

相模湾北西部沿岸海域における高分解能音波探査

High-resolution seismic profiling in the coastal sea area of the northwestern Sagami Bay, central Japan

丸山 正¹

Tadashi Maruyama¹

¹ 活断層・火山研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Earthquake and Volcano Geology, tadashi-maruyama@aist.go.jp)

Abstract: High-resolution seismic profiling using boomer and watergun as acoustic sources and 12 channel short streamer cable towed by small vessel was performed on coastal water area of the northwestern Sagami Bay to define the offshore (southward) extension of the Kozu-Matsuda fault (KMF) and that of geologic structures on the Oiso Hills to the east of KMF. The seismic profiles show that the offshore KMF is defined by abrupt change in dip direction of seismic reflectors with gently east-dipping on the west and moderately west-dipping on the east separated by the eastward inclined axial surface, suggesting the flexure deformation associated with east-dipping reverse faulting. We cannot determine the timing of faulting and rate of slip due to lack of age control of sediments. Compelling evidence of recent deformation in the area to west of the offshore KMF is not found although we cannot rule out the possibility that the evidence of faulting or folding is obscured by scattering and diffraction of the reflected seismic waves in response to undulated seafloor topography. On the Oiso Spur and Ninomiya Canyon on the hanging wall of the offshore KMF, a series of folds with NE-trending axial trace is developed, some of which appear to affect the erosion surface formed in the last glacial period. In the northwestern Sagami Bay, upper crustal tectonic strain associated with north-northwestward or northwestward moving of the Izu-Ogasawara arc with respect to the Honshu arc might be accommodated not only by the trench-parallel structure such as the KMF, but also by the folds or faults trending oblique to perpendicular to the trench-parallel structure as developed on the Oiso Spur and Ninomiya Canyon.

キーワード: 高分解能音波探査, 国府津-松田断層, 大磯海脚, 二宮海底谷, 沿岸海域, 相模湾北西部, ブーマー, ウォーターガン

Keywords: high-resolution seismic profiling, Kozu-Matsuda fault, Oiso Spur, Ninomiya Canyon, coastal waters, northwestern Sagami Bay, boomer, watergun

1. はじめに

伊豆-小笠原弧の北端部は、フィリピン海プレートと本州弧がのる陸側プレートとの衝突帯に位置し、衝突帯東部および西部では、フィリピン海プレートが、それぞれ相模トラフ沿いおよび駿河・南海トラフ沿いで陸側プレートに沈み込んでいる(第1図a)。この沈み込みに伴い、両トラフの破壊区間毎に100年~数100年程度の間隔でプレート境界型地震が発生している(例えば、石橋・佐竹, 1998; Shishikura, 2014)。神奈川県西部の足柄低地と大磯丘陵との地形境界に位置する国府津-松田断層帯は、相模トラフ沿いに沈み込むプレート境界断層から分岐した断層の一つと考えられている(佐藤ほか, 2010; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015)(第1図b)。

地震調査研究推進本部地震調査委員会(2015)によると、国府津-松田断層帯は、北北西-南南東方向に延び、断層の北東側が南西側に対して相対的に

隆起する北東傾斜の逆断層と考えられ、海域部を含む長さが約35 km以上と推定されている国府津-松田断層と、その副断層として大磯丘陵北部を限る東西走向の渋沢断層および丘陵南東部に分布する北東-南西走向の生沢断層から構成される(第1図b)。このうち、国府津-松田断層の上下方向の平均変位速度は約2~3 m/千年、平均活動間隔は約800~1,300年と推定されており、同断層は、数100年間隔で発生する相模トラフ沿いのプレート境界地震に伴って、数回に1回の割合で活動すると推定されている。さらに、同断層の最新活動時期は、12世紀以後で14世紀前半以前と考えられ、1293年の相模トラフ沿いのプレート境界地震とされる地震(永仁地震)に対応すると推定されている。こうした最新活動時期と平均活動間隔の不確かさやばらつきとともに、同断層の活動を引き起こす相模トラフ沿いのプレート境界型地震についてのデータの不確実性を考

慮すると、同断層が近い将来に相模トラフ沿いのプレート境界型地震に伴って活動する可能性がないとはいえない。

陸上部における国府津－松田断層帯の分布や形状などについては、多くの情報が得られている(例えば、活断層研究会編, 1991; 神奈川県, 2002, 2003, 2004; 中田・今泉編, 2002)。また、水深 500 m 程度以深における同断層帯海域延長部についても、大型船を用いた音波探査により、その分布や変形形態が明らかにされている(例えば、木村ほか, 1976; 加藤ほか, 1993; 岡村ほか, 1999)。陸域と深海域の間に位置する沿岸域周辺における国府津－松田断層や生沢断層の海域延長部の分布や変形様式を把握することは、国府津－松田断層帯活動時の沿岸部での地殻変動やそれに伴う被害を予測するうえで基礎的な情報となる。国府津－松田断層帯をはじめとする相模湾北西部沿岸海域部における活構造については、これまでに海底地形の判読に基づいて分布が示されている(例えば、楠ほか, 1991; 渡辺, 1993; 森ほか, 2010; 泉ほか, 2013)が、高分解能音波探査による地下構造を考慮した研究はほとんど行われていない。そこで、相模湾北西部沿岸海域における国府津－松田断層帯の分布や変形様式を含めた同海域の浅部地質構造の把握を目的として、ブーマーおよびウォーターガンを音源とした高分解能音波探査を実施した(第1図～第5図)。本調査では小型船舶を用いたことにより、海岸線付近の海域において高分解能音波探査を実施することができた。本報告では、この音波探査により明らかになった調査海域の地質構造の特徴を報告する。なお、調査結果の概要は丸山・岡村(2012)で速報しているが、ここでは反射断面の再検討を行い、地質構造の解釈を修正した。

2. 地形・地質概要

調査範囲の海底地形は、足柄平野の海域延長部にあたる足柄海底谷とその東側に分布する大磯海脚および同海脚と大磯丘陵とを分断するように分布する二宮海底谷から構成される(第2図a)。

早川から国府津にかけての足柄平野沖では水深約 30 m までは比較的緩やかな傾斜を示し、それ以深では急に傾斜を増す。この足柄平野の海域延長部にあたる足柄海底谷には、多数の河川が流入し、北北西－南南東方向に延びるガリー状あるいは小規模なトラフ状の海底谷や土砂の堆積によるとみられる高まりが多数発達する(第2図a)。

二宮から大磯に至る沿岸部から南西に延びる大磯海脚は、水深約 90 m まで緩やかな傾斜を呈し、その先の水深約 100 m ではきわめて平坦な地形を示す。この平坦面は陸棚の一部であり、最終氷期に形成された海食台と考えられている(大河内, 1990; 森ほか, 2010)。大磯海脚の南西斜面は、水深 120 m 付近から

傾斜を増し、水深 200 m 付近で北北西－南南東に延びる傾斜変換線を介して水深 300 m 付近まで緩傾斜帯が認められるが、それ以深では再び急傾斜となり足柄海底谷と接する(第2図a)。大磯海脚南西斜面は、大磯丘陵西側斜面とほぼ連続し、同斜面基部に国府津－松田断層が推定されている(例えば、楠ほか, 1991; 渡辺, 1993; 森ほか, 2010; 泉ほか, 2013; 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015)(第1図b, 第2図a)。

二宮海底谷は、二宮の沖合の水深約 50 m から大磯丘陵と大磯海脚を分断するように北東－南西方向に延び、水深 600 m 付近で足柄海底谷と合流する。二宮海底谷の陸上延長部には生沢断層が分布する(第1図b)。

足柄海底谷は、酒匂川などの河川によって運搬された河川堆積物からなる更新世以降の地層から構成される(岡村ほか, 1995)。大磯海脚および二宮海底谷の地質については、木村ほか(1976)によると、大磯海脚北西斜面に沿って北東－南西に延びる断層を境に南東側には葉山・保田層群および嶺岡層群に相当する漸新世～中新世前期の地層(E2層)とそれを覆う上総層群に相当する鮮新世～後期更新世の地層(C層; 森ほか(2010)によると千倉層群相当層)が、北西側には三浦層群に相当する中新世中期～後期の地層(D層)が分布する。

調査海域では、これまでの海底地形および音波探査に基づいて、大磯海脚西側斜面基部に国府津－松田断層の海域延長部(例えば、楠ほか, 1991; 森ほか, 2010; 泉ほか, 2013)、その西方の足柄海底谷西縁部で同断層に並走して分布する断層(森ほか, 2010)、二宮海底谷沿いに延びる北東－南西走向の断層(例えば、木村ほか, 1976; 森ほか, 2010)、大磯丘陵から大磯海脚にかけて北西－南東に軸跡をもつ背斜構造(大河内, 1990)および向斜構造(森ほか, 2010)などの地質構造が報告されている(第2図a)。

3. 調査方法

本調査では、相模湾北西部沿岸海域での浅部地質構造の詳細を把握するため、同海域において2010年にはブーマーを音源とするショートマルチチャンネル音波探査装置(村上ほか, 2004)を、2011年にはより発振エネルギーが大きいウォーターガンを音源とするショートマルチチャンネル音波探査装置をいずれも20トン以下の小型船舶に艀装・曳航して探査を行った。

3.1 ブーマーを用いた音波探査

ブーマーを音源としたショートマルチチャンネル音波探査は、小田原市早川から中郡大磯町にかけての沿岸海域で実施した(第1図b)。探査測線の設定に際しては、上述した相模湾北西部でこれまでに分

布の可能性が指摘されている断層や褶曲をカバーするようにした(第2図b)。測線の方向は、推定される断層や褶曲軸の伸びの方向と直交するように設定し、さらに各測線の反射断面に認められる反射面の対比・追跡のため、これらと直交するものを設けた。測線は合計17本、延べ測線長は約108 kmである。探査は総合地質調査株式会社に委託し、2010年10月19日～10月24日に実施した。

探査には、調査船として小田原市漁協所属小型船「正春丸(4.8トン)」を用い、音源として発振エネルギー約300 Jのブーマー(英国 Applied Acoustic 社製ブーマーシステム)を用い、受振装置はチャンネル間隔2.5 mの12チャンネルのストリーマケーブル(総合地質調査株式会社製)を使用した(第1表、第3図a、第4図)。調査船の誘導および発振制御のための船位測量はディファレンシャルGPSにより行い、水深測量には音響測深器を用いた。これらの各調査データのデジタル収録と合わせて、探査船に最も近い第1チャンネルの往復走時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、現場でデータ収録状況を把握した(第3図a)。発振を1.25 m間隔にすることで最大12チャンネル分の共通反射点をもつ重合断面が得られた(水深200 m以深では発振を2.5 m間隔としたため6重合)。

収録した音波探査データはSEG-Y形式で保存した。このデジタルデータに対して産総研が所有する米国 Parallel Geoscience Corporation 社製のマルチチャンネルサイスミックデータ処理ソフトウェア Seismic Processing Workshop (SPW) を用いて、井上ほか(2007)に示された処理手順により重合断面を作成した。SPWを用いた重合断面で活構造の可能性を示す構造が認められた測線(測線B1-1～B1-3, 測線B2-2, 測線B3-1, 測線B10-1, 測線B13-2, 測線B105, 測線BX-1, 測線BX-2; 第2図b)では、株式会社地球科学総合研究所に依頼し、ストリーマケーブル深度補正、波浪補正、重合速度解析などについて高度なデータ処理を行い、より重合度が高い反射断面を得た。

3.2 ウォーターガンを用いた音波探査

2010年度に実施したブーマーを音源とするショートマルチチャンネル音波探査により、国府津―松田断層延長部の可能性がある浅層部の変形構造および大磯海脚北西部や二宮海底谷沿いに北東―南西～東北東―西南西走向に軸跡をもつ褶曲構造が新たに認められた(後述)。ただし、使用した音源のエネルギーが弱いため、これらの変形構造に関して不明な点が残された。そこで、より深い部分の地質構造を明らかにするため、小田原市酒匂から中郡二宮町にかけての沿岸海域において、ブーマーよりも発振エネルギーの大きいウォーターガンを音源とするショートマルチチャンネル音波探査を実施した(第1図b、

第2図c)。測線は合計10本、延べ測線長約43 kmである(第2図c)。測線の一部は、異なる音源による地質構造のイメージング能力を検討するため、ブーマーを用いた測線とほぼ一致するように配置した。探査は川崎地質株式会社に委託し、2011年10月18日～10月24日に実施した。

探査には小型船舶「ヴェルニー III (19トン)」を用い、音源には発振容量が15立方インチのウォーターガン(米国 Sercel 社製 S-15型)を、受振装置には12チャンネル(受振器間隔2.5 m)のストリーマケーブル(米国 Geometrics 社製 MicroEel)をそれぞれ用いて、反射記録データを収録した(第1表、第3図b、第5図)。調査船の誘導および発振制御のための船位測量はディファレンシャルGPSにより行い、水深測量には音響測深器を用いた。測定は、発振毎に各チャンネルで受振した波形をディスプレイ上で確認しながら実施し、また船上モニター記録として、調査船に最も近い第12チャンネルのデータをアナログ出力し、現場でデータ収録状況を把握した(第3図b)。発振、収録ともに2.5 m間隔で探査を行うことで、最大6チャンネル分の共通反射点をもつ重合反射断面が得られた。

SEG-Y形式で収録した音波探査データは、ブーマーを用いた探査と同様にSPWを用いて重合断面を作成した。

4. 調査結果

探査海域のうち、早川～国府津間の足柄平野沖は陸棚が殆ど分布せず、水深が沖に向かって急激に深くなる(第1図b、第2図a)。この足柄平野南端から海底谷に向かう急傾斜の斜面には、ガリーが多数生じており、ガリー間には堆積物の再移動・再堆積によるとみられる比高数 $m \sim$ 数10 mの高まりが発達している。こうした谷地形と高まり地形が繰り返す海底谷部を横切る測線では、発振した音波が複雑に散乱・回折し、良好な反射記録が得られなかった。また、発振エネルギーが小さいため、変動地形学的に国府津―松田断層の延長部が推定されている水深が600～800 mの大磯海脚南西斜面基部周辺では、明瞭な反射記録は得られなかった。一方、陸棚部、海脚部、海底谷沿い、ある程度幅をもつ海底谷部といった平坦地では、ブーマーを音源とした探査で海底から往復走時0.1～0.2秒程度まで、ウォーターガンを音源とした探査で海底から往復走時0.2～0.3秒程度まで明瞭な反射記録が取得できた(第6図～第21図)。

このように明瞭な反射記録が得られた測線について反射断面を判読した結果、探査海域の地質構造として、1) 国府津―松田断層の海域延長部および上盤側の撓曲・褶曲、および2) 二宮海底谷沿いに同谷と平行して延びる褶曲群が認められた(第22図)。また、3) 大磯海脚では、海食台を幅広く緩やかに変

形させる可能性がある北東—南西に延びる背斜状構造が認められた（第 22 図）。なお、上述した理由により、本調査で実施した測線のうち明瞭な反射記録が得られていない区間に断層や褶曲などの地質構造が存在する可能性は否定できない。ここでは、1), 2), 3) の順に反射断面の特徴を記載する。断面図の縦軸には往復走時と深度を併記した。反射断面の深度は、水中および堆積物中での音波速度を 1,500 m/秒と仮定して算出した。なお、反射断面から認定される地層は、分布や内部構造に基づいて地質層序区分が可能な測線もあるが、探査海域での地下地質（特に浅部の地質層序）に関する情報が乏しく、地層の編年や対比が困難なことから、ここでは地質層序区分は行わない。断層（撓曲）および褶曲構造は、明瞭な反射面をトレースし、その反射パターンの不連続や変形に基づき認定した。

4.1 国府津—松田断層の海域延長部

海岸線に平行に設定したブーマーを音源とした断面 B1~B5 およびウォーターガンを音源とした断面 W1~W5 は、大磯丘陵と足柄低地との地形境界に沿って認定されている国府津—松田断層の走向延長部を横切る（第 1 図 b, 第 2 図）。これらの断面では、いずれも断層を示す反射面の系統的な不連続は認められなかった。しかしながら、東傾斜の逆断層を示唆する反射パターンが認められた。すなわち、最も陸側に位置する断面 B1-1~B1-2 間で典型的に見られるように、足柄海底谷下では反射面が緩やかに東に傾斜するのに対し、陸上の国府津—松田断層の延長部付近にあたるイベント番号 1-1-24 付近を境に傾斜を西に変え、その傾斜が変化する位置を連ねた軸面は東に中角度で傾斜している。さらに西傾斜区間に注目すると、イベント番号 1-1-24~1-2-6 間では反射パターンが上に凸を呈するように見える（第 6, 7 図）。こうした西へ相対的に急傾斜する構造は、東傾斜の逆断層に関連した撓曲変形と解釈される。断面 B1-1~B1-2 間では、撓曲変形は海底部の砂礫堆の直下付近まで及んでいるように見え、また下位の反射面ほど変形が大ききように見える（第 6, 7 図）。

断面 B1-1~B1-2 間で認められた撓曲変形は、不鮮明ながらも断面 B2-2, B3-1 および断面 W3-2 および W4 でも認められる（第 8 図~第 11 図）。さらに、断面 B1-1~B1-2 間では認められないが、これらの断面では、撓曲変形の東側で不明瞭ながら反射面が背斜状を呈しているように見える。こうした特徴も撓曲変形が、その上盤側に背斜変形を伴う東傾斜の逆断層に関連した構造であることを支持している。なお、ブーマーを音源とした断面 B2-2 とウォーターガンを音源とした断面 W3-2 の測線の位置は、国府津—松田断層付近ではほぼ一致している（第 2 図）。断面 B2-2 では、発信エネルギーが小さいため、海底から 0.1 秒程度までの反射面しか得られず、また得

られた反射面は不明瞭であり、反射面の連続を追跡することが困難である（第 8 図）。これに対し、断面 W3-2 では、足柄海底谷側で東に緩く傾斜する反射面が海底から 0.25 秒程度まで連続的に追跡することができ、その東方で反射面の傾斜が西に急変する状況が明瞭に認められる（第 10 図）。

断面 W5 は、二宮海底谷沿いに国府津—松田断層延長部を横切るように設定したものである（第 2 図 c）。水深が深いものの、測線が平坦な海底谷の軸部に沿ったものであったため、良好な反射断面が得られた（第 12 図）。ここでは、ショット番号 700~1000 付近の深度約 0.75 秒以深で西に撓み下がるように傾斜する反射面群が国府津—松田断層の延長部における撓曲変形部であり、それを足柄海底谷もしくは二宮海底谷から供給された堆積物が水平に覆っていると解釈した。探査でイメージングできる深度では撓曲基部の位置が不明のため、撓曲基部はさらにショット番号 700 より西に位置する可能性が高い。深度 0.9~1.0 秒では、ノイズの影響のため不確かさが残るものの、西傾斜する撓曲構造の東方に背斜および向斜を示唆する反射面の変形が認められる（第 12 図）。この解釈が正しいとすれば、断面 W5 付近では、国府津—松田断層の上盤側断層近傍に短波長の褶曲構造が発達している可能性がある（第 12 図）。

上述したように、断面 B1~B3 および断面 W3~W5 の各断面で認められた撓曲変形が、国府津—松田断層に関連した構造と解釈した。撓曲基部の位置をつないだトレースの分布および走向は、いずれも陸上の同断層のそれとほぼ調和的である（第 22 図）。しかしながら、沿岸部付近での国府津—松田断層の位置を詳細にみると、海域の撓曲基部の位置は、足柄丘陵西縁に示された国府津—松田断層のトレースよりもやや西側に位置する。

断面 B1~B3 および断面 W3~W5 で推定された国府津—松田断層の海域延長部をさらに南方沖に追跡すると、大磯海脚西側斜面基部にほぼ一致する（第 2, 22 図）。この海脚西側斜面基部付近の国府津—松田断層の正確な位置および浅部変形様式を確認するため、測線 B10-2, B11-1, B12-1, B-13-1 の 4 測線を設けて探査を試みた（第 2 図 b）。しかし、海脚西側斜面の基部の水深が 600 m 以深と深く、ブーマーを音源とした探査仕様では反射記録が得られなかった。

2 章で述べたように、大磯海脚南西斜面には、急傾斜の斜面の中腹にほぼ北北西—南南東方向に延びる傾斜変換線を介して幅の狭い平坦面が分布する（第 2 図 a）。この傾斜変換線を横切る測線 B10-1 の反射断面では、その傾斜変換点にあたるイベント番号 16 付近の海底地形は鞍部状を呈し、この鞍部直下の反射面は向斜変形を示す（第 13 図）。また、この向斜の西方（イベント番号 17 付近）には浅部に背斜が認められ、その直上の海底面は背斜と調和的な膨らみ状を示す。ただし、この浅部で認められる構造（向斜、

背斜)は深部(海底からの往復走時0.25秒以深)の構造と不調和・不連続である。この理由としては、両者の間に水平に近いすべり面(デコルマ面)が存在していることによる可能性がある(第13図b)。また、イベント番号16付近にみられる向斜のさらに約500m西南西の海底斜面上(イベント番号19付近)では、斜面にわずかな西側低下の段差が生じており、そこでは反射面も撓曲変形により西側が低下しているようにみえる。ただし、段差直下の反射面が不鮮明であるため、構造の詳細は不明である。イベント番号16, 17付近で認められた褶曲およびイベント番号19付近の反射面の西側低下の撓曲状の変形は、いずれも反射面の変形の位置および形態が海底地形のそれらを調和的であることから、比較的新しい時期に活動した構造である可能性がある。一方、イベント番号10付近を基部として反射面が北東に立ち上がる顕著な折れ曲がり(イベント番号5.5付近を軸とする背斜の西翼部)が認められるが、大磯海脚の侵食面には変形が認められないことから、最終氷期以降には成長していないと考えられる。測線B10-1で浅部に認められた向斜および背斜に対応するとみられる構造は、同測線に直交する測線B105でも認められる(第14図)。一方、測線B10-1のイベント番号19付近に推定される撓曲状変形に対応する可能性がある構造は、同測線と平行する測線B13-2のイベント番号2付近で明瞭な反射面の撓みとしてイメージされる(第15図)。両測線で認められた撓曲状変形が一続きの構造とすると、その基部をつないだ走向は国府津-松田断層およびその沿岸延長部の走向とほぼ平行する。しかしながら、この撓曲状の変形は、測線B10-1と測線B13-2の間に位置する測線B11-2および測線B12-2では認定できない。その理由としては、i) 測線B11-2および測線B12-2の探査記録が不鮮明なため、反射断面からは構造が検出できない、ii) 測線B10-1で認められる撓曲状変形と測線B13-2の撓曲変形は一連の構造ではない、の可能性がある。第22図では、i) の場合を仮定し、この撓曲が一続きのものとして示している。

ところで、上述のように測線B4の反射断面には、推定される国府津-松田断層の位置よりも西方において2枚の明瞭な反射面が発達する(第11図)。それらは現酒匂川河道の海域延長付近にあたる測線西端までほぼ連続しており、その間にそれらに明瞭に変形を与える断層や撓曲構造は認められない。

4.2 二宮海底谷と平行する褶曲群

大磯海脚と大磯丘陵を境するように北東-南西に延びる二宮海底谷に沿って、陸上延長部で認定されている生沢断層が連続すると指摘されてきた(例えば、伊藤ほか, 1988; 森ほか, 2010)(第1図b, 第2図a)。こうした指摘を受けて、二宮海底谷を横切る測線(ブーマー探査測線BX-1~BX-3およびウォー

ターガン探査測線W103~W105)を設けた(第2図)。

二宮海底谷沿いでは、いずれの断面でも断層の存在を示唆する反射面の不連続は認められない。むしろ、いずれの測線とも海底谷に一致するところで反射面が下に凸状のパターンを呈している。こうした反射パターンから海底谷下に向斜構造が発達している可能性がある(第16図~第19図)。さらにこれらの断面には、二宮海底谷の南東側に短波長の褶曲群が分布することが認められる。このうち、測線BX-2と測線W103の位置は近接しており、ほぼ同様の地質構造が認められた。ただし、ブーマー探査断面では堆積層中の反射面は連続性に乏しく、またごく浅層部のみ確認できたのに対し、ウォーターガン探査断面では、海底近傍の解像度は低いものの、連続的かつ海底からの往復走時0.1~0.15秒の範囲でほぼ連続的に反射面が確認できた。

二宮海底谷の延びの方向と直交する各断面に認められた褶曲群を隣り合う断面で対応づけた結果、褶曲群は北東-南西走向に軸跡をもつことが明らかになった(第22図)。この褶曲群の大部分は最終氷期に形成されたとみられる侵食面に変形を及ぼしていない。しかしながら、測線BX-2では、褶曲群のうち最も北西側の背斜の直上にあたるイベント番号23~24付近で、侵食面およびそれを覆う陸棚堆積物に比高約0.006秒(約4.5m)のバルジ状の高まりが生じている(第17, 18図)。測線W103では海底付近のリンギングノイズのため、侵食面の位置に不確かさがあるが、測線BX-2のイベント番号23~24付近にみられる反射面の背斜構造の直上でも侵食面が背斜状に波打つ(第19図)。さらに、測線W103ではこの背斜構造の東の向斜構造でも侵食面が下部の反射面と調和的に向斜状を呈している(第19図)。こうした侵食面の凹凸が初生的なものである可能性を否定することはできないものの、高まり(低まり)の位置と形状が侵食面下に認定される背斜構造(向斜構造)と一致していることから、褶曲の一部は、最終氷期以降にも成長した可能性がある。

複数の褶曲が認められた測線BX1-1, BX-2および測線W103の北東延長部に位置する測線B104および測線W105では、最終氷期を含む更新世の可能性のある堆積物を覆って、下部の海進に伴うとみられる陸側にバックステップする堆積体と上部のプログラーションが発達する高海面期~海面低下期の堆積体からなる完新世堆積物の堆積構造を示唆する反射断面が認められるが、それらには褶曲構造が認められない(第20図)。こうしたことから、北東-南西走向の軸跡をもつ褶曲群は、測線B104および測線W105の手前で消失するか、あるいは走向をやや北に湾曲させ、生沢断層が分布する生沢の低地に連続する可能性がある。一方、測線B104より東に海域を含む海岸線に平行な測線1-3では、反射断面が鮮明でないため解釈に不確かさを伴うものの、イ

ント番号 30 付近および 41 付近を軸としてそれぞれ幅広い背斜状および向斜状を呈しているようにみえる (第 21 図)。これらは、二宮海底谷の南東谷壁斜面付近に発達する短波長の背斜および向斜の伸びの方向にほぼ位置するが、測線 B2-3 および測線 B3-3 では連続が予想される位置に褶曲構造が認められないこと、また両者の褶曲の波長が著しく異なることから、一連の構造ではない可能性がある。

4.3 大磯海脚の変形

大磯海脚を横切る測線では、海食台が全体的に幅広く緩やかに背斜状の変形を被っている可能性を示す断面が得られた。例えば、測線 B13-2 のイベント番号 6~19 は平坦な大磯海脚の海食台南端にあたる (第 15 図)。そのうち、西縁部にあたるイベント番号 8~10 間では反射面が西に傾斜するのに対し、東縁部の番号 17~19 では反射面が東に傾斜する。地形的には、海食台の中央にあたるイベント番号 12~13 付近に向かって海底面が緩やかに高まる。同様の海底地形および反射面の傾斜の特徴は、測線 BX-1 (第 16 図) や不明瞭ながら測線 B11-2、測線 B12-2 でも認められる。各測線で認められるこうした幅広い緩やかな背斜状変形の軸をつないだ方位は二宮海底谷の伸びと平行する北東-南西である可能性がある。

5. 考察

5.1 国府津-松田断層の海域延長部の特徴

本調査の結果、海岸線から約 3 km 沖合の二宮海底谷までの国府津-松田断層は、反射面の傾斜方向の急変 (西に相対的に急傾斜する撓曲変形) および撓曲の東方での背斜構造で特徴付けられ、それらを東傾斜の逆断層に関連する変形と解釈した。各断面で推定された国府津-松田断層の海域延長部を示す撓曲の基部をつないだトレースの分布および走向はいずれも陸上の同断層と概ね調和的である (第 22 図)。したがって、沿岸海域の国府津-松田断層は、陸上で認定されている同断層との間には顕著なステップや湾曲することなく連続する。しかしながら、沿岸部付近での国府津-松田断層の位置を詳細にみると、海域の撓曲変形の基部の位置は、足柄丘陵西縁に示された国府津-松田断層のトレースよりもやや西側に位置する。この理由としては、陸上の国府津-松田断層の断層崖が並走して流れる森戸川による侵食のために後退している可能性、あるいは足柄平野を埋める厚い地層により変形フロントが覆われ、見かけ上後退している可能性がある (第 1 図 b, 第 22 図)。

国府津-松田断層の沿岸海域延長部の活動性や活動時期についての情報は得られなかった。しかしながら、測線 B1 でみられるように、撓曲変形が海底部の砂礫堆の直下付近まで及んでいるようにみえる

ことから (第 7 図)、比較的新しい時期に活動している可能性がある。

5.2 二宮海底谷と平行する褶曲群の相模湾北西部のテクトニクスにおける意義

大磯海脚に分布する褶曲構造については、1970 年前後に海上保安庁水路部が取得したシングルチャンネルの音波探査記録の再検討を行った大河内 (1990) によると、大磯丘陵から続く北北西-南南東方向に軸を持つ背斜構造が認定されていたが、本調査では、二宮海底谷からその南東の大磯海脚の北西部には、国府津-松田断層の走向とほぼ直交する北東-南西走向の複数の褶曲群が発達し、その一部は最終氷期以降に活動している可能性が示された (第 17 図~第 19 図, 第 22 図)。また、大磯海脚は、北東-南西方向に軸跡をもつ背斜構造により、海食台が全体的に幅広く緩やかに変形を受けている可能性もある (第 22 図)。この褶曲群はその軸の向きから、北西-南東方向の圧縮による変形と考えられる。測地観測によると、国府津-松田断層帯周辺では北西-南東方向の縮みがみられる (地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2015)。本調査で認められた地質構造の分布および活動性から、相模湾北西部では本州弧に対する伊豆・小笠原弧の北~北西進に伴う衝突・斜め沈み込みによるひずみが、国府津-松田断層などの相模トラフ軸に平行な構造とトラフ軸方向と直交する構造の活動により、分配して解消している可能性がある。プレート境界断層や長大な活断層周辺では、このように主断層に対して大きく斜交あるいは直交する断層や褶曲が発達し、それらにより断層沿いの複雑なひずみを解消している場合があることがしばしば報告されている (例えば、杉山, 1989; Goldfinger *et al.*, 1992; Sugiyama, 2007; Allmendinger *et al.*, 2005; Plafker and Thatcher, 2008)。

6. まとめ

相模湾北西部沿岸海域におけるブーマーおよびウォーターガン音を音源とするショートマルチ音波探査により、国府津-松田断層帯の南部を構成する国府津-松田断層および生沢断層の海域延長部とそれらの周辺における地質構造の連続性や変形様式を検討した。その結果、以下のことが明らかになった。

1) 海岸線から約 3 km 沖合の二宮海底谷までの国府津-松田断層は、東傾斜の逆断層に関連する反射面の撓曲変形で特徴付けられる。

2) 国府津-松田断層上盤側 (東側) に分布する二宮海底谷および大磯海脚北西部では、北東-南西方向に軸跡をもつ褶曲群が認められ、その一部では最終氷期に形成されたとみられる海脚頂部の海食台にも変形が及んでいる可能性がある。

3) 大磯海脚は北東-南西方向に軸跡をもつ背斜構

造により海食台が幅広く緩やかに変形している可能性がある。

4) 酒匂川左岸から国府津間には、明瞭な断層の存在を示唆する反射面の不連続は認められない。

5) 相模湾北西部の地殻浅部では、本州弧に対する伊豆弧の北～北西進による衝突・斜め沈み込みに伴うひずみが国府津－松田断層などの相模トラフ軸に平行な構造だけでなく、トラフ軸方向と直交する構造の活動によっても解消されている可能性がある。

謝辞 本調査は、文部科学省委託調査事業「神縄・国府津－松田断層帯における重点的な調査観測」の一環として平成22年度と平成23年度に実施したものである。調査に際しては、神奈川県安全防災局危機管理部災害対策課、同環境農政局水・緑部水産課、同県土整備局河川下水道部砂防海岸課、同温泉地学研究所、神奈川県行業協同組合連合会、小田原市漁業協同組合、二宮町漁業協同組合、大磯町漁業協同組合、海上保安庁第三管区海上保安本部交通部安全課の皆様にご協力をいただいた。丸山かおる氏をはじめとする総合地質調査株式会社の調査担当者、また半場康弘氏ならびに坂本順哉氏をはじめとする川崎地質株式会社の調査担当者には、現地状況に応じて適切なデータ取得を行っていただいた。反射記録の処理は総合地質調査株式会社の村上文敏氏（当時産業技術総合研究所）に行っていただいた。音波探査データの解析および反射断面の解釈については、山口大学の楮原京子氏（当時産業技術総合研究所）から多くのご教示をいただいた。本調査の実施に際し、産業技術総合研究所の岡村行信氏からは調査計画や調査方法について多くのご助言をいただいた。産業技術総合研究所の杉山雄一氏には、反射断面の解釈の誤りおよび用語の不適切な使用をご指摘いただくとともに、原稿を改善するうえで重要な多くのご意見をいただいた。以上の皆様に厚く御礼申し上げます。

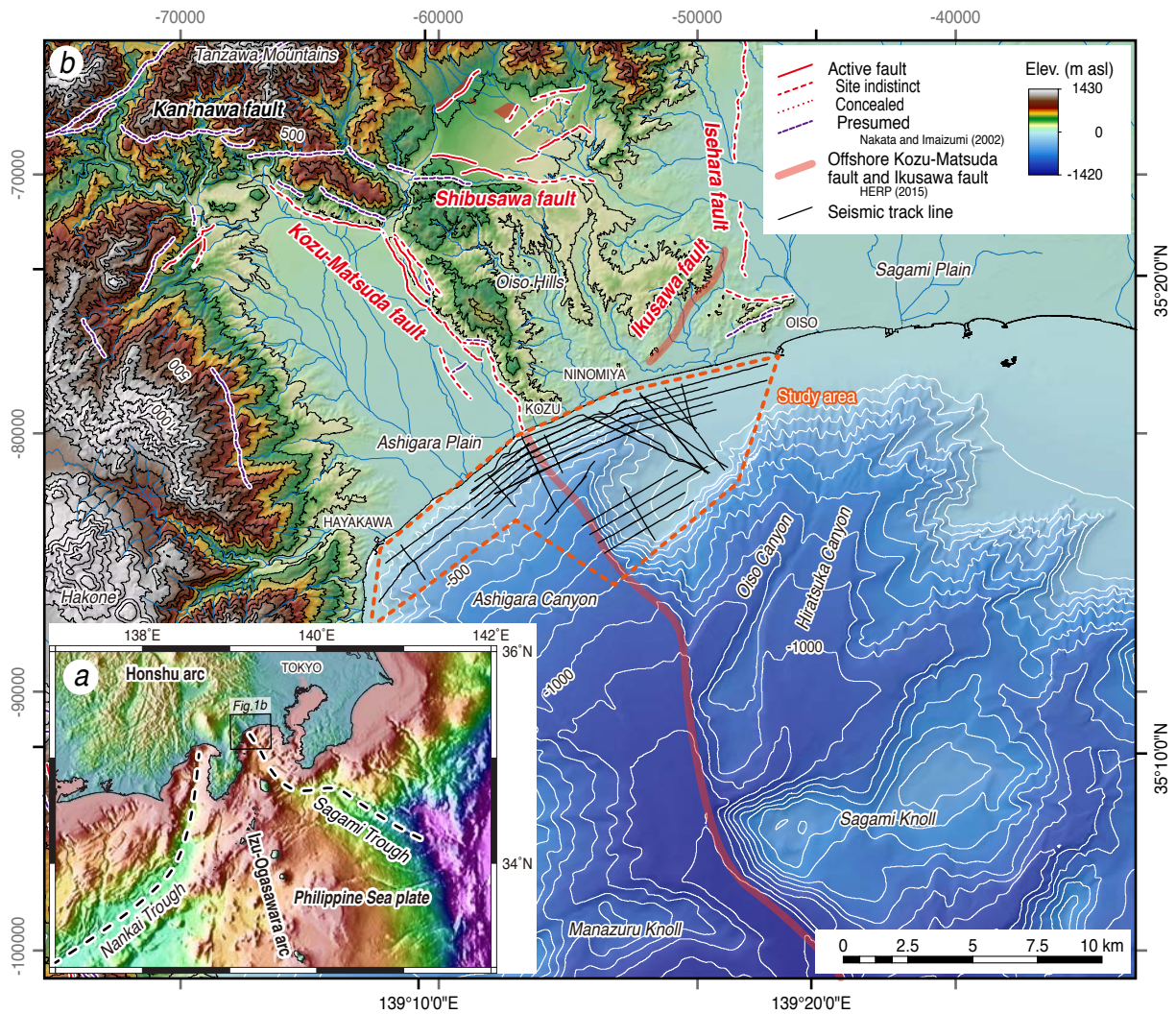
文 献

- Allmendinger, R. W., González, G., Yu, J., Hoke, G. and Isacks, B. (2015) Trench-parallel shortening in the Northern Chilean Forearc: Tectonic and climatic implications. *Geological Society of America Bulletin*, 117, 89–104, doi: 10.1130/B25505.1.
- Goldfinger, C., Kulm, L.D., Yeats, R.S., Appelgate, B., MacKay, M.E. and Moore, G.F. (1992) Transverse structural trends along the Oregon convergent margin: Implications for Cascadia earthquake potential and crustal rotation. *Geology*, 20, 141–144.
- 井上卓彦・村上文敏・岡村行信・池原 研 (2007) 2007年能登半島地震震源域の海底活断層. *地震研集報*, 82, 301–312.
- 石橋克彦・佐竹健治 (1998) 古地震研究によるプレート境界巨大地震の長期予測の問題点－日本付近のプレート沈み込み帯を中心として－. *地震第2輯*, 50, suppl., 1–21.
- 伊藤谷生・上杉 陽・千葉達朗・関東第四紀研究会 (1988) 大磯丘陵南東部, 生沢断層系の第四紀後期活動史 (演旨). *日本地質学会第95年学術大会講演要旨*, 446.
- 泉 紀明・西澤あずさ・堀内大嗣・木戸ゆかり・中田 高・後藤秀昭・渡辺満久・鈴木康弘 (2013) 150 m グリッドDEMから作成した相模トラフから三重会合点周辺の3D海底地形. *海洋情報部研究報告*, 50, 126–139.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2015) 塩沢断層帯・平山－松田北断層帯・国府津－松田断層帯 (神縄・国府津－松田断層帯) の長期評価 (第二版). 55 p.
- 神奈川県 (2002) 平成13年度地震関係基礎調査交付金事業 神奈川県活断層 (神縄・国府津－松田断層帯) 調査事業成果報告書, 127 p.
- 神奈川県 (2003) 平成14年度地震関係基礎調査交付金事業 神縄・国府津－松田断層帯に関する調査成果報告書, 56 p.
- 神奈川県 (2004) 平成15年度地震関係基礎調査交付金事業 神縄・国府津－松田断層帯に関する調査成果報告書, 65 p.
- 加藤 茂・岩淵 洋・浅田 昭・加藤幸弘・菊池真一・穀田昇一・楠 勝浩・渡辺一樹 (1993) 相模湾の地殻構造と変動地形. *地学雑誌*, 102, 399–406.
- 活断層研究会編 (1991) 新編日本の活断層－分布と資料－. 東京大学出版会, 437 p.
- 木村政昭・村上文敏・石原丈実 (1976) 相模灘及付近海底地質図および説明書 1:200,000, 海洋地質図, 3, 地質調査所.
- 岸本清行 (2000) 海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成: Japan250m.grd, 地質調査所研究資料集 (CD-ROM), 353, 1 CD-ROM.
- 楠 勝浩・菊池真一・穀田昇一・深江邦一 (1991) 相模湾北西海域における変動地形調査, *水路部研究報告*, 27, 113–131.
- 丸山 正・岡村行信 (2012) 浅海域での国府津－松田断層の活動様式の解明. 文部科学省研究開発局・国立大学法人東京大学地震研究所, 神縄・国府津－松田断層帯における重点的調査観測, 平成21～23年度成果報告書, 125–147.
- 森 慎一・藤岡換太郎・有馬 眞 (2010) 相模トラフ北部の海底地形と断層系の形成－5系統の断層発達史－, *地学雑誌*, 119, 585–614.
- 村上文敏・西村清和・松岡弘和・古谷昌明・丸山かおる・半場康弘・立石雅昭 (2004) 浅海域音波探査用12チャンネル受信ケーブルの作成と海

- 域実験結果. 海洋調査技術学会研究成果発表会講演要旨集, 16, 45–46.
- 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, DVD-ROM 2 枚・付図 2 葉.
- 日本水路協会 (2009) 海底地形デジタルデータ M7001 Ver. 2.1 関東南部. CD-ROM1 枚.
- 大河内直彦 (1990) 相模湾の活構造とテクニクス, 地学雑誌, 99, 458–470.
- 岡村行信・湯浅真人・倉本真一 (1999) 駿河湾海底地質図, 海洋地質図, 52, 1:200,000 地質図, 説明書 44 p, 付図 3 枚, 地質調査所.
- Plafker, G. and Thatcher, W. (2008) Geological and geophysical evaluation of the mechanisms of the Great 1899 Yakutat Bay Earthquakes. In Freymueller, J. T., Haeussler, P. J., Wesson, R. L. and Ekström, G. Eds., Active Tectonics and Seismic Potential of Alaska, AGU Geophysical Monograph Series, 179, 215–236.
- 佐藤比呂志・岩崎貴哉・石山達也 (2010) プレート境界から分岐した活断層の長期評価—相模トラフ横断地殻構造探査, 科学, 80, 825–831.
- Shishikura, M., 2014, History of the paleo-earthquakes along the Sagami Trough, central Japan: Review of coastal paleo-seismological studies in the Kanto region. Episodes, 37, 246–257.
- 杉山雄一 (1989) 島弧における帯状構造の屈曲とプレートの斜め沈み込み 第 1 部—西南日本外帯沖の屈曲構造とプレート境界地震—. 地質調査所月報, 40, 533–541.
- Sugiyama, Y. (2007) Segmentation of the western Taiwan active fault zone inferred from its structural analogy to the Nankai trough region, southwest Japan, Journal of Asian Earth Sciences, 31, 197–203.
- 渡辺一樹 (1993) 相模湾西部の海底微地形, 水路部研究報告, 29, 33–50.
- (受付: 2015 年 8 月 11 日, 受理: 2015 年 10 月 1 日)

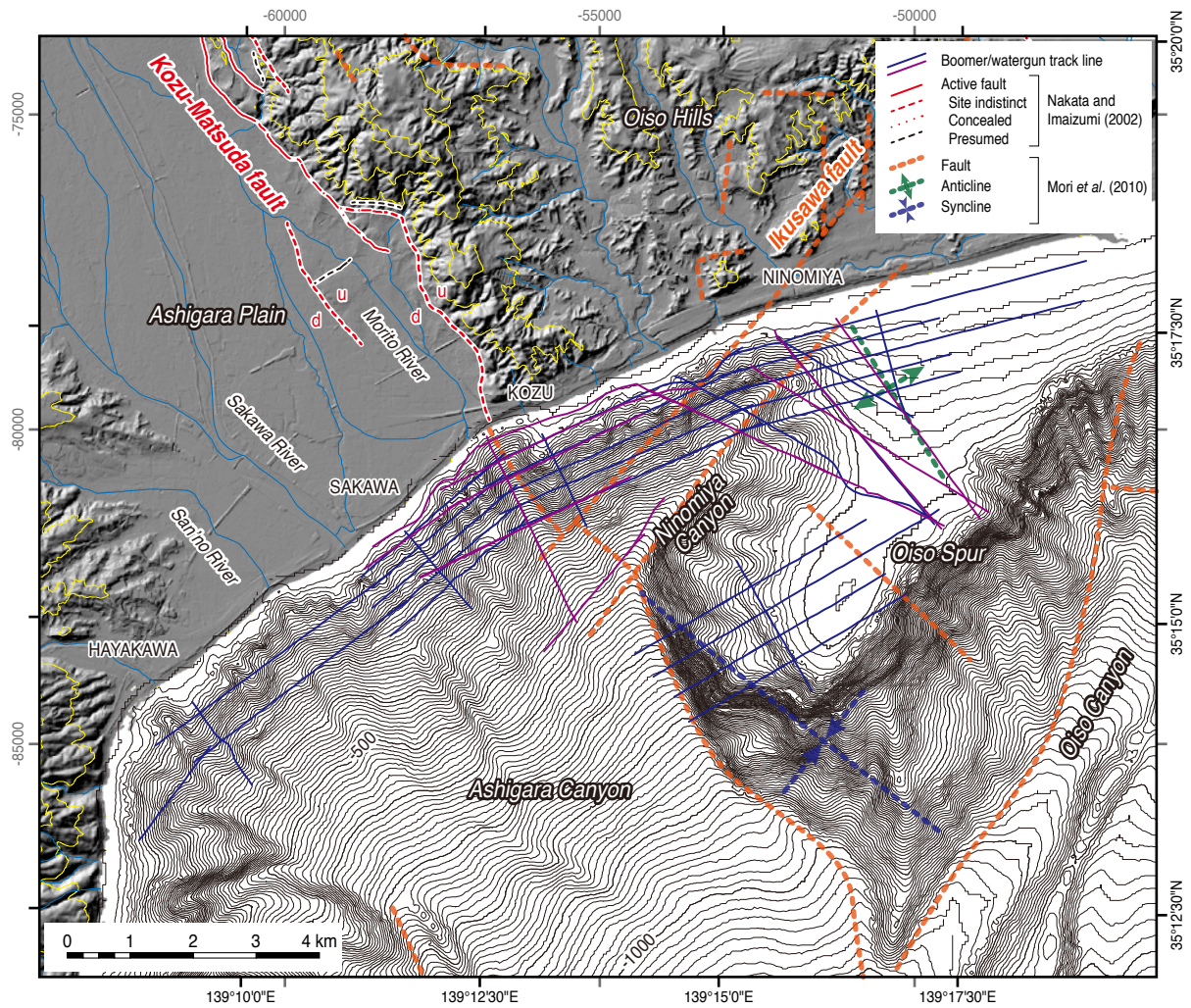
第 1 表. ブーマーおよびウォーターガンを音源とした音波探査で用いた測定パラメータ.
Table 1. Measurement parameters for seismic profiling using boomer and watergun as acoustic sources.

	Boomer profiling	Watergun profiling
<u>Source</u>		
Type of acoustic source (product name, manufacturer)	Boomer (CSP 300P, Applied Acoustic Engineering Limited)	Watergun (S-15, Sercel)
Volume/pressure	300 J	15 inch ³
Shot interval	1.25 m (2.5 m below depth of 200 m)	2.5 m
Gun depth	0.3 m	2 m
<u>Receiver</u>		
Number of channel	12 channel	12 channel
Channel (receiver) interval	2.5 m	2.5 m
Cable depth	0.5 m	1.5 m
Recording length	0.6 or 0.8 sec. (1.25 m shot interval) 1.2 sec. (2.5 m shot interval)	0.6, 0.65, 0.8 sec.
Sampling rate	0.1 msec.	0.5 msec.
<u>Research vessel</u>		
Vessel name (weight)	Masaharu-maru (4.8 ton)	VERNY-III (19 ton)
Vessel speed	3-4 kt.	2.5-3 kt.



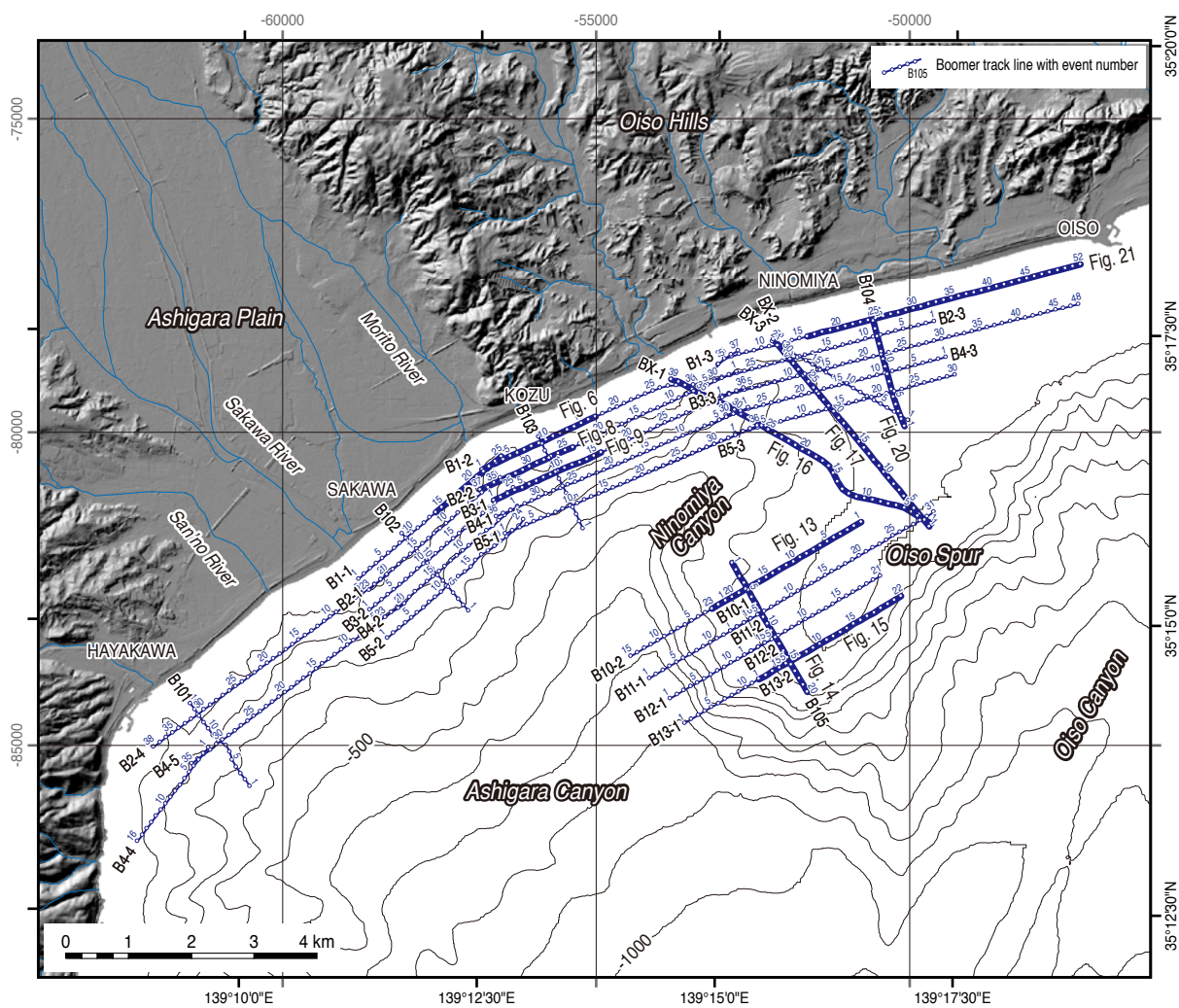
第 1 図. a) 相模湾およびその周辺の地形 (地形データは岸本, 2000 を使用). 第 1 図 b) の位置を黒枠で示す. b) 相模湾北西部およびその周辺地域の地形と探査範囲. 活構造の分布は, 中田・今泉編 (2002) による. 国府津-松田断層の海域部および生沢断層の分布は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2015) に基づく. 地形データは, 国土地理院基盤地図情報 (数値標高モデル) 10 m メッシュおよび日本水路協会 (2009) を使用. 本調査で実施した高分解能音波探査範囲を橙色の破線で囲む. 地理座標系は, 枠の右および下に経緯度, 左および上に平面直角座標 (IX) を示す (第 2 図および第 22 図も同様).

Fig. 1. a) Index map showing topography of collision zone between Izu and Honshu arc along the Sagami and Nankai Troughs. The map is created from data compiled by Kishimoro (2000). Black rectangle line shows area of Fig. 1b. b) Map showing topography and bathymetry in and around the northwestern part of the Sagami Bay and area of the seismic profiling. Distribution of tectonically active structures is after Nakata and Imaizumi (2002). Distribution of the offshore Koze-Matsuda fault and the Ikusawa fault is based on the Headquarters for Earthquake Research Promotion (HERP) (2015). Topographic-bathymetric image was created from 10 m DEM released by Geospatial Information Authority of Japan and digital bathymetry data issued by Japan Hydrographic Association (2009). Study area is surrounded by broken orange line. Longitude/latitude on right and upper part of frame and Japanese plane rectangular coordinate system (IX) on left and bottom part of frame are given (same in Figs. 2 and 21).



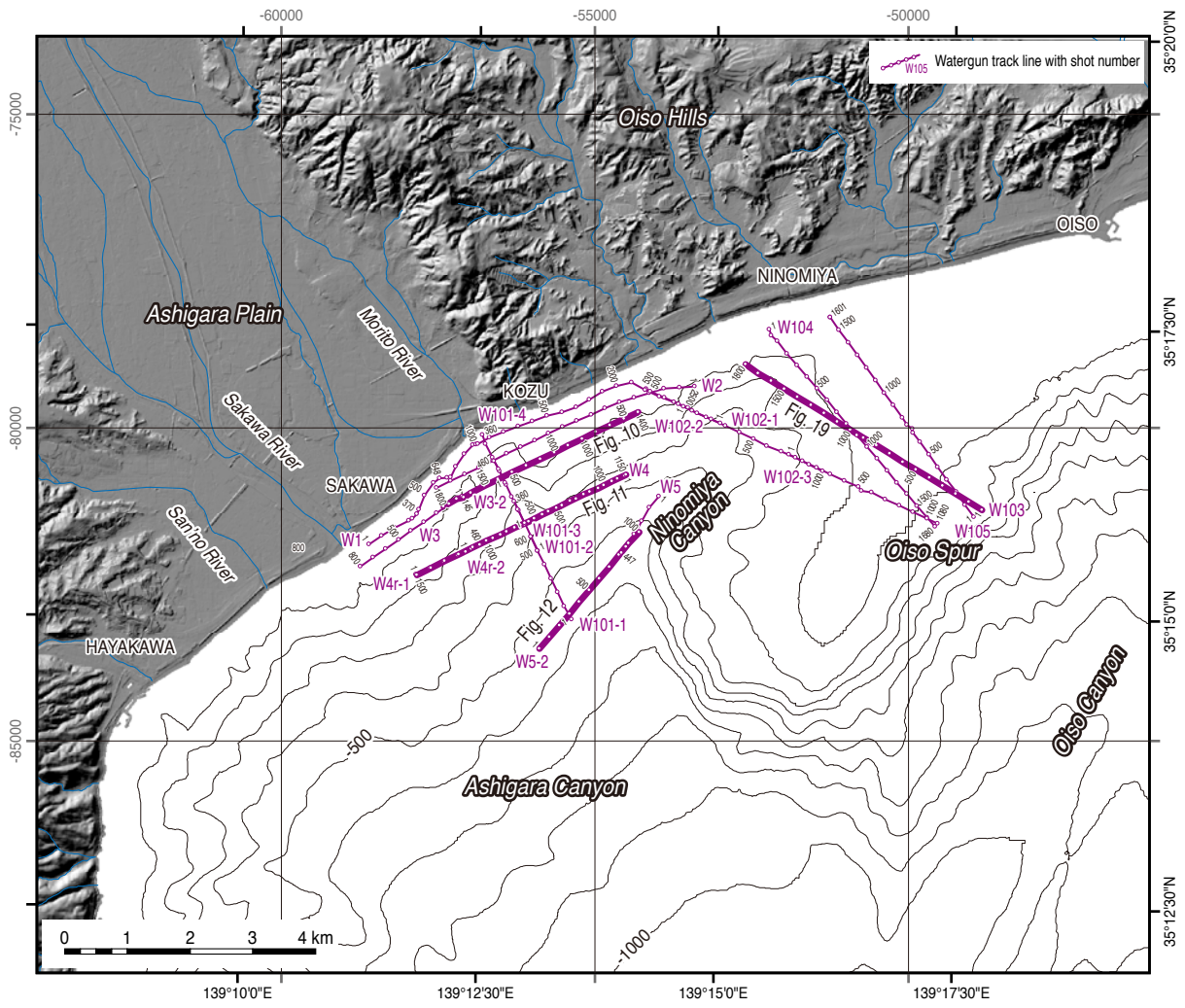
第2図. a) 本調査で実施した相模湾北西部沿岸海域における高分解能音波探査の調査測線位置図。陸域の活構造の分布は中田・今泉編(2002)、海域および大磯丘陵内の断層、褶曲の分布は森ほか(2010)に基づく。地形データは、国土地理院基盤地図情報(数値標高モデル)5mメッシュおよび10mメッシュおよび日本水路協会(2009)を使用。等高線(黄色)および等深線(黒線)は10m間隔。

Fig. 2. a) Map showing location of seismic lines for high-resolution seismic profiling in the northwestern part of the Sagami Bay. Distributions of tectonically active structures in onshore area and geologic structures in offshore area and the Oiso Hills are after Nakata and Imaizumi (2002) and Mori *et al.* (2010), respectively. Topographic-bathymetric image was created from 5 m and 10 m DEM released by Geospatial Information Authority of Japan and digital bathymetry data issued by Japan Hydrographic Association (2009). Contour interval of topographic (yellow lines) and bathymetric (black lines) map is 100 m and 10 m, respectively.

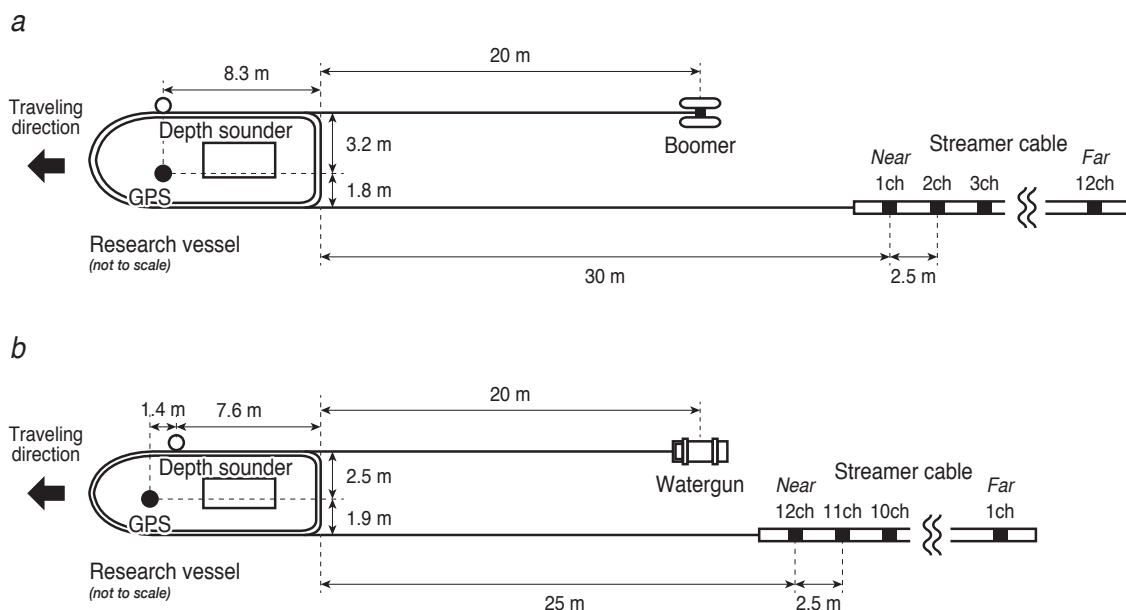


第2図. b) ブーマーショートマルチ音波探査測線配置図. 測線沿いの数字はイベント番号. 測線のうち太線で示した範囲の断面図を第6図～第9図, 第13図～第18図および第20, 21図に示す.

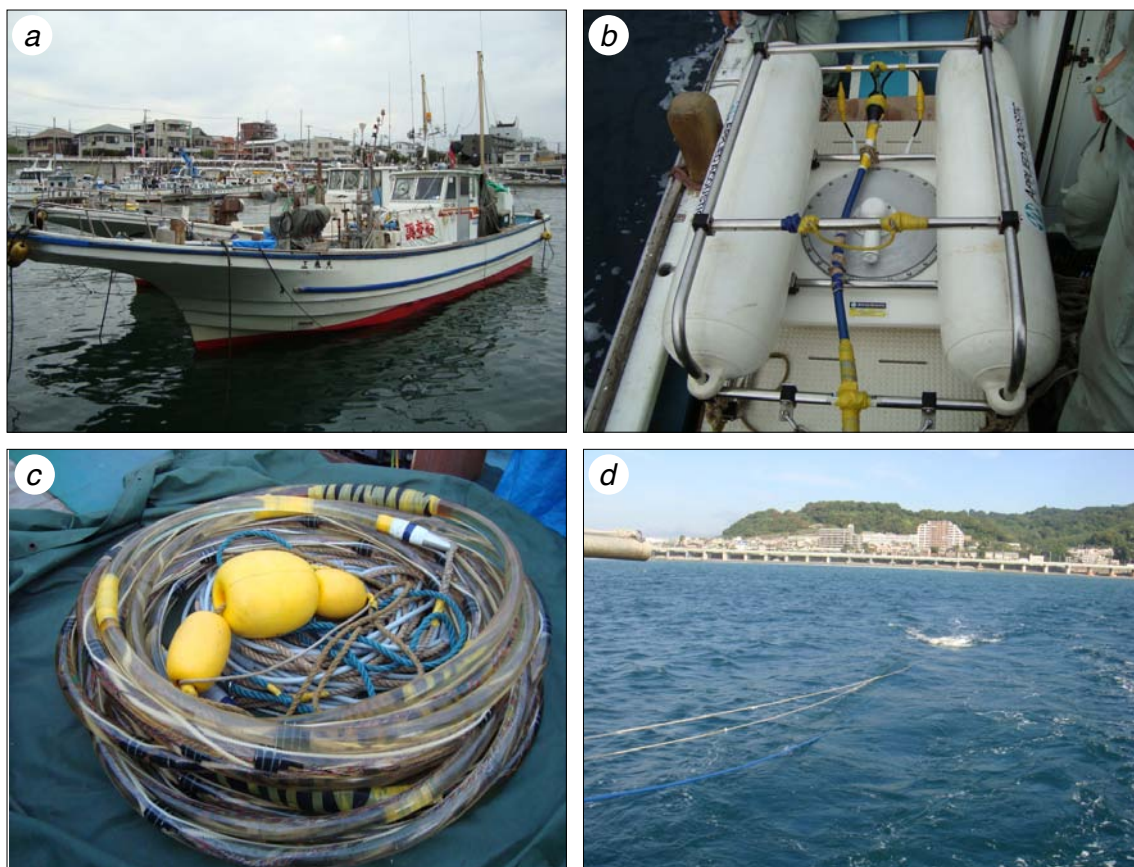
Fig. 2. b) Map showing boomer seismic lines with event numbers. Seismic sections in areas of bold lines are shown in Figs. 6-9, 13-18, 20 and 21.



第2図. c) ウォーターガンショットマルチ音波探査測線配置図. 測線沿いの数字はショット番号. 測線のうち太線で示した範囲の断面図を第10図～第12図および第19図に示す.
 Fig. 2. c) Map showing watergun seismic lines with shot numbers. Seismic sections in areas of bold lines are shown in Figs. 10-12 and 19.

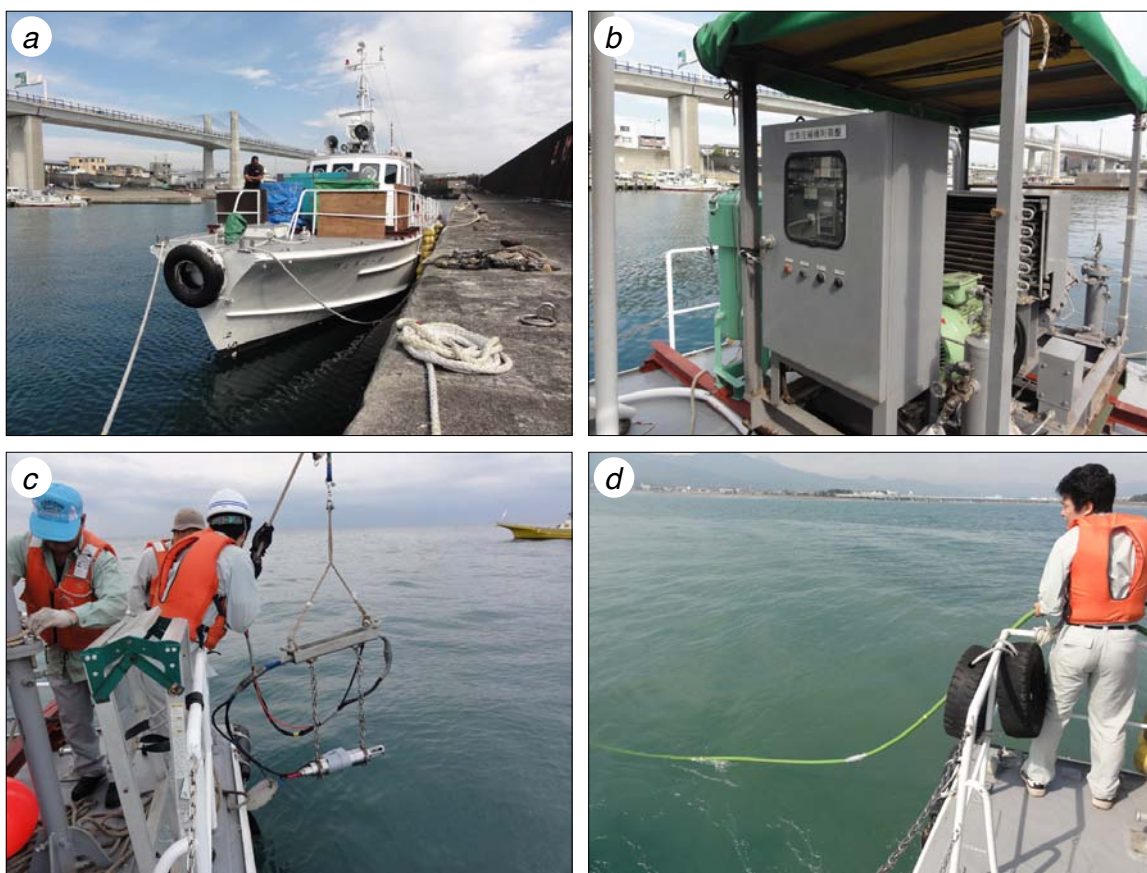


第3図. a) ブーマーおよびb) ウォーターガンを用いたショートマルチ音波探査の探査機器配置図. Fig. 3. Configuration of the multi-channel seismic profiling devices; a) boomer profiling and b) water-gun profiling.

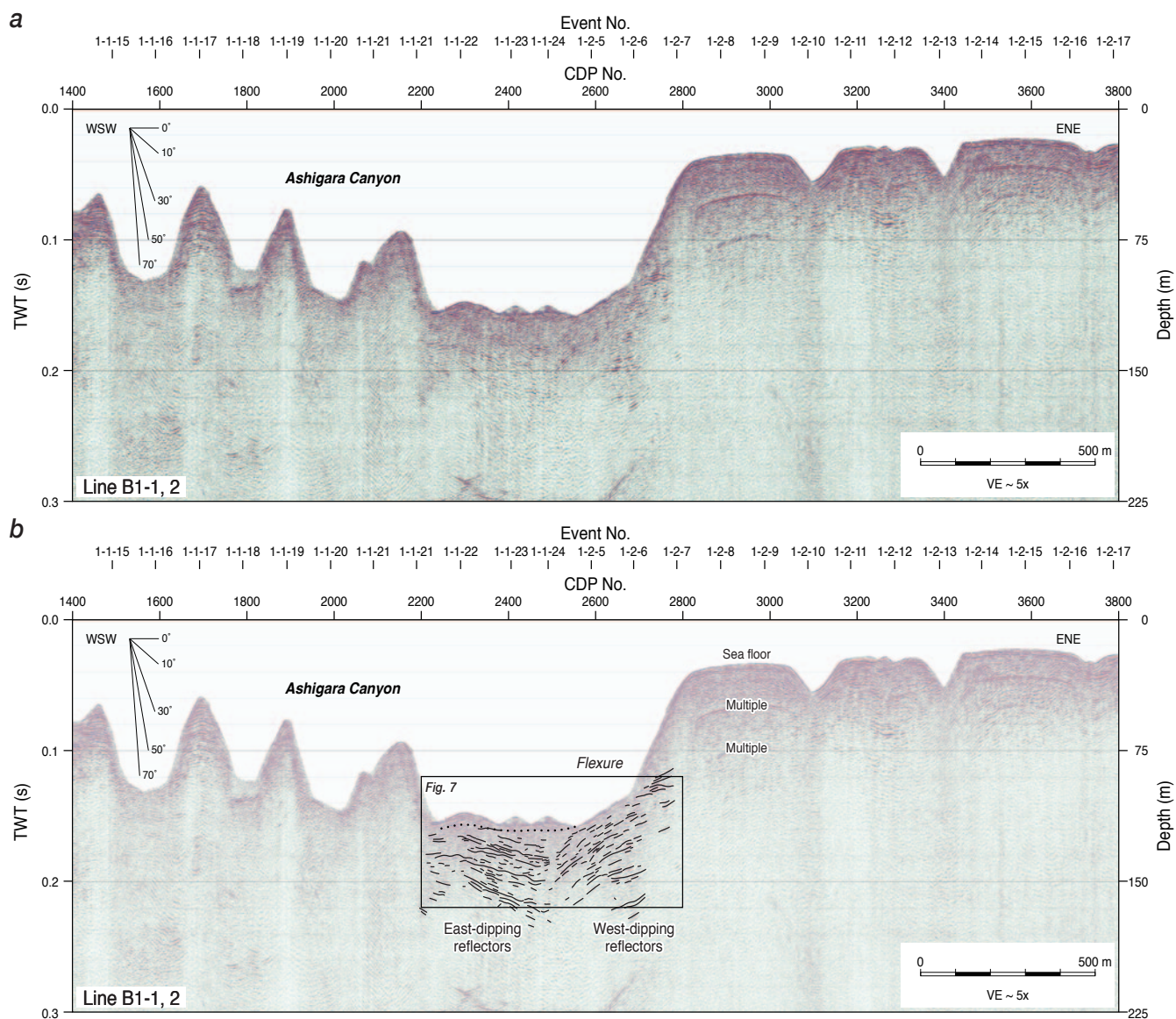


第4図. ブーマーショートマルチ音波探査装置. a) 探査船 (小田原市漁協所属正春丸, 4.8 トン, b) ブーマー音源 (英国 Applied Acoustic 社製 AA300 boomer plate), c) 受振装置 (12 チャンネルストリーマーケーブル), d) 発振装置曳航風景 (背後は大磯丘陵).

Fig. 4. Photographs showing boomer multi-channel seismic profiling devices; a) research vessel "Masaharu-maru (4.8 t)", b) acoustic source "Boomer system" made by Applied Acoustic Engineering Limited, c) 12 channel streamer cable with channel interval of 2.5 m, d) seismic operations (the Oiso Hills in the background).

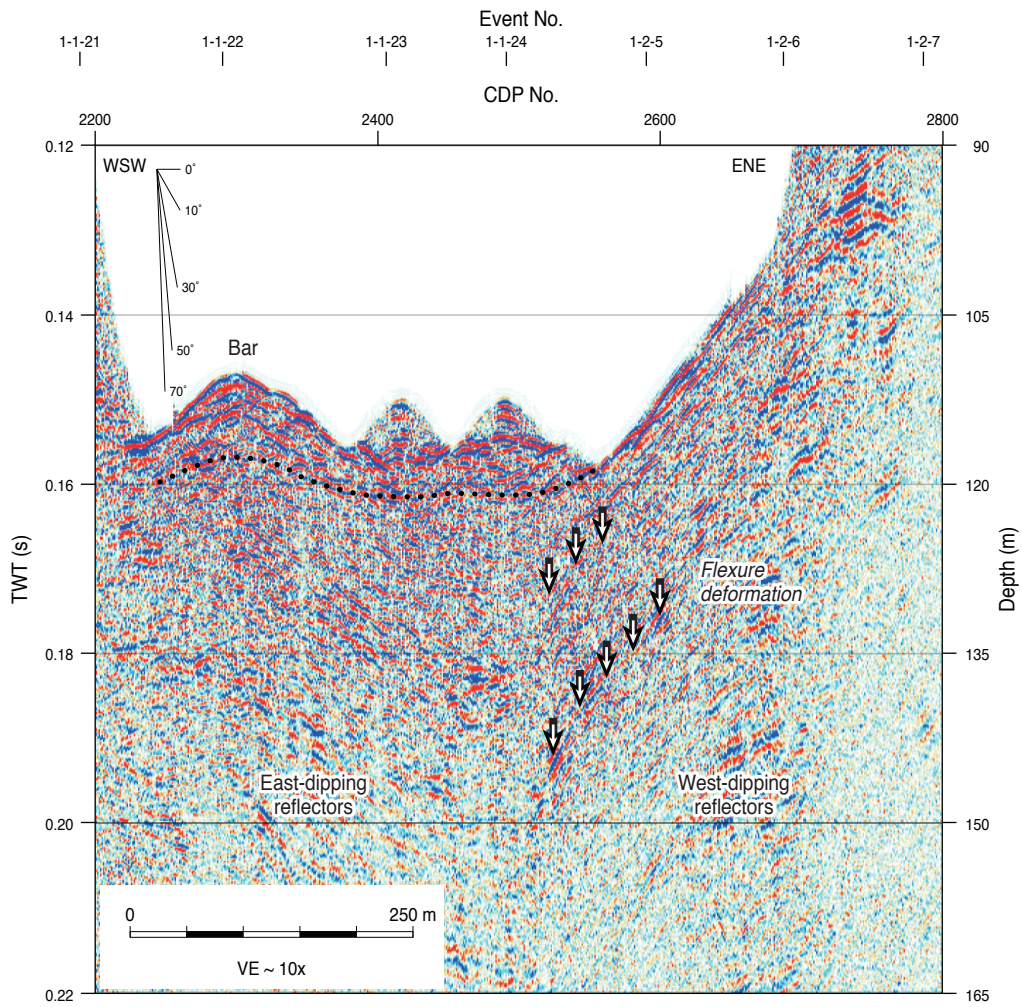


第 5 図. ウォーターガンショットマルチ音波探査装置. a) 探査船 (VERNY-III, 19 トン), b) コンプレッサー, c) 発振装置 (Sercel 社製 S-15 型ウォーターガン), d) 受振装置 (12 チャンネルストリーマーケーブル).
Fig. 5. Photographs showing water-gun multi-channel seismic profiling devices; a) research vessel “VERNY-III (19 t)”, b) compressor, c) acoustic source “S-15 water-gun” made by Sercel, d) 12 channel streamer cable with channel interval of 2.5 m.



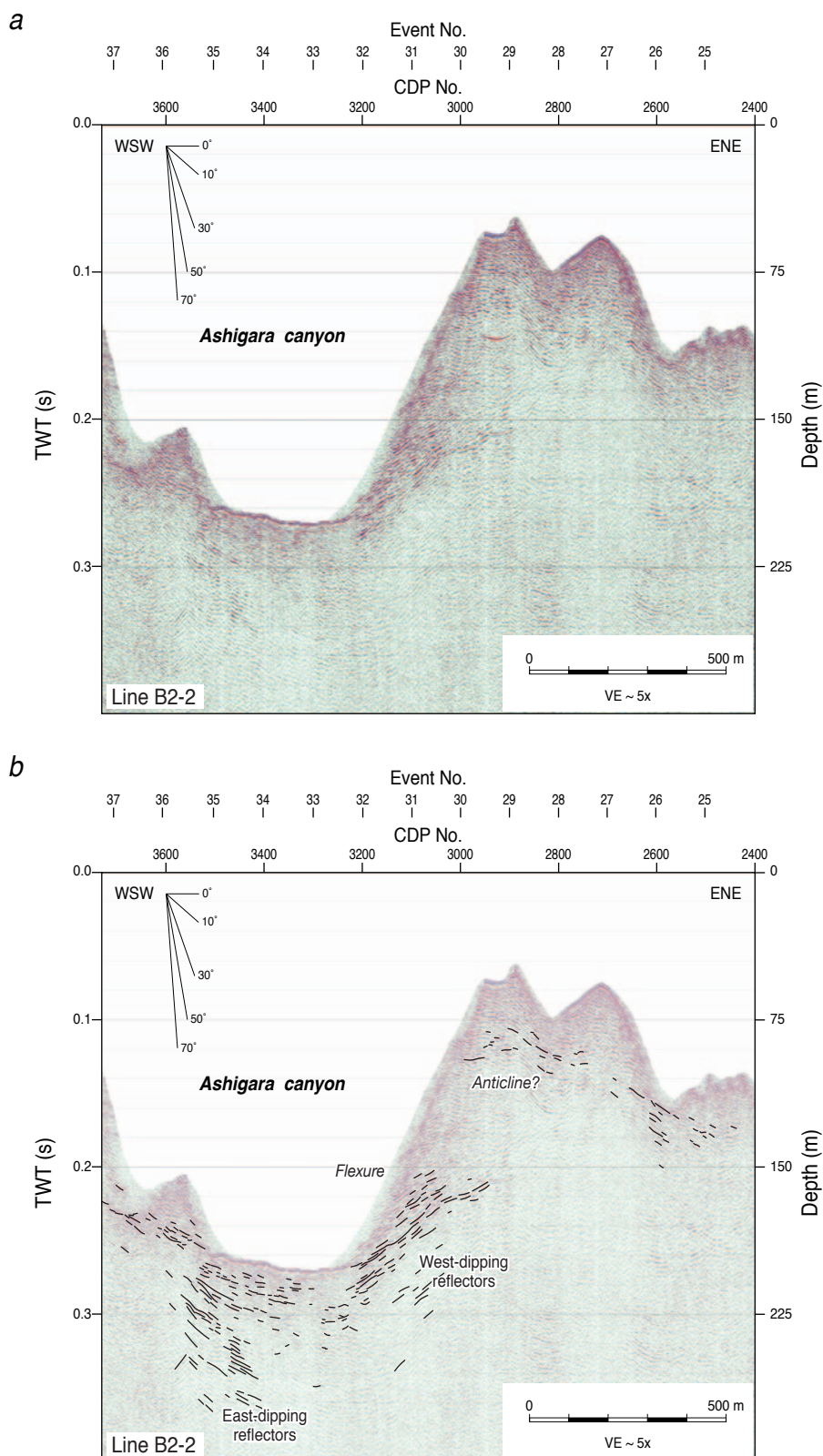
第 6 図. a) ブーマー測線 B1 のうち、国府津－松田断層海域延長部を横切る区間における重合断面および b) 地質解釈断面. 明瞭な反射面を黒線で示す. 測線の位置を第 2 図 b) に示す. TWT: 往復走時.

Fig. 6. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line B1 around the offshore extension of the Koze-Matsuda fault. Black lines denote distinct reflectors. For location of the line see Fig. 2b. TWT is two-way travel time.

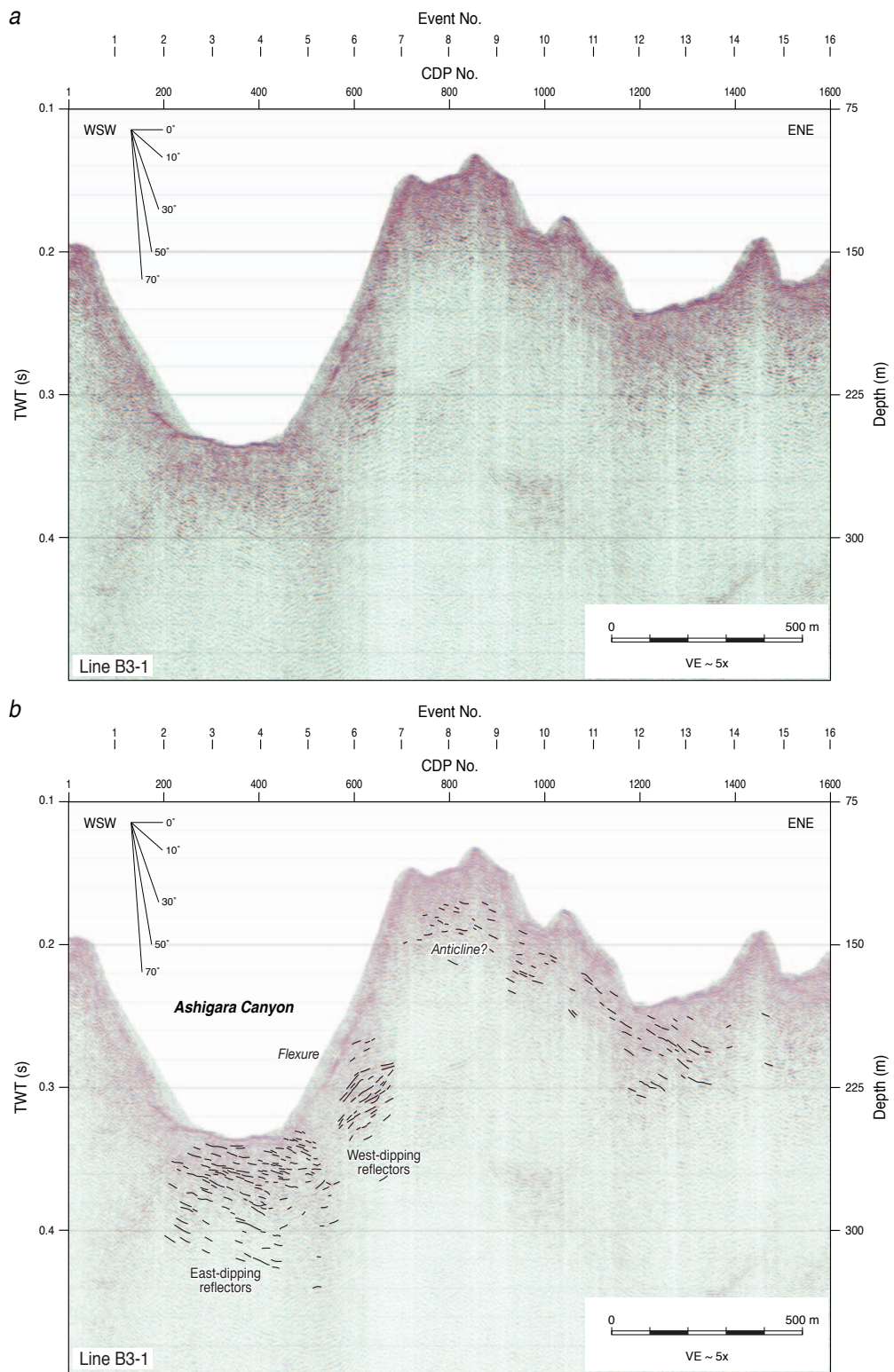


第7図. ブーマー測線 B1 の国府津-松田断層海域延長部周辺部分の拡大図. 範囲を第6図 b に示す. 黒矢印は, 西傾斜区間にみられる撓曲変形を示す.

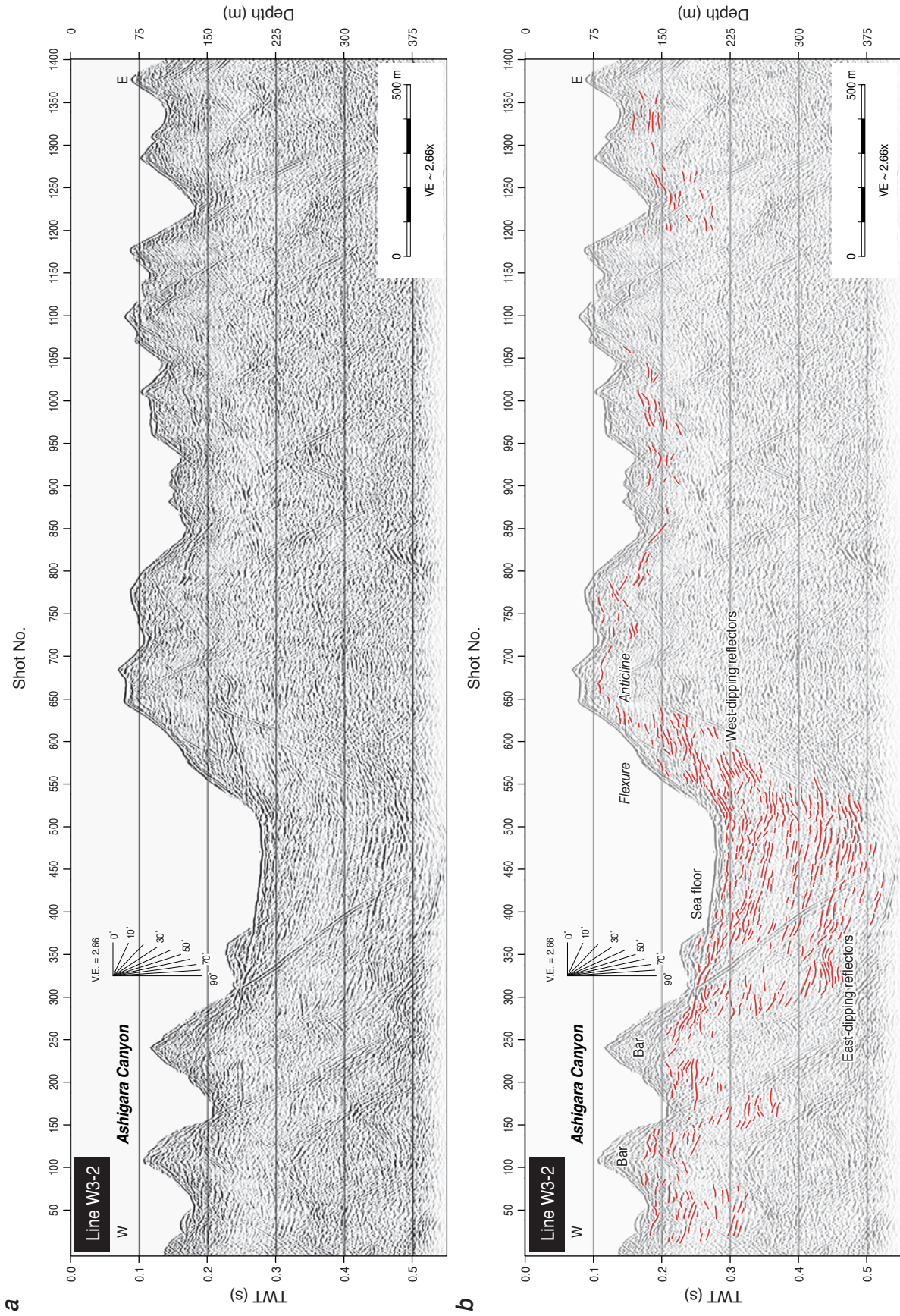
Fig. 7. Close-up of Boomer seismic profile of line B1 near the offshore extension of the Kozu-Matsuda fault. Extent of the figure is shown in Fig. 6. Arrows point flexure deformation in area of the west-dipping reflectors.



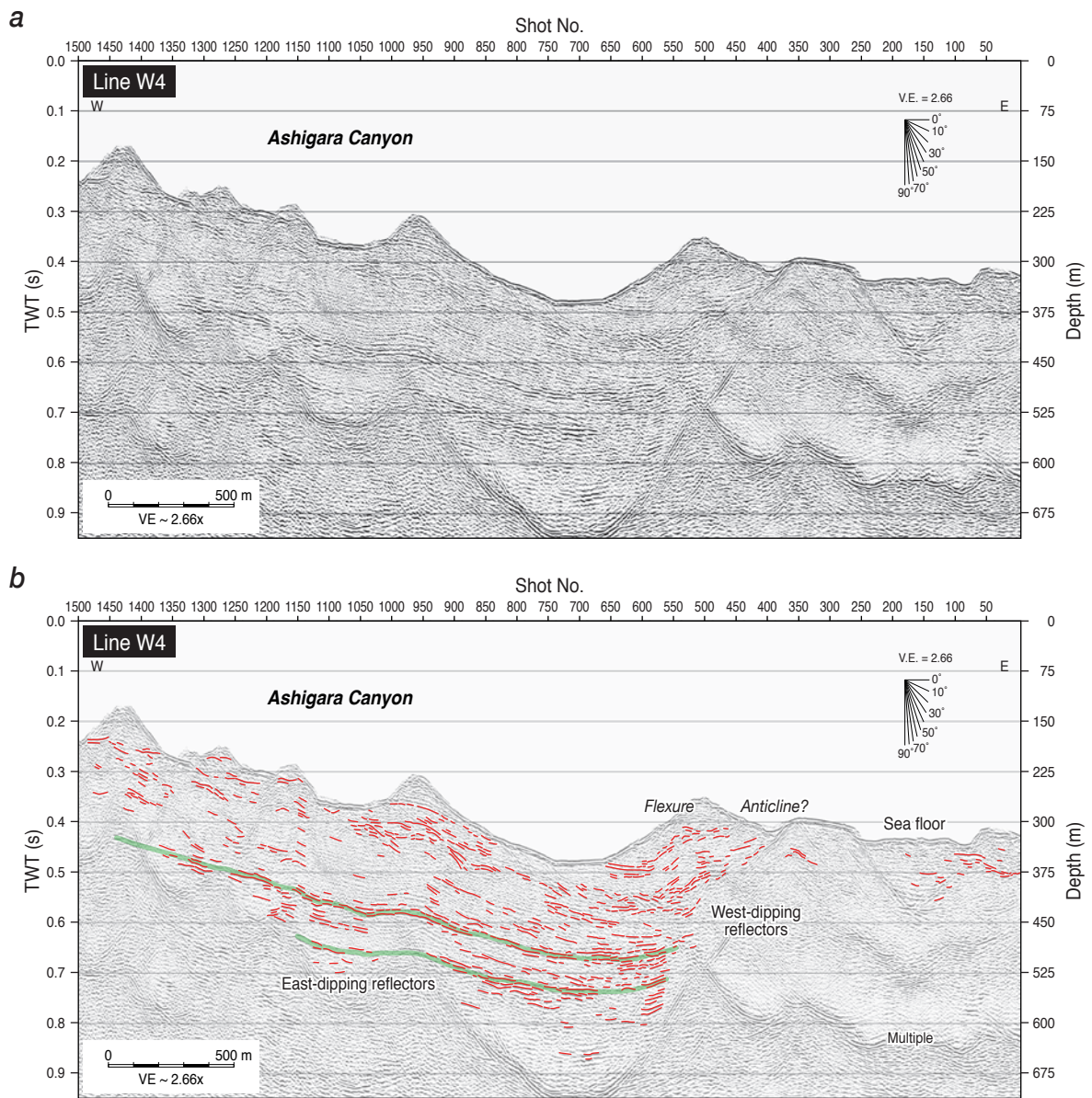
第 8 図. a) ブーマー測線 B2 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第 2 図 b) に示す.
 Fig. 8. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line B2. For location of the line see Fig. 2b.



第9図. a) ブーマー測線 B3 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第2図 b) に示す.
 Fig. 9. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line B3. For location of the line see Fig. 2b.

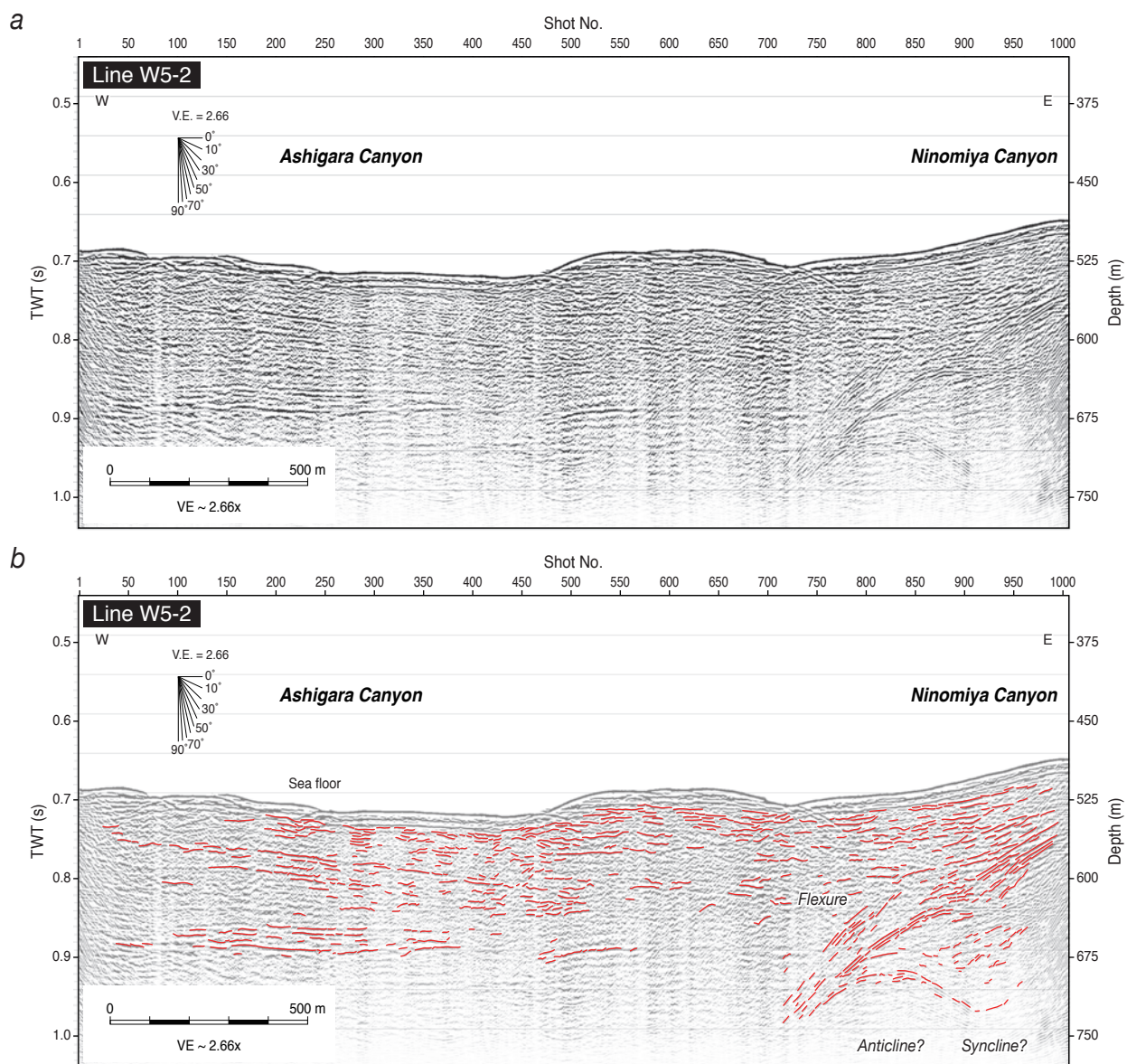


第10図. a) ウォーターガン測線 W3-2 の重ね断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第2図 c) に示す.
Fig. 10. a) Watergun seismic profile and b) geologic interpretation of line W3-2. For location of the line see Fig. 2c.

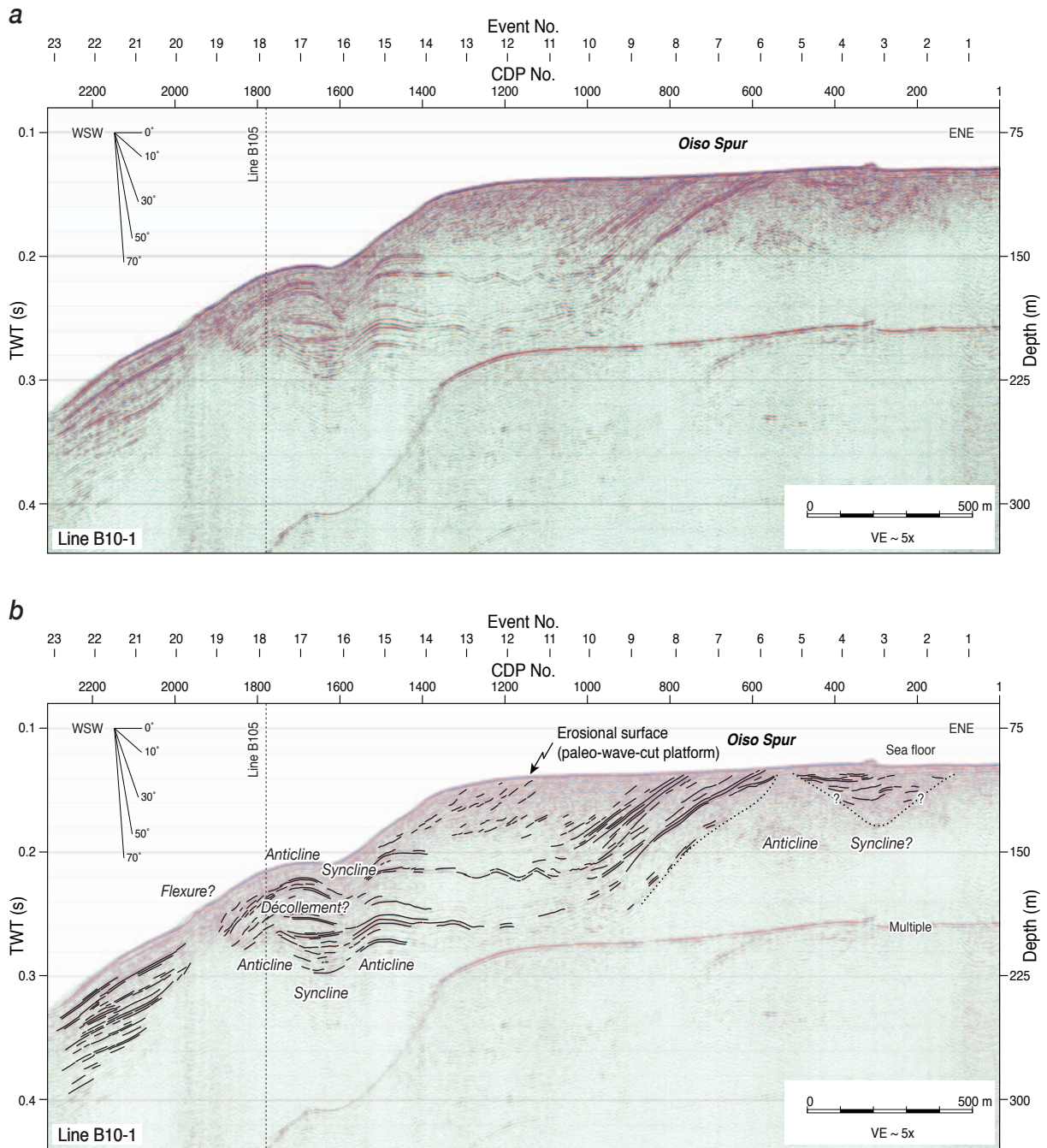


第 11 図. a) ウォーターガン測線 W4 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第 2 図 c) に示す. 2 本の緑線は連続性のよい明瞭な反射面.

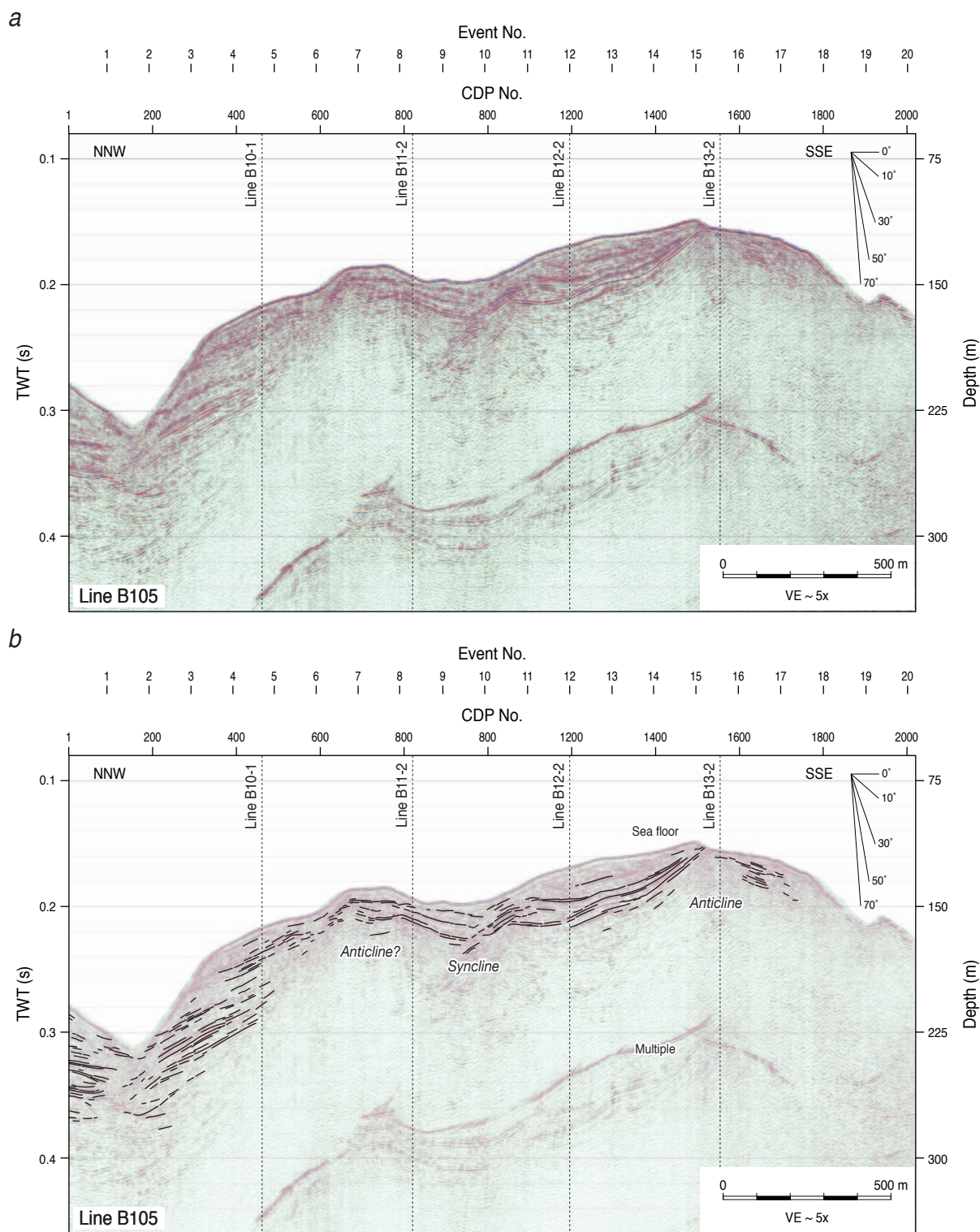
Fig. 11. a) Watergun seismic profile and b) geologic interpretation of line W4. For location of the line see Fig. 2c. Two green lines show continuously traceable distinct reflectors.



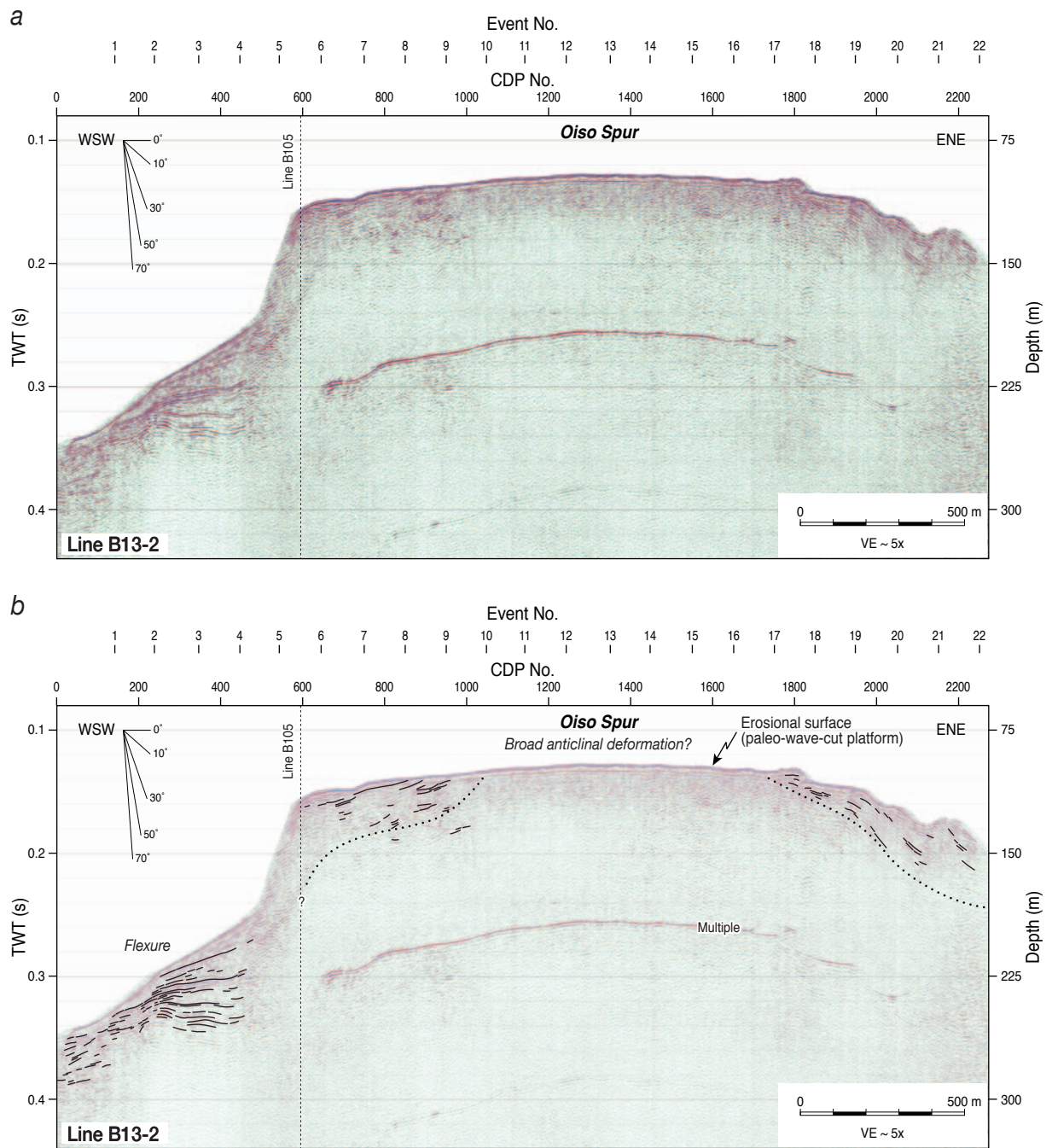
第12図. a) ウォーターガン測線 W5-2 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第2図 c) に示す.
 Fig. 12. a) Watergun seismic profile and b) geologic interpretation of line W5-2. For location of the line see Fig. 2c.



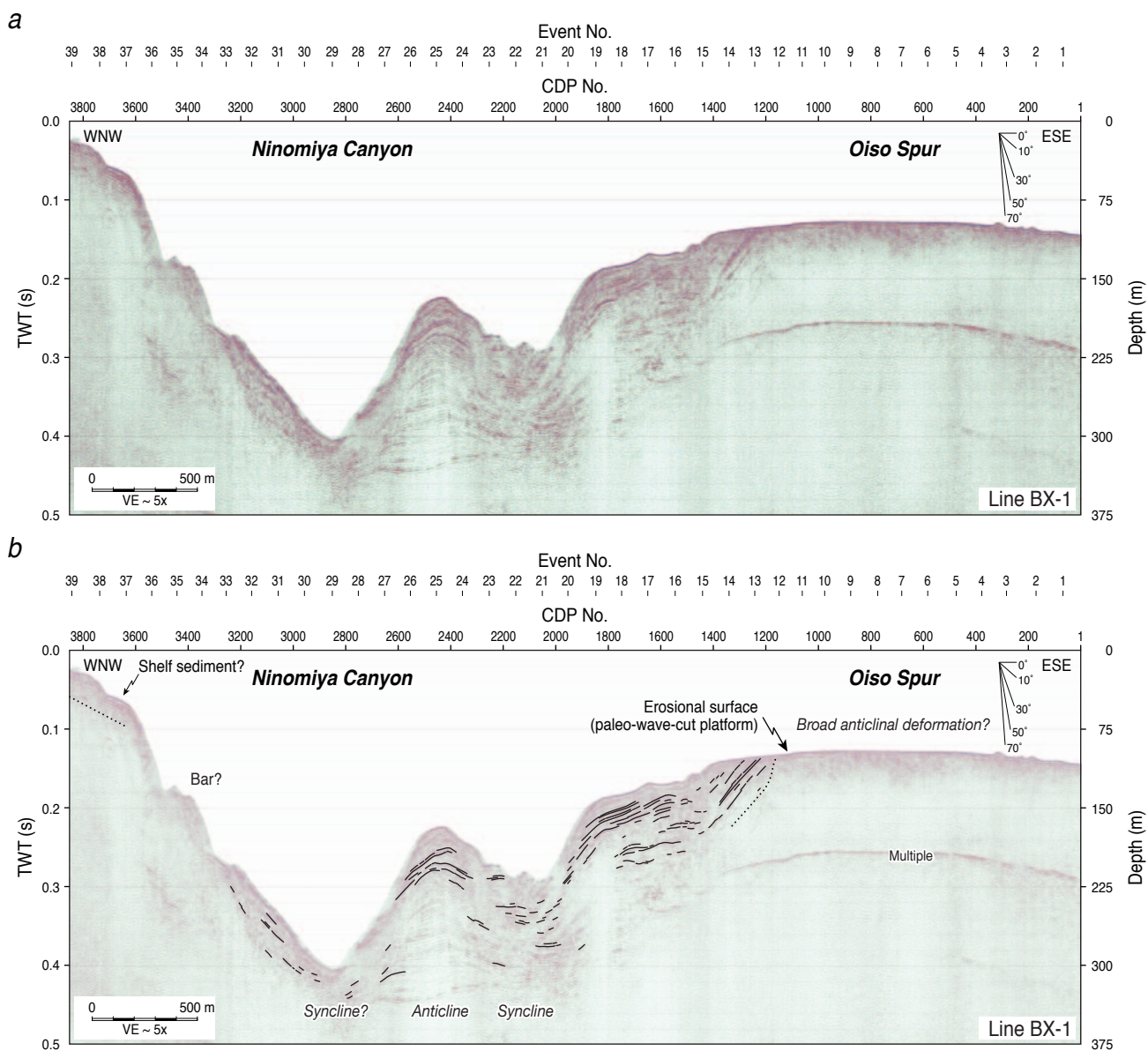
第13図. a) ブーマー測線 B10-1 の重ね断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第2図 b) に示す.
 Fig. 13. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line B10-1. For location of the line see Fig. 2b.



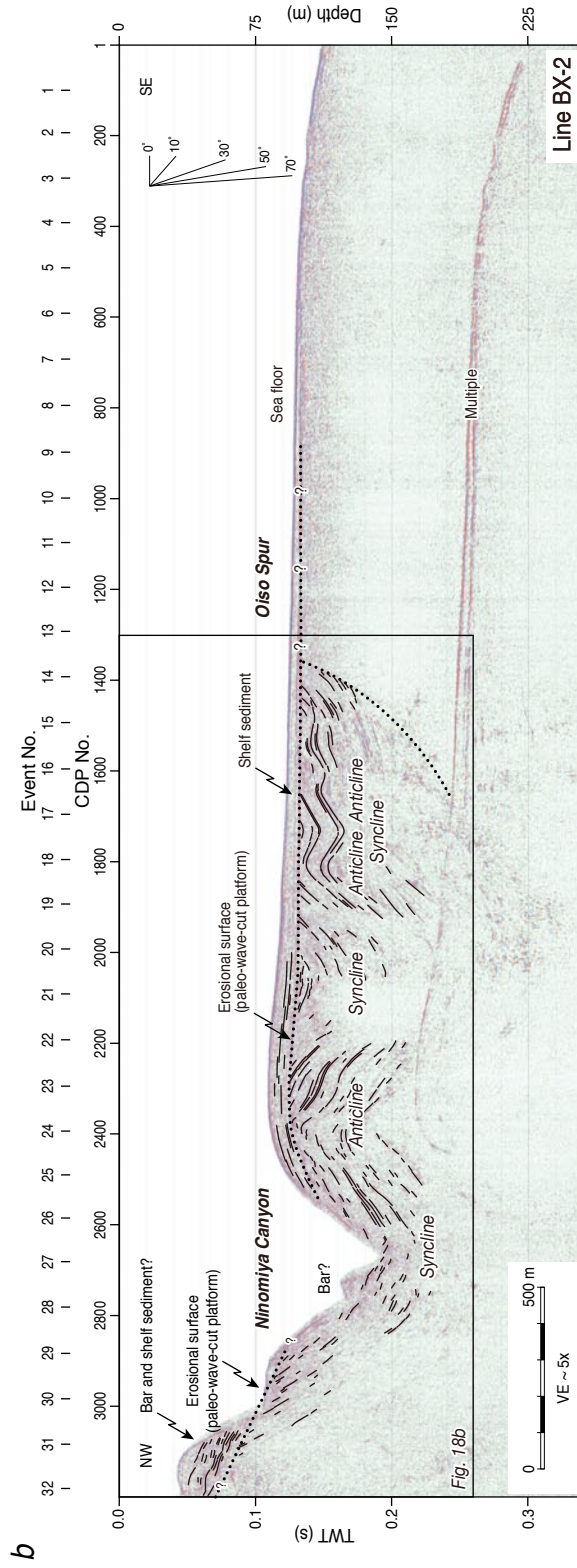
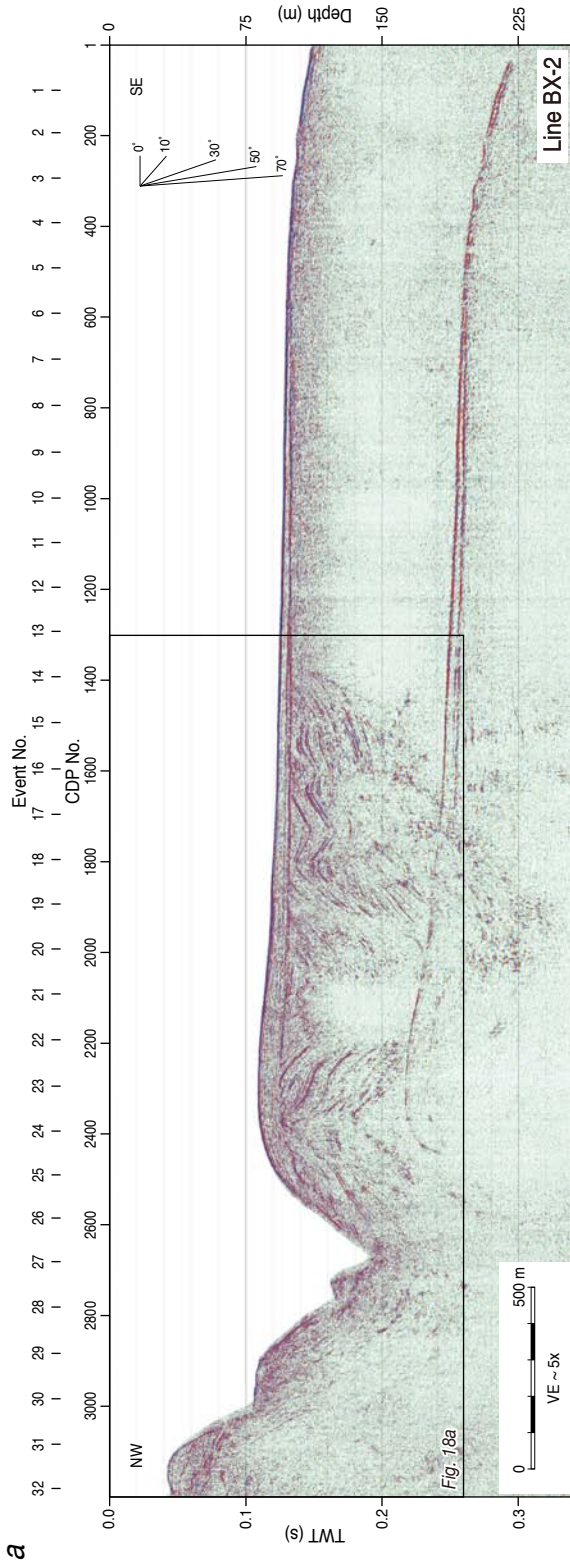
第 14 図. a) ブーマー測線 B105 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第 2 図 b) に示す.
 Fig. 14. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line B105. For location of the line see Fig. 2b.



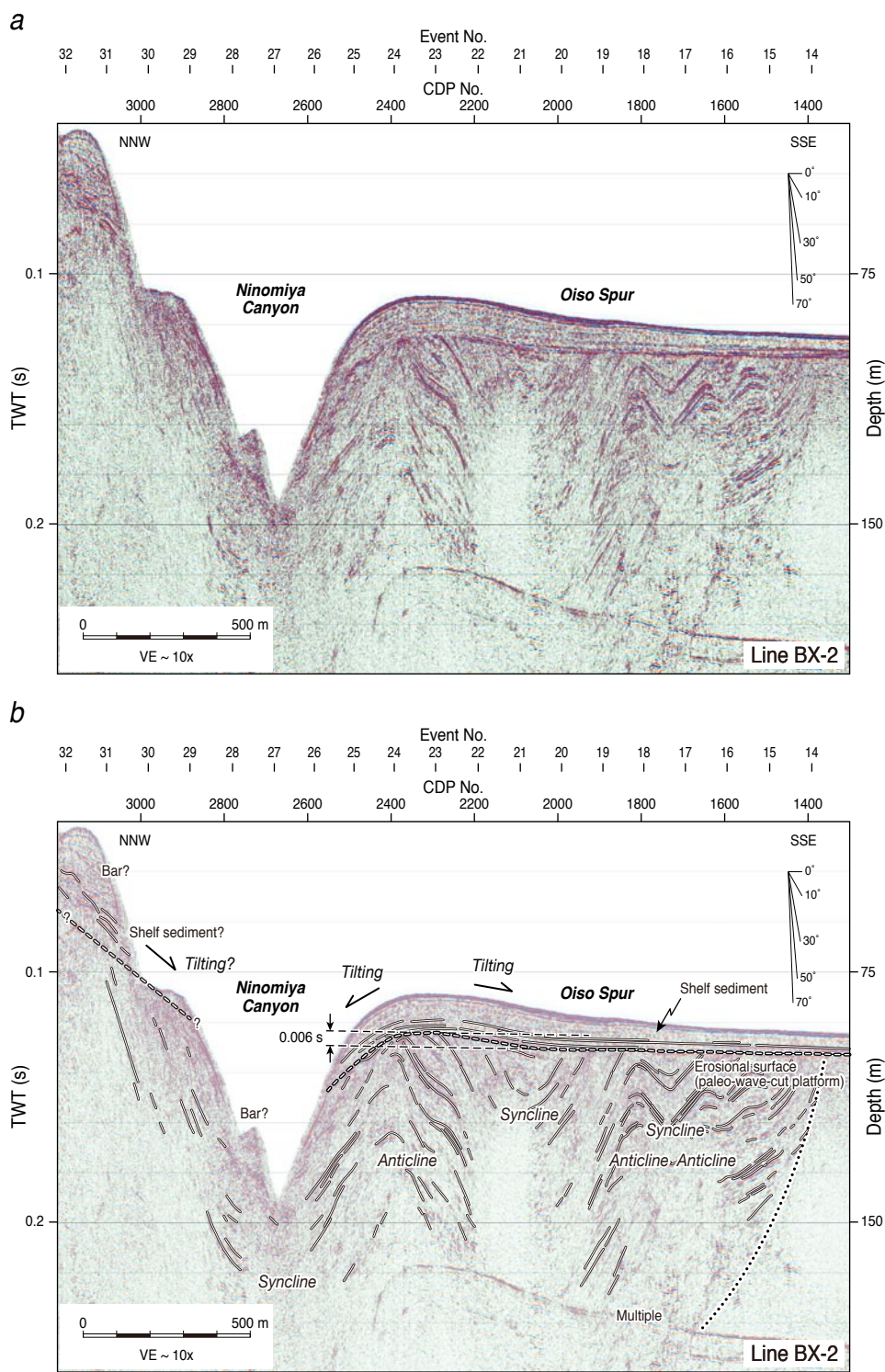
第 15 図. a) ブーマー測線 B13-2 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第 2 図 b) に示す.
 Fig. 15. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line B13-2. For location of the line see Fig. 2b.



第 16 図. a) ブーマー測線 BX-1 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第 2 図 b) に示す.
Fig. 16. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line BX-1. For location of the line see Fig. 2b.

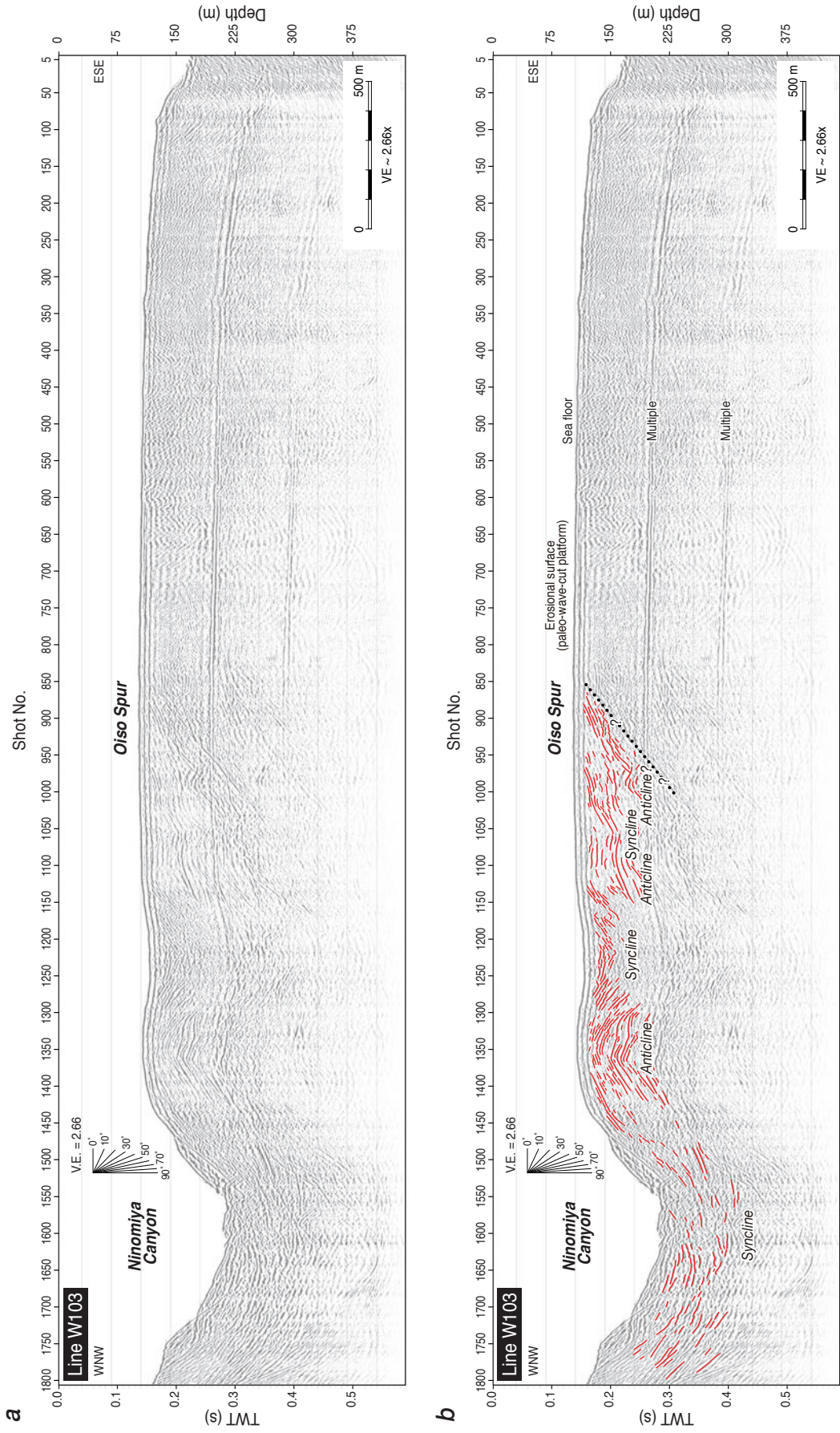


第17図. a) ブーマー測線 BX-2 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第2図 b) に示す.
Fig. 17. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line BX-2. For location of the line see Fig. 2b.

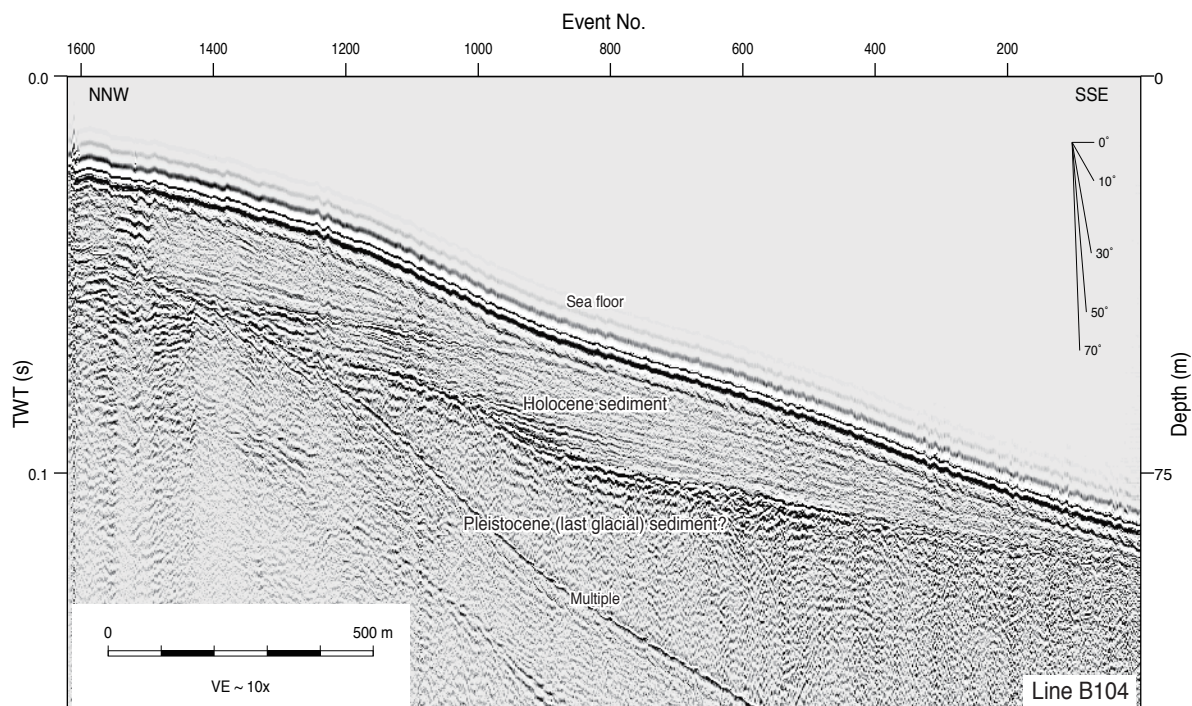


第 18 図. ブーマー測線 BX-2 の二宮海底谷付近の拡大断面図. a) 重合断面および b) 地質解釈断面. 範囲を第 17 図に示す.

Fig. 18. Close-up of Boomer seismic profile of line XB-2 near the Ninomiya Canyon. a) Seismic profile and b) geologic interpretation. Extent of the figure is shown in Fig. 17.

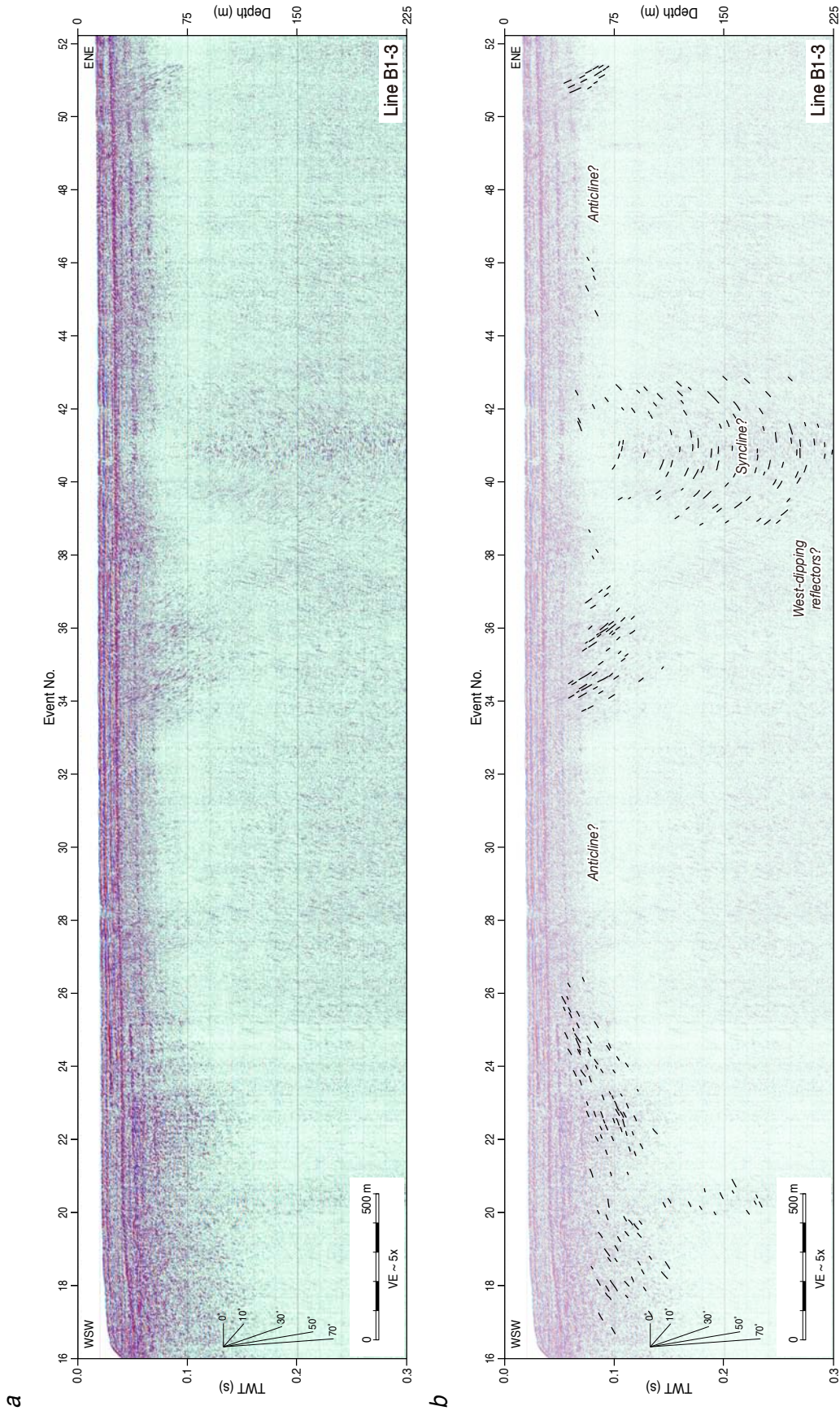


第19図. a) ウォーターガン測線 W103 の重合断面および b) 地質解釈断面. 測線の位置を第2図 c に示す.
 Fig. 19. a) Watergun seismic profile and b) geologic interpretation of line W103. For location of the line see Fig. 2c.

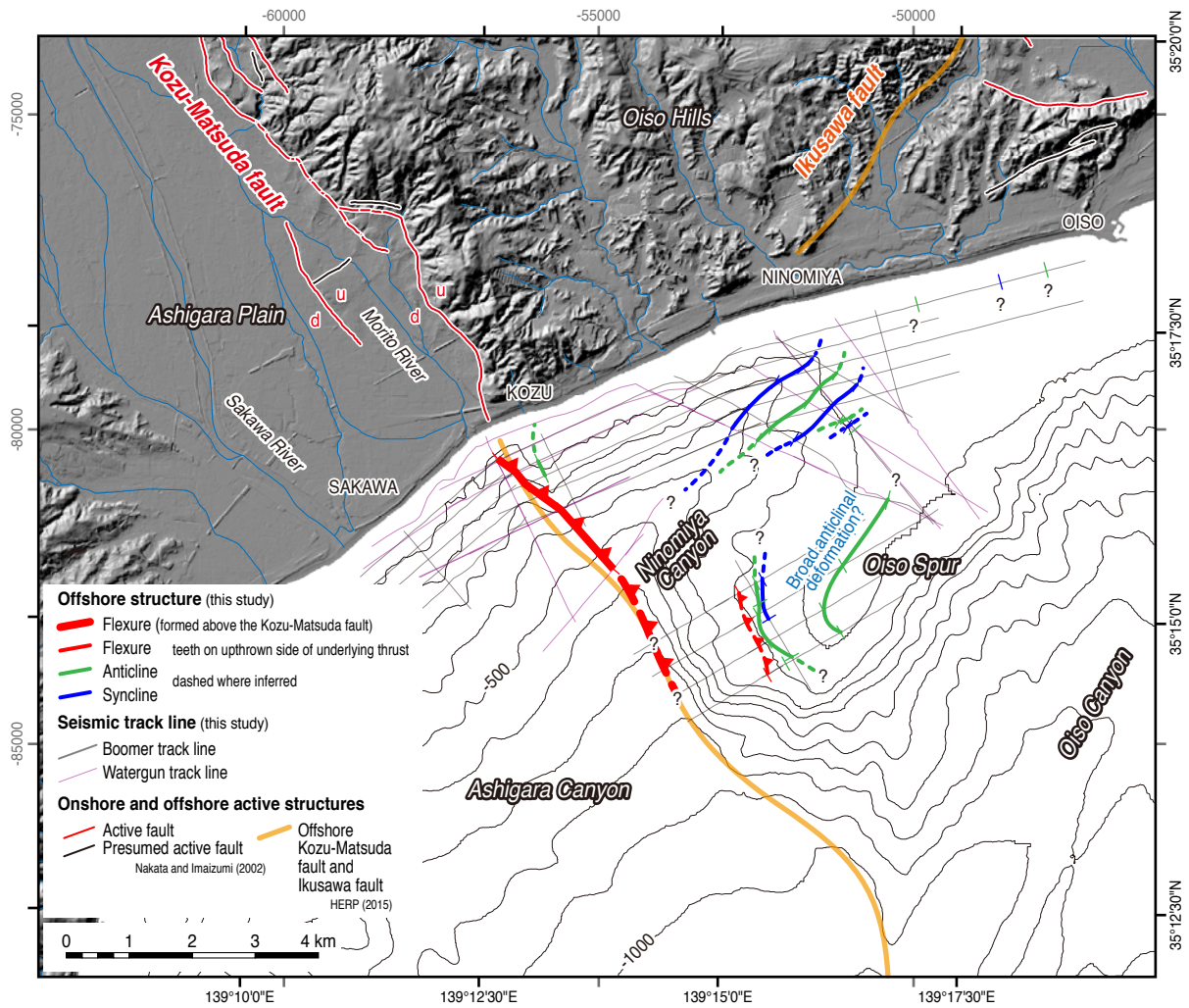


第 20 図. ブーマー測線 B104 の地質解釈断面. 測線の位置を第 2 図 b に示す.

Fig. 20. Geologic interpretation of boomer B104 seismic profile. For location of the line see Fig. 2b.



第21図. a) ブーマー測線1-3の重合断面およびb) 地質解釈断面、測線の位置を第2図bに示す。
 Fig. 21. a) Boomer seismic profile and b) geologic interpretation of line 1-3. For location of the line see Fig. 2b.



第 22 図. ブーマーおよびウォーターガンを音源とした高分解能音波探査で取得した反射断面の解釈に基づく相模湾北西部沿岸海域の地質構造図. 活構造の分布は, 中田・今泉編 (2002) による. 国府津-松田断層の海域部および生沢断層の分布は地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2015) に基づく. 地形データは, 国土地理院基盤地図情報 (数値標高モデル) 5 m メッシュおよび 10 m メッシュおよび日本水路協会 (2009) を使用. 等高線 (黄色) および等深線 (黒線) は 100 m 間隔.

Fig. 22. Offshore geological structure around the northwestern part of the Sagami Bay based on high-resolution seismic profiling. Distribution of tectonically active structures is after Nakata and Imaizumi (2002). Distribution of the offshore Kozu-Matsuda fault and the Ikusawa fault is based on Headquarters for Earthquake Research Promotion (2015). Topographic-bathymetric image was created from 5 m and 10 m DEM released by Geospatial Information Authority of Japan and digital bathymetry data issued by Japan Hydrographic Association (2009). Contour interval of topographic (yellow lines) and bathymetric (black lines) map is 100 m.