

## 九州中部, 島原湾と橘湾における雲仙断層群の音波探査

### Sonic Survey of the Unzen Fault Group in Shimabara and Tachibana Bays, central Kyushu

杉山雄一<sup>1</sup>・岡村行信<sup>2</sup>・武田伸勝<sup>3</sup>・丸山かおる<sup>4</sup>

Yuichi Sugiyama<sup>1</sup>, Yukinobu Okamura<sup>2</sup>, Nobukatsu Takeda<sup>3</sup> and Kaoru Maruyama<sup>4</sup>

<sup>1,2</sup> 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center, sugiyama-y@aist.go.jp)

<sup>3,4</sup> 総合地質調査株式会社 (Sogo Geophysical Exploration Co., Ltd)

**Abstract:** We have conducted sonic survey using a boomer source and 12-channel, 2.5-m-channel-interval mini streamer in Shimabara and Tachibana Bays, central Kyushu, in order to clarify the fault distribution of the northern and southeastern fault zones of the Unzen Fault Group. In the northern part of Shimabara Bay at the immediate front of the onshore northern fault zone, we have newly found several normal faults extending in the E-W direction. The faults have been traced for 8 km across 5 survey lines at 2-km intervals, and the total E-W length reaches about 12 km, taking account of the existing survey results. Their eastern extensions, however, have not been ascertained due to widespread acoustic dispersion layers off Kumamoto City. In southern Shimabara Bay, the eastern extension of the Futsu-Oki Fault, a major constituent of the southeastern fault zone, was not ascertained also due to acoustic dispersion layers. At the southeastern corner of the survey area off the Uto Peninsula, normal faults reaching the sea bottom were newly discovered. In Tachibana Bay, it has been confirmed that the northern fault zone extends to the west for about 400 m beyond the western end authorized by the Earthquake Research Committee in 2006.

**キーワード:** 雲仙断層群, 活断層, 正断層, 音波探査, 島原湾, 橘湾, ブーマー

**Keywords:** Unzen Fault Group, active fault, normal fault, sonic survey, Shimabara Bay, Tachibana Bay, boomer

#### 1. はじめに—雲仙断層群の概要

別府から, 九重, 阿蘇両火山を経て島原半島に至る地域は, 別府—島原地溝帯 (松本, 1979) と呼ばれ, 第四紀の火山及び正断層が分布することで特徴付けられる (第1図). この地域は, 右横ずれ成分が卓越する中央構造線活断層系の西方に位置すると同時に, 現在も拡大を続ける沖縄トラフの北東延長に当たる. 1883年以来の測量データによると, 別府—島原地溝帯では, 南北方向に伸びる水平歪が認められ, この地帯を境にして九州が南北に分裂・拡大していることが示唆される (例えば国土地理院, 1997).

雲仙断層群は, 別府—島原地溝帯西部の島原湾から, 島原半島を経て, 橘湾にかけての地域に分布する (第2図). このうち, 島原半島の本断層群は, 金子 (1973), 千田 (1979), 堤 (1987), 活断層研究会編 (1980, 1991), 九州活構造研究会編 (1989) などによって, 主に地形学的な手法で調査され, その分布の概要がまとめられている. また, 松岡・竹村 (1993) は, 橘湾北岸に位置する唐比低地のボーリング調査を行い, 千々右断層の平均変位速度を求めている. 海域 (橘湾及び島原湾) の活断層については, 国土

地理院 (1982, 1988), 海上保安庁水路部 (1994, 1996), 松岡・岡村 (2000) などの音波探査によって, その分布が調べられている. また, 本田ほか (1995) は, 橘湾に分布する活断層の活動履歴を検討している. その後, 長崎県 (2003, 2004, 2005) は, 雲仙断層群全域にわたる断層変位地形と断層露頭の記載, ボーリング調査, 音波探査, コアリング調査などを行い, 断層群の活動履歴を検討している. また, 科学技術振興調整費「雲仙火山: 科学掘削による噴火機構とマグマ活動解明のための国際共同研究」の一環として, 島原半島中央部で反射法弾性波探査が行われた (清水ほか, 2002) ほか, 断層露頭調査やトレンチ調査が実施され, 雲仙断層群の活動履歴が検討されている (松岡ほか, 2004).

地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) は, これらの調査・研究成果に基づき, 雲仙断層群の長期評価 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005) を一部改訂した. 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) は, 断層の走向と上下変位センスに基づき, 雲仙断層群を北部, 南東部及び南西部の3つに区分している (第2図). 同委員会によると,

雲仙断層群北部, 南東部, 南西部それぞれの概要は次のとおりである。

雲仙断層群北部は, 長崎県島原市から諫早市南方沖の橘湾に至る断層群であり, 長さは 30 km 程度以上, 主として南落ちの正断層からなる。最新活動時期は約 5 千年前以降の可能性がある, 平均活動間隔は不明である。雲仙断層群南東部は, 長崎県南島原市布津町東方沖から雲仙市小浜町に至る断層群である。長さは 23 km 程度で, 主に北落ちの正断層からなる。最新活動時期は, 約 7,300 年前の鬼界-アカホヤ火山灰の降灰後の可能性がある, 平均活動間隔は不明である。雲仙断層群南西部は, 過去の活動時期から北部と南部に区分される。北部は長崎県南島原市西有家町から長崎市南東沖に至る断層群であり, 長さは 30 km 程度, 主として北落ちの正断層からなる。平均変位速度は 1 m/千年程度, 最新活動時期は約 2,400 年前以降, 11 世紀以前と推定され, 平均活動間隔は約 2,500~4,700 年の可能性がある。一方, 雲仙断層群南西部の南部は, 長崎県雲仙市南串山町西方沖から長崎市南方沖に至る断層群であり, 長さは 23 km 程度で, 主に南落ちの正断層からなる。平均変位速度は 0.3 m/千年以上と推定され, 約 4,500 年前以降, 16 世紀以前に最新活動を含む 1~2 回の活動があった可能性がある。平均活動間隔は約 2,100~6,500 年の可能性がある。

このような雲仙断層群の長期評価の一部改訂を総括すると, 島原湾における同断層群北部と南東部の東方延長, 橘湾における同断層群北部の詳細な分布・位置について, 依然として不明な点が多く残されている。また, 雲仙断層群北部と南東部については, 平均変位速度, 最新活動時期, 平均活動間隔などに関するデータが得られていない。

## 2. 平成 21 年度の雲仙断層群調査の概要

2005 年 3 月の福岡県西方沖の地震, 2007 年 3 月の平成 19 年能登半島地震, 更に 2007 年 7 月の平成 19 年新潟県中越沖地震と, 沿岸域を震源とする内陸地殻内地震が続発したことを受けて, 文部科学省は平成 21 年度から, 「沿岸海域における活断層調査」を開始した。文部科学省は, この調査プロジェクトの中で, 1 章で挙げた課題が残されている雲仙断層群を平成 21 年度の調査対象断層の一つに選定した。平成 21 年度の「沿岸海域における活断層調査」を受託した産業技術総合研究所は, 千葉大学, 東海大学及び地域地盤環境研究所を再委託機関に選定し, これら 3 機関と共同で雲仙断層群の調査を実施した。

4 機関による雲仙断層群の調査では, 1 章で挙げた課題を踏まえ, 以下の 3 点を主要な目標とした。

- 1) 島原湾における雲仙断層群北部と南東部の東方延長の位置及び深部形状の解明

- 2) 橘湾の雲仙断層群北部の詳細な位置と分布の解明
- 3) 雲仙断層群北部及び南東部の平均変位速度, 最新活動時期, 平均活動間隔に関するデータの取得

この目標を達成するため, 実施する調査は以下の 4 項目とし, 調査項目毎の主な目標を以下のように設定した。

- 1) エアガンによる音波探査 (担当: 千葉大学) 雲仙断層群北部から南東部までを横断する島原湾の深い地質構造 (深さ 1~数 km) と長期的な平均変位速度の解明
- 2) ブーマーによる音波探査 (担当: 産業技術総合研究所) 島原湾と橘湾における雲仙断層群北部の位置及び変位センスの解明と雲仙断層群南東部東端の確認
- 3) パラメトリック方式高分解能音波探査 (担当: 東海大学) 橘湾の雲仙断層群北部と島原湾の同断層群北部及び南東部の詳細位置, 浅部形状及び変位量の解明
- 4) ピストンコア採泥調査 (担当: 地域地盤環境研究所) 島原湾と橘湾の雲仙断層群北部及び島原湾の同断層群南東部の活動時期, 活動間隔及び 1 回の活動による変位量の解明

本稿では, これら 4 項目の調査のうち, 産業技術総合研究所が担当したブーマーによる音波探査について報告する。なお, 他の 3 機関が担当した調査の成果については, 沿岸海域における活断層調査 雲仙断層群北部 (海域) 及び雲仙断層群南東部 (海域) 成果報告書 (産業技術総合研究所・千葉大学理学部・東海大学海洋学部・地域地盤環境研究所, 2010) を参照されたい。

## 3. 音波探査の諸元

調査対象海域は, 島原市沖の島原湾北部 (雲仙断層群北部の東方海域), 南島原市沖の島原湾南部 (雲仙断層群南東部及びその東方海域), 及び諫早市~雲仙市沖の橘湾北部 (雲仙断層群北部及びその西方海域) の 3 海域である (第 3 図)。

雲仙断層群は全体として東西方向に延びているため, 調査測線は断層群の延びの方向と直交する南北またはこれに近い方向に, 原則として 2 km の間隔で設けた。島原湾北部では長さ 6~7 km の南北測線を 6 本, 島原湾南部では同 5~9 km の南北測線を 8 本, 橘湾北部では同 2.5~5 km の N10°W 方向の測線を 7 本設けた。また, 各測線の反射断面上に認められる反射面の対比・追跡のため, これらと直交する東西方向の測線を島原湾北部と橘湾北部に各 1 本, 島原湾南部に 2 本設けた (第 4, 5, 6 図)。調査測線は合計 25 本, 延べ測線長は約 174 km である。

音波探査は, 公称エネルギー 200 J の電磁誘導型音源 (ブーマー) を 1.25 m 間隔で発振し, チャンネ

ル間隔 2.5 m，12 チャンネルのストリーマケーブル（ミニストリーマー）で受振することによって実施した（第 7 図，第 1 表）．データ収録時間は次の発振までとし，SEG-Y フォーマットへの変換時に 0.6 秒でカット（S2 測線のみ 0.55 秒でカット）した．サンプリング周波数は 10,000 Hz とした．船位測量はディファレンシャル GPS により行い，各測線とも 125 m 間隔に測位点（イベント点）を置き，水深測量には音響測深機を用いた．これらの各調査データのデジタル収録と合わせて，調査船に最も近い第 1 チャンネル（船尾後方約 25 m，ブーマー音源の後方約 10 m）の往復走時 0.2 秒間のデータをモニター記録としてアナログ出力し，測位点を併せて示した．これらの現場作業は 2009 年 8 月 19 日～8 月 31 日に実施した．

収録した音波探査データは，米国 Parallel Geoscience Corporation 社製の Seismic Processing Workshop (SPW) を用いて処理し，重合断面を得た．また，島原湾の N3 及び S6 測線と橘湾の T3 測線については，地域地盤環境研究所が担当したピストンコア調査地点近傍のデータを対象に，地球科学総合研究所に依頼して，波浪補正，重合速度解析，重合後デコンボリューションなどについてより高度なデータ処理を行い，より分解能の高い重合断面を得た．

#### 4. 探査結果（その 1）—島原湾北部

##### 4.1 各測線で確認された断層，地溝状構造など

島原湾北部の測線配置と断層確認位置を第 8 図に示す．また，各測線のモニター記録と重合断面の主要部を第 9 図～第 20 図に示す．モニター記録と重合断面の縦軸には，往復走時と深度を併記した．深度は，水中及び堆積層中の音速を 1500 m/秒と仮定して求めた．

N1 測線では，測位点 9 付近を反射面群の向斜状撓み下がりの中心とする地溝状構造が認められる（第 9 図）．北側の測位点 6 付近には，海底下 10 ミリ秒（往復走時；約 8 m）以浅にまで達すると推定される南落ちの正断層が見られ，南側の測位点 11-12 間及び 13-14 間には，海底下 10 ミリ秒付近に達する北落ちの正断層が認められる．その南側の測位点 17, 20, 22, 25, 31, 39 付近には北落ちの正断層が見られ，測位点 18 及び 30 付近には南落ちの正断層が認められる（第 8, 9 図）．

N1.5 測線でも，測位点 7 付近を反射面群の撓み下がりの中心とする地溝状の構造が認められる（第 10 図）．北側の測位点 3-4 間と 6-7 間には南落ちの正断層が確認され，測位点 3-4 間の正断層の上端は海底下 10 ミリ秒（約 8 m）以浅に達していると推定される．一方，南側の測位点 8-10 間と 12 付近には北落ちの正断層が認められ，測位点 8-10 間の正断層の上端は

海底下 10 ミリ秒以浅に達していると推定される．その南側では，測位点 15-16 間，25-26 間，28-29 間などに北落ちの正断層が認められ，後 2 者の上端は海底にまで達している（第 11 図）．このほか，測位点 17 付近には南落ちの正断層が認められる．

N2 測線では北側から，測位点 9-10 間，14, 20, 21, 22 付近，25-26 間，及び 29 付近などに北落ちの正断層が認められる（第 8 図，第 12 図）．このうち，測位点 9-10 間の断層は海底にまで達しており，海底に北落ちの断層崖状の地形が見られる．また，測位点 1 及び 4 付近（第 8 図）と測位点 17-18 間（第 12 図）には南落ちの正断層が認められる．

N2.5 測線では，北部の N2.5-2 測線の測位点 26 付近を反射面群の撓み下がりの中心とする地溝状の構造が認められる（第 13 図）．北側の測位点 28-29 間と同 27 付近には南落ちの正断層が見られ，前者は海底に南落ちの断層崖ないし撓曲崖状の地形を伴う．南側の測位点 24-25 間には北落ちの正断層が見られる．N2.5-2 測線の測位点 15 付近には北落ちの海底崖状の地形が見られ，崖の基部に北落ちの正断層が認められる（第 13, 14 図）．そのすぐ北側の測位点 16 付近には南落ちの正断層が認められる．これらより南側では，N2.5 測線の測位点 33（N2.5-2 測線の測位点 13）付近，26-27 間（同 6-7 間），22-23 間（同 2-3 間），20-21 間（同 1 の南側），及び 19 付近に北落ちの正断層が認められる．これらの正断層の多くは，海底下 5 ミリ秒（往復走時；約 4 m）以浅にまで達すると推定される．また，N2.5 測線の測位点 22-23 間（N2.5-2 測線の測位点 2-3 間）にある北落ち正断層の北側には，反射面群が向斜状に撓み下がる構造が認められるが，撓み下がりの北半部（向斜の北翼に相当する部分）には，明瞭な南落ちの断層は認められない．

N3 測線では，測線北端近くの測位点 52-53 間に北落ちの正断層が認められる（第 15 図）．その南側の測位点 38 から 44 にかけては 5～6 条の南落ちの正断層が見られ，さらにその南側の測位点 33～37 間には 4 条の北落ちの正断層が認められる．測位点 37-38 付近には，北側の南落ち正断層と南側の北落ち正断層に挟まれた小規模な地溝状の構造が見られる（第 18 図）．測線中部の測位点 25-27 間も，北側の南落ち正断層と南側の北落ち正断層に挟まれた地溝状の構造を呈する（第 16, 18 図）．その南側では，北から測位点 22-23 間，同 15, 7, 2 付近に北落ちの正断層が，測位点 12-13 間と同 11 付近に南落ちの正断層が認められ，測位点 7-11 間は地溝状を呈する（第 16, 17 図）．これらの N3 測線で認められた正断層の多くも，海底下 10 ミリ秒（約 8 m）以浅に達していると推定される．

N4 測線では，測位点 10～21 間において海底下の地層からの反射波データが得られ，測位点 16, 18, 20 付近に，南落ちの正断層の存在が推定される（第 19

図). 測位点 10 以北と同 21 以南では、海底直下の音波散乱層のため、データは得られなかった。

上述した 6 つの測線と直交する N101 測線では、測位点 66, 68-69 間及び 70-71 間に、東落ちの正断層ないし撓曲状の構造が認められた (第 20 図)。

#### 4.2 断層などの連続性の検討

国土地理院 (1982), 海上保安庁水路部 (1996), 熊本県 (1996), 松岡・岡村 (2000) 及び長崎県 (2005) の既往データを考慮して、各測線で認められた正断層、地溝状構造、断層崖～撓曲崖状の海底地形などの連続性を検討した (第 8 図)。

N1 測線の測位点 9 付近を中心とする地溝状の構造は、N1.5 測線の測位点 7 付近を中心とする地溝状の構造に連続すると考えられる。また、N1 測線の測位点 18 付近の南落ちの正断層は、N1.5 測線の測位点 17 付近の南落ちの正断層に連続すると考えられる。

N1.5 測線-N2 測線間では、N1.5 測線の測位点 17 付近の南落ちの正断層は、N2 測線の測位点 17-18 間の南落ち正断層に連続すると考えられる。また、その北側の N1.5 測線の測位点 12 付近の北落ち正断層は、N2 測線の測位点 14 付近の北落ちの正断層に連続する可能性が高い。このような断層の連続を考えた場合、N1 測線及び N1.5 測線に認められる地溝状の構造は、N2 測線では測位点 9 付近にその延長構造の出現が期待される。N2 測線ではこの付近に地溝状の構造は認められないが、測位点 9-10 間に海底にまで達し、海底に断層崖状の地形を伴う北落ちの正断層が存在する。このことから、N1 測線及び N1.5 測線に認められる地溝状の構造がその形状を変えて (北半部の南落ちの断層が不明瞭となり)、N2 測線の測位点 9-10 付近に連続していると推定される。

N2 測線の測位点 9-10 間の海底に断層崖状の地形を伴う北落ちの正断層は、N2.5-2 測線の測位点 15 付近の海底崖基部の北落ちの正断層に連続すると考えられる。両測線間におけるこの断層の平均走向 (単純に二つの断層出現位置を直線で結んだ場合の方向) は約 S75°E で、東西よりもやや北西-南東方向に偏している。N2 測線-N2.5 測線間では、海上保安庁水路部 (1996) 及び長崎県 (2005) の音波探査により、N2 測線の測位点 17-18 間の南落ち正断層の東南東に、南落ちの正断層が確認されており、その走向は S70°~80°E と推定されている。N2.5 測線では、この断層の延長と考えられる明瞭な南落ちの断層は確認されないが、測位点 22-26 間 (N2.5-2 測線の測位点 2-6 間) に反射面群が向斜状に撓み下がる構造が認められる。

東西方向の N101 測線では、上述のように、測位点 66, 68-69 間及び 70-71 間に、東落ちの正断層ないし撓曲状の構造が認められる。これらは N2 測線の測位点 20, 21 及び 22 で認められた北落ちの正断層に対応すると考えられる。このように考えた場合、これら 3 つの正断層は、両測線の交点付近では S65

~70°E の走向を有すると推定される。

N3 測線では、N2 及び N2.5 測線の海底崖状の地形を伴う正断層をほぼ延長した位置に、再び地溝状の構造が出現する。今回の調査に加えて、熊本県 (1996) 及び松岡・岡村 (2000) により、その北側には南落ちの、南側には北落ちの断層が複数確認されている。これらの調査により確認された断層の位置は一致している。また、N3 測線の測位点 25-27 間には、既往のように地溝状の構造が認められ、この構造は N2.5 測線の測位点 22-26 間に見られる向斜状の撓み下がり構造の東方延長と考えられる。

以上をまとめると、島原市沖から熊本市沖の島原湾北部に、東西～東南東方向に連続し、北落ちと南落ちの正断層からなる断層群が確認された (第 8 図)。断層群は東西約 8 km にわたって追跡され、松岡・岡村 (2000) によって N3 測線の東側で確認されている断層を含めると、長さ約 10 km に達する。さらに、N4 測線で確認された断層も加えると、断層群の長さは約 12 km となる。

なお、雲仙断層群北部は、1 章で述べたように千々石断層など、南落ちの断層を主体とする。これに対して、今回、その東方の島原湾北部で確認された断層群は、北落ちと南落ちの正断層からなる。また、本調査と並行して実施されたエアガン調査 (伊藤ほか, 2010) 及びパラメトリック方式高分解能音波探査 (坂本ほか, 2010) でも、顕著な南落ちの断層は確認されていない。この点は、雲仙断層群北部とは大きく異なっており、今後、長崎県 (2005) が指摘しているように、島原湾北部で確認された断層群を雲仙断層群北部とは別の断層群と位置づけるなど、両者の関係を検討する必要がある。

## 5. 探査結果 (その 2) - 島原湾南部

島原湾南部の測線配置と断層確認位置を第 21 図に示す。また、各測線のモニター記録と重合断面の主要部を第 22 図～第 30 図に示す。

島原湾南部では、布津沖の断層 (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2006) をはじめとして、国土地理院 (1982), 海上保安庁水路部 (1996), 松岡・岡村 (2000) 及び長崎県 (2005) の既往調査で検出された断層を再確認すると共に、深度 30~80 m 程度までの地質構造を解明した。また、宇土半島の宇城市三角町太田尾沖で、新たに複数の活断層 (一部は海底に達し、断層崖状の地形を形成) を確認した。しかし、本海域調査の主な目的としていた布津沖の断層の東端位置の確認は、音波散乱層に阻まれ、所期の目的を達成できなかった。

### 5.1 布津沖の断層

本海域で最も顕著な断層は、布津沖の断層 (島原半島の布津断層の東方延長) である (第 21 図)。本

断層は S1 測線の測位点 35-38 間 (S1-2 測線の測位点 8-11 間)，S2 測線の測位点 17-18 間，S3 測線の測位点 38 付近，S4 測線の測位点 16-17 間，S5 測線の測位点 37-38 間，及び S6 測線の測位点 33 付近で，それぞれ確認された (第 22 図～第 27 図)。

しかし，その東側の S7 及び S8 測線では，海底直下の音波散乱層のため，布津沖の断層がこれらの測線まで延びているか否か，確認できなかった (第 29 図)。東西方向の S101 測線では，測位点 43-44 間 (S5 測線の約 500 m 東側) に，見かけ上，西落ちの撓曲が認められた (第 30 図)。

布津沖の断層は北落ちの正断層であり，S1～S6 の各測線とも顕著な北向きの断層崖～撓曲崖を伴い，S1 測線では顕著な 2 段の断層崖が認められる (第 22 図)。S5 測線では，断層崖の前面 (北側) の測位点 41-42 間に北落ちの正断層が，また，42-43 間には南落ちの正断層がそれぞれ認められる (第 26 図)。

## 5.2 布津沖の断層より北側の海域で認められる断層

### 5.2.1 深江沖の北落ちの断層

S1 測線では，南島原市深江沖の測位点 42-43 間 (S1-2 測線の測位点 15-16 間) に，北向きの断層崖を伴う北落ちの正断層が認められる (第 22 図)。また，東隣の S2 測線では，この断層確認位置のほぼ真東に当たる測位点 8 付近に，海底下約 30 ミリ秒 (約 24 m) 以深の反射面を北落ちにずらす断層が認められる (第 23 図)。海上保安庁水路部 (1996) 及び国土地理院 (1982) は，これらの断層が確認された 2 地点を結ぶように，ほぼ東西方向の北落ちの断層を認定している。この東西方向の断層は，その位置から島原半島の深江断層の東方延長と考えられ，S1 測線-S2 測線間において最近の活動性が大きく低下していると推定される。

### 5.2.2 右雁行配列する南落ちの断層

海上保安庁水路部 (1996) は，上述した深江沖の北落ちの断層の北東側 (S2 測線北端の北方～S4 測線の測位点 3 付近) に，2 条の右雁行する N80°E 走向の南落ちの断層を認めている (第 21 図)。また，熊本県 (1996) 及び松岡・岡村 (2000) は，この 2 条の断層の東方 (S5 測線中部の東方～S6 測線の測位点 24 付近) に，N75°E 走向の南落ちの断層を認めている。本調査では，S4 測線の測位点 3 付近 (第 25 図) と S6 測線の測位点 24 と 25 付近 (第 27 図) に南下がりの正断層を確認し，上記の既往調査の結果を検証した。このうち，S4 測線の測位点 3 付近の断層は海底にまで達し，南下がりの崖地形が認められる。また，熊本県 (1996) 及び松岡・岡村 (2000) が示した断層トレースの西南西に当たる S5 測線の測位点 47-48 間には，海底下 20 ミリ秒 (約 16 m) 以深の反射面を南落ちにずらす正断層が認められた (第 26 図)。

以上の既往調査及び今回の調査から，布津沖の断層の北側 1.2～2.5 km (北緯 32°42.7' 付近) の東西幅 8 km の海域には，N70～80°E 走向，長さ 1.5～2 km 程度の 3 条の右雁行配列する南落ちの正断層が存在すると判断される。これらの断層と布津沖の断層の間は，地溝状を呈している。

### 5.2.3 布津沖の断層より南側の海域で認められた断層

#### 1) 布津沖の断層の南側約 2 km までの断層

布津沖の断層の南側約 2 km までの海域では，S2 測線の測位点 18-19 間，22-23 間及び 29-30 間，S3 測線の測位点 25-24 間及び 21 付近，S6 測線の測位点 38-39 間及び 43-44 間に，それぞれ北落ちの正断層が認められる (第 21, 23, 24, 27 図)。また，S3 測線の測位点 31-32 間と S5 測線の測位点 22 付近には，南落ちの正断層が認められる。このうち，S2 測線に認められる北落ちの正断層は，海上保安庁水路部 (1996) が S1 測線及び S2 測線付近に認定している断層群に対応すると考えられるが，断層の認定位置に一部相違が見られる。また，S6 測線の北落ちの正断層は，国土地理院 (1982) 及び海上保安庁水路部 (1996) が S5 及び S6 測線付近に認めているほぼ東西走向の北落ち断層に当たると判断される。

#### 2) 宇土半島太田尾沖の断層

宇土半島の宇城市三角町太田尾沖の S6 測線では，測位点 59 付近，72-73 間及び 74 付近に北落ちの正断層が，測位点 70 付近には南落ちの正断層が認められる (第 28 図)。このうち，測位点 72-73 間の北落ちの断層は海底にまで達しており，この断層と測位点 70 付近の南落ち断層に挟まれた部分は小規模な地溝状の構造を呈する。

## 6. 探査結果 (その 3) - 橘湾

橘湾の測線配置と断層確認位置を第 31 図に示す。また，各測線のモニター記録と重合断面の主要部を第 32 図～第 39 図に示す。

本調査により確認された雲仙断層群北部の西端は，地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) の西端位置より約 400 m 西に当たる T1 測線の測位点 15 付近である。また，雲仙断層群北部は，千々石断層を主要構成要素として，主として南落ちの正断層からなるとされているが，調査を行った橘湾北部では，既往の音波探査の結果と整合的に，北落ちの正断層が卓越していることが確かめられた。

### 6.1 各測線で確認された断層など

T1 測線では，測位点 15 付近に，海底下 10 ミリ秒 (約 8 m) 付近にまで達する北落ちの正断層が認められる (第 32 図)。この断層は，パラメトリック方式

の高分解能音波探査の結果（東海大学，2010；坂本ほか，2010）を考慮すると，長崎県（2003, 2005）のF-4'断層及び地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）のF4断層の西方延長に当たると判断される（第31図）．このほかに，測線の北側から，測位点16付近と同5付近に北落ちの断層，測位点2-1間に南落ちの断層が認められる．

T2測線では，測位点9-10間，10-11間，13付近，19付近，22-23間及び29-30間に，海底下10ミリ秒（約8m）以浅にまで達する北落ちの正断層が認められる（第33, 34図）．また，測位点6-7間には，海底下15ミリ秒付近の不整合面（最終氷期の海面低下期に形成されたと推定される）より上位の地層の変位の有無は明らかでないが，不整合面より下位の反射面に北落ちの変位を与える断層が認められる．さらに，測位点12付近，24付近及び32付近には，南落ちの正断層が認められる．

T3測線では，測線の北側から，測位点30付近，29付近及び21付近に，海底下10ミリ秒（約8m）以浅にまで達する北落ちの正断層が認められる（第35図）．また，測位点26-27間には，同様に海底下10ミリ秒（約8m）以浅にまで達する南落ちの正断層が認められる．

T4測線では，不明瞭ながら，測位点4付近において，海底下20ミリ秒（約16m）以深の反射面が南落ちに変位している可能性がある（第36図）．また，測位点6付近には，海底下10ミリ秒（約8m）付近に達する北落ちの断層が確認され，その約80m北側には，やや不明瞭ながら，南落ちの断層が認められる．測位点6付近より南では，音波散乱層のため，反射波データが得られなかった．

T5測線では，測線南半部には音波散乱層が広く分布し，反射波データが殆ど得られていない．測線の北半部についても，全般に音波の透過性が悪く，データの質は低い．測位点22-24付近には海底にまで達する古期層の高まりが認められ，その北縁に北落ちの正断層，南縁に南落ちの正断層が存在する可能性がある（第37図）．

橘湾奥の最も東側に位置するT6測線では，測線の北半部においては概ね反射波データが得られ，北側から，測位点21付近，20付近，19-20間，18-19間及び16付近に，いずれも海底下10ミリ秒（約8m）以浅にまで達する北落ちの正断層が認められた（第38図）．

T1測線の南側に南北方向に設定したWT2測線では，南落ちの正断層と北落ちの正断層のペアからなる小規模な地溝状構造が，測線北部より，測位点15-17間，8-10間，3-5間，及び2-3間に認められる（第39図）．これらの地溝状構造を形成する断層の多くは海底下10ミリ秒（約8m）以浅にまで達している．これらの断層は，地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）の雲仙断層群南西部の北部に含まれ，

確認された位置は既往調査結果と整合している．

## 6.2 断層などの連続性の検討

国土地理院（1988），海上保安庁水路部（1994），松岡・岡村（2000）及び長崎県（2003, 2005）の既往データ，並びにパラメトリック方式の高分解能音波探査の結果（東海大学，2010；坂本ほか，2010）を考慮して，各測線で認められた断層の連続性を検討した（第31図）．

T1測線の測位点15付近の北落ちの断層は，既述のように，長崎県（2003, 2005）のF-4'断層及び地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）のF4断層の西方延長に当たると判断される．この結果，雲仙断層群北部の西端位置は，北緯 $32^{\circ}45'49''$ ，東経 $130^{\circ}03'57''$ となり，地震調査研究推進本部地震調査委員会（2006）の西端位置（国土地理院，1988のデータによる）よりも約400m西南西に延びる．

また，T1測線の測位点5付近の北落ちの断層と測位点1-2間の南落ちの断層は，それぞれ， $N80^{\circ}E$ 及び $N75^{\circ}E$ の方向に，T2測線の測位点29-30間の北落ちの断層，及び同32付近の南落ちの断層に連続すると推定される．これらの断層は既往調査では報告されておらず，今回，新たに確かめられた断層である．

## 7. まとめ

本調査の結果は以下のようにまとめられる．

1) 島原市沖から熊本市沖の島原湾北部にほぼ東西に延びる断層群が確認された．断層群は東西約8kmにわたって追跡され，松岡・岡村（2000）によってN3測線の東側で確認されている断層を含めると，その長さは約10kmに達する．さらに，最も東側のN4測線で確認された断層も加えた場合には約12kmとなる．

2) この断層群は北落ちの正断層と南落ちの正断層からなり，今回の調査範囲では前者が卓越する．この点は，主に南落ちの正断層からなる雲仙断層群北部とは異なっており，島原湾北部で確認された断層群を雲仙断層群北部とは別の断層群に位置づけることを検討する必要がある．

3) 布津沖の断層の東端位置は，音波散乱層のため，確認できなかった．

4) 布津沖の断層の北側1.2~2.5kmの東西幅8kmの海域には， $N70^{\circ}\sim 80^{\circ}E$ 走向，長さ1.5~2km程度の，3条の右雁行配列する南落ちの正断層が存在すると推定される．これらの断層と布津沖の断層との間は，地溝状を呈している．

5) 宇土半島太田尾沖のS6測線では，これまで知られていなかった北落ち及び南落ちの正断層が確認された．

6) 長崎県（2003, 2005）のF-4'断層（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2006のF4断層）は，

同委員会の西端位置よりも約 400 m 西南西方向に延びていることが確認された。

**謝辞** 本調査を実施するに当たり，長崎県危機管理防災課，長崎県水産部，熊本県危機管理・防災消防総室，熊本県農林水産部，長崎県漁業協同組合連合会，熊本県漁業協同組合連合会，長崎県南北高海区漁業協同組合長会，長崎県橘湾漁業振興対策協議会，熊本県漁連第一部会，同第二部会のご関係の皆様には，調査の計画段階から御協力・ご指導を賜りました。また，調査船の借り上げと調査の実施に際しては，布津町漁業共同組合と橘湾中央漁業協同組合に御協力・ご尽力を賜りました。更に，本調査を行うに当たり，千葉大学理学部の伊藤谷生教授，東海大学海洋学部の坂本 泉准教授，地域地盤環境研究所の越後智雄氏，長崎大学教育学部の長岡信治教授，川崎地質株式会社の荒井良祐氏，沿岸海洋調査株式会社の藤巻三樹雄氏をはじめとする，関係の研究者・海洋調査技術者の皆様には，多くの議論やご教示を戴きました。ここに記して，以上の皆様に篤く御礼申し上げます。

## 文 献

- 千田 昇 (1979) 中部九州の新时期地殻変動—とくに第四紀火山岩分布地域における活断層について—。岩手大学教育学部研究年報, 39, 37-75.
- 伊藤谷生・長岡信治・早川 信・千葉貴彰・金田平太郎・駒田希充・宮内崇裕・杉山雄一・岡村行信・坂本 泉・越後智雄・荒井良祐 (2010) 沿岸海域活断層調査「雲仙断層群」(その1) 海域部深部音波探査の結果。日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集 (CD-ROM), HDS024-P01.
- 本田美智子・岡村 眞・松岡裕美・原口 強・中村俊夫 (1995) 九州北西部の橘湾における音波探査とピストンコアリングによる海底活断層活動履歴の復元。月刊地球, 17, 506-514.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) 雲仙断層群の長期評価の一部改訂について。(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/06may\_unzen/index.htm)
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005) 雲仙断層群の長期評価について。(http://www.jishin.go.jp/main/chousa/06may\_unzen/index.htm)
- 金子史朗 (1973) 火山と広域応力場。地理, 19, 95-103.
- 海上保安庁水路部 (1994) 海底地質構造図・海底地形図・海底地形地質調査報告「橘湾」。沿岸の海の基本図 (5 万分の 1), 6348 (1), 58p.
- 海上保安庁水路部 (1996) 海底地質構造図・海底地形図・海底地形地質調査報告「島原湾」。沿岸の海の基本図 (5 万分の 1), 6348 (2), 60p.
- 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, 363p.
- 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, 437p.
- 国土地理院 (1982) 沿岸海域基礎調査報告書 (島原地区)。国土地理院技術資料, D・3-No. 38, 195p.
- 国土地理院 (1988) 沿岸海域基礎調査報告書 (肥前小浜地区)。国土地理院技術資料, D・3-No. 59, 153p.
- 国土地理院 (1997) 日本の地殻水平歪 I. 1994-1985, II. 1994-1883. 国土地理院技術資料 F・1-NO. 10.
- 熊本県 (1996) 平成 7 年度地震調査研究交付金 布田川断層・立田山断層に関する調査成果報告書.
- 九州活構造研究会編 (1989) 「九州の活構造」。東京大学出版会, 553p.
- 松本徭夫 (1979) : 九州における火山活動と陥没構造に関する諸問題。地質学論集, 16, 127-139.
- 松岡裕美・岡村 眞 (2000) 中央構造線系海底活断層の分布形態とその特徴。月刊地球号外, 31, 110-116.
- 松岡 暁・堤 浩之・竹村恵二 (2004) 雲仙活断層群の第四紀後期における活動—千々石町におけるトレンチ掘削調査と普賢岳北斜面で確認された断層露頭の解析—。活断層研究, 24, 199-207.
- 松岡数充・竹村恵二 (1993) 雲仙地溝北縁・千々石断層の過去約 6000 年間の変位—長崎県唐比低地のボーリング調査結果に基づいて—。地質学論集, 41, 43-52.
- 村上文敏 (2007) ショートマルチチャンネル音波探査装置の開発—沿岸海底の高分解能音波探査装置を目指して—。産総研 TODAY, vol. 7, no. 10, p. 30.
- 長崎県 (2003) 「平成 14 年度 地震関係基礎調査交付金 雲仙活断層群に関する調査 成果報告書」。242p.
- 長崎県 (2004) 「平成 15 年度 地震関係基礎調査交付金 雲仙活断層群に関する調査 成果報告書」。1-1-8-1.
- 長崎県 (2005) 「平成 16 年度 地震関係基礎調査交付金 雲仙活断層群に関する調査 成果報告書」。1-1-10-3.
- 坂本 泉・根元謙次・佐野弘弥・滝野義幸・藤巻三樹雄・越後智雄・伊藤谷生・杉山雄一 (2010) 沿岸海域活断層調査「雲仙断層群」(その3) 高分解能地層探査。日本地球惑星科学連合 2010 年大会予稿集 (CD-ROM), HDS024-P03.
- 産業技術総合研究所・千葉大学理学部・東海大学海洋学部・地域地盤環境研究所 (2010) 沿岸海域における活断層調査 雲仙断層群北部 (海域) 及

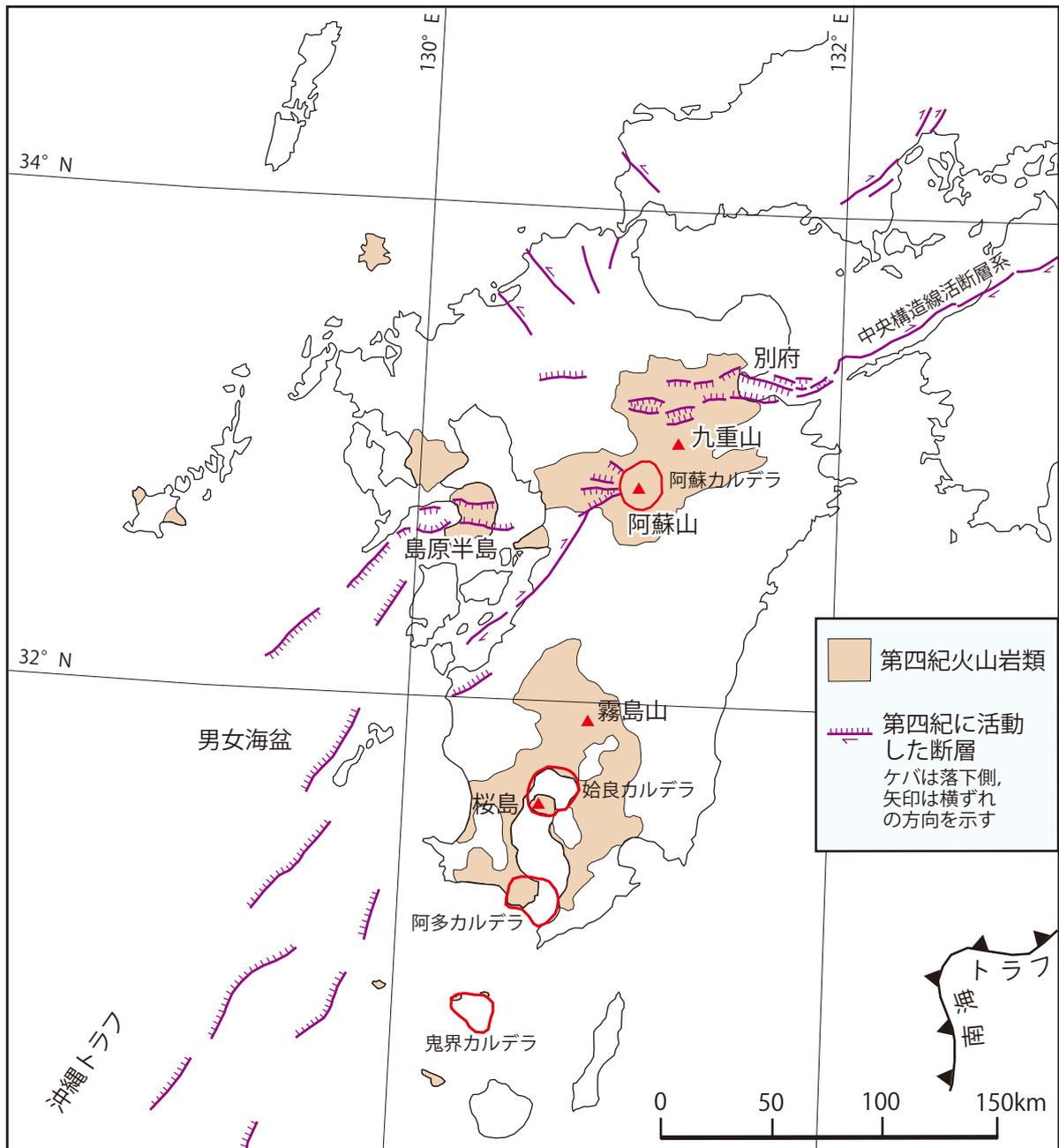
び雲仙断層群南東部（海域）成果報告書．産業技術総合研究所，本文 49p, 図表 134p.  
 清水 洋・松本 聡・植平賢司・松尾紉道・大西正純（2002）雲仙火山における火道探査実験．月刊地球，24, 878-882.  
 東海大学（2010）平成 21 年度沿岸海域における活断層調査報告書．134p.

堤 浩之（1987）雲仙火山地域の活断層．活断層研究，4, 55-64.  
 脇田浩二・岡村行信・栗田泰夫（1992）日本地質構造図(300 万分の 1)．日本地質アトラス(第 2 版)，地質調査所.

(受付：2010 年 7 月 22 日，受理：2010 年 9 月 3 日)

第 1 表．音波探査の主要諸元.  
 Table 1. Main sonic survey parameters.

調査方式		ブーマー方式
送信部	送波器（音源）	ブーマー 電磁誘導振動素子 1 個 送信電圧：3.55 kV
	発振エネルギー	約 200 J
	送波器の深度	0.3 m
	発振間隔	1.25 m
受信部	受波器の型及び素子数	圧電型振動素子 5 素子 /ch
	チャンネル数	12 ch
	チャンネル間隔	2.5 m
	受波器の深度	0.5 m
デジタル記録	収録時間	次のショットまで．但し，SEGY 変換時に 0.6 sec で切った． (但し S2 測線は 0.55 sec で切った)
	A/D 変換（量子化）	24 bit
	サンプリング周波数	10,000 Hz
モニター記録	受信周波数	500～2,000 Hz
	記録掃引時間	0.2 sec
	記録深度範囲	150 m
	記録方式	感熱
	記録密度	100 line/inch
	有効記録幅	254 mm (10 inches)
測位点間隔		約 125 m
船の速度		約 3～4 ノット

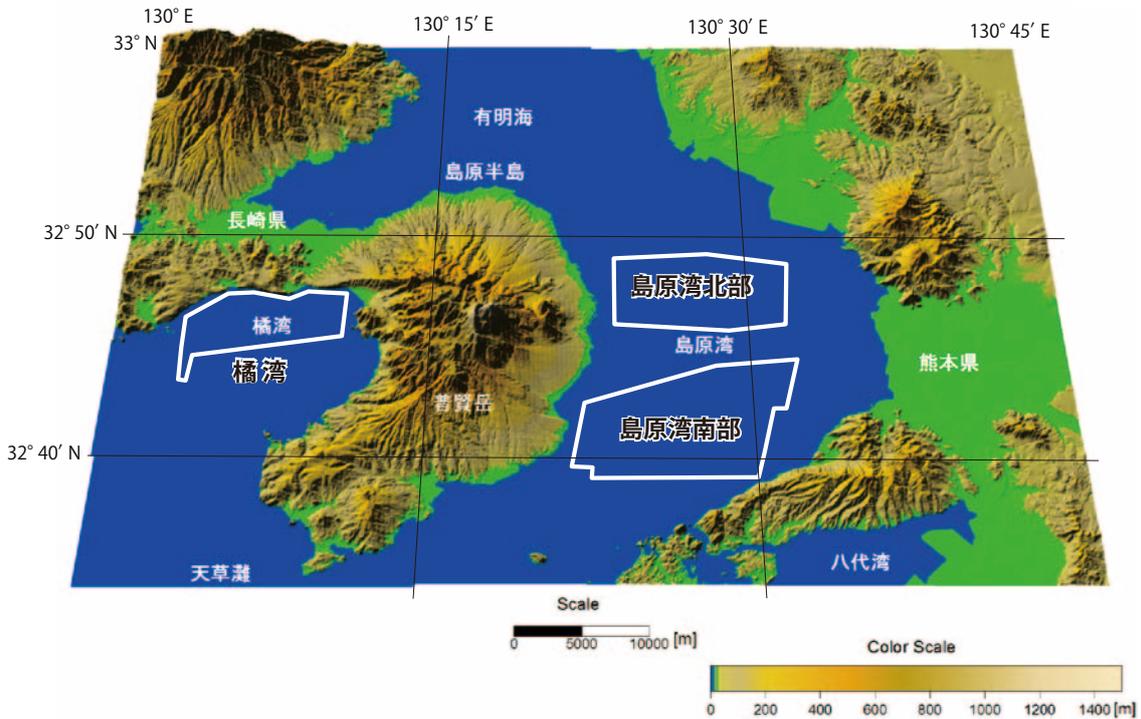


第1図. 九州及びその周辺地域における第四紀火山岩類と第四紀断層の分布. 脇田ほか (1992) に加筆.

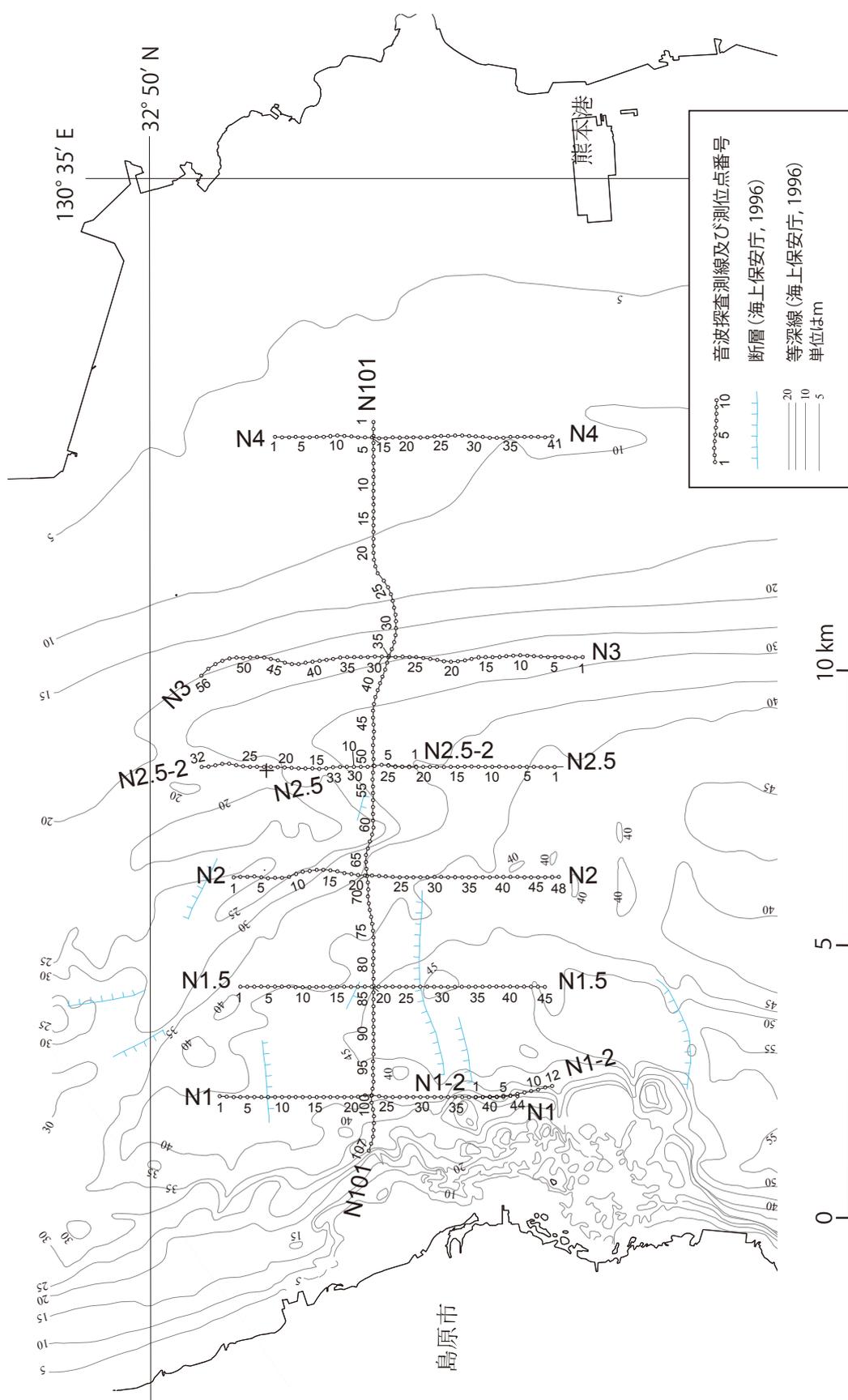
Fig. 1. Distribution of the Quaternary volcanic rocks and Quaternary faults in and around Kyushu, western Japan. Retouched after Wakita et al. (1992).



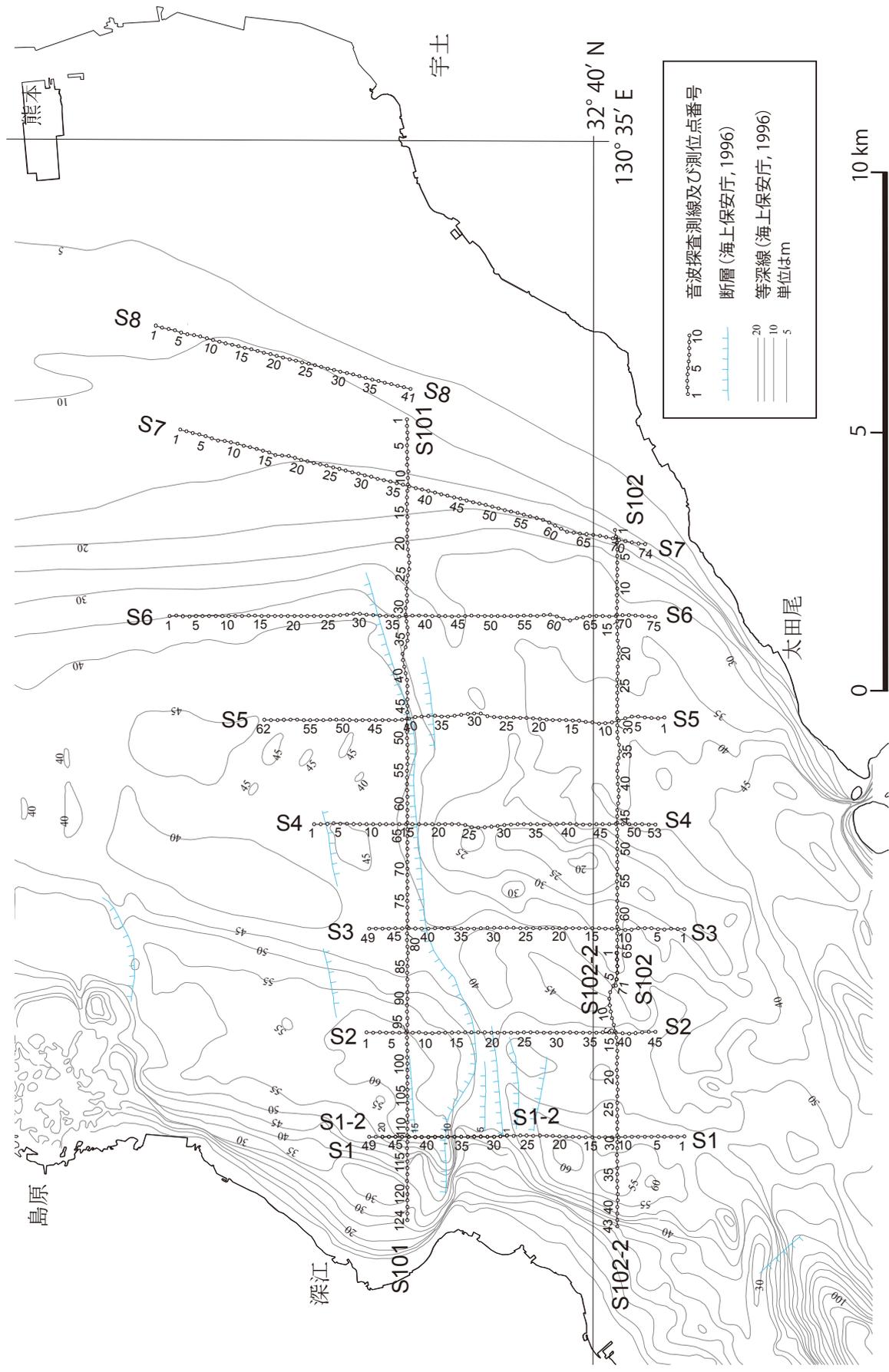
第2図. 雲仙断層群の概要. 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2006) による.  
 Fig. 2. Outline of the Unzen fault zone. After the Earthquake Research Committee, Headquarters for Earthquake Research Promotion (2006).



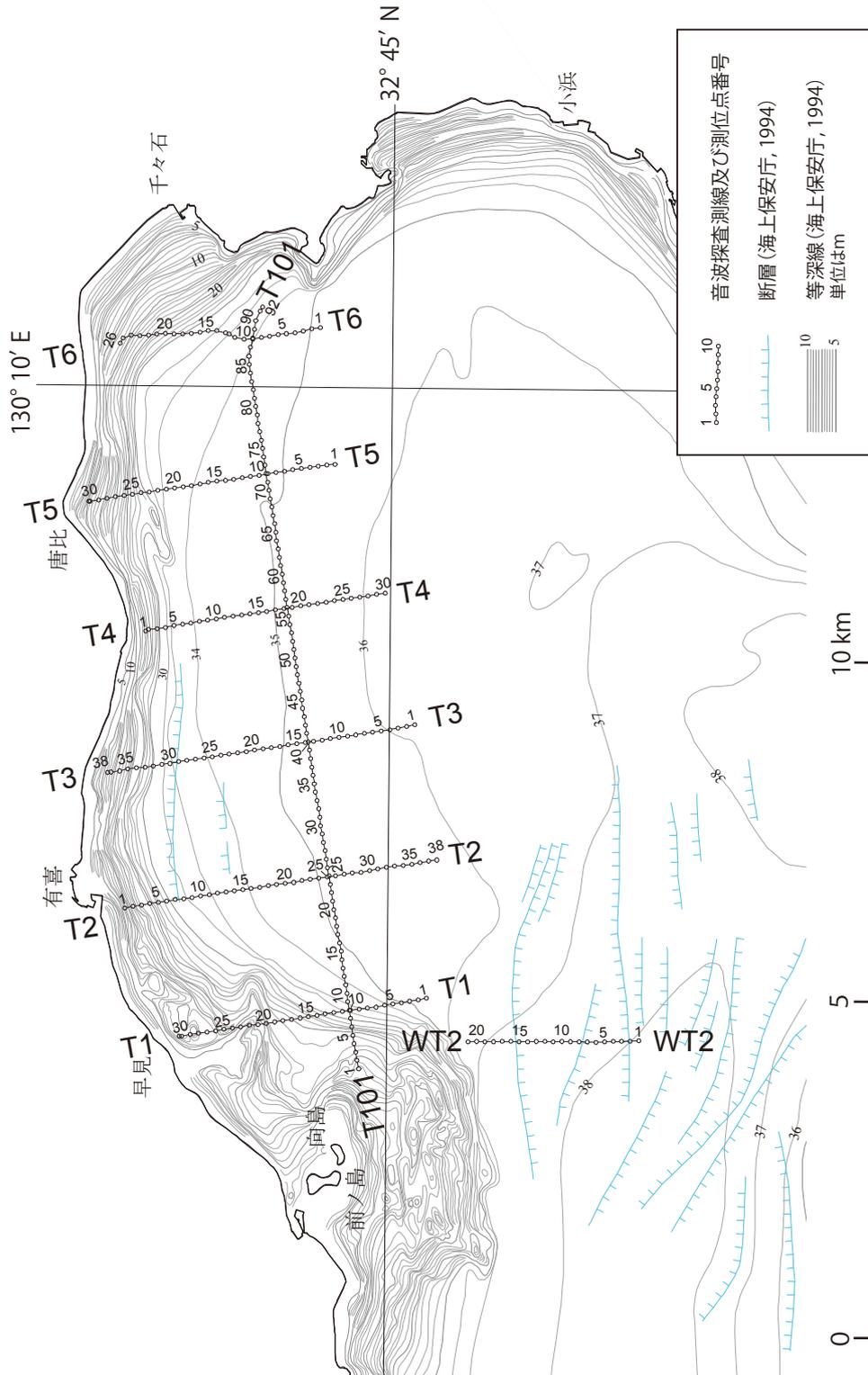
第3図. 調査地域位置図. 基図は東海大学 (2010) による. 国土地理院発行数値地図 50 m メッシュ (標高) を利用.  
 Fig. 3. Location map of the survey area. Base map was created by Tokai University (2010), using DEM data (50 m mesh) published by the Geographical Survey Institute.



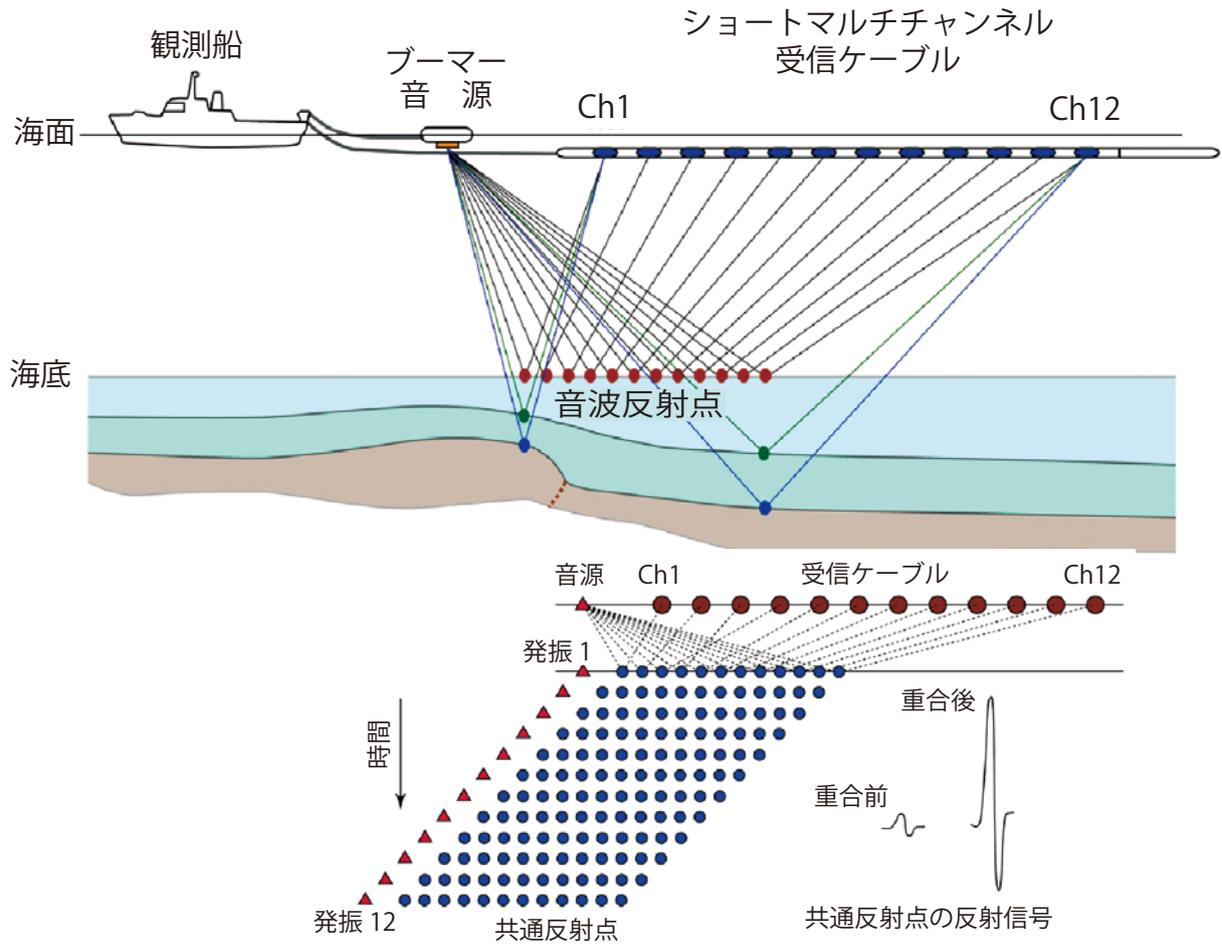
第4図. 島原湾北部測線位置図.  
Fig. 4. Map showing the survey lines in the northern part of Shimabara Bay.



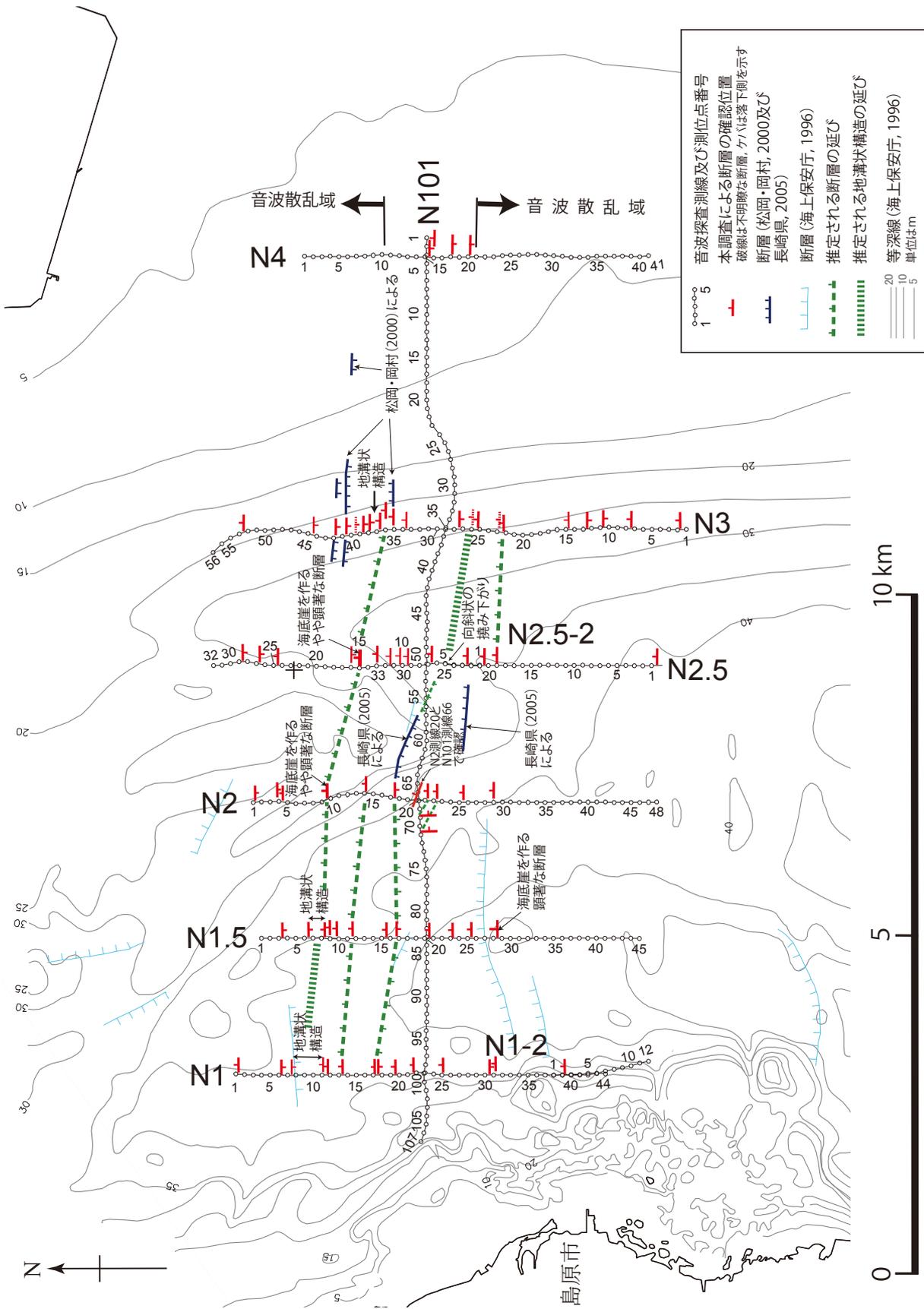
第5図. 島原湾南部測線位置図.  
Fig. 5. Map showing the survey lines in the southern part of Shimabara Bay.



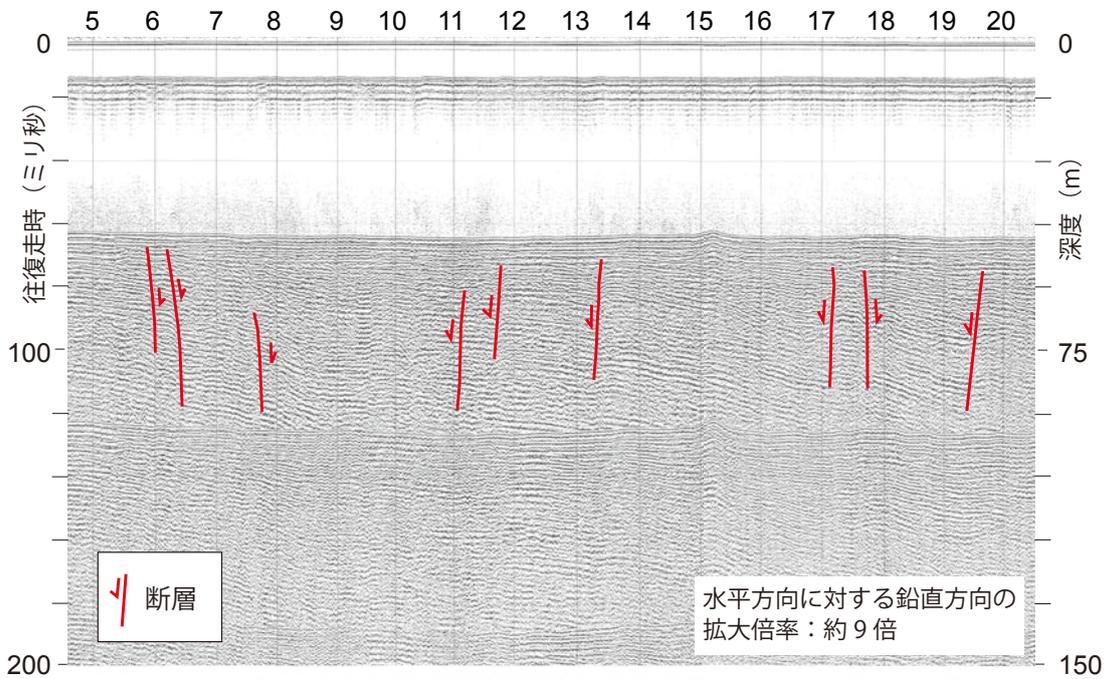
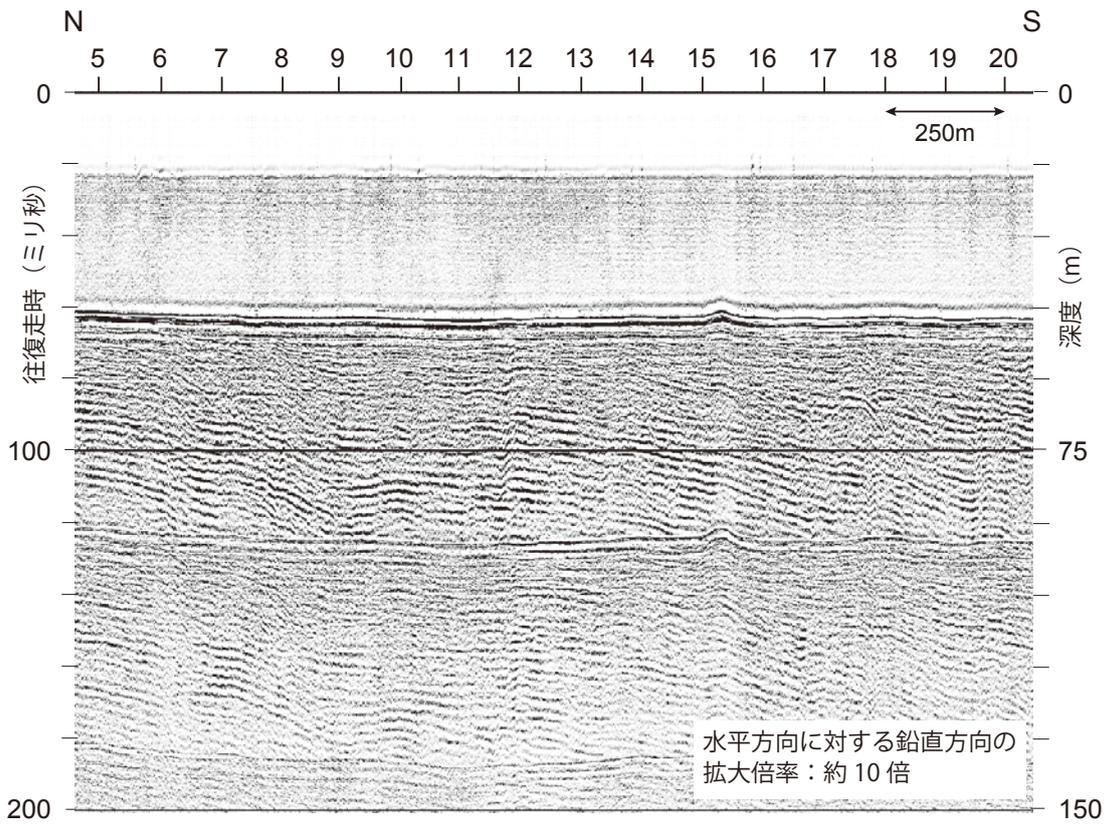
第 6 図. 橘湾の測線位置図.  
Fig. 6. Map showing the survey lines in Tachibana Bay.



第7図. ブーマー・ショートマルチチャンネル探査の模式図. 村上 (2007) による.  
Fig. 7. Simplified illustration of short multichannel sonic survey using a boomer source. After Murakami (2007).

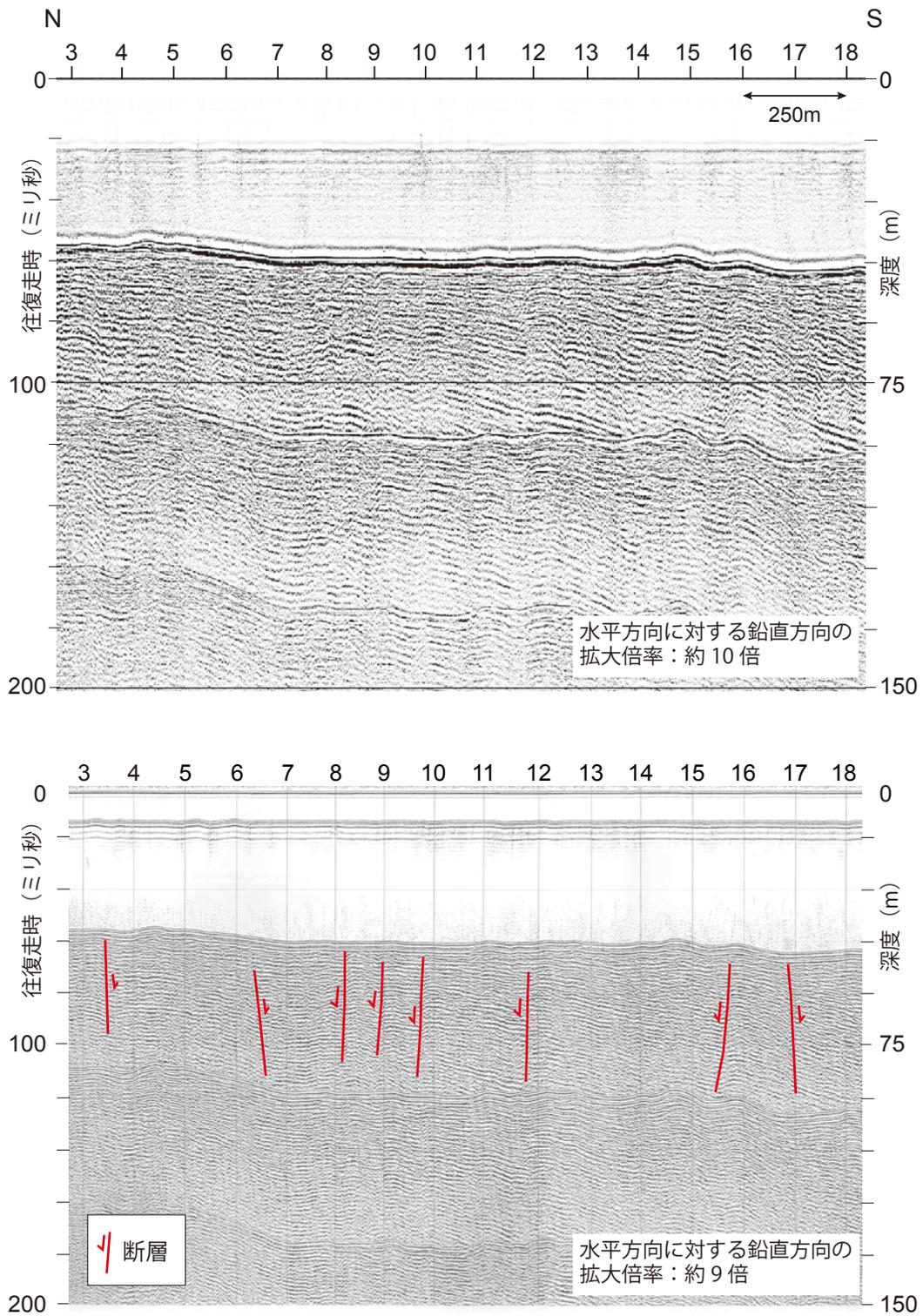


第8図. 島原湾北部における断層確認位置.  
 Fig. 8. Map showing locations where a fault was identified by the preset sonic survey in the northern part of Shimabara Bay.

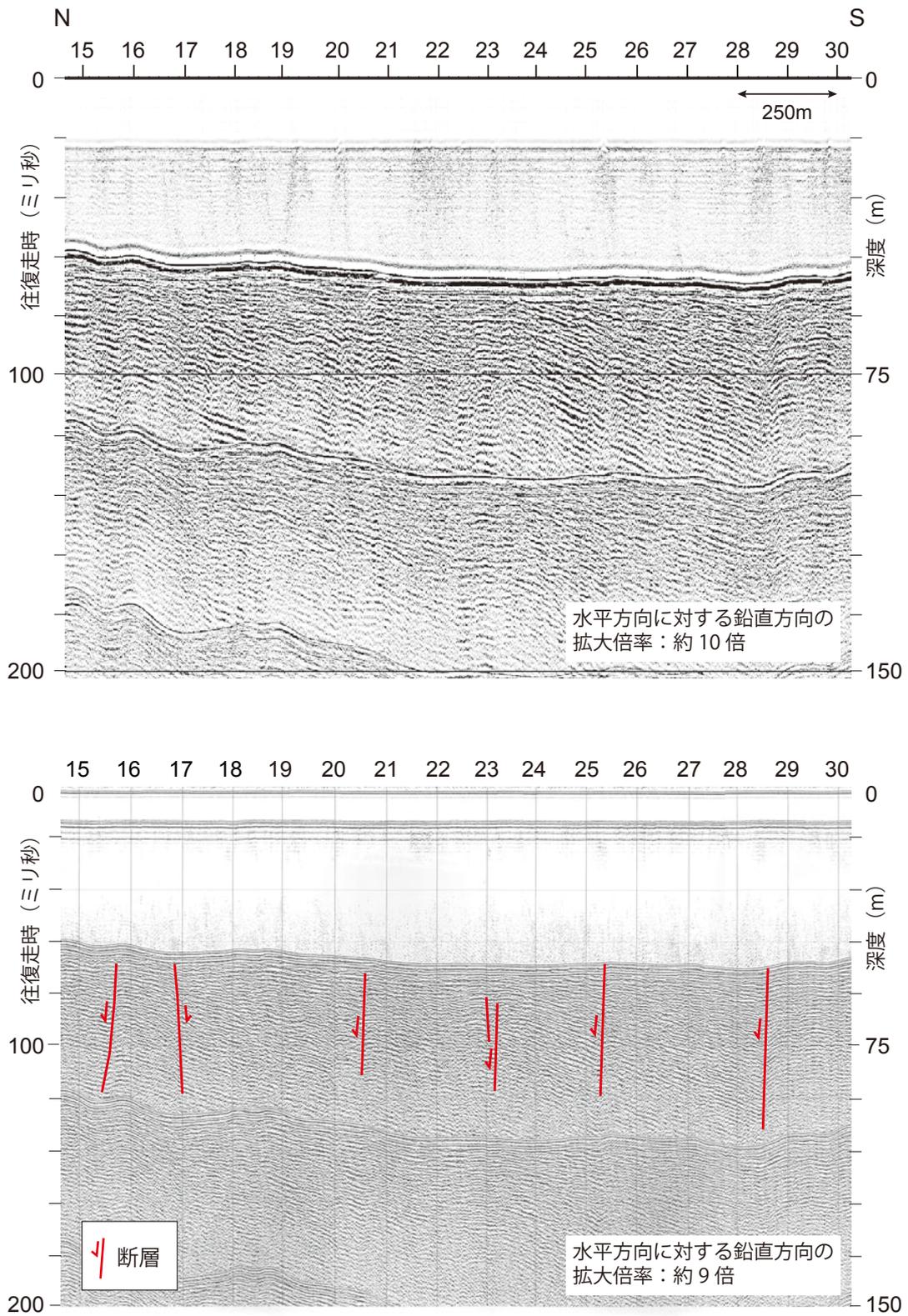


第9図. N1 測線 測位点 5~20 の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

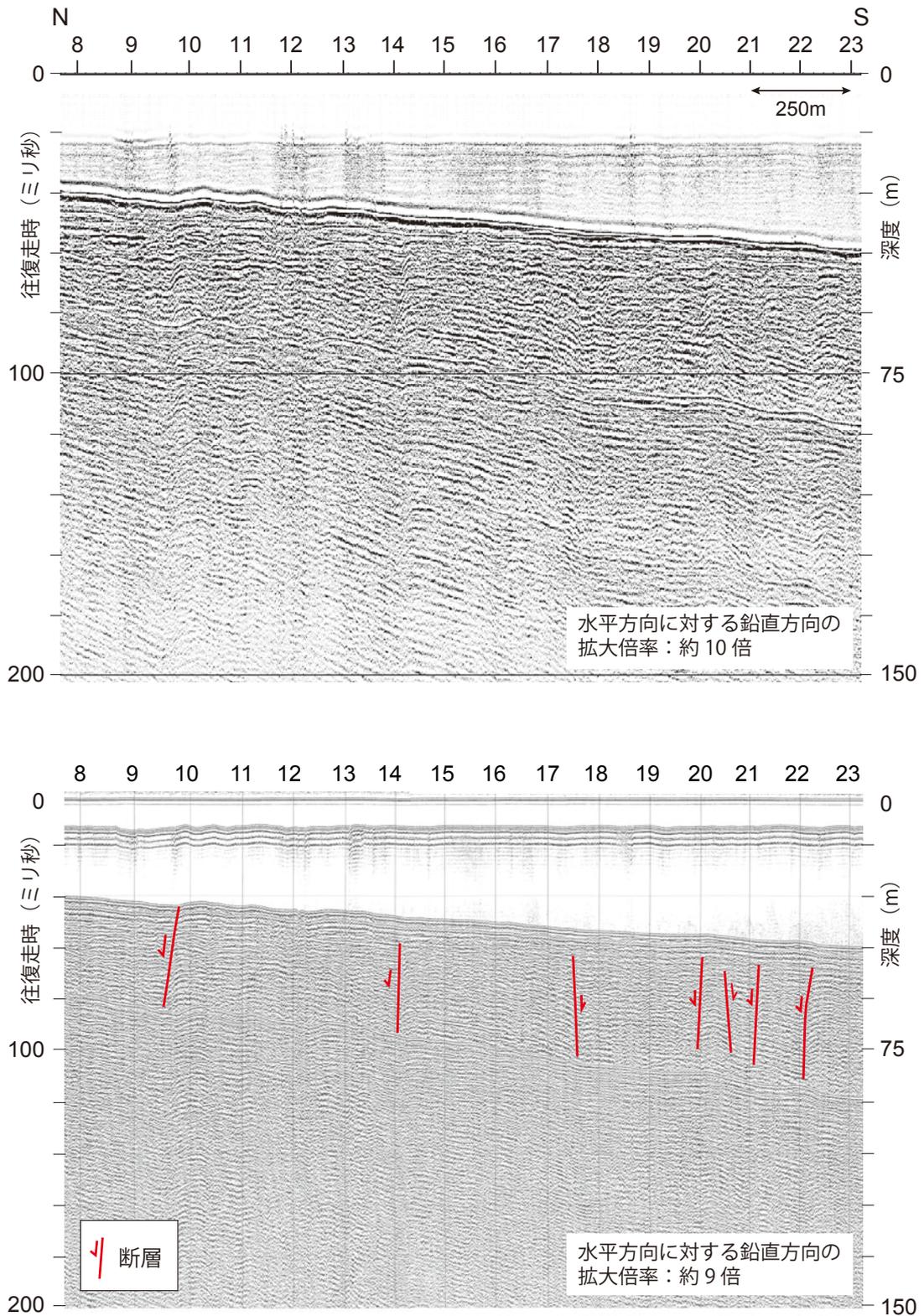
Fig. 9. Sonic profiles from Loc. 5 to Loc. 20 of Line N1. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



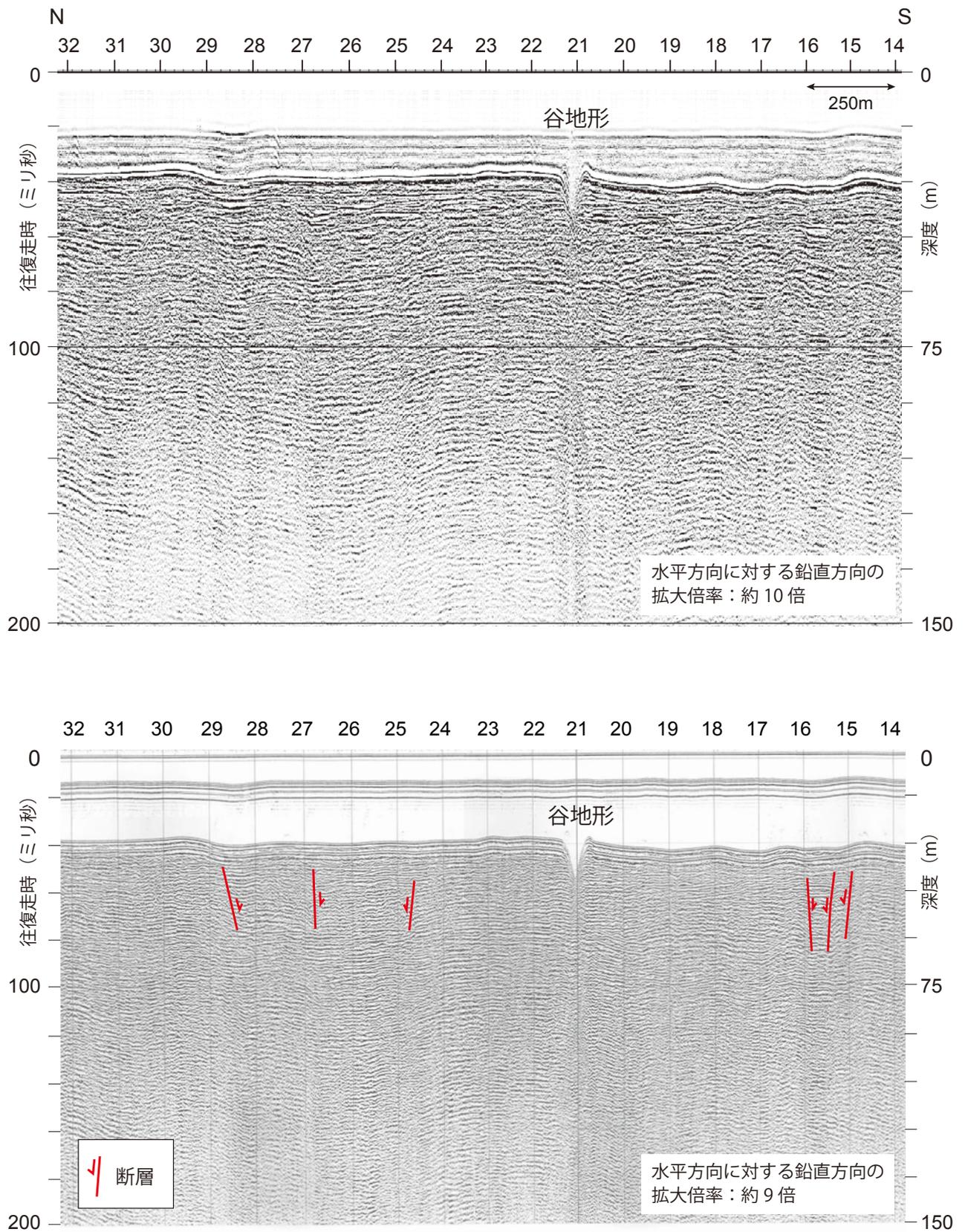
第 10 図. N1.5 測線 測位点 3~18 の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.  
 Fig. 10. Sonic profiles from Loc. 3 to Loc. 18 of Line N1.5. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



第11図. N1.5測線 測位点15~30の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.  
 Fig. 11. Sonic profiles from Loc. 15 to Loc. 30 of Line N1.5. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

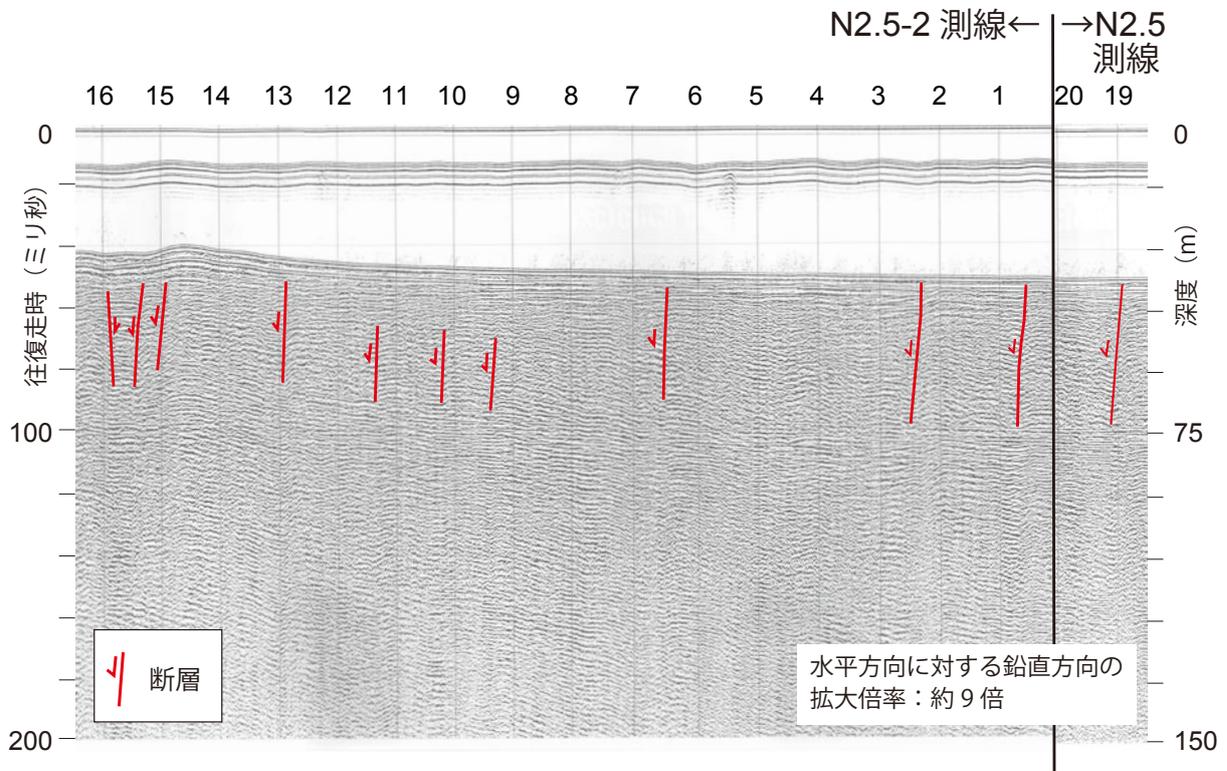
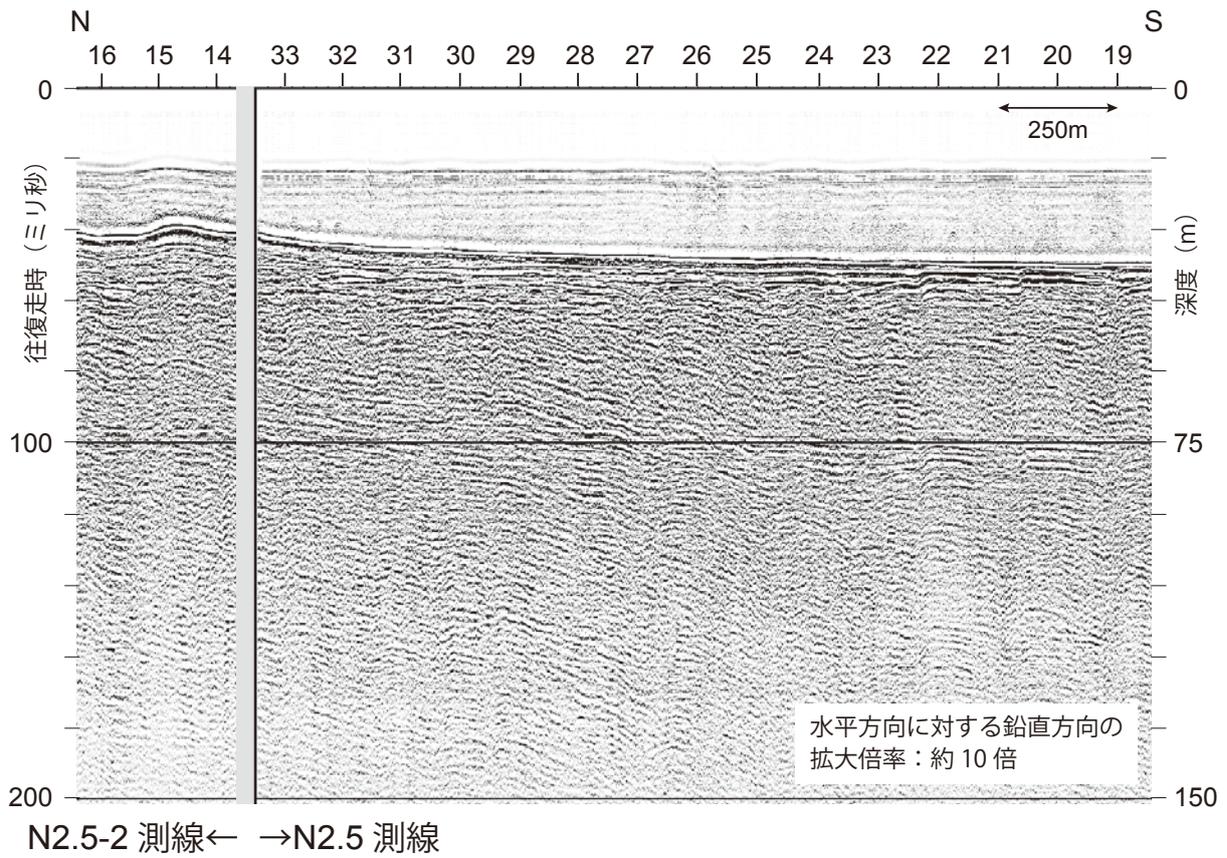


第12図. N2測線 測位点8~23の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.  
 Fig. 12. Sonic profiles from Loc. 8 to Loc. 23 of Line N2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



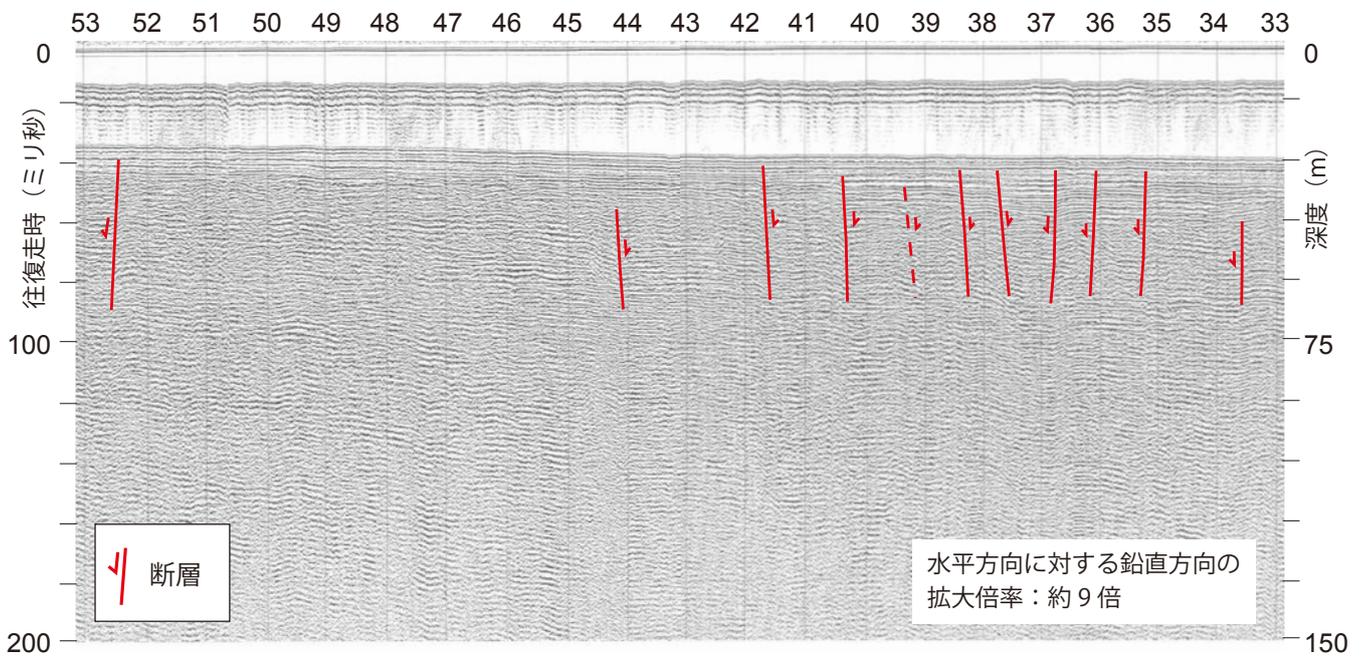
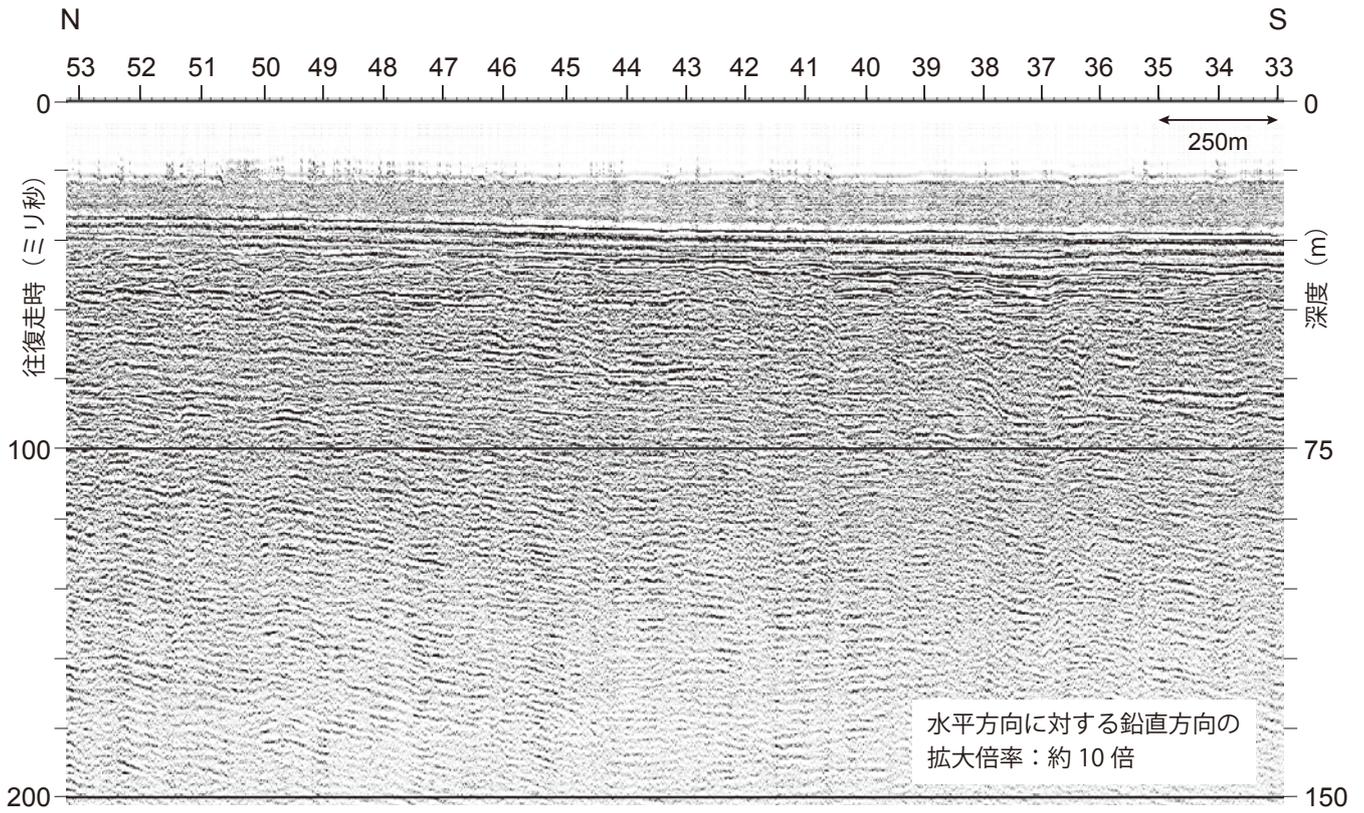
第13図. N2.5-2 測線 測位点 14~32 の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 13. Sonic profiles from Loc. 14 to Loc. 32 of Line N2.5-2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



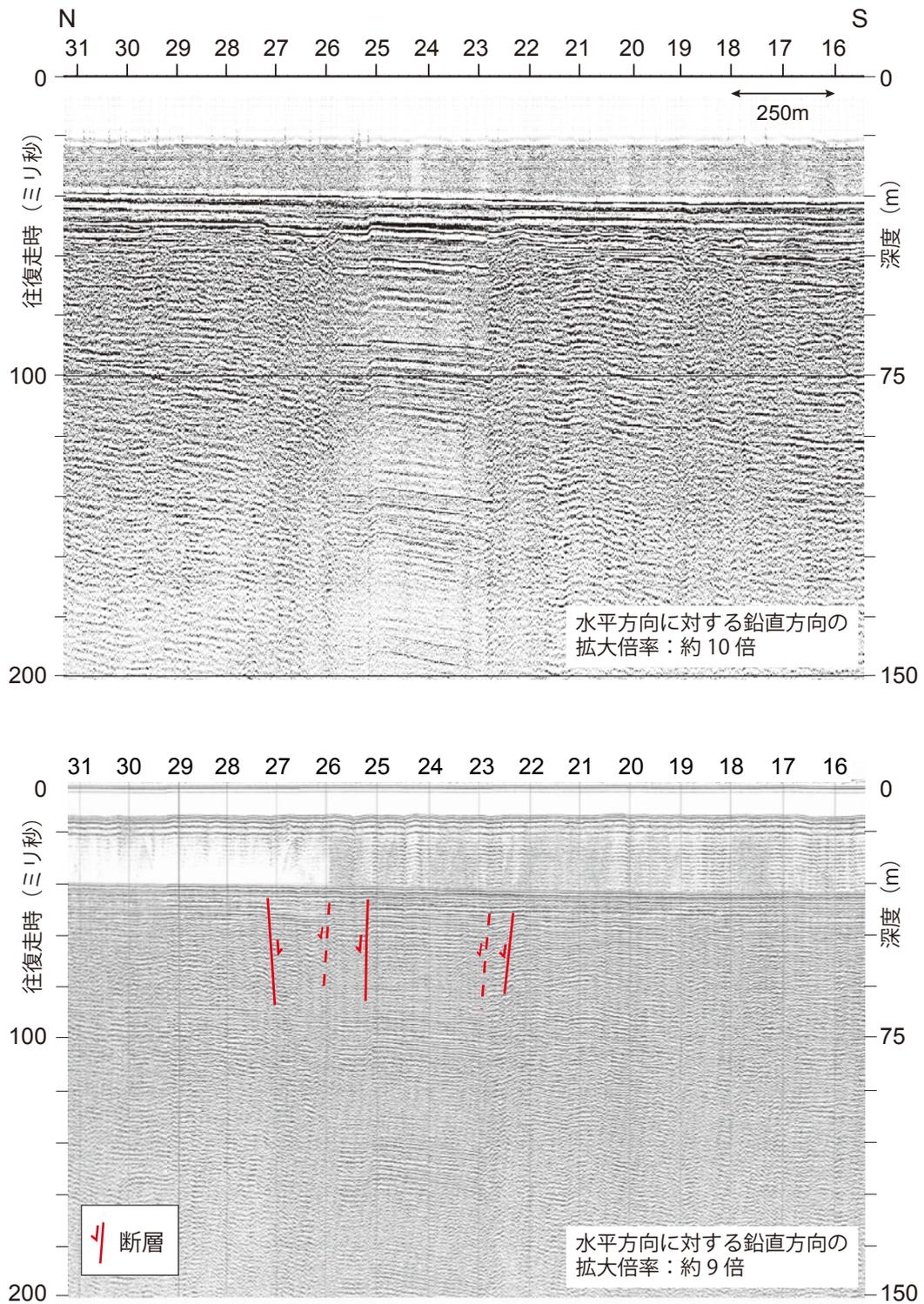
第 14 図. N2.5-2 測線 測位点 1~16, 及び N2.5 測線 測位点 19~20 の音波探査記録. 上: 重合断面,  
下: モニター記録.

Fig. 14. Sonic profiles from Loc. 1 to Loc. 16 of Line N2.5-2, and Loc. 19 to Loc. 20 of Line N2.5. Top:  
profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

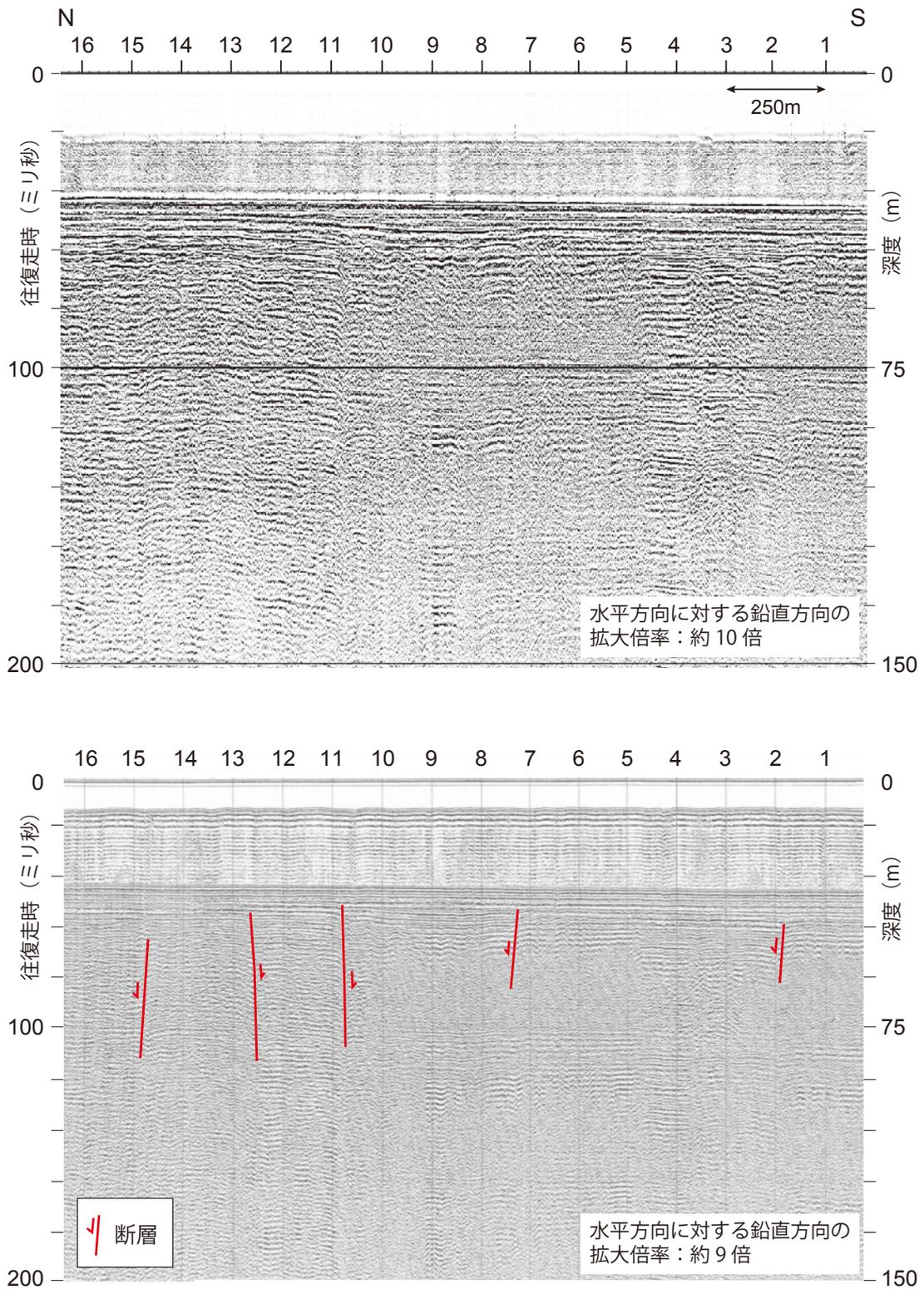


第 15 図. N3 測線 測位点 33~53 の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 15. Sonic profiles from Loc. 33 to Loc. 53 of Line N3. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

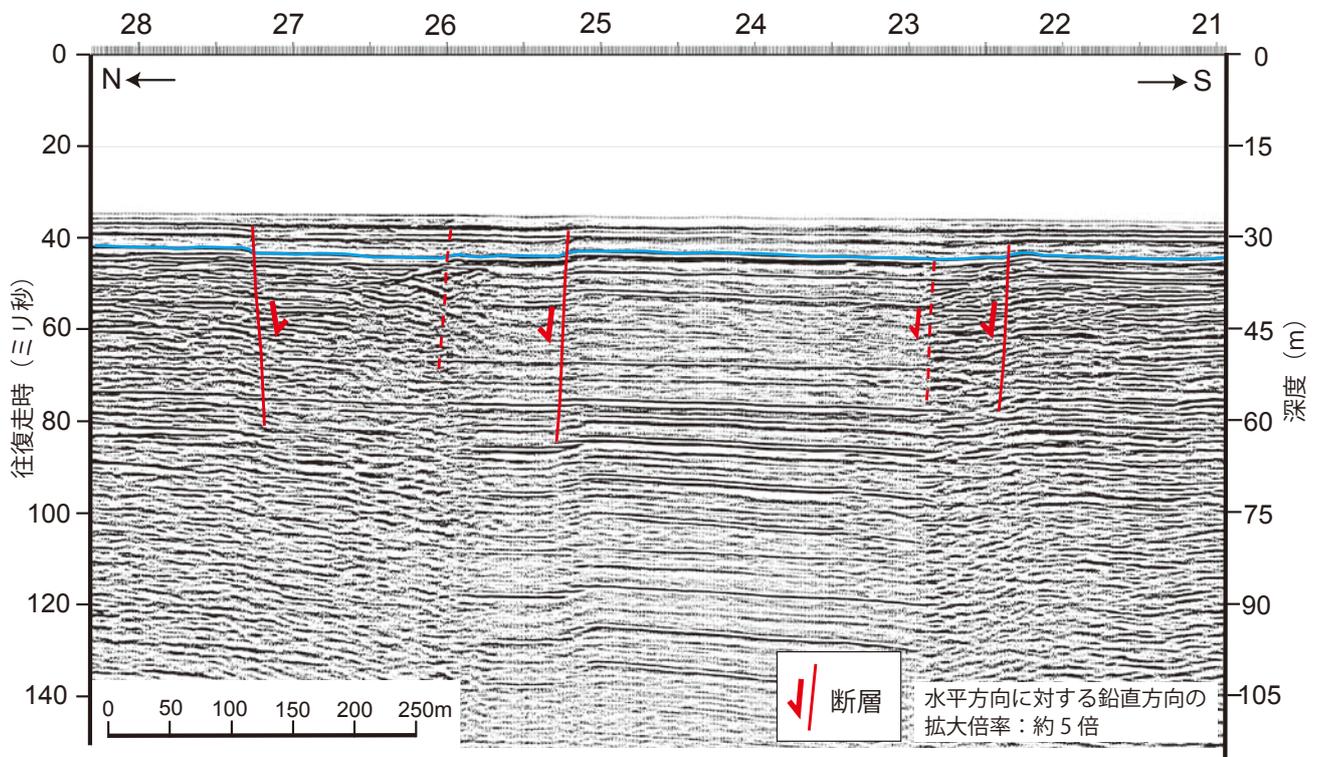
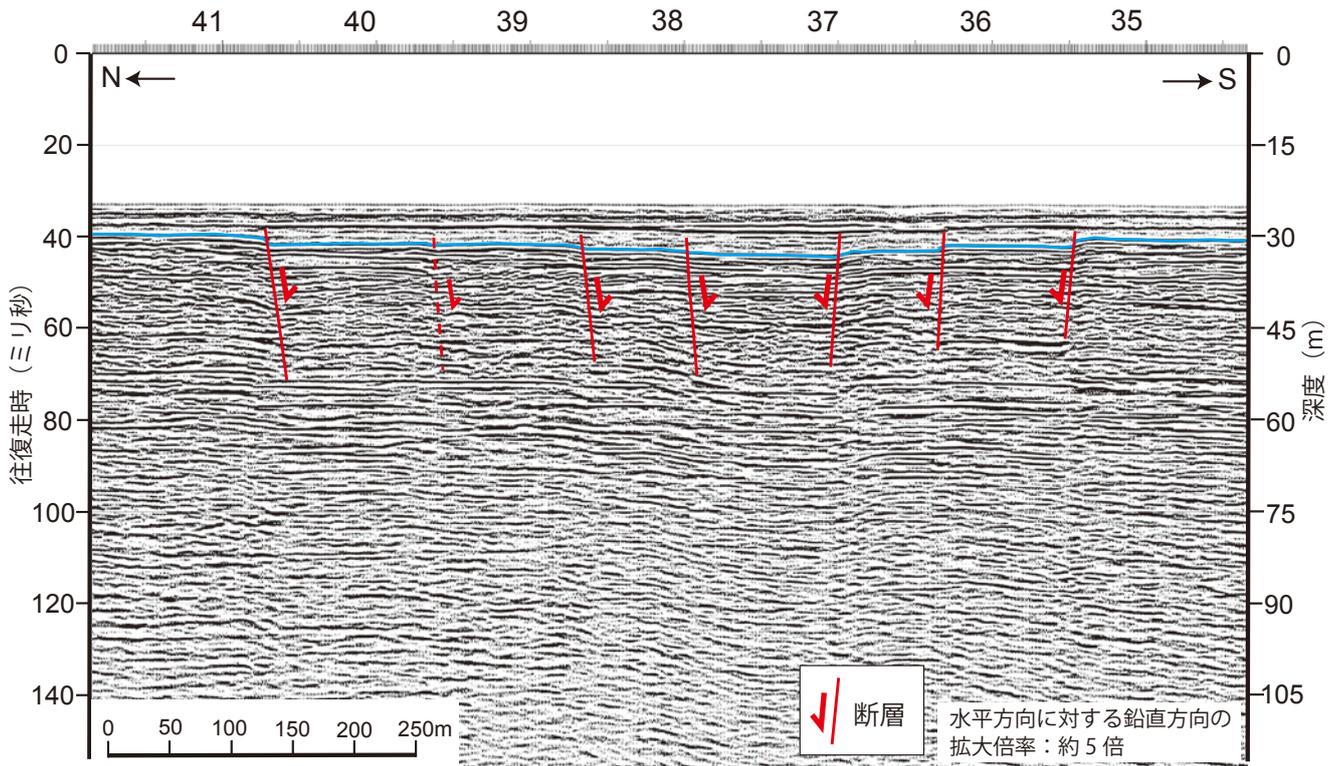


第 16 図. N3 測線 測位点 16~31 の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.  
 Fig. 16. Sonic profiles from Loc. 16 to Loc. 31 of Line N3. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



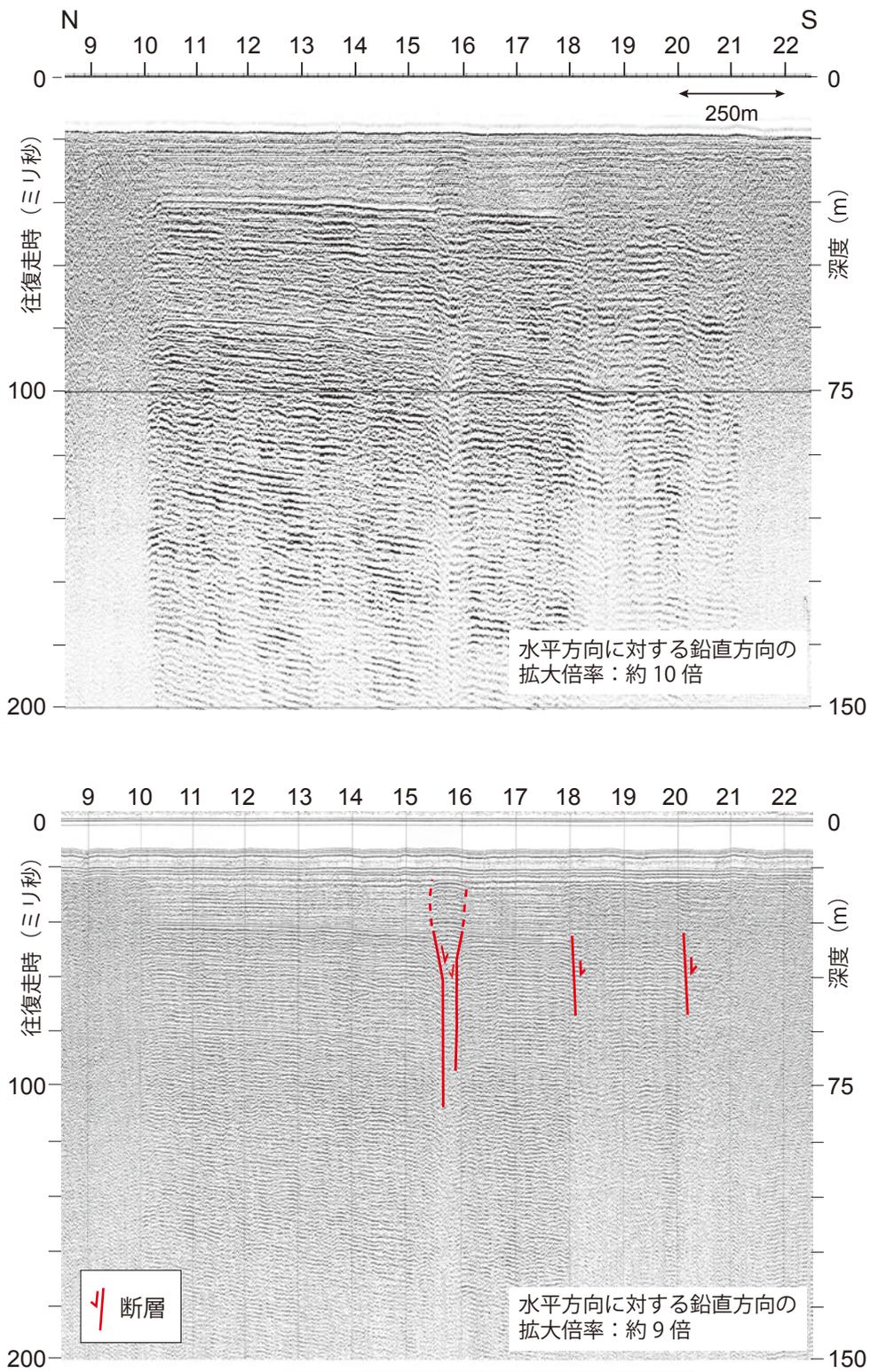
第17図. N3測線 測位点1~16の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 17. Sonic profiles from Loc. 1 to Loc. 16 of Line N3. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile). 第18図. N3測線の再処理断面. 上: 測位点35~41の断面, 下: 測位点21~28の断面. 青色線は沖積層の基底あるいは同層下部と推定される層準.

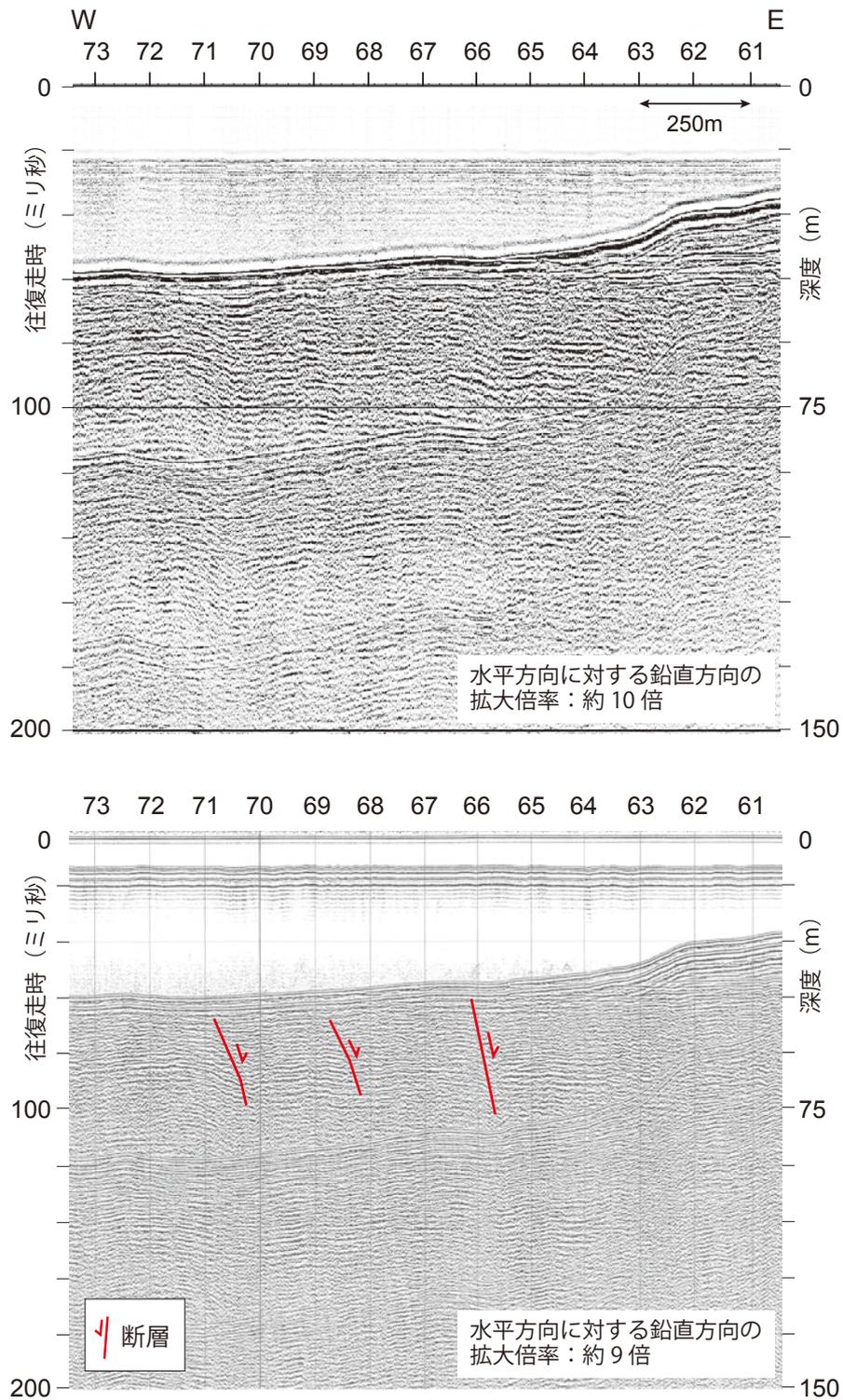


第18図. N3測線の再処理断面. 上: 測位点35～41の断面, 下: 測位点21～28の断面. 青色線は沖積層の基底あるいは同層下部と推定される層準.

Fig. 18. Reprocessed profiles of Line N3. Top: profile from Loc. 35 to Loc. 41, bottom: profile from Loc. 21 to Loc. 28. Blue lines indicate the inferred base or lower horizon of the alluvium.



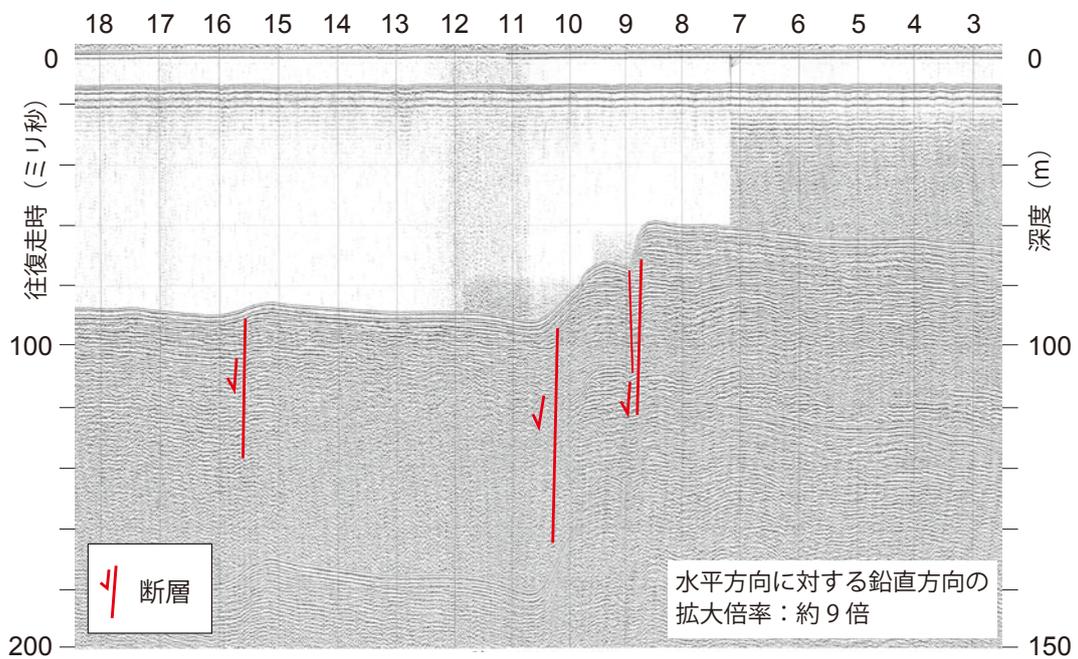
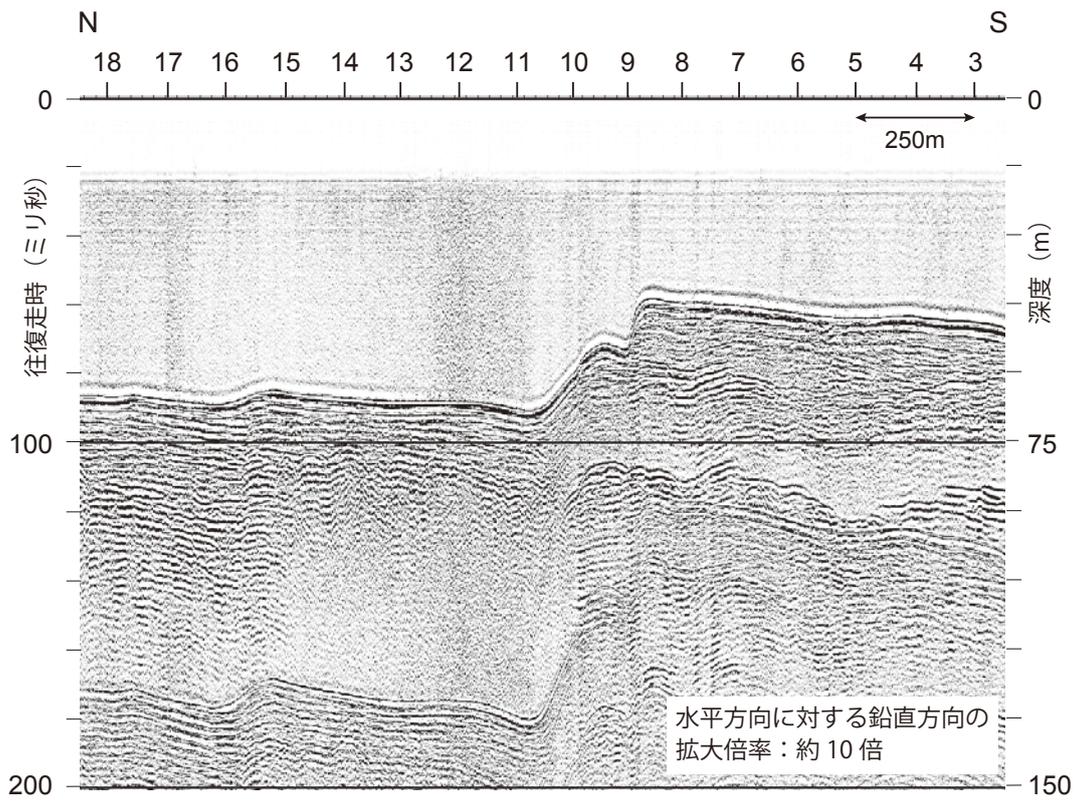
第19図. N4測線 測位点9~22の音波探査記録. 上:重合断面, 下:モニター記録.  
 Fig. 19. Sonic profiles from Loc. 9 to Loc. 22 of Line N4. Top: profile processed by  
 CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



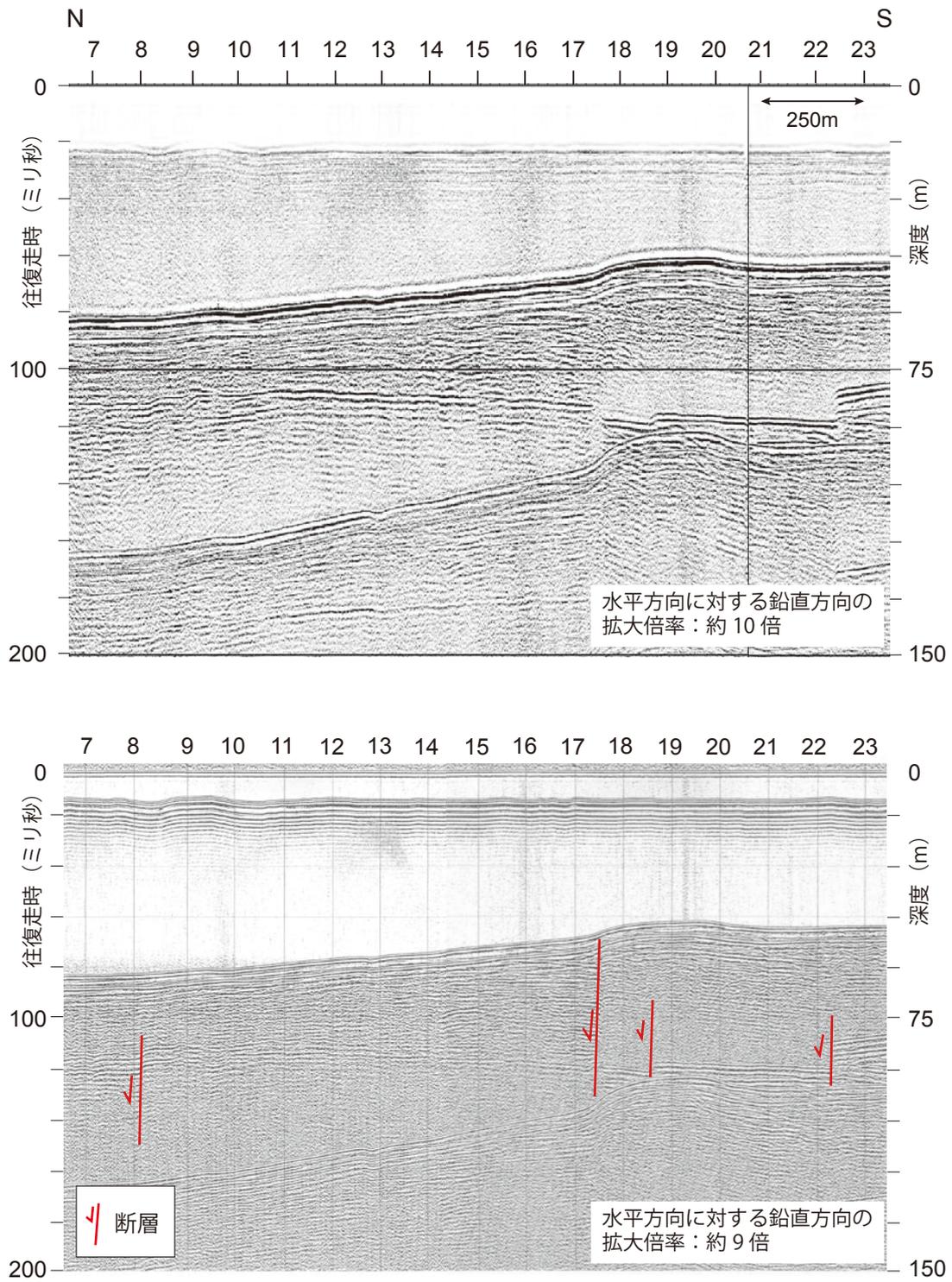
第 20 図. N101 測線 測位点 61~73 の音波探査記録. 上:重合断面,  
下:モニター記録.

Fig. 20. Sonic profiles from Loc. 61 to Loc. 73 of Line N101. Top:  
profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record  
(single-channel profile).

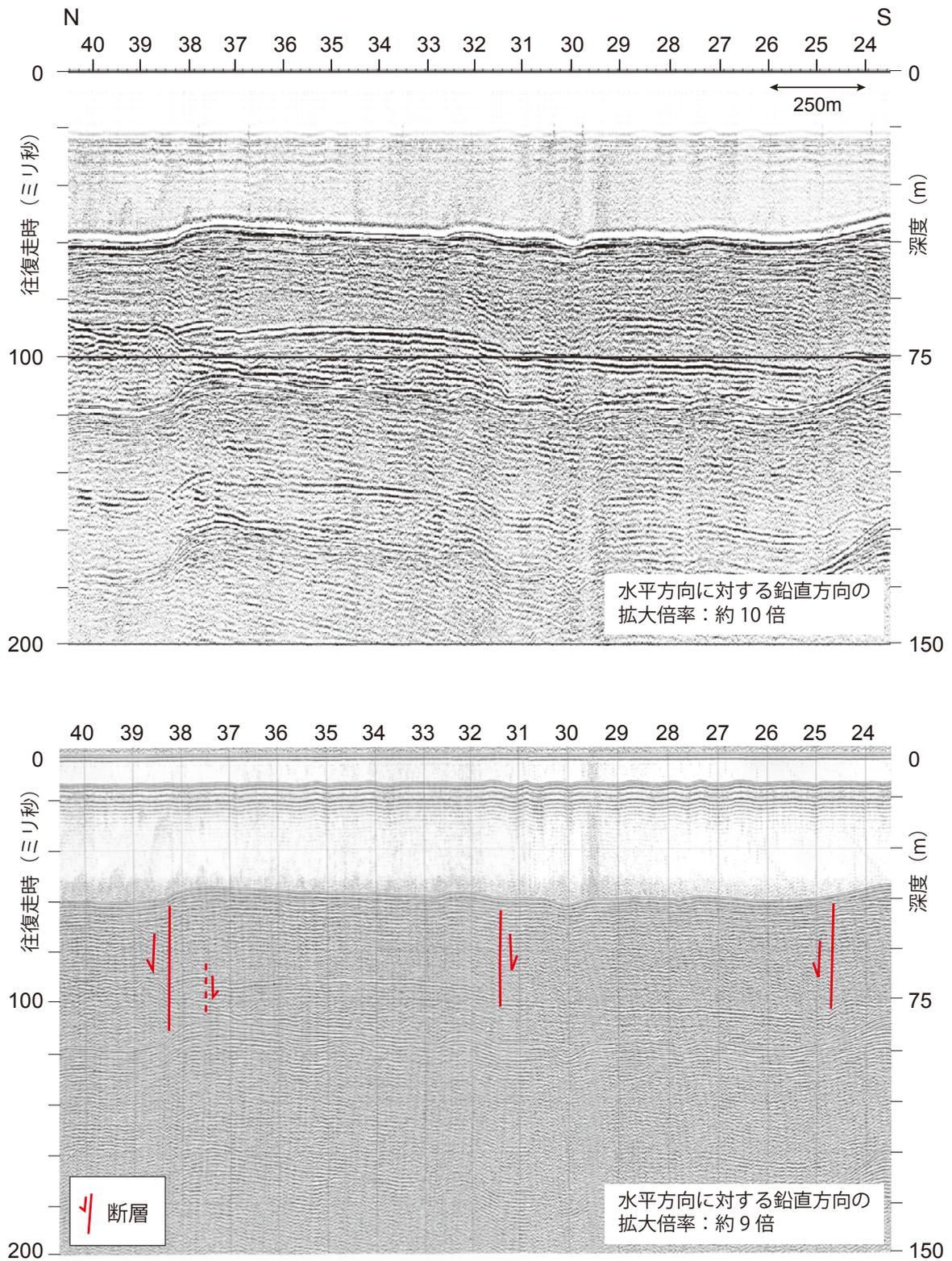




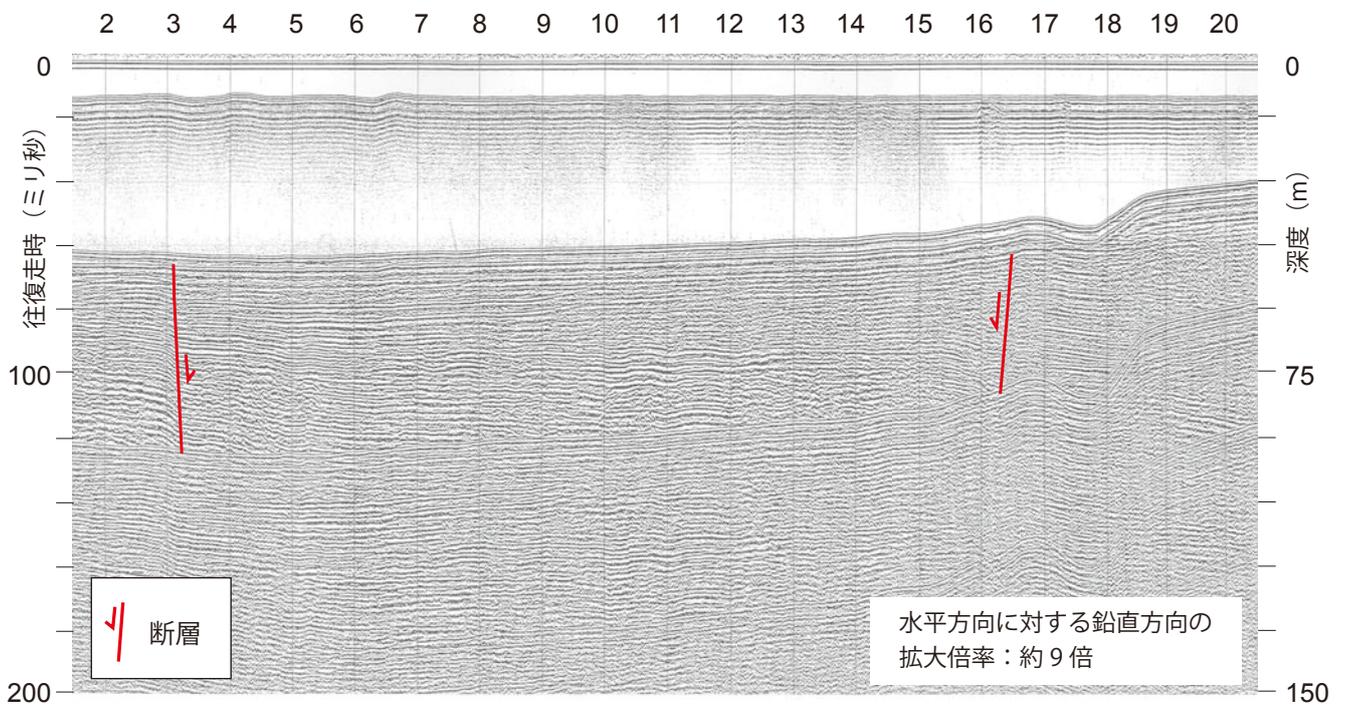
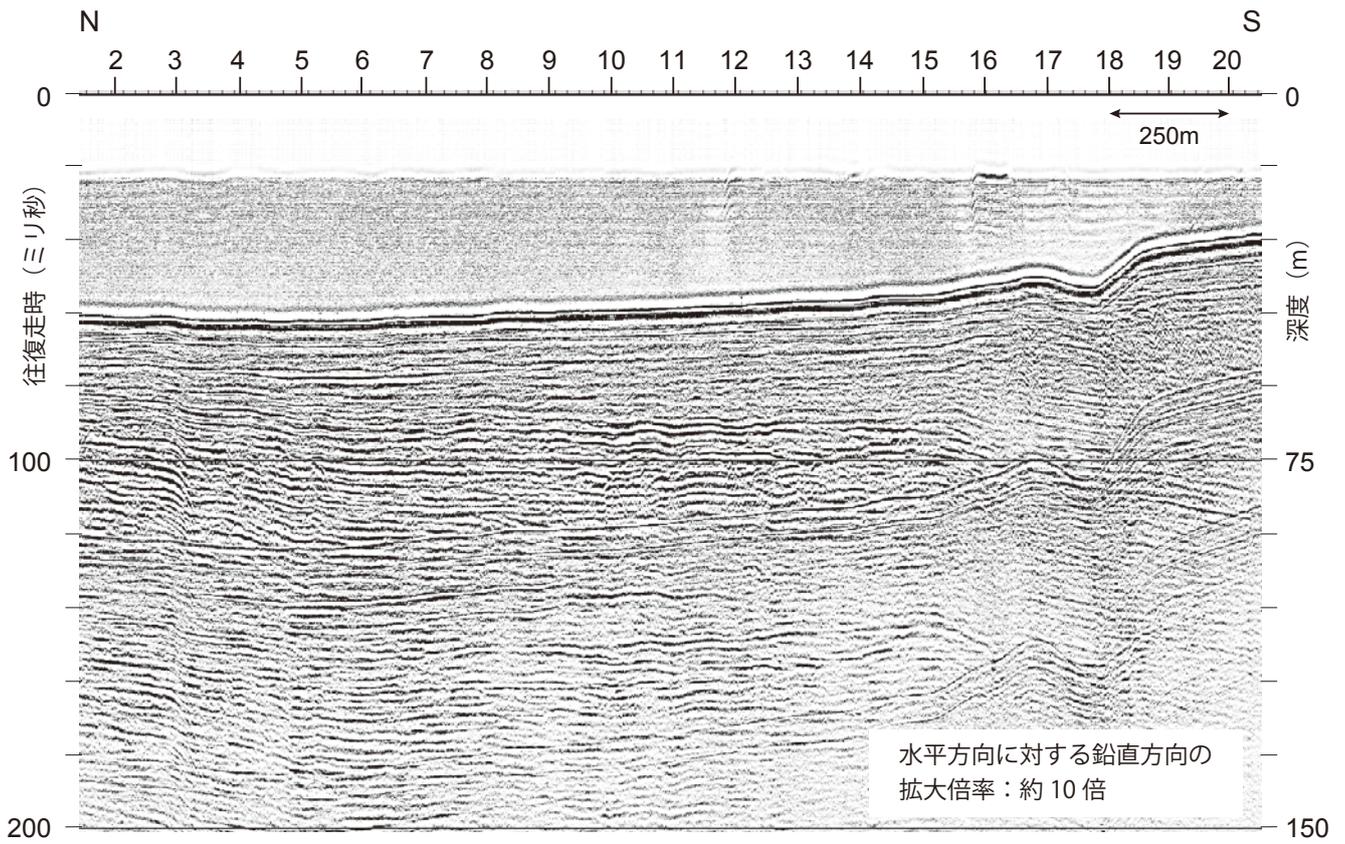
第 22 図. S1-2 測線 測位点 3~18 の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.  
Fig. 22. Sonic profiles from Loc. 3 to Loc. 18 of Line S1-2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



第 23 図. S2 測線 測位点 7~23 の音波探査記録. 上：重合断面, 下：モニター記録.  
 Fig. 23. Sonic profiles from Loc. 7 to Loc. 23 of Line S2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

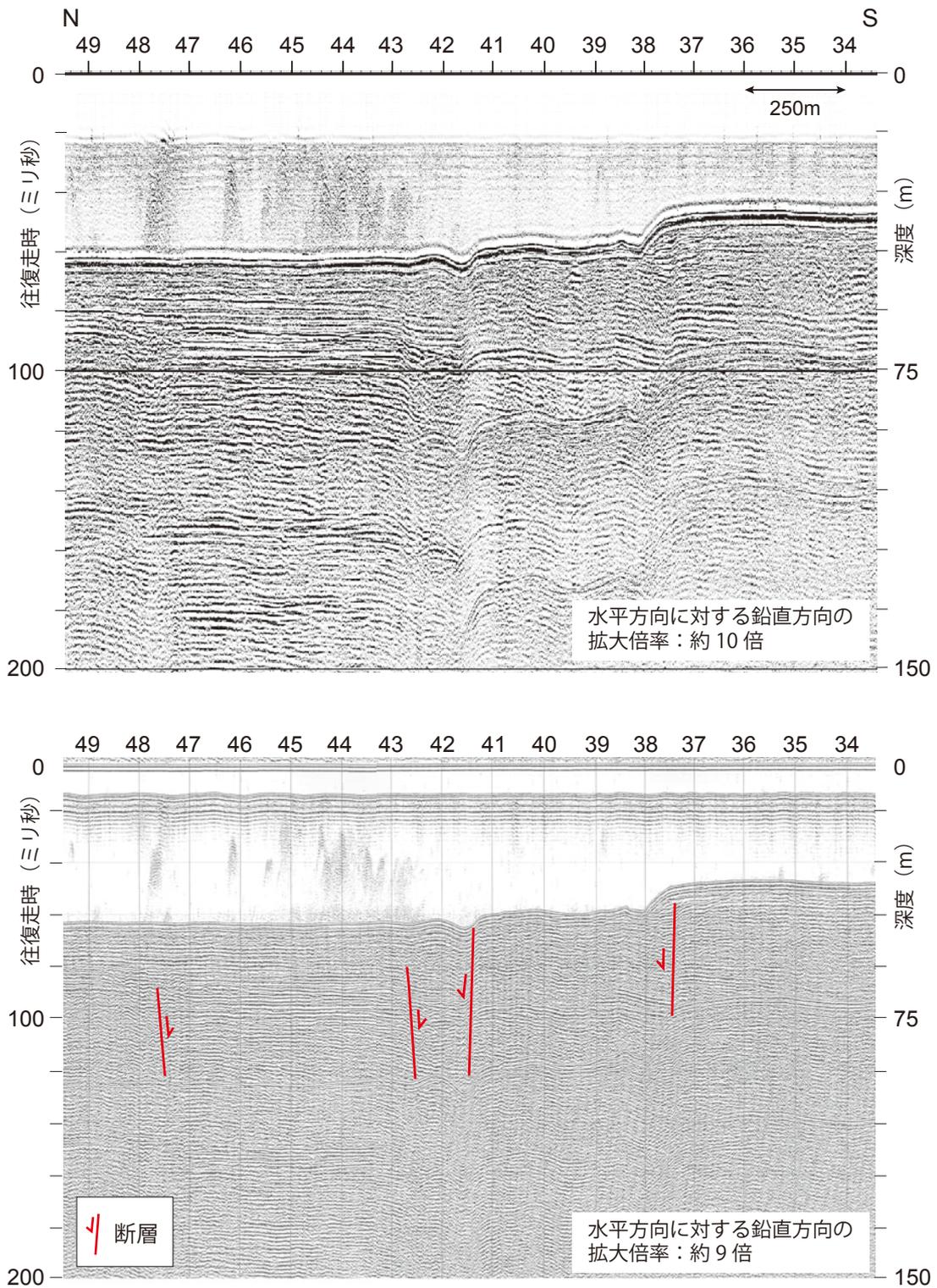


第24図. S3測線 測位点24~40の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.  
 Fig. 24. Sonic profiles from Loc. 24 to Loc. 40 of Line S3. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

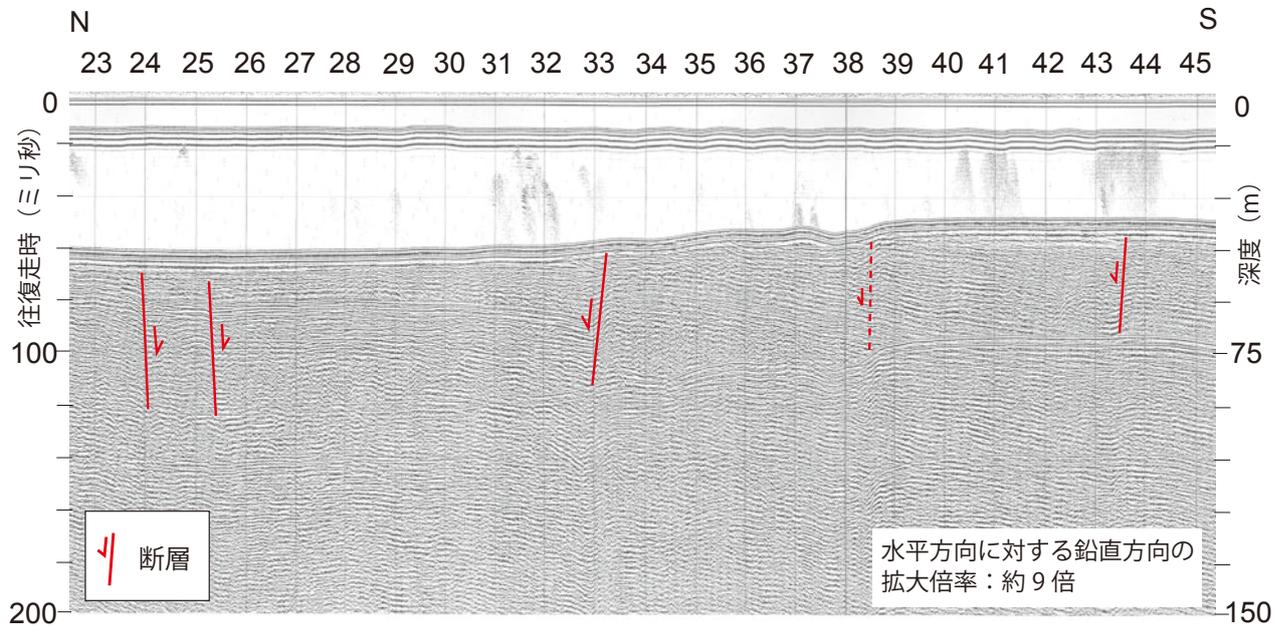
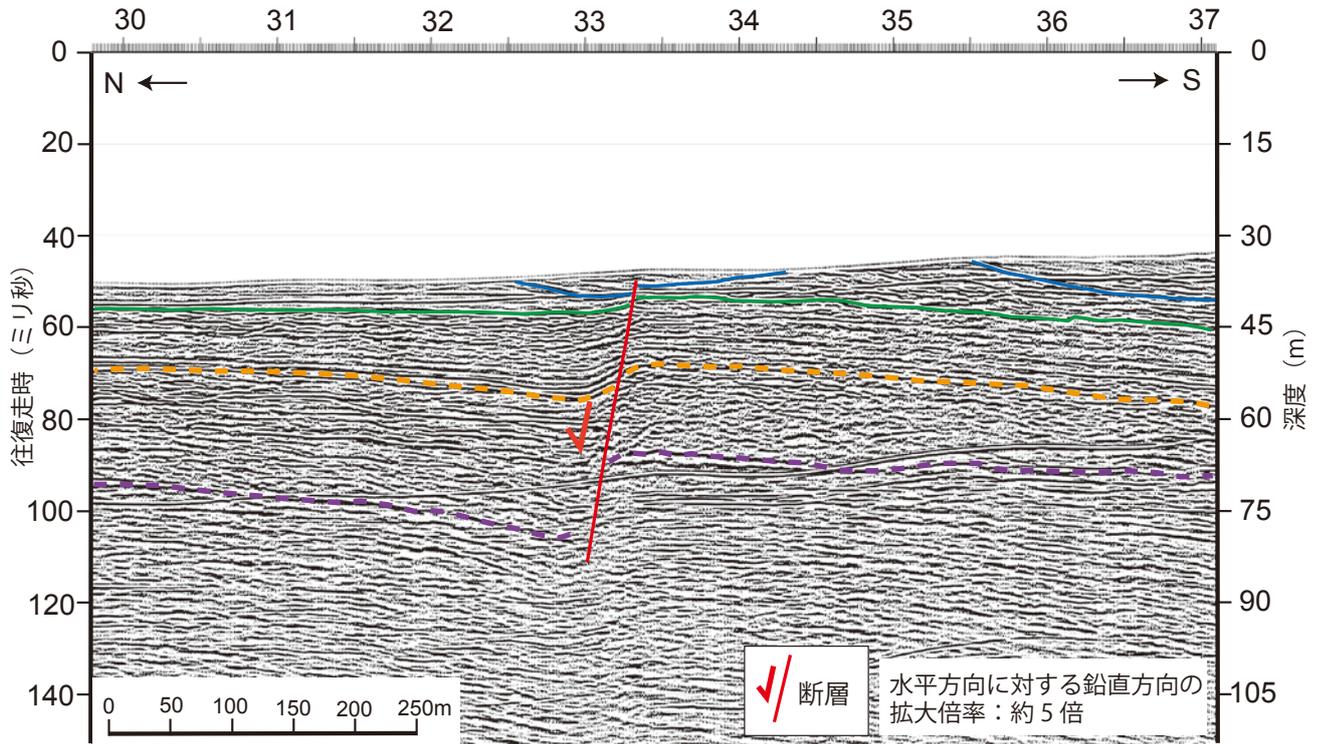


第25図. S4測線 測位点2~20の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 25. Sonic profiles from Loc. 2 to Loc. 20 of Line S4. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

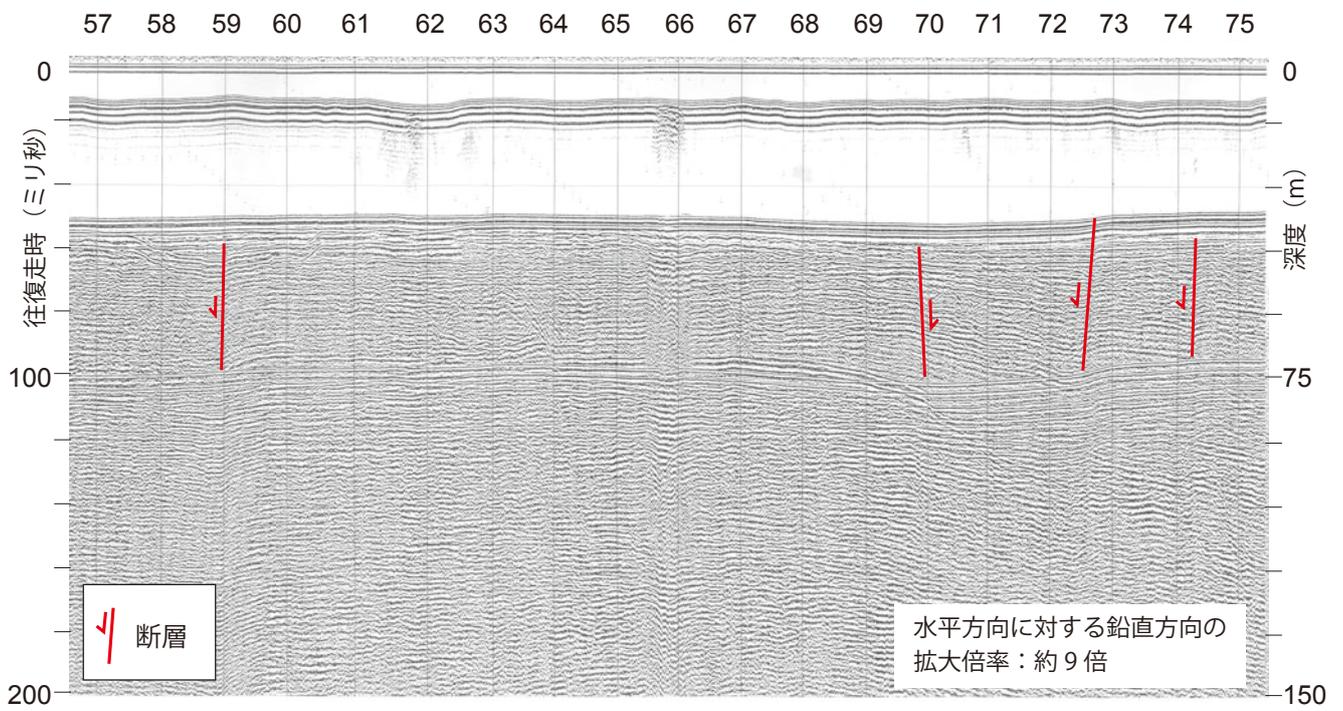
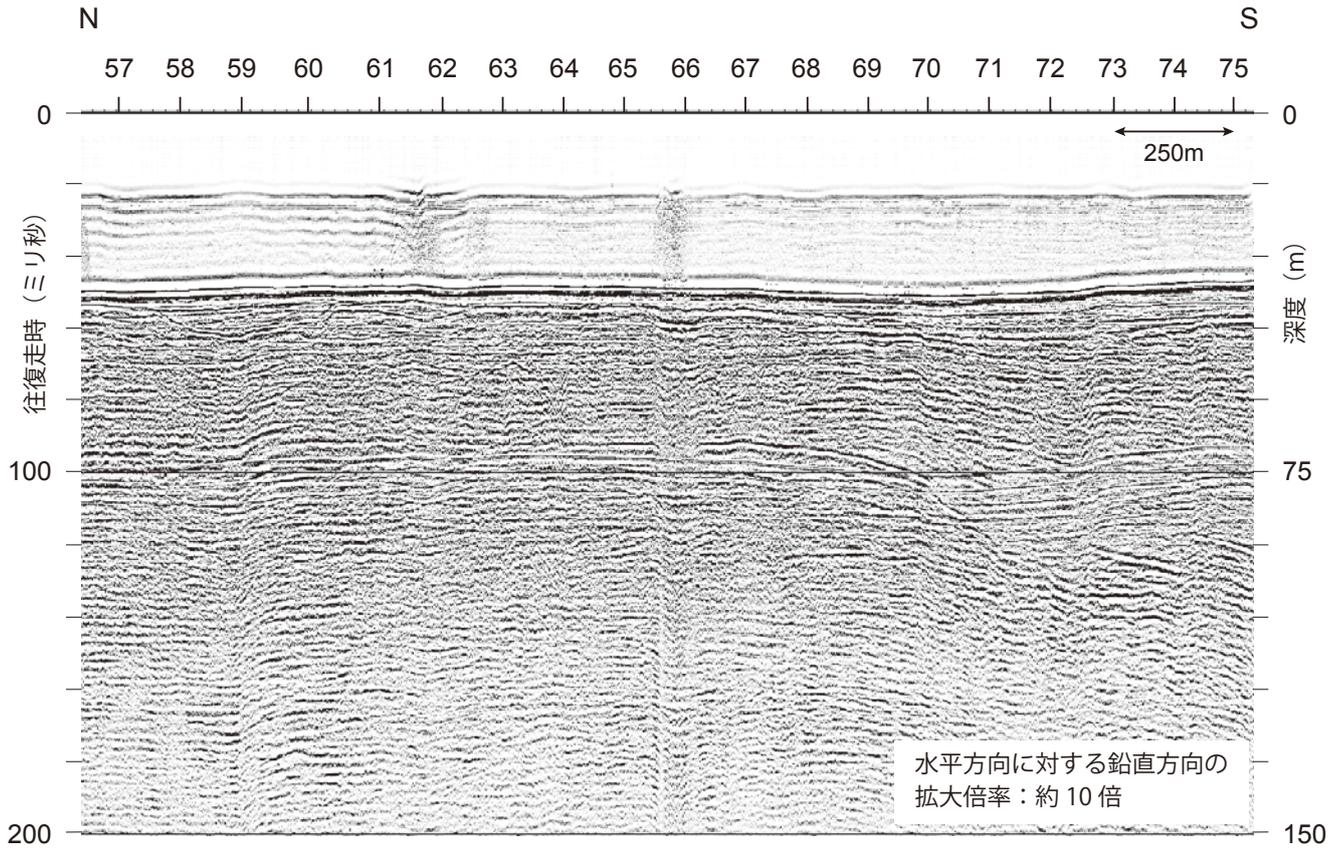


第26図. S5測線 測位点34~49の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.  
 Fig. 26. Sonic profiles from Loc. 34 to Loc. 49 of Line S5. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



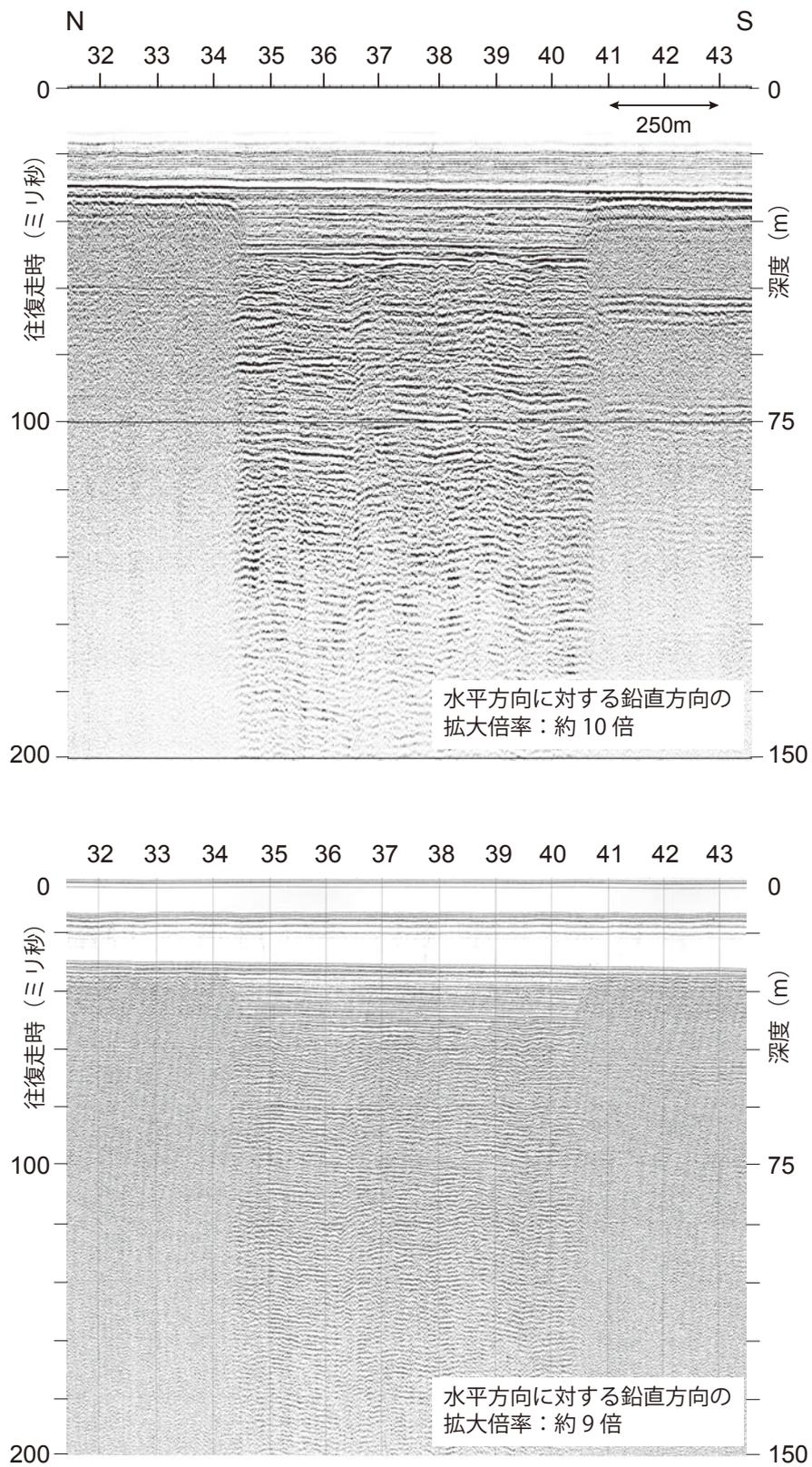
第27図. 上: S6測線 測位点30~37の再処理断面. 青色と緑色の線は, それぞれ沖積層中のチャンネルの基底, 沖積層の基底と推定される層準. 橙色と紫色の線は, 時代未詳の対比基準面. 下: S6測線 測位点23~45のモニター記録.

Fig. 27. Top: Reprocessed profile from Loc. 30 to Loc. 37 of Line S6. Blue and green lines indicate the inferred bottom of a Holocene channel and the inferred base of the alluvium, respectively. Orange and purple lines are correlative horizons of unknown ages. Bottom: Monitor record (single-channel profile) from Loc. 23 to Loc. 45 of Line S6.



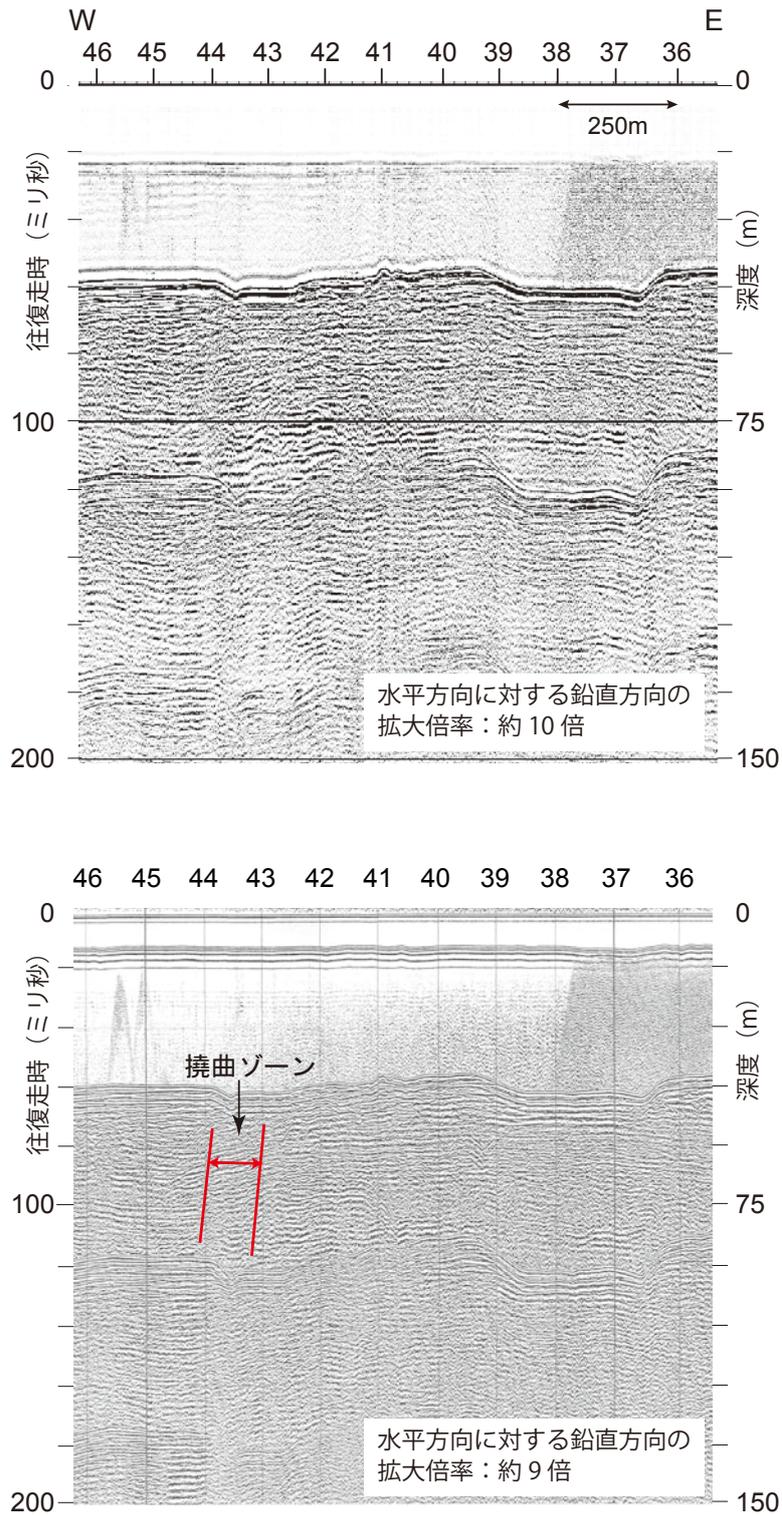
第 28 図. S6 測線 測位点 57~75 の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.

Fig. 28. Sonic profiles from Loc. 57 to Loc. 75 of Line S6. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



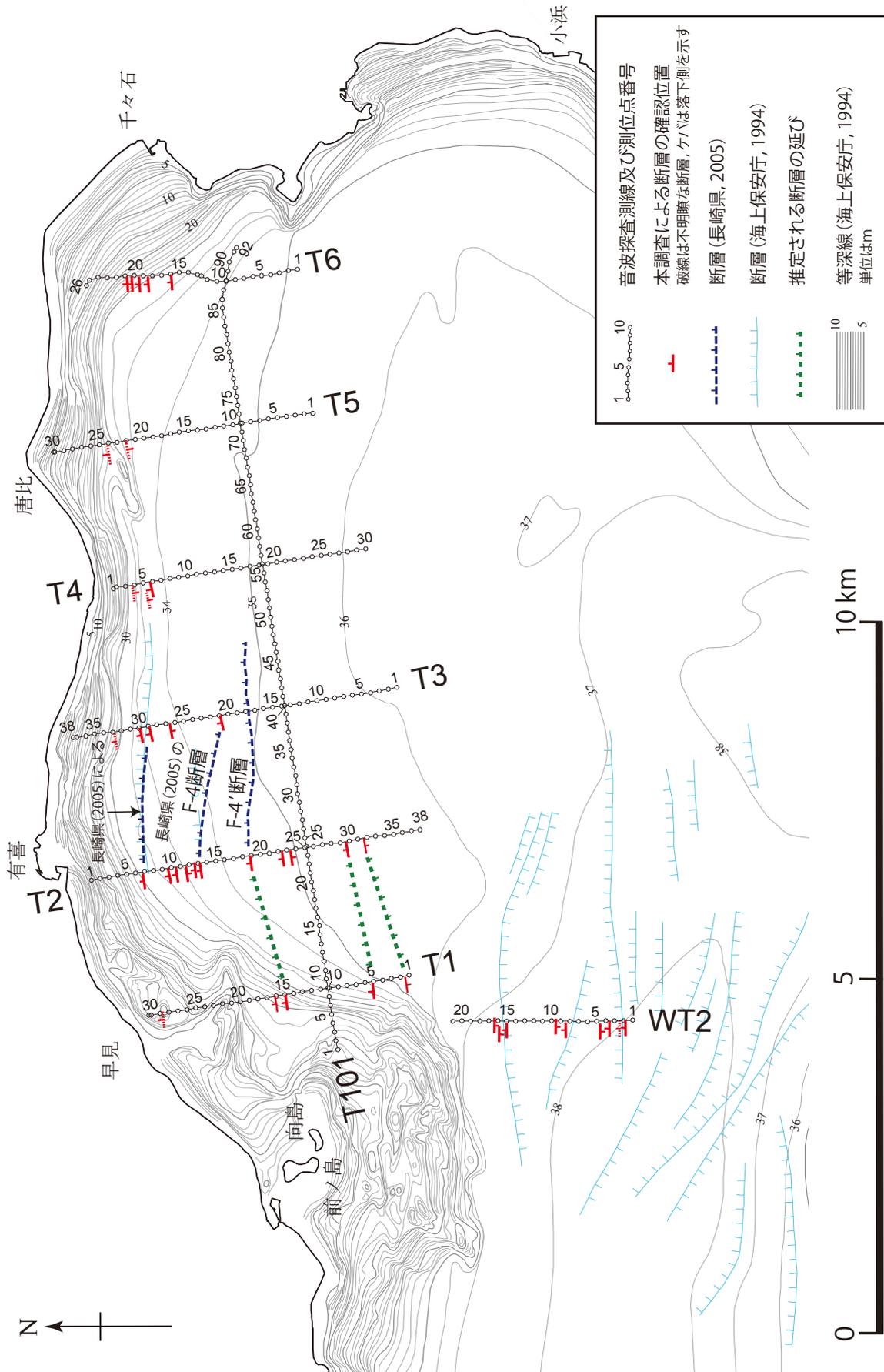
第29図. S7測線 測位点32~43の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 29. Sonic profiles from Loc. 32 to Loc. 43 of Line S7. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

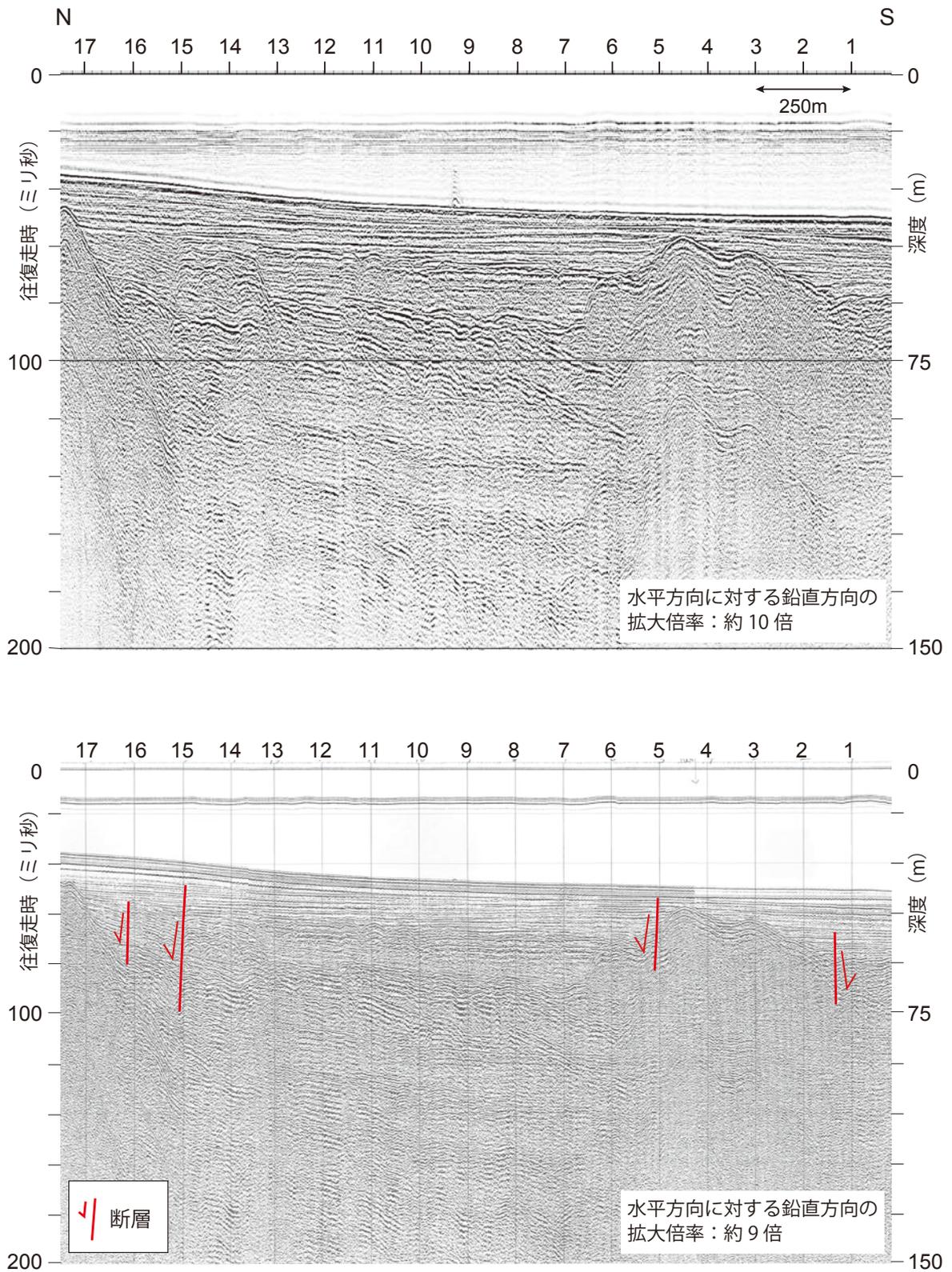


第30図. S101測線 測位点36~46の音波探査記録. 上: 重  
合断面, 下: モニター記録.

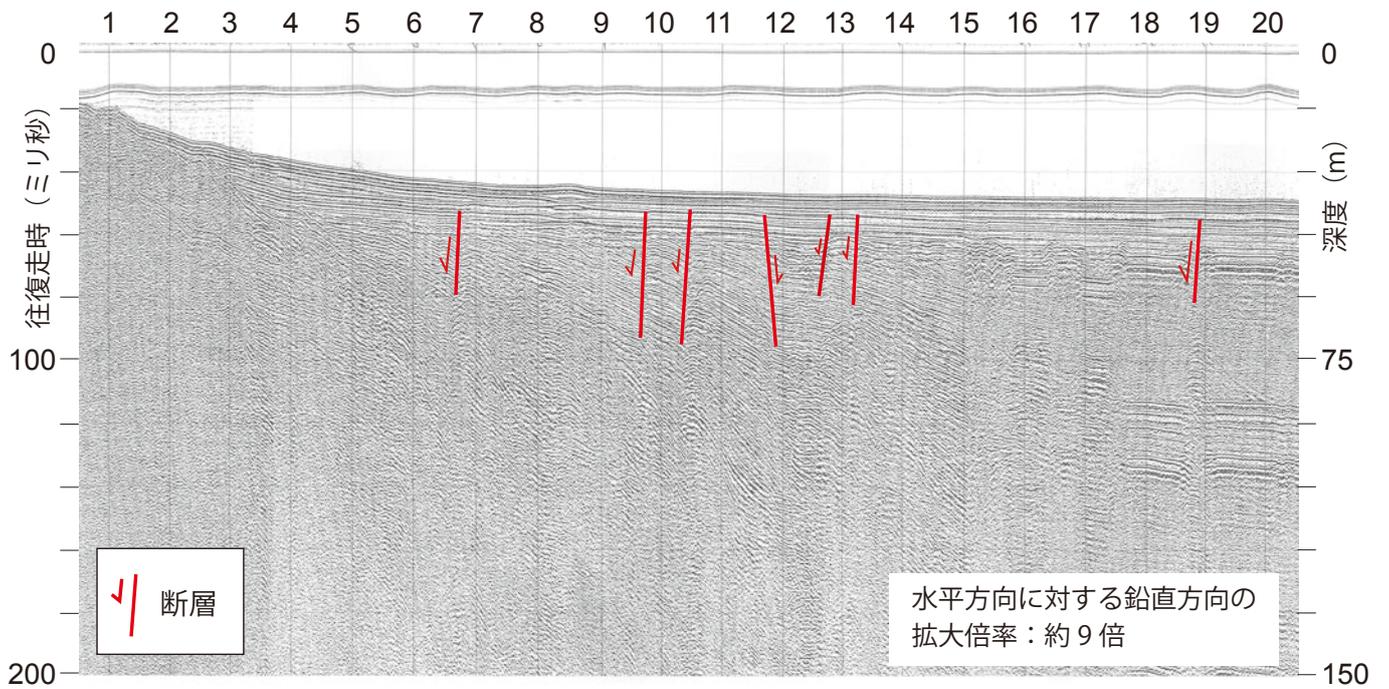
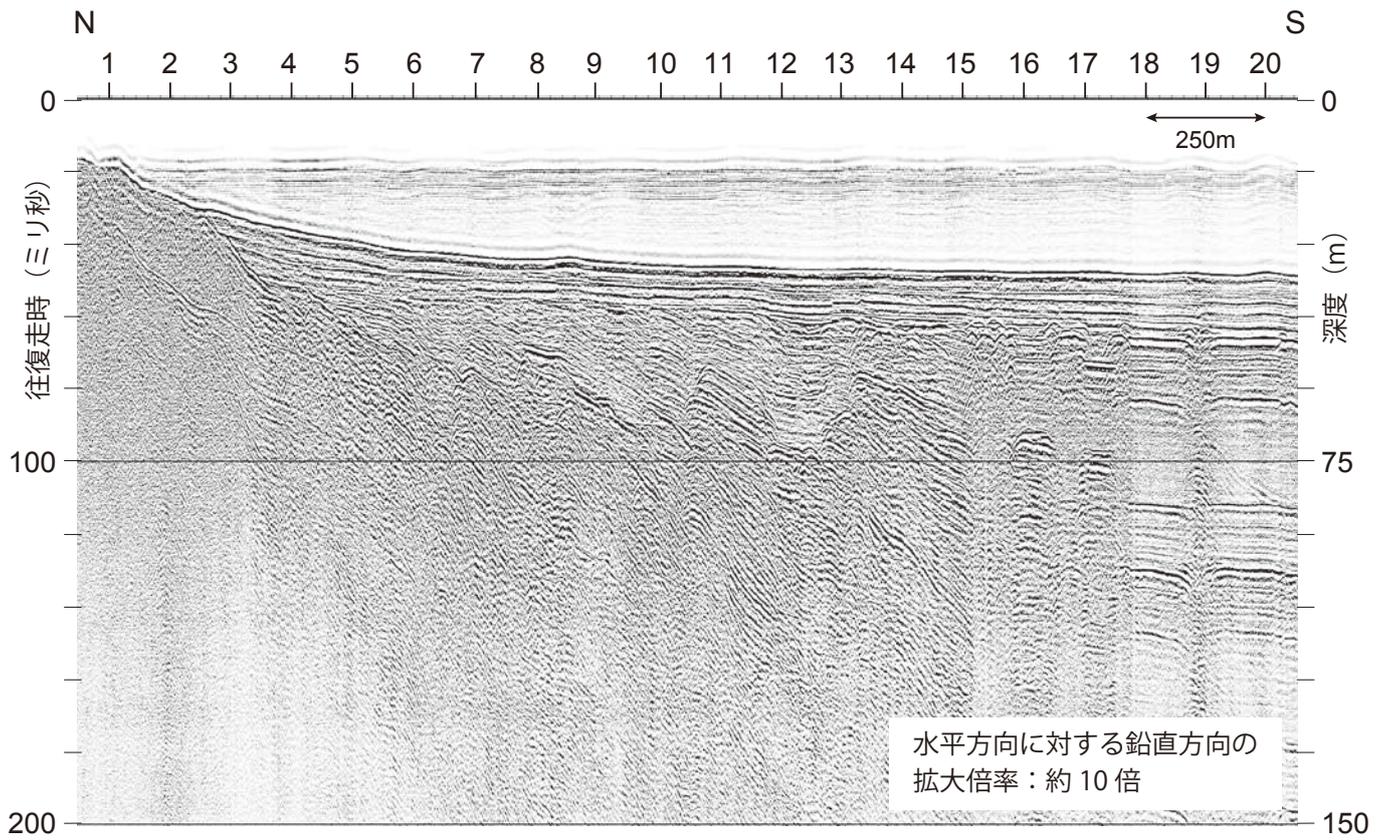
Fig. 30. Sonic profiles from Loc. 36 to Loc. 46 of Line S101.  
Top: profile processed by CMP stacking, bottom:  
monitor record (single-channel profile).



第31図. 橘湾における断層確認位置.  
Fig. 31. Map showing locations where a fault was identified by the preset sonar survey in Tachibana Bay.

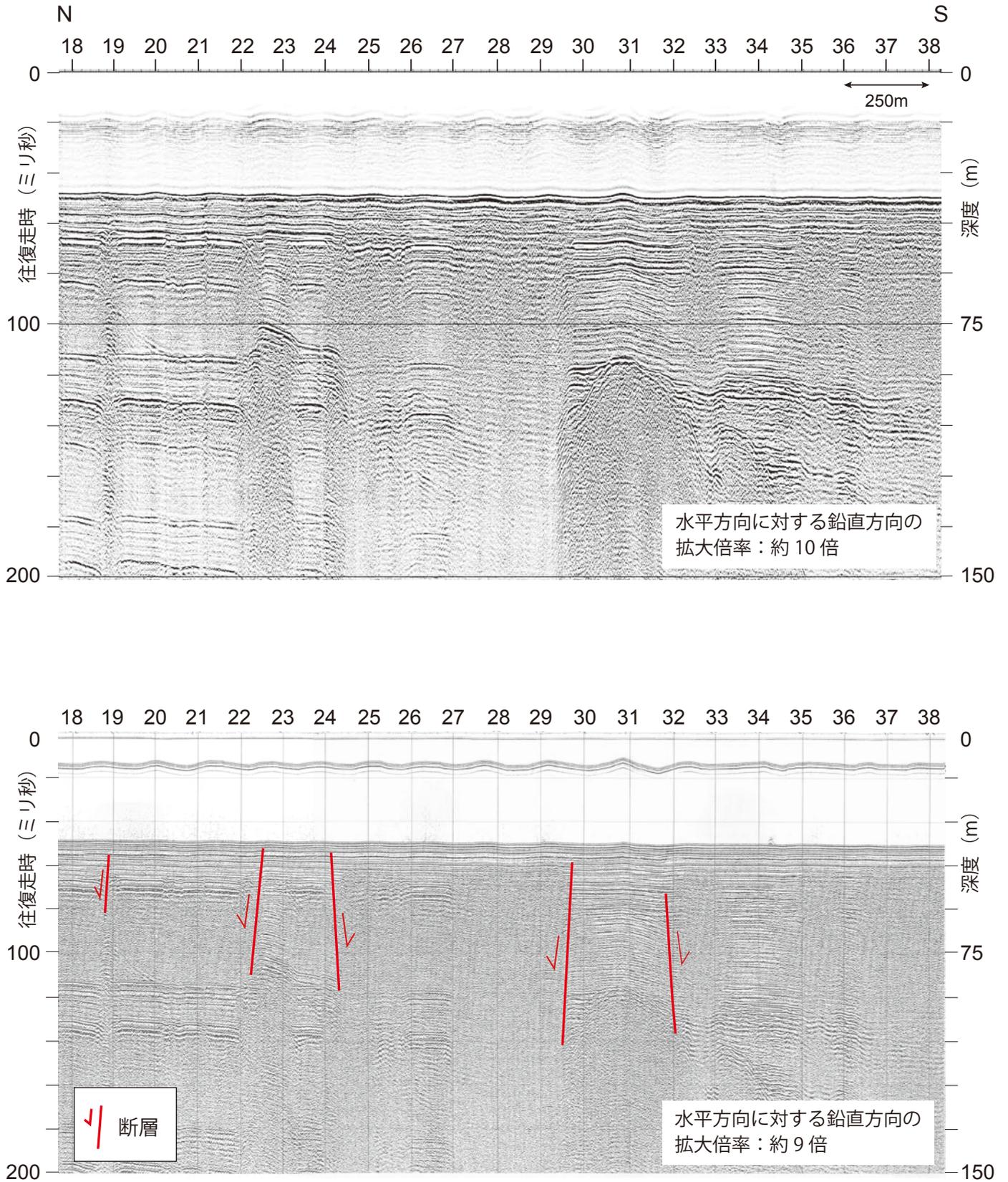


第 32 図. T1 測線 測位点 1~17 の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.  
 Fig. 32. Sonic profiles from Loc. 1 to Loc. 17 of Line T1. Top: profile processed by CMP stacking,  
 bottom: monitor record (single-channel profile).



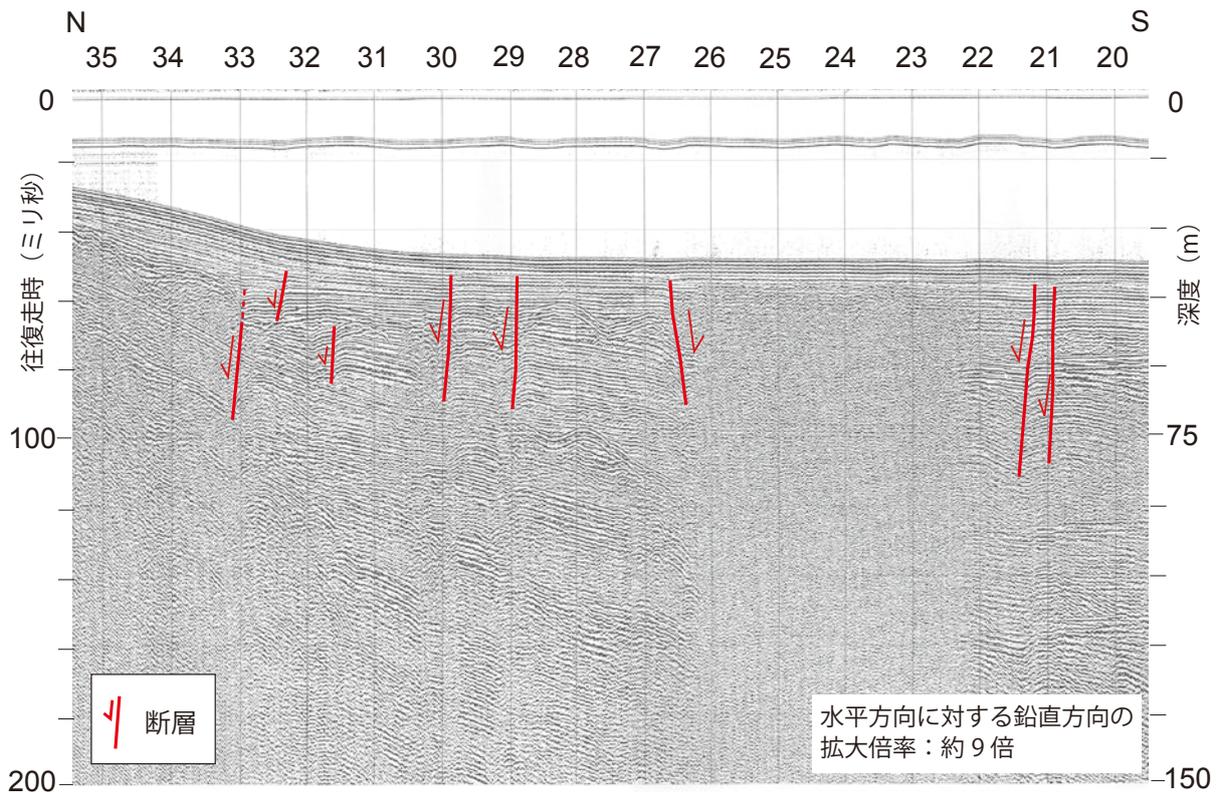
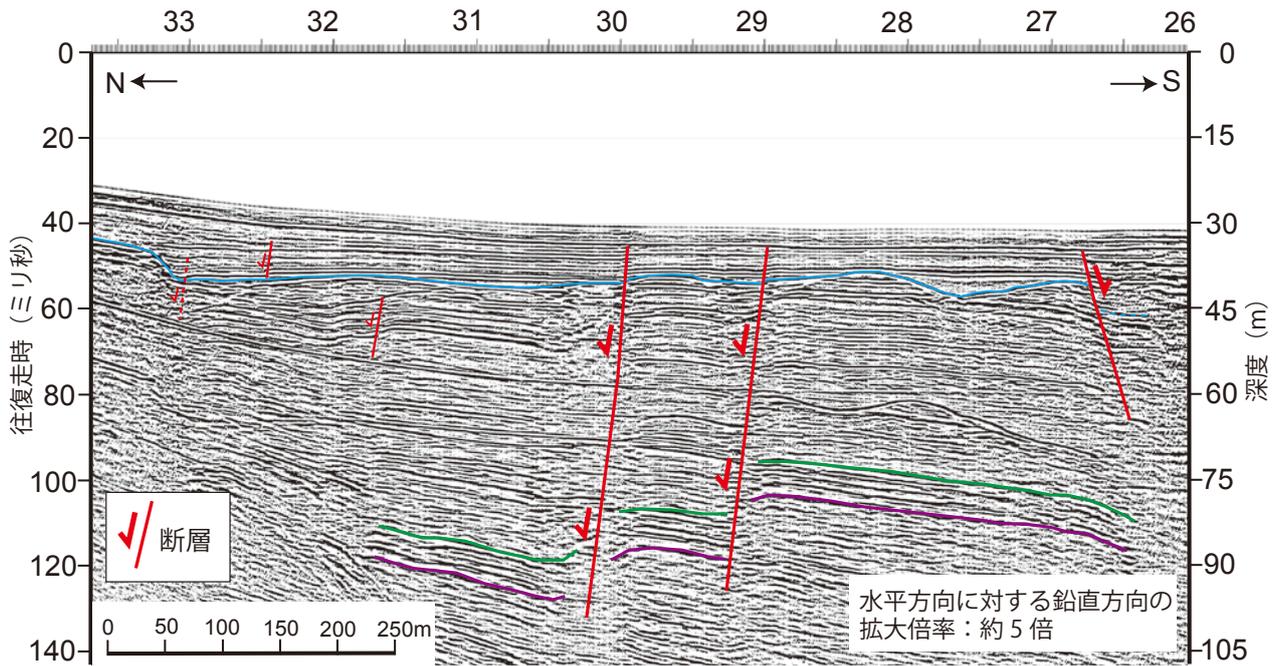
第 33 図. T2 測線 測位点 1~20 の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 33. Sonic profiles from Loc. 1 to Loc. 20 of Line T2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



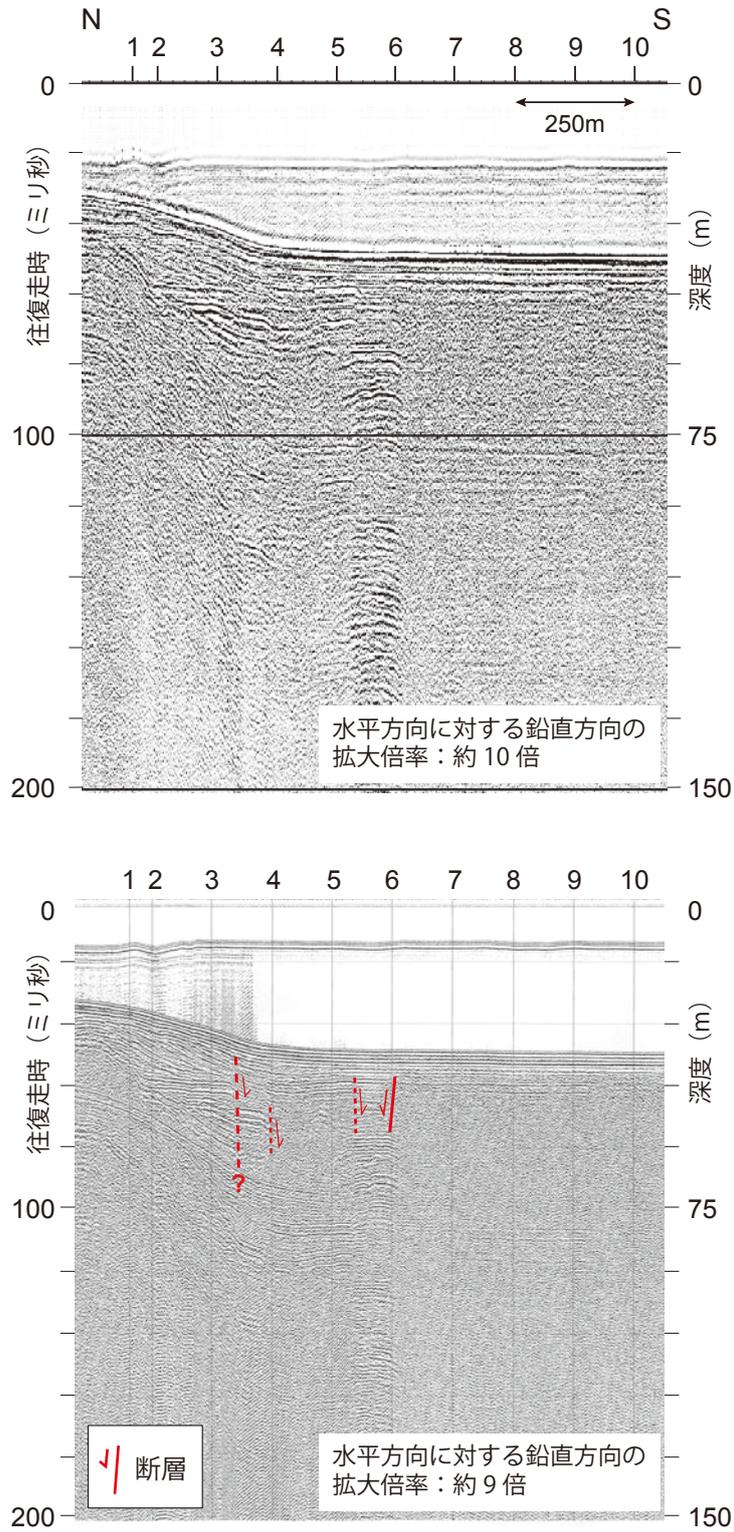
第34図. T2測線 測位点18~38の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.

Fig. 34. Sonic profiles from Loc. 18 to Loc. 38 of Line T2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



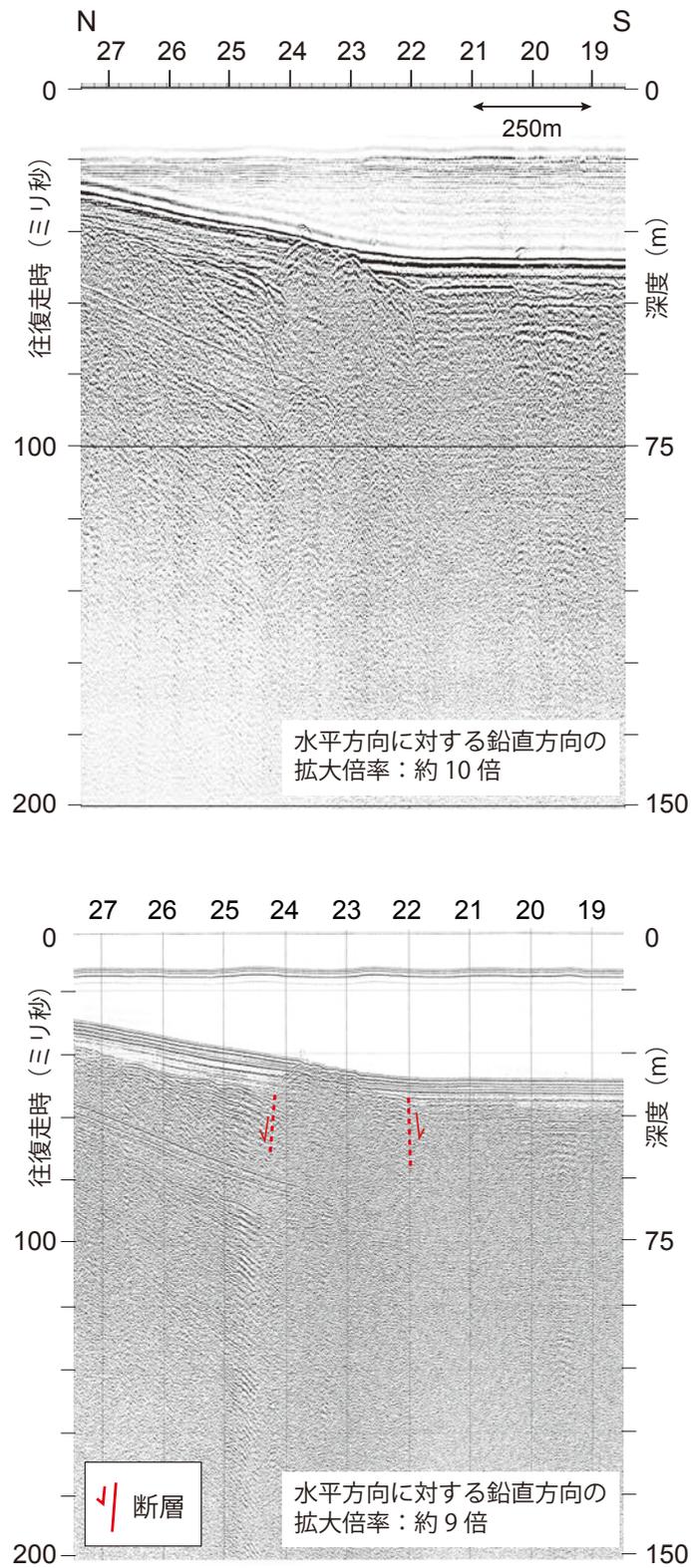
第35図. 上:T3測線 測位点26~33の再処理断面. 青色の線は沖積層の基底と推定される層準. 緑色と紫色の線は, 時代未詳の対比基準面. 下:T3測線 測位点20~35のモニター記録.

Fig. 35. Top: Reprocessed profile from Loc. 26 to Loc. 33 of Line T3. Blue line indicates the inferred base of the alluvium. Green and purple lines are correlative horizons of unknown ages. Bottom: Monitor record (single-channel profile) from Loc. 20 to Loc. 35 of Line T3.



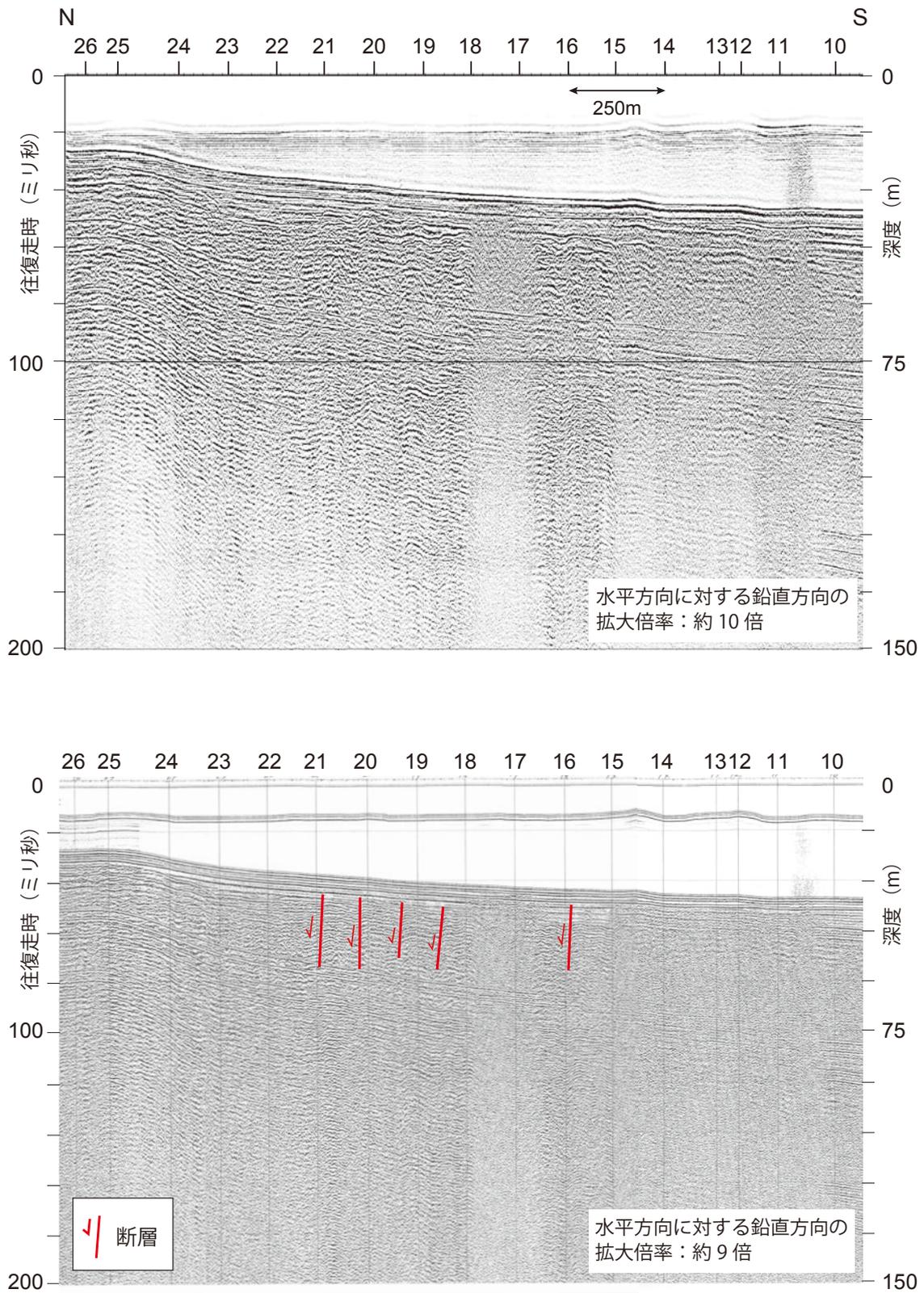
第 36 図. T4 測線 測位点 1~10 の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.

Fig. 36. Sonic profiles from Loc. 1 to Loc. 10 of Line T4. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).

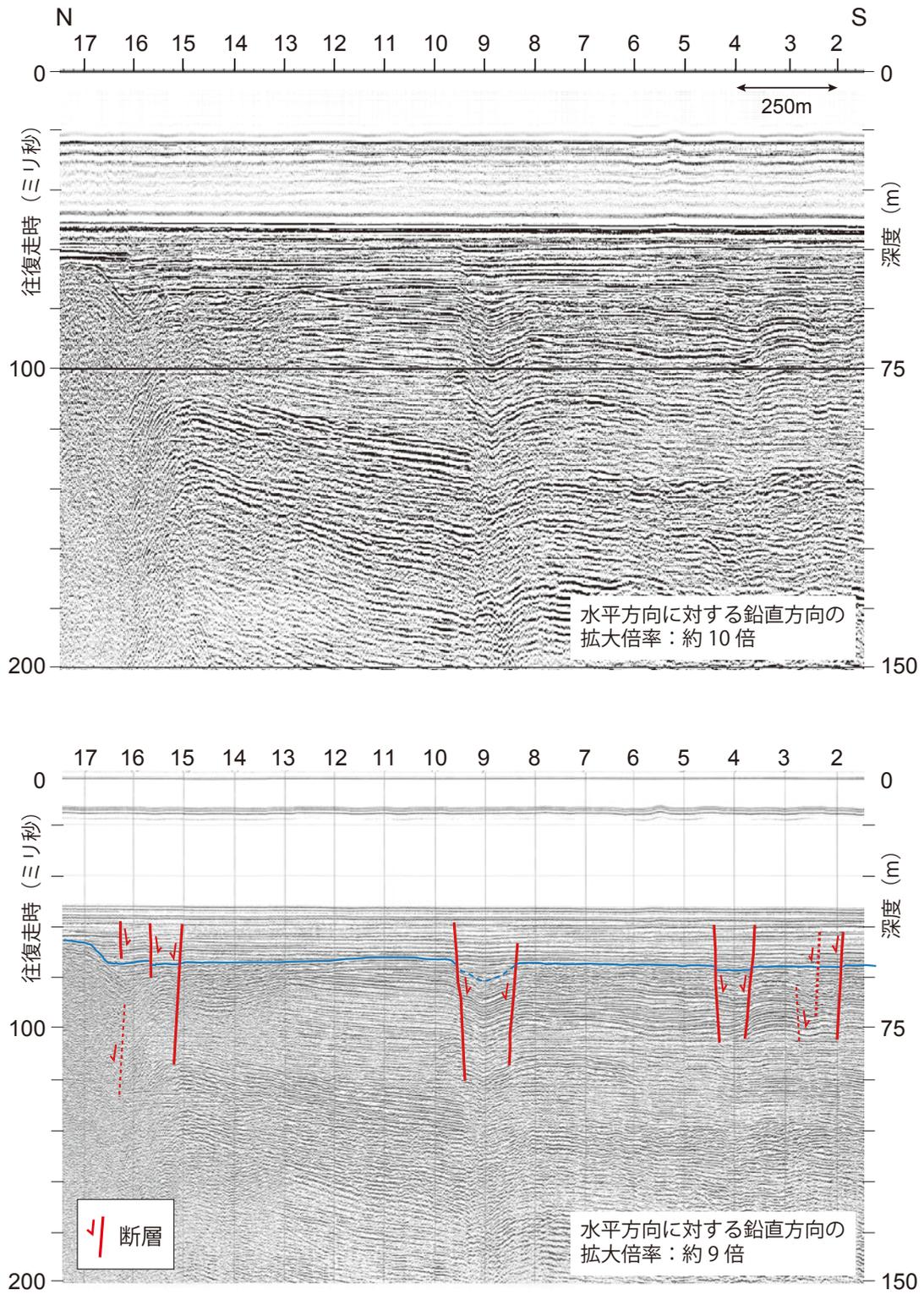


第 37 図. T5 測線 測位点 19~27 の音波探査記録. 上:重合断面, 下:モニター記録.

Fig. 37. Sonic profiles from Loc. 19 to Loc. 27 of Line T5. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



第38図. T6測線 測位点10~26の音波探査記録. 上：重合断面，下：モニター記録.  
 Fig. 38. Sonic profiles from Loc. 10 to Loc. 26 of Line T6. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile).



第39図. WT2 測線 測位点2~17の音波探査記録. 上: 重合断面, 下: モニター記録.  
青色の線は沖積層の基底と推定される層準.

Fig. 39. Sonic profiles from Loc. 2 to Loc. 17 of Line WT2. Top: profile processed by CMP stacking, bottom: monitor record (single-channel profile). Blue line indicates the inferred base of the alluvium.