

函館平野西縁断層帯海域延長部の地下構造と活動性

Shallow structure and paleoseismic activity of the seaward extension of the active reverse fault zone along the western margin of the Hakodate Plain

椿原京子¹・内田康人²・村上文敏³・仁科健二²・大津直²・岡崎紀俊²

Kyoko Kagohara¹, Yasuhito Uchida², Fumitoshi Murakami³, Kenji Nishina²,
Sunao Ohtsu² and Noritoshi Okazaki²

¹ 活断層・地震研究センター, 現在 山口大学教育学部 (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center; Now at Faculty of Education, Yamaguchi University, k-kago@yamaguchi-u.ac.jp)

² 北海道立総合研究機構地質研究所 (Geological Survey of Hokkaido, Hokkaido Research Organization)

³ 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center)

Abstract: The Hakodate-heiya-seien Fault Zone, an active reverse fault system along the western margin of the Hakodate Plain, mainly consists of the Oshima-Ono and Tomikawa Faults. We have conducted an integrated survey in Hakodate Bay, as a part of the 2011 offshore active fault survey project funded by MEXT, in order to clarify the distribution and paleoseismicity of the southern extension of the fault zone. The survey comprises high-resolution multichannel sonic survey, ultra-high-resolution single-channel sonic survey and paleoseismological vibrocoreing. Seismic profiles show that a main active structure in Hakodate Bay is an N-S-trending flexure indicating west-side-up motion. Along the flexure, the Holocene and upper Pleistocene strata unconformably overlie the steeply dipping lower Pleistocene strata. This flexure is identified as a seaward extension of the Tomikawa Fault, and can be divided into three geometrical segments based on the trace of the flexure and its spatial change in deformation pattern. The length of the seaward extension of the fault zone is about 12-13 km, and the overall length attains about 26 km. Precise interpretation of the sonic profiles tied with core analysis has revealed that some of internal reflectors within the top Holocene layer are involved in flexure deformation. Therefore, it is concluded that the latest flexure deformation event occurred in the Holocene epoch. The vertical separation of the top layer due to flexure deformation is approximately 3 m, and the average vertical slip rate is estimated to be about 0.3 m/ky at the maximum.

キーワード: 函館湾, 函館平野西縁断層帯, 沿岸海域活断層, 音波探査データ, 採泥調査, 古地震活動

Keywords: Hakodate Bay, Hakodate-heiya-seien Fault Zone, offshore active fault, high-resolution sonic survey, coring, Paleoseismicity

1. はじめに

函館平野西縁断層帯は北海道南西部・松前半島に発達する南北性の逆断層帯である(活断層研究会, 1991; 太田ほか, 1994; 第1図)。本断層帯は, 主に2条の活断層とそれらの副次断層からなり, 上磯山地と函館平野を画す。断層帯東側の活断層は渡島大野断層, 西側の活断層は富川断層と呼ばれ, いずれも西側隆起の逆断層である。内田ほか(1997), 北海道(1999), 平川ほか(2000), 海上保安庁水路部(2000)などの既存調査をとりまとめた2001年度の長期評価(地震調査研究推進本部, 2001)では, 本断層帯は陸域と海域をまたいで分布し, その南端は葛登支岬の南東方沖であるとされた。しかし, その後に公開された電源開発株式会社(2007)では, 上記南端よりもさらに南方や, 東西方向に延びる背斜・断層構造

が報告され, これら函館湾の活断層の分布と活動性を明らかにすることが, 函館平野西縁断層帯の評価の課題として残る。また, 函館湾沿岸, 特に上磯山地南縁(富川~木古内)には隆起海成段丘や木古内の低地に分布する逆向き断層崖(森越断層)が知られている(宮内・八木, 1984; 活断層研究会, 1991など)。しかし, このような変動地形に見合う規模の活構造については明らかではない。そこで文部科学省の「沿岸海域における活断層調査」の一環として, 函館湾内およびその南方・西方海域を対象に, 断層の南端延長域の特定に加えて, 隆起海成段丘の分布域ならびに森越断層の沖合における活断層の分布と, それらの過去の活動に関する情報を取得することを目的とした活断層調査を実施した。本報告では, 調査の概要と成果について紹介する。

2. 調査内容

本調査では、特性のことなる2種類の音波探査を行い、その後、音波探査断面で完新統に系統的な層厚変化が認められた場所で、パイプロコアラを用いた柱状採泥を行った。また、陸上の調査として、サラキ岬に分布する低位の海成段丘のピット掘削調査を実施した。以下に各調査手法および調査概要について記述する。

1) マルチチャンネル音波探査

マルチチャンネル音波探査は、海底下数100m程度の地質構造を明らかにすることを目的とした。第1表に使用した装置及び探査仕様の概要を示す。音源にはブーマー（Applied Acoustic Engineering社製AA300型）、受信器には12chのストリーマケーブル（総合地質調査（株）製）を使用した（以下、これらの装置を用いた音波探査をブーマー探査と称す）。これらの機器は船尾から約25m後方で曳航した。発振間隔は1.25mとした。ストリーマケーブルで受信した反射信号は0.1msec間隔でA/D変換し、記録長0.6secのSEGY形式で記録した。船位測定にはDGPS（Trimble社製DSM232）を使用し、125m毎に測位点（イベント点）を挿入し音波探査データと測位座標を対応付けた。計画測線は、既存資料による活断層の一般走向と変形構造の特徴に基づき決めた。それらは断層の一般走向に直交する19測線と、それらに対比するために断層の一般走向に沿った6測線であり、実測したのは209.6kmである（第2図）。探査期間は平成23年8月18日～平成23年8月30日である。取得したデータは反射探査データ処理ソフトSPW（Parallel Geoscience社製）を用いて、振幅補償、帯域周波数通過フィルター、デコンボリューションを含む一般的なCMP重合法により処理を行った。反射記録の深度変換に際しては、水中及び浅層堆積物中での音波速度をいずれも1,500m/secと仮定した。

2) 高分解能地層探査

高分解能地層探査は、海底下数10mの地質構造を高解像度で示し、採泥コアと対応させることを目的とした。第2表に使用した装置と探査仕様の概要を示す。本調査で用いたパラメトリック音響技術を採用したSES2000地層探査システムでは、精密測深と地層探査を同時に実施することが可能であり、さらに従来の浅海用音波探査システムよりも細いビームであるため、トランスデューサー直下の探査が可能である。また動揺補正装置（ダイナミックモーションセンサー）を用いて波浪による船の動揺（ヒープ）補正を行うことで、明瞭な記録を取得することができる（以下、これらの装置を用いた音波探査をSES探査と称す）。計画測線は、ブーマー探査測線よりも

密に配置した。それらは断層の一般走向に直交する東西方向の32測線と、反射断面のクロスチェックのため断層の一般走向に沿って設定した南北方向の6測線であり、実測したのは約128kmである（第3図）。探査期間は、平成23年9月10日～平成23年9月16日である。反射記録の深度変換に際しては、水中及び浅層堆積物中での音波速度をいずれも1,500m/secと仮定した。

3) 海底堆積物調査

音波探査で確認された地層の変形が生じた時期を決定するため、表層堆積物の柱状採泥を行った。調査域の底質が砂質堆積物と予想されるため、パイプロコアラを用いた。パイプロコアラの外部ステンレス鋼管は外径が89mmで、これに塩化ビニルの内径75mmのインナーチューブを挿入し、重錘を積載して海底面に投入後、電動式の振動を与えて海底下へ差し込んだ。第3表および第3図に柱状採泥実施地点を示す。柱状採泥実施地点の選定は、音波探査記録上に明瞭な撓曲変形が認められ、完新統の堆積物が厚く堆積している矢不來から茂辺地にかけての前面海域を第一候補とした。しかし、同海域は養殖施設・定置網の近傍にあたり作業船の進入が困難となった。そのため、漁業施設に影響を及ぼさない領域で最も断層に近いGSH_5およびGSH_6測線上の撓曲近傍と、比較のためにGSH_4測線上を実施地点とした。海底堆積物調査は平成23年10月8日～平成23年10月13日にかけて実施した。地点数はNo.1～10の10地点で、計12試料、総採泥長16mのコアを採取した。このうち2試料は、データ品質の観点から観察・分析に用いなかった。

採取したコア試料は、船上でインナーチューブを1m毎に切断し、ゴム製のコアキャップで両端を密封した後、ビニールフィルムで包み試料の乾燥を防いだ。なお、室内作業では、最初に半割作業を行い、アーカイブ（保存）コアとワーキング（作業）コアに分けた。アーカイブコアでは観察・写真撮影を実施し、再び密封して保管した。ワーキングコアに対しては帯磁率測定及び放射性炭素同位体年代測定（植物片、貝殻等）を実施した。なお、全コアにおいて年代決定に用いることが可能な火山灰試料が含まれていなかったため、火山灰分析は実施していない。

4) 海成段丘調査

海成段丘の隆起時期を明らかにすることを目的に、サラキ岬の海成段丘について空中写真判読および地形断面測量と地質調査、ピット掘削を行った。第4表および第4図に地形断面位置とピット掘削地点を示す。空中写真は、米軍撮影M1153-17および18（4倍部分拡大）、CHO-76-21-C3B11および12、山-636C 18-29および30を使用した。地形断面測量は2周波GPSおよび光波測距儀を用いて海岸線と

直交する方向で行った。ピット掘削で得られた試料は放射性炭素同位体年代測定を実施した。

3. 調査海域の海底地形と底質

第5図に調査海域の海底地形図を示す。函館湾は函館山と上磯山地の間に位置し、南側に開き、津軽海峡に面している。湾奥には弓状に延びる砂浜海岸が広がる。一方、その南西側には、大きく半円（弧）状に南東側に張り出した岩石海岸と、ほぼ南北に直線上に発達する砂浜海岸が分布する。

函館湾は湾奥～湾口部では、水深5mの等深線が海岸線から数100m～1km沖合に分布する。また、水深10m～30mにかけてはやや緩傾斜であり、それ以深の水深30m～60mは急深となる。

湾の外にあたる葛登支岬以南～木古内沖では、水深5mの等深線は出入りに富み、ほぼ波食棚の分布範囲と一致するが、波食棚の分布域を除けば、海底地形は緩急もなく、ほぼ一様に水深60mまで低下しているが、その傾斜は湾部や後述の木古内～知内沖のそれらよりも急である。葛登支岬～木古内沖に分布する波食棚には木古内層や茂辺地川層が参加する褶曲構造がそのまま表現されており、砂泥互層が組織地形として表れている。波食棚より沖合には粗粒砂～細粒砂が分布し、茂辺地川をはじめとする河川の海域延長部には礫が陸域の谷底とほぼ同じ幅で分布しており、河川水の流れが作用する範囲を示唆する（第6図）。

木古内から知内沖では、波食棚の分布はみられず、南北方向の直線的な海岸線が発達している。海岸線付近から水深10mまでは急激に深くなる特徴があり、その沖合10kmの範囲は緩傾斜面が広がり、南南西から北北東へ延びる凹凸が発達している。また、大鼻岬沖～矢越岬沖の水深70m～100mにかけては、幅3～5kmの傾斜帯となっており（第5図のハッチ部分）鉤状の分布を示す。

4. 音響層序

本調査海域で得られた反射断面の音響層序は、不整合、内部反射構造等の音響的層相から上位より大きくA層、B層、C層、D層の4層に区分され、それらを陸域の地質層序と対比した（第5表）。A層は、音響的に透明層であり、最上部を構成する。SES断面では、A層内に海底面とほぼ平行な弱い内部反射面が局所的に認められる。B層は、平行～やや波状の強反射面層を上部に持ち、函館湾内ではA層の下位に、津軽海峡側では海底に露出する。また、層内の軽微な不整合面により上位からB0、B1、B2、B3層に細分される。B1層はやや起伏に富んだ上面を持ち、その谷を層状の内部反射をもつB0層が埋積する。

森下ほか（2002）、電源開発（株）（2007）の層序区分においては、上記のA層およびB0層を含め完

新統と推定しているものの、後述するとおり本調査における柱状採泥結果からA層の基底をなす強反射面が最終氷期以降の海水準上昇期に形成された侵食面（ラビンメント面）と考えられることから、本調査においてはこれより上位のA層を完新統、B0層より下位を上部更新統と区分した。

沿岸部のB1層およびB2層は湾内では平行な反射面で特徴付けられ、沖合になるとフォアセット状の堆積形態が発達する。B3層は比較的広範囲にフォアセット状の堆積形態を有し、B2層とは明瞭な不整合面で区分される。C層は間隔の狭い平行層理が卓越する層で、強反射面とその間の振幅の小さな反射面群との繰り返しが発達する。また、沖合でシーケンス境界あるいは断層による反射面の不連続が認められることがある。D層は平行層理が卓越する層であるが、反射面群の振幅はほぼ一様である。また、海底の露岩域を広く構成する。C層は陸域の富川層、D層は茂辺地川層にそれぞれ対比される。

なお、津軽海峡を挟んだ対岸の大間海脚・平館海峡付近では柱状採泥試料中のナンノ化石および珪藻化石分析結果から、C層相当層は下部更新～鮮新統に、D層相当層は鮮新統に対比されている（電源開発（株）、2007）。また、B1層相当層内には十和田ビスケット1火山灰（To-BP1；32ka以前；町田・新井、2003）、阿蘇4火山灰（Aso-4；85～90ka；町田・新井、2003）、十和田カステラ火山灰（To-CP）が産出することから上部更新統に対比され、B1層とC層の間の層準（B2層及びB3層相当層準）は中部更新統とされている（電源開発（株）、2007）。

5. 音波探査からみた海底下の地質構造

本章では、調査海域を3つに区分し、北から順に代表的な断面を用いて、その特徴を詳述する。その際、平面位置は断面上部に示されたイベント番号（Ev.）を用いて記述し、断面において変形が認められた場所を第7図および第8図に示す。また、SES探査測線の名称については、ブーマー探査と共通した測線にはGSH_を、SES探査独自の測線にはSES_を冠した。

5.1 七重浜～茂辺地沖

この地域は函館湾の湾奥部にあたり、陸域には北北西～南南東方向に富川断層とバックスラストが分布する（第7図、第8図）。測線は、渡島大野断層および富川断層の海域延長の有無の確認のため、できるだけ岸寄りを通るように配置した。

GSH_1（第9図）は七重浜の沖の東西断面である。SES断面では、海底地形とA層内の反射面が捉えられている。A層は本測線全域に分布し、その厚さは測線東端で最も厚く約5mに達し、測線中央付近より西側のEv.9～10間では1m程度と薄くなる。A層

の内部反射面には、Ev.6付近に東下がりの局所的な変形がみられる。しかし、B1層上面は凹凸した侵食面の様相を呈し、確認される範囲では、やや東に下がっている。ブーマー断面では、B2層上面が、Ev.7.5付近で東方へ下がる構造が捉えられているが、それ以上の構造は、判読できない。

SES_1 (第10図)は、GSH_1より約0.6km南の東西断面である。Ev.4~5の水深10m付近の海底面に突起状の起伏が存在し、これを境に沖側に向かって海底面の傾斜が増し、A層が分布する。A層内部の反射面はGSH_1(第9図)ほど明瞭ではないが、Ev.7付近より沖側で確認される。測線東側のEv.2~3間でA層下部の反射面および基底面に東下がりの局所的な急斜面がみられる。類似の特徴はSES_1よりもさらに南を通るSES_2(第10図)でも認められ、A層の層厚も測線中央東寄りのEv.10付近までは1~2m程度と薄い、沖に向かって次第に厚さを増し、測線東端では約4mに達している。また、Ev.4~5の水深10m付近を境に、以浅ではより下位のC層が海底面に露出し、起伏に富む海底地形を形成し、以深では平坦な海底地形になる。

GSH_1-3(第11図)は、海岸線に沿って富川から茂辺地に至る断面である。ブーマー断面では海底面は水深10m以浅にあり、Ev.17より南側で、やや深くなる。D層はEv.19より南南西側で認められ褶曲する。その背斜軸はEv.23付近に、向斜軸はEv.30付近にある。C層はD層の北北東側翼部(Ev.19~16.5)に認められ、北北東に傾斜する。C層上面はEv.15より南南西側では傾斜し、その北北東側ではほぼ水平になる。その構造からD層と同時期に褶曲したと考えられる。D層およびC層は褶曲後、侵食によって平坦化され、海底に露出する。Ev.16.5より北北東側には、B2層、B1層、A層が分布する。各層内の反射面は概ね水平であるが、Ev.15付近より南南西側では上方に折れ曲がり、薄化も認められる。Ev.15付近は、富川断層の走向をそのまま海域へ延長した場所にあたることから、B2層~A層に認められた構造が富川断層海域延長部の活動に伴った変形であると推定される。以下、この活構造をF1断層と称する。また、SES断面(第11図)では断面中央に海底面の突起があり、海底面が起伏に富んだ地形であることが鮮明に捉えられている。また、海底と多重反射面との間にはブーマー断面で述べたC層、D層の褶曲構造が確認される。

GSH_2(第12図)はSES_2測線よりも約0.5km南を通る東西断面である。SES断面では、測線西端のEv.17付近にはC層とみられる東に傾斜した内部反射面が認められ、それより沖側の水深10m以浅では、Ev.14~13間までB1層が海底に露出し、起伏に富む海底面を形成する。水深10m、Ev.14~13以深では記録上にごく薄くA層が確認される。A層基底の東下がりの急斜面はEv.9~8とEv.11~9において

認められる。急斜面の東側(低下側)でA層の層厚は急に厚くなり東端では約4mに達する。ブーマー断面では、Ev.31以西で東へ急傾斜するC層が認められる。Ev.30~27はリンキングノイズで、有効な反射面をなぞることが困難であるが、それ以东では起伏に富んだB1層上面をほぼ水平にA層が覆っている様子が捉えられており、GSH_1-3(第11図)との比較から、この間にF1断層が推定される。

GSH_2.5(第13図)は矢不來沖の東西断面である。海底面は沖合に向かって約7~25mと徐々に深くなるが、C層の海底への露出域では、砂泥互層を反映した起伏が発達する。SES断面では、測線西部にA層は存在せず、Ev.16付近には、傾斜した連続的な内部反射面を示すC層が海底面付近まで認められる。Ev.15~14にかけてはC層に褶曲構造を示唆する反射面が確認される。Ev.12~11よりも東側にはA層が分布し、A層基底面はこの付近で西上がりに傾斜を増し、崖状の形態を示しつつ海底面に達している。A層基底面より下層には、Ev.11~8間と6~5間にチャンネル状地形が確認される。ブーマー断面では、断面西端からEv.5.5にかけて、C層内に東方へ傾斜する反射面群が認められ、一部に褶曲構造が発達している様子が捉えられている。東方への傾斜は、下位のD層より上位のC層の方が急傾斜である。この褶曲構造はSES断面で確認されたものである。さらに、Ev.1~15.5の深度20~45mには、概して沖合からほぼ水平に堆積してみえる反射面群(下位よりB2層、B1層、A層)が、Ev.15付近で急激に上方へ折れ曲がり、層厚が上方に向かって薄化している様子も認められる。

SES_6(第14図)測線の反射断面は北側のGSH_2.5(第13図)と同様の傾向をもち、測線西側にはA層は存在せず、Ev.10~11間までにはC層が海底面付近まで認められる。これよりも東側にはA層が分布し、A層基底面はこの付近で西上がりに傾斜を増し、崖状の形態を示しつつ海底面に達している。A層基底面より下層には、Ev.12~15間と19~22間にチャンネル内部を埋積する弱い縞状の反射パターンを示すB0層が確認される。この特徴は前述のF1断層の活動に伴った変形と類似しており、Ev.15付近にF1断層が通ると推定される。

GSH_3-3(第15図)は、茂辺地川沖合に位置し、ブーマー探査においてGSH_3およびGSH_3-2測線の記録が不鮮明であったために、撓曲周辺を西北西方向の直線上で再測した断面である。水深は約10~35mと東へ向かって深くなるが、その傾斜は、ブーマー断面のEv.7以东で急になる。また、D層およびC層の海底露出域の地形は起伏に富む。断面西端からEv.5にかけては、西方へ傾斜する反射面群が認められ、一部で褶曲する。B2層、B1層、A層はEv.5より東方に分布し、いずれもEv.4付近を向斜軸とする変形が認められる。また、これらは西方に向かって

薄化しており、各層の内部反射からはC層東翼に対してアバットとするものとオンラップするものとが混在している様子が捉えられている。SES断面ではEv.4付近においてA層基底面は西上がりの崖状地形を示す。B1層上部はほぼ平坦であるが、下部の反射面は西側（陸側）に傾斜する様子が捉えられている。このことは、B2層、B1層、A層に認められた向斜構造がF1断層の活動に伴って形成された構造であることを支持する。

SES_7（第14図）はGSH_3-2の約1.5km南の東西断面である。断面西部のEv.2付近では、A層基底面が西上がりの崖状地形を示し、海底面にも比高約6~7mの段差が生じている。A層はこの崖状地形の東側に分布し、内部は音響的な透明層であり、大部分の場所で明瞭な内部反射面は認められない。A層基底面は東側へ緩く傾斜し、Ev.10.5付近に傾斜変換点が存在し、それ以东ではほぼ水平になる。

以上のように、七重浜~茂辺地沖では、東へ傾斜するC層とほぼ水平~緩傾斜で覆うA層・B層の境界付近に撓曲構造が形成されていることが分かった。また、A層およびB層の厚さは撓曲基底から撓曲上部に向かって薄くなる特徴を持っており、SES断面からはGSH_2.5測線のEv.11~8（第13図）、およびSES_6測線のEv.12付近（第14図）のチャンネル内部のB0層内にみられる平行な縞状の反射面がこの付近で西上がりになっていることも分かった。SES探査と同一測線のブーマー断面であるGSH_2.5（第13図）やGSH_3-3（第15図）上でも、この崖状地形付近の海底下約20~40mに東傾斜の反射面が確認されており、A層基底面の撓みはF1断層の活動に起因した西上がりの隆起運動によって形成されたと推察される。

F1断層は、陸域の富川断層南端から北北西-南南東の分布を示す（第7図）。一方、渡島大野断層の海域延長部で行った探査（GSH_1, SES_1, GSH_2）ではSES断面を中心にA層基底に局所的な急斜面（東傾斜）が認められたが、ブーマー断面には下位のB層に断層に起因すると思われる変形・変位が確認されなかった。また、その出現位置は、渡島大野断層の南端とされる位置から東へ3km以上も離れている。以上のことから、A層基底の急斜面は構造的な変形ではなく、侵食によって形成されたものであり、渡島大野断層は海域へは延長していないと推察される。

5.2 茂辺地~サラキ岬沖

この地域の陸域には、ほぼ南北方向の逆向き断層崖をなす茂辺地断層（活断層研究会, 1991）と亀川に沿った南西落ちの断層が分布する（第7図, 第8図）。茂辺地断層は宮内・八木（1984）のf2断層に相当し、亀川沿いの断層は大釜谷川断層（秦・垣見, 1979）から分岐するような形態をとり、宮内・八木（1984）

のf3断層に相当する。以下ではf3断層を亀川断層と称す。音波探査は、前述のF1断層南端を追跡すること、茂辺地断層や亀川断層の沖合に関連する活構造が存在するのかを確かめるため、できるだけ岸寄りを通るような測線と東西測線を密に配置した。

GSH_4（第16図）は葛登支岬の東方沖の東西断面である。海底面は断面西端から緩やかに深くなっているが、SES断面のEv.3~4間、ブーマー断面のEv.38には比高5m弱の急斜面が認められる。C層の海底露出域では、北部の断面と同様に海底は起伏に富む。ブーマー断面西端からEv.38では、C層は東へ傾斜し、Ev.38付近にC層を切る断層が認められる。B2層、B1層、A層は、大局的には断層に向かって傾斜し、Ev.34と断層との間でB2層、B1層に西上がりの撓曲構造が認められる。この撓曲を伴う断層をF2断層と称す。SES断面では、A層基底面の西上がりの急斜面近傍でA層の層厚は局所的に厚く、約3mに達している様子や、それより沖側に向かってA層基底面は緩やかに傾斜している様子が捉えられている。さらに、測線東部のEv.10~12間において比高2m程度のチャンネル状地形も認められる。

GSH_4-2およびGSH_4-3（第17図）は、ブーマー探査においてGSH_4測線が漁具を避けるために屈曲したため、西北西方向の直線上で再測した記録である。海底面は断面西端から緩やかに深くなり、GSH_4-3のEv.10に比高数mの急斜面が認められる。また、東傾斜の反射面群からなるC層とそれを覆うB3層~A層の構造が捉えられている。B2層以上の層には、顕著な上方への撓みを持った折れ曲がり、層厚の変化が認められる。撓みと層厚の変化は下位ほど大きく、F2断層による変位の累積が認められる。

SES_15（第18図）はGSH_5（後述, 第19図）測線より約500m北に位置する東西断面である。断面には、A層基底面の東落ちの変形がより明瞭に認められる。測線西部のEv.9付近には、海底面に東下がり崖状地形が認められ、A層基底面がこの付近で約3mの落差を伴って不連続となる。その東側ではA層基底面は沖側に向かって緩やかに深度を増している。測線東端に確認される落ち込みは一連のチャンネル地形によるものである。本記録ではA層内部に2枚の反射面が確認され、そのうちA層基底面直上にみられる反射面は測線東部のEv.2付近から西へ追跡することができ、岸側に向かってA層基底面に対してオンラップする状況が確認される。

SES_10測線（第18図）はGSH_5（第19図）の約1km南に位置する東西断面である。測線西部のEv.5付近には、海底面に落差1~2m程度の西落ちの崖状地形が確認され、この北方延長は南北走向の茂辺地断層の位置に一致する。以下、この断層をF3断層と称す。A層はEv.2.5以东に分布し、海底地形の勾配が緩くなる付近から東側に向かって次第に層厚を増して測線東端では約2mとなる。Ev.3以东では、

B1層の内部反射面が確認でき、Ev.3~4間で東傾斜の崖状地形を形成する。

GSH_5 (第19図)は葛登支岬南方沖の東西断面である。海底面は概して東へ深くなっているが、ブーマー断面でみるとEv.27付近には比高5m程度の東下りの急斜面が認められEv.27以東ではほぼ平坦になる。また、Ev.47には地形の傾斜する方向に対して逆向きの崖が認められる。Ev.47付近は茂辺地断層のほぼ南方にあたることから、F3断層が陸域の茂辺地断層に連続していると解釈した。また、Ev.10~15にかけては海底面がやや盛り上がる様子も見られる。Ev.39~27ではC層の褶曲構造が認められるが、Ev.30付近ではC層の反射面は途絶えており、ここにC層を切る断層が推定される。また、この断層上方でC層はB2層に不整合で覆われており、C層上位に堆積するB2層、B1層、A層はいずれも撓曲変形する。その傾斜角は上位層ほど緩くなり、変形の累積が認められる。この断層は前述のF2断層に連続する。

SES断面では、断面西部のEv.20付近には、海底面に落差約3~4mの西落ちの崖状地形が認められる。同様の地形は約1km南側に位置するSES_10(第18図)においても確認され、両者を結ぶ直線の走向は南北方向となり、その北方延長は陸域の西落ちの逆向き低断層崖である茂辺地断層にほぼ重なる。Ev.10~11には海底地形に東下りの急斜面が認められる。Ev.11~12にはA層基底面に東下りの崖状地形が認められる。その落差は約3mである。Ev.13付近にはC層内の向斜構造が明瞭に認められる。測線中央部(Ev.9~11)では海底地形とA層基底面の形状がともに大きく変化しており、海底面はEv.11から沖側に向かって傾斜を増し、Ev.10付近で再び緩傾斜となる。A層基底面はEv.11~12間で東下りの崖状地形を呈し、その垂直方向の東落ち落差はそれぞれ約3mと見積もられる。

GSH_6 (第20図)は大釜谷川沖合の東西断面である。海底面はEv.29以西は緩く東に傾斜し、以東はほぼ平坦である。Ev.50には比高約5mの西下りの崖、Ev.29付近には比高約5mの東下りの急斜面が認められ、Ev.7には海底面の緩い盛り上がりが見られる。Ev.7と断層の間では、B2層、B1層が向斜構造を形成し、それらの小堆積盆となっている。これらの向斜構造と上述の海底面の盛り上がりを考慮すると、Ev.7付近に活構造が存在する可能性があり、ここに西上りの逆断層を推定した。以下F2断層よりも東側の断層をF4断層と称す。また、Ev.50の崖はF3断層、Ev.29付近の急斜面(撓曲)はF2断層に連続する。

GSH_E (第21図)は葛登支岬南方沖の北西-南東断面である。GSH_4やGSH_5ほどの変位の明瞭さはないが東傾斜のC層を不整合に覆うB2層、B1層、A層がEv.14付近で撓曲変形している様子が分かる。

GSH_7 (第22図)は、サラキ岬東方沖を通る東西断面である。海底面はEv.87付近で最も高く、ドーム状の盛り上がりが見られるほかは、全体としては複数段の傾斜変換を伴いながら、徐々に東方へ深くなっている。また、ドーム状の隆起部を限るようにEv.62と102付近に相対的にサラキ岬側をあげる高角な断層が認められる。この高角断層をF5断層と称する。一方、F2断層の南部延長にあたるEv.36付近の海底面がやや高くなり、その東端で撓んでいるように見える。この海底地形は、地層構造に支配された組織地形の可能性もあるが、下位のB3層上位に反射面の折れ曲がりが生じていることから、断層に伴った変形であると解釈した。

以上のように、茂辺地川沖~サラキ岬東方沖海域では、東へ傾斜するC層とほぼ水平~緩傾斜で覆うA層・B層の境界付近に西上りの活断層(F2断層)が存在することが明らかとなった。断層に伴う変形は七重浜~茂辺地川沖海域のF1断層に類似するが、それよりも顕著である。また第8図に示されるようにF1断層とF2断層の間には1km弱のステップがある。また、両断層が近接する茂辺地川沖には小規模なバルジも認められることから、断層面の形状が茂辺地川沖で変化していることは明らかである。ただし、F1断層とF2断層は西上りの逆断層で傾斜した断層面を持つことから、両者は地下深部において、ひとつの断層に収斂する可能性が高い。

F2断層は、ブーマー断面ではGSH_4断面(第16図)のEv.35~42、GSH_4-3断面(第17図)のEv.7~15、GSH_5断面(第19図)のEv.27~33、GSH_E断面(第21図)のEv.13~18、GSH_6断面(第20図)のEv.27~32、GSH_7断面(第22図)のEv.33~39に認められていることから、ほぼ南北に分布していると考えられる。また、茂辺地川沖では、F2断層よりも東側に西上りの活構造(F4断層)が存在することが明らかとなった。

5.3 サラキ岬南~知内沖

この地域は津軽海峡に面した浅海部で、陸域には南北方向に森越断層が分布し、明瞭な逆向き断層崖を形成している(第7図、第8図)。河川の流入があるにもかかわらず、非常に直線的な海岸線が形成されていることも特徴である。ブーマー探査では、森越断層と関連する活構造が海域に存在するのか、それらと函館平野西縁断層帯が連続するか否かを確かめるため、できるだけ岸寄りを通り、かつ既存の調査測線の間を補うように測線を配置した。

GSH_8 (第23図)は、木古内東方からサラキ岬南方沖を通る東西断面である。海底面は複数段の傾斜変換を伴いながら、徐々に東方へ深くなっているが、サラキ岬の沖合ではドーム状の盛り上がりが見られる。また、隆起部を限るようにEv.12付近に相対的にサラキ岬側をあげる高角な断層が認められる。

この断層を F6 断層と称す。また、Ev.39 付近に、GSH_7 (第 22 図) の F3 断層と類似した地質構造も認められる。

GSH_9 断面 (第 24 図) は森越断層前面の東西断面である。海底面は岸際で急勾配であるが、それより沖側では非常に緩く東へ深くなる。Ev.7 付近には背斜構造が認められる。Ev.46~85 の音響的層相は西側から東傾斜の層理面を表す反射面群、それを不整合に覆う緩傾斜の層理をもち層厚変化に富む反射面群、そして無層理層が順次接している。この地質構造は、GSH_8 断面 (第 23 図) の Ev.80~75 付近の構造に類似する。

GSH_10.5 断面、GSH_11 断面 (第 25 図) では、全層に堆積過程で形成された不整合や層厚変化が認められるため構造が不明瞭な部分もあるが、反射断面からは顕著な変形構造は認められない。

以上のように、サラキ岬南~知内沖では、北部の海域から追跡した富川断層帯海域延長部 (F1 断層および F2 断層) の構造が GSH_8 測線付近で不明瞭となり GSH_9 測線では認められなくなる。また、サラキ岬のドーム状隆起は、GSH_7 断面の Ev.75 以東および GSH_8 断面の Ev.1~12 に認められる D 層が参加する活背斜による変形と考えられ、両翼部には断層 (F5 断層と F6 断層) も確認された。一方、木古内~知内には森越断層に関連する背斜構造が、海岸線に沿って存在する可能性があるが、背斜構造は GSH_9 断面でしか認められていないため、分布は不明である。

6. 調査地域の活断層分布と性状

第 7 図には調査海域の活断層分布を示した。この図は音波探査断面から B 層および A 層の撓曲変形を判読し、その位置を森下ほか (2002)、電源開発 (株) (2007) の記録と照らし合わせながら撓曲や断層崖を追跡したものである。森下ほか (2002) や電源開発 (株) (2007) などによる既存の音波探査記録と比較すると、図上に示される断層の位置は一致していない。しかし、この違いは、幅の広い撓曲部のどの位置に断層を置くかに左右されており、ほぼ同じ地質構造を捉えている。今回の調査で判明した完新統の層厚を、等層厚線図として第 26 図に示し、以下に各断層の分布と特徴についてまとめる。

F1 断層は、富川沖から三ツ石沖に分布する。南北走向で長さは約 5 km である。北西側の相対的隆起が認められ、陸上の富川断層に連続すると推定される。また、撓曲幅が 100 m 程度と広いことから断層面の傾斜はやや低角と思われる。等層厚図 (第 26 図) から、富川沖からほぼ南北方向の走向で函館湾内に延びる断層が、茂辺地川河口付近で一旦不連続となり、別のセグメントとして区別されることが読みとれる。また、A 層基底および A 層内の内部反射に変形が認

められることから、本断層が完新世に活動したと推定される。

F2 断層は、茂辺地川沖から三ツ石沖に分布する。南北走向で長さは約 8 km である。SES 探査の記録では 1 km 前後の不連続を境に 2 つのセグメントに区分される (第 8 図)。Fs-2 断層は、F1 断層南端より約 1 km 西の地点から南北に延びる長さは約 3 km の逆断層、Fs-3 断層は、Fs-2 断層南端より約 1 km 西の地点から、北北東~南南西方向に延びる長さ約 2.5 km の逆断層である。また、F2 断層は F1 断層と同様に、A 層基底および A 層内の内部反射面を変形させることから、完新世に活動したと推定される。

F3 断層は、葛登支岬南方沖に分布する。北北西~南南東走向で長さは約 2 km。西落ちの逆向き断層崖を形成し、陸上の茂辺地断層に連続すると推定される。海陸を含めた断層の長さは約 4 km となる。ただし、D 層露出域に認められるため、古地震情報については不明である。

F4 断層は、調査海域で最も東寄りに分布する活断層である。北北東~南南西走向で、長さは約 3.5 km である。本断層は B 層を堆積させる小堆積盆運動に寄与し、B2 層・B1 層の層厚に変化をもたらしている。したがって、B 層堆積中に活動している可能性が高い。断層面は低角逆断層と推定される。

F5 断層は、大釜谷川南方沖に分布する。弧をなすように北西~南東~北北東~南南西走向を示し、長さは約 8.5 km である。相対的な北西隆起を示し、陸上の大釜谷川断層に連続すると推定される。大釜谷川断層の地表トレースは、直線的であることから、断層面は高角であると推定される。なお、海域では D 層露出域に認められる断層であるため、古地震情報については不明である。

F6 断層は、亀川南方沖に分布する。ほぼ南北走向で長さは約 2 km である。北東側隆起の逆向き断層崖を形成し、陸上の亀川断層に連続する。海陸を含めた断層の長さは約 5 km である。亀川断層のトレースは大釜谷川断層同様、直線的であることから、断層面は高角であると推定される。このことより、F6 断層は高角南東傾斜と考えられる。なお、海域では D 層露出域に認められる断層であるため、古地震情報については不明である。

これらのうち、F1 断層と F2 断層が地下深部では、ひとつの断層に収斂している可能性を述べたが、これらの断層前面に形成された小盆地構造との位置関係から、F4 断層との関連性も高いと推定される。すなわち、F4 断層は変形帯の最も東寄りを限る前縁断層、F3 断層は F1 断層~F2 断層に対するバックラストとみることができる。そして、断層の出現位置、走向、変形構造から判断して、この一連の活構造が、函館平野西縁断層帯の富川断層に連続すると推定される。また、その南端は GSH_8 測線の Ev.39 付近と考えられることから、海域の活断層の長さは約 12~

13 km となり、陸域活断層と併せた函館平野西縁断層帯全体の長さは約 26 km となる。

一方、渡島大野断層の延長上、宮内・八木 (1984) の f4 断層の海域延長には、断層による変位と解釈される地質構造が認められないことから、これらの陸域活断層は海域へは連続しない可能性が高い。また、F5 断層と F6 断層で挟まれた範囲はドーム状に盛り上がり、その様相は、サラキ岬に発達する海成段丘の形態と調和的である。このことから、F5 断層と F6 断層は構造的に結びつき、陸域の活断層へと連続すると推察される。すなわち、西上がりの変位をもたらす F5 断層とそのバックスラストである F6 断層によって、その間の地層は背斜状の変形を被っていると解釈される。ただし、前述の F1 断層を含む活断層系とこれとは変位様式が異なるため、別系統の断層であると判断される。そして、森越断層については、その沖合に背斜構造が認められたものの、確認できた範囲が限られており、その全容は明らかにすることができなかった。

7. 海底堆積物調査 (柱状採泥)

本章では、音波探査記録に基づいて GSH_5 測線上ならびに GSH_6 測線上で実施した柱状採泥の結果について記述する。

7.1 柱状採泥調査結果

採取したコアの層相は全体的に砂層を主体とした粗粒堆積物が卓越する。柱状図を第 27 図および第 28 図に示す。さらに第 29 図および第 30 図に、SES 探査断面上にコア採取位置および年代測定値を表した図を示す。得られた ^{14}C 試料は、同位体分別効果の補正を行った後、 ^{14}C 年代、暦年代を算出した。 ^{14}C 年代の暦年較正には OxCal4.1 (較正曲線データ: IntCal09 および Marine09; Reimer *et al.*, 2009) を、貝殻の海洋リザーバー効果の補正は $R=400$, $\Delta R=34-42$ (Yoneda *et al.*, 2007) を用いた。年代測定値は第 6 表にまとめた。なお、本報告の記載では断りがない限り ^{14}C の年代値は $\sigma^{13}\text{C}$ による補正を行った値 (conventional age) を示すものとする。以下に、各地点で採取されたコアの特徴を記す。

1) GSH_5 測線上 (第 27 図, 第 29 図)

No.1-2 はコア長 1.75 m で主に細粒砂から構成される。コア深度 1.00~1.09 m にある礫層を境に下部・上部に区分される。下部はシルト層を挟む細粒砂層から構成され、高角の斜交層理で特長づけられる。また、赤褐色の水酸化鉄の沈殿・濃集層が観察されるほかコア下限付近にはマッドクラストが認められる。下部の砂層の上限は明瞭な侵食面で上位の大礫の礫層と接する。上部の砂層は小礫および細礫混じりの細粒砂から構成され、上方に細粒化する。一部

に平行葉理が認められる層準、および貝殻が濃集する層準があるほかは、生物擾乱相が発達する。

No.2 はコア長 0.40 m で最下部に大礫からなる礫層が存在し、その上位は貝殻混じりの細粒砂から構成される。

No.6 はコア長 1.15 m で最下部は大礫からなる礫層から構成され、その上位には細粒砂層が重なる。砂層は生物擾乱を受けているが、一部に上に凸な低角の斜交層理や平行葉理が認められる。コア深度 0.63 m および 0.73 m から得た貝殻の ^{14}C 年代値は、それぞれ 6,450 30 yBP および 4,920 40 yBP である。

No.9 はコア長 3.25 m でコア深度 2.15~2.37 m の礫層を境に、その下位および上位層は砂層から構成される。下部の砂層はシルトから極粗砂の互層で構成され、砂層中には高角のトラフ状斜交層理や逆級化構造が認められ、一部に極薄層の泥層を挟む。中部の礫層は細礫から小礫、小礫から大礫サイズの礫層の 2 層から構成され、下位の砂層とは明瞭な侵食面で境される。上部の砂層は粗砂から細粒砂で構成され、上方に細粒化する。全体に生物擾乱相が発達し、一部に貝殻濃集層を挟む。下部砂層から得られた木材の ^{14}C 年代値は 11,280 30 yBP, 11,350 50 yBP, 上部砂層から得られた貝殻の ^{14}C 年代値は 2,160 30 yBP である。

No.10 はコア長 2.20 m で最下部の礫層と砂層から構成される。礫層は小礫から大礫までを含み、大礫が優勢である。上位の砂層は中粒砂、細粒砂、極細粒砂から構成され、上方に細粒化する。砂層下部には侵食面を下面とする細礫を含む小礫層、砂層中部には中粒砂層、貝殻および貝殻片が濃集する層準が認められる。砂層は生物擾乱を受けている。砂層から得られた貝殻の ^{14}C 年代値は、6,250 30 yBP, 5,220 30 yBP, 1,350 30 yBP である。

2) GSH_6 測線上 (第 28 図 a, 第 30 図)

No.3 はコア長 0.90 m でシルト層および中粒から粗粒の砂層から構成される。下位のシルト層と上位の砂層は明瞭な侵食面によって接している。侵食面下のシルト層中には境界面から穿孔した生痕が認められ、上位の砂層と同質な砂によって充填されていた。侵食面より上位の砂層は上方細粒化する粗粒から中粒砂層が重なる。貝殻を含み生物擾乱相が発達する。侵食面直上の貝から 11,930 50 yBP の ^{14}C 年代値を得た。

No.4 はコア長 2.25 m で下位よりシルト層、泥炭、砂層が重なる。泥炭と砂層の境界は明瞭な侵食面である。侵食面下位の泥炭には、上位の砂層と同質な砂で充填された生痕が認められる。また侵食面の上位の砂層最下部には泥炭質の偽礫が混じる。その上位には上方細粒化する粗粒から中粒の砂層が重なり、貝殻を含み、生物擾乱相が発達する。泥炭層下部の泥炭から 41,660 360 yBP, 泥炭最上部の木材から

27,210 ± 130 yBP の ^{14}C 年代値を得た。

No.7 はコア長 0.80 m で中粒砂から構成される。堆積構造は明瞭でなく、貝殻片の濃集する層準が認められる。

No.8-2 はコア長 0.65 m で中粒砂から構成される。最下部に細礫質な極粗粒砂の層準が認められる。

7.2 地層の形成環境

コアに認められた侵食面を境にして堆積物の特徴が異なること、および侵食面を挟んで上下の層準の形成年代に大きなギャップがあることが明らかになった。既に述べた堆積物の特徴とその層序から次のような堆積環境が推定される。

GSH_5 測線では、コア No.1-2、No.9 で礫層下面の侵食面より下位に砂層が分布する。高角の斜交層理や上方粗粒化構造、マッドクラストや水酸化鉄の濃集といった堆積構造や特徴は、河川環境での堆積を示唆する。また、GSH_6 測線のコアでは、コア No.3 および No.4 で侵食面 4 より下位にシルト層ないしは泥炭層が分布し、その侵食面下には生物によって穿孔された穴があり、その穴の内部は上位の砂層と同質の砂で充填されていることから、この侵食面は海底で形成されたと考えられる。侵食面直上で得られた貝の年代値は約 1 万 2 千年前であることから、最終氷期以降の海水準上昇に伴う外浜侵食によって形成された侵食面（ラビンメント面）である。また、GSH_5 測線沿いのコアで認められた礫層は、侵食に伴う残留堆積物（海進ラグ）に相当する。侵食面より上位の砂層は、生物擾乱を受けていること、貝殻が含まれること、および波と流れの複合作用の下で形成されたことを示す上に凸で低角な斜交層理（ハンモック状斜交層理）や平行葉理が認められることから、現在のコア採取地点と同様の浅海の堆積環境で形成されたと考えられる。

8. サラキ岬における海成段丘調査

8.1 空中写真判読および地形断面測量結果

1948 年および 1973 年の空中写真では、浜堤列が現在の海岸線と平行に発達するほか、段丘崖から海岸線までに自然に形成された著しい不連続面は確認できなかった。現地の測量の結果（第 31 図 a）では、段丘崖の基部から現在の海浜のバームまでほぼ一様の傾斜であったが、現在の海岸線から約 150 m 内陸側の高度 3.1~3.3 m に約 0.2 m の段差が海岸線と平行に連続して認められた。この段差と海側の浜堤の間には、やや低湿な地帯（堤間湿地）が帯状に分布し、植生がその陸側と海側で異なった。この植生の違いは空中写真によっても確認できた。海岸線より沖側には、基盤岩が広く露出し、標高 0.3 m（函館港の平均水面は 0.57 m）に波食棚が分布する。この波食棚には厚沢部層の砂岩・泥岩互層が広く露出し、空中

写真では波食棚上の岩の走向が明瞭に現れる。砂岩・泥岩互層の走向は、岬の突出部のやや西側を境に異なっており、南方向にプランジする背斜が存在する。

8.2 地質調査およびピット掘削結果

海岸線に直交する方向に測線を設定し、地形を考慮してピット 1~5 の掘削地点を選定した。いずれの地点も基盤まで掘削することはできなかったが、最大で深度 1.6 m までの地層を確認した（第 31 図 b）。完新統は、砂層とその上位の腐植質砂層、一部では泥炭層から構成されており、さらに下位の砂層はその特徴から下部、中部および上部に区分された。砂層の下部は、層理の不明瞭な円礫混じりの極粗砂から細礫で構成され、ピット 4 および 5 では砂層中に貝殻濃集層を挟む。中部は淘汰の良好な細粒から中粒砂で構成され、重鉱物濃集層を含む平行葉理構造を有する。挟在する粗粒砂層には貝殻の濃集層が認められる。上部は淘汰の不良な極粗粒で構成され、8.1 で述べた比高約 0.2 m の段差より海側では貝殻片を多く含み、小礫混じりの細礫層を挟む。以上の特徴および層序から、砂層の下部は上部外浜、中部は前浜、そして上部は後浜の堆積環境で形成されたと解釈される。また、ピット 3（海岸から 146 m）の泥炭層最下部の泥炭から 1,665 ± 20 yBP、ピット 4（海岸から 81 m）およびピット 5（海岸から 47 m）の前浜の堆積環境を示す下部砂層中の貝殻からそれぞれ 2,150 ± 20 yBP と 2,028 ± 20 yBP の ^{14}C 年代値を得た。第 40 図 a に示すように、おおよそ 2,000 yBP 頃の前浜は、現在の平均海面よりも相対的に高い場所にあり、現在にかけて海岸線は前進傾向にあったと推察される。しかし、浜堤の離水年代から海岸線の前進速度の不連続性や先述の段差を形成した要因を議論できる資料は得られなかった。

9. 断層帯の活動性

本調査で取得された音波探査断面からは、断層を挟んで比較できる反射面が少ないために、A 層の内部反射からイベント層準を特定することが困難であった。したがって、活動履歴の解明には、さらなる情報の蓄積が必要となるが、今回の調査結果から、本断層帯の過去の活動について以下の点が指摘できる。

SES 探査断面とコアを対比し、コアに存在した礫層（ラグ堆積物）ないし侵食面（ラビンメント面）の位置が SES 探査断面の A 層基底付近の強反射面にはほぼ対応していることを確認した（第 29 図）。第 29 図の断面に認められた東落ちの海底地形は F2 断層に伴う撓曲崖であり、F2 断層近傍では、撓曲基部から撓曲上部にかけて、B 層および A 層の薄化が認められ、コアの対比からも、ラビンメント面よりも上位の堆積層が撓曲崖を挟んで、明らかに下盤側で厚い

ことが確かめられた。このことから、F2 断層が B 層および A 層堆積期、特にラビンメント面形成以後に活動した可能性が高い。ラビンメント面には F2 断層を挟んで約 3 m の高度差が生じている。ラビンメント面直上の ^{14}C 年代値は 11,930 ± 50 yBP を示すことから平均上下変位速度は約 0.3 m/千年と見積もられる。ただし、ラビンメント面が形成された当時、既にこの場所に崖（侵食崖と変動崖）が存在していた可能性も高いため、上記の値は本断層の活動度を示す最大の値とみなされる。

一方、サラキ岬沖の音波探査と陸上の海成段丘の性状から、F6 断層・F5 断層に関連した地殻変動が第四紀後期を通じて繰り返されていると推察されるが、本調査結果からは、隆起時期を特定することができなかった。

10. まとめ

函館湾～津軽海峡においてブーマー探査（総延長 209.6 km）、SES 探査（総延長 128 km）、柱状採泥調査（10 地点）を実施した。その結果、渡島大野断層南端の沖合には、断層変位とみられる地質構造は認められなかったものの、調査海域に B 層以上の地層に変形・変位をもたらす活構造が捉えられた。

主な活構造は急傾斜をなす下部更新統とほぼ水平に堆積する上部更新統～完新統を境する断層（F1 断層および F2 断層）で、陸上の富川断層の海域延長と考えられる。F1 断層の連続は茂辺地川沖で一旦不明瞭となるが、類似の形態を示す F2 断層が雁行するように分布し、サラキ岬南方沖まで連続する。葛登支岬の茂辺地断層や亀川断層の沖合には、これらと同じ変位センスをもつ断層（F3 断層や F6 断層）が認められ、それぞれ海域に数 km 程度連続している。また、サラキ岬以南には、F1 断層、F2 断層とは変位様式の異なる活構造が確認された。得られた断層分布から見積もられる函館平野西縁断層帯海域延長部の長さは、南端をブーマー探査 GSH_8 測線で確認された Ev.39 付近の撓曲とした場合、約 12～13 km となり、陸域断層と併せた全体の長さは約 26 km となる。

SES 探査とコアとの比較から、最上部層である A 層基底は断層際で傾斜が系統的に変化しており、層厚も断層を挟んで明らかに断層下盤側で厚いことが明らかとなった。また、A 層内部反射には変形が認められることから、その堆積期である完新世に本断層が活動した可能性があり、A 層基底面に認められる落差と形成年代から、平均上下変位速度は最大約 0.3 m/千年であると見積もられる。

調査海域では、完新統が非常に薄く、下位の更新統も第四紀の海水準変動に呼応した堆積構造が発達しているため、イベント層準のみならず変形構造の解釈も難しい。特に更新統（B 層）については変位・

変形とも思われるような構造が捉えられているため、それらが断層活動に伴った構造であるか否かを解明するためにも、今後の課題として、大深度断面の取得と更新世の堆積環境の復元・層序の確立を挙げる。

謝辞 現地調査に際しては、北海道、北斗市をはじめとする地元自治体、北海道漁業協同組合連合会をはじめとする地元漁業関係者ならびに太平洋セメント株式会社、津軽海峡フェリー株式会社、共栄運輸株式会社、北日本海運株式会社にご理解とご協力を頂いた。音波探査ならびに採泥調査は、総合地質調査株式会社と川崎地質株式会社に依頼し、上磯郡漁業協同組合には調査船をご提供頂いた。また、電源開発株式会社には調査にあたってのご助言を頂くと共に、貴重なデータを閲覧・使用させて頂いた。査読者である産業技術総合研究所活断層・地震研究センターの杉山雄一氏には、本稿の改善にあたり有益な助言を頂いた。以上の方々にご心より感謝申し上げます。

文 献

- Bronk Ramsey (2009) Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51, 337-360.
- 地質調査所 (1984) : 20 万分の 1 地質図幅「函館及び渡島大島」.
- 電源開発株式会社 (2007) 大間原子力発電所原子炉設置許可申請書<縮小版>.
- 秦 光男・垣見俊弘 (1979) 木古内地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 図幅). 地質調査所, 56p.
- 平川一臣・今泉俊文・池田安隆・東郷正美・宇根寛 (2000) 1:25,000 都市圏活断層図「函館」. 国土地理院技術資料 D・1-No.375.
- 北海道 (1999) 「函館平野西縁断層帯 活断層図とその解説」. 北海道活断層図 No.2, 65p. + 1 図葉.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001) 「函館平野西縁断層帯の評価」. http://www.jishin.go.jp/main/chousa/01jun_hakodate/index.htm
- 海上保安庁水路部 (2000) 函館湾の断層分布. 地震予知連絡会報, 63, 18-22.
- 活断層研究会編 (1991) 「新編日本の活断層一分布図と資料一」. 東京大学出版会, 437p.
- 小池一之・町田洋編 (2001) 「日本の海成段丘アトラス」. 東京大学出版会, 105p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) 「新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]」. 東京大学出版会, 336p.
- 宮内崇裕・八木浩司 (1984) 松前半島東岸の海成段丘と第四紀地殻変動. 地学雑誌, 93, 285-300.
- 森下泰成・渡辺一樹・富田輝勝・田中喜年・藤澤豪 (2002) 函館湾の海底断層. 水路部研究報告, 38, 59-70.

- 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. 60p, DVD2 枚.
- 太田陽子・佐藤 賢・渡島半島活断層研究グループ(1994) 函館平野とその周辺の地形—特に西縁の活断層に関連して. 第四紀研究, 33, 243-259.
- Reimer, P.J., Baillie, M. G. L., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Burr, G.S., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., McCormac, F. G., Manning, S. W., Reimer, R. W., Richards, D. A., Southon, J. R., Talamo, S., Turney, C.S.M., van der Plicht, J. and Weyhenmeyer C.E. (2009) IntCal09 and Marine09 Radiocarbon Age Calibration Curves, 0–50,000 Years cal BP. *Radiocarbon*, 51, 1111-1150.
- 内田康人・嵯峨山積・大澤賢人・菅 和哉・浜田誠一(1997) : 函館湾上磯沖における富川断層延長部の音波探査. 物理探査学会第 97 回学術講演会論文集, 23-26.
- Yoneda, M., Uno, H., Shibata, Y., Suzuki, R., Kumamoto, Y., Yoshida, K., Sasaki, T., Suzuki, A., Kawahata, H., (2007) Radiocarbon marine reservoir ages in the western Pacific estimated by pre-bomb molluscan shells. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 259, 432-437.

(受付 : 2012 年 9 月 4 日, 受理 : 2012 年 10 月 30 日)

第 1 表. ブーマー探査の探査仕様.

Table 1. Data acquisition parameters for boomer multi-channel seismic profiles.

発振系	
音源	ブーマー AA300型 (Applied Acoustic Engineering社)
音源出力	200 J
音源周波数	300-3800 Hz
発振間隔	1.25 m
受信系	
受信器	ショートストリーマ (総合地質調査(株))
受信チャンネル数	12 ch
受信器間隔	2.5 m
収録系	
探鉱機	LX-110 (TEAC社)
サンプリング周波数	10000 Hz (0.1 msec)
記録方式	SEGY, 記録長0.6sec
船位測定	DGPS (Trimble社製DSM232)

第2表. 高分解能地層探査の探査仕様.

Table 2. Data acquisition parameters for ultra-high-resolution seismic profiles (SES2000).

音波探査装置	ES2000地層探査機 (Innomar社製)
ビーム幅	±1.8° (0.22 x 0.22)m ²
発信周波数	一次周波数 : 100 kHz 二次周波数 : 5, 6, 8, 10, 12, 15 kHz
パルス幅	66 μSec~500 μSec
更新レート	最大30回/sec (水深・探査深度により異なる)
レンジ	5m~200m
探査深度	最大40m (周波数・底質に依存)
地層分解能	5cm程度の判別が可能 (周波数・底質に依存)
精度	100kHz : 0.02m + 0.02% of Depth 10kHz : 0.04m + 0.02% of Depth
入力データ	GPSデータ (NMEA・ASCII)
動揺センサー	DMS-05 (TSS社製)
船位測定	D-GPS (VS100, Hemisphere社製)

第3表. 柱状採泥地点およびコア長.

Table 3. Location of vibrocoreing and core lengths.

採泥点名	Y座標(m)	X座標(m)	経度	緯度	予定水深	採泥試料名	採取長 (cm)	SES 測線名	備考
No.1	31326.4	-252022.1	140°37' 35.61"	41°43' 49.90"	54m	No.1	(40)	GSH_5	試掘, 不採用
No.1-2	31377.8	-252012.9	140°37' 37.84"	41°43' 50.19"	54m	No.1-2	177	GSH_5	
No.2	31667.0	-252003.6	140°37' 50.36"	41°43' 50.45"	56m	No.2	39	GSH_5	
No.3	29795.4	-253561.5	140°36' 29.09"	41°43' 00.22"	56m	No.3	94	GSH_6	
No.4	29939.6	-253532.6	140°36' 35.33"	41°43' 01.13"	57m	No.4	240	GSH_6	
No.5	33094.6	-250677.7	140°38' 52.40"	41°44' 33.22"	55m	No.5	154	GSH_4	
No.6	32407.1	-251986.2	140°38' 22.39"	41°43' 50.91"	57m	No.6	106	GSH_5	
No.7	30540.4	-253501.8	140°37' 01.33"	41°43' 02.05"	63m	No.7	80	GSH_6	
No.8	31882.1	-253540.6	140°37' 59.37"	41°43' 00.60"	65m	No.8	(60)	GSH_6	不採用
No.8	31888.4	-253541.2	140°37' 59.64"	41°43' 00.58"	65m	No.8-2	68	GSH_6	
No.9	32625.2	-251913.6	140°38' 31.84"	41°43' 53.23"	-	No.9	324	GSH_5	
No.10	32594.8	-251966.1	140°38' 30.51"	41°43' 51.54"	-	No.10	219	GSH_5	

JGD2000平面直角座標第11系を使用.

第4表. ピット掘削地点座標一覧.
Table 4. Locations of pit sites.

ピット掘削点	X座標(m)	Y座標(m)	経度	緯度	標高(m)
1	22975.3	-255216.3	140°31' 33.79"	41°42' 07.39"	4.45
2	22999.9	-255241.6	140°31' 34.85"	41°42' 06.57"	3.49
3	23002.7	-255243.8	140°31' 34.97"	41°42' 06.49"	3.1
4	23037.2	-255293.6	140°31' 36.46"	41°42' 04.88"	2.51
5	23060.5	-255321.5	140°31' 37.46"	41°42' 03.97"	1.97

JGD2000平面直角座標第11系を使用.

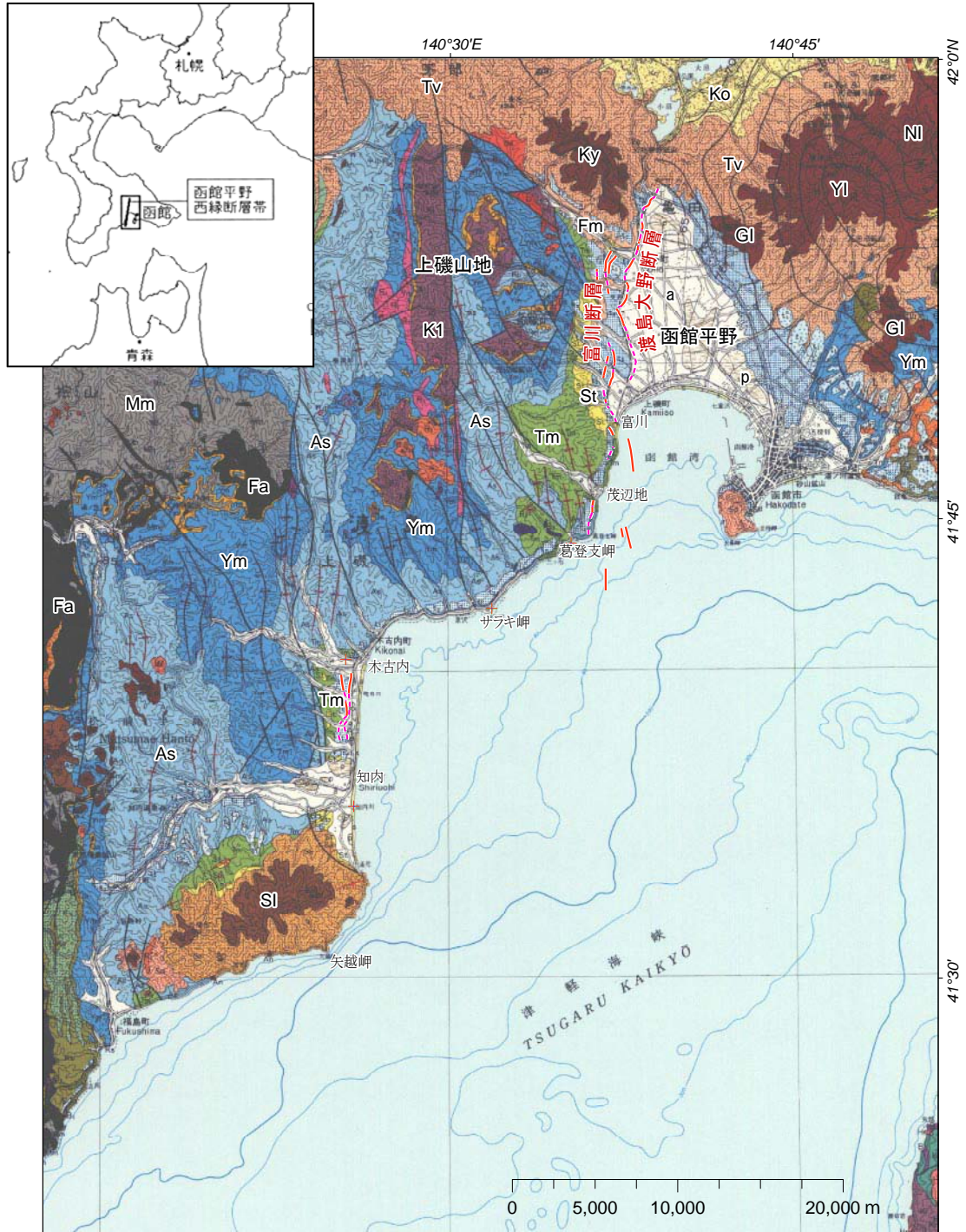
第5表. 調査海域の音響層序.
Table 5. Acoustic stratigraphy of the study area.

		松前半島	海域
Pleistocene	Late	沖積層 段丘礫層	A
			B0
	Middle	文月層	B1
			B2
			B3
Early	富川層 (1-2Ma)	C	
Pliocene	Late	茂辺地川層 (4.5Ma)	D
	Early		
Miocene	Late	木古内層(6.8,10.3Ma)	
	Middle	訓縫層	

第6表. 採泥コアの放射性炭素年代測定結果.
Table 6. Results of radiocarbon dating of cores from Hakodate Bay.

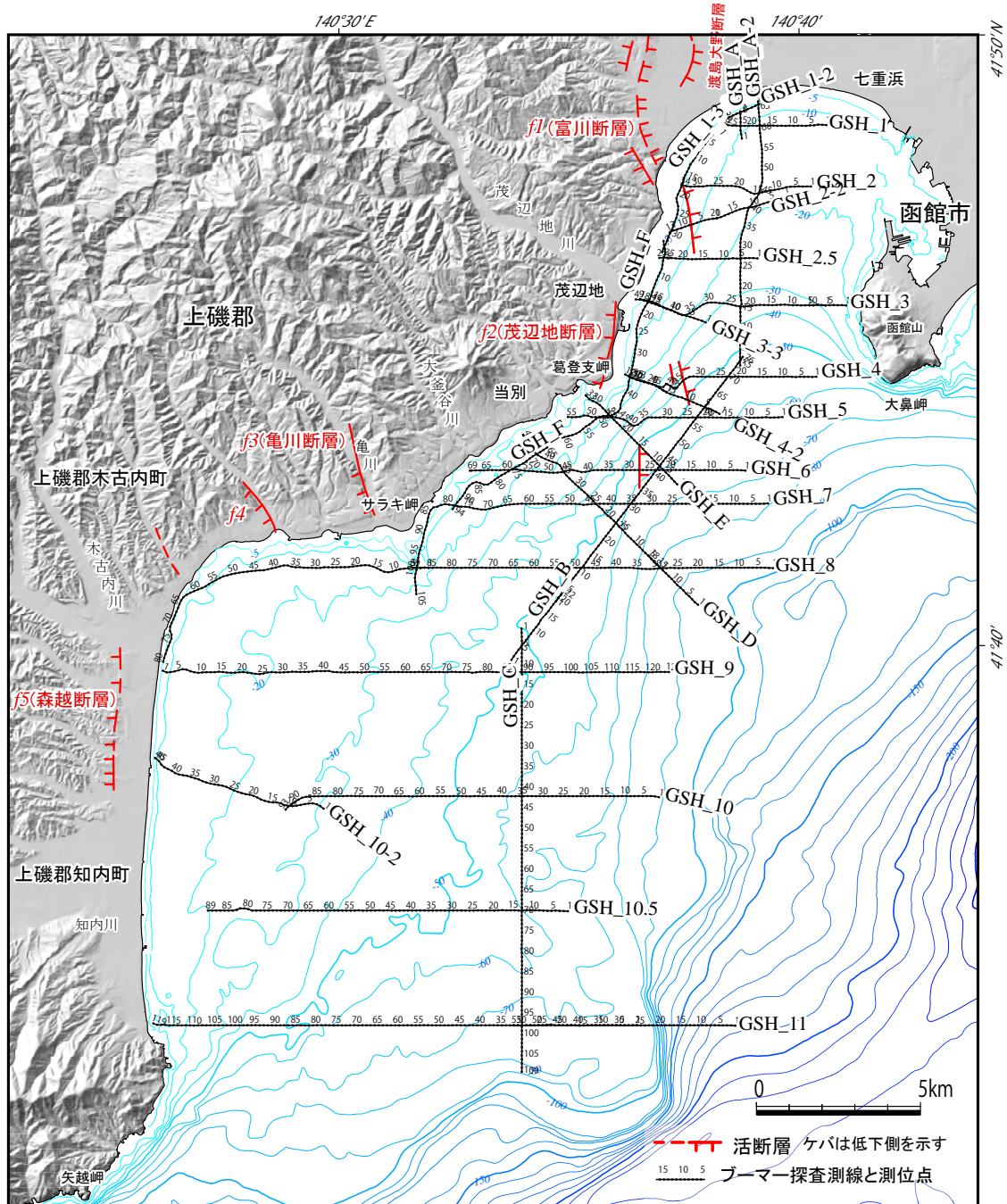
試料名	測定機関 ID	試料種	測定方法	未補正 ¹⁴ C年代 (yBP)	δ ¹³ C (‰)	補正 ¹⁴ C年代 (yBP)	暦年代(cal. yBP, 2sigma range)	
							IntCal 09 (ΔR = 0)	Marine 09 (ΔR = 39±41)
HD3-040	Beta- 311650	shell	AMS	11,520 ± 50	0.1	11,930 ± 50	-	13,485 - 13,191
HD4-055	Beta- 311651	wood	AMS	27,220 ± 130	-25.6	27,210 ± 130	31,610 - 31,190	-
HD4-167	Beta- 311652	organic sediment	AMS	41,730 ± 360	-29.4	31,660 ± 360	45,780 - 44,540	-
HD6-063	Beta- 311653	shell	AMS	4,500 ± 40	0.8	4,920 ± 40	-	5,350 - 4,980
HD6-073	Beta- 311654	shell	AMS	6,050 ± 30	-0.4	6,450 ± 30	-	7,050 - 6,750
HD9-036	Beta- 311655	shell	AMS	1,750 ± 30	0.3	2,160 ± 30	-	1,850 - 1,570
HD9-240	Beta- 311656	wood	AMS	11,390 ± 50	-27.6	11,350 ± 50	13,340 - 13,120	-
HD9-280	Beta- 311657	wood	AMS	11,300 ± 50	-26.0	11,280 ± 50	13,310 - 13,090	-
HD10-027	Beta- 311658	shell	AMS	960 ± 30	-1.0	1,350 ± 30	-	960 - 730
HD10-113	Beta- 311659	shell	AMS	4,840 ± 30	-2.1	5,220 ± 30	-	5,650 - 5,440
HD10-119	Beta- 311660	shell	AMS	5,810 ± 30	1.7	6,250 ± 30	-	6,791 - 6,515
11726305	PLD- 19123	plant tissue	AMS	1,665 ± 20	-27.5	1,665 ± 20	1,684 - 1,524	-
11726213	PLD- 19124	shell	AMS	2,030 ± 20	-0.6	2,028 ± 20	-	1,683 - 1,421
11726112	PLD- 19125	shell	AMS	2,150 ± 20	0.8	2,150 ± 20	-	1,820 - 1,562

¹⁴C 試料は、同位体分別効果の補正を行った後、¹⁴C 年代、暦年代を算出した。¹⁴C 年代の暦年較正には OxCal4.1 (較正曲線データ : IntCal09 および Marine09; Reimer *et al.*, 2009) を、貝殻の海洋レザバ補正は R=400, ΔR=34-42 (Yoneda *et al.*, 2007) を用いた。



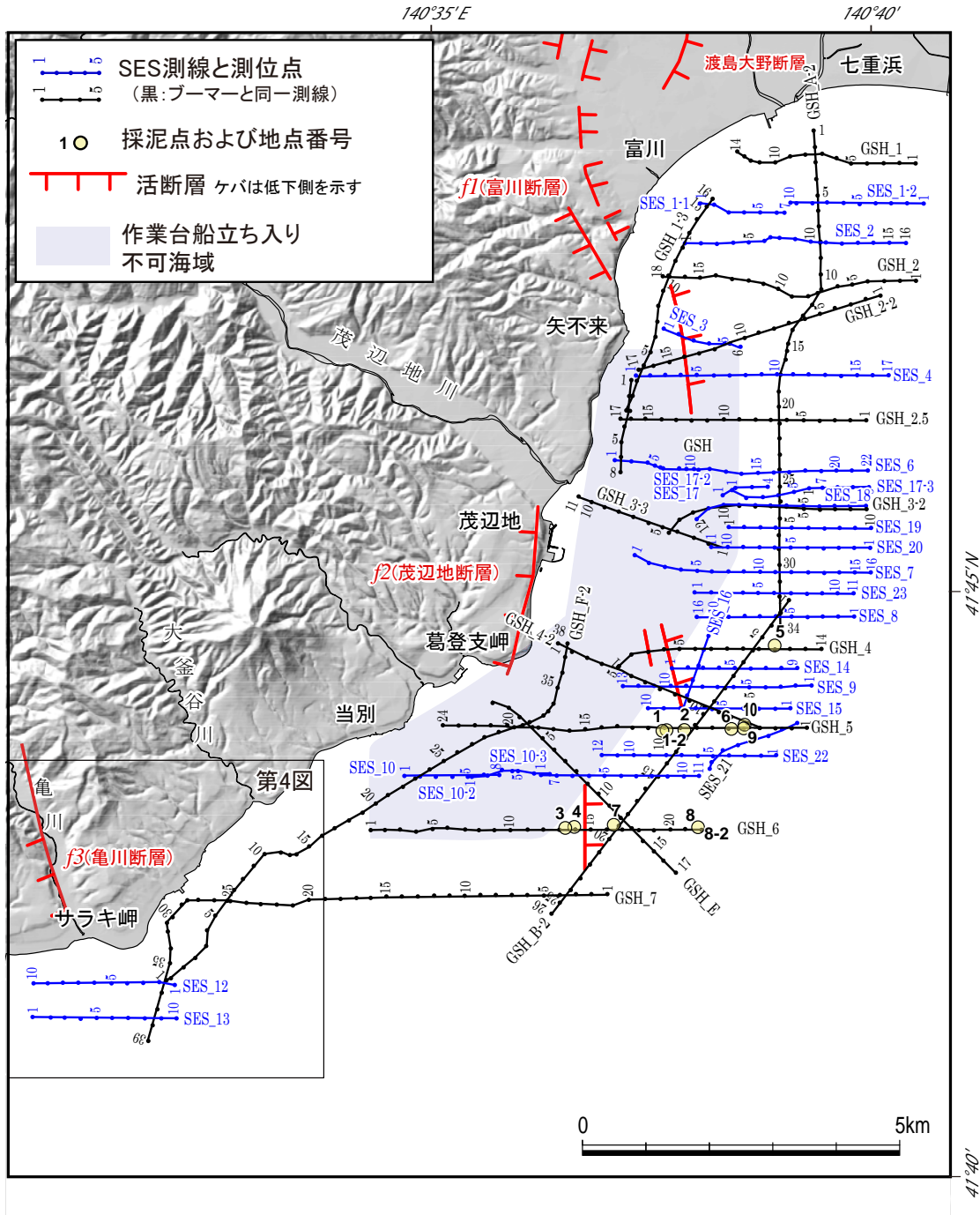
第1図. 松前半島の地質と活断層. 地質図は地質調査所 (1984), 活断層は平川ほか (2000) および海上保安庁 (2000), 中田・今泉編 (2002) に基づく. 図中の記号はそれぞれ, a 沖積層; p 湿原堆積物; Ko 駒ヶ岳火山の降下再堆積物及び泥流堆積物 (以上完新統), NI 泣面山溶岩; YI 横津岳溶岩; Ky 木地挽山溶岩; Fm 文月層; Is 磯谷川火砕岩 (以上更新統), SI/Sa 知内火山岩類, 函館山火山岩類 (以上鮮新統~更新統), St 富川層イデス川層; Tm 館層 (以上鮮新統), 雁皮山溶岩; Tv 峠下火砕岩類; As 厚沢部層 (以上上部中新統), Ym 木古内層; Kv/Ks 訓縫層 (以上中部中新統), Fa 福山層 (以上下部中新統), Ki 上磯層群; Mm 松前層群 (以上先第三系) を表す.

Fig. 1. Geology and active faults of the Matsumae Peninsula. Geological map is after Geological survey of Japan (1984), active fault traces are compiled from Hirakawa *et al.* (2000), Japan Coast Guard (2000), Nakata and Imaizumi ed. (2002).



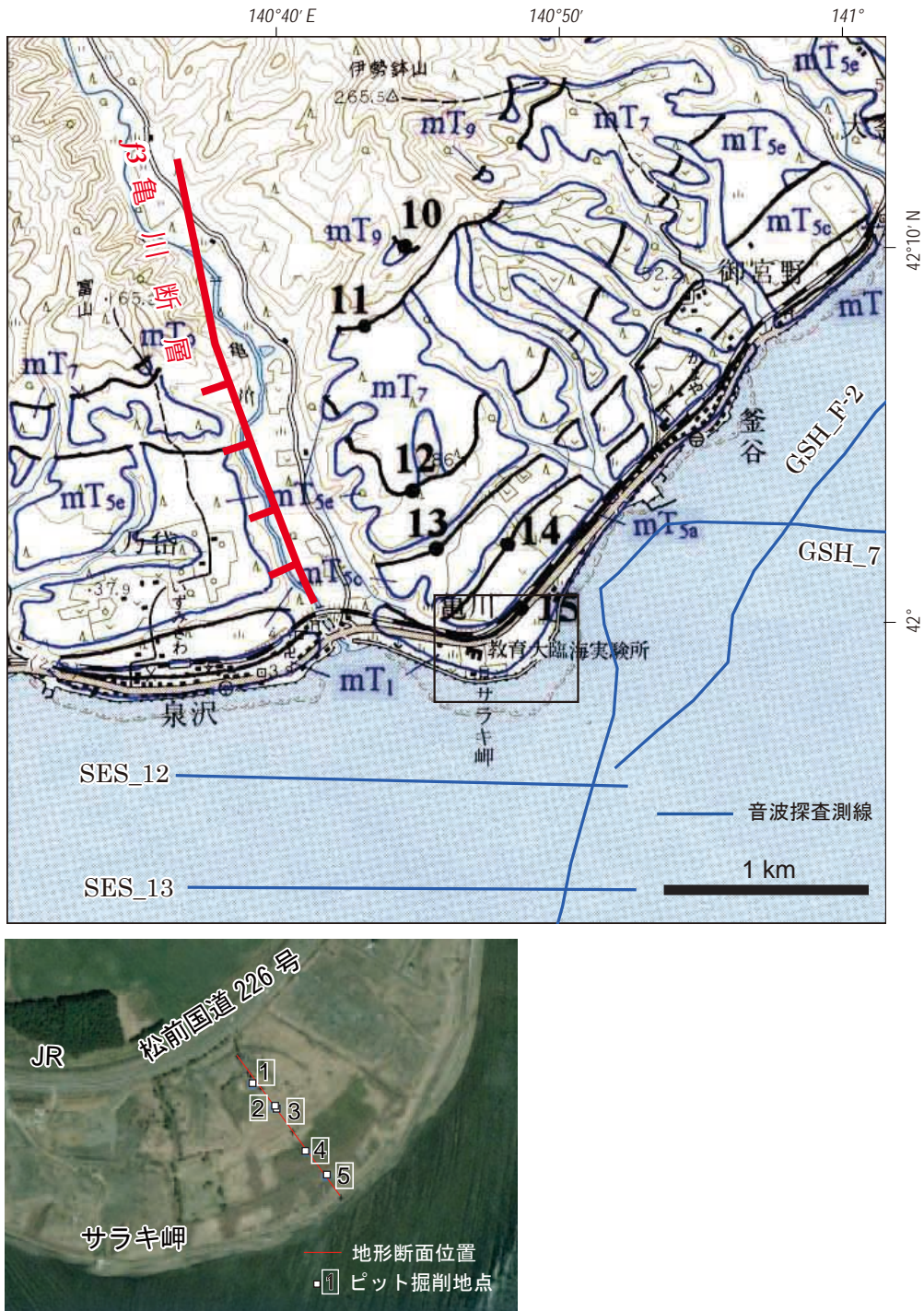
第2図. マルチチャンネル音波探査測線図. 陰影図は国土地理院発行 10 m メッシュ DEM, 海底地形図は日本水路協会発行海底地形デジタルデータ「M7006 津軽海峡東部」に基づく. 活断層は宮内・八木 (1984), 活断層研究会 (1991), 平川ほか (2000), 海上保安庁 (2000) に基づく. f1~f5 は宮内・八木 (1984) の断層名を示し, f1 断層は活断層研究会 (1991) の富川断層, f2 断層は茂辺地断層, f5 断層は森越断層に相当する. また f3 断層は本報告において亀川断層と称する.

Fig. 2. Location map of boomer multi-channel seismic reflection profiles. Relief map and bathymetric map are based on 10-m-mesh DEM published by the Geospatial Information Authority of Japan and Digital Bathymetric Chart M7006 East Part of Tsugaru kaikyo published by the Japan Hydrographic Association, respectively. Active faults are compiled from Miyauchi and Yagi (1984), the Research Group for Active Faults of Japan (1991), Hirakawa *et al.* (2000), and Japan Coast Guard (2000). The f1–f5 are fault names given by Miyauchi and Yagi (1984). The f1, f2, and f5 faults correspond to the Tomikawa, Moheji and Morikoshi faults of the Research Group for Active Faults of Japan (1991), respectively. We call f3 fault the Kamekawa fault in this report.



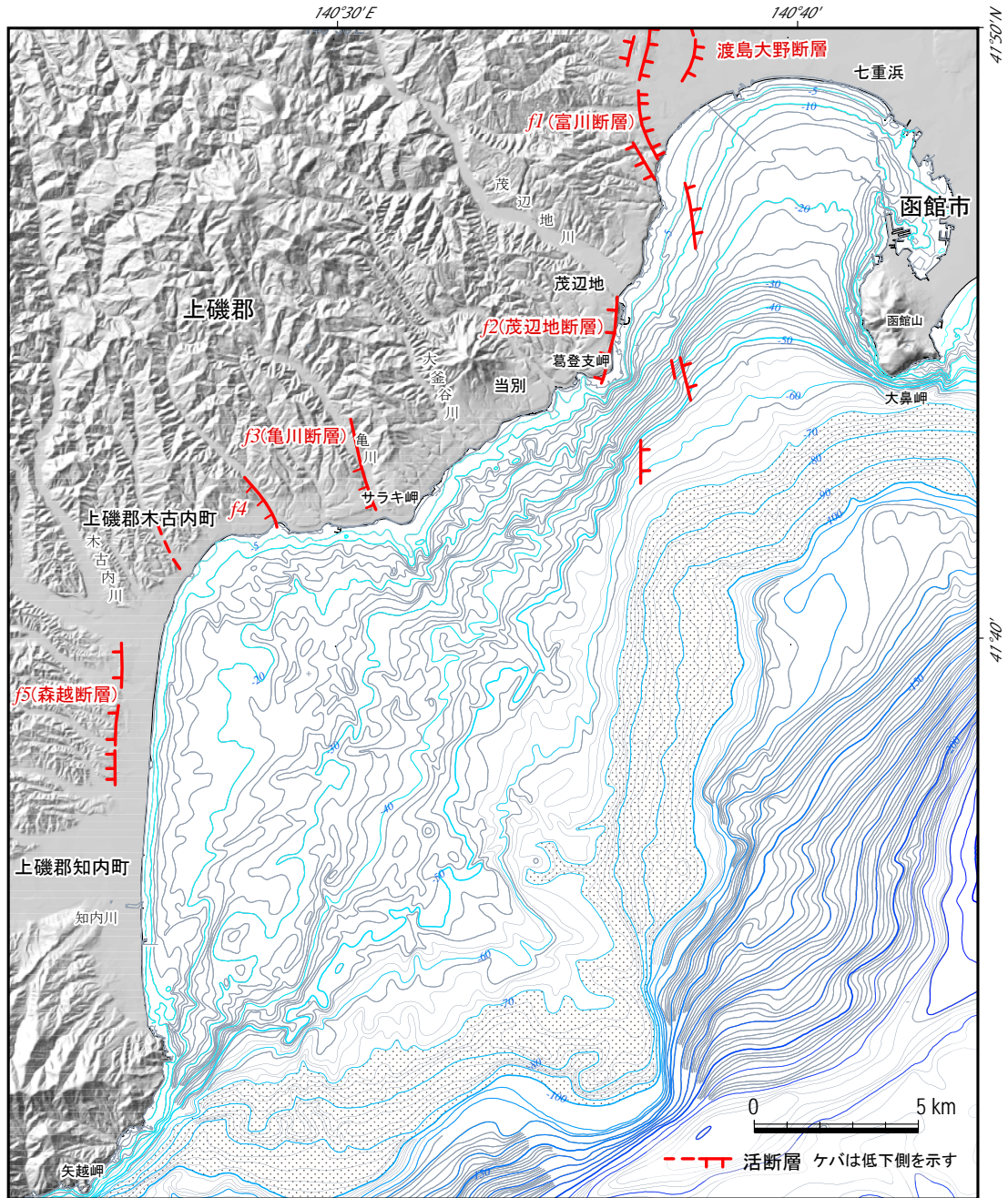
第3図. 高分解能地層探査測線図. 陰影図は国土地理院発行 10 m メッシュ DEM を用いて作成した. 活断層は宮内・八木 (1984), 活断層研究会 (1991), 平川ほか (2000) に基づく.

Fig. 3. Location map of ultrahigh-resolution single channel profiles. Relief map is based on 10-m-mesh DEM published by the Geospatial Information Authority of Japan. Active faults are compiled from Miyauchi and Yagi (1984), the Research Group for Active Faults of Japan (1991), Hirakawa *et al.* (2000).



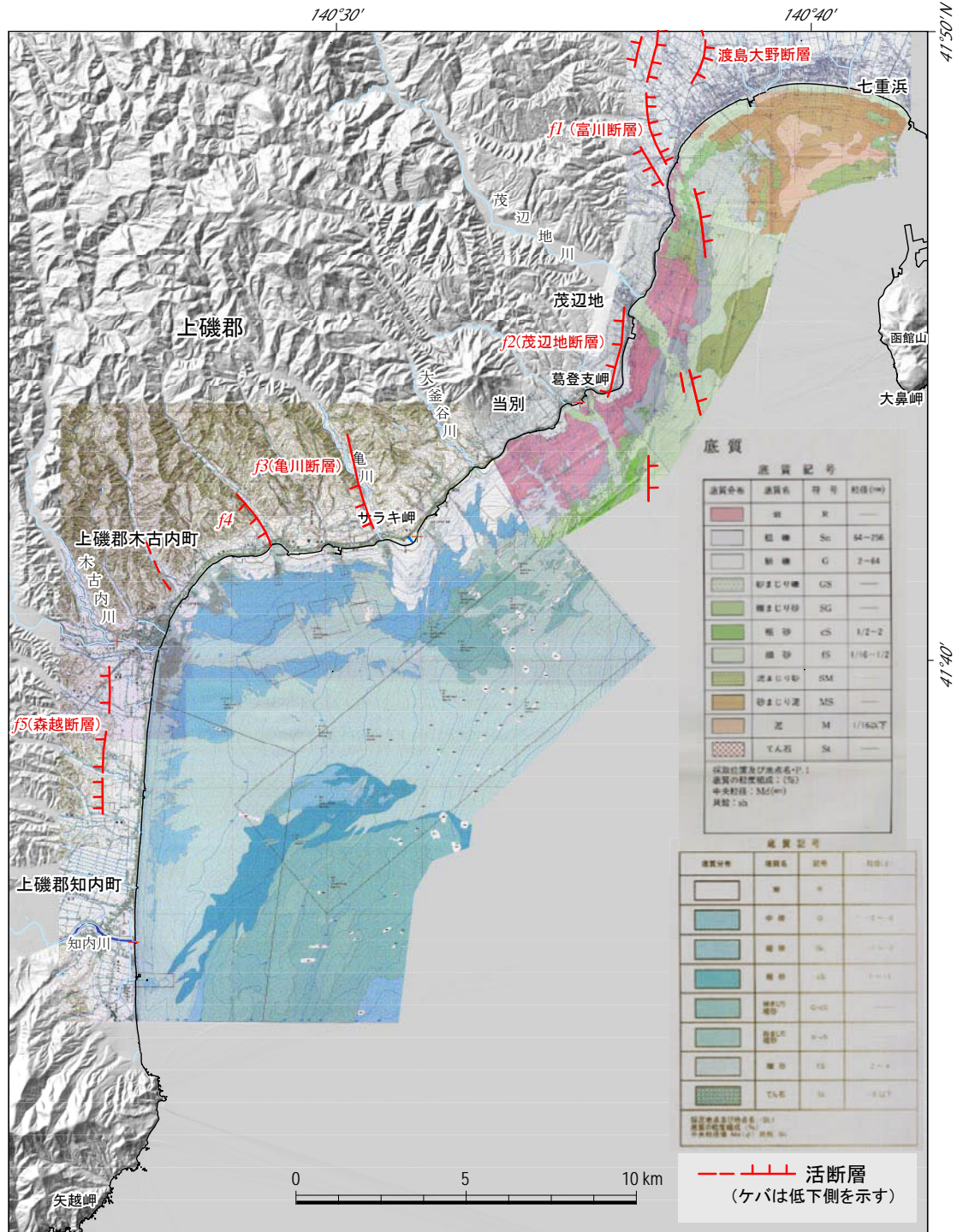
第4図. サラキ岬における海成段丘調査位置図. 基図には小池・町田編 (2001) 日本の海成段丘アトラス中の 1:5 万地形図「函館」を使用した. 右に破線で囲まれた範囲の拡大図を示す.

Fig. 4. Location map of field observations on marine terraces in Saraki Cape. 1:50,000 scale geomorphic map Hakodate in Koike and Machida ed. (2000), Atlas of Quaternary Marine Terraces in the Japanese Island, is used for base map. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is shown on the right.



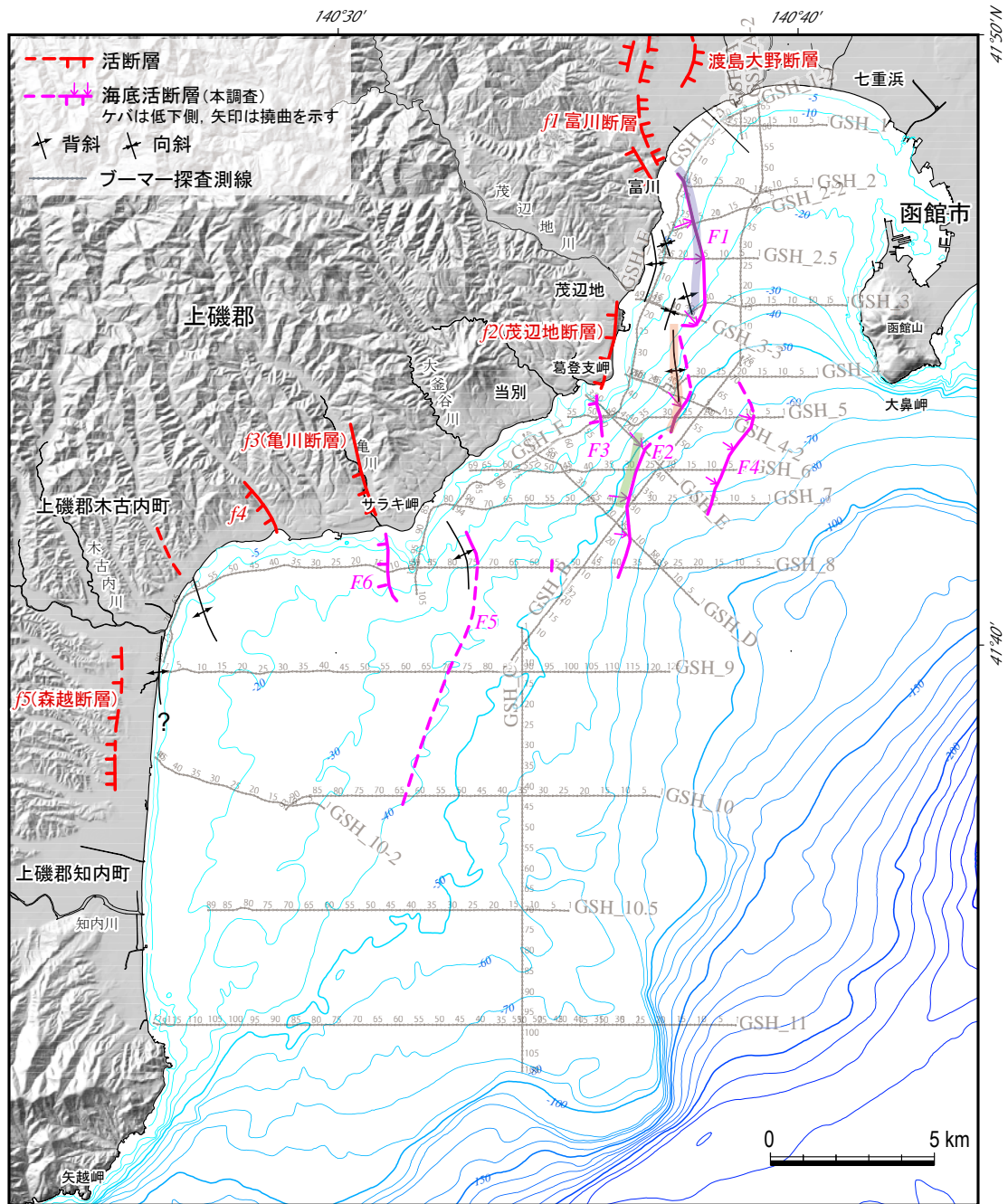
第5図. 函館湾－津軽海峡周辺の海底地形. 海底地形図は日本水路協会発行海底地形デジタルデータ「M7006 津軽海峡東部」に基づく. 活断層は宮内・八木 (1984), 活断層研究会 (1991), 平川ほか (2000), 海上保安庁 (2000) に基づく.

Fig. 5. Submarine Topography in the vicinity of Hakodate Bay and Tsugaru Channel. Bathymetric contour map based on Digital Bathymetric Chart M7006 East Part of Tsugaru kaikyo published by Japan Hydrographic Association. Active faults are compiled from Miyauchi and Yagi (1984), the Research Group for Active Faults of Japan (1991), Hirakawa *et al.* (2000), and Japan Coast Guard (2000).



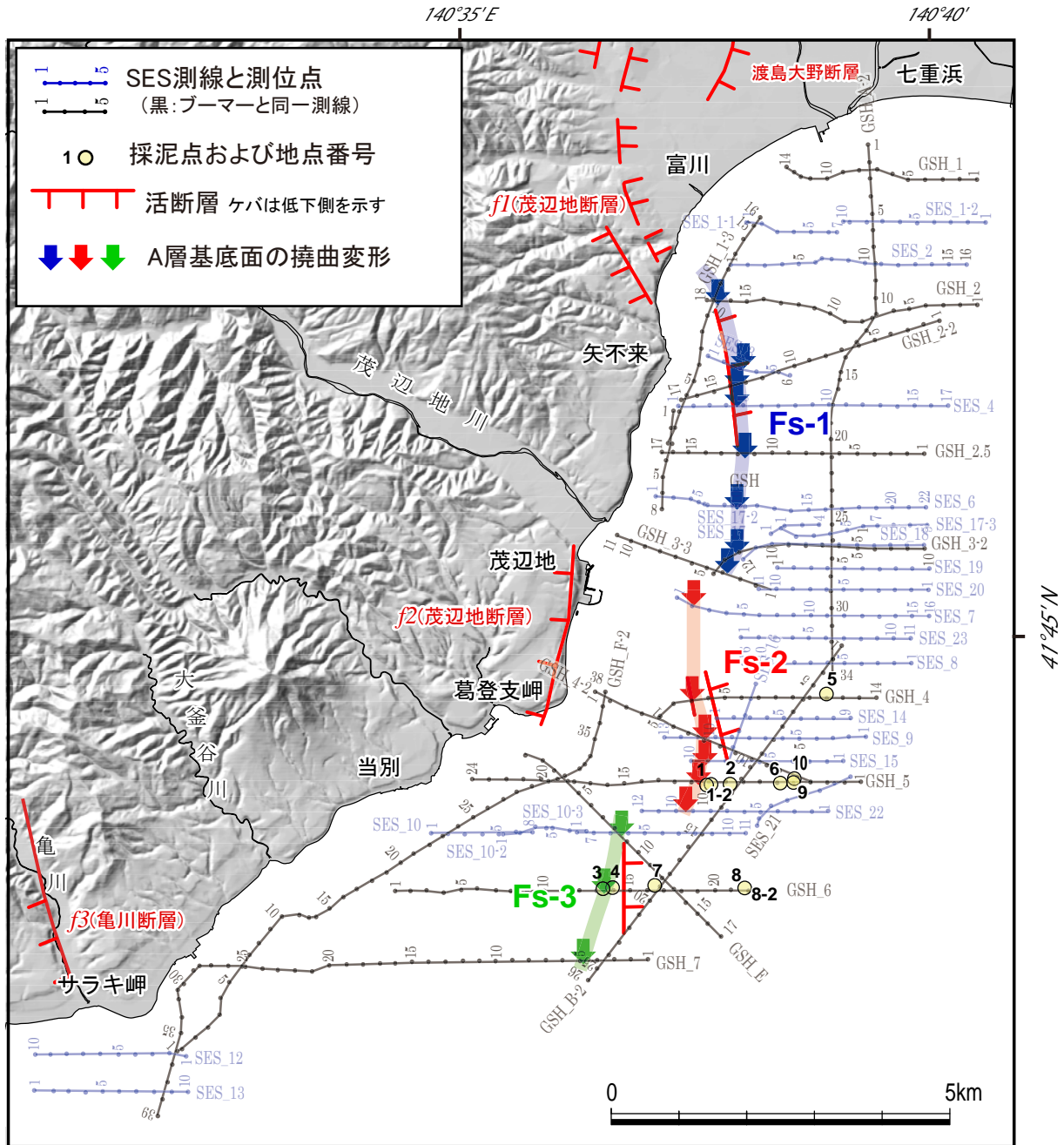
第6図. 函館湾—津軽海峡周辺の底質図. 上磯町上磯地区漁場基本図 1:10000, 木古内町渡島(木古内町)地区漁場環境図 1:25000)による. 活断層は宮内・八木(1984), 活断層研究会(1991), 平川ほか(2000), 海上保安庁(2000)に基づく.

Fig. 6. Subbottom sediment map in the vicinity of Hakodate Bay and Tsugaru Channel compiled from the Kamiiso fishing ground map 1:10,000 scale Kikonai fishing ground environmental map 1:25,000 scale issued by Kikonai fisherman's cooperative association. Active faults are compiled from Miyauchi and Yagi (1984), the Research Group for Active Faults of Japan (1991), Hirakawa *et al.* (2000), and Japan Coast Guard (2000).



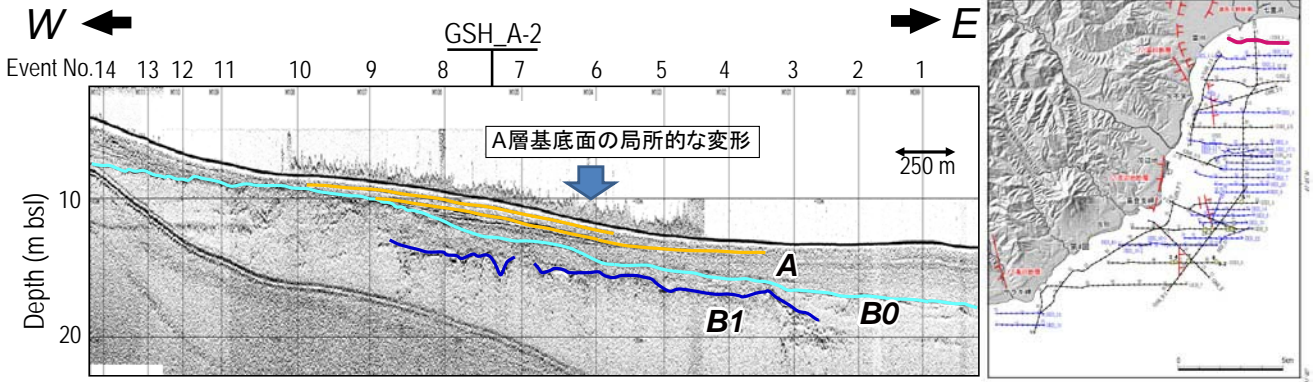
第7図. 調査地域の断層分布図. 陸上の活断層は宮内・八木 (1984) および活断層研究会編 (1991) による. F1~F6断層は本調査による海底活断層分布を示し, F1断層およびF2断層沿いの青・赤・緑太線は, SES 探査で捉えた A 層基底の撓曲構造の分布を示す. 詳細図は第8図に示す.

Fig. 7. Fault distribution in the research area based on the seismic profiles. On shore active faults are from Miyauchi and Yagi (1984) and the Research Group for Active Faults of Japan (1991). The F1-F6 faults are offshore active fault determined by this study. Thick blue, red, and green line show the distribution of the active flexures on base of the A layer. The detail map is shown in Fig. 8.

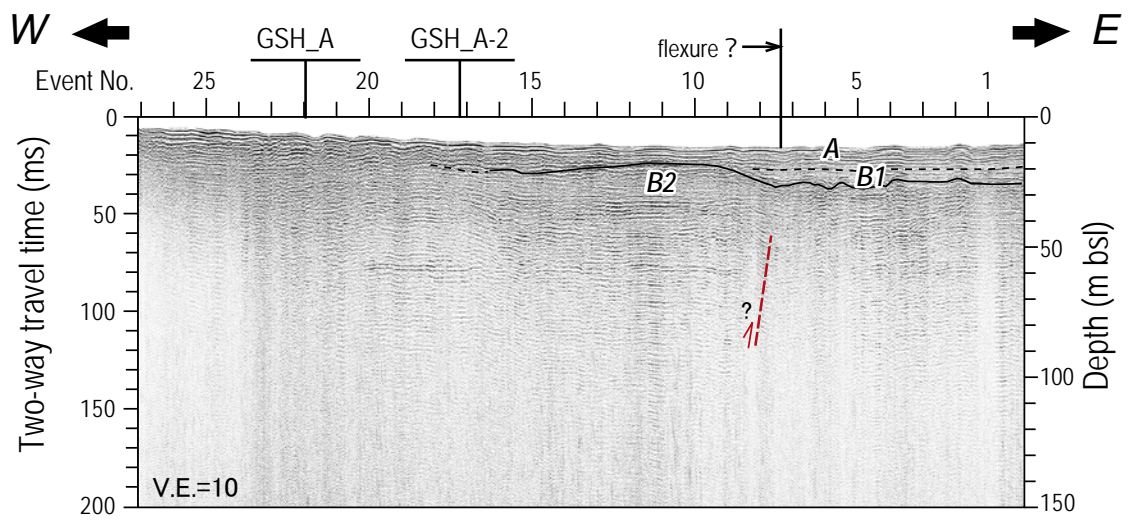


第 8 図. A 層基底面に確認された撓曲変形の位置.
 Fig. 8. Location of folds on the base of Layer A inferred by SES profiles.

GSH_1 (SES profile)



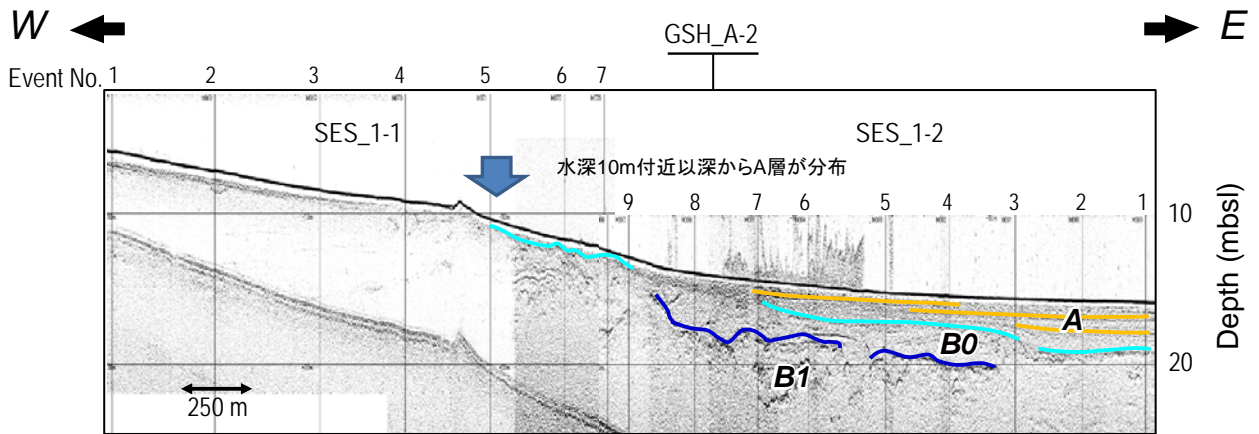
GSH_1 (Boomer profile)



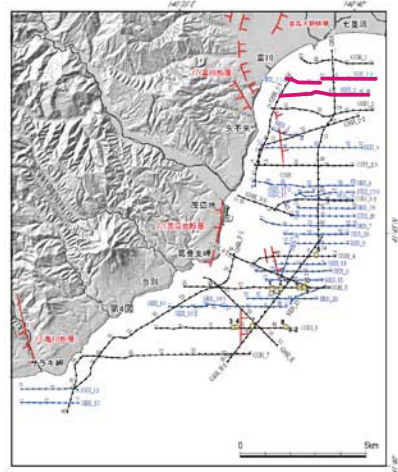
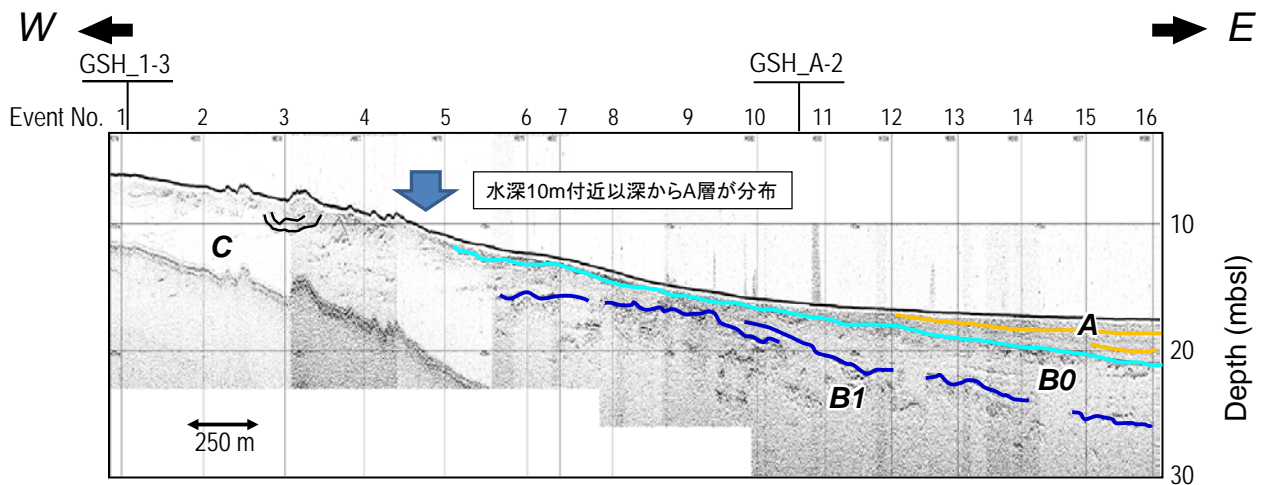
第9図. GSH_1 測線の解釈断面. 上: SES 断面, 下: ブーマー断面.

Fig. 9. Interpreted seismic section of GSH_1. Top: SES profile, bottom: Boomer profile.

SES_1 (SES profile)

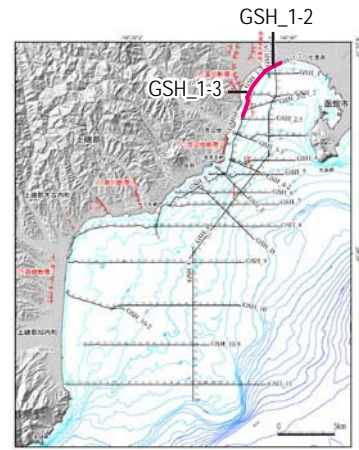
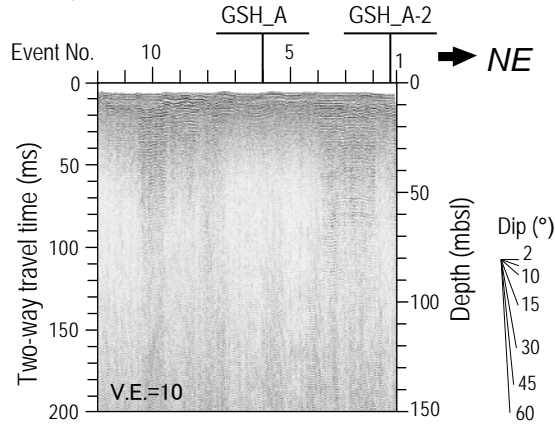


SES_2 (SES profile)

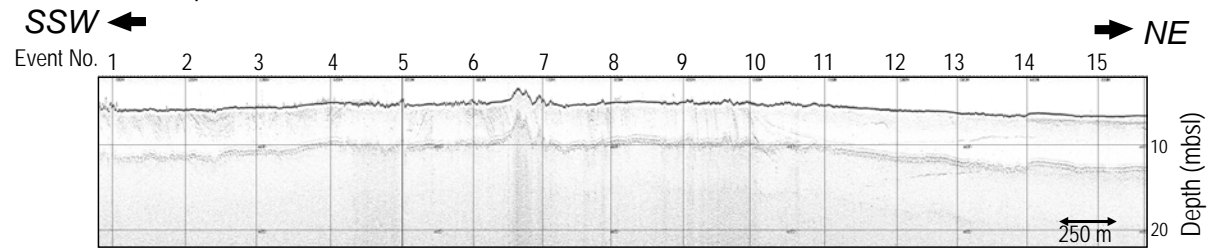


第10図. SES_1 (上) および SES_2 測線 (下) の解釈断面.
 Fig. 10. Interpreted seismic section of SES_1 (top) and SES_2 (bottom).

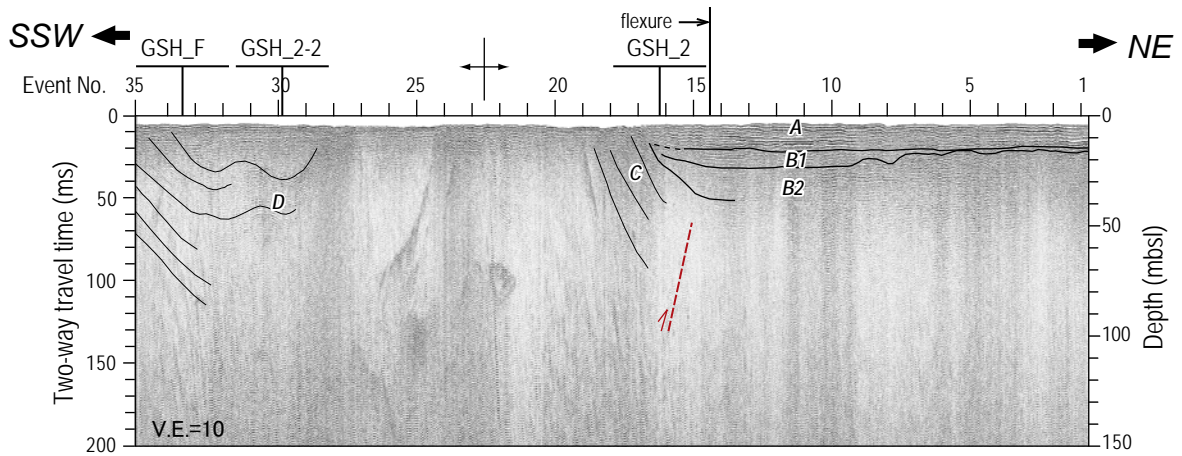
GSH_1-2 (Boomer profile)



GSH_1-3 (SES profile)

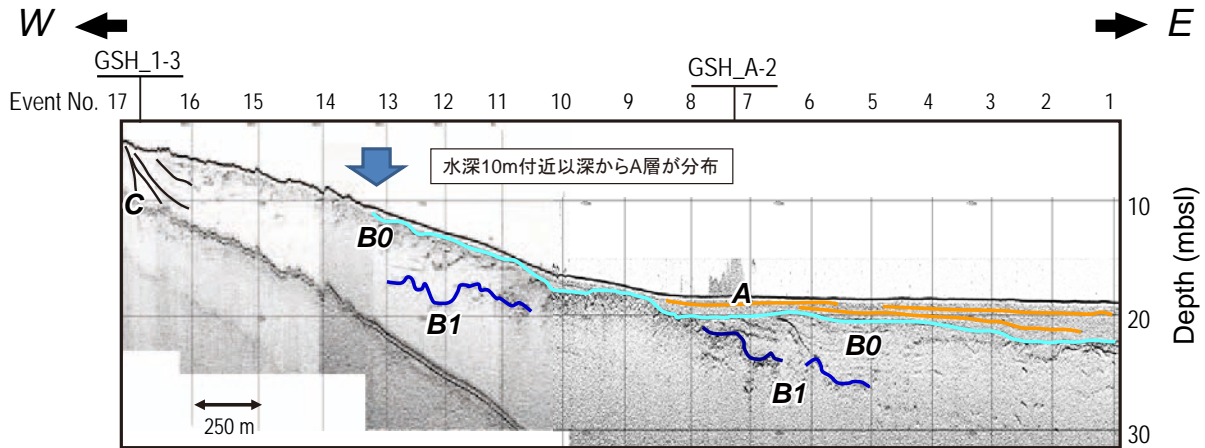


GSH_1-3 (Boomer profile)

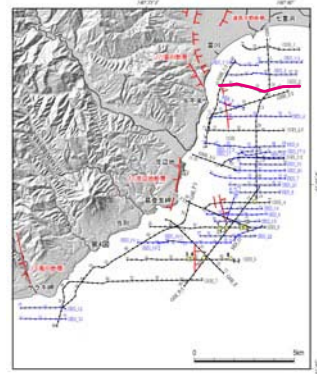
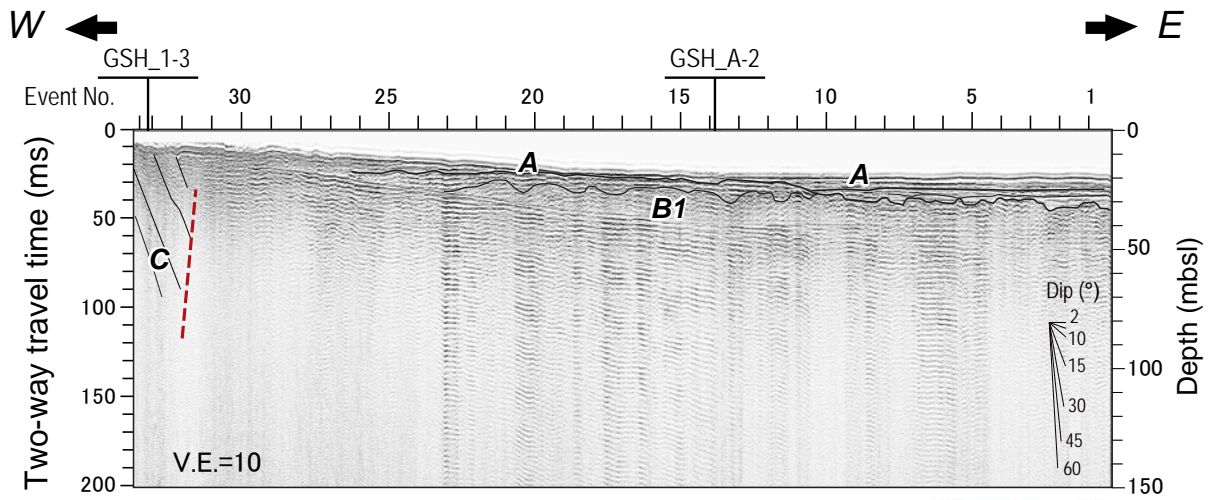


第 11 図. GSH_1-2 および GSH_1-3 測線の解釈断面. 上:GSH_1-2 ブーマー断面, 中:GSH_1-3SES 断面,
下: GSH_1-3 ブーマー断面.
Fig. 11. Interpreted seismic section of GSH_2.5. Top: SES profile of GSH_1-2, middle: SES profile of GSH_1-3,
bottom: Boomer profile of GSH_1-3.

GSH_2 (SES profile)



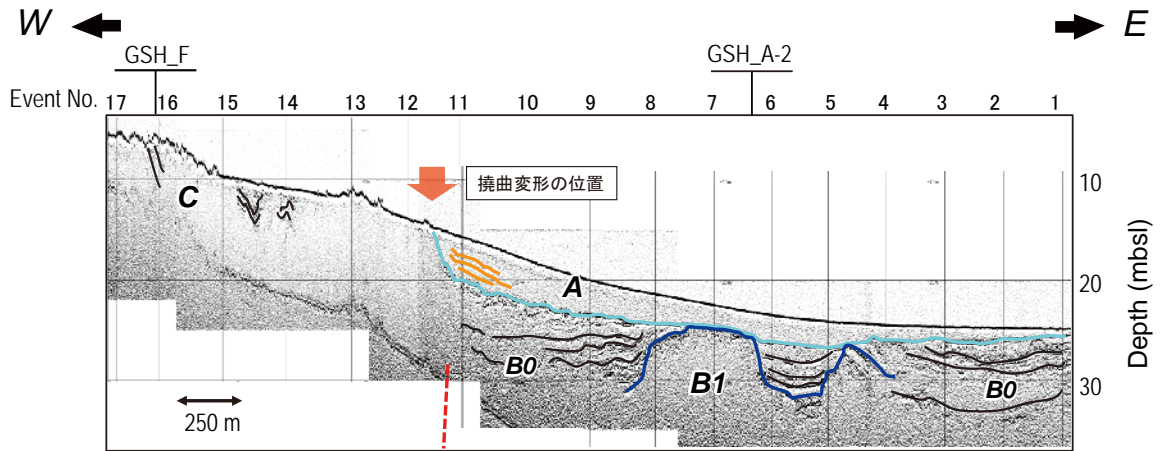
GSH_2 (Boomer profile)



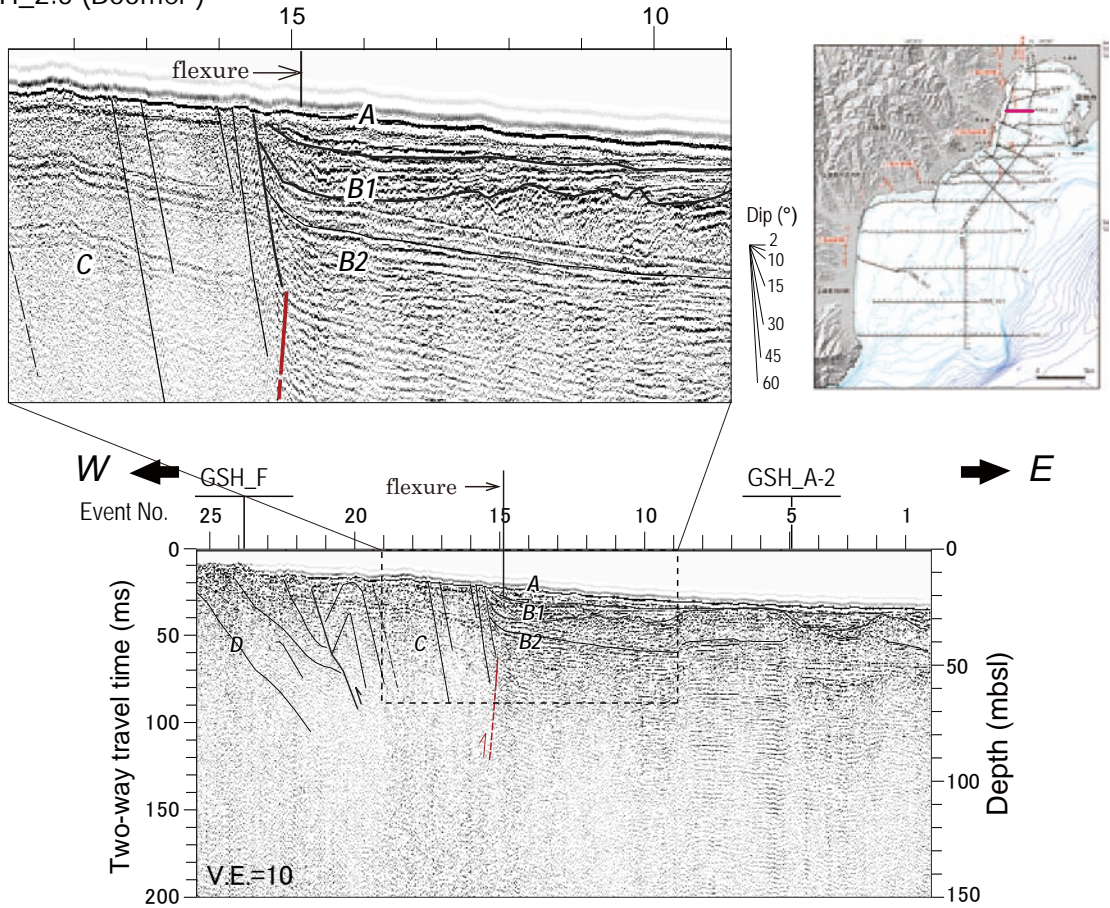
第 12 図. GSH_2 測線の解釈断面. 上: SES 断面, 下: ブーマー断面.

Fig. 12. Interpreted seismic section of GSH_2. Top: SES profile, bottom: Boomer profile.

GSH_2.5 (SES profile)



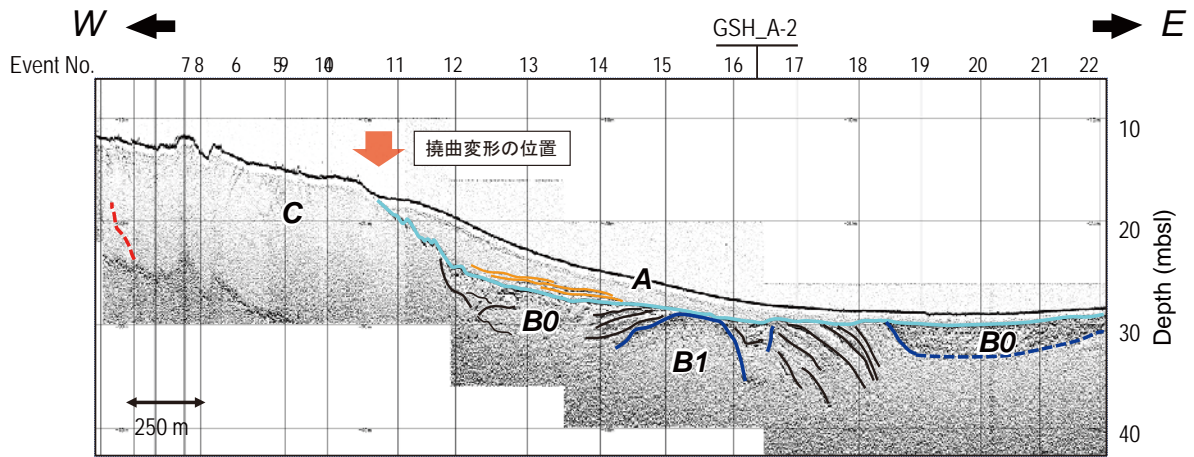
GSH_2.5 (Boomer)



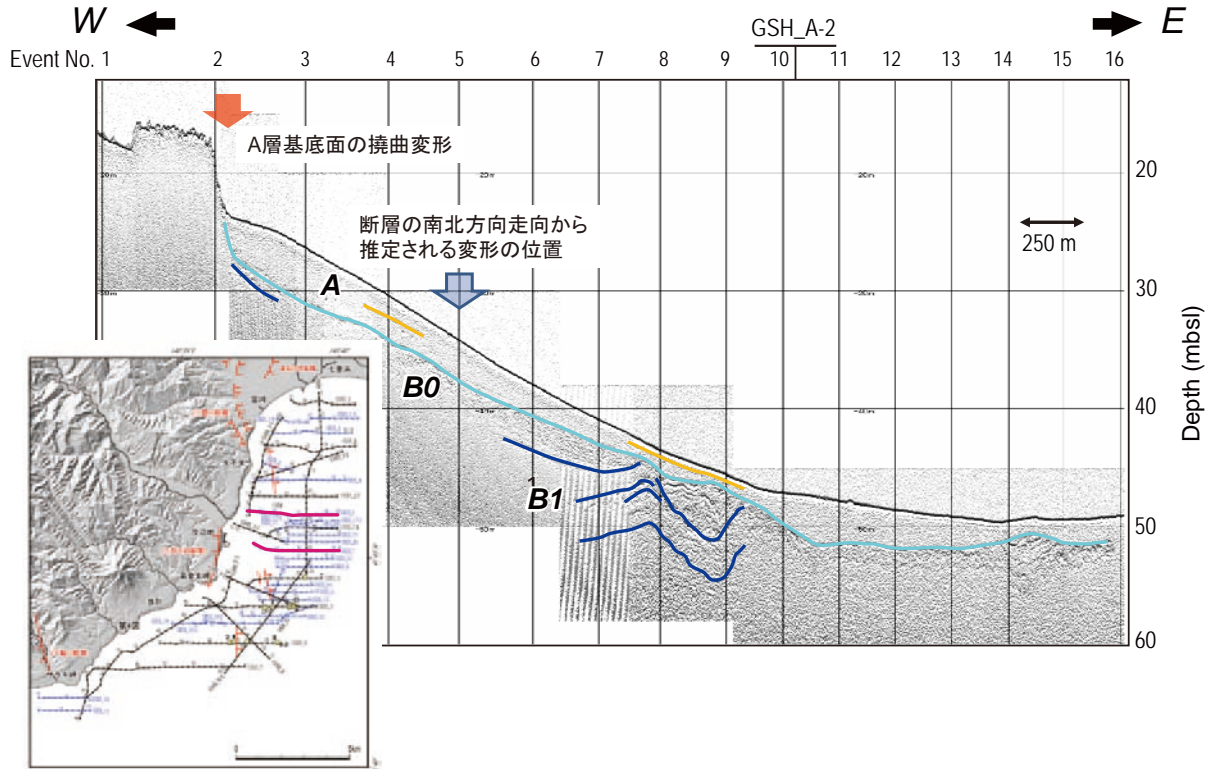
第 13 図. GSH_2.5 測線の解釈断面. 上: SES 断面, 下: ブーマー断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.

Fig. 13. Interpreted seismic section of GSH_2.5. Top: SES profile, bottom: Boomer profile. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is also shown.

SES_6 (SES profile)

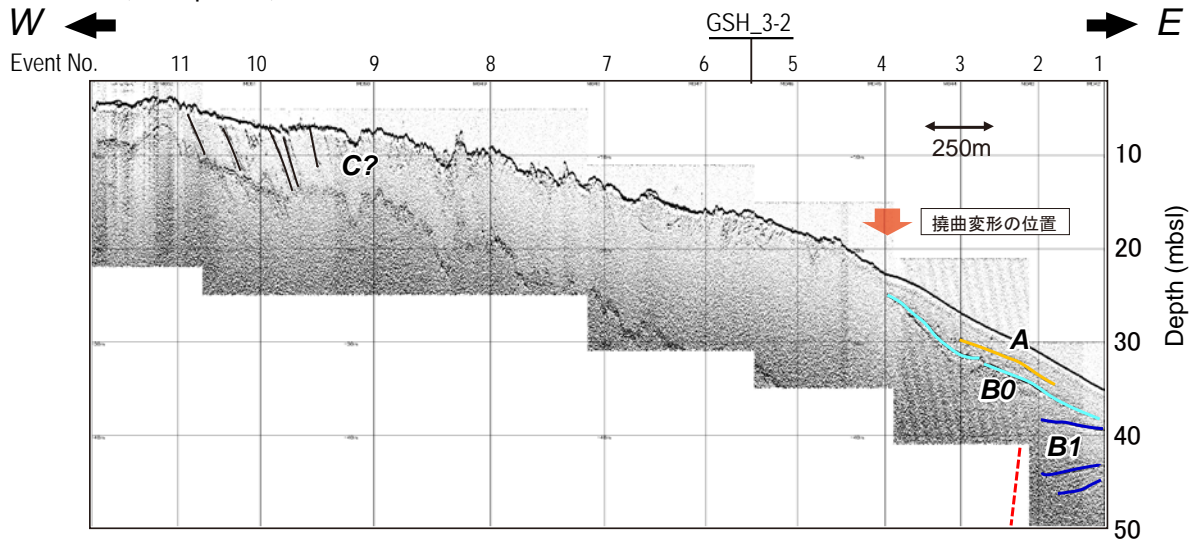


SES_7 (SES profile)

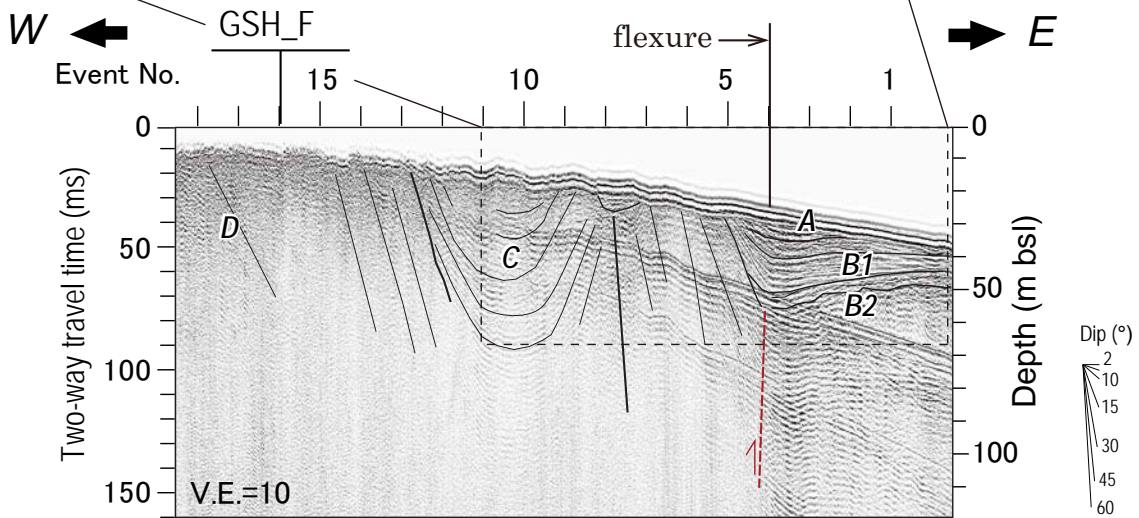
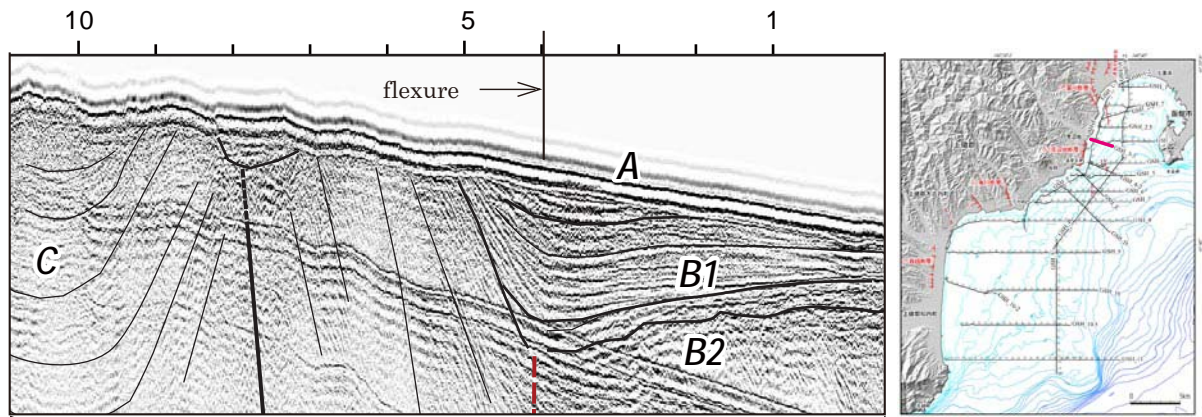


第14図. SES_6 (上) および SES_7 測線 (下) の解釈断面.
 Fig. 14. Interpreted seismic section of SES_6 (top) and SES_7 (bottom).

GSH_3-3 (SES profile)



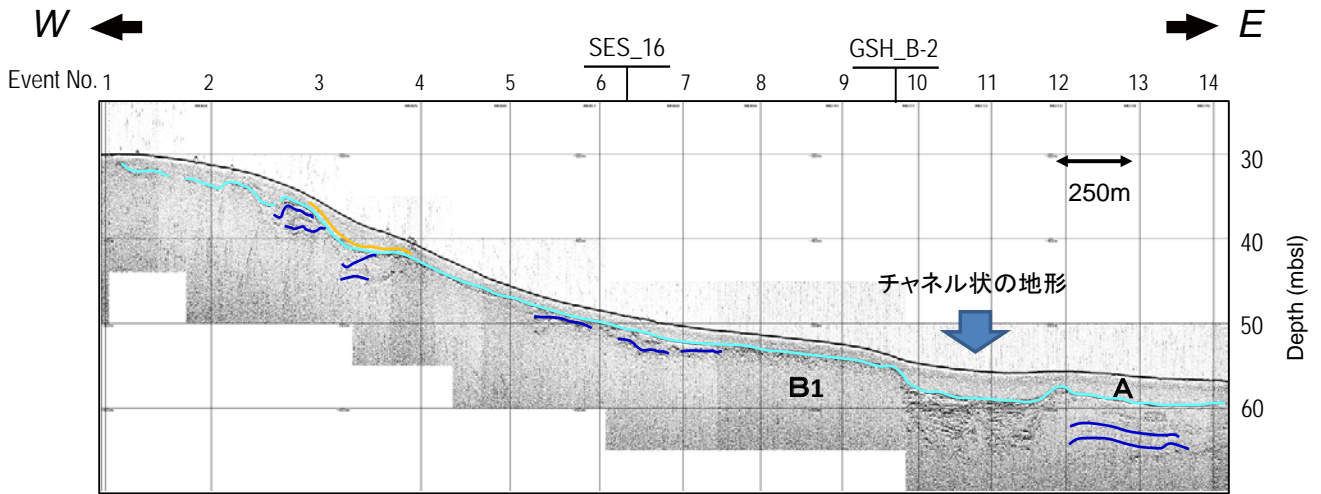
GSH_3-3 (Boomer profile)



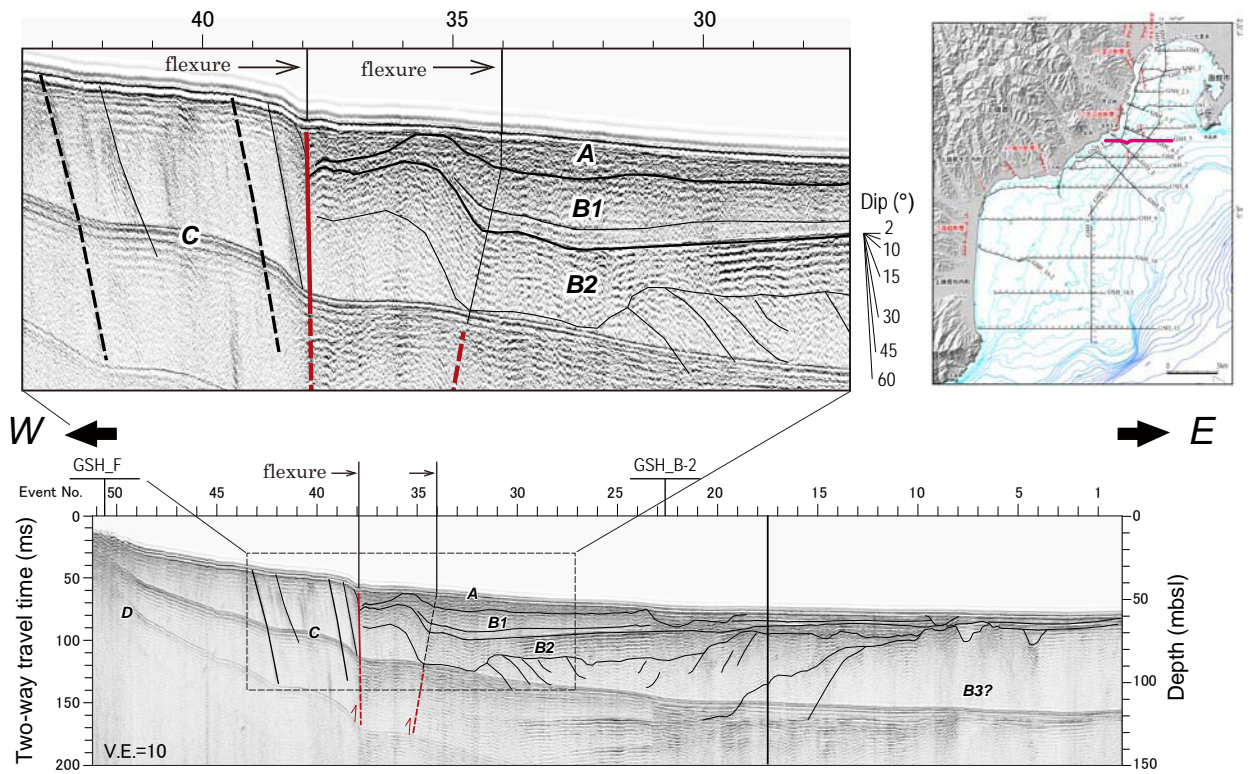
第 15 図. GSH_3-3 測線の解釈断面. 上: SES 断面, 下: ブーマー断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.

Fig. 15. Interpreted seismic section of GSH_2.5. Top: SES profile, bottom: Boomer profile. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is also shown.

GSH_4 (SES profile)

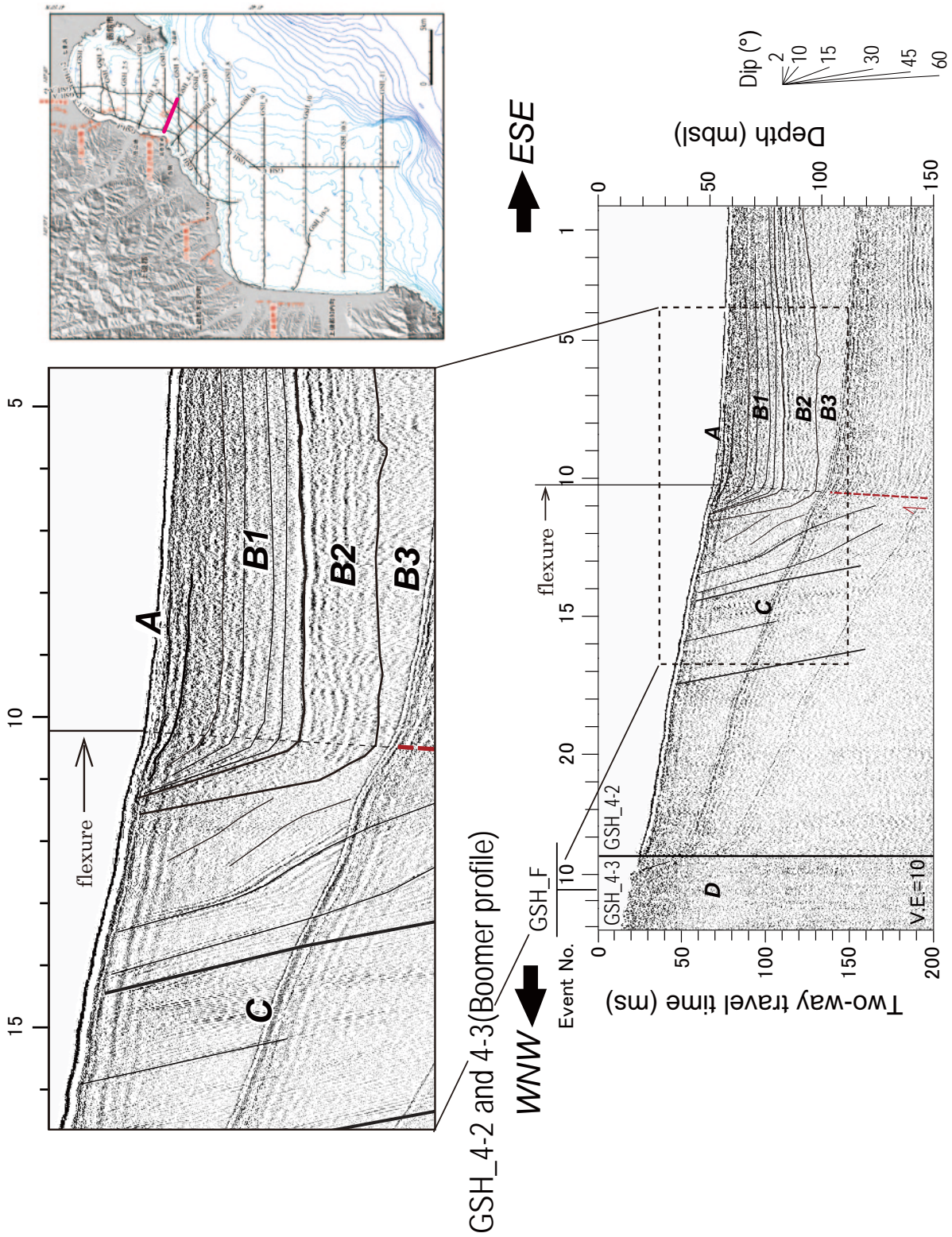


GSH_4 (Boomer profile)

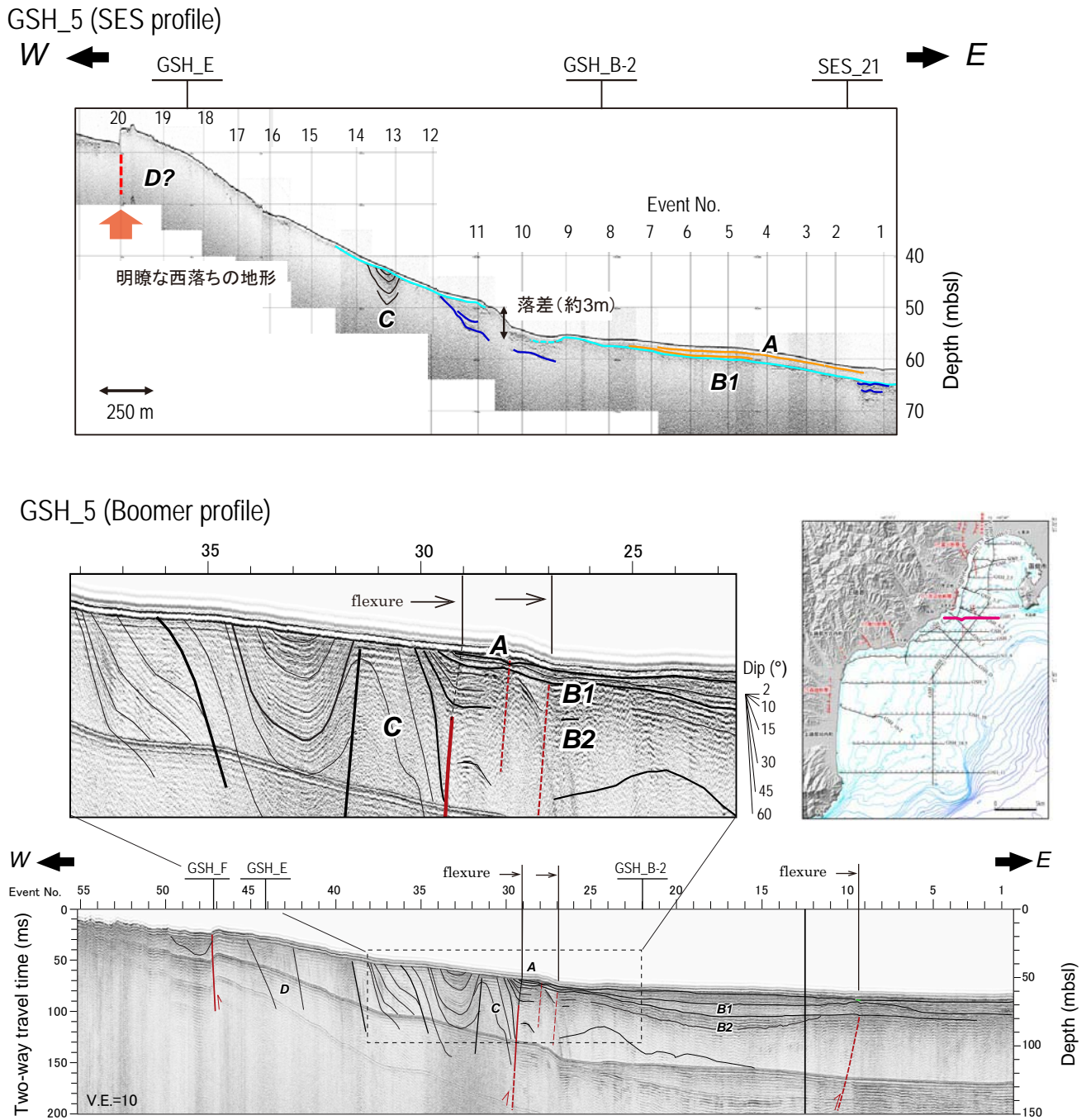


第16図. GSH_4 測線の解釈断面. 上: SES 断面, 下: ブーマー断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.

Fig. 16. Interpreted seismic section of GSH_4. Top: SES profile, bottom: Boomer profile. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is also shown.

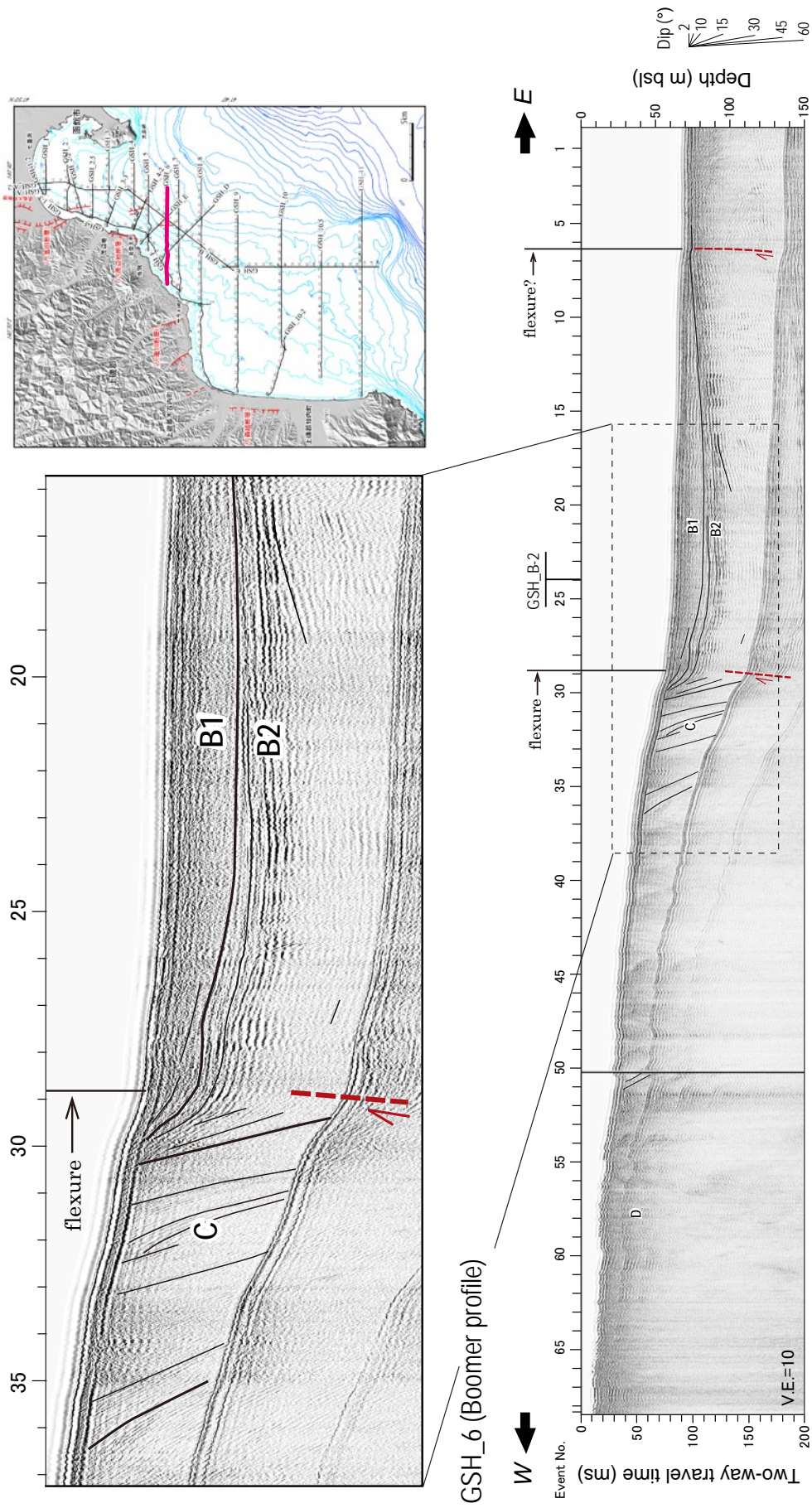


第17図. GSH_4-2およびGSH_4-3測線の解釈断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.
 Fig. 17. Interpreted multichannel high-resolution seismic profile of GSH_4-2, and GSH_4-3. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is shown.

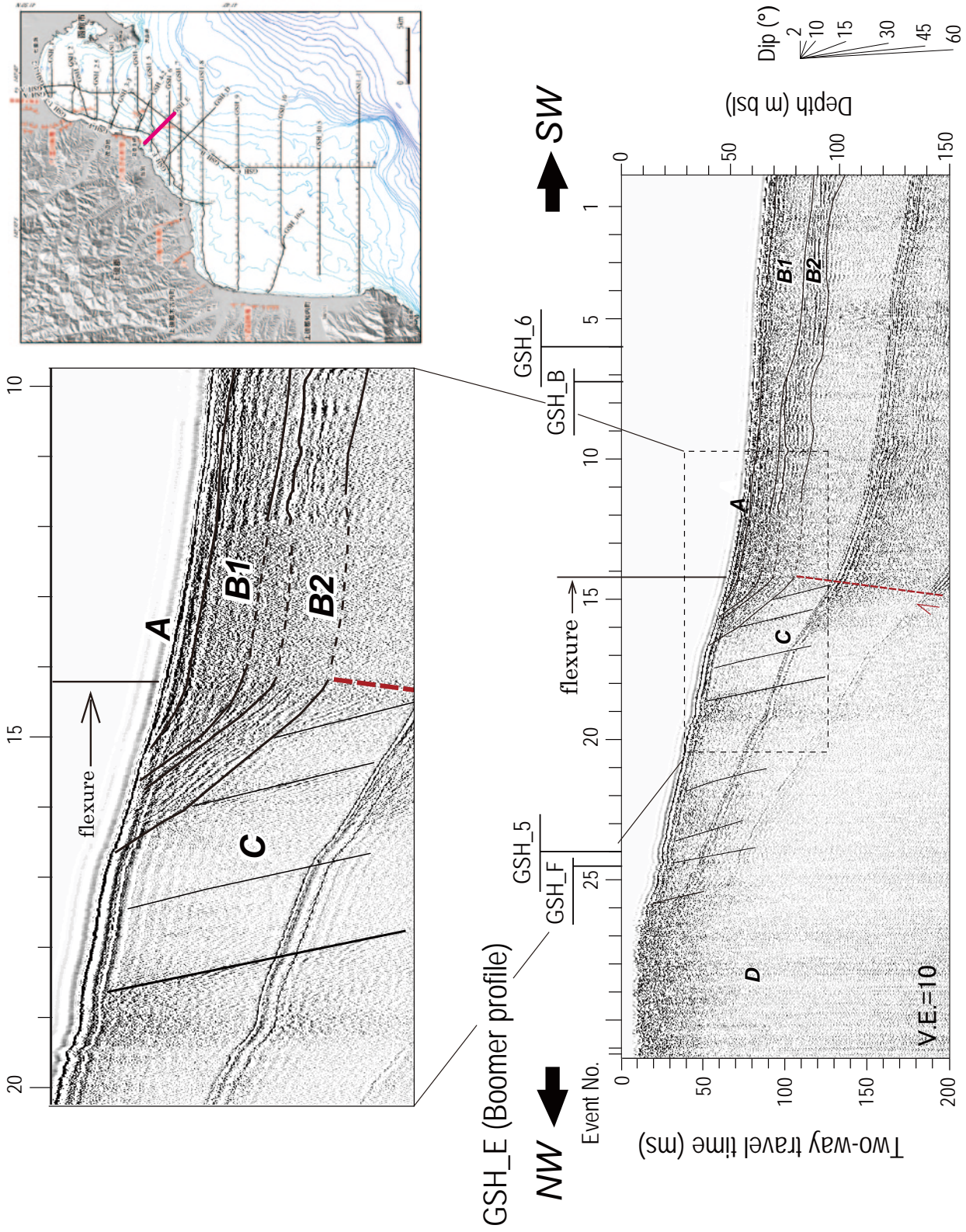


第 19 図. GSH_5 測線の解釈断面. 上: SES 断面, 下: ブーマー断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.

Fig. 19. Interpreted seismic section of GSH_5. Top: SES profile, bottom: Boomer profile. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is also shown.

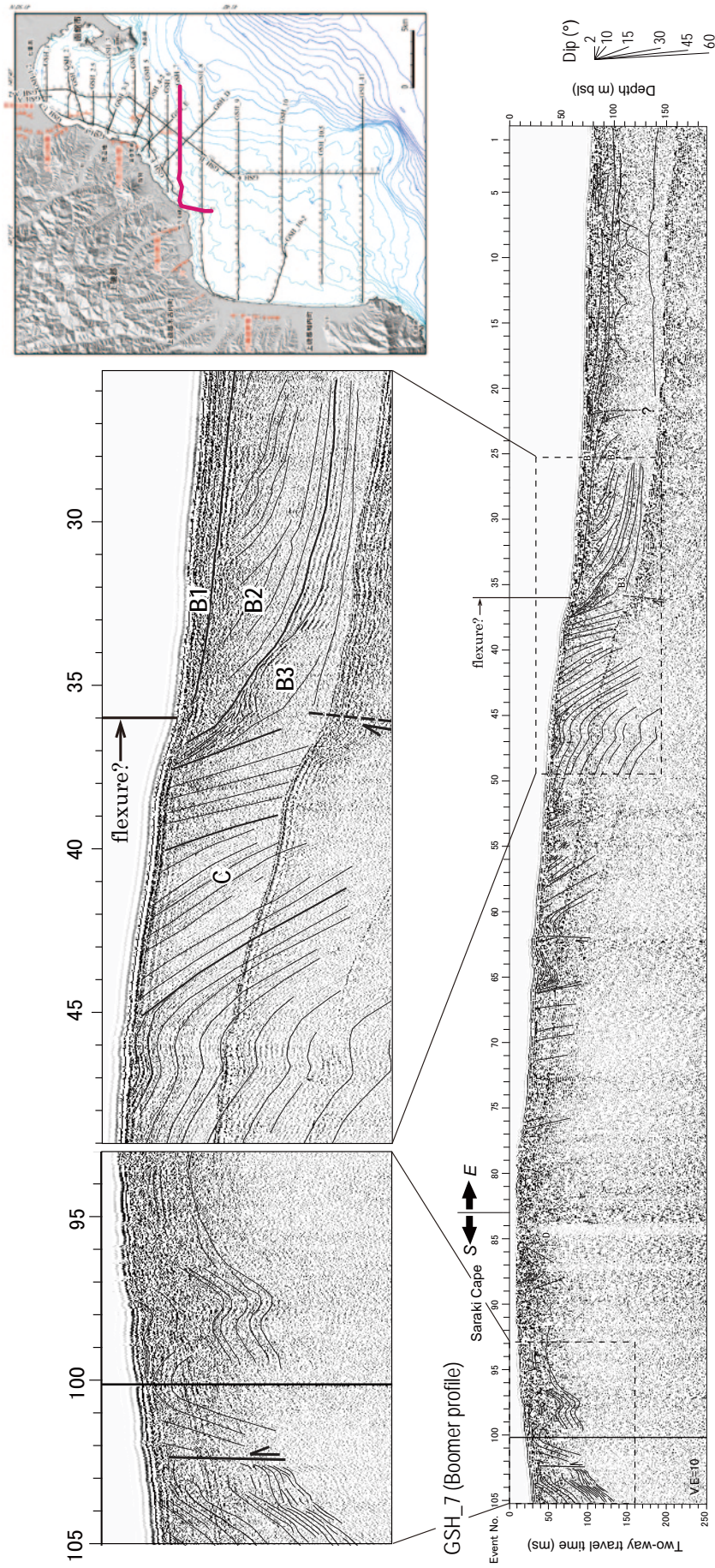


第20図. GSH_6測線の解釈断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.
 Fig. 20. Interpreted seismic profile of GSH_6. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is also shown.



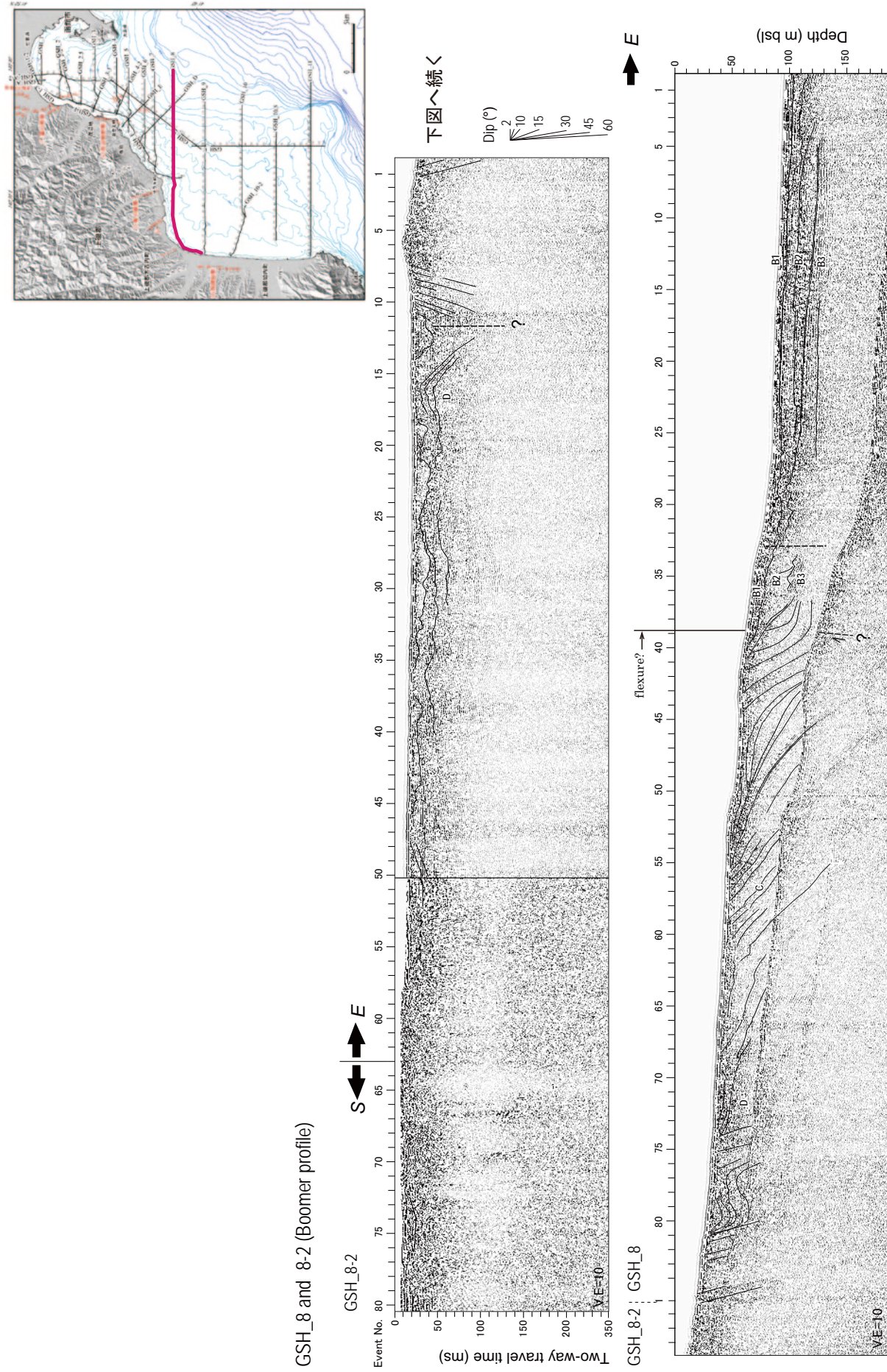
第21図. GSH_E測線の解釈断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.

Fig. 21. Interpreted seismic profile of GSH_E. An enlarged figure of the area enclosed by dashed line is also shown.

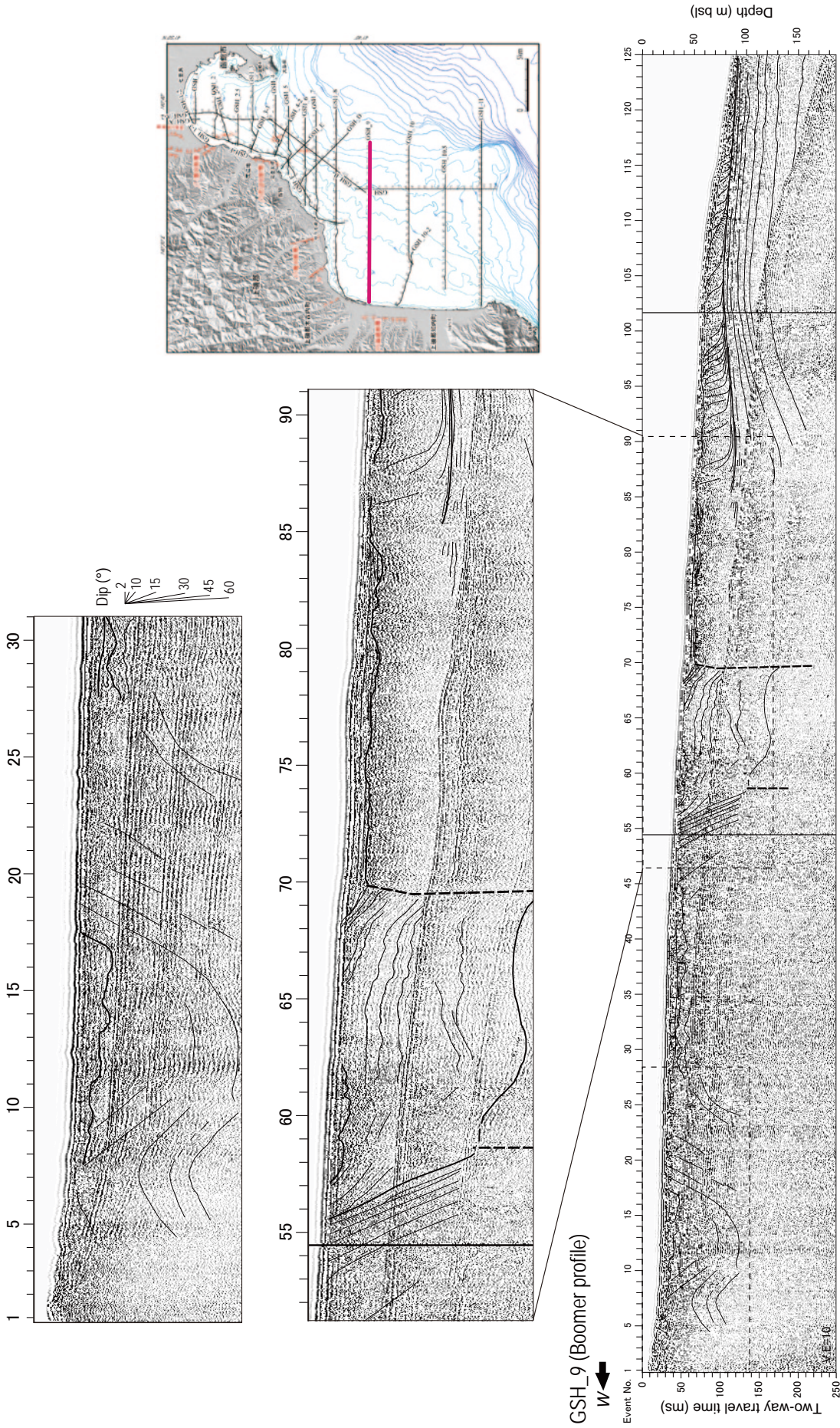


第22図. GSH_7測線の解釈断面. 破線で囲まれた範囲の拡大図をあわせて示す.

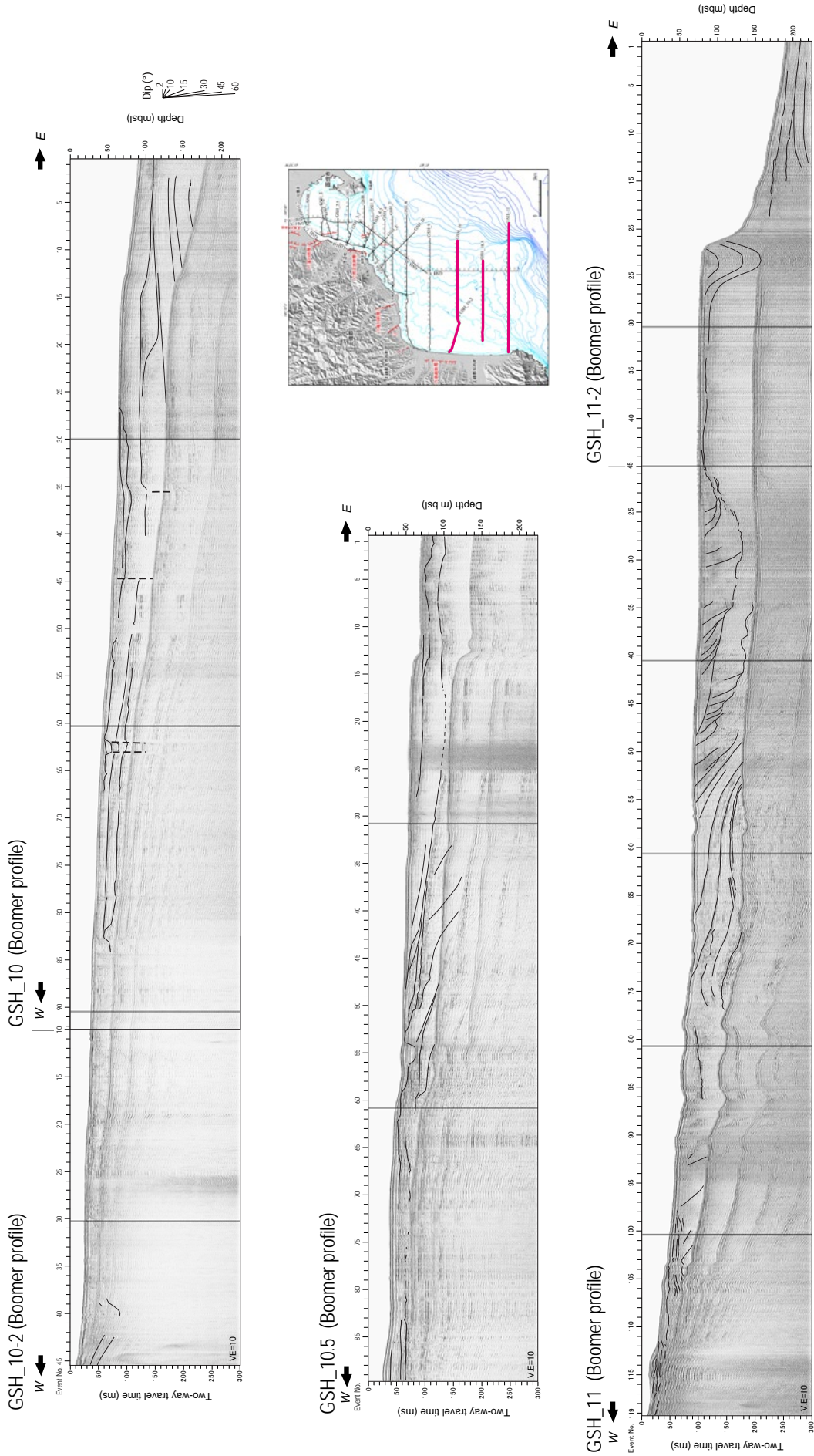
Fig. 22. Interpreted seismic profile of GSH_7. Enlarged figures of the areas enclosed by dashed lines are also shown.



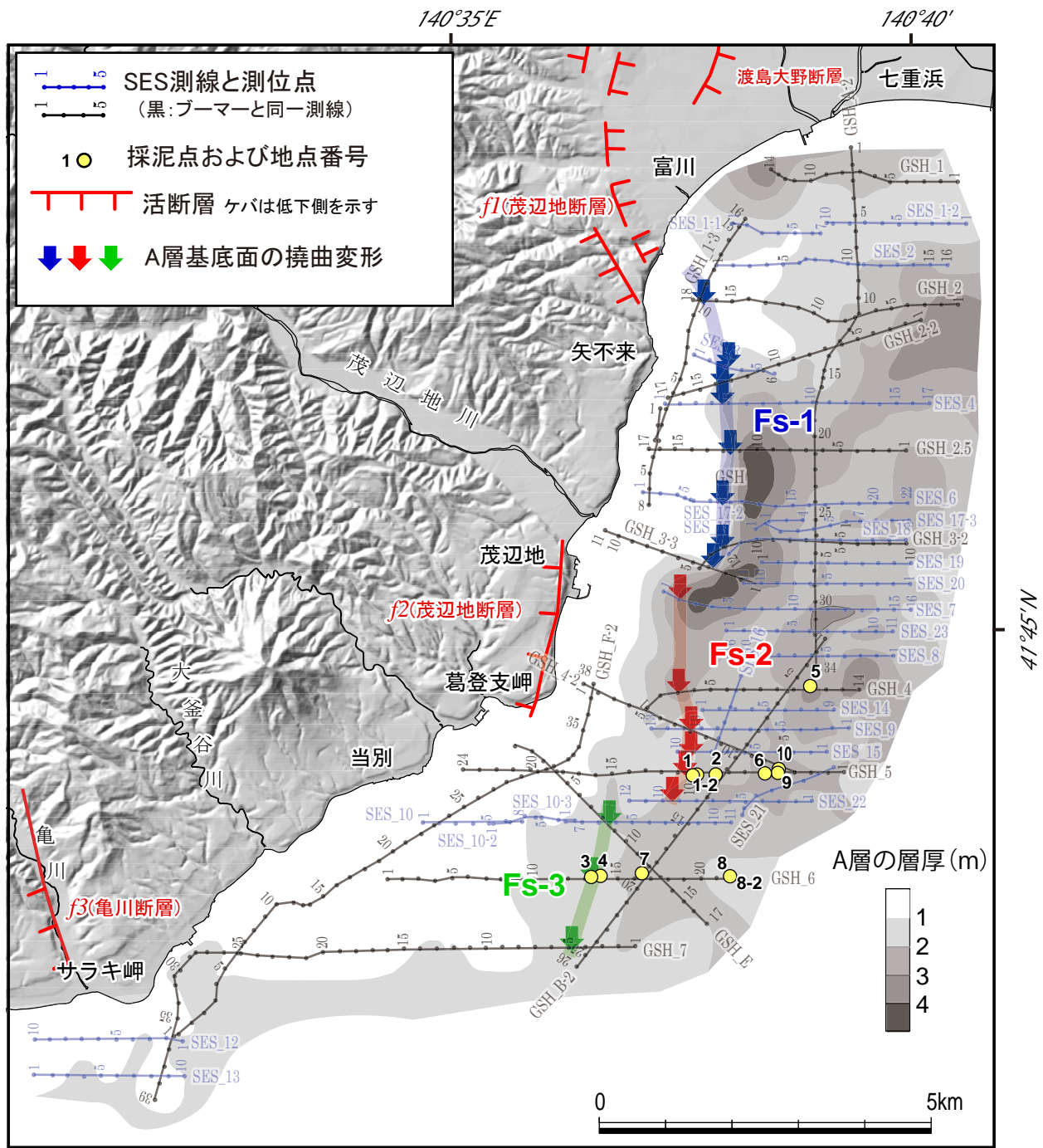
第23図. GSH_8およびGSH_8-2測線の解釈断面。
Fig. 23. Interpreted seismic profile of GSH_8, and GSH_8-2.



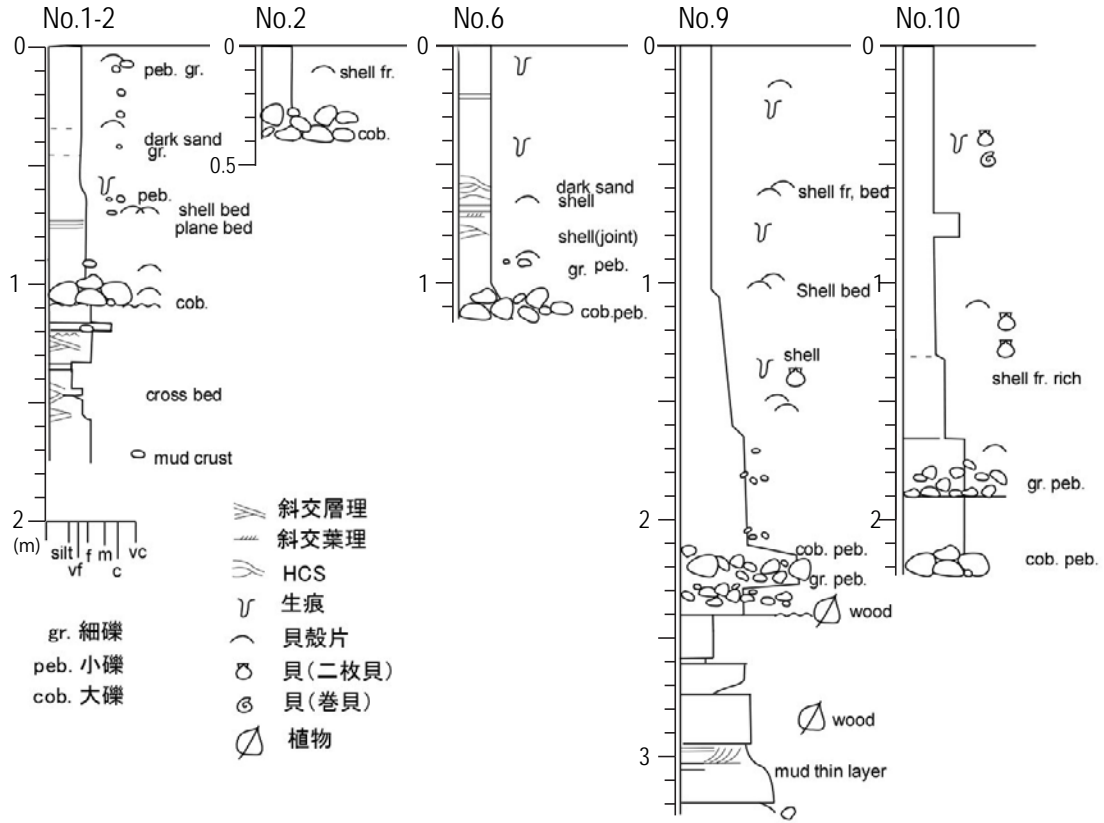
第24図. GSH_9測線の解釈断面. 上段と中段に破線で囲まれた範囲の拡大図を示す.
 Fig. 24. Interpreted seismic profile of GSH_9. Enlarged figures of the areas enclosed by dashed lines are shown in top and middle panels.



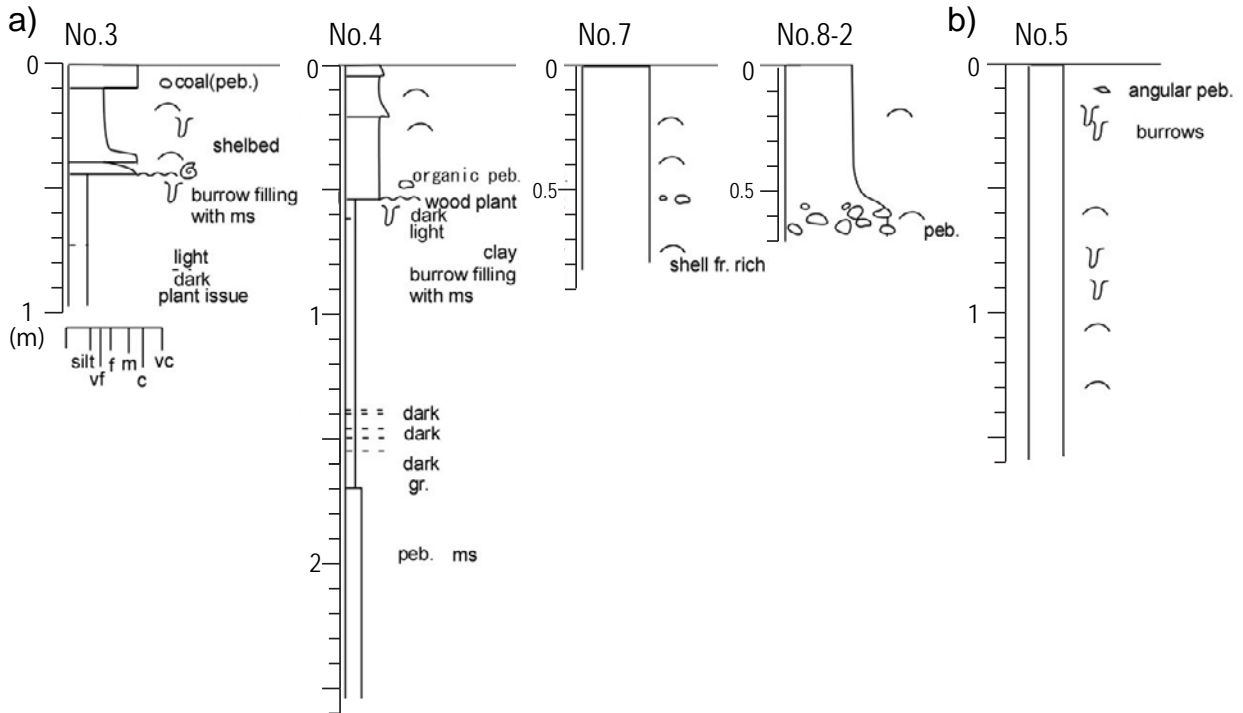
第25図. GSH_10 および GSH_10-2 (上), GSH_10.5 (中), GSH_11 および GSH_11-2 (下) 測線の解釈断面。
 Fig. 25. Interpreted seismic profile of GSH_10 and GSH_10-2 (top), GSH_10.5 (middle), GSH_11 and GSH_11-2 (bottom).



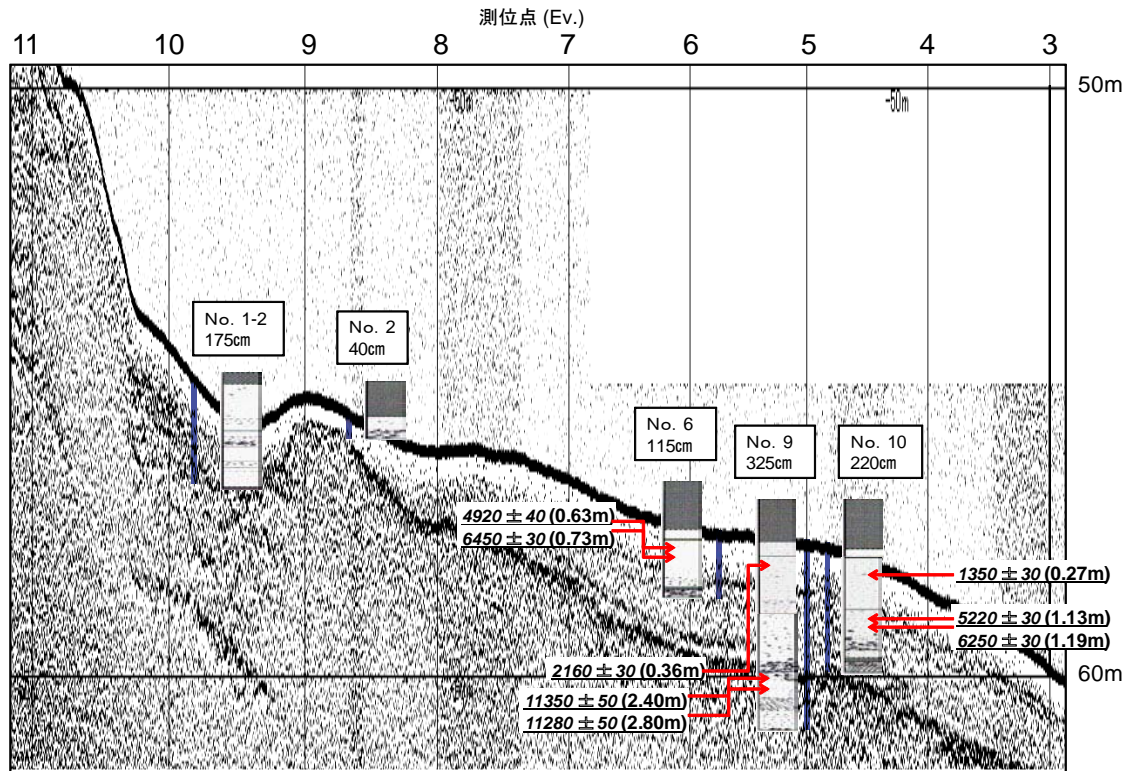
第26図. 最上位層 (A層) 等層厚線図.
 Fig. 26. Isopach map of the top layer (Layer A) based on SES profiles.



第 27 図. GSH-5 測線上のコア柱状図.
 Fig. 27. Columnar section of cores on GSH_5 seismic line.

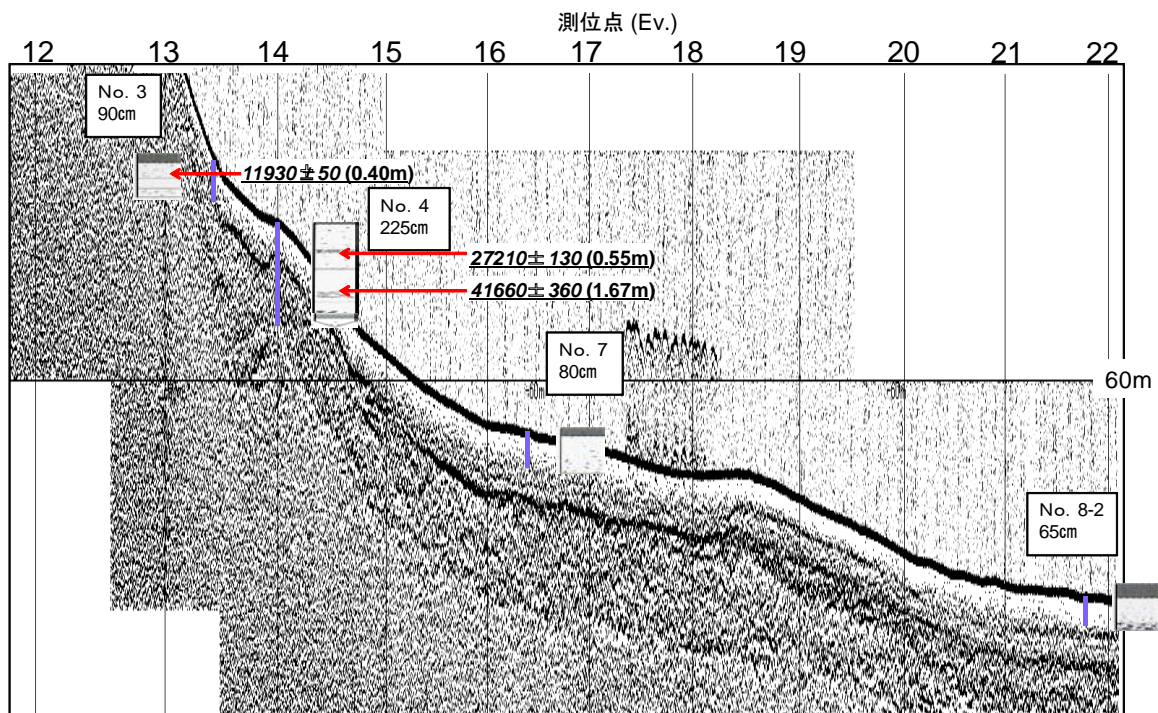


第 28 図. GSH-6 測線 (A), GSH-4 測線 (B) 上のコア柱状図.
 Fig. 28. Columnar sections of cores on GSH_6 (a) and GSH_4 (b) seismic lines.



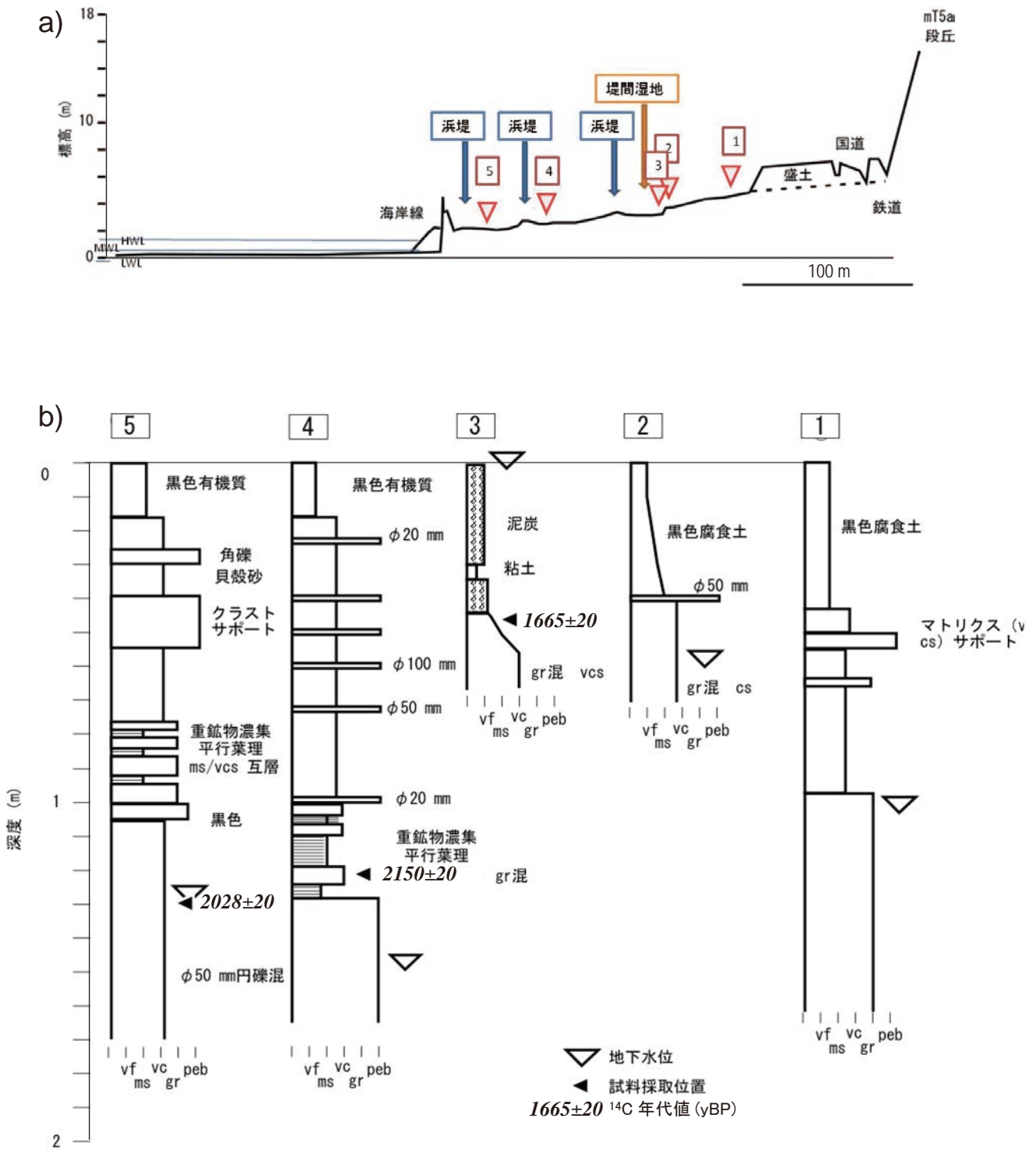
第 29 図. GSH_5 測線の解釈断面図およびコア柱状図. 斜体文字は, 補正 ^{14}C 年代 (yBP) を示す. () 内の値はコア上端からの ^{14}C 試料採取深度を示す.

Fig. 29. Interpreted SES profile of GSH_5 and columnar section of cores. Conventional ^{14}C ages (yBP) are shown in italics. Values enclosed by parentheses indicate ^{14}C sampling depth (m) from the top of core.



第 30 図. GSH_6 測線の解釈断面図およびコア柱状図. 斜体文字は, 補正 ^{14}C 年代 (yBP) を示す. () 内の値はコア上端からの ^{14}C 試料採取深度を示す.

Fig. 30. Interpreted SES profile of GSH_6 and columnar section of cores. Conventional ^{14}C ages (yBP) are shown in italics. Values enclosed by parentheses indicate ^{14}C sampling depth (m) from the top of core.



第 31 図. サラキ岬における海成段丘の地形断面 (a) とピットの柱状図 (b). 囲み数字はピットの位置, 完新世段丘を区分する段差はピット 2 と 3 の間に位置する. 斜体文字は, 補正 ^{14}C 年代 (yBP) を示す.

Fig. 31. Topographic profile (a) and columnar sections of pits (b) at Saraki Cape. Enclosed numbers represent the location number of pits. Step which divide Holocene terrace are located between Pit 2 and Pit 3. Conventional ^{14}C ages (yBP) are shown in italics.