

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。また、トレンチ掘削や群列ボーリング調査等をおこない、地中レーダー探査を実施した。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等による掘削調査を実施し、試料分析を行った。さらに、ピット掘削調査や群列ボーリング調査等を実施し、地中レーダー探査の追加解析を行った。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、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った。

(2) 平成 23～24 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と地中レーダー探査、河川域における音波探査・ボーリング掘削調査、試料分析を実施した。新淀川において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、既往調査と同一の測線上における群列ボーリング調査を実施した。その結果、完新世における 2 回の古地震イベントを識別し、最新活動は約 2700 年前以降、これに先行する活動は約 10200 年前から約 9000 年前に生じたことが明らかとなった。最近 2 回の活動間隔は約 7000 年以上と見積もられた。さらに、大阪市長柄八幡宮においてボーリング調査を実施し、サブテーマ 1 で指摘された上町台地北方に分布する長柄砂州と呼ばれた微高地が、上町断層帯による最新活動に伴って隆起した沖積面である考えが確認された。付近の地形環境変化を考慮すると、最新活動時期は紀元前後頃であった可能性がある。堺市堺区大仙町においてトレンチ・ボーリング掘削調査および地中レーダー探査をあわせて実施した。地中レーダー探査は、ワイドアングル測定法を用いて地中電磁波速度解析をおこない、深度変換断面と地質情報との正確な対比をおこなった。これらの結果、約 2.8 万年前以降に少なくとも 1 回の地層の変形を生じる古地震イベントが認定された。石津川および河口付近において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、ボーリング調査を実施した結果、音波探査断面には河口部付近に西へ傾き下がる反射面、探査測線東端付近に陸域上町断層帯の撓曲変形の一部が認められた。高石市取石および和泉市観音寺町において、撓曲崖を横断する群列ボーリング調査および地中レーダー探査を実施し、少なくとも完新世に約 2 m 程度の上下変位を伴う活動があったことを明らかにした。岸和田市磯上町において、既知の扇状地面上の低断層崖ないし撓曲崖を対象として隆起側と低下側のそれぞれでピット掘削調査を実施した。その結果、2330 年前以降、江戸時代以前に最新活動が生じ、地表の上下変位 2.5m を伴っていたことを明らかにした。泉南郡田尻町吉見においてボーリング掘削調査をおこなって、縄文海進以降に形成された浜堤および河成面が標高 2～5 m に分布し、海岸線付近を延びる逆断層の活動に伴う地震性隆起によって形成された可能性を指摘した。泉南市および田尻町の榎井川において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査およびボーリング調査を実施し、海側へ急斜する大阪層群相当層と不整合に覆う完新統の分布を明らかにした。以上の結果から、上町断層帯の活動時期は、次のようにまとめられる。神崎川以南の上町断層から久米田池断層に至る陸域の上町断層帯は、約 2700 年前以降に最新活動を生じたと考えられる。また、新淀川の結果に基づけば、この区間の上町断層帯の活動間隔は約 7000 年以上である。さらに、大津川付近より南の沿岸域を延びる活断層は、分布の詳細が未解明であるものの、少なくとも大津川周辺では 2330 年前以降、江戸時代以前に最新活動が生じた。陸域の上町断層帯と沿岸域の活断層は、最新活動で同時に大地震を生じた可能性があるが、資料の制約から別々の地震を生じた可能性も否定できない。今後、断層帯全体の活動間隔や沿岸部の活断層の分布も含めて詳細に検討する必要がある。

(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。

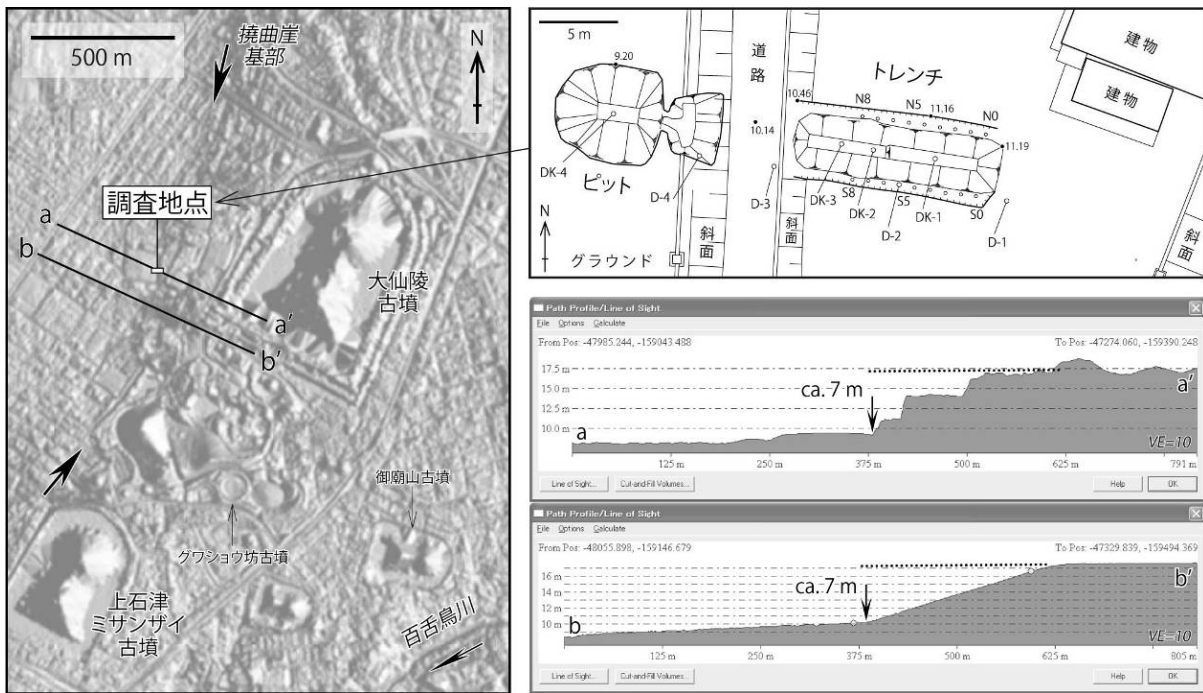


図1 大仙町付近の活断層分布・調査位置・地形断面。背景陰影図・地形断面は2mメッシュDEMに基づいて作成した。D-1～4およびDK-1～4はボーリング位置を示す。

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）、雑壇造成が行われたことが確認されている。近代以降にも大阪府立大学等の敷地として改変されてきた。しかし、撓曲崖基部の位置に関しては、1928年大阪市撮影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12m・幅約5m・深さ3～4mのトレンチを、同じく西側に長さ約4m・幅約4m・深さ3m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 3.59m 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 1.5m 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 15m、D-4 が 40m である。



図 2 大仙町トレンチ・ピットの様子 (2011 年 12 月 9 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 の亜円礫を主とする。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 0.3~3 cm の亜円礫~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 1 cm 程度の亜円礫を含む礫混じり砂層として認められる。

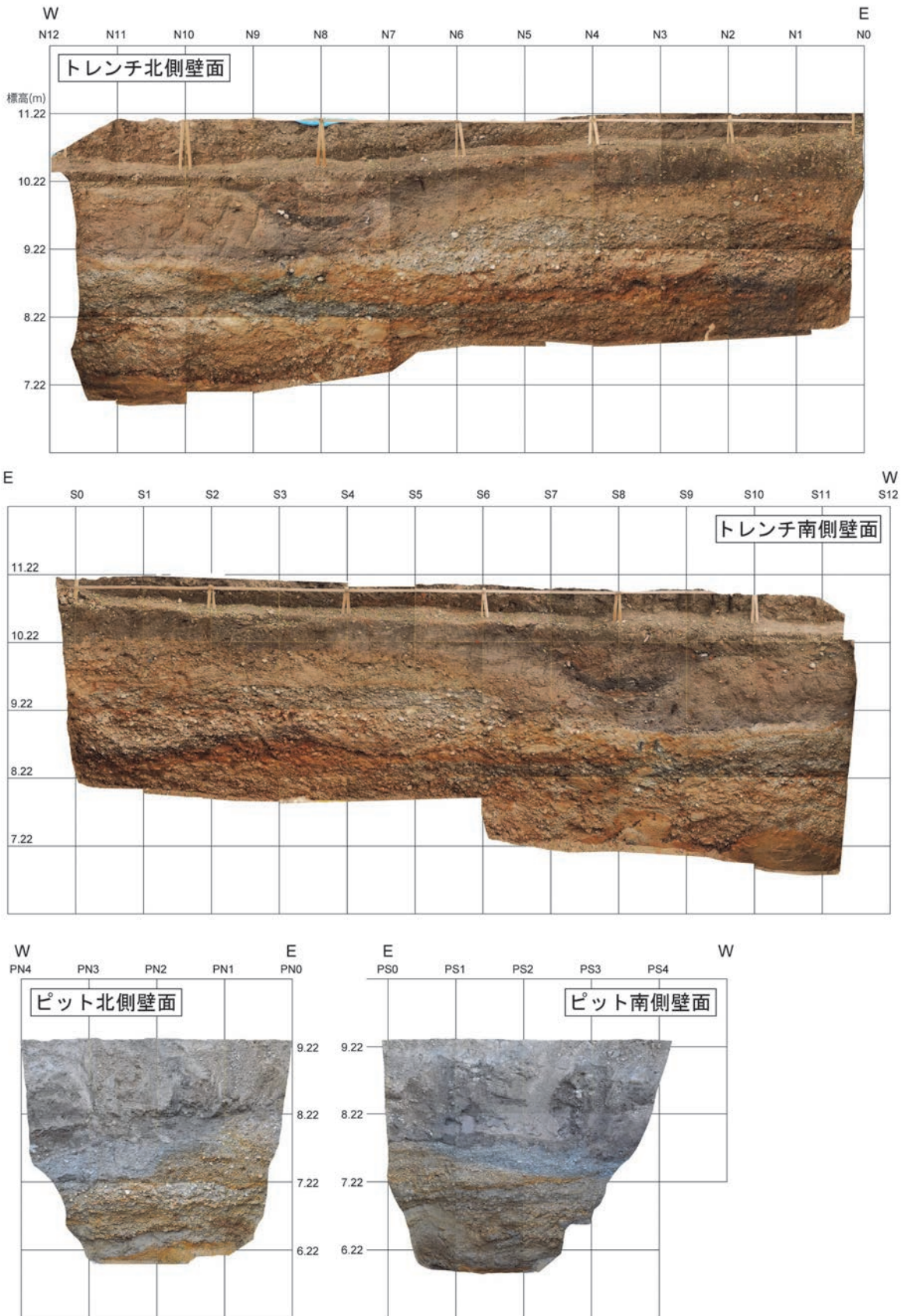


図3 大仙町トレンチ・ピットのはりあわせ写真

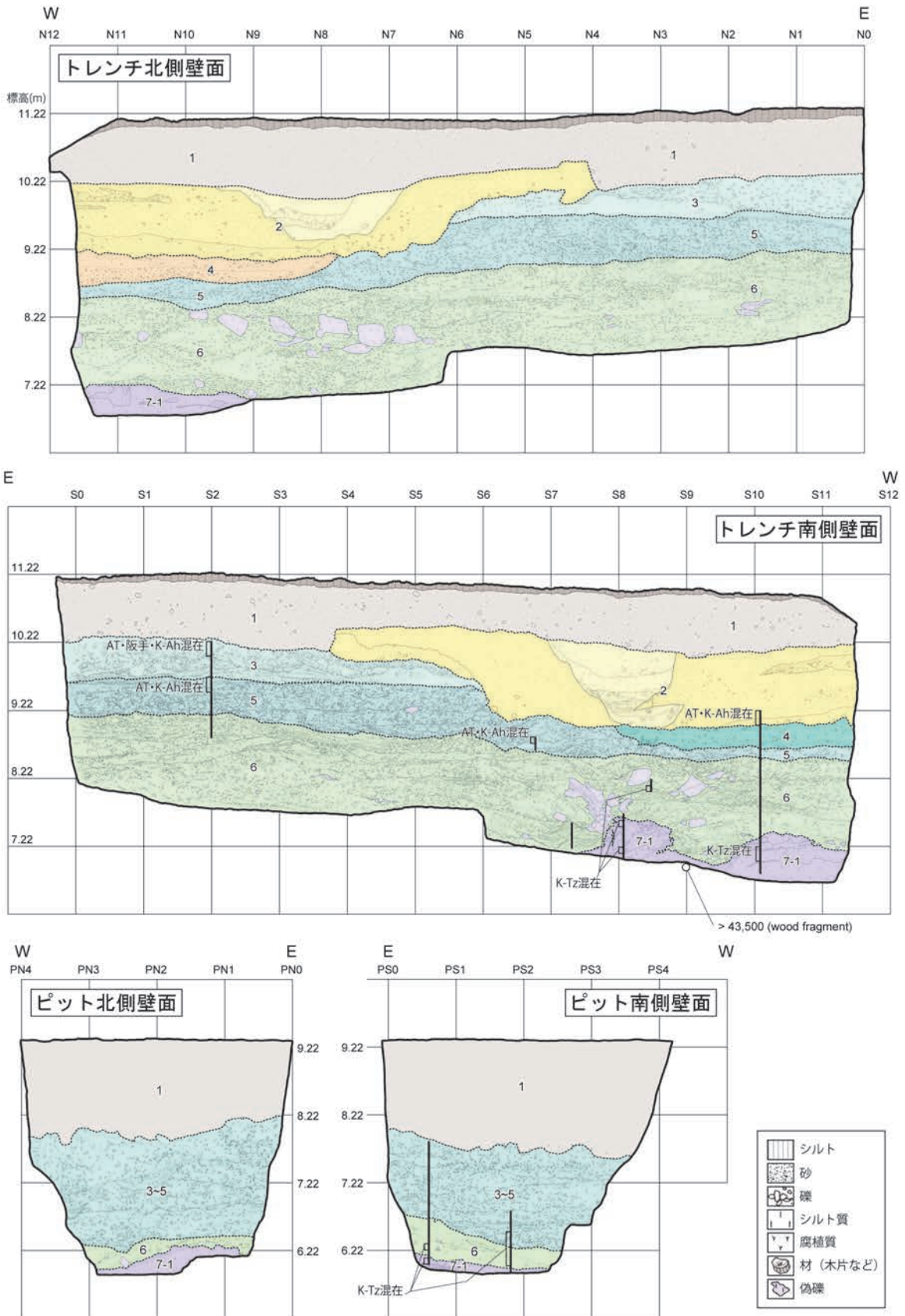


図4 大仙町トレンチ・ピットのスケッチ。黒実線はテフラ分析試料採取位置（10cmごとに採取）を示す。

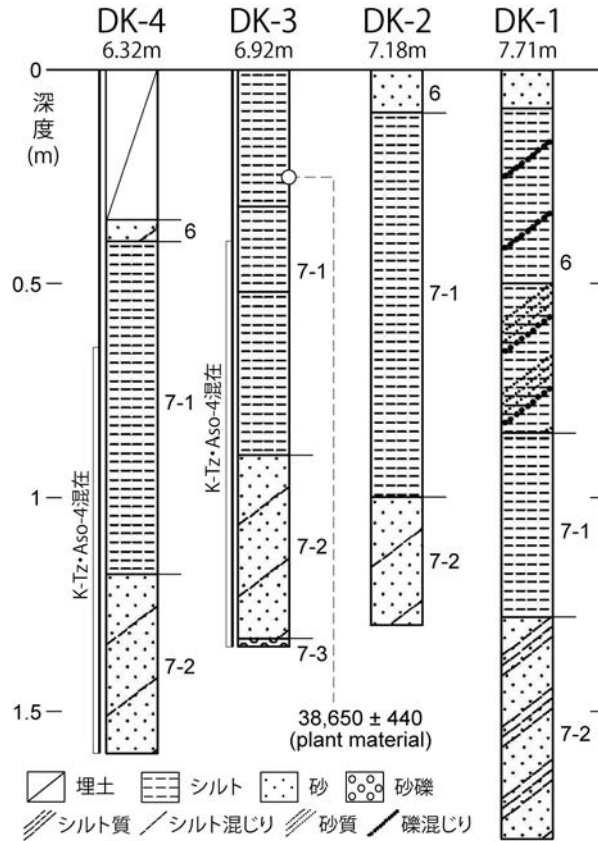


図5 大仙町ボーリング DK-1～4 の柱状図（コア名の下の数値は孔口標高）。黒実線はテフラ分析試料採取位置（10cm ごとに採取）を示す。

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}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

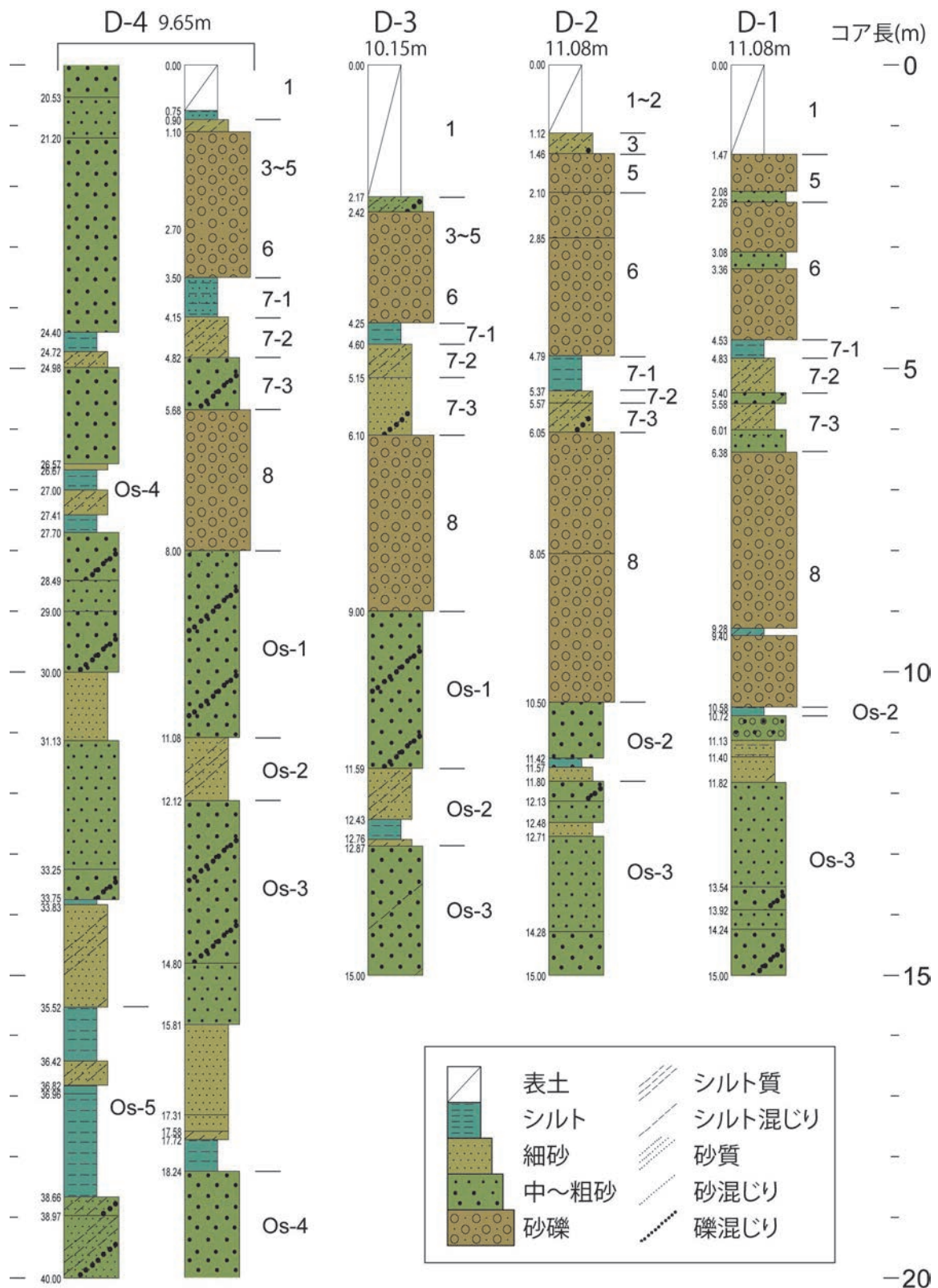


図6 大仙町ボーリング D-1~4 の柱状図 (コア名の下/右の数値は孔口標高)

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

5層は主に砂礫層である。上部は礫主体であり径0.5～10cm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11cm、平行層理が発達）を挟む。5層下部は径0.5～10cm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6cmのシルト層が認められる。D-1・2においては主に径1～4cm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1～12cm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1～11cm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5～15cm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5～20cm、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1～10cm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1～5cm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0.5～3cm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0.25m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0.5～3cm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1～6cm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) テフラ分析と珪藻・花粉分析

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 ₂	75.65	75.36	75.59	75.92	76.10	SiO ₂	75.72	0.29
TiO ₂	0.31	0.30	0.28	0.23	0.21	TiO ₂	0.27	0.04
Al ₂ O ₃	11.11	11.07	11.22	10.80	10.86	Al ₂ O ₃	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 ₂ O	3.25	2.85	2.46	3.20	2.63	Na ₂ O	2.88	0.35
K ₂ O	3.43	3.38	3.39	3.38	3.39	K ₂ 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 ₂	78.87	79.13	79.46	79.32	79.94	SiO ₂	79.34	0.40
TiO ₂	0.32	0.31	0.29	0.24	0.22	TiO ₂	0.28	0.05
Al ₂ O ₃	11.58	11.62	11.79	11.28	11.41	Al ₂ O ₃	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 ₂ O	3.39	2.99	2.59	3.34	2.76	Na ₂ O	3.01	0.35
K ₂ O	3.58	3.55	3.56	3.53	3.56	K ₂ 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 μm 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 μm 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 μm 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 μm 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 μm 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。

また D-4 については、0s-3~5 中の粘土層を中心に 30 試料採取し、珪藻分析と花粉分析を実施した（図 6、表 3）。珪藻分析の結果からは、産状が悪いながらも氾濫原堆積物の可能性が示唆され、花粉分析結果もその可能性を支持している。花粉分析結果によると今回分析した地層は、古谷（1979）や小倉ほか（1992）、古谷・田井（1993）を参考とすると、Ma12 層より上位、古谷（1979）の E1 亜帯より下位であり、上町層や常盤層、富田累層、天満層などに相当する可能性がある。今後、火山灰や年代測定などの調査を行って詳しく議論する必要があるものの、深度 40 m までがすべて後期更新世以降の陸成層である可能性が挙げられる。層相観察でも先述のように、0s-1~5 層にわたって海成であることを示す証拠は得られておらず、整合的である。

表3 大仙町 D-1 コアの珪藻分析・花粉分析試料一覧

ボーリング コア	層序	No.	深度	分析	
				珪藻分析	花粉分析
D-4	Os-3	1	17.79 ~ 17.81	○	○
		2	17.89 ~ 17.91	○	○
		3	17.96 ~ 17.98	○	○
		4	18.10 ~ 18.12	○	○
		5	18.19 ~ 18.21	○	○
	Os-4	6	24.45 ~ 24.47	○	○
		7	24.60 ~ 24.62	○	○
		8	24.68 ~ 24.70	○	○
		9	26.69 ~ 26.71	○	○
		10	26.81 ~ 26.83	○	○
		11	26.96 ~ 26.98	○	○
		12	27.12 ~ 27.14	○	○
		13	27.46 ~ 27.50	○	○
		14	27.60 ~ 27.64	○	○
		15	33.78 ~ 33.81	○	○
	Os-5	16	35.53 ~ 35.57	○	○
		17	35.65 ~ 35.67		
		18	35.75 ~ 35.77	○	○
		19	35.85 ~ 35.87		
		20	35.95 ~ 35.97	○	○
		21	36.14 ~ 36.16		
		22	36.18 ~ 36.20	○	○
		23	36.28 ~ 36.30		
		24	36.38 ~ 36.40	○	○
		25	36.88 ~ 36.90	○	○
		26	36.97 ~ 36.99	○	○
		27	37.08 ~ 37.10		
		28	37.18 ~ 37.20	○	○
		29	37.28 ~ 37.30		
		30	37.38 ~ 37.40	○	○
		31	37.48 ~ 37.50		
	32	37.58 ~ 37.60	○	○	
	33	37.68 ~ 37.70			
	34	37.78 ~ 37.80	○	○	
	35	37.88 ~ 37.90			
	36	38.08 ~ 38.10	○	○	
	37	38.18 ~ 38.20			
	38	38.28 ~ 38.30	○	○	
	39	38.38 ~ 38.40			
	40	38.48 ~ 38.50	○	○	
	41	38.58 ~ 38.60	○	○	

凡例) ○：分析試料

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1.5～1.6m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。

調査地点付近の地形面を構成するのは、隆起側地形面・低下側地形面とも3～5層である。その堆積時期は、3～7層の年代を考慮すると約3～3.5万年前と推定される。撓曲崖の比高は約7mであるので、平均上下変位速度は約0.20～0.23 mm/yrと見積もられる。

調査地点を含む付近一帯には低位段丘面が発達する。府中面(岡, 1972)を構成する地層は府中層と呼ばれATを挟在する(市原ほか, 1986)。上町台地付近の大和川南岸や和泉市池田下町においても低位段丘面構成層の上部にATが挟まれる(小倉ほか, 1992; 太田ほか, 2004)。長原遺跡や山之内遺跡等においても低位段丘面構成層の上部はATを挟在する(趙, 1994, 2001)。東浅香山遺跡もこれと同様の状況である(京都フィッシュントラック, 2000; 土井ほか, 2010)。趙(1994, 2001)は低位段丘面構成層の主たる堆積時期は最終氷期の比較的早い時期であったと指摘している。今回の調査結果もこの指摘と整合的である。

地震イベントに関しては、AT降下頃以降少なくとも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さらに検討する必要がある。

なお、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ヨ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必要がある。

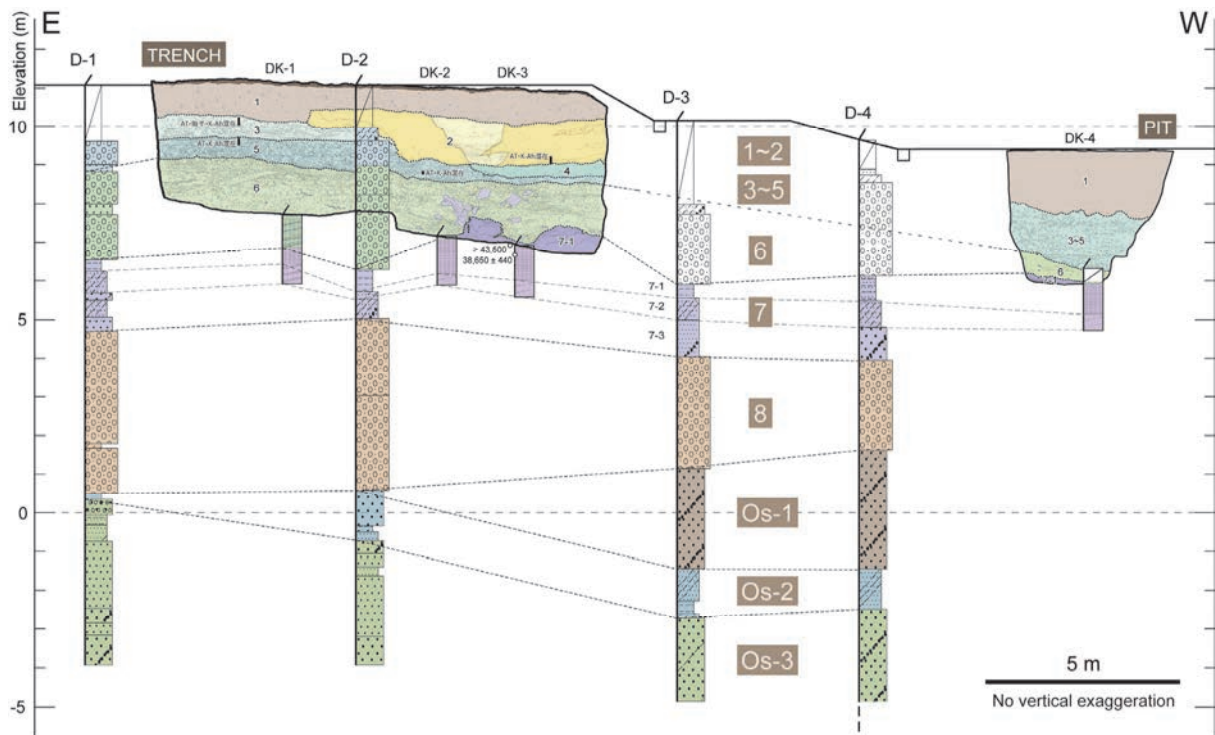


図7 大仙町の地形地質断面図

f) 大仙町西方における群列ボーリング調査

大仙町における一連の掘削調査・各種分析の結果によって、撓曲崖の低下側が必ずしも沈降傾向を示すわけではないことがわかった。そこで大仙町西方において群列ボーリング調査を実施し地下構造を検討した（図8、9、表4、5）（コア B-1～4）。コアはいずれも機械ボーリングで取得した。コア長は B-1（大仙西町：大仙西町第4公園）が 16m、B-2（少林寺町東：土居川公園）が 20m、B-3（新在家町東：新在家町公園）が 21m であり、B-4（大浜南町：大浜南町公園）は 30m である。B-3～4 の最上部は、歴史時代の地層や浜堤およびその背後における堆積物等で構成されている。表4に示す放射性炭素年代値が得られた。

B-1 の約 700m 東方においては、上述のように一連の調査が実施され、地形面構成層の年代が約 3～3.5 万年前と推定されているほか、D-1（掘削長 40 m）は後期更新世以降の陸成層である可能性が指摘されている。また矢作ほか（2003）によると、B-1 の約 1.5km 北東方、南瓦町遺跡においては、沖積層とされる層厚約 0.5～1 m の地層（主に砂礫層・泥層）の下位に、AT を含む層厚約 1 m の地層（主に砂層）が分布し、低位段丘面構成層に対比される。その下位には K-Tz を含む地層（主に砂層・泥層）が分布している。ただし、沖積層とされる地層は開析谷から供給された局所的な堆積物や低位段丘面構成層である可能性も考えられ慎重な検討が必要である。

今回取得されたコアは、B-3～4 の最上部を除くと、沖積層ではなく、低位段丘面～中位段丘面構成層に対比される可能性が考えられる。B-3～4 の最上部についても、B-3 の約 200m 北方、少林寺西遺跡（SKT（堺環濠都市遺跡）57）において深度約 5.5 m 付近の暗青色粘質砂層から古墳時代のイダコツボが貝殻（チリメンユキガイを含む）とともに出土してい

ることを考えると（梶山，1986）、浜堤やラグーンの発達過程を考える重要な資料となる。この暗青色粘質砂層に含まれる貝殻からは3500～4000 yBP頃の年代が4試料から得られている（梶山，1986）。4試料の年代は、イイダコツボと年代観があわないにも関わらずよく揃っており、注目される。またSKT57においては深度約3.5 mにいわゆるII期大火面（西暦1532年）があり（梶山，1986；森村編，1986）、地形発達を考える際には歴史時代の自然堆積もしくは人工盛土に注意が必要である。このように、今回得られたコアは、付近の活断層分布や地形発達の検討に役立つ資料として期待される。



図8 大仙町西方の群列ボーリング調査実施地点。B-1～4はボーリング位置を示す。

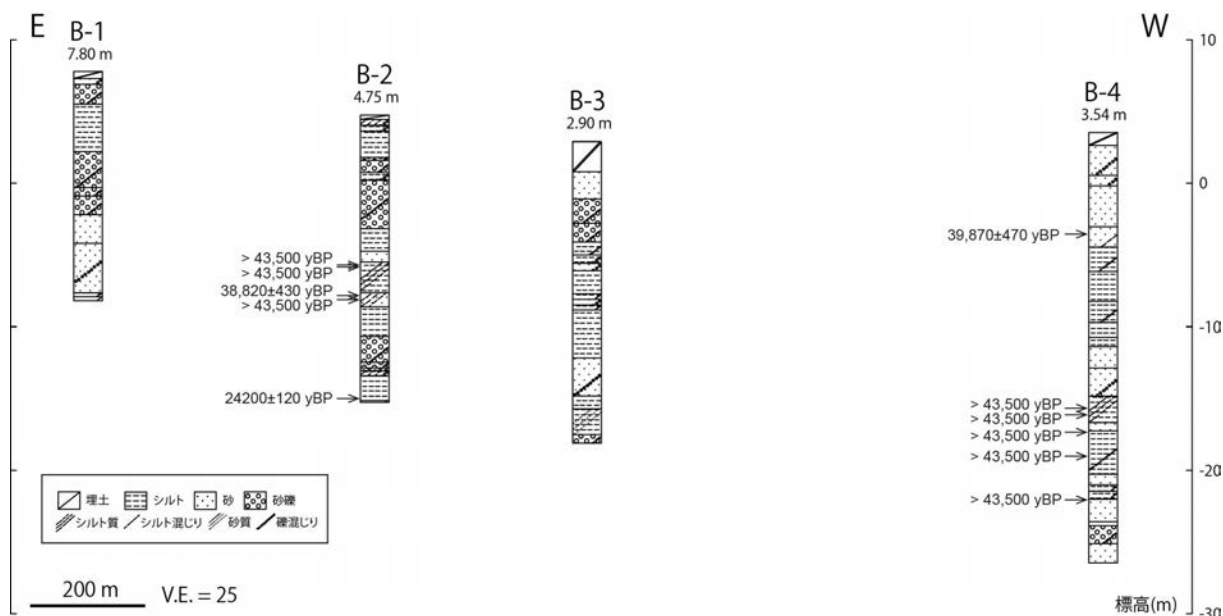


図9 大仙町西方の地質断面図。断面位置は図8に示す。コア名の下の数値は孔口標高。

表4 大仙町西方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}C age ($\pm 1\sigma$, yr BP)	Analysis Method	Pretreatment	Lab. No. (Beta-)
Shorinjicho-Higashi	B-2 (10.46m)	Plant material	-27.1	> 43,500	AMS	AAA	339879
Shorinjicho-Higashi	B-2 (10.53m)	Plant material	-28.3	> 43,500	AMS	AAA	339880
Shorinjicho-Higashi	B-2 (12.53m)	Plant material	-27.1	38,820 \pm 430	AMS	AAA	339881
Shorinjicho-Higashi	B-2 (12.83m)	Plant material	-26.4	> 43,500	AMS	AAA	339882
Shorinjicho-Higashi	B-2 (19.72m)	Organic sediment	-28.6	24,200 \pm 120	AMS	A	339884
Ohama-Minamimachi	B-4 (6.93m)	Plant material	-25.5	39,870 \pm 470	AMS	AAA	339885
Ohama-Minamimachi	B-4 (19.16m)	Plant material	-26.9	> 43,500	AMS	AAA	339886
Ohama-Minamimachi	B-4 (19.50m)	Plant material	-27.6	> 43,500	AMS	AAA	339887
Ohama-Minamimachi	B-4 (20.78m)	Plant material	-26.9	> 43,500	AMS	AAA	339888
Ohama-Minamimachi	B-4 (22.49m)	Plant material	-27.9	> 43,500	AMS	AAA	339889
Ohama-Minamimachi	B-4 (25.55m)	Plant material	-26.2	> 43,500	AMS	AAA	339890

表5 大仙町西方 B-2 コア深度 14.60 m のガラスの主成分化学分析結果

採取地点 STB-1 14.6																		
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差	
SiO ₂	73.53	74.78	73.68	74.67	73.85	72.69	72.48	73.48	69.47	71.61	75.11	73.08	75.74	72.35	75.12	SiO ₂	73.44	1.61
TiO ₂	0.17	0.08	0.10	0.42	0.10	0.19	0.28	0.27	0.74	0.08	0.12	0.14	0.21	0.33	0.24	TiO ₂	0.23	0.17
Al ₂ O ₃	11.69	11.87	11.61	11.49	12.21	11.38	11.48	11.90	12.27	12.01	11.22	12.26	12.20	12.53	11.81	Al ₂ O ₃	11.86	0.38
FeO	1.29	0.95	0.90	1.53	0.68	0.94	1.00	0.97	3.51	0.87	0.78	1.38	1.16	1.21	0.77	FeO	1.20	0.68
MnO	0.01	0.04	0.11	0.08	0.00	0.06	0.12	0.00	0.08	0.13	0.00	0.04	0.00	0.21	0.11	MnO	0.07	0.06
MgO	0.14	0.15	0.21	0.27	0.02	0.11	0.14	0.02	0.62	0.06	0.12	0.04	0.15	0.21	0.18	MgO	0.16	0.15
CaO	1.10	1.18	1.19	1.77	0.77	1.03	1.04	0.98	2.56	0.57	0.72	0.87	1.16	1.31	1.24	CaO	1.17	0.48
Na ₂ O	3.32	3.45	3.46	2.82	3.11	3.09	3.14	3.48	4.02	3.41	3.39	3.52	2.99	3.58	3.14	Na ₂ O	3.33	0.29
K ₂ O	3.45	3.13	2.88	2.35	4.79	4.24	4.22	3.99	1.15	4.71	3.55	4.43	3.56	3.84	3.00	K ₂ O	3.55	0.96
Total	94.70	95.63	94.14	95.40	95.53	93.73	93.90	95.09	94.42	93.45	95.01	95.76	97.17	95.57	95.61		95.01	

point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差	
SiO ₂	77.65	78.20	78.27	78.27	77.31	77.55	77.19	77.27	73.58	76.63	79.05	76.32	77.95	75.70	78.57	SiO ₂	77.30	1.36
TiO ₂	0.18	0.08	0.11	0.44	0.10	0.20	0.30	0.28	0.78	0.09	0.13	0.15	0.22	0.35	0.25	TiO ₂	0.24	0.18
Al ₂ O ₃	12.34	12.41	12.33	12.04	12.78	12.14	12.23	12.51	13.00	12.85	11.81	12.80	12.56	13.11	12.35	Al ₂ O ₃	12.48	0.37
FeO	1.36	0.99	0.96	1.60	0.71	1.00	1.06	1.02	3.72	0.93	0.82	1.44	1.19	1.27	0.81	FeO	1.26	0.72
MnO	0.01	0.04	0.12	0.08	0.00	0.06	0.13	0.00	0.08	0.14	0.00	0.04	0.00	0.22	0.12	MnO	0.07	0.07
MgO	0.15	0.16	0.22	0.28	0.02	0.12	0.15	0.02	0.66	0.06	0.13	0.04	0.15	0.22	0.19	MgO	0.17	0.15
CaO	1.16	1.23	1.26	1.86	0.81	1.10	1.11	1.03	2.71	0.61	0.76	0.91	1.19	1.37	1.30	CaO	1.23	0.51
Na ₂ O	3.51	3.61	3.68	2.96	3.26	3.30	3.34	3.66	4.26	3.65	3.57	3.68	3.08	3.75	3.28	Na ₂ O	3.50	0.32
K ₂ O	3.64	3.27	3.06	2.46	5.01	4.52	4.49	4.20	1.22	5.04	3.74	4.63	3.66	4.02	3.14	K ₂ O	3.74	1.02
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	

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 10(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、少なくとも完新世の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 150 m・比高約 2 m 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。本業務のサブテーマ 2 によって実施された、付近を通過する反射法地震探査の断面には、この変動崖に対応する変形構造が推定されている（本報告書の高石-堺測線）。

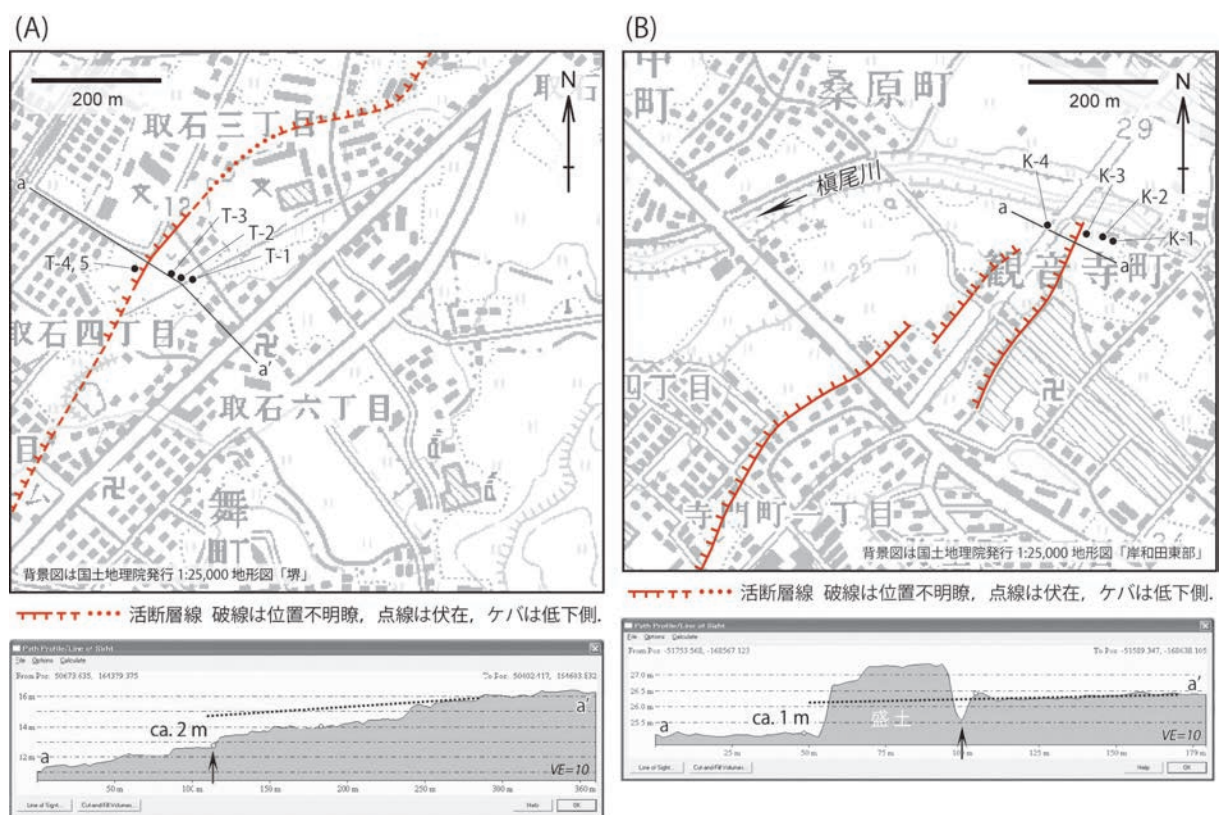


図 10 (A) 取石付近・(B) 観音寺町付近の活断層分布・調査位置・地形断面。地形断面は 2 m メッシュ DEM を基に作成した。T-1~5・K-1~4 はボーリング位置を示す。

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 10(A)・11(A)・表 6）。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。

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

表6 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}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

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 11(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 380yBP 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。その年代は少なくとも完新世でかなり若いものと推定される。

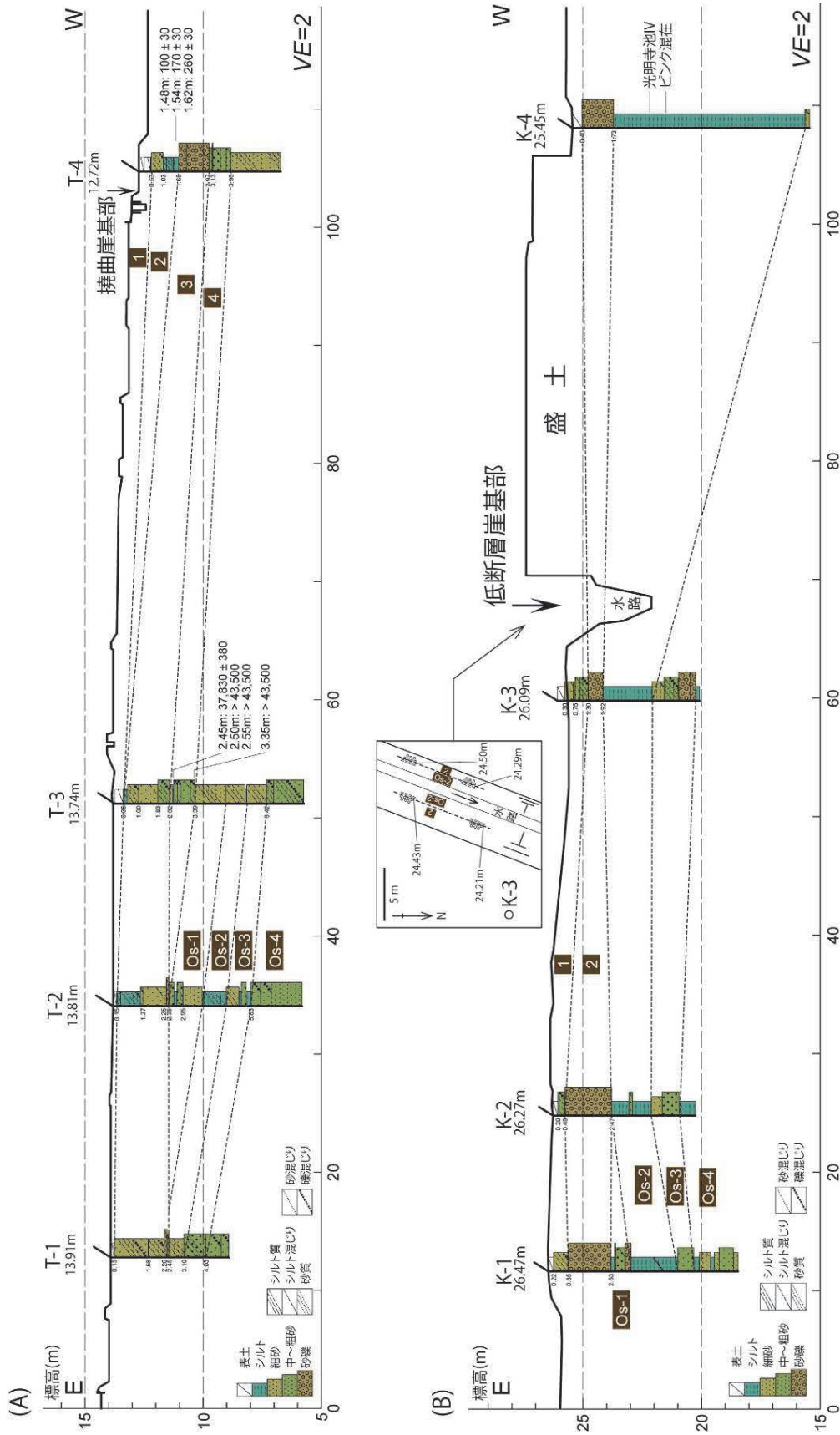


図 11 (A) 取石・(B) 観音寺町の地形地質断面図。コア名の下の数値は孔口標高。(B) の四角内は低断層崖基部の水路付近の平面図。

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 10(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、少なくとも完新世の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 10(B)・11(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 11(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 11(B)・表 7）。

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 7 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 3.92m 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 7 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。

a) 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 11(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。その年代は少なくとも完新世でかなり若いものと推定される。

表 7 観音寺町 K-4 コア深度 3.25m・3.92m のガラスの主成分化学分析結果

glass 採取地点 K-4 上町 3.25																	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	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 ₂	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 ₂ O ₃	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	0.17	0.16	0.16	0.14	0.15	0.17	0.08
MgO	0.34	0.33	0.38	0.28	0.28	0.38	0.38	0.09	0.30	0.39	0.29	0.32	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	1.56	1.63	0.16
Na ₂ 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 ₂ 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	
glass 採取地点 K-4 上町 3.92																	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	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 ₂	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 ₂ O ₃	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 ₂ 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 ₂ 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	
glass 採取地点 K-4 上町 3.92																	
point No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	平均値	標準偏差
SiO ₂	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 ₂	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 ₂ O ₃	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	12.14	0.25
FeO	1.50	1.03	1.78	1.03	0.97	0.88	1.48	0.95	1.05	1.05	1.60	0.80	1.02	0.99	1.13	1.05	0.18
MnO	0.09	0.00	0.14	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.06	0.04	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	0.20	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	1.24	1.26	1.78	1.29	1.18	1.35	1.04	1.29	0.27
Na ₂ 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 ₂ 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	

n=8
Pink

4) 岸和田市磯上町における掘削調査

磯上町付近においては L2 面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 12）（池田ほか編，2002）。国土地理院（2001）は付近一帯を下位段丘面、砂堆・砂州などに区分しているが、この付近は西への傾斜を有するため河成面と考えられ、現河床からの比高からみて、ごく最近に形成されたと考えられる。南海本線忠岡駅西方におけるこの変動崖の比高は約 2.5 m である。忠岡駅西方からこの変動崖を南へ追跡すると、北西－南東方向にのびる北東側上がりの段丘崖よりも南へは連続しておらず、この段丘崖より南では活断層は伏在していると考えられる。付近を通過する反射法地震探査の断面からは変動崖に対応する変形構造を不明瞭ながら読み取ることができる（本報告書の大津川測線）。今回、この段丘崖の南側でピット P-1 を、同じく北側でピット P-2 をそれぞれ掘削した（図 12～14、表 8）。観察された地層をみると、耕作土（昔の水田の床土と考えられる黄色帯も認められる）やその直下の遺物包含層より下位はすべて河成堆積物である。遺物包含層は、岸和田市生涯学習課郷土文化室によると、岸和田付近では通常、江戸時代の耕作土と

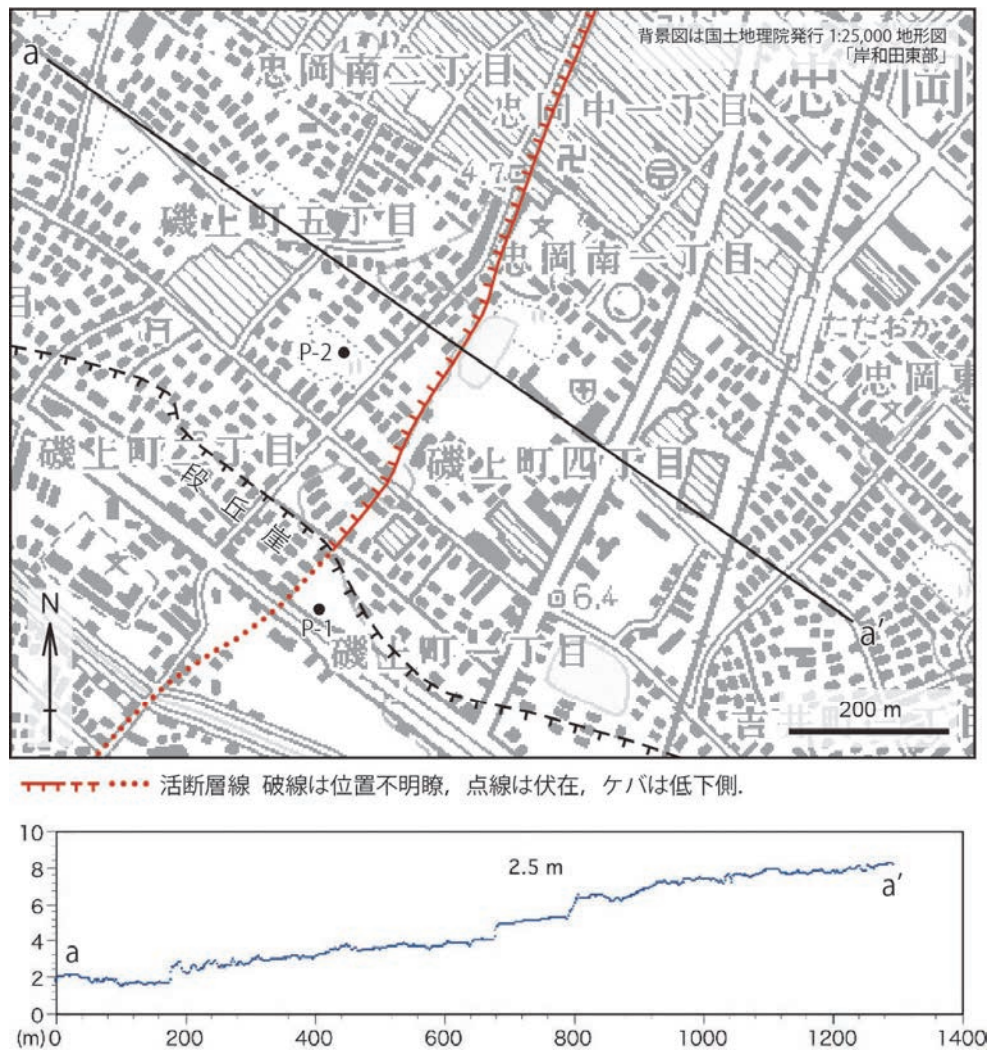


図 12 磯上町付近の活断層分布・調査位置・地形断面。地形断面は 2 m メッシュ DEM に基づいて作成した。P-1 および P-2 はピット掘削位置を示す。

考えられているものである。含まれる土器片は須恵器や中世の土器などであり、若干円磨された状態にあって、遺物包含層は客土の可能性もあるらしい。

段丘崖より北側の地形面は、上述のとおり活断層によって変位を受けている。P-2の地形面構成層の扇状地礫層から約2200~2300 yBPの放射性炭素年代測定値が得られている。最も若い暦年を示す試料はP-2-4であり、その 2σ 範囲は2325~2149 Cal. B. Pである。よって、地震イベントは2330年前以降に発生したと考えられる。一方、段丘崖より南側の地形面においては、やはり上述のように活断層は伏在しており、地震イベントはこの地形面の形成時期より前と考えられる。P-1においては耕作土直下の遺物包含層から 1350 ± 30 yBPの年代が得られているが、この層準は上述のように江戸時代の耕作土と考えられている。P-1においては他に年代試料が得られていない。したがって地震イベントの時期は、2330年前以降、江戸時代より前であると考えられ、これが南部の上町断層帯の最新活動と考えられる。



図13 磯上町ピットの様子。左：P-1 南西壁面を望む（2012年12月27日撮影）。右：P-2 南西壁面を望む（2013年1月9日撮影）。

Loc.	Sample No.	Layer	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (permil)	Conventional ^{14}C age ($\pm 1\sigma$, yr BP)	Analysis Method	Pretreat- ment	Lab. No. (Beta-)
Isonokami	P-1-2	3	Charred material	-23.7	1350 ± 30	AMS	AAA	339877
Isonokami	P-2-1	2	Wood	-30.2	Modern	AMS	AAA	340421
Isonokami	P-2-2	2	Charred material	-26.8	860 ± 30	AMS	AAA	340422
Isonokami	P-2-3	3a	Organic sediment	-23.8	2250 ± 30	AMS	A	340423
Isonokami	P-2-4	3a	Organic sediment	-23.0	2210 ± 30	AMS	A	340424
Isonokami	P-2-5	5	Organic sediment	-23.3	2270 ± 30	AMS	A	340425
Isonokami	P-2-6	5	Organic sediment	-24.2	3490 ± 30	AMS	A	340426

表8 磯上町で得られた試料の放射性炭素年代測定結果

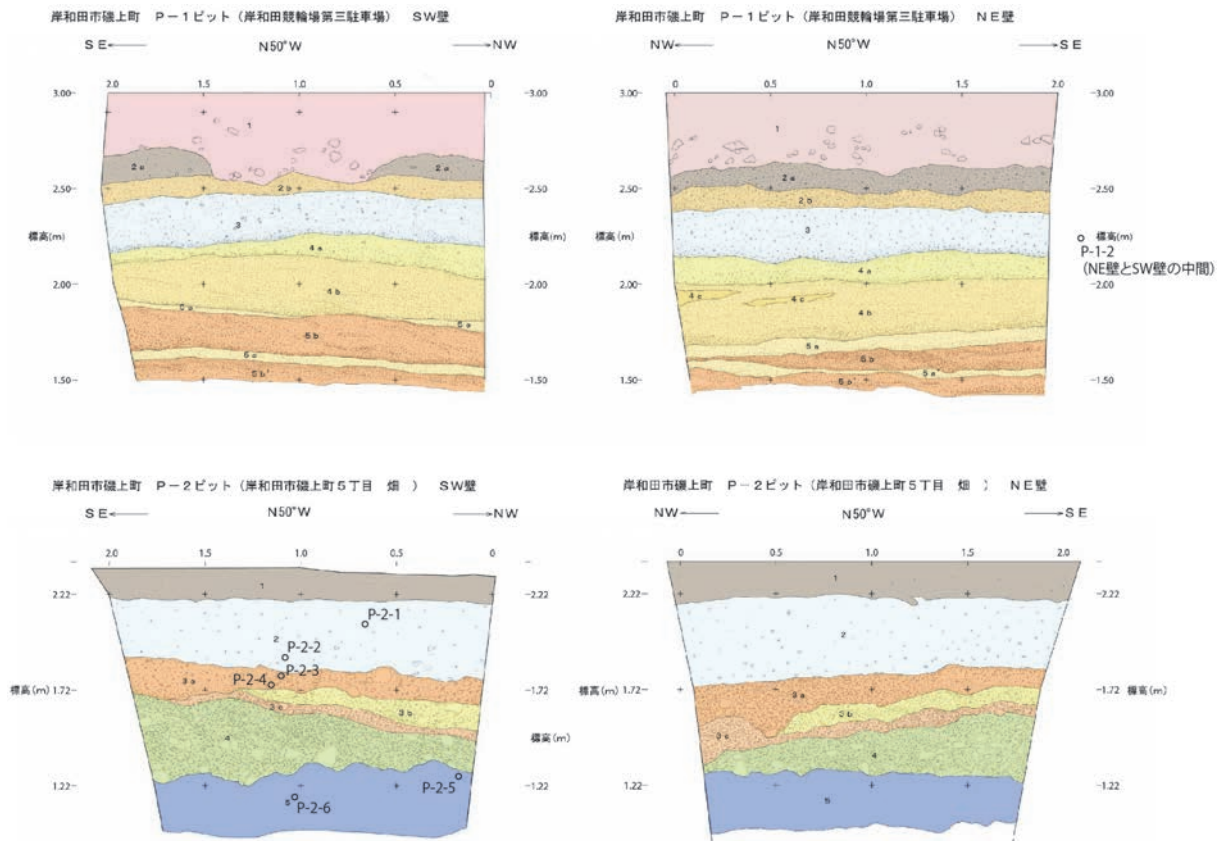


図 14 磯上町ピットのスケッチ

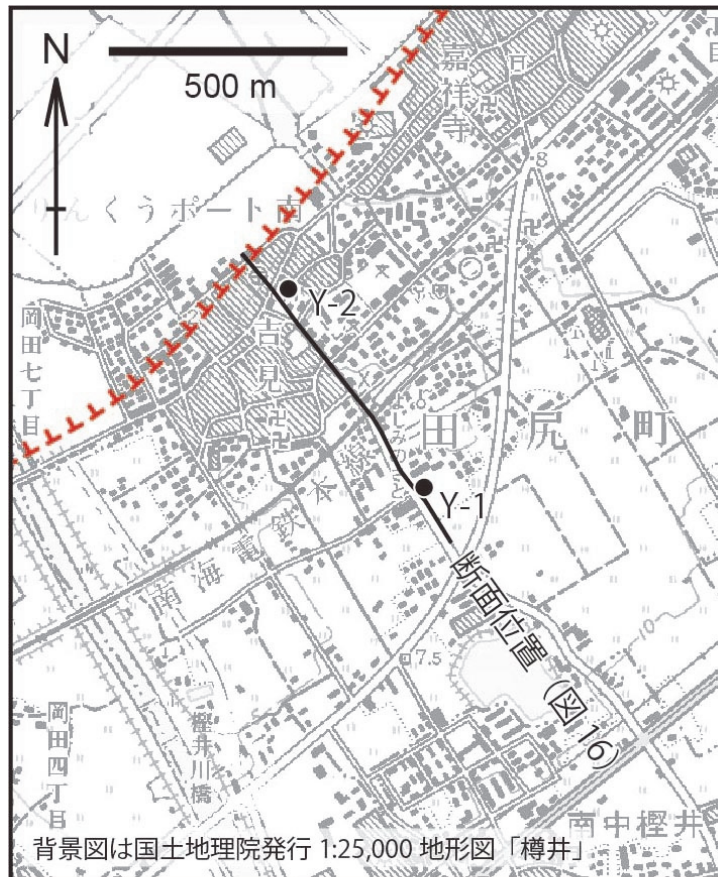
5) 泉南郡田尻町吉見における掘削調査

吉見の海岸線付近には、東側隆起を示す活断層線が認定されている（図 15）（池田ほか編，2002）。国土地理院（2001）によると付近の地形は海岸平野・三角州であり、Y-2 地点は砂堆・砂州に属する。しかしこの付近は西傾斜を有しているため河成面であり、海岸に近い部分に浜堤が発達したものと考えられる。これらは現河床よりも 2～5 m 高く完全に離水しており、隆起イベントを経験している可能性がある。

そこで今回、コア Y-1（コア長 30 m）およびコア Y-2（コア長 30 m）を、いずれも機械ボーリングで取得し、この河成面の形成時期を検討した（図 15、16、表 9）。その結果、Y-1 の深度 4.17 m で 6170 ± 30 yBP、Y-2 の深度 5.44 m で 6760 ± 40 yBP の放射性炭素年代値が得られた。調査地点付近においては、縄文海進期以降に生じた隆起イベントを経験していると考えられる。同地域においては、約 6000 年間に数 m の非地震性隆起を生じる可能性は知られていない。したがって、この隆起イベントは、既に存在が確認されつつある海岸線付近を延びる逆断層活動によって生じた可能性がある。

表 9 吉見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}C age ($\pm 1\sigma$, yr BP)	Analysis Method	Pretreat- ment	Lab. No. (Beta-)
Yoshimi	Y-1 (4.17m)	Wood	-30.5	6170 ± 30	AMS	AAA	340879
Yoshimi	Y-2 (5.44m)	Wood	-25.7	6760 ± 40	AMS	AAA	340590



TTTTTT 活断層線
 破線は位置不明瞭，点線は伏在，ケバは低下側。

図 15 吉見付近の活断層分布と調査位置。Y-1 および Y-2 はボーリング位置を示す。

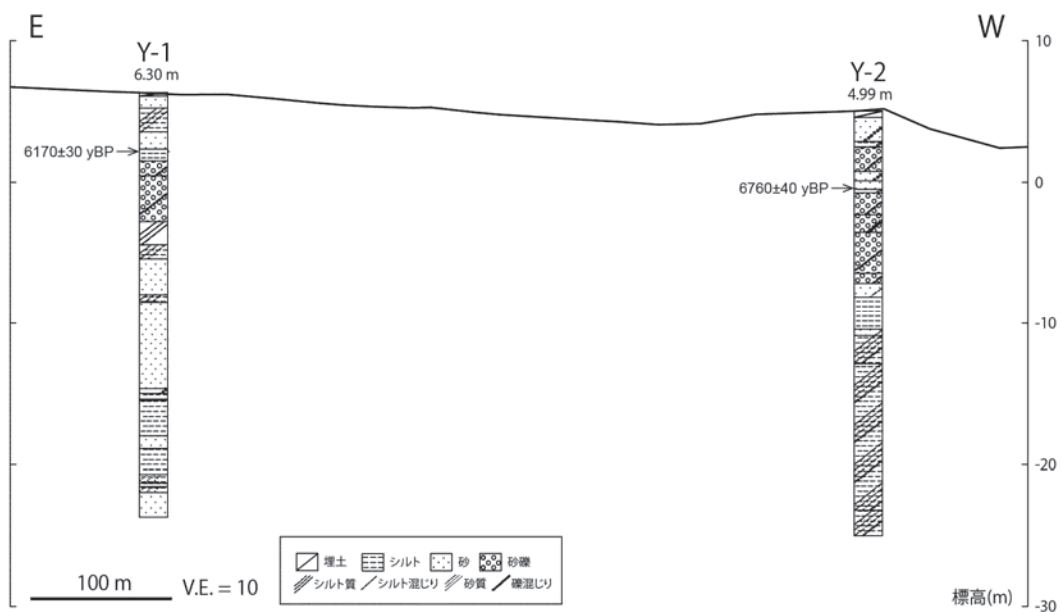


図 16 吉見の地形地質断面図。地形断面の位置は図 15 参照。コア名の下の数値は孔口標高。

6) 堺市堺区大仙町および和泉市観音寺町他における GPR 探査

a) 調査地域

本探査は大阪平野南部の大阪府堺市および和泉市で行った(図 17)。堺市大仙地点では、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)を探査の対象とした。また、和泉市域に位置するその他の調査地点では、北北西-南南東走向で東側隆起の坂本断層(岡, 1972)と、北北東-南南西走向で東側隆起の久米田池断層(大阪府, 1997)を探査の対象とした。これら上町断層・坂本断層・久米田池断層は東側へ傾斜する逆断層と考えられている(例えば、地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2004)。調査地域では府中面と呼ばれる低位段丘面(岡, 1972)が広く分布し、測線の多くの部分は府中面の上に位置する(図 18、図 19)。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(図 3 中の KP-01 測線)の北西約 1.5 km に位置する第二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(26~29 ka: 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、この低位段丘面は更に細分化される可能性があり、探査測線周辺について、サブテーマ 3-1 において詳しい地形区分と、トレンチ調査・群列ボーリング調査によって年代決定が行われている。

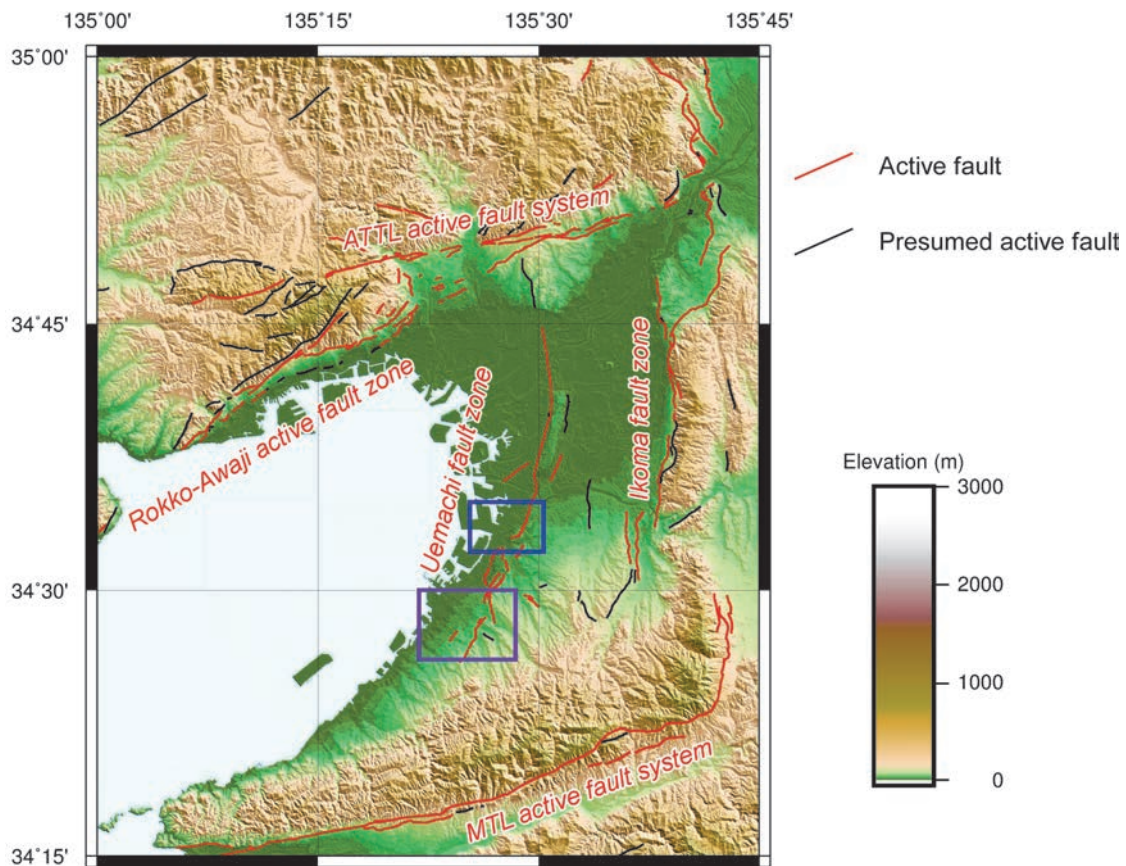


図 17 調査地域。青色枠は図 18 の範囲を、紫色枠は図 19 の範囲を示す。活断層の分布は中田・今泉 編(2002)に基づく。標高データとして国土地理院発行の数値地図 50m メッシュを使用した。陰影図での光線は北東から南西への向きである。MTL: 中央構造線、ATTL: 有馬-高槻構造線。



図 18 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 20 の範囲を示す。中田・他(1996)に加筆。

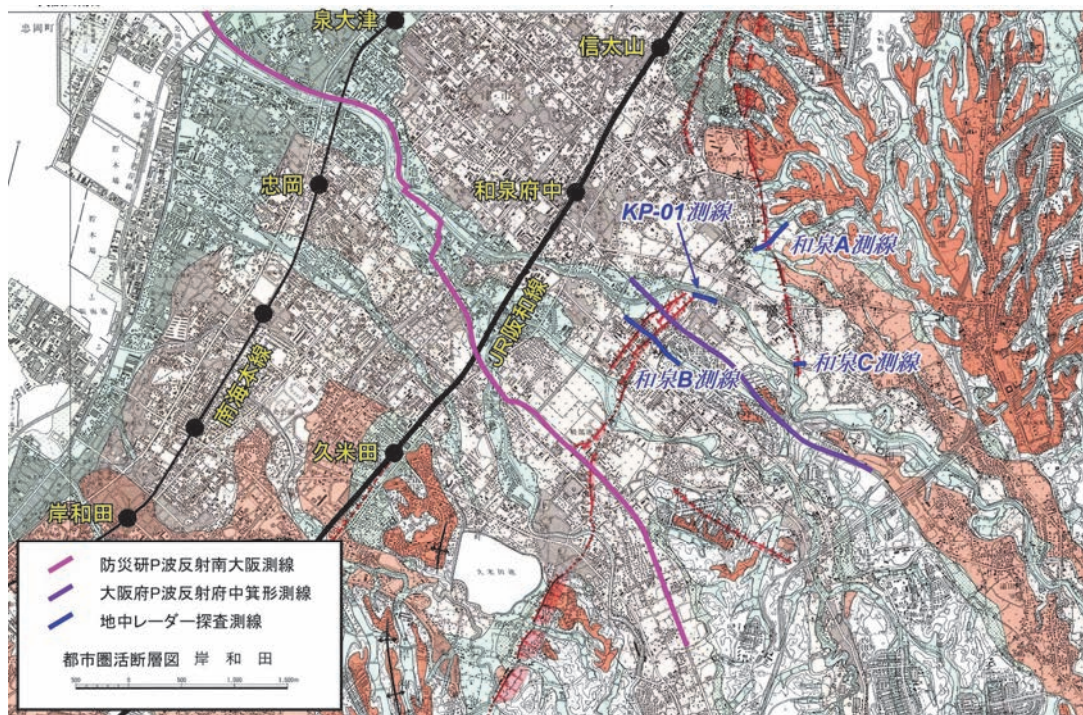


図 19 調査地点(和泉市黒鳥地区:和泉 A 測線、和泉市寺門地区:和泉 B 測線、和泉市阪本地区:和泉 C 測線、和泉市観音寺地区:KP-01 測線)周辺の地形と活断層の分布。図中の橙色が薄い順から低位段丘面、中位段丘面、高位段丘面、薄緑色が沖積低地面・沖積扇状地面である。岡田・他(1996)に加筆。

b) 探査測線

堺市大仙地区の探査測線、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 20、図 21）。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 編, 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 21）。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適當である。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 21）。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、大仙地点では上記の 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 21）。

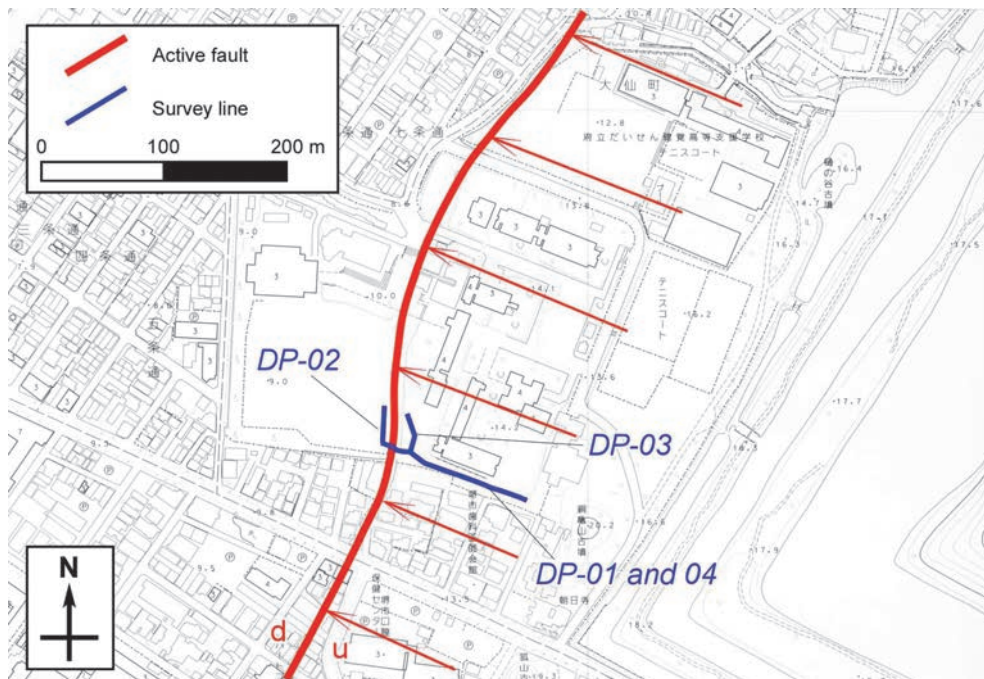


図 20 大仙地点の測線図。DP-01 測線は断層にほぼ直交する約 30m の区間で、DP-04 測線は DP-01 測線を含む約 130m の区間である。各測線の詳細な位置と Scan No. については図 21 に示す。図中の赤矢印は撓曲変形の範囲と傾斜方向を示す。基図には堺市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

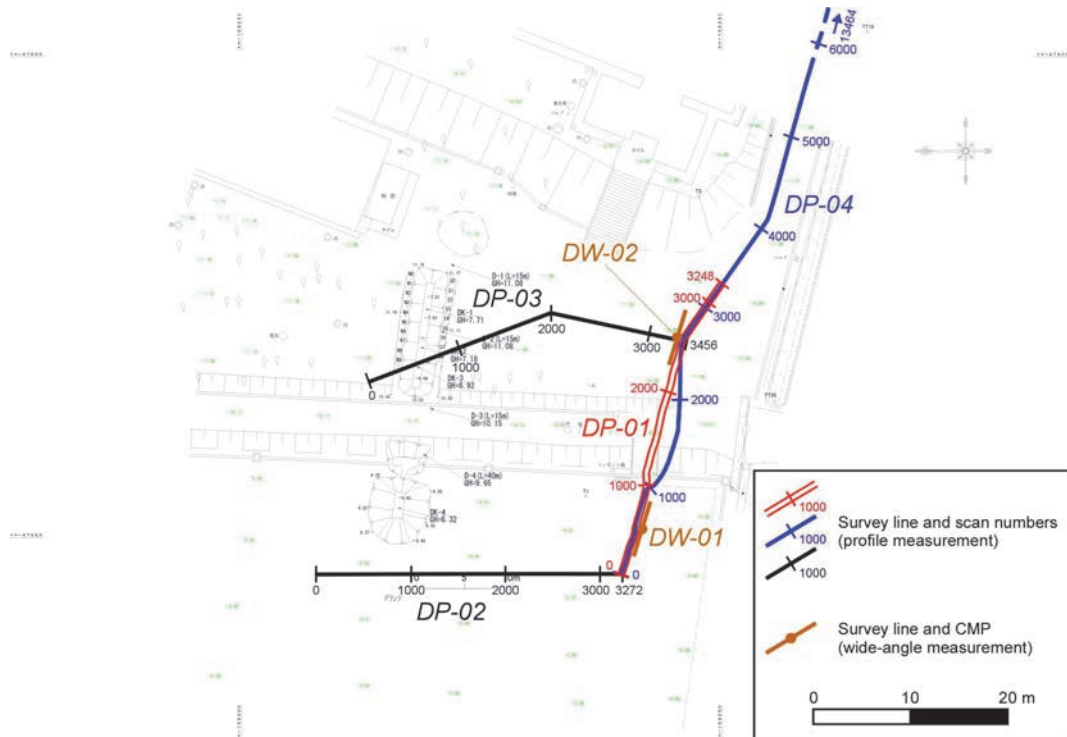


図 21 大仙地点の詳細測線図。DP-01 測線と DP-04 測線はトレンチ・群列ボーリング測線と約 25m の距離をおいてほぼ平行である。この 25 m の範囲で大きな構造の変化が無いかを確認するために DP-02 測線と DP-03 測線を設定した。

和泉市黒鳥地区の和泉 A 測線（図 22）は、和泉市一条院町の和泉市消防本部付近から同市黒鳥町の城の池東方に至る約 270 m の区間である。和泉 A 測線周辺では坂本断層は北—南から北北西—南南東走向であり、探査測線とほぼ直交する。

和泉市阪本地区の和泉 C 測線（図 23）は、榎尾川右岸に位置する和泉市阪本町内の約 100 m の区間であり、東西にのびる。和泉 C 測線周辺では坂本断層は南北走向であり、探査測線とほぼ直交する。和泉 C 測線の位置は坂本断層の南方末端部に近く、本地点の南方約 150 m 以遠では明瞭な断層変位地形は報告されていない（岡田・他，1996）。

和泉市観音寺地区の KP-01 測線は榎尾川左岸に位置する（図 24）。KP-01 測線は久米田池断層とほぼ直交し、榎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 25）。

和泉市寺門地区の和泉 B 測線（図 25）は、和泉市寺門町二丁目のてらかど保育園付近から同市和気町四丁目の榎尾川公園付近に至る約 650 m の区間である。和泉 B 測線周辺では久米田池断層は地表部では 100-150 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。和泉 B 測線はこれら 2 断層のどちらともほぼ直交する。なお、データ取得の際の制限のために、和泉 B 測線のほぼ中央で測線を分割し、西側を和泉 B-W 測線、東側を和泉 B-E 測線とした。

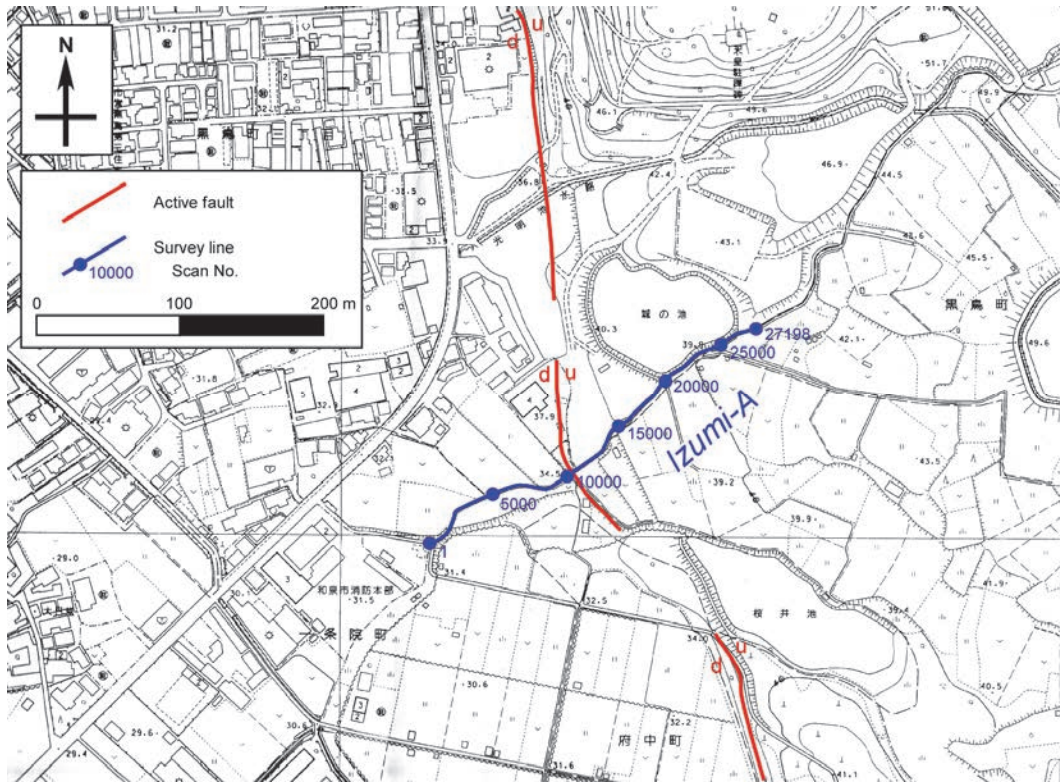


図 22 和泉 A 測線の詳細位置図。活断層の地表位置は岡田・他（1996）に基づく。基図には和泉市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

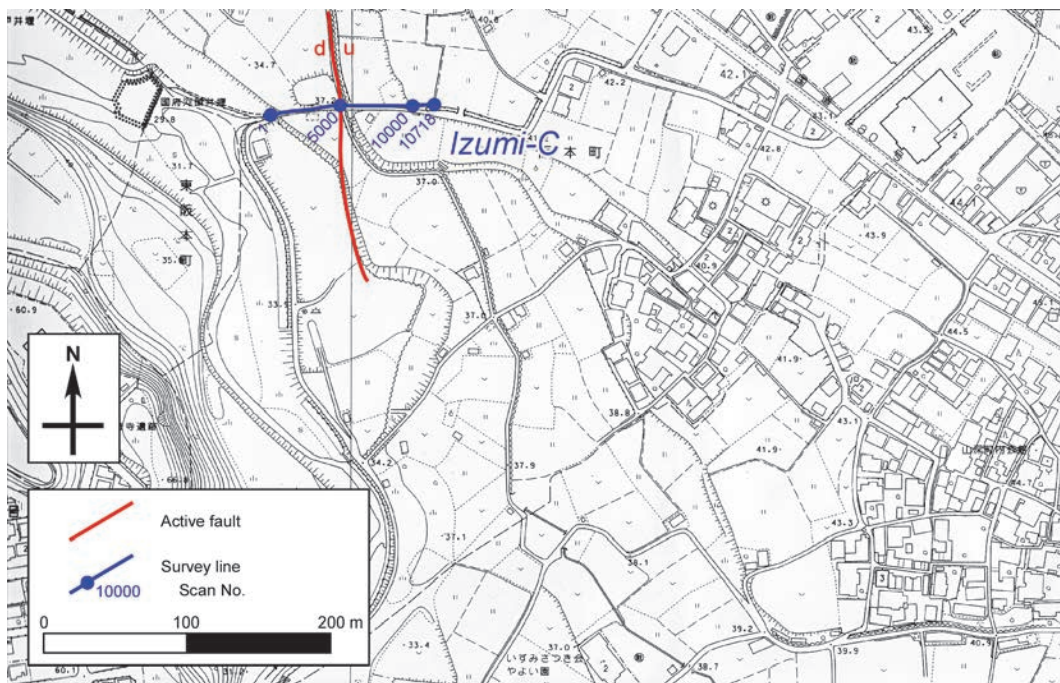


図 23 和泉 C 測線の詳細位置図。活断層の地表位置は岡田・他（1996）に基づく。基図には和泉市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

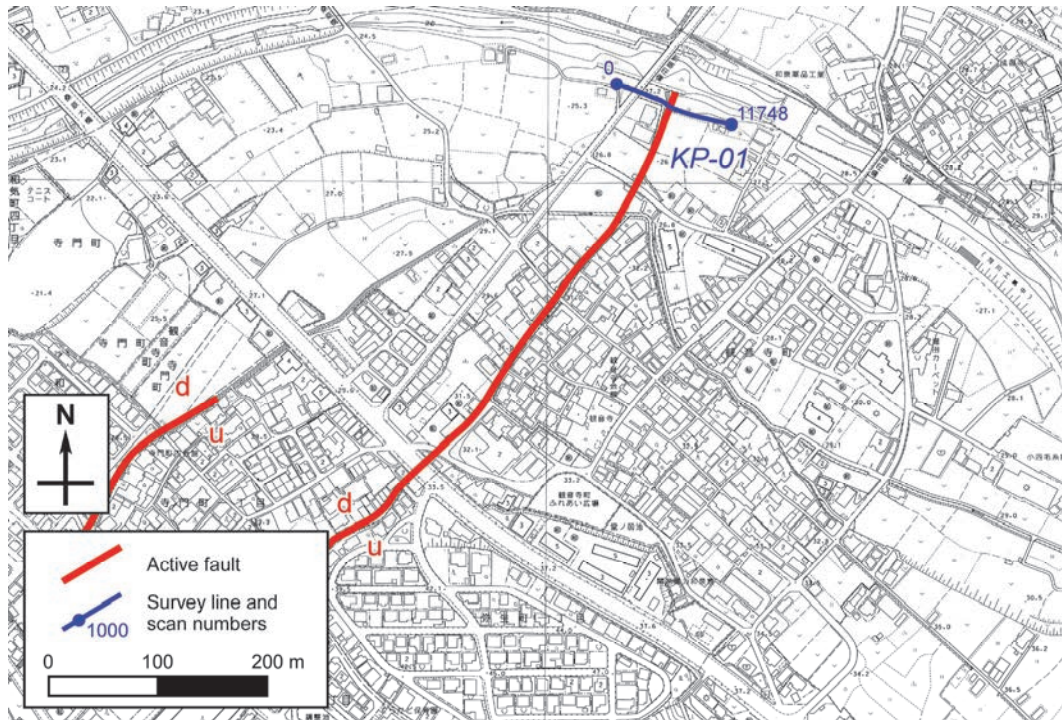


図 24 観音寺地点の測線図。KP-01 測線は断層にほぼ直交する約 120 m の区間である。基図には和泉市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

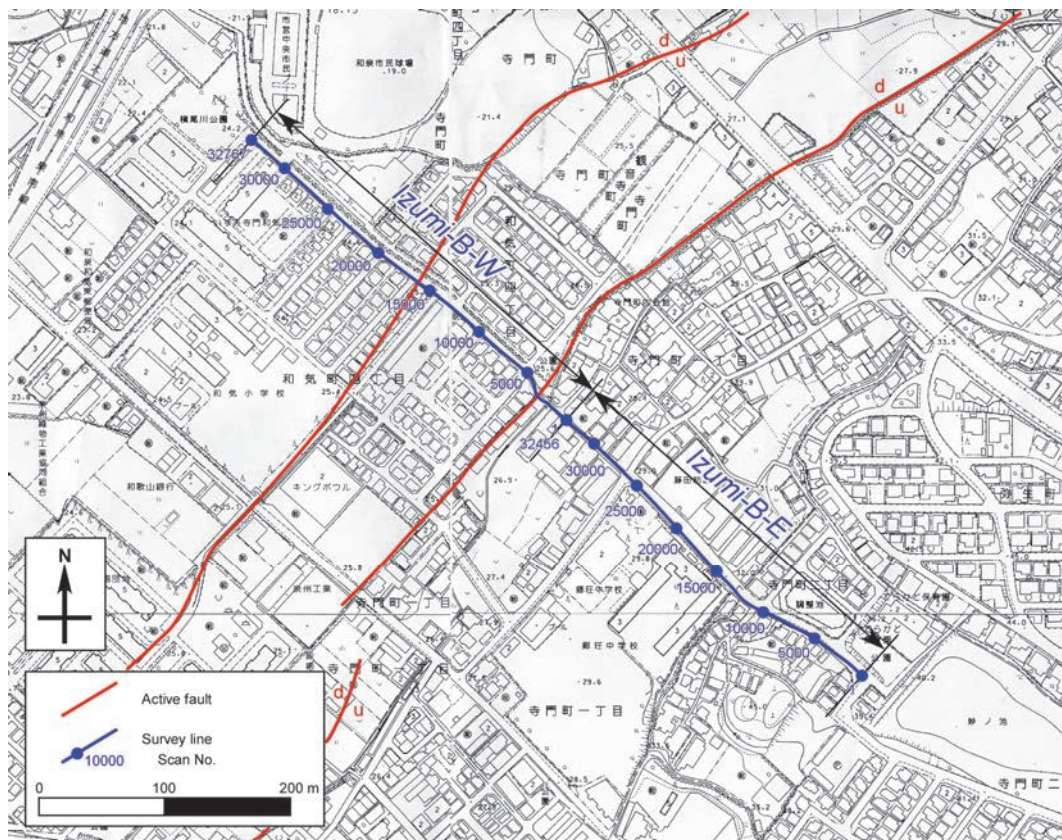


図 25 和泉 B 測線の詳細位置図。活断層の地表位置は岡田・他 (1996) に基づく。基図には和泉市発行の 2500 分の 1 地形図を用いた。

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 10~11 に示す。データ取得はプロファイル測定法（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 をプロファイル測定では 1 台、ワイドアングル測定では 2 台使用した(図 26)。

電磁波送受信作業は、和泉 B 測線が 2011 年 1 月 15 日、和泉 A 測線が同 16 日、和泉 C 測線が同 17 日、DP-01~04 及び DW-01・02 測線（大仙地点）2012 年 1 月 16 日、KP-01 測線が 2012 年 1 月 17 日の、それぞれ日中に行った。その作業風景を図 27~29 に示す。プロファイ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 ns、記録データビット長は 16 bit、記

表 10 堺市大仙地区及び和泉市観音寺地区における地中レーダー探査の主な仕様

	Daisen	Daisen	Kan'nonji
	Profile measurements	Wide-angle measurements	Profile measurements
	DP-01, 02, 03 and 04	DW-01 and 02	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
Scans / scan point	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)

録ファイルフォーマットは DZT 形式である。大仙地点及び KP-01A 測線での記録長は 128 ns (512 サンプル)、その他の測線では記録長はすべて 256 ns (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 きざみの 101 トレースのデータセットを得た。探査測線の水平位置・標高座標の決定のために、トータルステーションあるいは Real-Time Kinematic GPS による測量を行った。

表 11 和泉市黒鳥地区、寺門地区、阪本地区における地中レーダー探査の主な仕様

	Kurotori	Terakado	Sakamoto
	Profile measurements	Wide-angle measurements	Profile measurements
	Izumi-A	Izumi-B-W and B-E	Izumi-C
<i>Instruments</i>			
Control unit	SIR-3000 (Geophysical Survey System, Inc.)	SIR-3000	SIR-3000
Antenna	Model-5106 (200 MHz) (Geophysical Survey System, Inc.)	5106	5106
<i>Scanning</i>			
Frequency	200 MHz	200MHz	200MHz
No. of scanning	27198	32767 (B-W), 32456 (B-E)	10718
Scan interval	0.01 m	0.01 m	0.01 m
Scans / scan point	4	4	4
<i>Recording</i>			
Data format	DZT	DZT	DZT
No. of samples	1024	1024	1024
Sampling intervals	0.25 ns	0.25 ns	0.25 ns
Recording length	256 ns	256 ns	256 ns

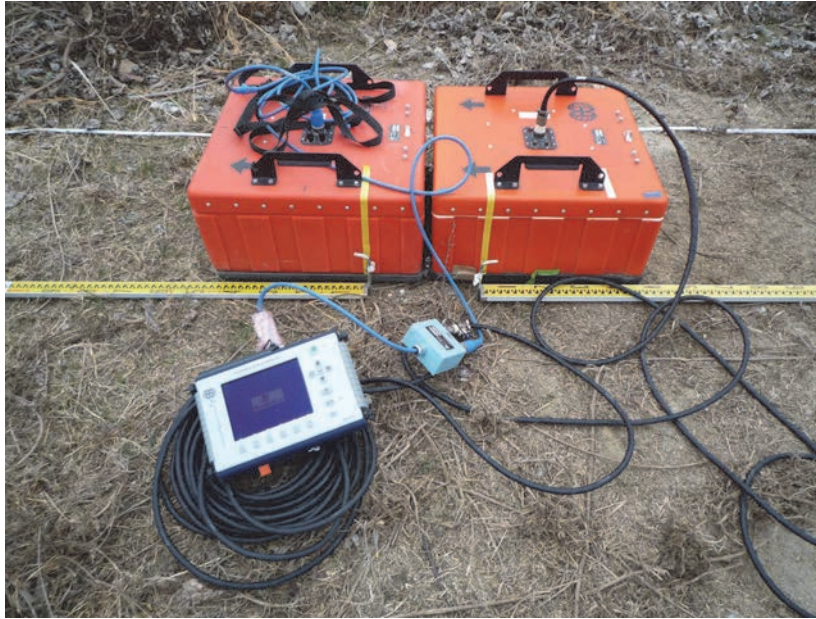


図 26 地中レーダー探査機器。中央に2台並んだオレンジ色の箱が送受信アンテナ（GSSI社製 Model-5106）。1台の中に送信アンテナと受信アンテナがそれぞれ1基ずつの2基セットで入っている。プロファイル測定の際は1台のみ用いて、ワイドアングル測定の際は2台同時に用いる。ワイドアングル測定では内蔵されている2基のアンテナの片方1基ずつをそれぞれ送信のみ・受信のみとして用いる。手前の液晶画面の付いた白色の箱が制御・記録装置（GSSI社製 SIR-3000）。



図 27 地中レーダー探査データ取得の作業風景。アンテナ前方の人間（茶色の服）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。また、図のように探査中は交通警戒を行う（アンテナ斜め後方の赤白の棒を持った人間）。



図 28 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。アンテナ後方の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う。

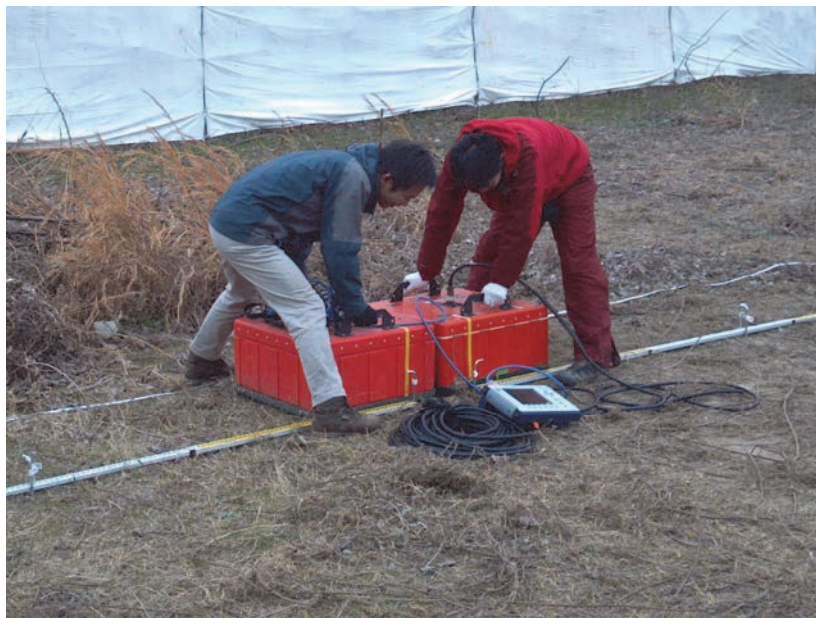


図 29 地中レーダー探査ワイドアングル測定法でのデータ取得の風景。送信アンテナと受信アンテナの中間点が共通反射点となるようにしてアンテナの間隔を少しずつ変えながら。送受信・データ収録を行う。

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。データ処理の流れを表 12 に示す。処理項目には分岐や繰り返し等はなく、表 12 中の各処理を上から下へ順に行った。こうして各種のフィルター処理や振幅回復・調整処理を行い、全測線において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 CMP (common mid-point) アンサンブルデータから cross correlation method によって地中電磁波速度を推定し (図 30~33)、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。

表 12-1 堺市大仙地区及び和泉市観音寺地区の地中レーダー探査データのデータ処理

Time-zero correction
Bandpass filter
Background removal
Gain recovery
Automatic gain control
Deconvolution filter
Bandpass filter
Velocity analysis
(Daisen site: Common mid-point analysis, Kan'onji site: Hyperbolic pattern analysis)
Depth conversion
Elevation statics

表 12-2 和泉市黒鳥地区、寺門地区、阪本地区の地中レーダー探査データのデータ処理

Time-zero correction
Bandpass filter
Background removal
Gain recovery
Automatic gain control
Deconvolution filter
Bandpass filter

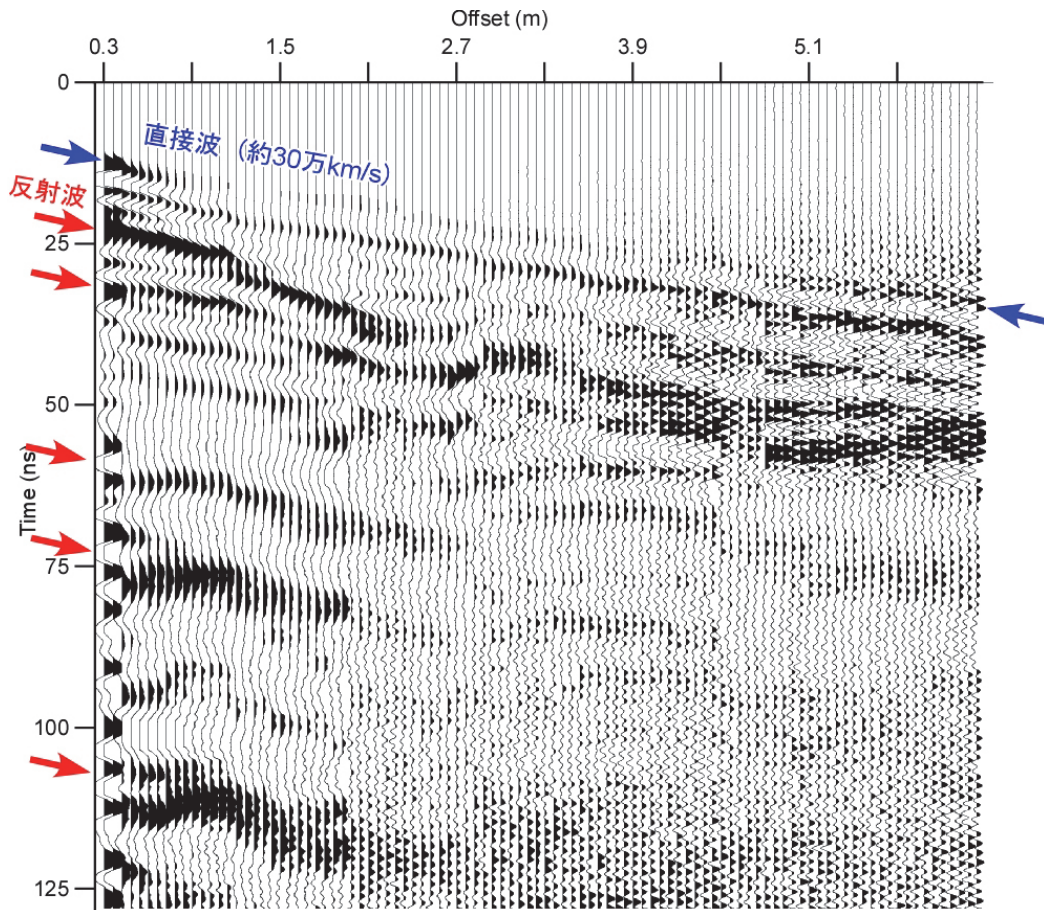


図 30 DW-01 でのワイドアングル法取得データ。時間は zero-time 補正前のもの。

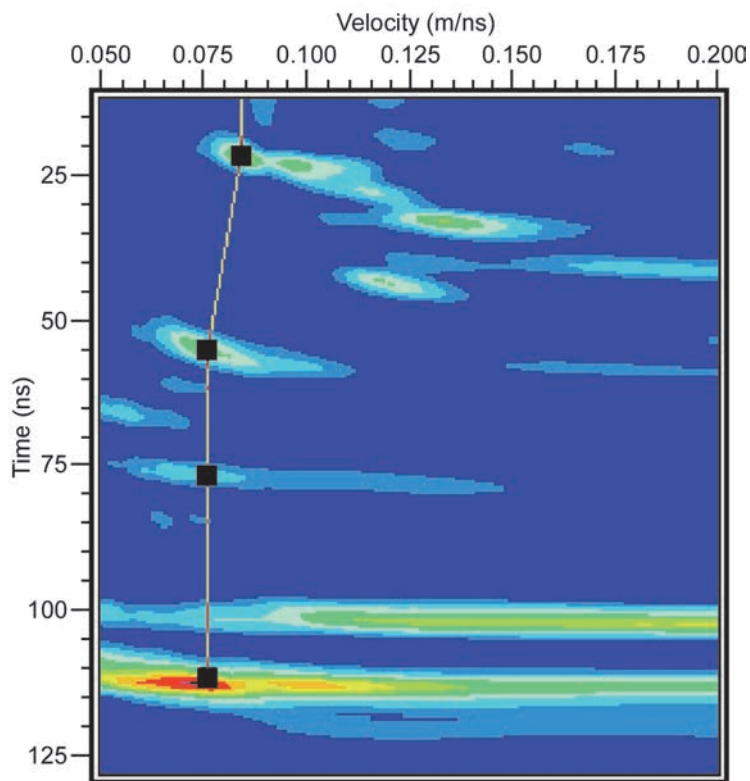


図 31 DW-01 での速度解析結果。

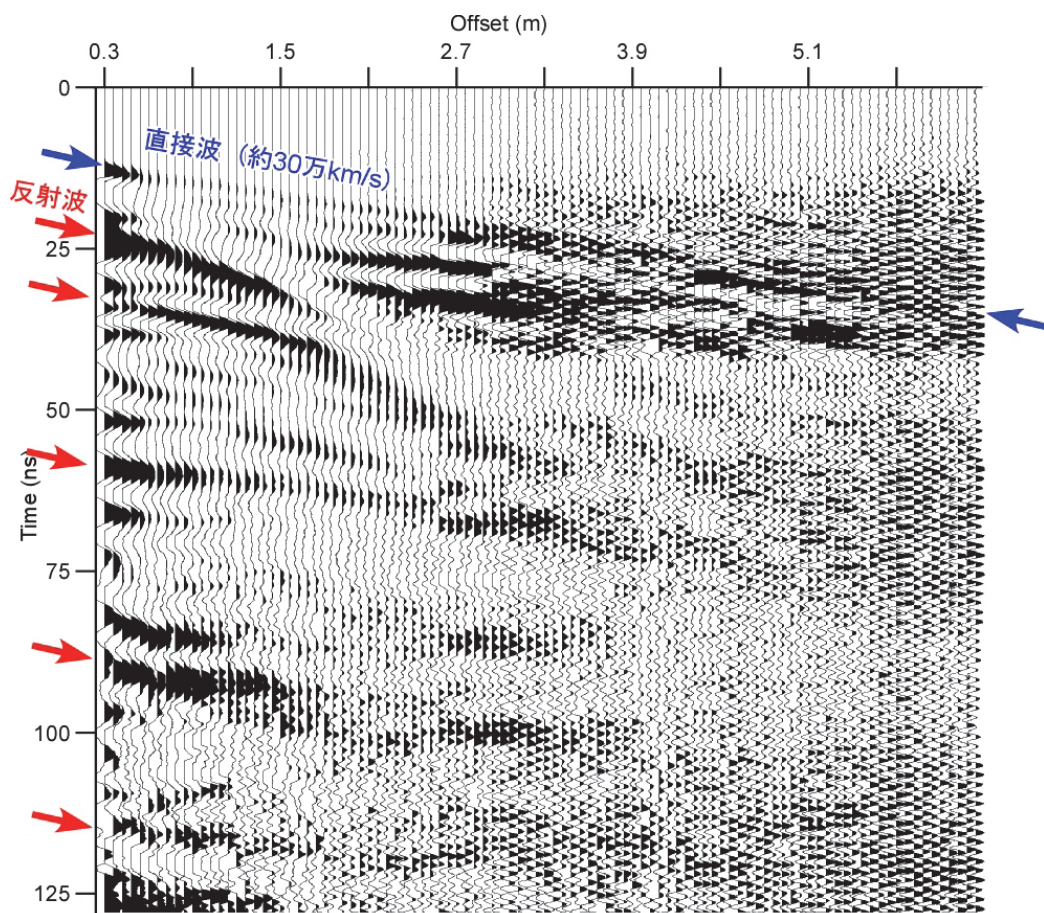


図 32 DW-02 でのワイドアングル法取得データ。時間は zero-time 補正前のもの。

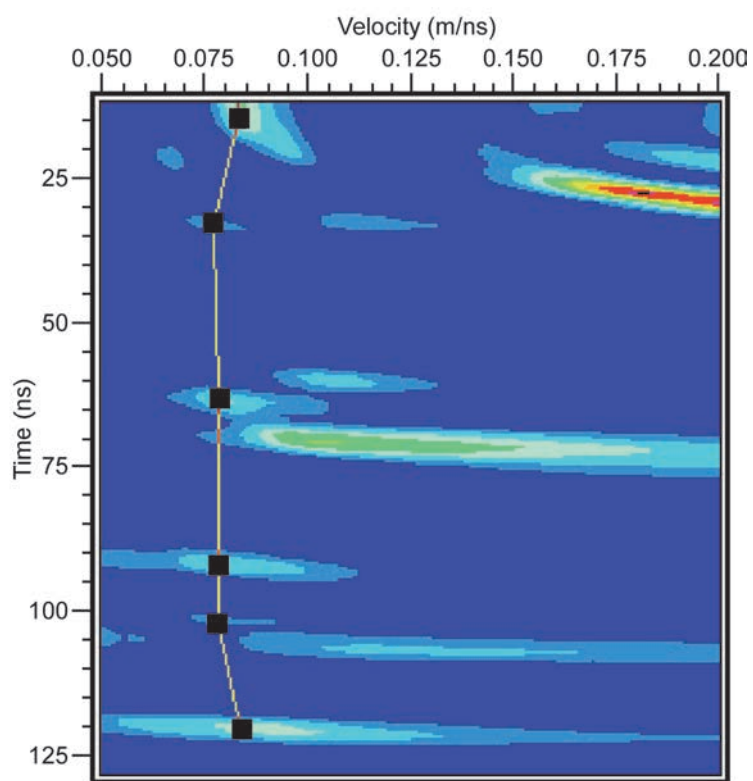


図 33 DW-02 での速度解析結果。

e) 堺市大仙地区の結果断面

堺市大仙地区における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 34 に、DP-04 測線について図 35 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。

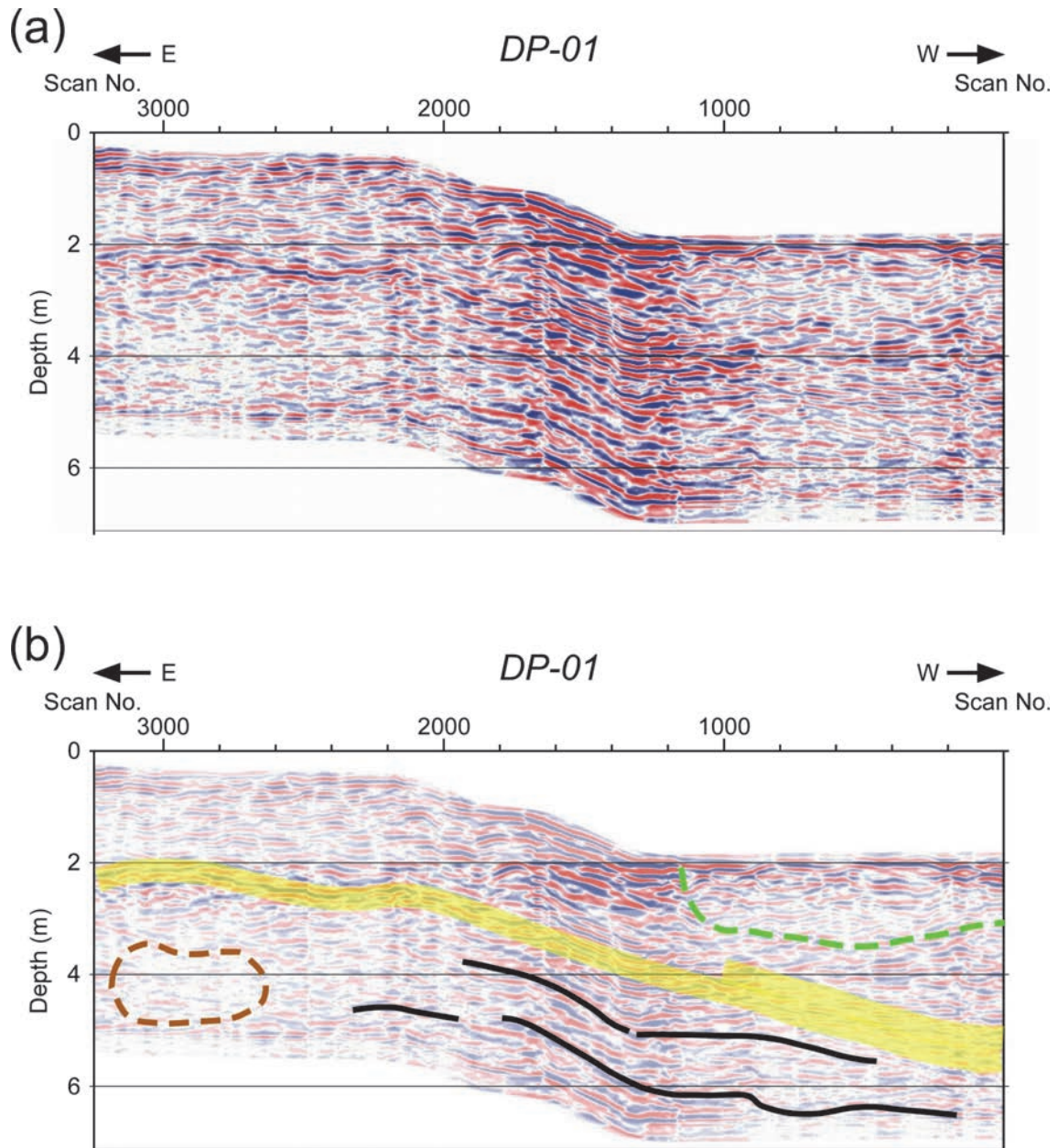


図 34 DP-01 測線の地中レーダー探査断面。深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。緑色・茶色の破線は反射強度がとくに異なる領域の境界を示す。黄色部分は反射強度が強く、連続性の良い反射面が分布する領域を示す。黒色線は比較的連続性の良い反射面を示す。

DP-01 測線の断面（図 34）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も、上記のものとは異なり、埋土などではないと考えられる。

DP-04 測線の断面（図 35）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。

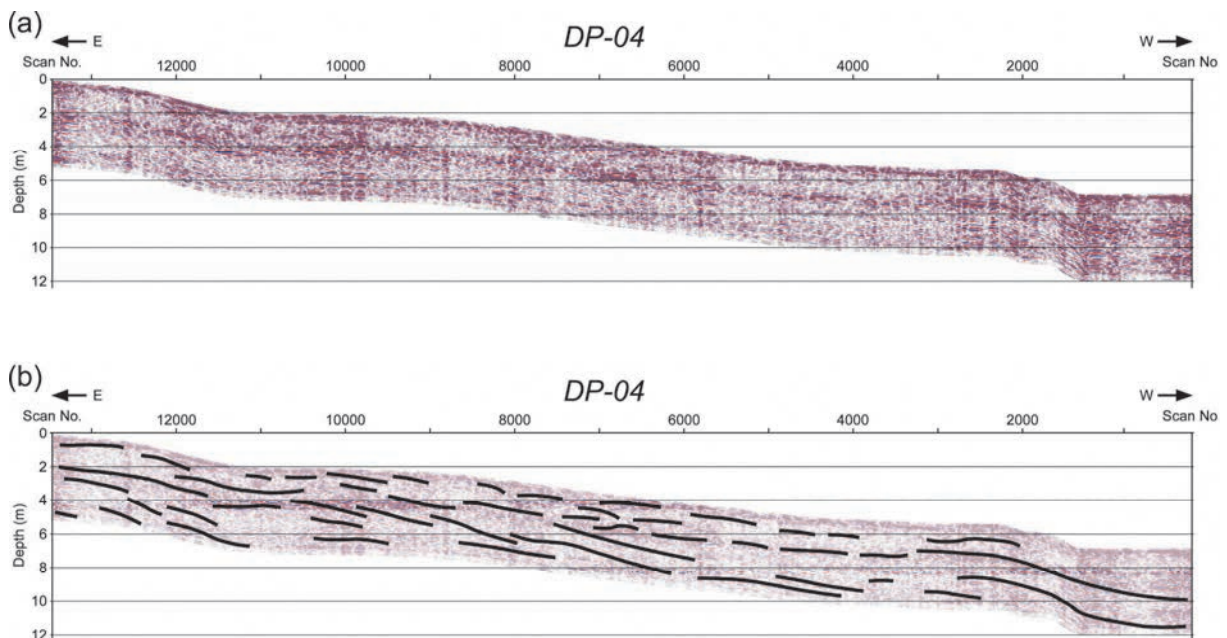


図 35 DP-04 測線の地中レーダー探査断面。深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。黒色線は比較的連続性の良い反射面を示す。

f) 和泉市黒鳥地区の結果断面

和泉市黒鳥地区における地中レーダー探査の結果得られた、和泉 A 測線の時間断面を、図 36 に示す。この断面は相対振幅カラー表示である。この断面では、Scan No. 7000~13000 でおおよそ 110~150 ns の領域で相対的にやや強い反射が見られるが、Scan No. 14000~27000 ではおおよそ 100~140 ns の領域がやや強い。また、東傾斜の逆断層である（例えば、地震調査研究推進本部・地震調査委員会，2004）坂本断層の和泉 A 測線での地表位置は岡田・他（1996）に基づけば Scan No. 10000 付近である（図 22）。よって図 36(b)のように、上記の両領域の間に坂本断層を推定した。

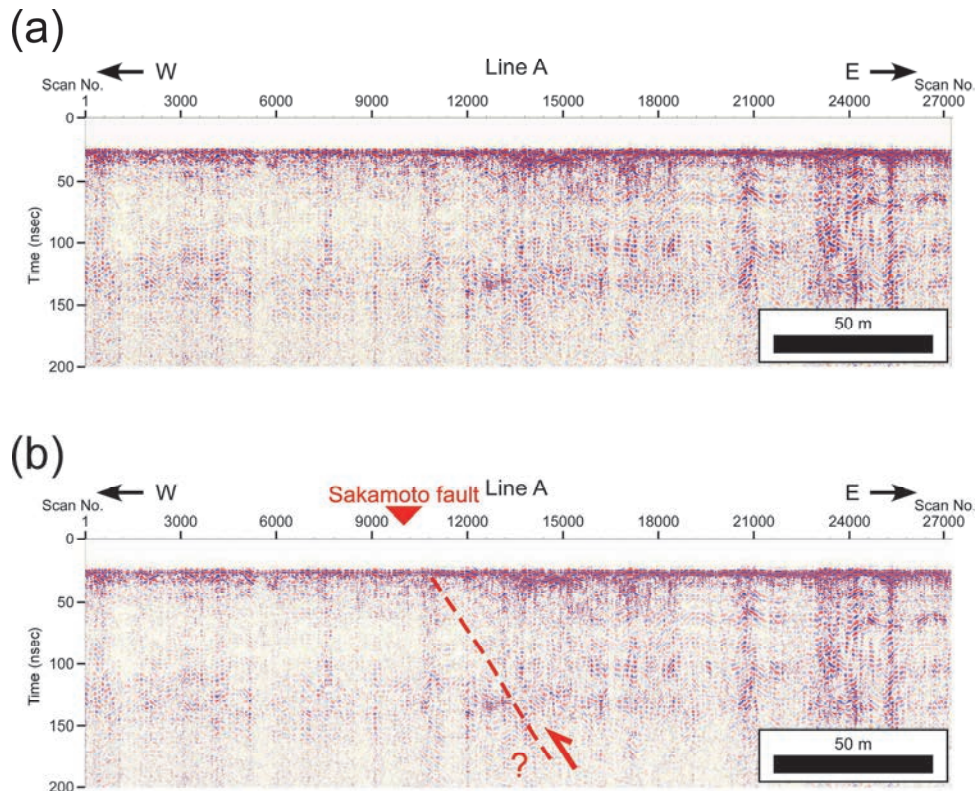


図 36 和泉 A 測線の地中レーダー探査断面。(a) 時間断面。(b) 断面内での坂本断層の位置の推定。地表での断層位置は岡田・他（1996）に基づく。

g) 和泉市阪本地区の結果断面

和泉市阪本地区における地中レーダー探査の結果得られた、和泉 C 測線の時間断面を、図 37 に示す。この断面は相対振幅カラー表示である。この断面では、断面西端から Scan No. 5500 付近までは東傾斜の反射面が見られるが、Scan No. 5500 付近から 8000 付近までは西傾斜となり、Scan No. 8000 付近から断面東端までは緩やかな東傾斜となる。この断面は時間断面なので、傾斜量等を厳密に議論できないが、とくに断面中央の大きな西傾斜は、撓曲変形を示唆するものと考えられる。したがって、Scan No. 5500 付近の撓曲前縁から Scan No. 8000 付近まで、少なくとも 25 m 以上の幅の撓曲帯が存在すると考えられる。また、東傾斜の逆断層である坂本断層の和泉 C 測線での地表位置は岡田・他（1996）によれば Scan No. 5000 付近である（図 23）。よって図 37(b)のように、本断面内での坂本断層の

位置を推定した。和泉C測線は断層下盤側では西へ傾斜する道路わきに位置し、断層付近では低崖を横切り、断層上盤側では緩やかに西傾斜する畑のあぜ道の上に位置する。その地表面の断面の概念図は図 37(c)の青線で示される。本稿では時間断面の作成までを行ったが、このような測線の高度分布を考慮して図 37(a)の時間断面に対して深度変換と地表面補正を施せば、図 37(c)の概念図で示される浅部地盤構造が得られると想定される。

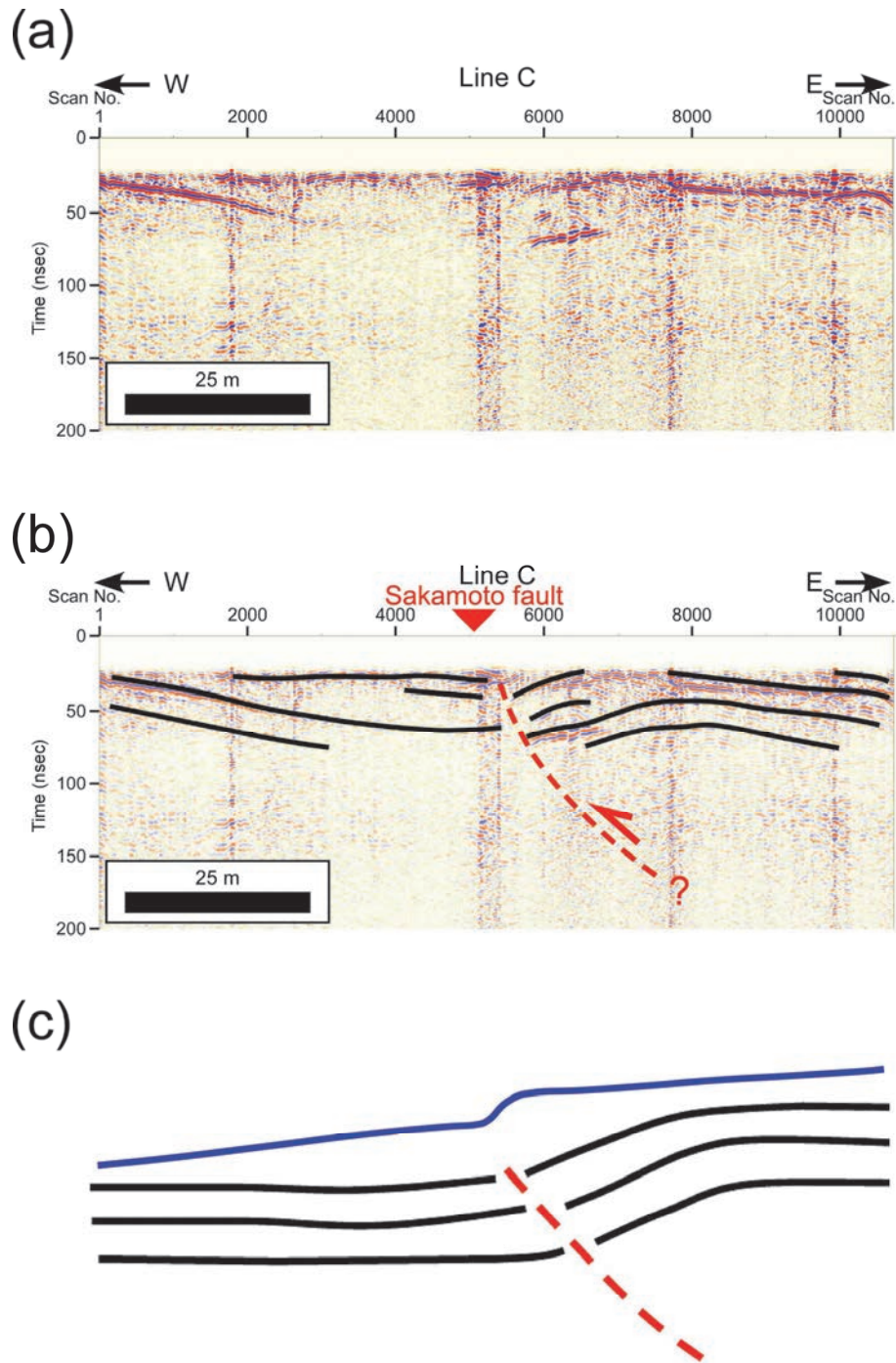


図 37 和泉C測線の地中レーダー探査断面。(a) 時間断面。(b) 主な反射面の形状と断面内での坂本断層の位置の推定。地表での断層位置は岡田・他(1996)に基づく。(c) 上記断面について地表面補正を施した場合に想定される浅部地盤構造概念図。青線は地表面を、黒線は地層面を、赤破線は断層面をそれぞれ示す。

h) 和泉市観音寺地区の結果断面

和泉市観音寺地区における地中レーダー探査の結果得られた深度変換断面を、KP-01A 測線について図 38 に、KP-01B 測線について図 39 にそれぞれ示す。これら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。

これらの断面は全体的に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、今回のデータ処理結果の断面では見えていない。

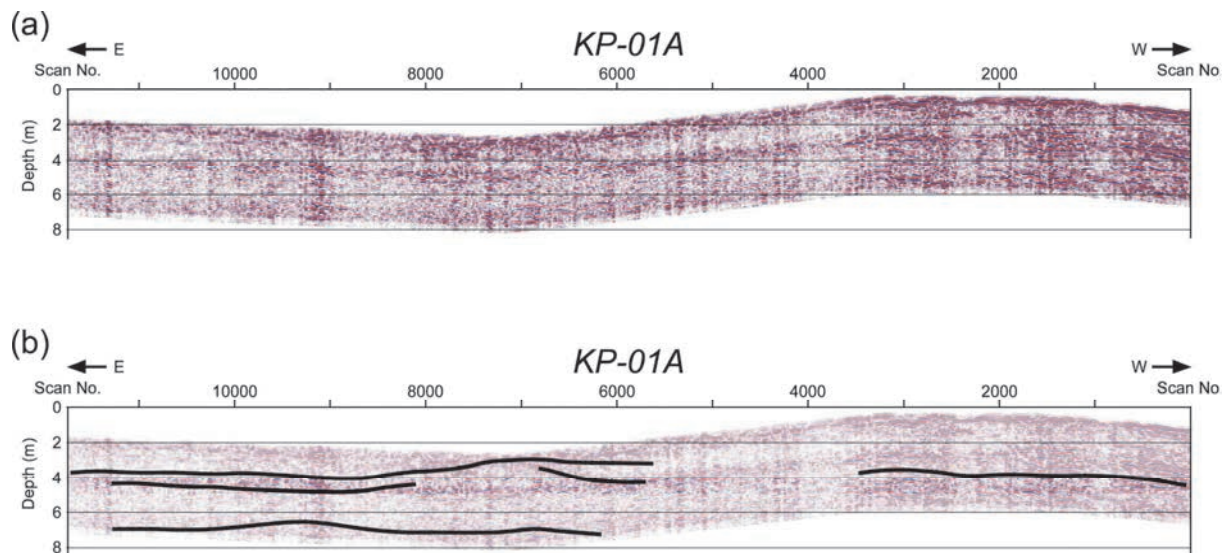


図 38 KP-01A 測線の地中レーダー探査断面。深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。黒色線はやや連続する反射面が見られるところをさらにつないだものであり、本断面での反射面の連続性は非常に良くない。とくに地表部で人工改変のある断面中央やや西側の領域では、断面が非常に不鮮明で反射面の追跡がまったく行えない。

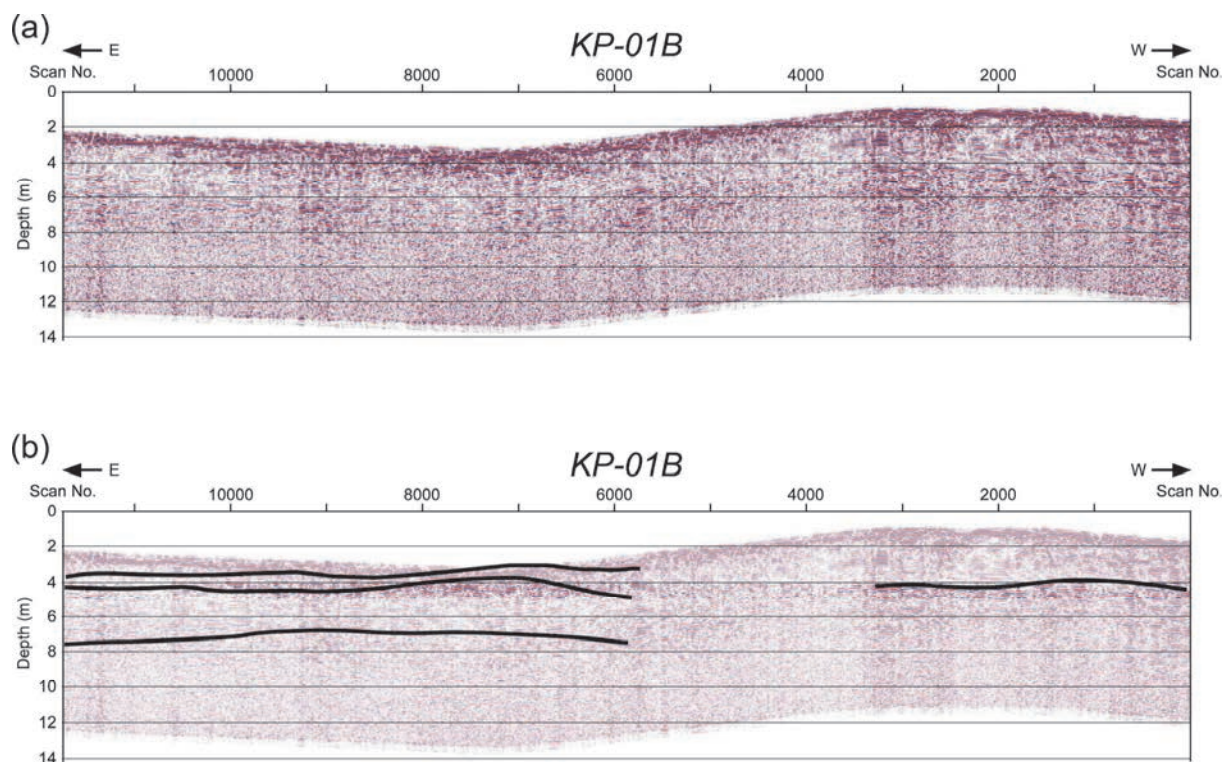


図 39 KP-01B 測線の地中レーダー探査断面 深度は処理基準面に対する相対深度をあらわす。(a) 深度変換断面。(b) 解釈断面。黒色線はやや連続する反射面が見られるところをさらにつないだものであり、本断面での反射面の連続性は非常に良くない。とくに地表部で人工改変のある断面中央やや西側の領域では、断面が非常に不鮮明で反射面の追跡がまったく行えない。

i) 和泉市寺門地区の結果断面

和泉市寺門地区における地中レーダー探査の結果得られた時間断面を、和泉 B-W 測線については図 40 に、和泉 B-E 測線については図 41 にそれぞれ示す。これらの断面は相対振幅カラー表示である。和泉 B-W 測線と和泉 B-E 測線はデータ収録装置の記録容量の制限によって分割されているが、両測線の位置は連続している。

西側の和泉 B-W 測線 (図 40) では、断面西端で 50 ns 前後、断面東端に近い Scan No. 3000 付近で 70 ns 前後に位置し、断面全体にわたって連続性の良い明瞭な反射面が見られる。この反射面は Scan No. 15000 付近を境とし、その境界の西側近傍では 60~70 ns、東側近傍では 50~60 ns に位置する。さらに、Scan No. 2000 付近を境とし、その西側近傍では 70 ns 前後、東側近傍では 50 ns 前後に位置する。和泉 B-W 測線周辺の地表では久米田池断層は 2 条にわかれて 100~150 m 離れて並行し (岡田・他, 1996)、その地表位置は Scan No. 16500 及び 3500 付近である (図 25)。また、久米田池断層も他の上町断層帯を構成する断層群と同じく東傾斜の逆断層と考えられる (例えば、地震調査研究推進本部・地震調査委員会, 2004)。よって図 40 (b) の断面内の 2 条の断層のように、久米田池断層の浅

部地盤内での位置を推定した。

次に、東側の和泉 B-E 測線（図 41）では、Scan No. 19000 付近より西側では反射が非常に乏しく、東側では 80 ns 前後まで比較的強い反射が見られる。この違いは、測線西端から Scan No. 19000 までは低位段丘堆積層である府中層が分布し、Scan No. 19000 付近から測線東端までは大阪層群が分布するという違いに起因すると考えられる。

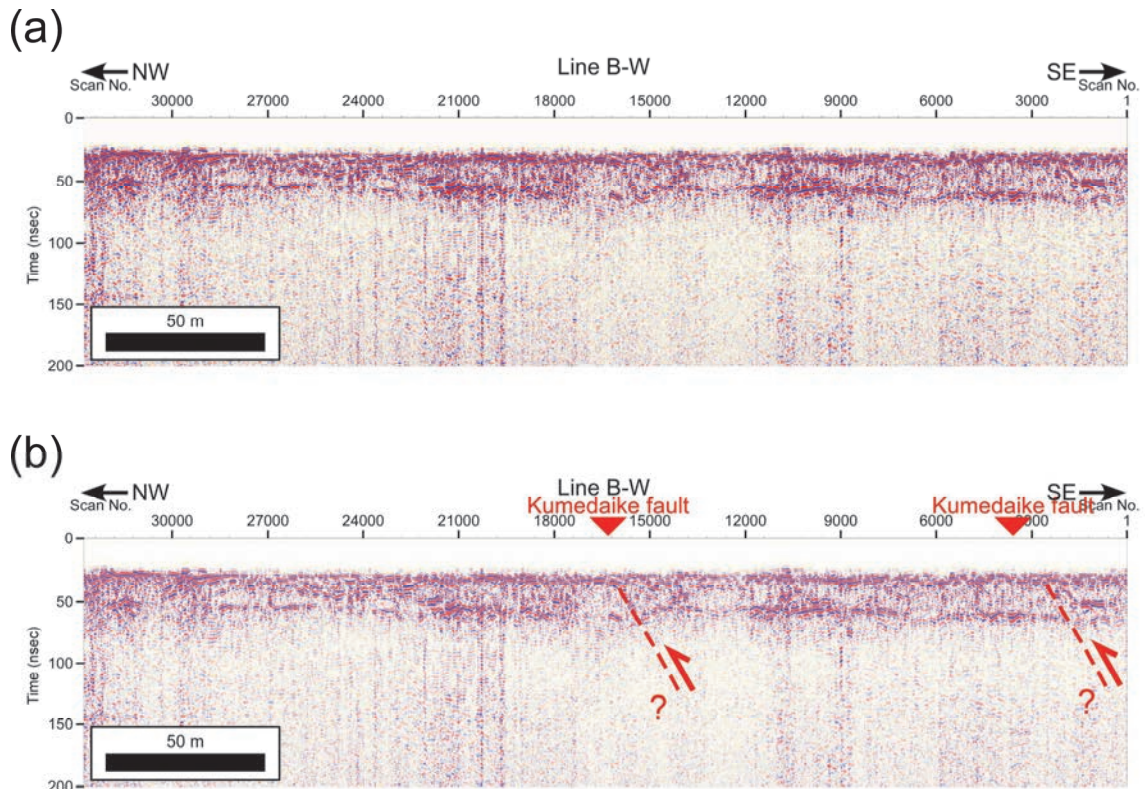


図 40 和泉 B-W 測線の地中レーダー探査断面。(a) 時間断面。(b) 断面内の久米田池断層の位置の推定、地表での断層位置は岡田・他（1996）に基づく。

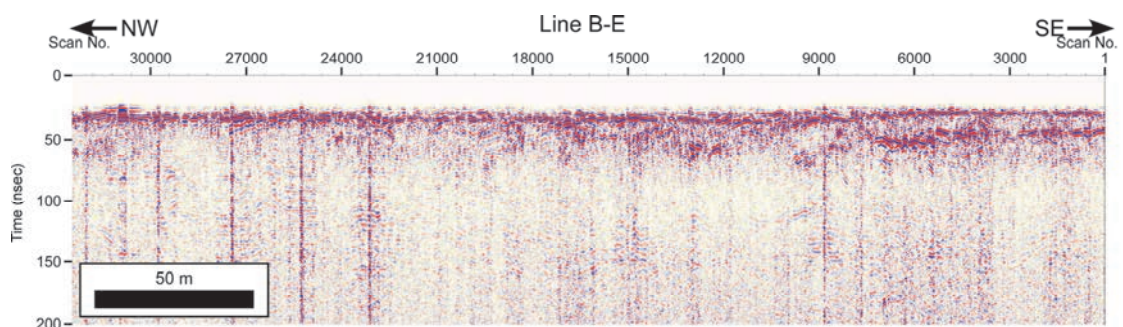


図 41 和泉 B-E 測線の地中レーダー探査断面。時間断面。

j) まとめ

大阪平野南部の大阪府堺市および和泉市において、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、時間断面を作成した。また、一部の測線については地中電磁波速度解析を行い、深度変換断面を作成した。その結果、上町断層による地層の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。

今後さらに、本研究で取得した地中レーダー探査データを利用して、より詳しく丁寧なデータ処理を行うことや、追加の物理探査・掘削調査などを行うことによって、上町断層帯地表トレース近傍の浅部地盤構造がより詳しく解明される可能性がある。そのようにして、様々な手法の活断層調査と相互補完的に組み合わせることによって、上町断層帯の地表トレースの位置や変形帯の幅・変形量などをより詳細に求めてゆくことがこれからの課題と考えられる。

7) 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（2002）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（2002）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 42 に示す。

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個の受信器（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（図 43）。

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。音波探査の測定パラメーターを表 13 に示す。

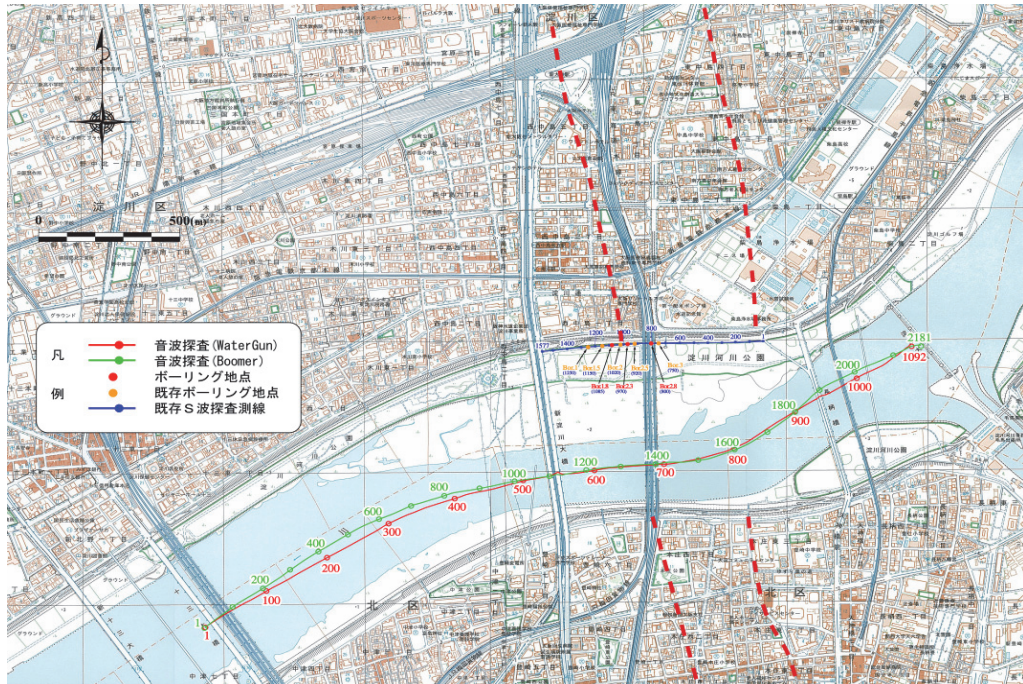


図 42 新淀川における音波探査・ボーリング調査位置。赤破線は、本業務のサブテーマ 1 により推定される活断層位置。

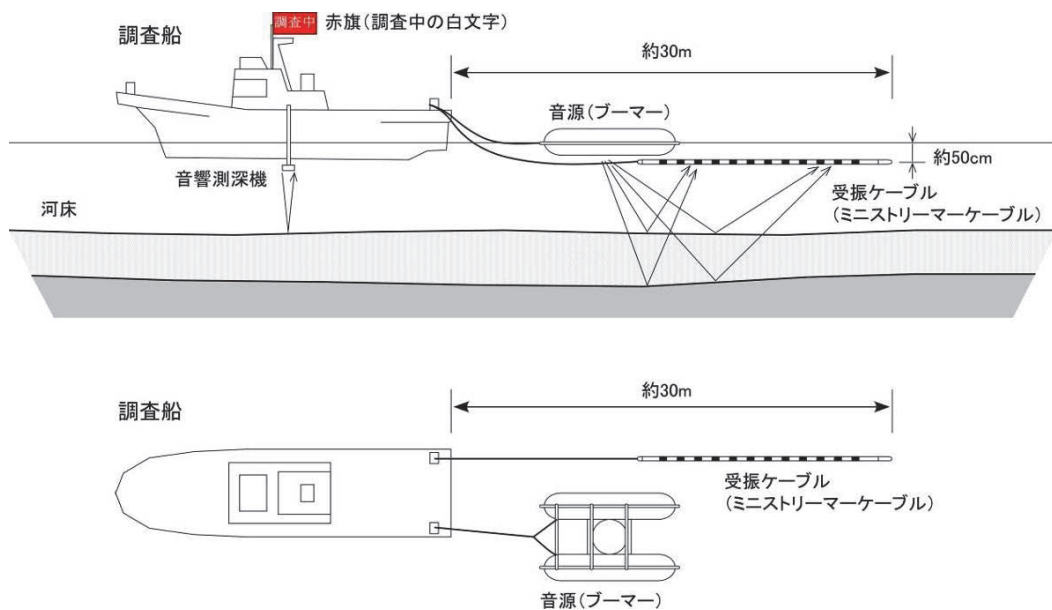


図 43 新淀川におけるブーマー音波探査の模式図

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)発振体をストリーマーケーブルの6ch-7ch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5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1,472m/s、河床付近で1,486m/sであった。ブーマー測定時は、表層付近で1,450m/s、河床付近が1,485m/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 13 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がある。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44に示した。ブーマーの処理断面を図45、ウォーターガンの処理断面を図46に示す。

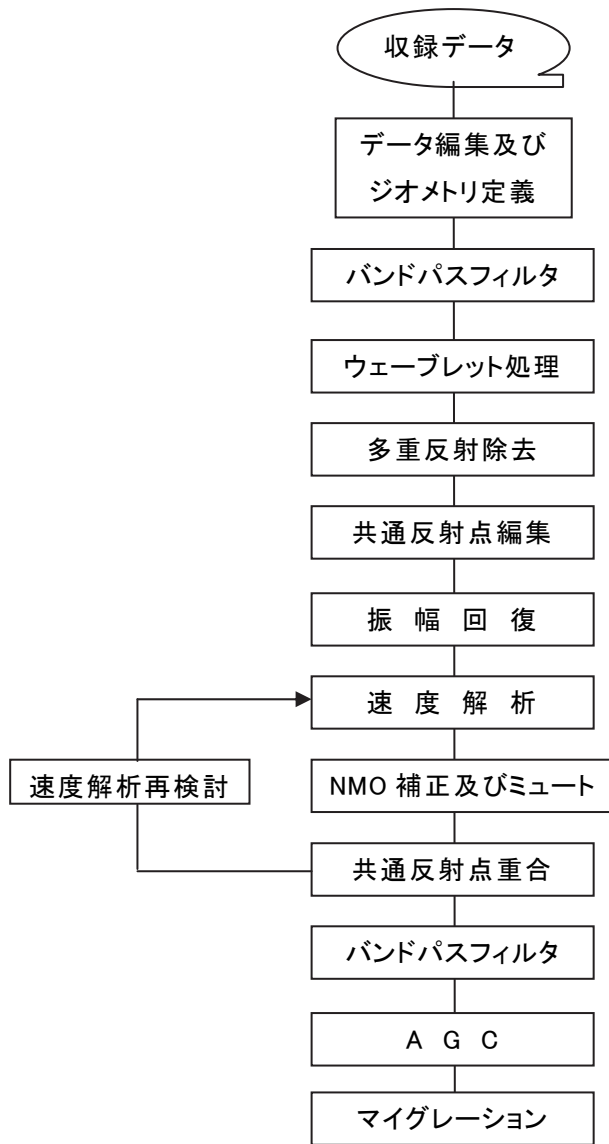


図 44 マルチチャンネル音波探査の処理フロー図

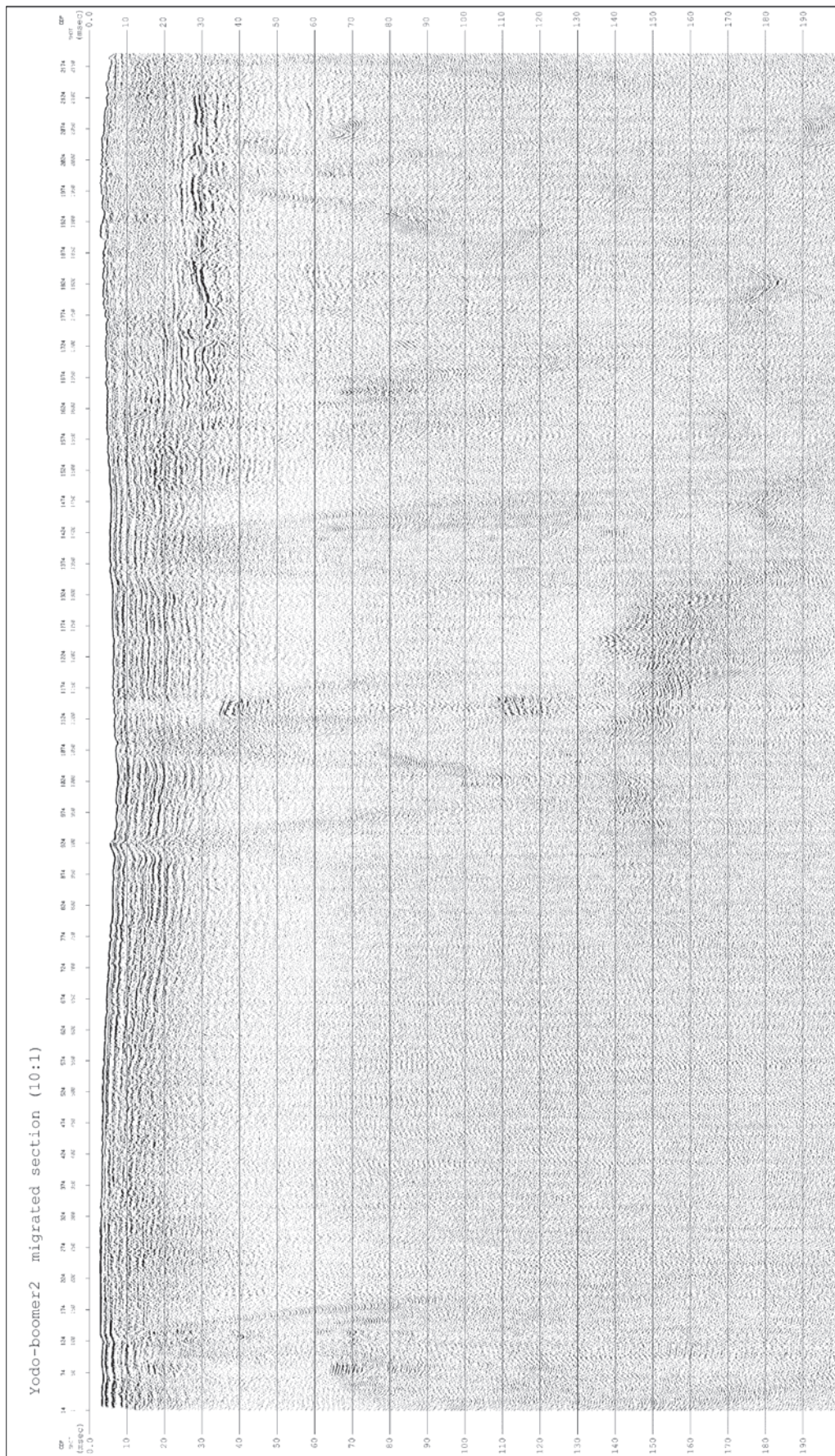


図 45 新淀川音波探査の時間断面（ブーマー、50J）。断面の縦横比はおよそ 10 : 1。

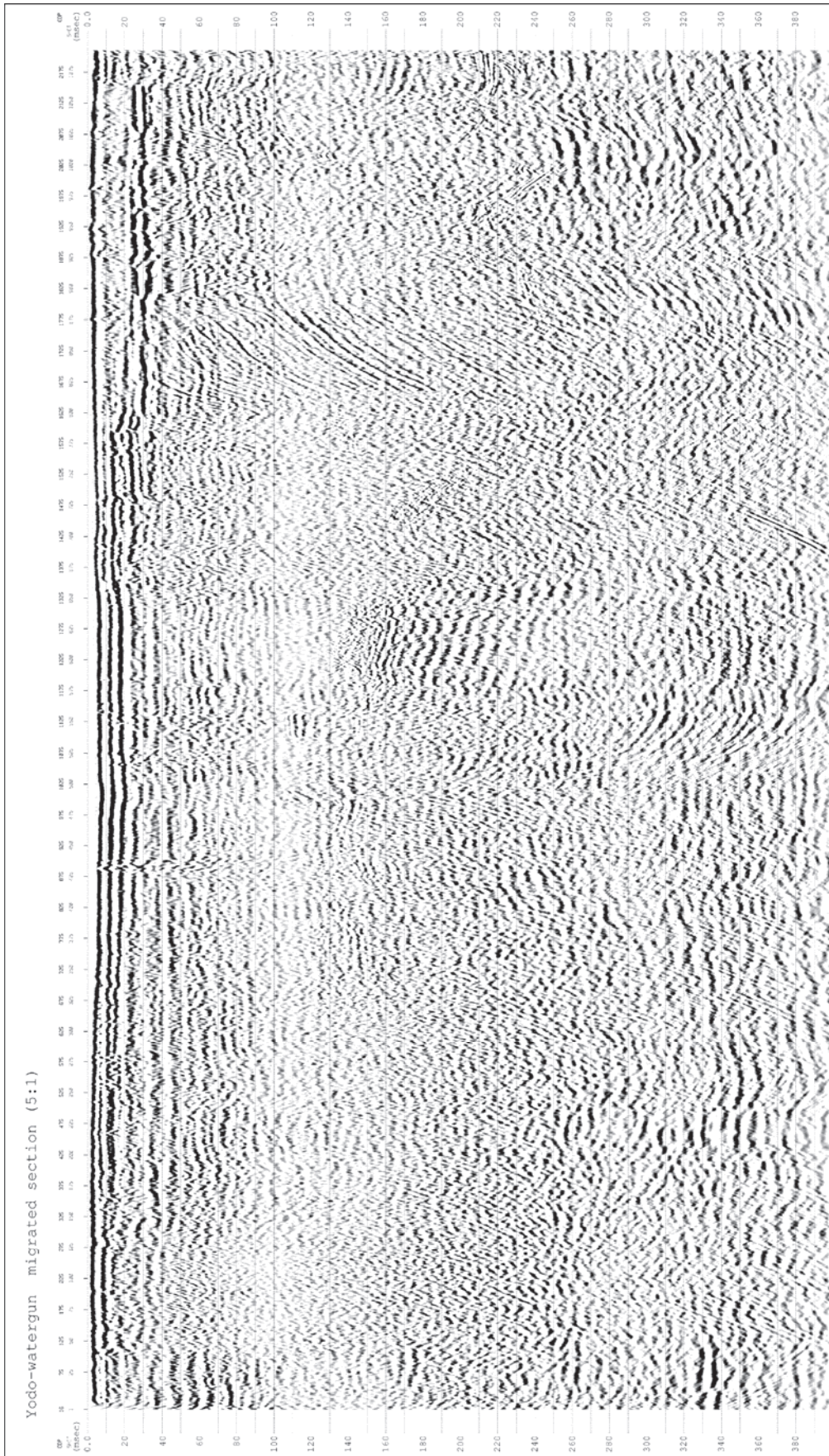


図 46 新淀川音波探査の時間断面（ウォーターガン）。断面の縦横比はおよそ 5 : 1。

c) ボーリング掘削調査および音波探査による地質構造

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 47、杉山ほか (2003) によるボーリング層序を図 48、ボーリングによる地質断面図を図 49 に示す。

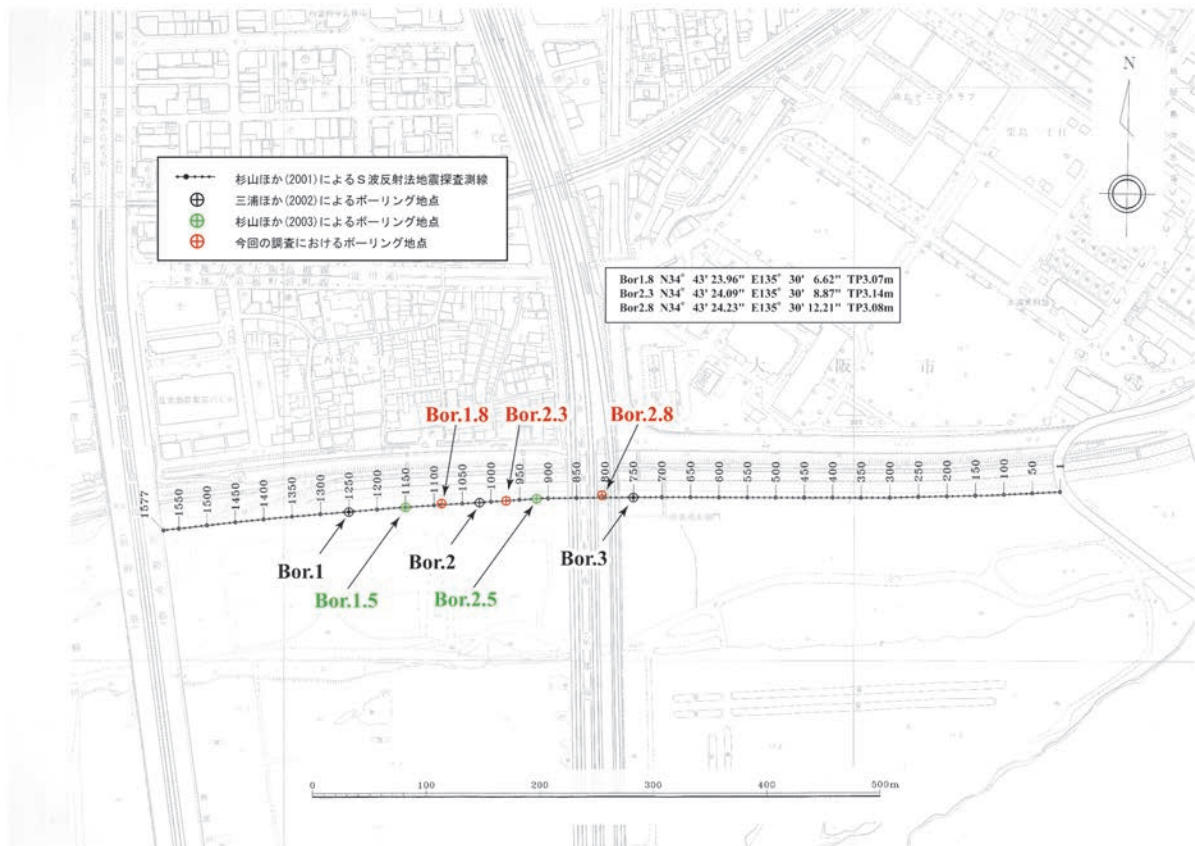
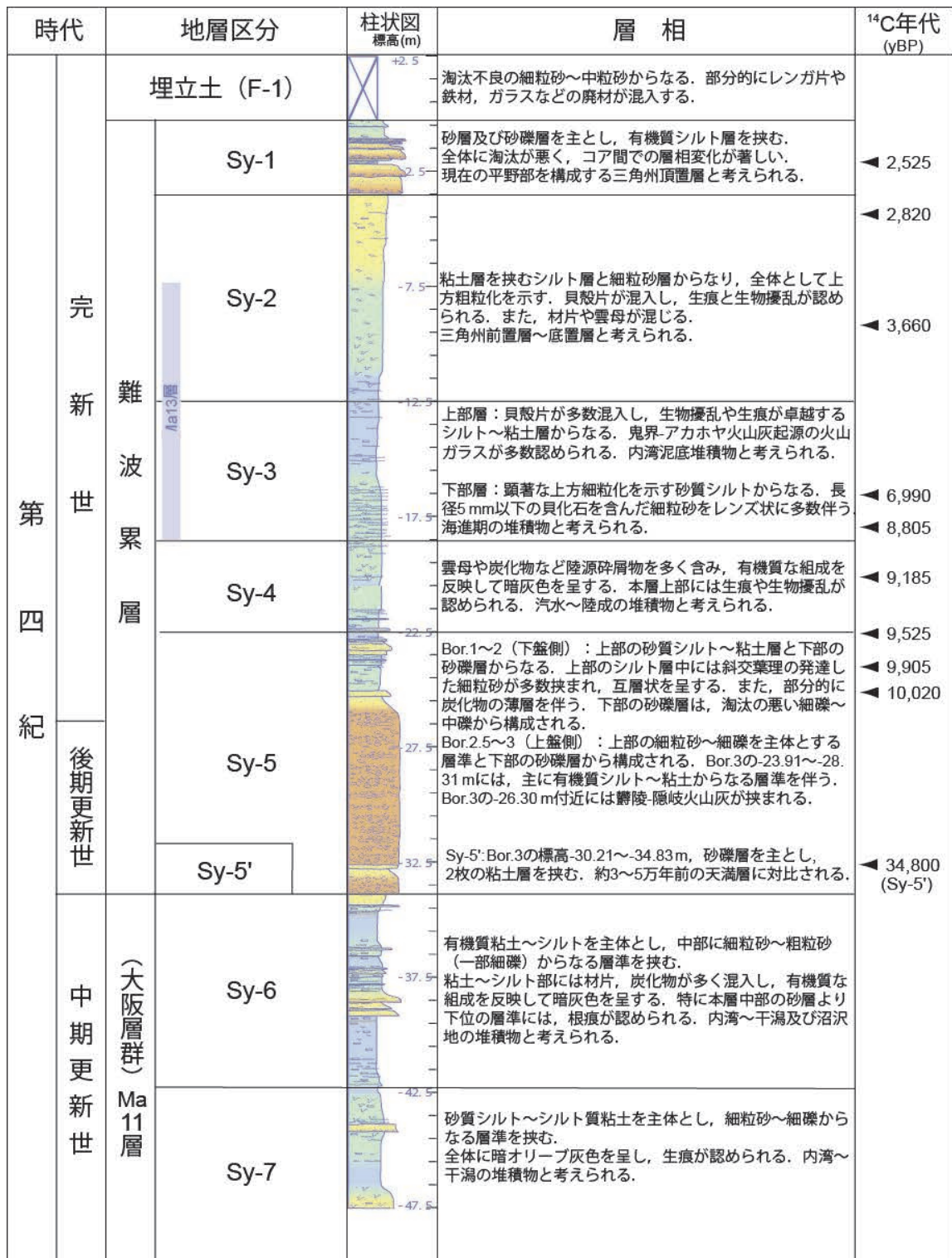


図 47 新淀川におけるボーリング掘削位置

ボーリングによる地質断面には、三浦ほか (2002) および杉山ほか (2003) と概ね調和的な層序と地質構造が確認された (図 48、49)。ボーリングの地質は、三浦ほか (2002) および杉山ほか (2003) によって、極めて精緻な各種分析と堆積環境の検討がなされている。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 (図 48)。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 の白色火山灰層が認められる。本研究による火山灰分析の結果、ユニット Sy-3 層準から多数のバブルウォール型火山ガラスが検出され、既存の年代試料と層準との比較、屈折率等から鬼界-アカホヤ火山灰 (K-Ah ; 町田・新井, 2003) に対比された (表 14)。火山ガラスは、上方へ向かうにつれて他の粒子や重鉱物との量比が増大するため、K-Ah 降灰層準の特定には至らなかった。



F-1は Bor.1, Sy-1～Sy-7は Bor.1.5をもとに作成。



図 48 新淀川におけるボーリング層序（杉山ほか、2003 を引用）

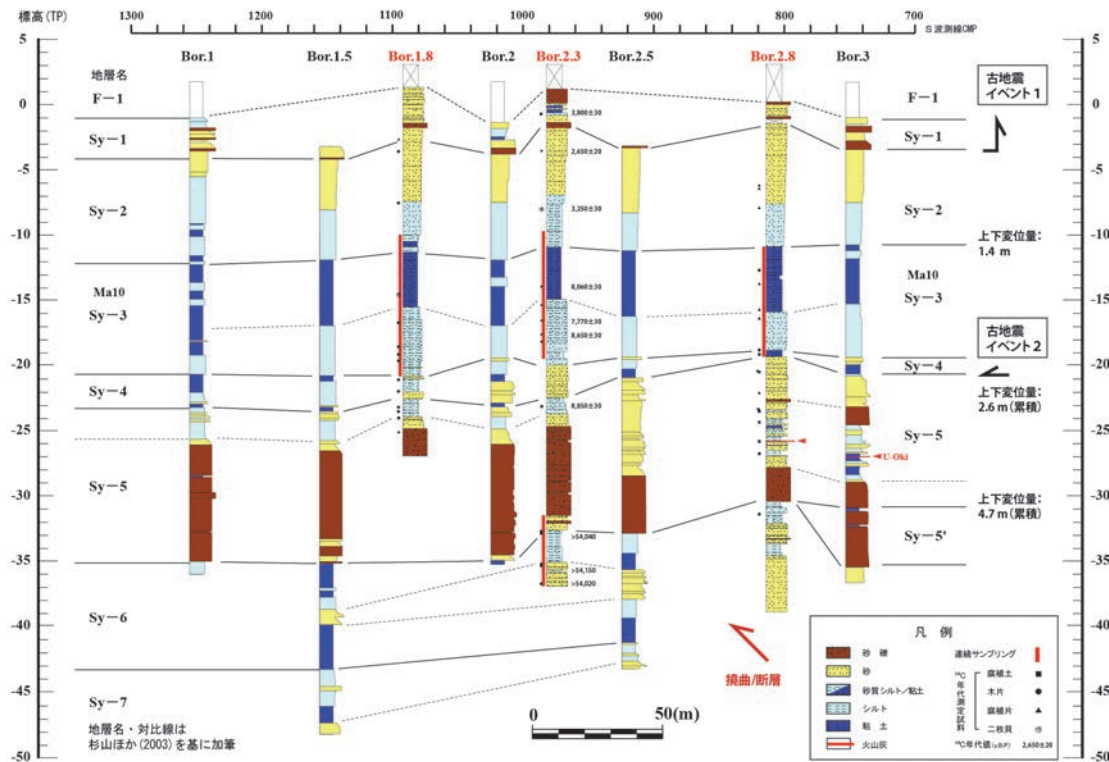


図 49 新淀川における地質断面図

西側低下の撓曲構造は、ユニット Sy-5 を基準として、Bor. 2-2.8 の区間で最も顕著である。この西側低下の撓曲は、上方へも追跡することができ、少なくともユニット Sy-2 下面においても明瞭に認められる。深度-5 m 付近では、完新統上部砂層相当であるユニット Sy-2 をデルタの頂置層であるユニット Sy-1 が覆っている。Sy-1 は河川性の砂礫層を含んでおり、その下面が起伏に富んでいる。そのため、西側低下の撓曲構造が Sy-1 に及んでいるかは、この地質断面からは直接判断することが困難であるが、後述するように、周辺の変動地形分布と層序から判断して、Sy-1 についても撓曲変形が及んでいると考えられる。

さらに、既存の断層帯近傍の区間について、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対比をおこなった。群列ボーリング測線と音波探査測線は南北で約 500m 離れているため、地層と反射面の厳密な対比は場合により困難である。特に、河川性のチャンネル堆積物を含む層準では、側方変化とみられる下方へ凸に湾曲した反射面が認められ、反射面の側方への連続性が部分的に絶たれている。しかし、確実に対比可能な地層境界と反射面をみれば、いずれの音波探査断面においても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 50)。東側の活断層トレースないし変形フロント付近では、西へ撓み下がる多数の反射面がブーマー、ウォーターガン断面ともに認められる。これは、上町断層帯による大阪層群中～上部の撓曲変形の一部を捉えている可能性が高い。また、ユニット Sy-5 の砂礫層とこれに対応する反射面は、音波探査断面においても断続的ながら比較的側方へ連続し、西側低下の撓曲変形の変位基準となっている。これらの撓曲変形は、ブーマーおよびウォーターガンともに川底付近まで及んでおり、サブテーマ 1 による詳細 DEM 等による活断層位置や変動地形の分布と矛盾しない。

表 14 新淀川 Bor. 2.3 における火山灰ガラスの検出結果

B-2.3

試料番号	火山ガラスの形態別含有量(/3000粒子)			重鉱物の含有量(/3000粒子)			β石英 (/3000粒子)	特記鉱物
	Bw	Pm	O	Opx	Gho	Cum		
12.80-12.90	139.0	5.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	
12.90-13.00	124.0	7.0	1.0	0.0	2.0	0.0	0.0	
13.00-13.10	142.0	0.0	15.0	0.0	2.0	0.0	0.0	
13.10-13.20	135.0	6.0	9.0	0.0	4.0	0.0	0.0	
13.20-13.30	109.0	2.0	2.0	0.0	4.0	0.0	0.0	
13.30-13.40	163.0	13.0	10.0	0.0	3.0	0.0	0.0	
13.40-13.50	121.0	10.0	10.0	0.0	5.0	0.0	0.0	
13.50-13.60	112.0	12.0	4.0	0.0	4.0	0.0	0.0	
13.60-13.70	145.0	12.0	9.0	0.0	5.0	0.0	0.0	
13.70-13.80	122.0	7.0	3.0	0.0	7.0	0.0	0.0	
13.80-13.90	143.0	4.0	3.0	0.0	4.0	0.0	0.0	
13.90-14.00	73.0	3.0	7.0	0.5	4.0	0.0	0.0	
14.00-14.10	75.0	3.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	
14.10-14.20	72.0	3.0	1.0	0.0	6.0	0.0	0.0	
14.20-14.30	91.0	6.0	3.0	1.0	7.0	0.0	0.0	
14.30-14.40	92.0	7.0	6.0	0.0	9.0	0.0	0.0	
14.40-14.50	70.0	8.0	4.0	0.0	11.0	0.0	0.0	
14.50-14.60	87.0	7.0	3.0	0.5	10.0	0.0	0.0	
14.60-14.70	96.0	11.0	5.0	0.0	7.0	0.0	0.0	
14.70-14.80	71.0	3.0	0.0	0.0	9.0	0.0	0.0	
14.80-14.90	55.0	3.0	5.0	0.0	11.0	0.0	0.0	
14.90-15.00	49.0	4.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	
15.00-15.10	69.0	6.0	3.0	0.0	11.0	0.0	+(1/20000)	
15.10-15.20	58.0	3.0	3.0	0.0	12.0	0.0	0.0	
15.20-15.30	41.0	4.0	2.0	0.0	10.0	0.0	0.0	
15.30-15.40	99.0	3.0	1.0	0.0	8.0	0.0	0.0	
15.40-15.50	82.0	7.0	4.0	0.5	11.0	0.0	0.0	
15.50-15.60	117.0	13.0	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	
15.60-15.70	88.0	7.0	3.0	0.0	8.0	0.0	0.0	
15.70-15.80	39.0	3.0	0.0	0.5	6.0	0.0	0.0	
15.80-15.90	58.0	2.0	3.0	0.5	9.0	0.0	0.0	ガラス付着Opx含む
15.90-16.00	67.0	1.0	4.0	0.5	11.5	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
16.00-16.10	46.0	3.0	1.0	0.0	14.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
16.10-16.20	73.0	2.0	1.0	0.5	14.0	0.0	0.0	
16.20-16.30	40.0	0.0	0.0	0.0	11.0	0.0	0.0	
16.30-16.40	39.0	4.0	3.0	0.0	17.5	0.0	0.0	
16.40-16.50	42.0	2.0	0.0	1.0	19.5	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
16.50-16.60	63.0	0.0	2.0	0.5	13.0	0.0	0.0	
16.60-16.70	39.0	5.0	1.0	0.0	15.0	0.0	0.0	
16.70-16.80	36.0	0.0	0.0	0.5	15.5	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
16.80-16.90	69.0	3.0	1.0	0.5	13.5	0.0	0.0	
16.90-17.00	82.0	6.0	2.0	0.0	13.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
17.00-17.10	36.0	5.0	0.0	0.0	18.0	0.0	0.0	
17.10-17.20	37.0	2.0	0.0	2.0	18.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
17.20-17.30	55.0	3.0	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	
17.30-17.40	43.0	2.0	0.0	0.5	17.5	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
17.40-17.50	60.0	3.0	3.0	0.0	13.5	0.0	0.0	
17.50-17.60	70.0	2.0	2.0	0.0	10.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
17.60-17.70	63.0	3.0	2.0	1.0	18.0	0.0	0.0	
17.70-17.80	58.0	2.0	0.0	1.0	17.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
17.80-17.90	39.0	6.0	0.0	2.0	13.0	0.0	+(2/20000)	Opx自形含む
17.90-18.00	31.0	3.0	0.0	1.5	14.0	0.0	0.0	
18.00-18.10	52.0	3.0	0.0	1.5	12.0	0.0	0.0	ガラス付着Opx含む
18.10-18.20	31.0	2.0	0.0	0.5	15.0	0.0	0.0	
18.20-18.30	25.0	0.0	0.0	1.5	13.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
18.30-18.40	27.0	3.0	0.0	0.5	17.0	0.0	+(1/20000)	ガラス付着Gho含む
18.40-18.50	24.0	0.0	0.0	1.0	15.0	0.0	0.0	
18.50-18.60	22.0	0.0	0.0	0.0	14.0	0.0	0.0	
18.60-18.70	40.0	0.0	0.0	0.5	14.0	0.0	0.0	
18.70-18.80	27.0	0.0	0.0	2.5	13.0	0.0	0.0	Opx自形含む、ガラス付着Gho含む
18.80-18.90	25.0	0.0	0.0	1.0	16.0	0.0	0.0	
18.90-19.00	15.0	3.0	0.0	1.0	17.0	0.0	0.0	
19.00-19.10	19.0	6.0	0.0	0.5	20.5	0.0	+(1/20000)	
19.10-19.20	12.0	0.0	0.0	1.0	16.5	0.0	0.0	
19.20-19.30	19.0	0.0	0.0	2.5	20.0	0.0	0.0	
19.30-19.40	30.0	2.0	0.0	1.5	21.0	0.0	0.0	
19.40-19.50	6.0	4.0	0.0	2.5	26.0	0.0	0.0	ガラス付着Opx含む
19.50-19.60	16.0	0.0	0.0	0.5	23.5	0.0	0.0	ガラス付着Opx含む
19.60-19.70	15.0	2.0	0.0	1.5	27.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
19.70-19.80	7.0	0.0	0.0	2.0	23.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
19.80-19.90	13.0	0.0	1.0	3.0	26.0	0.0	0.0	ガラス付着Opx含む(自形)
19.90-20.00	18.0	2.0	1.0	1.0	25.5	0.0	0.0	
20.00-20.10	28.0	3.0	0.0	1.5	21.5	0.0	0.0	ガラス付着Opx、Gho含む
20.10-20.20	27.0	1.0	2.0	1.0	22.5	0.0	0.0	
20.20-20.30	24.0	1.0	0.0	0.5	25.0	0.0	0.0	
20.30-20.40	16.0	1.0	0.0	2.0	27.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
20.40-20.50	24.0	1.0	0.0	1.0	22.0	0.0	0.0	glass付着Opx含む(自形)
20.50-20.60	10.0	1.0	0.0	2.0	26.0	0.0	0.0	
20.60-20.70	13.0	0.5	0.0	2.0	28.0	0.0	+(1/20000)	
20.70-20.80	5.0	0.0	0.0	1.0	28.5	0.0	+(1/20000)	
20.80-20.90	11.0	1.0	0.0	2.5	26.0	0.0	0.0	
20.90-21.00	6.0	1.0	0.0	2.5	23.0	0.0	0.0	
21.00-21.10	11.0	0.5	0.0	3.5	22.5	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
21.10-21.20	17.0	1.0	1.0	1.5	26.5	0.0	0.0	
21.20-21.30	12.0	0.5	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
21.30-21.40	7.0	0.0	0.0	0.5	24.5	0.0	0.0	ガラス付着Gho含む
21.40-21.50	13.0	0.0	0.0	0.0	19.0	0.0	0.0	ガラス付着Gho(深い角柱)やや目立つ
21.50-21.60	15.0	0.0	2.0	0.0	19.5	0.0	0.0	
21.60-21.70	13.0	0.0	0.0	1.0	18.0	0.0	0.0	
21.70-21.80	10.0	0.0	3.0	0.0	15.0	0.0	0.0	
21.80-21.90	25.0	0.5	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0	
21.90-22.00	24.0	0.0	0.0	1.5	12.0	0.0	0.0	
22.00-22.10	16.0	1.0	0.0	0.0	10.5	0.0	0.0	
22.10-22.20	15.0	0.0	0.0	0.0	14.5	0.0	0.0	
22.20-22.30	21.0	0.0	4.0	1.5	18.5	0.0	0.0	
22.30-22.40	15.0	0.0	0.0	1.5	13.5	0.0	0.0	
22.40-22.50	16.0	0.0	1.0	1.0	18.0	0.0	0.0	
22.50-22.60	6.0	0.0	0.0	1.0	15.5	0.0	0.0	

Bw: バブルウォールタイプ

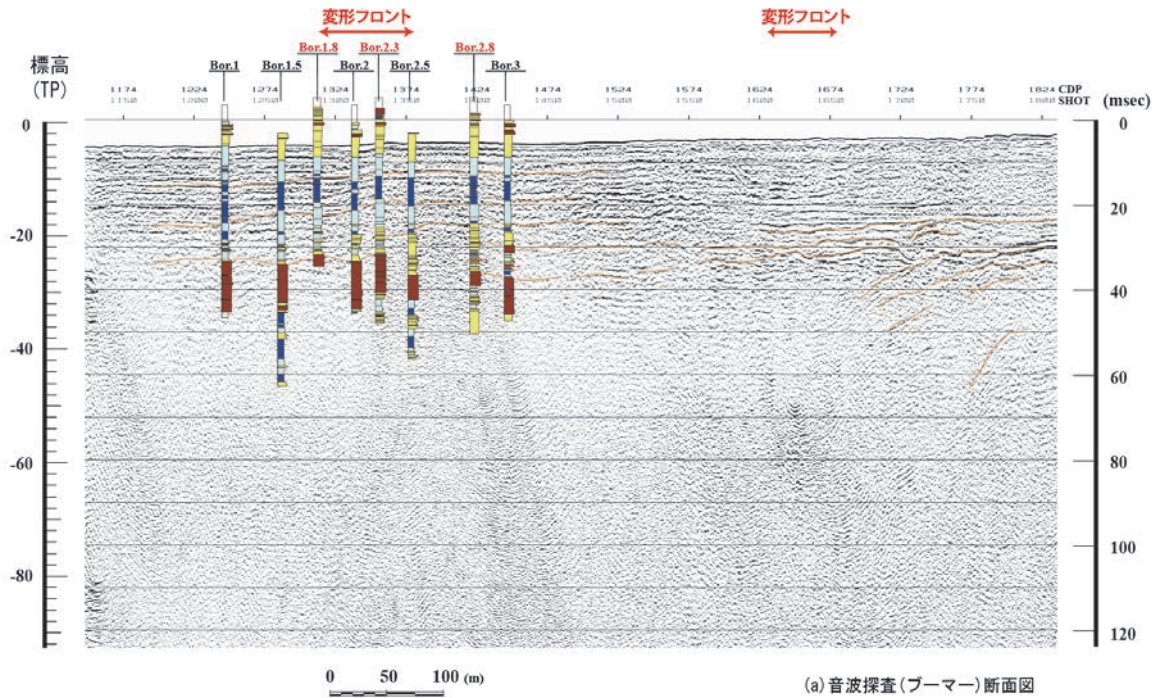
Pm: パミスタタイプ

O: 低発泡タイプ

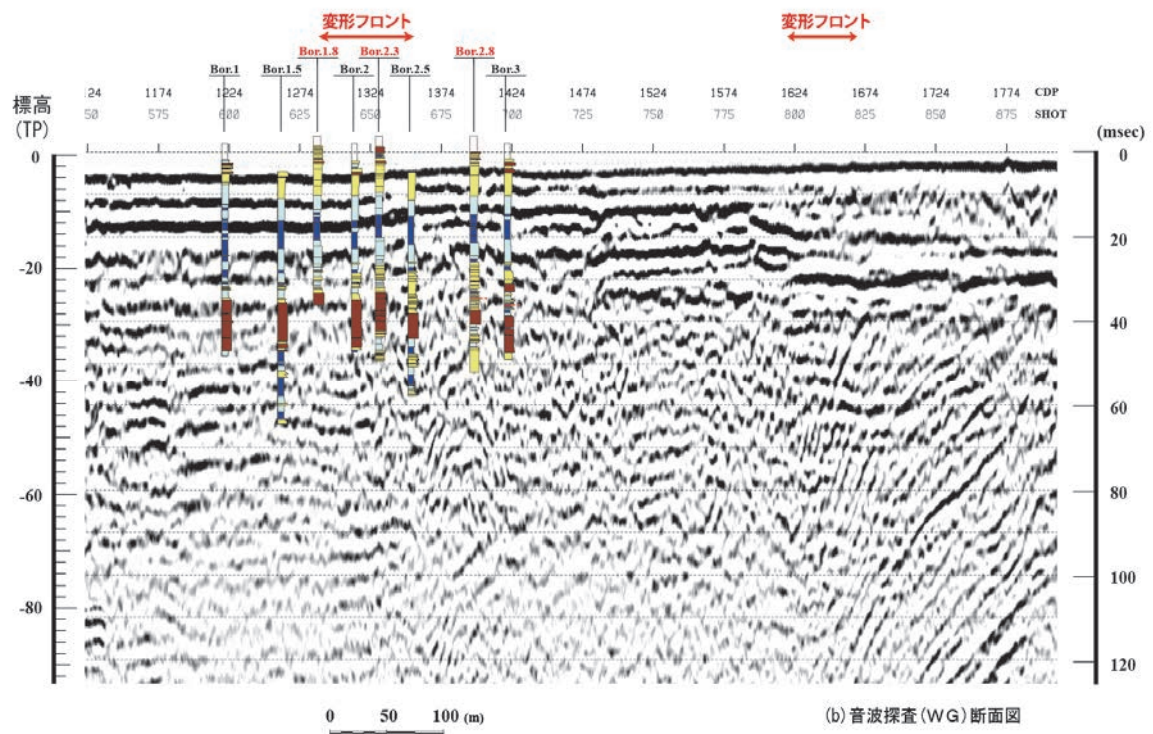
Opx: 斜方輝石

Gho: 緑色普通角閃石

Cum: カミングトン閃石



(a) 音波探査(ブーマー)断面図



(b) 音波探査(WG)断面図

図 50 新淀川における音波探査およびボーリング調査による解釈断面図。(a) 音波探査(ブーマー)断面図, (b) 音波探査(ウォーターガン)断面図

d) 古地震イベントの認定と発生年代、上下変位量

本調査では、完新統の層相、上町断層帯による撓曲変形の累積性、上下変位量の差、変形帯を境とした地層層厚や分布形状を基に、2回の古地震イベントを識別した(図49)。

古地震イベントは、新しいものからイベント1、イベント2とした。各イベントの認定根拠を記述する。また、各地層の年代は、杉山ほか（2003）と本調査による結果を合わせて検討した。本調査による放射性炭素同位体年代測定の結果を表15に示す。

表15 新淀川ボーリング調査の放射性炭素同位体年代測定結果

測定番号	試料名	採取場所	試料形態	処理方法	$\delta^{13}\text{C}$ (‰) (AMS)	$\delta^{13}\text{C}$ 補正あり	
						Libby Age (yrBP)	pMC (%)
IAAA-120228	CY2-1	深度:3.77-3.83	wood	AaA	-24.90 ± 0.57	3,800 ± 30	62.33 ± 0.20
IAAA-120229	CY2-2	深度:6.44	plant remains	AaA	-25.73 ± 0.46	2,650 ± 20	71.90 ± 0.22
IAAA-120230	CY2-3	深度:11.05	shell	Edg	-0.23 ± 0.56	3,250 ± 30	66.72 ± 0.21
IAAA-120231	CY2-4	深度:16.90	organic material	AAA	-29.48 ± 0.48	8,060 ± 30	36.68 ± 0.14
IAAA-120232	CY2-5	深度:18.27	plant remains	AaA	-26.19 ± 0.36	7,770 ± 30	38.03 ± 0.15
IAAA-120233	CY2-7	深度:20.62	organic material	AaA	-8.49 ± 0.49	8,650 ± 30	34.06 ± 0.14
IAAA-120234	CY2-9	深度:26.02-26.10	charred material	AaA	-24.25 ± 0.48	8,850 ± 30	33.22 ± 0.14
IAAA-120235	CY2-10	深度:35.86	wood	AAA	-28.84 ± 0.73	>54,040	<0.12
IAAA-120236	CY2-12	深度:38.20	wood	AaA	-24.75 ± 0.66	>54,150	<0.12
IAAA-120237	CY2-14	深度:39.76	wood	AAA	-26.66 ± 0.47	>54,020	<0.13

イベント1は、ユニット Sy-3 以降の自然堆積層が約 1.4m の西側低下の撓曲変形を示すことにより認定した。Sy-3 は、貝殻片を多産する海進期の堆積物と大阪層群最上部の Ma13 に対比される海成粘土層からなる。（三浦ほか，2002；杉山ほか，2003）。したがって、初成的にはほぼ水平に堆積したと考えられるが、Bor. 2-3 の間約 30m で西側低下 1.4m の撓曲変形を示す（図 49）。この西側低下の撓曲変形は、さらに上位の Sy-2 下面にも認められる。Sy-2 上面にも不明瞭ながら西側低下が認められ、撓曲変形が及んでいるとみられる。変形が不明瞭である理由は、より上位の Sy-1 がデルタ頂置層であるため、浸食の影響を受けて下面が平坦ではなかったためと考えられる。一方、ブーマーによる音波探査断面では、Sy-1 および Sy-2 相当層準のいずれの反射面にも西側低下の撓曲変形が認められた。したがって、イベント1による撓曲変形は、Sy-3 より上位の全ての自然堆積層に及んでいると考えられる。

イベント1の発生年代は、最も新しい自然堆積層である Sy-1 の年代以降として求められる。Sy-1 層からは、本調査により 2783-2745 Cal. B. P (2650 ± 20y. B. P)、三浦ほか（2002）により 2710-2350 Cal. B. P の年代が得られている。よって、イベント1の発生年代は、新淀川地点においては約 2700 年前以降とした。ただし、三浦ほか（2002）が指摘したように、この年代は Sy-1 の堆積年代よりも古い試料が再堆積した可能性がある。そのため、最新活動時期についてはさらに試料分析等を実施し、特定していく必要がある。

イベント2は、ユニット Sy-5（砂礫層最上部）堆積以降、Sy-4（汽水～陸成堆積物）堆積以前と認定した。Sy-5 は、チャンネル堆積物を含む複数のユニットから構成される河川

性堆積物である。変形帯の東側では、U-0ki 火山灰を挟在し、少なくとも Sy-5 の上部は、いわゆる沖積層の最下部を構成する堆積物である。その堆積面上面には、Bor. 2-2.5 間の約 50m において西側低下 2.6m の撓曲変形が認められる。これは、イベント 1 に伴う上下変位量よりも有意に大きく、Sy-5 が累積的な変形を受けていることを示す。これと調和的に、変形帯の幅は、イベント 1 では約 30m であるのに対し、Sy-5 の変形帯は少なくとも約 50m と累積的な変形の存在が示唆される。よって、Sy-5 はイベント 1 のみの撓曲変形と上下変位では説明できず、より多くの古地震イベントを経験したことが確実である。

さらに、Sy-4 の層厚は、変形帯の西側で約 2.5m に対し、東側では 1.5m 程度と変化している。Sy-4 は記述のように汽水～陸成堆積物であり、最終氷期に生じた開析谷河口のエスチュアリー環境で生成された泥質堆積物考えられている（三浦ほか，2002）。すなわち、通常の堆積構造として、このような高度差を形成することは難しい。これは、Sy-4 と Sy-5 の境界面が変形帯を外れた位置では比較的平坦であり、音波探査断面でも側方へ追跡できることから支持される。したがって、Sy-4 の層厚変化ないし Sy-5 上面の高度差は、上町断層帯による西側低下の撓曲変形によって形成されたと判断することが合理的である。音波探査結果を含めた地質断面では、これらを総合すると、Sy-5 の堆積後、イベント 2 に伴って西側低下の撓曲変形が生じ、その後、低下側を埋積して撓曲崖をオーバーラップするように Sy-4 が堆積した結果と判断できる。この場合、イベント 2 は上下変位 1.2m を伴っていたと見積もられる。ただし、イベント 1 と同様に、この変位量は幅約 500m の間に分布する 2 条の変形帯のうち、西側のみのものである。断層帯全体の最新活動に伴う変位量は、2 条の変形帯を含めて検討をおこなう必要がある。

以上から、イベント 2 は、Sy-5 堆積後、Sy-4 堆積前に生じたと考えられる。Sy-5 の最も新しい年代として、本調査により 10155-9774Cal. B. P (8850±30y. B. P) が得られた。Sy-4 の堆積年代については、ユニット下部に挟在する粘土層から 9280-9010Cal. B. P が得られている（三浦ほか，2002）。よって、イベント 2 は、約 10200 年前から約 9000 年前の間に生じたと推定される。なお、イベント 2 は、杉山ほか（2003）が従来指摘した、上町断層帯の最新活動とほぼ同じ層準であり、本調査によってさらに新しいイベント 1 が検出されたことになる。

また、最近 2 回の活動間隔は、イベント 2 の上限年代とイベント 1 の下限年代をもとに、約 7000 年以上と見積もられる。

e) まとめ

新淀川において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、三浦ほか（2002）ならびに杉山ほか（2003）と同一の測線上における群列ボーリング調査を実施した。その結果、ボーリングおよび音響地質断面には、地表付近の活断層・変動地形の位置と調和的に、西側低下の撓曲変形が認められた。完新統の層相、撓曲変形の累積性、上下変位量の差、変形帯を境とした地層層厚や分布形状を基に、完新世における 2 回の古地震イベントを識別した。最新活動は少なくとも約 2700 年前以降に生じ、群列ボーリング測線付近の変形帯では西側低下約 1.4m の上下変位を伴っていたとみられる。この結果は、サブテーマ 1 で指摘された、上町台地北方のいわゆる長柄砂州と呼ばれる微高地が最新活動に伴って隆起したデルタの地形面であるという考えを支持する。また、これに先行する活動は約 10200 年

前から約 9000 年前に、西側低下約 1.2m の上下変位を伴っていたことが明らかとなった。これらの活動時期から、最近 2 回の活動間隔は約 7000 年以上と見積もられた。

8) 長柄八幡宮におけるボーリング掘削調査

a) 調査地点の概要

新淀川におけるボーリング・音波探査の結果、上町断層帯の最新活動はデルタ頂置層の堆積以降であり、少なくとも約 2700 年前以降に生じたことが明らかとなった。サブテーマ 1 による詳細 DEM および杉山ほか (2003) の調査結果によって、本調査地点周辺は上町断層帯の最新活動によって隆起したデルタによる地形面であることが指摘されている。そこで、人工改変が周辺よりも相対的に少ないとみられる長柄八幡宮地点において、深さ約 20m までのボーリングを掘削し、地形面を構成する地層とその年代を再検討した (図 51)。長柄八幡宮への聞き取りでは、この八幡宮は鎌倉時代以降、現在まで同じ位置であり改変をしていないということである。

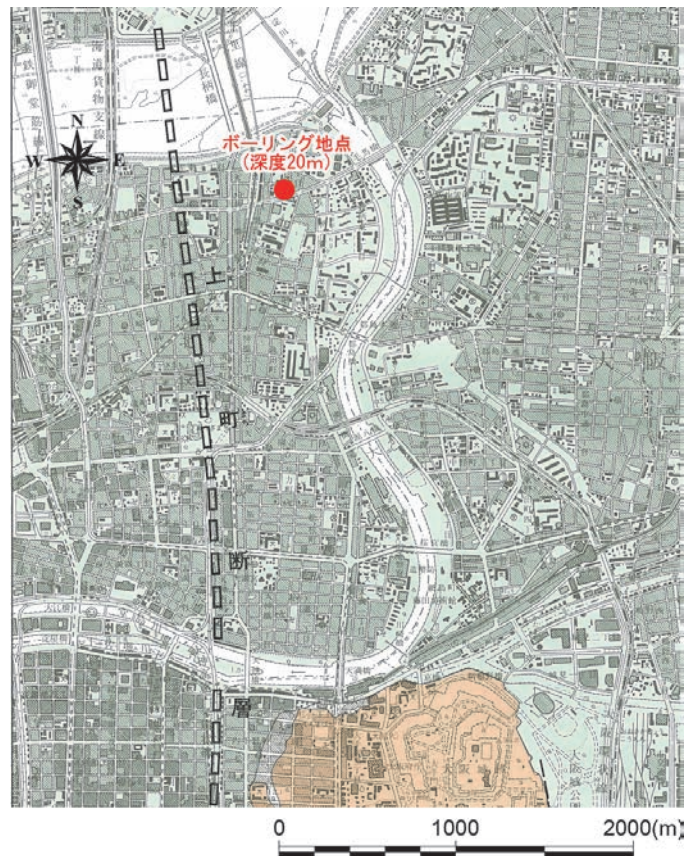


図 51 長柄八幡宮におけるボーリング調査位置。基図は、中田ほか (1996) 国土地理院発行 1:25000 都市圏活断層図「大阪東北部」。

b) ボーリングの層序と年代

長柄八幡宮におけるボーリング層序を図 52 に示す。放射性炭素同位体年代測定結果を表 16 に示す。ボーリングには、地表から人工改変層、河川性の砂礫層、海成砂層が認められ

た。最も新しい自然堆積層は、深度 3.0m から 5.2m まで認められる砂礫層である。この砂礫層は、径 40cm の垂角礫を含み粗砂をマトリックスとする淘汰の悪い砂礫によって構成される。層厚は、最上部の砂礫層で約 1 m、さらに下位の砂と砂礫の互層（砂 1）を含めると約 2 m である。層相から判断して河川性の堆積物であり、新淀川におけるボーリング層序では Sy-1 のデルタ頂置層と同層準にあたる。したがって、本地点の地形面を構成する堆積物は河川性の砂礫層ないしデルタ頂置層であることが確実となった。

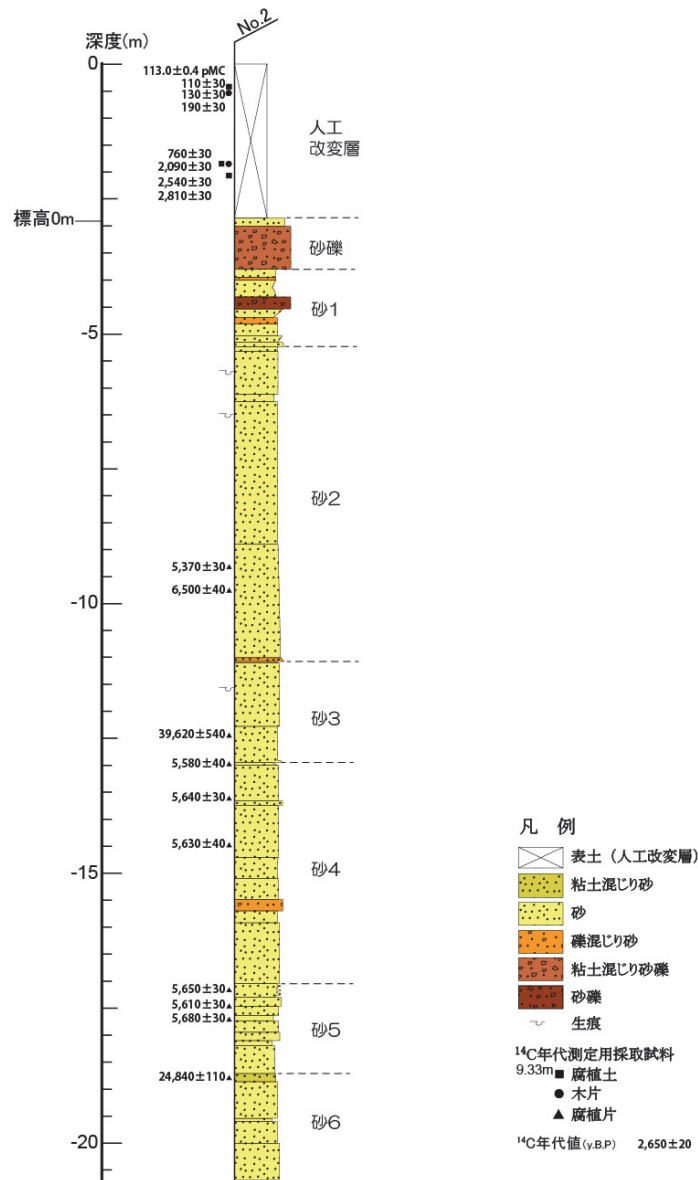
これは、上町台地北方に分布する微高地が、従来のいわゆる長柄砂州（例えば、梶山・市原, 1986 ; Mitamura et al., 1994）とする考えとは異なっている。本地点の砂礫層直下である深度-5m 以深は、明瞭な生痕を伴う中粒砂～粗砂によって構成される。従来の砂州堆積物は、深度や層相から判断してこの砂層に相当する。本調査による年代測定の結果も約 5400～5700 年前の年代値を示しており、従来の考え通り、縄文海進に伴って上町台地から北方へ延びる長柄砂州が発達していたと考えられる。

本調査の結果、その長柄砂州を切って、デルタ頂置層および河川性砂礫層からなる地形面が形成されたことが判明した。地形面を構成する砂礫層からは、堆積年代を直接示す年代試料を得ることができなかった。上位の人工改変層の下部（深度 2.2m～3.0m まで）は、層相から判断して下位の砂礫層と類似しており、ほぼ一連の堆積物である可能性がある。この砂礫層を覆って、旧表土とみられる弱腐植層が深度 2 m 付近に分布する。この弱腐植質シルト層からは、約 2000～2800 年前の放射性炭素同位体年代を得た（図 52、表 16）。さらに上位の深度-1.8m の腐植質砂層からは約 800 年前の年代試料が得られている。しかし、深度約 2.3m からは近代の鉄くずが認められたため、深さ 2.2m～3.0m までの砂礫層は人工改変層の一部と判断した。鉄くずは、砂礫層の堆積年代より後に、地表付近から地下へ貫入された可能性もあるため、今後、地形面を構成する年代をさらに詳細に検討する必要がある。

歴史時代における大阪平野の地形環境に関しては多数の研究が実施され、様々な知見が蓄積されてきた（例えば、日下, 1991）。しかし上町断層帯の活動との関わりは検討されていない。最新活動に伴って上町台地北方の沖積面上に微高地が形成された場合、河内平野から大阪湾方面への水流を遮った可能性が考えられる。周辺の遺跡の分布からは、弥生時代中期末頃、河内湖沿岸の遺跡地がいつせいに水没したらしい（安田, 1977, 1978 ; 大阪府史編集専門委員会編, 1978 ; 松田, 2003, 2008）。その要因は、従来、海水準の上昇、さらには「長柄砂州」の成長に伴う排水口の閉塞とそれによる湖水位の上昇が考えられてきた（安田, 1977, 1978）。しかし、この水没は、上町断層帯の最新活動に伴って出現した高まりによって河内湖の排水口が遮断され、湖水位が急激に上昇した可能性も考えられる。大坂城下町跡では同じく弥生時代中期末頃、上町断層帯（堺筋付近）の東側（隆起側）において沿岸州が離水している（趙, 2004, 2006, 2009）。これも、最新活動に伴う隆起に起因すると考えて矛盾がない。弥生時代中期末頃におけるこれらの水没・離水を海水準変動のみによって統一的に説明することは困難なため、弥生時代以降の地形環境は、上町断層帯の最新活動に伴う地殻変動の役割を勘案しつつあらためて吟味される必要がある。近畿・中国地方における弥生時代中期の絶対年代は紀元前 4 世紀～紀元前後である（春成・今村編, 2004）。水没・離水が上町断層帯の最新活動に起因するとすれば、上町断層帯の最新活動時期は紀元前後頃に絞られる可能性がある。

c) まとめ

新淀川から上町台地にかけて広がる微高地の地形面構成層とその形成年代を明らかにするため、長柄八幡宮においてボーリング調査を実施した。その結果、微高地を構成する地層は少なくとも層厚2mの砂礫層からなり、新淀川ボーリングにみられるデルタの頂置層に対比される。微高地は、従来長柄砂州と呼ばれる縄文海進期の砂州を切って形成されており、上町断層の最新活動時期は紀元前後頃に絞られる可能性が指摘される。



地質柱状断面図(縮尺1:100)【長柄:No.2孔】

図 52 長柄八幡宮におけるボーリング層序

表 16 長柄八幡宮ボーリング調査の放射性炭素同位体年代測定結果

beta ID	試料名	type of material	measured 14C age	13C	conventional 14C age	Technique Delivery	Pretreatment		
340016	No.2 9.33	plant material	5400	30	-26.6	5370	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340017	No.2 9.75	plant material	6500	40	-25.3	6500	40	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340018	No.2 12.45	plant material	39630	540	-25.9	39620	540	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340019	No.2 12.98	plant material	5610	40	-26.6	5580	40	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340020	No.2 13.62-13.64	plant material	5690	30	-28.3	5640	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340021	No.2 14.48	plant material	NA	***	NA	5630	40	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340022	No.2 17.16	plant material	5660	30	-25.6	5650	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340023	No.2 17.47	plant material	5620	30	-25.4	5610	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340024	No.2 17.72	plant material	5700	30	-26.3	5680	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340025	No.2 18.80	plant material	24860	110	-26.2	24840	110	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340415	No.2 0.4-0.5	organic sediment	120	30	-25.4	110	30	AMS-Standard	acid washes
340416	No.2 0.5	charred material	100	30	-23.2	130	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340417	No.2 1.8-1.84	organic sediment	750	30	-24.5	760	30	AMS-Standard	acid washes
340418	No.2 1.84	charred material	2090	30	-25.3	2090	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340419	No.2 2-2.15	organic sediment	2800	30	-24.4	2810	30	AMS-Standard	acid washes
340420	No.2-1 2-2.15	organic sediment	2520	30	-23.9	2540	30	AMS-Standard	acid washes
340866	No.2 0.4-0.5-Ch	charred material	112.8	0.4 pMC	-25.5	113.0	0.4 pMC	AMS-Standard	acid/alkali/acid
340865	No.2 1.8-1.84 -Ch	charred material	140	30	-22.1	190	30	AMS-Standard	acid/alkali/acid

9) 道頓堀川における音波探査

a) 調査の概要

既存の活断層図に図示されている桜川撓曲の浅部変形構造、変動地形、地質情報の関係を明らかにするため、道頓堀川においてブーマーを音源とする音波探査を実施した(図 53)。音波探査の測定パラメーターを表 17 に示す。

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。

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。マルチチャンネル音波探査は、一定間隔に設置した複数個の受信器(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ことにより、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及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、連続的に発振及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 1 ch の受信信号を取り出し、アンプ及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チャンネル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等を監視しながら、測定を行った。

道頓堀川での測定は、^{ふかり}深里橋より上流では水路が狭く他船とのすれ違いも不可能なため、遊覧船等の時間を確認し測定を実施した。深里橋以東は河川幅が狭いため、ブーマーの出力 100J で測定を実施した。測定時は他船の航行が無かったため、日吉橋から下大和橋の手前まで、2.4 km の連続した測定を行うことが出来た。1 回目の測定終了後、日吉橋まで戻り、出力 200J で深里橋までの測定を行った。

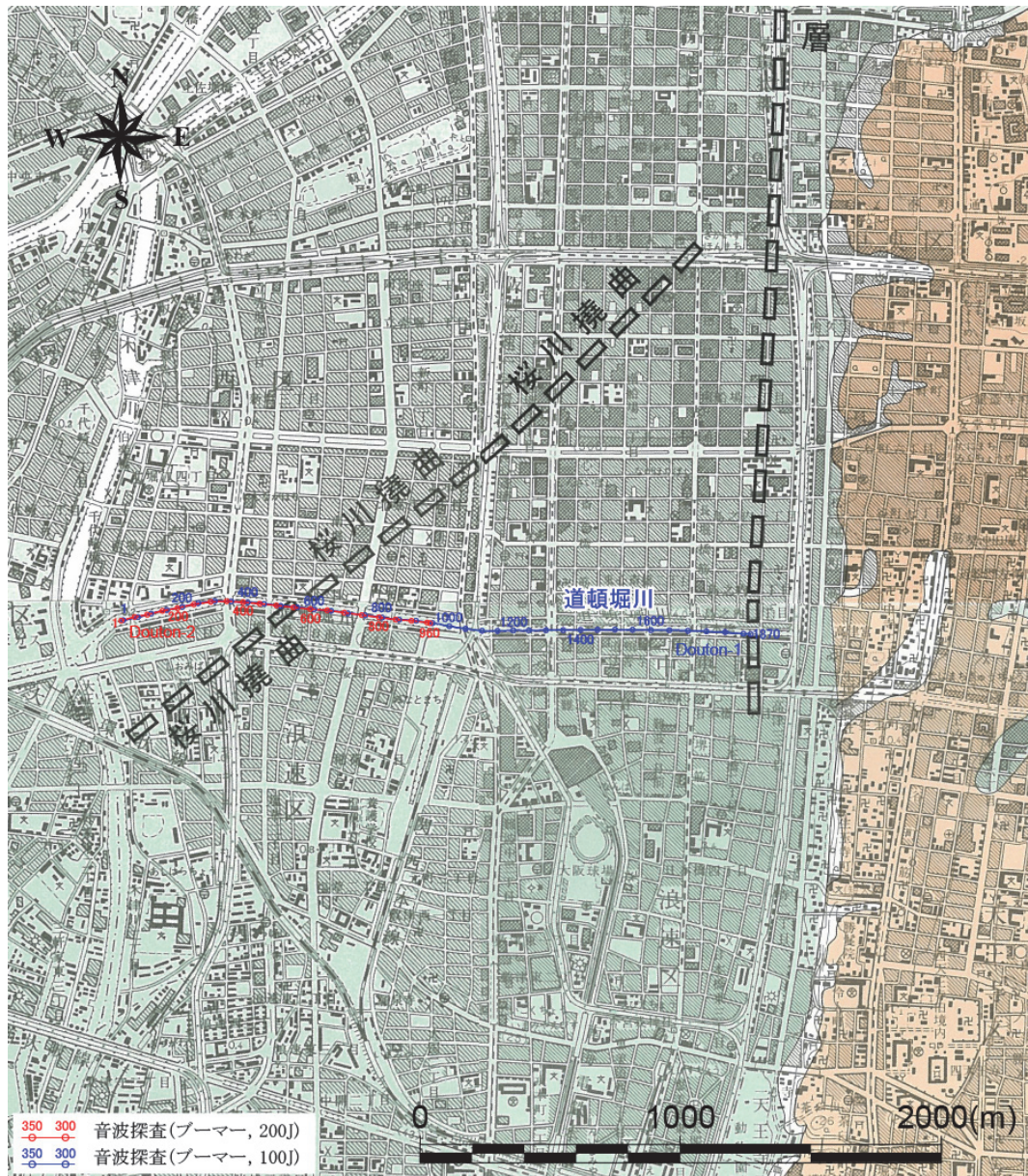


図 53 道頓堀川におけるプーマー音波探査の位置。基図は、国土地理院発行 1:25000 都市圏活断層図「大阪西南部、大阪西北部、大阪東南部、大阪東北部」中田ほか (1996)。

表 17 音波探査の測定パラメーター

河川名	道頓堀川	石津川河口海域		石津川
音源の種類	ブーマー	ブーマー	ウォーターガン 15cbi	ブーマー
音源出力	100J, 200J	200J	100 気圧	100J, 200J
受信 ch 数	12ch			
チャンネル間隔	2.5m			
発振間隔	1.25m	2.5m		1.25m
重合数	12 重合	6 重合		12 重合
記録長	0.4sec	0.4sec	0.6sec	0.4sec
サンプル間隔	0.125msec	0.125msec	0.5msec	0.125msec
記録フォーマット	SEG-Y	SEG-Y		

b) 音波探査の結果

道頓堀川におけるブーマー音波探査断面を図 54 に示す。既存の活断層図によれば、桜川撓曲はショット番号 500-600 区間に位置する。本調査による探査結果では、明瞭な撓曲構造をイメージングすることはできなかった。河底による多重反射や散乱層の影響などによって、現状においては識別が困難であると考えられる。また、断面図東部の 30msec 付近には緩やかに西傾斜する反射面が見られ、大阪層群相当層の地質構造と対応している可能性がある。

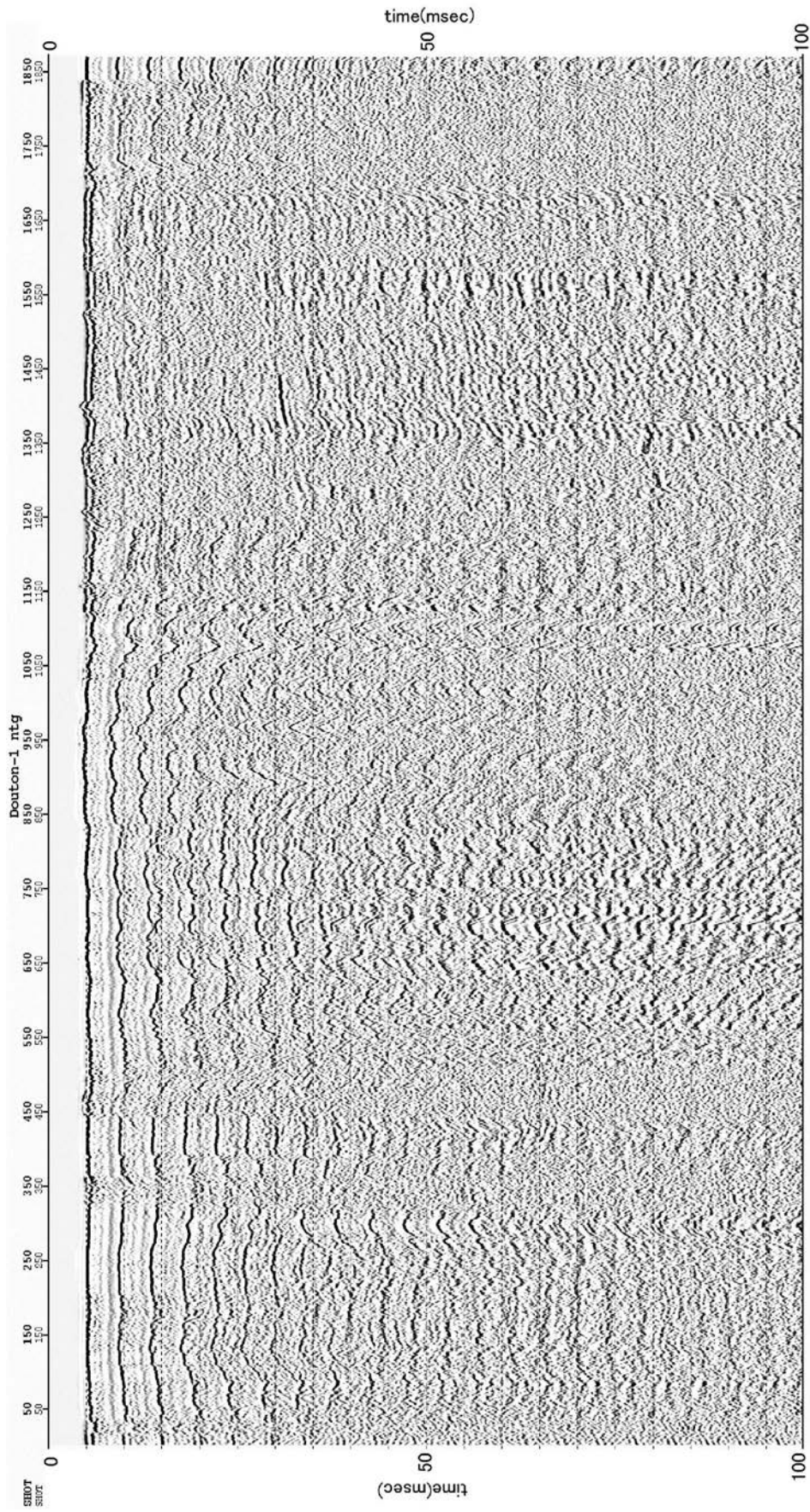


図 54 道頓堀川音波探査断面 (ブーマー100Jのニアトレース, timeは100msecまで)

10) 石津川における音波探査・掘削調査

a) 調査の概要

石津川および河口付近の上町断層帯をイメージングし、変形帯の位置や分布、活動性に関する知見を得るため、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査を実施した。さらに、音波探査断面と地下層序との対比をおこなうため、深さ約 50m までのボーリング調査をおこなった。音波探査測線とボーリング調査の位置を図 55 に示す。



図 55 石津川における音波探査およびボーリング調査の位置。基図は、国土地理院発行 1:25000 都市圏活断層図「大阪西南部」(中田ほか, 1996)。

石津川での測定は、ボーリング地点の海域投影点から沖合に 250m のポイントから河口までの、予定距離 1.5km の測線で実施した。最初に沖側から岸側への方で、ブーマーでの測定を実施した。石津漁港の防波堤手前約 200m の箇所、水深が急激に浅くなり 2m 以下となったため、測深記録を見ながら水深 10m を目安に回頭して測定を終了した。沖合から岸側に潮流があったため、岸から沖という方向でもブーマー測定を行った。

ウォーターガンによる測定は、岸側から沖側方向で実施した。開始点から約 300m の箇所で貨物船が接岸作業を行っていたため、回避のため南側に測線をシフトした。石津川河口部での測定距離は、ブーマーとウォーターガンでもそれぞれ約 1.5km である。測定パラ

メーターや使用機材等は新淀川のブーマー・ウォーターガン音波探査と同様におこなった。

b) 音波探査の結果

ブーマーおよびウォーターガンによる河口沖合の音波探査断面を図 56、図 57 に、ブーマーによる河川部の音波探査断面を図 58 に示す。

河口沖合の音波探査断面には、測線東端で西へ傾斜する反射面が不明瞭ながら認められる(図 56、57)。また、河川部の音波探査においても、測線の西端付近で西へ向かって緩やかに傾き下がる反射面が認められた。これらは、大阪府(2005)により陸上で実施された、S波反射法地震探査の堺築南東西測線でみられた背斜と調和的である。また、河川部のショット番号 500-1200 区間において、40-60msec にやや強い反射面がみられる(図 58)。この反射面は、西へ緩やかに傾斜しつつショット番号 1400 より東側では不連続になっている。これは、陸上の上町断層帯が通過する位置付近にあたるため、この活断層トレースに沿う西側低下の撓曲変形の影響を受けていると考えられる。

c) ボーリング調査

ボーリングは、河口沖合の音波探査測線に投影できる位置で、埋立地上の標高 3.5m で実施した。ボーリング孔 No.1 の層序を図 59 に示す。

深さ約 50m までのボーリングの地質は、上位から下位へ、埋立地の人工改変層、貝殻片が多産する砂層と粘土層からなる沖積層、沖積層基底礫層とみられる河川性砂礫層、海成粘土層と砂礫層の互層からなる大阪層群相当層によって構成される。深度-11m までの沖積層は中・上部が貝殻片を含む砂層主体とし、最下部が粘土層からなる。既存資料等の沖積層の深度や分布から判断して、-8.5m から-11m までの海成粘土層が Ma13 に相当する。

さらに下位の深度-20~26m にかけては、巻貝を含む貝類化石を多産する海成粘土層である。巻貝は螺脈などの特徴より、大阪に分布する Ma12 に特有(石井, 2003)のモトジマキリガイダマシ(*Turritella(Kurosioia)kurosio* IDA, 1952)と考えられる。

深度-30~-50m には貝類化石を多産する海成粘土層が 3 層準で認められ、貝類化石はそれぞれ二枚貝片から構成される。このうち、最上位層準は Ma12 の下位にあたる Ma11 相当層と考えられるが、下部 2 層準については特定できない。しかし、阪神高速道路湾岸線ボーリングデータでは、調査地近傍(南港や忠岡地域など)においては Ma11 が 3 層準(1)~(3) 識別されており、その全層厚が 20~25m あることや、反射法探査結果(大阪府, 2005)などより、深度-30~-50m に見られる海成粘土 3 層準は、Ma11(1)~Ma11(3) に対比される可能性がある。

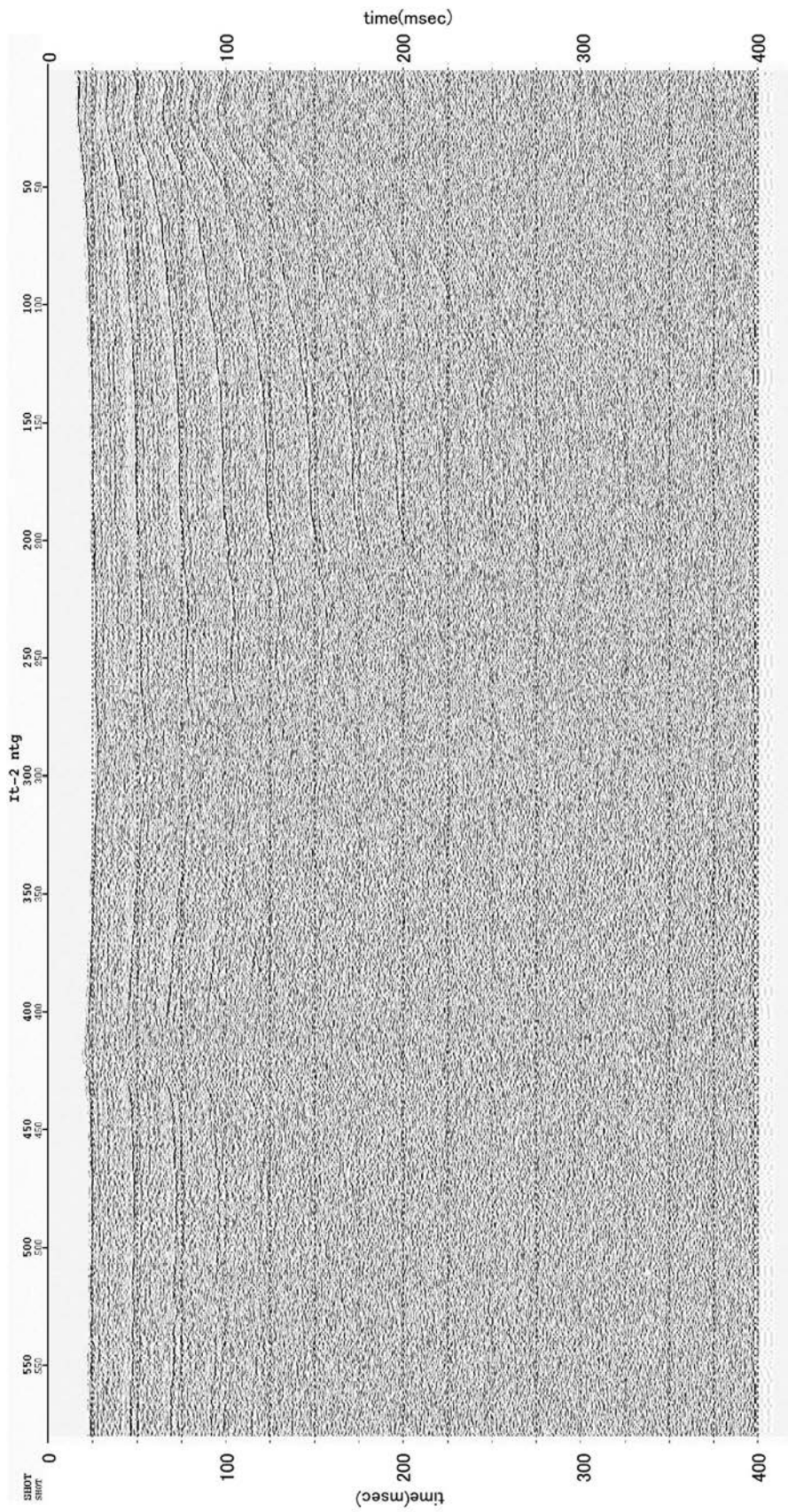


図 56 石津川河口沖音波探査断面 (ブーマー200Jニアトレース: It-2、timeは400msecまで)。

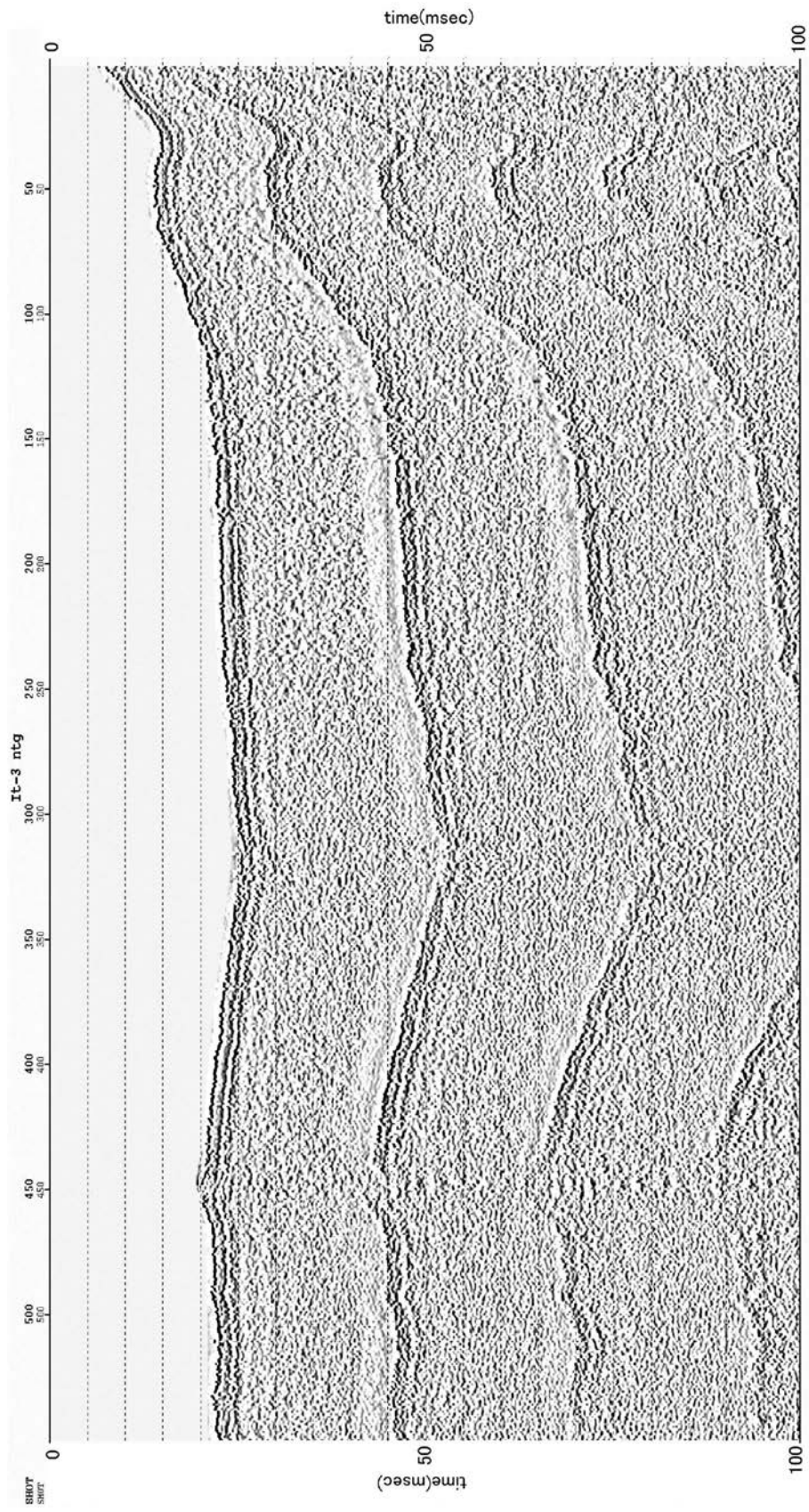


図 57 石津川河口沖音波探査断面 (ウォーターガンニアトレース : It-3, time は 100msec まで)。

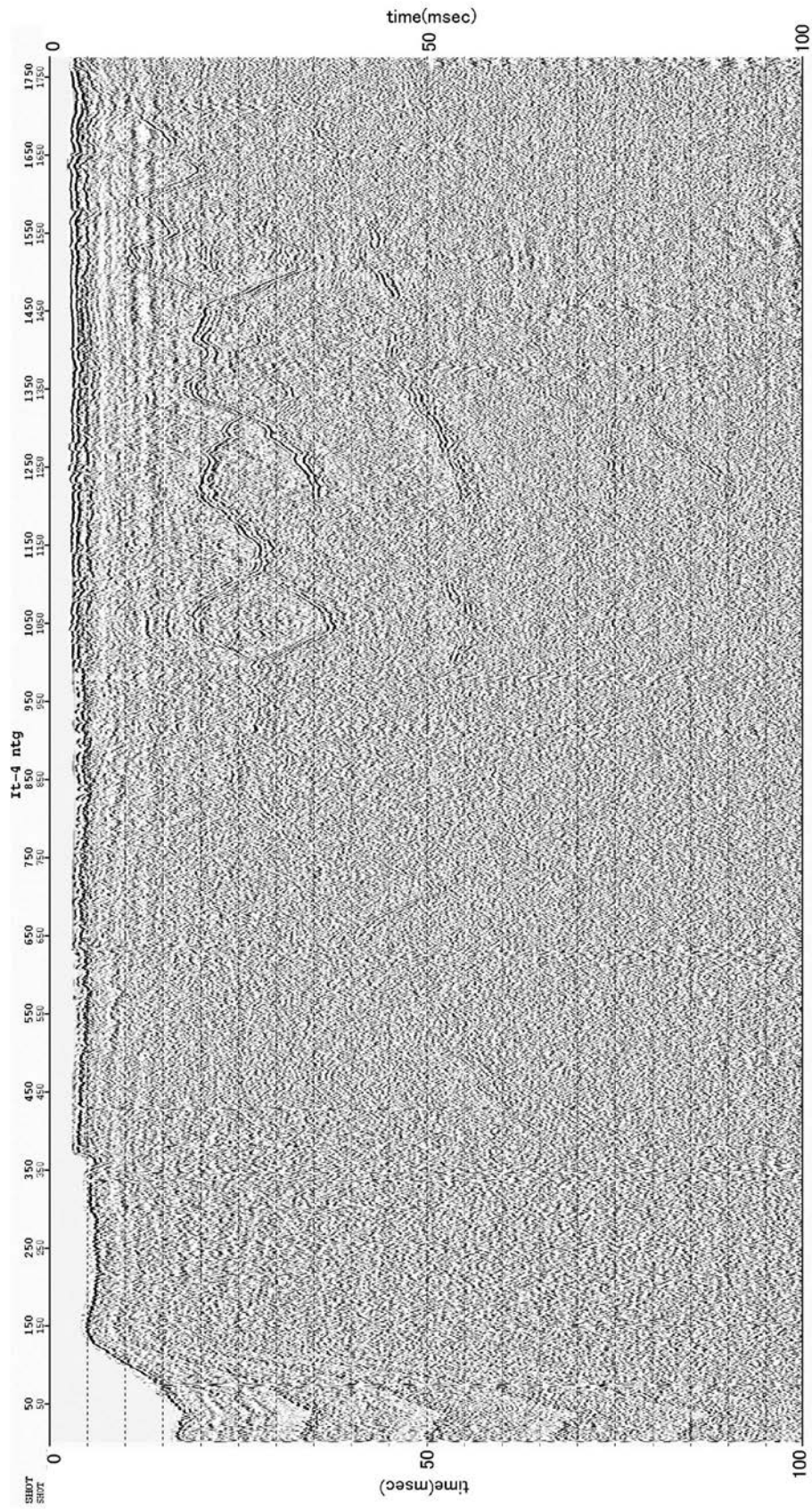


図 58 石津川河川部の音波探査断面 (ブーマー200Jニアトレース: It-4、timeは400msecまで)。

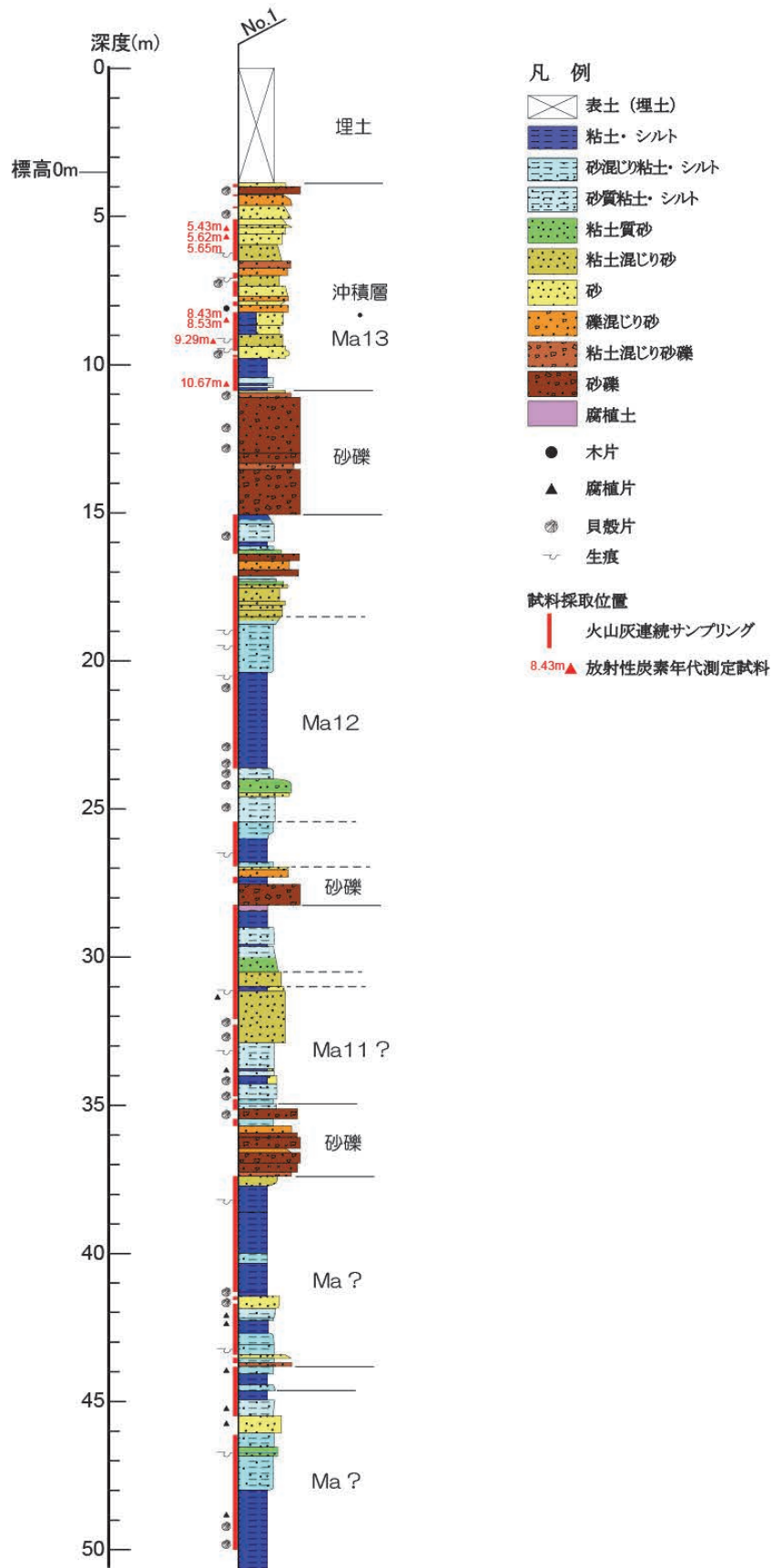


図 59 石津川 No. 1 孔のボーリング層序

d) 音波探査とボーリングによる地質構造

音波探査にみられる音響地質構造とボーリング孔 No. 1 の層序、既往研究によるボーリング層序、大阪府による堺築港東西測線の反射法地震探査断面をもとに、石津川測線における地質構造について検討した。既往研究のボーリング層序は、大阪府 300m 孔 (Ikebe et al., 1970 ; 藤田・前田, 1985) および湾岸線石津 (W18) 孔 (古谷ほか, 1992) を参考にした。石津川測線の地質解釈断面図を図 60 に示す。

既述のように、河口付近の音波探査断面では西へ緩やかに傾き下がる反射面が不明瞭ながら認められ、堺築港東西測線でみられる背斜構造と調和的である。両者の構造は一連の構造と考えられ、背斜西翼ないしの位置について堺築港東西測線上と音波探査測線上を結びと概ね南北になる。よって、石津川河口付近の変形フロントは、南北走向であると判断される。

ボーリング層序もこの構造と矛盾がない。すなわち、大阪府 300m 孔では Ma10 相当層が標高-18~-22m 付近に位置するのに対し、本調査による No. 1 孔では、Ma10 は少なくとも標高-35 よりも深い層位であることが確実である。したがって、大阪府 300 孔と No. 1 孔の間では、Ma10 層は少なくとも 13m の上下変位を示す。

また、Ma11 層の産出する深度は、それぞれのボーリング孔で異なっている。No. 1 孔においては Ma11 に対比可能な海成粘土層の上面は標高-25m 付近に位置する。背斜頂部からやや西側に位置する大阪府 300m 孔では Ma11 はみいだされておらず、沖積層ないしその直下の砂礫層によって浸食されている。一方、湾岸線 (W18) 孔では Ma11 相当層は標高-4 m と顕著に浅いことが知られている。よって、本調査の No. 1 孔と湾岸線 (W18) 孔との間で、Ma11 層には約 21m の上下変位が認められる。Ma11 の対比や地層の傾斜が不明ため、正確な上下変位量とすることは困難であるが、今後の調査によって Ma11 以降の平均変位速度が算出できる可能性がある。

e) まとめ

石津川および河口付近の上町断層帯をイメージングし、変形帯の位置や分布、活動性に関する知見を得るため、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、河口沖合の埋め立て地におけるボーリング調査を実施した。その結果、音波探査には河口部付近に西へ傾き下がる反射面や、探査測線東端付近に陸域の上町断層帯の撓曲変形の一部が認められた。河口部付近の変形構造は、従来の反射法地震探査による背斜構造と調和的である。これらを一連の構造と考えた場合、背斜西翼および変形フロントの走向は概ね南北方向となる。また、既存ボーリング資料等を総合して、Ma11 以降の上下変位量はおよそ 21m であることが明らかとなった。

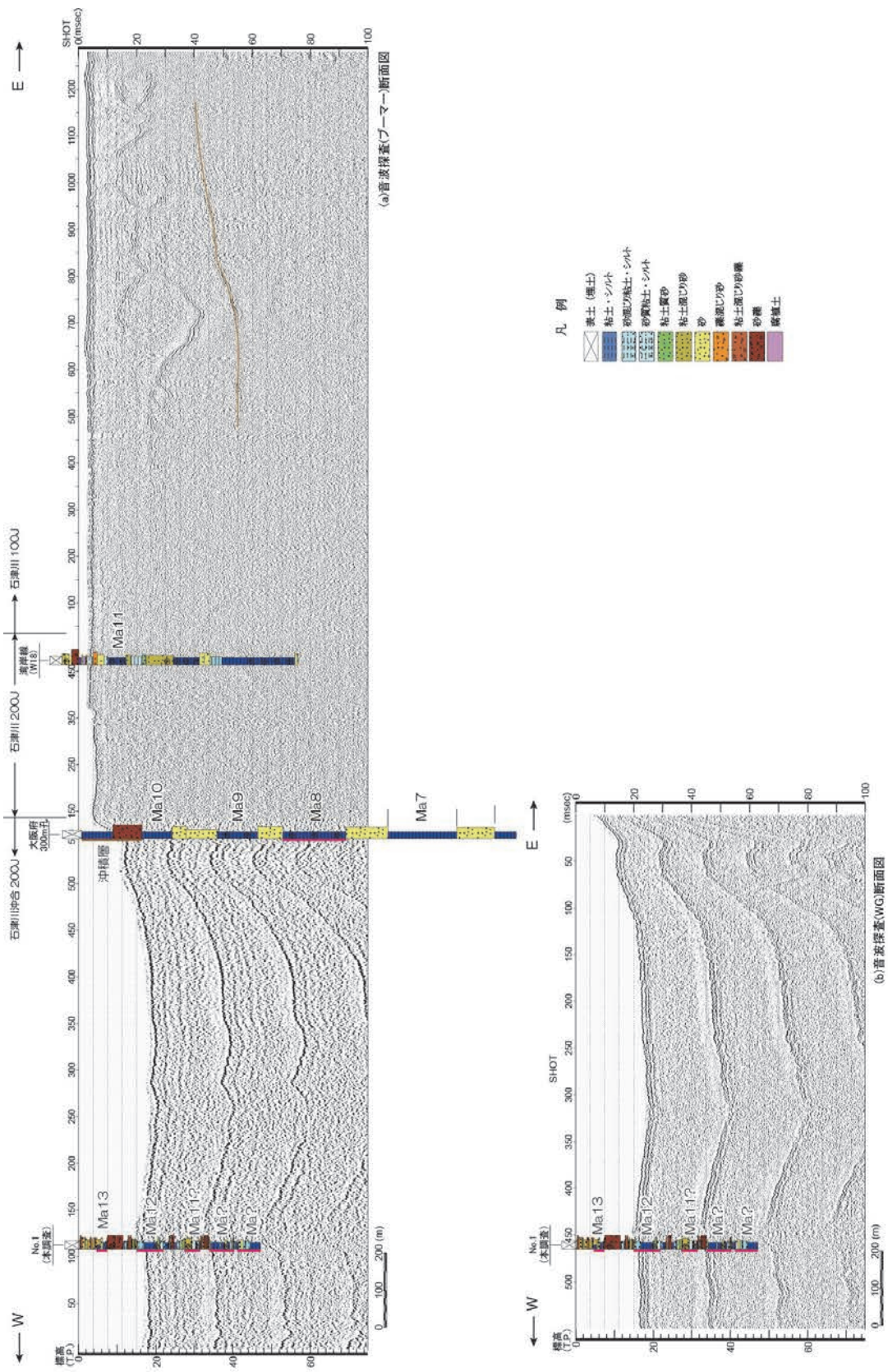


図 60 石津川測線の地質解釈断面図

11) 榑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と活動性を推定するため、泉南市と田尻町の境界に位置する榑井川において、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 61 に示す。

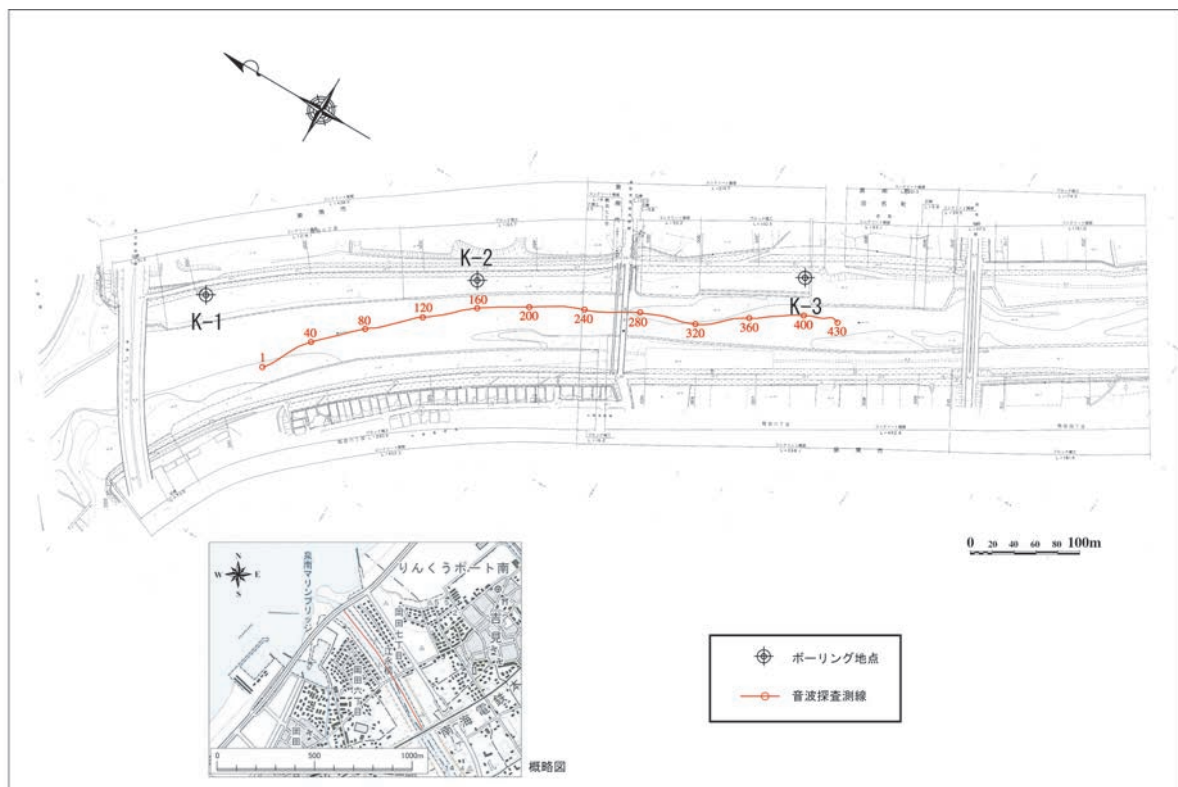


図 61 榑井川における音波探査・ボーリング調査の位置

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。榑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。榑井川での音波探査模式図を図 62 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。

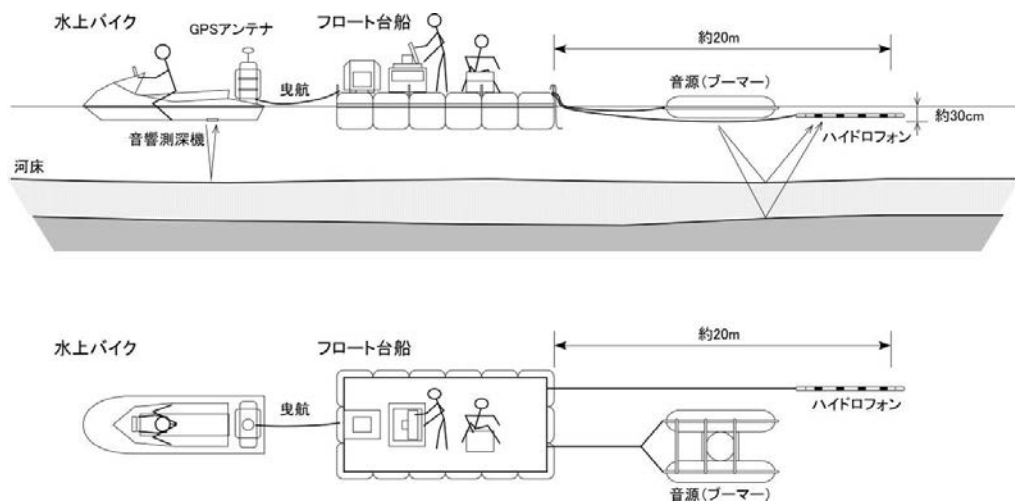


図 62 樫井川におけるブーマー音源による音波探査模式図

ii) 探査結果とデータ処理

樫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 150m と南海鉄道鉄橋手前の約 150m 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 1.5m 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 6ch 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 13 にまとめた。

測定時の音波伝搬速度を把握するため、樫井川では、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 1,448m/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 63 に示す。

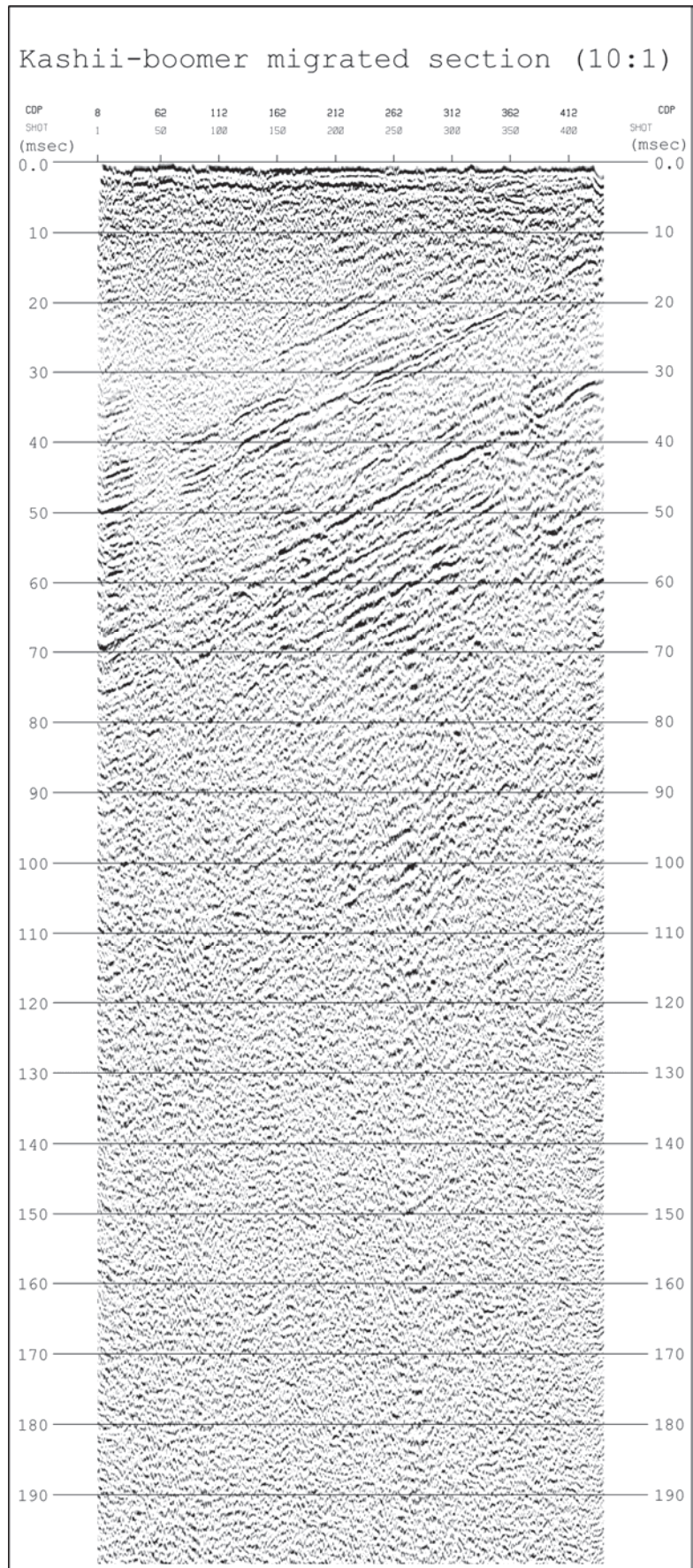


図 63 檜井川音波探査の時間断面（ブーマー）。断面の縦横比はおよそ 10 : 1。

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61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解釈断面を図64に示す。

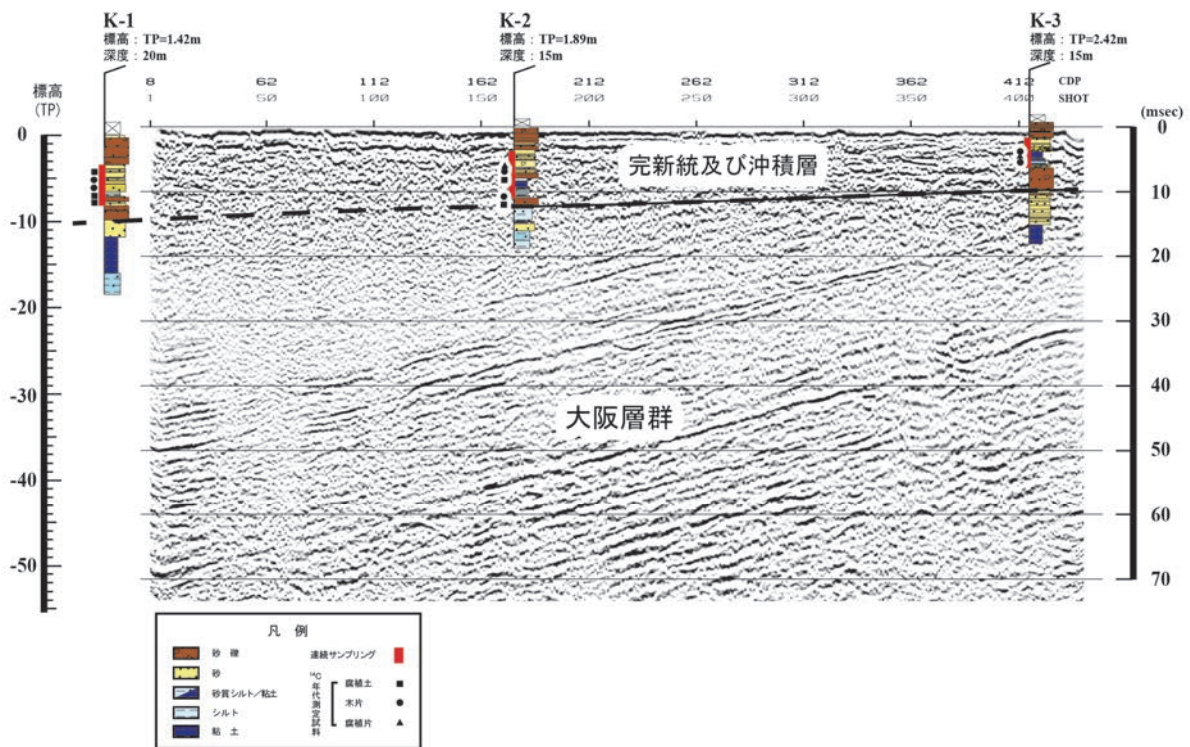


図64 樫井川における音波探査・ボーリング調査による暫定解釈断面図

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と矛盾がない。また、完新統が約10mと比較的薄く分布し、逆断層上盤で隆起傾向であることを示唆する。本業務では、大阪層群相当層の年代を推定することができなかったが、海側へ傾斜する構造の年代を検討することによって、より信頼性の高い活構造の把握へと繋がる可能性がある。

(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、河川域における音波探査・ボーリング掘削調査、試料分析を実施した。

堺市堺区大仙町ではトレンチ・ボーリング掘削調査および地中レーダー探査をあわせて実施した。地中レーダー探査は、ワイドアングル測定法を用いて地中電磁波速度解析をおこない、深度変換断面と地質情報との正確な対比をおこなった。これらの結果、約 2.8 万年前以降に少なくとも 1 回の撓曲変形を生じる古地震イベントが認定された。また、大仙町西方において海岸線とほぼ直交し、大仙町のトレンチ調査地点に至る区間で群列ボーリング調査を実施した。その結果、歴史時代の盛土層、浜堤およびラグーンの堆積物、これらに不整合に覆われる低位・中位段丘相当層の分布が明らかになった。

高石市取石において、既知の撓曲崖を横断する群列ボーリング調査を実施し、少なくとも完新世に約 2 m の上下変位を伴う活動があったことを明らかにした。さらに、和泉市観音寺町において、完新世とみられる河成段丘面上を横断して群列ボーリングおよび地中レーダー探査を実施し、段丘構成層にも地形面と同様の上下変位が認められる事を確認した。

岸和田市磯上町において、池田ほか編（2002）が指摘した扇状地面上的の低断層崖ないし撓曲崖を対象として、隆起側と低下側のそれぞれでピット掘削調査を実施した。いずれのピットでも扇状地性砂礫層が確認され、2330 年前以降、江戸時代以前に最新活動が生じ、地表の上下変位 2.5m を伴っていたことを明らかにした。

泉南郡田尻町吉見においては、ボーリング掘削調査をおこなって、縄文海進以降に形成された浜堤および河成面が標高 2～5 m に分布することを明らかにした。これは、海岸線付近を延びる逆断層の活動に伴う地震性隆起によって形成された可能性を指摘した。

新淀川において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、既往調査と同一の測線上における群列ボーリング調査を実施した。その結果、ボーリングおよび音響地質断面には、地表付近の活断層・変動地形と調和的な位置に、西側低下の撓曲変形が認められた。完新統の層相、撓曲変形の累積性、上下変位量の差、変形帯を境とした地層層厚や分布形状を基に、完新世における 2 回の古地震イベントを識別した。最新活動は約 2700 年前以降に生じ、少なくとも西側低下約 1.4m の上下変位を伴っていたとみられる。また、これに先行する活動は約 10200 年前から約 9000 年前に、少なくとも約 1.2m の上下変位を伴っていたことが明らかとなった。これらの活動時期から、最近 2 回の活動間隔は約 7000 年以上と見積もられた。さらに、長柄八幡宮においてボーリング掘削調査を実施し、周辺の地形面構成層が河川性砂礫層からなることを確認した。これらの結果、サブテーマ 1 で指摘された、上町台地北方に分布する長柄砂州と呼ばれた微高地が、上町断層帯による最新活動に伴って隆起したデルタないし河成面であるという考えが確認された。付近の地形環境の変化を考慮すると、最新活動時期は紀元前後頃に絞り込まれる可能性もある。

大阪市の道頓堀川において、桜川撓曲を横断してブーマーによる音波探査を実施した。明瞭な撓曲変形構造はみられなかったものの、大阪層群相当層の可能性のある地質構造が認められた。

石津川および河口付近において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、ボーリング調査を実施した。その結果、音波探査には河口部付近に西へ傾き下がる反射面や、

探査測線東端付近に陸域上町断層帯の撓曲変形の一部が認められた。河口部付近の変形構造は既知の背斜構造と調和的であり、これらを一連の構造と考えた場合、背斜西翼および変形フロントの走向は概ね南北方向となる。また、既存ボーリング資料等を総合して、Ma11以降の上下変位量はおよそ 21mであることを明らかにした。

泉南市および田尻町の榎井川において、ブーマーおよびウォーターガンによる音波探査、ボーリング調査を実施し、大阪層群相当層を不整合に覆う完新統の分布を明らかにした。大阪層群相当層には海側へ向かって急斜構造を示し、榎井川河口よりも海側に逆断層が存在する可能性が示された。

以上の結果から、上町断層帯の活動時期は、次のようにまとめられる。新淀川、高石市取石、和泉市観音寺町の結果から、神崎川以南の上町断層から久米田池断層に至る、陸域の上町断層帯は、約 2700 年前以降に最新活動を生じたと考えられる。また、新淀川の結果に基づけば、この区間の上町断層帯の活動間隔は約 7000 年以上である。さらに、大津川付近より南の沿岸域を延びる活断層は、分布の詳細が未解明であるものの、少なくとも大津川周辺では、2330 年前以降、江戸時代以前に最新活動が生じた。泉南郡田尻町吉見における浜堤の離水イベントについても、この活動に伴っていた可能性がある。陸域の上町断層帯と沿岸域の活断層は、最新活動で同時に地震イベントを生じた可能性があるが、資料の制約から別々の地震を生じた可能性も否定できない。今後、断層帯全体の活動間隔や沿岸域の活断層の分布も含めて詳細に検討する必要がある。

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、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。特に、南部の沿岸域を延びる活断層については、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。

(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、淀川河川事務所福島出張所及び毛馬出張所、大阪市建設局下水道河川部河川課、大阪市漁業協同組合、堺市防災計画室、堺市建設局公園緑地部公園管理課、堺市浜寺漁業協同組合、岸和田市生涯学習部郷土文化室、岸和田市公営競技事業所、岸和田土木事務所、岡田浦漁業協同組合、泉南郡田尻町社会教育課、長柄八幡宮（大阪市）および春日神社（泉南郡田尻町）には調査時の便宜を図って頂きました。また、掘削調査用地の地権者の方々に調査のご快諾を頂きました。産業技術総合研究所の杉山雄一氏には、新淀川のボーリング調査等、既往の上町断層帯調査結果について、村上文敏、岡村行信、楮原京子の各氏には、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 哲濟, 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.
- 趙 哲濟, 大坂城下町跡の自然地理学的背景について, 大阪市文化財協会編, 「大坂城下町跡 II」, 347-350, 2004.
- 趙 哲濟, 道修町, その成り立ちに迫る, 道修町資料保存会編, 「第 13 回道修町文化講演会」, 9-42, 2006.
- 趙 哲濟, 大坂城下町跡の古地理変遷, 日本堆積学会プログラム・講演要旨, 010, 27-28, 2009.
- 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, 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, 2010.
- 藤田和夫・前田保夫, 大阪西南部地域の地質, 地域地質研究報告(5万分の1図幅), 地質調査所, 103p, 1985.
- 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.
- 古谷正和, 大阪周辺地域におけるウルム氷期以降の森林植生変遷, 第四紀研究, **18**, 121-141, 1979.
- 古谷正和・田井昭子, 大阪層群と段丘堆積層・沖積層の花粉化石, 市原 実編著, 「大阪層群」, 創元社, 247-255, 1993.
- 古谷正和・坂上敏彦・松本雅治・中村忠春・中林正司・幸左賢二, 湾岸線南伸部の地質構造, 関西地盤の地質構造と土質特性に関する最近の知見シンポジウム, 79-84, 1992.
- 春成秀爾・今村峯雄編, 「弥生時代の実年代—炭素 14 年代をめぐる—」, 學生社, 253pp, 2004.
- 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.
- Ikebe N., Iwatsu, J., Takenaka J., Quaternary Geology of Osaka with Special Reference to Land Subsidence, Journal of Geosciences, Osaka City University, **13**, 39-98, 1970.
- 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, 19pp, <http://www.jishin.go.jp/main/index.html>, 2004.
- 梶山彦太郎, 少林寺西遺跡の貝層(SKT57), 森村健一編, 「堺環濠都市遺跡発掘調査報告—ホテルサンルート SKT57—」, 研究 1, 堺市文化財調査報告, 第 30 集, 堺市教育委員会, 1986.
- 梶山彦太郎・市原 実, 「大阪平野のおいたち」, 青木書店, 138pp, 1986.
- 日下雅義, 「古代景観の復原」, 中央公論社, 250pp, 1991.
- 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.

- 京都フィッシュントラック，東浅香山遺跡 (HGA97) 火山灰分析，東浅香山遺跡発掘調査概要報告 V，「東浅香山遺跡－調査のまとめ－」，39-48，堺市文化財調査概要報告，第 88 冊，堺市教育委員会，2000.
- 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.
- 松田順一郎，大阪府河内平野沖積低地南部，旧大和川分流路帯における完新世後半の河川地形変遷，日本第四紀学会講演要旨集，**33**，S-2，210-213，2003.
- 松田順一郎，発掘現場の地球科学 (4) 景観復元のために，考古学研究，54-4，108-111，2008.
- Mitamura, M., Matsuyama, N., Nakagawa, K., Yamamoto, K. and Suwa, S., Stratigraphy and subsurface structure of Holocene deposits around Uemachi upland in the central Osaka plain. Jour. Gesci. Osaka City Univ., **37**, 183-212, 1994.
- 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，産業技術総合研究所地質調査総合センター，**2**，109-123，2002.
- 森村健一編，「堺環濠都市遺跡発掘調査報告－ホテルサンルート SKT57－」，堺市文化財調査報告，第 30 集，堺市教育委員会，1986.
- 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 義記，榎尾川流域の地形発達史－地殻運動の発達を中心にして－，船越謙策教授退官記念事業会編，「地理科学の諸問題」，235pp，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.
- 大阪府，平成 8 年度地震調査研究交付金 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.
- 大阪府，平成 16 年度地震関係基礎調査交付金 大阪平野の地下構造調査成果報告書，大阪府，1-55，2005.
- 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.
- 大阪府史編集専門委員会編，「大阪府史第一巻古代編一」，大阪府，978+46pp，図版 8 枚，1978.
- 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・柄本泰浩・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, 2011.
- 矢作健二・辻 康男・辻本裕也, 南瓦町遺跡の自然科学分析, 南瓦町遺跡発掘調査概要報告, 「第 II 期庁舎及び保健所建設工事に伴う発掘調査-MK-3 地点・南瓦町-」, 21-29, 堺市文化財調査概要報告, 第 99 冊, 堺市教育委員会, 2003.
- 安田喜憲, 大阪府河内平野における弥生時代の地形変化と人類の居住-河内平野の先史地理学的研究 I-, 地理科学, **27**, 1-14, 1977.
- 安田喜憲, 大阪府河内平野における過去一万三千年間の植生変遷と古地理, 第四紀研究, **16**, 211-229, 1978.
- 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.