

高分解能マルチチャンネル音波探査記録に基づく郷村断層帯海域延長部の断層分布・性状について

Spatial distribution of faults based on high-resolution multichannel seismic reflection profiling in the offshore extension of the Gomura fault zone, southwest Japan

阿部信太郎¹・山本博文²・荒井良祐³

Shintaro Abe¹, Hirofumi Yamamoto² and Ryoyu Arai³

¹ 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center, shintaro-abe@aist.go.jp)

² 福井大学教育地域科学部 (Faculty of Education and Regional Studies, Fukui University)

³ 川崎地質株式会社 (Kawasaki Geological Engineering Co. Ltd.)

Abstract: We have conducted a marine geological investigation on an offshore extension of the Gomura fault zone, southwest Japan. The Gomura fault zone caused the 1927 Kita-Tango earthquake. In the present investigation, 19 lines of high-resolution multichannel seismic reflection surveys were carried out across the offshore extension of the Gomura fault zone in order to recognize its detailed structures in the shallow strata. In addition, the high accuracy topographic survey has been done in the coastal region where the basement rock is exposed. The reflection profiles depict the faults with extremely clear images. They have revealed that the displacement of sea floor and the deformation of Holocene layers extend for about 43 km from the coast to the offshore. It is thought that the faults in the offshore extension of the Gomura fault zone is active in the late Quaternary Period and ruptured at least partly during the 1927 Kita-Tango earthquake.

キーワード: 北丹後地震, 郷村断層, 海域, 活断層, 反射法地震探査, 横ずれ断層

Keywords: Kita-Tango earthquake, Gomura fault zone, sea area, active fault, seismic reflection survey, strike-slip fault

1. はじめに

これまで地震調査研究推進本部は、主として陸域に存在する110の主要活断層帯を対象として調査を実施し、その成果に基づき活断層で発生する地震の長期評価や強震動評価を公表してきた(地震調査研究推進本部, 2011, 2010)。

一方、近年、日本の沿岸海域においては、2005年福岡県西方沖の地震、2007年新潟県中越沖地震など、被害を伴う地震が発生している(地震調査研究推進本部, 2005, 2007)。前述した110の活断層帯の中には、地質構造としては海域部まで連続しているにもかかわらず、その部分における断層の分布、性状、活動性が明確になっていないものがある。このような活断層帯においては、陸域部と海域部が一体となって活動した場合、これまで想定されている地震規模よりも大きな地震が発生し、深刻な被害が生じる可能性もある。

以上のような点を踏まえ、本研究においては、文部科学省委託「沿岸海域における活断層調査」の一環として、郷村断層帯海域延長部における断層の分

布・性状とその活動性を明らかにすることを目的として、高分解能な音波探査、詳細な海底地形調査、ピストンコアを用いた海底活断層調査を実施した(第1表)。

本稿においては、このうち、高分解能マルチチャンネル音波探査記録と詳細な海底地形図に基づいて検討した郷村断層帯海域延長部における断層の分布・性状について論ずる。

2. 郷村断層帯の概要

郷村断層帯は、京都府北部の丹後半島基部に分布し、陸域の郷村断層及び仲禅寺断層と海域の丹後半島北西沖合の断層から構成され、海域から京都府京丹后市口大野付近に至る北北西-南南東方向に約34 kmまたはそれ以上にわたって延びるとされている(地震調査研究推進本部, 2004)(第1図)。断層変位としては左横ずれを主体とし、南西側が相対的に隆起する(活断層研究会編, 1991)。北東-南西方向に延びる山田断層帯主部と共に山田断層帯を構成する断層である。

海上保安庁水路部（1994）は、郷村断層の延長上の沖合い約 13 km に北北西－南南東方向に延びる断層が存在することを示している。地震調査研究推進本部（2004）はこの断層を「丹後半島北西沖合の断層」としている。丹後半島北西沖合の断層と陸域に分布する郷村断層の間、約 9 km 間には断層が示されていないが、この範囲には中新世の地層が直接露出しているため、第四紀における断層活動の有無を音波探査で確認することは困難である。また、丹後半島北西沖合の断層の沖合側にあたる北西端に関しては、海上保安庁水路部（1994）の調査範囲外となっており、確認されていない（地震調査研究推進本部，2004）。

1927 年北丹後地震（M7.3）では陸域の郷村断層に地表変位が確認されており（渡辺・佐藤，1927 など）、これが郷村断層の最新の活動にあたる。Matsu'ura（1977）が示す 1927 年北丹後地震の震源断層モデルは海域まで延びていることから、地震調査研究推進本部（2004）は海域部の断層までを含めて郷村断層帯としている。本地域ではさらに北丹後地震の余震域も含めて、そのさらに沖合 20 km 程度、沿岸部からの全長約 40 km にわたり線状に分布する微小地震活動が認められている。

地震調査研究推進本部（2004）は郷村断層系の平均変位速度を、左ずれ成分は 0.2～0.3 m/千年、上下成分は 0.07 m/千年、平均活動間隔を 1～1.5 万年程度としている。

3. 郷村断層帯海域延長部における海底活断層調査の概要

本研究においては、主に郷村断層帯海域延長部の「丹後半島北西沖合の断層」（地震調査研究推進本部，2004）を対象として、浅層部の地質構造を分解能良く捉えて、断層の性状、累積変位、および最新活動時期を確認する目的で、ブーマーを音源とした高分解能マルチチャンネル音波探査を実施した（第 2 表）。

調査測線は、郷村断層帯の走向方向に直交する NE-SW 方向に主たる探査測線を設定し（TG1 測線～TG18 測線）、それらの探査測線間の音響層序を対比するために、主たる探査測線に直交する NW-SE 方向に対比するための測線を設けた（TG101 測線）（第 2 図）。

地質構造の検討においては、この調査結果に加えて、海上保安庁水路部（1994）のスーパーカー記録、地質調査所（現、産業技術総合研究所）の実施した GH87 航海の音波探査記録も参照した。

沿岸部の中新統が露出している海域においては、音波探査記録に基づく断層の把握が困難である可能性が指摘されているため（地震調査研究推進本部，2004）、ナローマルチビーム測深による精密な地形調査を実施して、陸域部から海域部に至る断層の連続性を検討した（第 2 図）。

柱状採泥については、高分解能マルチチャンネル音波探査記録で選定した候補地点について、表層部をさらに分解能の高いサブスキャン（チャープソナー）による探査を実施して底質採取地点を決定し、ピストンコアラーを用いて実施した（第 2 図）。

4. 高分解能マルチチャンネル音波探査記録の音響層序区分と地質区分の対比

高分解能マルチチャンネル音波探査では、海底面下およそ 200～250 m までの反射記録が得られた。反射記録の深度変換にあたっては、水中および堆積物中での弾性波伝播速度を 1500 m/s と仮定している。

調査海域においては海上保安庁水路部（1994）がスーパーカーによる音波探査記録によって、内部の構造や層序関係等に基づいて I 層～VI 層に層序区分を行なっている。本調査の高分解能マルチチャンネル音波探査記録断面の地質解釈においても基本的にこの層序区分に従いつつ、上位から A, B1, B2, B3, C, D1, D2 の 7 層に区分した。音響層序区分の例として TG101 測線を第 3 図に示す。各層の音響的特徴は以下の通り。

【A 層】調査範囲の最上位層で、層厚は数 m 以下と薄い。高分解能マルチチャンネル音波探査による反射断面では、層厚が薄いため内部構造が明瞭には認められない。下位層との関係は、沿岸部では不整合関係にあるが、沖合いでは反射記録断面から顕著な不整合関係は認められず、整合関係にあると推定される。本層は最終氷期以降の堆積物と推定される。

【B1 層】非常に明瞭で連続性の良い内部反射面が認められる層と内部反射面がやや不明瞭な層の互層からなり層厚の変化は乏しい。調査海域のほぼ全域に分布するが、主として沿岸部に認められる D 層の露出地域では欠如する。層厚は 50 m 以下である。海上保安庁水路部（1994）の II 層に対比される。

【B2 層】全体的に非常に明瞭で連続性の良い内部反射面が認められる地層であるが、その中でもやや明瞭性に欠ける層との互層をなしている。特に、本層下部には内部反射面があまり明瞭でない層が認められる。調査海域のほぼ全域に分布し、北部に向かって層厚が増す傾向にある。また、主として沿岸部に認められる D 層の露出地域では欠如する。層厚は 120 m 以下である。海上保安庁水路部（1994）の III 層に対比される。

【B3 層】上部は明瞭で連続性の良い内部反射面が認められるが、中下部では連続性がやや悪くなる。本層は調査海域のほぼ全てに分布しているが、沿岸部に認められる D 層の露出地域や下位層が盛り上がっているところでは部分的に欠如する（TG13 測線）。中下部は TG14 測線より沖合いにしか認められない。層厚は沖に向かって厚くなり可探深度を超えるため、その下限が確認できないが、110 m 以上の

層厚を有する。海上保安庁水路部（1994）のIV層に対比される。

【C層】全体的にあまり明瞭ではないが連続性の良い内部反射面が認められ、部分的には明瞭な反射面が認められる。調査海域のTG14測線より沖合いに分布しフォアセットが認められる。調査の可探深度の関係で、本層の下限が確認できないため正確な層厚はわからないが60m以上に達する。本層は海上保安庁水路部（1994）の調査範囲には分布していない。

【D1層】成層した内部反射面が認められるが、一部で内部反射面が乱れたり不明瞭であったりする。褶曲構造が発達し、内部反射面が傾斜していることが多く、C層以上の地層と地質構造の点で調和的でなく明瞭な不整合関係にある。調査海域のほぼ全域に分布する、または分布すると推定される。本層は下限が確認できないため層厚は不明である。海上保安庁水路部（1994）のV層に対比される。

【D2層】本層にはほとんど内部反射面は認められないが、ごく一部で明瞭ではない内部反射面が認められることがある。本調査ではTG15測線やTG16測線など調査海域の一部でしか分布が確認されないが、可探深度以深に分布していることが推定される。本層は下限が確認できないため層厚は不明である。海上保安庁水路部（1994）のVI層に対比される。

上記の音響学的層序を、海上保安庁水路部（1994）および海洋地質図「経ヶ岬沖」（山本ほか、1993）の層序に対比し、年代の推定を行なった。

本調査海域周辺の陸域には、白亜紀～古第三紀の花崗岩類、これを覆う中新世の北但層群、中新世～鮮新世の照来層群が認められ、第四紀の地層は僅かしか分布が認められない。海域には中新統～下部鮮新統の香住沖層群（K1層、K2層）、鮮新統の浜坂沖層群（H1層、H2層）、上部鮮新統～完新統の鳥取沖層群（T1層、T2層）の分布が示されている（山本ほか、1993）。これらの各地質区分と反射記録断面で区分された音響層序とを対比し第3表に示す。

A層については、沿岸部において顕著な侵食面を不整合で覆うことから最終氷期以降の堆積物と推定されるものの、それ以下の地層については直接的に年代を示す資料は乏しい。

5. 高分解能マルチチャンネル音波探査記録断面の地質構造解釈

本調査で実施した高分解能マルチチャンネル音波探査の反射断面ならびに解釈断面を第4図～第24図に示し、以下に各断面における地質構造の特徴を述べる。

【TG1測線】本測線は最も陸域に近い測線であり堆積層が薄い。ショットポイント3381（以下、

SP3381と表記する）にはB1層下底面に変形を及ぼしている逆断層が認められる（第4図）。

【TG2測線】本測線では大部分がD1層露出域となっており、北東部にB層以上の堆積層が認められる。SP2358とSP2734にD1層内に断層が見られる（第5図(a)）。また、SP491にB1層下底面に変形を及ぼしている逆断層が認められる（第5図(b)）。

【TG3測線】本測線においてもD1層の露出域が広く、北東側にB層以上の地層が分布しており、その分布範囲はTG2測線に比べると広がっている。D1層は一部に褶曲構造が認められるが、概ね北東側に傾斜する構造が認められる（第6図(a)）。SP568にはB1層下部に変形を及ぼしている逆断層が認められる（第6図(b)）。

【TG4測線】SP2000より北東側ではB層以上の地層がD1層を覆って分布する（第7図）。この測線のD1層は南西方向に傾斜しており、前述のTG3測線で確認されるD1層の構造とは調和的でない。SP2238付近では、B3層からB2層下部の地層の傾斜が変わることから断層の存在が推定される。SP1550とSP1051には逆断層が認められ、これらの断層によってその間にあるD層がポップアップしている（第7図）。

【TG4.5測線】本測線ではSP1650-SP2100にD1層の盛り上がり認められる（第8図(a)、(b)）。SP450付近には少なくともB2層上部まで変形する背斜構造が認められる。SP938とSP1458には北東側が落ちる断層が認められる（第8図(b)）。

【TG5測線】SP1500付近を軸とする背斜構造が認められる。SP3110には海底面にまで変形を及ぼす低角な逆断層があり南西側を上昇させている。この断層の上盤側にあたるSP2866とSP2926にもB1層まで変位を与える断層が認められる（第9図）。

【TG6測線】SP2000付近では、B1層下部に変形を及ぼしている逆断層により南西側が上昇し、その上盤側のSP2360付近に軸を持つ緩い背斜構造が形成されている。SP1505には北東落ちの正断層が確認され、その低下側に小規模な向斜構造が形成されている。SP1280とSP1249にはB1層に変位を与えている断層が確認され、北東側を上昇させている。この上盤にあたるSP550付近にも両側を断層で画されてポップアップし、B1層基底まで変形させる小規模な背斜構造が形成されている（第10図）。

【TG7測線】SP577にはB1層基底に変位・変形を及ぼす南西側を上昇させる逆断層が認められる。その上盤側にあたるSP250にもB1層基底に変位・変形を及ぼす断層が認められる（第11図(a)）。SP1800付近に褶曲軸を持つ背斜構造が確認され、背斜軸部付近にはA層基底に変位を与える断層群が認められる。SP2690周辺にはA層基底に変位を与える3本の断層があるが、各断層の落ちの方向は一定していない（第11図(b)）。

【TG8 測線】本測線の南西部の SP2535 には B1 層に変形を及ぼす逆断層があり、南西側を上昇させている (第 12 図(a)). SP1300 付近に褶曲軸を持つ背斜構造があり、褶曲軸付近には海底面に変形を及ぼす正断層が認められる。この他に SP632 付近に褶曲軸を持ち海底面に変形を及ぼす向斜構造も認められる (第 12 図(b)).

【TG9 測線】SP931 には A 層基底に変位・変形を与える逆断層が認められる。また、SP660 付近には間が落ち込む構造を呈する 2 本の断層が存在する (第 13 図(a)). SP2250 付近を褶曲軸とする背斜構造があり、褶曲軸付近には多数の正断層が認められる。これらの正断層の一部は海底面に変形を与えている (第 13 図(b)).

【TG10 測線】SP395 と SP409 の断層は間が落ち込む形態を呈する。SP637 と SP680 の断層間に B1 層下部に変位・変形を及ぼすデプレッションを形成している (第 14 図(a)). また、SP2137 の断層は南西側が落ち海底面に変形を与えている正断層である。SP2522 には北東側が落ち、B2 層上部に変形を及ぼす正断層がある (第 14 図(b)).

【TG11 測線】本測線には SP2890 に B2 層上部に変形を与えている正断層がある。SP2747 と SP2732 の断層は共に正断層でその間が落ち込んでいる。SP2335 には B2 層中部に変形が及んでいる断層が認められる (第 15 図(a)). SP931 には A 層基底に変位を与える南西側低下の正断層が認められる。SP618 から SP682 には B 層に変位・変形を与える 3 本の正断層が認められる (第 15 図(b)).

【TG11.5 測線】本測線には B 層上部に変位・変形を与える 5 本の断層が認められる。SP1511 に見られる断層は B2 層中部を境にそれより上部と下部で変位センスが逆転しているように見える (第 16 図).

【TG12 測線】SP656 には B1 層最上部に変形を及ぼす北東側落ちの正断層が認められる。SP1071 には海底面に変形を及ぼしている南東側落ちの正断層が認められる (第 17 図(a)). SP2145 には南東側が上昇する断層があり、この断層は海底面に変形を及ぼしている。SP2771 には B1 層中部に変形を及ぼす正断層が認められる (第 17 図(b)).

【TG13 測線】本測線には 3 本の断層が認められる。SP2721 に認められる断層は B1 層中部に変形が及んでおり、南西側が落ちる正断層である。SP2088 の断層は北東側が落ちる正断層で B1 層上部に変形が及んでいる (第 18 図(a)). SP900 付近を褶曲軸とする海底に変形を与える向斜構造が認められる (第 18 図(b)).

【TG14 測線】本測線の SP392 と SP626 には北東側が落ちる正断層が認められる (第 19 図(a)). 前者は B1 層上部に、後者は B1 層下部に変形が及んでいる。SP1967 から SP2027 には 3 本の断層が認められ、全体として海底にまで変形を与える撓曲帯を形成して

いる。また、SP2725 には南東側が低下し B1 層上部に変形が認められる断層がある (第 19 図(b)).

【TG15 測線】本測線には SP1881 に南西側が低下し B2 層中部に変形が認められる断層がある。また、SP1086-1154 には南西側が低下する 3 本の断層が認められる。これらの断層のうち南西側の 2 本は海底面に変形が及んでいる (第 20 図).

【TG16 測線】本測線の SP826 と SP879 には B2 層中部に変形が及んでいる南西側落ちの断層が認められる (第 21 図)。SP1365 には B2 層上部に変形が及んでおり南西側落ちの断層が認められる。SP1692 から SP2058 には 4 本の断層が存在する。いずれの断層も南西側が低下し、SP1880 の断層は海底面に変位を及ぼしている (第 21 図).

【TG17 測線】本測線には 2 本の断層が確認される。いずれも南西落ちの断層で、SP1651 のものは B1 層下部に、SP1176 のものは海底面に変形が及んでいる (第 22 図).

【TG18 測線】本測線の南西側の SP2914 には南西側落ちの断層が存在し、この断層は B1 層上部に変形を与えている (第 23 図(a)). SP1086 に認められる断層は海底面に変形が及んでおり、南東側が落ちる正断層である。SP708 から SP859 には B 層上部まで変位・変形を与える 4 本の断層が認められる。 (第 23 図(b)).

【TG101 測線】探査測線の音響層序を対比するために実施した TG101 測線と TG101-2 測線においては、TG101 測線の SP3250 付近から TG101-2 測線の SP300 付近において D 層が緩く盛り上がっている。これらの断層の中には B1 層上部まで変位・変形を及ぼしているものもある (第 24 図).

各反射断面において断層に伴う変位、変形と考えられる構造が認識された位置および褶曲軸の位置を既存文献断層とともに測線図上に示す (第 25 図).

6. 郷村断層帯海域延長部における断層分布と性状

前述のように本調査による音波探査では、郷村断層帯海域延長部にあたる調査範囲全域に渡って断層が確認される。また、その沖合いに存在する地質調査所 (現、産業技術総合研究所) の GH87 航海の音波探査記録断面においても断層が認められている。これらのデータも含めて本海域の断層の連続性、形状について議論する。

精密海底地形調査の結果によると郷村断層の海域延長部には、陸から連続する数本の尾根と谷が見られ、それらのうち郷村断層のほぼ延長部にあたる谷地形の中に北東側が低い低崖がほぼ直線状に断続的に分布している (第 26 図)。これらの低崖は海岸から約 2 km 沖までは明瞭に認められるが、これに連続する断層はそれより沖の TG1 測線では認められない (第 27 図)。

TG1 測線の SP3381 に認められる逆断層を境に北東側では B 層以上の堆積層が厚く堆積している。同様に、堆積盆の南西縁を画する逆断層は TG2 測線の SP491 と TG3 測線の SP568 にも認められることから、これらは一連の断層と考えられる (F1 断層) (第 27 図)。F1 断層は位置的には陸域の仲禅寺断層の延長部にあたる。この断層の北西方延長上の TG4 測線では、北東側に広がる堆積盆の縁で北東側に向かって D1 層の分布深度が深くなっているものの、断層は確認されない。F1 断層の北西端付近には、TG3 測線と TG4 測線の間に東北東-西南西走向の断層 (山本ほか, 1993) が記載されている。この周辺の D1 層の内部構造は、TG3 測線では層理面が北東側に傾斜している (第 6 図 (b)) のに対して TG4 測線では逆の南西側に傾斜している (第 7 図)。このような地質構造的なギャップが認められることも、山本ほか(1993)に記載されている東北東-西南西走向の断層が南西側に延長していることを示唆する。

TG7 測線の SP577 に認められる逆断層は、TG8 の SP2535, TG9 の SP931 にそれぞれ認められる南西側が上昇する逆断層に連続するが (F2 断層), TG10 の SP637 と SP680 に認められる断層とは変位センスからみて連続しないものと判断した。TG9 測線では、この断層の南西側の SP660 付近にグラベン状の形態を有する 2 本の断層があり (F3 断層, F4 断層), その形態から、本断層群は TG10 測線の SP400 付近, TG11 の SP2750 付近の断層群に連続すると考えられる (第 27 図)。

TG4.5 測線の SP1800 付近に軸を持つ背斜構造は、TG5 測線の SP1500, TG6 測線の SP2350 付近, TG7 測線の SP1800 付近, TG8 測線の SP1300 付近, TG9 測線の SP2250 付近にそれぞれ軸を持つ背斜構造に連続する (Fo1 背斜) (第 27 図)。この背斜構造は D1 層上面の不整合面およびそれより上位の地層に調和的な構造として認められ、TG6 測線など一部の測線では海底面にまで変形が及んでいる。TG6 測線から TG9 測線では背斜軸部に断層群が発達する。TG9 測線では、これらの断層群のうち最も北東側に位置するものが最大の変位量を示し、この断層は TG10 測線の SP2137, TG11 測線の SP931 に認められる南西落ちの正断層に連続する (F5 断層)。さらに北北西延長の TG11.5 測線の SP1500 付近にも断層が認められるが、変位センスの違いから本断層の連続とは考えない (第 27 図)。

TG14 測線の SP2725 には南西側が低下するセンスの断層が認められ、この断層は TG15 測線の SP1100, TG16 測線の SP1880, TG17 測線の SP1176, TG18 測線の SP1086 に連続し、さらに沖まで伸びる (F6 断層) (第 27 図)。F6 断層は TG18 測線のさらに沖側をはしる地質調査所 (現、産業技術総合研究所) の既存データ (GH87 航海のサブボトムプロファイラー) の 2 測線にも確認され、山本ほか (1993) に図示された

断層まで連続すると考える (第 27 図)。

7. まとめ

本調査によって把握された断層分布、既存文献に記載されている断層、微小地震分布を第 28 図にまとめる。

本海域の地質構造は郷村断層系の走向と同一方向の北西-南東方向に伸びる断層や褶曲構造が卓越し、それに加えて山田断層系の走向に近い東西方向から東北東-西南西方向の走向を有するものが認められる。

郷村断層帯海域延長部を構成する断層の多くは B1 層基底以上に変位・変形を与える断層である。また、宇佐美 (1996) には、北丹後地震時に円山川河口の津居山港で高さ 30 cm の小津波が観測されたとの記載がある。したがって、本調査によって確認された海底変位は、この地震時に生じた可能性がある。

海岸線から約 2 km までは断層変位を示唆する地形が認められるが、その沖約 4 km は D 層露出地域であり、本調査で用いた音波探査の仕様では、発震エネルギーが小さいため D 層内に弾性波が十分に透過しておらず、断層の存否は不明である。

郷村断層帯海域延長部のうち海底面に変位・変形が認められるのは、断続的ではあるが海岸線から約 30 km の区間である。さらにその沖の約 13 km の区間にも A 層基底に変位・変形が認められていることから、郷村断層帯海域延長部に分布する断層が第四紀後期に活動があった活断層であることは確実である。本断層帯が一括して活動した場合の長さは 42.6 km となる。また、断層の分布域は微小地震分布ともほぼ対応しているように見える。

現時点においては、本調査結果から北丹後地震時の海域部における活動区間を確定する直接的な証拠は得られていないが、地震規模 M7.3 を考慮すると陸域部も含めて本調査で把握された海域部全区間が一括で活動したとは考え難く、沖合部分については別の地震を起こすポテンシャルを有する可能性もある。

今後は、本調査のピストンコアリングにより採取された柱状採泥試料の年代分析結果も含めて、海域部における最新活動時期、活動間隔に関する検討を行い、活動履歴という観点から、陸域部の郷村断層帯との比較を進める。

謝辞 本研究を実施するにあたり、調査海域に隣接する自治体および漁業、港湾、船舶交通にかかわる関係各所の方々には調査の趣旨を御理解いただき、多大なる御協力をいただきました。また、査読者である活断層・地震研究センター杉山雄一主幹研究員には、原稿の細部にまでわたって有益な御助言をいただきました。ここに記して感謝の意を表します。

文 献

地震調査研究推進本部 (2004) 山田断層帯の長期評価について. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04dec_yamada/index.htm

地震調査研究推進本部 (2005) 福岡県西方沖の地震活動. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/major_act/act_2005.htm#a20050320

地震調査研究推進本部 (2007) 新潟県中越沖地震の地震活動. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/major_act/act_2007.htm#a20070716

地震調査研究推進本部 (2010) 「全国地震動予測地図」の更新について. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/100520yosokuchizu.pdf

地震調査研究推進本部 (2011) 主要活断層帯の長期評価による地震発生確率値. <http://www.jishin.go.jp/main/choukihyoka/kaku110101.pdf>

海上保安庁水路部 (1994) 沿岸の海の基本図「津居山」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, 439p.p.

Matsu'ura, M. (1977) : Inversion of geodetic data, Part 2, Optimal model of conjugate fault system for the 1927 Tango earthquake. J. Phys. Earth, 25, 233-255

宇佐美龍夫 (1996) 新編日本被害地震総覧 [増補改訂版 416-1995]. 東京大学出版会, 498p.p.

渡辺久吉・佐藤才止 (1927) 丹後地震とその地変. 地学雑誌, 40, 477-486

山本博文・上嶋正人・岸本清行 (1993) 経ヶ岬沖海底地質図および同説明書. 海洋地質図, no.40, 地質調査所, 39p.

(受付:2012年11月13日, 受理:2012年11月20日)

第1表. 調査項目及び数量表.
Table 1. Survey items and volume.

調査種別		数量
現地調査	高分解能マルチチャンネル音波探査	173km (21 測線)
	シーバットによる精密地形調査	約 6km ²
	サブスキャン (チャープ) (採泥地点選定のため)	25.5km (10 測線)
	柱状採泥	7 地点

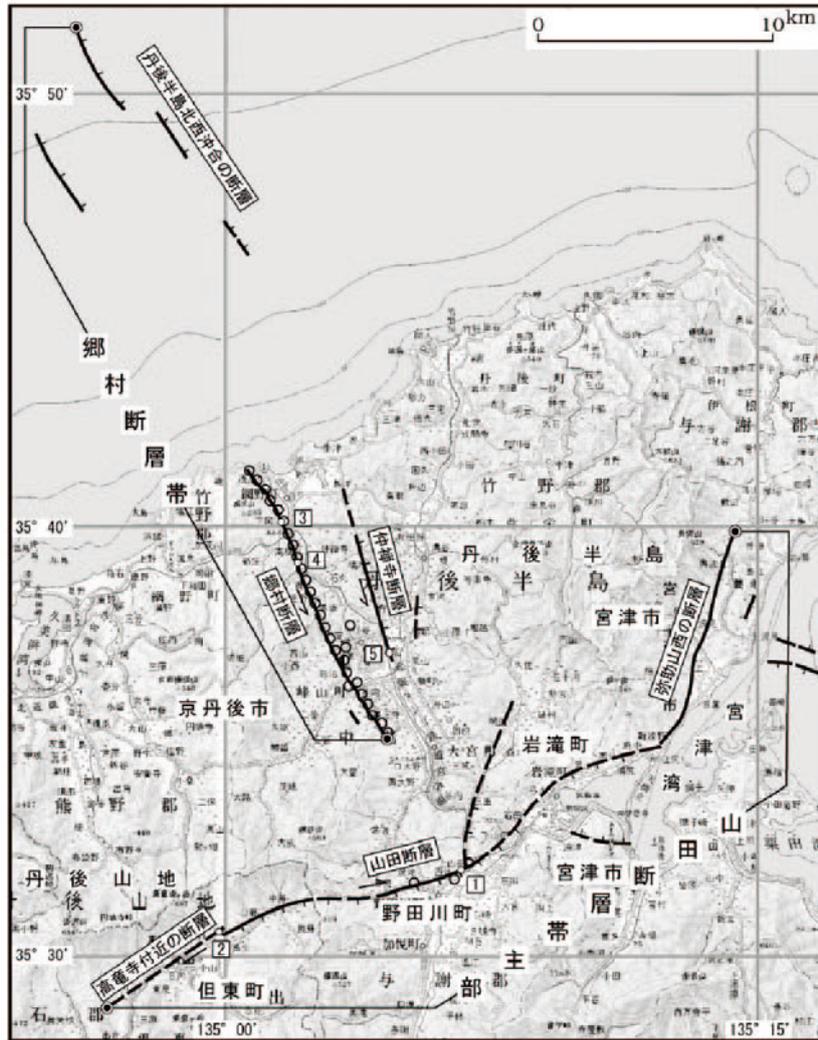
第2表. 探査仕様.
Table 2. Data acquisition parameters for seismic profiling survey.

	調査手法	高分解能マルチチャンネル音波探査
送信部	音源	ブーマー(電磁誘導振動素子)
	発振エネルギー	約 200 J
	発振周波数	500~5,000 Hz
	音源の深度	0.5 m
	船尾と音源の距離	19.5~20 m
	発振点間隔	2.5m
受信部	受信器	圧電型振動素子 (ストリーマー)
	チャンネル数	12 ch
	チャンネル間隔	2.5 m
	受信器の深度	約 1 m
	船尾とニアチャンネルの距離	40~41.8 m
収録部	探鉱機	24bit (GEODE)
	記録方式	SEG-Y
	重合数	6
	サンプリング間隔	0.125 msec.
	記録長	0.5~0.62 sec(水深による) (プレトリガー:0.02sec)
測点間隔(CMP 間隔)		1.25 m
測位		DGPS
船速		約 3 ノット

第3表. 層序対比表.

Table 3. Division and correlation of strata in and around the study area.

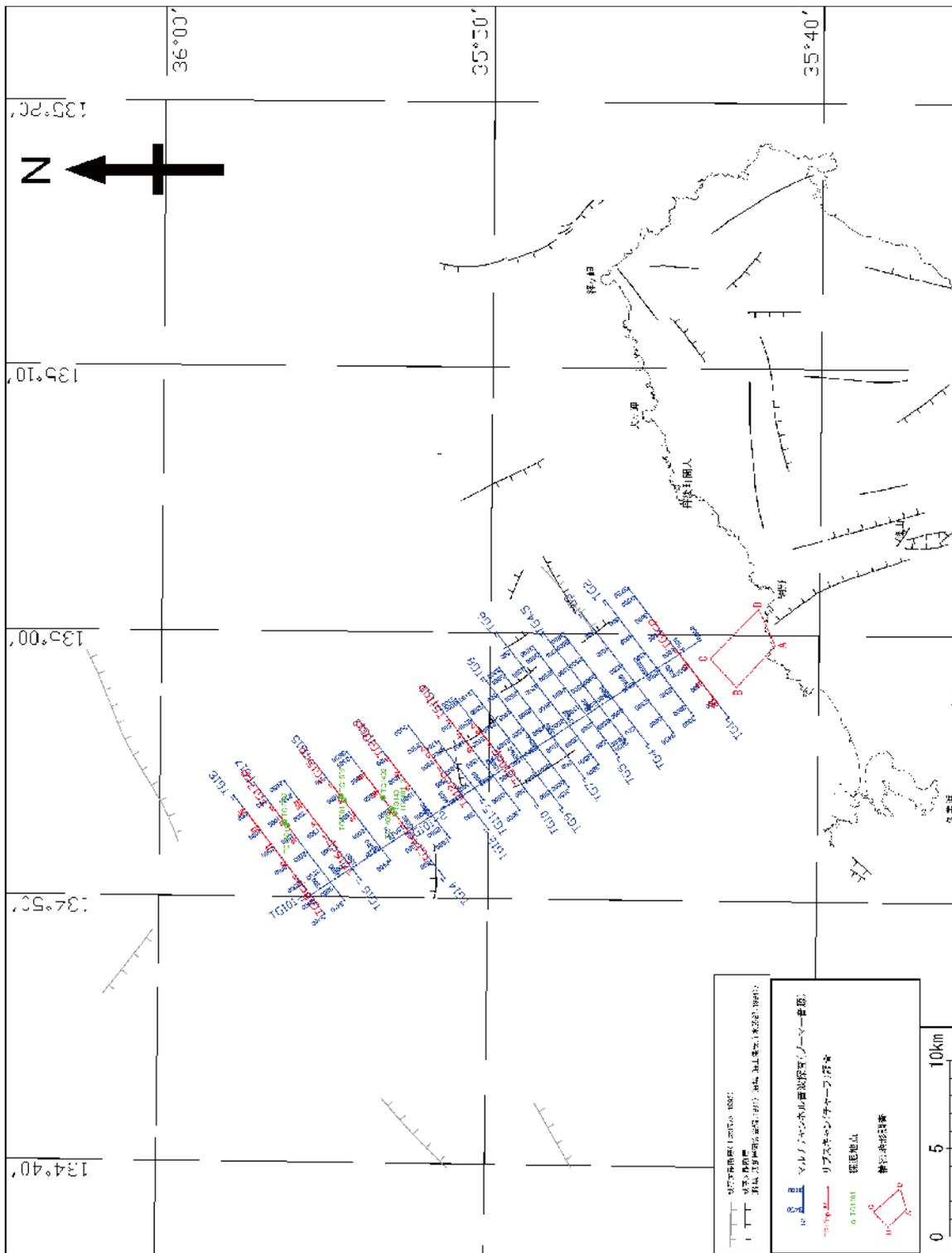
時代	陸上地質層序	本調査	海上保安庁 水路部 (1994)	山本ほか (1993)
第四紀	完新世	沖積層	A層	I
			B1層	II
	更新世	段丘堆積物	B2層	III
			B3層	IV
新第三紀	鮮新世	照来層群	C層	H (H1, H2)
			D1層	V
	中新世	北但層群	D2層	VI



1：上山田地点，2：坂野地点，3：下岡地点，4：郷地点，5：矢田地点。●：断層帯の両端（ただし、郷村断層帯の北西端については確認されている範囲）。○：1927年の地表地震断層。断層の位置は文献2, 3, 4, 6及び8に基づく。基図は国土地理院発行数値地図200000「宮津」「鳥取」を使用。

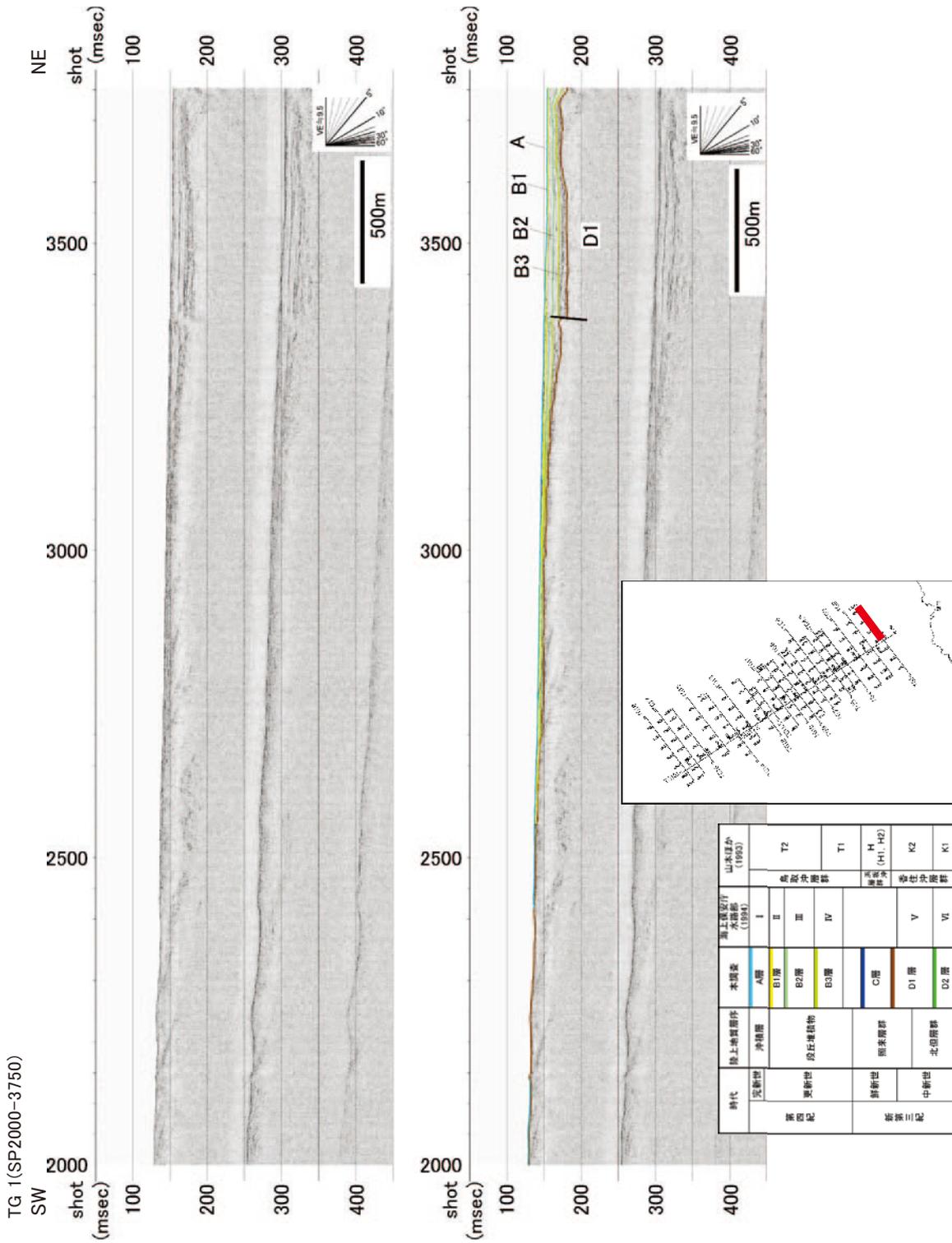
第1図. 郷村断層帯の位置と構成断層（地震調査研究推進本部，2004）。

Fig. 1. Location and constituent faults of the Gomura fault zone. After the Earthquake Research Committee, Headquarters for Earthquake Research Promotion (2004).

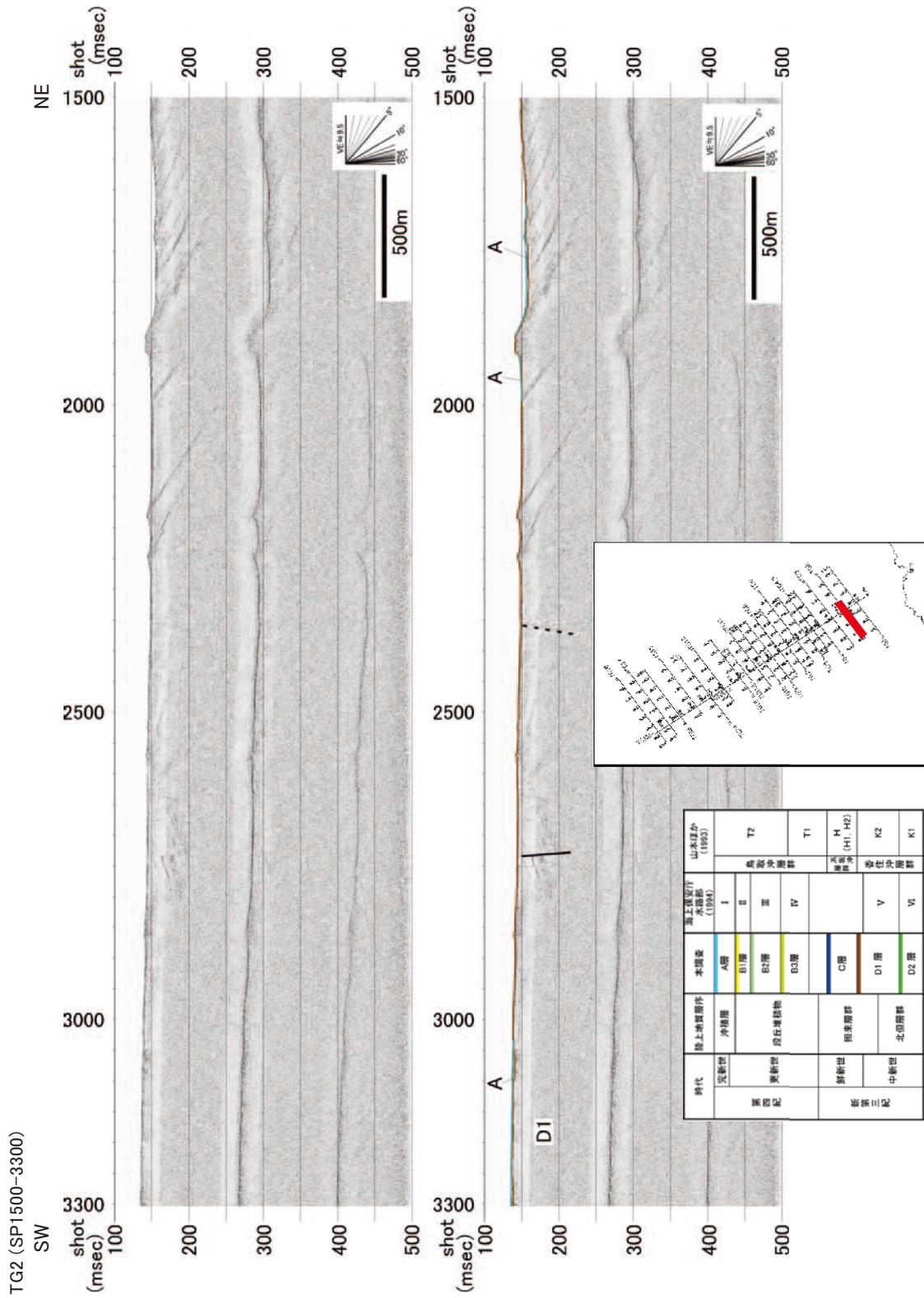




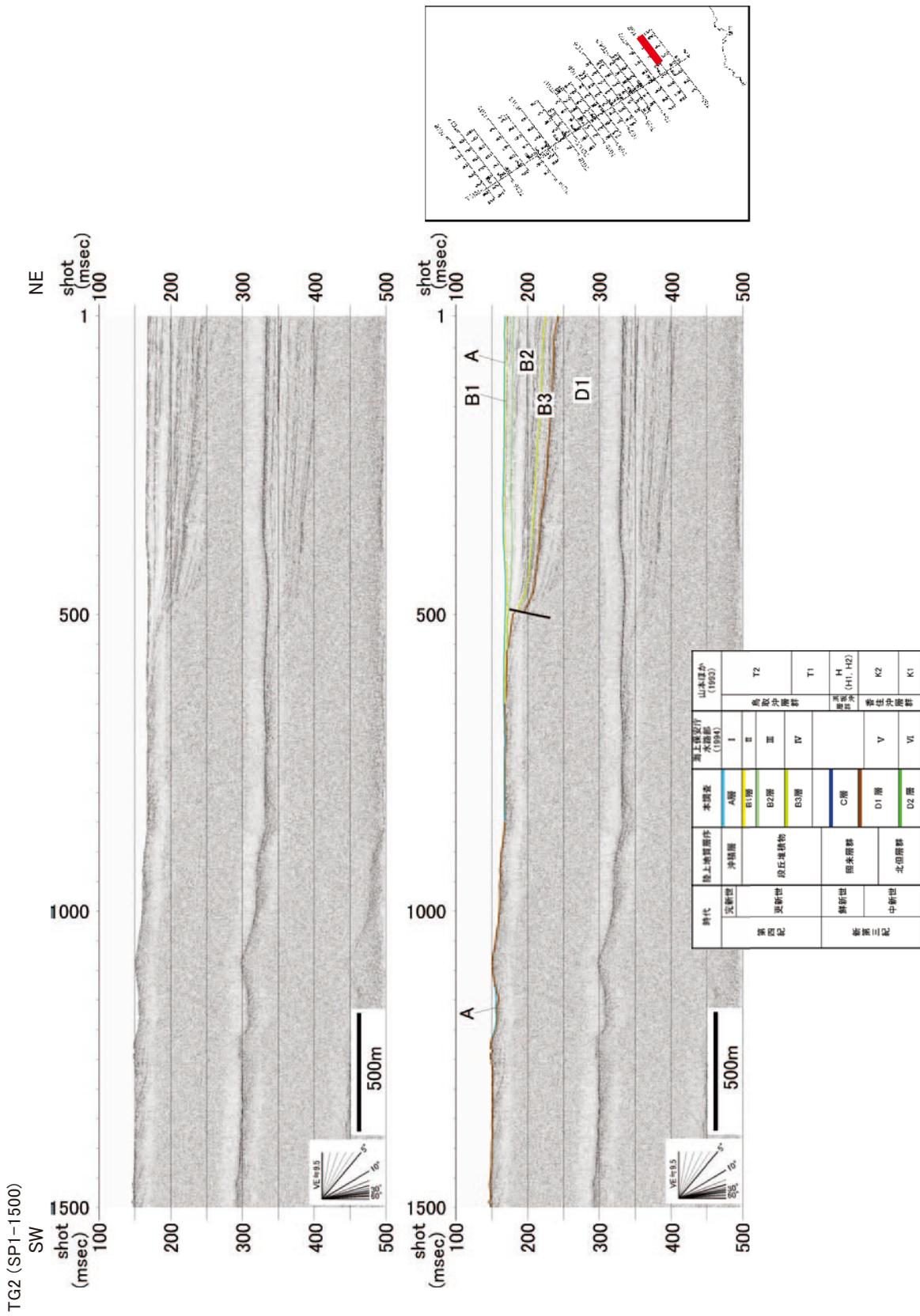
第3図. 高分解能音波探査記録 (TG101 測線). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 3. High-resolution multichannel profile (Line TG101). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



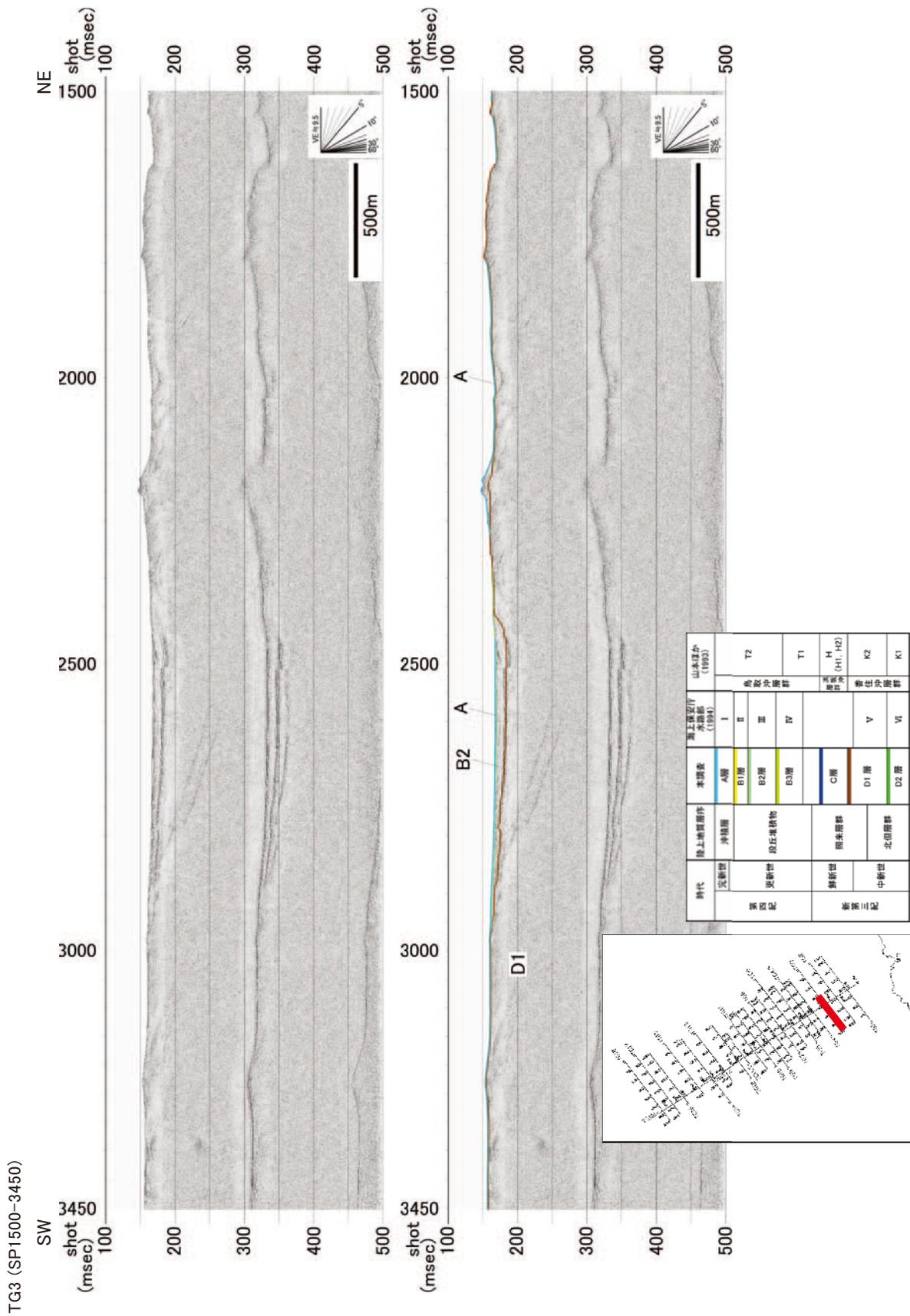
第4図. 高分解能音波探査記録 (TG1 測線 SP2000-3750). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 4. High-resolution multichannel profile (Line TG1 SP2000-3750). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



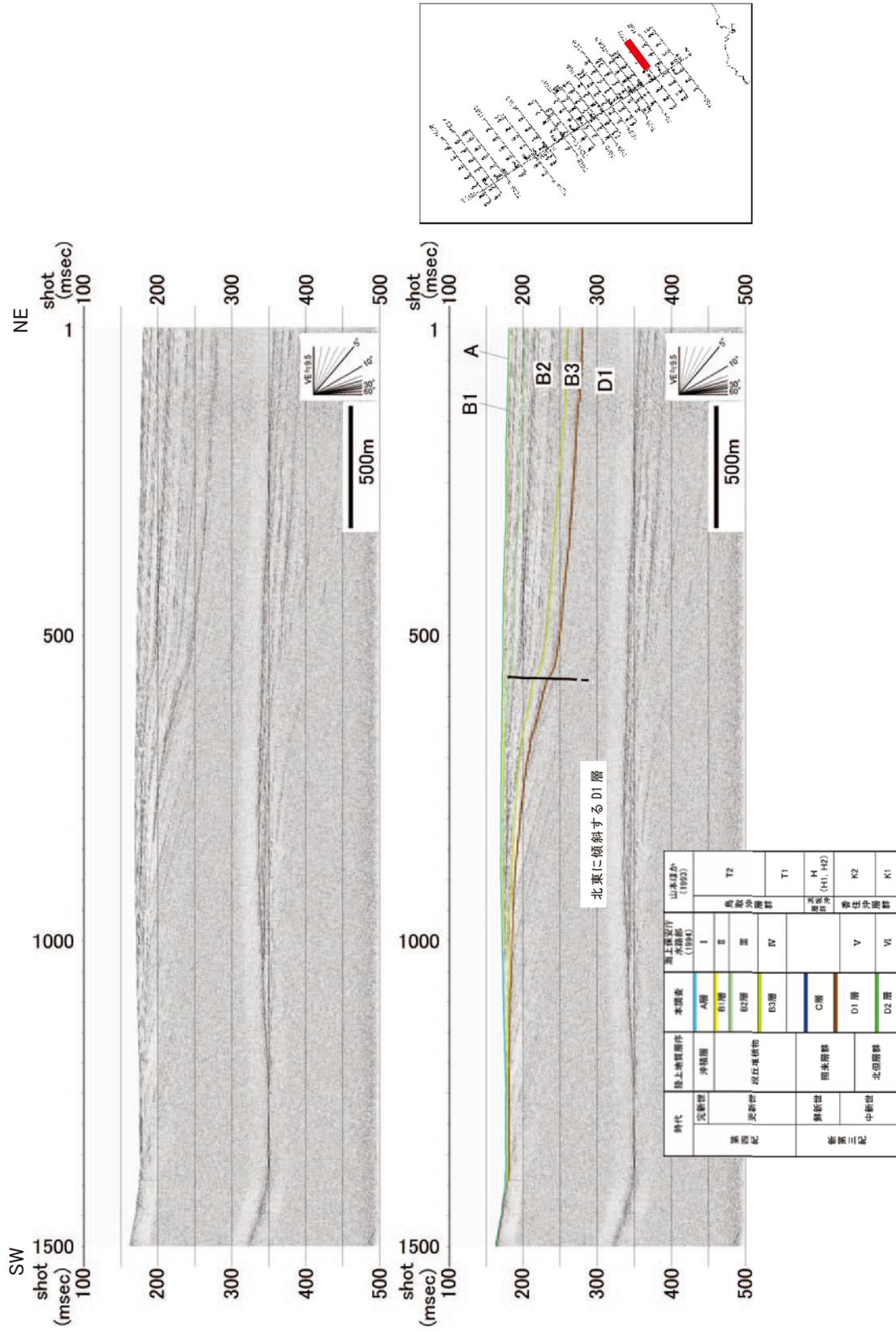
第5図(a). 高分解能音波探査記録 (TG2 測線 SP1500-3300). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 5 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG2 SP1500-3300). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



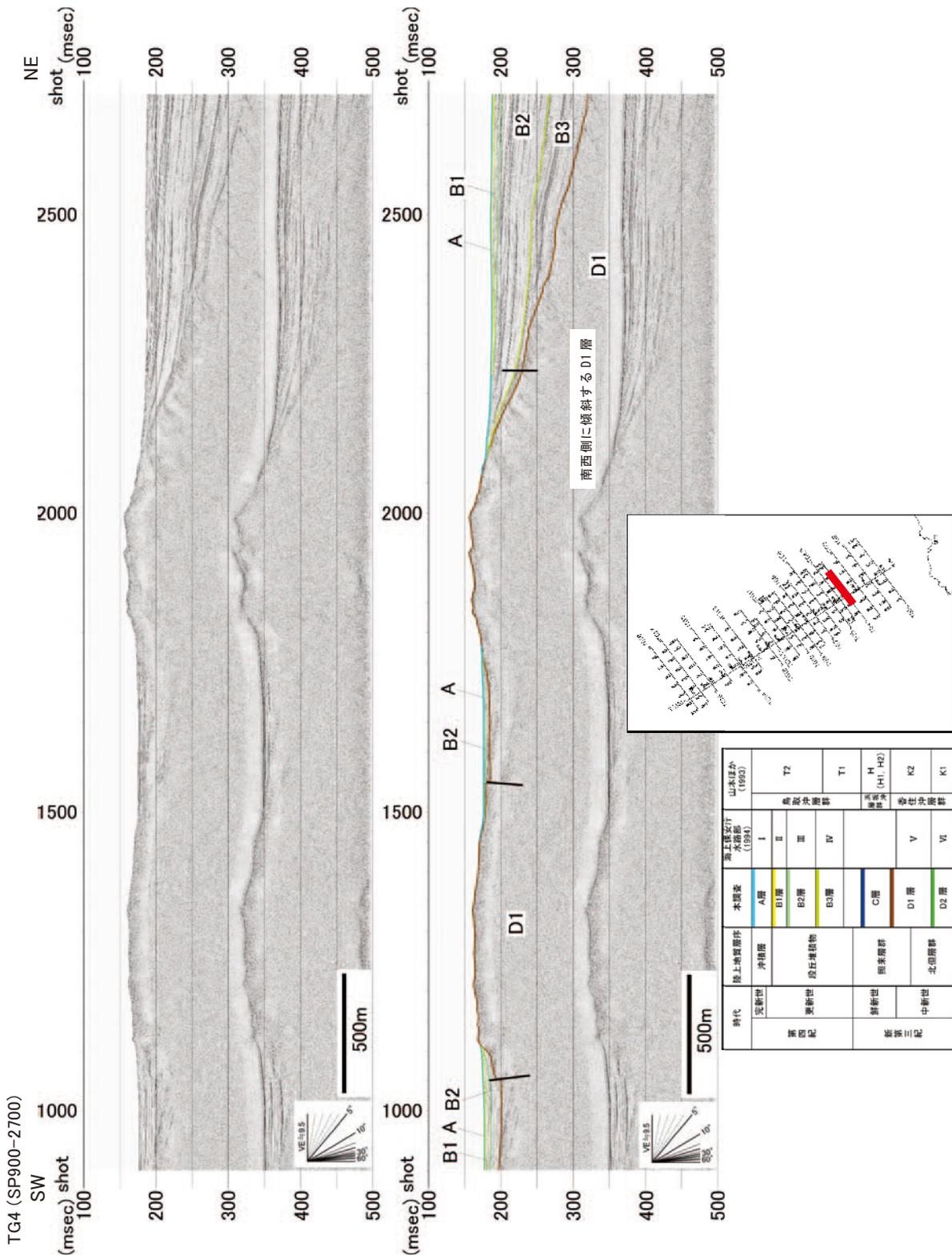
第5図(b). 高分解能音波探査記録 (TG2 測線 SP1-1500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 5 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG2 SP1-1500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



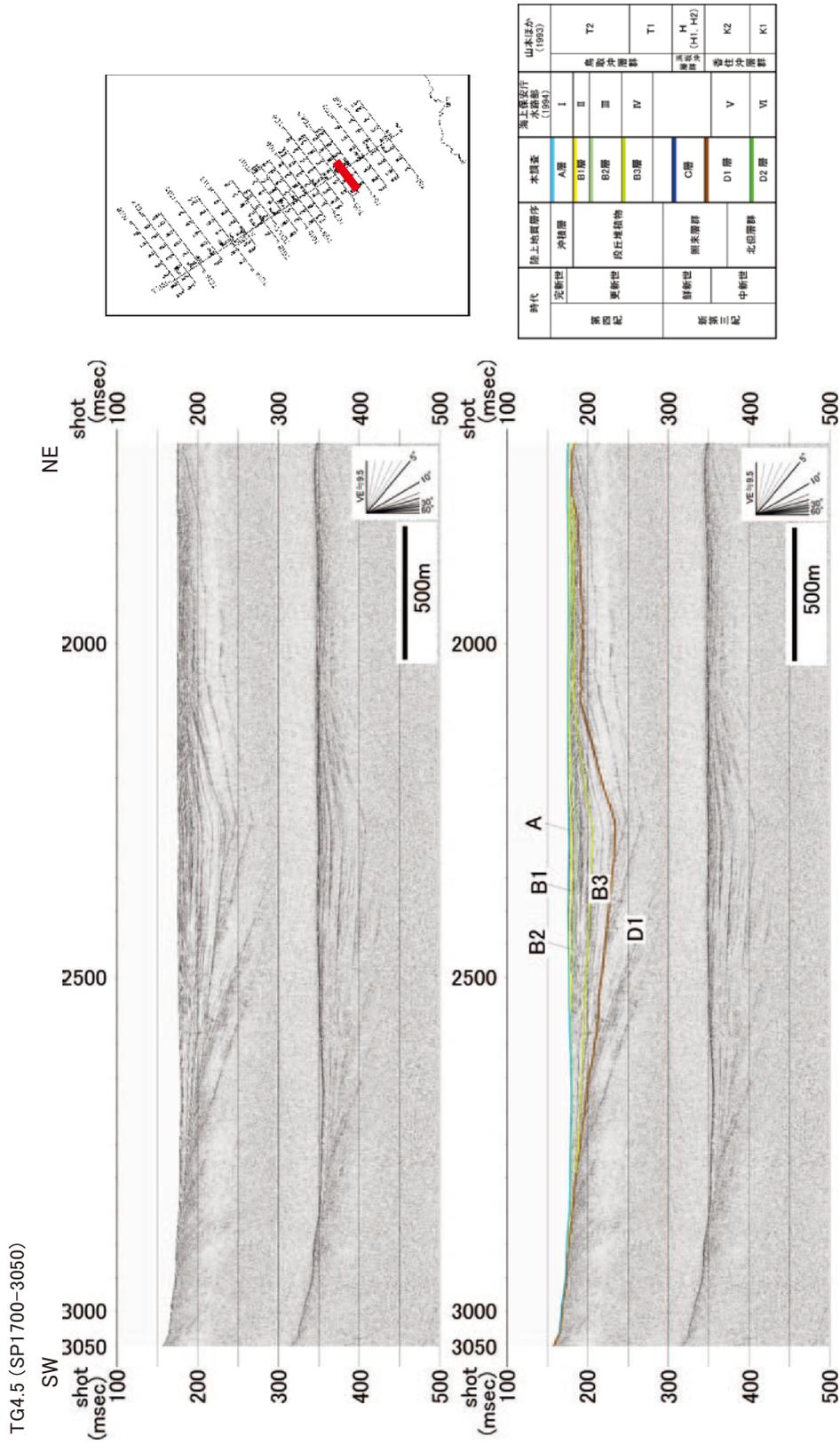
第6図(a). 高分解能音波探査記録 (TG3 測線 SP1500-3450). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 6 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG3 SP1500-3450). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



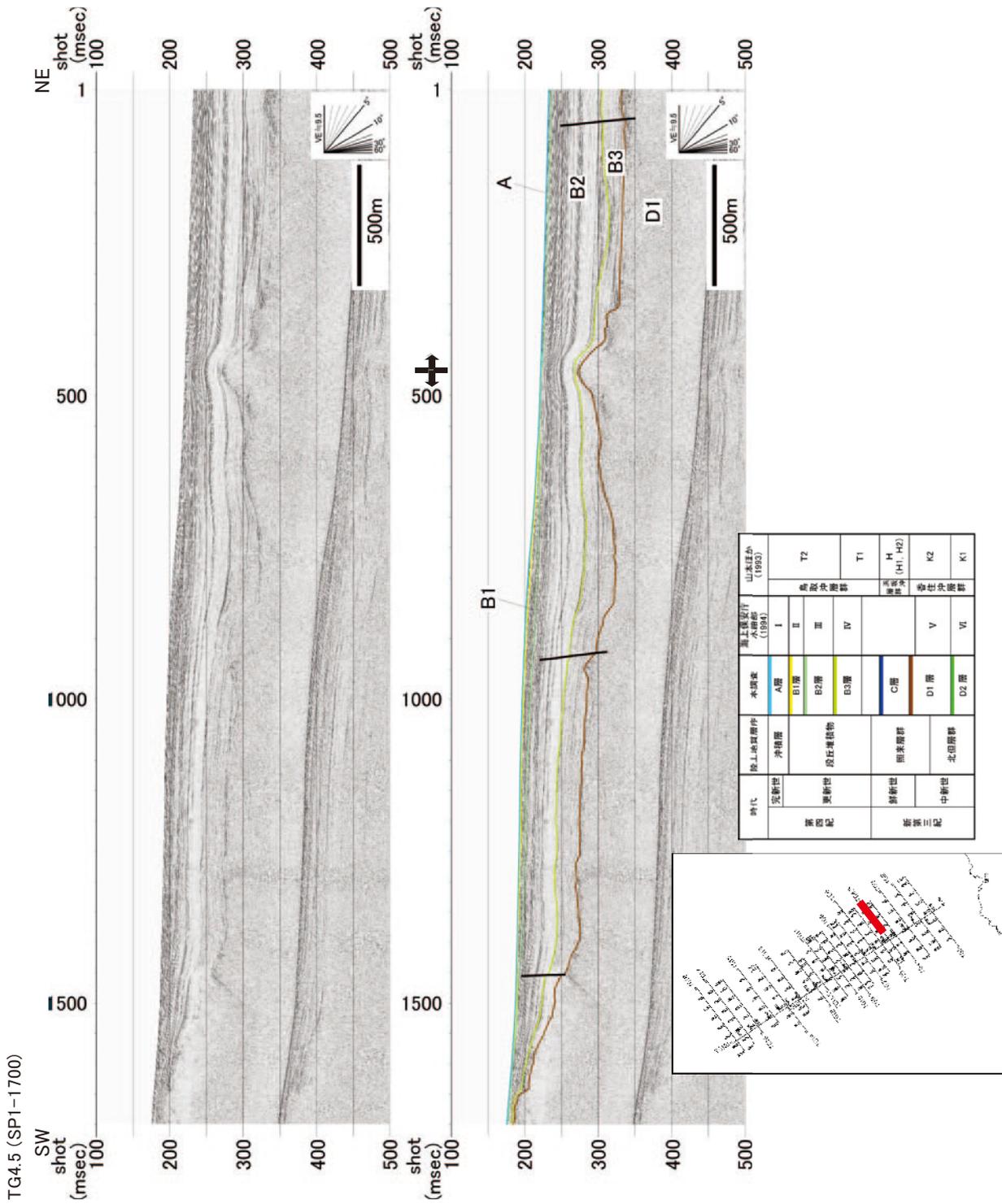
第6図(b). 高分解能音波探査記録(TG3測線SP1-1500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 6(b). High-resolution multichannel profile (Line TG3 SP1-1500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



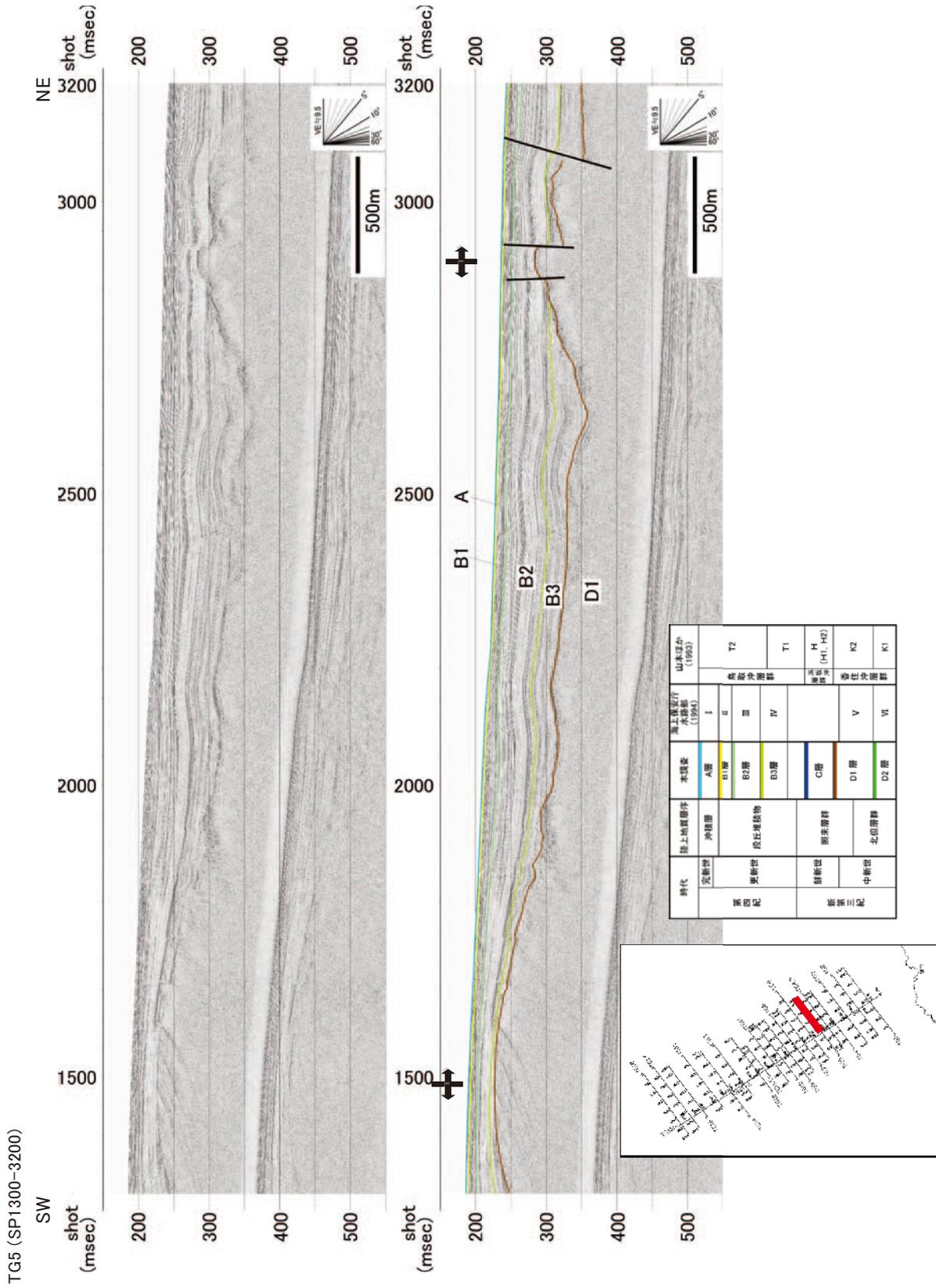
第7図. 高分解能音波探査記録 (TG4 測線 SP900-2700). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 7. High-resolution multichannel profile (Line TG4-SP900-2700). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



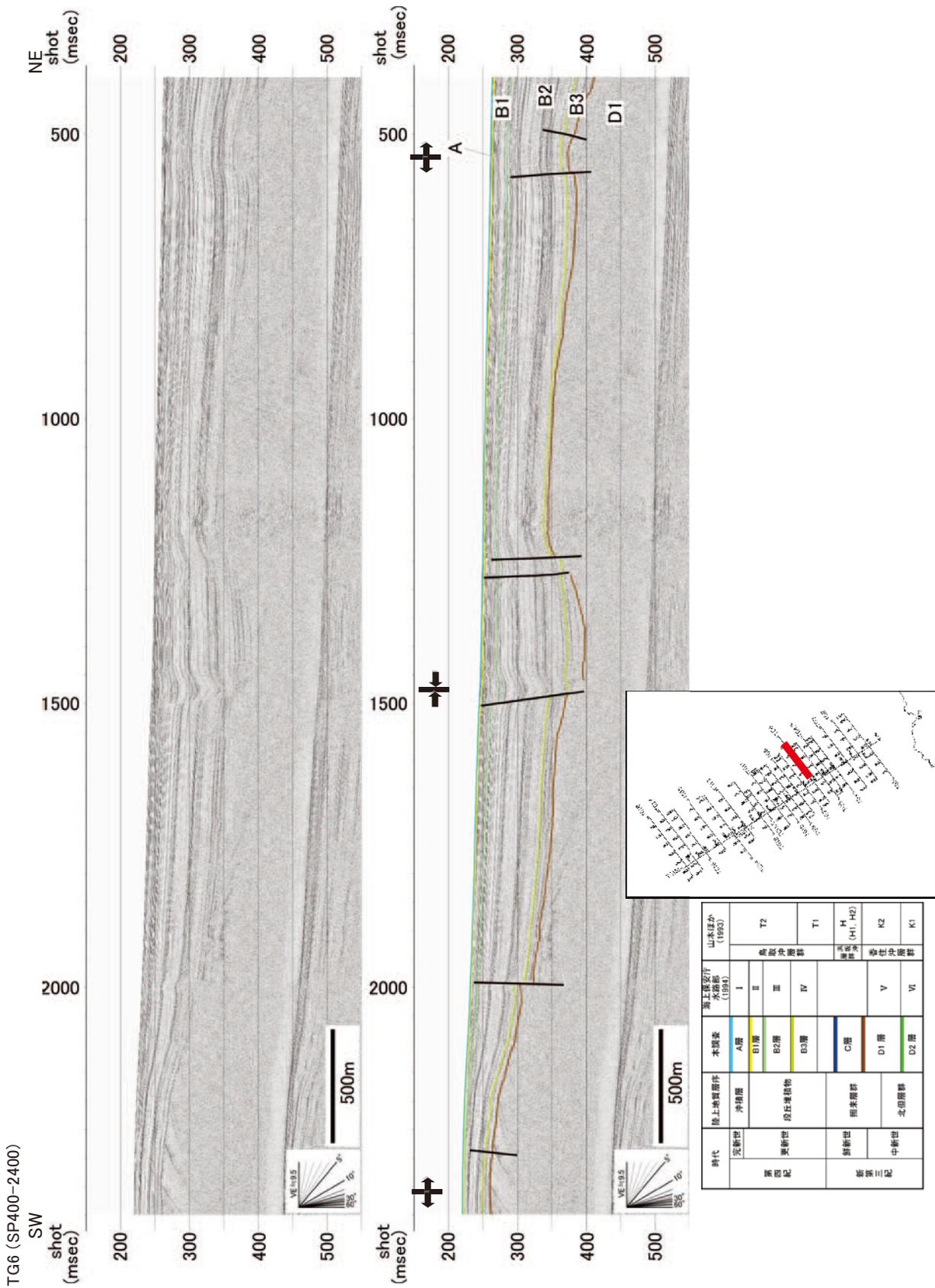
第 8 図 (a). 高分解能音波探査記録 (TG4.5 測線 SP1700-3050). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 8 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG4.5 SP1700-3050). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



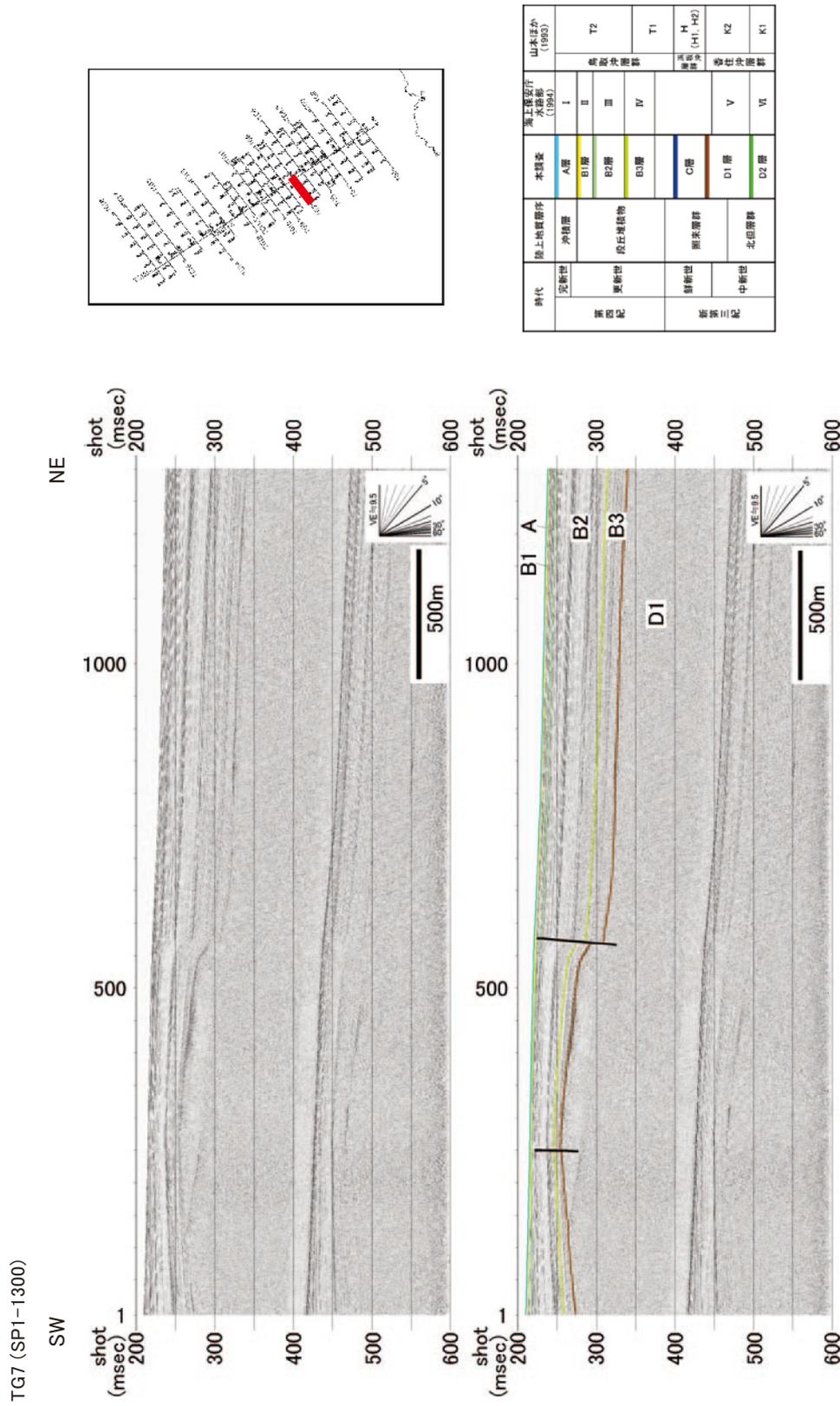
第 8 図 (b). 高分解能音波探査記録 (TG4.5 測線 SPI-1700). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 8 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG4.5 SPI-1700). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



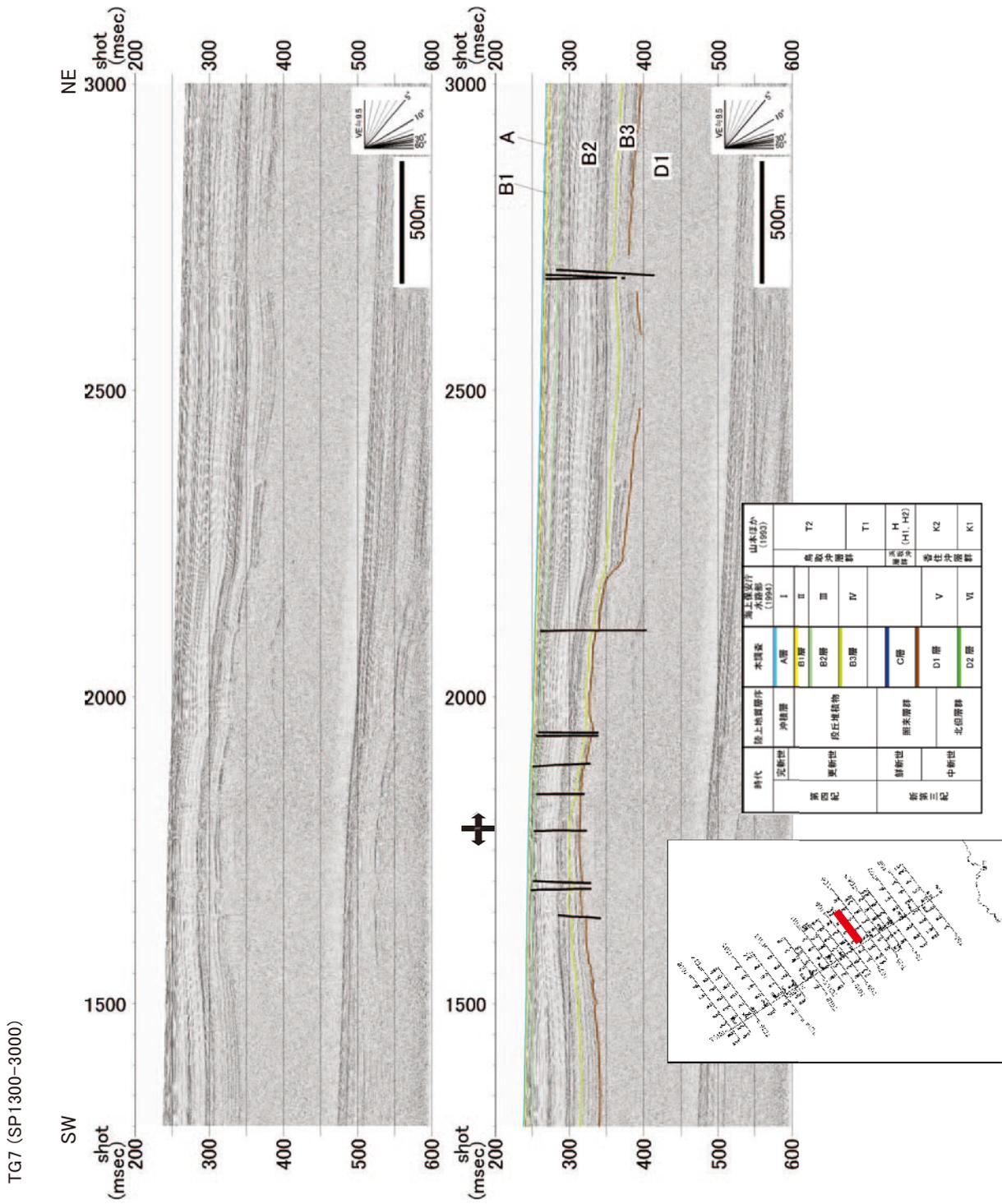
第9図. 高分解能音波探査記録 (TG5 測線 SP1300-3200). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 9. High-resolution multichannel profile (Line TG5 SP1300-3200). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



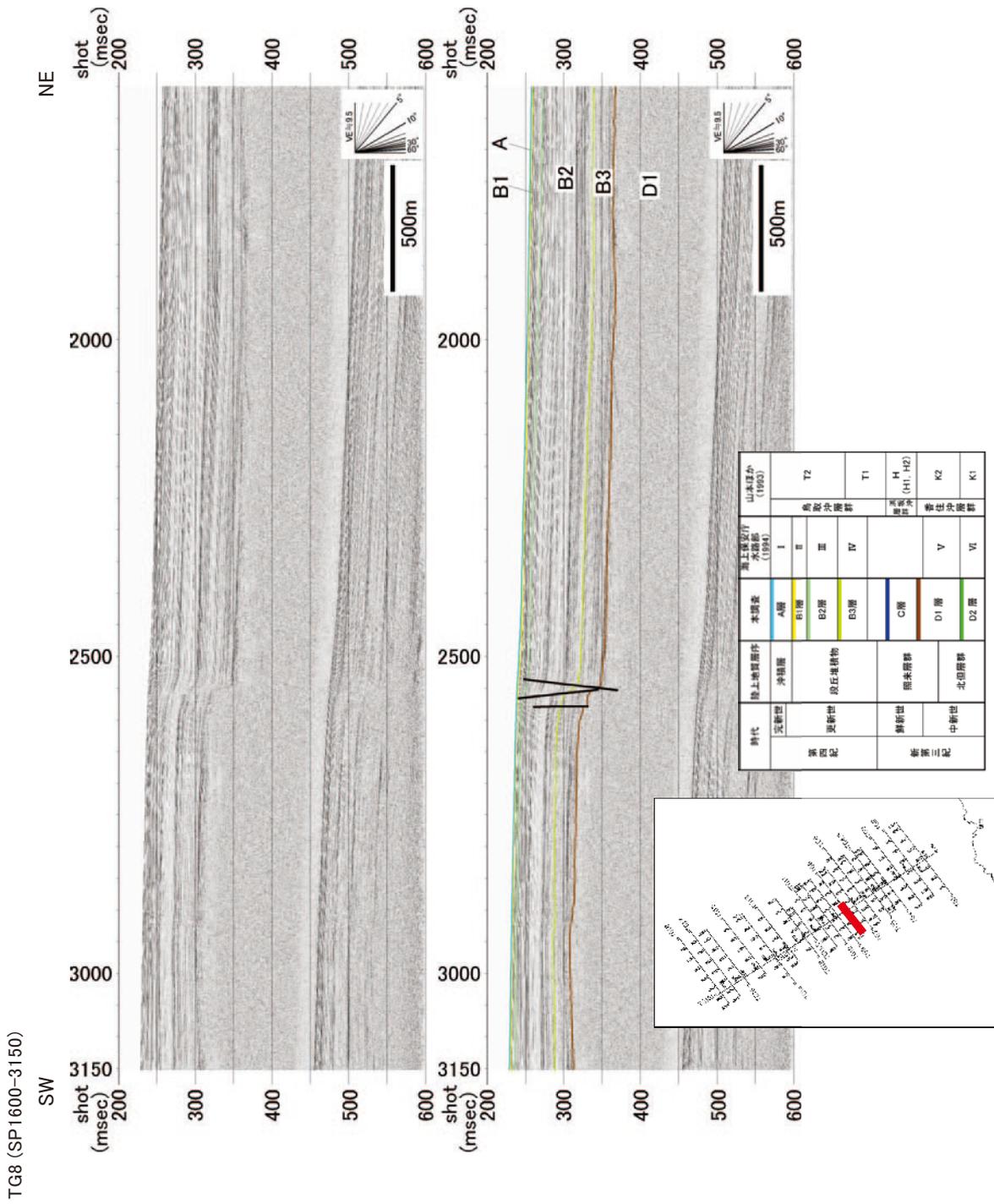
第 10 図. 高分解能音波探査記録 (TG6 測線 SP400-2400). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 10. High-resolution multichannel profile (Line TG6 SP400-2400). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



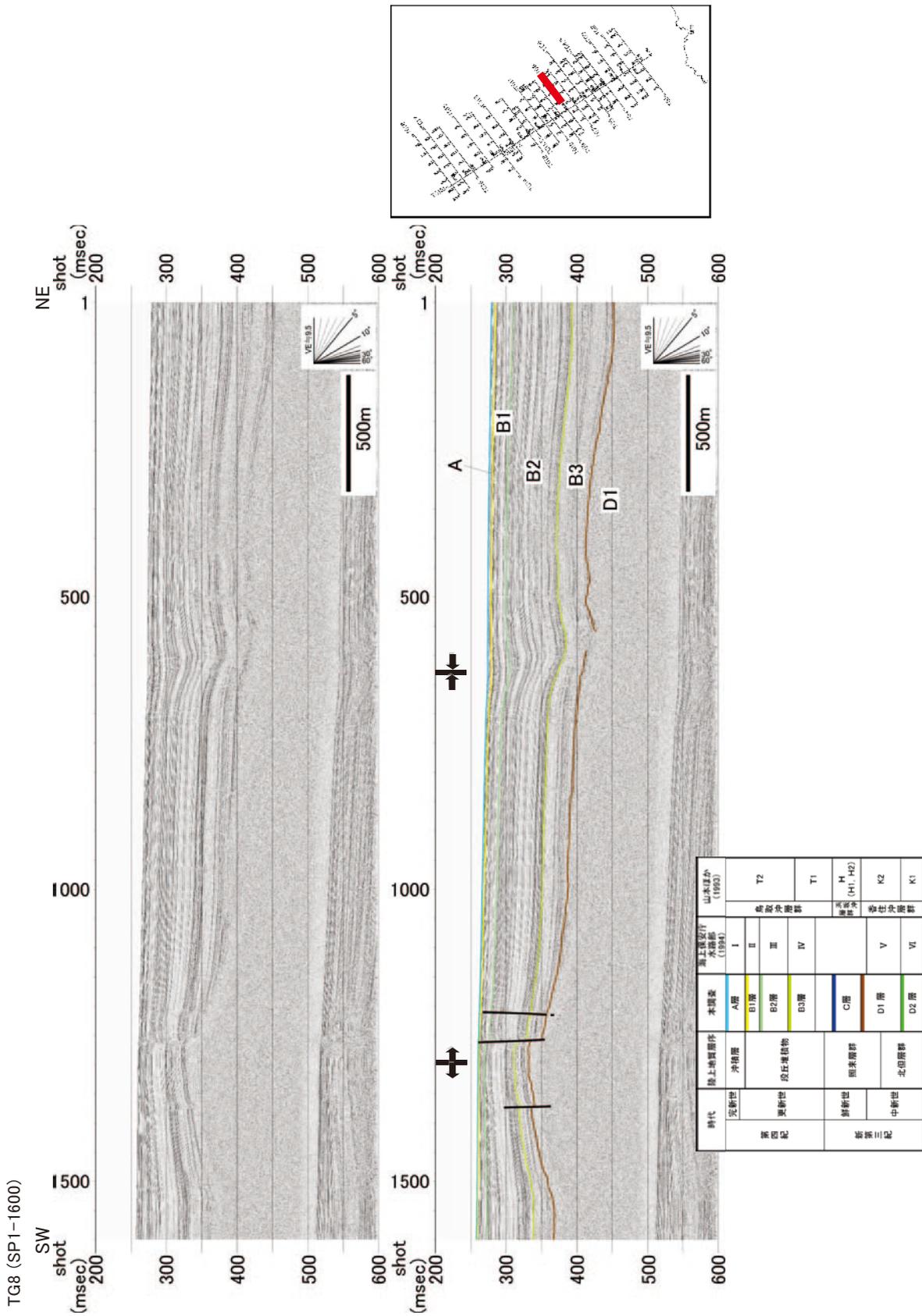
第 11 図 (a). 高分解能音波探査記録 (TG7 測線 SP1-1300). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 11 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG7 SP1-1300). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



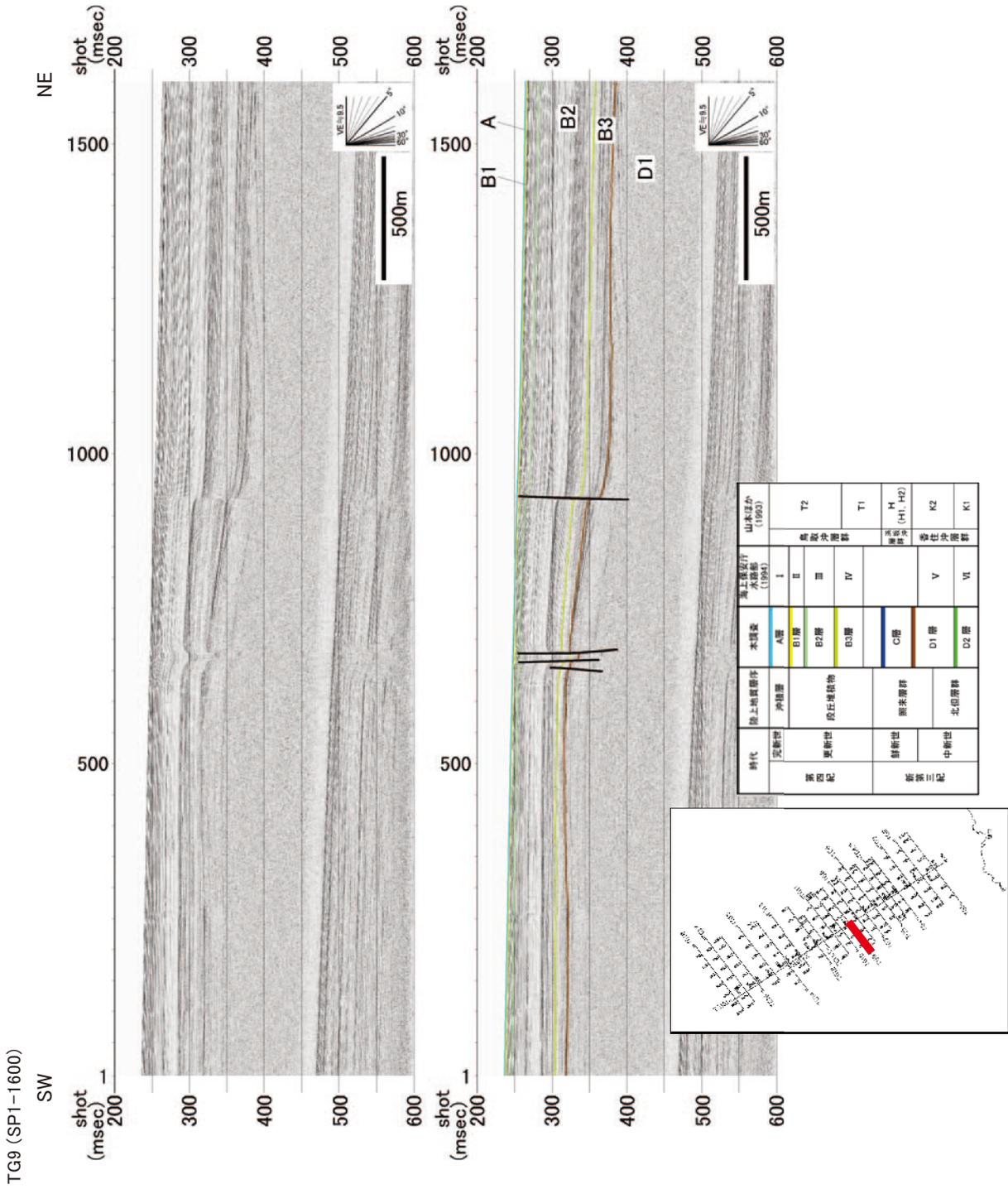
第 11 図 (b). 高分解能音波探査記録 (TG7 測線 SP1300-3000). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 11 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG7 SP1300-3000). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



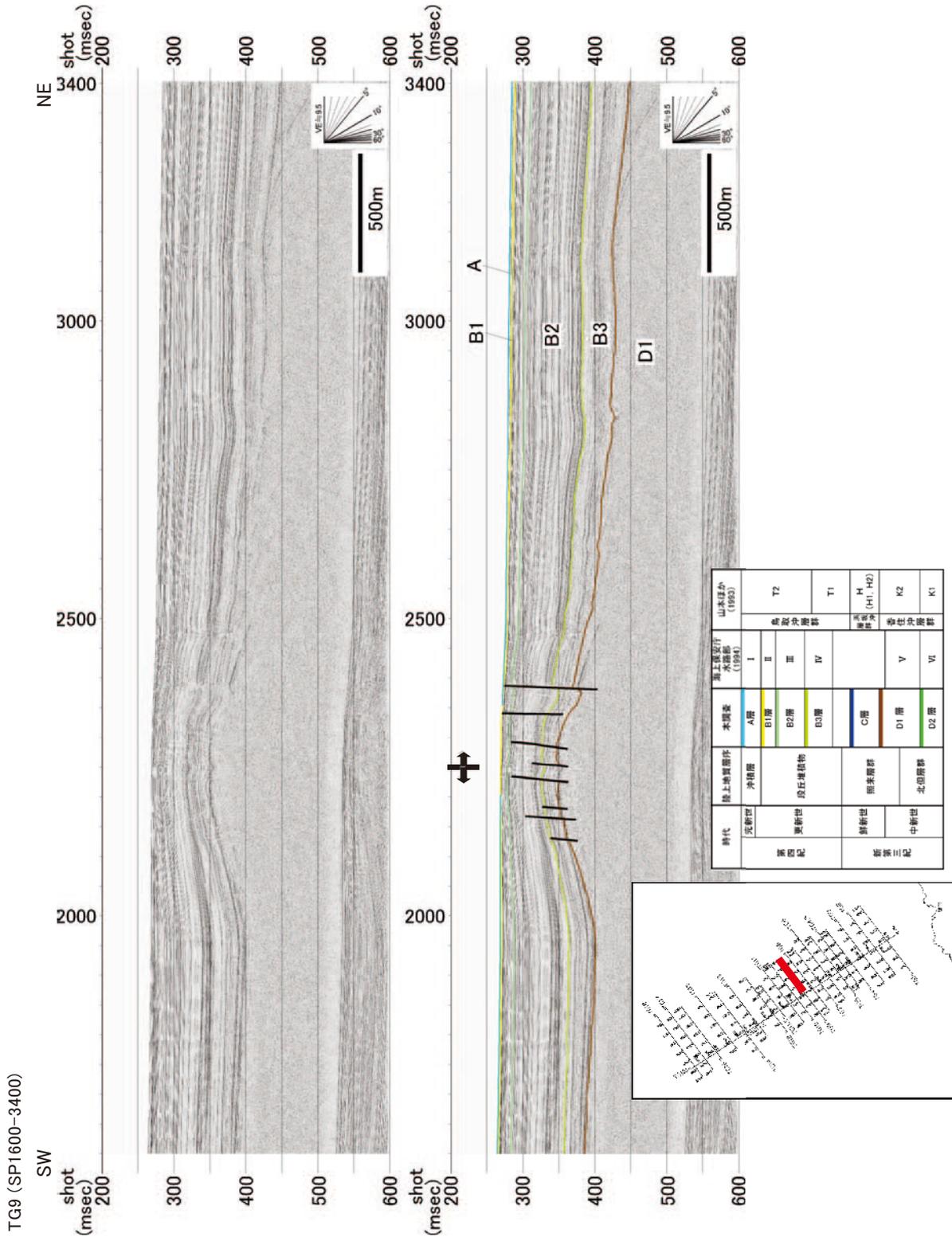
第12図(a). 高分解能音波探査記録 (TG8 測線 SP1600-3150). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 12 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG8 SP1600-3150). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



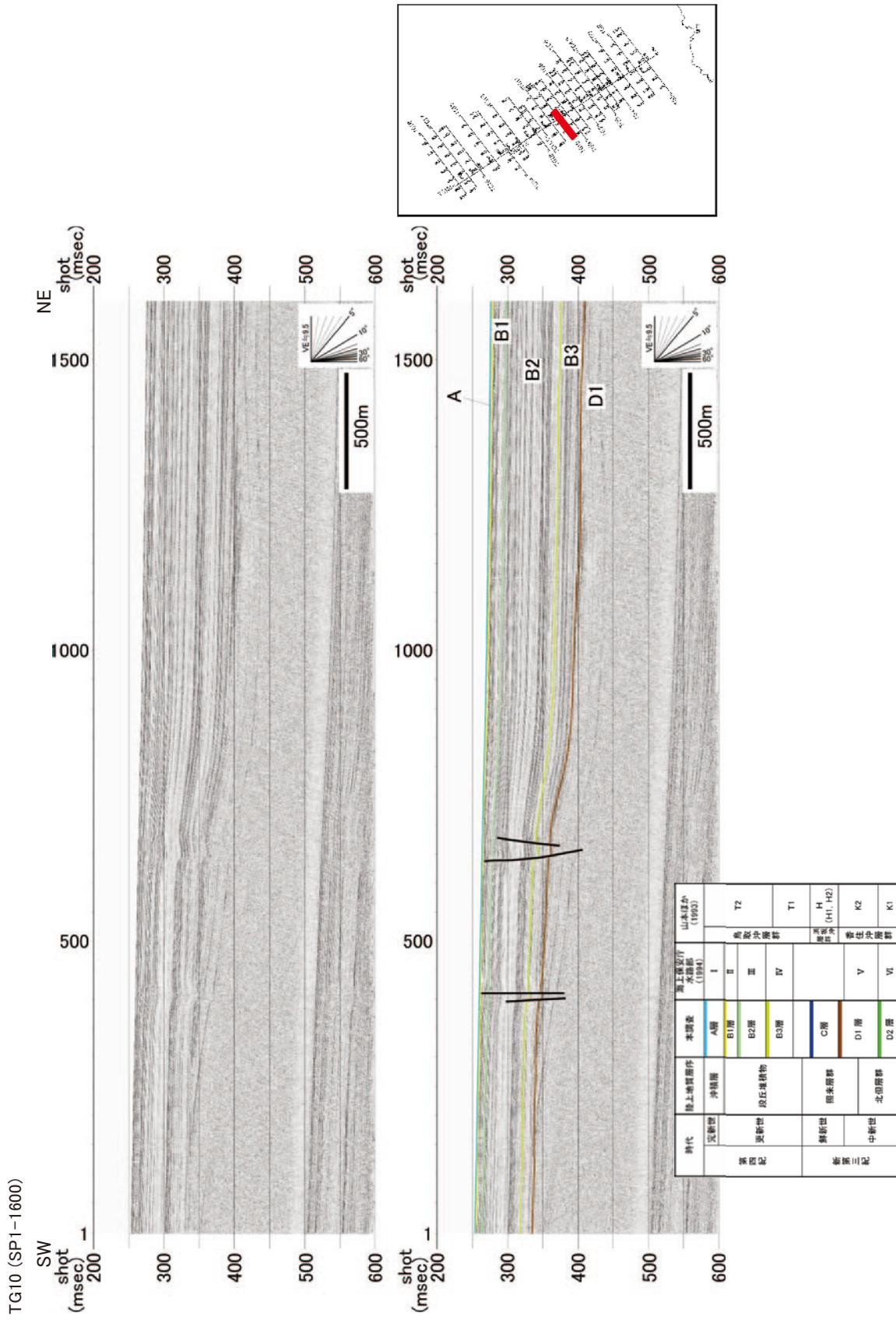
第12図(b). 高分解能音波探査記録 (TG8 測線 SP1-1600). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 12 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG8 SP1-1600). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



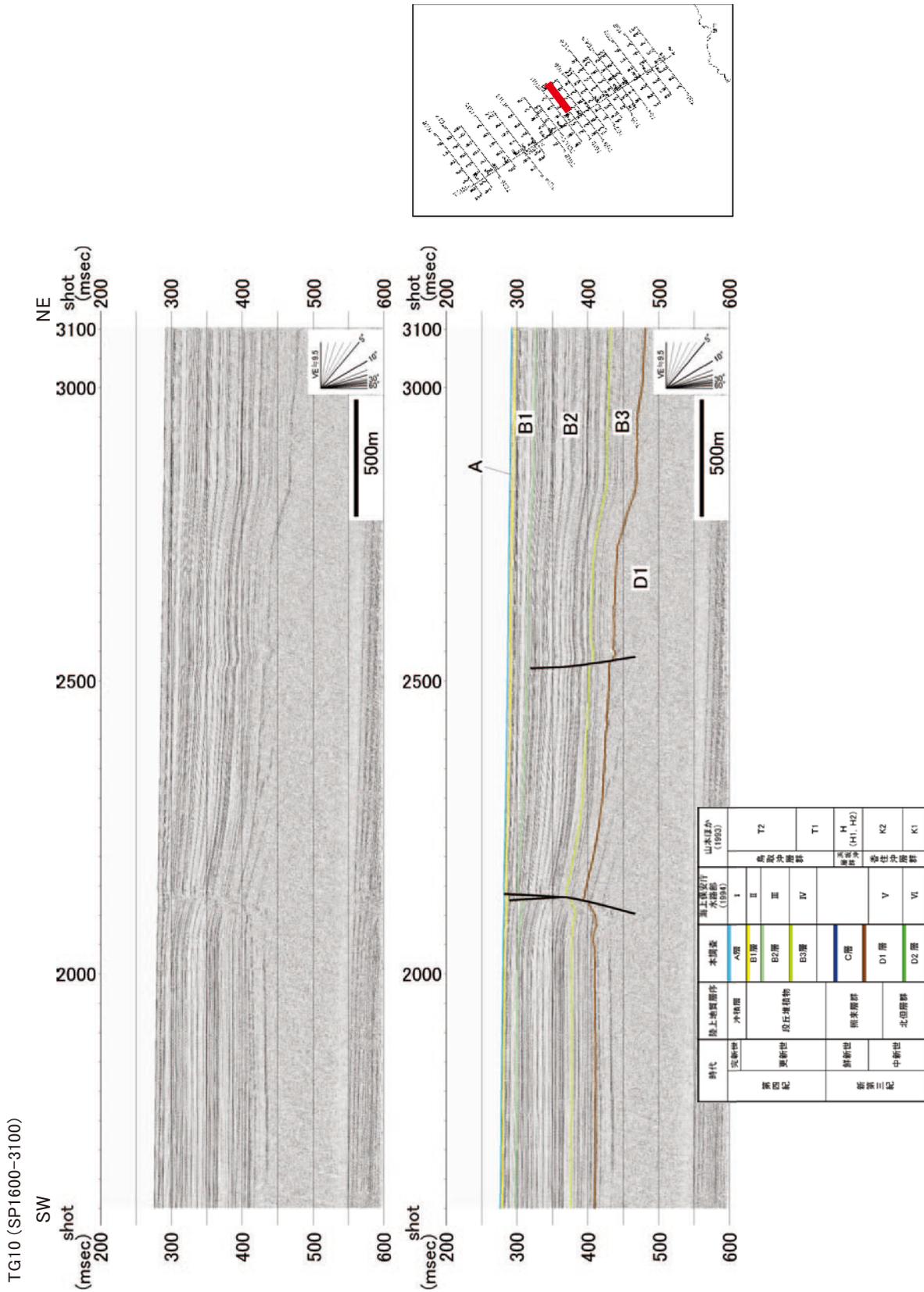
第13図(a). 高分解能音波探査記録 (TG9 測線 SP1-1600). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 13 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG9 SP1-1600). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



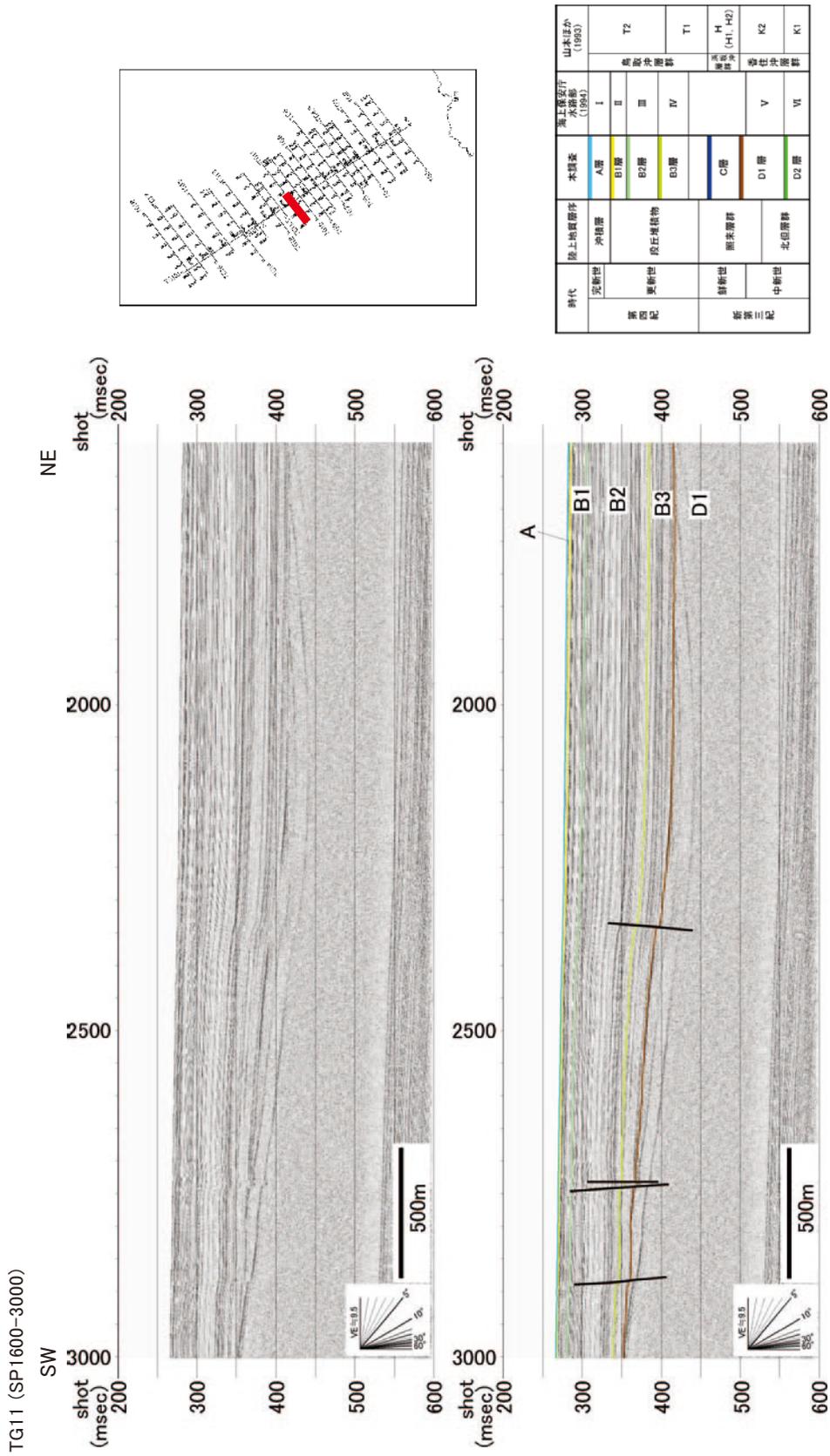
第13図(b). 高分解能音波探査記録 (TG9 測線 SP1600-3400). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 13 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG9 SP1600-3400). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



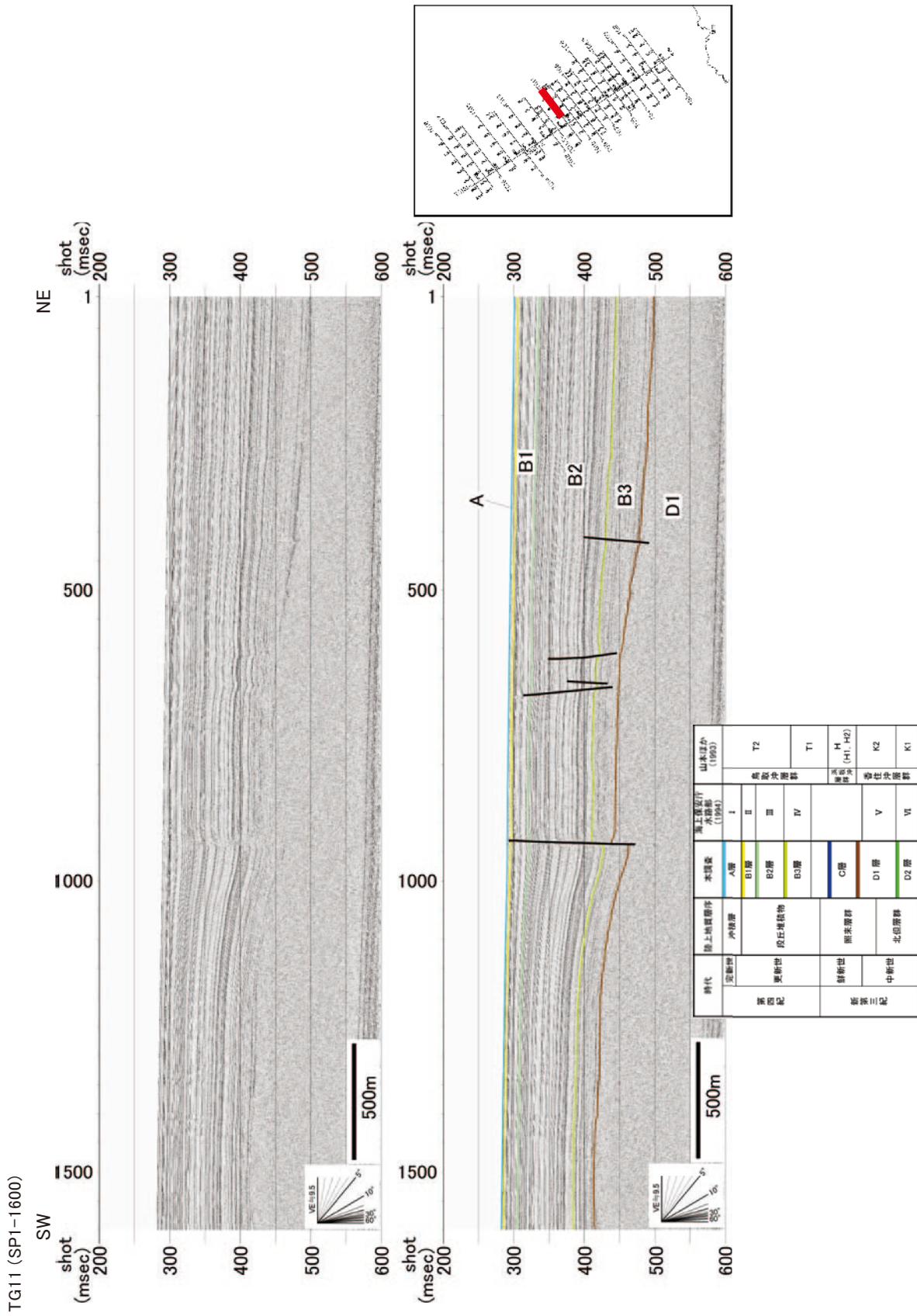
第14図(a). 高分解能音波探査記録 (TG10 測線 SPI-1600). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 14 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG10 SPI-1600). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



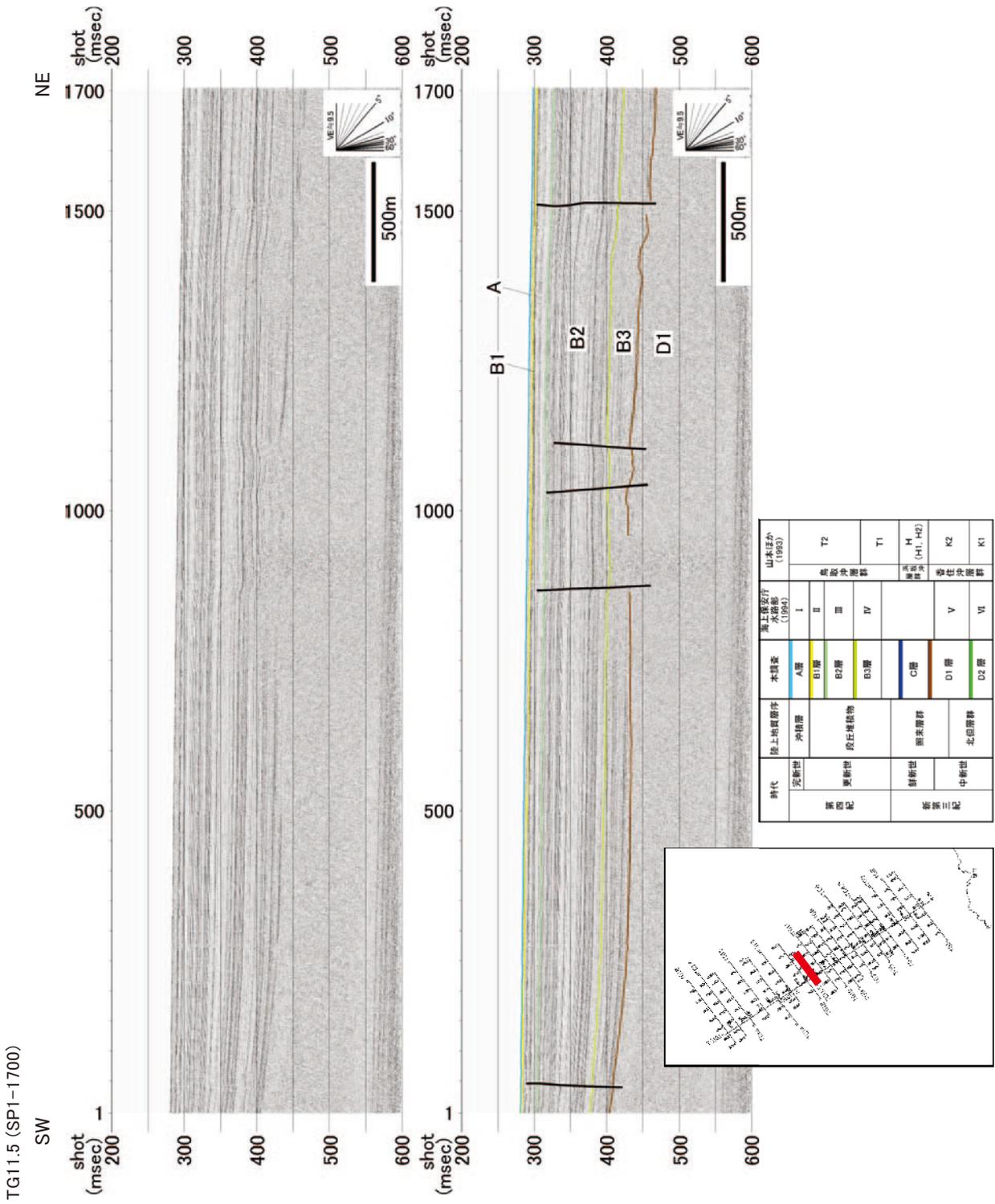
第14図(b). 高分解能音波探査記録 (TG10 測線 SP1600-3100). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 14 (b). High-resolution multi-channel profile (Line TG10 SP1600-3100). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



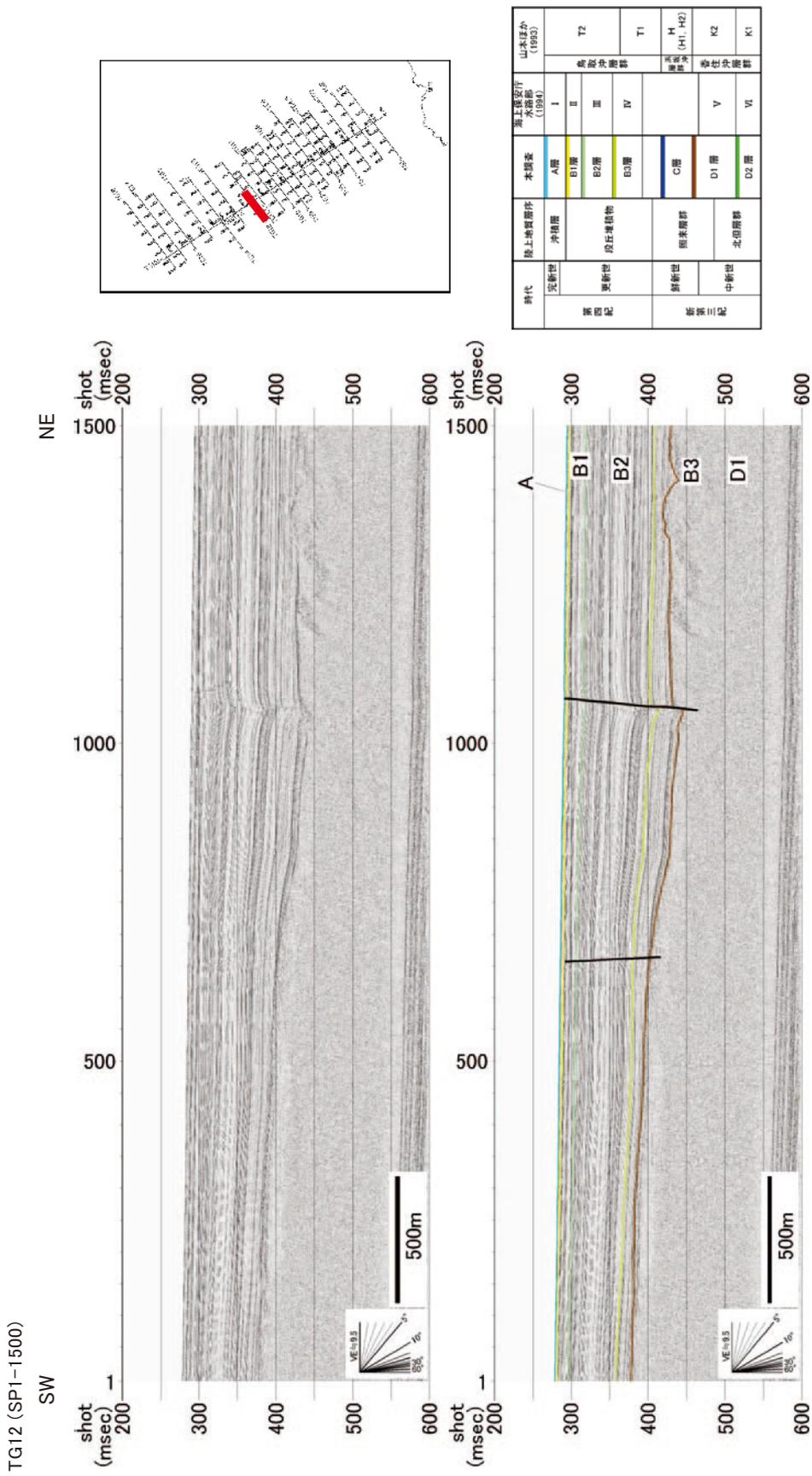
第15図(a). 高分解能音波探査記録 (TG11 測線 SP1600-3000). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 15 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG11 SP1600-3000). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



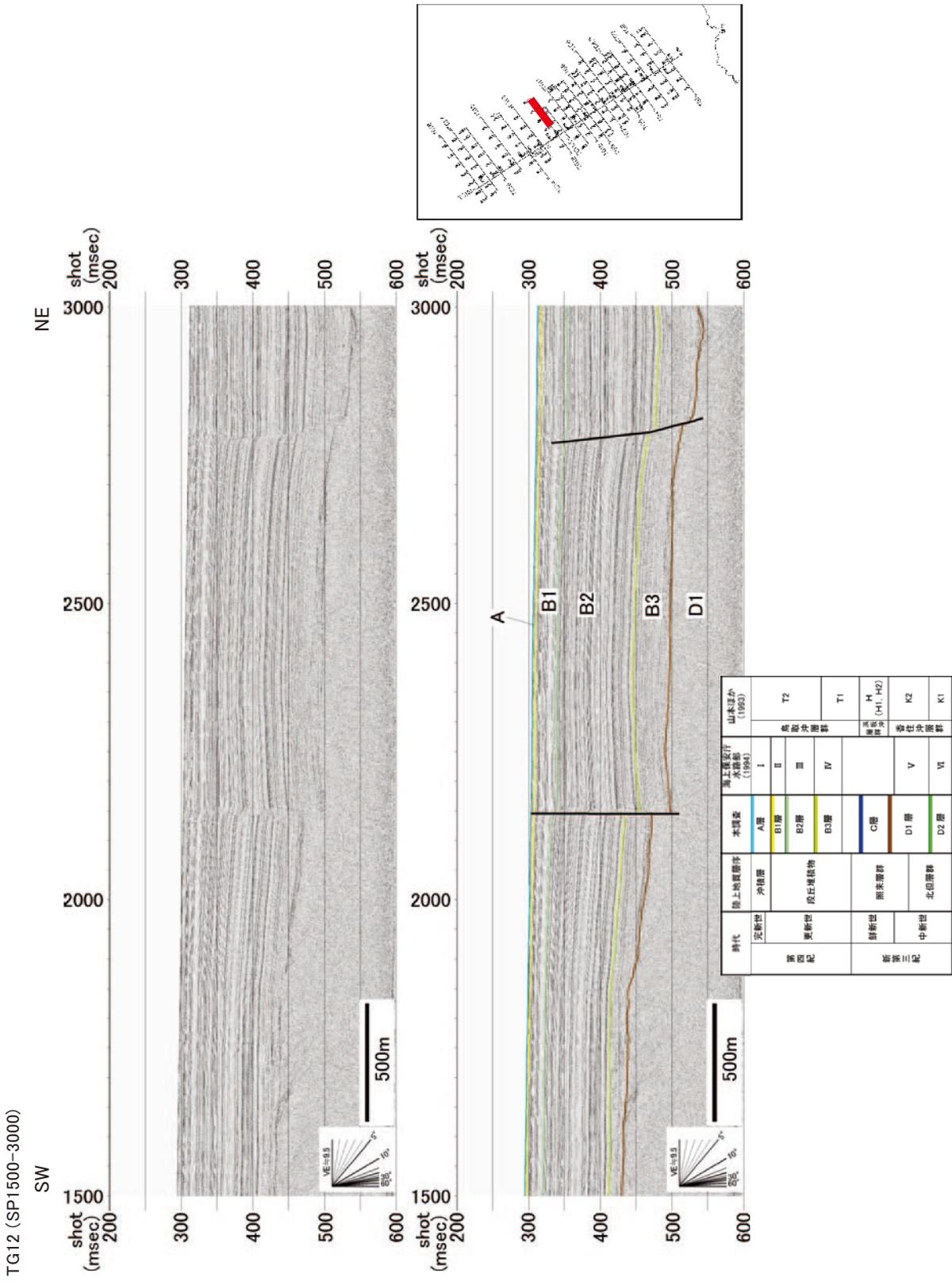
第15図(b). 高分解能音波探査記録(TG11測線SP1-1600). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 15 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG11 SP1-1600). Upper: Time section. Lower: Geological interpretation.



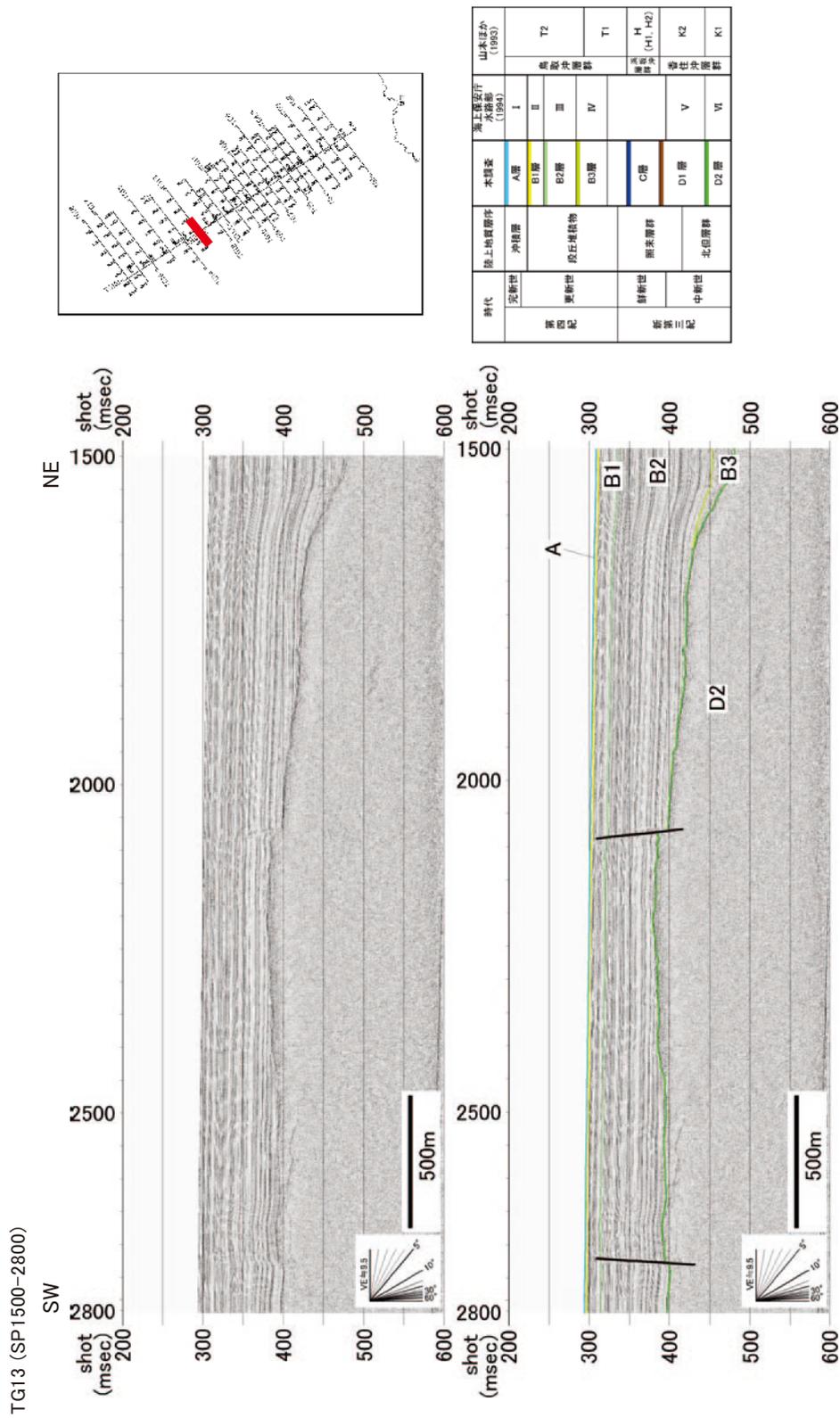
第 16 図. 高分解能音波探査記録 (TG11.5 測線 SP1-1700). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 16. High-resolution multichannel profile (Line TG11.5 SP1-1700). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



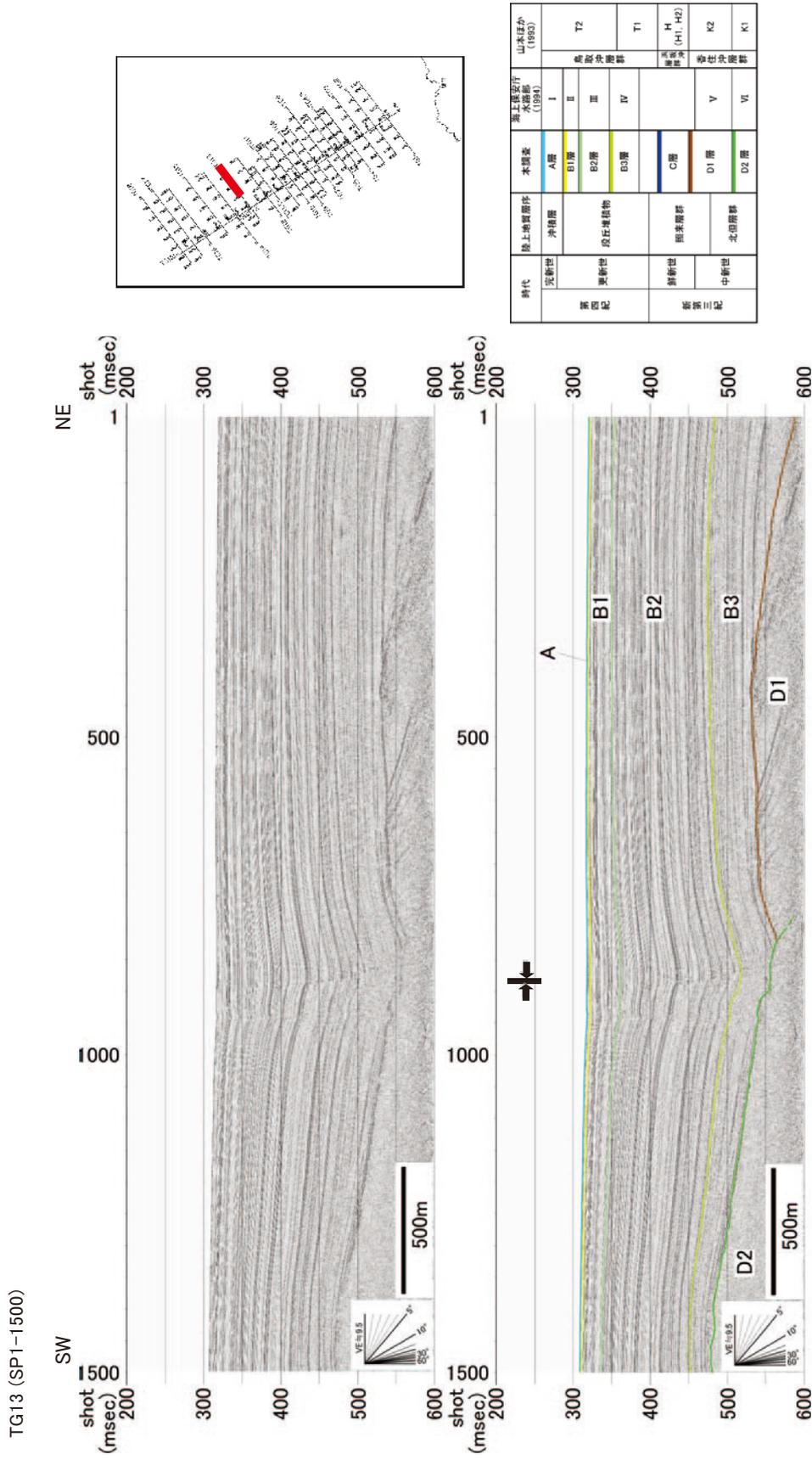
第 17 図 (a). 高分解能音波探査記録 (TG12 測線 SP1-1500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 17 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG12 SP1-1500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



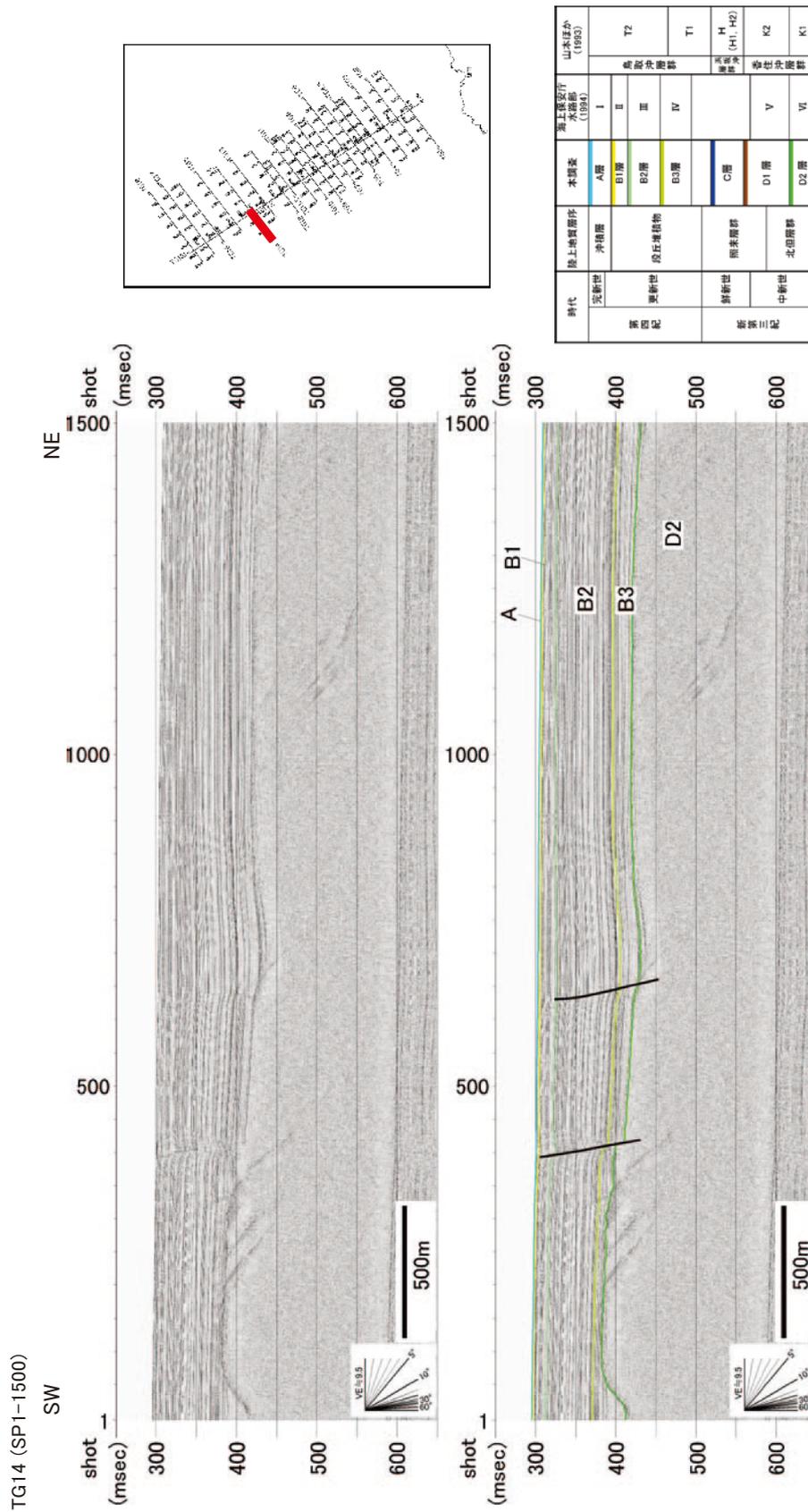
第17図(b). 高分解能音波探査記録 (TG12 測線 SP1500-3000). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 17 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG12 SP1500-3000). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



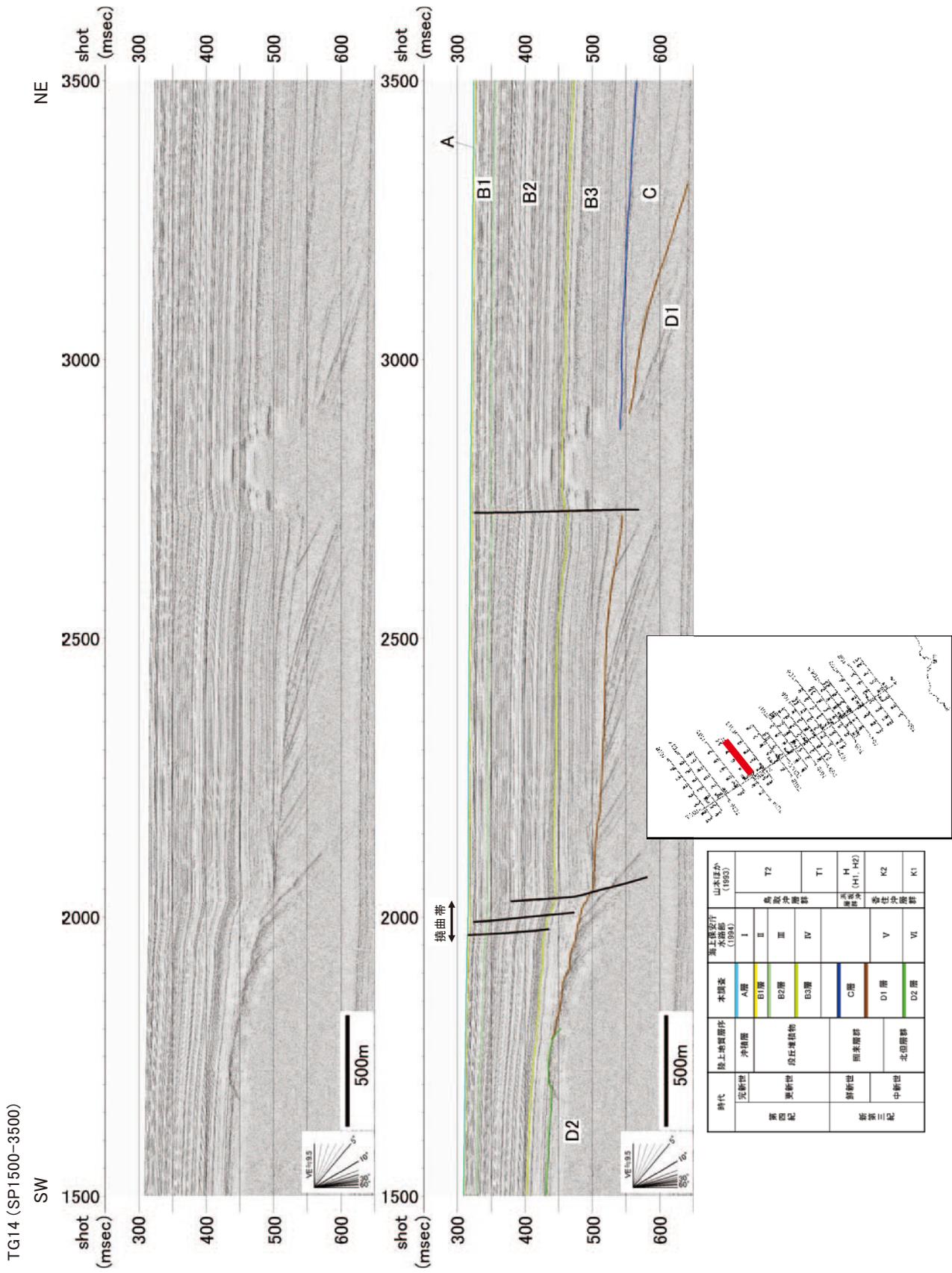
第18図(a). 高分解能音波探査記録 (TG13 測線 SP1500-2800). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 18 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG13 SP1500-2800). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



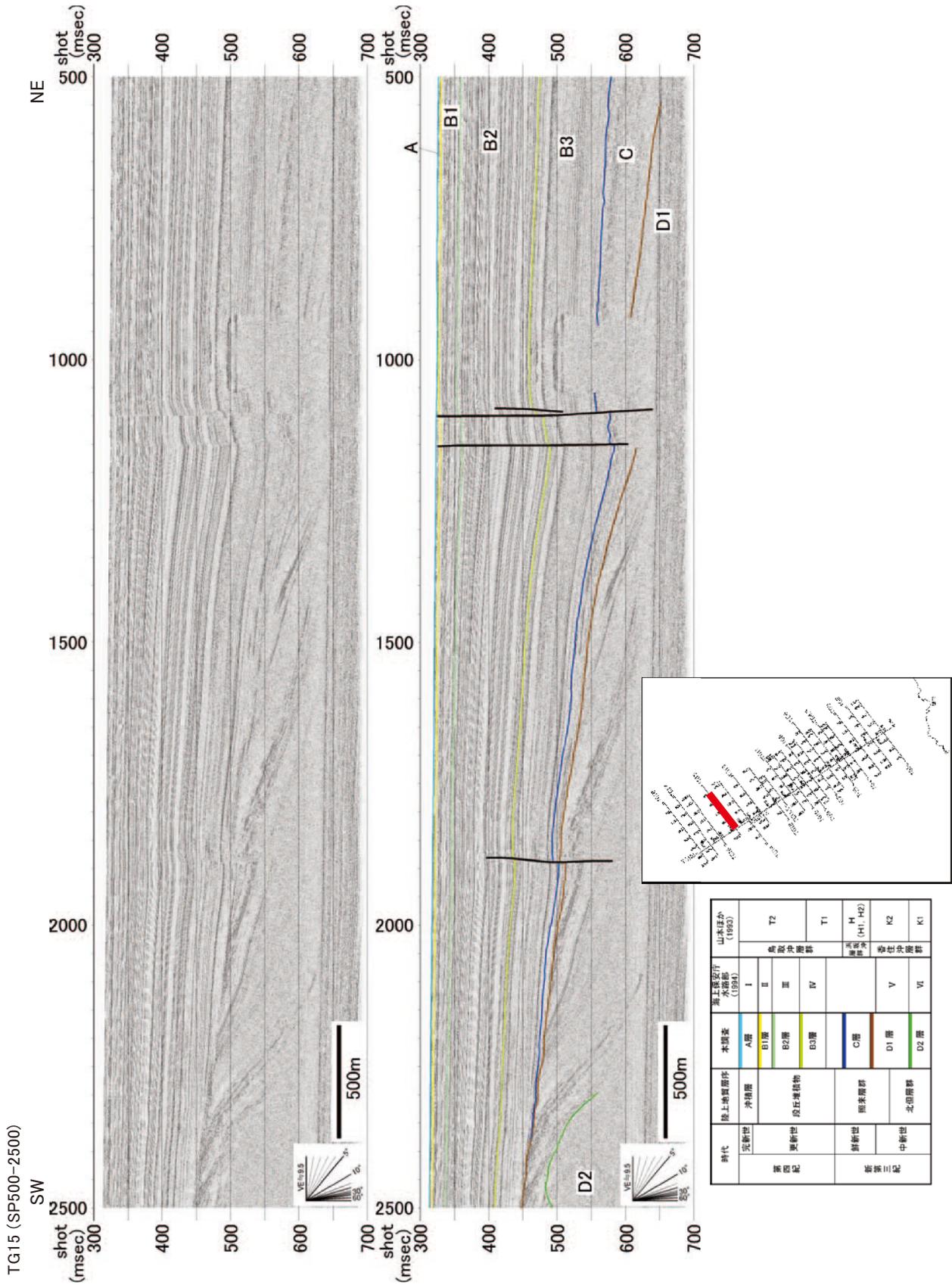
第 18 図 (b). 高分解能音波探査記録 (TG13 測線 SP1-1500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 18 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG13 SP1-1500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



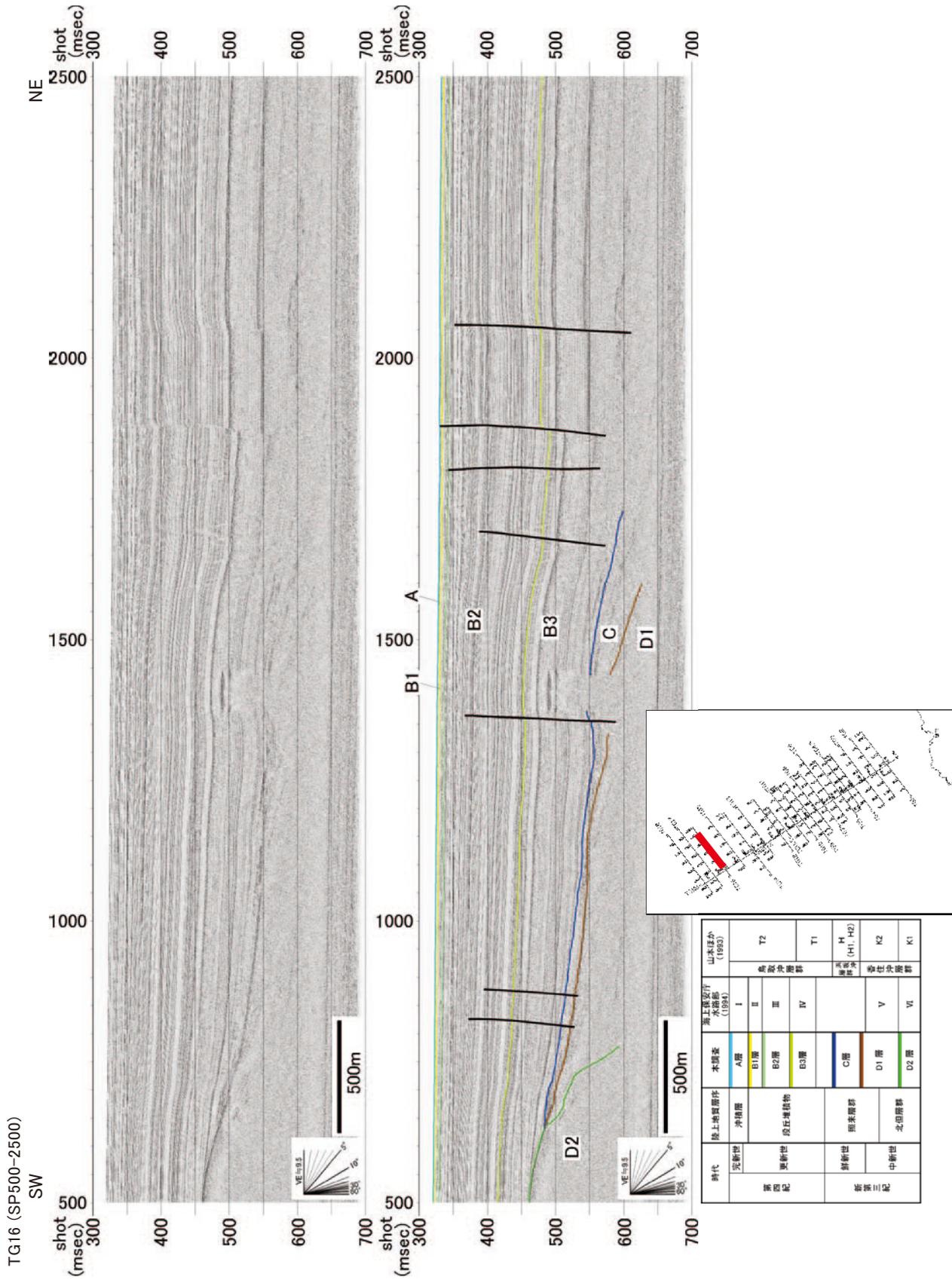
第19図 (a). 高分解能音波探査記録 (TG14 測線 SP1-1500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 19 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG14 SP1-1500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



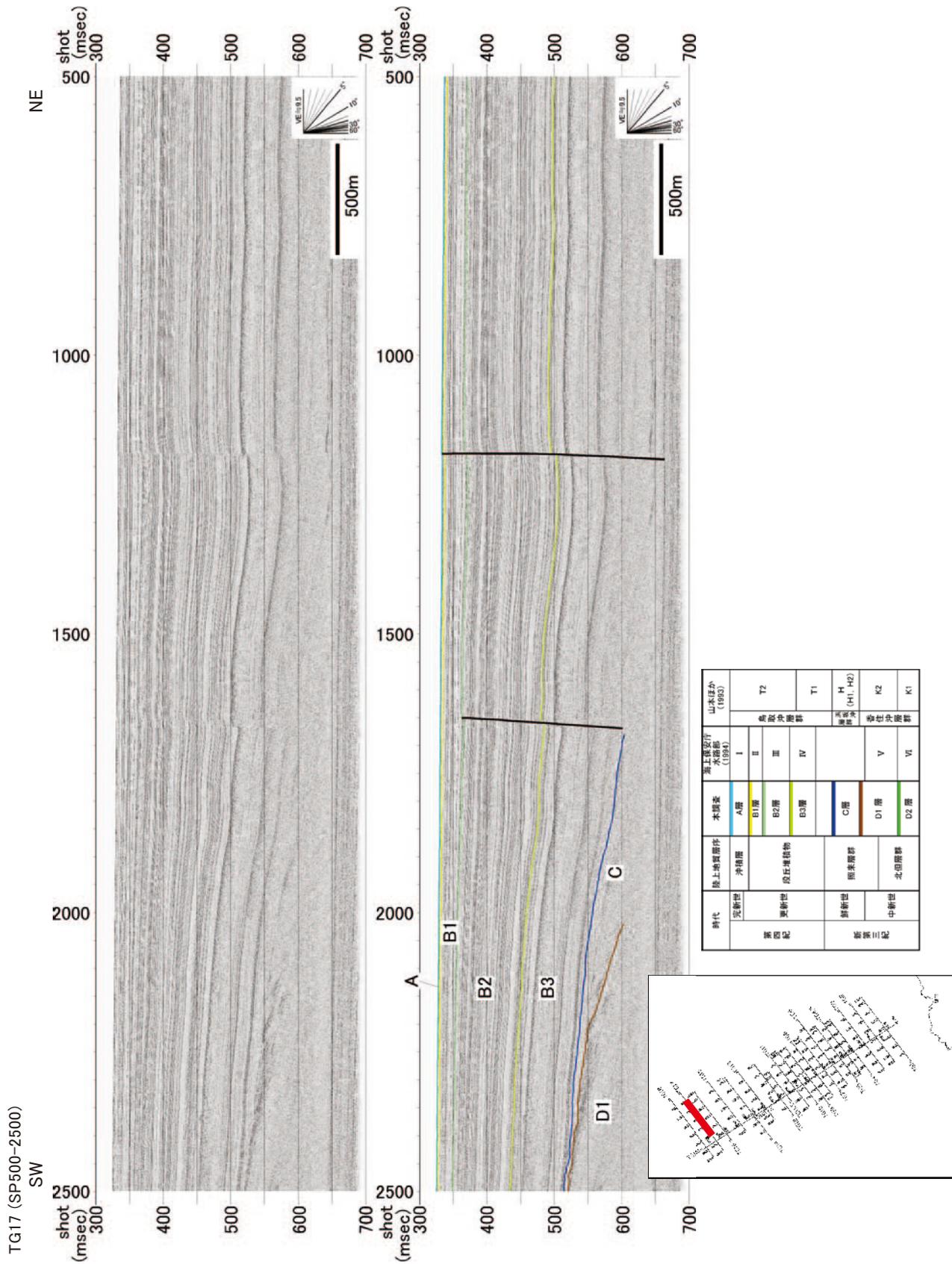
第19図(b). 高分解能音波探査記録 (TG14 測線 SP1500-3500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 19 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG14 SP1500-3500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



第20図. 高分解能音波探査記録 (TG15 測線 SP500-2500). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
 Fig. 20. High-resolution multichannel profile (Line TG15 SP500-2500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



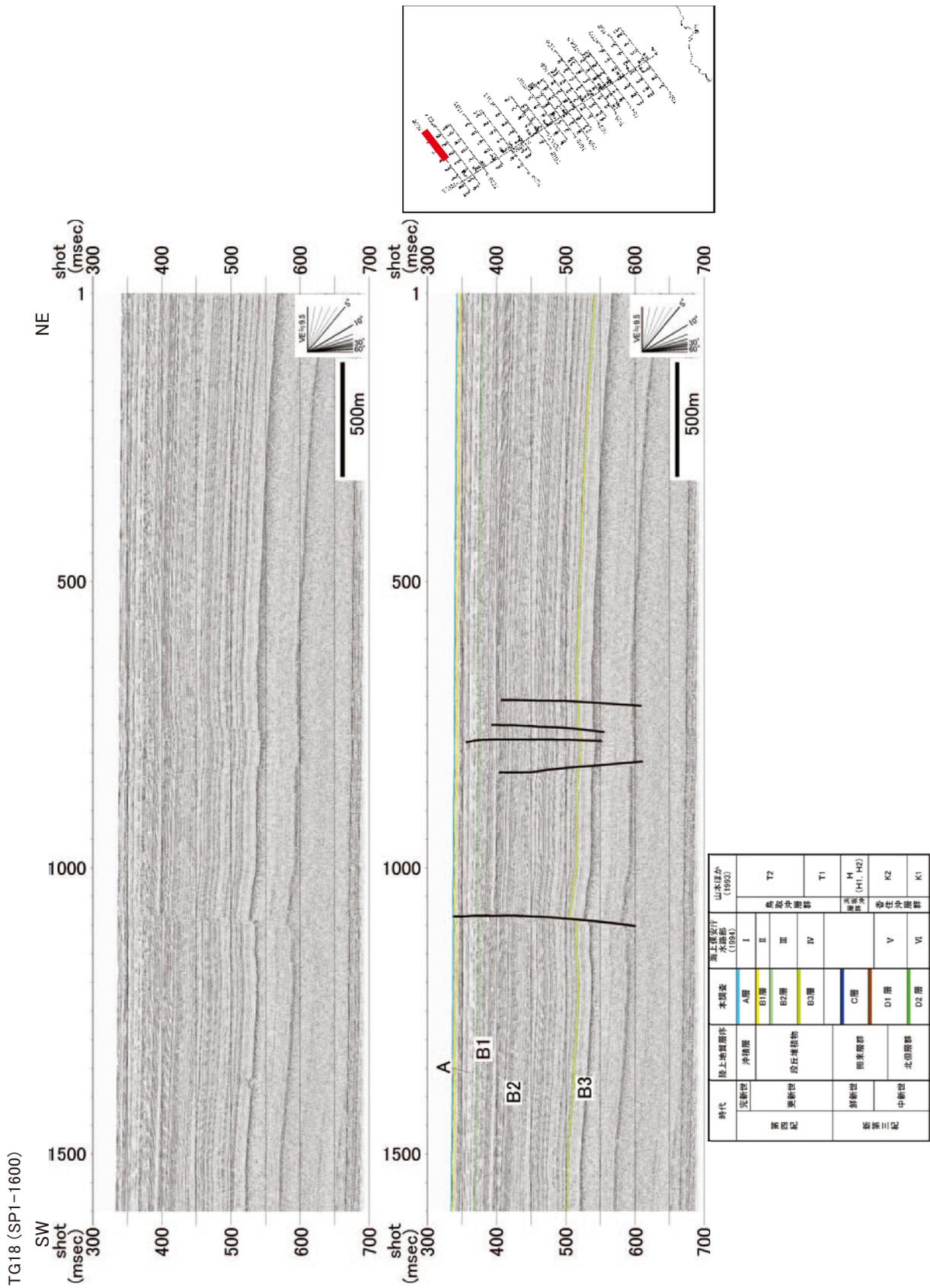
第 21 図. 高分解能音波探査記録 (TG16 測線 SP500-2500). 上段: 反射断面, 下段: 解積断面.
Fig. 21. High-resolution multichannel profile (Line TG16 SP500-2500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



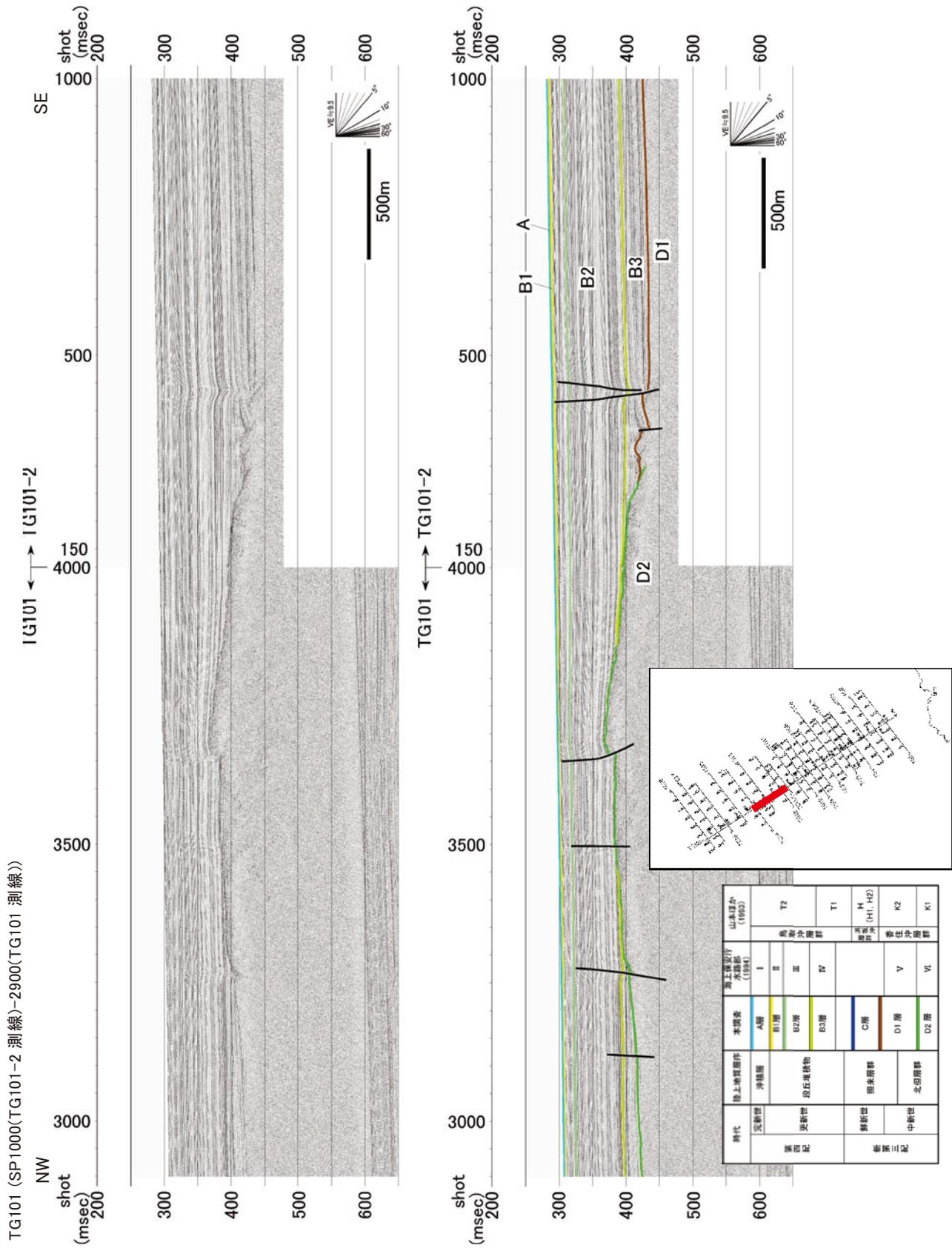
第 22 図．高分解能音波探査記録 (TG17 測線 SP500-2500)．上段：反射断面，下段：解釈断面。
Fig. 22. High-resolution multichannel profile (Line TG17 SP500-2500). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



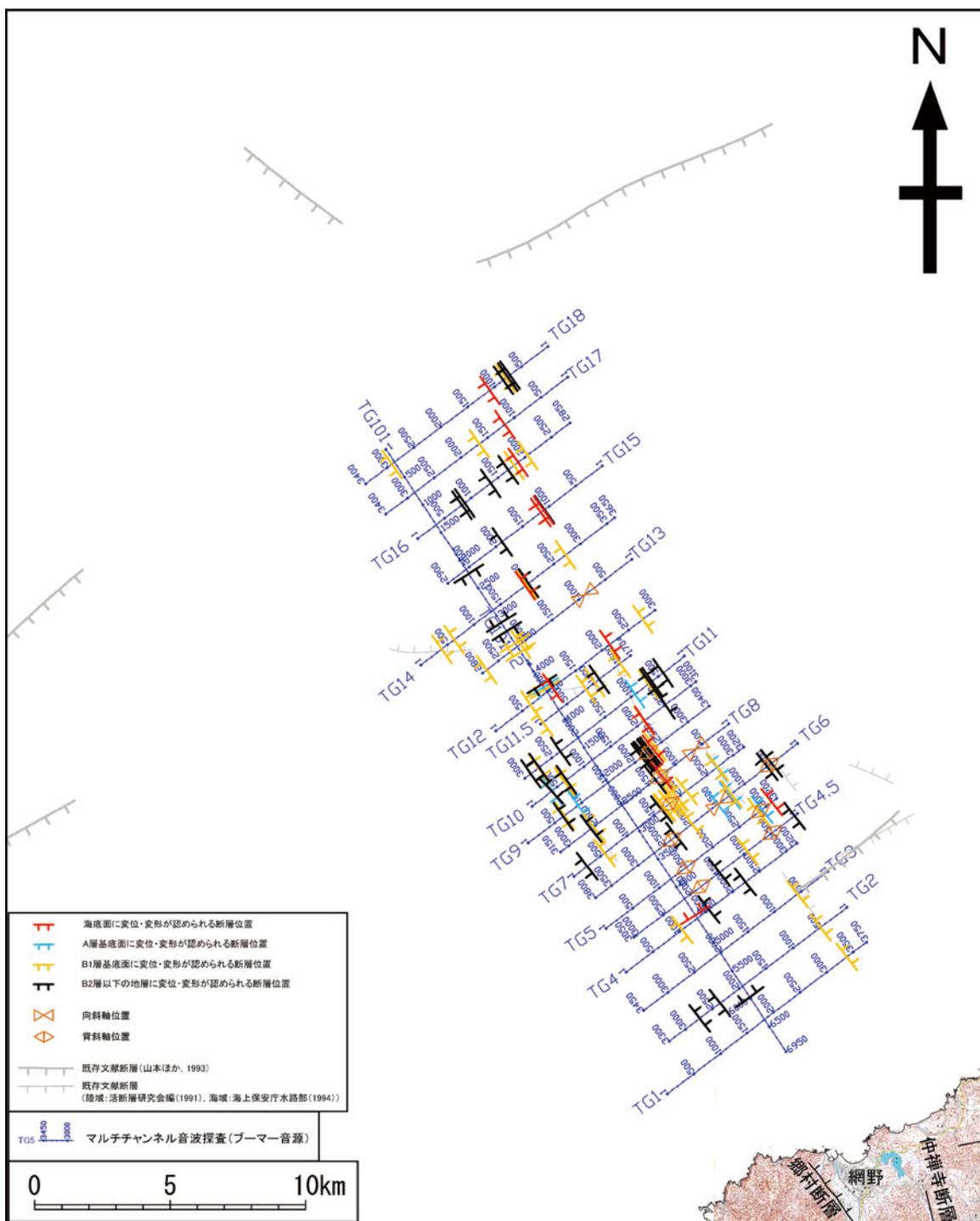
第23図(a). 高分解能音波探査記録 (TG18 測線 SP1600-3400). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 23 (a). High-resolution multichannel profile (Line TG18 SP1600-3400). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



第23図(b). 高分解能音波探査記録 (TG18 測線 SP1-1600). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 23 (b). High-resolution multichannel profile (Line TG18 SP1-1600). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



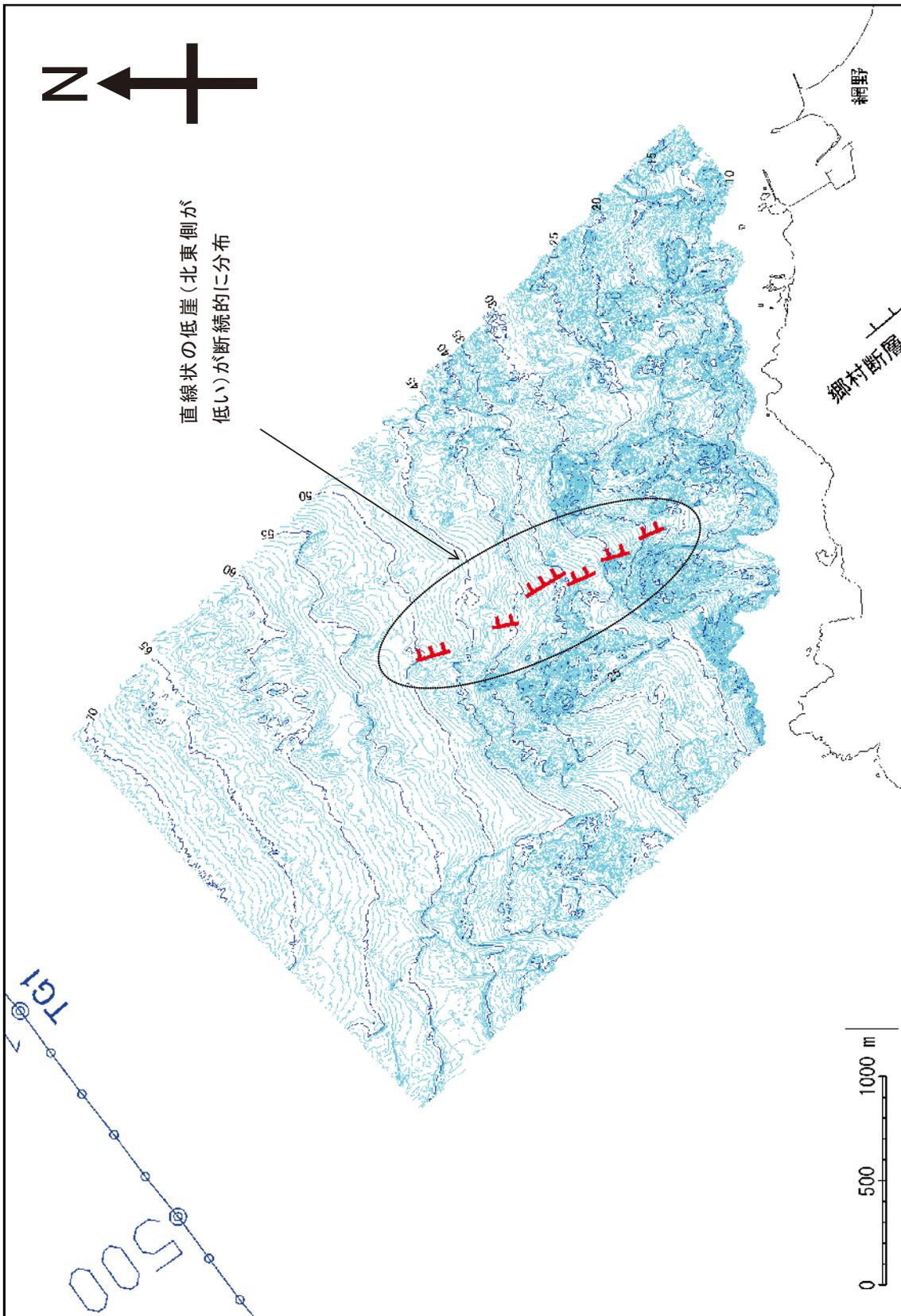
第24図. 高分解能音波探査記録 (TG101 測線). 上段: 反射断面, 下段: 解釈断面.
Fig. 24. High-resolution multichannel profile (Line TG101). Upper: Time section, Lower: Geological interpretation.



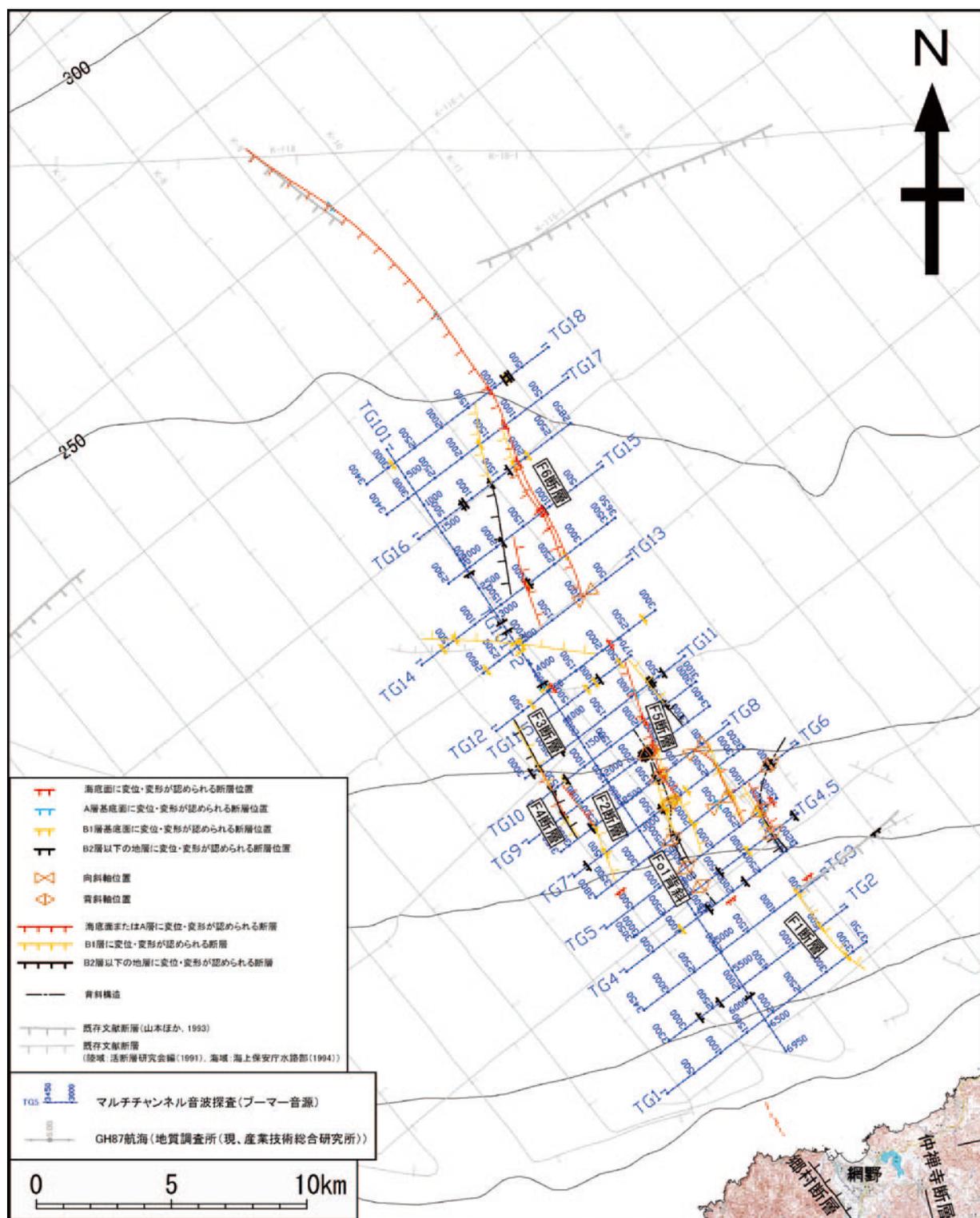
陸域の断層は活断層研究会編(1991)による

第 25 図. 郷村断層帯海域延長部の断層位置図.

Fig. 25. Fault location map in the offshore extension of the Gomura fault zone.

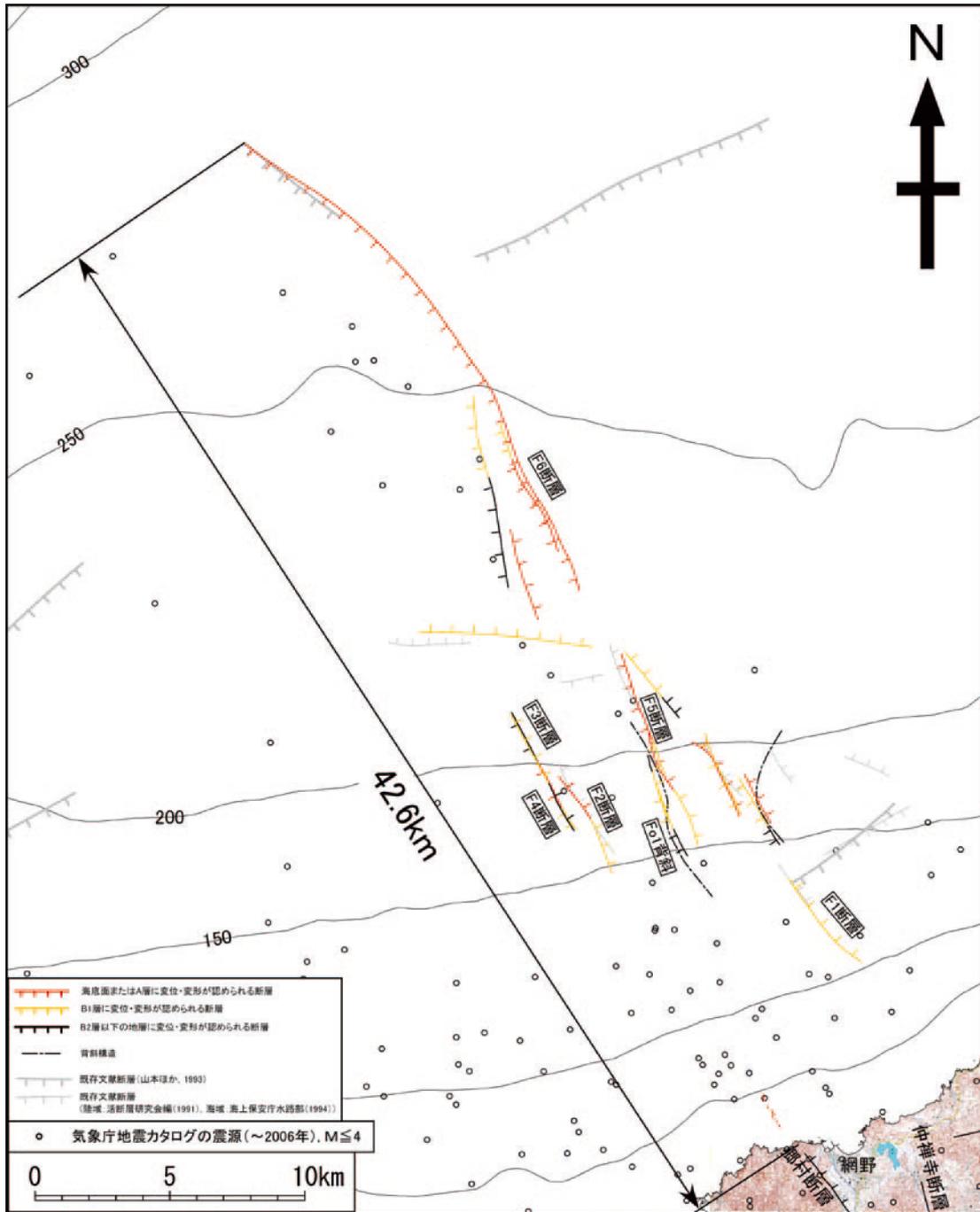


第 26 図. 郷村断層帯海域延長部の沿岸部海底地形図.
Fig. 26. Topography of the offshore extension of the Gomura fault zone in coastal area.



第 27 図. 郷村断層帯海域延長部の断層分布図.

Fig. 27. Fault distribution map of the offshore extension of the Gomura fault zone.



第 28 図. 郷村断層帯海域延長部における断層分布の特徴.

Fig. 28. Spatial distribution of faults in the offshore extension of the Gomura fault zone.