

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 陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化

(1) 業務の内容

(a) 業務題目 陸上部の警固断層における最新活動時期の高精度化

(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	研究チーム長	吉岡 敏和
独立行政法人産業技術総合研究所	主任研究員	宮下 由香里

(c) 業務の目的

陸上部分における警固断層の最新活動時期および複数回の層活動履歴をより高精度に求めることを目的に、平成 23 年度の調査結果およびサブテーマ（1）の検討結果に基づいて、警固断層陸上部においてトレンチ調査およびボーリング調査等を実施する。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 23 年度：

警固断層帯（南東部）の陸上部分について、既存の地形地質資料および地表踏査結果に基づき、トレンチ調査用地選定のためのボーリング調査と地中レーダー探査を実施した。また、断層トレース沿いの埋蔵文化財発掘資料の収集・解析を行い、断層活動および液状化等の強震動イベントの抽出を行った。

2) 平成 24 年度：

警固断層帯（南東部）の陸上部分について、トレンチ調査用地選定のための地中レーダー探査とボーリング調査を実施した。選定した候補地点のうち、2 地点においてトレンチ調査を実施した結果、両地点ともトレンチ範囲内には断層が通過しないことが明らかになった。また、ボーリングコア、トレンチ壁面から採取した試料の年代測定を実施した。

3) 平成 25 年度：

補足トレンチ、ボーリング調査および年代測定を実施し、活動履歴の高精度化を図るとともに、これらのデータを整理検討し、断層帯全体の活動の時空分布図を作成する。

(2) 平成 24 年度の成果

(a) 業務の要約

警固断層帯（南東部）の陸上部分について、トレンチ調査用地選定のための地中レーダー探査とボーリング調査を実施した。選定した複数候補地点のうち、主断層 1 地点、北東側に並走する断層 1 地点の合計 2 地点においてトレンチ調査を実施した。また、ボーリン

グコア、トレンチ壁面から採取した試料の年代測定を実施した。その結果、トレンチ掘削範囲内には断層が通過しないことから、断層は、幅を持って推定された断層通過範囲のうち、トレンチ掘削範囲以外に限定することができる。また、調査地に分布する地層の層相および年代が明らかとなり、次年度以降の調査地選定に有用な情報が得られた。

(b) 業務の実施方法

1) 調査地域の選定

本サブテーマの目的である「陸上部分における警固断層の最新活動時期および複数回の層活動履歴をより高精度に求める」ためには、福岡市から春日市、大野城市、太宰府市を経て筑紫野市に至る断層帯のうち、約4千年前と推定されている警固断層帯の最新活動イベント（宮下ほか、2007、岡村ほか、2009）が、南東部のどの地点まで追認されるかを明らかにすることと、複数回の古地震イベントあるいはイベント1回あたりの変位量を明らかにすることが重要である（図1）。このためには、地形地質調査に基づきターゲットとする年代の地層が堆積している箇所を選定して、トレンチ調査を実施することが最も効率が良い。しかし、福岡市部はもとより、春日市、大野城市、太宰府市の警固断層帯分布域は、都市開発が著しく、現時点ではトレンチ掘削調査が可能であるような土地がほとんど存在しない。他方、警固断層帯分布域のうち、断層露頭やトレンチ調査等で地質学的に断層の存在が確認されているのは、太宰府市大佐野^{おおざの}までである。大佐野以南（筑紫野市）では、北西部の断層分布域と比して、トレンチ掘削調査が可能と思われる土地は多いが、九州活構造研究会編（1989）、福岡県（1996）、下山ほか（1999）、中田・今泉編（2002）、吾妻ほか（2007）、谷口ほか（2008）等に示されるように、断層トレースが不明瞭となり、判読者間で見解の一致を見ていない（図2）。この地域の断層通過位置を特定することは、陸上の警固断層帯の南東端部の位置を推定する上でも重要な意味を持つ。そこで、今年度は、これまで活動履歴調査が実施されていない太宰府市大佐野以南の断層位置を特定することと、古地震イベントを明らかにすることをひとつ目の目的とした。

最新活動を含む過去3回の古地震イベントが推定された大野城市上大利^{かみおおり}のトレンチ（宮下ほか、2007）掘削地点周辺の断層トレースは、断層露頭直近である（唐木田ほか、1994）こともあり、大佐野以南の断層トレースと比して、判読者間の断層推定位置が一致している（図2および図3）。換言すれば、大佐野以南より断層変位地形が明瞭である。しかし、上大利地点の約500m北東側には、並走する別の断層の存在が示されている（千田ほか、1996、福岡県、1996、中田・今泉編、2002）。また、谷口ほか（2008）では、両トレースの中間地点付近に、これらと異なる断層トレースを判読している。上大利トレンチ掘削地点を含む断層トレースのほかに、これと並走する断層が存在するのであれば、その活動時期を明らかにする必要がある。そこで、今年度は、この断層の位置と活動履歴を明らかにすることをふたつ目の目的とした。

今年度の当初計画において、野外調査部分は、地中レーダー探査→ボーリング調査→トレンチ調査の順に進めていく予定であったが、昨今の活断層調査を取り巻く諸事情により、請負業者の調整、ボーリング業者の調整、調査に伴う諸手続等に予想以上に時間がかかった。したがって、限られた工期の中で着実に調査を進めるため、地中レーダー探査（1回目）→筑紫野市塔原西^{とうのはるにし}トレンチ調査→太宰府市向佐野^{むかいざの}ボーリング調査→同トレンチ調査→

同追加ボーリング掘削→地中レーダー探査（2回目）の順で調査を実施した。

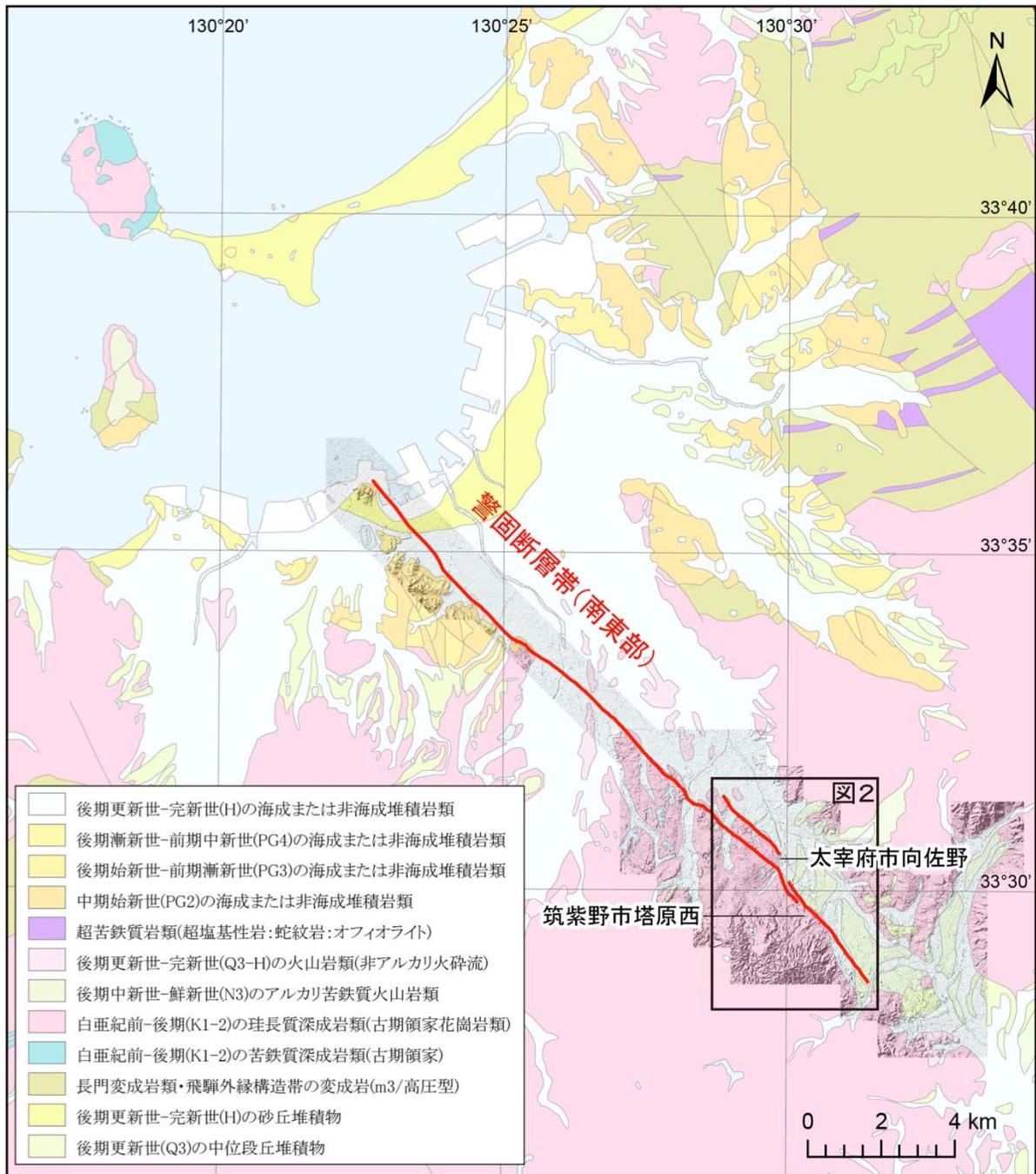


図1 警固断層帯（南東部）の分布
基図は 20 万分の 1 日本シームレス地質図[®]を用いた。

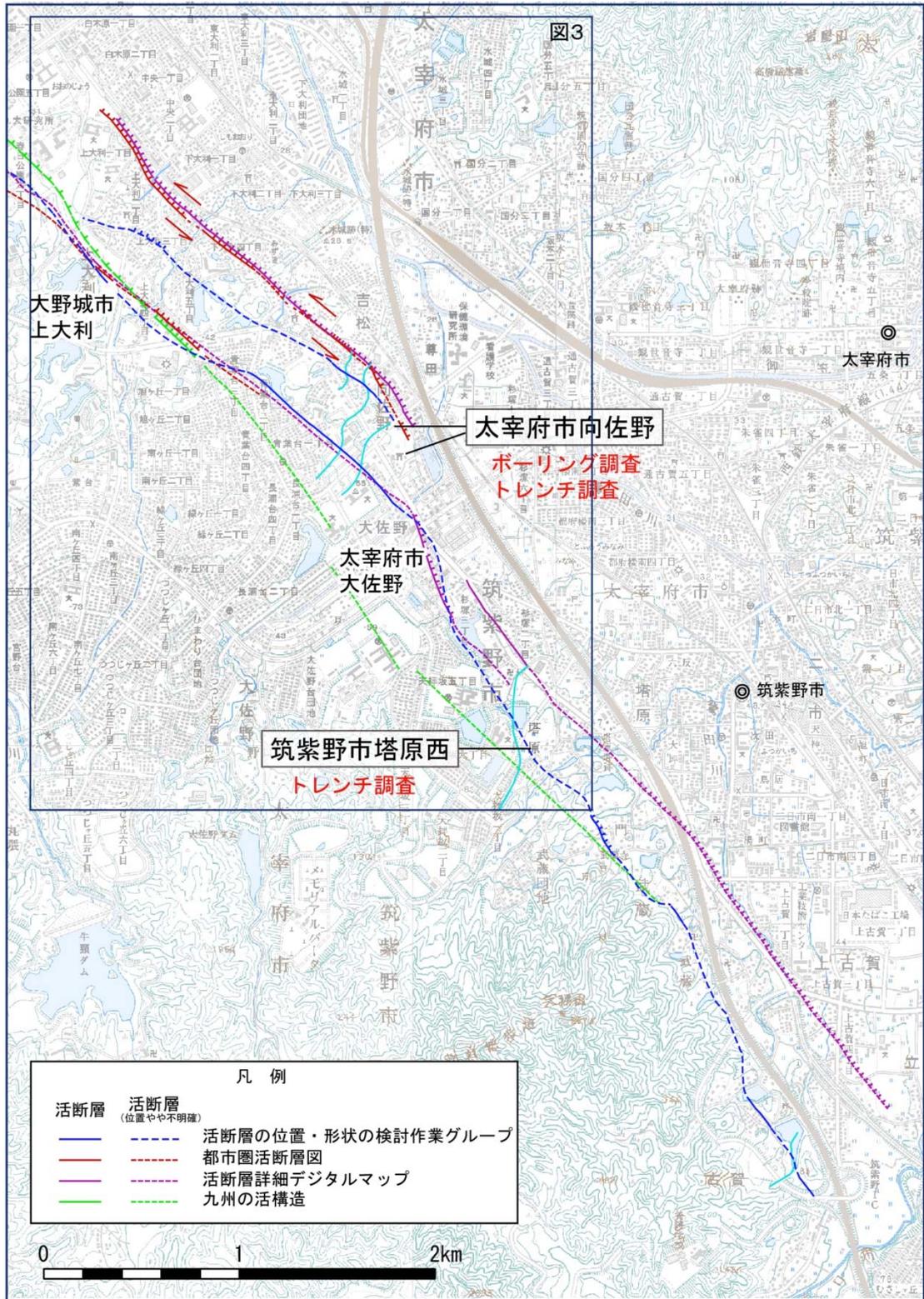


図2 調査地点位置図
 警固断層帯（南東部）南東部における断層トレースとボーリング調査、トレンチ調査位置を示す。基図には、国土地理院発行の2万5千分の1地形図「福岡南部」、「太宰府」、「不入道」、「二日市」を使用した。

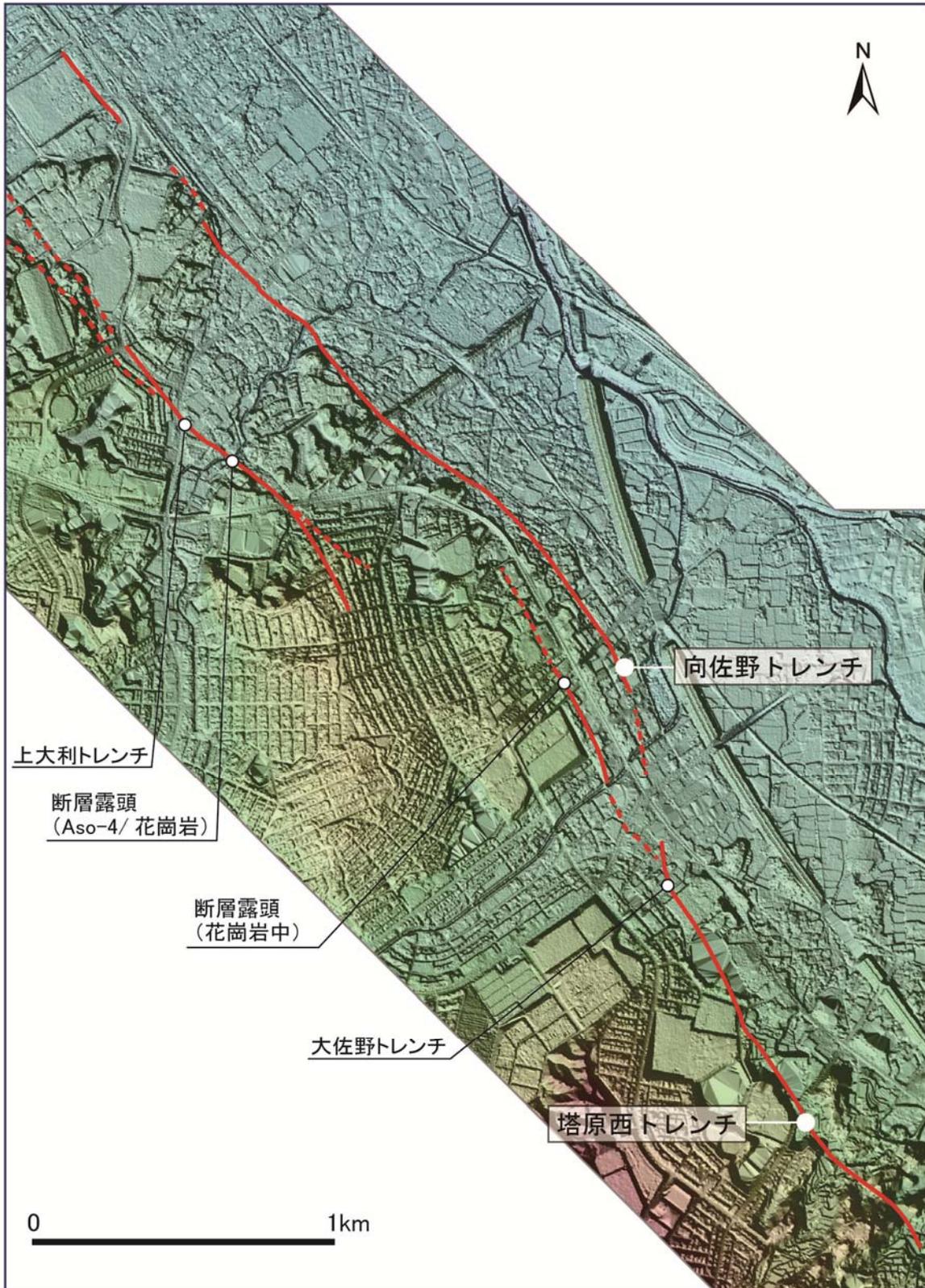


図3 大野城市から太宰府市における警固断層詳細トレース
 これまでに断層の存在が地質学的に確認されている地点と今年
 度のトレンチ調査地点を示す。断層トレースは、これらと空中写
 真判読、DEM解析をもとに推定した。

2) 地中レーダー探査（1回目）

a) 測線

地中レーダー探査は、2回に分けて実施した。1回目はトレンチ調査地点選定を目的として、大野城市白木原～上大利の6測線（Line1～3、Line9-1～11）、水城跡近傍の2測線（Line4、Line5）、太宰府市向佐野の3測線（Line6～8）、筑紫野市塔原の2測線（Line12、Line13）、同古賀の1測線（Line14）の合計14測線で実施した（図4）。測線の地表面は、Line5測線の一部とLine12測線の一部が水田脇の畦道である以外は、すべて舗装道路である。探査測線の選定に当たっては、昨年度実施した地中レーダー探査の結果を補完・追認するために必要な箇所と、トレンチ調査地点を選定するという観点から、実際に調査可能と思われる土地（構造物がない土地）の近傍を選定した。

b) データの取得

地中レーダー探査のデータ取得の主な仕様を表1に示す。データ取得は、プロフィール測定法（物理探査学会、2008）によって行った。本探査で用いた測定システムはSensors & Software社製のpulseEKKO PROであり、送受信アンテナには250MHzアンテナを使用した。

表1 地中レーダー探査（1回目）データ取得の主な仕様

Instrument	pulseEKKO PRO Transducer system (Sensors & Software Inc.)
Transducers	250 MHz
Scan interval	0.025m
Data format	pulseEKKO File Format: HD, DTI
No. of samples	250
sampling interval	0.800 nsec
Recording length	200 nsec

測定は、GPS およびオドメーター付きのカー트에アンテナを搭載して行い、位置および距離は同時測定した。測定ではアンテナの移動距離と電磁波の送受信を同期させ、2.5cm間隔のデータ取得を行った。測定の際には、アンテナの移動距離と地表位置や断層推定位置との関係を明確にするために、マンホールや側溝等の目標物を記載した。また、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0.800nsec、記録長は200nsec（250サンプル）、記録ファイルフォーマットはHDおよびDTI形式（pulseEKKO File Format）である。

また、レーダー波の地中伝播速度を求めるために、Sensors & Software社製のpulseEKKO 100を用いたワイドアングル測定（CMP探査）を併せて実施した。

c) データ処理

本探査のデータ処理の流れを表2に示す。各種フィルター処理や振幅調整を行い、各測線について往復走時160nsecまでの地中レーダー探査時間断面を得た。CMP探査および解析によって得られたレーダー波の地中伝播速度 $V \approx 0.065\text{m/ns}$ を用いて、これらの時間断面

を深度断面に変換した。

表2 地中レーダー探査（1回目）データ処理の流れ

Parameters	Setting
Dc-shift	Auto
Vertical filter	Vertical trace Average:2
Horizontal filter	Horizontal trace Average:2
Migration	Velocity:0.06m/ns, Window Width:0.30m, Scale:0.30
Gain	AGC, Window Width:3, Max Value
Shift Topography	Read from maps

3) ボーリング調査

ボーリング調査は、太宰府市向佐野の2地点で実施した(図2)。このうち向佐野交差点南方の地点を向佐野地点、約100m南に位置する地点を向佐野前田公園地点と呼ぶこととする。

向佐野地点では、昨年度の空中写真判読および地中レーダー探査結果から、地下に断層が埋没している可能性が示されている(文部科学省研究開発局・国立大学法人九州大学、2012)。しかし、本地点を含む一帯は、日焼遺跡として大規模な埋蔵文化財発掘調査が実施され、旧石器時代以降の各時代の生活面が確認されている(太宰府市教育委員会、2008)ことから、地層表層部に人口改変が及んでいることが確実である。そこで、ボーリング調査は、断層位置を推定することと、地質状況(層相)を確認し、トレンチ調査適地か否かを判断することを目的として、推定断層トレースを横断するように測線を設定し、合計4孔を掘削した。いずれのボーリングも垂直掘り、オールコアリングとし、掘削コアはコア箱に収納後、表面を整形して層相の観察および記載を行った。

向佐野前田公園地点は、用地交渉の結果、前記向佐野地点でのトレンチ調査が不可能となったため、近隣のトレンチ掘削可能な土地として選定した。本地点も、向佐野地点と同様に日焼遺跡および前田遺跡の範囲に当たるため、向佐野地点と同様に、断層位置を推定することと、地質状況(層相)を確認し、トレンチ調査適地か否かを判断することを目的として、ボーリング掘削を実施した。ただし、本地点は太宰府市所有地であることと、住宅密集地中央部にある公園であることから、諸手続き並びに自治会の承認、近隣住民への周知等に時間を要したため、トレンチ調査前の掘削孔数は2孔となった。その後、トレンチ壁面に断層が露出しなかったことや地層の変形が認められなかったことを踏まえ、2孔より西側において1孔を追加掘削した。いずれのボーリングも垂直掘り、オールコアリングとし、掘削コアはコア箱に収納後、表面を整形して層相の観察および記載を行った。

4) トレンチ調査

トレンチ調査は、空中写真判読、地形地質調査、地中レーダー探査、ボーリング調査結果の総合的検討および用地交渉の結果、筑紫野市塔原西地点と、太宰府市向佐野地点の2地点で実施した。掘削地点選定理由および掘削方法の詳細は、成果の項((c)-3))で記述

する。

5) 地中レーダー探査（2回目）

a) 測線

2回目の地中レーダー探査は、塔原西トレンチおよび向佐野トレンチ調査地点直近を断層が通過する可能性の有無を明らかにすることと、次年度以降のトレンチ調査候補地選定を目的として、大野城市下大利（水城跡近傍）の2測線（Line15、Line16）、太宰府市向佐野の8測線（Line17～Line24）、太宰府市大佐野～筑紫野市杉塚の3測線（Line25～Line27）、筑紫野市塔原西の7測線（Line28～Line34）の合計20測線において実施した（図4）。測線の地表面は、Line15、Line16測線が表土、Line17、Line18測線が砂利敷き、Line20～22、Line25～27測線が公園あるいはグラウンド造成時の砂、Line31、33、34測線が田んぼ、その他が舗装道路である。

b) データの取得

地中レーダー探査のデータ取得の主な仕様を表3に示す。データ取得は、プロフィール測定法（物理探査学会、2008）によって行った。本探査で用いた測定システムはGSSI社製のSIR-3000であり、送受信アンテナにはGSSI社製電磁シールド付き100MHzアンテナ（Model-3207A）を使用した。測定では直径400mmのサーベイホイールによってアンテナの移動距離と電磁波の送受信を同期させ、6.25cm間隔のデータ取得を行った。測定の際には、アンテナの移動距離と地表位置や断層推定位置との関係を明確にするために、マンホールや側溝等の目標物を記載した。また、再現性の確認のために必要に応じて測線を往復して2回の測定を行った。

表3 地中レーダー探査（2回目）データ取得の主な仕様

Instrument	SIR-3000 (Geophysical Survey Systems Inc.)
Antennae	Model-3207A
Frequency	100 MHz
Scan interval	0.0625m
Data format	DZT, 16 bit
No. of samples	512
sampling interval	0.391 nsec
Recording length	200 nsec

取得データのサンプリング間隔は0.391nsec、記録長は200nsec（512サンプル）、記録データビット長は16bit、記録ファイルフォーマットはDZT形式である。

c) データ処理

本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RADAN6.6を用いて行った。データ処理の流れを表4に示す。各種フィルター処理や振幅調整を行い、

各測線について往復走時 200nsec までの地中レーダー探査時間断面を得た。各断面にはマンホールや埋設管の影響を受けたノイズが認められる。マンホールの場合は直上を通らずとも影響を受けるので、ノイズを完全に回避することは困難である。システムノイズ等のランダムなノイズに関しては、Horizontal Stack によりノイズの低減を行った。

表 4 地中レーダー探査（2回目）データ処理の流れ

Data Edit
→ Horizontal Stack
→ Bandpass Filter
→ Linear Gain Control
→ Linear Color Scaling

地中レーダー探査の往復走時に対する換算深度は、物質の比誘電率により異なり、実際の深度と対応させることは難しく、目安の深度換算となる。今回の探査において想定される地盤の 1 m 当たりの換算往復走時は、物理探査学会（1999）によると、アスファルト 11nsec、碎石（乾燥砂に相当）11～16 nsec、平均的な表土 27 nsec、地山の砂（飽和）37 nsec、地山のシルト（飽和）21 nsec 等であり、おおよそ往復走時 25 nsec で深度 1 m に換算される。

(c) 業務の成果

1) 地中レーダー探査（1回目）

1 回目の地中レーダー探査測線を図 4 に、探査結果を図 5 から図 18 に示す。探査結果は、地形補正と CMP 探査結果に基づく深度変換を実施し、深度断面として表示した。

大野城市白木原～上大利の 3 測線（Line1～3）のうち、横ずれ断層的な構造が認められる箇所は、Line1 の 45m、82m、186m 付近、Line2 の 94m、118m 付近、Line3 の 39m、56m、99m 付近である。

水城跡近傍の 2 測線（Line4、Line5）のうち、断層構造が疑われる箇所は、Line4 の 35m、58m、70m、129m、177m 付近、Line5 の 56m、84m、99m、180m、198m 付近である。

太宰府市向佐野の 3 測線（Line6～8）のうち、断層構造が疑われる箇所は、Line6 の 126m、141m、Line7 の 58m、130m、224m、231m、234m、246m 付近、Line8 の 248m、296m、394m、Line8 の 249m、296m、394m、456m、530m 付近である。

以上の測線において認められた断層の可能性のある構造は、それぞれを対比させることは困難であるが、全体としては、空中写真判読から推定される北東側断層トレースと一致する線として認識できる箇所が多い。

大野城市上大利の 3 測線（Line9-1～11）のうち、断層構造が疑われる箇所は、Line9 の 72m、108m、Line10 の 43m、45m、78m 付近、Line11 の 7m、9m、62m、68m、74m 付近である。

筑紫野市塔原の 2 測線（Line12、Line13）のうち、断層構造が疑われる箇所は、Line12 の 27m、91m、112m、Line13-1 の 50m、138m、145m、152m 付近、Line13-2 の 96m、106m、122m 付近である。

筑紫野市古賀のLine14測線において断層構造が疑われる箇所は、231m付近のみである。以上の測線において認められた断層の可能性のある構造は、近接する測線間(たとえば、Line9、10、11)では対比できる可能性がある。とくに、今年度ボーリングおよびトレンチ調査を実施した太宰府市向佐野地区と筑紫野市塔原西地区の測線については、地下地質情報が判明していることから、今後詳細な検討を行うことにより、地下地質構造と断層通過位置をより高精度で推定できる可能性がある。

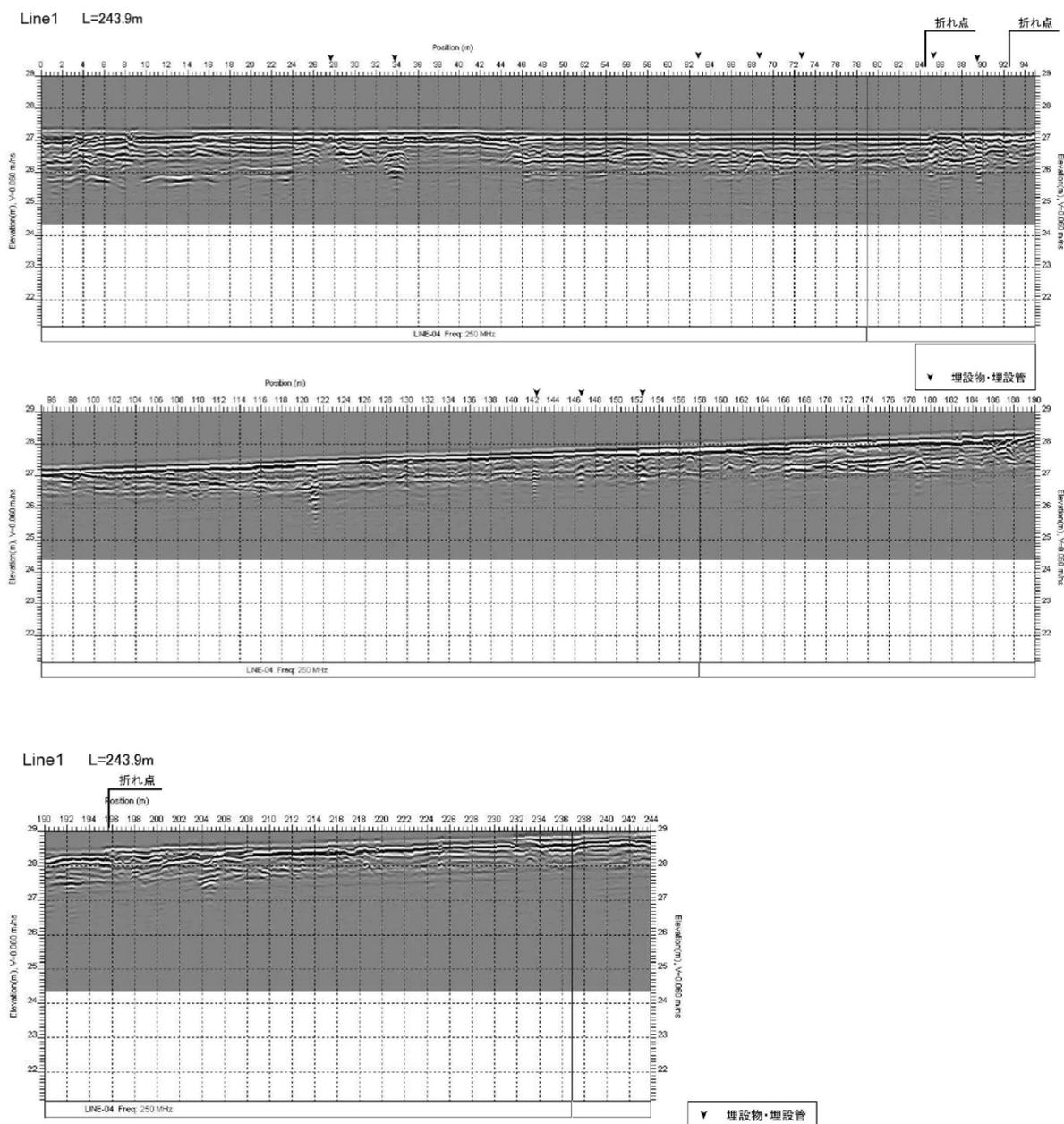


図 5 Line1 測線の地中レーダー探査結果

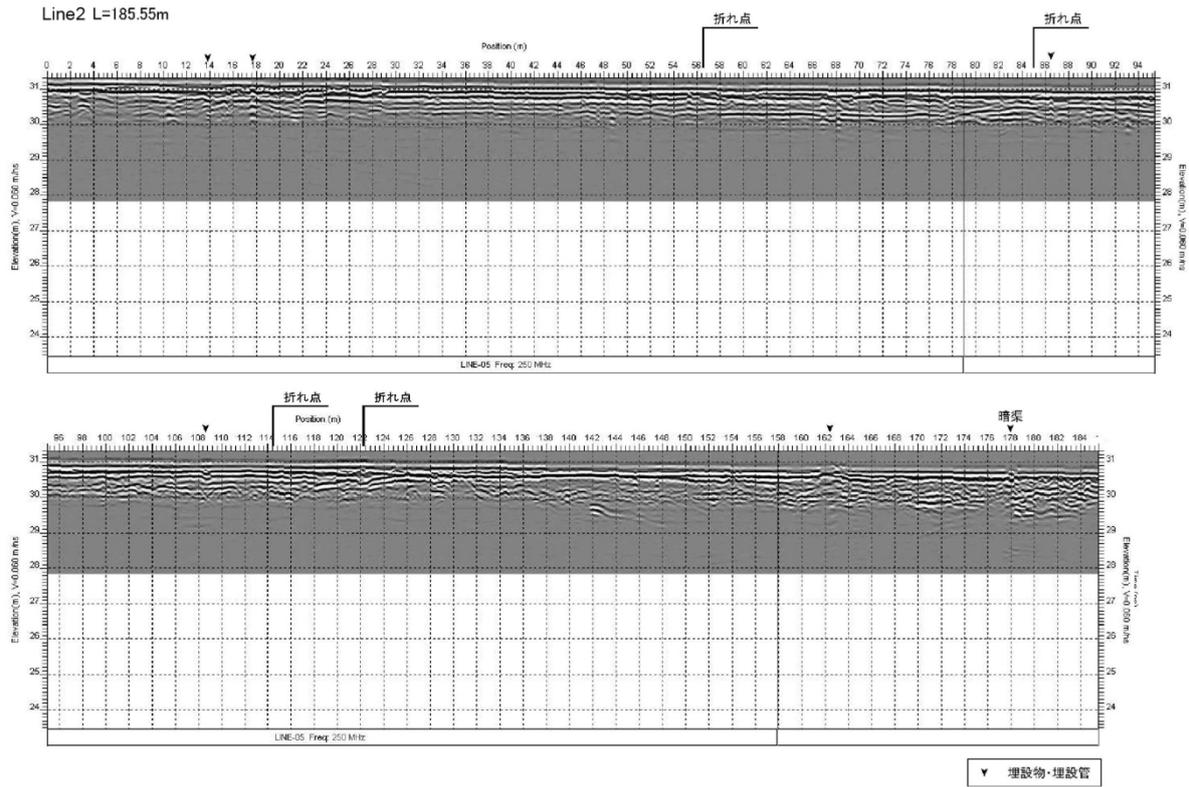


図 6 Line2 測線の地中レーダー探査結果

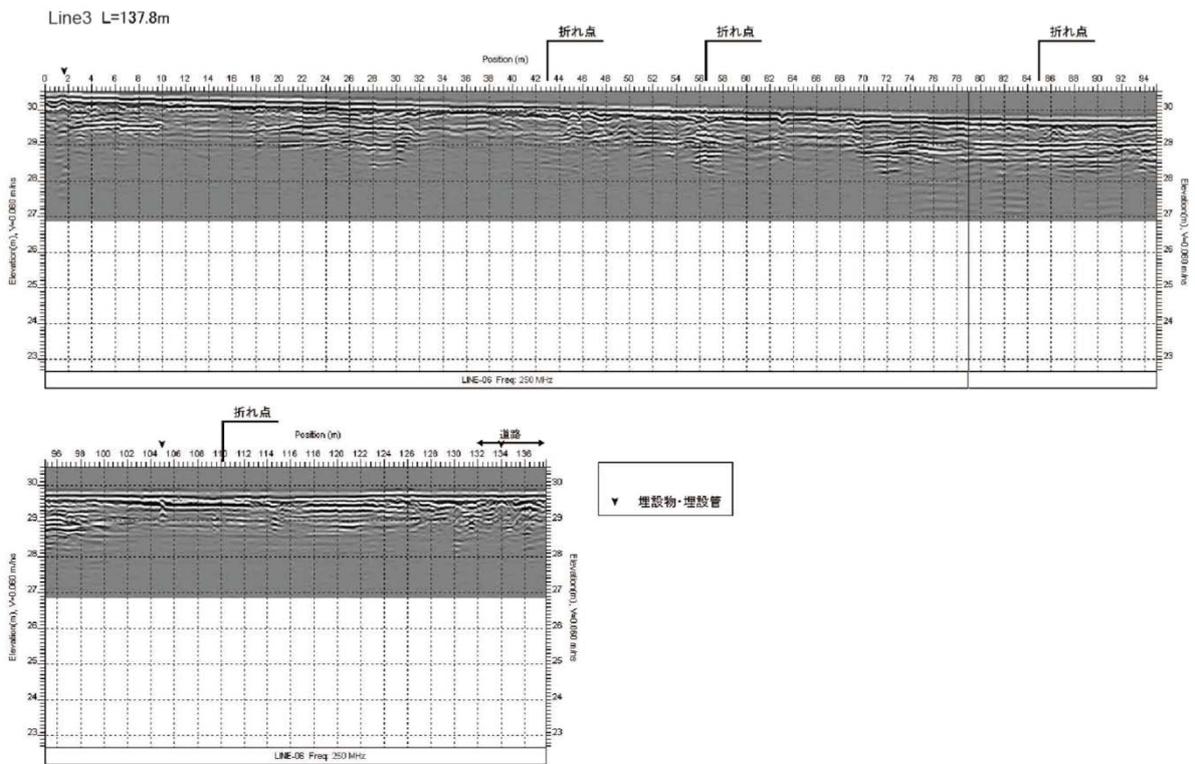
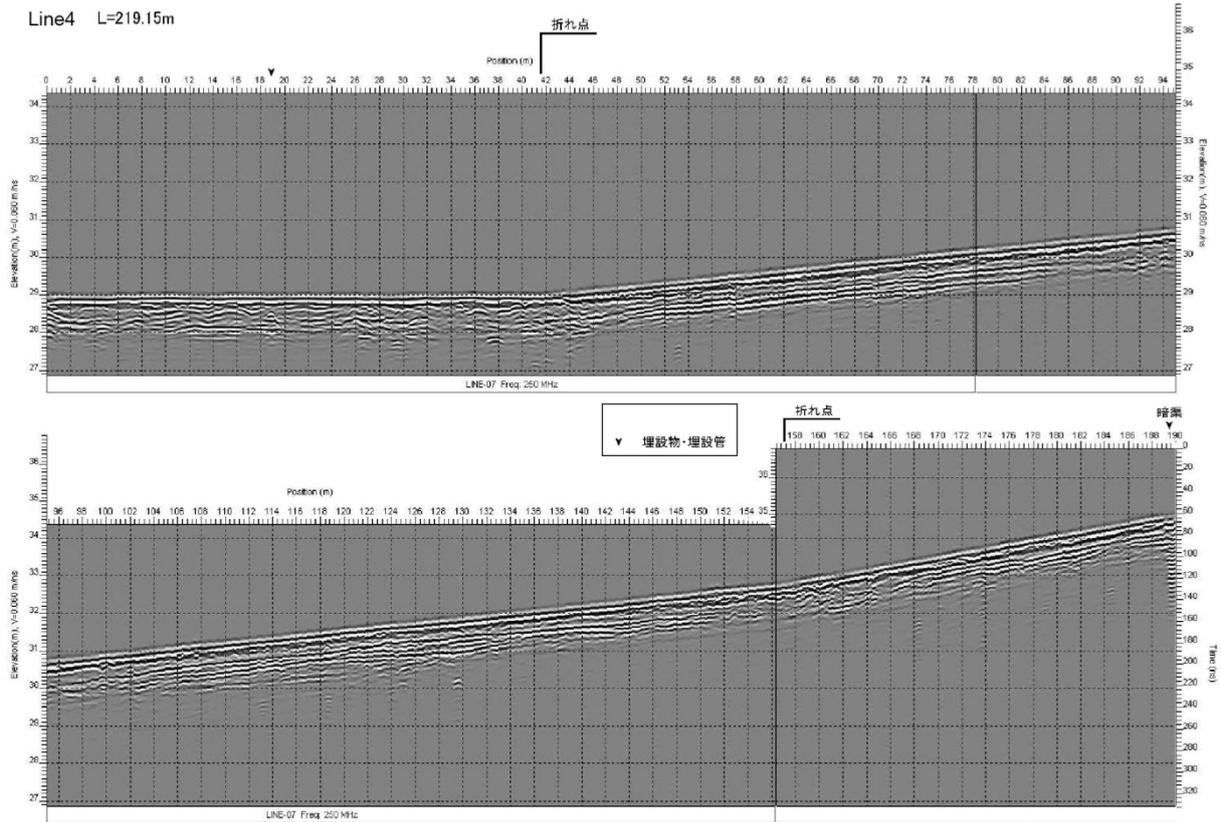


図 7 Line3 測線の地中レーダー探査結果

Line4 L=219.15m



Line4 L=219.15m

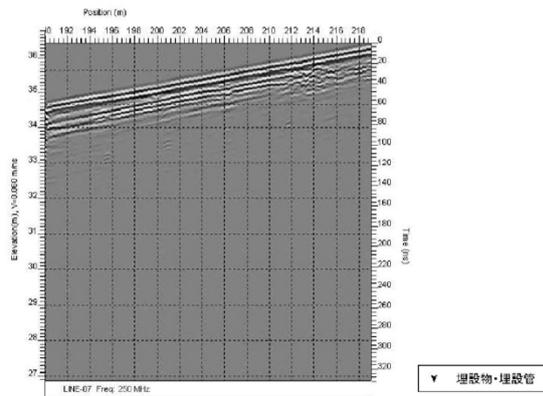


図8 Line4 測線の地中レーダー探査結果

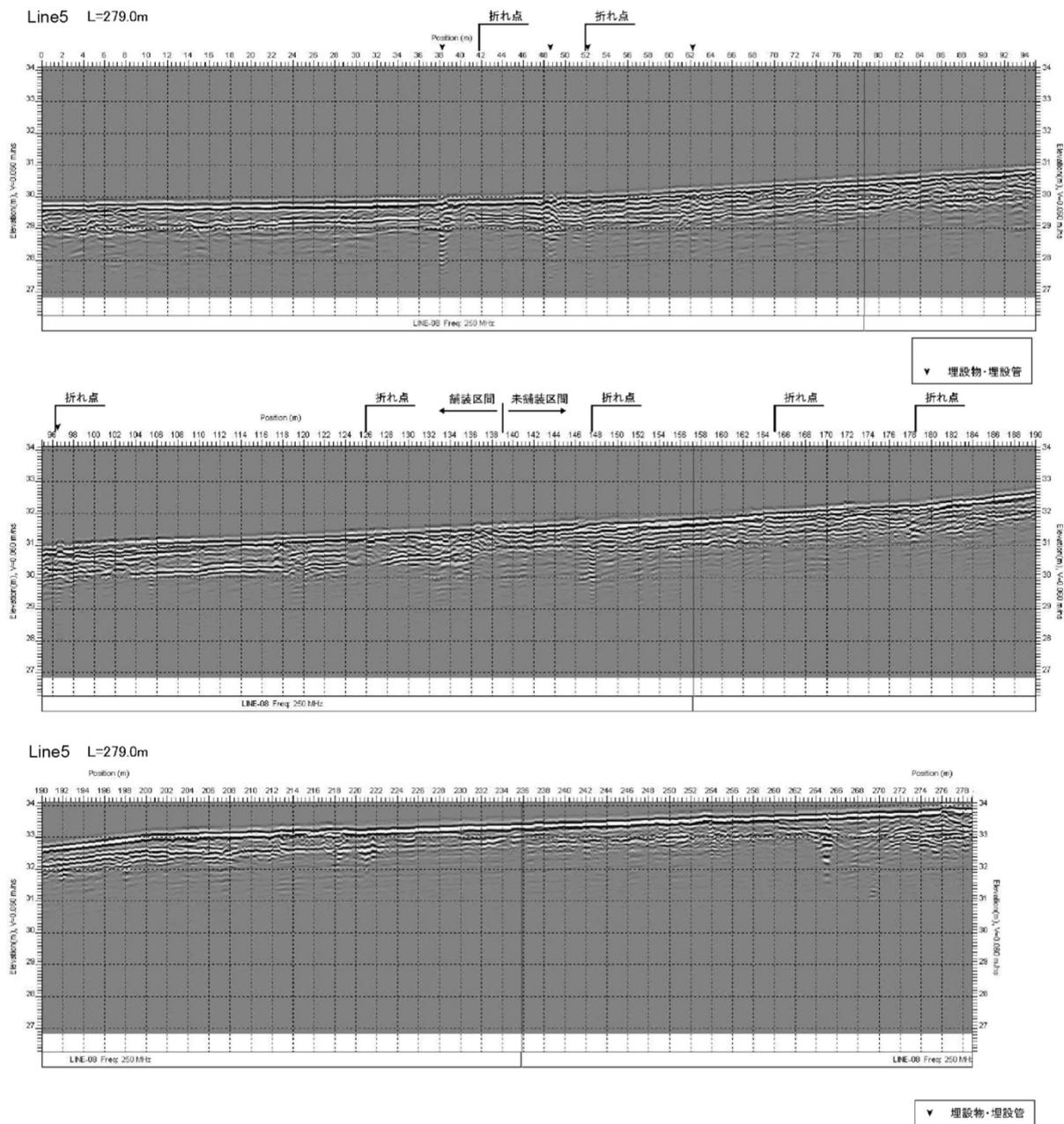


図9 Line5 測線の地中レーダー探査結果

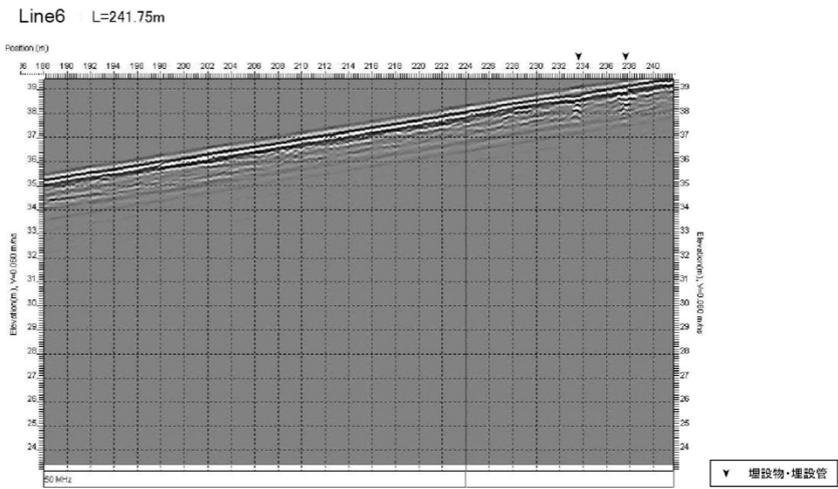
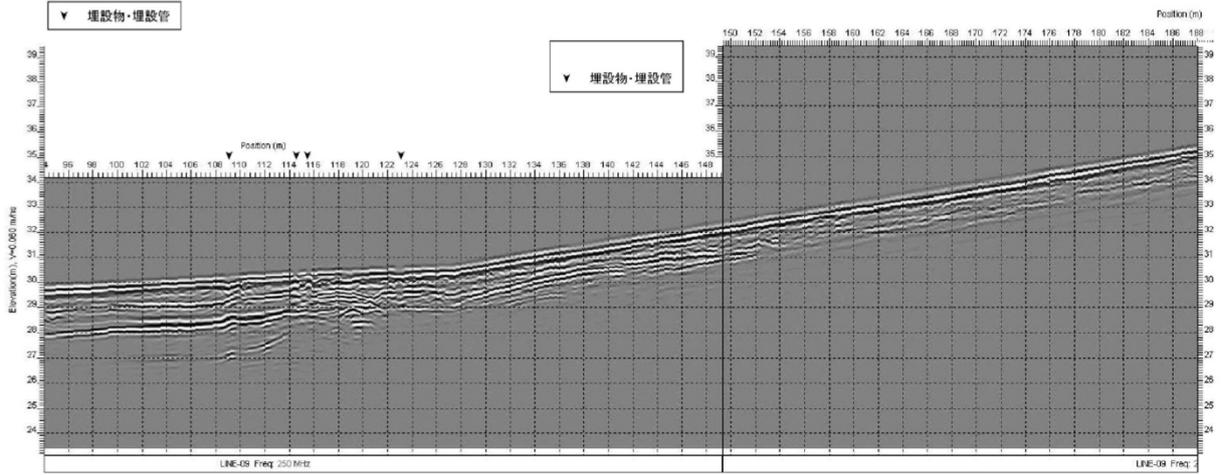
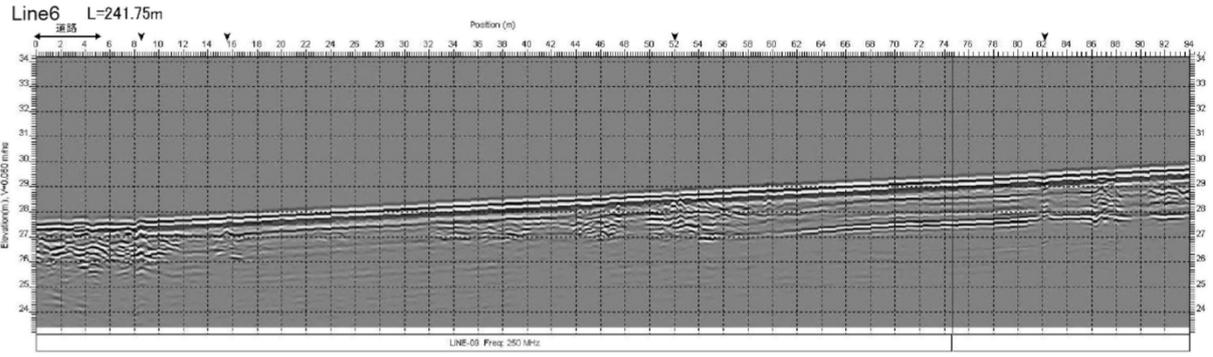


図 10 Line6 測線の地中レーダー探査結果

Line7 L=300.6m

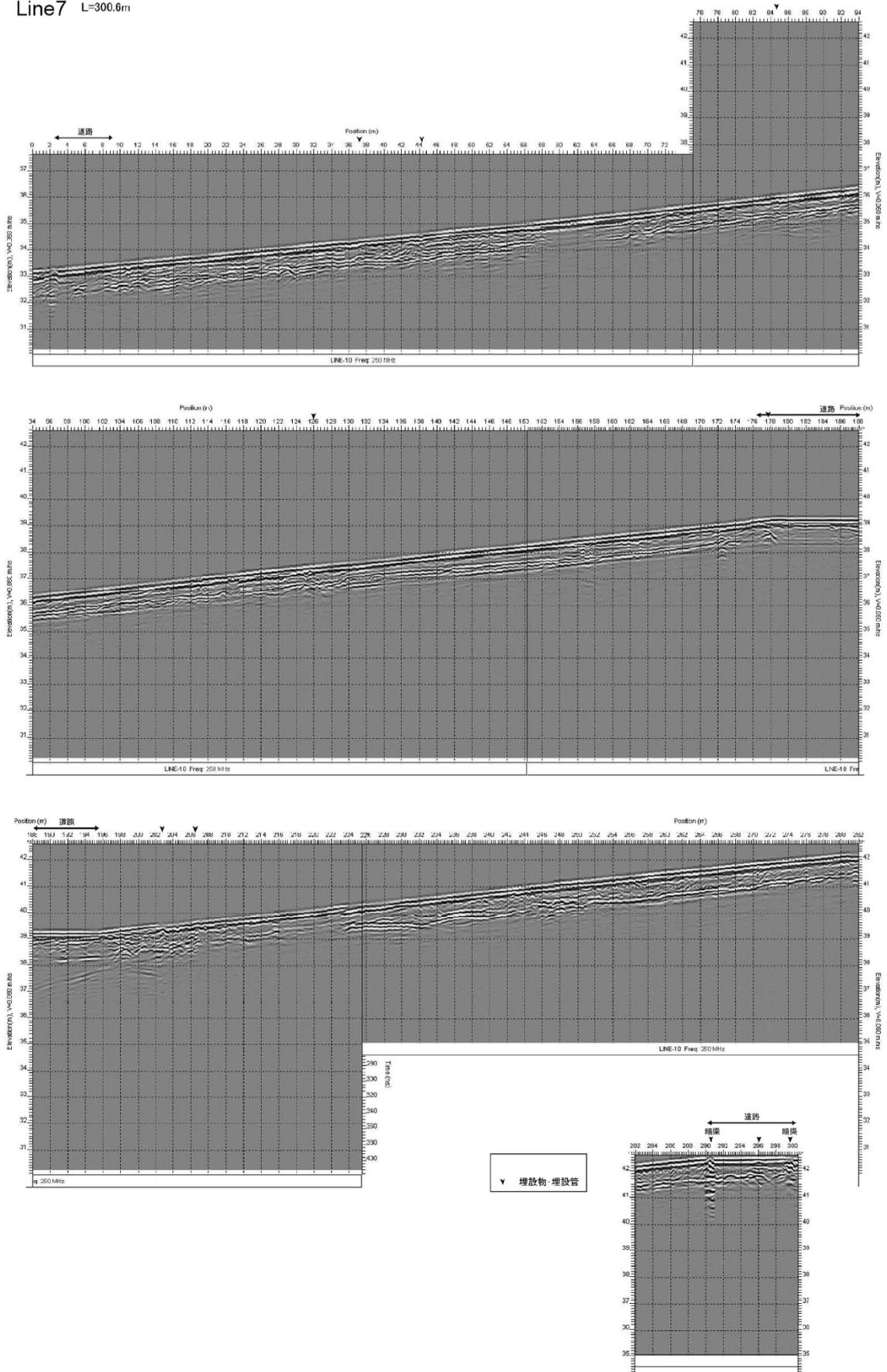


図 11 Line7 測線の地中レーダー探査結果

Line8 L=661.2m

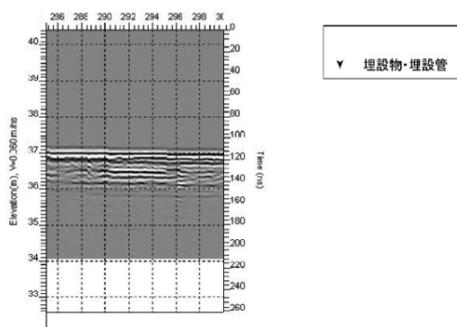
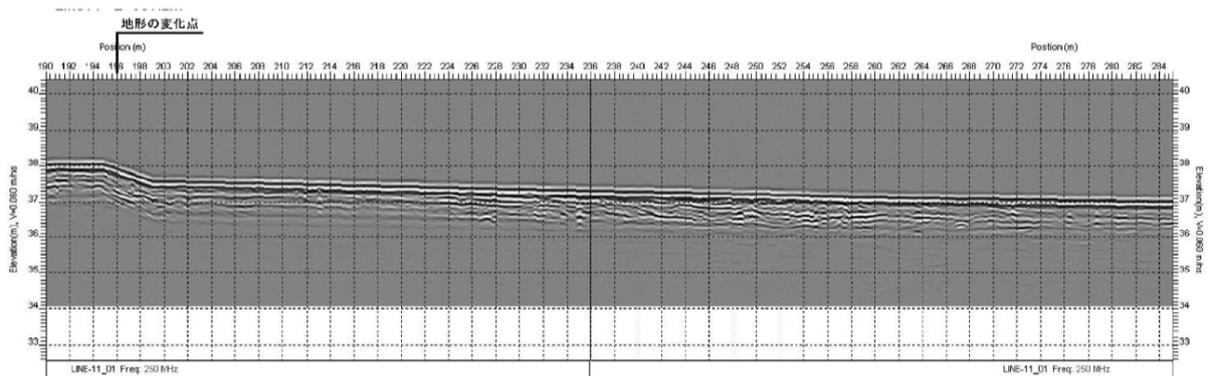
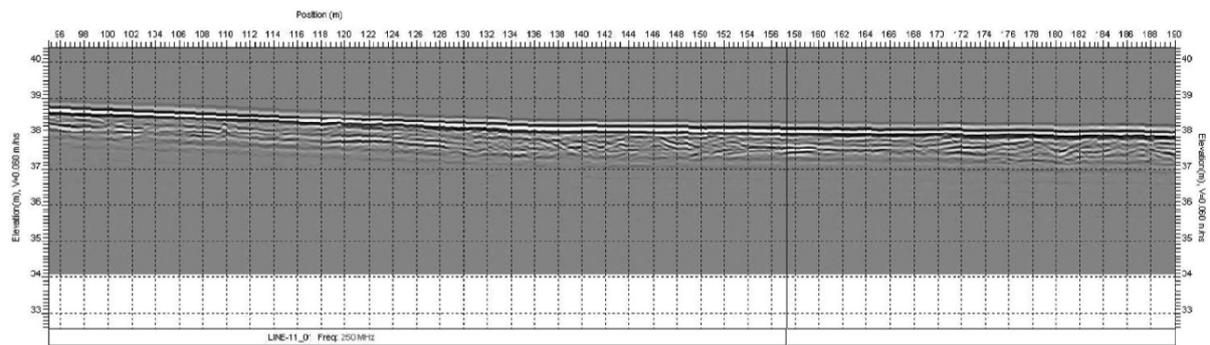
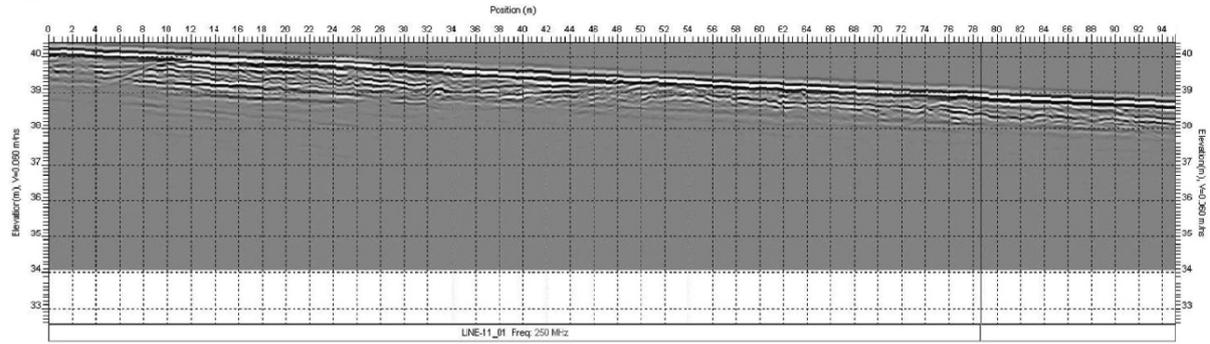


図 12 Line8 測線の地中レーダー探査結果

Line8 L=661.2m

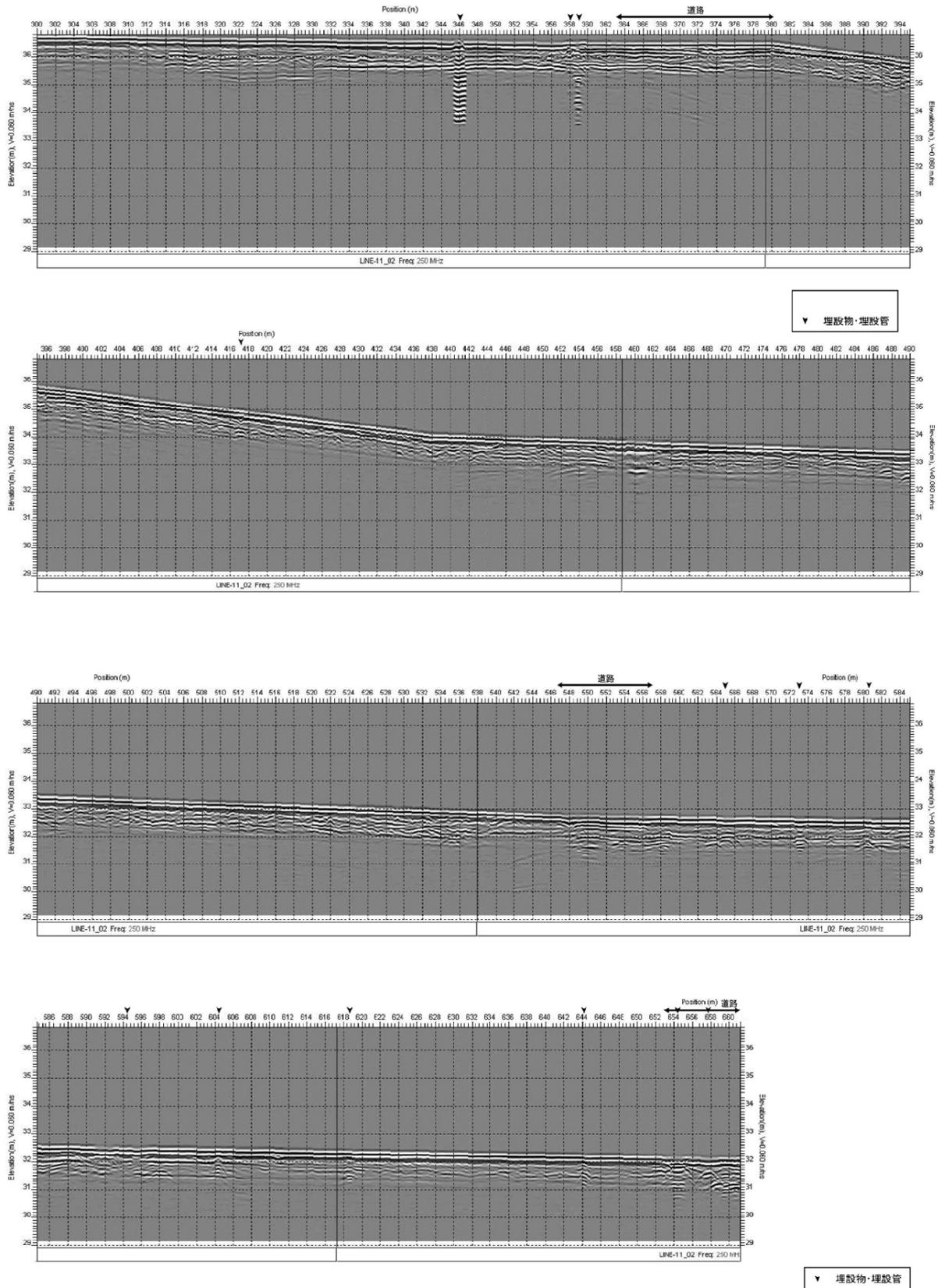


図 12 Line8 測線の地中レーダー探査結果 (つづき)

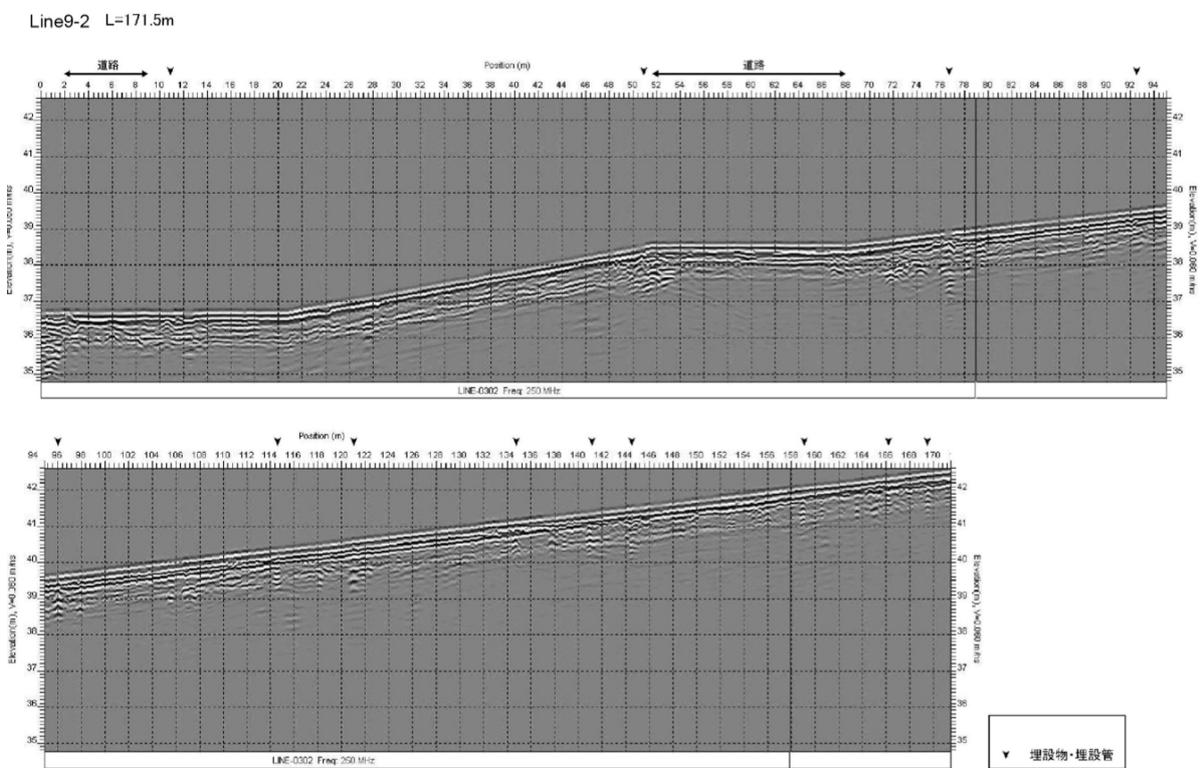
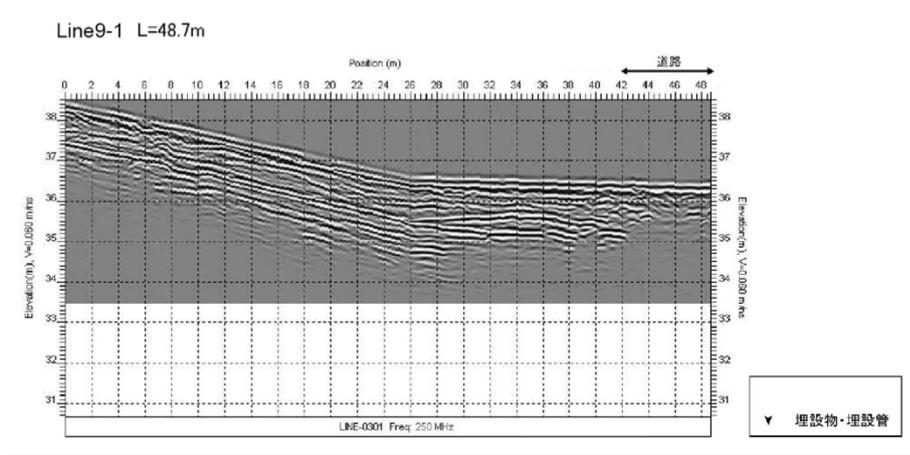


図 13 Line9 測線の地中レーダー探査結果

Line10 L=106.2m

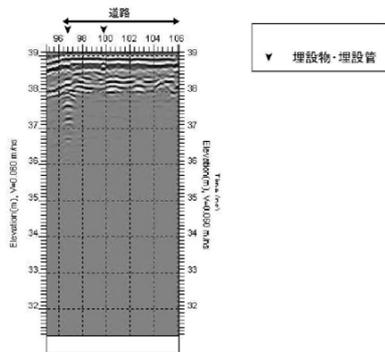
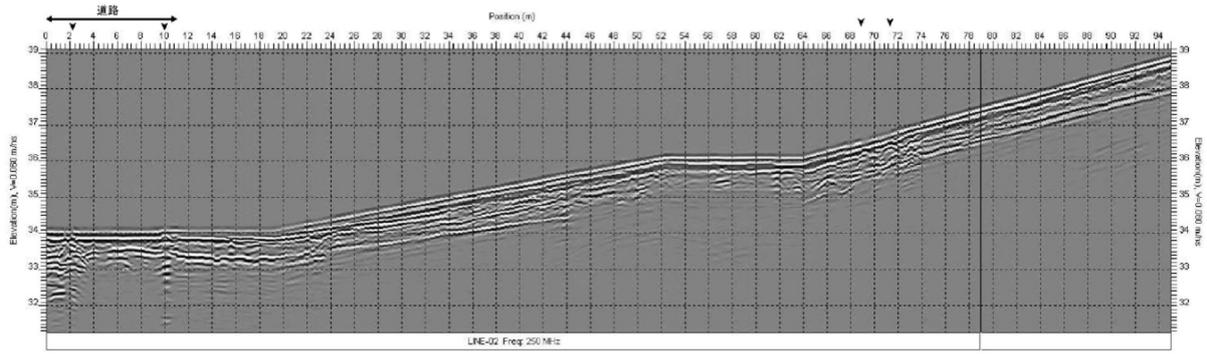


図 14 Line10 測線の地中レーダー探査結果

Line11 L=119.7m

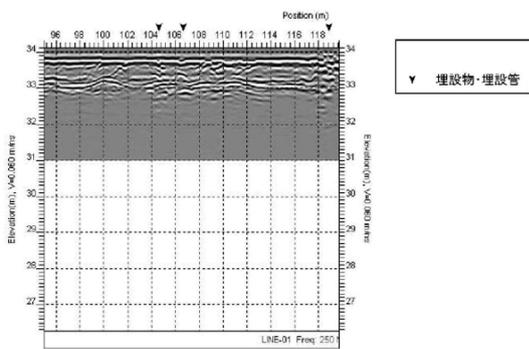
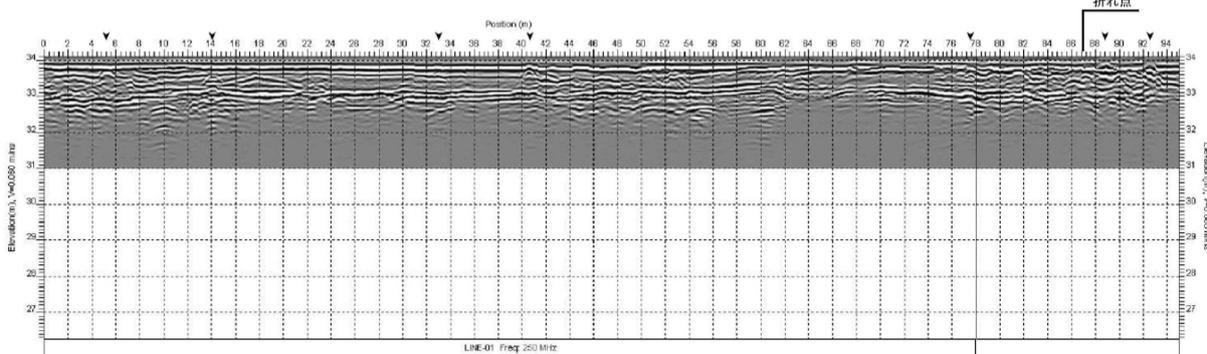


図 15 Line11 測線の地中レーダー探査結果

Line12 L=182.6m

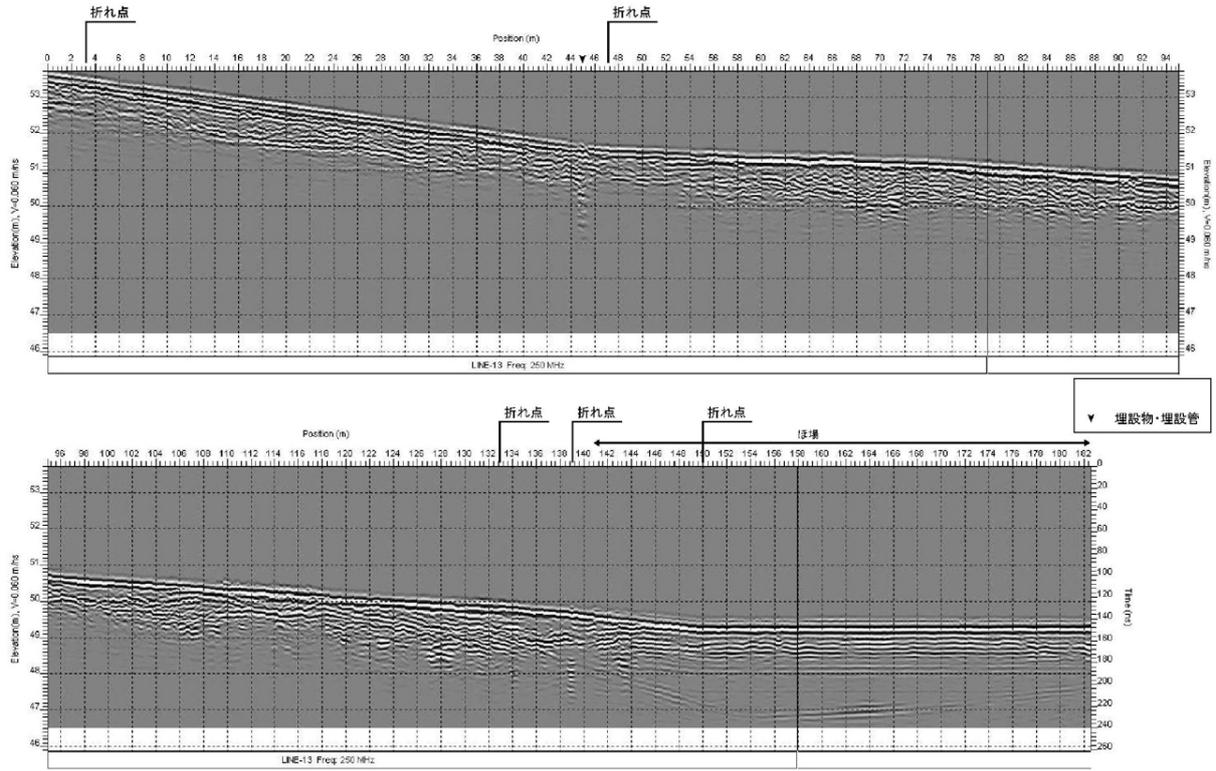
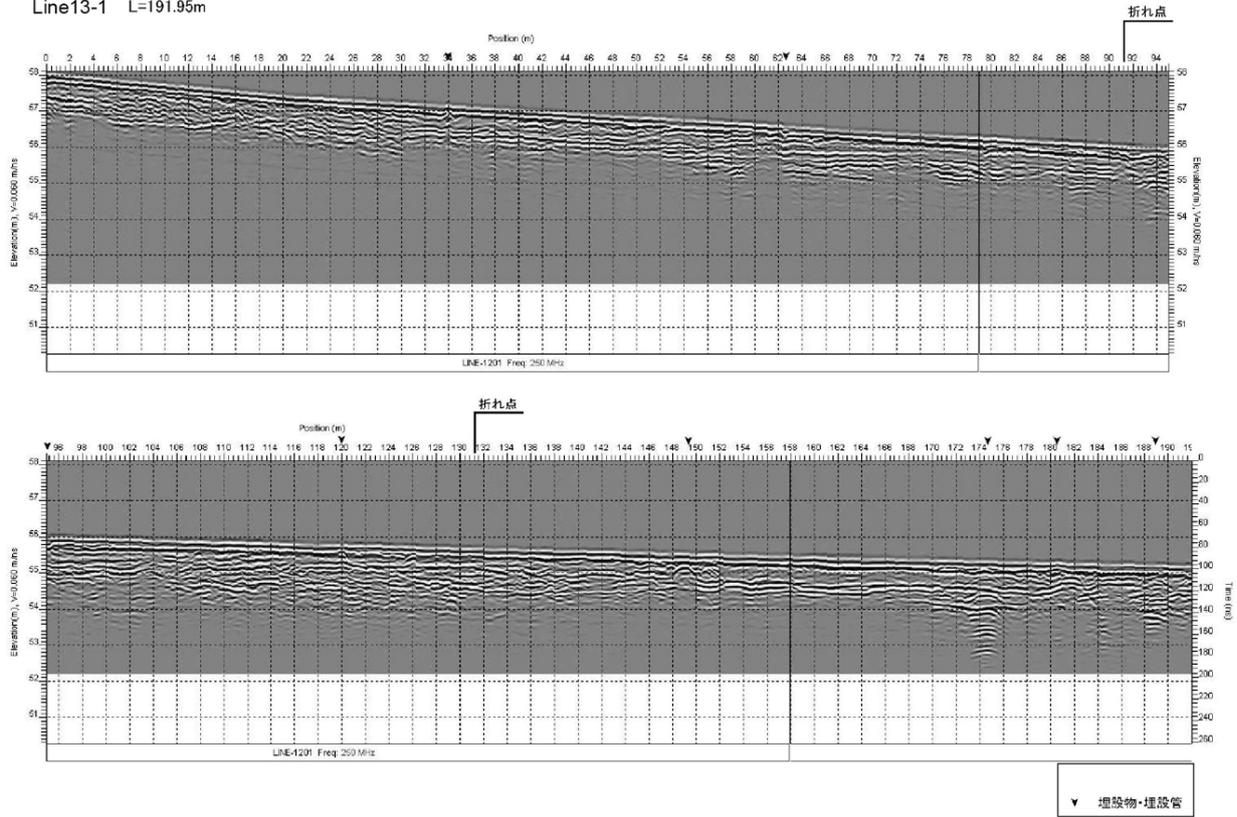


図 16 Line12 測線の地中レーダー探査結果

Line13-1 L=191.95m



Line13-2 L=183.8m

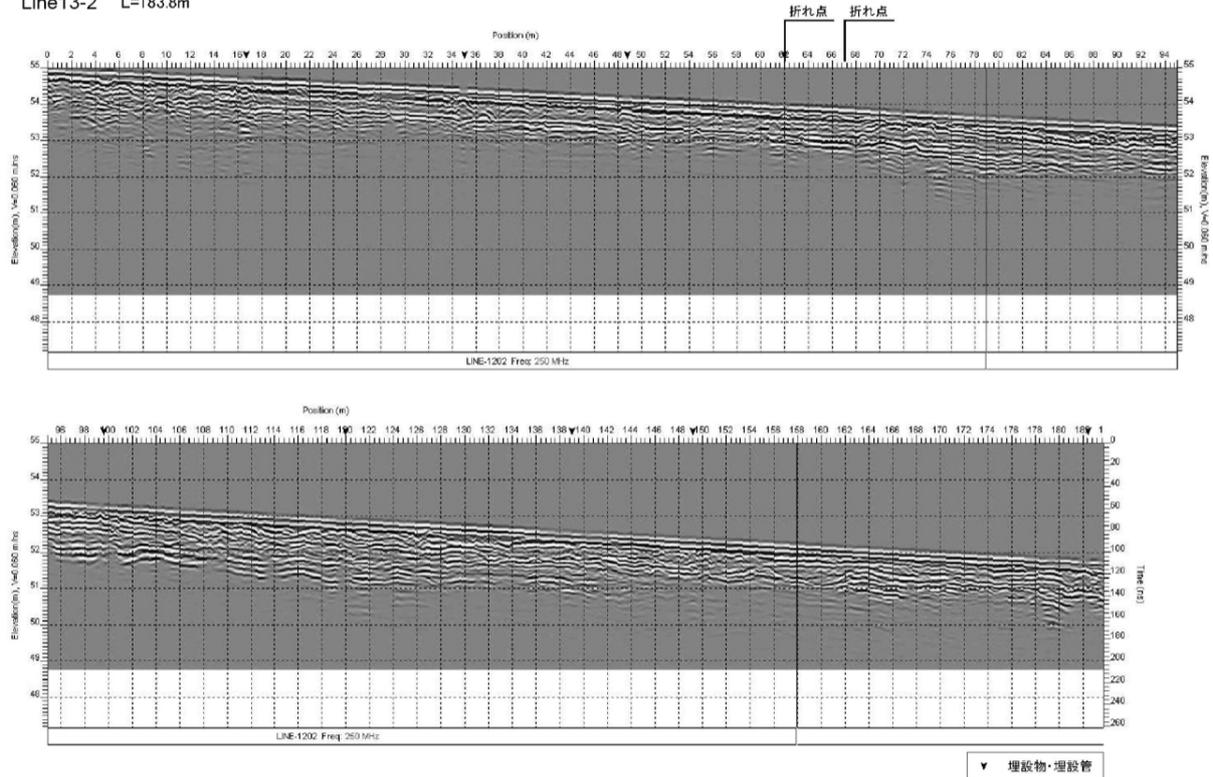


図 17 Line13 測線の地中レーダー探査結果

Line14 L=384.25m

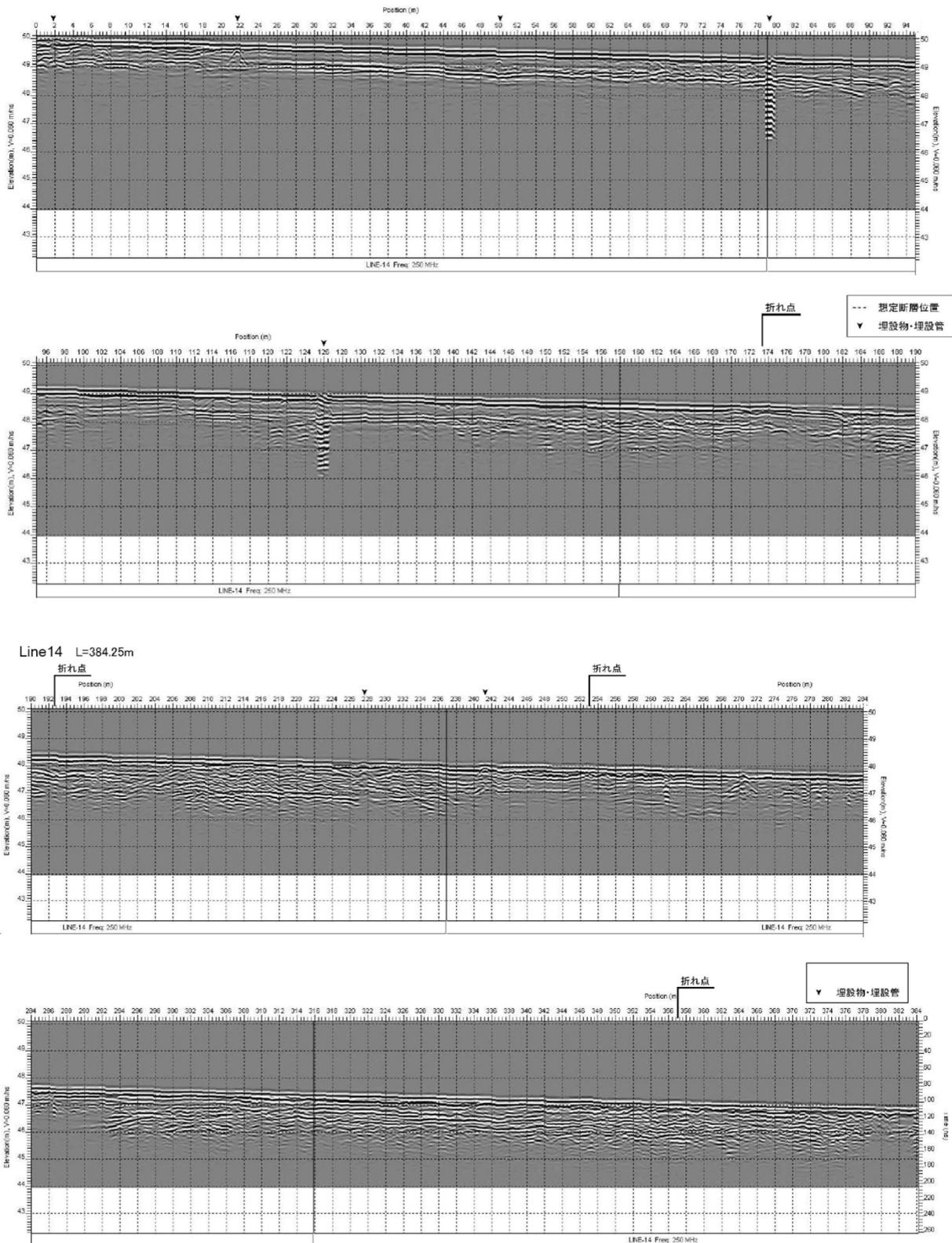


図 18 Line14 測線の地中レーダー探査結果

2) ボーリング調査

向佐野地点におけるボーリング調査位置図と地質断面図を図19に、掘削コアの写真と地質記載を図20～図23に、コアから採取した試料の放射性炭素年代測定結果を表5にそれぞれ示す。また、向佐野前田公園地点におけるボーリング調査位置図と地質断面図を図24に、掘削コアの写真と地質記載を図25～図27にそれぞれ示す。放射性炭素年代測定は、(株)地球科学研究所に依頼した。

前述したように、平成23年度に実施した地中レーダー探査の結果、向佐野交差点の約50m～60m南西に2条の断層構造が推定された(文部科学省研究開発局・国立大学法人九州大学、2012)。今年度は、この構造の連続性を確認することを目的として、上記測線のひとつ南側の道路上において地中レーダー探査を実施した。今年度の探査結果を見ると、141m付近に南西側が上昇するような逆断層構造と、126m付近に横ずれ断層的な構造が認められる(図10)。また、同地域の地形改変前の空中写真判読と新旧の地形図解析から、MK-1孔とMK-2孔の間付近に、丘陵(尾根)/平野の境界があったと推定される。群列ボーリング測線は、推定断層トレースを横断するように配置した(図19a)。

コアの層相と採取した地層の年代測定の結果、MK-2孔の深度3.4m以下に分布する腐植土あるいは腐植質シルトを主体とする地層は、MK-3孔の深度3.3m以下に分布する層準に対比されることが判明した。また、層相の類似性から、この層順はMK-4孔の深度2.5m以下に対比されると考えた。MK-3孔およびMK-4孔における腐植質シルトは、コア観察において、ほぼ水平な地層境界を持つ(図22および図23)。地質断面図においても、MK-2孔～MK-3孔間はほぼ水平、MK-3孔～MK-4孔間も見かけ10度以下の緩やかな傾斜を示す(図19b)。これに対し、MK-2孔の腐植質シルトは、上下約mの地層とともに、30度から35度程度の傾斜を持つ(図21)。警固断層帯は南西側隆起の逆断層成分を持つ左横ずれ断層であり、大野城市上大利トレンチ壁面(宮下ほか、2007)や太宰府市大佐野トレンチ壁面(下山ほか、1999、産業技術総合研究所、2006)においては、断層面直近の下盤側で明瞭な地層の引きずり構造を伴う。そこで、MK-2孔における地層の傾斜は、横ずれ断層運動の際の引きずり構造として形成されたと推定した。この仮定に立つと、断層位置はMK-2孔より西側となる(図19)。また、ボーリングコアで確認された地層の年代値は、約1万8千年前以降のものであり(表5および図19)、警固断層の複数回の活動履歴を明らかにするために適した年代の堆積物であると判断し、ここをトレンチ調査候補地とした。

しかし、向佐野ボーリング調査を実施した地点において、トレンチ調査の承諾が得られなかったため、代替地として向佐野前田公園を選定した。空中写真判読、地中レーダー探査および向佐野ボーリング調査結果から、当地区における警固断層は、前田公園と丸山神社の境界の崖あるいはその前面付近に位置すると考えた(図24a)。丸山神社敷地内においては、ボーリング掘削許可が得られなかったため、前田公園の丸山神社よりの地点と、約15m東側の地点においてボーリング調査を実施した。ボーリング孔数は、調査工期の都合上2孔(MK-5孔およびMK-6孔)となった(MK-7孔はトレンチ調査後に掘削した)。

丸山神社は丘陵の末端部に位置し、前田公園は下位段丘面(千田ほか、1996)上に位置することから、基盤花崗岩の上面高度はMK-5孔側が高いと推定される。しかし、ボーリング掘削の結果、基盤花崗岩の上面高度においてMK-5孔の方が、MK-6孔より約1.5m低いことが判明した。このことは、向佐野地点と同様に、横ずれ断層運動に伴う変形構造を示して

いる可能性があり、断層はより西側に存在する可能性があるとして推定した（図24b）。

以上のボーリング調査結果から、向佐野前田公園地点でトレンチ掘削調査を実施することとした。

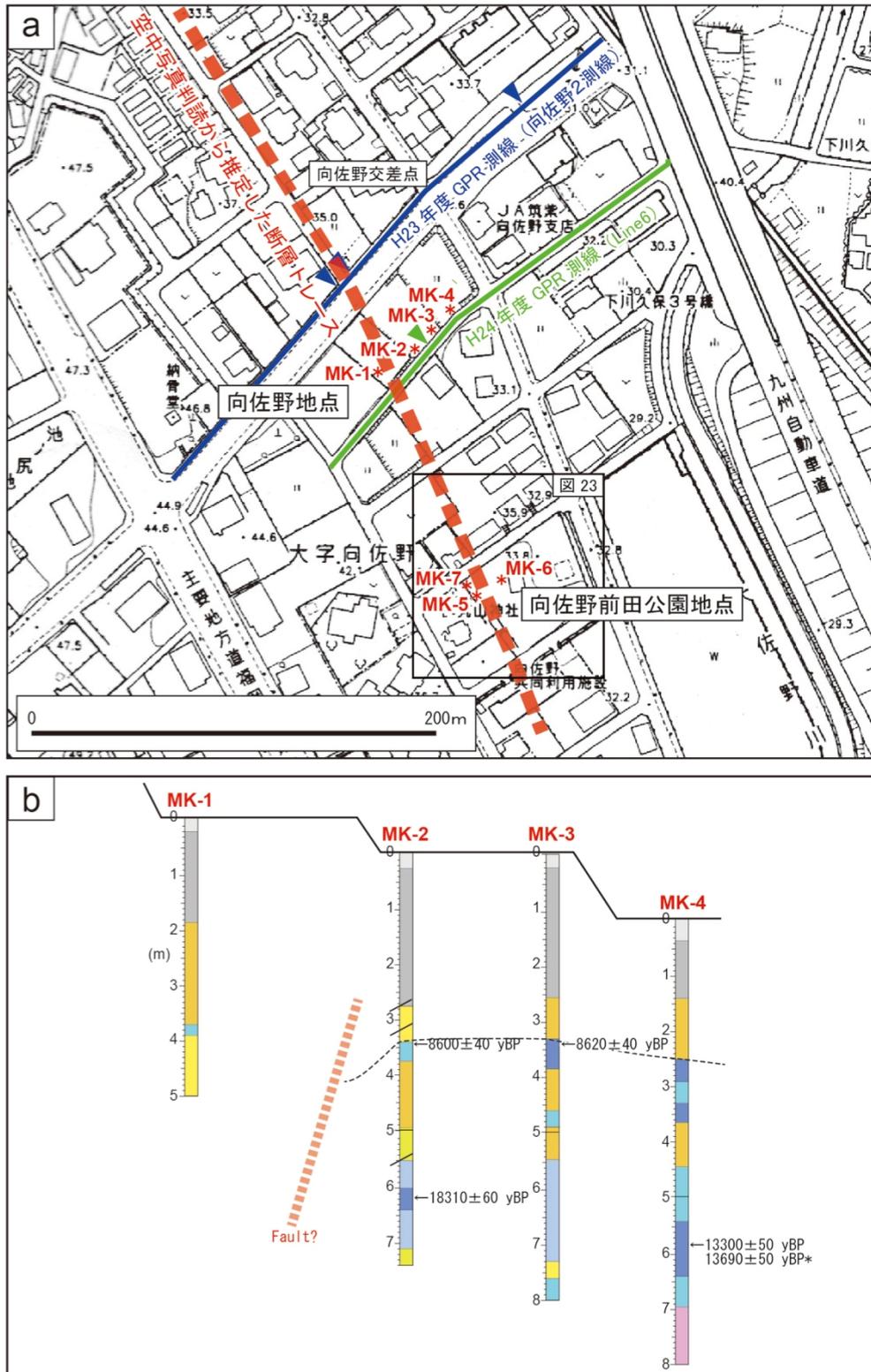


図 19 向佐野ボーリング調査位置図および地質断面図
 a: 赤破線は空中写真判読から推定した断層トレース、青実線および▼はH23年度 GPR 探査測線と断層推定位置、緑実線および▼はH24年度 G P R 探査測線と断層推定位置を示す。b: 断面図の縦横比は、1 : 1。MK-2 孔の深度 2.7 m~5.5m に認められる 30 度程度傾斜した地層は、断層運動時の引きずり構造と推定した。図中に放射性炭層年代（暦年未校正）を併せて示す。

MK-1 0.0m ~ 5.0m

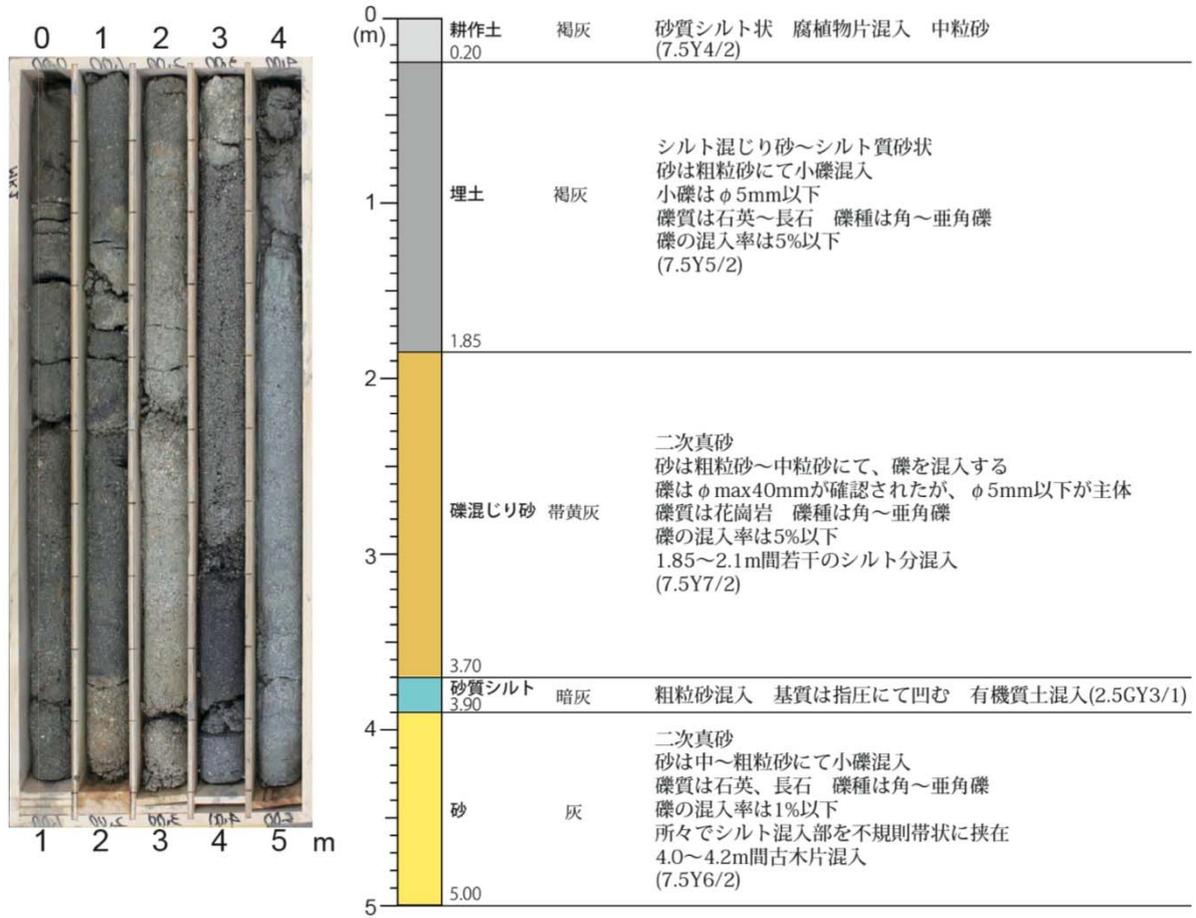


図 20 向佐野 MK-1 孔のコア写真と地質記載

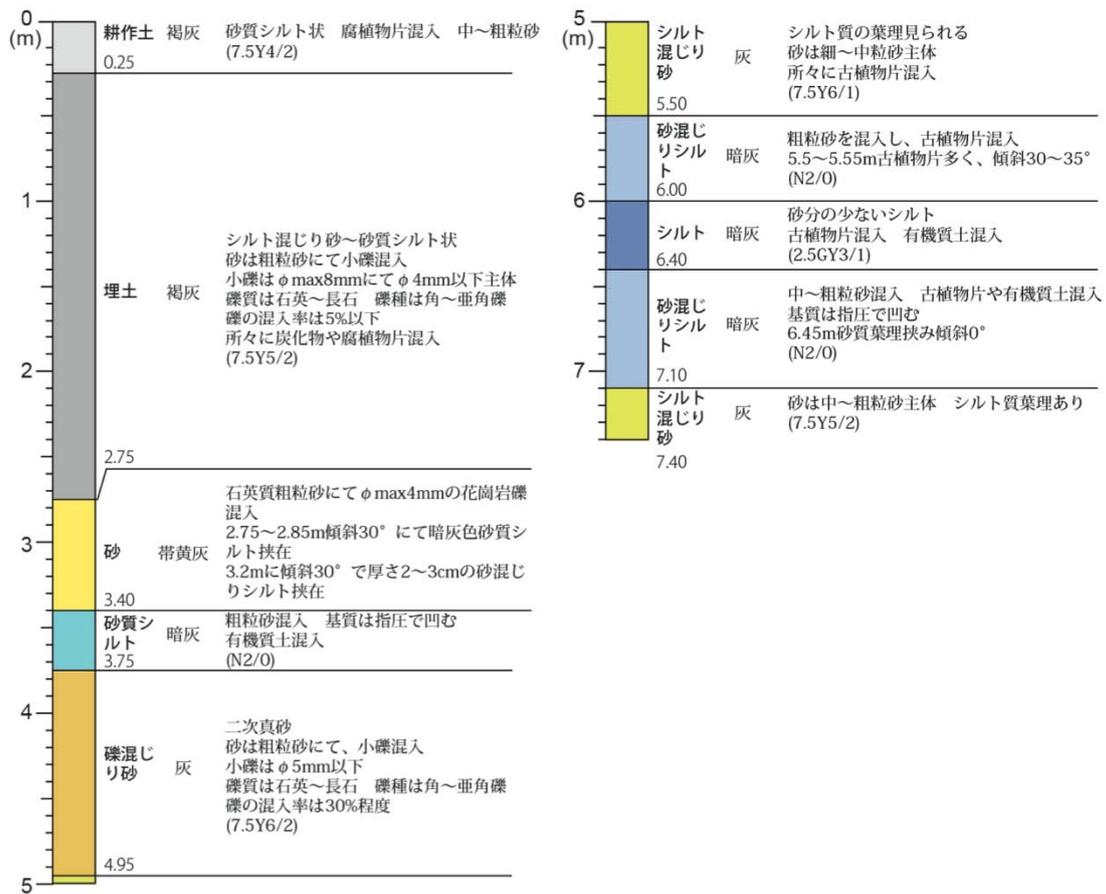
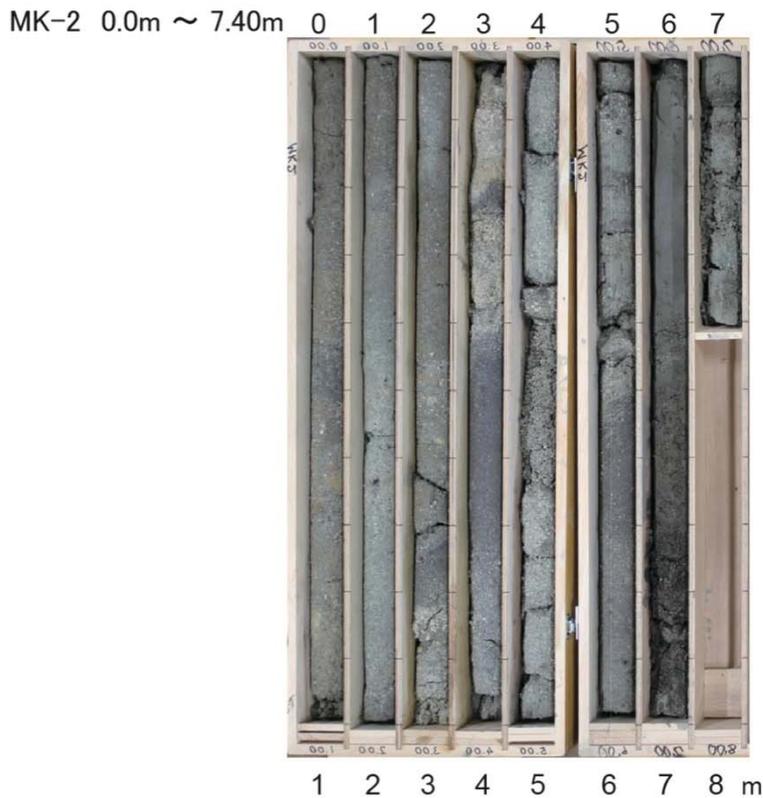


図 21 向佐野 MK-2 孔のコア写真と地質記載

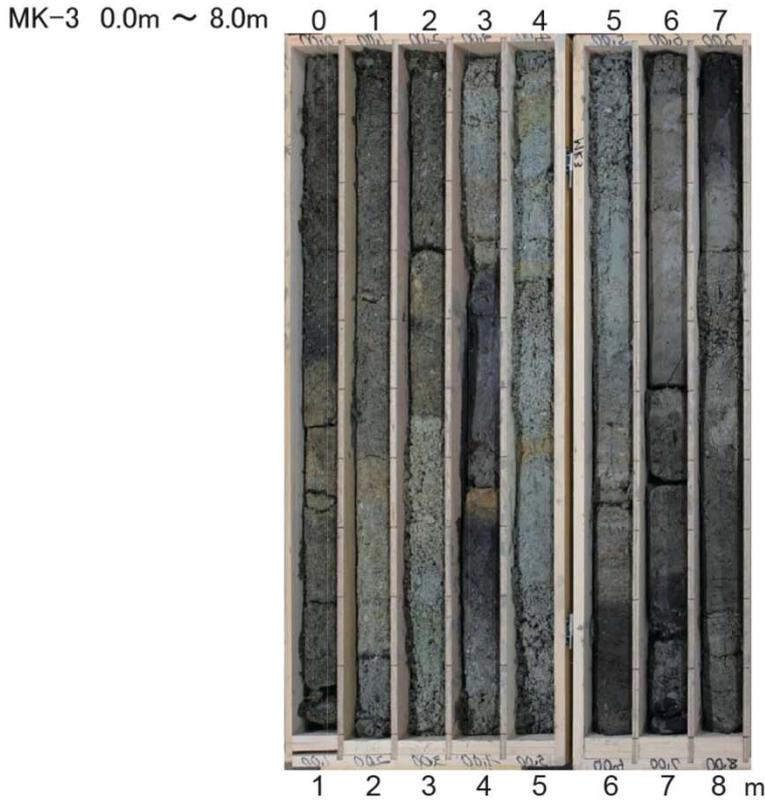


図 22 向佐野 MK-3 孔のコア写真と地質記載

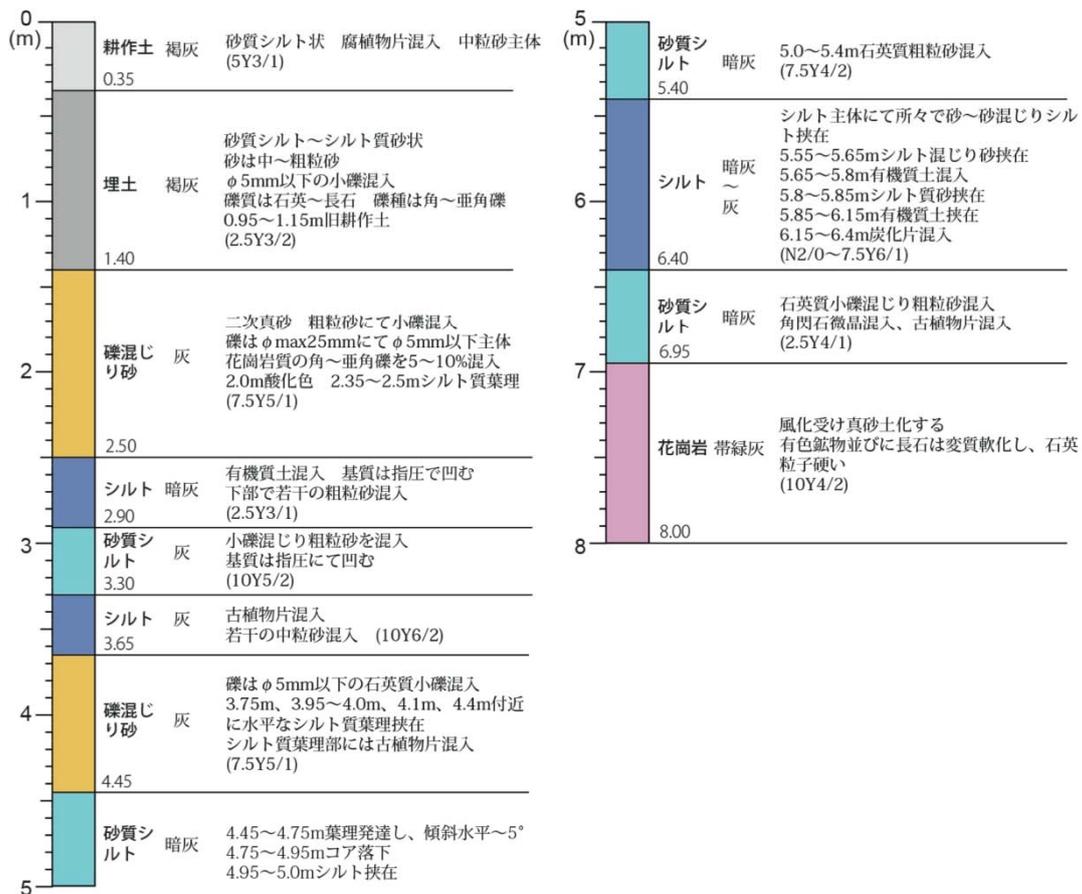


図 23 向佐野 MK-4 孔のコア写真と地質記載

表 5 AMS 法による放射性炭素年代測定結果一覧表

Sample No.	Unit	Material	Code No. (Beta-)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	Conventional ^{14}C age (yBP)
KG-TH-1	TH-trench / S wall	charred material	340561	-25.7	1990 ± 30
KG-TH-3	TH-trench / S wall	organic sediment	340563	-24.6	2080 ± 30
KG-TH-3	TH-trench / S wall	charred material	341175	-25.1	2030 ± 30
KG-TH-4	TH-trench / N wall	charred material	340564	-26.7	2000 ± 30
KG-TH-5	TH-trench / N wall	charred material	340565	-25.9	2090 ± 30
KG-TH-6	TH-trench / N wall	charred material	341785	-25.9	2630 ± 30
KG-TH-7	TH-trench / N wall	organic sediment	341786	-26.6	660 ± 30
KG-TH-8	TH-trench / E wall	wood	341787	-28.5	1380 ± 30
KG-MK-1bh	MK-borehole2 / -3.45	organic sediment	340566	-19.5	8600 ± 40
KG-MK-2bh	MK-borehole2 / -6.2	organic sediment	340567	-27.1	18310 ± 60
KG-MK-3bh	MK-borehole3 / -3.4	organic sediment	340568	-20.3	8620 ± 40
KG-MK-4bh	MK-borehole3 / -5.85	organic sediment	340569	-27.9	13330 ± 50
KG-MK-4bh	MK-borehole3 / -5.85	plant material	341176	-25.5	13690 ± 50
KG-MK-1	MK-Strench / S wall	organic sediment	341788	-19.7	9540 ± 40
KG-MK-2	MK-Ntrench / N wall	wood	341789	-26.2	>43500
KG-MK-3	MK-Ntrench / N wall	plant material	341790	NA	
KG-MK-4	MK-Ntrench / S wall	organic sediment	341791	-26.0	21800 ± 90

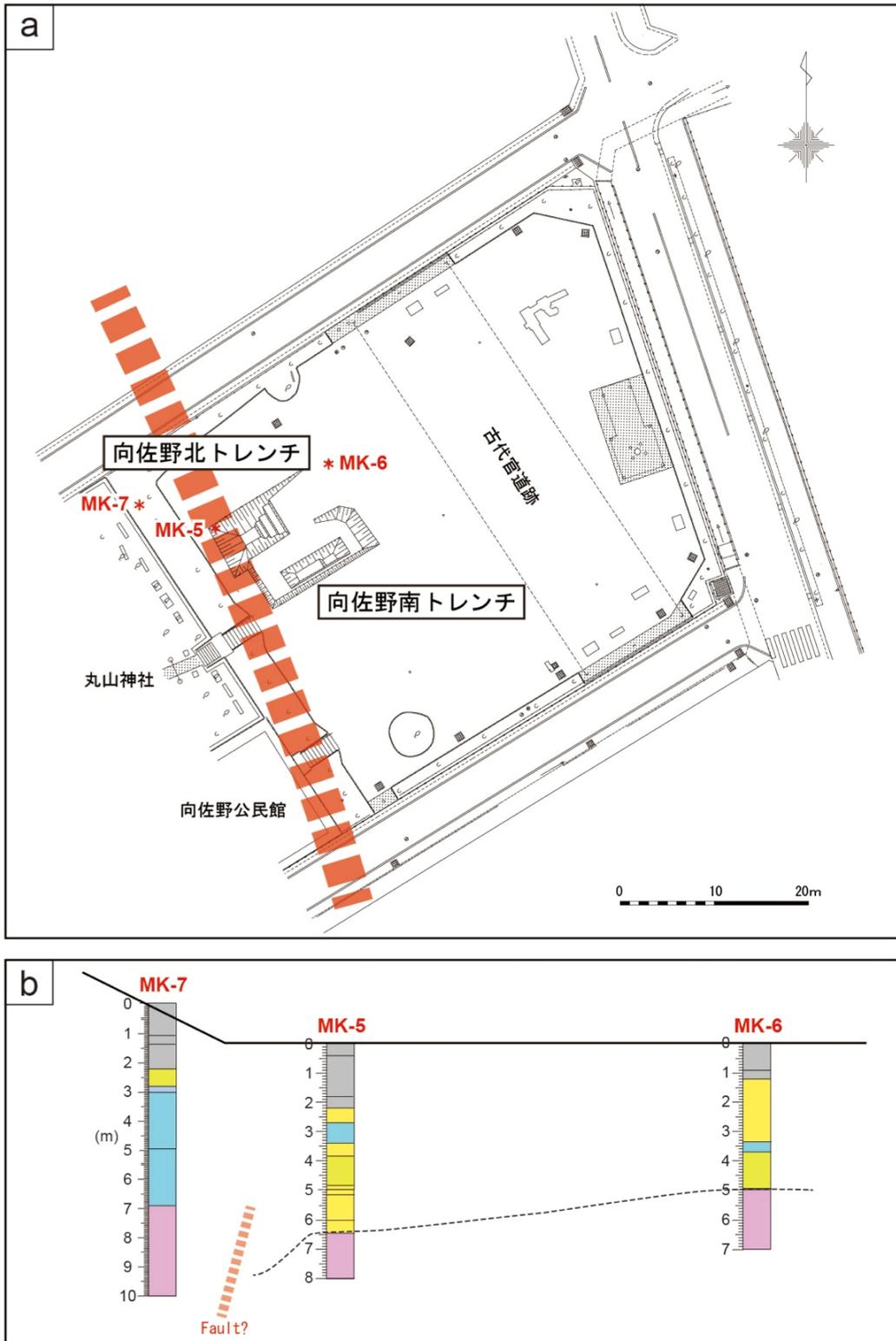


図 24 向佐野前田公園ボーリング調査位置図 (a) および地質断面図 (b)
 a: 赤破線は空中写真判読および向佐野ボーリング調査結果から推定した断層トレース、トレンチ掘削位置も併せて示す。b: 断面図の縦横比は、1 : 1。MK-5 孔と MK-6 孔の基盤花崗岩上面高度差を断層運動時の引きずり構造と推定した。MK-7 孔はトレンチ調査後に掘削した。

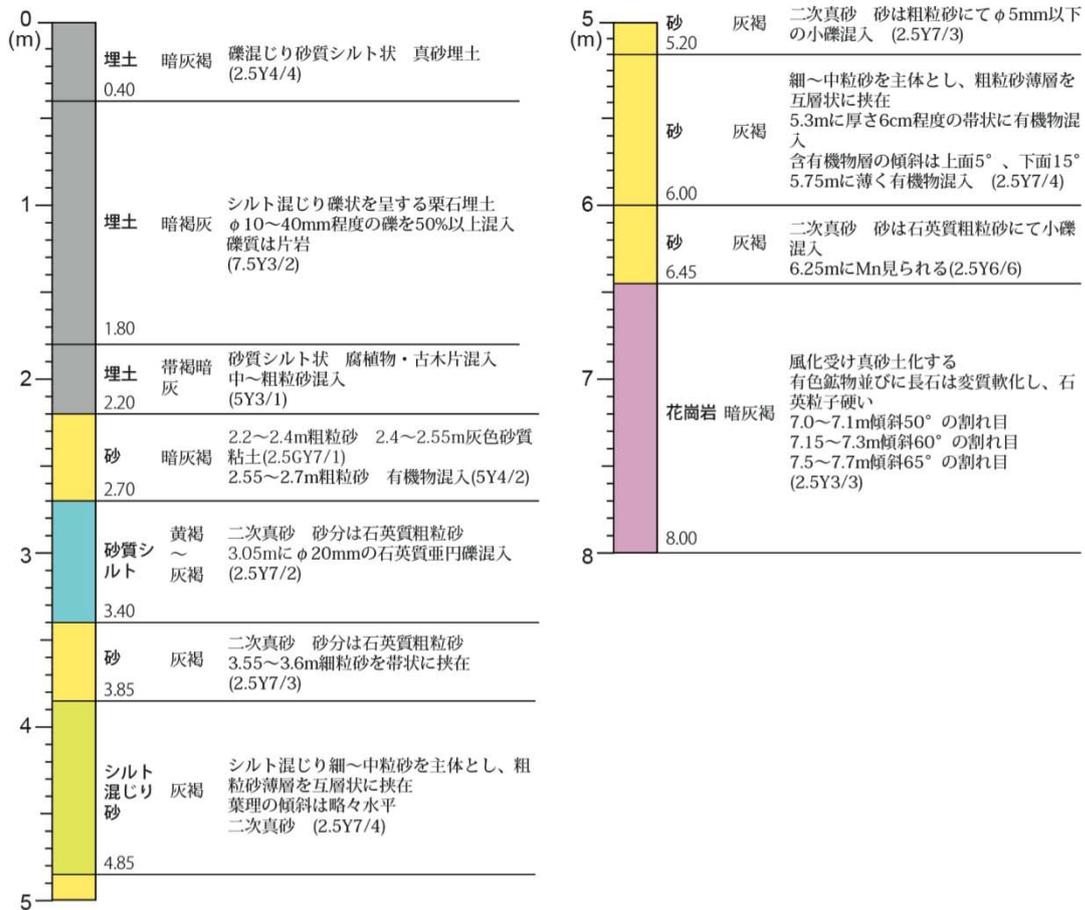


図 25 向佐野前田公園 MK-5 孔のコア写真と地質記載

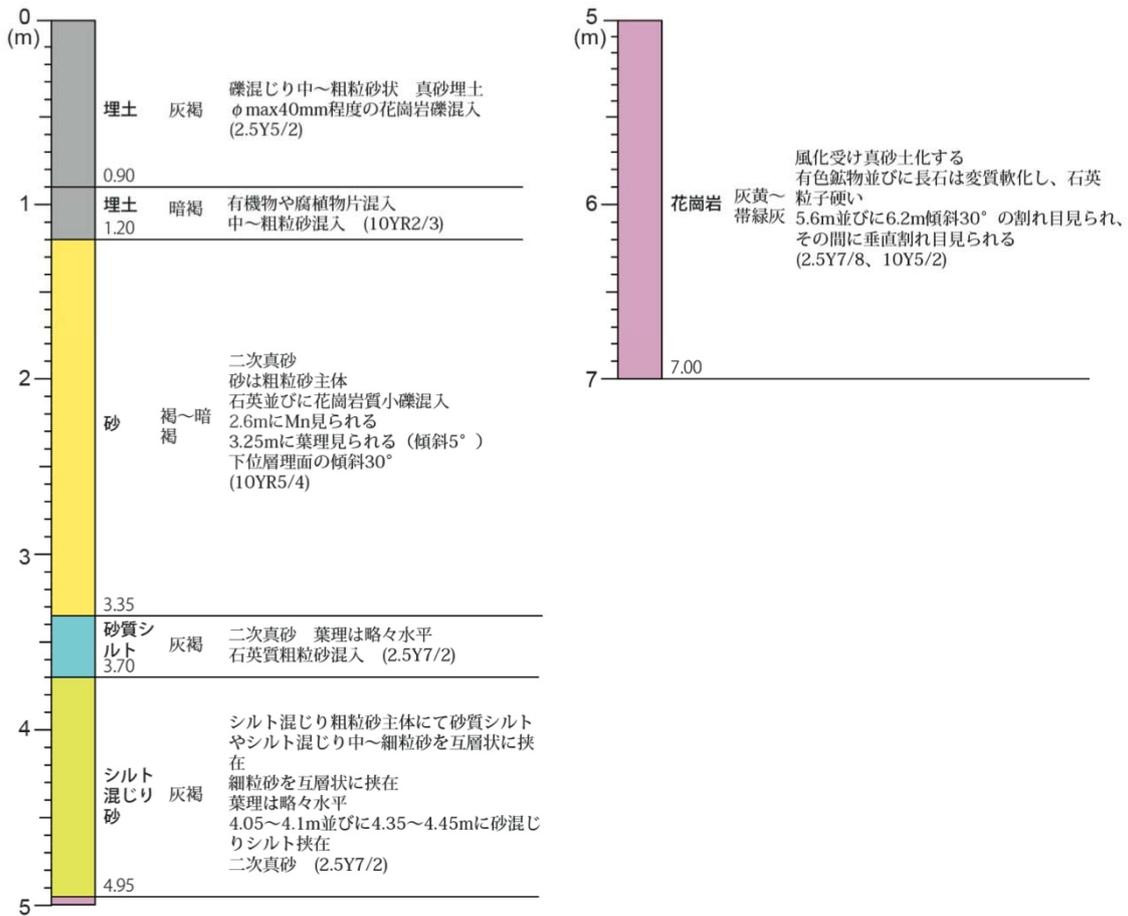


図 26 向佐野前田公園 MK-6 孔のコア写真と地質記載

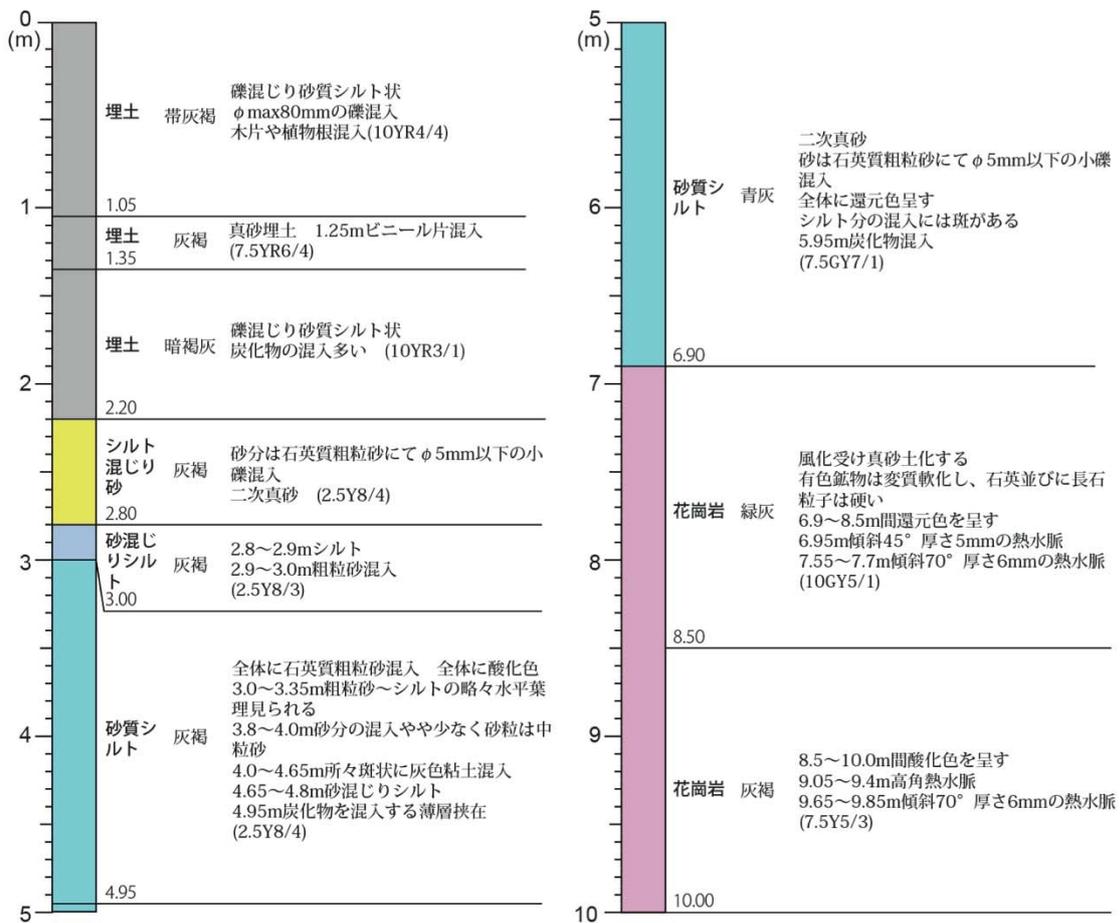
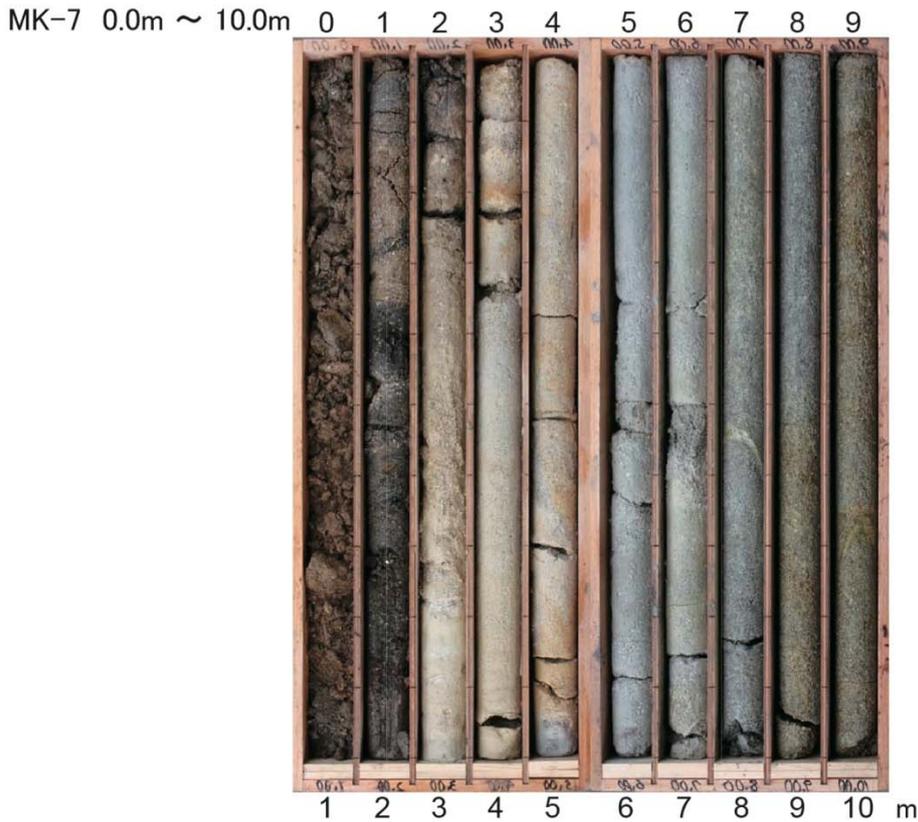


図 27 向佐野前田公園 MK-7 孔のコア写真と地質記載

3) トレンチ調査

a) 塔原西トレンチ（筑紫野市）（図2、3）

太宰府市大佐野から南東方向約2km区間には、小河谷および尾根の系統的な左屈曲と鞍部列からなる比較的直線的なリニアメントが認められる。本地域は福岡平野の南端部に位置し、南西側の丘陵を開析する河川が北東方向に流下する。これらの河川は御笠川に合流し福岡平野側に流下することから、前述した左屈曲地形は、断層変位地形ではない可能性もある。また、丘陵を開析した小河谷が形成する段丘面上には、新期の断層活動を示唆するような断層崖等の変位地形は認められない。しかし、本地域は遺跡の包蔵地であり、古くから地形の人工改変が進んでいたと推定されることや、太宰府市大佐野では、沖積面上に断続的に断層崖および撓曲崖が分布していたこと（下山ほか、1999）、丘陵が風化花崗岩や火山灰土を主体とする地層から構成され、土砂災害が頻発していること等を考え合わせると、沖積低地上に形成された断層崖が後の改変で失われてしまったと考えることも可能である。

トレンチを掘削した筑紫野市塔原西地点は、左屈曲した小河谷の谷底低地に位置する（図28）。低地内には、部分的に比高0.5m程度の北東側が低下する崖が認められるが、自然の地形か人工改変を受けたものかの判断はできない。また、低地内部には、風化花崗岩から構成され南側の尾根から連続する幅約10mのやせ尾根が南北方向に分布している。低地南東部は、尾根を開析した鞍部地形を呈しており、この鞍部とやせ尾根の前面および北西部のリニアメントを結んだ線の幅約50m内を断層が通過すると推定した（図28a）。断層通過予想範囲は、約50mの幅を持つと推定されたが、用地交渉の結果、調査の承諾が得られた土地（現況：田んぼ）は1区画のみであったため、ここでトレンチを掘削した。

トレンチ掘削に当たり、周囲の地形地質状況から、掘削土砂は固結度の低いシルト層と砂礫であることが推定された。壁面崩壊を防ぐ等の安全性を確保するため、低角（45度程度）な法面勾配を保つよう留意しながら、掘削を実施した。

トレンチ壁面には、上位より、人工改変層（1～4層）、シルト～砂層（5層）、砂礫層（6層）、風化花崗岩（7層）が露出した。これらの地層を、層相および堆積環境の差異、地層の分布や連続性等に基づいて細分した。トレンチ壁面スケッチの展開図とトレンチ全景写真を図29に、北壁面の写真とスケッチを図30に、南壁面の写真とスケッチを図31にそれぞれ示す。また、トレンチ壁面から採取した地層の放射性炭素年代測定結果を表5に示す。放射性炭素年代測定は、(株)地球科学研究所に依頼した。

トレンチ壁面の地質は、基盤岩である風化花崗岩（7層）を削り込んで、土石流性と推定される砂礫層（6層）が堆積し、その上位にシルト層（5層）が堆積したと解釈される。南北両壁面において、花崗岩は比高約2mの崖地形を作っているが、5a層は基盤花崗岩の崩壊ブロックであることから、6層堆積時にはある程度の崖地形はすでにあったものと推定される。風化花崗岩中には、網目状の熱水変質脈が大量に認められ、その一部は小断層となっていることから、この部分が選択的に削剥された可能性が指摘できる。花崗岩中の熱水脈、小断層について、警固断層帯と同様の方向性は認められない。また、花崗岩中の崖（あるいはトレンチ近傍の意？）近傍に断層破碎帯の存在を示唆するような変形組織は認められない。6層以上の地層についても、撓みや引きずり構造等、近傍に断層の存在を示唆するような変形構造は認められない。

トレンチ壁面から採取した8試料のうち、人工改変を受けた可能性のない地層から得られた年代値は、北壁面の5b層から得られた 2630 ± 30 yBPのみである。これより上位の地層（4層および5層）からは、 2090 ± 30 yBPから 1380 ± 30 yBPにわたる年代値が得られている。これらの年代値は、4層に多量に含まれる土器片が約2千年前の弥生時代のものであること（筑紫野市教育委員会担当者私信）と矛盾しない。なお、北壁面の5a層から得られた 660 ± 30 yBPの年代値は、試料の固結度が著しく低かったことから、クラック沿いにより上位から流入してきた試料であると推定される。

以上より、塔原西トレンチ壁面で観察される地質は、基盤花崗岩の浸食崖を河川成の堆積物が削剥、埋積して形成され、その上位に弥生時代以降の人口改変が及んだものと結論づけられる。

トレンチ掘削に先立つ断層通過位置推定の過程では、幅約50m間に断層が存在すると考えた。このうち、トレンチ調査で地下地質構造が確認されたのは、半分程度である（図28a）。トレンチ壁面観察より、基盤花崗岩中の熱水脈の貫入頻度が西側ほど高いこと、南北方向のやせ尾根の基部（南側道路付近）が微小な鞍部地形を呈すること、および残り北東側半分の範囲については用地の制約上掘削調査が不可能であることから、図28aに示す位置に追加ピットを掘削した。掘削目的は、この範囲を断層が通過しないことを確認することと、基盤花崗岩中の変質・変形程度の差異を確認することである。その結果、追加ピットにおいても、花崗岩（7層相当層）とこれを削剥する砂礫層（6層相当層）、砂層（5層相当層）が分布することが判明した（図32）。断層構造およびピット近傍に断層の存在を示唆するような変形構造は認められなかった。

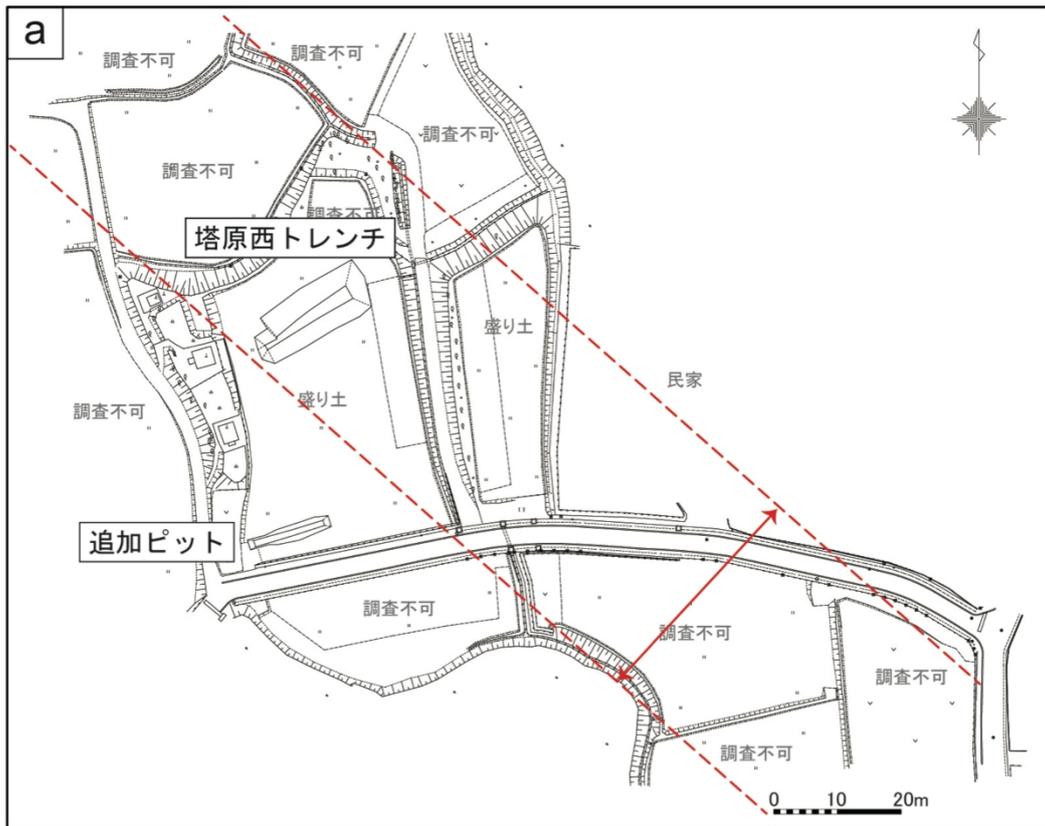


図 28 塔原西地点平面図(a)と周辺の地形（北西を望む）(b)
 a: 空中写真判読の結果、赤破線間（鞍部）を断層が通過すると推定した。
 トレンチ調査は、この範囲のうち、地権者の承諾が得られた地点で実施した。

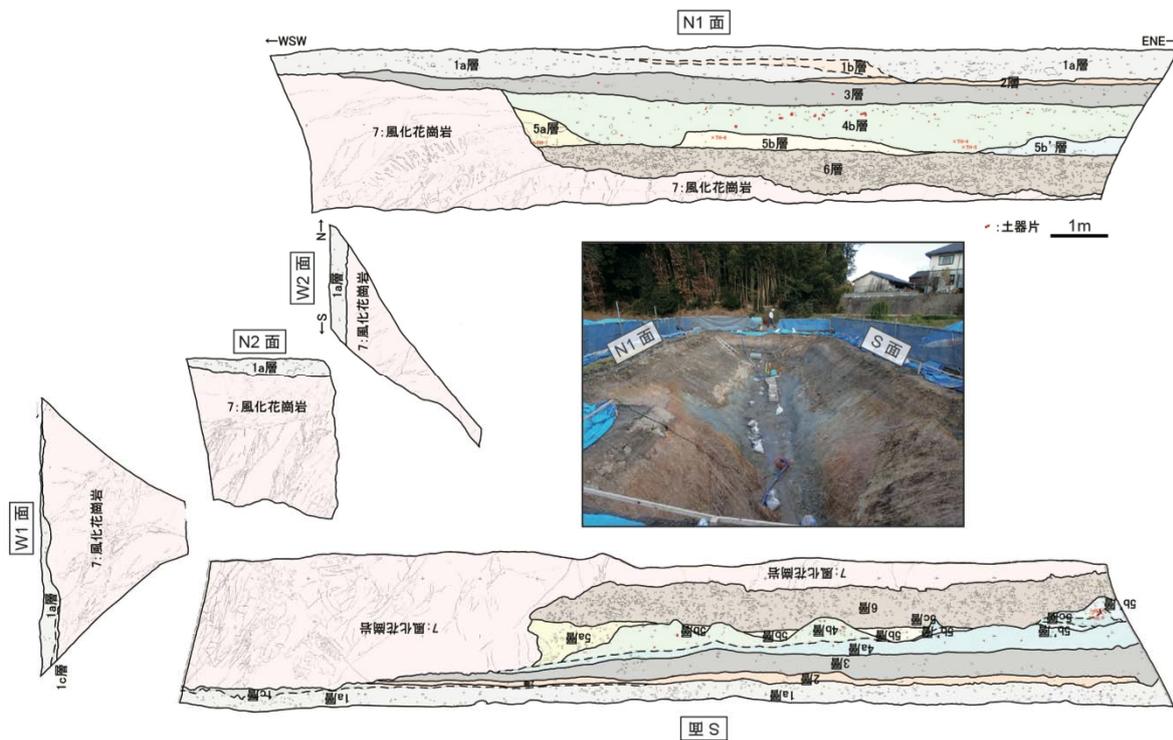


図 29 塔原西トレンチ壁面スケッチ展開図とトレンチ全景写真

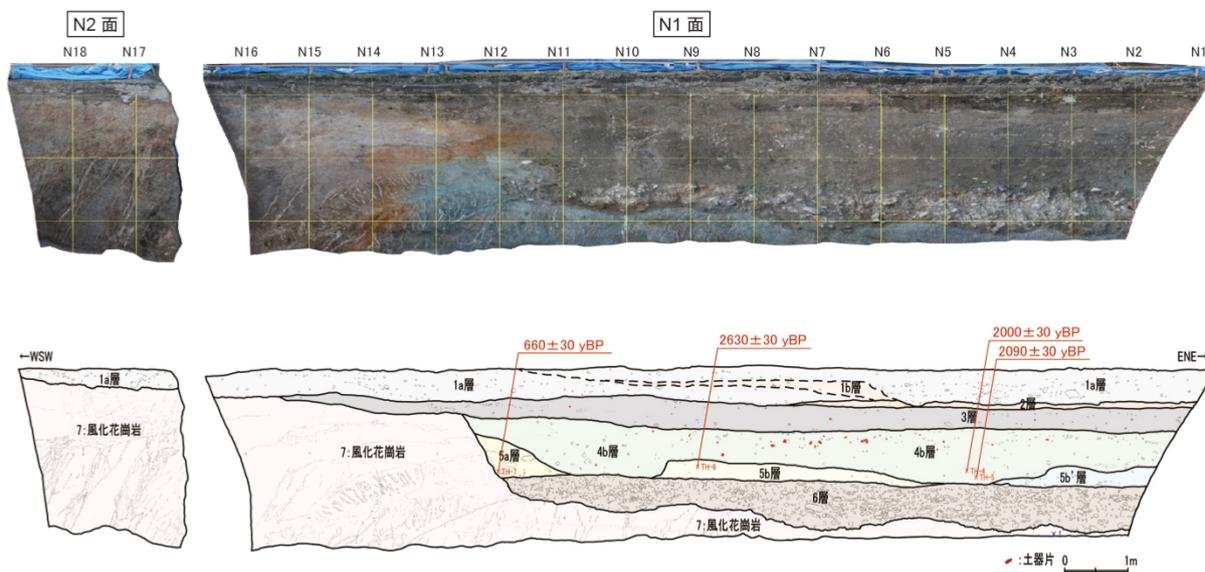


図 30 塔原西トレンチ北壁面の写真とスケッチ
 グリッドの間隔は水平、垂直方向とも 1m。図中に放射性炭層年代（暦年未校正）を併せて示す。

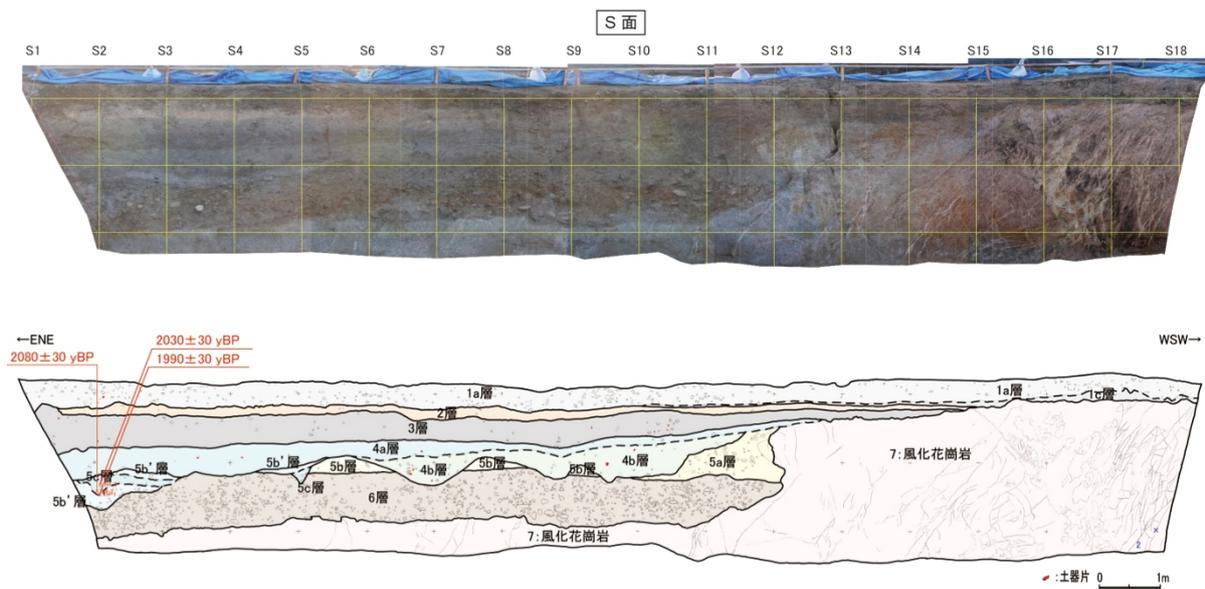


図 31 塔原西トレンチ南壁面の写真とスケッチ
 グリッドの間隔は水平、垂直方向とも 1m。図中に放射性炭素年代（暦年未校正）を併せて示す。

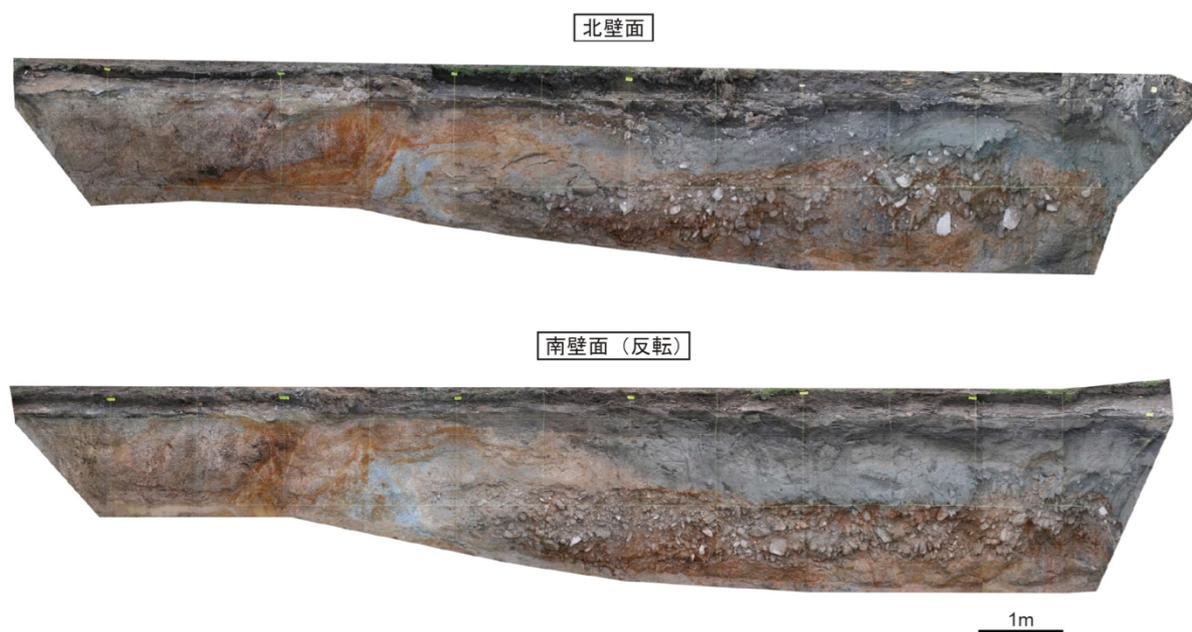


図 32 塔原西地点追加ピットの壁面写真

b) 向佐野トレンチ（太宰府市）（図2、3）

向佐野地点は、ボーリング調査を実施した向佐野前田公園地点である。ボーリング調査の結果、向佐野前田公園MK-1孔とMK-2孔の基盤花崗岩の上面にMK-1孔側が低下する約1.5mの高度差が認められた（図24）。警固断層帯南東部のずれのセンスは、南東側隆起成分を伴う左横ずれと考えられることから、MK-1孔側の基盤上面がMK-2孔側より低いことは、横ずれ断層運動に伴う引きずり構造を示唆すると考え、MK-1孔側でトレンチを掘削した（図19、24）。ボーリング調査結果から、基盤花崗岩上面付近まで掘削する必要があると判断したため、掘削第一段階として、地表から深度約2m付近までの人工埋積土を除去した。その後、向佐野南トレンチの掘削を開始した。掘削途中の壁面を観察したところ、斜面を構成する風化花崗岩起源の砂層とシルト層の互層から構成される地層の傾斜変換位置が見いだされた。この傾斜変換位置深部に断層が存在すると考えたが、掘削の結果、断層構造は認められなかった。ここで、断層構造はより斜面側（西側）に位置すると考え、敷地内で最も西側を掘削できる箇所において北トレンチを掘削した（図33）。北トレンチは、ボーリング調査で確認された基盤花崗岩上面まで掘削した。南トレンチは、風化花崗岩起源の砂層とシルト層の互層の上面を確認しつつ、長さ約15mまで掘削した。

トレンチ壁面には、上位より、人工改変層（1層）、腐植質シルト層（2層）、砂層（3層）、礫混じりシルト層（4層）、褐色シルト層（5層、6層）、青灰色シルト層（7層、8層）、腐植質シルト層（9層）、砂礫層（10層）が露出した。これらの地層を、層相および堆積環境の差異、地層の分布や連続性等に基づいて細分した。北トレンチ壁面スケッチ展開図を図34に、凡例を図35に、北トレンチ北壁面の写真とスケッチを図36に、北トレンチ南壁面の写真とスケッチを図37に、南トレンチ南壁面の写真とスケッチを図38にそれぞれ示す。また、トレンチ壁面から採取した地層の放射性炭素年代測定結果を表5に示す。放射性炭素年代測定は、（株）地球科学研究所に依頼した。

南北両トレンチ壁面の地質は、西側（丸山神社側）丘陵を構成すると考えられる砂礫層（10層）の上位に、腐植質シルト層（9層）、風化花崗岩起源の砂層とシルト層の互層（8層、7層）が堆積し、その斜面を埋積する形で6層以上が堆積したと解釈される。層相より、10層から5層までは河川成の堆積物であるが、4層から徐々に離水していった環境変化が推定される。地層の年代値としては、9層から43500年前以前、7層から21800±90 y BP、9540±40 y BPが得られた。北トレンチ南北両壁面において、断層構造や近傍に断層構造の存在を示唆するような地層の変形構造は認められない。また、南トレンチ壁面においても、同様に断層を示唆するような地質構造は観察されなかった。

以上より、向佐野トレンチ調査の結果、トレンチ掘削範囲内には断層が存在しないことが明らかとなった。そこで、次に、断層がトレンチ掘削地点の西側に存在するの否かを確認することを目的として、追加ボーリングを実施した（図24）。今後は、ボーリングコアとトレンチ壁面の地質の詳細な解析と、周辺の地形情報を総合的に検討し、断層位置に関する考察をさらに進める必要がある。

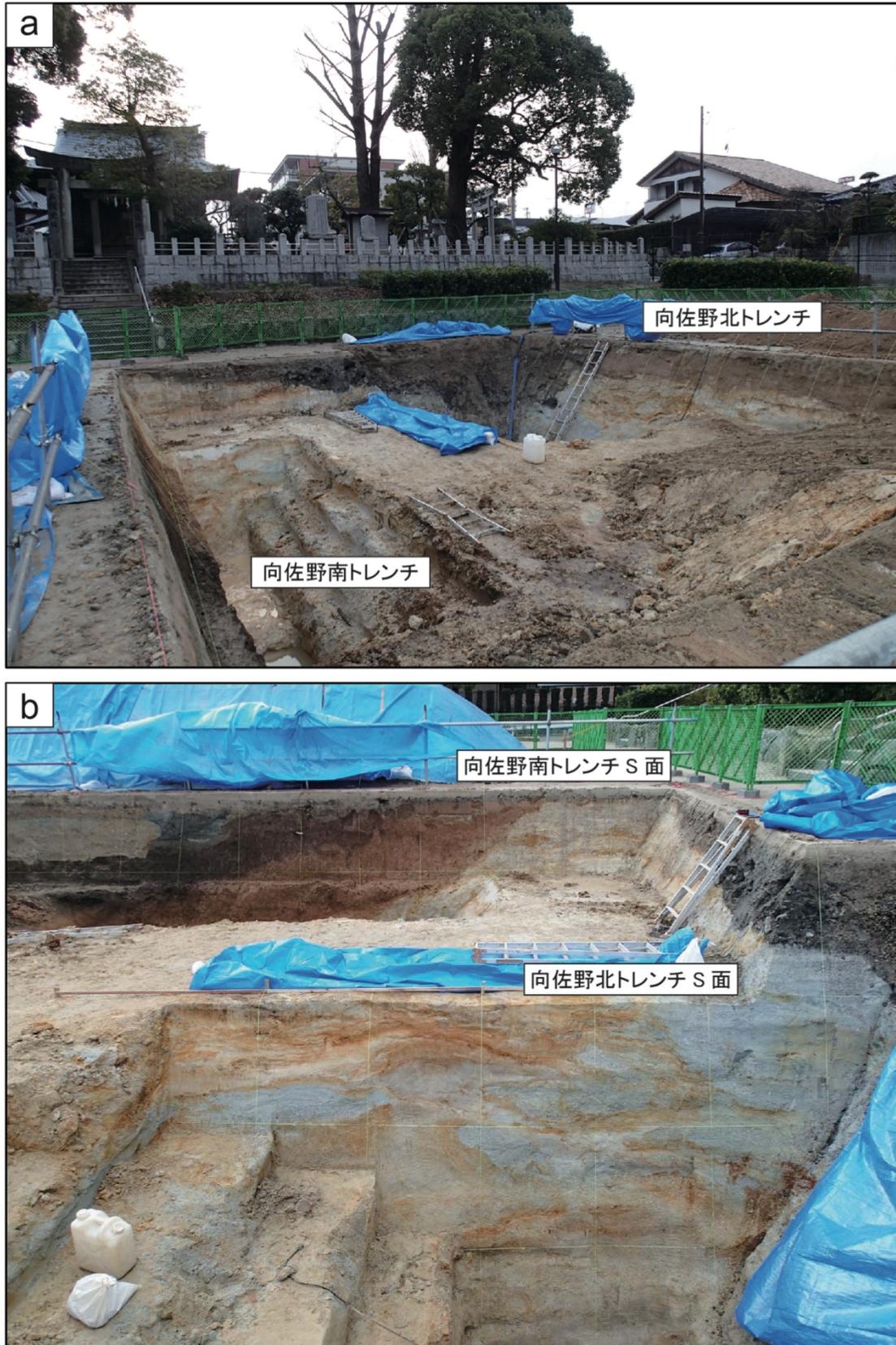


図 33 向佐野トレンチ全景写真
 a: 向佐野トレンチ全景（南トレンチ東端から西を望む）、
 b: 北より両トレンチ南壁面を臨む。

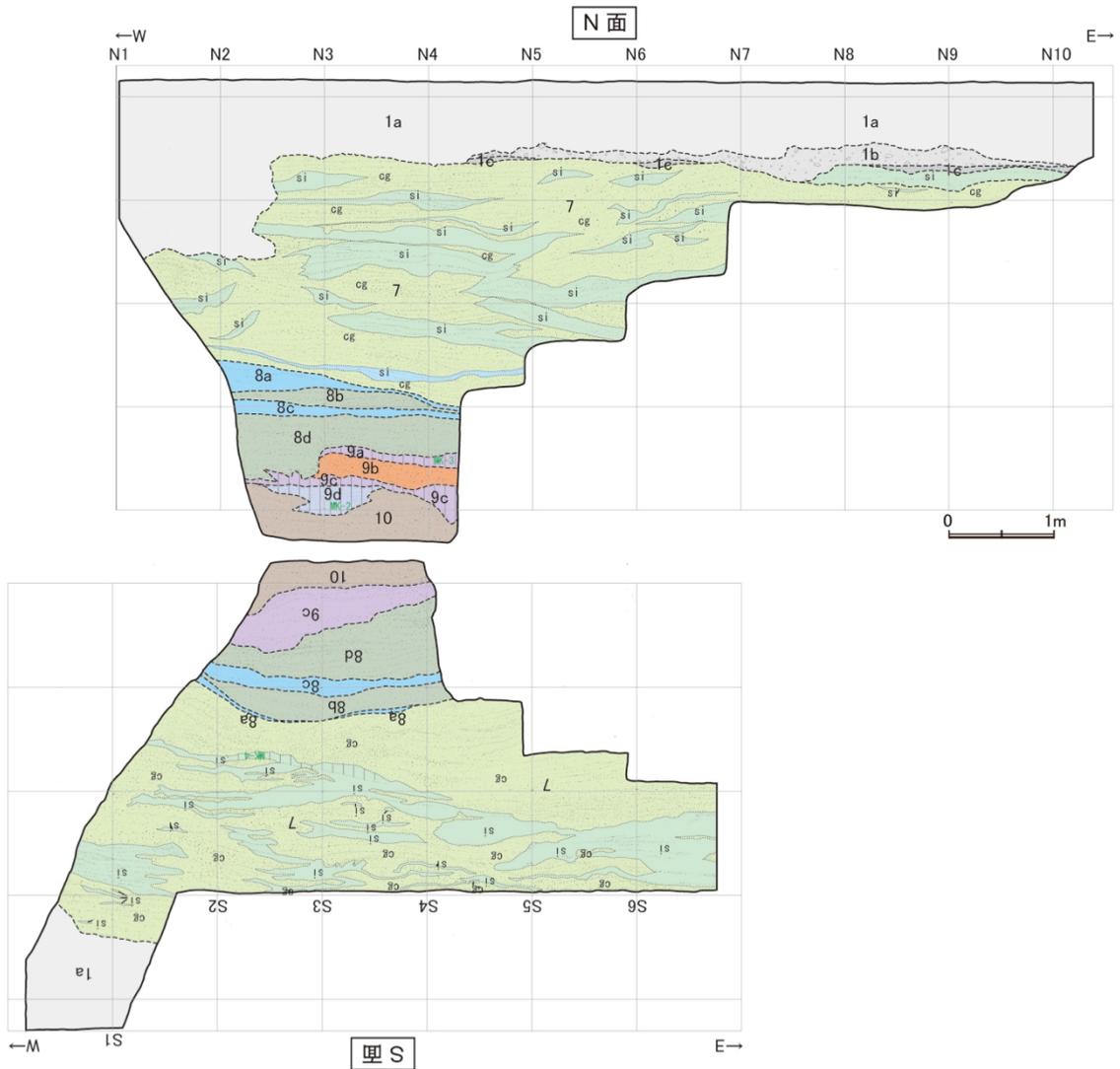


図 34 向佐野北トレンチ壁面スケッチ展開図
グリッドの間隔は水平、垂直方向とも 1m。

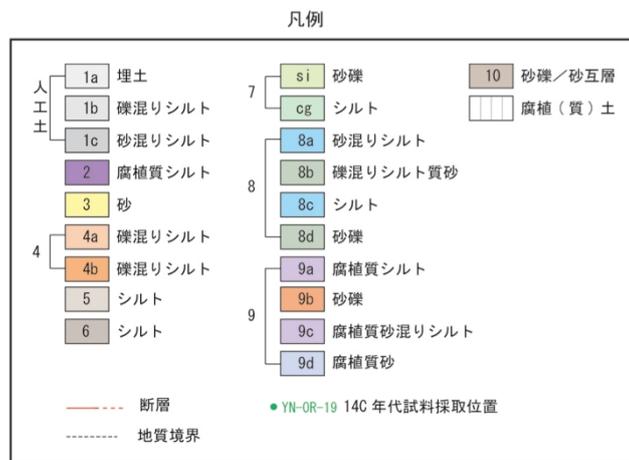


図 35 向佐野北トレンチおよび南トレンチ壁面スケッチの凡例

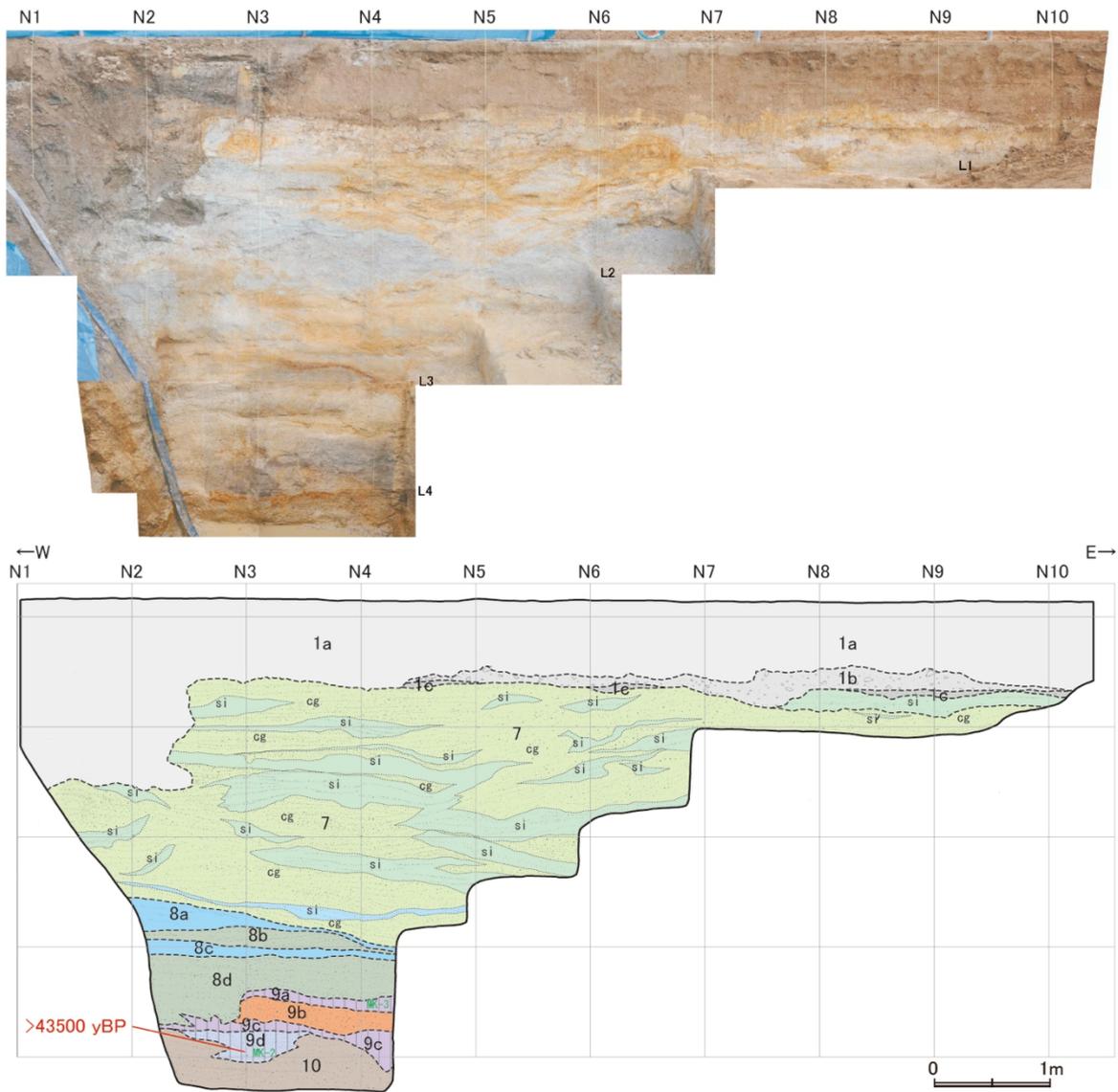


図 36 向佐野北トレンチ北壁面の写真とスケッチ
 グリッドの間隔は水平、垂直方向とも 1 m。図中に放射性炭層年代
 (暦年未校正) を併せて示す。

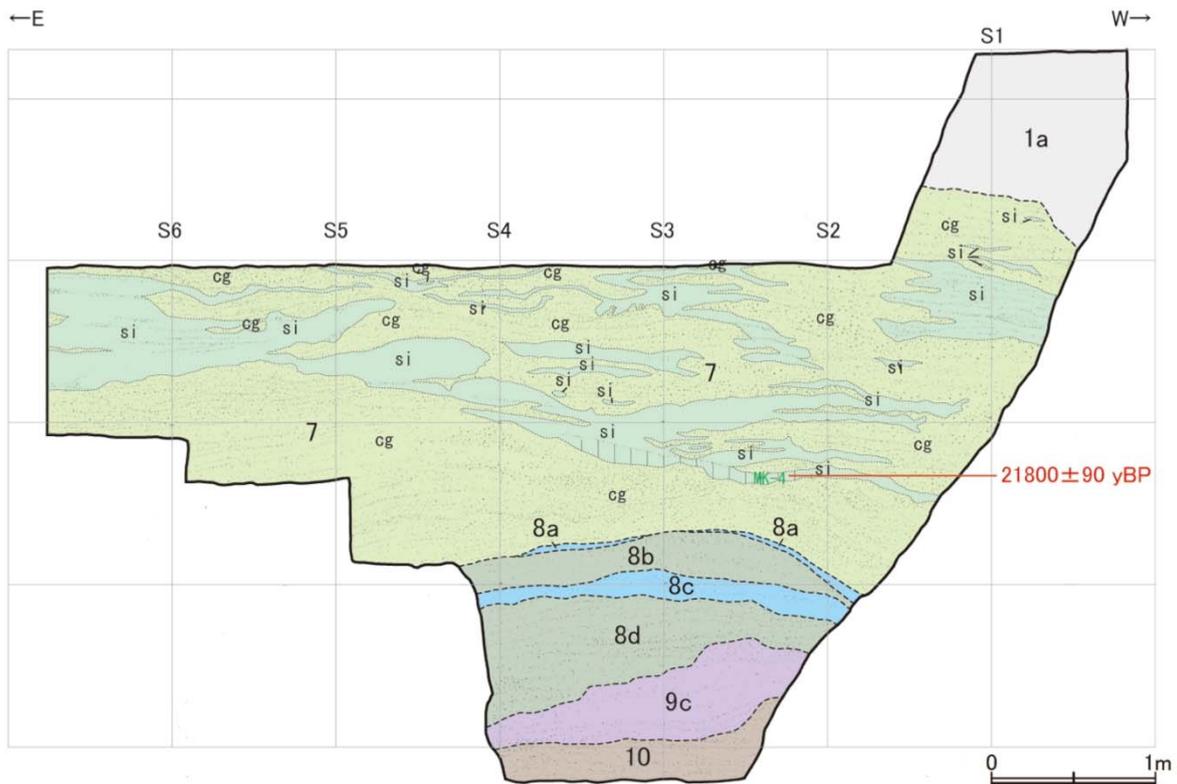
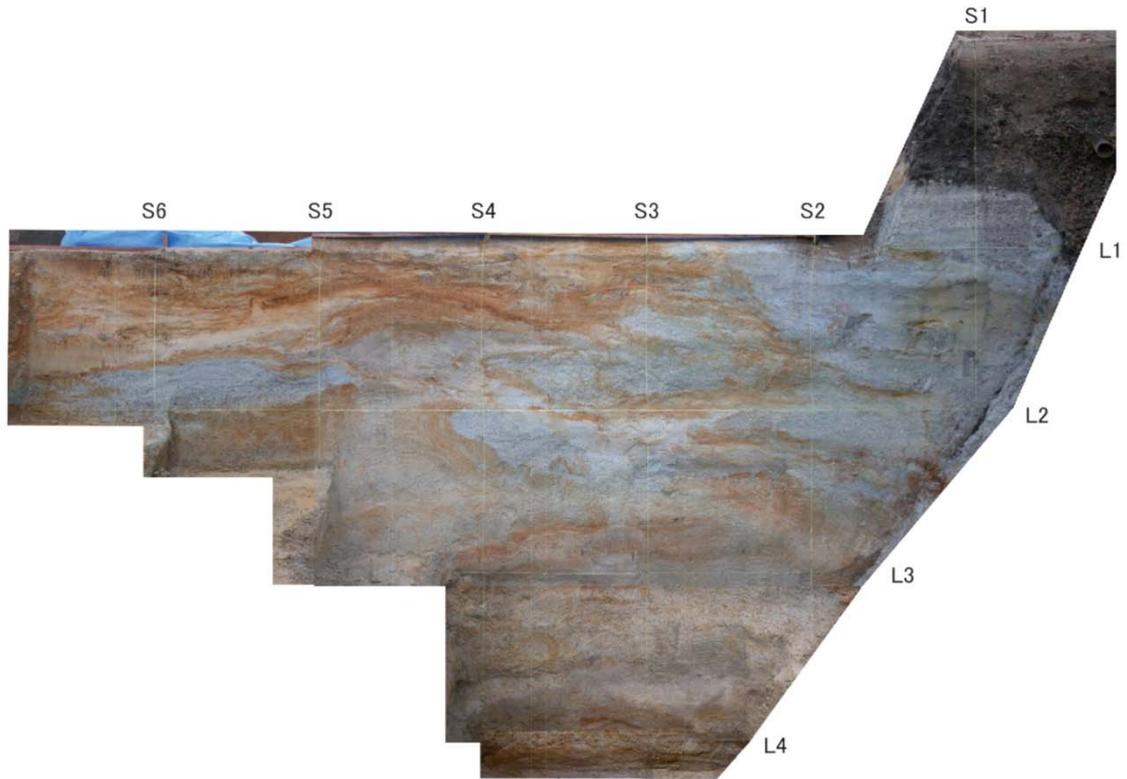


図 37 向佐野北トレンチ南壁面の写真とスケッチ
 グリッドの間隔は水平、垂直方向とも 1 m。図中に放射性炭層年代（暦年未校正）を併せて示す。

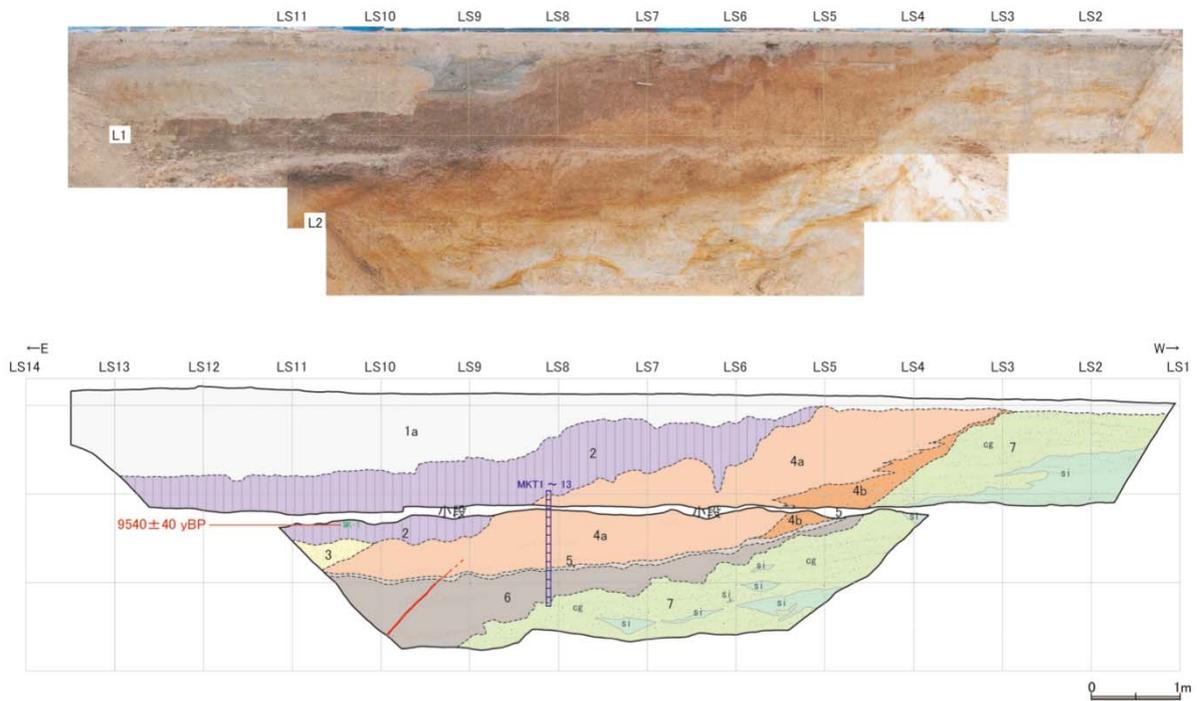


図 38 向佐野南トレンチ南壁面の写真とスケッチ
 グリッドの間隔は水平、垂直方向とも 1m。図中に放射性炭層年代（暦年未校正）を併せて示す。

4) 地中レーダー探査（2回目）

2回目の地中レーダー探査測線を図4に、探査結果を図39から図57に示す。すべての時間断面図において、往復走時約15 nsec～25 nsecより浅い部分は、地表面のアスファルト、コンクリート舗装、敷石等の人工物を見ているものと考えられる。深度変換は実施していないが、既知の速度を利用すると、往復走時25 nsecで深度1 m程度に換算される。

大野城市下大利（水城跡近傍）の2測線（Line15、Line16）のうち、断層の疑いのある構造が認められる箇所は、Line19Bの7m付近、Line20の15m付近である。

太宰府市向佐野の8測線（Line17～Line24）のうち、断層の疑いのある構造が認められる箇所は、Line23-2の17m、23m付近のみである。

太宰府市大佐野～筑紫野市杉塚の3測線（Line25～Line27）のうち、断層の疑いのある構造が認められる箇所は、Line25の31m、68m、Line26の34m、68m、Line27の2 m、12 m、32m、67m付近である。これらのうち、Line25の31m、Line26の34mの断層は、位置関係から、大佐野トレンチ壁面で観察された断層面の南方延長と考えられる。

筑紫野市塔原西の7測線（Line28～Line34）のうち、断層の疑いのある構造が認められる箇所は、Line32の28m付近である。この測線は、1回目探査のLine12と重複しているが、Line12においてもほぼ同じ位置に同様の構造を認めている（図16）。このほか、Line33の4 m深部、Line34の10mおよび20m深部付近に不連続構造が認められる。これらと、Line32、Line12に認められた構造との連続性について、今後検討する必要がある。

Line15A, Line15B

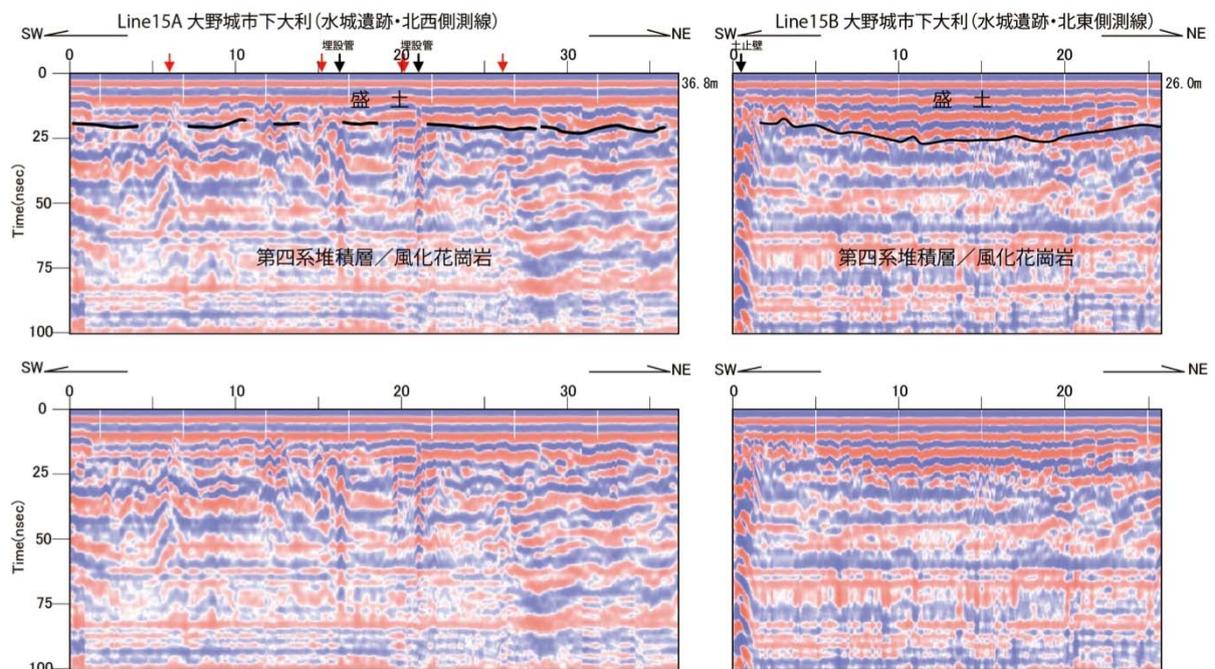


図 39 Line15 測線の地中レーダー探査結果（上：解釈断面，下：時間断面）
赤矢印は地層の不連続を示唆する箇所を示す。

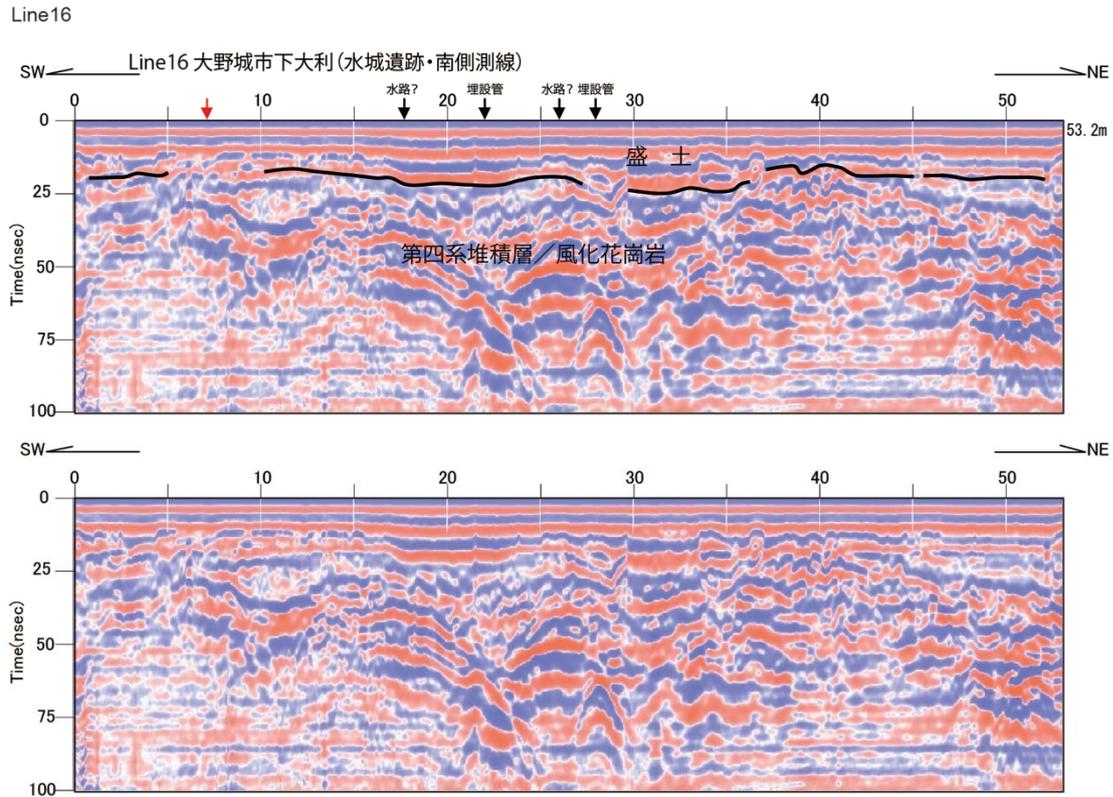


図 40 Line16 測線の地中レーダー探査結果

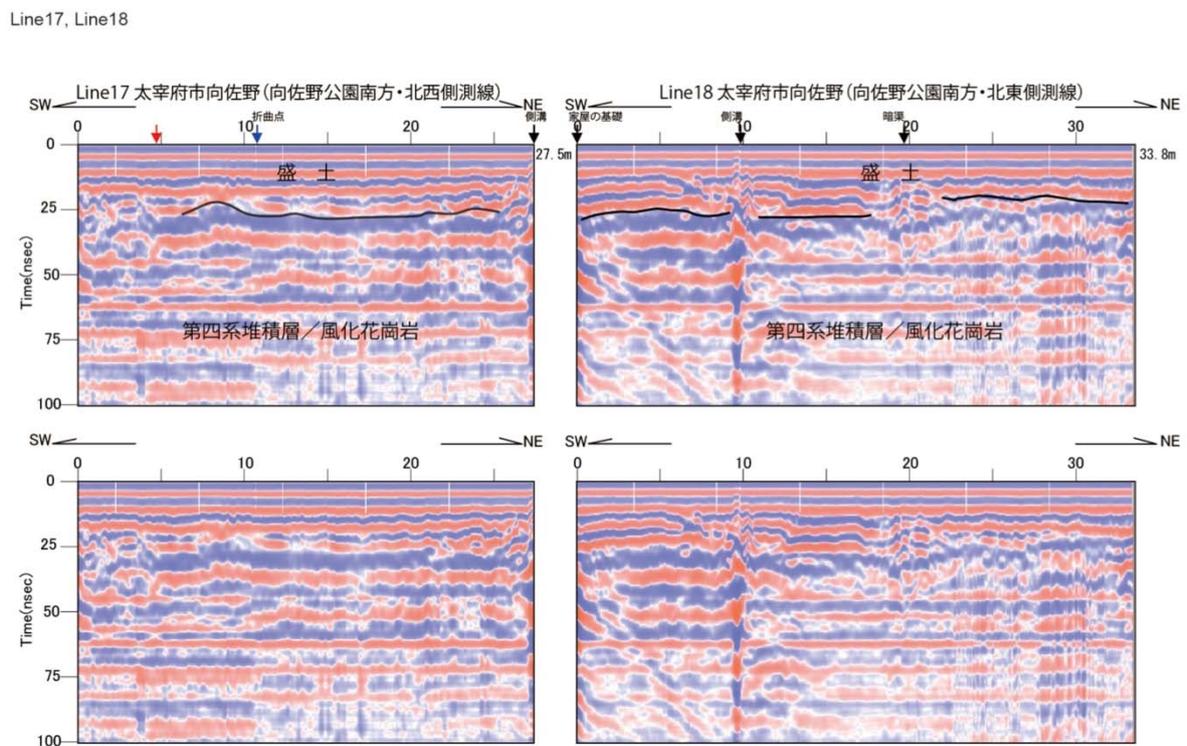


図 41 Line17 測線, Line18 測線の地中レーダー探査結果

Line19

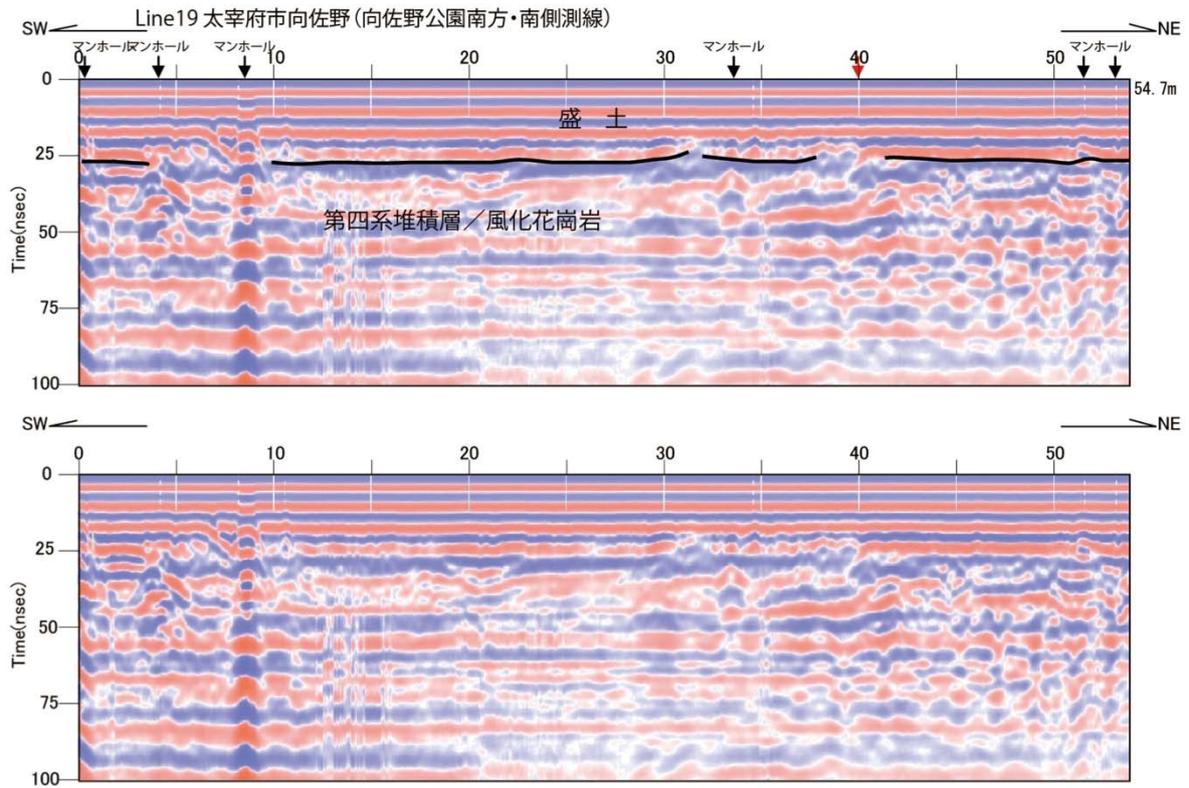


図 42 Line19 測線の地中レーダー探査結果

Line20

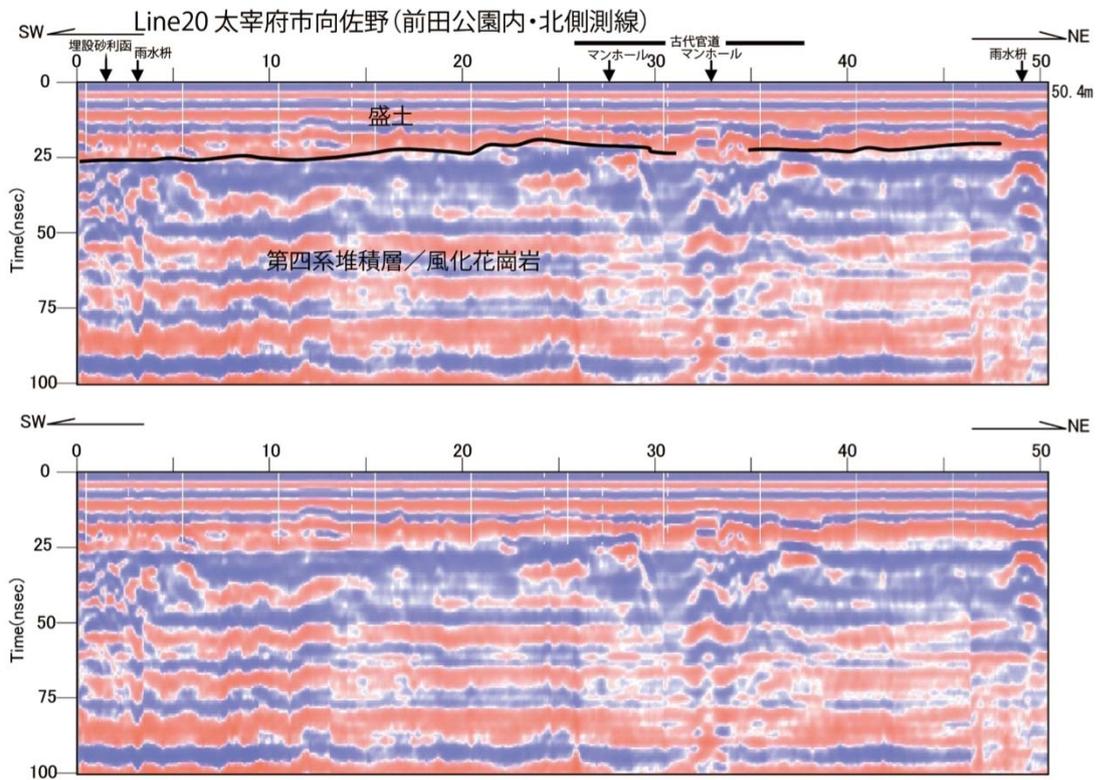


図 43 Line20 測線の地中レーダー探査結果

Line21

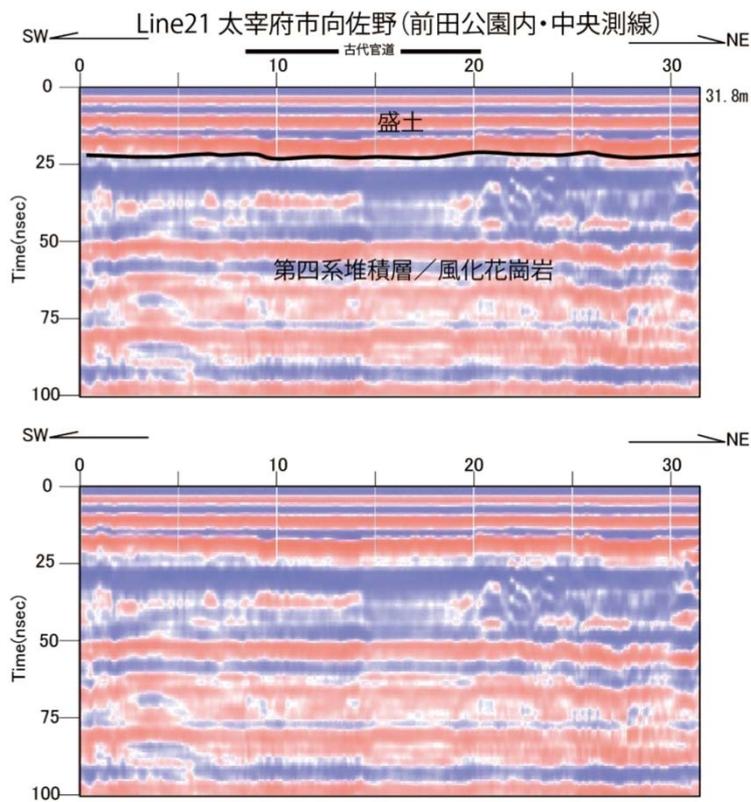


図 44 Line21 測線の地中レーダー探査結果

Line22

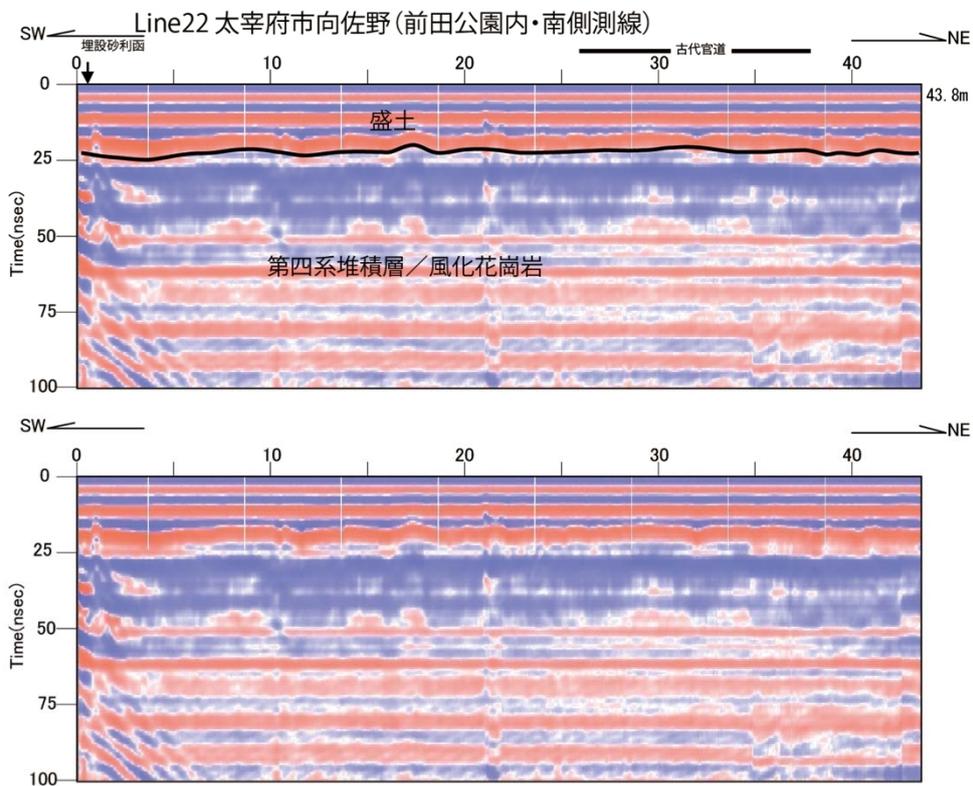


図 45 Line22 測線の地中レーダー探査結果

Line23

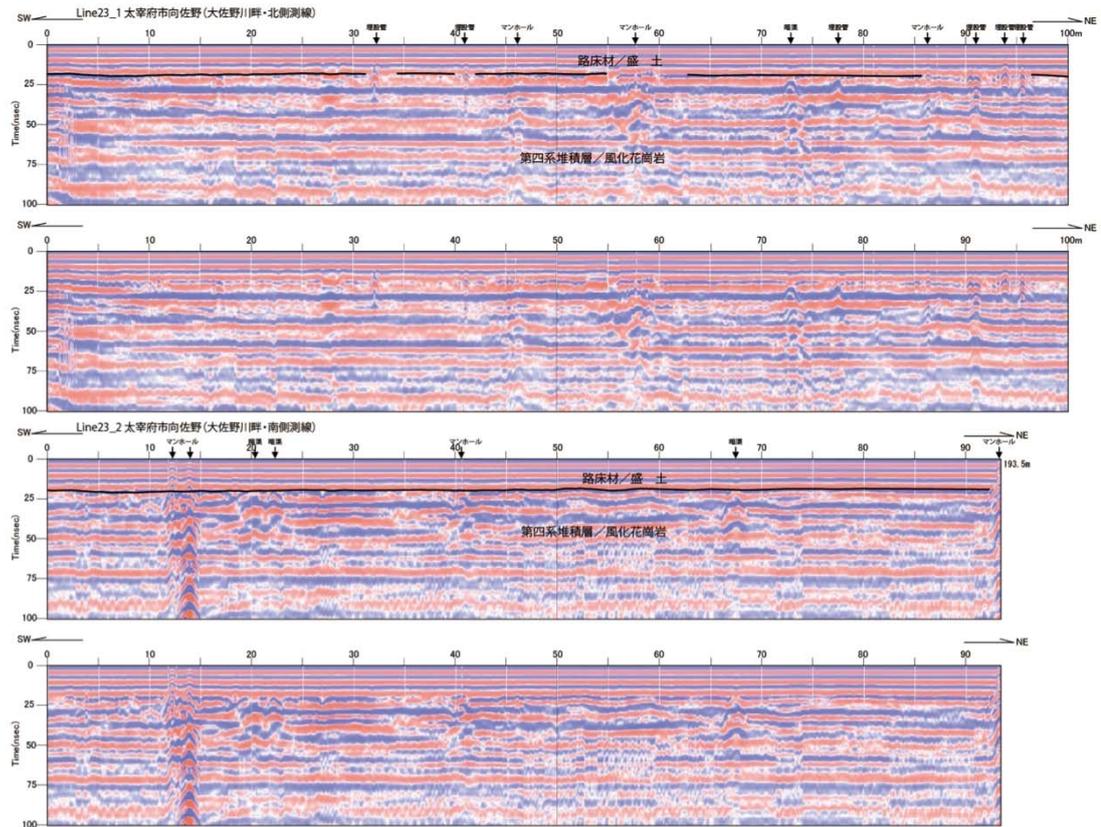


図 46 Line23 測線の地中レーダー探査結果

Line24

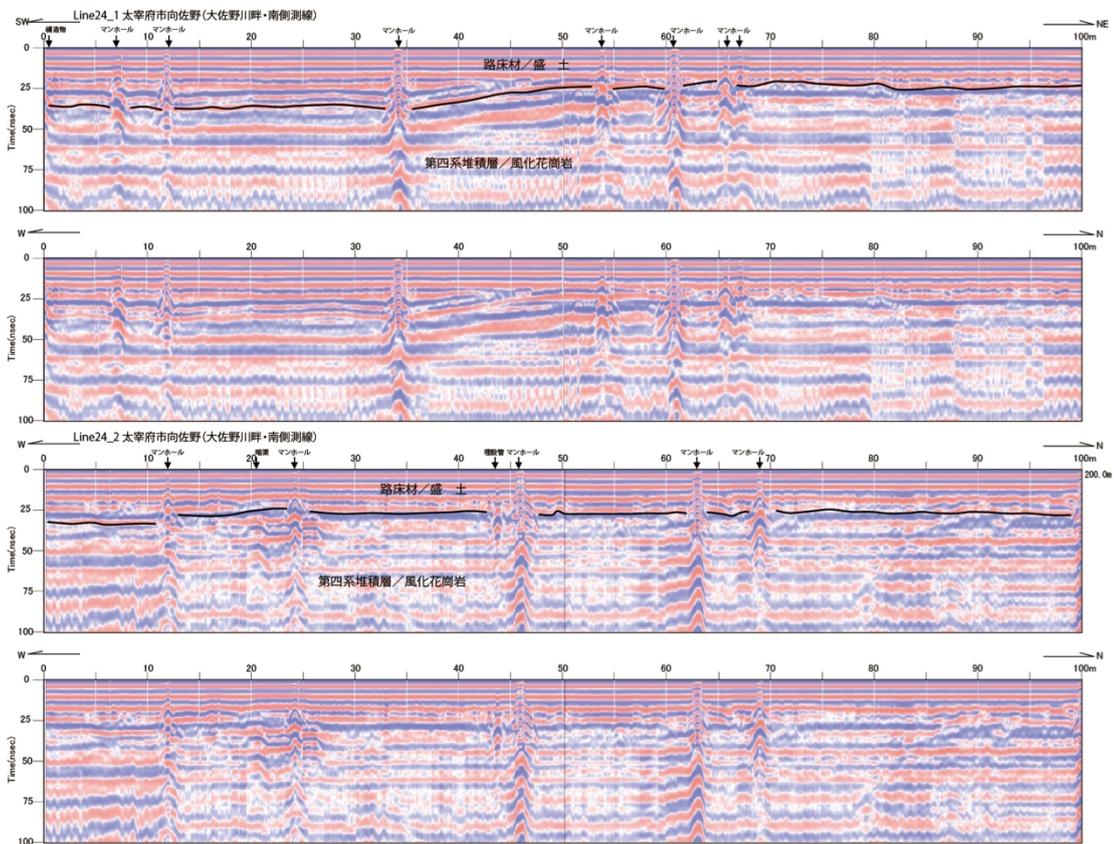


図 47 Line24 測線の地中レーダー探査結果

Line25

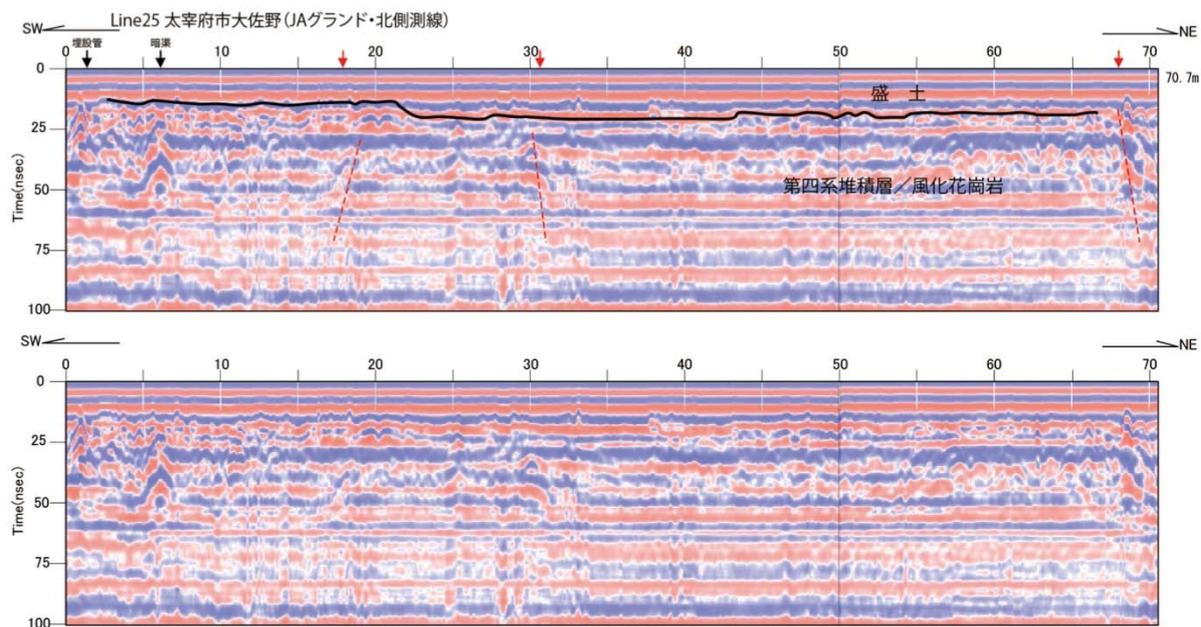


図 48 Line25 測線の地中レーダー探査結果

Line26

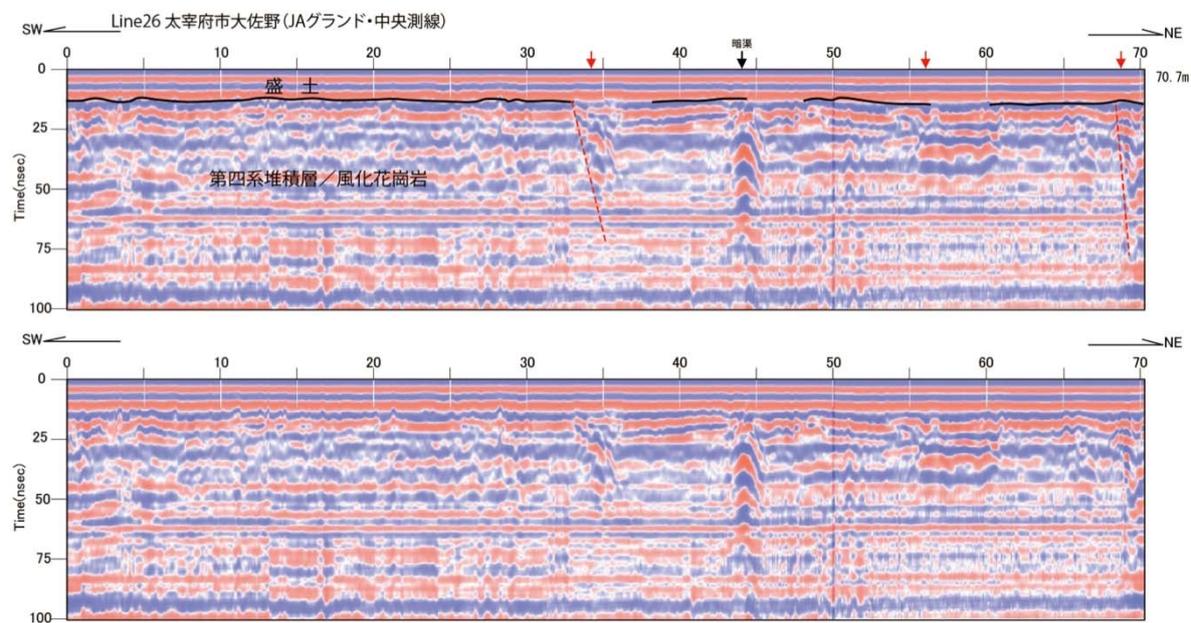


図 49 Line26 測線の地中レーダー探査結果

Line27

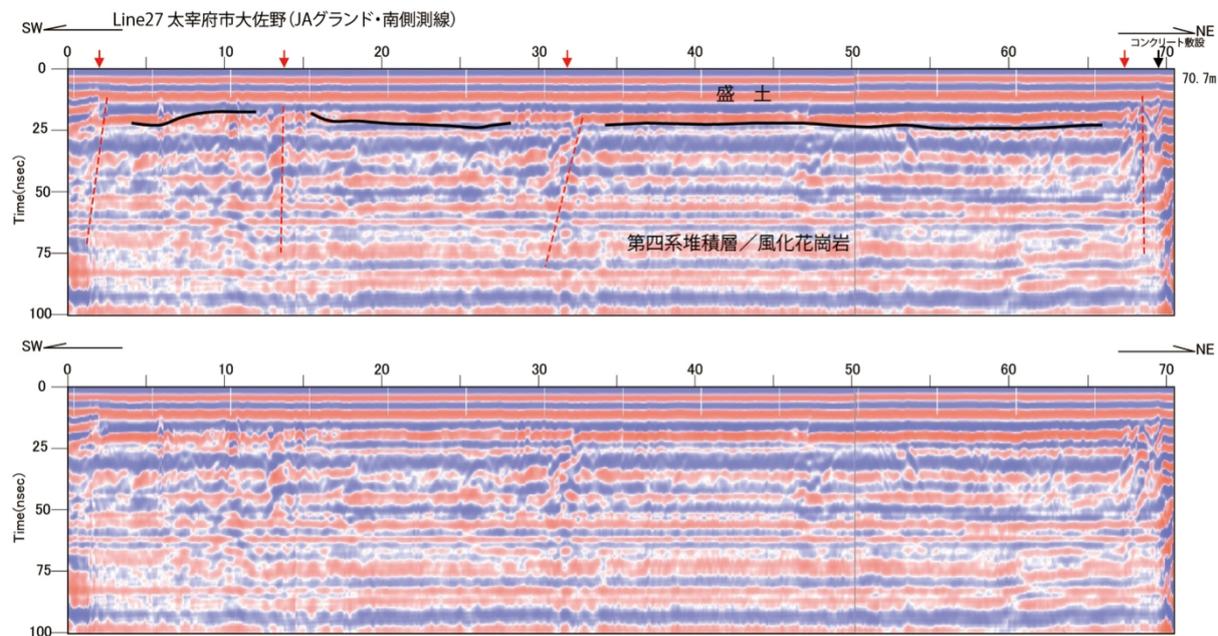


図 50 Line27 測線の地中レーダー探査結果

Line28

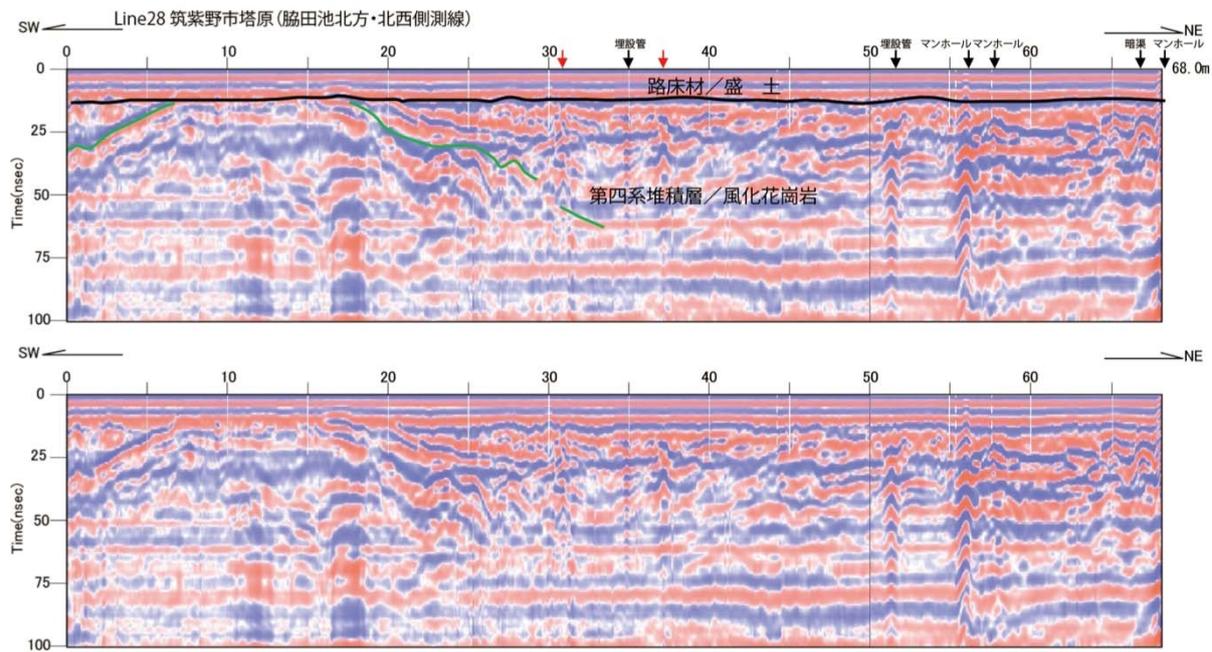


図 51 Line28 測線の地中レーダー探査結果

Line29

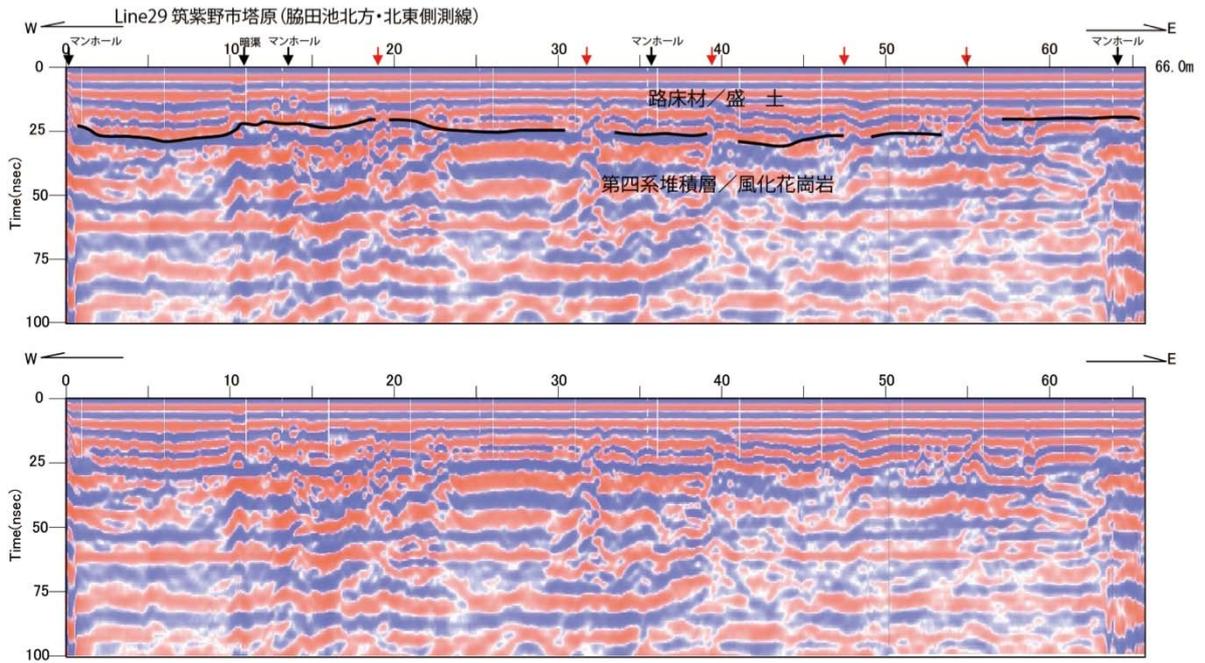


図 52 Line29 測線の地中レーダー探査結果

Line30

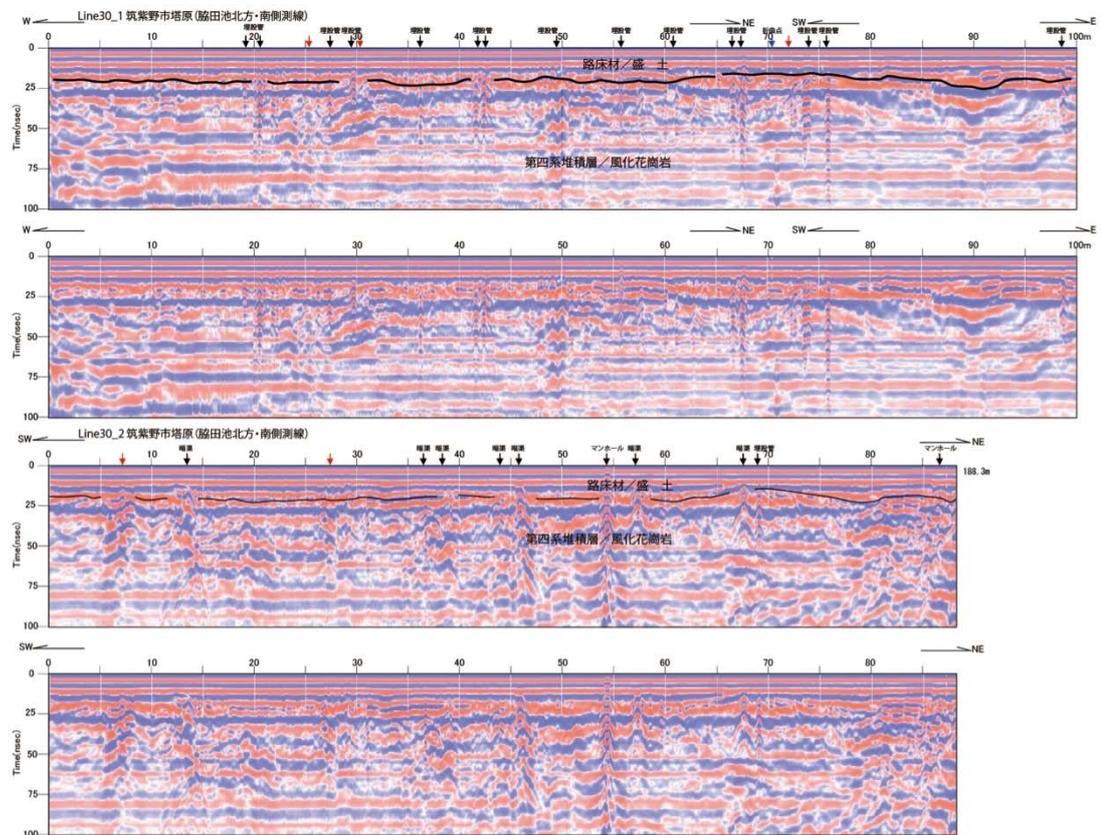


図 53 Line30 測線の地中レーダー探査結果

Line31

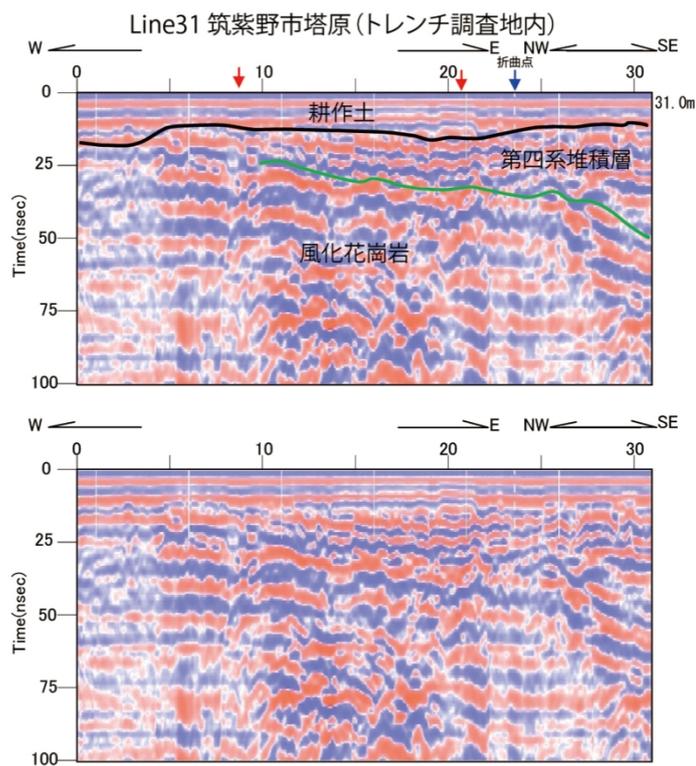


図 54 Line31 測線の地中レーダー探査結果

Line32

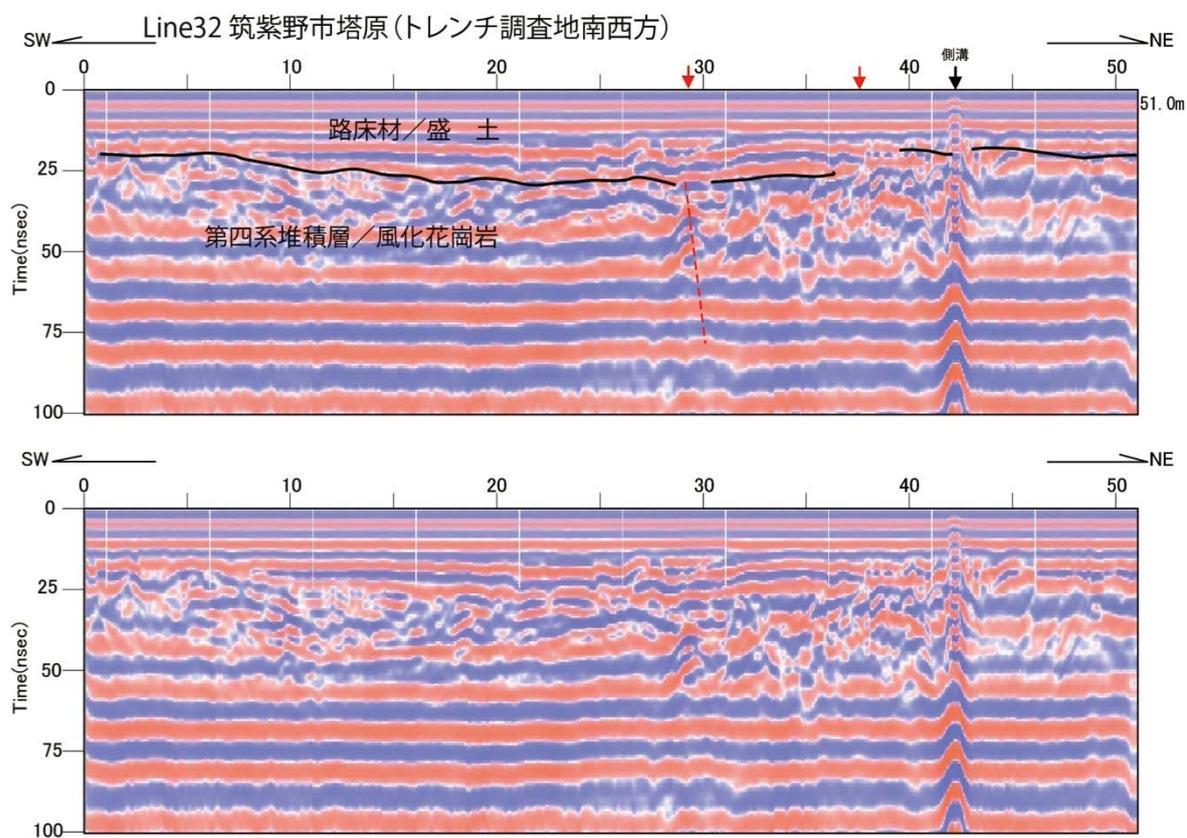


図 55 Line32 測線の地中レーダー探査結果

Line33

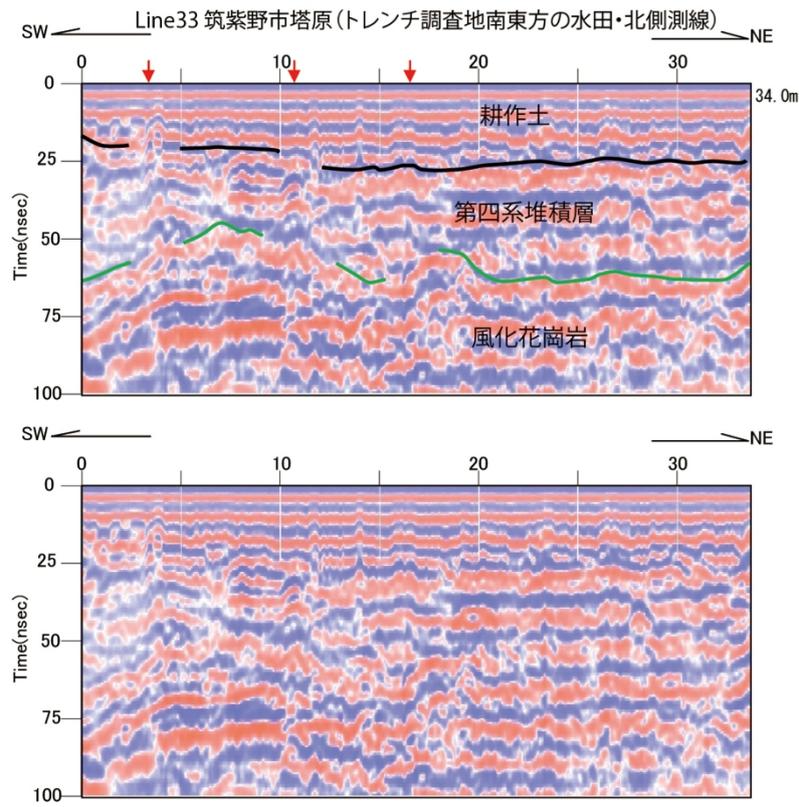


図 56 Line33 測線の地中レーダー探査結果

Line34

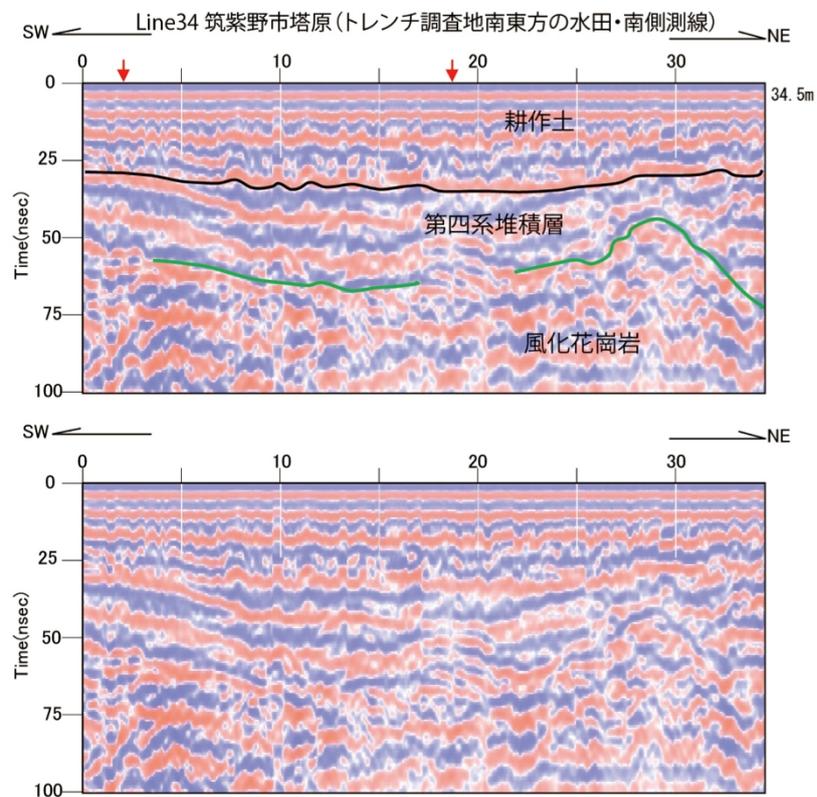


図 57 Line34 測線の地中レーダー探査結果

(d) 結論ならびに今後の課題

トレンチ調査用地選定のための地中レーダー探査とボーリング調査を実施した。これらの結果と、地形地質調査結果とを総合的に検討し、主断層 1 地点（塔原西トレンチ）、北東側に並走する断層 1 地点（向佐野トレンチ）の合計 2 地点においてトレンチ調査を実施した。また、ボーリングコア、トレンチ壁面から採取した試料の年代測定を実施した。その結果、トレンチ掘削範囲内には断層が通過しないことから、断層は、幅を持って推定された断層通過範囲のうち、トレンチ掘削範囲以外に限定することができた。しかし、断層位置がトレンチ調査地の近傍であるのか否か、あるとすればどちら側か等の判断はできなかった。調査地に分布する地層の層相および年代が明らかとなり、次年度以降の調査地選定に有用な情報が得られた。今後は、取得した地形地質情報および試料の解析と地中レーダー探査結果の詳細な解析等を実施することにより、断層位置推定のための検討をさらに進める必要がある。とくに、今年度の目的であった、1) これまで活動履歴調査が実施されていない太宰府市大佐野以南の断層位置を特定することと活動履歴を明らかにすること、2) 北東側に並走する断層について存在の有無も含めた位置と活動履歴を明らかにすることの 2 点は、警固断層帯（南東部）が将来起こしうる地震の規模と時期を推定する上で、最も必要な情報であることに変わりはないと考える。

(e) 引用文献

- 吾妻 崇・宮下由香里・二階堂 学・松浦和樹，警固断層南端部，筑紫野市武蔵地区における群列ボーリング調査，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，no. 7，231-239，2007.
- 物理探査学会，新版 物理探査適用の手引き-土木物理探査マニュアル2008-，物理探査学会，539p，2008.
- 物理探査学会編，物理探査ハンドブック，物理探査学会，1408p，1999.
- 千田 昇・岡田篤正・中田 高・渡辺満久・鬼木史子，1：25,000 都市圏活断層図「福岡」，国土地理院技術資料D・1-No. 333，1996.
- 太宰府市教育委員会，太宰府・佐野地区遺跡群 24-佐野土地区画整理事業に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書-日焼遺跡の調査，317p，2008.
- 福岡県，西山断層系、水縄断層系及び警固断層系に関する調査委託 報告書 第 IV 編 警固断層系についての調査結果，140p，1996.
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊，福岡地域の地質，地域地質研究報告（5 万分の1 地質図幅），地質調査所，192p，1994.
- 九州活構造研究会編，九州の活構造，東京大学出版会，553p，1989.
- 文部科学省研究開発局・国立大学法人九州大学，警固断層帯（南東部）における重点的な調査観測，平成 23 年度成果報告書，170p，2012.
- 宮下由香里・吾妻 崇・二階堂 学・岡崎和彦，警固断層の活動履歴-大野城市上大利トレンチ調査結果-，月刊地球，29，133-138，2007.
- 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，付図 1 葉，60p，2002.
- 岡村 真・松岡裕美・中島徹也・中田 高・千田 昇・平田和彦・島崎邦彦，博多湾における警固断層の活動履歴，地震，第 2 輯，61，4，175-190，日本地震学会，2009.
- 産業技術総合研究所，平成 17 年度原子力安全基盤調査研究 原子力安全基盤調査研究自然

科学分野総合的評価研究報告書, 157p, 2006.

下山正一・松田時彦・千田 昇・杉山雄一・磯 望・松村一良・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・松山尚典・黒木瑞昭・蚊爪康典, 警固断層, 大佐野地区(福岡県)でのトレンチ調査報告, 活断層研究, **18**, 55-64, 1999.

谷口 薫・中田 高・渡辺満久・鈴木康弘・堤 浩之・後藤秀昭・活断層位置・形状検討グループ, 活断層の長期評価の改良に向けた主要活断層帯の位置・形状に関する検討-北部九州地域-, 日本地球惑星科学連合 2008 年大会予稿集, J237-002, 2008.

3. 3-2 博多湾内および周辺海域の活断層の活動性及び活動履歴調査

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目 断層活動履歴や平均変位速度の解明のための調査観測
(博多湾内および周辺海域の活断層の活動性及び活動履歴調査)

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
国立大学法人九州大学	助教	下山 正一
西南学院大学	教授	磯 望
国立大学法人福岡教育大学	教授	黒木 貴一
国立大学法人高知大学	教授	岡村 眞

(c) 業務の目的

博多湾域沿岸部での断層活動履歴を明らかにし、これまで博多湾域と陸域で異なった調査結果が得られていた警固断層帯南東部北部の最新活動時期を限定することを目標とする。また、その周辺地域で警固断層帯に隣接かつ類似する性質をもつ断層（日向峠-小笠木峠断層、石堂-海の中道断層など）についても断層活動履歴を明らかにすることをめざす。

(d) 3 ヶ年の年次実施業務の要約

1) 平成 23 年度：

警固断層帯に 10km 以内で隣接し、かつ類似する日向峠-小笠木峠断層について空中写真判読と地形地質の現地踏査を実施し、その分布の確認と活動度を検討した。次に、日向峠-小笠木峠断層の北西延長上の地域（糸島市前原地域）に位置する前原断層とその周辺の空中写真判読を行い、地形地質の現地踏査を実施した。前原地域は都市化が進み、人工改変地が多く、地表での地形地質情報が不十分なため、既存ボーリング資料の収集を実施した。その結果、断層が想定される場所が 2 箇所特定できたので、さらにボーリング調査を実施して、地層のずれの有無から活断層の探索を行った。

2) 平成 24 年度：

警固断層帯南東部の博多湾延長部（A 区域）と石堂-海の中道断層の博多湾延長部（B 区域）の 2 区域において、海底音波探査による断層調査地点の選定を行った（サブテーマ 1-2 と連動）。選定された調査地点 3 箇所において、断層を横切る測線方で、ジオスライサーによるコアリングを各地点で 3-4 本実施し、平均 10m の長さの堆積物コアを 11 本採取した。採取された堆積物コアの堆積相解析、生痕相解析、化石相解析などの解析を実施し、地層区分を行った。サブテーマ 1-2 の音響断面と予察的に行った堆積物コアの暫定的な年代測定の結果、博多湾内における活断層の活動性の局地的な違いと活動履歴が判明した。これまで陸域と博多湾海域とで警固

断層帯の最新活動時期が大きく異なっていた主な原因は、活動履歴の異なる2つの活動区間（警固断層帯北西部と同南東部の断層）が存在し、それらの活動境界が博多湾中央部に存在するためであることが判明した。活断層の地溝状凹地が2つの断層の活動境界を形成していると考えられる。

3) 平成25年度：

前年度に採取された堆積物コアの堆積相・生痕相・化石相の解析を引き続き行い、火山灰分析による鬼界アカホヤテフラ（K-Ah）降灰層準の決定、¹⁴C年代測定、化石分析等を実施する。得られたデータ等に基づいて、断層帯隆起側と低下側の地層編年および層序の再検討を行い、警固断層帯南東部北端での最新活動時期と鉛直方向の平均変位速度を詳しく検討する。

(2) 平成24年度の成果

(a) 業務の要約

福岡市の市街地を通過する活断層である警固断層帯南東部は、その延長部が海域にも達している。博多湾を通る延長部は、岡村ほか（2009）によって報告されているが、陸域で見られる警固断層とは最新活動時期と活動間隔が異なる（福岡市，2009）。そこで、海域における警固断層帯の特徴を明らかにするために、博多湾内の警固断層帯（A区域）の2箇所ジオスライサーによるコア採取を実施した。また、2005年の福岡県西方沖地震の際には、博多湾東部にも多くの余震が発生した。これを博多湾東部余震域と呼ぶ（B区域）。博多湾東部余震域には地質断層と考えられている石堂-海の中道断層（唐木田ほか，1994）の延長部が存在し、サブテーマ1-2の調査で活断層が検出されたので、博多湾東部余震域の一箇所ジオスライサーによるコア採取を実施した。

ジオスライサー調査の結果、博多湾内の警固断層帯沿いの2箇所（HKA1地点とHKA2地点）のうち、HKA1地点では4本、HKA2地点では3本、長さ約8～10mの連続的な柱状堆積物試料が採取できた。堆積物試料中に含まれる木片や貝殻片を用いて、予察的に放射性炭素年代を測定した。また、堆積物試料中の火山ガラス含有量を調べ、更にその屈折率を測定した。ジオスライサー調査で得られた堆積物試料中の火山ガラスは、その特徴、屈折率、堆積物の放射性炭素年代などから、K-Ahテフラ起源である。このため、柱状堆積物試料中の火山ガラス含有量ピークの層準は、ほぼ降灰層準（約7,300年前）と考えられる。年代測定結果および火山ガラス検討結果を踏まえると、音響基盤（約8,900年前）以浅の断層活動イベントは、HKA1地点では少なくとも2回、HKA2地点では1回確認された。それらの最新活動時期は、HKA1地点で約3,100年前から約4,300年前の間、HKA2地点で約7,400年前から約8,000年前であり、大きく異なることが確認された。

サブテーマ1-2の成果と3-2の成果をまとめると、今回博多湾での古地震調査を実施した結果、博多湾内における活断層の活動性の局地的な違いと活動履歴が判明した。警固断層帯では、従来、陸域と海域で最新活動時期が大きく異なっていたことが知られていたが、その主な原因は、活動履歴の異なる2つの活動区間（警固断層帯北西部と南東部の断層）が存在し、それらの活動境界が博多湾中央部に存在するためであることが判明した。さらに、複数の活断層からなる地溝状凹地が2つの活動区間の活動境界を占めている。こ

のような状況から、博多湾海上のコアリング調査地点（岡村ほか，2009）と浜の町トレンチ調査地点（福岡市，2009）との間に活動性の異なる2つの活動区間の活動境界が存在すると考えると、両地点での最新活動時期の差は矛盾しない。

ただし、今回の年代値はA区域のコアについてのみであり、測定数も不十分なため暫定的な成果である。正確な年代モデルの構築のためには更なる年代測定が必要である。また、断層の垂直変位量の見積もりは地層の年代が明らかになってから行う。25年度は、A区域のコアについての追加の調査を実施するとともにB区域のコアについても同様の検討を行う必要がある。

(b) 業務の実施方法

1) 海上ジオスライサー調査

本調査では、海底堆積物の地層観察を容易にし、大量の堆積物試料を得るため、海上ジオスライサー調査を採用した。ジオスライサーを用いた海上での地層の抜き取り調査の施工は復建調査設計株式会社に依頼した。ジオスライサー（Geoslicer）とは、表面から数mの範囲の地層を垂直に抜き取る調査に用いる装置である（中田・島崎，1997）。この調査法では定方位で幅の広いコア試料を採取できる（原口ほか，1998）。なお、ジオスライサー調査を海底の活断層調査に用いた例は今回が最初である。



図1 ジオスライサー調査を実施した台船

海上ジオスライサー調査の手順は次の通りである。

- (1) GPS を用いて、調査地点に作業用台船を回航し、スパット（杭）で台船位置を固定し、再度位置を決定する（図1）。
- (2) サンプルトレイ（鋼矢板Ⅲ型、長さ23.5m、20.5mの2タイプを使用。試料落下防止の

ストッパーを溶接したもの)をバイブロ工法で海底面に垂直に打設(図2)。

(3) サンプルトレイに沿わせてシャッタープレート(鋼鉄製、最大長24m)をバイブロ工法で打設。

(4) サンプルトレイとシャッタートレイをボルトで固定し、クレーンを用いて一緒に引き抜く。

(5) ジオスライサーを引き抜き、船上に横たえて、シャッタープレートを外す。

(6) 試料の整形等を行った後に、堆積物コアの層相観察を行い、放射性炭素年代測定、火山灰分析のための試料を採取する。



図2 サンプルトレイ打ち込み状況

2) 放射性炭素年代測定

放射性炭素(^{14}C)年代測定はAD1950年を起点にして何年前かを示した年代である。

その手順は以下の通り。

- (1) 堆積物コアからピンセット等で貝化石、木片、植物片を採取する。
- (2) 顕微鏡下で付着部を取り除いた後、酸-アルカリ-酸 (AAA: Acid Alkali Acid) 酸アルカリ処理で不純物を化学的に取り除く。
- (3) 超純水で中性になるまで希釈し、乾燥させる。
- (4) 試料を燃焼させ、二酸化炭素 (CO₂) を発生させる。
- (5) 真空ラインで二酸化炭素を精製し、精製した二酸化炭素を水素で還元し、グラファイト (C) を生成させる。
- (6) グラファイトを測定装置に装着し、加速器をベースとした ¹⁴C-AMS 専用装置 (NEC 社製)、¹⁴C の計数、¹³C 濃度 (¹³C/¹²C) の測定、¹⁴C 濃度 (¹⁴C/¹²C) の測定を行う。

年代値の産出には、Libby の半減期 (5568 年) を使用する (Stuiver and Polach, 1997)。暦年較正年代は、¹⁴C 年代に対応する較正曲線状の暦年代範囲であり、1 標準偏差 (1σ = 68.2%) あるいは 2 標準偏差 (2σ = 95.4%) で表示される。ここでは、植物体など試料中の炭素が大気中の二酸化炭素に由来すると考えられる試料に対しては、IntCal09 データベース (Reimer et al., 2009) を、貝殻など大気中の二酸化炭素とは由来の異なる炭素を含むと考えられる試料に対して Marine09 データベース (Reimer et al., 2009) を用い、いずれも Oxcal4.1 較正プログラム (Bronk Ramsey, 2009) を使用し較正年代を算出する。以上の測定を株式会社加速器分析研究所に依頼した。暦年較正年代は ¹⁴C 年代に基づいて較正 (calibrate) された年代値であることを明示するために「cal BC/AD」 (または cal BP) という単位で表される。本報告で用いた放射性炭素年代値は全て暦年較正值 (2σ 中央値) である。

3) 火山ガラス含有率分析

堆積物コアが既知の火山灰を含む場合、年代を決定することができる。九州では完新世広域指標テフラとして、鬼界-アカホヤ火山灰 (K-Ah) を利用できる。今回、分析用試料を採取したコアは HKA1 地点では A1-1 コアと A1-4 コア、HKA2 地点では A2-1 コアと A2-3 コアの、合計 4 本である。

分析方法は次の通りである。

- (1) 地層から連続的に (10cm または 20cm 間隔) に堆積物を採取した (図 3)。
- (2) サンプルを約 10 g 計量し、大型試験管に移す。
- (3) 約 10% の過酸化水素水をサンプルが浸る程度にそそぐ。
- (4) 発泡が落ち着いたのち、水を加えて超音波洗浄機にかける。
- (5) 濁った上澄みだけを捨て再び水を加える。
- (6) 手順 (4) (5) を水が澄むまで繰り返す。
- (7) 2 つの茶こしで 4φ (0.062mm) メッシュのフィルターを挟み、その上に試験管内のサンプルを全て注ぎ、濾す。上の茶こしに残った試料は捨て、残った試料を乾燥させる。
- (8) 乾燥した試料を 3φ (0.125mm) メッシュを用いて、粗粒物と細粒物に分ける。
- (9) 3-4φ サイズ区間の試料を光硬化剤でプレパラートに封入する。
- (10) 偏光顕微鏡で観察する。
- (11) 粒子 200 個中の火山ガラスを計数し、含有率のピークを求める。
- (12) 温度変化型屈折率測定装置 (RIMS) を用いて、細粒試料中の火山ガラスの屈折率を測定

する*。測定は60粒子以上行う。

*) RIMS による火山ガラス屈折率の測定は京都大学大学院理学研究科の山田圭太郎氏に依頼した。屈折率が測定された試料は火山ガラス含有率のピーク付近の4試料、HKA1地点ではA1-1コアの深度4.40mとA1-4コアの深度4.60mの、HKA2地点ではA2-1コアの深度2.80mとA2-3コアの深度3.20mの試料である。



図3 堆積物コアからのテフラ試料の採取状況

(c) 業務の成果

1) ジオスライサー調査

博多湾でのジオスライサー調査（コアリング）は、2012年11月8日、9日、10日に、警固断層延長部のA区域内で2箇所、博多湾東部の海の中道断層延長部のB区域内で1箇所実施された（図4）。これらの調査地点の名称を、A区域はHKA1地点およびHKA2地点、B区域はHIUB1地点とする。最初のコアリング位置のGPS座標は、HKA1地点では $33^{\circ} 37' 38.93160''$ 、 $130^{\circ} 20' 37.99682''$ 、HKA2地点では $33^{\circ} 37' 25.01579''$ 、 $130^{\circ} 20' 36.95879''$ 、HIUB1地点では $33^{\circ} 38' 56.91660''$ 、 $130^{\circ} 22' 22.99381''$ である。

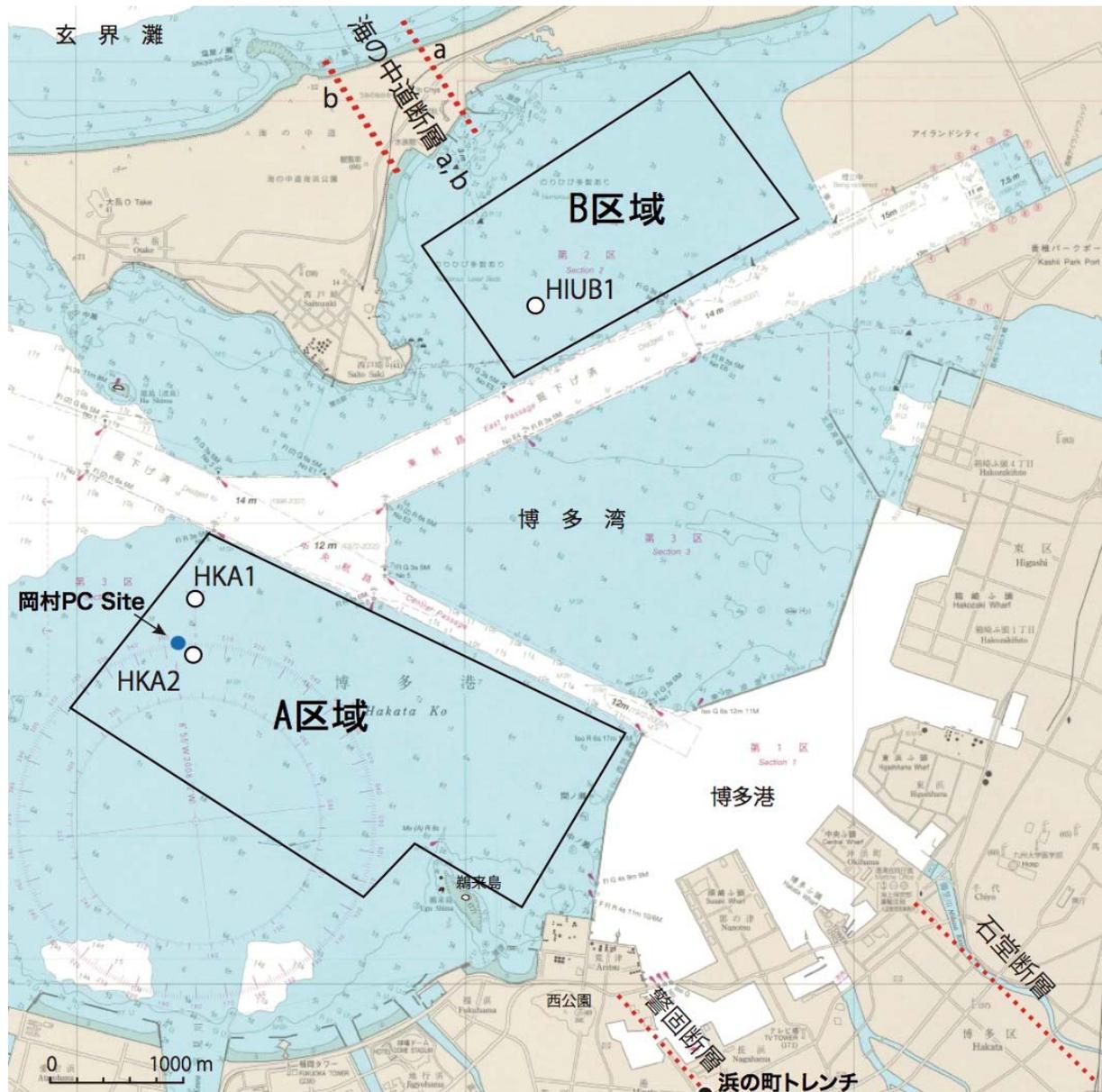


図4 ジオスライサーコアリング実施地点

音波探査によって推定された断層位置の座標を読み取り、GPSを用いて誘導し、ジオスライサー調査位置を決定した。採取してすぐに地層試料の観察を行い、採取された地層が断層の隆起側か低下側かをその場で判断し、次の採取地点を検討し、調査を進行した。それにより、各調査地点において、断層位置を挟んで地層試料を採取することに成功した（図

5、6)。なお、1日当り3～4本のジオスライサー試料を得ることができ、合計11本の試料をえることができた。

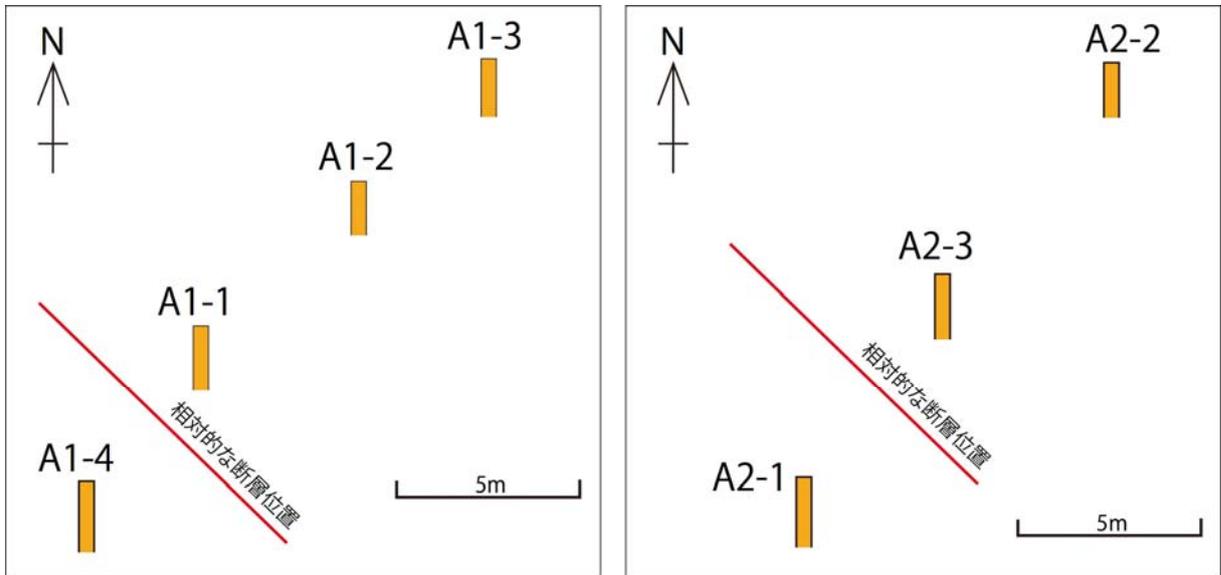


図5 ジオスライサー調査で採取された堆積物コアの位置関係
HKA1 地点 (左)、HKA2 地点 (右)

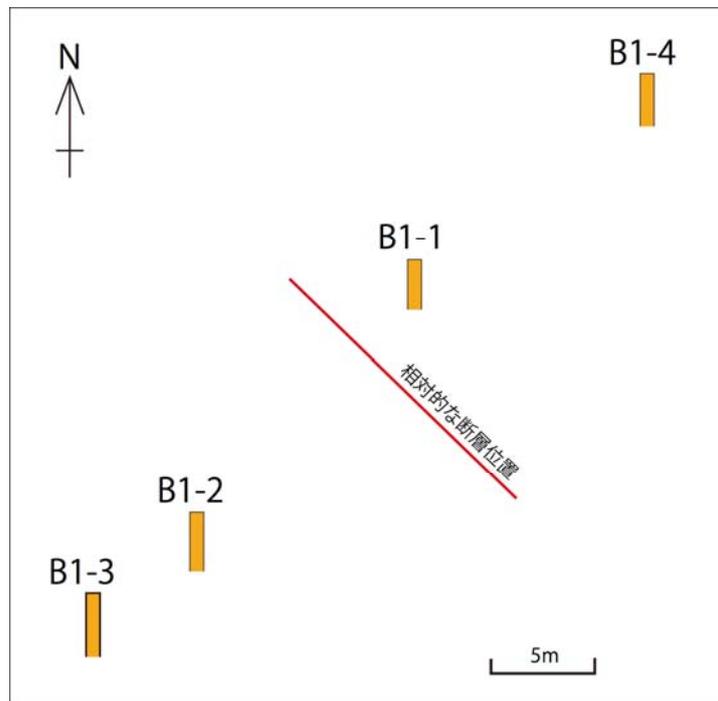


図6 ジオスライサー調査で採取された堆積物コアの位置関係
HIUB1 地点

ジオスライサー調査の結果、A 区域では HKA1 地点で 4 本、HKA2 地点で 3 本の堆積物コア試料が採取された(図7)。得られた堆積物コア試料の長さは約8～10mである。B 区域では HIUB1 地点で 4 本の堆積物コア試料が採取された(図8)。

地層区分のために堆積物コアの詳細観察を行った。HKA1 地点における A1-1 コアでは、海底面深度 0m から 7.91m までは暗青灰色の貝殻混じりシルトが占めている（図 9）。海底面深度 5.67m までの区間には、イヨスダレ、サルボウ、トリガイ、ホソヤツメタガイなどの内湾浅海域泥底に生息する貝の貝殻片が特に集中している。海底面深度 7.91m から 9.15 m には細礫混じりの砂層が存在し、砂層にはコゲツノブエ、ヤマトシジミなどの干潟や河口に生息する貝の貝殻片を含んでいる。海底面深度 9.15m から 10.00m には陸上植物の根茎を多く含む有機質シルトが確認された。海底面深度 0m から 9.15m までは博多湾シルト層（唐木田ほか，1994）、海底面深度 9.15m 以下は住吉層下部（唐木田ほか，1994）に対比される。

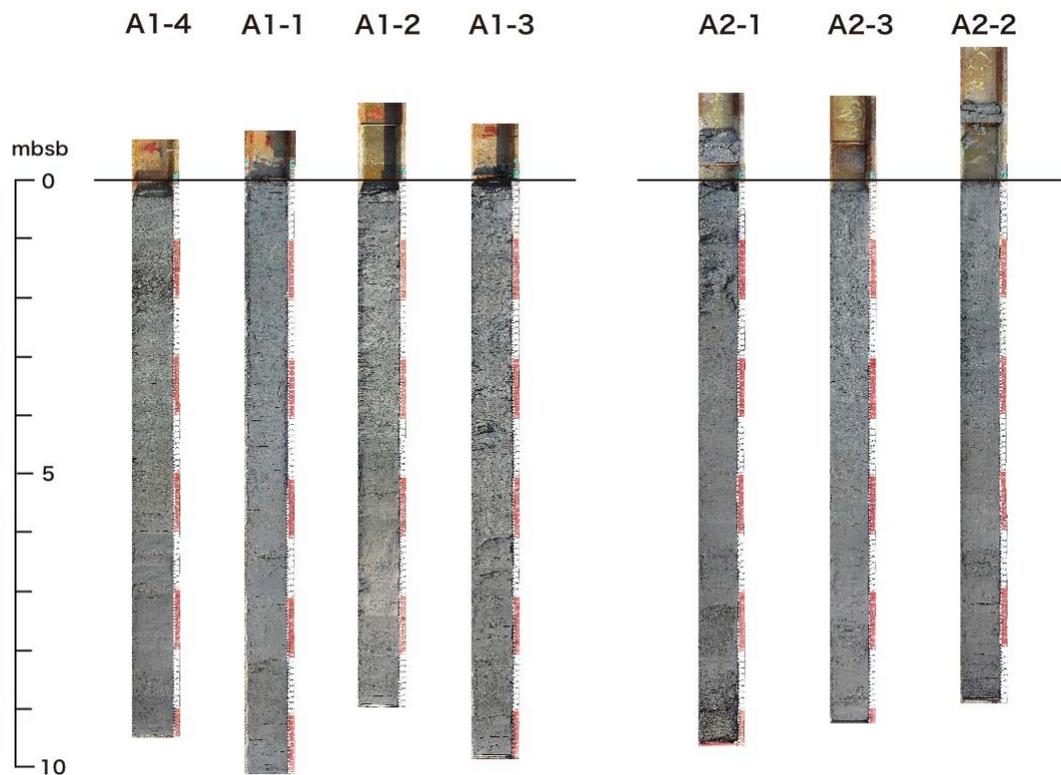


図 7 A 地区 HKA1 地点（左）と HKA2 地点（右）から得られたジオスライサーコア（横は 2 倍に拡大）

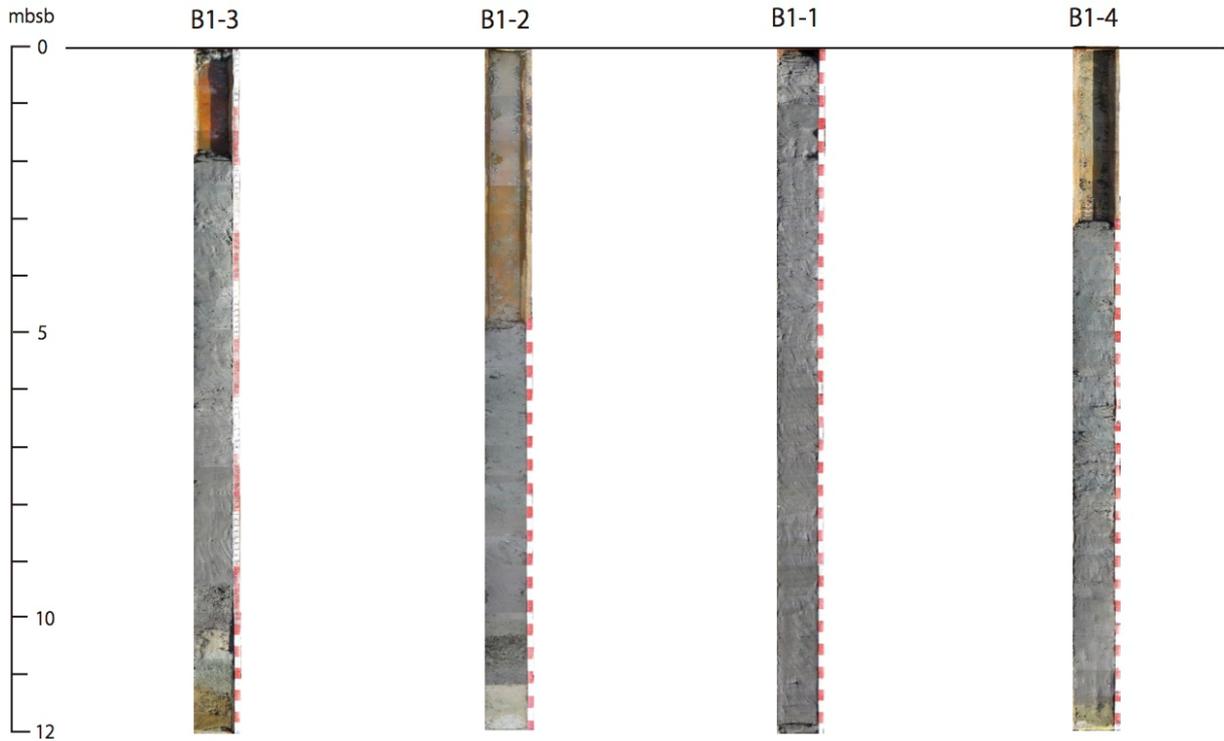


図8 B地区 HIUB1 地点から得られたジオスライサーコア
(横は2倍に拡大)

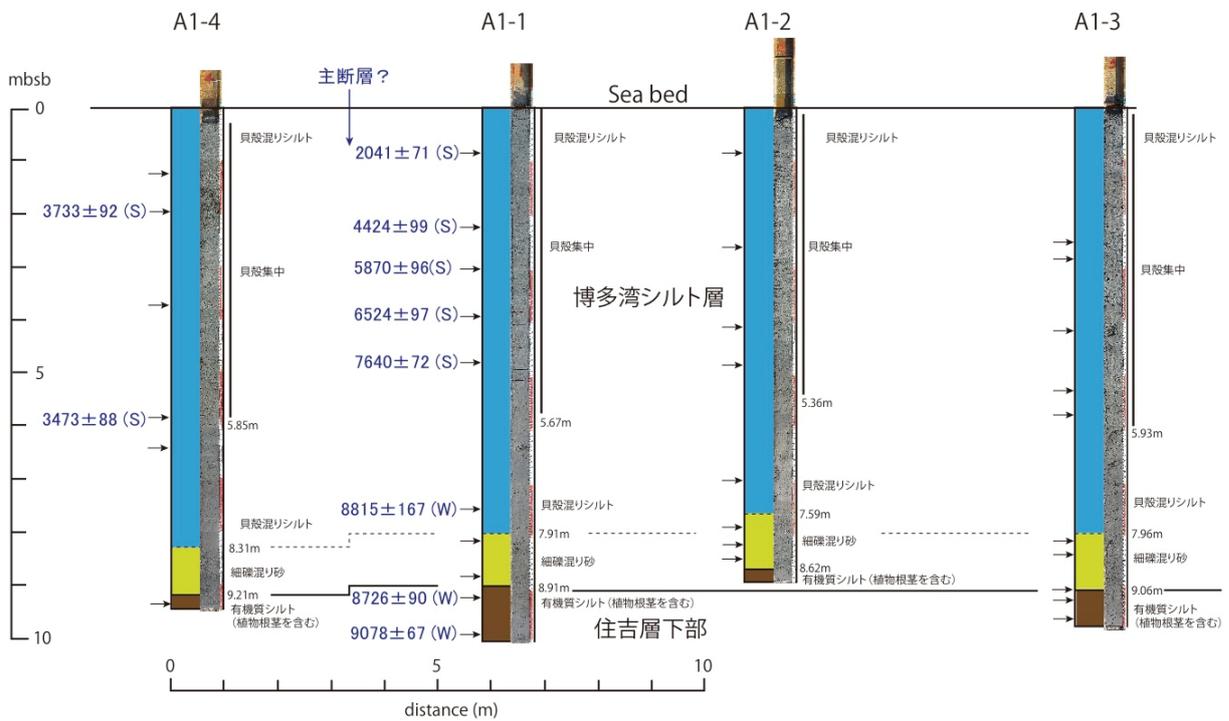


図9 HKA1 地点における堆積物コアの地層区分
矢印は放射性炭素年代測定用試料の採取深度を示す

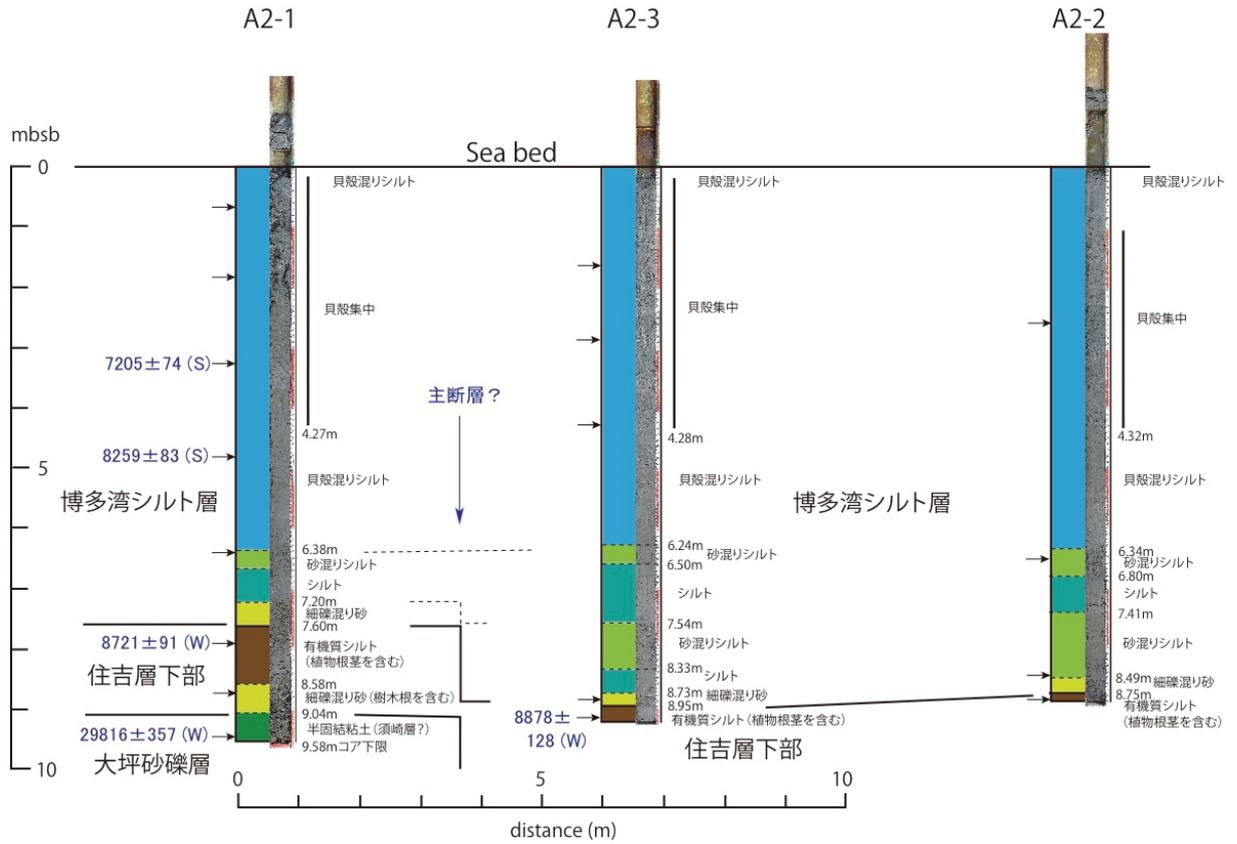


図 10 HKA2 地点における堆積物コアの地層区分
矢印は放射性炭素年代測定用試料の採取深度を示す

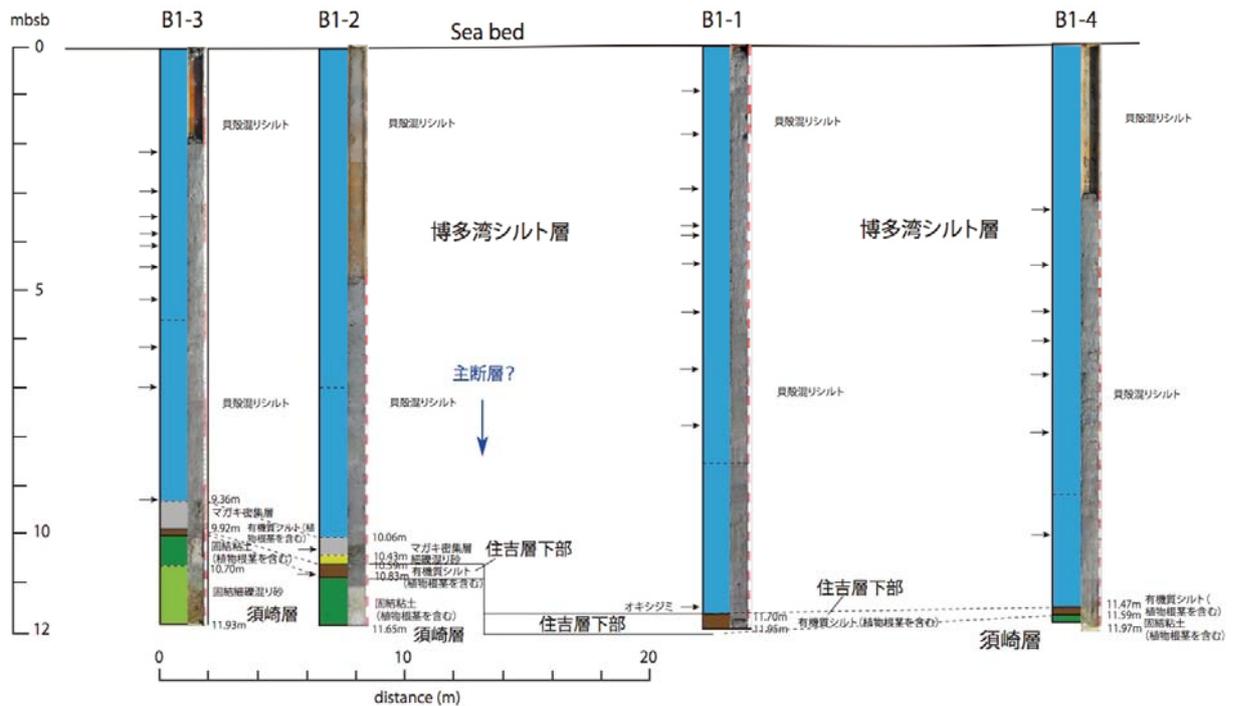


図 11 HIUB1 地点における堆積物コアの地層区分
矢印は放射性炭素年代測定用試料の採取深度を示す

HKA2 地点における A2-1 コアでは、海底面深度 0m から 6.38m までは HKA1 コアと同様に暗青灰色の貝殻混じりシルトが占めている(図 10)。海底面深度 1.0 から 1.9m の区間には、イヨスダレ、トリガイ、ホソヤツメタガイなどの内湾浅海域泥底に生息する貝の貝殻片が特に集中している。その下の海底面深度 6.38m から 7.20m までに砂混じりのシルト、7.20m から 7.60m は細礫混じりのシルトでコゲツノブエ、ヤマトシジミなどの干潟や河口に生息する貝の貝殻片を含んでいる。海底面深度 7.60m から 8.58m には陸上植物の根茎を多く含む有機質シルト、海底面深度 8.58m から 9.04m には樹木根を含む粗粒砂、海底面深度 9.04m から 9.58m には半固結粘土が確認される。海底面深度 0m から 7.60m までは博多湾シルト層、海底面深度 7.60m から 9.04m は住吉層下部に、海底面深度 9.04m 以下は大坪砂礫層(唐木田ほか, 1994)に対比される。

HIUB1 地点における B1-3 コアでは、海底面深度 0m から 9.36m までは HKA1 コアと同様に暗青灰色の貝殻混じりシルトが占めている(図 11)。海底面深度 1.9 から 5.57m の区間には、イヨスダレ、サルボウ、ホソヤツメタガイなどの内湾浅海域泥底に生息する貝の貝殻片が特に集中している。その下の海底面深度 9.36m から 9.92m までは両殻の揃ったマガキ化石の密集層、海底面深度 9.92m から 10.04m には陸上植物の根茎を多く含む有機質シルト、海底面深度 10.04m から 10.70m には炭化した樹木根を含む半固結粘土、10.70m から 11.93m には半固結した細礫混じり粗粒砂が確認される。海底面深度 0m から 9.92m までは博多湾シルト層に、海底面深度 9.92m から 10.04m は住吉層下部に、海底面深度 10.04m 以下は須崎層(唐木田ほか, 1994)に対比される。

3) 放射性炭素年代測定結果

ジオスライサーで得られた堆積物コアから貝化石、植物片、木片等採取し、放射性炭素年代を測定した。測定結果は表 1 のとおりである。年代値に大きな前後はない。深度との比較を考察((c)-5) 堆積物コア深度と年代の検討)で述べる。

表 1 放射性炭素年代測定結果

Sample	Depth below sea bed (m)	Material	Code number	Conventional 14C age (yBP)	Calibrated age (2σ:cal yBP)	Calibrated age (2σ:AD/BC)	暦年校正中央値
HKA1-4-2.00	2	Shell	IAAA-121766	3,390 ± 20	3641-3825 (0.95)	BC 1876-1692 (0.95)	3733
HKA1-1-9.95	9.55	Wood fragment	IAAA-121767	8,210 ± 30	9170-9251 (0.16) 9011-9144 (0.80)	BC 7302-7221 (0.16) BC 7195-7062 (0.80)	9078
HKA1-1-9.23	9.23	Wood fragment	IAAA-121768	8,020 ± 30	8824-8979 (0.38) 8636-8815 (0.57)	BC 7030-6875 (0.38) BC 6866-6687 (0.57)	8726
HKA1-1-7.59	7.59	Wood fragment	IAAA-121769	8,020 ± 30	8648-8981 (0.95)	BC 7032-6699 (0.95)	8815
HKA1-1-3.93	3.93	Shell	IAAA-121770	5,750 ± 30	6427-6620 (0.95)	BC 4671-4478 (0.95)	6524
HKA2-1-9.50	9.5	Wood fragment	IAAA-121771	24,900 ± 100	29459-30172 (0.95) 8679-8978 (0.20)	BC 28223-27510 (0.95) BC 7029-6730 (0.20)	29816
HKA2-1-7.88	7.88	Wood fragment	IAAA-121772	8,060 ± 30	8826-8871 (0.12) 8630-8811 (0.64)	BC 6922-6877 (0.12) BC 6862-6681 (0.64)	8721
HKA2-1-6.49	6.49	Shell	IAAA-121773	7,890 ± 30	8737-8986 (0.95)	BC 7037-6788 (0.95)	8915
HKA2-1-3.25	3.25	Shell	IAAA-121774	6,220 ± 30	7131-7278 (0.95)	BC 5329-5182 (0.95)	7205
HKA2-3-9.13	9.13	Wood fragment	IAAA-121775	8,070 ± 30	8750-9006 (0.94) 8725-8740 (0.02)	BC 7057-6801 (0.94) BC 6791-6776 (0.02)	8878
HKA1-4-3.73	3.73	Shell	IAAA-121995	5,760 ± 30	6109-6268 (0.95)	BC 4319-4160 (0.95)	6189
HKA1-4-9.79	9.79	Wood fragment	IAAA-121996	8,120 ± 30	8996-9134 (0.95)	BC 7185-7047 (0.95)	9065
HKA2-1-4.83	4.83	Shell	IAAA-121997	7,790 ± 30	8176-8342 (0.95)	BC 6393-6227 (0.95)	8259
HKA2-3-8.80	8.8	Shell	IAAA-121998	8,380 ± 30	8845-9093 (0.95)	BC 7144-6896 (0.95)	8969

4) 火山ガラス含有率分析の結果

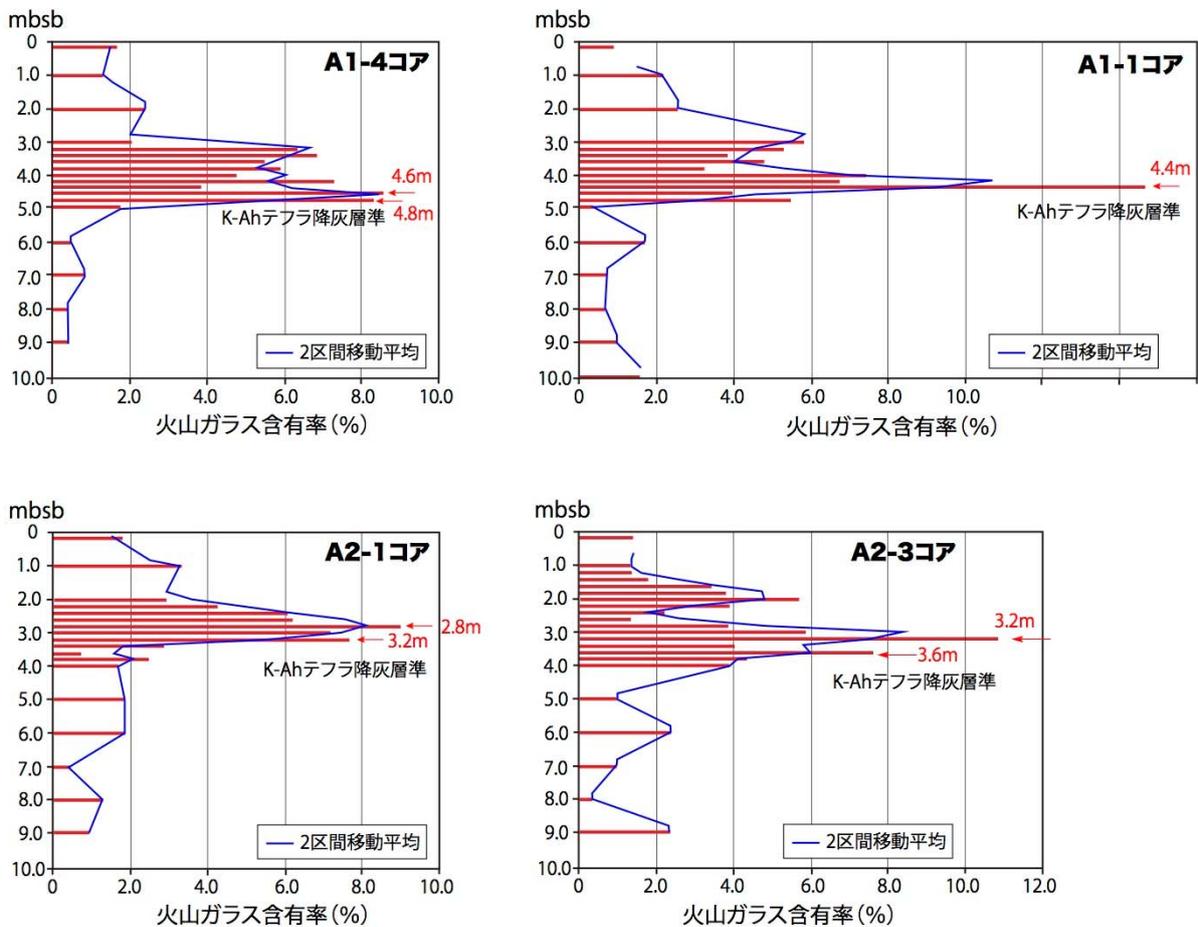


図 12 火山ガラス含有率の測定結果

HKA1 地点と HKA2 地点で得られた堆積物コアのうち、断層を挟んだ両側の堆積物コアである、A1-1 コアと A1-4 コア、A2-1 コアと A2-3 コアの 2 対のコアセットを選び、テフラの降灰層準を確認するため、採取した堆積物の 3-4 φ 区間粒子中の火山ガラス含有率の分析を行った。最初に深度 1 m 毎に火山ガラス含有率分析を行い、火山ガラスの集中部分を確認後、火山ガラスの集中部分を 20cm 毎に火山ガラス含有率分析を行った。その結果を図 12 に示す。それぞれのコアで 5.0% を越える含有率のピークが見られた。ピークの中心では 10.0% 近い含有率が測定された。ピークのコア深度は A1-4 コアで 4.6m、A1-4 コアで 4.4m、A2-1 コアで 2.8m、A2-3 コアで 3.2m である。

ピークが確認された深度の火山ガラスは、ほとんどがバブルウォール型、ハイドレーションがほとんど進んでいない比較的新鮮なガラス、という特徴を持っている。ピーク位置の火山ガラス試料の屈折率測定を行った。RIMS による屈折率測定の結果、火山ガラスの屈折率は 1.510-1.515 付近にピークを持っている。町田・新井 (2003) によれば、これらの特徴は鬼界-アカホヤテフラ (K-Ah) 起源の火山ガラスを示している。

5) 堆積物コア深度と年代の検討

サブテーマ 1 - 2 の成果である音響反射層や断層活動のイベントの年代を暫定的に推定

するため、堆積物コアから得た試料の放射性炭素年代とその海底面からのコア深度の関係を調べた。この結果をグラフに示したものが図 13 である。A1 コアのグラフは主に HKA1 地点での A1-1 コアから、A-2 コアは主に HKA2 地点での A2-1 コアから得た試料の年代測定値（暦年較正值：cal BP）を用いている。主な音響反射層の深度もグラフに記入している。

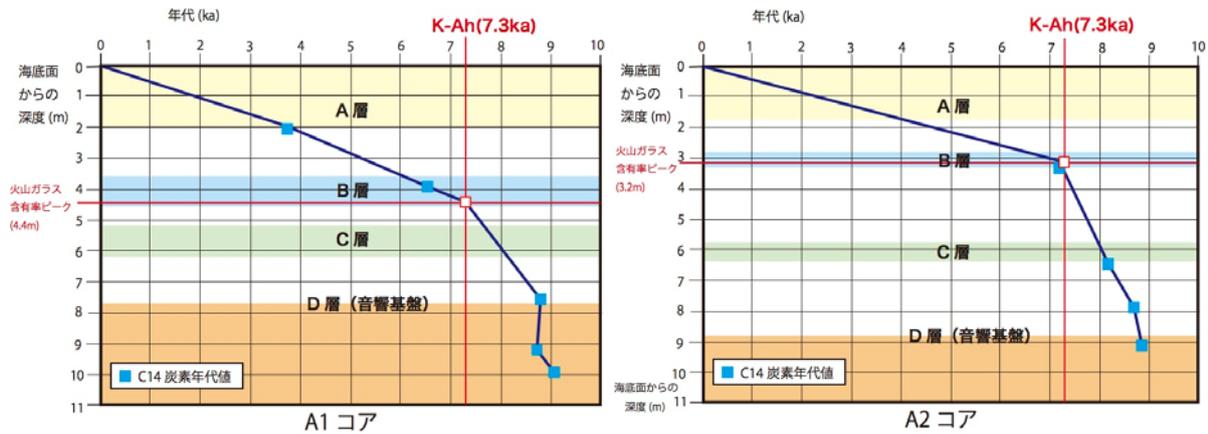


図 13 海底下深度と年代の関係グラフ

図 13 の 2 つのグラフの共通点として、堆積速度が B 層下限を境に変化していることが分かる。音響断面と堆積物コア観察の結果、反射層 A、B、C 層を含む堆積物コアの主体は貝殻混じりシルト層であり、貝殻が集中していることから、反射層は貝殻の集中層である可能性が高い。B 層付近は特に貝殻が集中しているため、B 層の形成は堆積速度が小さくなったことによる貝殻の濃集堆積 (Condensed deposit) が主な原因として考えられる。後述のように、B 層の堆積年代は約 6,400 年前から約 7,400 年前なので、堆積速度の低下はその前後の世界的环境変化が反映された可能性がある。Siddall et al. (2003) の海面変化曲線によれば、約 7,000 年前以前は世界的な海面上昇期 (海進期) であり、約 7,000 年前以降は海面上昇がやんで海面がほぼ安定した時期 (高海面期) に当たっている。海進期は堆積速度が速く、高海面期は堆積速度が遅くなる (徳橋, 1995)。これが B 層下限を境に堆積速度が変化した主な理由と考えられる。

テフラ分析から求めた K-Ah 降灰層準 (約 7,300 年前) のピークとの照合の結果、堆積物コア深度と放射性炭素年代値で作成された図 13 のグラフに矛盾はない。また、この K-Ah 降灰層準は B 層の基底部分とほぼ一致している。この結果から、図 13 に示すコア深度と年代値 (暦年較正值) の関係 (堆積速度曲線) から、任意のコア深度の年代を見積もることができると考えられる。これを使って B 層の堆積年代を求めた結果、A1 コアでは B 層の堆積年代が約 6,000 年前から約 7,400 年前、A2 コアでは B 層の堆積年代が約 6,400 年前から約 7,400 年前である。このように、B 層の堆積年代はある年代幅を持っており、鍵層としては厳密さを欠いている。そのため、断層活動イベントの年代決定には、音響断面での変形量の差が認められるコア深度から、図 13 を使って年代を見積もることにした (図 14)。

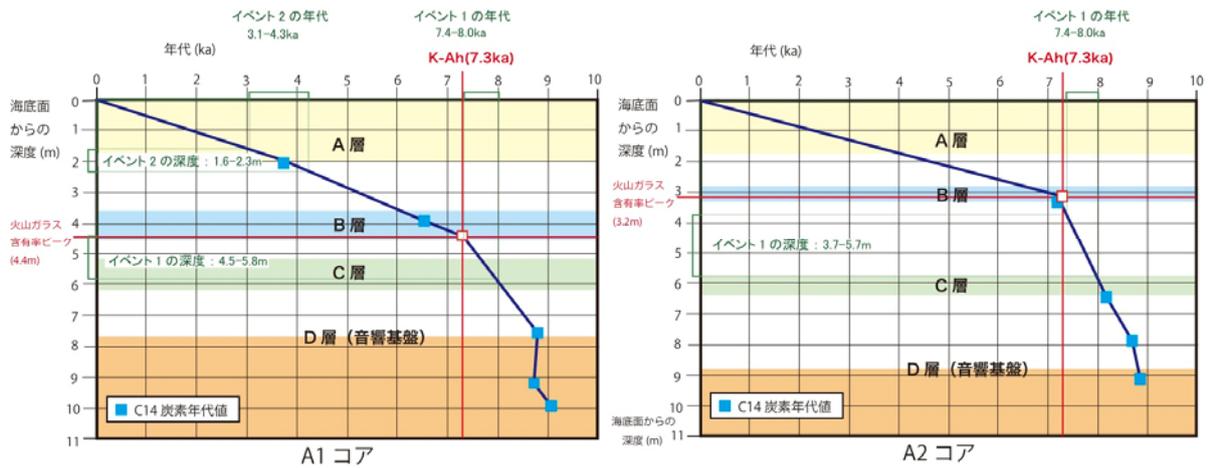


図 14 HKA1 地点 (左) と HKA2 地点 (右) のイベント年代の推定

HKA1 地点では、音響基盤である D 層の上面から海底面までの間の反射層に累積的な変形が認められる。変形程度の違いから 2 回の断層活動イベントによる変形と考えられる。図 15 から暫定的に読み取られた変形の差は深度 4.5~5.8m 間と 1.6~2.3m 間に認められるので、これらを下からイベント 1、イベント 2 と呼ぶ。一方、HKA2 地点では、D 層上面より海底面までの間の反射層の変形が 1 つある。図 16 から暫定的に読み取られた変形の差は海底面からの深度 3.7~5.7m 間に認められるので、これをイベント 1 と呼ぶ。

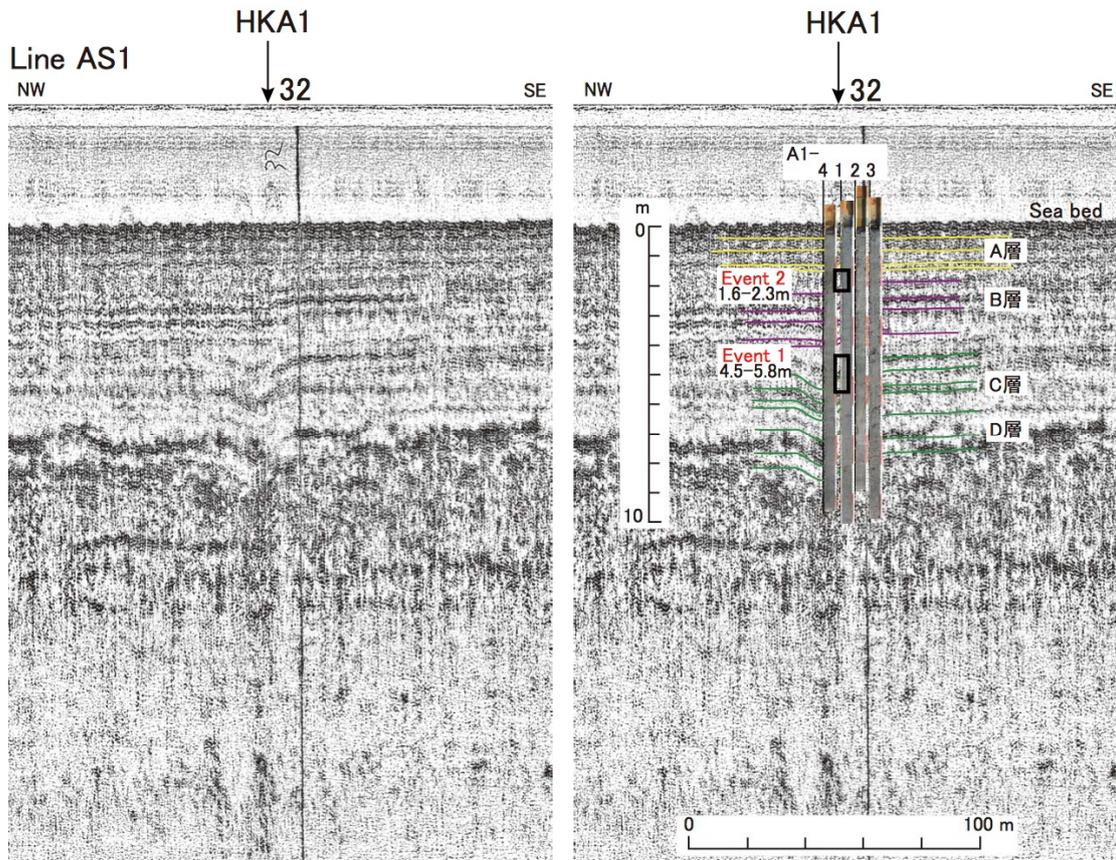


図 15 HKA1 地点 (32 地点横) での音響断面 (左) とイベント深度 (右)

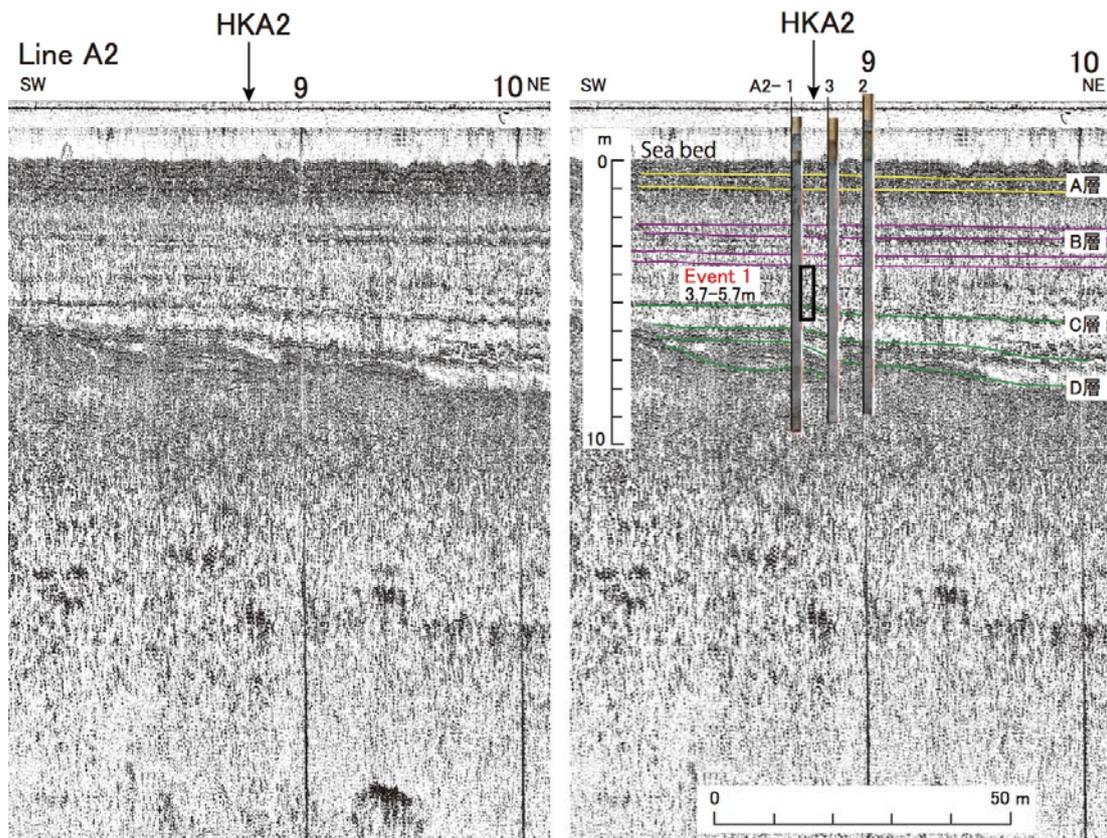


図 16 HKA2 地点（9 地点横）での音響断面（左）とイベント深度（右）

深度から推定されるイベントの年代は、暫定であるが、HKA1 地点では、イベント 1 が約 7,400 年前から約 8,000 年前、イベント 2 が約 3,100 年前から約 4,300 年前となる。したがって、約 3,100 年前から約 4,300 年前が最新活動時期であり、約 7,400 年前から約 8,000 年前がひとつ前の活動である。一方、HKA2 地点では、イベント 1 が約 7,400 年前から約 8,000 年前で、最新活動時期である（表 2）。

表 2 本調査地点における最新活動時期の比較

	HKA1	HKA2
最新活動時期	3,100~4,300 cal yBP	7,400~8,000 cal yBP
ひとつ前の活動時期	7,400~8,000 cal yBP	不明

6) 最新活動時期について-先行研究との比較

本研究の焦点の 1 つは博多湾海上のコアリング調査（岡村ほか，2009）と浜の町トレンチ調査（福岡市，2009）の最新活動時期の差異であった。最新活動時期について、先行研究と本調査によって明らかになった博多湾内の警固断層帯（HKA1 地点、HKA2 地点）の活動時期を比較すると、図 17 のとおりである。HKA1 地点では活動が音響基盤以浅で計 2 回、HKA2 地点では活動が 1 回である。岡村ほか（2009）による博多湾海上のコアリング調査によると、最新活動時期が約 4,000 年前から 4,500 年前、ひとつ前の活動が約 6,500 年前から約 8,500 年前であるが、これは HKA1 地点の結果である最新活動時期が約 3,100 年前か

ら約 4,300 年前で、ひとつ前の活動が約 7,400 年前から約 8,000 年前であることとほぼ合致している。一方、浜の町トレンチ調査での最新活動時期は約 8,000 年前であり（福岡市，2009）、これは HKA2 地点の最新活動時期が約 7,400 年前から約 8,000 年前という結果とほぼ合致している。これらのことより、本調査の 2 地点は警固断層帯の北西側の結果と南東側の結果のそれぞれと比較できることが確認された（図 17）。

以上をまとめると、岡村ほか（2009）の 2 つのイベントは、最新活動時期が約 4,000 年前から 4,500 年前、ひとつ前の活動が約 6,500 年前から約 8,500 年前とされているので、HKA1 地点の 2 つのイベントと調和的である。一方、福岡市（2009）の浜の町トレンチの最新活動時期は約 8,000 年前であり、こちらは HKA2 地点のイベントと調和的であることを示している。これらの差異は 2 つの活動区間の活動の差を反映しており、HKA1 地点と HKA2 地点の間に断層活動の境界があることを示唆している。博多湾海上のコアリング調査地点（岡村ほか，2009）と浜の町トレンチ調査地点（福岡市，2009）との間に活動性の異なる 2 つの活動区間の境界が存在すると考えると、両地点での最新活動時期の差は矛盾しない。

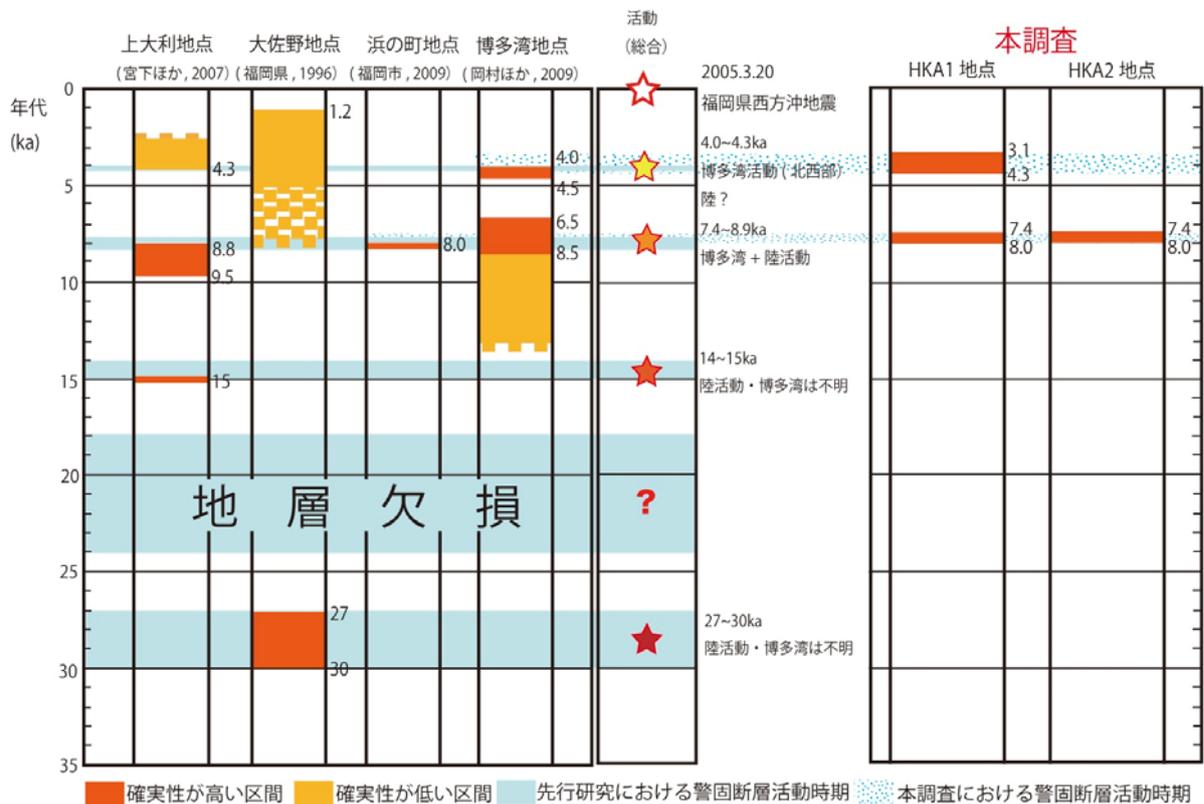


図 17 警固断層帯活動時期の比較

7) 警固断層帯北西部と南東部の活動区間の境界について

HKA1 地点と HKA2 地点の間に断層活動の境界があるとすれば、それは警固断層帯の北西部と南東部の活動区間の境界であることを意味している。警固断層帯は左横ずれを主体としているが、北西部の断層は横ずれが大きいと言われており（下山ほか，1999；宮下ほか，2007）、北東側が南東側に対して相対的に隆起する鉛直成分を伴っている（防災科学技術研究所，2005a, b）。一方、警固断層帯南東部の断層は南西側が北東側に対して相対的に隆起

する鉛直成分を伴っている（福岡市，2009）。

福岡県西方沖地震の断層活動から、警固断層帯北西部と南東部の活動区間の境界はこれまで最大余震震央の志賀島付近までが警固断層帯北西部とされ、南東部は博多湾からとされている。

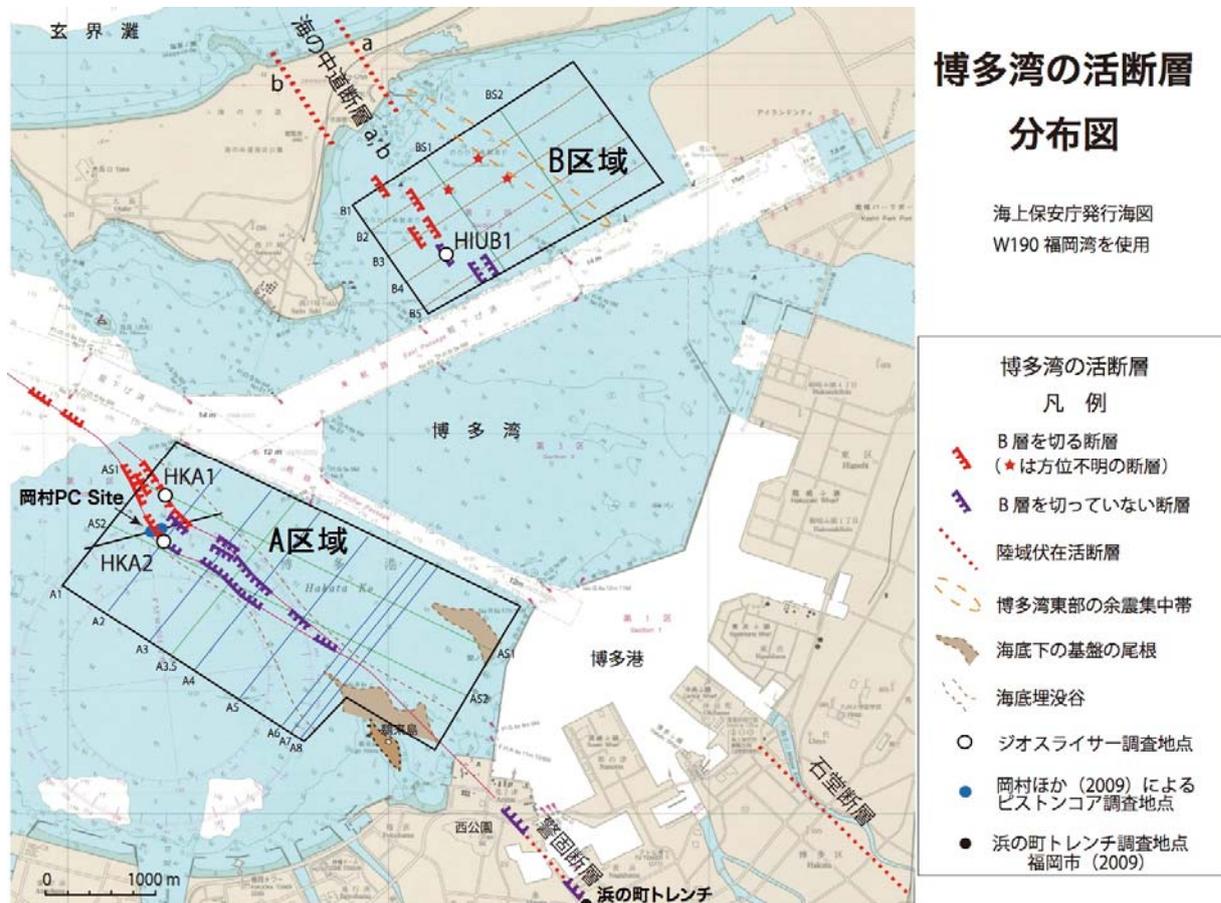


図 18 博多湾の活断層と変形パターンの分布

サブテーマ1-2の調査の結果、図18のように、警固断層帯は、博多湾中央部を境に活動のパターンが分かれることが示唆された。また、図19の青線で示したように、福岡県西方沖地震の余震分布域も博多湾中央部や博多湾東部まで及んでいる。図19の赤線部分が未活動域になる。HKA1の地点含む北側の活断層は警固断層帯北西部の断層に、HKA2の地点含む南側の活断層は警固断層帯南東部の断層に対比できる可能性が高い。よって、警固断層帯の北西部と南東部の活動区間の境界は博多湾中央部にあり、サブテーマ1-2の調査の結果で示した通り、地溝状凹地構造をつくっていることが示唆される。地溝状凹地構造は、2つの活動区間の活動度と変形量が異なることに起因するずれの食い違いによって両者の境界付近に生じた可能性がある。地溝状凹地付近を警固断層帯の北西部と南東部の断層活動区間の新たな境界と仮定すると、警固断層帯南東部の断層（狭義の警固断層）の長さはこれまでの27kmより4kmほど短くなり、22~23kmと考えることができる。この全体が活動したとすると、マグニチュードは7.1程度になる。

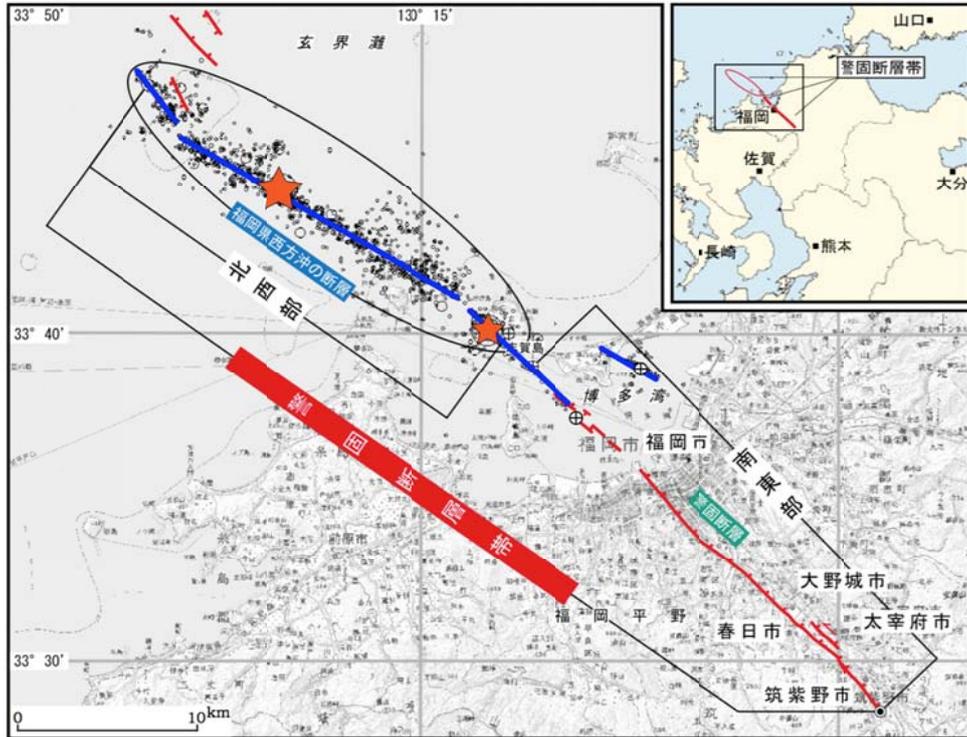


図 19 警固断層帯北西部と南東部の新たな境界位置

(d) 結論ならびに今後の課題

サブテーマ 1-2 と 3-2 を合わせた本調査の暫定的な結論は以下の通りである。

- ①警固断層帯の音響断面における断層変形のパターンは、断層変形が音響反射層 B 層まで及ぶ断層と、断層変形が音響反射層 B 層まで達しない断層、の大きく 2 つに区分される。
- ②断層変形のパターンには地域的な偏りがあり、博多湾中央部を境に前者は北側に、後者は南側にのみ分布している。
- ③博多湾中央部では複数の断層が平行しており、断層に挟まれた内側が溝状に沈降して、地溝状凹地構造を形成している。
- ④B 層を境に堆積速度が大きく変化し、B 層の堆積年代は約 6,000 年前から 7,400 年前である。
- ⑤HKA1 地点では、断層変形が音響反射層 B 層まで及んでおり、最新活動時期は約 3,100 年前から約 4,300 年前である。1 つ前の活動は約 7,400 年前から約 8,000 年前である。
- ⑥HKA2 地点では、断層変形が音響反射層 B 層まで及んでおらず、最新活動時期は約 7,400 年前から約 8,000 年前である。
- ⑦最新活動時期を先行研究と比較すると、HKA1 の地点の断層は博多湾のコアリング調査（岡村ほか，2009）の結果と調和的であり、HKA2 の地点の断層は浜の町トレンチ調査（福岡市，2009）の結果と調和的である。
- ⑧警固断層帯の北西部と南東部の活動区間の境界が博多湾中央部にあり、地溝状凹地構造をつくっている可能性が高い。
- ⑨博多湾海上のコアリング調査地点（岡村ほか，2009）と浜の町トレンチ調査地点（福岡市，2009）との間に活動性の異なる 2 つの活動区間の境界が存在すると考えると、両地点

での最新活動時期の差は矛盾しない。

今後の課題として、最新活動時期の推定を行うためには正確な年代モデルの構築が不可欠である。しかし、今回の調査段階では年代測定値が少なく、最新活動時期についての結論は暫定的である。今後追加の年代測定をおこない、より正確な最新活動時期の推定を行う必要がある。2つの断層活動パターンが識別されたが、それらの垂直変位量を求める必要がある。今回の暫定結論では、警固断層帯の北西部と南東部の断層活動の境界が博多湾中央部のA区域内にあり、地溝状凹地構造をつくっている可能性が高い、としたが、音響断面を見る限り、北西部と考えられる活断層は2005年の福岡県西方沖地震では海底面まで達していない。これが矛盾点とも考えられる。ただし、地震後の本震域の海域断層調査（海上保安庁海洋情報部、2005）でも断層が海底面まで達した証拠は得られていない。一方、B区域では断層が海底面近くまで切れた可能性もあるので、今回の暫定結論の妥当性を慎重に吟味する必要がある。

(e) 引用文献

- 防災科学技術研究所，2005年3月20日の福岡県西方沖の地震のF-netモーメントテンソル解の空間分布．地震予知連絡会会報，74，477-478，2005a.
- 防災科学技術研究所，近地強震動記録による2005年3月20日福岡県西方沖地震(M7.0)の震源過程．地震予知連絡会会報，74，479-484，2005b.
- Bronk Ramsey C., Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, 51(1), 337-360, 2009.
- 福岡市，警固断層に関する調査報告書-浜の町トレンチ調査結果-, 2009.
- 原口 強・島崎邦彦・小島圭二・中田 高，地層抜き取り装置による軟弱地盤における方位連続地層採取方法．地盤工学会誌，46，24-26, 1998.
- 海上保安庁海洋情報部，福岡県西方沖地震の震源域における反射法調査記録について．地震予知連絡会会報，74，498-500, 2005.
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々和一豊，地域地質研究報告5万分の1地質図幅および同説明書：福岡地域の地質．通商産業省工業技術院地質調査所，192, 1994.
- 町田 洋・新井房夫，「新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]」．東京大学出版会，336, 2003.
- 宮下由香里・吾妻 崇・二階堂学・岡崎和彦，警固断層の活動履歴-大野城市上大利トレンチ調査結果-. 月刊地球，29，133-138, 2007.
- 中田 高・島崎邦彦，活断層研究のための地層抜き取り装置 (Geo-slicer) . 地学雑誌，106，59-69, 1997.
- 岡村 眞・松岡裕美・中島徹也・中田 高・千田 昇・平田和彦・島崎邦彦，警固断層の博多湾延長部とその地震履歴．地震，第2輯，61，175-190, 2009.
- 鬼木史子，福岡市域の警固断層の詳細位置と地下形態．活断層研究，15，37-47, 1996.
- Reimer P.J. et al., IntCal09 and Marine09 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. Radiocarbon 51(4), 1111-1150, 2009.
- 下山正一・松田時彦・千田 昇・杉山雄一・磯 望・松村一良・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・松山尚典・黒木瑞昭・蚊爪康典，警固断層，大佐野地区（福岡県）でのトレン

- 予調査報告. 活断層研究, 18, 55-64, 1999.
- Siddall, M., Rohling, E. J., Almogi-Labin, A., Hemleben, Ch., Meischner, D., Schmelzer, I., Smeed, D. A., Sea-level fluctuations during the last glacial cycle. Nature, 423, 853-858, 2003.
- Stuiver M. and Polach H. A., Discussion: Reporting of ^{14}C data. Radiocarbon, 19(3), 355-363, 1977.
- 徳橋秀一, 海水準変動と堆積作用: シーケンス層序学序論. 地質ニュース, 487, 26-35, 1995.