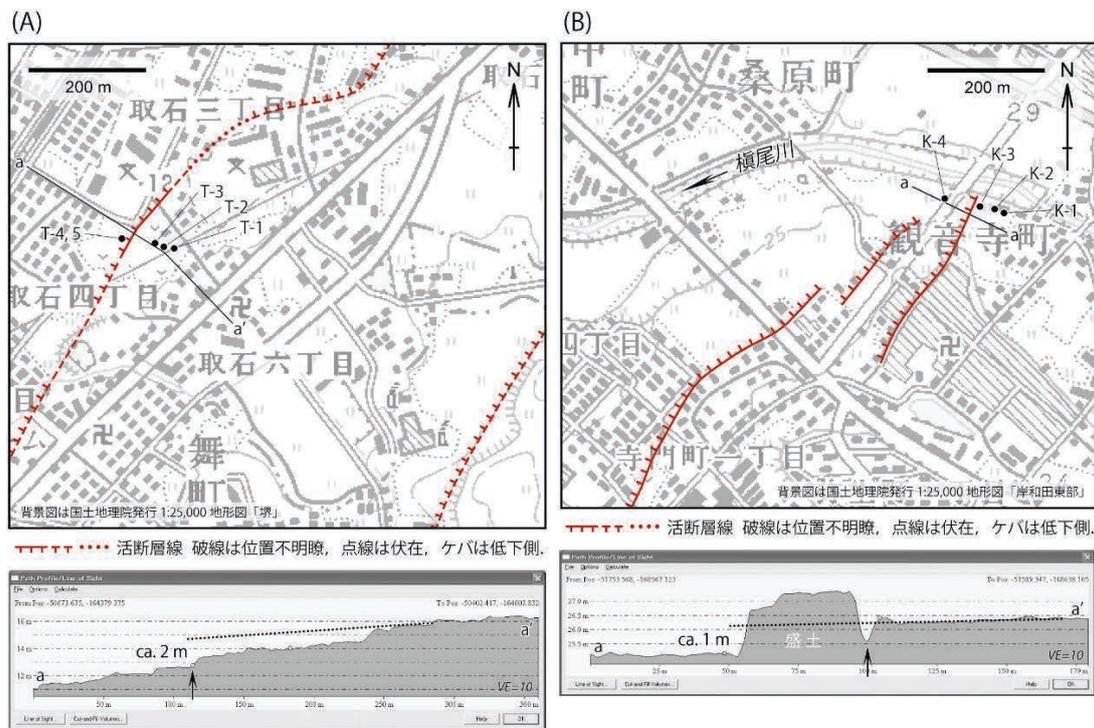


図8 (A) 取石付近・(B) 観音寺町付近の活断層分布・調査位置・地形断面  
地形断面は2mメッシュDEMを基に作成した。T-1~5・K-1~4はボーリング位置を示す。

b) ボーリング調査

撓曲崖基部の東側においてコア T-1～3 を、西側においてコア T-4・5 をそれぞれ機械ボーリングにより取得した (図 8 (A)・9 (A)・表 3)。コア長は T-1 が 5 m、T-2 が 8 m、T-3 が 8 m、T-4 が 6 m であり、T-5 は 5 m である。T-5 は、T-4 とほぼ同様の層序であり年代測定試料も得られなかったため、地形地質断面図から省略した。

表 3 取石で得られた試料の放射性炭素年代測定結果

Loc.	Sample No.	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional $^{14}\text{C}$ age ( $\pm 1\sigma$ , yr BP)	Analysis Method	Pretreat- ment	Lab. No. (Beta-)
Toriishi	T-3 (2.45m)	Plant material	-26.9	37,830 $\pm$ 380	AMS	AAA	313060
Toriishi	T-3 (2.50m)	Plant material	-24.9	> 43,500	AMS	AAA	313048
Toriishi	T-3 (2.55m)	Plant material	-27.2	> 43,500	AMS	AAA	313059
Toriishi	T-3 (3.35m)	Plant material	-25.6	> 43,500	AMS	AAA	313047
Toriishi	T-4 (1.48m)	Plant material	-26.1	100 $\pm$ 30	AMS	AAA	313049
Toriishi	T-4 (1.54m)	Plant material	N.A.	170 $\pm$ 30	AMS	AAA	314033
Toriishi	T-4 (1.62m)	Plant material	-27.7	260 $\pm$ 30	AMS	AAA	313061

1 層は耕作土・盛土である。

2 層は T-4・5 にのみ認められる。層厚は約 1.2 m である。上部は黄褐色の砂層によって構成される。下部は灰色～暗灰色のシルト層からなり、植物片を含む。T-4 の深度 1.48 m・1.54 m・1.62 m で得られた植物片はそれぞれ 100  $\pm$  30 yBP・170  $\pm$  30 yBP・260  $\pm$  30 yBP の年代値を示した。

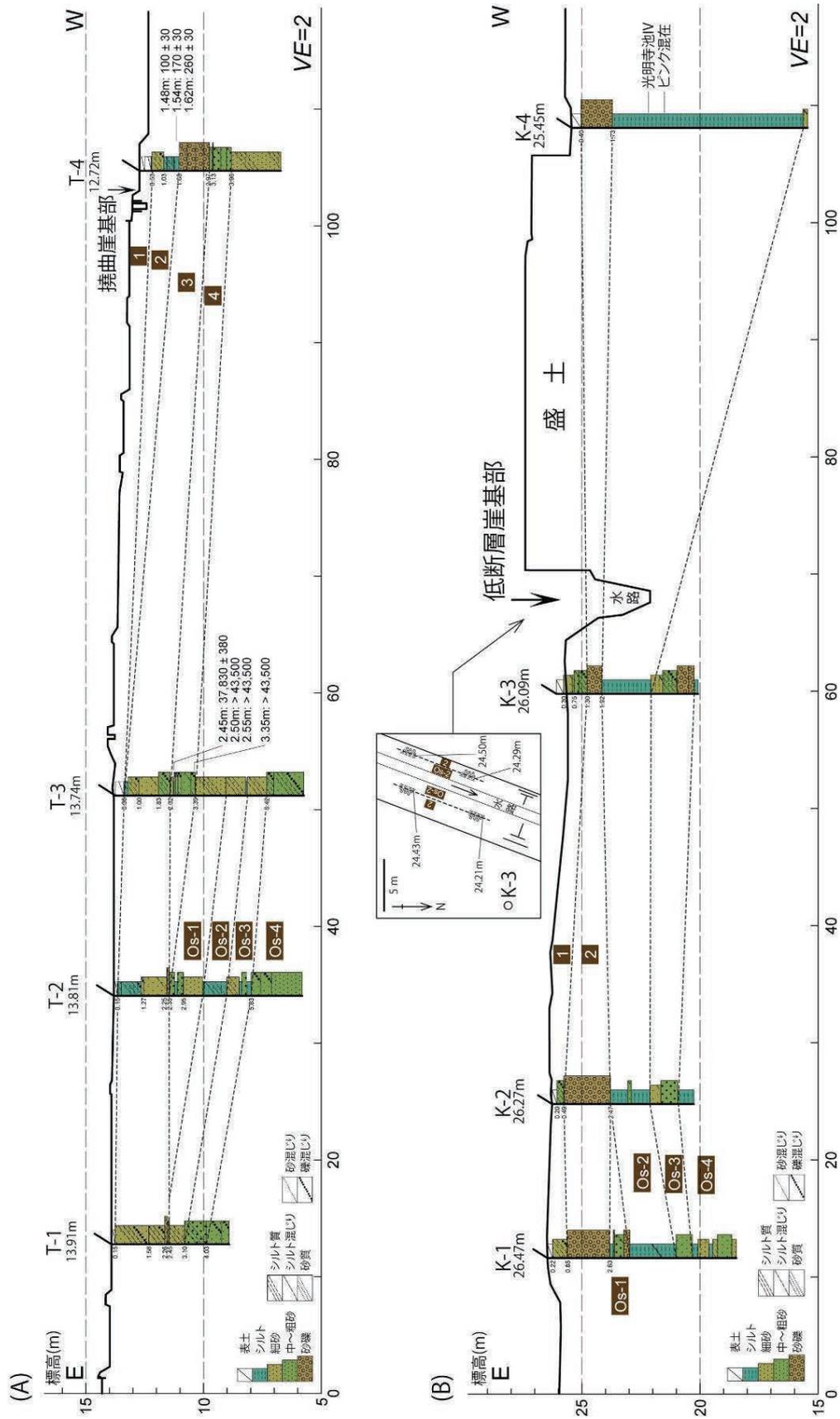
3 層は T-1～5 のすべてのコアに認められる。層厚は約 1.5～2.3 m である。T-1～3 の上部は灰色～黄褐色のシルト層～砂層によって構成される。T-3 では上方細粒化する砂層も認められる。下部は黄褐色～黄灰色の砂層～砂礫層からなる。T-4・5 は灰色～黄褐色の砂層～砂礫層によって構成される。

4 層は T-3～5 に認められる層厚約 0.8～1.1 m の灰色～黄褐色砂層であり、T-3 においては腐植質の部分を挟む。深度 2.45 m で得られた植物片は 37,830  $\pm$  380 yBP の年代値を、また 2.50 m・2.55 m・3.35 m で得られた植物片はいずれも > 43,500 yBP の年代値を示した。

4 層より下位は層相からみて大阪層群に区分される (0s-1～4)。

0s-1 層は T-2～5 に認められる灰色～暗青灰色のシルト層～砂層である。T-2・3 においてはラミナが観察され、T-4 においてはシルトと砂が互層をなしている。T-2 孔の上部は灰色～暗青灰色の砂層であり腐植質の部分を挟む。

0s-2～4 層は T-1～3 において確認された地層であり、0s-2 層は灰色～暗青灰色の砂層、0s-3 層は暗灰色～暗青灰色のシルト層～砂層、0s-4 層は暗灰色～黄褐色の砂層によってそれぞれ構成される。T-2・3 における 0s-3 層の下部は腐植質の部分を多く含む。



### c) 地形・地質構造と活動時期

3層と 0s-1 層以下の地層は西方へと傾いており、撓曲変形を受けているものと考えられる（図 9 (A)）。後者の傾斜は前者より急であり変位の累積を読み取ることができる。一方 2層は低下側にのみ認められ、堆積時にはすでに撓曲崖が形成されていたと考えられる。したがって 2層・3層間に撓曲変形イベントが推定される。また 2層・3層の分布は段丘面区分と調和的である。

4層はより古い時期の段丘面構成層が完全には浸蝕されずにわずかに残存したものと考えられる。4層からは  $37,830 \pm 380$  yBP の年代値が得られている。

2層・3層はいずれも、ごく新しい時期に形成された段丘面を構成する地層である。その年代はかなり若いものと推定される。今後、撓曲変形イベントの時期を見積もるべく、両層の年代を詳しく解明する調査を実施する必要がある。

### 3) 和泉市観音寺町における掘削調査

#### a) 調査地点の概要

観音寺付近においては中位・下位段丘面（国土地理院，2001）が東側隆起の変位を受けて低断層崖・撓曲崖が発達している（図 8 (B)）（岡田ほか，1996；岡田・東郷編，2000；池田ほか編，2002）。反射法地震探査の断面には低断層崖・撓曲崖に対応する変形構造が推定されている（大阪府，1997）。なかでも調査地点付近においては槇尾川現河床の左岸側に発達する、ごく新しい時期に形成された段丘面が東側隆起の変位を受けて比高約 1 m の低断層崖が形成されている。

#### b) ボーリング調査

低断層崖の東側においてコア K-1～3 を、西側においてコア K-4 をそれぞれ機械ボーリングにより取得した（図 8 (B)・9 (B)）。コア長は K-1 が 8 m、K-2 が 6 m、K-3 が 6 m であり、K-4 は 10 m である。

1層は耕作土・盛土・土壌である。K-3 の深度 1.30 m にはプラスチック片が含まれる。

2層は褐色～黄褐色の砂礫層によって構成され、K-1～4 の全コアに認められる。層厚は約 0.6～2.0 m である。

2層より下位は層相からみて大阪層群に区分される（0s-1～4）。

0s-1 層は K-1 にのみ分布する青灰色～灰色のシルト層～砂層である。

0s-2 は全コアに認められ、青灰色～緑灰色のシルト層～砂層によって構成される。シルトと砂が互層をなす部分や上方細粒化を示す部分が認められる。後述するように光明池 IV 火山灰をほぼ純層で挟み、下位にはピンク火山灰が混在する。

灰色～青灰色のシルト層～砂層からなる 0s-3 もまた全コアに認められ、上方細粒化を示す部分が観察される。

K-1～3 に分布する 0s-4 は緑灰色～青灰色のシルト層～砂層によって構成され、シルトと砂が互層をなす部分や上方細粒化を示す部分が認められる。

#### c) 水路沿いの露頭

低断層崖基部には水路が掘られており、流路の側壁において 2層と 0s-2 層の不整合面を

連続的に観察することができた (図 9 (B))。その結果、不整合面が下流側 (北方の槇尾川の方) に向かって標高を若干下げていることがわかった。

d) テフラ分析

K-4 の深度 3.25 m・3.92 m から火山灰が確認された (図 9 (B)・表 4)。

深度 3.25 m から採取した試料はほぼ純層の火山灰である。非常に細かく発泡した泡の痕跡が密集するパミスタイプ火山ガラスを主体とする。主成分化学組成を表 4 に示す。重鉱物としては緑色普通角閃石を主体とし、斜方輝石およびリン灰石を含む。ガラスの屈折率は 1.504~1.508 にモードがみられる。斜方輝石の屈折率は 1.702~1.708、角閃石の屈折率は 1.670~1.686 である。

これらの特徴は大阪層群では光明池 IV 火山灰の特徴 (吉川, 1976) と一致する。本層準の下位、後述する深度 3.92 m の試料にはピンク火山灰起源のガラスが含まれている。光明池火山灰はピンク火山灰の直上に分布することから、本層準のテフラは光明池 IV 火山灰であると考えられる。

深度 3.92 m から採取した試料には、バブルウォールタイプおよびパミスタイプの火山ガラスが少量含まれる。このガラスの一部は、表 4 に示すように主成分化学組成がピンク火山灰の特徴 (町田・新井, 2003) と一致する。したがって、本層準には大阪層群のピンク火山灰が混在していると考えられる。

表4 観音寺町 K-4 コア深度 3.25 m・3.92 m のガラスの主成分化学分析結果

point No.	3.25															平均値	標準偏差
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
SiO <sub>2</sub>	71.46	70.84	70.76	70.25	70.03	70.88	70.02	71.09	70.27	70.85	71.65	71.32	70.54	71.77	70.67	70.83	0.56
TiO <sub>2</sub>	0.29	0.26	0.39	0.26	0.09	0.31	0.28	0.31	0.40	0.24	0.39	0.28	0.26	0.39	0.36	0.30	0.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.84	12.69	12.30	12.32	12.30	12.17	12.32	11.67	12.03	12.53	12.14	12.71	12.04	12.44	11.92	12.29	0.32
FeO	1.25	1.35	1.21	1.54	1.57	1.08	1.27	0.90	0.97	1.12	1.12	1.38	1.17	1.32	1.17	1.23	0.19
MnO	0.02	0.03	0.00	0.11	0.13	0.05	0.07	0.09	0.00	0.00	0.05	0.17	0.16	0.14	0.15	0.08	0.06
MgO	0.34	0.33	0.38	0.28	0.28	0.38	0.28	0.09	0.30	0.39	0.23	0.34	0.23	0.34	0.27	0.31	0.08
CaO	1.78	1.82	1.70	1.73	1.67	1.45	1.71	1.27	1.67	1.71	1.53	1.67	1.57	1.77	1.36	1.63	0.16
Na <sub>2</sub> O	3.57	3.61	3.69	3.84	3.71	3.71	3.71	3.39	3.57	3.83	3.86	3.90	3.68	3.84	3.67	3.71	0.14
K <sub>2</sub> O	3.08	2.93	3.02	2.84	2.91	3.02	2.93	3.25	2.87	2.87	3.05	2.93	3.09	2.91	3.29	3.00	0.13
Total	94.63	93.86	93.45	93.17	92.69	93.05	92.69	92.06	92.08	93.54	94.08	94.68	92.74	94.92	92.86	93.37	
point No.																平均値	標準偏差
SiO <sub>2</sub>	75.52	75.47	75.72	75.40	75.55	76.17	75.54	77.22	76.31	75.74	76.16	75.33	76.06	75.61	76.10	75.86	0.49
TiO <sub>2</sub>	0.31	0.28	0.42	0.28	0.10	0.33	0.30	0.34	0.43	0.26	0.41	0.30	0.28	0.41	0.39	0.32	0.09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.57	13.52	13.16	13.22	13.27	13.08	13.29	12.68	13.06	13.40	12.90	13.42	12.98	13.11	12.84	13.17	0.25
FeO	1.32	1.44	1.29	1.65	1.69	1.16	1.37	0.98	1.05	1.20	1.19	1.46	1.26	1.39	1.26	1.31	0.20
MnO	0.02	0.03	0.00	0.12	0.14	0.05	0.08	0.10	0.00	0.00	0.05	0.18	0.17	0.15	0.16	0.08	0.07
MgO	0.36	0.35	0.41	0.30	0.30	0.41	0.41	0.10	0.33	0.42	0.31	0.34	0.25	0.36	0.29	0.33	0.08
CaO	1.88	1.94	1.82	1.86	1.80	1.56	1.84	1.38	1.81	1.83	1.63	1.76	1.69	1.86	1.46	1.74	0.16
Na <sub>2</sub> O	3.77	3.85	3.95	4.12	4.00	3.99	4.00	3.68	3.88	4.09	4.10	4.12	3.97	4.05	3.95	3.97	0.13
K <sub>2</sub> O	3.25	3.12	3.23	3.05	3.14	3.25	3.16	3.53	3.12	3.07	3.24	3.09	3.33	3.07	3.54	3.21	0.16
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
point No.																平均値	標準偏差
SiO <sub>2</sub>	73.48	73.66	74.58	73.99	72.67	72.08	71.97	71.70	73.27	71.59	73.25	71.79	72.50	73.13	72.41	72.80	0.91
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.17	0.29	0.24	0.21	0.27	0.10	0.15	0.22	0.18	0.25	0.11	0.19	0.24	0.23	0.19	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.06	11.39	11.35	10.96	11.39	11.22	11.65	11.40	11.58	11.51	11.08	11.49	11.33	11.30	11.38	11.34	0.19
FeO	1.40	0.97	1.69	0.97	0.91	0.81	1.39	0.88	0.99	0.97	1.49	0.74	0.95	0.93	0.76	1.06	0.29
MnO	0.08	0.00	0.13	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.04	0.10	0.17	0.05	0.08	0.08	0.05	0.05
MgO	0.10	0.12	0.13	0.07	0.16	0.18	0.00	0.00	0.23	0.19	0.21	0.13	0.17	0.13	0.18	0.13	0.07
CaO	1.37	1.23	1.82	1.09	1.14	1.19	0.95	0.84	1.13	1.16	1.65	1.19	1.12	1.27	0.96	1.21	0.25
Na <sub>2</sub> O	4.19	3.26	3.85	2.91	3.00	2.80	3.40	3.12	2.94	3.37	3.72	3.46	2.96	2.98	3.24	3.28	0.39
K <sub>2</sub> O	1.45	3.12	1.15	4.17	3.98	3.98	4.32	4.27	4.03	3.18	1.16	3.28	3.85	3.78	3.35	3.27	1.11
Total	93.18	93.92	94.99	94.41	93.46	92.54	93.78	92.36	94.45	92.19	92.91	92.36	93.12	93.84	92.59	93.34	
point No.																平均値	標準偏差
SiO <sub>2</sub>	78.86	78.43	78.51	78.37	77.76	77.89	76.74	77.63	77.58	77.65	78.84	77.73	77.86	77.93	78.20	78.00	0.37
TiO <sub>2</sub>	0.05	0.18	0.31	0.25	0.22	0.29	0.11	0.16	0.23	0.20	0.27	0.12	0.20	0.26	0.25	0.21	0.07
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.87	12.13	11.95	11.61	12.19	12.12	12.42	12.34	12.26	12.49	11.93	12.44	12.17	12.04	12.29	12.15	0.24
FeO	1.50	1.03	1.78	1.03	0.97	0.88	1.48	0.95	1.05	1.04	1.60	0.80	1.02	0.99	0.82	1.13	0.30
MnO	0.09	0.00	0.14	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.05	0.11	0.18	0.05	0.09	0.09	0.06	0.08
MgO	0.11	0.13	0.14	0.07	0.17	0.19	0.00	0.00	0.24	0.21	0.23	0.14	0.18	0.14	0.19	0.14	0.07
CaO	1.47	1.31	1.92	1.15	1.22	1.29	1.01	0.91	1.20	1.26	1.78	1.29	1.20	1.35	1.04	1.29	0.27
Na <sub>2</sub> O	4.50	3.47	4.05	3.08	3.21	3.03	3.63	3.38	3.11	3.66	4.00	3.75	3.18	3.18	3.50	3.51	0.42
K <sub>2</sub> O	1.56	3.32	1.21	4.42	4.26	4.30	4.61	4.62	4.27	3.45	1.25	3.55	4.13	4.03	3.62	3.51	1.19
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
point No.																平均値	標準偏差
SiO <sub>2</sub>	78.00	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	0.46
TiO <sub>2</sub>	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.15	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	0.25
FeO	1.13	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.18
MnO	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03
MgO	0.14	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
CaO	1.29	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	0.17
Na <sub>2</sub> O	3.59	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	0.14
K <sub>2</sub> O	3.49	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	0.21
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
point No.																平均値	標準偏差
SiO <sub>2</sub>	78.00	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	77.72	0.46
TiO <sub>2</sub>	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.21	0.06
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12.15	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	12.14	0.25
FeO	1.13	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	0.18
MnO	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.03
MgO	0.14	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.08
CaO	1.29	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	1.17	0.17
Na <sub>2</sub> O	3.59	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	3.22	0.14
K <sub>2</sub> O	3.49	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	4.33	0.21
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

#### e) 地形・地質構造と活動時期

地質断面図をみると、段丘面を構成する2層には一見上下落差は認められない(図9(B))。しかし低断層崖に沿う露頭の観察結果、また各コアの槇尾川からの距離を考慮すると、2層が低断層崖と調和的な上下落差を有すると考えて矛盾しない。したがって2層堆積後に断層変位イベントが推定される。

0s-1層以下の地層にみられる上下落差は、2層や低断層崖の上下落差より大きく、変位の累積を読み取ることができる。

2層はごく新しい時期に形成された段丘面を構成する地層である。その年代はかなり若いものと推定される。今後、断層変位イベントの時期を見積もるべく、2層の年代を詳しく解明する調査を実施する必要がある。

#### 4) 堺市堺区大仙町および和泉市観音寺町における GPR 探査

##### a) 調査地点の概要

本探査は大阪平野南部の大阪府堺市大仙地区および和泉市観音寺地区で行った(図10)。大仙地点では、北北東-南南西走向で東側隆起の上町断層(例えば、地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2004)を探査の対象とし、観音寺地点では北東-南西走向で東側隆起の久米田池断層(例えば、地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2004)を対象とした。また、調査地点は府中面と呼ばれる低位段丘面(岡, 1972)の上に位置する(図11, 図12)。この低位段丘を構成する府中層(市原・他, 1986)は大阪層群や基盤岩類を不整合に覆っていて、層厚数m以下、主として中礫~大礫を含む砂礫層から構成される河成層である。また、観音寺地点の北西約1.5kmに位置する第2阪和国道高架橋工事に伴うボーリング調査の結果、府中層にはAT火山灰層(26~29ka: 町田・新井, 2003)が挟まれていることがわかった(市原・他, 1986)。ただし、この低位段丘面は既述のように更に細分化される可能性がある。

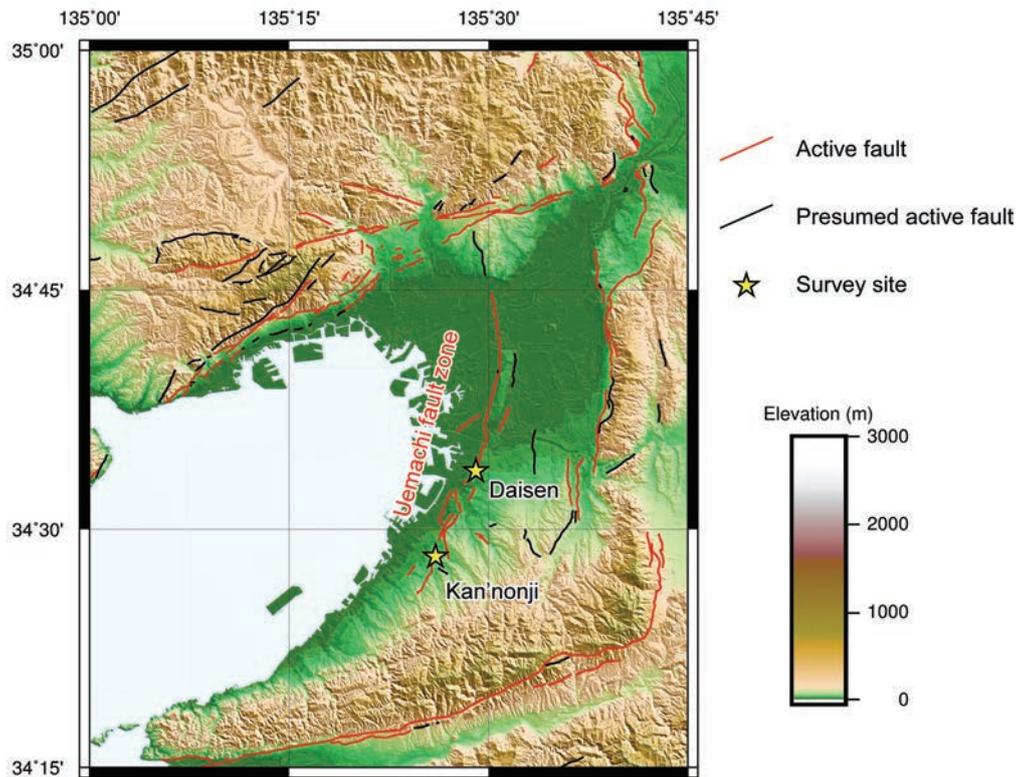


図 10 調査地域

活断層の分布は中田・今泉（2002）に基づく。標高データとして国土地理院発行の数値地図 50 m メッシュを使用した。陰影図での光線は北東から南西への向きである。

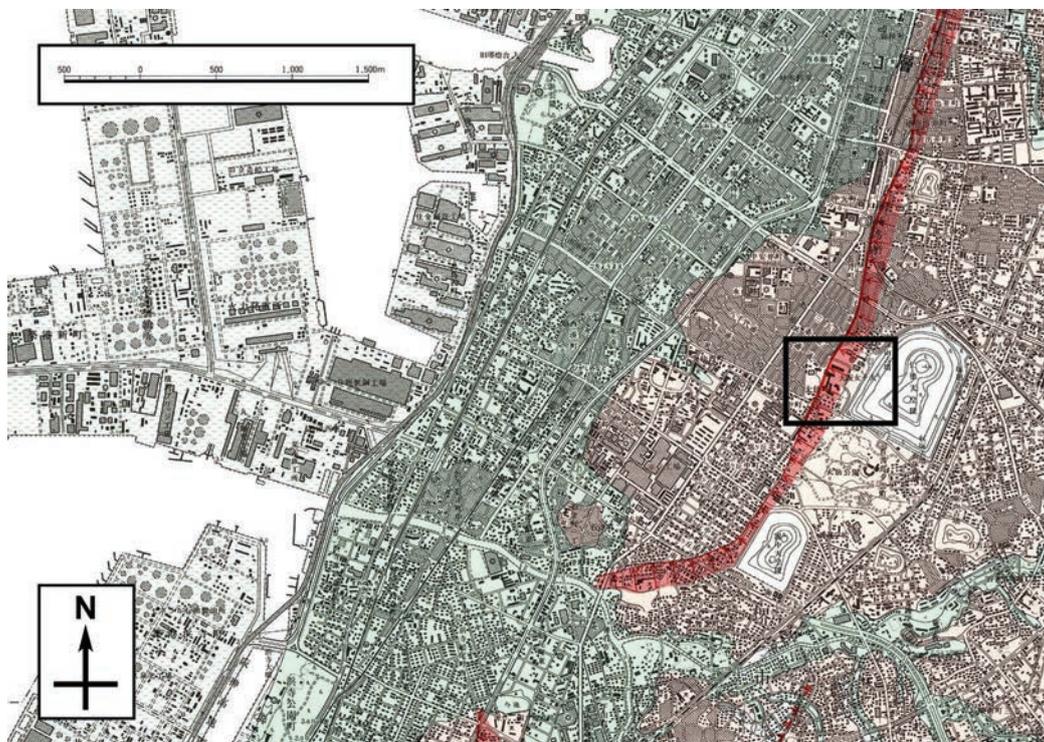


図 11 調査地点（堺市大仙地区）周辺の地形と活断層の分布

図中の薄橙色が低位段丘面、薄緑色が沖積低地面・沖積扇状地面である。図の中央右の枠は図 13 の範囲を示す。中田・他（1996）に加筆。

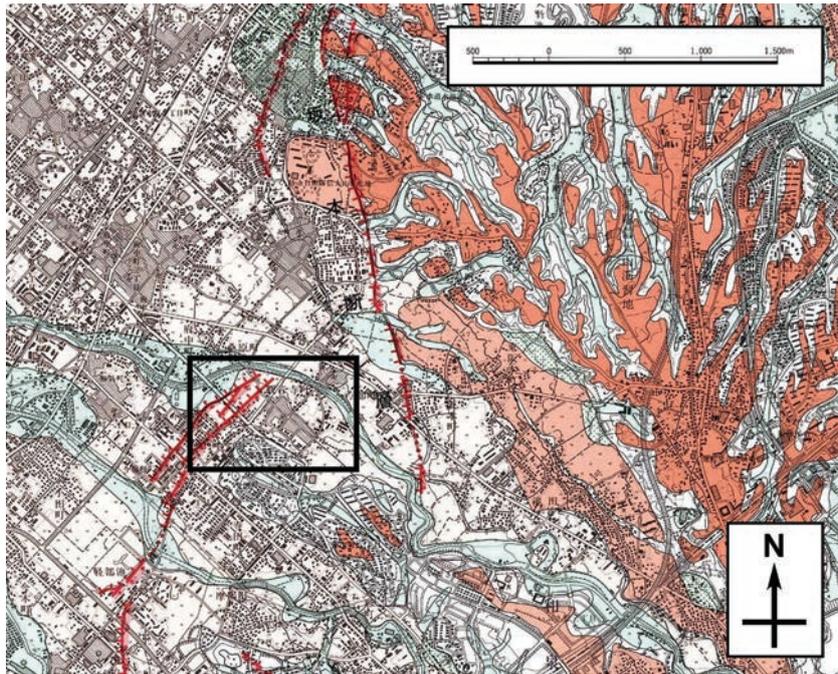


図 12 調査地点（和泉市観音寺地区）周辺の地形と活断層の分布

図中の橙色が薄い順から低位段丘面、中位段丘面、高位段丘面、薄緑色が沖積低地面・沖積扇状地面である。図の中央左の枠は図 15 の範囲を示す。岡田・他（1996）に加筆。

#### b) 探査測線

地中レーダー探査測線の位置を図 13～15 に示す。大仙地点の探査測線、DP-01～DP-04 の 4 測線は堺市大仙町の大阪女子大学跡に位置する（図 13、14）。DP-01 測線は、上町断層と考えられている比高約 1.5 m の崖地形（中田・今泉，2002）を横切る約 30 m の区間である。DP-02 測線は、DP-01 測線をほぼ含み、上町断層の撓曲変形帯（中田・他，1996）とほぼ直交する約 130 m の区間である。先述した比高約 1.5 m の崖を横切る際、DP-01 測線ではコンクリート舗装されたスロープ上に測線を設定したのに対して、DP-02 測線では、スロープ脇の土の上に測線を設定した（図 14）。トレンチ・群列ボーリング測線の位置では先述した崖の斜面は急傾斜しており、地中レーダー探査測線として不适当である。そのため、これら DP-01 測線および DP-04 測線はトレンチ・群列ボーリング測線とほぼ平行に約 25 m の距離をおいて南側へずらして設定した（図 14）。この 25 m の範囲で大きな構造の変化が無いかを確認するために補助測線として DP-02 測線と DP-03 測線での探査も行った。これらは DP-01 測線（DP-04 測線）とトレンチ・ボーリング測線をつなぎ、崖地形にほぼ平行になるように設定した。断層下盤側が DP-02 測線（約 30 m）、断層上盤側が DP-03 測線（約 30 m）である。なお、これらの 4 測線では上記のコンクリート舗装されたスロープ以外はすべて未舗装である。また、大仙地点ではこれら 4 測線での地中レーダー探査プロファイル測定（例えば、物理探査学会，1998）に加え、地中電磁波速度の推定を目的として、ワイドアングル測定（例えば、物理探査学会，1998）も行った。下盤側でのワイドアングル測線 DW-01 は DP-01 測線、DP-04 測線の Scan No. 5000 付近に位置し、上盤側でのワイドアングル測線 DW-02 は DP-01 測線・DP-04 測線と DP-03 測線との交点付近に位置する（図 14）。

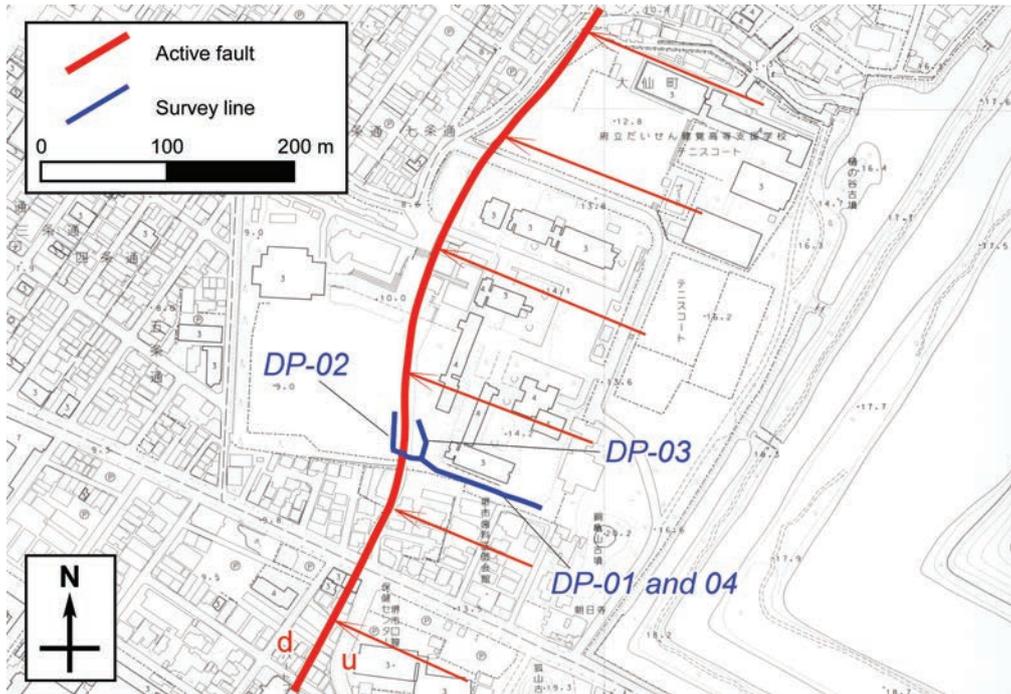


図 13 大仙地点の測線図

DP-01 測線は断層にほぼ直交する約 30 m の区間で、DP-04 測線は DP-01 測線を含む約 130 m の区間である。各測線の詳細な位置と Scan No. は図 14 に示す。図中の赤矢印は撓曲変形の範囲と傾斜方向を示す。基図には堺市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

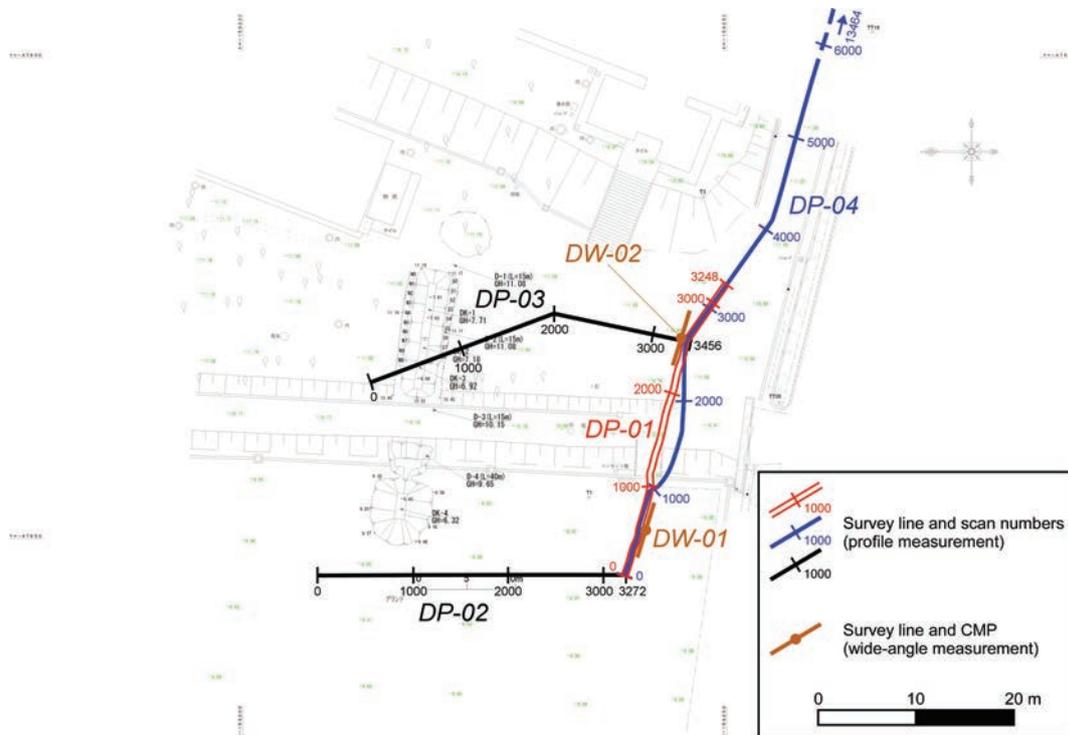


図 14 大仙地点の詳細測線図

DP-01 測線と DP-04 測線はトレンチ・群列ボーリング測線と約 25 m の距離をおいてほぼ平行である。この 25 m の範囲で大きな構造の変化が無いかを確認するために DP-02 測線と DP-03 測線を設定した。

観音寺地点の KP-01 測線は槇尾川左岸に位置する(図 15)。KP-01 測線は久米田池断層とほぼ直交し、槇尾川に並走する道路上に設定した。測線北西部での府道との交差点以外の区間はすべて未舗装である。KP-01 測線では同一測線上で、断面の下限を約 5 m とする探査と、同約 10 m とする探査を行った。以下では便宜的にこれらをそれぞれ KP-01A 測線、KP-01B 測線と称する。なお、KP-01 測線の南西方では、久米田池断層は地表部でおよそ 200 m 離れて並行する北東-南西走向の 2 条の断層に分岐している(図 15)。

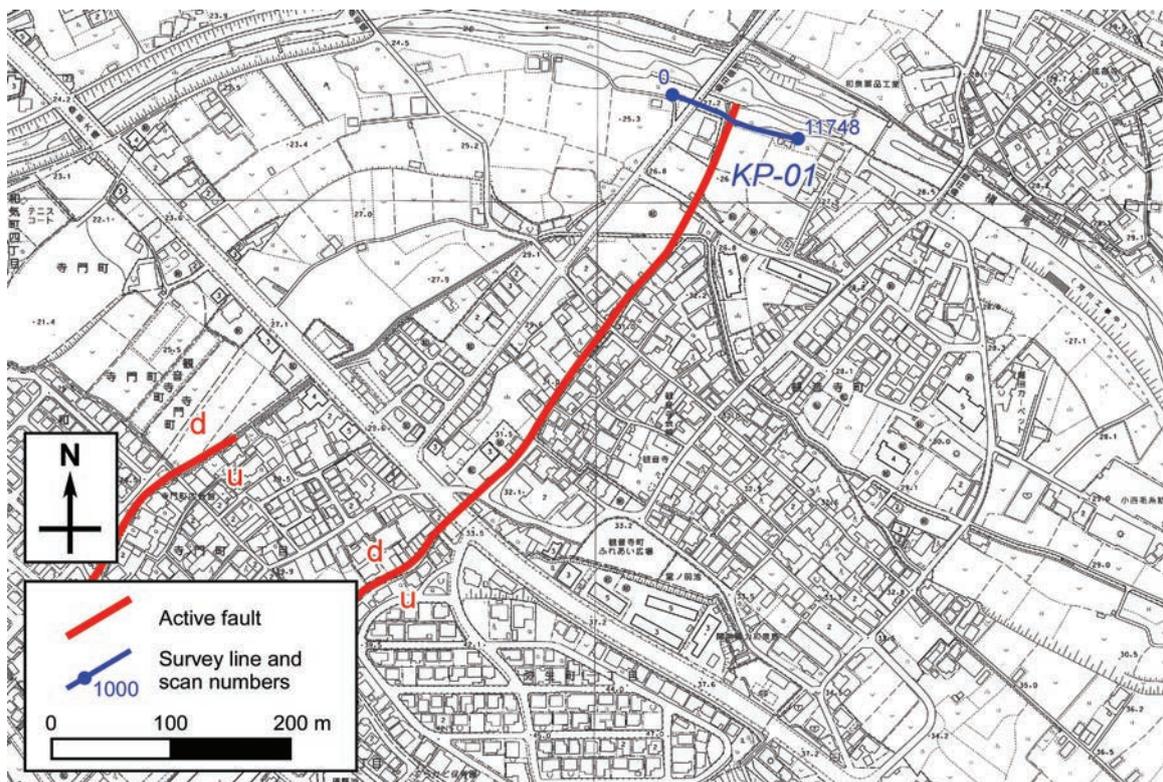


図 15 観音寺地点の測線図

KP-01 測線は断層にほぼ直交する約 120 m の区間である。基図には和泉市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

### c) データ取得

地中レーダー探査のデータ取得における主な仕様を表 5 に示す。データ取得はプロフィール測定法(例えば、物理探査学会, 1998)およびワイドアングル測定法(例えば、物理探査学会, 1998)によって行った。地中レーダー探査で用いた測定システムは GSSI 社の SIR-3000 であり、送受信アンテナは GSSI 社製の電磁シールド付き 200 MHz アンテナ Model-5106 をプロフィール測定では 1 台、ワイドアングル測定では 2 台使用した(図 16)。探査期間は 2012 年 1 月 15 日~17 日で、大仙地点での電磁波送受信作業は 16 日の日中に、観音寺地点では 17 日の日中に行った。その作業風景を図 17、図 18 に示す。プロフィール測定ではサーベイホイールによってアンテナの移動と電磁波の送受信を同期させ、1 cm 間隔のスキャンを行った。再現性の確認のために各測線を往復して 2 回の測定を行った。取得データのサンプリング間隔は 0.25 nsec、記録データビット長は 16 bit、記録ファイル

フォーマットは DZT 形式である。KP-01B 測線以外のすべての測線では記録長は 128 nsec (512 サンプル) で、KP-01B 測線での記録長は 256 nsec (1024 サンプル) である。また、ワイドアングル測定では DW-01、DW-02 各測線について、送信アンテナと受信アンテナの中間点が共通反射点となるようにして、アンテナ間隔を 6 cm ずつ離していき、送受信作業を行った。それぞれ、オフセットが 0.3 m から 6.3 m で 6 cm 刻みの 101 トレースのデータセットを得た。全探査測線において、水平位置・標高座標の決定のために、測線に沿ってトータルステーションによる測量を行った。

表 5 地中レーダー探査の主な仕様

	Daisen Profile measurements DP-01, 02, 03 and 04	Daisen Wide-angle measurements DW-01 and 02	Kan'nonji Profile measurements KP-01A and 01B
<i>Instruments</i>			
Control unit	SIR-3000 (Geophysical Survey System, Inc.)	SIR-3000	SIR-3000
Antenna	Model-5106 (200 MHz) (Geophysical Survey System, Inc.)	Transmitter: 5106 Receiver: 5106	5106
<i>Scanning</i>			
Frequency	200 MHz	200MHz	200MHz
No. of scanning	3248 (DP-01), 3272 (DP-02) 3456 (DP-03), 13464 (DP-04)	101	11748
Scan interval	0.01 m	0.06 m (Offset: 0.3-6.3 m)	0.01 m
Vertical stack	4	4	4
<i>Recording</i>			
Data format	DZT	DZT	DZT
No. of samples	512	512	512 (01A), 1024 (01B)
Sampling intervals	0.25 ns	0.25 ns	0.25 ns
Recording length	128 ns	128 ns	128 ns (01A), 256 ns (01B)



図 16 地中レーダー探査機器

中央に 2 台並んだオレンジ色の箱が送受信アンテナ（GSSI 社製 Model-5106）。1 台の中に送信アンテナと受信アンテナがそれぞれ 1 基ずつの 2 基セットで入っている。プロファイル測定の際は 1 台のみ用いて、ワイドアングル測定の際は 2 台同時に用いる。ワイドアングル測定では内蔵されている 2 基のアンテナの片方 1 基ずつをそれぞれ送信のみ・受信のみとして用いる。手前の液晶画面の付いた白色の箱が制御・記録装置（GSSI 社製 SIR-3000）。



図 17 地中レーダー探査プロファイル測定法でのデータ取得の風景

アンテナ前方の人間（赤色の服）が送受信アンテナを牽引して移動させ、アンテナ後方の人間（紺色の服）が送受信制御・データ収録を行う。



図 18 地中レーダー探査ワイドアングル測定法でのデータ取得の風景  
送信アンテナと受信アンテナの中間点が共通反射点となるようにしてアンテナの間隔を少しずつ変えながら、送受信・データ収録を行う。

#### d) データ処理

探査のデータ処理は、GSSI 社製の地中レーダー探査データ処理システム RADAN 6.6 を用いて行った。各種のフィルター処理や振幅回復・調整処理を行い、地中レーダー探査の時間断面を得た。さらに、大仙地点ではワイドアングル測定で得られたデータから地中電磁波速度を推定し、DP-01 測線、DP-04 測線について深度変換断面を得た。また、観音寺地点ではプロファイル測定で見られた点反射源から地中電磁波速度を推定し、KP-01A 測線、KP-01B 測線について深度変換断面を得た。

#### e) 地中レーダー探査断面

地中レーダー探査の結果得られた深度変換断面を、DP-01 測線について図 19 に、DP-04 測線について図 20 に、KP-01A 測線について図 21 に、KP-01B 測線について図 22 にそれぞれ示す。なお、大仙地点でのトレンチ・群列ボーリング測線と DP-01 測線・DP-04 測線との間で大きな構造の変化が無いかを確認するために行った DP-03 測線・DP-04 測線では、目立った構造の変化などは見られなかった。これらの図のすべての断面は相対振幅カラー表示である。また、各断面に記された深度は、処理基準面に対する相対深度をあらわす。

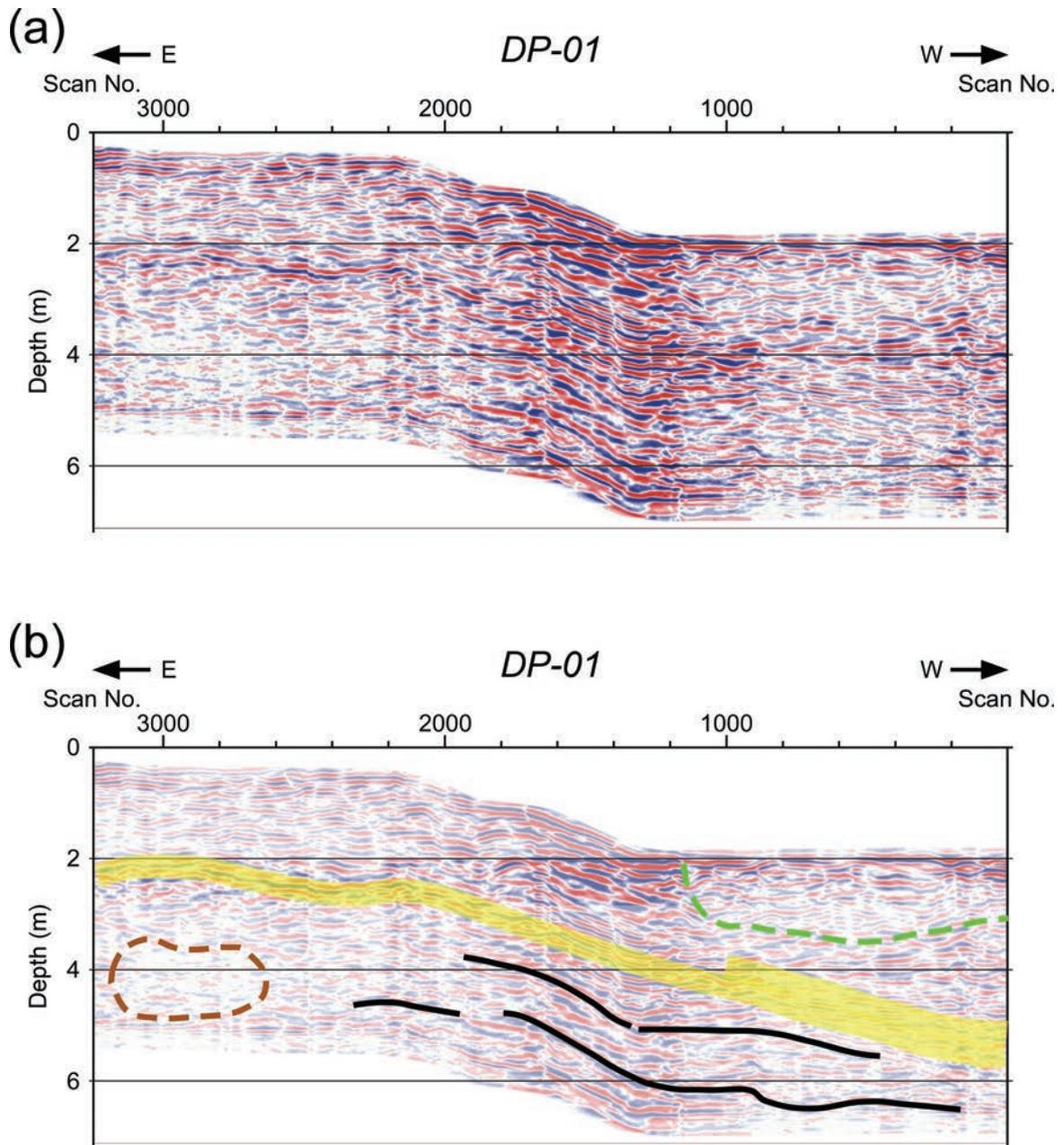


図 19 DP-01 測線の地中レーダー探査断面

深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。緑色・茶色の破線は反射強度がとくに異なる領域の境界を示す。黄色部分は反射強度が強く、連続性の良い反射面が分布する領域を示す。黒色線は比較的連続性の良い反射面を示す。

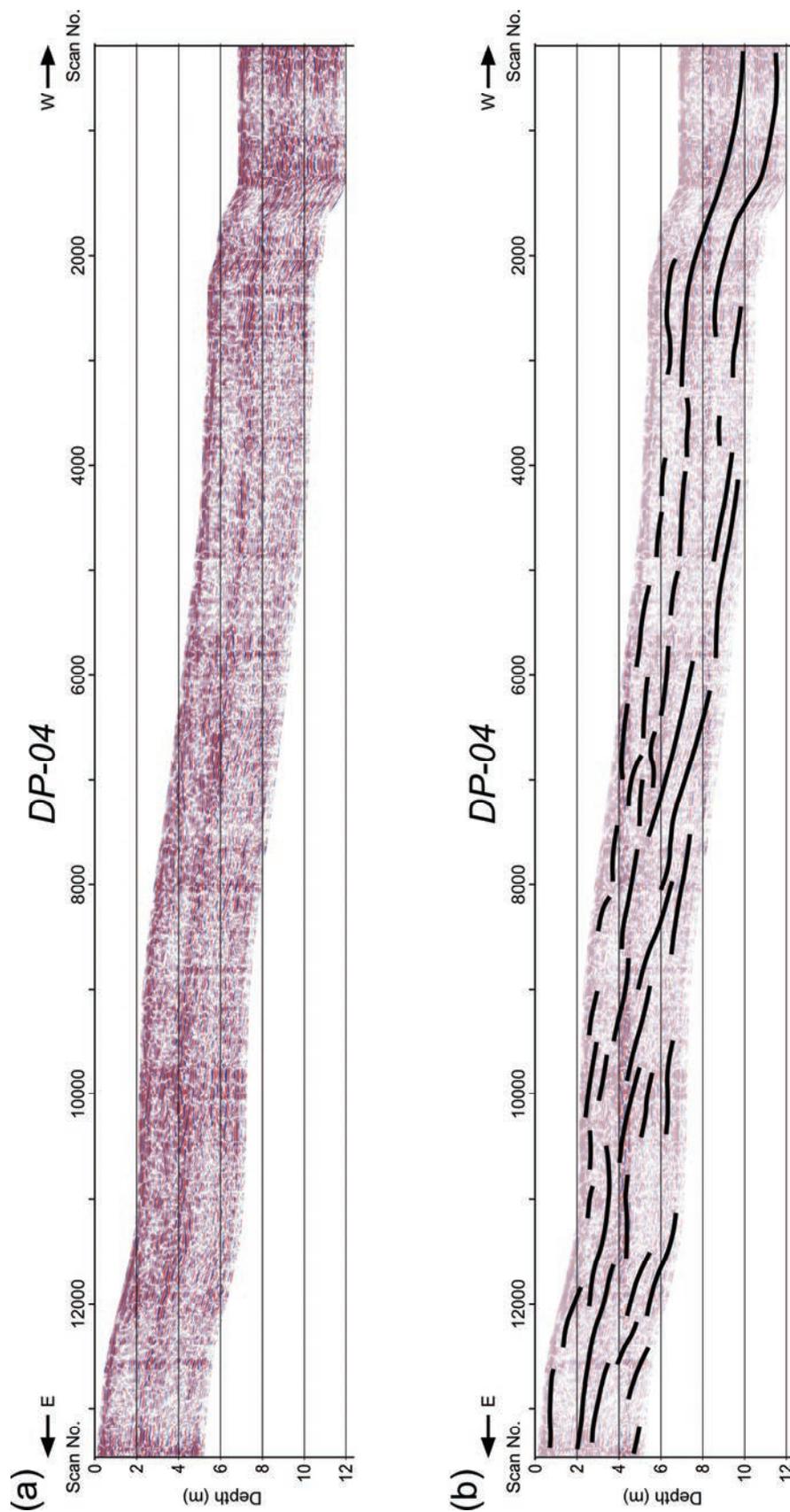


図 20 DP-04 測線の地中レーダー探査断面

深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。  
 黒色線は比較的連続性の良い反射面を示す。

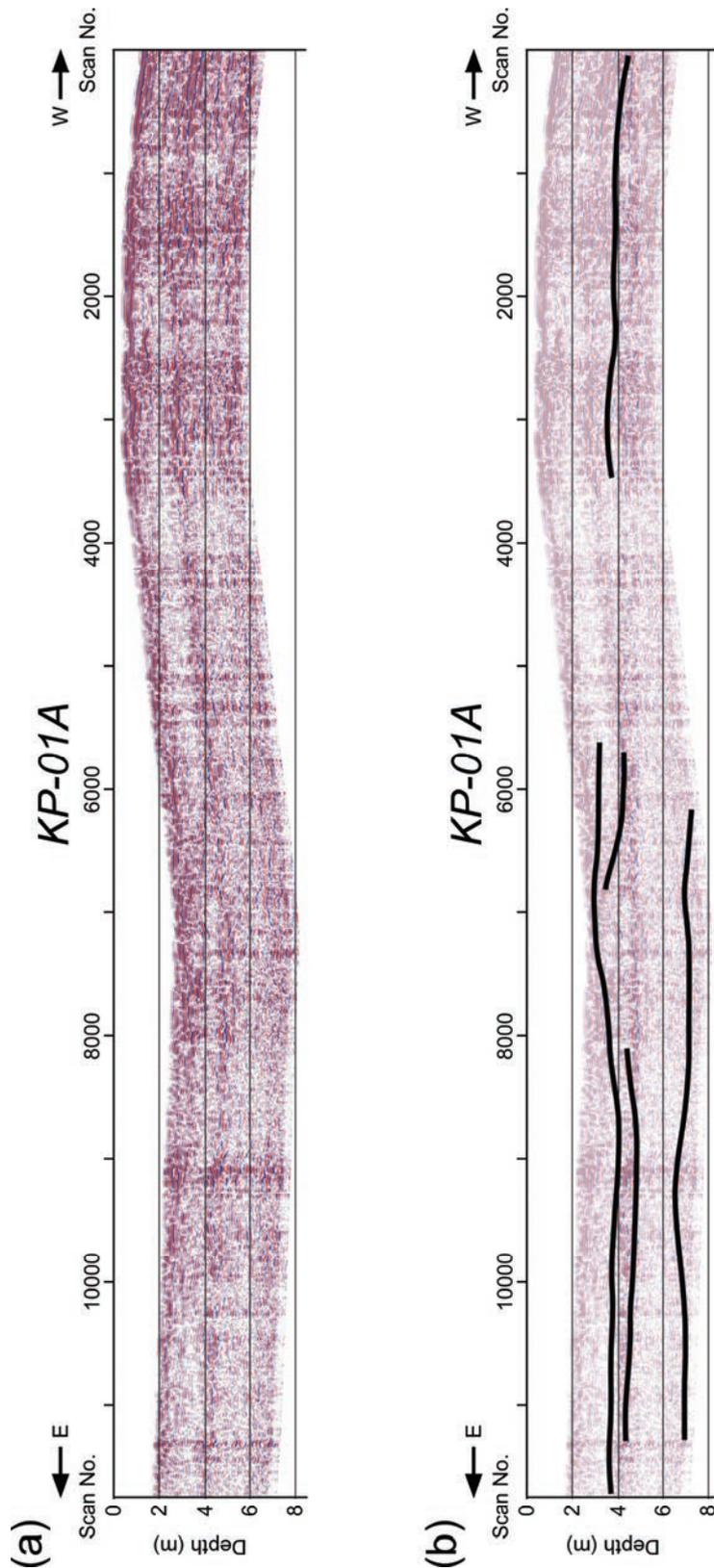


図 21 KP-01A 測線の地中レーダー探査断面

深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。黒色線はやや連続する反射面が見られるところをさらにつないだものであり、本断面での反射面の連続性は非常に良くない。とくに地表部で人工改変のある断面中央やや西側の領域では、断面が非常に不鮮明で反射面の追跡がまったく行えない。

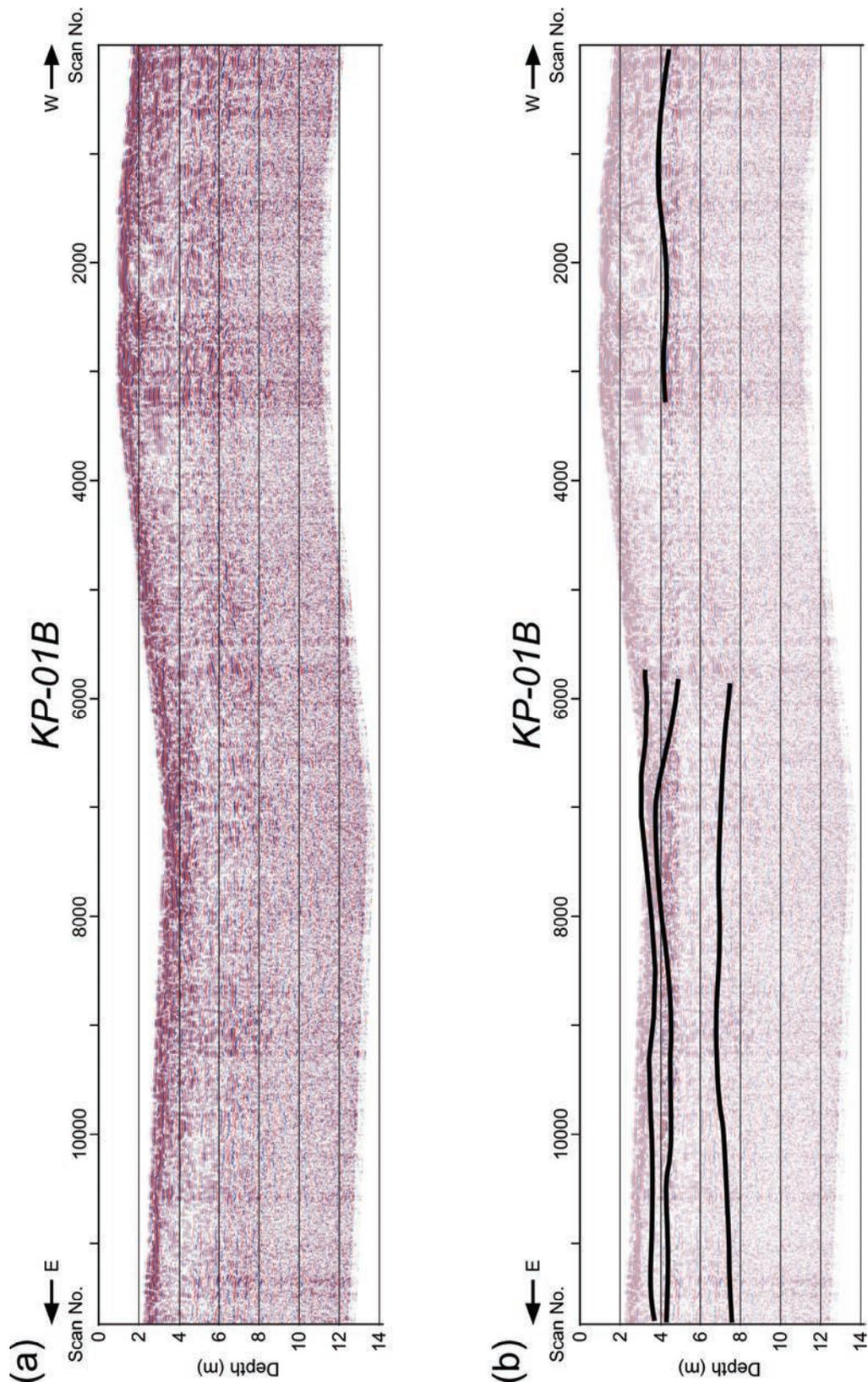


図 22 KP-01B 測線の地中レーダー探査断面

深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。黒色線はやや連続する反射面が見られるところをさらにつないだものであり、本断面での反射面の連続性は非常に良くない。とくに地表部で人工改変のある断面中央やや西側の領域では、断面が非常に不鮮明で反射面の追跡がまったく行えない。

DP-01 測線の断面（図 19）では、Scan No. 1200～1700 はコンクリートのスロープで、この区間で地表面に平行に見えている反射面はデータ処理によって消しきれていない強いノイズだと考えられる。逆に言うと、この区間で地表面と平行になっていない反射面は、実際の浅層地盤構造をあらわしている可能性が高い。スロープのコンクリート部分でのノイズでかなり錯覚されてしまう面もあるが、断面全体では上町断層による撓曲変形を示唆していると考えられる。とくに、図中の黄色で示した部分は反射強度が強く、比較的連続性の良い反射面が分布する。この黄色で示される領域は崖の東側（上昇側）では緩やかに西傾斜し、崖の直下では西傾斜がきつくなり、崖の西側（低下側）の地表が平坦な部分でも地表に関係なく西傾斜している。この形状は上町断層による変形によるものと考えられる。また、Scan No. 1200 から断面西端の緑色破線の上方の領域は、周辺に比べて反射強度がとくに弱く、かつ、緑色破線とその少し下方ではやや強いながらも連続性が悪く凸凹した反射面が見られる。緑色破線の上方の領域は池や小河川跡、あるいは何かの埋め戻し跡などの可能性がある。Scan No. 2600～3100、深度 4 m 前後の茶色破線で囲まれる領域も、周辺に比べて反射強度がとくに弱い領域として特徴付けられる。ただし、この深度から言って、上記のものとは異なり、埋土などではないと考えられる。以上、DP-01 測線の断面の特徴をいくつか挙げたが、実際の地層との対応をつけるためには、地中レーダー探査のデータ処理をより詰めて行うと共に、トレンチ調査や群列ボーリング調査の結果と照らし合わせて地中レーダー探査断面の地質学的解釈を進めていく必要がある。

DP-04 測線の断面（図 20）では、とくに特徴的な反射面は見られないが、比較的連続性のよい反射面を捉えると、図中の黒色線で示されるように多くの西傾斜の反射面が見られる。これらの中には上町断層による撓曲変形を示す西傾斜の地層と対応しているものも含まれていると考えられる。しかし、地中レーダー探査断面の地質学的解釈を行うためには、DP-01 測線と同じく、より一層のデータ処理と、トレンチ調査や群列ボーリング調査の結果との比較が必要である。

KP-01A 測線の断面（図 21）と KP-01B 測線の断面（図 22）では、全体的に断面が不鮮明で反射面を認識するのが難しい。とくに地表部で人工改変が激しい Scan No. 3500～5500 では、断面が非常に不鮮明で反射面の追跡がまったく行えない。表層付近に表土・盛土、その下部の深度 2 m 前後までに段丘礫層、さらにその下部に大阪層群の泥層という調査地点の地質は、地中レーダー探査によるイメージングに不向きであった可能性が高い。礫層中に細粒で連続性の良い砂層やシルト層があれば、また、大阪層群の泥層の上面が電磁波を反射しやすい物性ならば、それらの境界面からの反射波を検出できる可能性があるが、現段階のデータ処理結果の断面では見えていない。

#### f) まとめ

大阪平野南部の大阪府堺市大仙地区および和泉市観音寺地区において、上町断層帯を横切る測線で地中レーダー探査を実施した。プロファイル測定法およびワイドアングル測定法によって取得したデータについて処理を行い、深度変換断面を作成した。大仙地区での地中レーダー探査断面では、上町断層による撓曲変形を示すと考えられる反射面のパターンが認められた。

地中レーダー探査断面の地質学的解釈を進めるためには、反射面と地層の対比を正確に

行うための地質情報が必要である。本探査測線近傍ではトレンチ調査・群列ボーリング調査が行われており、それらの結果を参考にすることで、地中レーダー探査断面と実際の地層との対応をつけることができると考えられる。また逆に、地中レーダー探査の結果が、トレンチ調査や群列ボーリング調査の各掘削点をつなぐ地質断面作成に貢献するものと考えられる。一方、本探査のデータ処理をより詳しく丁寧に行うことで、浅部地盤構造をより正確にあらわす地中レーダー探査断面が得られる可能性がある。よって、より一層のデータ処理作業を施した地中レーダー探査断面を作成し、トレンチ調査・群列ボーリング調査の結果と相互補完的に組み合わせるべくことが今後の課題である。

## 5) 新淀川における音波探査・掘削調査

### a) 調査地点の概要

新淀川周辺の上町断層帯については、ほぼ南北走向で伏在断層が延びるとされている(例えば、中田ほか, 1996 ; 池田ほか, 2002)。杉山ほか (2001)、三浦ほか (2003) および杉山ほか (2003) は、淀川に沿って伏在断層に横断する測線において、S波反射法地震探査と群列ボーリング調査を実施し、上町断層帯の最新活動時期を検討している。本研究では、これらの既存成果を補完するため、新淀川においてブーマーおよびウォーターガンを用いたマルチチャンネル音波探査、三浦ほか (2003) および杉山ほか (2003) の群列ボーリング調査測線における追加ボーリング掘削調査を実施した。音波探査およびボーリング掘削調査の位置を図 23 に示す。



図 23 新淀川における音波探査・ボーリング調査位置

b) 音波探査

i) 調査の方法

本調査では、ブーマーおよびウォーターガン音源によるマルチチャンネル音波探査を実施した。マルチチャンネル音波探査は、一定間隔に設置した複数の受信器（ハイドロフォン）を用いて、音波伝搬経路は異なるものの同一となる地点からの反射信号を受信し、そのデータを電算処理する事により、S/N 比（信号体雑音比）の向上した深部までの記録を得るものである。調査船の船尾から音源であるブーマー、および受信器であるマルチチャンネル（2.5m 間隔×12ch）ストリーマーケーブルを曳航し、測線上を約2ノット程度の低速で航行し、連続的に発振および受振を繰り返しながら実施した。

測定中はデータの品質保証活動のため、最も音源に近い1chの受信信号を取り出し、アンプおよびバンドパスフィルターを通過させた後アナログレコーダーに出力し、船上モニター記録として調査時のノイズ状況などを監視した。また、波形モニター装置で全chの受振波形を監視し、各チャンネルのノイズ状態および発振波形の正常性などを監視しながら測定を行った。

調査船の測位にはディファレンシャルGPSを使用した。測位データは、音波探査測定時に1秒毎のデータを収録したほか、音源発振時にその座標を記録した。また、音響測深機からの水深データも、同時に測位データに付加されるようにした。

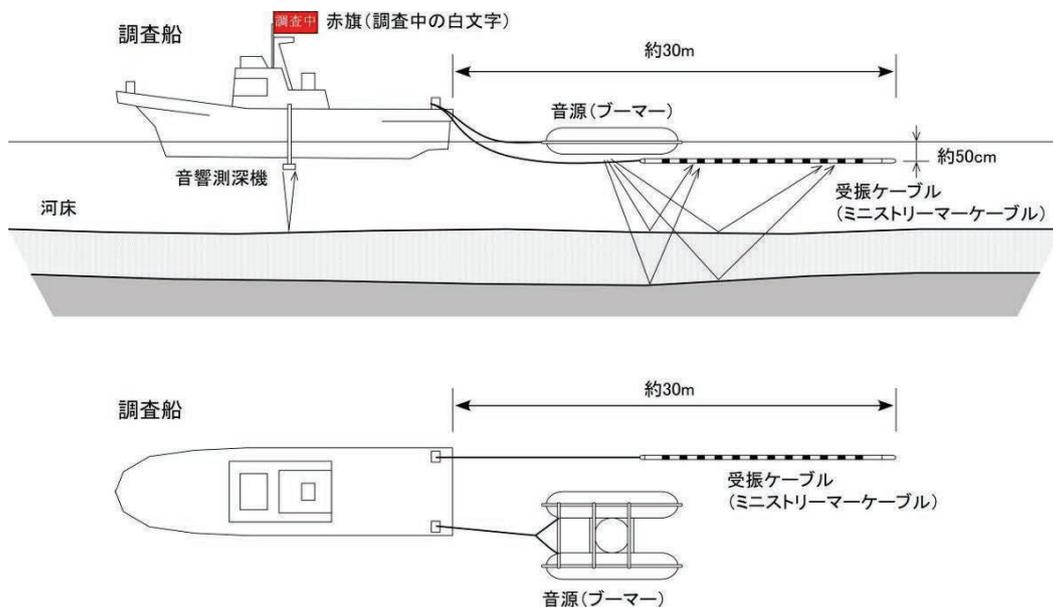


図 24 新淀川におけるブーマー音波探査の模式図

ii) 探査結果

新淀川での音波探査は、ウォーターガンとブーマーの2種類の音源を使用して実施した。ブーマー音波探査は、護岸や橋脚からの反射が出来るだけ地層情報に影響が少なくなるように、(1)通常の機器配置で出力200J、(2)通常の機器配置で出力50J、(3)発振体をストリ

ブーマーケーブルの 6 ch - 7 ch 間に配置して出力 200J、と出力や機器配置を変えて 3 回測定した。音波探査測定時のパラメーターなどを表 6 にまとめた。

淀川では、ウォーターガン測定とブーマー測定の両日、音波探査測定終了後に測定範囲の最大水深部付近で表層から河床付近までの連続した音速度を測定した。測定結果は、ウォーターガン測定時が表層付近で 1,472 m/s、河床付近で 1,486 m/s であった。ブーマー測定時は、表層付近で 1,450 m/s、河床付近が 1,485 m/s という結果だった。これらの音速度測定結果は、後述の音波探査データ処理に反映させた。

表 6 音波探査の測定パラメーター

河川名	樫井川	新淀川			
ファイル名	Kashii_boomer	Yodo_boomer1	Yodo_boomer2	Yodo_boomer3	Yodo_watergun
音源の種類	ブーマー	ブーマー			ウォーターガン 15cbi
音源出力	200J	200J	50J	200J	80 気圧
受信 ch 数	6ch	12ch			
チャンネル間隔	2.5m	2.5m			
発振間隔	1.25m	1.25m			2.5m
重合数	6 重合	12 重合			6 重合
記録長	0.4sec	0.4sec			0.6sec
サンプル間隔	0.125msec	0.125msec			0.5msec
記録フォーマット	SEG-Y	SEG-Y			

※Yodo\_boomer3 は音源を 6ch と 7ch の中間に配置して測定

### iii) 音波探査データ処理

取得した音波探査データには、地質情報以外に海底面や地層境界面などからの多重反射や、測定時の船舶のノイズ等の各種ノイズが含まれている。また、断層など地質構造が急変するところで回折波が生じる事や、地層が傾斜している事によって実際よりも深度が浅くなる等、実際と異なる地質構造がイメージされることもある。音波探査データ処理は、これらの各種ノイズを抑制、除去する事によって S/N 比と分解能を向上させると共に、回折波や見かけの深度を補正して真の地質構造を反映した明瞭な反射断面図を作成する事を目的として行った。データ処理の流れを図 25 に示した。ブーマーの処理断面を図 26、ウォーターガンの処理断面を図 27 に示す。

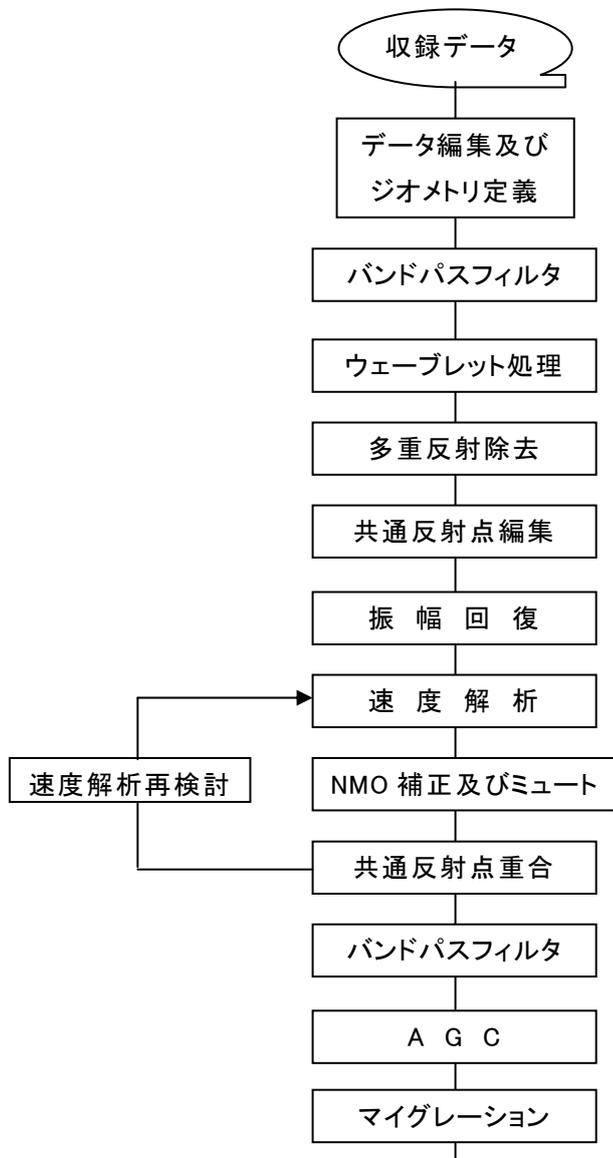


図 25 マルチチャンネル音波探査の処理フロー図

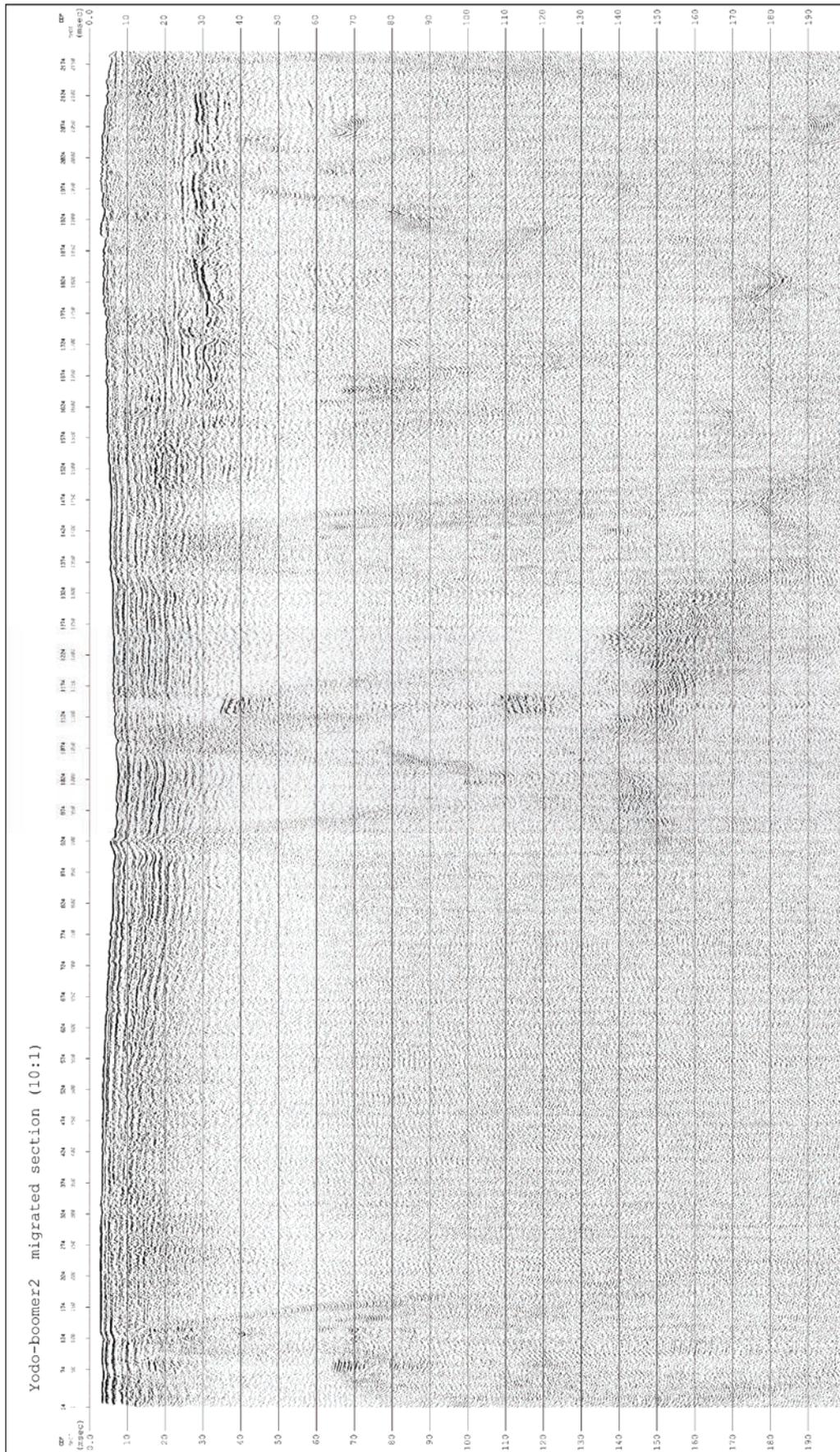


図 26 新淀川音波探査の時間断面（ブーマー、50J）  
断面の縦横比はおよそ 10 : 1。

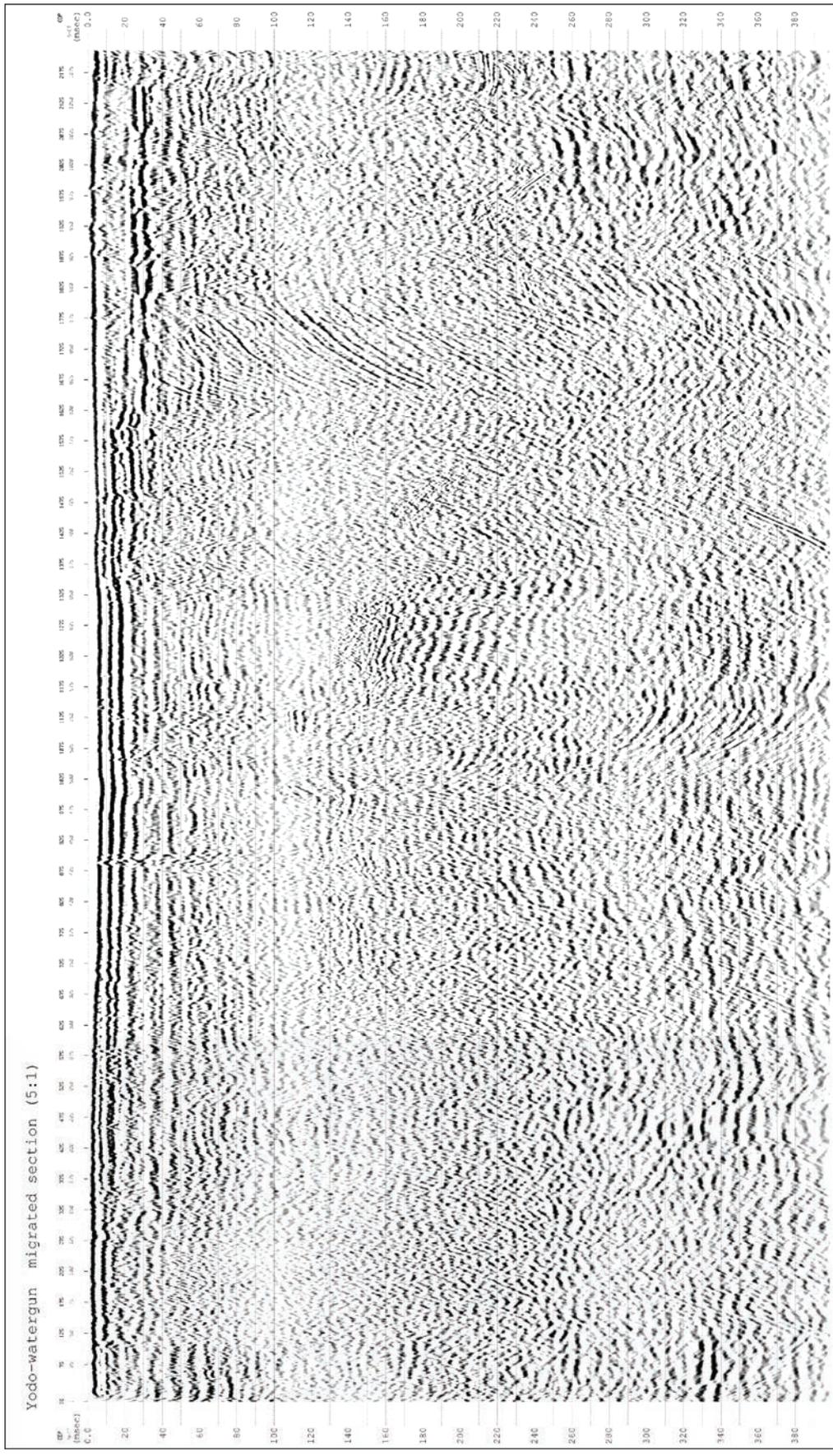


図 27 新淀川音波探査の時間断面（ウォーターガン）  
断面の縦横比はおよそ 5 : 1。

c) ボーリング掘削調査

新淀川における音波探査による音響構造と地質との関係を明らかにするため、探査測線の近傍で群列ボーリング調査を実施した。新淀川においては、平成 12～14 年度に実施された S 波反射法地震探査測線とその測線上で実施されたボーリング調査結果をもとに、3 地点のボーリング孔位置を選定した。既往研究および本研究のボーリング掘削位置を図 28 に示す。

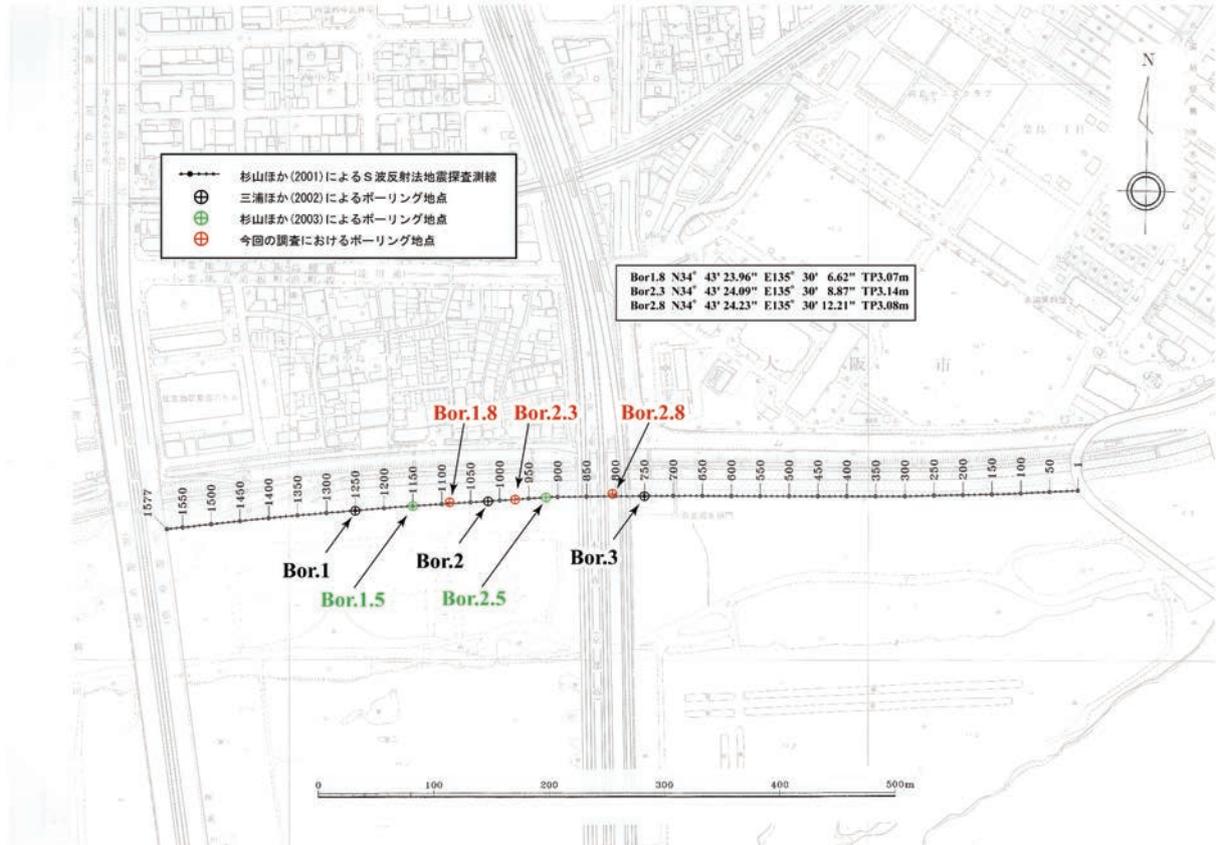


図 28 新淀川におけるボーリング掘削位置

ボーリングには、杉山ほか（2003）および三浦ほか（2003）と概ね調和的な地質が確認された（図 29）。ボーリングの地質は、下位から沖積基底礫層、貝殻片を含む砂泥互層からなる内湾泥層、上方細粒化を伴うシルト層から砂層による三角州堆積層、腐植質シルト層を含む河川性堆積物、地表直下の人口改変層によって構成される。Bor. 2.8 の深度-28.9m には、U-0ki 火山灰（町田・新井、2003）とみられる層厚約 2 cm の白色火山灰が認められる。今後、放射性炭素同位体年代測定や火山灰分析等によって各地層の対比を明確にし、既存成果を含めた精緻な地質断面図を作成する。

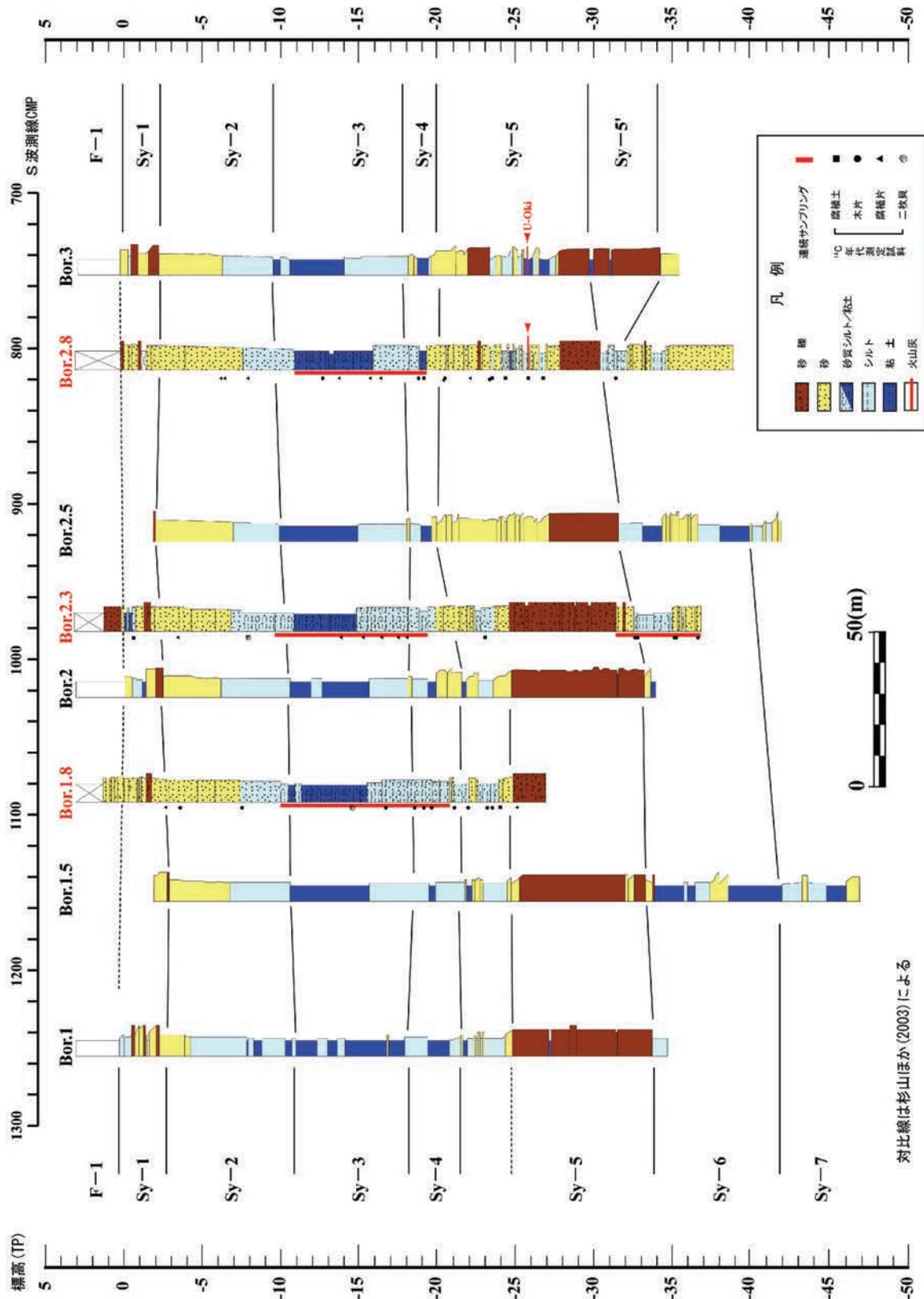


図 29 新淀川における暫定地質断面図

各地層の名称、対比は杉山ほか（2003）による。今後、年代測定、火山灰分析等の各種分析をおこなって、地層の対比を明確にする。

d) まとめ

既存の断層帯近傍について、ブーマーおよびウォーターガンの音響構造とボーリングの地質断面との暫定的な対比を試みた。今後より詳細な地質情報をもとに検討する必要があるが、現状では、音波探査断面において既知の変形フロントと調和的な位置に、西側低下の撓曲構造が認められる(図 30)。この撓曲変形は、ブーマーおよびウォーターガンともに川底まで及んでおり、サブテーマ 1 の詳細 DEM 等による周辺の変動地形と矛盾しない。すなわち、上町断層帯の東側に分布し、従来は砂州と考えられた微高地が上町断層帯の活動によって隆起して形成された可能性を支持する。仮に、杉山ほか(2003)の層序と年代を用いれば、この隆起イベントの発生年代は、少なくとも約 2500 年前以降と推定される。この点については、音波探査断面とボーリングの地質対比を基にさらに詳細な検討を実施し、上町断層帯の最新活動やそれ以前の活動について具体的に検討していく必要がある。

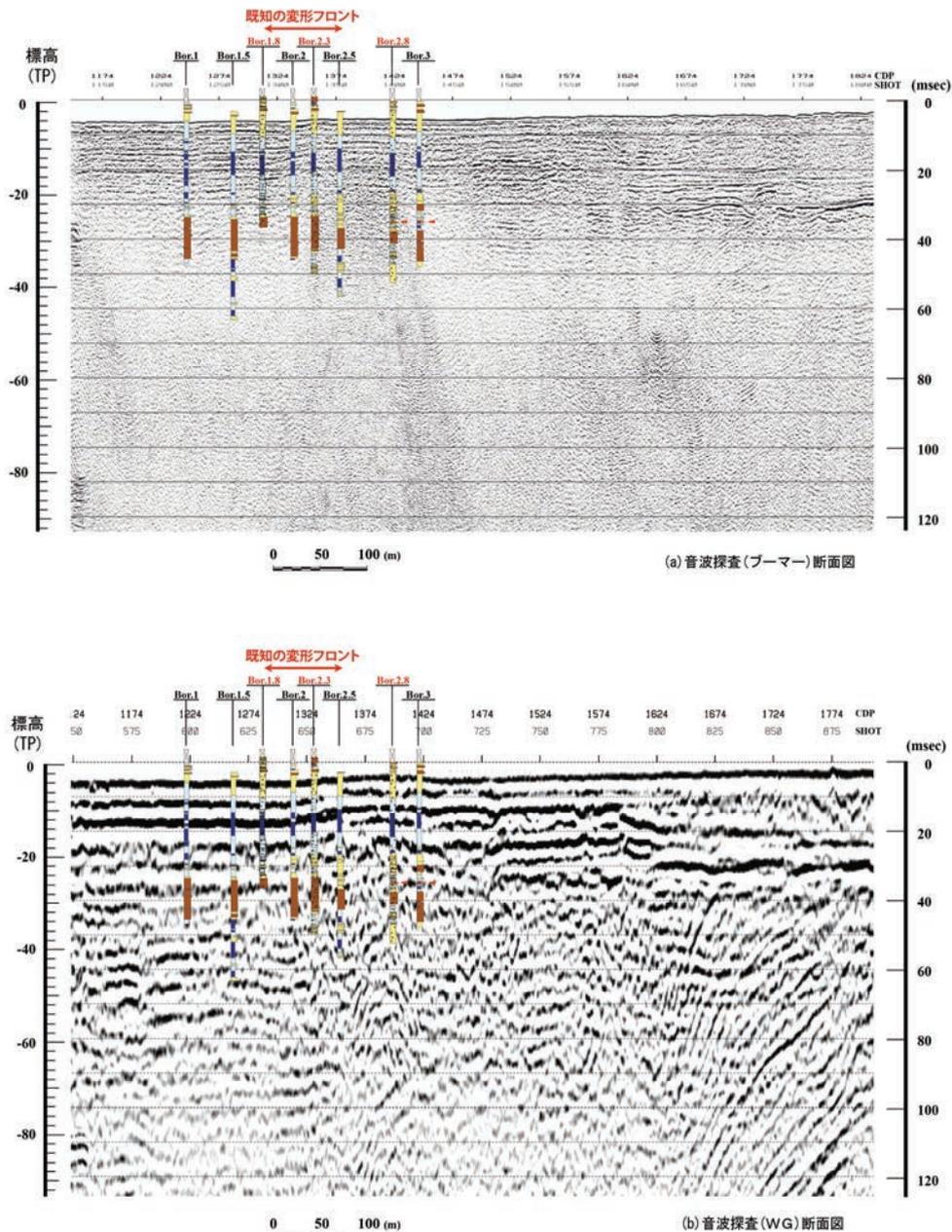


図 30 新淀川における音波探査・ボーリング調査による暫定解釈断面図

## 6) 樫井川における音波探査・掘削調査

### a) 調査地点の概要

池田ほか（2002）による推定活断層の存在を検討するため、泉南市と田尻町の境界をなす香椎川において、ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査、層序検討のためのボーリング掘削調査を実施した。音波探査およびボーリング掘削調査の位置を図 31 に示す。

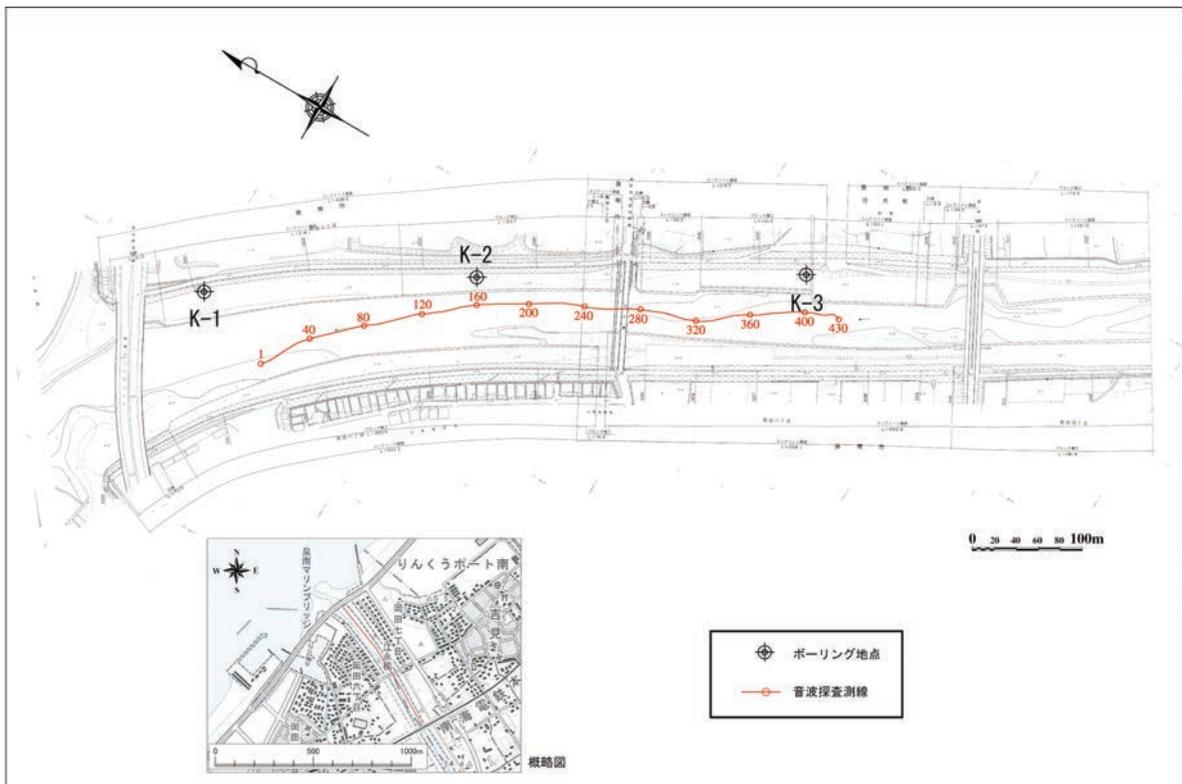


図 31 樫井川における音波探査・ボーリング調査の位置

### b) 音波探査

#### i) 調査の方法

本調査では、ブーマー音源によるマルチチャンネル音波探査を実施した。樫井川での測定については、水深が非常に浅くスクリューで航行する通常船舶の進入が困難なため、現地でフロート台船を組み立て調査器材を艀装した。台船の曳航には、喫水の浅い水上バイクを使用した。樫井川での音波探査模式図を図 32 に示す。

測定中はデータの品質保証活動のため、最も音源に近い 1 ch の受信信号を取り出し、アンプおよびバンドパスフィルターを通過させた後アナログレコーダーに出力し、船上モニター記録として調査時のノイズ状況などを監視した。また、波形モニター装置で全 ch の受振波形を監視し、各チャンネルのノイズ状態および発振波形の正常性などを監視しながら測定を行った。

調査船の測位にはディファレンシャル GPS を使用した。測位データは、音波探査測定時

に1秒毎のデータを収録したほか、音源発振時にその座標を記録した。また、音響測深機からの水深データも、同時に測位データに付加されるようにした。

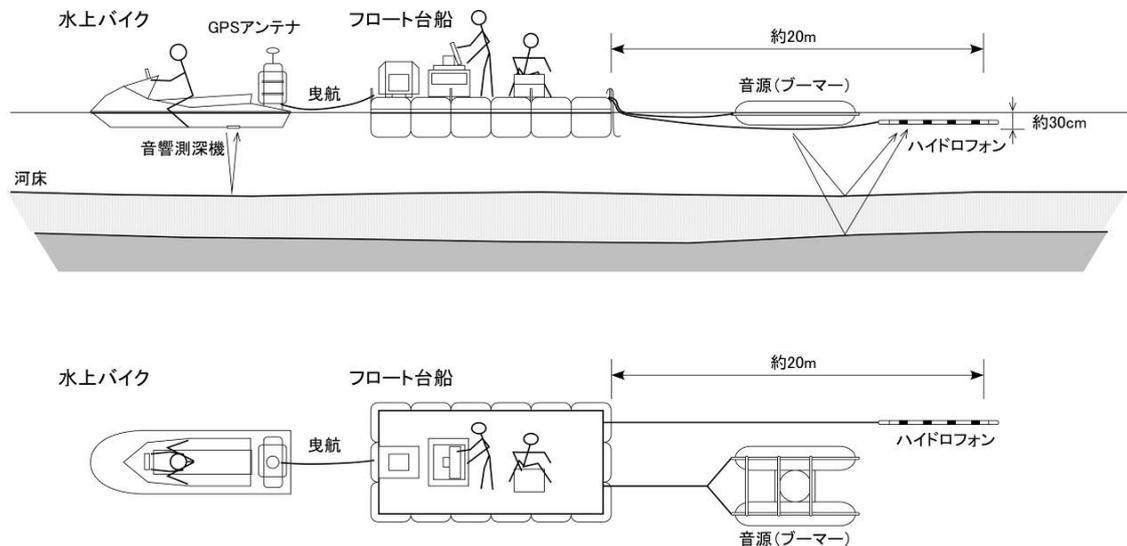


図 32 榑井川におけるブーマー音源による音波探査模式図

#### ii) 探査結果とデータ処理

榑井川での音波探査計画測線は、河口部の泉南マリブリッジから南海鉄道鉄橋までの約 800m であったが、河口付近の約 150 m と南海鉄道鉄橋手前の約 150 m は、水深が浅いため測定できなかった。また、濤筋付近の深い箇所でも水深 1.5 m 以下で、更に捨て石や木が多く見られたため、ストリーマケーブルを短くして 6 ch 分だけ曳航し測定を行った。音波探査測定時のパラメーターなどを表 6 にまとめた。

測定時の音波伝搬速度を把握するため、榑井川では、音波探査測定終了後に表層部音速度のみを測定した。測定結果は約 1,448 m/s で、ほとんど海水の影響は無いと考えられる。

取得した音波探査データには、地質情報以外に海底面や地層境界面などからの多重反射や、測定時の船舶のノイズ等の各種ノイズが含まれている。また、断層など地質構造が急変するところで回折波が生じる事や、地層が傾斜している事によって実際よりも深度が浅くなる等、実際と異なる地質構造がイメージされることがある。音波探査データ処理は、新淀川の際と同様に、これらの各種ノイズを抑制、除去する事によって S/N 比と分解能を向上させると共に、回折波や見かけの深度を補正して真の地質構造を反映した明瞭な反射断面図を作成する事を目的として行った。ブーマーの処理断面を図 33 に示す。

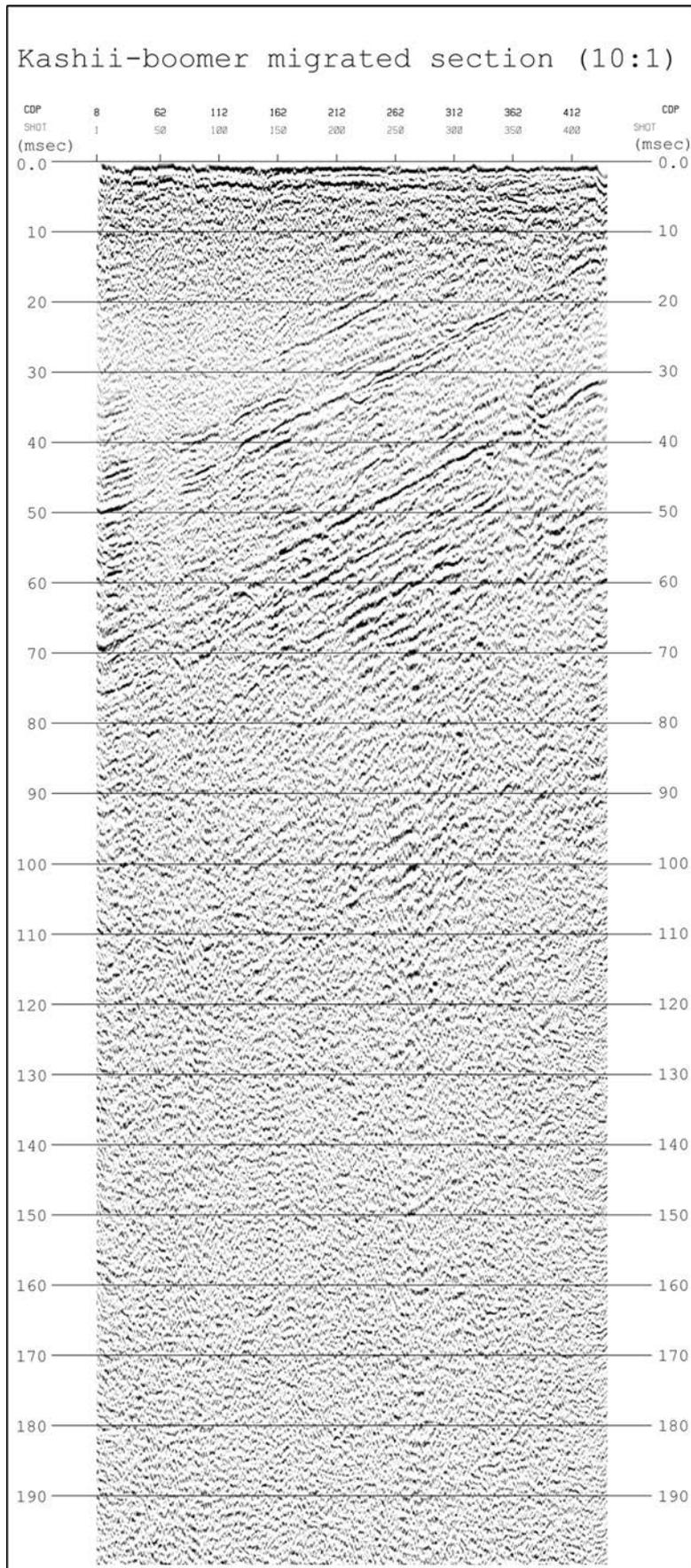


図 33 檜井川音波探査の時間断面（ブーマー）  
断面の縦横比はおよそ 10 : 1。

c) ボーリング掘削調査

樫井川における音響構造と地質との関係を明らかにするため、探査測線の近傍3カ所においてボーリング掘削調査を実施した。ボーリング掘削位置は図31に示した。各ボーリングには、下位から大阪層群相当層の砂泥互層、沖積基底礫層とみられる砂礫層、シルト・砂を主体とする沖積層、地表直下の人口改変層が採取された。沖積層相当層の層厚は、いずれのボーリングにおいても10m前後と比較的薄い。今後、各地層から採取した試料について放射性炭素同位体年代測定や火山灰分析を実施し、ボーリングの層序と対比をより詳しく行っていく。

d) まとめ

樫井川における音波探査とボーリング調査の結果に基づく、暫定的な解釈断面を図34に示す。

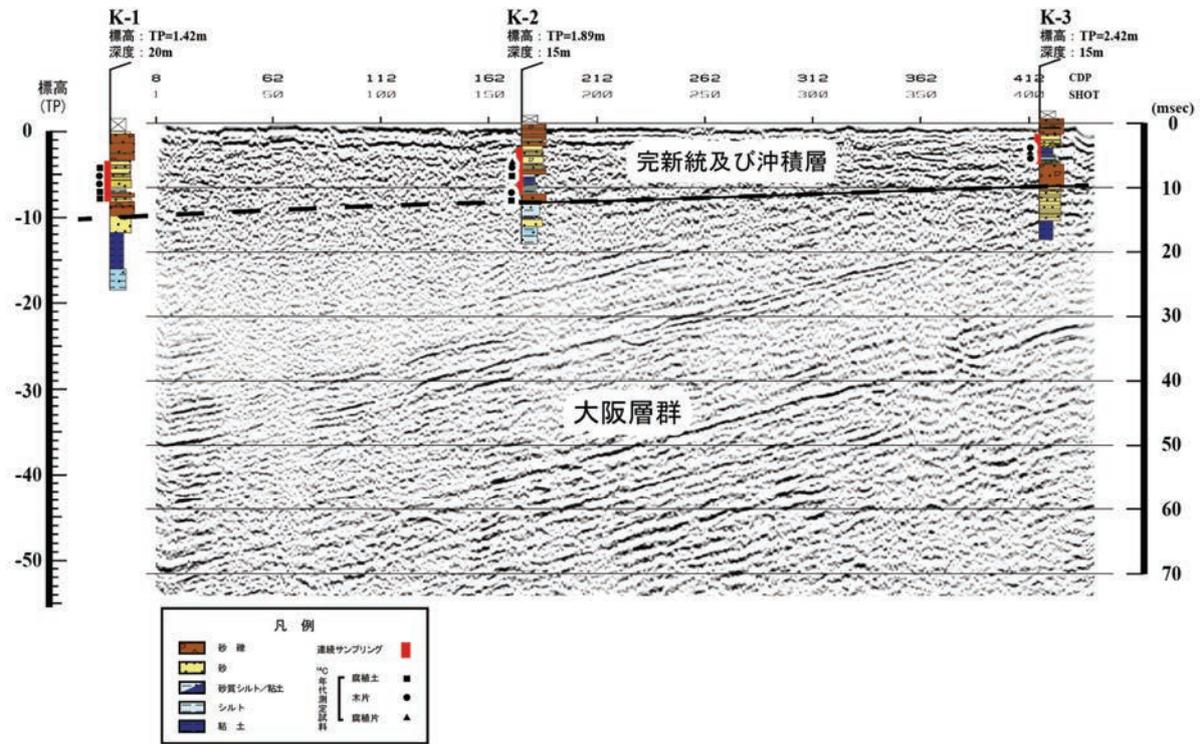


図34 樫井川における音波探査・ボーリング調査による暫定解釈断面図

音波探査で明瞭にイメージされる大阪層群相当層は、海側に向かっておよそ4%の勾配で急斜する。この海側へ傾斜する構造は、従来の推定のように海岸付近もしくはさらに海側に逆断層が存在し、樫井川の測線が逆断層上盤側に位置する可能性を示す。これは、完新統が約10mと比較的薄く分布することと調和的である。今後、大阪層群相当層の年代を推定して海側へ傾斜する構造が活構造に由来するかを詳しく検討するとともに、完新統の年代測定、火山灰分析等を実施して、断層活動に関連した堆積構造の有無を検討していく。

### (c) 結論ならびに今後の課題

上町断層帯の最新活動時期を限定し、複数回の断層活動履歴を復元するため、陸域におけるトレンチ・ボーリング掘削調査と地中レーダー探査、および河川域における音波探査・ボーリング掘削調査をおこなった。

堺市堺区大仙町、高石市取石、および和泉市観音寺町において掘削調査を実施して年代測定とテフラ分析等を行った。大仙町および観音寺町においては、ボーリング等掘削調査に加えて、地中レーダー探査をあわせて実施した。その結果、撓曲変形や断層変位が認定され、古地震イベントの層準や地形面の形成時期等に関する新知見が得られた。

また、河川域の音波探査とボーリング調査の結果、大阪市の淀川においては川底付近まで及ぶ西側低下の撓曲構造が見いだされ、最新活動に伴う隆起イベントの存在が示唆された。これは、サブテーマ1による詳細DEMを利用した変動地形の検討結果と調和的である。泉南町および田尻町の榎井川においては、大阪層群相当層を不整合に覆う完新統の分布が明らかになった。大阪層群相当層には海側へ向かって急斜する構造が認められ、これは榎井川河口よりも海側に逆断層が存在する可能性を支持する。今後、淀川、榎井川ともにボーリング試料の詳しい年代測定や火山分析等を実施していく必要がある。

今後、陸域、河川域のいずれについても、上町断層帯の活動時期や地震時変位量をさらに詳しく解明するため、上記地点において掘削調査や年代測定等の分析を稠密に実施する必要がある。さらに、新たな調査好適地を選定して詳細な活動履歴調査を実施する必要がある。地中レーダー探査に関しては、より一層のデータ処理作業を施した地中レーダー探査断面を作成し、掘削調査の結果と相互補完的に組み合わせる必要が明らかになった。

### (謝辞)

堺市文化財課の方々には堺市周辺の遺跡分布や年代、文献等をご教示頂きました。大阪府私学大学課、大阪府危機管理室、堺市防災計画室には調査時の便宜を図って頂きました。産業技術総合研究所の村上文敏、岡村行信、楳原京子の各氏には、河川の音波探査について様々なご教示を頂きました。ここに記して篤く御礼申し上げます。

### (d) 引用文献

物理探査学会，物理探査ハンドブック，物理探査学会，1336pp，1998.

趙 哲済，大阪平野の旧石器遺跡－特に古大阪平野における遺跡の立地について－，中・四国旧石器文化談話会編，シンポジウム「瀬戸内技法とその時代」の記録，243-252，1994.

趙 哲済，瓜破台地東北部の段丘について，大阪市文化財協会研究紀要，4，7-14，2001.  
土井和幸・永井正浩・田村晃一・高瀬尚人・辻本裕也，百舌鳥古墳群の調査 2，堺市教育委員会，96pp＋図版 18 枚，2009.

土井和幸・十河良和・田村晃一・高瀬尚人，百舌鳥古墳群の調査 3，堺市教育委員会，170pp＋図版 30 枚，2010.

古澤 明・中村千怜，石英に含まれるガラス包有物の主成分分析による K-Tz の識別，地質学雑誌，109，1-19，2009.

市原 実・市川浩一郎・山田直利，岸和田地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の 1 地

- 質図幅), 地質調査所, 148pp, 1986.
- 池田安隆・今泉俊文・東郷正美・平川一臣・宮内崇裕・佐藤比呂志編, 第四紀逆断層アトラス, 東京大学出版会, 254pp, 2002.
- 地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 上町断層帯の評価, 20pp, <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>, 2004.
- 国土地理院, 1:25,000 土地条件図「大阪西南部」, 1983.
- 国土地理院, 1:25,000 土地条件図「岸和田」, 2001.
- 日下雅義, 地形からみた古市・百舌鳥古墳群, 白石太一郎編, 「近畿地方における大型古墳群の基礎的研究」, 平成 17~19 年度科学研究費補助金(基盤研究(A))研究成果報告書, 六一書房, 606pp+付図 3 葉+DVD-ROM1 枚, 2008.
- 町田 洋・新井房夫, 新編火山灰アトラス, 東京大学出版会, 360pp, 2003.
- 三浦健一郎・七山 太・内海 実・杉山雄一・安原盛明・横山芳春・北田奈緒子・竹村恵二, 新淀川群列ボーリングコアの高精度解析に基づく上町断層の完新世活動性評価, 活断層・古地震研究報告, 2, 109-123, 2002.
- 中村千怜・安江健一・石丸恒存・梅田浩司・古澤 明, 緑色普通角閃石中のガラス包有物の主成分化学組成を用いた広域テフラの対比-阪手テフラを例として-, 地質学雑誌, 117, 495-507, 2011.
- 中田 高・岡田篤正・鈴木康弘・渡辺満久・池田安隆, 1:25,000 都市圏活断層図「大阪西南部」, 国土地理院技術資料 D.1-No.333, 1996.
- 中田 高・今泉俊文 編, 活断層詳細デジタルマップ, 東京大学出版会, DVD-ROM 2 枚, 解説書 68pp, 付図, 2002.
- 岡 義紀, 槇尾川流域の地形発達史, 船越謙策教授記念論文集, 広島大学, 159-166, 1972.
- 岡田篤正・千田 昇・中田 高, 1:25,000 都市圏活断層図「岸和田」, 国土地理院技術資料 D.1-No.333, 1996.
- 岡田篤正・東郷正美編, 近畿の活断層, 東京大学出版会, 408pp, 2002.
- 大阪市文化財協会編, 大阪遺跡-出土品・遺構は語るなにお発掘物語-, 創元社, 286pp, 2008.
- 大阪府, 平成 8 年度地震関係基礎調査交付金「上町断層帯に関する調査」成果報告書, <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>, 1997.
- 太田陽子・成瀬敏郎・田中眞吾・岡田篤正編, 日本の地形 6 近畿・中国・四国, 東京大学出版会, 402pp, 2004.
- 小倉博之・吉川周作・此松昌彦・木谷幹一・三田村宗樹・石井久夫, 大阪府, 上町台地南部の段丘構成層と地形面の形成時期, 第四紀研究, 31, 179-185, 1992.
- 杉山雄一, 上町断層延長部及び住之江撓曲の反射法弾性波探査, 地震予知連絡会会報, 58, 547-554, 1997.
- 杉山雄一・七山 太・北田奈緒子・横田 裕, 大阪市内における上町断層の S 波反射法地震探査. 活断層・古地震研究報告, 1, 143-151, 2001.
- 杉山雄一・七山 太・三浦健一郎・吉川 猛・横田 裕・末広匡基・古屋正和・栃本泰浩・廣瀬孝太郎・横山芳春・北田奈緒子・竹村恵二, 上町断層系の補足調査(その 2)-新淀

川北岸における追加ボーリングとS波反射法地震探査データの再解釈に基づく上町断層帯の活動性評価- 活断層・古地震研究報告, **3**, 117-144, 2003.

内本勝彦・土井和幸・十河良和・三辻利一・徳田誠志・清喜裕二・加藤一郎・奥田 尚・パリノサーヴェイ株式会社, 百舌鳥古墳群の調査 5 御廟山古墳 (GBY-6) 発掘調査報告書, 堺市教育委員会, 206pp+図版 35 枚, 2011.

吉川周作, 大阪層群の火山灰層について, 地質学雑誌, **82**, 497-515, 1976.