

# 地域評価のための活断層調査（九州地域）

## 平成 27 年度成果報告書

### 3. 布田川断層帯／宇土区間

平成 28 年 5 月

国立研究開発法人  
産業技術総合研究所

本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、国立研究開発法人産業技術総合研究所が実施した平成27年度「地域評価のための活断層調査（九州地域）」の成果をとりまとめたものです。

## 目 次

1. 断層帯の概要とこれまでの調査研究	1
2. 調査内容	2
3. 調査結果	2
3. 1 反射法地震探査	2
(1) 探査測線の概要と探査仕様	2
(2) 推定される地質構造	3
3. 2 ボーリング調査	6
(1) 調査地点の概要	6
(2) ボーリングコアにみられる地質	6
(3) ボーリングコア試料分析結果	7
(3-1) $^{14}\text{C}$ 年代測定	7
(3-2) 火山灰分析	7
(3-3) 溶岩試料の全岩化学組成分析	9
(3-4) 溶岩試料の K-Ar 年代測定	9
(4) 地層の年代と対比	10
3. 3 宇土区間の伏在断層の検討	10
3. 4 宇土区間東部北甘木断層の位置の再検討	13
4. まとめ	16
4. 1 断層帯の位置および形態	16
(1) 断層帯を構成する断層	16
(2) 断層面の位置・形状	17
(3) 変位の向き	18
4. 2 断層帯の過去の活動	18
(1) 平均変位速度	18
(2) 活動時期	19
(3) 1 回の変位量	19
(4) 活動間隔	19
(5) 活動区間	19
謝 辞	19

文 献  
图 表

21

24

## 1. 断層帯の概要とこれまでの主な調査研究

布田川断層帯は、阿蘇外輪山の西側斜面から熊本平野南部を経て宇土（うと）半島の先端にかけて東北東-西南西に延びる全長約 64 km 以上の断層帯であり、東から布田川区間、宇土区間、宇土半島北岸区間の 3 区間から構成される（地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下、地震調査委員会，2013；図 1））。

地震調査委員会（2013）によると、宇土区間は同区間北東部の北甘木断層とその南西に分布する宇土断層からなり、上益城（かみましき）郡益城町木山付近から宇土市中心部に延びる長さ約 20 km の区間で、南東側が相対的に隆起する上下成分を伴う可能性があるとして示されている（図 2，3）。北甘木断層は、北甘木台地において、数百メートル程度の間隔で並走する断層からなり、これらの断層により小規模な地溝帯（木山－嘉島地溝）を形成している。北甘木断層の位置やずれの向きについては、鶴田・渡辺（1978）、渡辺ほか（1979）、活断層研究会編（1980，1991）、九州活構造研究会編（1989）、石坂ほか（1992）、池田ほか（2001）、中田・今泉編（2002）などで図示されている。これに対して、宇土区間の大部分をなす宇土断層は、宇土半島北岸区間とともに活断層研究会編（1980，1991）、九州活構造研究会編（1989）、池田ほか（2001）、中田・今泉編（2002）では活断層として認定されておらず、重力異常の急変帯の分布などに基づいて、北甘木断層の西端から熊本平野の南縁に沿って宇土市中心部に伏在する活断層として新たに推定されたものである（地震調査委員会，2013；図 2，3）。ただし、石坂ほか（1992）は、熊本平野のボーリング情報に基づいて、木山－嘉島地溝が西方の熊本平野地下にも伏在して延びる可能性を指摘している（図 3）。

宇土区間の過去の活動については、石坂ほか（1992）が木山－嘉島地溝を横切る測線に沿ったボーリング資料を検討し、後期更新世における地溝を限る南西側隆起の断層の上下方向の平均変位速度を 0.2-0.5 m/千年と推定している。

地震調査委員会（2013）は、石坂ほか（1992）による調査結果に基づいて、宇土区間の平均変位速度の上下成分は 0.2-0.5 m/千年程度もしくはそれ以上の可能性があるとして評価した。また、断層の長さに基づく経験式から、同区間では M7.0 程度の地震が発生すると推定され、その際には断層の南側が北側に対して相対的に高まる段差を伴い、全体として 2 m 程度のずれを生じる可能性があるとして評価されているものの、将来このような地震が発生する確率を求めることはできないとした。このため、地震調査委員会（2013）は、「今後に向けて」の中で、「布田川断層帯の宇土区間では、活断層の詳細な位置や形状、平均活動間隔や最新活動時期に関するデータが得られていない。同区間が活動した際の地表のずれや撓みが生じる位置やずれの量を正確に予測し、また地震発生確率を算出するうえで、これらのデータを取得するための調査が必要である。」と言及している。

2016 年 4 月 16 日に熊本地方を震源とする M7.3 の地震（熊本地震）が発生した。地震調査委員会（2016）によると、この地震と前震（4 月 14 日，M6.5；4 月 15 日，M6.4）は、それぞれ

れ主に布田川断層帯布田川区間，日奈久断層帯高野-白旗区間の活動であったと評価されている（図 1）．これらの地震およびその後の余震を含む一連の地震活動に伴い，布田川断層帯布田川区間および日奈久断層帯高野-白旗区間の北部で明瞭な地震断層が出現し，宇土区間東端部の北甘木台地北方でも小規模な地表変状が出現したことが報告されている（例えば，産業技術総合研究所地質調査総合センター，2016）．熊本地震に伴う地震断層の出現状況の正確な把握は，現状の布田川断層帯および日奈久断層帯の長期評価の妥当性を評価するうえで重要であるが，本報告書作成時点では，地震断層の実体は十分に解明されているとはいえない．したがって，本報告では宇土区間を含む布田川断層帯の評価には，熊本地震発生以後に取得された資料は用いない．

## 2. 調査内容

本調査では，布田川断層帯宇土区間の詳細な位置，形状および活動性を明らかにすることを目的として，同区間東部において P 波反射法地震探査およびボーリング調査を実施した．また，重力異常に基づいて伏在断層と推定された同区間の中・西部を構成する宇土断層については，既存ボーリングデータの収集，解析を行い，鍵層の分布深度に基づいて同断層の存在の確認や位置・形状を検討した．さらに，本区間東端部の北甘木台地に変位地形を伴って分布する北甘木断層の詳細な位置について，大規模な耕地整理が行われる以前に作製された大日本帝國陸地測量部による正式 2 万分の 1 地形図や郷土資料をもとに再検討を行った．本調査結果を踏まえた宇土区間の特性についてのまとめを表 1 に示す．

## 3. 調査結果

### 3. 1 反射法地震探査

#### （1）探査測線の概要と探査仕様

宇土区間を構成する断層の地下での分布・形状およびずれの向きを明らかにするため，同区間のうち断層変位地形が保存されている北甘木断層の西方延長にあたる熊本県上益城郡嘉島町から熊本市東区において，同区間を横断するように P 波反射法地震探査を実施した（表 2，図 2～4）．調査測線は，地震調査委員会（2013）により示された宇土断層の東端部を横切り，かつ布田川区間を構成する断層の一つである木山断層の西方延長部をカバーし，それらの走向と直交する北北西-南南東方向に設定した．道路交通量，家屋の密集度，調査期間中に実施される工事などを勘案し，最終的には図 4 に示すように 2 本の測線を設けた．測線の総延長は約 5.6 km であり，標準発震点間隔 10 m，標準受振点間隔 10 m，展開長約 1 km とした．このうち，南東側の測線 1 の延長は 3,232 m，北西側の測線 2 は 2,375 m であり，両者には測線に直交する方向に約 600 m の隔りがある．こうした隔りのある 2 測線間での探査記録の最適な接合箇所を検討できるように，約 1 km のオーバーラップ区間を設けた．

本探査では、深度 1 km 程度までの地質構造の把握とともに、後述する本調査で実施した掘削深度 70 m および 30 m のボーリング調査結果との対比に基づいた浅部の詳細な地質構造の解明を目的として、2 測線ともに発震地点毎に、深部の探査を対象とする中型バイブロサイズと、浅部の探査を目的とした油圧インパクトの 2 種類の震源による発震を行った。主な探査の仕様および使用機器を表 3 に示す。探査は、2016 年 1 月に実施した。

収録された記録のデータ処理および解析においては、反射法地震探査で一般に用いられる共通中間点 (Common Midpoint: CMP) 重合法により S/N 比を高めた時間断面を作成した。これに速度解析結果等に基づいたマイグレーション処理を施し、時間断面内の反射面の位置を補正した後、深度変換により時間断面を深度断面に変換した。解析測線と CMP 番号を図 4 に示す。また、データ処理および解析に使用した主なパラメータを表 4 に示す。

## (2) 推定される地質構造

### 深度 1 km 程度までの地下構造

中型バイブロサイズを震源とした測線 1 と測線 2 の時間断面図、深度断面図および解釈図 (いずれも鉛直誇張なし) を図 5~8 に示す。これらの断面図では、最大深度 1 km 程度までの地下地質構造を読み取ることができる。また、測線 1 と測線 2 を接合した深度断面図を図 9 (鉛直誇張なし)、図 10 (鉛直誇張 2 倍) に示す。ここでは、図 9、10 ともに接合部の違和感が少なく、また反射面の側方への連続や積み重なり方から、同一と推定される反射面のずれが小さい測線 1 の CMP 番号 100 と測線 2 の CMP 番号 380 で接合している。

探査測線付近における熊本平野東部の地下地質は、大局的には連続性のよい明瞭な反射面の繰り返しで特徴付けられる地質体と、その下位で反射面の発達に乏しい地質体に区分できる (図 5~10)。両地質体の境界は深度を増すにつれて必ずしも明瞭ではなくなるが、加勢川付近の地下 (測線 2 の CMP 番号 280~320 付近・標高 -1,000 m 付近) に向かって深くなる凹地状の分布を示す。この境界は南に向かって緩やかに浅くなる。調査地域周辺の表層地質は、測線南方では白亜系御船層群の堆積岩を基盤岩として、第四紀の阿蘇火砕流堆積物がそれを覆って分布する (例えば、社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編, 2003 ; 星住ほか, 2004 ; 図 3)。測線 1 の約 700 m 南方には、御船層群が分布している (星住ほか, 2004 ; 図 3)。こうしたことから、連続性のよい反射面の繰り返しで特徴付けられる地質体と反射面の発達に乏しい地質体の境界は、御船層群 (基盤岩) とそれを覆う堆積層との境界である可能性が高い。

深度断面図を詳しく解釈した結果、基盤岩上面やそれを覆う堆積層内の反射面の不連続や撓みなどから、堆積層に変形を与える断層ないし変形帯が推定された (図 5~10)。

測線 2 の CMP 番号 340 付近から測線 1 の CMP 番号 330 付近にかけての区間では、比較的連続性のよい反射面群が系統的かつ累積的に北に傾斜する。この反射面の北への傾斜は、浅部

では緩く、深部ほど急になる。これらの北傾斜する反射面は、測線 1 の CMP 番号 180・標高 -150 m 付近から測線 2 の CMP 番号 360・標高 -800 m 付近を結んだ線を境に北に向かって急に傾斜を減じ、一部ではほぼ水平に転じる。こうした反射面の変形の特徴から、傾斜変換線付近またはその南側に、北に中～高角度（深部に向かって傾斜を増す）で傾斜し、北落ちの正断層成分を伴う幅 650 m 程度の撓曲（傾動変形）帯の存在が推定される（図 5～10）。この推定される変形帯のずれの向きは宇土断層のずれの向きと対応し、その位置も重力異常の急変帯から推定される同断層の位置と概ね一致する。また、推定される変形帯の後端部（南端部）の地表投影位置は、測線 1 の CMP 番号 350 付近となり、北甘木断層の西方延長部にほぼ一致する（図 4）。一方、変形帯の前縁部（北縁部）の地表投影位置は、測線 1 の CMP 番号 190～210 付近となり、測線東方に分布する北甘木台地と沖積低地との地形境界の西方延長付近にあたる（図 4）。

この幅広い変形帯の北側の測線 2 の CMP 番号 220～290 付近の区間では、不明瞭ながらも南落ちの断層を示唆する反射面の南落ちの撓みや傾斜変化が認められる（図 7～10）。この反射面の撓みの基部や傾斜変化部を連ねた線は、深部に向かって測線 2 の CMP 番号 220・標高 -100 m 付近から CMP 番号 280～290・標高 -900 m 付近まで連続しており、高角度で南に傾斜する（図 7～10）。また、明瞭ではないものの深部ほど変形の程度が大きくなるように見える。こうした変形帯の傾斜と落ちの向きから、変形帯は高角度で南に傾斜する正断層成分を伴う断層の可能性はある。

以上のように、中型バイブロサイズを震源とした P 波反射法地震探査により、探査測線内では中～高角度で北に傾斜する幅広い変形帯と高角度で南に傾斜する変形帯が推定され、基盤岩上面は両変形帯に挟まれた部分に向かって深くなる地溝状の変形を示す（図 9, 10）。この地溝は、渡辺ほか（1979）や石坂ほか（1992）により推定されている木山-嘉島地溝に対応する可能性がある。渡辺ほか（1979）および石坂ほか（1992）では、木山-嘉島地溝の北縁をなす断層を木山断層としており、本探査で認定された地溝の北縁を限る断層は木山断層に対応する可能性が高い（図 9, 10）。

地溝の南側に位置する変形帯については、その位置が重力異常の急変帯と概ね一致し、ずれの向きも宇土断層と調和的であることから、宇土断層に関連した変形の可能性はある（図 2, 9, 10）。また、宇土断層が北甘木断層の西方延長部に分布し、両断層のずれの向きも一致することから、両者は一連の構造である可能性がある。一方、宇土断層は重力異常の急変帯の分布から推定されたものであるため、同断層の詳細な分布や位置は不明確である。特に探査測線が宇土断層の東端部付近であることを考慮すると、宇土断層と北甘木断層が一連の構造ではない場合には、本探査測線沿いまで宇土断層が延長していない可能性もある。その場合、本探査で地溝の南側に認められた変形帯は宇土断層に関連するものではなく、北甘木断層に対応している可能性もある。ただし、この場合北甘木断層は、変動地形学的に認定され

る断層トレース付近を南端とし、地下約 1 km 以浅では幅広い撓曲帯を形成していると考えられる。ここでは、地震調査委員会（2013）により示された宇土断層の東端部を横切る測線において、同断層と調和する変形構造が推定されたことを重視して、地溝の南側に位置する変形帯を宇土断層に関連したものと解釈した。

### 深度 100 m 以浅の地下構造

中型バイブロサイズを震源とした探査でイメージされた地質構造の浅層部への連続を検討するため、油圧インパクトを震源とした深度断面に、反射法探査記録を使用した屈折波トモグラフィ解析により推定された P 波速度構造を重ね合わせた図（図 11 は鉛直誇張なし、図 12 は鉛直誇張 10 倍）を作成した。これらの断面図は、測線 1 の CMP 番号 170 と測線 2 の CMP 番号 450 を接合したものである。断面図からは、中型バイブロサイズの探査記録ではイメージが困難な深度 100 m 程度以浅の地下地質構造の詳細を把握することができる。

木山－嘉島地溝の南側に位置し、中～高角度で北に傾斜する宇土断層の活動に伴うとみられる反射面の北への傾動は、測線 2 の CMP 番号 380 付近から測線 1 の CMP 番号 320 付近までの区間で認められ、少なくとも標高 -30 m 付近の反射面まで傾動している（図 11, 12）。そのうち、反射面に顕著な北傾斜が認められる測線 1 の CMP 番号 200～300 の東方延長では、北甘木台地の北方に孤立して分布する段丘面に北向きの傾動が認められている（池田ほか、2001；図 4）。また、測線 1 の CMP 番号 320～350 付近では、反射面のパターンや推定 P 波速度構造から、小規模な凹地の落ち込みの存在が推定される。この凹地は、変動地形学的に認定されている北甘木断層沿いの小地溝の西方延長部に位置する。こうした反射面の傾動や凹地状の落ち込みは、幅広い撓曲帯で特徴づけられる宇土断層の活動に関連している可能性があり、また探査測線で認められた変形構造と北甘木台地に発達する変動地形の類似性から、少なくとも探査測線で推定された宇土断層は北甘木断層と一連の構造である可能性がある（図 4）。

木山断層に対応するとみられる南傾斜の断層は、地下浅部では測線 2 の CMP 番号 170～200 でみられる南落ちの撓みと 200～240 でみられるように反射面の凹地状の落ち込みから推定される（図 11, 12）。この反射面の南落ちの撓みと落ち込みは、中型バイブロサイズを震源とした探査断面でも表現されている（図 9, 10）。

このように、中型バイブロサイズを震源とした探査断面から推定された地溝を形成する断層は、いずれも地下浅部の地層にも変形を与えている可能性がある。そこで、探査測線内でもっとも顕著な変形を伴う宇土断層の活動性を把握するため、同断層の相対的低下側にあたる測線 2 の CMP 番号 350 付近で 1 孔（KA-1）、隆起側にあたる測線 1 の CMP 番号 460 付近で 1 孔（KA-2）のボーリング調査を実施した（図 4, 11, 12）。

### 3. 2 ボーリング調査

#### (1) 調査地点の概要

反射法地震探査でイメージングされた反射面の地質状況を把握し、また宇土区間の活動性を検討するため、探査測線の近傍においてボーリング調査を行った。掘削は、反射法地震探査により推定された宇土断層の相対的沈降側（北側）で1孔（KA-1 コア：嘉島町総合運動公園敷地内）、隆起側（南側）で1孔（KA-2 コア：嘉島町上六嘉公民館敷地内）の計2孔とした（表5、図4、11、12）。本調査では、探査測線付近を分布の西縁とし、宇土区間の南北両側に埋没（一部地表に露出）していることが知られている砥川溶岩（例えば、松本、1974；渡辺ほか、1979；水田ほか、1990；社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編、2003；図3）の上面を断層の変位基準とした。そこで掘削深度は、既往研究をもとに同溶岩上面を確実に貫く深度（KA-1 コアで70 m、KA-2 コアで30 m）とした。掘削は、2015年12月から2016年2月にかけて実施した。

#### (2) ボーリングコアにみられる地質

コア観察に基づく KA-1 コアと KA-2 コアの柱状図を図13に示す。各コアにみられる地質は以下のように区分される。

##### KA-1 コア

- ・ 深度 0.00～1.48 m（標高 5.68～4.20 m）：表土・埋土。
- ・ 深度 1.48～2.04 m（標高 4.20～3.64 m）：古土壌（腐植質砂混じり粘土）。
- ・ 深度 2.04～9.10 m（標高 3.64～-3.42 m）：粘土質層（粘土，粘土質砂，砂混じり粘土，砂質粘土，砂・粘土互層，腐植質粘土，炭化物，材片，腐植片が混じる）。
- ・ 深度 9.10～18.78 m（標高 -3.42～-13.10 m）：砂質層（粘土混じり砂，粘土質砂，砂，礫混じり砂，炭質物片および材片が混じり，生物擾乱の痕も認められる。18.41～18.78 m は腐植質砂混じり粘土）。
- ・ 深度 18.78～35.00 m（標高 -13.10～-29.32 m）：砂礫層（粘土混じり砂礫，礫混じり砂，29.74～29.87 m は砂混じり粘土，30.19～30.33 m は砂礫混じり粘土）。
- ・ 深度 35.00～39.76 m（標高 -29.32～-34.08 m）：火砕流の二次堆積物（火山灰および軽石質砂礫，砂礫，礫混じり砂）。
- ・ 深度 39.76～53.68 m（標高 -34.08～-48.00 m）：火砕流堆積物（火山灰質砂礫，基質は火山灰質な中粗砂で，礫は軽石が多いが，スコリアや安山岩等も含まれる）。
- ・ 深度 53.68～54.67 m（標高 -48.00～-48.99 m）：砂礫層（直径 40 mm までの安山岩亜角礫を多く含む）。
- ・ 深度 54.67～59.00 m（標高 -48.99～-53.32 m）：火砕流堆積物（直径 70 mm までの角，亜角礫が多いが，大礫も含む。礫は安山岩，軽石，スコリアを主体とする）。

- ・ 深度 59.00～61.10 m (標高 -53.32～-55.42 m) : 火砕流堆積物 (火山灰質砂礫. 基質は火山灰質な中粗砂で, 礫はスコリアが多いが, 軽石や安山岩等も含まれる. 61.00～61.10 m は黄褐色火山灰質砂).
- ・ 深度 61.10～70.00 m (標高 -55.42～-64.32 m) : 安山岩溶岩 (気泡が発達する. 気泡は上部で多く, 下部ほど少なくなる. 亀裂が発達する).

#### KA-2 コア

- ・ 深度 0.00～5.22 m (標高 7.18～1.96 m) : 粘土質層 (ローム質砂質シルト, 砂混じり粘土, 砂質粘土, 粘土混じり砂. 炭質物片が点在する (表層 30 cm は現土壌)).
- ・ 深度 5.22～5.76 m (標高 1.96～1.42 m) : 砂礫層 (礫は主に安山岩からなる).
- ・ 深度 5.76～30.00 m (標高 1.42～-22.82 m) : 安山岩溶岩 (気泡が発達する. 気泡は上部で多く, 下部ほど少なくなる. 亀裂が発達する).

KA-1 コアおよび KA-2 コアの最深部に認められる溶岩は, それぞれ類似した岩相を示すことから, 同一の溶岩の可能性がある.

### (3) ボーリングコア試料分析結果

#### (3-1) $^{14}\text{C}$ 年代測定

KA-1 コアでは, 深度 18.78 m 以浅の砂や粘土を中心とする細粒堆積物中に多数の木片や植物片が含まれる. ここでは, 熊本平野東部における層序と年代を把握することを目的として, 1～2 m 程度の間隔で植物片, 木片, 炭質物試料を採取し, そのうち計 8 試料 (浅いものから順に, 試料名 KA-1-C04, 採取深度 3.22 m; -C03, 5.14 m; -C02, 6.88 m; -C01, 8.75 m; -C08, 10.72 m; -C07, 12.49 m; -C06, 15.56 m; -C05, 17.23 m) について, AMS 法による  $^{14}\text{C}$  年代測定を行った (図 13). 分析は, 株式会社地球科学研究所に依頼し, Beta Analytic 社により実施された. 得られた年代値は, OxCal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009) を用いて暦年較正を行った. 補正のためのデータセットは, Reimer et al. (2013) を使用した. 年代測定結果を表 6 に示す. 一部で層位に対して年代値に逆転がみられるものの, 層位と年代値はおおむね調和している. また, 最上部の KA-1-C04 とその下位の KA-1-C03 を除いて年代値に大きなギャップは認められない. KA-1-C06 および KA-1-C05 の年代値から, 深度 18.78 m 以浅の砂や粘土などの細粒堆積物からなる地層は沖積層であり, 本地点周辺では, 約 9 千年前から約 4 千年前にかけてほぼ連続的に地層が堆積したと考えられる.

#### (3-2) 火山灰分析

KA-1 コアでは, 上述したように深度 35.00 m から溶岩直上の深度 61.10 m にかけて, 軽石を含む火砕流堆積物とその再堆積物が厚く分布している (図 13). これらの堆積物は後期更新世の阿蘇火山の火山活動に伴い噴出したものであると考えられるものの, 層相からどの活

動ステージの堆積物であるかを同定することは困難である。ここでは、ほぼ 5 m 間隔で軽石試料を 6 点（上位から試料名 KT-1-T01, 深度 35.05 m ; -T02, 40.09 m ; -T03, 44.03 m ; -T04, 50.12 m ; -T05, 55.68 m ; -T06, 60.10 m）採取し、溶岩直上の火山灰質砂 1 試料（KT-1-T06, 61.00~61.10 m）を加えた計 7 試料について鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率の測定を実施した（図 13）。

一方、KA-2 コアでは溶岩を覆う堆積物中には肉眼で検出できる火砕流堆積物や降下火山灰は認められなかったが、堆積物の年代を推定するため、溶岩とその上位の砂礫層を覆う細粒堆積物についてほぼ 50 cm 間隔で試料を採取し、計 11 試料（上位から試料名 KA-2-T01, 深度 0.25~0.35 m ; -T02, 0.70~0.80 m ; -T03, 1.26~1.36 m ; -T04, 1.87~1.97 m ; -T05, 2.13~2.23 m ; -T06, 2.70~2.80 m ; -T07, 3.05~3.15 m ; -T08, 3.65~3.75 m ; -T09, 4.05~4.15 m ; -T10, 4.75~4.85 m ; -T11, 5.05~5.15 m）について鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率の測定を実施した（図 13）。分析は株式会社古澤地質に依頼した。両コアの分析結果を図 14 に示す。

KA-1 コアについては、KA-1-T01~T05 の 5 試料で検出された火山ガラスの屈折率には、1.513-1.540 および 1.506-1.510 の 2 つの範囲に集中することが認められた。火山ガラスの屈折率および鉱物組成は、前者は Aso-3（火砕流堆積物）（120? ka, 135? ka（ka: 1 千年前）；町田・新井, 2003）、後者は Aso-4（85~90 ka ; 町田・新井, 2003）のそれらと一致する。こうしたことから、深度 39.76~53.68 m（標高-34.08~-48.00 m）および深度 54.67~59.00 m（標高-48.99~-53.32 m）に分布する火砕流堆積物は、Aso-4 火砕流堆積物の流下、堆積時に下位の Aso-3 火砕流堆積物を取り込まれたものや再堆積物である可能性がある。一方、角閃石の含有量が少ないことと、Aso-4 火砕流堆積物が Aso-3 火砕流堆積物を大量に取り込んだ場合、温度低下により火砕流形成が困難であることから、KA-1-T01~KA-1-T05 を含む火砕流はすべて Aso-3 火砕流堆積物である可能性もある（産総研星住英夫博士私信）。KA-1-T01~T05 の対比、同定にはさらに多方面からの検討が必要であるが、ここでは本分析結果に基づき、深度 39.76~53.68 m（標高-34.08~-48.00 m）および深度 54.67~59.00 m（標高-48.99~-53.32 m）の火砕流堆積物を“Aso-3 と Aso-4 の混在層？”とする。

KA-1-T06 および溶岩直上の KA-1-T07 については、火山ガラスの屈折率の分布が上記の“Aso-3 と Aso-4 の混在層？”とした KA-1-T01~T05 のそれらと大きく異なる（図 14）。

KA-2 コアでは、すべての試料でバブルウォールタイプとパミスタタイプの火山ガラスが検出された。また、KA-2-T01, KA-2-T07, KA-2-T10 および KA-2-T11 では、火山ガラスの屈折率の分布が 1.506-1.516 の範囲に集中する。こうした特徴から、Aso-4 と鬼界アカホヤテフラ（K-Ah, 7.3 ka ; 町田・新井, 2003）が混在している可能性がある。したがって、KA-2 コアでは溶岩およびその上位の砂礫層を覆う地層は、K-Ah テフラ降下以後の完新世の地層と考えられる。

上述したように、鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率測定の結果、KA-1 コアの KA-1-T01～T05 の 5 試料は、Aso-3 と Aso-4 の混在層？である可能性があること、また KA-1-T06 および砥川溶岩直上の KA-1-T07 については、火山ガラスの屈折率の分布が KA-1-T01～KA-1-T05 と大きく異なっており、Aso-3 あるいは Aso-4 とは異なる火砕流堆積物の可能性が高いことが判明した。そこで、鉱物組成分析および火山ガラスと斜方輝石の屈折率の測定を行った 7 試料 (KA-1-T01～T07) について、さらにテフラの識別精度を向上させるために EDX による火山ガラス片の主要成分化学組成分析を実施した。分析は株式会社古澤地質に依頼した。分析結果を表 7 に示す。

今回の分析結果と既往研究による Aso-1, Aso-2 (141 ± 50 ka, 町田・新井, 2003), Aso-3 および Aso-4 の各テフラの火山ガラスの主要成分化学組成分析結果 (町田・新井, 2003 ; 長橋ほか, 2004, 2007 ; 青木・町田, 2006) を比較した結果、KA-1-T01～T05 の各成分の分布範囲は、Aso-3 および Aso-4 テフラの範囲内に位置するのに対し、KA-1-T06 および KA-1-T07 の各成分の分布範囲は、Aso-2 あるいは Aso-1 テフラと一致しているようにみえる (図 15)。後述するように、コア中に認められる溶岩が Aso-2 と近接して噴出した砥川溶岩に同定されることから、溶岩の直上から採取された KA-1-T06 および KA-1-T07 を含む深度 59.00～61.10 m (標高 -53.32～-55.42 m) の火砕流堆積物は Aso-2 火砕流堆積物に対比される可能性が高い。

### (3-3) 溶岩試料の全岩化学組成分析

KA-1 コアおよび KA-2 コアの最深部で確認された溶岩について、蛍光 X 線分析 (XRD 分析 : ガラスビード法) による全岩化学組成分析を行った。分析は株式会社蒜山地質年代学研究所に依頼した。分析に際しては、肉眼観察に基づいた両コアの溶岩の対比の妥当性の検証および同一コア中の溶岩の化学組成のばらつきを検討するため、KA-1 から 1 試料 (KA-1-1 : 深度 69.38～69.65 m), KA-2 から 2 試料 (KA-2-1 : 深度 19.76～20.00 m, KA-2-2 : 深度 27.18～27.43 m) を分析に供した (図 13)。試料の選定に際しては、肉眼観察により新鮮かつ緻密な部分を採取した。分析では、波長分散型蛍光 X 線分析装置 (リガク製 RIX2000) を用いて、Kimura and Yamada (1996) の手順に従った。分析結果を表 8 に示す。得られた全岩化学組成は 3 試料とも類似しており、またこれまでに報告されている砥川溶岩の全岩化学組成 (水田ほか, 1990 ; Miyoshi et al., 2013) と一致している (表 9)。このことから、KA-1 コアおよび KA-2 コア最深部の溶岩はいずれも砥川溶岩と考えられる。

### (3-4) 溶岩試料の K-Ar 年代測定

XRD 分析により砥川溶岩に同定された KA-1 コアおよび KA-2 コアの溶岩について、噴出年代を明らかにするため、石基部分の K-Ar 年代測定を行った。測定は株式会社蒜山地質年代学

研究所に依頼した。分析に際しては、肉眼観察および XRD 分析による両コアの溶岩試料の対比の妥当性を年代値に基づいて検証し、また試料の年代値の信頼度を検討するため、KA-1 から 1 試料、KA-2 から 2 試料を測定に供した (図 13)。測定には上記 XRD 分析に用いた 3 試料を用いた。分析の結果、KA-1-1, KA-2-1, KA-2-2 は、それぞれ  $0.15 \pm 0.05$  Ma,  $0.16 \pm 0.02$  Ma,  $0.17 \pm 0.02$  Ma (Ma: 100 万年前) の年代値を示す (表 10)。いずれの年代値もおおむね一致することから、両コア間の溶岩の対比の妥当性および得られた年代値の信頼度は高いといえる。

今回得られた砥川溶岩の K-Ar 年代は、松本ほか (1991) により報告された同溶岩の K-Ar 年代 ( $145 \pm 8$  ka,  $223 \pm 34$  ka) および同溶岩の噴出源である赤井火山の K-Ar 年代 ( $148 \pm 7$  ka) と調和的である一方で、Miyoshi et al. (2013) により報告された同溶岩の年代値 ( $\pm 1\sigma$  で  $132 \pm 5$  ka,  $136 \pm 5$  ka) よりもやや古い値を示す。この年代値の隔たりの理由は不明であるが、今回得られた年代値は、同溶岩を直接覆う Aso-2 の噴出年代 ( $141 \pm 50$  ka ; 町田・新井, 2003) と整合的であることから、後述する宇土区間の活動性の検討には、本調査によって新鮮なコア試料から得られた約 15 万年前を砥川溶岩の噴出年代として採用する。

#### (4) 地層の年代と対比

ボーリングコアの層相および各種分析結果に基づく KA-1 および KA-2 コアの地質柱状対比図を図 13 に示す。柱状図には、分析試料採取地点、分析から推定されたテフラの対比、 $^{14}\text{C}$  年代値および K-Ar 年代分析結果を示した。KA-1 コアと KA-2 コアで確実に対比できる地層は砥川溶岩のみである。KA-1 コアおよび KA-2 コアにみられる砥川溶岩上面の標高は、それぞれ  $-55.42$  m および  $1.42$  m であり、両者の高度差は  $56.84$  m である。砥川溶岩には、上方ほど気泡の密度が増加し、下部に向かって減少するという傾向が両コアともに認められる。

### 3. 3 宇土区間の伏在断層の検討

宇土区間が分布する熊本平野南縁では、その東端部にあたる北甘木台地周辺を除いて沖積低地が広く分布する (図 3)。そのため、これまで変動地形に基づいた活断層は認定されておらず、同区間の宇土断層は地震調査委員会 (2013) によって重力異常の急変帯の分布から新たに伏在活断層として推定されたものであり (図 1, 16)、断層の詳細な位置や分布などに関する情報は得られていない。また、断層推定の根拠とされた重力異常の急変が活断層としての活動を反映したものであるかも不明である。そこで、宇土区間を含む熊本平野およびその周辺地域において、既存ボーリング柱状図資料を収集し、熊本平野の地下に広く分布する砥川溶岩、Aso-4 火砕流堆積物および K-Ah テフラの深度分布データに基づいて、熊本平野の地下に伏在するとされる宇土断層の位置や分布について検討を行った。

熊本平野では、これまでに既存のボーリング柱状図資料に基づいた地下地質についての検討が行われてきた。渡辺ほか（1979）は、区間東部にあたる北甘木台地周辺において、ボーリングデータや露頭情報に基づいた砥川溶岩上面の深度分布の不連続と断層変位地形から、木山-嘉島地溝の存在を示した。石坂ほか（1992）は、ボーリングコアの観察により作成した Aso-4 火砕流堆積物および K-Ah テフラの基底面の等深度線図から、渡辺ほか（1979）の木山-嘉島地溝を追認するとともに、同地溝が南西側の熊本平野地下に延長し、更新世後期以降に活動していることを指摘した（図 17）。社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編（2003）は、熊本平野内の多数のボーリング柱状図データをもとに、複数の東西および南北方向の地質断面図を作成し、平野の地下地質の詳細を明らかにした。さらに、ボーリング柱状図データから平野内においてメッシュ状に東西および南北地質断面図を作成した熊本地盤研究会（2014）は、熊本平野南縁に北落ちの伏在断層を図示している。以上のように、既存調査により熊本平野内に宇土断層が実在する可能性を示唆する情報が示されている。しかしながら、宇土区間と西方の宇土半島北岸区間との連続性を評価するには、さらに詳細な断層の分布や連続性、活動性に関する検討が必要である（図 1, 16）。

熊本平野南縁付近に伏在すると推定されている宇土断層の分布や活動性を検討するため、ここでは北緯 32 度 47 分 50 秒～41 分 20 秒、東経 130 度 34 分 10 秒～50 分 30 秒で囲まれた矩形の範囲内に存在するボーリング柱状図を収集した（図 17）。収集したボーリング柱状図資料の出典と本数を表 11 に示す。これらの柱状図資料について、コア記載（岩相、土質区分、N 値など）に基づき、基盤岩、砥川溶岩、Aso-3 火砕流堆積物、Aso-4 火砕流堆積物、始良 Tn テフラ（AT, 26-29 ka ; 町田・新井, 2003）、K-Ah テフラを認定・抽出し、各地層の上限と下限の標高値を読み取った。各柱状図の座標値とその地点での各地層の標高値から、GIS ソフトウェア（Esri 社の ArcMap™10.2）を用いて各地層の等深度線図を作成した。ここでは、そのうち、比較的データの多い、砥川溶岩上面（図 18）、Aso-4 火砕流堆積物上面（図 19）および K-Ah テフラ基底面（図 20）の等深度線図を検討した。ところで、今回検討を行ったボーリング地点は、主要河川や道路沿いに集中しており、空間的にはデータの粗密に大きな偏りがある（図 17）。また、大部分のボーリングは掘削深度が浅く、今回検討対象とした砥川溶岩、Aso-4 火砕流堆積物、K-Ah テフラが記載されたボーリングは限られている（図 18～20）。このように分布に偏りがあり、かつ限られた地点から得られたデータをもとに等深度線図を作成する際には、使用する補間（グリッド作成）方法が結果に影響を与える可能性が考えられる。そこで、ここでは ArcMap™10.2 に実装されている補間方法のうち、一般的な Inverse Distance Weighted, (IDW), Natural Neighbor および Kriging の 3 種類を適用して等深度線図を作成し、結果を比較した（図 18～20）。なお、いずれの補間方法においても、砥川溶岩上面では出力グリッドサイズを 500 m、また Aso-4 火砕流堆積物上面および K-Ah テフラ基底面では 750 m のメッシュデータから等深度線図を作成した。

砥川溶岩は、宇土区間の東方に位置する赤井火山の噴火により流下した安山岩質の溶岩であり、北甘木台地や船野山西麓などでは地表に露出するが、熊本平野東部では平野地下に伏在する（例えば、松本，1974；渡辺ほか，1979；社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編，2003；図 3）。3.1 反射法地震探査および 3.2 ボーリング調査で述べたように、北甘木台地西方の嘉島町から熊本市東区で実施した反射法地震探査および嘉島町でのボーリング調査により、北傾斜の断層帯（宇土断層）が確認され、砥川溶岩上面に約 57 m の北落ちの落差が生じていることが明らかにされた。既存ボーリング資料に本調査によるボーリングデータを加えた検討の結果、北甘木台地とその北方の託麻台地との間に位置する熊本平野東部で砥川溶岩上面が東北東－西南西方向に軸を持って沈降・埋没している状況が認められる（図 18a, b, c）。こうした砥川溶岩上面の深度分布パターンは、渡辺ほか（1979）や石坂ほか（1992）に示された低地の両側が断層で限られた木山-嘉島地溝の存在を強く示唆している（図 17）。本調査で実施した反射法地震探査でも、地溝の南北両側でそれぞれ宇土断層および木山断層の存在を示唆する反射面の撓みや不連続が認められている（図 9～12）。砥川溶岩上面の等深度線図については、異なる 3 種類の補間手法で顕著な違いは認められない（図 18a, b, c）。上述したように、砥川溶岩は熊本平野東部から東にのみ分布するため、同溶岩を指標として宇土区間西部の位置や連続性を検討することはできない。

一方、Aso-4 火砕流堆積物は、熊本平野全域およびその周辺に広く分布しており、宇土断層の位置や連続性を検討するのに適している。ただし、同堆積物の一部では、ボーリング柱状図の記載からは火砕流堆積物の二次堆積物と同堆積物の風化帯との識別が困難な場合があり、場所によっては同堆積物上面と解釈した標高値と実際の値に数 m 程度の隔たりが生じている可能性がある。また、場所によっては Aso-4 火砕流堆積物の堆積面がその後の侵食によって大きく削剥あるいは開析されている可能性もある。しかしながら、約 15 万年前の砥川溶岩の落差が約 57 m に及ぶことから、85-90 ka の Aso-4 火砕流堆積物について数 m 程度の標高値の不確かさが埋没断層崖の検出に大きな影響を与えることは少ないと考えられる。図 19 a, b, c に Aso-4 火砕流堆積物上面の等深度線図を示す。砥川溶岩が分布する熊本平野東部では、Aso-4 火砕流堆積物上面にも砥川溶岩上面と同様に東北東－西南西に延びる沈降帯の存在を示唆する分布深度の落差が認められる。また、熊本平野西部では盆地（低地）中心部のボーリングデータが非常に少ないため不確かな部分も多いが、東部で認められた沈降帯の西方延長部では、北落ちの落差が明瞭な崖に形状を変えながら緑川の河口付近まで連続するように見える。この北落ちの崖は、その分布や向きから、石坂ほか（1992）で指摘されている、熊本平野南縁付近の地下に伏在し、Aso-4 火砕流堆積物の堆積以降にも活動している北落ちの活断層や地震調査委員会（2013）により重力異常の急変帯の分布から推定された宇土断層に対応する可能性がある（図 17）。その場合、等深度線データによると、平野西部における Aso-4 火砕流堆積物上面の北落ちの落差は 30～40 m 程度に達する。この落差が全て断層

活動に起因するものであると仮定した場合、宇土断層の平均上下変位速度は 0.3~0.5 m/千年と見積もられる。この変位速度は、区間東部においてボーリング資料の検討から推定された後期更新世以降の平均上下変位速度 (0.2~0.5 m/千年; 石坂ほか, 1992) や、後述の砥川溶岩を指標として見積もられる本調査による宇土断層の平均上下変位速度 (約 0.4 m/千年) と概ね調和的な値を示す。ただし、Aso-4 火砕流堆積物の堆積面がその後の侵食によって大きく削剥あるいは開析されている可能性があることなどを考慮すると、ここで見積もられた平均上下変位速度の信頼度は低い。Aso-4 火砕流堆積物上面の等深度線図は、Natural Neighbor および Kriging を用いた補間に比べて、IDW を用いた場合、特に緑川の河口付近の崖基部の位置が北に移動する (図 19)。そのため、宇土区間は河口からさらに西方に延びる可能性があるが、同区間が宇土半島北岸区間に連続するのか、それとも橋湾から島原半島を横切り島原湾に延びる雲仙断層群 (地震調査委員会, 2006) に連続するのかについては不明である (図 1, 16)。

図 20a, b, c は K-Ah テフラ基底の等深度線図である。石坂ほか (1992) では、同テフラ基底面にも砥川溶岩や Aso-4 火砕流堆積物 (石坂ほかでは基底面を表示) と同様に木山-嘉島地溝の活動を示唆する東西に延びる沈降帯が示されているが、本検討ではそうした構造は認められない。この違いの要因は不明であるが、後述の砥川溶岩の落差に基づいた本区間の平均上下変位速度と K-Ah テフラの噴出年代から判断すると、柱状図の記載の誤認定等によって同テフラ基底の標高値が数 m 程度実際と異なることが埋没断層崖の認定に大きく影響する可能性がある。また、熊本平野では西部低地帯を中心として、地下水のくみ上げや圧密により昭和 53 年 (1978 年) ~平成 5 年 (1993 年) の 16 年間に限っても最大 240 mm の沈下が生じており (熊本県環境公害部, 1995)、長期間にわたる地盤沈下の影響が等深線図に反映されている可能性もある (図 21)。

### 3. 4 宇土区間東部における北甘木断層の位置の再検討

布田川断層帯宇土区間東部の北甘木台地の周辺に分布する断層 (地震調査委員会 (2013) の北甘木断層) については、「日本の活断層」(活断層研究会編, 1980), 「九州の活構造」(九州活構造研究会編, 1989), 「新編日本の活断層」(活断層研究会編, 1991), 「都市圏活断層図 (熊本)」(池田ほか, 2001) および「活断層詳細デジタルマップ」(中田・今泉編, 2002) などで図示されている。2 万 5 千分の 1 地形図上に断層変位地形の詳細が示されている「都市圏活断層図 (熊本)」では、北甘木台地の北縁を東北東に延びる北側低下の断層と、その北に位置して南側が低下する断層の 2 条の並走する断層が示されている (池田ほか, 2001; 図 22, 23a, 24a)。このうち台地北縁の断層では、中部に対して西部は右ステップ、東部は左ステップして、いずれも北へ張り出すように分布している (図 22, 23a, 24a)。1947 年の米軍撮影空中写真 (以下、米軍写真) では、中部と西部については、池田ほか (2001) により断層崖

とされた台地緩斜面と水田および集落が立地する低地との境界が上益城郡嘉島町井寺南方において急に途切れ、約 130 m 右ステップしている状況が明瞭に認められる (図 23b)。中部と東部についても同様に、上益城郡益城町島田南方で、台地斜面と水田の境界が鉤の手状に曲がり、約 100 m 左ステップしている (図 24b)。

ところで、北甘木台地とその北に点在する微高地は、井寺古墳やカキワラ貝塚に代表されるように、遠い昔から人間の生活の場であったことをしのばせる遺跡・史跡が認められている (嘉島町教育委員会, 2015) (図 22)。また、「嘉島町誌」(嘉島町, 1989) および「水の郷井寺誌」(嘉島町井寺誌編纂委員会, 1995) によると、北甘木台地北縁一帯は昭和 4~5 年 (1929~1930 年) に大規模な耕地整理工事が行われている。こうしたことから、米軍写真撮影時には、既に北甘木台地北縁の断層変位地形の一部が改変・消失していた可能性が疑われる。「水の郷井寺誌」には、複数の地元住民により当時の耕地整理の状況が詳しく記されている。これとは別に、北甘木台地周辺については、大日本帝國陸地測量部による正式 2 万分の 1 地形図「砂取」および「木山」図幅が明治 36 年 (1903 年) に発行 (明治 34 年 (1901 年) 測量) されており、耕地整理以前の地形が詳細に表現されている。

「水の郷井寺誌」に寄せられた耕地整理についての記述の中には、後で紹介するように耕地整理に伴う土砂の採取位置が小字名や民家との位置関係とともに示されている。ここでは、記述された人工改変の位置を、「水の郷井寺誌」に収録された小字図、住宅地図と照合することにより推定した。また、推定の妥当性を 1903 年発行 2 万分の 1 地形図 (以下、2 万分の 1 地形図) で検討した。こうした検討の結果、北側低下の断層沿いで描かれた 2 つの不連続部はいずれも昭和初期以前の人工改変によるものであり、本来は一続きの断層トレースである可能性があることが示された。

現在の北甘木台地北縁は整然とした水田だが、これは 1929-1930 年の耕地整理と 1971-1974 年の圃場整備によるもので、それ以前は一部を除いて湿田が広がっており、「有無田 (ゆむた)」と呼ばれていた (嘉島町, 1989; 嘉島町井寺誌編纂委員会, 1995)。当時の状況が「水の郷井寺誌」に記されている。

井寺の東から櫛島の南側一帯に広がる約四十ヘクタール余りの水田は、昔は周囲の部分を除き、堀と湿田が交互に入り乱れ牛馬の入ることも出来ない強湿田で農作業は極めて困難な所であった。 (「濱竹義彦 <sup>ゆむた</sup>有無田の耕地整理」より抜粋)

2 万分の 1 地形図には、北甘木台地北縁の低地一帯が沼田と濠の記号で示されている (図 22)。こうした悪田を改良するため、昭和 4 年 (1929 年) に有無田耕地整理組合が結成され、周辺の畑地から採土し、トラックで運搬して嵩 (かさ) 上げる工事が行われた (嘉島町, 1989; 嘉島町井寺誌編纂委員会, 1995)。その土砂採取位置について、「水の郷井寺誌」では、以下のように記述されている。

一期工事では、自宅前の道を隔てた桑、栗、芋畑の土を、二期工事には向平<sup>むかいびら</sup>の畑の高い土

堤から莫大な土を、トロッコに積み沼地に運び埋めた。 (「池上喜逸 古里の移り変わり」より抜粋)

1997年発行の住宅地図(嘉島町商工会青年部「'97電話町と住宅地図」)によると、池上喜逸氏宅は井寺集落の南東端に位置し、有無田に近接している(図23c)。また小字図によると、莫大な土が採取されたとある向平(小字名)は池上氏宅の南に位置し、池田ほか(2001)で示された断層のうち中部と西部のステップ部分に当たる(図23c, d)。米軍写真では、断層中央部の西端は台地緩斜面とその北の水田とを境する明瞭な北向きの急崖として認められる(図23b)。この地形境界は、向平東方において東北東に延びる北甘木台地北端部の急斜面とその北の水田との地形境界の延長部に当たる。ところが、2万分の1地形図では、向平東方の地形境界は米軍写真と変わることなく表現されているのに対して、向平には明瞭な地形境界は存在せず、南西方向に浅い谷が入るものの、全体としては北に傾斜する緩やかな斜面が井寺集落手前まで続いている(図23d)。こうした住民の記載と2万分の1地形図から、有無田の埋め立てのための土砂が向平の北半分(図23dに紫色の点線で示す周辺)で大規模に採取されたことにより、米軍写真に見られる明瞭な急崖とその北の水田が形成されたと解釈できる(図23)。

向平およびその周辺での土砂採取の様子は、池上氏以外の住民による記述からも読み取ることができる。

客土用土は、村井幸人氏宅の南側や、坂口吉材氏宅の下付近、櫛島部落西南側等の畑を採土地として客土先までレールを敷き、「トロッコ」に土を載せ二人一組で押して運搬した。(「濱竹義彦 有無田の耕地整理」より抜粋)

住宅地図によると、村井幸人氏宅の南側は向平の北に位置しており(図23c)、上述の池上氏による記述と符合する。

2万分の1地形図と米軍写真や現在の地形を比較すると、膨大な土砂の採取が向平北部で行われたと考えられるが、この点については先の池上氏の記述に加えて、

工事現場には、西田組外数組の請け負い組が入り、男女多数が人夫として働きに来た。井寺は勿論隣接部落からも来て一番多い時には四百人ぐらいにも達した。(「濱竹義彦 有無田の耕地整理」より抜粋)

との記述もあり、建設重機のない時代にあっても地形を改変するほどの膨大な土砂の採取が行われたことがうかがえる。

以上を総合すると、池田ほか(2001)で示された北側低下の断層トレースの中央部南西端部は昭和初期における土地の人工改変によって生じた崖を断層崖と認定したものであり、小字図による向平の広がりや2万分の1地形図によると、断層中部と西部は右ステップを伴う不連続を示すのではなく、むしろなめらかにつながる可能性がある(図23d)。

ところで、濱竹氏の記載で採土地とされた坂口吉材氏宅の東側には、2万分の1地形図で

は東西に長軸を持つ楕円形の高まり地形が示されている（図 23d）。この高まり地形は米軍写真では認められない。これらのことから、この高まりも埋め立てのために採土され消失したものと考えられる。この高まりは、池田ほか（2001）による南側が低下する断層の延長部に位置しており、断層の位置を検討する上で重要な情報と考えられる。ただし、この高まりが自然の地形であるのか、あるいは人工的に作られたものかは定かではない。なお、「水の郷井寺誌」には次のような記載がある。

年よりから聞いた話に、「明治の頃、有無田の広い沼地を田にするため、辻の上から有無田まで針金を渡し、それに土を入れてザルで沼地を埋めたが、土が足りずに中止となった」とのことを思い出している。（「上野繁喜 昔の井寺」より抜粋）

辻の上は、井寺古墳の北側を指し（嘉島町教育委員会私信，図 23c, d），高まりはその辻の上と有無田の間に位置することから，埋土用土砂による高まりであった可能性も否定はできない。

池田ほか（2001）で島田南方に示された北側低下の断層の中部と東部の不連続部分に関しては，1929～1930年の耕地整理による人工改変に関する資料は見当たらない。しかしながら，2万分の1地形図と米軍写真に見られる台地と低地との境界（図 24c に紫色の点線で示す）を比較すると，ここでも向平と同様に耕地整理が実施され，台地と低地との境界の鈎の手状の折れ曲がりや人工的なものと考えられる。むしろ，2万分の1地形図の等高線や樹林と水田の土地利用境界の連続性からは，中部と東部は一続きの断層線のように見える（図 24c）。

以上のように昭和初期の耕地整理に関する郷土資料と明治時代の2万分の1地形図をもとに，布田川断層帯宇土区間北東部の断層変位地形を再検討した結果，従来ステップするように描かれていた北甘木断層の南側の断層線の不連続部は，昭和初期以前の人工改変によるものである可能性が高く，断層線は全体として南に湾入した平面形態を持つ一続きの構造とみなせる可能性がある。

なお，北甘木断層の北側の断層線については，人工改変に関する詳しい資料が残されていないものの，上述の濱竹氏による

櫛島部落西南側等の畑を採土地として

との記述から判断すると，北側の断層線も南側の断層線と同様に，大規模な人工改変の影響による位置の不確かさを伴っている可能性がある。

## 4. まとめ

### 4. 1 断層帯の位置および形態

#### （1）断層帯を構成する断層

宇土区間東部において，地震調査委員会（2013）により示された宇土断層の東端部を横切

る測線で実施した反射法地震探査の結果、従来変動地形学的に認定されていた北甘木断層の南西方の熊本平野東部において、地溝状の変形が認められ、その南縁に中～高角度で北傾斜する相対的に南側隆起の撓曲（傾動変形）帯、北縁に高角度で南傾斜する相対的に北側隆起の断層が推定された（図 9～12）。

北縁の断層は、その位置、形状およびずれの向き（後述）から、渡辺ほか（1979）、石坂ほか（1992）の木山断層に対応する可能性がある（図 3, 17）。したがって、木山断層は宇土区間まで延長している可能性がある。なお、地震調査委員会（2013）は、木山断層を布田川断層帯布田川区間を構成する断層の一つとして評価しており、同断層は宇土区間には含めていない。

木山断層の南に位置し、相対的に南側隆起の変形を与えている南縁の変形帯は、3.1 反射法地震探査でも述べたように、地震調査委員会（2013）により示された宇土断層の東端部を横切る測線において、同断層と調和する変形構造であることから、宇土断層によるものと解釈した。ただし、宇土断層が北甘木断層の西方延長部に分布し、両断層のずれの向きも一致することから、両者は一連の構造である可能性もある。

重力異常の急変帯から熊本平野南縁に伏在すると推定された断層（宇土断層）について、既存ボーリングデータに基づいて検討を行った結果、熊本平野西部の地下に伏在し、Aso-4 火砕流堆積物の堆積以降にも繰り返し活動した断層が存在する可能性がある。この断層が、重力異常の急変帯から推定された宇土断層に対応する可能性がある。ただし、平野西部では中軸部のボーリング資料の数が少ないため、断層の位置について不明確な点が多い。

以上のことから、布田川断層帯宇土区間を構成する断層は、北甘木断層、宇土断層および木山断層からなると推定される（表 1）。

## （2）断層面の位置・形状

宇土区間を構成する断層は大部分が熊本平野地下に伏在している（地震調査委員会, 2013）。本調査による既存ボーリング資料の検討の結果を踏まえると、宇土区間は上益城郡木山町南方付近から緑川河口付近まで延びる断層であり、その一般走向は  $N65^{\circ} E \sim N75^{\circ} E$  程度の可能性がある。一般走向に  $10^{\circ}$  程度の幅があるのは、既存ボーリング資料の検討からは、断層の位置や形状を正確に把握することが困難なためである（図 18～20）。そのため、断層の長さについても、地震調査委員会（2013）により評価された約 20 km を上回る可能性もある。

宇土区間東部で実施した反射法地震探査から推定された木山断層および宇土断層は、断層面の傾斜方向が異なる（木山断層は南傾斜、宇土断層は北傾斜）が、それぞれ地下 1 km 以浅では高角度および中～高角度で傾斜する。反射法地震探査結果によると、宇土区間東部では宇土断層がもっとも顕著な変形を示す。このことから、宇土区間はより深部の地下では北（北西）に中～高角度で傾斜する断層面をもつと推定される（表 1）。

### (3) 変位の向き

本調査で実施した反射法地震探査の結果、宇土断層は相対的に南側隆起の正断層成分を伴い、木山断層は相対的に北側隆起の正断層成分を伴う。ただし、基盤岩上面および堆積層の落差からみると、宇土区間は全体的としては南側隆起の正断層成分をもつと考えられる。

宇土断層および木山断層は、それぞれ地下 1 km 以浅では、高角度および中～高角度で傾斜している。また、既存研究（石坂ほか、1992）や本調査による既存ボーリングデータの検討の結果、両断層の走向は、右ずれ成分を伴う布田川断層帯布田川区間と同様に東北東-西南西に延びる。こうした特徴から、宇土断層および木山断層は右横ずれ成分を伴っている可能性がある。

以上のことから、宇土区間は相対的に南東側隆起の正断層成分を伴っており、また右横ずれ成分を伴う可能性があると考えられる（表 1）。

## 4. 2 断層帯の過去の活動

### (1) 平均変位速度

反射法地震探査により認定された宇土断層に関連する可能性がある南側隆起の変形構造の相対的沈降側（KA-1）と隆起側（KA-2）で実施したボーリング調査により、砥川溶岩上面に約 57 m の北側下がり的高度差が確認された（図 4, 13）。両コアの砥川溶岩は、いずれも上方に向かって気泡の割合が増加するという特徴を有する。水田ほか（1991）は、複数のボーリングコアの観察に基づき、砥川溶岩は上部および下部で気泡を多く含み、中部に向かって気泡が減少し、緻密になることを報告している。両コアで認められた砥川溶岩の気泡の発達状況は、水田ほか（1991）による溶岩最上部の特徴と類似している。したがって、両コアの砥川溶岩は、流下、定置した後、大きく侵食を受けた可能性は低いと考えられる。

砥川溶岩が流下、定置した際の地表（溶岩上面）がほぼ水平であったと仮定すると、KA-1 コアと KA-2 コアの砥川溶岩上面の高度差は、宇土断層による落差を示している可能性がある。この場合、落差と砥川溶岩の K-Ar 年代測定結果（約 15 万年前）から、平均変位速度の上下成分は約 0.4 mm/年と見積もられる。ただし、反射法地震探査記録によると、宇土断層東端部ではその北方に北側隆起の木山断層が推定され、両断層に挟まれた区間が地溝状に落ち込んでいるように見える。KA-1 は、地溝の最深部付近に位置することから、木山断層を含めた断層帯全体としての上下変位量は、上述した値より小さくなる可能性がある。

なお、既存ボーリング資料の検討に基づき Aso-4 火砕流堆積物上面の落差から見積もられた宇土断層に対応する可能性がある熊本平野南縁の断層の平均上下変位速度（0.3～0.5 m/千年）については、上述したように、Aso-4 火砕流堆積物の堆積面がその後の侵食によって大きく削剥あるいは開析されている可能性があることなどを考慮すると、その信頼度は低い

と考えられる。

以上のことから、宇土区間東部の平均的なずれの速度の上下成分は、約 0.4 mm/年もしくはそれ以下の可能性がある（表 1）。

上述したように、宇土区間東部では右横ずれ成分を伴う可能性があるが、その平均変位速度に関する情報は得ることができなかった。

## （２）活動時期

今回の調査では、活動時期に関する具体的な情報は得られなかった。

## （３）１回の変位量

今回の調査では、１回の変位量に関する具体的な情報は得られなかった。

## （４）活動間隔

今回の調査では、活動間隔に関する具体的な情報は得られなかった。

## （５）活動区間

地震調査委員会（2013）は、布田川断層帯が布田川区間、宇土区間および宇土半島北岸区間の 3 つの活動区間からなると評価している。ただし、布田川断層帯全体が同時に活動する可能性もあると評価している。

既存ボーリングデータの検討の結果、重力異常の急変帯の分布から推定された熊本平野南部の伏在断層（宇土断層）が実在し、Aso-4 火砕流堆積物上面に変位・変形を与えている可能性があることが示された。ボーリング資料の数が少ないため、断層の位置については不明確な部分が多いものの、この伏在断層は、宇土半島北岸区間に連続する可能性や雲仙断層群に連続する可能性がある（表 1）。

熊本平野南部に伏在する断層の位置や活動性を解明することは、布田川断層帯の活動区間を明らかにし、また雲仙断層群と連動する可能性を検討するうえで重要である。そのため、宇土区間西部においても本調査と同様に反射法地震探査とボーリング調査の実施が望まれる。

## 謝 辞

本調査を実施するにあたり、上益城郡嘉島町ならびに熊本市の関係機関の皆様には、多大なるご協力をいただきました。熊本南工業団地協同組合には団地内のボーリング柱状図資料を提供していただきました。「熊本地盤研究会」には同研究会が作成した地質断面図をみせていただきました。熊本県地質調査業協会には、熊本平野地下地質資料についてご教示いただくとともに、「熊本地盤研究会」を紹介していただきました。嘉島町教育委員会社会教育課の

中川裕二氏には、嘉島町の旧地名とその位置についてご教示いただきました。反射法地震探査とボーリング調査は、株式会社阪神コンサルタンツに依頼しました。

以上の皆様にお礼申し上げます。

(調査担当：丸山 正)

## 文 献

- 青木かおり・町田 洋 (2006) 日本に分布する第四紀後期広域テフラの主元素組成-K<sub>2</sub>O-TiO<sub>2</sub> 図によるテフラの識別. 地質調査研究報告, **57**, 239-258.
- Bronk Ramsey, C. (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. Radiocarbon, **51**, 337-360.
- 独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター (2013) 「日本重力データベース DVD 版」. 数値地質図 P-2, DVD-ROM1 枚.
- 星住英夫・尾崎正紀・宮崎一博・松浦浩久・利光誠一・宇都浩三・内海 茂・駒沢正夫・広島俊男・須藤定久 (2004) 20 万分の 1 地質図幅「熊本」. 1:200,000 地質図幅, NI-52-11, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 池田安隆・千田 昇・中田 高・金田平太郎・田力正好・高沢信司 (2001) 1:25,000 都市圏活断層図「熊本」. 国土地理院技術資料 D・1-No. 388.
- 石坂信也・渡辺一徳・高田英樹 (1992) 熊本平野地下における第四系の最近 15 万年間の沈降速度. 第四紀研究, **31**, 91-99.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) 「雲仙断層群の評価 (一部改訂)」. 48p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) 「布田川断層帯・日奈久断層帯の評価 (一部改訂)」. 66p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2016) 「平成 28 年 (2016 年) 熊本地震\*の評価 (平成 28 年 5 月 13 日)」. 2p + 資料 21p, [http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016\\_kumamoto\\_3.pdf](http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf) (2016 年 5 月 15 日閲覧).
- 嘉島町 (1989) 「嘉島町誌」. 773 p, 図版 6 枚.
- 嘉島町井寺誌編纂委員会 (1995) 「水辺の郷井寺誌」. 308 p.
- 嘉島町教育委員会 (2015) 嘉島町東部台地遺跡群-C エリアにおける調査概要報告-. 嘉島町文化財調査報告書 第 1 集, 55 p.
- 活断層研究会編 (1980) 「日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会, 363 p.
- 活断層研究会編 (1991) 「新編日本の活断層-分布図と資料-」. 東京大学出版会, 437 p.
- Kimura, J. and Yamada, Y. (1996) Evaluation of major and trace element XRF analyses using a flux to sample ratio of two to one glass beads. Journal of Mineralogy, Petrology and Economic Geology, **91**, 62-72.
- 熊本地盤研究会編 (2014) 「熊本地域の地質断面図」.
- 熊本県 (1983) 土地分類基本調査「御船」5 万分の 1」. 熊本県企画開発部土地・地域政策課, 56p+付図 8 葉.

- 熊本県環境公害部 (1995) 「熊本平野地盤沈下調査報告書」. 熊本県環境保全課, 62p.
- 公益社団法人地盤工学会九州支部九州地盤情報システム協議会 (2012) 「九州地盤情報共有データベース 2012」. 1 DVD-ROM.
- 九州活構造研究会編 (1989) 「九州の活構造」. 東京大学出版会, 553 p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 「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, 336p.
- 松本哲一・宇都浩三・小野晃司・渡辺一徳 (1991) 阿蘇火山岩類の K-Ar 年代測定-火山層序との整合性と火砕流試料への適用-. 日本火山学会講演予稿集, 1991(2), 73.
- 松本幡郎 (1974) 砥川溶岩について. 火山第 2 集, **19**, 19-24.
- Miyoshi, M., Shinmura, T., Sumino, H., Sano, T., Miyabuchi, Y., Mori, Y., Inakura, H., Furukawa, K., Uno, K., Hasenaka, T., Nagao, K., Arakawa, Y. and Yamamoto, J. (2013) Lateral magma intrusion from a caldera-forming magma chamber: Constraints from geochronology and geochemistry of volcanic products from lateral cones around the Aso caldera, SW Japan. *Chemical Geology*, **352**, 202-210.
- 水田敏夫・小畑正明・江上桂子 (1990) 砥川安山岩溶岩中の気泡の形態と分布. 火山第 2 集, **35**, 249-262.
- 長橋良隆・佐藤孝子・竹下欣宏・田原敬治・公文富士夫 (2007) 高野層ボーリングコア (TKN-2004) に挟在する広域テフラ層の層序と編年. 第四紀研究, **46**, 305-325.
- 長橋良隆・吉川周作・宮川ちひろ・内山 高・井内美郎 (2004) 近畿地方および八ヶ岳山麓における過去 43 万年間の広域テフラの層序と編年-EDS 分析による火山ガラス片の主要成分化学組成-. 第四紀研究, **43**, 15-35.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) 「活断層詳細デジタルマップ」, 東京大学出版会, 60 p, 付図 1 葉, DVD2 枚.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hafliðason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves, 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
- 斎藤 眞・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・浜崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章 (2010) 20 万分の 1 地質図幅「八代及び野母崎の一部」. 1:200,000 地質図, NI-52-12, 18, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2016) 「第四報」緊急現地調査報告 [2016 年 5

月 13 日] 2016 年熊本地震に伴った出現した地表地震断層 .

<https://www.gsj.jp/hazards/earthquake/kumamoto2016/kumamoto20160513-1.html>

(2016 年 5 月 15 日閲覧).

社団法人地盤工学会九州支部九州地盤情報システム協議会 (2005) 「九州地盤情報共有データベース 2005」. 1 CD-ROM.

社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編 (2003) 「熊本市周辺地盤図」. 社団法人熊本県地質調査業協会, 270p+付図 8 葉.

鶴田孝三・渡辺一徳 (1978) 熊本平野南東部に見られる活断層群. 熊本県地学会誌, **58**, 2-4.

渡辺一徳・糸倉克幹・鶴田孝三 (1979) 阿蘇カルデラ西麓の活断層群と側火口の位置. 第四紀研究, **18**, 89-101.

## 図 表

表 1 布田川断層帯宇土区間のまとめ

表 2 反射法地震探査測線の概要

表 3 反射法地震探査の仕様および使用機器

表 4 データ処理および解析に使用した主なパラメータ

表 5 ボーリング地点の位置情報

表 6  $^{14}\text{C}$  年代測定結果

表 7-1 KA-1 コアから採取された火山ガラス片の主要成分化学組成 (KA-1-T01 (35.05 m))

表 7-2 KA-1 コアから採取された火山ガラス片の主要成分化学組成 (KA-1-T02 (40.09 m))

表 7-3 KA-1 コアから採取された火山ガラス片の主要成分化学組成 (KA-1-T03 (44.03 m))

表 7-4 KA-1 コアから採取された火山ガラス片の主要成分化学組成 (KA-1-T04 (50.12 m))

表 7-5 KA-1 コアから採取された火山ガラス片の主要成分化学組成 (KA-1-T05 (55.68 m))

表 7-6 KA-1 コアから採取された火山ガラス片の主要成分化学組成 (KA-1-T06 (61.00-61.10 m))

表 8 XRF 分析による溶岩試料の全岩化学組成

表 9 既存研究による砥川溶岩の全岩化学組成

表 10 KA-1 コアおよび KA-2 コアから採取された溶岩の K-Ar 年代測定結果

表 11 ボーリング柱状図資料の出典と本数

図1 布田川断層帯の分布

断層の位置, 名称および活動区間の境界は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による。陰影図は, 国土地理院刊行数値地図 50 m メッシュ (標高) 日本-III から作成。

図2 布田川断層帯宇土区間の分布

断層の位置は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による。陰影図は, 国土地理院基盤地図情報数値標高データ (10 m メッシュ) から作成。

図3 宇土区間とその周辺の表層地質図 (星住ほか, 2004 ; 斎藤ほか, 2010 を編集)

図の範囲は図2と同じ。赤色実線および赤色薄太線は, 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による活断層の地表トレースおよび伏在活断層の位置を示す。黒色実線および黒色破線は, 石坂ほか (1992) による活断層および推定活断層を示す。ケバは低下側を示す。木山断層, 立田山断層, 木山-嘉島地溝は石坂ほか (1992) による。図中の紫色点線は, 社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編 (2003) による砥川溶岩分布範囲。

図4 反射法地震探査測線 (調査測線・解析測線) およびボーリング調査地点位置図

基図は池田ほか (2001) を使用。本図の範囲を図2に黒枠で示す。

図5 中型バイブロサイスを震源とした反射法地震探査による測線1の重合後時間断面(上)とマイグレーション処理後時間断面(下)

鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

図6 中型バイブロサイスを震源とした反射法地震探査による測線1の深度断面図(上)と解積断面図(下)

鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

図7 中型バイブロサイスを震源とした反射法地震探査による測線2の重合後時間断面(上)とマイグレーション処理後時間断面(下)

鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

図8 中型バイブロサイスを震源とした反射法地震探査による測線2の深度断面図(上)と解積断面図(下)

鉛直誇張なし．解析測線の位置を図 4 に示す．

図 9 中型バイブロサイズを震源とした反射法地震探査による深度断面図（測線 1 と 2 を接合）（上）と解釈断面図（下）

鉛直誇張なし．

図 10 中型バイブロサイズを震源とした反射法地震探査による深度断面図（測線 1 と 2 を接合）（上）と解釈断面図（下）

鉛直誇張 2 倍．

図 11 油圧インパクトを震源とした反射法地震探査による地下浅部の深度断面に，反射法探査記録を使用した屈折波トモグラフィ解析により推定された P 波速度構造を重ね合わせた図（上）と解釈断面図（下）

鉛直誇張なし．図 11（下）中の黒色太線は，ボーリング掘削位置と掘削長を示す．

図 12 油圧インパクトを震源とした反射法地震探査による地下浅部の深度断面に，反射法探査記録を使用した屈折波トモグラフィ解析により推定された P 波速度構造を重ね合わせた図（上）と解釈断面図（下）

鉛直誇張 10 倍．図 12（下）中の黒色太線は，ボーリング掘削位置と掘削長を示す．

図 13 KA-1 コアおよび KA-2 コアの地質柱状対比図

ボーリングの位置を図 4，11，12 に示す．

図 14 KA-1 コアおよび KA-2 コアのテフラ分析（鉱物組成，火山ガラスおよび斜方輝石の屈折率）結果

図 15-1 KA-1 コアから採取された火山ガラスと阿蘇火砕流堆積物の火山ガラスの主要成分化学組成の比較

Aso-1, Aso-2, Aso-3 および Aso-4 テフラの火山ガラスの主要成分化学組成は，町田・新井（2003），長橋ほか（2004，2007），青木・町田（2006）による． a)  $\text{SiO}_2\text{-TiO}_2$  図． b)  $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$  図． c)  $\text{SiO}_2\text{-FeO}$  図． d)  $\text{SiO}_2\text{-MgO}$  図．

図 15-2 KA-1 コアから採取された火山ガラスと阿蘇火砕流堆積物の火山ガラスの主要成分化学組成の比較

Aso-1, Aso-2, Aso-3 および Aso-4 テフラの火山ガラスの主要成分化学組成分は、町田・新井 (2003), 長橋ほか (2004, 2007), 青木・町田 (2006) による. e)  $\text{SiO}_2\text{-CaO}$  図. f)  $\text{SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$  図. g)  $\text{SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  図. h)  $\text{TiO}_2\text{-K}_2\text{O}$  図.

図 16 宇土区間とその周辺の活断層の分布とブーゲー重力異常図

赤色実線および太破線は、それぞれ活断層の地表トレースおよび伏在活断層の位置を示す。活断層の分布は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006, 2013) による。重力異常は、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター (2013) による (仮定密度  $2.67 \text{ g/cm}^3$ )。コンター間隔は  $1 \text{ mGal}$ 。陰影図は、国土地理院基盤地図情報数値標高データ ( $10 \text{ m}$  メッシュ) から作成 (図 17~21 も同様)。

図 17 宇土区間の伏在断層検討に使用したボーリング位置図

ボーリング地点を黄色丸で示す。本図の範囲を図 16 に黒枠で示す。濃桃色実線および太破線は、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による活断層の地表トレースおよび伏在活断層の位置を示す (図 18~図 21 も同様)。黒色実線および黒色破線は、石坂ほか (1992) による活断層および推定活断層を示す。ケバは低下側を示す。木山断層, 立田山断層, 木山-嘉島地溝は石坂ほか (1992) による。図中の白色実線は、本調査で実施した反射法地震探査測線 (図 18~図 21 も同様)。

図 18a ボーリング柱状図資料の解析により作成した砥川溶岩上面の等深度線図

コンター間隔は  $5 \text{ m}$ 。図の範囲は図 17 と同じ。グリッド作成アルゴリズムとして IDW を使用。

図 18b ボーリング柱状図資料の解析により作成した砥川溶岩上面の等深度線図

コンター間隔は  $5 \text{ m}$ 。図の範囲は図 17 と同じ。グリッド作成アルゴリズムとして Natural Neighbor を使用。

図 18c ボーリング柱状図資料の解析により作成した砥川溶岩上面の等深度線図

コンター間隔は  $5 \text{ m}$ 。図の範囲は図 17 と同じ。グリッド作成アルゴリズムとして Kriging を使用。

図 19a ボーリング柱状図資料の解析により作成した Aso-4 火砕流堆積物上面の等深度線図

コンター間隔は  $5 \text{ m}$ 。図の範囲は図 17 と同じ。グリッド作成アルゴリズムとして IDW を使用。

図 19b ボーリング柱状図資料の解析により作成した Aso-4 火砕流堆積物上面の等深度線図  
コンター間隔は 5 m. 図の範囲は図 17 と同じ. グリッド作成アルゴリズムとして Natural  
Neighbor を使用.

図 19c ボーリング柱状図資料の解析により作成した Aso-4 火砕流堆積物上面の等深度線図  
コンター間隔は 5 m. 図の範囲は図 17 と同じ. グリッド作成アルゴリズムとして Kriging  
を使用.

図 20a ボーリング柱状図資料の解析により作成した K-Ah テフラ基底の等深度線図  
コンター間隔は 1 m. 図の範囲は図 17 と同じ. グリッド作成アルゴリズムとして IDW を  
使用.

図 20b ボーリング柱状図資料の解析により作成した K-Ah テフラ基底の等深度線図  
コンター間隔は 1 m. 図の範囲は図 17 と同じ. グリッド作成アルゴリズムとして Natural  
Neighbor を使用.

図 20c ボーリング柱状図資料の解析により作成した K-Ah テフラ基底の等深度線図  
コンター間隔は 1 m. 図の範囲は図 17 と同じ. グリッド作成アルゴリズムとして Kriging  
を使用.

図 21 熊本平野における昭和 53 年 (1978 年) ~平成 5 年 (1993 年) の 16 年間の累積沈下  
量図 (熊本県環境公害部, 1995)  
等値線間隔は 10 mm.

図 22 北甘木台地周辺の活断層の分布と有無田の位置

断層変位地形は池田ほか (2001) による. 布田川断層帯宇土区間を赤線, それ以外の断  
層を橙色線で示す. 位置が特定されている断層を実線, 位置がやや不明確な断層を破線,  
伏在部を点線で示す. 黒色矢印は地形面の傾動方向を示す. 基図は, 大日本帝國陸地測量  
部明治 36 年発行正式 2 万分の 1 地形図「砂取」および「木山」を使用.

図 23 a) 上益城郡嘉島町井寺付近の都市圏活断層図 (池田ほか, 2001) および b) 1947 年  
の米軍写真 (国土地理院 USA-M684-108 : (一財) 日本地図センターオーダー番号  
E-6B16-016 を使用). 活断層の分布は池田ほか (2001) による. 紫色の点線は北甘木

台地と低地（水田）との境界を示す。本図の位置を図 22 に示す。c) 本文で記載した地名および住民宅。空中写真は国土地理院「地理院地図（電子国土 Web）」を使用。d) 1901 年測量による井寺付近の地形（大日本帝國陸地測量部明治 36 年発行正式 2 万分の 1 地形図「砂取」）。向平の小字境界（薄緑色で塗色し周囲を緑色の破線で囲む）は嘉島町井寺誌編纂委員会（1995）による。郷土資料と明治時代の正式 2 万分の 1 地形図から推定した断層位置を赤矢印で示す。紫色の点線は米軍写真（図 23b）で認められる北甘木台地と低地（水田）との境界を示す。

図 24 a) 上益城郡益城町島田付近の都市圏活断層図（池田ほか，2001）および b) 米軍写真（国土地理院 USA-M684-108（一財）日本地図センターオーダー番号 E-6B16-016）を使用。断層の分布は池田ほか（2001）による。紫色の点線は北甘木台地と低地（水田）との境界を示す。本図の位置を図 18 に示す。c) 明治時代の正式 2 万分の 1 地形図から推定した島田付近の断層位置を赤矢印で示す（基図は大日本帝國陸地測量部明治 36 年発行正式 2 万分の 1 地形図「砂取」）。紫色の点線は米軍写真（図 22b）で認められる北甘木台地と低地（水田）との境界を示す。

表1 布田川断層帯宇土区間のまとめ

	従来評価	今回の調査結果を含めた評価	備考
<b>1. 活断層の位置・形態</b>			
(1) 宇土区間を構成する断層	北甘木断層, 宇土断層	北甘木断層, 宇土断層, 木山断層	反射法地震探査, ボーリング調査, 既存ボーリング資料の検討による.
(2) 宇土区間の位置・形状	地表における活断層の位置・形状 活断層の位置 (北東端)北緯32° 46' 東経130° (南西端)北緯32° 41' 東経130° 38' 長さ 約20 km	(北東端)北緯32° 46' 東経130° (南西端)北緯32° 41' -44' 東経130° 38' 約20 kmもしくはそれ以上	変更なし 既存ボーリング資料の検討による. 既存ボーリング資料の検討による.
	地下における活断層の位置・形状 一般走向 N62° E	N65° -75° E程度	既存ボーリング資料の検討による. 変更なし
	上端の深さ 0 km 傾斜 高角(地表付近) 北西傾斜(地下) 幅 14-17 km	0 km 中~高角(地表付近) 北西傾斜(地下) 14-17 km	反射法地震探査記録から推定 変更なし 変更なし
(3) 断層のずれの向きと種類	南東側隆起の上下成分を伴う. 横ずれ成分は不明.	南東側隆起の上下成分を伴う. 右横ずれ成分を伴う可能性がある.	反射法地震探査記録から推定.
<b>2. 活断層の過去の活動</b>			
(1) 平均的なずれの速度	0.2-0.5 m/千年程度もしくはそれ以上(上下成分)	約0.4 m/千年もしくはそれ以下(上下成分)	反射法地震探査およびボーリング調査による(断層帯東)
(2) 過去の活動時期	不明	不明	変更なし
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれ量 2 m程度 平均活動間隔 不明	2 m程度 不明	変更なし 変更なし
(4) 過去の活動区間	宇土区間	宇土区間(宇土半島北岸区間または雲仙断層群と連続する可能性がある)	既存ボーリング資料の検討による.
<b>3. 活断層の将来の活動</b>			
(1) 将来の活動区間および活動時の地震の規模	活動区間 宇土区間 地震の規模 M7.0程度 ずれの量 全体で2 m程度(南東側隆起の上下変位を伴う)	宇土区間(宇土半島北岸区間または雲仙断層群と連続する場合には, M7.0以上) 全体で2 m程度(南東側隆起の上下変位を伴う)(宇土区間が宇土半島北岸区間または雲仙断層群と連続する場合には, 2 m程度以上)	既存ボーリング資料の検討による.

表2 反射法地震探査測線の概要

測線名	延長	所在地
測線1	3,232 m	熊本県上益城郡嘉島町下六嘉～上六嘉付近
測線2	2,375 m	熊本県熊本市東区上無田～嘉島町下六嘉付近

表3 反射法地震探査の仕様および使用機器

項目	内容		備考
探査手法	P波反射法地震探査		
測線数	2		
測線名	測線1	測線2	
調査測線長	3,232 m	2,375 m	
解析測線長	3,195 m	2,355 m	
標準発震点間隔	10 m(一部区間5 m)		測線1の測点200～測点440区間のみ油圧インパクトは約5 m間隔で発震
標準受振点間隔	10 m		
標準収録チャンネル数	100チャンネル以上 (展開長:原則1 km以上)		
収録記録長	3秒		
サンプリング間隔	2ミリ秒		
収録様式	SEG-D		
標準垂直重合数	5～10回(中型バイプロサイズ) 4～10回(油圧インパクト)		
標準スイープ周波数	10～120 Hz		
震源	中型バイプロサイズ 1台 油圧インパクト 1台	中型バイプロサイズ:EnviroVibe(IVI社製) 油圧インパクト:JMI-200II(地球科学総合研究所社製)	2測線とも同一発震地点で中型バイプロサイズと油圧インパクトにより発震
受振器	速度型地震計 (固有周波数:10 Hz, 6個グループ/地点)	SM-4(I/O Sensor社製)	スピリアスノイズの発生:約180 Hz以上
収録装置(探鉱機)	独立型デジタルレコーダー (A/D分解能:24ビット)	GSRあるいはGSX(OyoGeospace社製)	GPS機能付独立型収録装置

表4 データ処理および解析に使用した主なパラメータ

処理名	パラメータ	設定値	備考
プレフィルタ	バンドパスフィルタ帯域	15~120 Hz	
位相補正	-	インパルスに変換するオペレータを設計し適用	
振幅回復	ゲインカーブ算出用時間ウィンドウ幅	20ミリ秒	
デコンボリューション	自己相関演算用ゲート長	1,200ミリ秒	タイムバリエーション スペクトラル ホワイトニング等
	フィルタ長	120ミリ秒	
	ホワイトノイズ	1%	
静補正	メッシュサイズ	1 m × 1 m	
	初期速度モデル	深度とともに単調増加(300~1,500 m/秒)	
	最大オフセット距離	300 m	
	再構成速度範囲	300~3,500m/秒	
	トモグラフィ繰り返し回数	60回(測線1), 67回(測線2)	
	置換速度	1,500 m/秒	
	標高補正用速度	1,500 m/秒	
速度フィルタ	種類	tau-p: 1,500 ミリ秒~NMO補正後の波形に適用	
残差静補正	最大許容時間シフト量 (1回あたり)	6ミリ秒	補正量 自動算出
	繰り返し算出回数	5回	
NMO補正	ストレッチミュート適用比率	1.75	
帯域通過フィルタ	タイムバリエーションフィルタ	0~1,500ミリ秒: 20~80 Hz	マイグレーション 処理後の時間断面 面に適用
		1,500ミリ秒~: 15~65 Hz	

表5 ボーリング地点位置情報

孔名	平面直角座標(II)		標高	緯度	経度
	Y (m)	X (m)	TP (m)		
KA-1コア	-27031.83	-22972.74	5.68	32°45'21.57"	130°45'17.38"
KA-2コア	-28495.82	-21431.56	7.18	32°44'34.15"	130°46'16.71"

表6 <sup>14</sup>C年代測定結果

試料名	採取深度 (m)	測定年代 (yBP)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	補正年代 (yBP)	暦年代 (68.2%) <sup>1</sup>	試料の 種類	分析方法	測定コード
KA-1-C01	8.75	5,130±30	-28.0	5,080±30	3,960-3,930 BC (5,900-5,870 cal yBP 3,880-3,800 BC (5,830-5,750 cal yBP )	植物片	AMS-Standard	Beta-431260
KA-1-C02	6.88	5,400±30	-28.7	5,340±30	4,250-4,220 BC (6,200-6,170 cal yBP) 4,210-4,160 BC (6,160-6,110 cal yBP) 4,140-4,070 BC (6,080-6,020 cal yBP)	植物片	AMS-Standard	Beta-431261
KA-1-C03	5.14	4,010±30	-30.1	3,930±30	2,480-2,400 BC (4,430-4,350 cal yBP) 2,390-2,340 BC (4,330-4,290 cal yBP)	植物片	AMS-Standard	Beta-431262
KA-1-C04	3.22	1,780±40	-26.6	1,750±40	AD 230-340 (1,720-1,610 cal yBP)	炭質物	AMS-Micro- sample	Beta-431263
KA-1-C05	17.23	7,290±30	-30.4	7,200±30	6,080-6,020 BC (8,030-7,970 cal yBP)	材片	AMS-Standard	Beta-431925
KA-1-C06	15.56	8,060±30	-23.3	8,090±30	7,090-7,040 BC (9,040-8,990 cal yBP)	材片	AMS-Standard	Beta-431926
KA-1-C07	12.49	6,730±30	-27.0	6,700±30	5,650-5,610 BC (7,600-7,560 cal yBP) 5,590-5,560 BC (7,540-7,510 cal yBP)	植物片	AMS-Standard	Beta-431927
KA-1-C08	10.72	6,270±30	-25.7	6,260±30	5,300-5,210 BC (7,250-7,160 cal yBP)	植物片	AMS-Standard	Beta-431928

<sup>1</sup> 較正曲線としてIntCal13(Reimer et al., 2013)を用い, OxCal4.2(Bronk Ramsey, 2009)により暦年補正を行った.













表8 XRF分析による溶岩試料の全岩化学組成

試料名	KA-1-1	KA-2-1	KA-2-2	KA-1-1	KA-2-1	KA-2-2
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	57.98	58.36	58.39	58.21	58.60	58.62
TiO <sub>2</sub>	1.20	1.20	1.21	1.20	1.20	1.21
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.82	15.80	15.77	15.88	15.87	15.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9.31	9.03	9.15	9.34	9.07	9.19
MnO	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
MgO	2.46	2.40	2.40	2.47	2.41	2.41
CaO	5.24	5.19	5.11	5.27	5.21	5.13
Na <sub>2</sub> O	3.76	3.76	3.73	3.77	3.78	3.74
K <sub>2</sub> O	3.30	3.29	3.31	3.31	3.30	3.32
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.39	0.40	0.40	0.39	0.41	0.41
Total	99.60	99.58	99.61	100.00	100.00	100.00
LOI	-0.12	-0.11	-0.05			

LOI: loss on ignition

表9 既存研究による砥川溶岩の全岩化学組成

水田ほか(1990)						
	NY5840	NY8440	NY11060	NY5840	NY8440	NY11060
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	59.10	58.70	58.30	58.34	58.54	58.79
TiO <sub>2</sub>	1.26	1.13	1.18	1.24	1.13	1.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16.00	15.40	15.70	15.79	15.36	15.83
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	9.14	8.99	8.44	9.02	8.96	8.51
MnO	0.16	0.13	0.10	0.16	0.13	0.10
MgO	2.49	2.38	2.30	2.46	2.37	2.32
CaO	5.52	5.54	5.21	5.45	5.52	5.25
Na <sub>2</sub> O	3.60	3.81	3.68	3.55	3.80	3.71
K <sub>2</sub> O	3.43	3.43	3.25	3.39	3.42	3.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.38	0.39	0.38	0.38	0.39	0.38
H <sub>2</sub> O+	0.12	0.10	0.28	0.12	0.10	0.28
H <sub>2</sub> O-	0.10	0.28	0.34	0.10	0.28	0.34
Total	101.30	100.28	99.16	100.00	100.00	100.00

\* Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>はFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>とFeOを足したもの.

Miyoshi <i>et al.</i> (2013)			
	11092202		11092202
SiO <sub>2</sub> (wt.%)	58.67		59.07
TiO <sub>2</sub>	1.18		1.19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15.58		15.69
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.58		8.64
MnO	0.14		0.14
MgO	2.31		2.33
CaO	5.22		5.26
Na <sub>2</sub> O	3.80		3.83
K <sub>2</sub> O	3.44		3.46
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.41		0.41
Total	99.33		100.00

表10 KA-1コアおよびKA-コア2から採取された溶岩のK-Ar年代測定結果

試料名	測定対象 (メッシュサイズ)	カリウム含有 量 (wt.%)	平均値 (wt.%)	再現性 (%)*	カリウム含有量 (wt.%)	放射性起源 <sup>40</sup> Ar (10 <sup>-8</sup> cc STP/g)**	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起 源 <sup>40</sup> Ar (%)
KA-1-1	石基 (#60-80)	2.8266	2.827	0.04	2.827 ± 0.057	1.66 ± 0.53	0.15 ± 0.05	95.3
GL-69.38-69.65		2.8278						
KA-2-1	石基 (#60-80)	2.8676	2.851	1.20	2.851 ± 0.057	1.74 ± 0.18	0.16 ± 0.02	85.7
GL-19.76-20.00		2.8334						
KA-2-2	石基 (#60-80)	2.8743	2.863	0.79	2.863 ± 0.057	1.86 ± 0.20	0.17 ± 0.02	86.4
GL-27.18-27.43		2.8516						

\*再現性 = (2回の分析結果の差/2回の分析結果の平均値) × 100 (%)

\*\*試料1 g中に存在するアルゴンの標準状態(0°C 1気圧)における体積. STP: Standard Temperature and Pressure.

表11 使用したボーリング柱状図資料の出典と本数

出典	本数
公益社団法人地盤工学会九州支部 (2005, 2012) 「九州地盤情報システム協議会九州地盤情報共有データベース2005, 2012」	1,418
国土交通省国土地盤情報検索サイトKuniJiban ( <a href="http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/">http://www.kunijiban.pwri.go.jp/jp/</a> ) (2015年10月24日閲覧・ダウンロード)	730
社団法人熊本県地質業協会 (2003) 「熊本市周辺地盤図」	192
熊本県 (1983) 表層地質図「御船」土地分類基本調査図	10
熊本南工業団地共同組合	1
独立行政法人防災科学技術研究所 (HiNet) ( <a href="http://www.kyoshin.bosai.go.jp/cgi-bin/kyoshin/db/siteimage.cgi?0+/KMMH16+kik+pdf">http://www.kyoshin.bosai.go.jp/cgi-bin/kyoshin/db/siteimage.cgi?0+/KMMH16+kik+pdf</a> ) (2015年10月24日閲覧・ダウンロード)	1
本調査	2

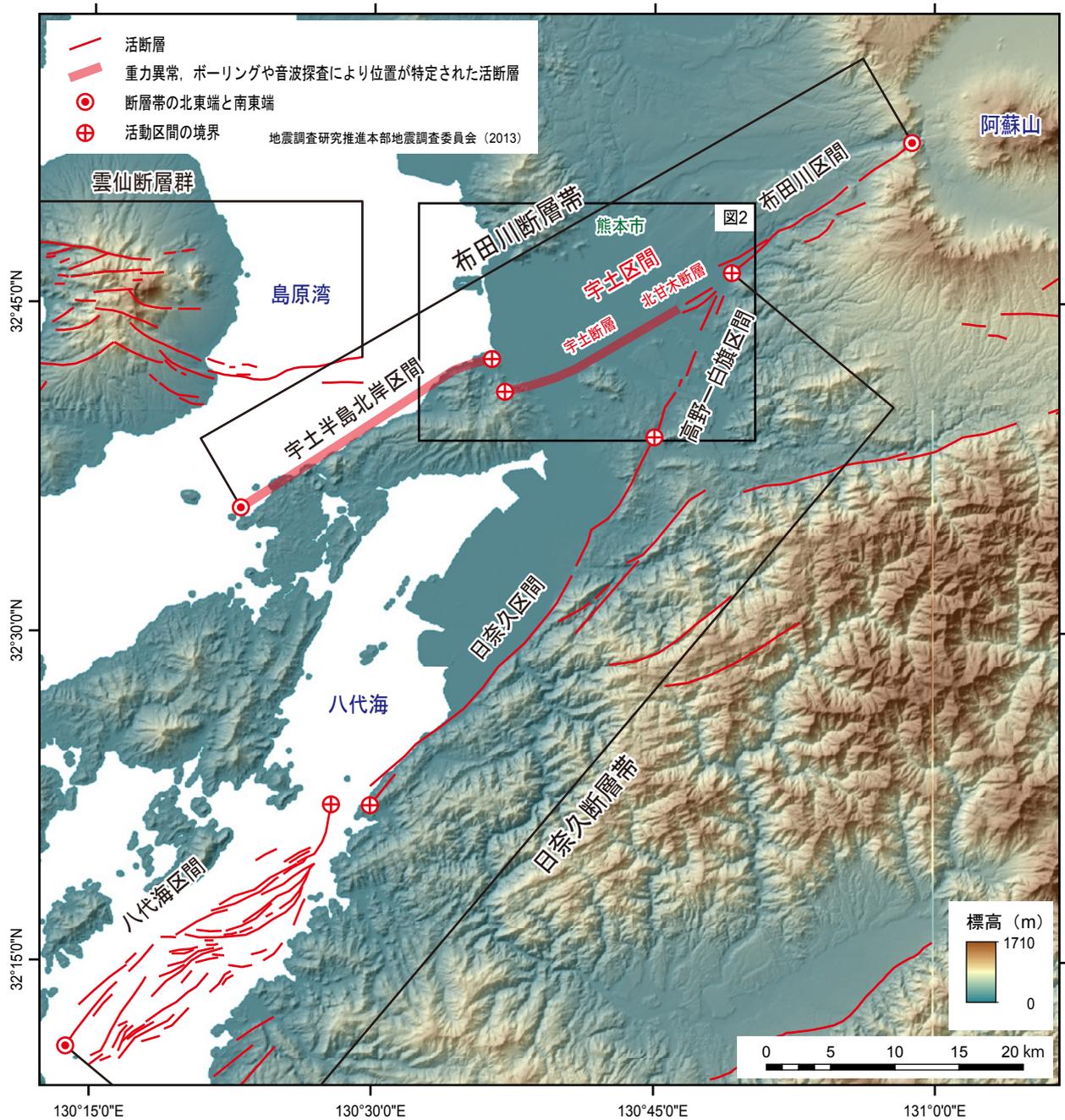


図1 布田川断層帯の分布

断層の位置、名称および活動区間の境界は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による。陰影図は、国土地理院刊行数値地図50 mメッシュ (標高) 日本-IIIから作成。

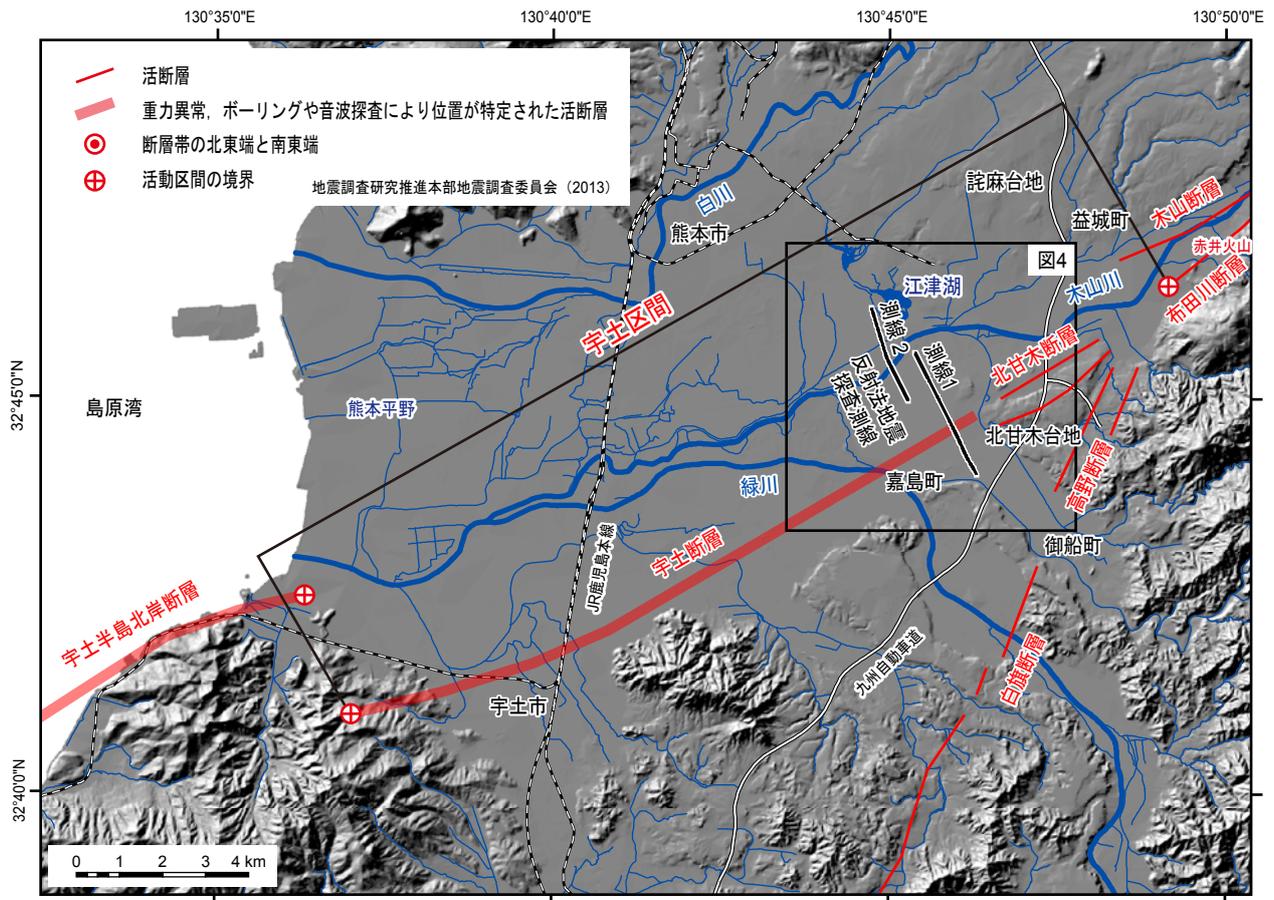


図2 布田川断層帯宇土区間の分布

断層の位置は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による。陰影図は、国土地理院基盤地図情報数値標高データ (10 mメッシュ) から作成。

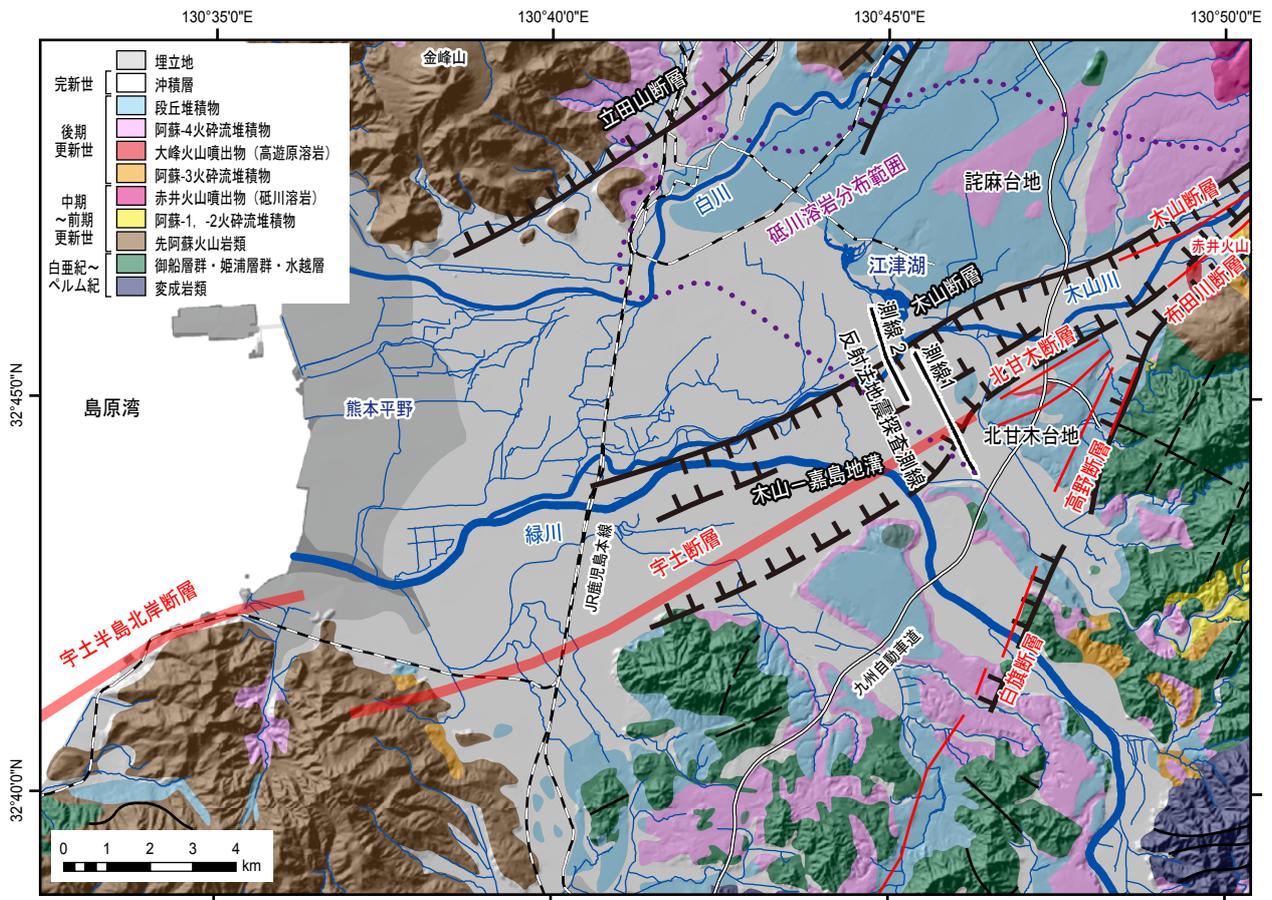


図3 宇土区間とその周辺の表層地質図 (星住ほか, 2004 ; 斎藤ほか, 2010を編集)

図の範囲は図2と同じ。赤色実線および赤色薄太線は、地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2013) による活断層の地表トレースおよび伏在活断層の位置を示す。黒色実線および黒色破線は、石坂ほか (1992) による活断層および推定活断層を示す。ケバは低下側を示す。木山断層, 立田山断層, 木山-嘉島地溝は石坂ほか (1992) による。図中の紫色点線は、社団法人熊本県地質調査業協会地盤図編纂委員会編 (2003) による砥川溶岩分布範囲。

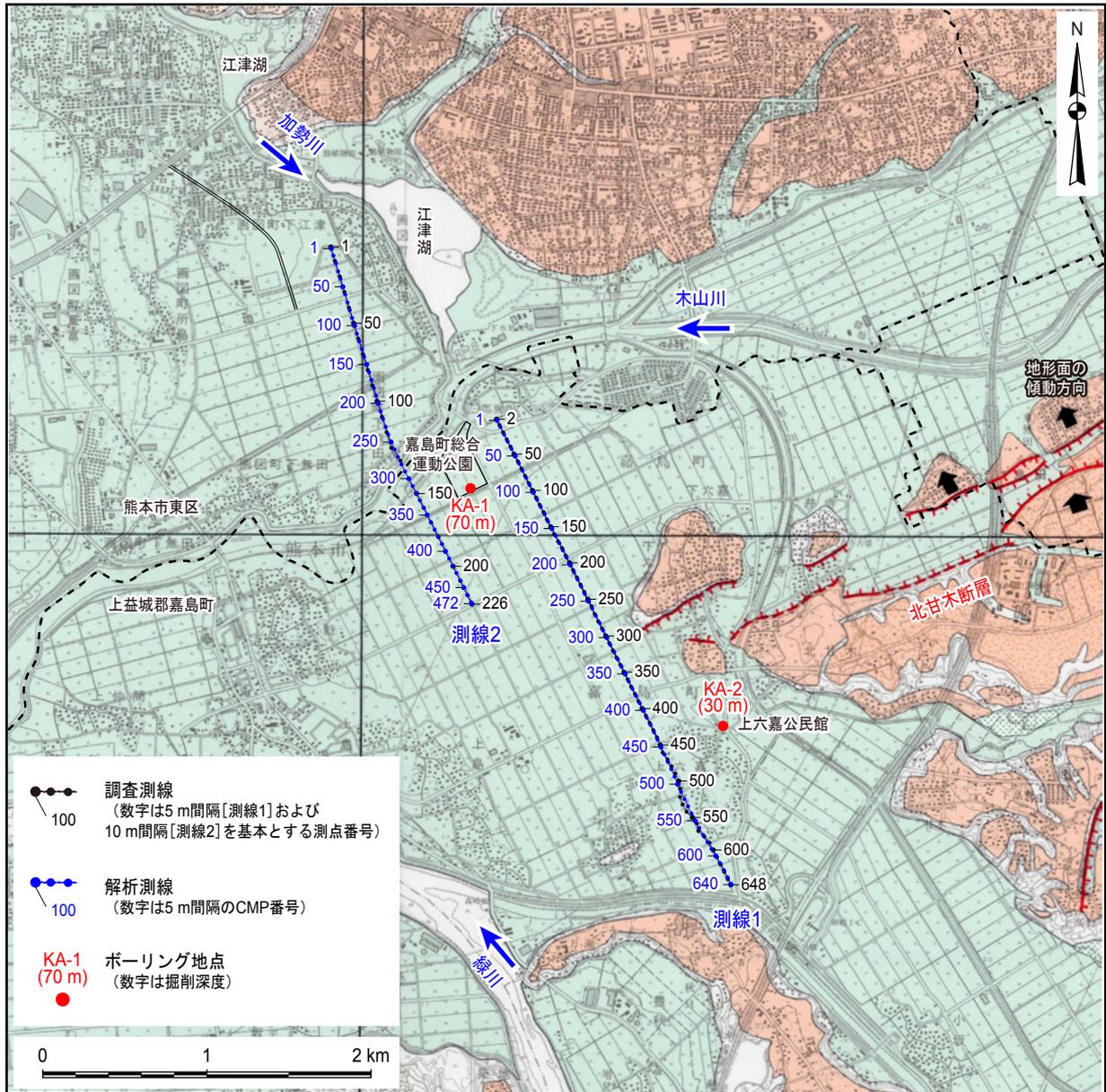


図4 反射法地震探査測線（調査測線・解析測線）およびボーリング調査地点位置図  
基図は池田ほか（2001）を使用。本図の範囲を図2に黒枠で示す。

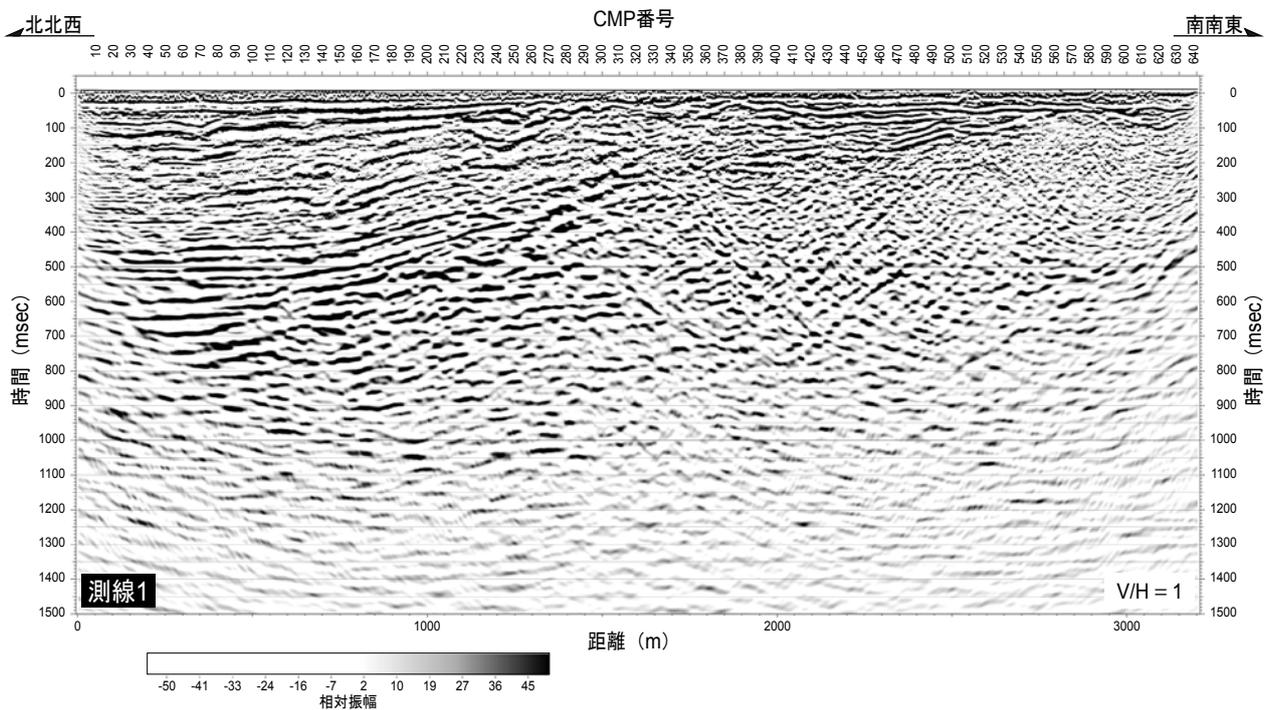
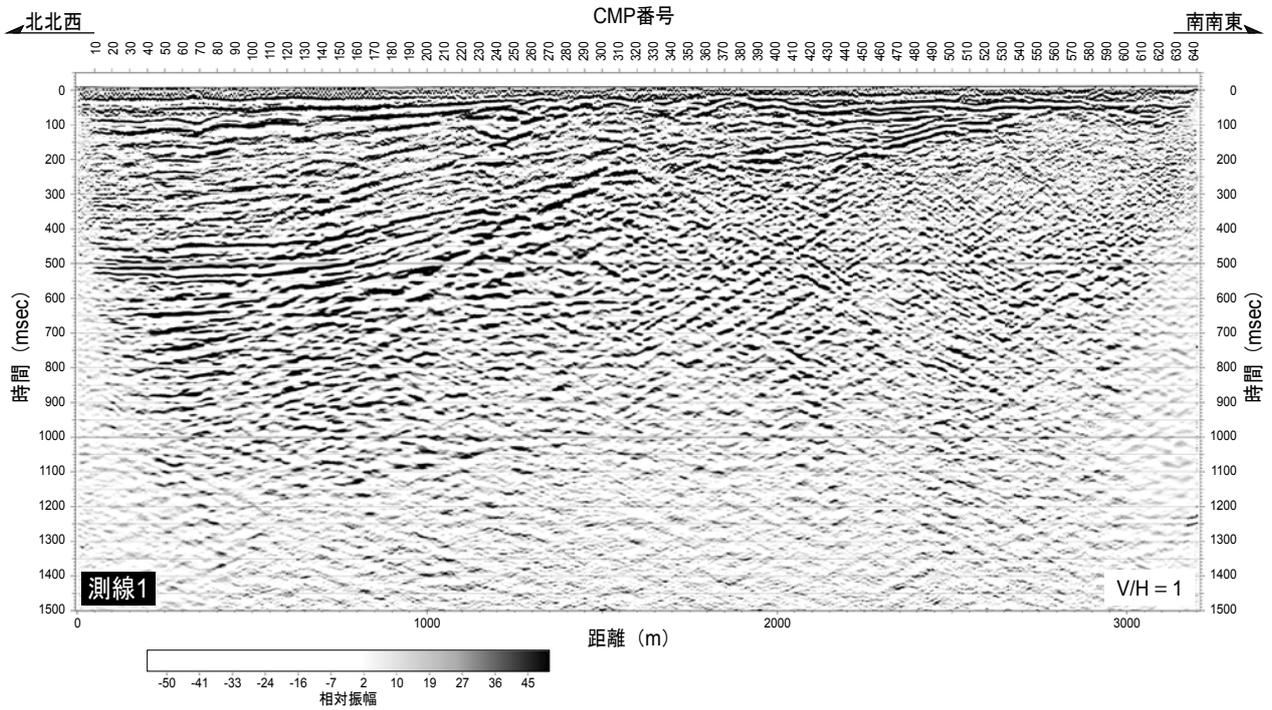


図5 中型パイプロサイスを震源とした反射法地震探査による測線1の重合後時間断面（上）とマイグレーション処理後時間断面（下）  
鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

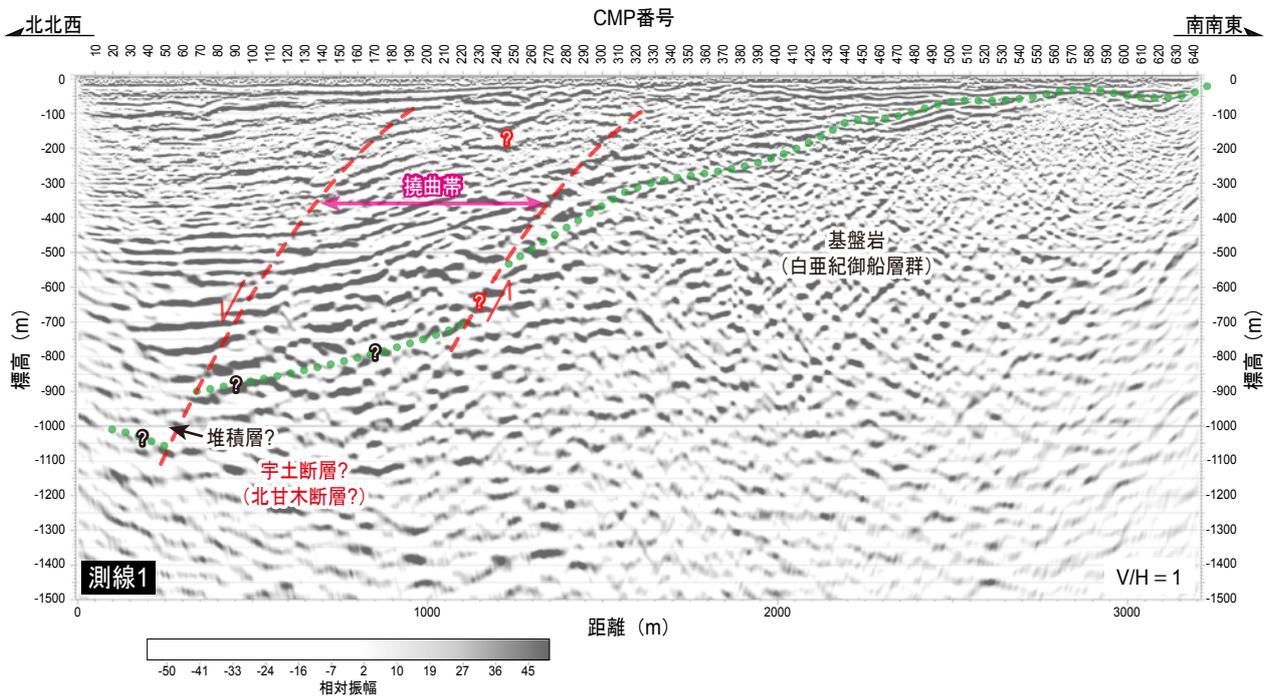
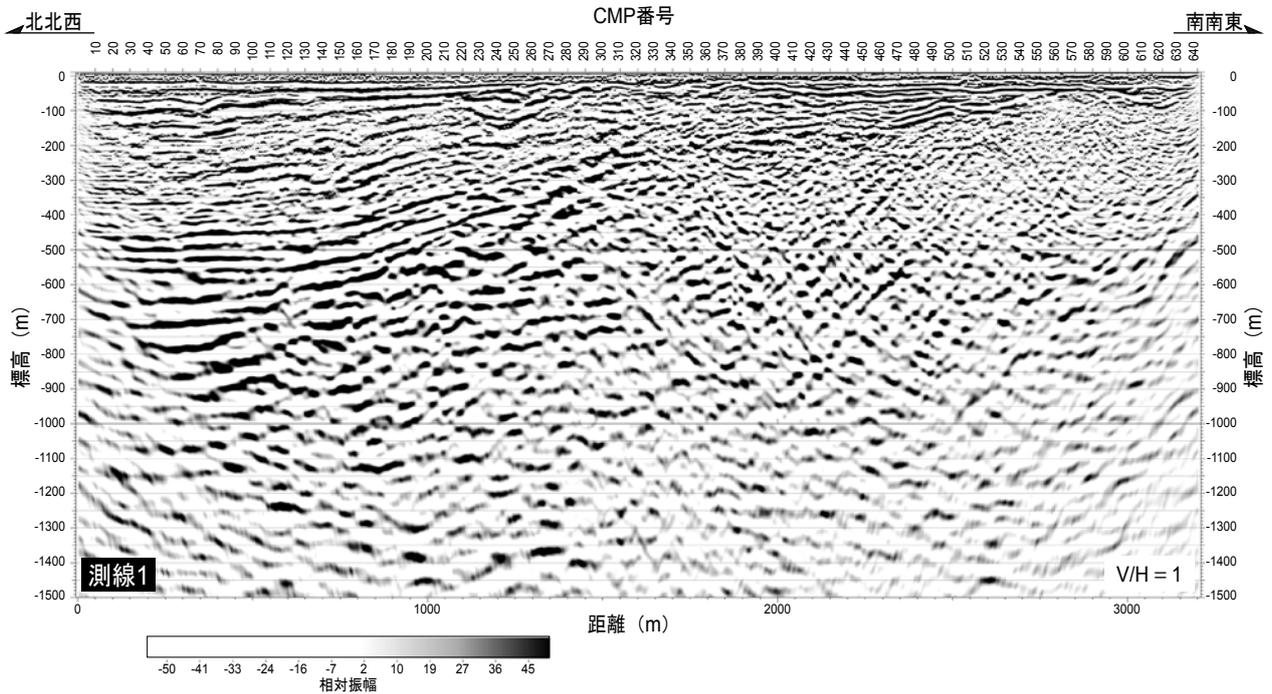


図6 中型パイプロサイスを震源とした反射法地震探査による測線1の深度断面図(上)と解釈断面図(下)  
鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

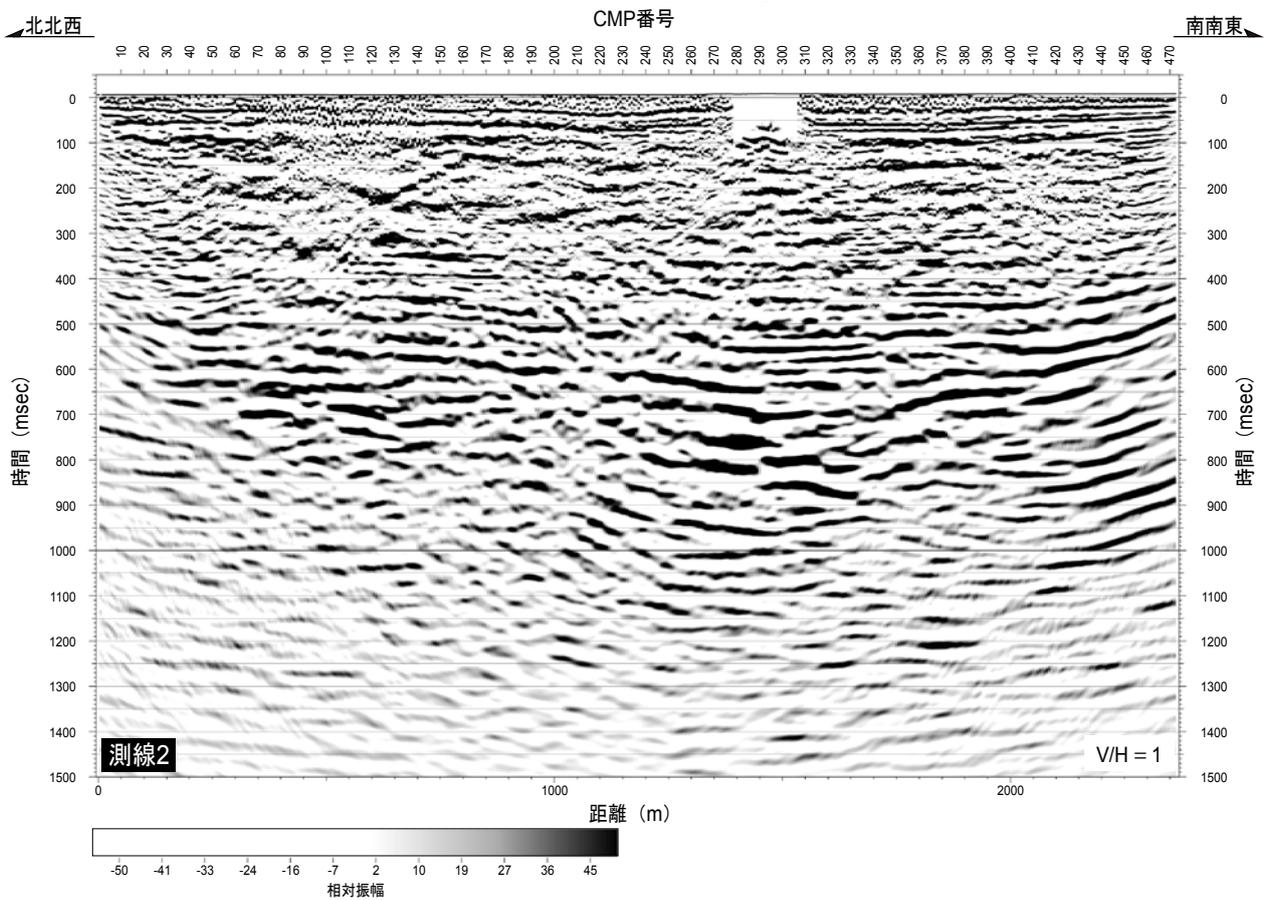
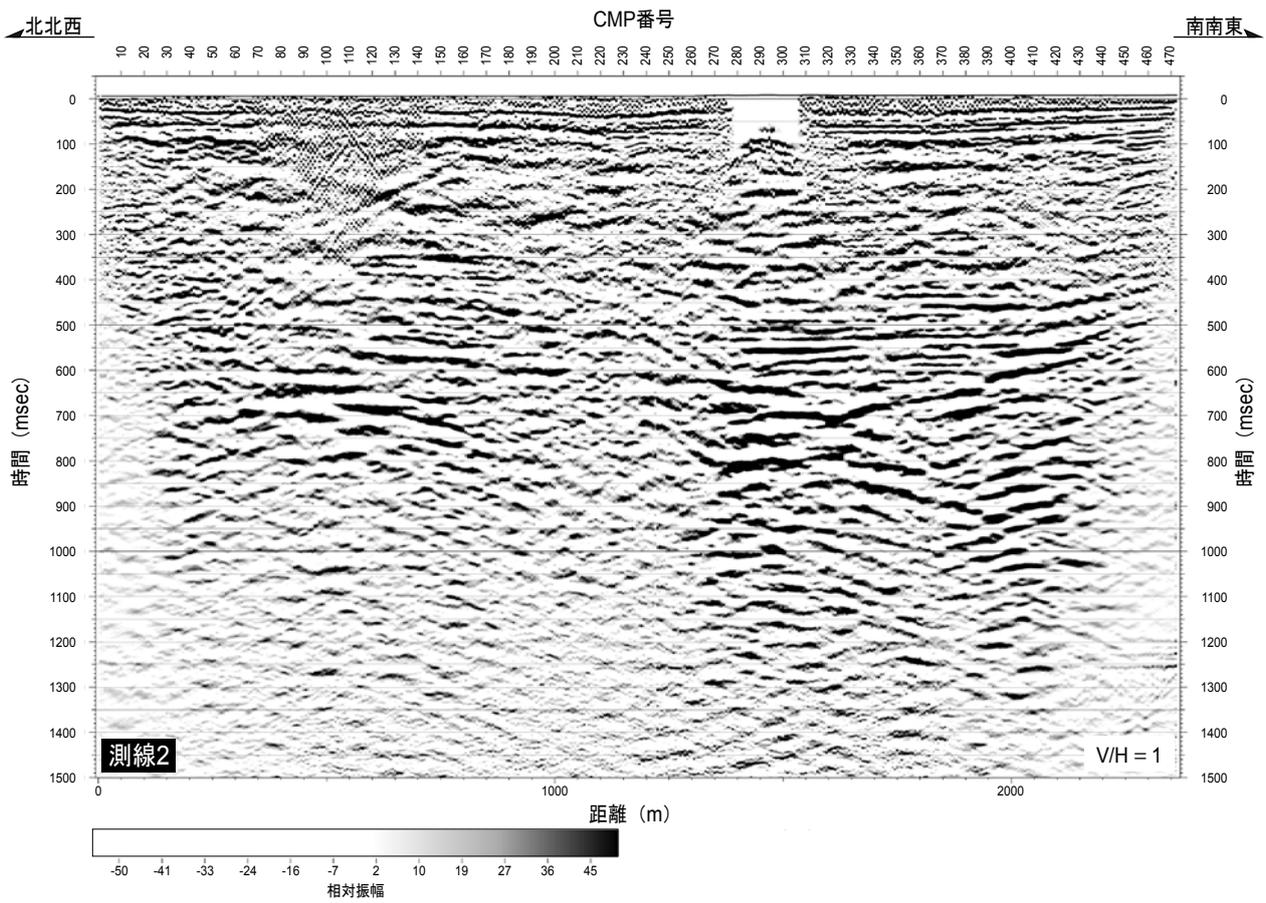


図7 中型パイプサイズを震源とした反射法地震探査による測線2の重合後時間断面（上）とマイグレーション処理後時間断面（下）  
鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

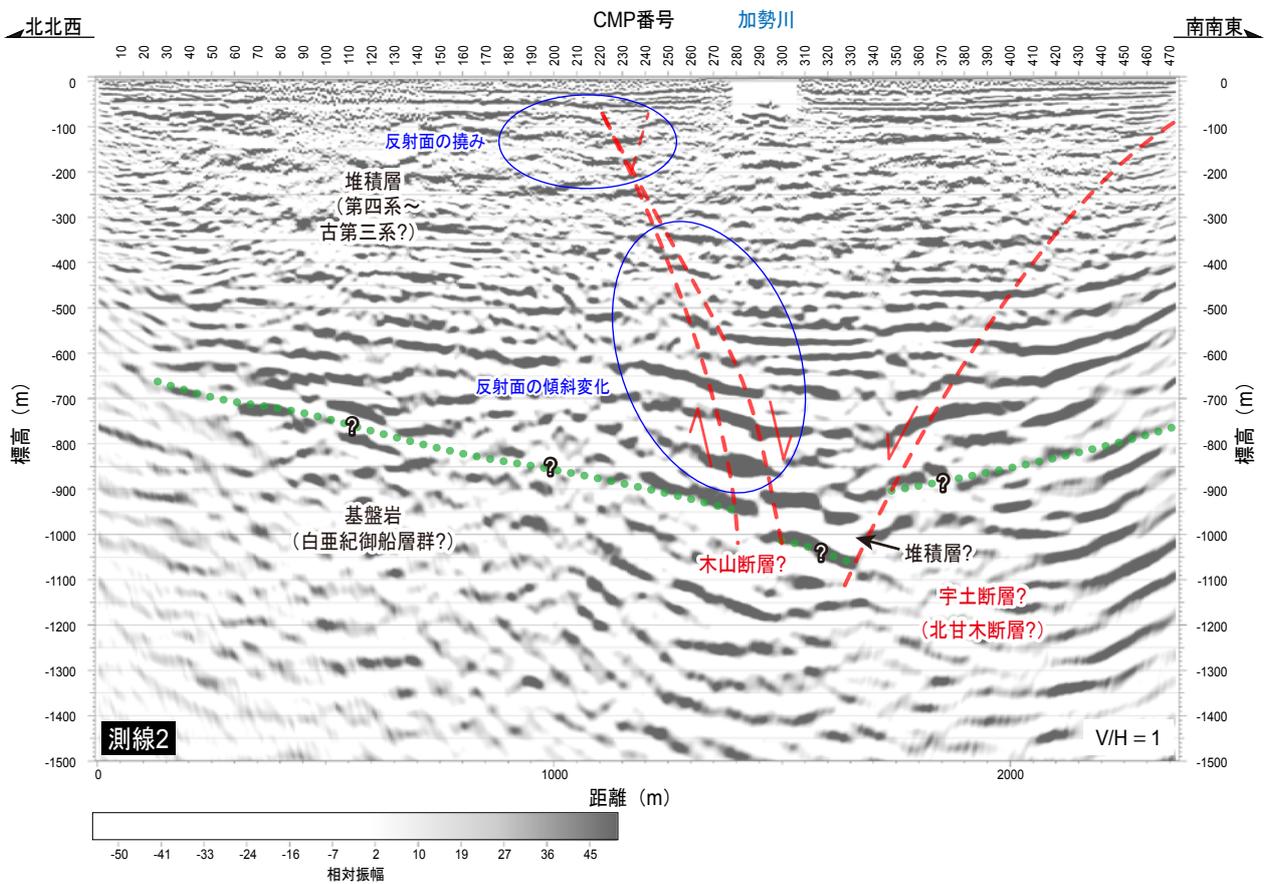
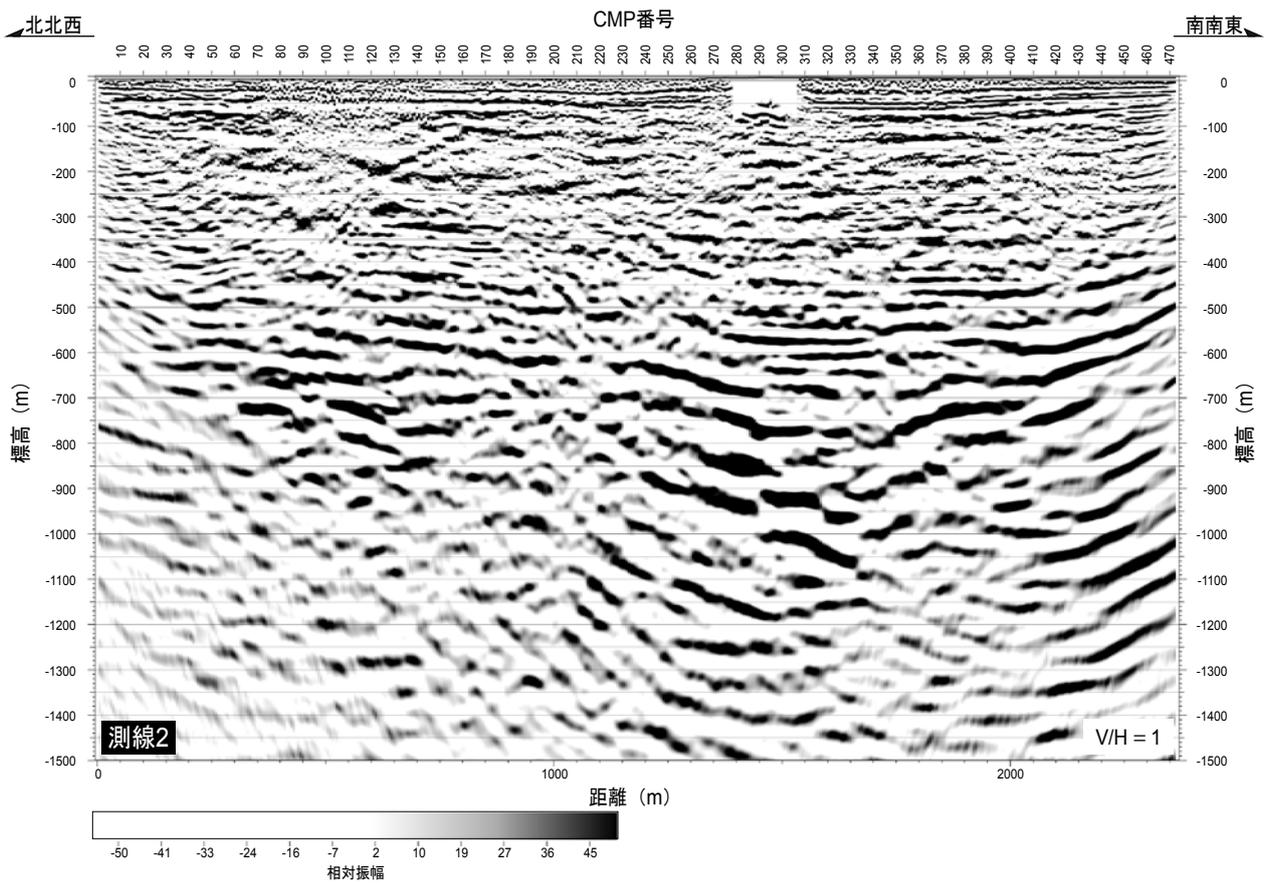


図8 中型バイブロサイズを震源とした反射法地震探査による測線2の深度断面図 (上)と解釈断面図 (下)  
鉛直誇張なし。解析測線の位置を図4に示す。

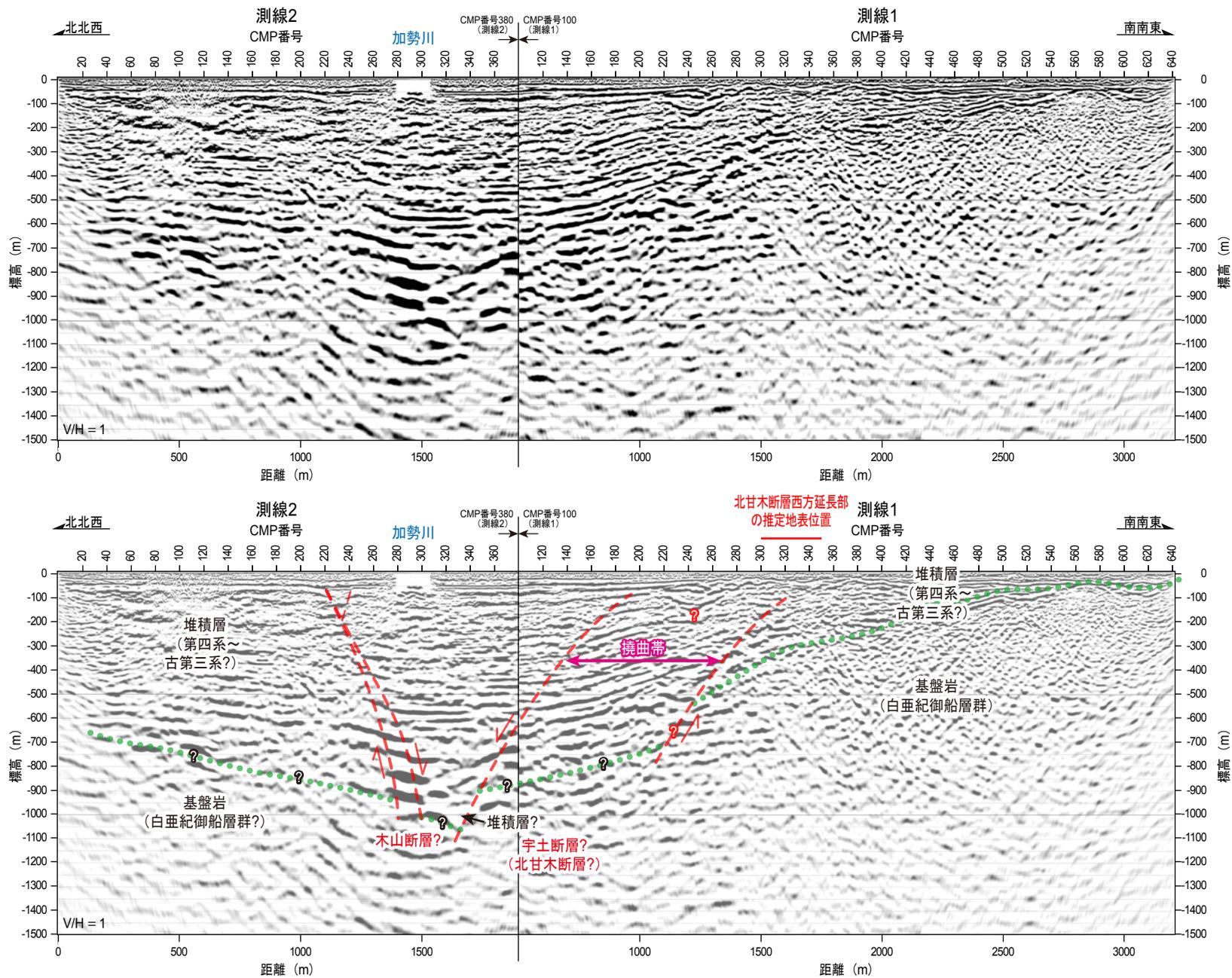


図9 中型バイプロサイズを震源とした反射法地震探査による深度断面図（測線1と2を接合）（上）と解釈断面図（下）鉛直誇張なし。

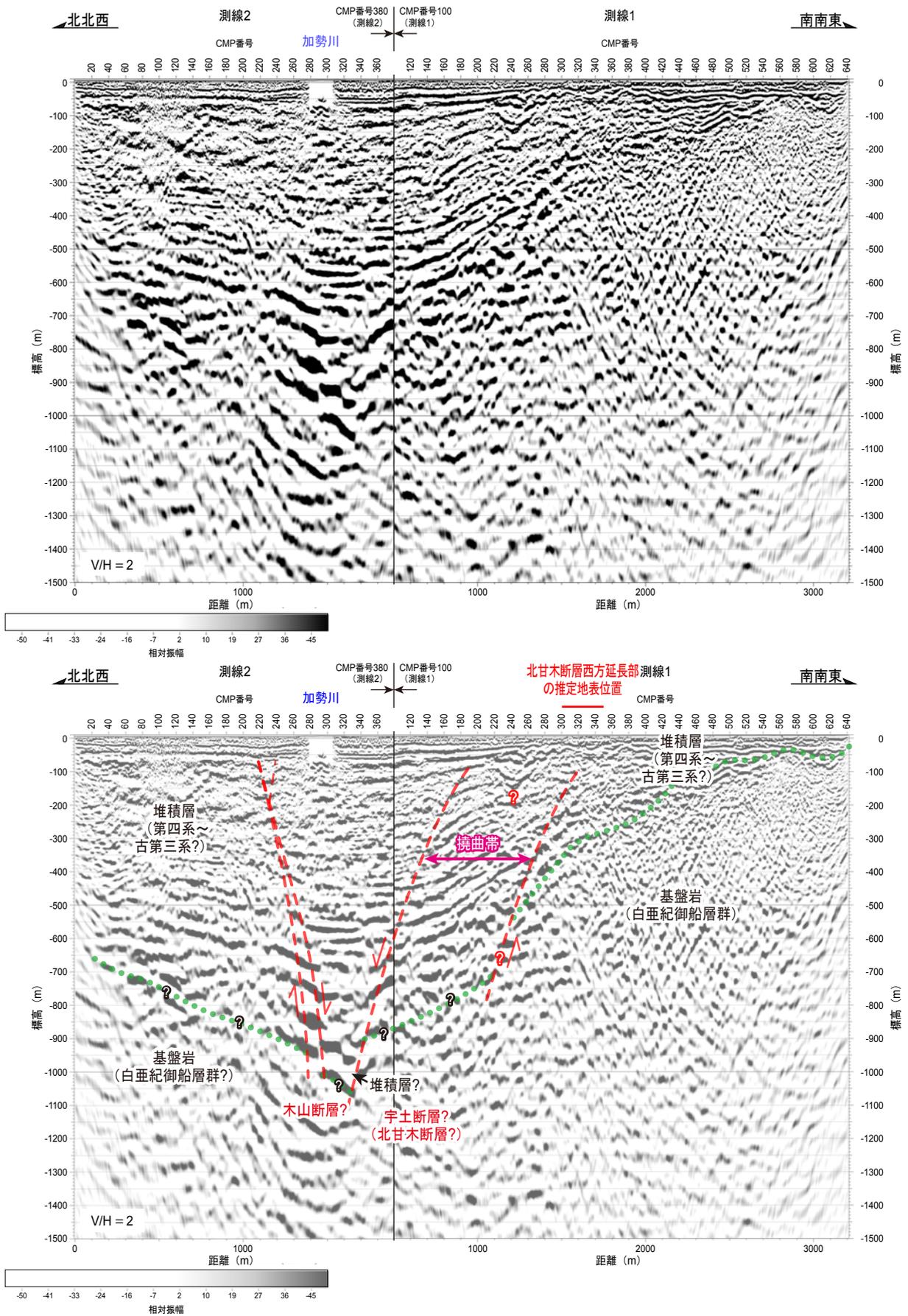


図10 中型バイブロサイスを震源とした反射法地震探査による深度断面図 (測線1と2を接合)  
 (上)と解釈断面図 (下)  
 鉛直誇張2倍.

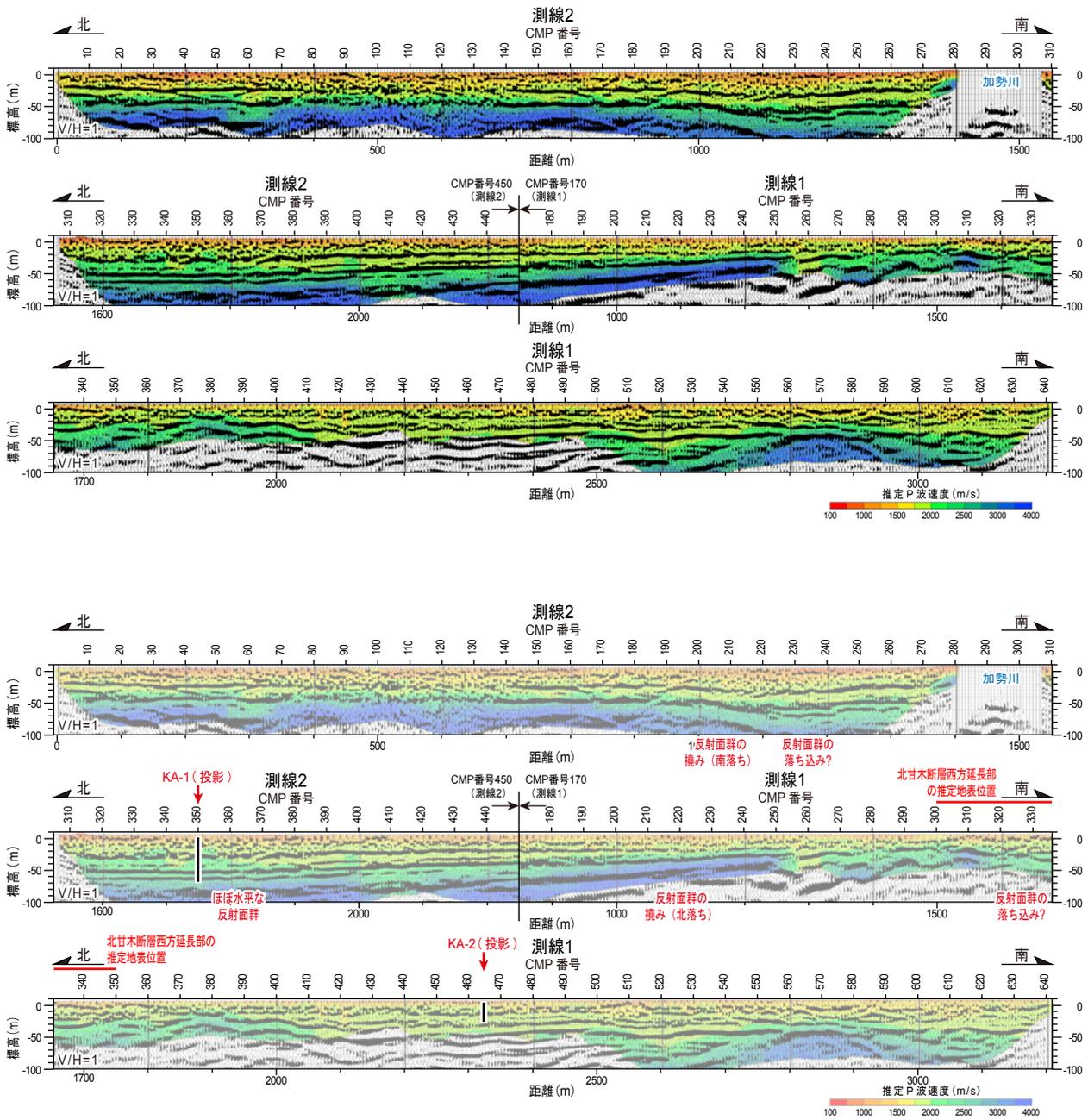


図11 油圧インパクトを震源とした反射法地震探査による地下浅部の深度断面に、反射法探査記録を使用した屈折波トモグラフィ解析により推定されたP波速度構造を重ね合わせた図(上)と解釈断面図(下)

鉛直誇張なし。図11(下)中の黒色太線は、ボーリング掘削位置と掘削長を示す。

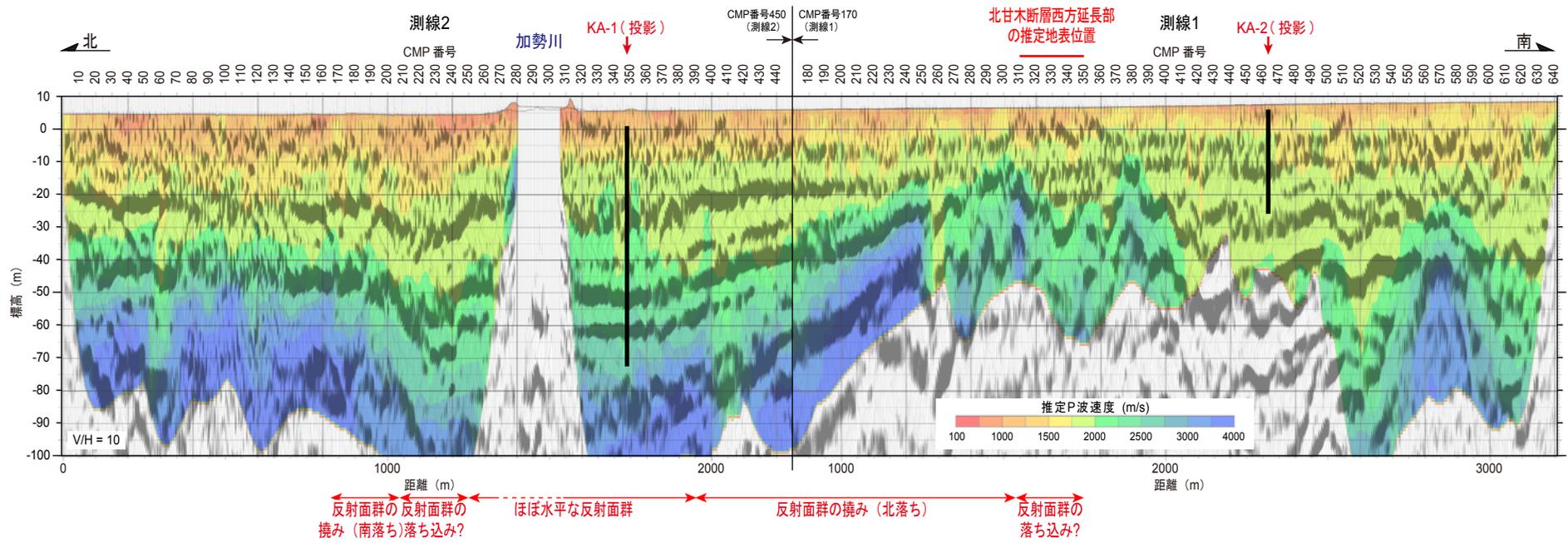
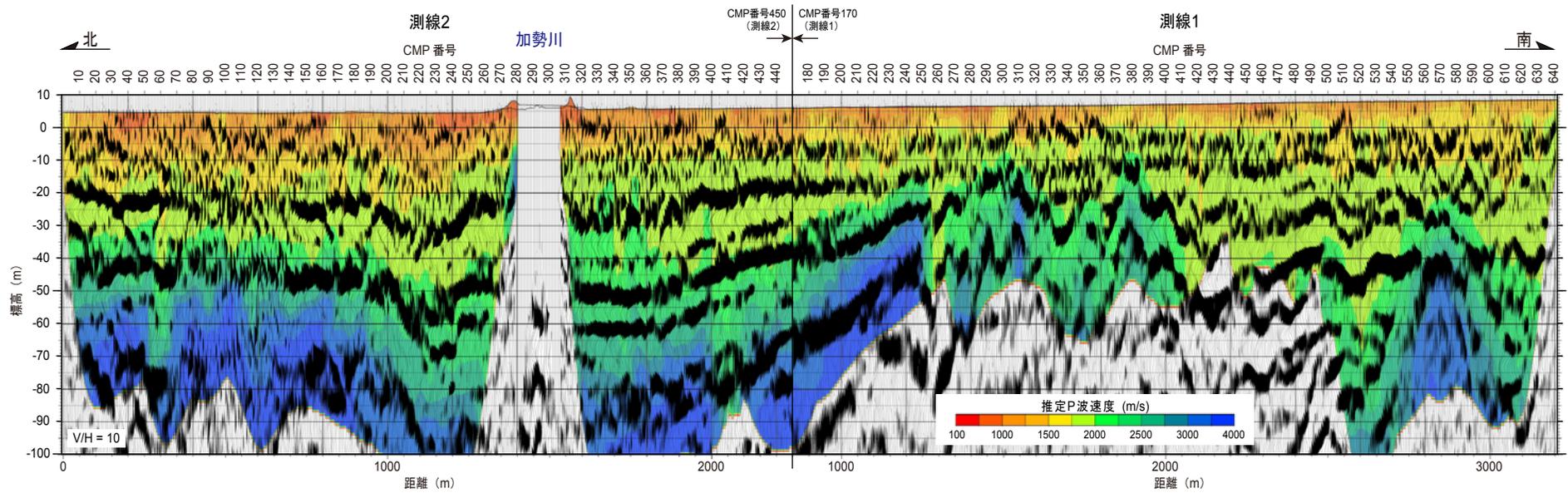


図12 油圧インパクトを震源とした反射法地震探査による地下浅部の深度断面に、反射法探査記録を使用した屈折波トモグラフィ解析により推定されたP波速度構造を重ね合わせた図（上）と解釈断面図（下）

鉛直誇張10倍. 図12（下）中の黒色太線は、ボーリング掘削位置と掘削長を示す。

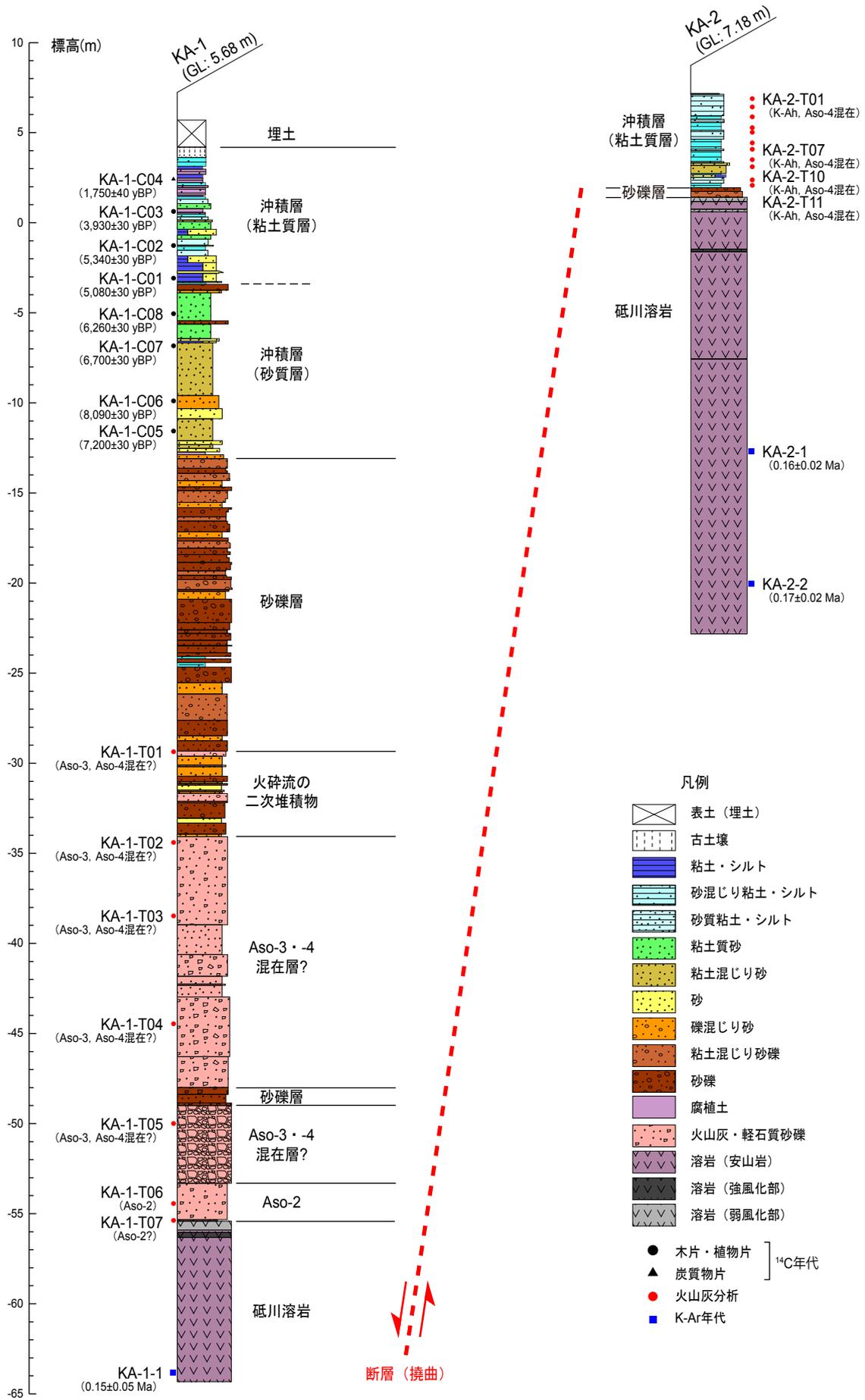


図13 KA-1コアおよびKA-2コアの地質柱状対比図  
ボーリングの位置を図4, 11, 12に示す。

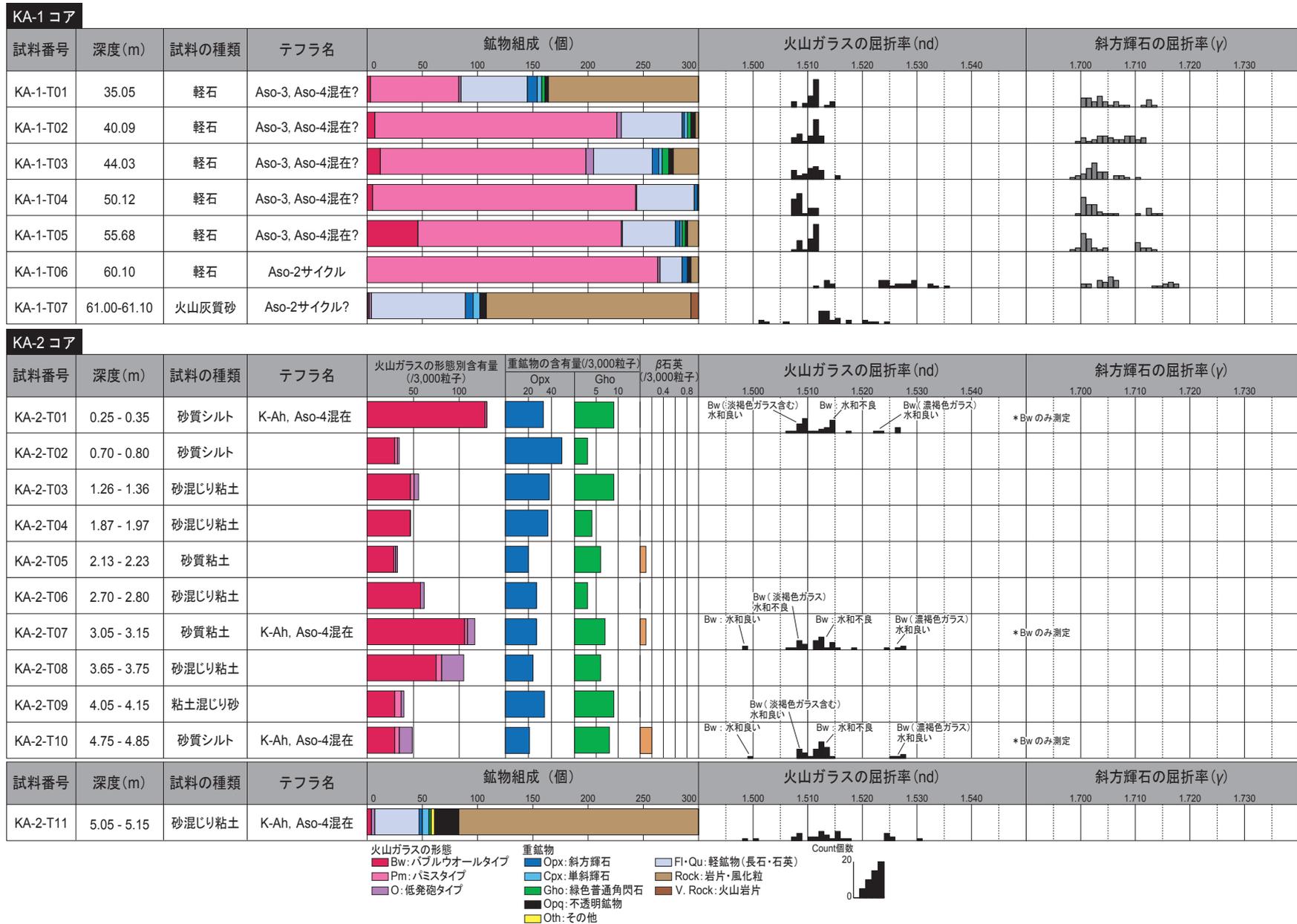


図14 KA-1コアおよびKA-2コアのテフラ分析 (鉱物組成, 火山ガラスおよび斜方輝石の屈折率) 結果

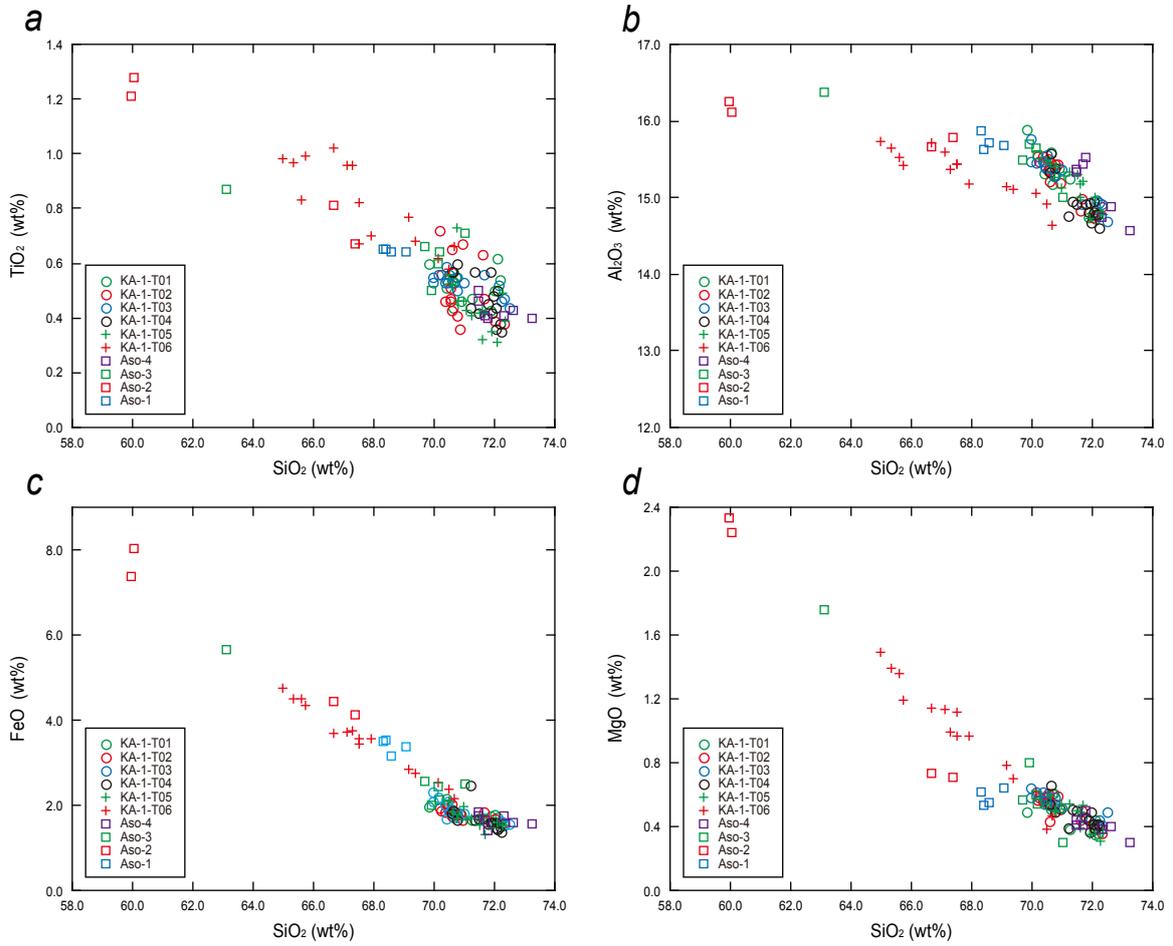


図15-1 KA-1コアから採取された火山ガラスと阿蘇火砕流堆積物の火山ガラスの主要成分化学組成の比較

Aso-1, Aso-2, Aso-3およびAso-4テフラの火山ガラスの主要成分化学組成は、町田・新井(2003), 長橋ほか(2004, 2007), 青木・町田(2006)による. a)  $\text{SiO}_2$ - $\text{TiO}_2$ 図. b)  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 図. c)  $\text{SiO}_2$ - $\text{FeO}$ 図. d)  $\text{SiO}_2$ - $\text{MgO}$ 図.

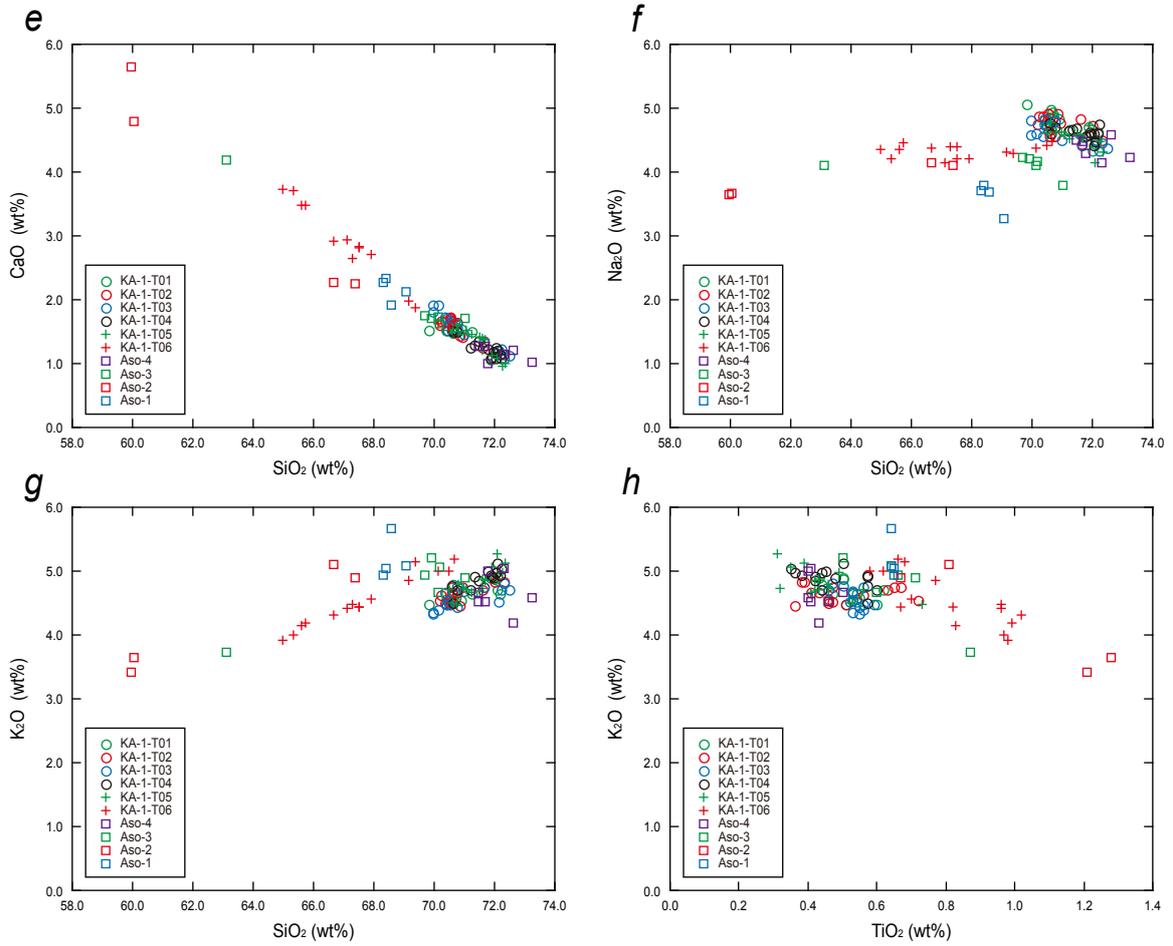


図15-2 KA-1コアから採取された火山ガラスと阿蘇火砕流堆積物の火山ガラスの主要成分化学組成の比較

Aso-1, Aso-2, Aso-3およびAso-4テフラの火山ガラスの主要成分化学組成は、町田・新井(2003), 長橋ほか(2004, 2007), 青木・町田(2006)による. e) SiO<sub>2</sub>-CaO図. f) SiO<sub>2</sub>-Na<sub>2</sub>O図. g) SiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O図. h) TiO<sub>2</sub>-K<sub>2</sub>O図.

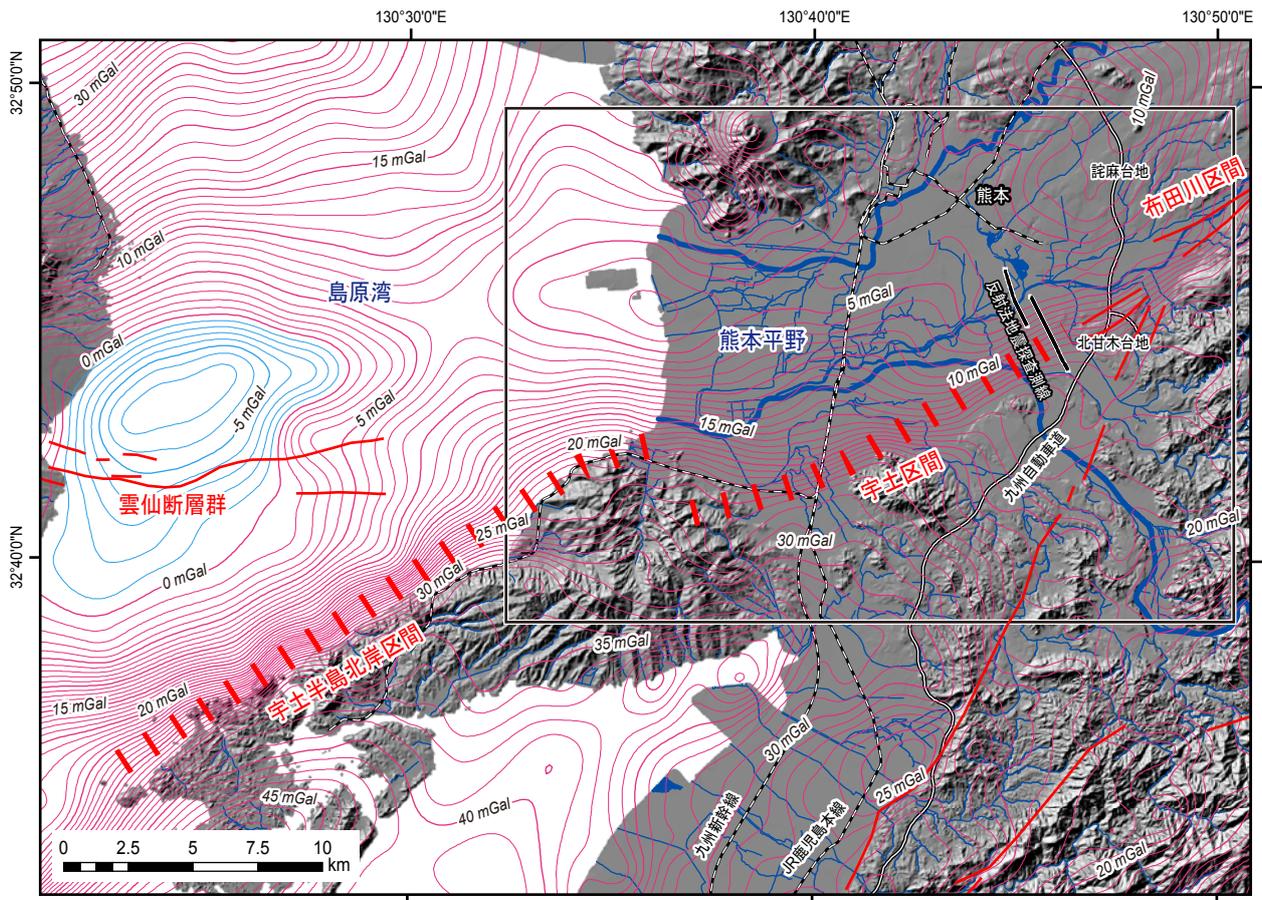


図16 宇土区間とその周辺の活断層の分布とブーゲー重力異常図

赤色実線および太破線は、それぞれ活断層の地表トレスおよび伏在活断層の位置を示す。活断層の分布は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006，2013）による。重力異常は、独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（2013）による（仮定密度 $2.67 \text{ g/cm}^3$ ）。コンター間隔は $1 \text{ mGal}$ 。陰影図は、国土地理院基盤地図情報数値標高データ（ $10 \text{ m}$ メッシュ）から作成（図17～21も同様）。

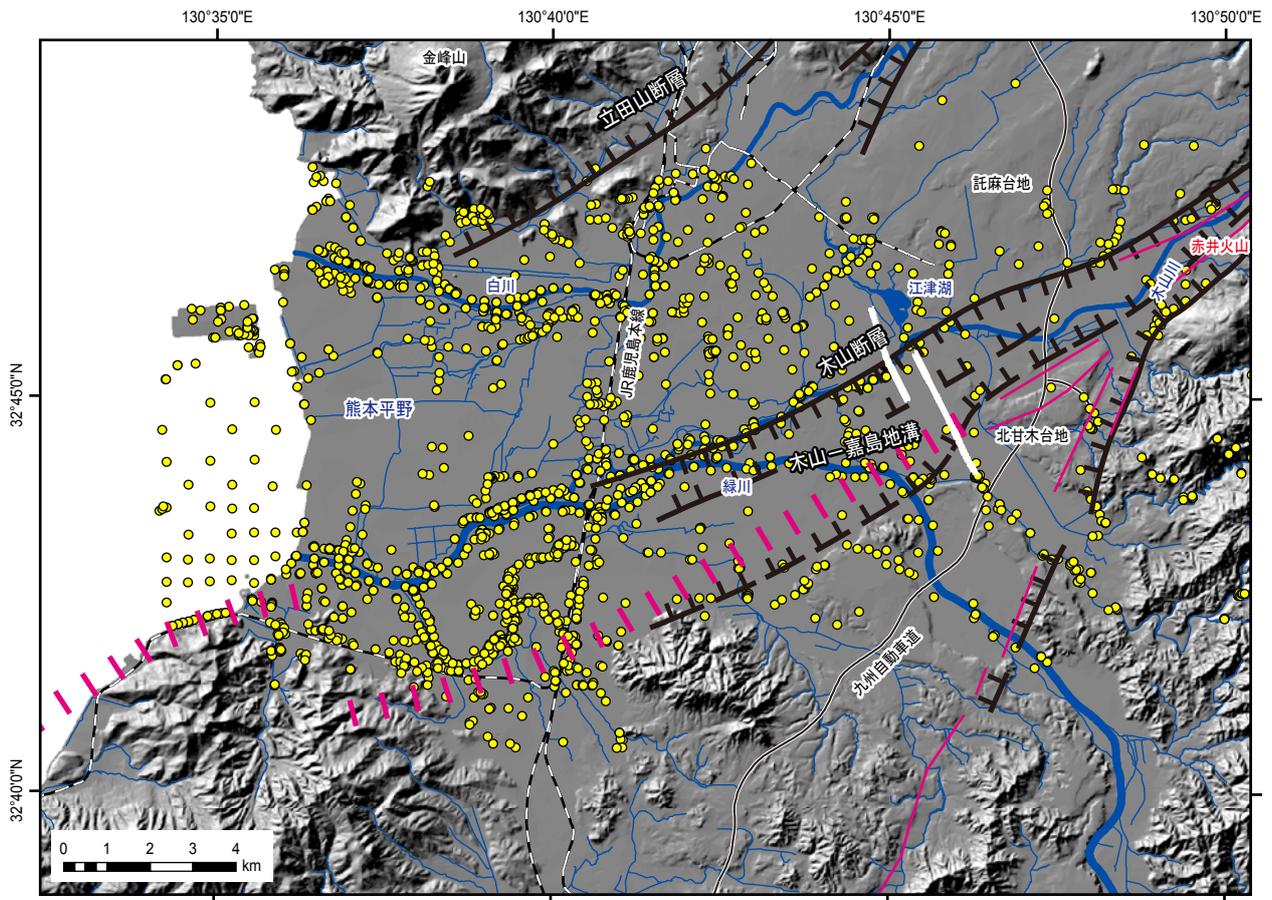


図17 宇土区間の伏在断層検討に使用したボーリング位置図

ボーリング地点を黄色丸で示す。本図の範囲を図16に黒枠で示す。濃桃色実線および太破線は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2013）による活断層の地表トレースおよび伏在活断層の位置を示す（図18～図21も同様）。黒色実線および黒色破線は、石坂ほか（1992）による活断層および推定活断層を示す。ケバは低下側を示す。木山断層、立田山断層、木山-嘉島地溝は石坂ほか（1992）による。図中の白色実線は、本調査で実施した反射法地震探査測線（図18～図21も同様）。

a

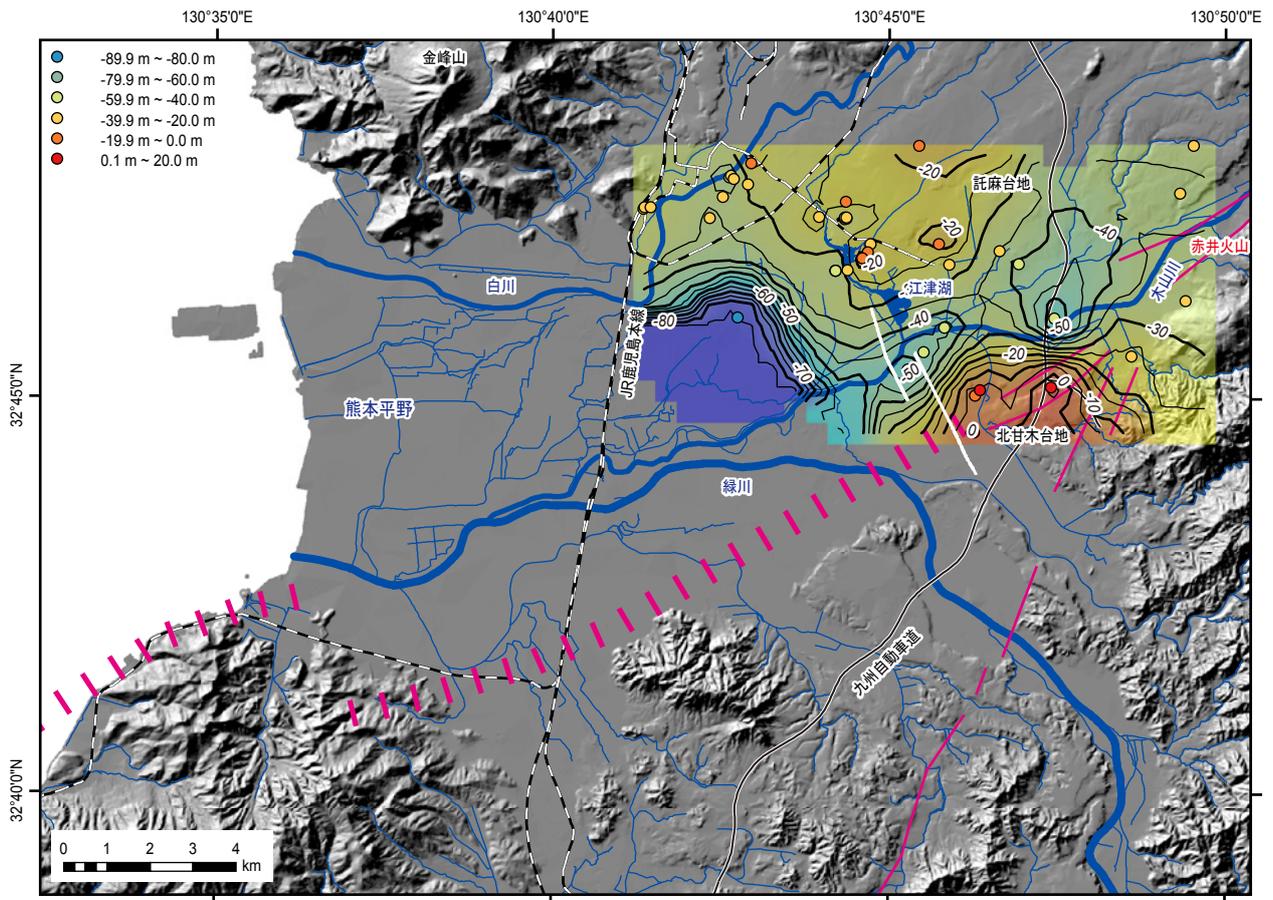


図18a ボーリング柱状図資料の解析により作成した砥川溶岩上面の等深度線図  
コンター間隔は5 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてIDWを使用.

b

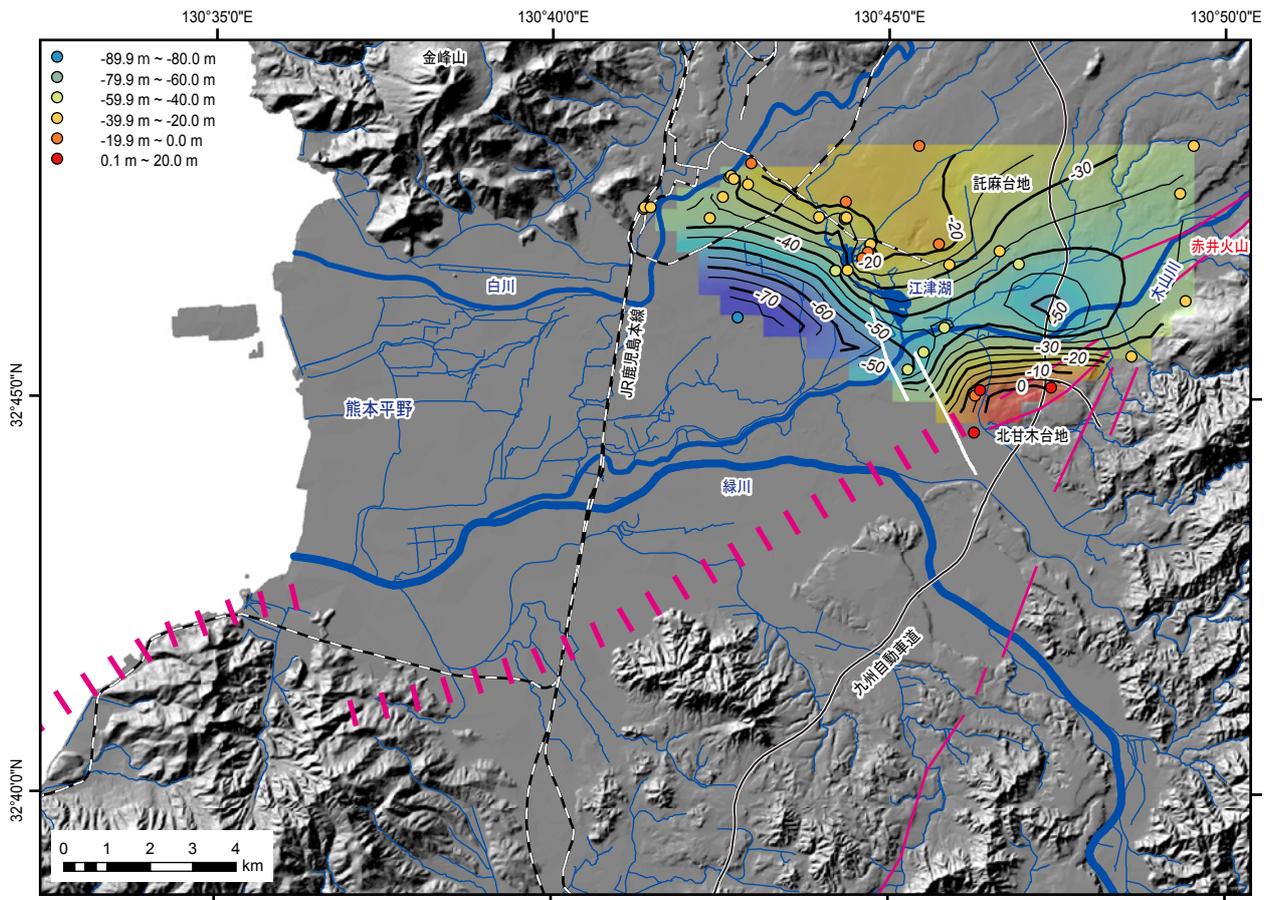


図18b ボーリング柱状図資料の解析により作成した砥川溶岩上面の等深度線図  
コンター間隔は5 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてNatural Neighborを使用.

C

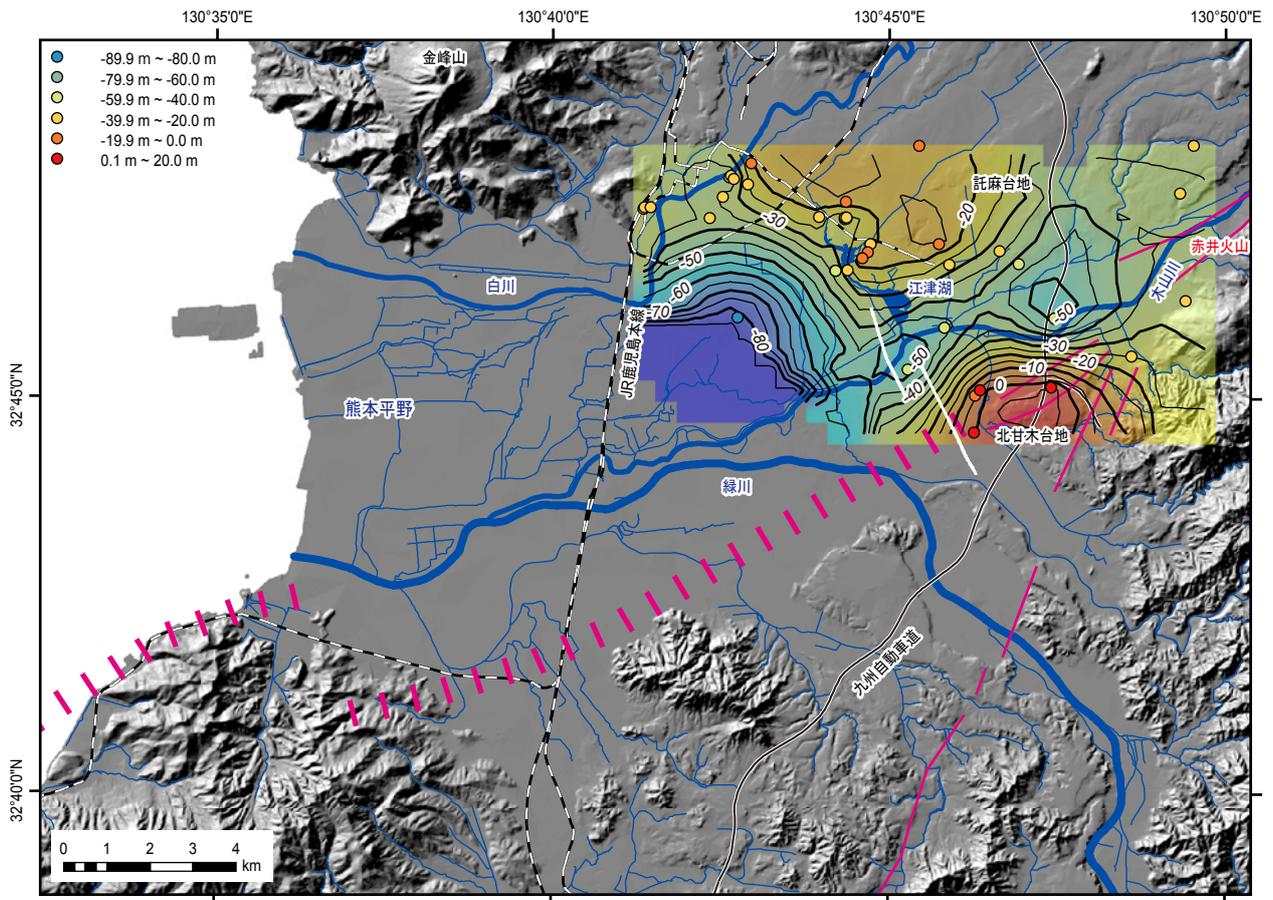


図18c ボーリング柱状図資料の解析により作成した砥川溶岩上面の等深度線図  
 コンター間隔は5 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてKrigingを使用.

a

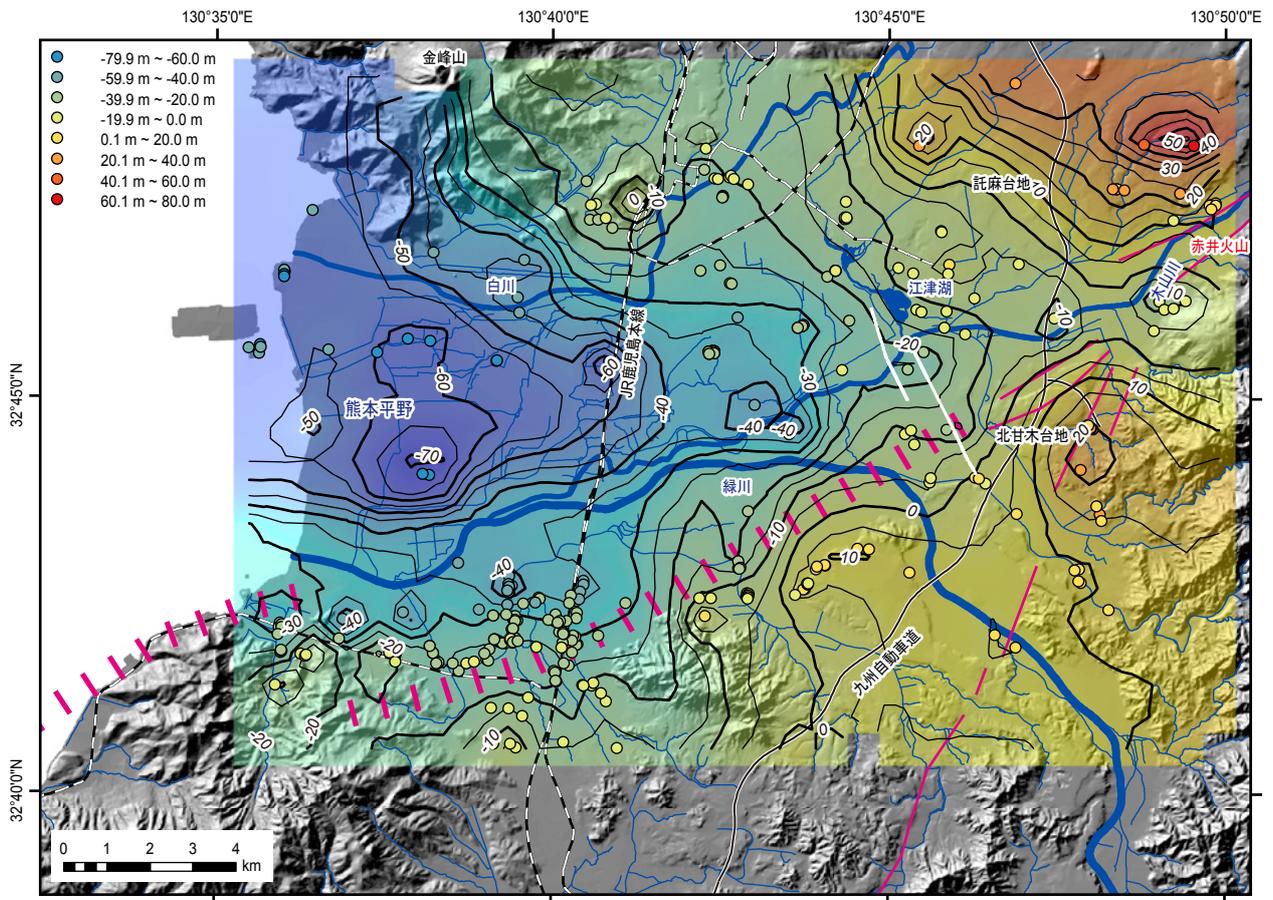


図19a ボーリング柱状図資料の解析により作成したAso-4火砕流堆積物上面の等深度線図  
 コンター間隔は5 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてIDWを使用.

b

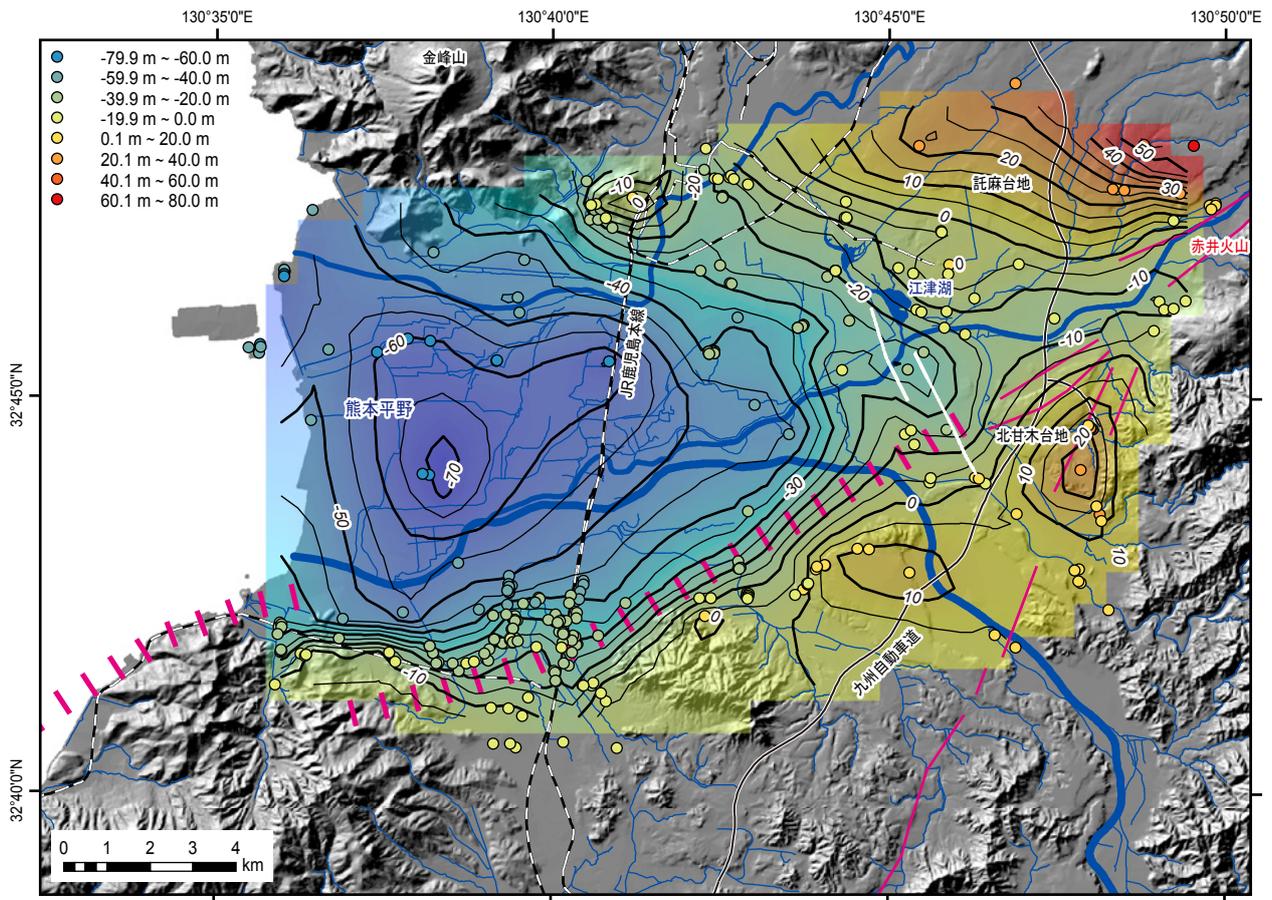


図19b ボーリング柱状図資料の解析により作成したAso-4火砕流堆積物上面の等深度線図  
コンター間隔は5 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてNatural Neighborを使用.

C

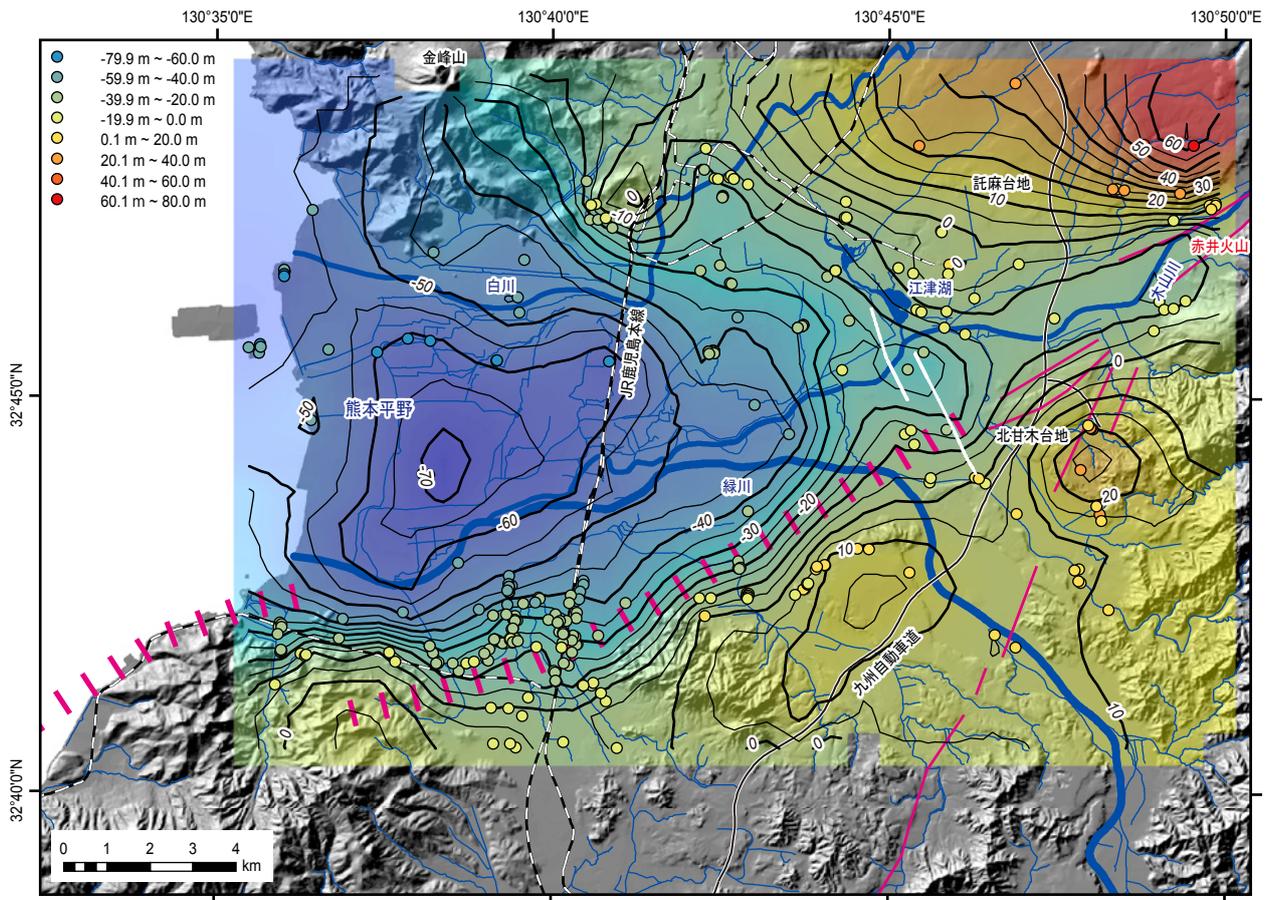


図19c ボーリング柱状図資料の解析により作成したAso-4火砕流堆積物上面の等深度線図  
 コンター間隔は5 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてKrigingを使用.

a

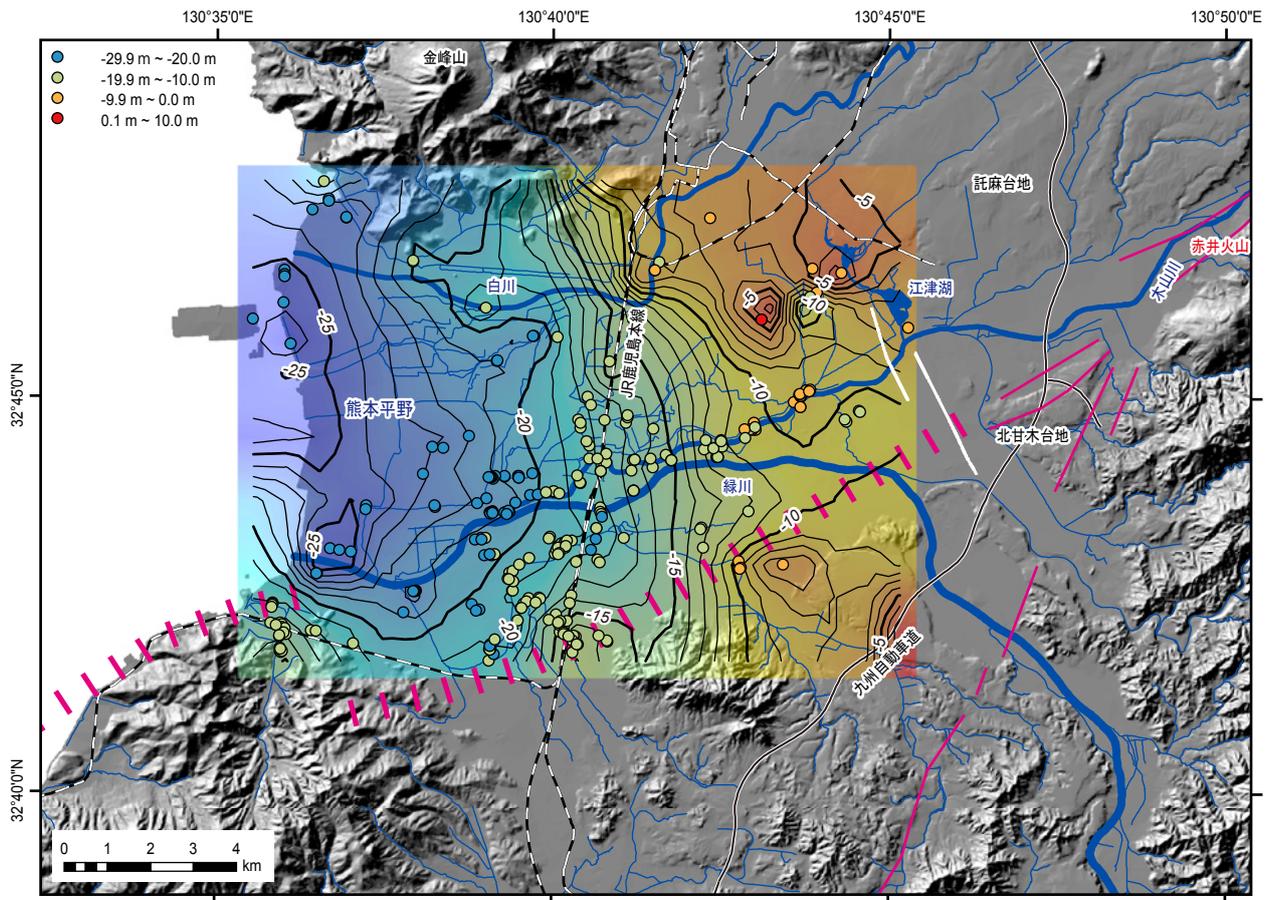


図20a ボーリング柱状図資料の解析により作成したK-Ahテフラ基底の等深度線図  
コンター間隔は1 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてIDWを使用.

b

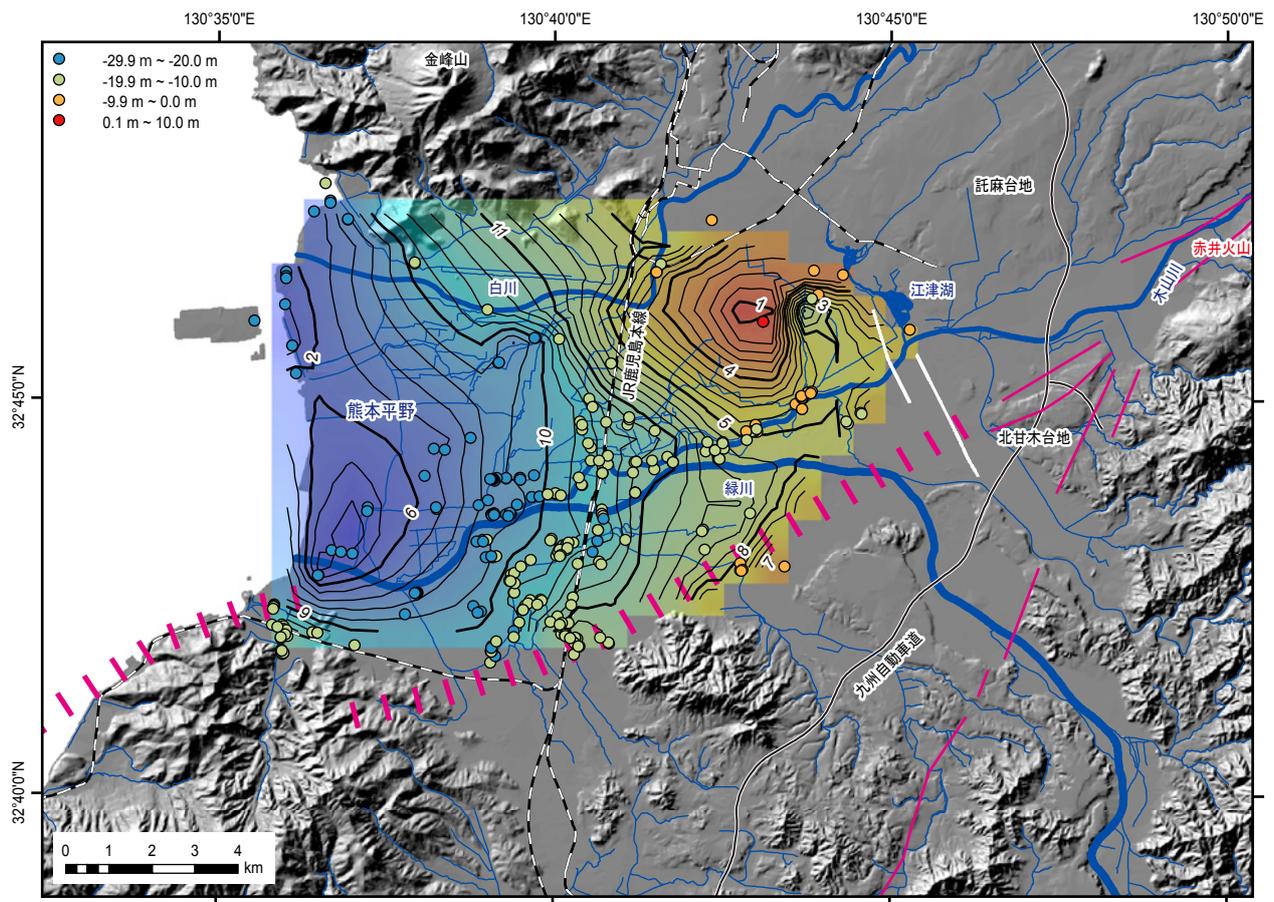


図20b ボーリング柱状図資料の解析により作成したK-Ahテフラ基底の等深度線図  
コンター間隔は1 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてNatural Neighborを使用.

C

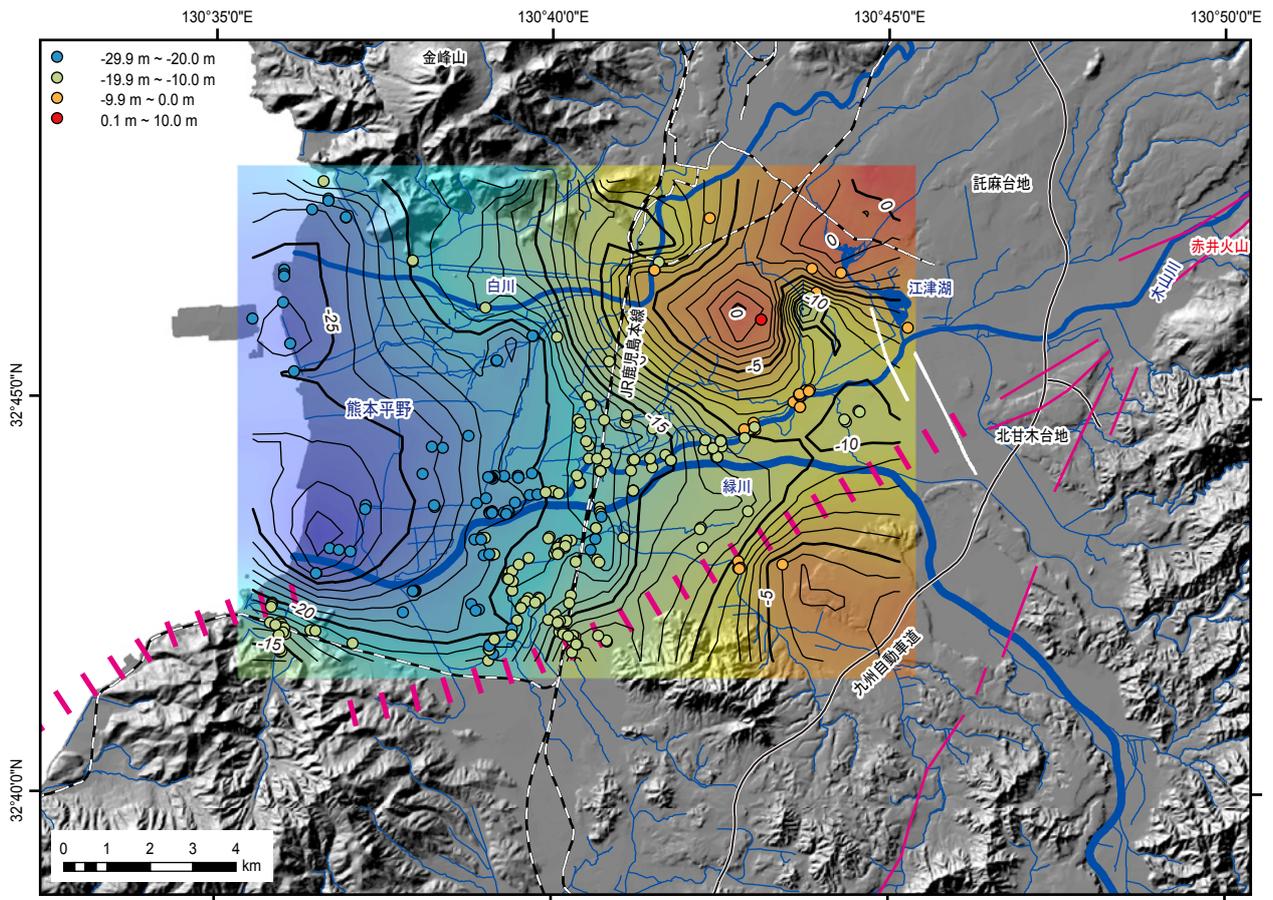


図20c ボーリング柱状図資料の解析により作成したK-Ahテフラ基底の等深度線図  
 コンター間隔は1 m. 図の範囲は図17と同じ. グリッド作成アルゴリズムとしてKrigingを使用.

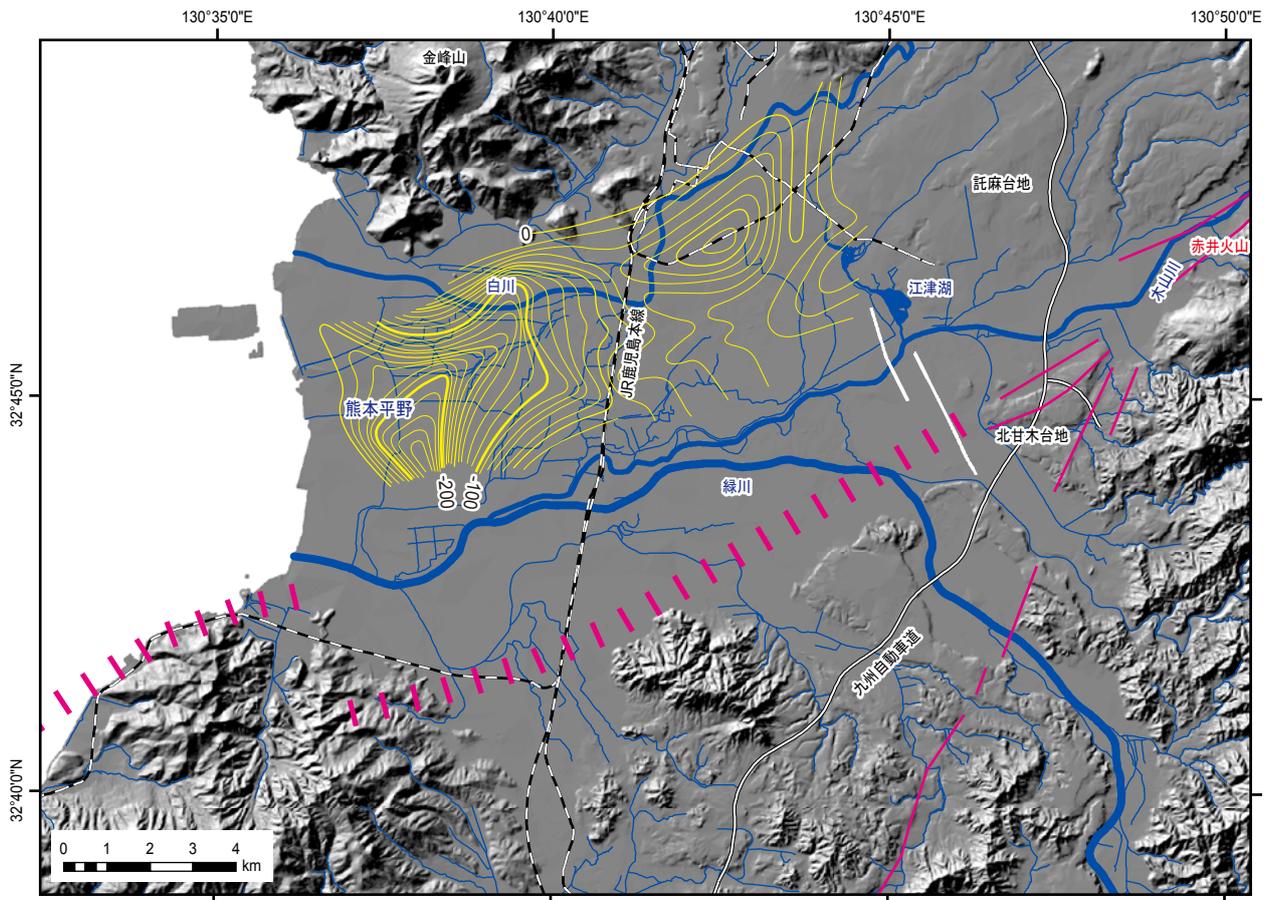


図21 熊本平野における昭和53年（1978年）～平成5年（1993年）の16年間の累積沈下量図（熊本県環境公害部，1995）  
等値線間隔は10 mm.

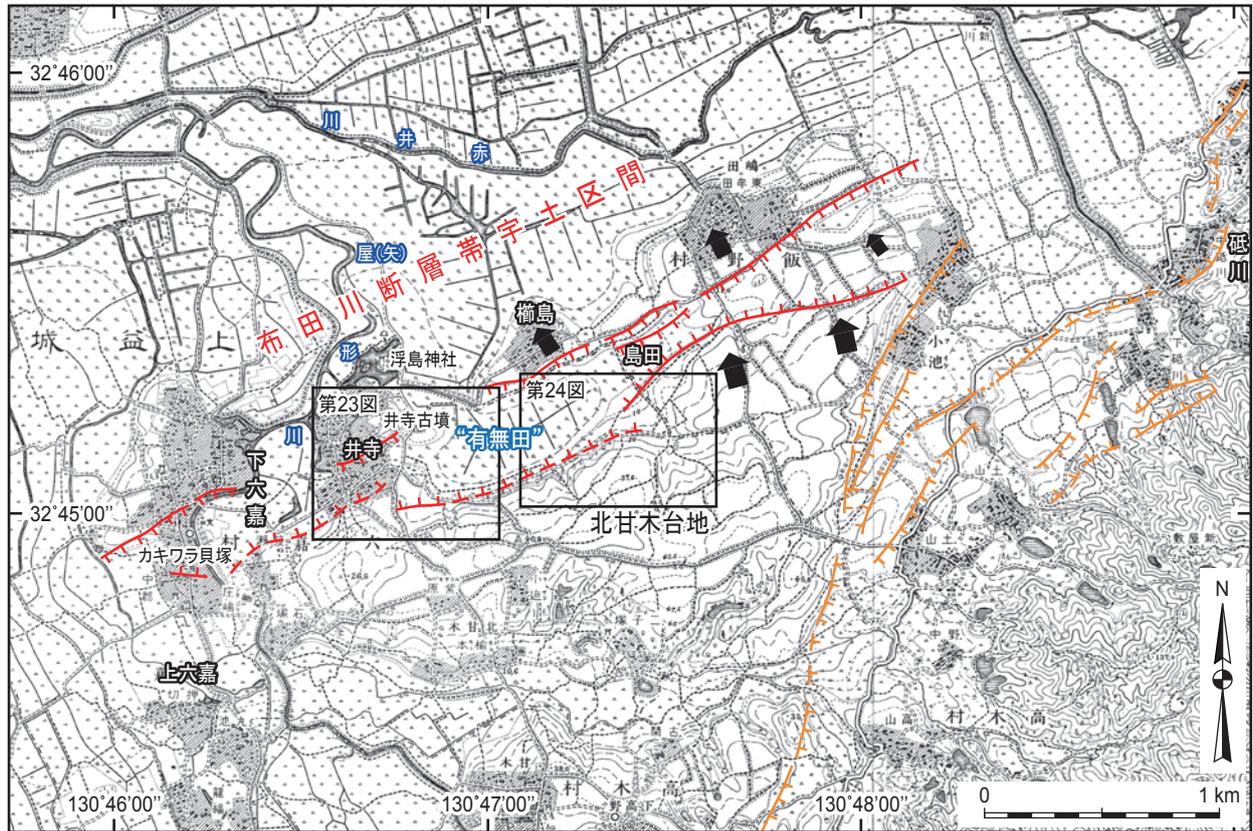


図22 北甘木台地周辺の活断層の分布と有無田の位置

断層変位地形は池田ほか（2001）による。布田川断層帯宇土区間を赤線，それ以外の断層を橙色線で示す。位置が特定されている断層を実線，位置がやや不明確な断層を破線，伏在部を点線で示す。黒色矢印は地形面の傾動方向を示す。基図は，大日本帝國陸地測量部明治36年発行正式2万分の1地形図「砂取」および「木山」を使用。

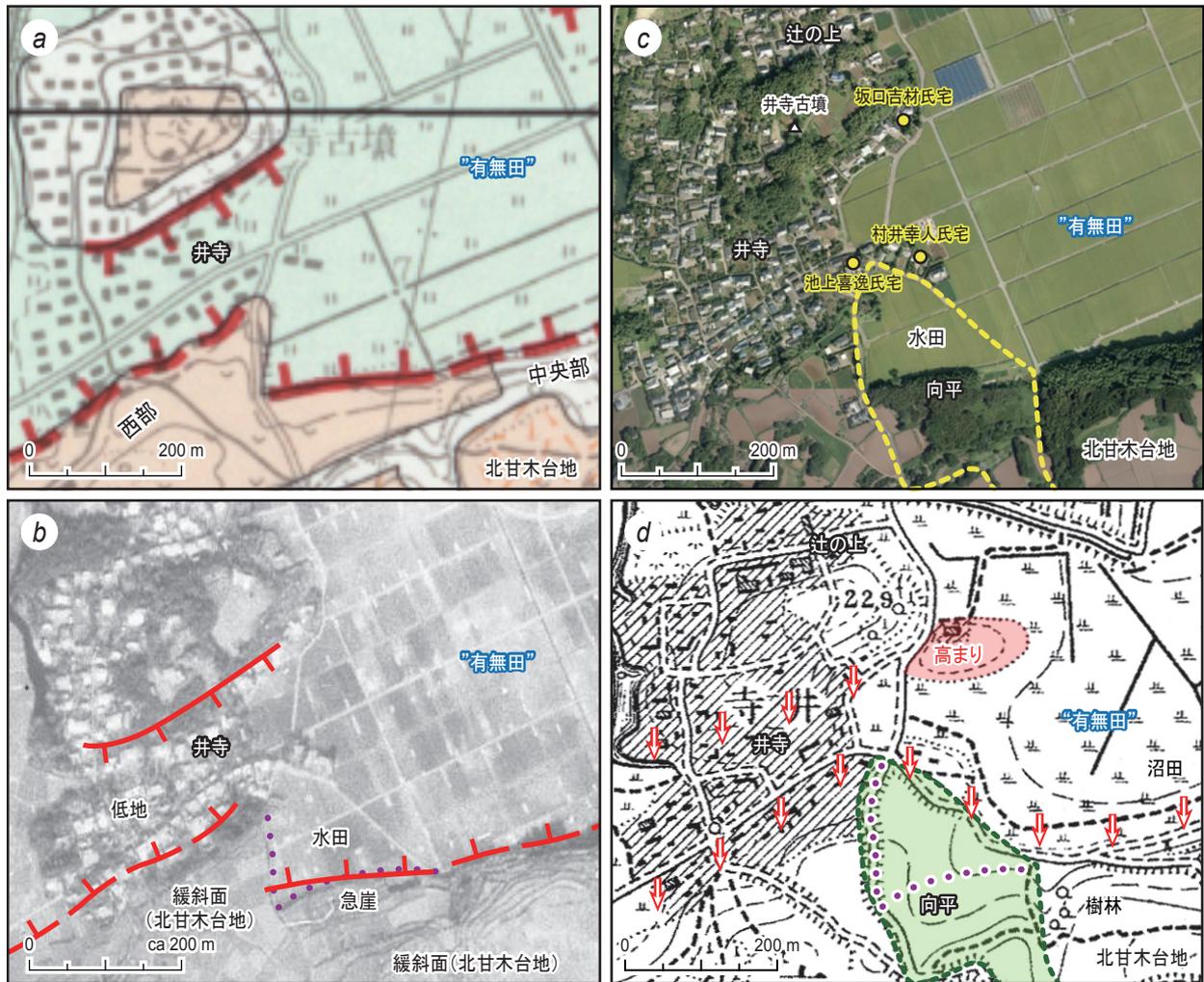


図23 a) 上益城郡嘉島町井寺付近の都市圏活断層図（池田ほか，2001）およびb) 1947年の米軍写真（国土地理院USA-M684-108：（一財）日本地図センターオーダー番号E-6B16-016を使用）．活断層の分布は池田ほか（2001）による．紫色の点線は北甘木台地と低地（水田）との境界を示す．本図の位置を図22に示す．c) 本文で記載した地名および住民宅．空中写真は国土地理院「地理院地図（電子国土Web）」を使用．d) 1901年測量による井寺付近の地形（大日本帝國陸地測量部明治36年発行正式2万分の1地形図「砂取」）．向平の小字境界（薄緑色で塗色し周囲を緑色の破線で囲む）は嘉島町井寺誌編纂委員会（1995）による．郷土資料と明治時代の正式2万分の1地形図から推定した断層位置を赤矢印で示す．紫色の点線は米軍写真（図23b）で認められる北甘木台地と低地（水田）との境界を示す．

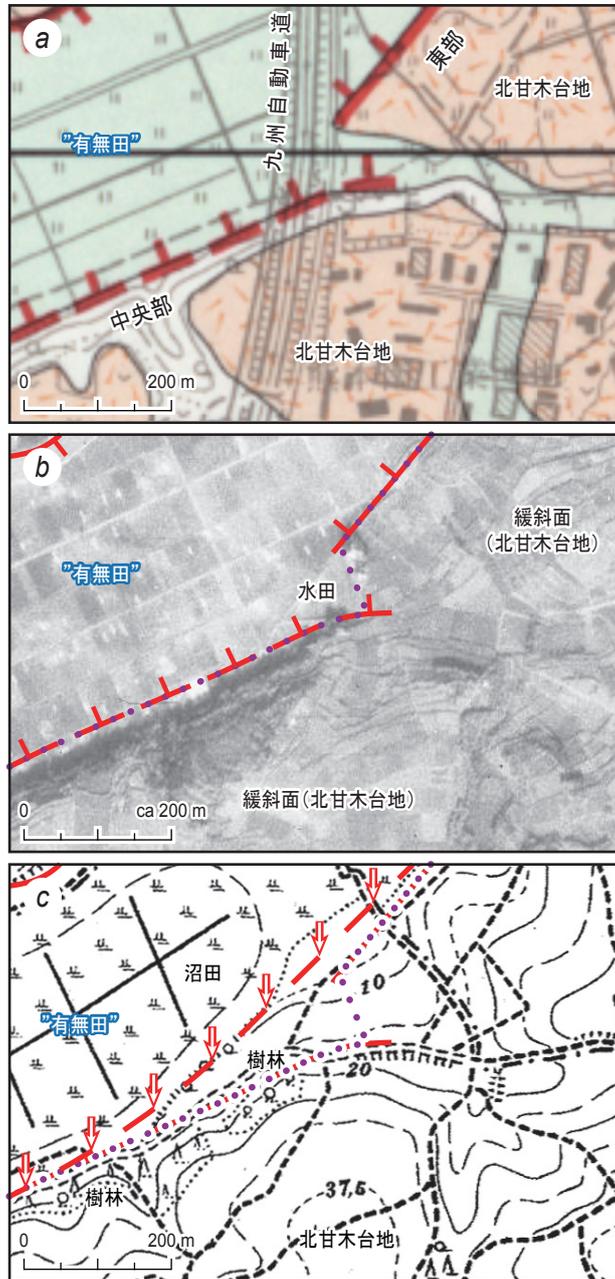


図24 a) 上益城郡益城町島田付近の都市圏活断層図（池田ほか，2001）およびb) 米軍写真（国土地理院USA-M684-108（一財）日本地図センターオーダー番号E-6B16-016）を使用）．断層の分布は池田ほか（2001）による．紫色の点線は北甘木台地と低地（水田）との境界を示す．本図の位置を図22に示す．c) 明治時代の正式2万分の1地形図から推定した島田付近の断層位置を赤矢印で示す（基図は大日本帝國陸地測量部明治36年発行正式2万分の1地形図「砂取」）．紫色の点線は米軍写真（図24b）で認められる北甘木台地と低地（水田）との境界を示す．