

勇払周辺の新たな反射法地震探査データの解析

Processing of seismic reflection survey data newly conducted around the Yufutsu area, Hokkaido, Japan

横倉隆伸¹・山口和雄¹・岡田真介²

Takanobu Yokokura¹, Kazuo Yamaguchi¹ and Shinsuke Okada²

¹ 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

² 東北大学災害科学国際研究所 (International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University)

Abstract: We carried out gathering and compiling the basic geophysical data to reveal the subsurface structure of the Yufutsu area, Hokkaido, Japan, under the AIST project "Investigations on Geology and Active Faults in the Coastal Zone of Japan". In this report we discuss on acquisition and processing of newly conducted five seismic reflection surveys and on re-processing of one old seismic reflection survey. The new surveys are as follows: the GSJ-Yufutsu-1 survey line (19.2km long) which ranges from Hayakita-midorigaoka in Abira town to Kashiwara in Tomakomai city, the GSJ-Yufutsu-2 survey line (8.8km long) which ranges from Kashiwadai-minami in Chitose city to the middle of the Umaoi Hills, the GSJ-Yufutsu-3 survey line (19.7km long) which ranges from the Tomakomai West Port to Taura in Mukawa town, the GSJ-Yufutsu-4 survey line (12.5km long) which ranges from Toyozawa in Atsuma town to the Atsuma river mouth, and the GSJ-Yufutsu-5 survey line (7.8km long) which ranges the Irishikabetu river mouth to Ninomiya in Mukawa town. The old survey is the Hidaka-Nanbu survey line 1-1 (HN74-1-1, 45km long) which ranges from the Abira river mouth in Tomakomai city to Atsuga in Monbetsu town along coast. Processed sections show clear images of subsurface structure down to about 2s in two-way traveltime for the GSJ-Yufutsu-1, 2 and 3, and down to about 5s for the GSJ-Yufutsu-4, 5 and HN74-1-1. In the GSJ-Yufutsu-1, strata beneath the Ishikari lowland are nearly horizontal. Steeply west-dipping flexures are recognized on the western flank of the Umaoi hills, while strata on the eastern flank are gently east-dipping and are accompanied by a large syncline in the east. In the GSJ-Yufutsu-2, strata beneath the lowland are gently west-dipping and steeply west-dipping flexures are also recognized on the western flank of the hills. The westernmost flexure is situated more than 1km west from the active flexure mapped in some active fault maps. In the GSJ-Yufutsu-3, there are three anticlines. The Quaternary sediments which cover the western two anticlines show westward increase of layer thickness and gentle deformation concordant with the anticlines, indicating that the anticlinal (thrust-faulting) activity may be still active. The middle anticline in the GSJ-Yufutsu-3 is also seen in the west part of the HN74-1-1. The easternmost anticline in the GSJ-Yufutsu-3 is seen in the HN74-1-1 and in the southwestern parts of GSJ-Yufutsu-4 and GSJ-Yufutsu-5, indicating that the anticline continues both landward and seaward.

Keywords: Seismic reflection survey, Ishikari Lowland, Yufutsu, Tomakomai, Chitose, Atsuma, Mukawa, Subsurface structure, Anticline

要 旨

我々は「沿岸域の地質・活断層調査研究」プロジェクトにおいて、北海道勇払地域の地下構造を解明するため、基本的な地球物理学的データの収集・整備を行ってきた。本報告では、以下に示す、新たに実施した反射法地震探査5測線のデータ取得・データ処理、

及び既存1測線の再データ処理について述べる。新たな探査測線は、安平町早来緑ヶ丘から苫小牧市柏原に到るGSJ勇払測線1(測線長19.2km)、千歳市柏台南から馬追丘陵中部に到るGSJ勇払測線2(8.8km)、苫小牧西港からむかわ町田浦に到るGSJ勇払測線3(19.7km)、厚真町豊沢から厚真川河口に到るGSJ勇払測線4(12.5km)、入鹿別川河口からむかわ町二の宮に

到るGSJ勇払測線5(7.8km)である。既存測線は、石油開発公団(1975)による基礎物理探査「日高南部」のうち、苫小牧市の安平川河口から紋別市厚賀に到る測線1-1(HN74-1-1測線、約45km)である。GSJ勇払測線1、2及び3の処理結果では往復走時約2sまで、またGSJ勇払測線4、5及びHN74-1-1測線では往復走時約5sまでそれぞれ明瞭に地下構造がイメージングされている。GSJ勇払測線1では、低地下の地層はほぼ水平成層をしているが、丘陵西麓で西へ急傾斜する撓曲が認められる一方、丘陵東麓は比較的緩やかな東傾斜となり、その背後に大規模な向斜が存在する。GSJ勇払測線2では、低地下の地層は緩やかに西傾斜する単斜構造となっており、また丘陵西麓に西へ急傾斜する撓曲構造が2つ認められる。このうち西側のものは、いくつかの活断層図に図示されている撓曲よりもさらに1km以上西に位置している。GSJ勇払測線3では、3つの背斜構造が存在する。西側の2つの背斜をおおう第四系堆積層は西に向かう層厚増加を示すとともに下位に存在する背斜と整合的な緩やかな変形を示す。このことはこれらの背斜を形成する断層がまだ活動的であることを示している。中央の背斜はHN74-1-1測線の西部にも見られる。東側の背斜は、HN74-1-1測線、GSJ勇払測線4及びGSJ勇払測線5の南西端に見られる。このことは東側の背斜が陸側へも海側へも続いていることを示している。

1. はじめに

我々は「沿岸域の地質・活断層調査研究」プロジェクトにおける石狩低地周辺の地球物理学的データの収集・整備の一環として、平成22年度～24年度に、新たな反射法地震探査・重力探査ならびに既存反射法地震探査データの収集・再処理を実施してきた。新たな探査として、平成22年度に安平町早来緑ヶ丘付近から苫小牧市柏原付近に到る19.2kmのGSJ勇払測線1(苫小牧-安平測線)、千歳市柏台南方付近から陸上自衛隊東千歳駐屯地内を通り、馬追丘陵中心部付近に到る8.8kmのGSJ勇払測線2(東千歳駐屯地測線)において反射法地震探査(横倉ほか、2011)を、その周辺において重力探査(岡田ほか、2011)をそれぞれ実施した。平成23年度には、苫小牧周辺の海岸沿いでの2本の浅部ボーリングの実施(小松原ほか、2014b)に合わせ、両者を通る海岸沿いの約19.7kmのGSJ勇払測線3(苫小牧-むかわ測線)において反射法地震探査を実施した(横倉ほか、2012, 2013)。平成24年度には、GSJ勇払測線3の東半部においてこれとほぼ直交するGSJ勇払測線4(厚真測線)、GSJ勇払測線5(むかわ測線)において反射法地震探査(岡田ほか、2013a)ならびに重力探査(岡田ほか、2013b)を実施した。

また再処理では、平成22年度に石油開発公団(1973)による基礎物理探査「日高-渡島」のH72-5、H72-Jな

どの7測線、及び石油公団(1987)による基礎物理探査「道南-下北沖」のD86-1、D86-Eなどの6測線の通常再処理を実施し、さらに石油公団(1993)による基礎物理探査「日高地域」H91-3測線の高精度イメージング処理を実施した(山口ほか、2011)。平成23年度には、GSJ勇払測線3と平行する、石油開発公団(1975)による基礎物理探査「日高南部」のHN74-1-1測線の再処理を実施した(横倉ほか、2012)。平成24年度には、石油公団(1996)による基礎物理探査「胆振沖浅海域」の測線SI95-3、SI95-4、SI95-5、SI95-AのすべてとSI95-Bの東半部について高精度イメージング処理を実施した。

このほか、本プロジェクトに関連した共同研究により、平成23年度に浅野ほか(1989)の苫小牧86測線、さらに平成24年度に浅野ほか(1989)の長沼85測線・上述のGSJ勇払測線1及び2について、それぞれ高精度イメージング処理の適用を試みた(山口ほか、2012, 2013)。

第1図に本プロジェクトで実施した探査測線・再解析測線を示す。本報告では、新たに実施したGSJ勇払測線1～5及び既存のHN74-1-1測線における探査の概要・処理・処理結果の簡単な特徴について述べ、その他の再解析測線については山口ほか(2014)で述べる。

なお、GSJ勇払測線1および2に関しては地質調査総合センター速報No.56(横倉ほか、2011)で、GSJ勇払測線3およびHN74-1-1測線に関しては同速報No.59(横倉ほか、2012)で、GSJ勇払測線4および5に関しては同速報No.62(岡田ほか、2013a)で、また勇払測線3-1に関しては同速報No.62(横倉ほか、2013)で、それぞれ予備的な処理結果断面を示した。本報告は、その後それぞれ詳細な処理を進め、最終的な重合時間断面・マイグレーション後時間断面・深度断面をすべて掲載し、簡単な考察を付して、海陸シームレス情報集として取りまとめたものである。

2. 探査地域周辺における既往反射法地震探査

石狩低地東縁断層帯及びその周辺における既往反射法地震探査としては、以下のものがある(第2図参照)。陸域では、浅野ほか(1989)による夕張郡長沼町の国道274号線沿いの長沼85測線、同じく苫小牧市から勇払郡厚真町に到る苫小牧86測線、佃ほか(1993)による夕張郡長沼町南長沼の馬追測線1、石油公団(1993)による基礎物理探査「日高地域」のH91-2測線及びH91-3測線、加藤ほか(2002)、Kato *et al.* (2004)の馬追2000測線、北海道(2001)の岩見沢測線、早来測線1、早来測線2、泉郷測線がある。また北海道(2001)には、平成8年度基礎試錐「馬追」地質検討会資料からの引用として、石油資源開発株式会社の馬追95V-1のマイグレーション時間断面と基礎試錐「馬追」の地質

断面図が掲載されている。地質断面図は、栗田・横井(2000)にも掲載されている。海岸付近から浅海域にかけては、石油開発公団(1975)による基礎物理探査「日高南部」のうち、苫小牧市勇払の安平川河口付近から、勇払郡鶴川町鶴川河口、沙流郡門別町沙流川河口を経て、新冠郡新冠町に到る HN74-1 測線、佐藤ほか(1998)、Kato *et al.* (2004) の勇払 1997 測線、石油公団(1996)による基礎物理探査「胆振沖浅海域」の SI95-1, 2, 3, 4, 5, A, B 測線がある。浅海域-海域では、佐藤ほか(2013)、佐藤(2014)が本プロジェクトの一環として実施した高分解能音波探査測線、石油開発公団(1973)による基礎物理探査「日高-渡島」の H72-5 測線、H72-J 測線など、及び石油公団(1987)による基礎物理探査「道南-下北沖」の D86-1 測線、D86-E 測線などの勇払沖測線群がある。辻野・井上(2012)は日高舟状海盆海底地質図の作成に関連した音波探査測線の一部を当地域の東部海域で実施している。また詳細は明らかではないが、苫小牧港西港南方において実施された二酸化炭素地中貯留の実証試験に関わる 2D 及び 3D 調査(日本 CCS 調査株式会社, 2009, 2010; 経済産業省産業技術環境局, 2011)の概略位置も第 1 図に示した。第 1 図には本項目で報告する陸上の 5 測線もあわせて図示している。この他、詳細は公表されていないが、石油探査関連の多くの測線が陸上・海上ともに存在している。

上記のうち、浅野ほか(1989)及び石油・天然ガス基礎調査関連測線は深部構造を主な対象として実施されている。一方、馬追測線 1、勇払 1997 測線、馬追 2000 測線、岩見沢測線、早来測線 1、早来測線 2、泉郷測線、佐藤ほか(2013)、佐藤(2014)の音波探査測線は、浅部構造を高分解能で解明するために実施されている。石油公団(1993)の H91-2 測線及び北海道(2001)の岩見沢測線は第 2 図の範囲よりも北方に存在しており、第 2 図に図示されていない。

3. 探査の概要

3.1 測線位置

GSJ 勇払測線 1 (苫小牧-安平測線)

本測線は、安平町早来緑ヶ丘付近から、国道 234 号線に沿って馬追丘陵を横断し、苫小牧市柏原付近に到るまでの 19.2km の測線である。探査は北東側から南西側へ向かって実施した。当測線は石狩低地東縁断層帯主部の南端部付近を横断するように設定されている。また南西端付近で石油公団(1996)の SI95-3 測線にほぼ接続するようにしてあり、石油公団(1993)の H91-3 測線とは約 5km 離れて並走している。測線詳細図を第 3 図に示す。

GSJ 勇払測線 2 (東千歳駐屯地測線)

本測線は、そのほとんどが陸上自衛隊東千歳駐屯地内にあり、千歳市柏台南付近から東北東方向に向かい、馬追丘陵中心部付近に到る 8.8km の測線である。探査

は西側から東側へ向かって実施した。加藤ほか(2002)・Kato *et al.* (2004) の馬追 2000 測線と北海道(2001)の早来測線 1 とのほぼ中間に設定されている。測線詳細図を同じく第 3 図に示す。

GSJ 勇払測線 3 (苫小牧-むかわ測線)

本測線は、苫小牧西港の北海道電力苫小牧発電所東方から、海岸沿いに、苫小牧東港の北海道電力苫東厚真発電所周辺を通り、むかわ町田浦一区に到る約 19.7km の測線である。探査は西側から東側へ向かって実施した。測線の始点から勇払橋に至るまでの区間では、道道 781 号線(臨海南通)と平行な海側の市道を、また勇払橋から厚真発電所に至る区間は道道 781 号線を利用した。厚真発電所正門からは発電所敷地内を通り、発電所東側の旧道((株)苫東管理地)を利用した。更に東方へは、市道を利用して臨港大橋・浜厚真駅前を経て、国道 235 号線沿いにむかわ町田浦一区へと到っている。本測線は、浅野ほか(1989)の苫小牧 86 測線、石油開発公団(1975)の HN74-1-1 測線、石油公団(1996)の SI95-A 測線、SI95-B 測線の各測線にほぼ平行し、測線の一部として佐藤ほか(1998)・Kato *et al.* (2004) の勇払 1997 測線を含んでいる。また石油公団(1996)の SI95-3 測線、SI95-4 測線、SI95-5 測線とはほぼ直交している。測線詳細図を第 4 図に示す。

GSJ 測線 3-1 (苫小牧稠密発震測線)

GSJ 勇払測線 3 の西部で、本プロジェクトの一環として 2 本の浅部ボーリングが実施されており(小松原ほか, 2014b)、それとの対比の可能性を探るため、変則的ではあるが、測線西部では稠密発震・受振とした。本測線の処理にあたって、測線全体を粗い CMP 間隔とした処理と、稠密発震・受振部分のみを細かい CMP 間隔とした処理との 2 種類を実施した。便宜上、前者を GSJ 勇払測線 3 と、後者を GSJ 勇払測線 3-1 と称することにする。GSJ 測線 3-1 の詳細測線図を第 5 図に示す。

GSJ 勇払測線 4 (厚真測線)

本測線は、GSJ 勇払測線 1 の南東約 10km に位置し、北海道勇払郡厚真町豊沢付近から浜厚真に至るまでの約 12.5km の測線である。探査は北東側から南西に向かっ実施した。測線始点から当麻内川に沿って町道豊沢-富野線を通り、道道 924 号線、道道 287 号線を利用した。軽舞川を越えるあたりでは道道 1046 号線を通り、さらに南側へは、町道富野-浜厚真線を利用した。終点は厚真川左岸の河口付近の砂浜を利用し、波打ち際の測線展開可能な地点までとした。本測線は、苫小牧 86 測線、GSJ 勇払測線 3、さらに石油開発公団(1975)の HN74-1-1 測線と交差する。測線詳細図を第 4 図に示す。

GSJ 勇払測線 5 (むかわ測線)

本測線は、GSJ 勇払測線 4 のさらに南東 6km 程度に位置し、勇払郡むかわ町二宮から入鹿別川河口に至るまでの約 7.8km の測線である。探査は南西側から北

東側に向かって実施した。測線の南西端では、入鹿別川の右岸の堤防上の管理道路を利用し、道路南端の測線展開可能な地点を始点とした。国道 235 号線に沿って入鹿別川の左岸に渡り、JR 日高本線を越え、町道田浦一線を利用して北東方向に探査を進めた。測線北東側では、道道 10 号を一部利用し、北東端では町道二宮一線を通して、農地内の畦道終点までを測線とした。本測線は、苫小牧 86 測線の始点から約 850m 南東側に位置し、GSJ 勇払測線 3、石油開発公団 (1975) の HN74-1-1 測線と交差する。測線詳細図を同じく第 4 図に示す。

石油開発公団 HN74-1-1 測線

石油開発公団 (1975) による基礎物理探査「日高南部」HN74-1 測線は再解析測線であるが、GSJ 勇払測線と同様な処理を実施したため便宜上本報告で述べる。本測線は苫小牧市勇払の安平川河口付近から、勇払郡鶴川町鶴川河口、沙流郡門別町沙流川河口を経て、新冠郡新冠町に到る約 55km の測線である。本測線は測線の大部分を占める西側の HN74-1-1 (約 45km) と東側の HN74-1-2 (約 10km) に分かれているが、本プロジェクトにおいては HN74-1-1 のみを再解析した。本測線の南東端は門別町厚賀付近となっている。測線詳細図を第 6 図に示す。図から分かるように、おそらく海岸侵食によると思われるが、測線の一部に現在海となっているところが存在する。

3.2 探査仕様

GSJ 勇払測線 1～5 においては、いずれも受振器として Sercel 社製 SG-10 (固有周波数 10Hz) を用い、レコーディングシステムとしてサンコーコンサルタント (株) 製の分散型地震探査システム DSS-12 を使用した。以下に探査仕様の概略を記す。また第 1 表に探査仕様の詳細をまとめた。

GSJ 勇払測線 1 及び 2

両測線ともに、震源には IVI 社製 Y-2400 大型パイププレート 1 台を用いた。発震点間隔及び受振点間隔はどちらも 10m とした。また各発震あたり 240 チャンネルでデータを収録し、発震周波数は 10-100Hz、サンプリング間隔は 2ms とした。スイープ長は 16s であり、リスニング長 4s とあわせ、コリレーション前の記録長は 20s である。データ QC を行う場合を除き、現場においてコリレーション及び垂直重合を行わず、各発震の 20s 生記録をそのままハードディスクに記録した。なお、現場測定作業は、機材の設置・撤収を含め、平成 22 年 10 月 27 日～11 月 24 日の計 29 日間で行った。そのうち発震・データ収録作業を行ったのは、GSJ 勇払測線 1 で 11 月 1 日～15 日、GSJ 勇払測線 2 で 11 月 17 日～23 日の合計 22 日間であった。

GSJ 勇払測線 3

本測線では震源として IVI 社製 T-15000 ミニパイププレート 1 台を用いた。発震点間隔及び受振点間隔は上

述のように東西で異なったものとし、西半部 (第 4 図の測点番号 1～2082) ではそれぞれ 2.5m、5m とし、東半部 (第 4 図の測点番号 2083～3012) ではともに 10m とした。発震周波数は西半部ではボーリング調査との対比を考慮し 10-200Hz、東半部ではより深部のイメージングを得るため 10-120Hz または 10-80Hz とした。各発震あたり 192 チャンネルでデータを収録し、サンプリング間隔は 1ms とした。スイープ長は 15s であり、リスニング長 1s とあわせ、コリレーション前の記録長は 16s である。最終的にエクステンディッド・コリレーションを行い、3s 記録とした。データ QC を行う場合を除き、現場においてコリレーション及び垂直重合を行わず、各発震の 16s 生記録をそのままハードディスクに記録した。なお、現場測定作業は、機材の設置・撤収を含め、平成 23 年 10 月 30 日～11 月 25 日の計 27 日間で行った。そのうち発震・データ収録作業を行ったのは 11 月 3 日～24 日の 22 日間であった。

GSJ 勇払測線 4 及び 5

本測線では震源として IVI 社製の HEMI-50 大型パイププレート 1 台を用いた。発震点間隔及び受振点間隔は共に 10m とした。各発震あたり 240 チャンネルでデータを収録し、発震周波数は 10-100Hz、サンプリング間隔は 2ms とした。スイープ長は 16s とし、リスニング長の 4s と合わせて、コリレーション前の記録長は 20s である。データ QC を行う場合を除き、現場においてコリレーション及び垂直重合は行わず、各発震の 20 s 生記録をそのままハードディスクに記録した。GSJ 勇払測線 5 の測線終端において、測定点 723-784 は、パイププレートの進入が不可能であったため、受振点のみの配置となった。なお、現場測定作業は、機材の設置・撤収を含め、平成 24 年 5 月 1 日～5 月 23 日の計 23 日間で行った。そのうち発震・データ収録作業を行ったのは、GSJ 勇払測線 4 で 5 月 7 日～16 日、GSJ 勇払測線 5 で 5 月 16 日～22 日の合計 16 日間であった。

石油開発公団 HN74-1-1 測線

本測線では、震源としてダイナマイト 15～20kg が使用され、受振器には SGC-110 が使用されている。発震点間隔は標準 100m、受振点間隔は 50m である。また各発震あたり 24 チャンネルでデータ収録されている。レコーディングシステムはテキサス・インスツルメント社製の DFS-10000 であり、サンプリング間隔は 2ms、記録長は 5s である。また第 2 表に探査仕様の詳細をまとめた。

3.3 データの質

GSJ 勇払測線 1

北東側の起点から国道 234 号に到るまでの区間において、人家がまばらであり車両の交通量も少なかったため、おおむね低ノイズ環境でデータを取得することができた。しかし国道 234 号線沿いは大型トレーラーなどの交通ノイズが激しく、かなりの高ノイズ環境で

あった。そのため初動すら判然としない記録が多々あった。

GSJ 勇払測線 2

全区間にわたり人家はなく、一般車両の通行もなかったため、おおむね低ノイズ環境でデータを取得することができた。しかし測線の起点側が新千歳空港の滑走路に近いことによる旅客機のノイズや、自衛隊の訓練に伴う大砲・ヘリコプターなどのノイズが一部に混入している。

GSJ 勇払測線 3

起点から勇払橋（測点番号 1000）付近に至る区間では概ね低ノイズ環境であったが、廃棄物処理場付近（測点 200～270）では作業用重機によるノイズが混入している。勇払橋から北海道電力苫東厚真発電所（測点 2080 付近）に至る市道区間では、大型トレーラーによる交通ノイズが混入している。発電所周辺（測点 2080～2170）では発電所からのきわめて大きい連続的なノイズが、またコンテナ埠頭（測点 1840）及びフェリー埠頭（測点 2250）周辺では船舶によるノイズが、それぞれ混入している。厚真発電所から国道 235 号線に至る区間（測点 2200～2450 付近）では、交通量が比較的少なく低ノイズ環境であったが、データの S/N は起点側の勇払市街地に比べ低い。国道 235 号線沿い（測点 2450 付近～終点 3012）では、大型ダンプカーによる多くの交通ノイズが混入しており、さらに震源の効きも他区間と比べて悪かった。震源出力の違いもあり、GSJ 勇払測線 1 及び 2 に比べて全般的に S/N はかなり低いデータとなっている。

GSJ 勇払測線 4

起点～測点 1000 付近はおおむね低ノイズ環境であったが、その一部の上厚真大橋（測点 660）周辺、町道富野-浜厚真線（測点 710～1060）、日高自動車道と交差する厚真川橋（測点 990 周辺）及び国道 235 号線と交差する浜厚真橋（測点 1070 周辺）では車両によるノイズが一部混入している。測点 1000 以降では苫東厚真発電所からの連続的なノイズが混入している。また終点（海側）に向かうにつれて風雨が強まり、全体的にノイズが大きくなっている。

GSJ 勇払測線 5

全展開にわたって概ね低ノイズ環境でデータ取得することができた。しかし測点 550～560 の区間で車両や作業用重機によるノイズの混入が認められた。測定中には数回自然地震が起きたため、データを確認しながら再測定を行った。上記 5 測線の中ではもっとも S/N の良い記録となっている。

石油開発公園 HN74-1-1 測線

震源としてダイナマイトを 15～20kg 使用していること、測線のほとんどが海岸沿いであり人工的なノイズ源が少ないこと、などによりきわめて良好な記録が得られている。

4. データ処理の概要

4.1 発震記録例

現場の生記録にパイプロサイズ・コリレーションを施し、1 ショット点における複数のショット記録（第 1 表に標準の垂直重合数を示す）をダイバーシティー・スタックすることにより、そのショット点のショット記録とした。GSJ 勇払測線 1, 2 ではコリレーション後の記録長は 4s である。GSJ 勇払測線 3 の場合はエクステンディッド・コリレーションを行うことにより 3s 記録とした。GSJ 勇払測線 4, 5 はおおむね GSJ 勇払測線 1, 2 と同じ探査仕様であるが、ノイズが比較的に小さく深部までの情報を有する可能性があるため、エクステンディッド・コリレーションを行うことにより 6s 記録とした。GSJ 勇払測線 1 の丘陵北東部、丘陵-低地境界部、低地南西部それぞれの 1km おきのショット記録例を第 7 図に、また GSJ 勇払測線 2, 3, 4, 5 の約 1km おきのショット記録例をそれぞれ第 8, 9, 10, 11 図に示す。上述したように、GSJ 勇払測線 1 では国道の交通量が多かったためかなり高ノイズであるが、GSJ 勇払測線 2 では比較的低ノイズであることが良く分かる。また GSJ 勇払測線 1 に比較して、GSJ 勇払測線 2 では表面波の振幅が大きい、特に低地-丘陵境界部から丘陵側で大きいという特徴がある。GSJ 勇払測線 3 では苫東厚真発電所周辺からのノイズ、及び国道 235 号線の交通ノイズがかなり高いことが良く分かる。また測線西部の方が表面波の振幅が大きいという特徴がある。GSJ 勇払測線 4 では測線中央付近及び厚真発電所周辺でややノイズが目立つ。GSJ 勇払測線 5 では全体的にノイズが少ないが、丘陵側では表面波の振幅が大きくなっている。またショット記録上で 2～3s 付近に反射波が見られる部分も存在する。

HN74-1-1 測線に関しては、約 1km おきの発震記録のうち苫小牧よりの 20 発震分を第 12 図に示す。チャンネル数が 24 と現在から考えれば非常に少ない事が残念であるが、ノイズの少ないきわめて良好な記録となっていることが分かる。

4.2 データ処理

データ処理は、主として周波数解析、デコンボリューション、初動解析、静補正、第 1 次速度解析、残留静補正、第 2 次速度解析、マイグレーション、深度変換という手順で行った。ほとんど通常の反射法処理のみを実施したが、一部ランダム・ノイズや表面波などのコヒーレント・ノイズが卓越するものについては RNA (random noise attenuation)、速度フィルターなどを適用した。また各 CMP ギャザーの平均標高を基準面として処理を実施した。断面図のプロットにさいしては海拔 0m を往復走時 0ms となるようにしている。また GSJ 勇払測線をプロットするさいには、プロットサイズと分解能の関係から、プロットするトレース数を

減らす必要があったため、隣り合う3トレースを1:2:1の重みを付けてミキシングしたのち、偶数番目のトレースのみを抜き出してプロットしている。すなわちこれら断面はCMP間隔10mに相当する断面となっている。深度断面の場合縦横比は2に、時間断面の場合には正確ではないが浅部はおよそ2程度に相当する。

GSJ 勇払測線 1 及び 2

発震・受振点間隔はともに10mであり、使用チャンネル数は240である。これをもとにCMP間隔5mのCMPギャザーを作成した。標準CMP重合数は120である。CMP数はGSJ 勇払測線1で3625、GSJ 勇払測線2で1667である。GSJ 勇払測線1及びGSJ 勇払測線2の処理結果をそれぞれ第13図、第14図に示す。

GSJ 勇払測線 3

本測線では使用チャンネル数は192である。全体測線(GSJ 勇払測線3)においては西半部の2.5m間隔の発震記録を垂直重合して5m間隔の発震記録を作成し、西半部5m間隔、東半部10m間隔の発震記録を元にCMP間隔5mのCMPギャザーを作成した。CMP数は3834である。稠密発震測線(GSJ 勇払測線3-1)においては2.5m間隔の発震記録をそのまま用いてCMP間隔1.25mのCMPギャザーを作成した。CMP数は8810である。この結果、GSJ 勇払測線3の西半部、東半部の標準CMP重合数はそれぞれ192重合、96重合であり、GSJ 勇払測線3-1の標準CMP重合数は96である。また最大オフセットについても西半部で約1km、東半部で約2kmという違いがある。GSJ 勇払測線3及びGSJ 勇払測線3-1の処理結果をそれぞれ第15図、第16図に示す。第16図では、深度断面の縦横比は4であり、時間断面では浅部がほぼ4程度となっている。

GSJ 勇払測線 4 及び 5

発震・受振点間隔はともに10mであり、使用チャンネル数は240である。これをもとにCMP間隔5mのCMPギャザーを作成した。標準CMP重合数は120である。CMP数はGSJ 勇払測線4で2382、GSJ 勇払測線5で1383である。GSJ 勇払測線4及びGSJ 勇払測線5の処理結果をそれぞれ第17図、第18図に示す。

石油開発公団 HN74-1-1 測線

本測線では約45kmの測線長にわたって合計444の発震記録が残されている。表面波を避けるためか、オフセットを大きく取っている記録が多くなっている。そのため既存処理では200ms以浅はほとんど情報を含んでいない。本調査では表層補正用のデータを得るため計58地点でダイナマイト薬量3kgの発震記録が取得されている。これらには浅部の情報が含まれているはずである。そこで今回は少しでも浅部の情報を増やすため、この表層補正用の発震記録も加味して、計502発震記録として処理を試みた。これらからCMP間隔25mのCMPギャザーを作成した。CMP数は1770、標準CMP重合数は6程度である。処理結果を第19図に示す。本測線ではすべてのトレースを図示してい

る。もともとの記録が良好であるため、データ記録長5sの全体にわたって反射イベントを認めることができる。

上記第13図～第19図については、付録として本地質情報集に5万分の1スケールの図面を付してあるので、詳しくはそちらを参照されたい。

5. まとめ

詳細なまとめは横倉ほか(2014)の石狩低地東縁断層帯南部周辺の地下構造に関する報告に譲り、以下では処理結果の諸断面に見えるいくつかの特徴を簡単に述べることにする。

GSJ 勇払測線 1 (第13図)

馬追丘陵の前面(すなわち西方)に層面すべりによると思われる西側上がり、東側下がり断層群による撓曲構造が見られる。低地部の浅部0.7sくらいまではほぼ水平成層である。南西端の0.8s付近の強反射面はCMP.2000付近に向かって急激にその傾斜を増していく。また南西端の2～2.5s付近から緩やかに北東へ向かって傾き下がる反射面が見える。交通ノイズ等のため、深部の構造はそれほど明瞭ではないが、測線中央部にもほぼ水平ないし北東側へ緩く傾斜するいくつかのイベントが存在しているようである。馬追丘陵背面には大きな向斜構造が見られ、その下位は約2.5s付近まで反射面が確認できる。馬追丘陵東側の地層傾斜は西側に比べて緩やかである。

GSJ 勇払測線 2 (第14図)

丘陵西側にGSJ 勇払測線1と同様な撓曲構造が見られるが、丘陵一低地境界部以東の構造はあまり判然としない。形態的には、約6km北方の加藤ほか(2002)、Kato *et al.* (2004)の馬追2000測線と瓜二つとも言えるほど良く似た構造を示している。ただし低地下の地層が馬追2000測線では測線西端付近でほぼ水平となるのに対し、GSJ 勇払測線2では西側への緩傾斜がCMP.200付近でさらに大きくなる、という点で異なっている。この傾斜が大きくなるCMP.200付近は、小松原ほか(2014a)の美々背斜の北方延長とほぼ一致している。GSJ 勇払測線2のCMP.1000付近に見られる撓曲は既存の活断層図には掲載されていないもので、既掲載の撓曲よりも1km以上も西に位置している。

GSJ 勇払測線 3 (第15図、第16図)

測線中央のCMP.1750-1800付近に軸を持つ顕著な背斜構造、断面東部のCMP.2900付近に軸を持つやや幅広い背斜構造が存在する。測線西部のCMP.700付近の往復走時約1sのあたりにもやや幅広い背斜が存在する。この幅広い背斜の上部約0.4～0.9s付近の地層はプログラデーション的な様相を呈している。その上部の強反射面群はCMP.1750-1800付近の背斜軸から西へ向かって緩やかにその傾斜(言い換えるとその層厚)

を増している。しかしその地層境界の形状を子細に見ると、下位の幅広い背斜と良く対応した位置に、その振幅は小さいが同様な凸部が存在する。GSJ 勇払測線 3-1 の処理結果にその振幅を強調したのが見られる。したがって CMP.1750-1800 付近と CMP.700 付近の背斜を作る褶曲運動(逆断層運動)は現在も継続中である可能性がある。一方この幅広背斜の下部にも 2s 程度まで断片的に反射イベントが認められる。測線東部では CMP.2900 付近に背斜構造が存在することは分かるが、ノイズが大きくさらに震源の効きが悪かったため全般的に反射波の連続性が良くない。しかしここでも断片的であるが 2s 程度まで反射イベントが認められる。

GSJ 勇払測線 4 (第 17 図)

本測線では、1.5s 程度まで顕著な反射面が捉えられている。またかすかではあるが、4.5s 程度まで反射波が認められる。南西側の CMP.2000 ~ 2100 付近に顕著な背斜が認められる(この背斜の浅部では、例えば CMP.2050, 0.25s に見られる南西傾斜、またそれ以外の北東傾斜のコヒーレントなイベントなどが存在するが、これらは苫東厚真発電所からのノイズや初動部分の残りであり、真のイベントは CMP.2050, 0.2s 付近に見られる弱いほぼ水平な反射面であると考えられる)。また測線北東端の CMP.400 付近には伏在する北東上がりの逆断層が存在する。この背斜の北東翼と逆断層の南西側はいずれも CMP.700 付近に向かって層厚を増していることから、これは背斜及び逆断層の成長に伴う growth strata を示していると解釈できる。また CMP.1350, 0.5s から CMP.1700, 0.25s にかけては、CMP.2000 ~ 2100 付近に軸を持つ背斜構造の成長による onlap 構造が明瞭である。一方北東の CMP.400 から CMP.1000 にかけてはきれいな成層構造を示さず、様々な方向を向いた反射面が混在しており chaotic な様相を呈する。これは背斜と逆断層の成長の影響を受けながらも、特に北東側の逆断層の急激な成長の影響を強く受けて(例えば度重なる乱泥流などによって)生じた構造を示唆している可能性がある。

GSJ 勇払測線 5 (第 18 図)

本測線では非常にノイズ環境が良かったため、大型バイブレータ 1 台の探査であるにもかかわらず、5s 程度まで明瞭な反射波が捉えられている。背斜軸そのものはイメージングされなかったが、GSJ 勇払測線 4 と対比すると、GSJ 勇払測線 4 の CMP.400 ~ 1800 付近の南東延長部のみが本測線でイメージングされたと解釈できる。背斜軸部あるいは逆断層がイメージングされていないため明瞭ではないが、CMP.700 付近での層厚が測線両端での層厚よりも厚くなっていることから南西側背斜及び北東側背斜あるいは逆断層の成長に伴う growth strata を形成している可能性がある。GSJ 勇払測線 4 の南西側の背斜軸部は、GSJ 勇払測線 5 の測線位置より南西側の海域部を通り南に連続すると考え

られる。GSJ 勇払測線 4 の CMP.1350 ~ 1700 に対応する onlap 構造が、GSJ 勇払測線 5 では CMP.300, 0.25s から CMP.600, 0.35s にかけて顕著である。しかしこの onlap 構造は GSJ 勇払測線 4 のそれと比較して、構造全体が南西に緩く傾斜しているように見える。このことと CMP.750 ~ 1150 付近が GSJ 勇払測線 4 と同様に chaotic な様相を呈していることから、ここでも北東側の背斜あるいは逆断層の急激な成長を示唆している可能性がある。

石油開発公団 HN74-1-1 測線 (第 19 図)

本測線では、CMP.130 付近、CMP.380 付近及び CMP.1060 付近に背斜構造が存在する。前 2 者は GSJ 勇払測線 3 の CMP.1750 ~ 1800 付近の顕著な背斜構造、CMP.2900 付近に軸を持つやや幅広な背斜構造にそれぞれ対応する。GSJ 勇払測線 3 と良く似た構造を呈しているが、震源が強力であったため、深部の構造が明瞭となっている。GSJ 勇払測線 3 の CMP.2900 付近に軸を持つ背斜は、HN74-1-1 測線の CMP.380 付近の背斜、GSJ 勇払測線 4 の CMP.2100 付近の背斜と一連のもので、北西方向へも南東方向へも連続しており、南東海上に存在する鶴川沖背斜の北西延長と考えられる。

以上、新たに追加した探査を中心に、現地調査・解析結果について簡単にまとめた。これらはデータ空白地域を埋めているため、当地域の地下構造に関する新たな知見を得ることが可能となる。また既存反射法データと交差している、あるいは交差しなくても近接しているため、反射面の対比がより可能となり、当地域の活構造の解明に資することができる。これらの測線と既存測線との総合的な解析については横倉ほか(2014)で別途述べる。

謝辞: 本調査の実施にあたり、安平町役場、苫小牧市役所、国土交通省北海道開発局苫小牧道路事務所、北海道胆振総合振興局苫小牧出張所、陸上自衛隊東千歳駐屯地、厚真町役場、むかわ町役場、勇払自治会、苫小牧港管理組合、北海道電力苫東厚真発電所、(株)苫東、北海道経済産業局の方々に多くのご協力をいただいた。また GSJ 勇払測線の現地調査は、サンコーコンサルタント(株)に委託して実施した。本研究計画を進めるにあたり、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構には石油・天然ガス基礎調査関連の各種資料の貸与許可、及びそれらを利用した研究成果の公表許可を頂いた。また測線図の作成に GMT mapping tools (Wessel and Smith, 1998) を使用した。上記関係機関の方々に心からの謝意を表します。

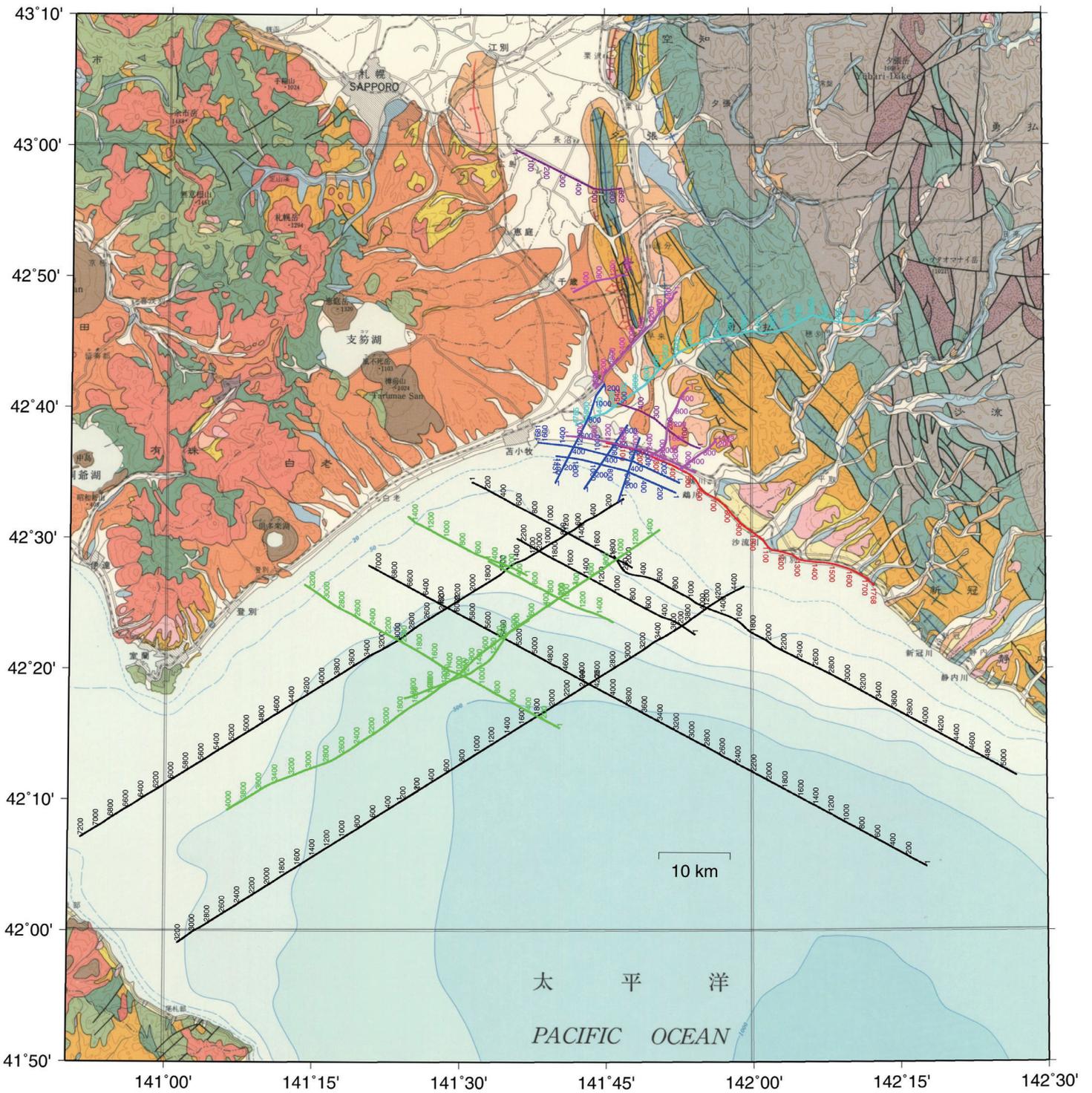
文 献

浅野周三・嶋 悦三・松田時彦・吉井敏尅・斎藤正徳・岡田 広・小林啓美・瀬尾和夫・入倉孝次郎・鳥羽武文・朝倉夏夫・田村八洲夫・井川 猛・高橋

- 明久・森谷武男・笹谷 努・松島 健・梅戸在明・岩田知孝(1989) 地震動予測精密化のための地下深部構造の研究. 文部省科学研究費自然災害特別研究 研究成果, No.A-63-3, 163p.
- 北海道(2001)「石狩低地東縁断層帯 活断層図とその解説」. 北海道活断層図 No.3, 157p.
- 加藤直子・佐藤比呂志・松多信尚・平川一臣・越谷 信・宮内崇裕・戸田 茂・加藤 一・蔵下英司・越後智雄・三縄岳大・永井 悟・荻野スミ子・鏡 顕正・川中 卓・井川 猛(2002)日高衝上断層系前縁部・馬追丘陵西縁を横切る反射法地震探査. 東京大学地震研究所彙報, 77, 111-121.
- Kato, N., Sato, H., Orito, M., Hirakawa, K., Ikeda, Y. and Ito, T.(2004) Has the plate boundary shifted from central Hokkaido to the eastern part of the Sea of Japan?, *Tectonophysics*, 388, 75-84.
- 経済産業省産業技術環境局 CCS 実証試験実施に向けた専門検討会(2011) 苫小牧地点における「貯留層総合評価」及び「実証試験計画(案)」に係る評価. 参考資料 1 苫小牧地点における貯留層総合評価. 平成 23 年 12 月. http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/sangi/ccs/report_001.html
- 小松原 琢・康 義英・小松原純子(2014) 勇払平野と支笏火砕流台地地下の地下地質と活構造. 海陸シームレス地質情報集, 「石狩低地帯南部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-4(DVD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 小松原 琢・小松原純子・田辺 晋・本郷美佐緒・植木岳雪・中島 礼・石原武志(2014) 勇払平野と支笏火砕流台地地下の上部第四系層序ボーリング. 海陸シームレス地質情報集, 「石狩低地帯南部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-4(DVD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 栗田裕司・横井 悟(2000) 中央北海道南部における新生代テクトニクスの変遷と油田構造形成. 石油技術協会誌, 65, 58-70.
- 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, DVD-ROM 2 枚, 60p. 付図 1 葉.
- 日本 CCS 調査株式会社(2009) 苫小牧沖 3 次元弾性波探査による CCS 可能性調査について. News Release, 平成 21 年 7 月 6 日.
- 日本 CCS 調査株式会社(2010) 苫小牧地点での追加 3 次元弾性波探査の実施について. News Release, 平成 22 年 7 月 3 日.
- 岡田真介・住田達哉・牧野雅彦・山口和雄・横倉隆伸(2011) 石狩低地東縁断層帯における重力探査. 平成 22 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.56, 85-92.
- 岡田真介・山口和雄・横倉隆伸(2013) 石狩低地東縁断層帯における反射法地震探査一厚真測線及びむかわ測線. 平成 24 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.62, 63-72.
- 岡田真介・住田達哉・山口和雄・横倉隆伸(2013) 石狩低地東縁断層帯南部における重力探査. 平成 24 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.62, 73-83.
- 佐藤比呂志・平川一臣・池田安隆・折戸雅幸・井川猛(1998) 苫小牧市勇払の伏在活断層. 平成 10 年度石油技術協会春季講演会個人講演要旨, 石油技術協会誌, 63, 323-324.
- 佐藤智之(2014) 勇払平野沿岸域 20 万分の 1 海底地質図説明書. 海陸シームレス地質情報集, 「石狩低地帯南部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-4(DVD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 佐藤智之・内田康人・輿水健一・片山 肇・池原 研(2013) 石狩低地東縁断層帯の海域への延長. 活断層研究, no.39, 17-28.
- 寒川 旭・衣笠善博・垣見俊弘(1984) 1:500,000 活構造図 図幅第 4 号「札幌」. 地質調査所.
- 石油開発公団(1973) 昭和 47 年度大陸棚石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査「日高-渡島」調査報告書. 18p.
- 石油開発公団(1975) 昭和 49 年度石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査「日高南部」調査報告書. 19p.
- 石油公団(1987) 昭和 61 年度国内石油・天然ガス基礎調査海上基礎物理探査「道南-下北沖」調査報告書. 36p.
- 石油公団(1993) 平成 3 年度国内石油・天然ガス基礎調査陸上基礎物理探査「日高地域」調査報告書. 25p.
- 石油公団(1996) 平成 7 年度国内石油・天然ガス基礎調査海上基礎物理探査「胆振沖浅海域」調査報告書. 35p.
- 辻野 匠・井上卓彦(2012) 日高舟状海盆海底地質図. 海洋地質図, 77 (CD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 佃 栄吉・下川浩一・杉山雄一・横倉隆伸・阿蘇弘生(1993) 北海道馬追丘陵下のブラインドスラストの評価. 日本地質学会第 100 年学術大会講演要旨集, 505.
- Wessel,P.and Smith,W.H.F.(1998) New, improved version of generic mapping tools released. *EOS Trans. AGU*, 79, 579.
- 山口和雄・横倉隆伸・岡田真介(2011) 苫小牧周辺の反射法地震探査データ再処理. 平成 22 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.56, 93-111.

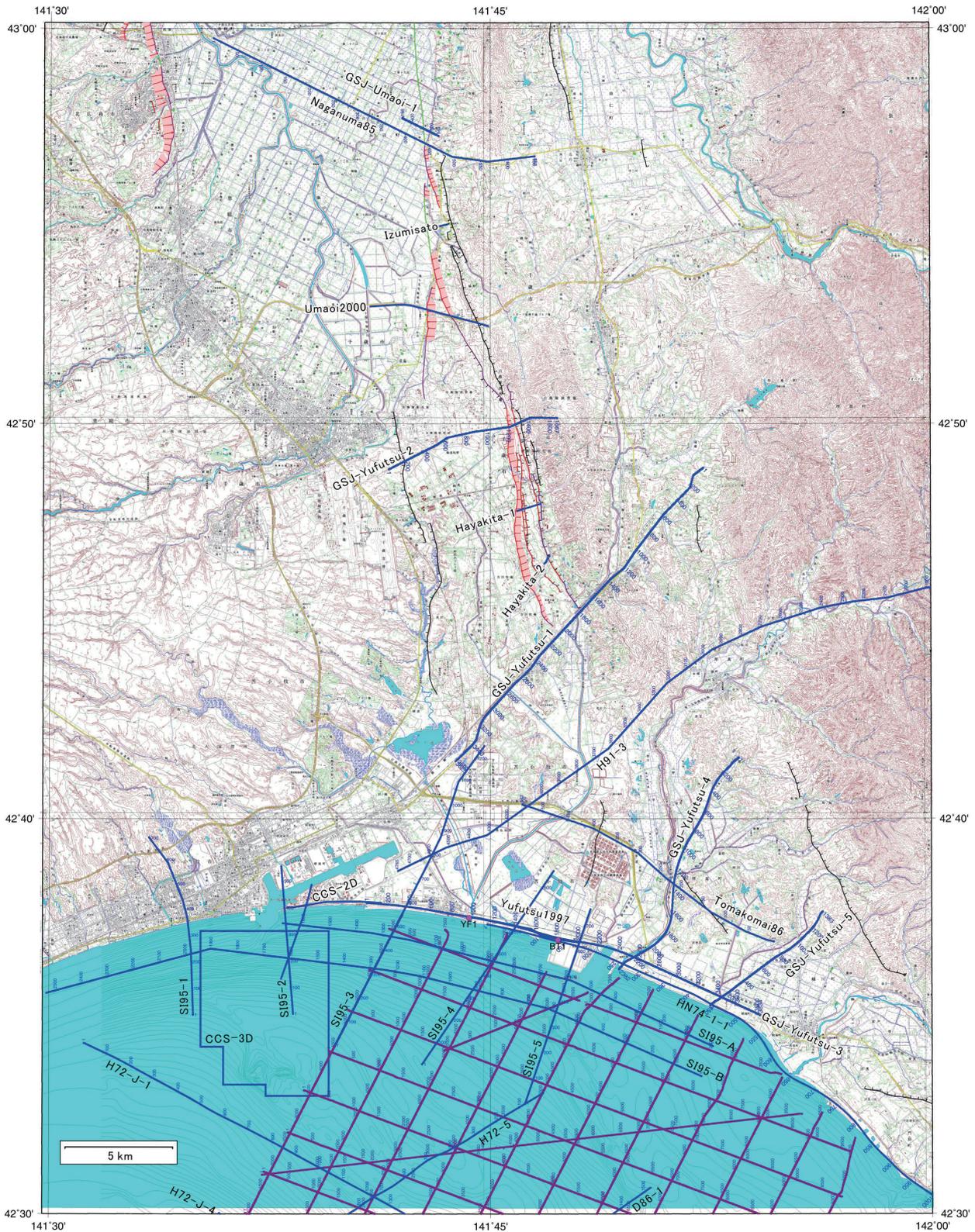
- 山口和雄・阿部 進・横倉隆伸・岡田真介 (2012) MDRS 法による苫小牧 86 測線反射法データの再解析. 平成 23 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.59, 75-87.
- 山口和雄・阿部 進・横倉隆伸・岡田真介 (2013) 馬追丘陵周辺の反射法データ解析. 平成 24 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.62, 37-46.
- 山口和雄・横倉隆伸・岡田真介・阿部 進 (2014) 勇払周辺の反射法地震探査データ再解析. 海陸シームレス地質情報集, 「石狩低地帯南部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-4(DVD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 横倉隆伸・山口和雄・岡田真介 (2011) 石狩低地東縁断層帯における反射法地震探査. 平成 22 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.56, 71-84.
- 横倉隆伸・山口和雄・岡田真介 (2012) 石狩低地東縁断層帯南部における反射法地震探査. 平成 23 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.59, 59-74.
- 横倉隆伸・山口和雄・岡田真介 (2013) 石狩低地東縁断層帯南部における反射法地震探査—苫小牧-むかわ測線西部における稠密発震データの解析—. 平成 24 年度沿岸域の地質・活断層調査研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター速報, no.62, 47-61.
- 横倉隆伸・岡田真介・山口和雄 (2014) 反射法地震探査結果から見た石狩低地東縁断層帯南部周辺の地下地質構造. 海陸シームレス地質情報集, 「石狩低地帯南部沿岸域」, 海陸シームレス地質図 S-4(DVD), 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

(受付: 2014 年 3 月 5 日; 受理 2014 年 3 月 24 日)



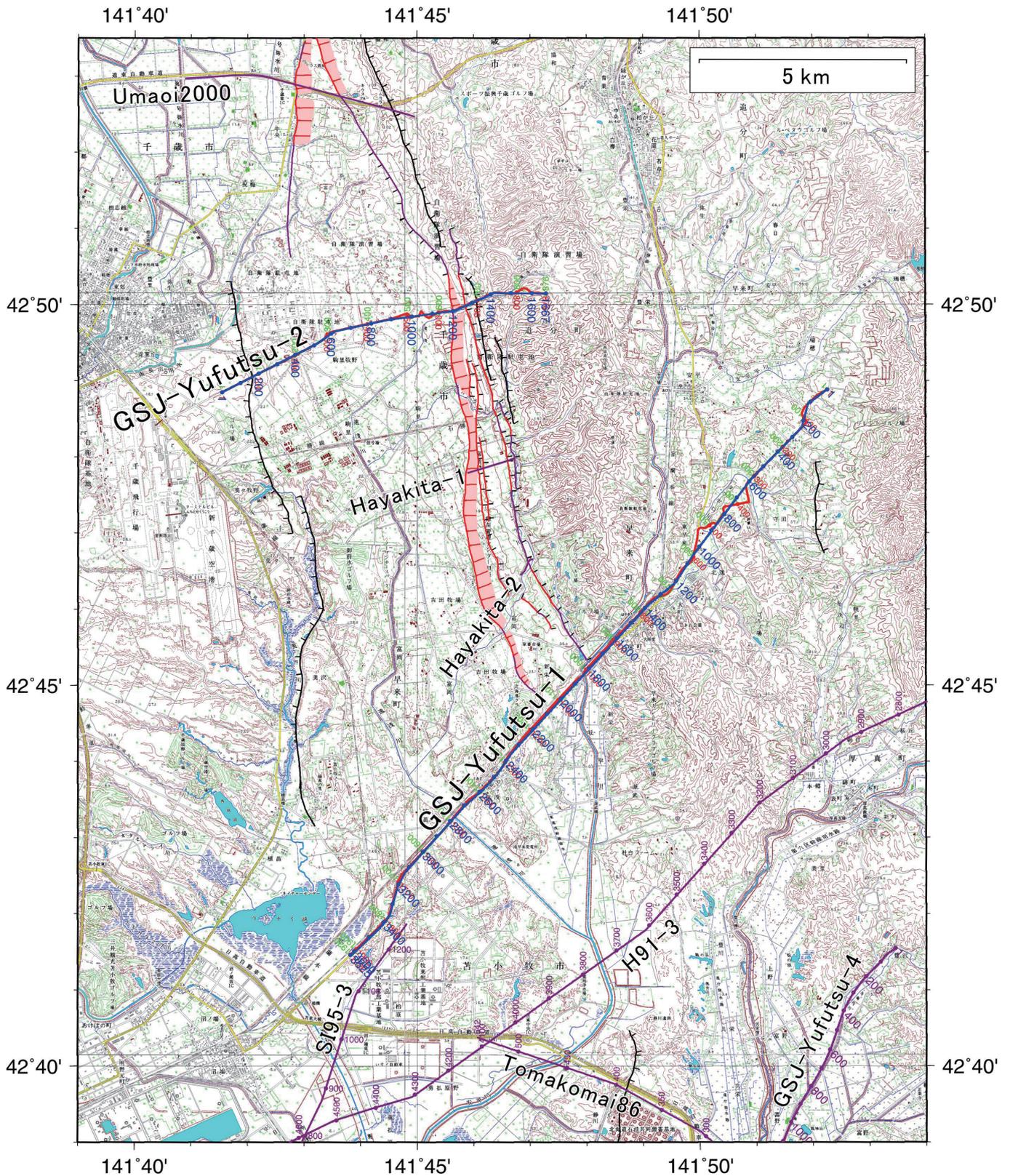
第1図 探査測線及び再処理測線の全体図。マゼンタ：本プロジェクトによる新たな探査測線。
 その他の色：再処理対象測線。基図：1:500,000 活構造図「札幌」（寒川ほか，1984）。

Fig.1 Index map of the newly surveyed and re-processed seismic reflection lines. Magenta lines: newly surveyed seismic lines, conducted under this project. Other colors: re-processed ones. Base map: 1:500,000 Neo-tectonic map "Sapporo" (Sangawa et al., 1984).



第2図 石狩低地南部周辺の反射法地震探査測線。青線：反射法地震探査測線。紫線：佐藤(2013; 2014)の高分解能音波探査測線。海底地形：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」。活断層データ：中田・今泉編(2002)による。基図：国土地理院数値地図 50,000「苫小牧」、「鶴川」、「千歳」、「早来」、「恵庭」、「追分」。

Fig.2 Seismic reflection survey lines around the southern part of the Ishikari lowland. Blue lines: seismic reflection survey lines. Plum lines: high-resolution seismic profiling lines at sea by Sato (2013; 2014). Bathymetry: M7006 "East part of Tsugaru kaikyo", M7000 Digital Bathymetric Chart, Japan Hydrographic Association. Active fault data: after Nakata and Imaizumi (2002). Base map: Tomakomai, Mukawa, Chitose, Hayakita, Eniwa and Oiwake, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute.



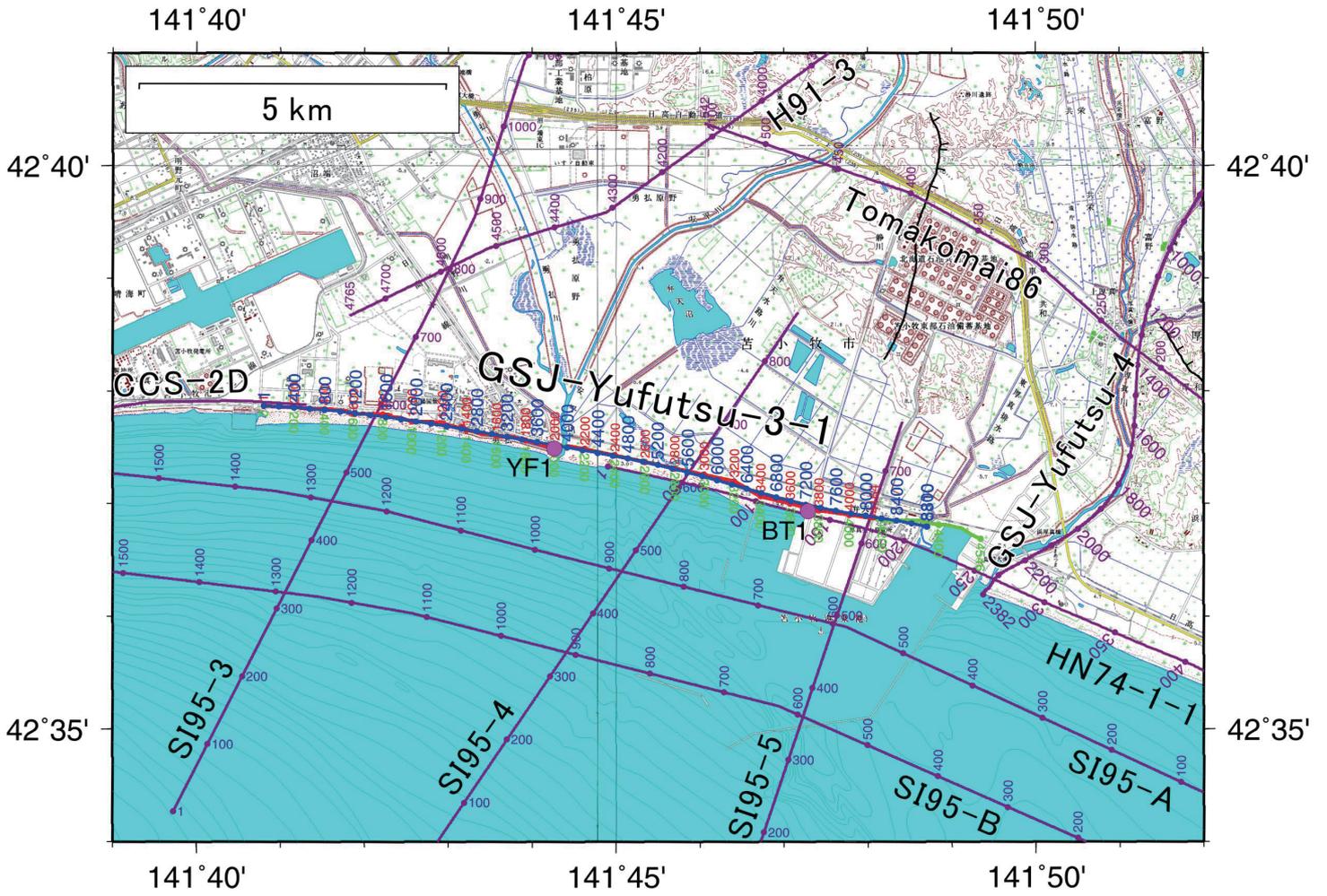
第3図 GSA勇払測線1及び2の詳細測線図 緑：受振点. 赤：発震点. 青：CMP重合測線. 紫：周辺の反射法地震探査測線. 活断層データ：中田・今泉編(2002)による. 基図：国土地理院数値地図50,000「苫小牧」,「鶴川」,「千歳」,「早来」,「恵庭」,「追分」.

Fig.3 Detailed survey map of the GSA-Yufutsu-1 and 2. Green: receiving points. Red: vibrating points. Blue: CMP stacking line. Plum: other seismic lines. Active fault data: after Nakata and Imaizumi (2002). Base map: Tomakomai, Mukawa, Chitose, Hayakita, Eniwa and Oiwake, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute.



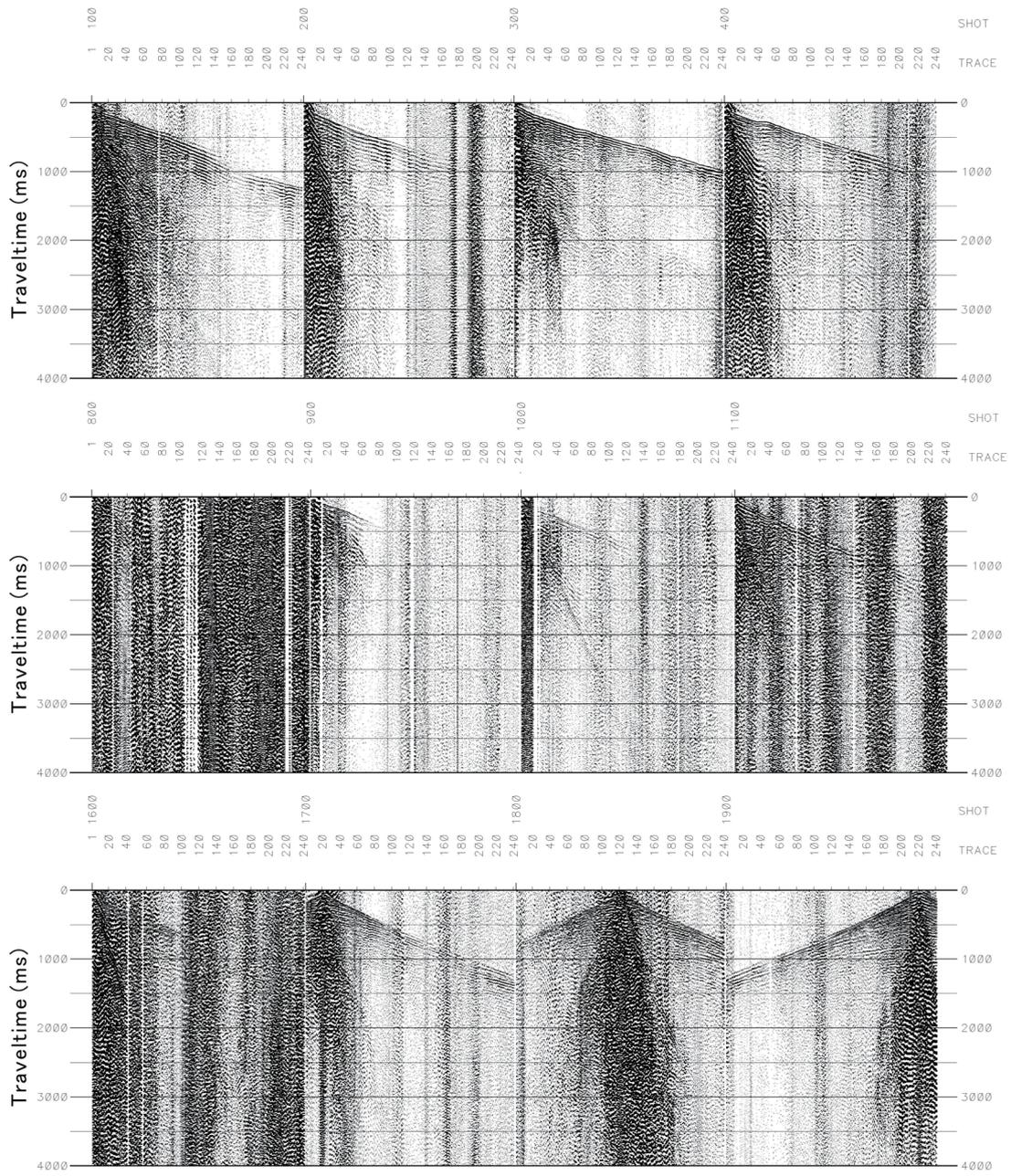
第4図 GGSJ 勇払測線 3, 4, 5 の詳細測線図 緑：受振点、赤：発振点、青：CMP 重合測線、紫：周辺の反射法地震探査測線、マゼンタ色の丸印 BT1, YF1 は小松原ほか(2014b)の浅部ボーリング位置を示す。活断層データ：中田・今泉編(2002)による。海底地形：日本水路協会発行海底地形デジタルデータ M7006「津軽海峡東部」、基図：国土地理院数値地図 50,000「苫小牧」、「苫小牧」、「千歳」、「早来」。

Fig.4 Detailed survey map of the GGSJ-Yufutsu-3, 4, and 5. Green: receiving points. Red: vibrating points. Blue: CMP stacking line. Plum: other seismic lines. Magenta circles: shallow boring sites byKomatsubara *et al.* (2014b). Active fault data: after Nakata and Imazumi (2002). Bathymetry: M7006 "East part of Tsugaru kaikyo", M7000 Digital Bathymetric Chart, Japan Hydrographic Association. Base map: Tomakomai, Mukawa, Chitose and Hayakita, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute.



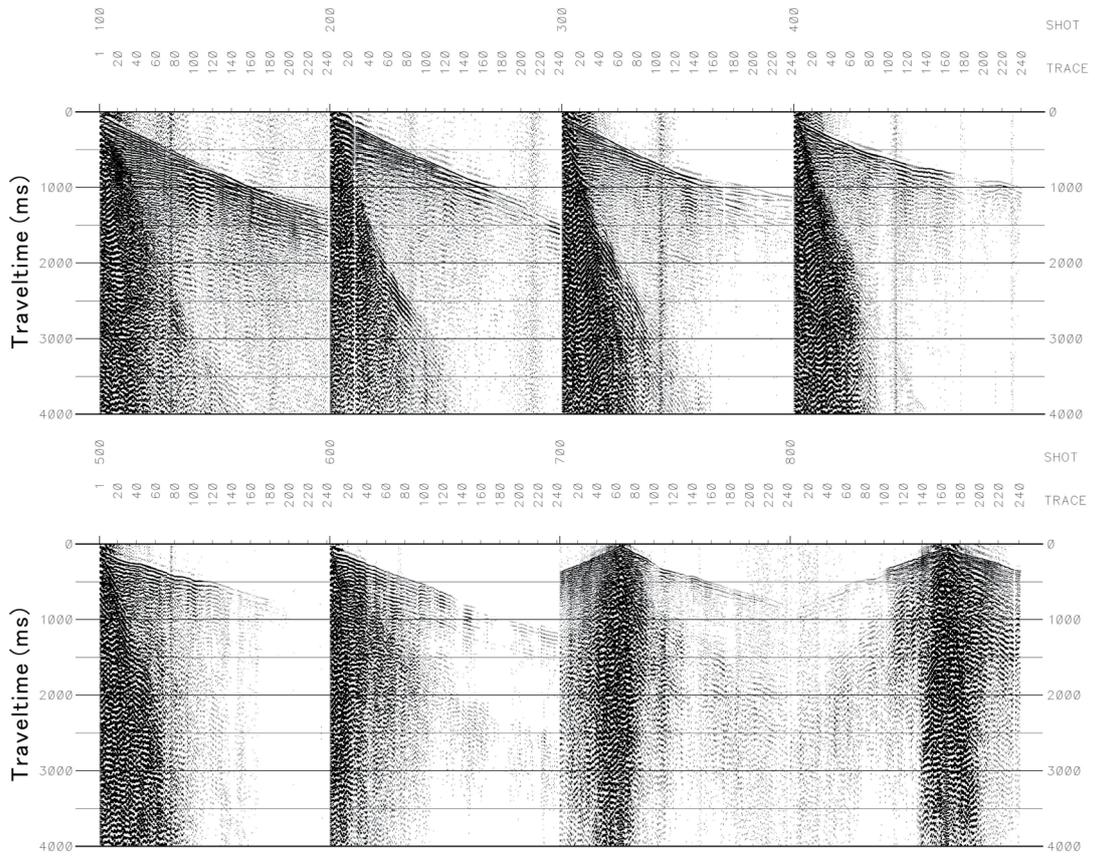
第5図 GSJ 勇払測線 3-1 の詳細測線図 説明は第4図参照。

Fig.5 Detailed survey map of the GSJ-Yufutsu-3-1. As for explanations, see Fig.4.

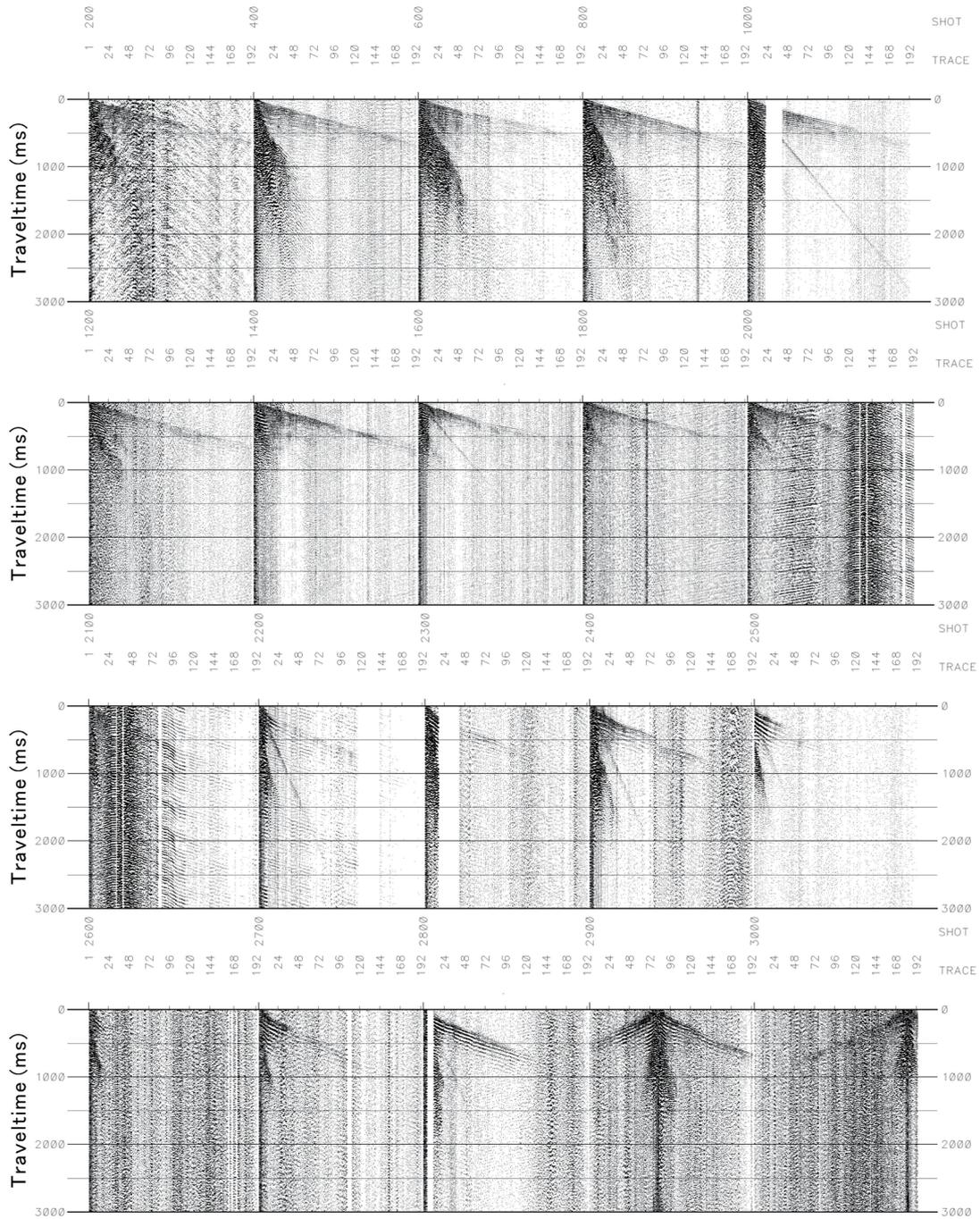


第7図 G SJ 勇 弘 測 線 1 の 発 震 記 録 例.
Fig.7 Examples of shot gathers of the G SJ -Yufutsu-1.

勇払周辺の新たな反射法地震探査データの解析

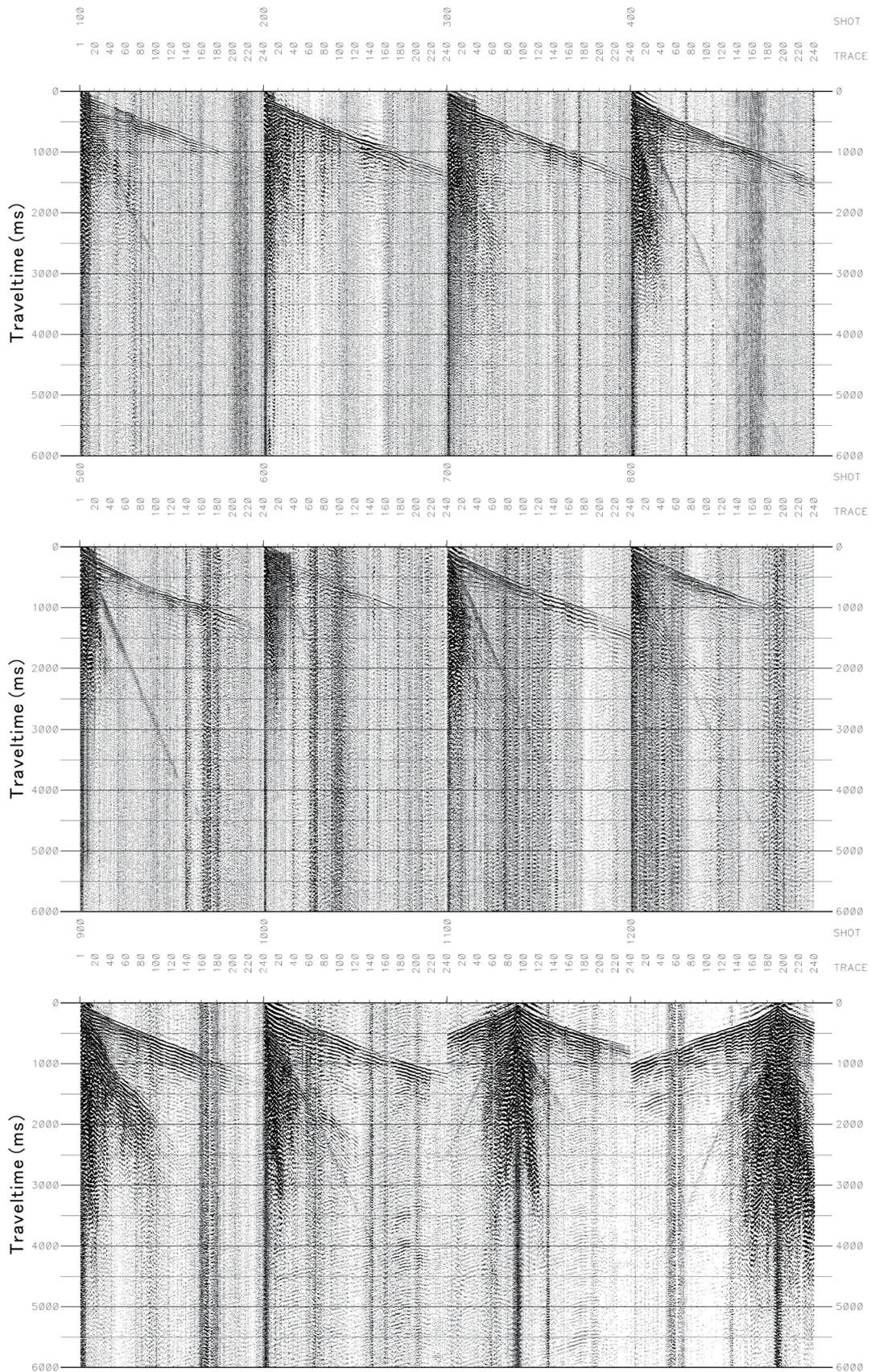


第 8 図 G SJ 勇払測線 2 の発震記録例.
Fig.8 Examples of shot gathers of the GSJ-Yufutsu-2.

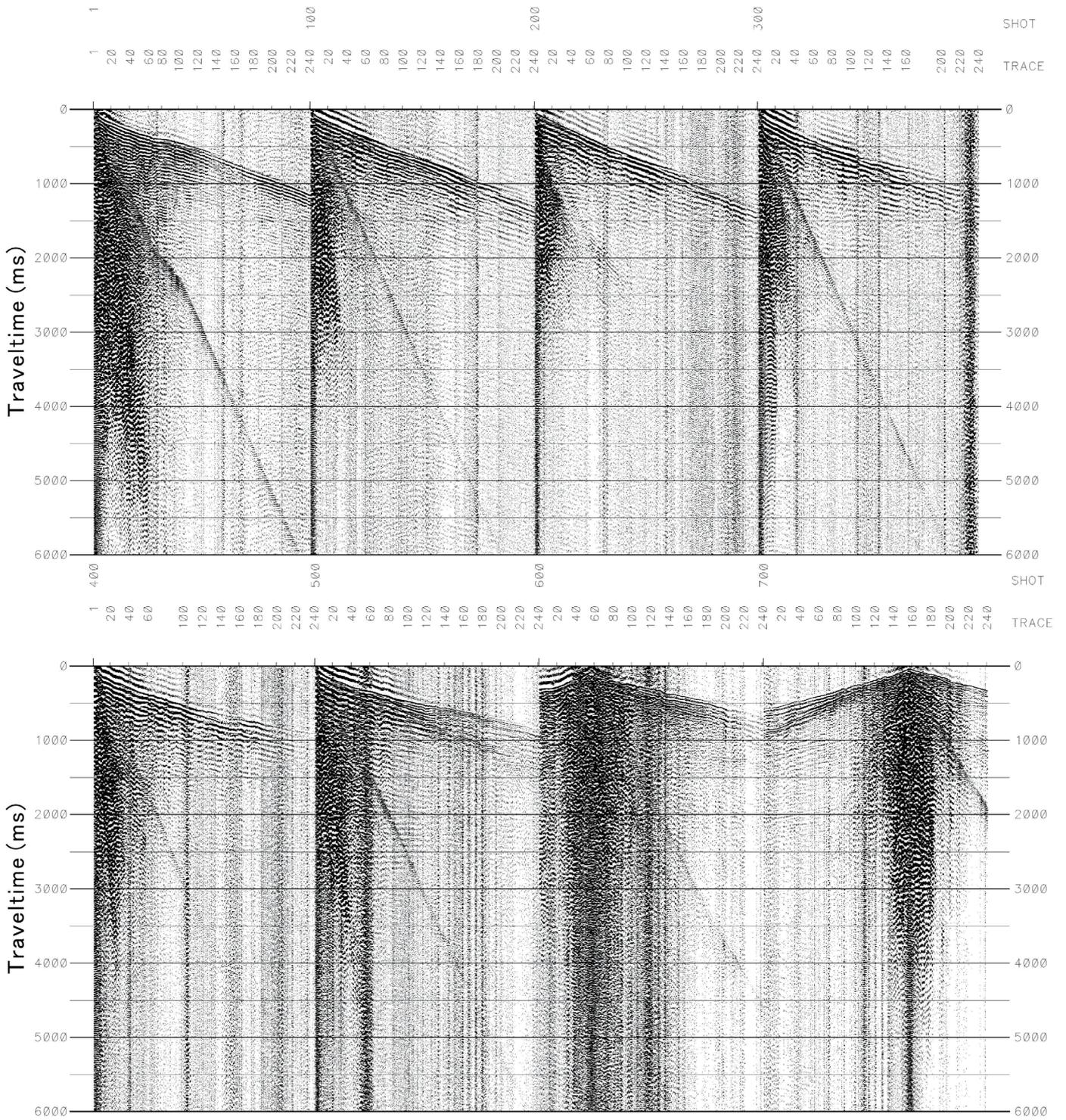


第9図 GSJ勇払測線3の発震記録例.
Fig.9 Examples of shot gathers of the GSJ-Yufutsu-3.

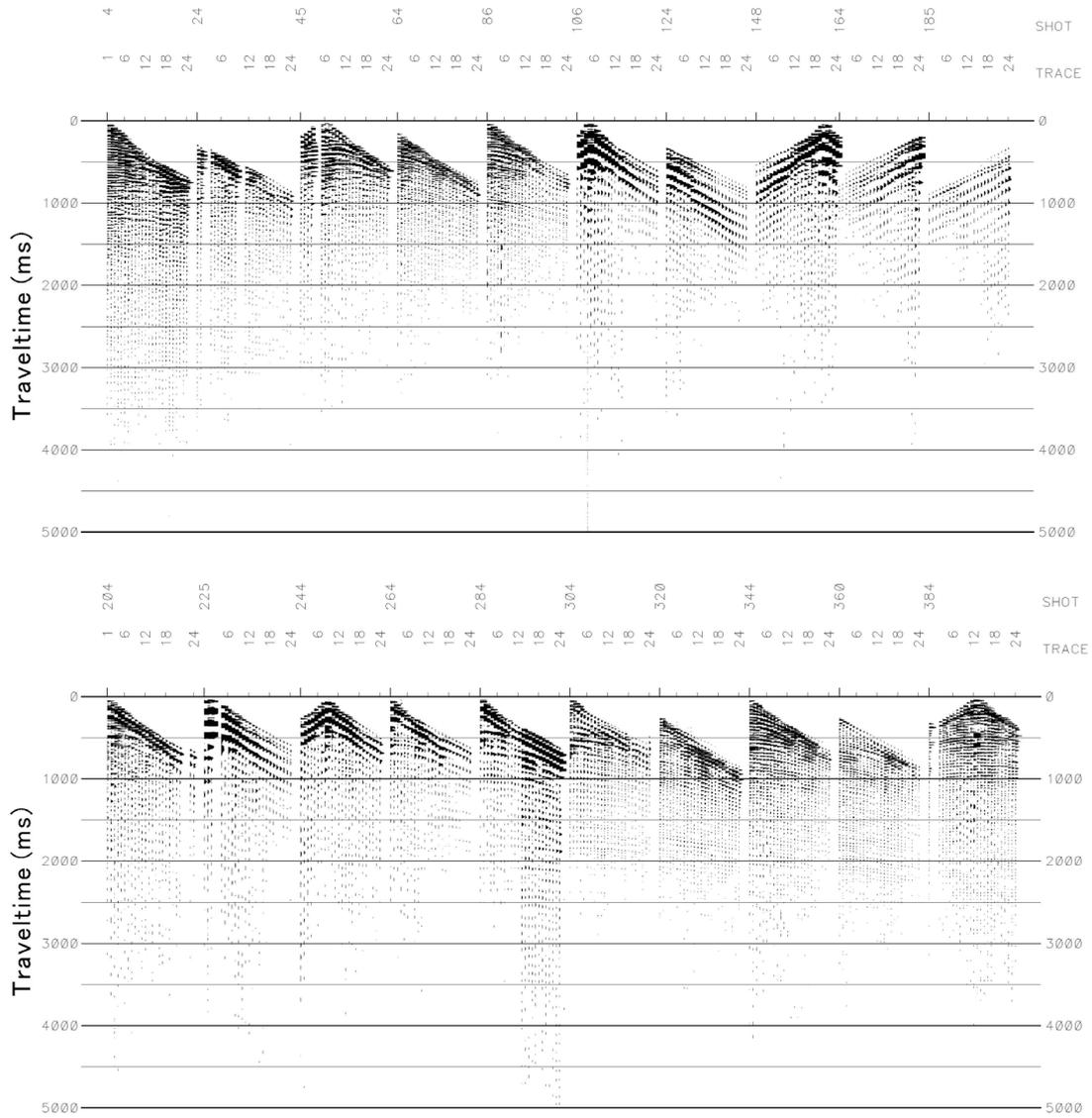
勇払周辺の新たな反射法地震探査データの解析



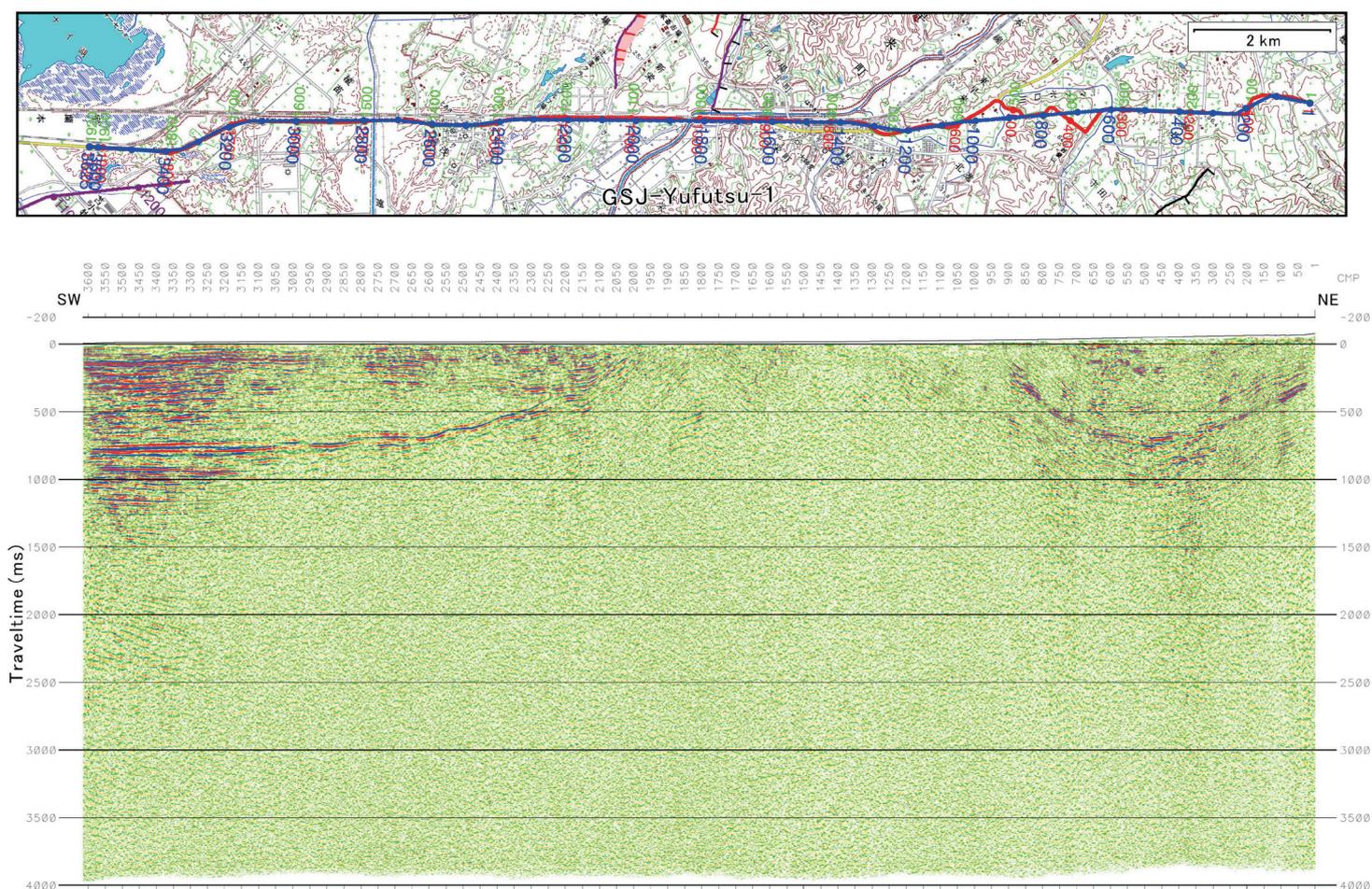
第 10 図 GSI 勇払測線 4 の発震記録例.
 Fig.10 Examples of shot gathers of the GSI-Yufutsu-4.



第 11 図 G SJ 勇 払 測 線 5 の 発 震 記 録 例.
Fig.11 Examples of shot gathers of the G SJ -Yufutsu-5.



第 12 図 HN74-1-1 測線の発震記録例。
Fig.12 Examples of shot gathers of the HN74-1-1.

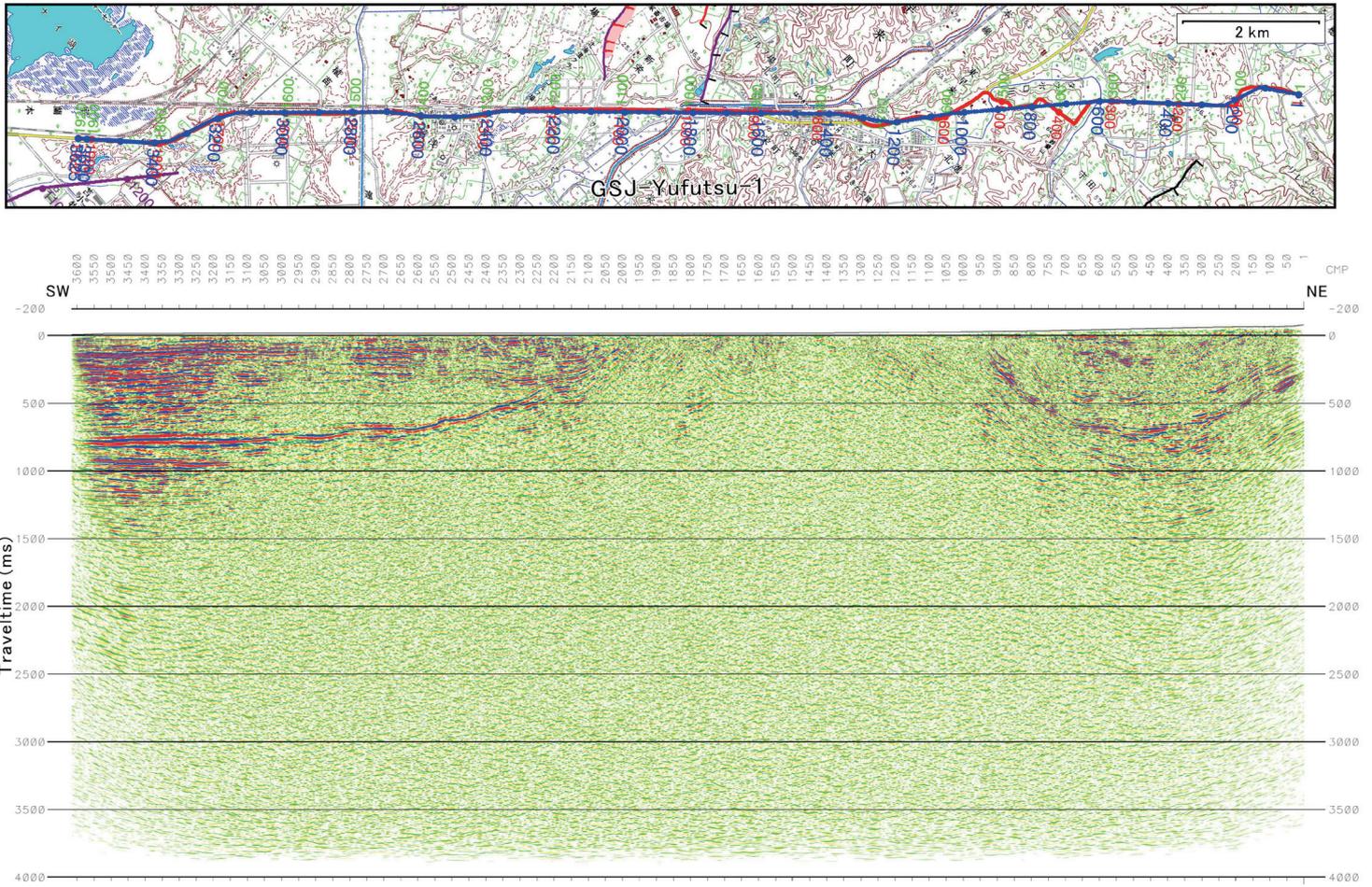


第 13 図 a

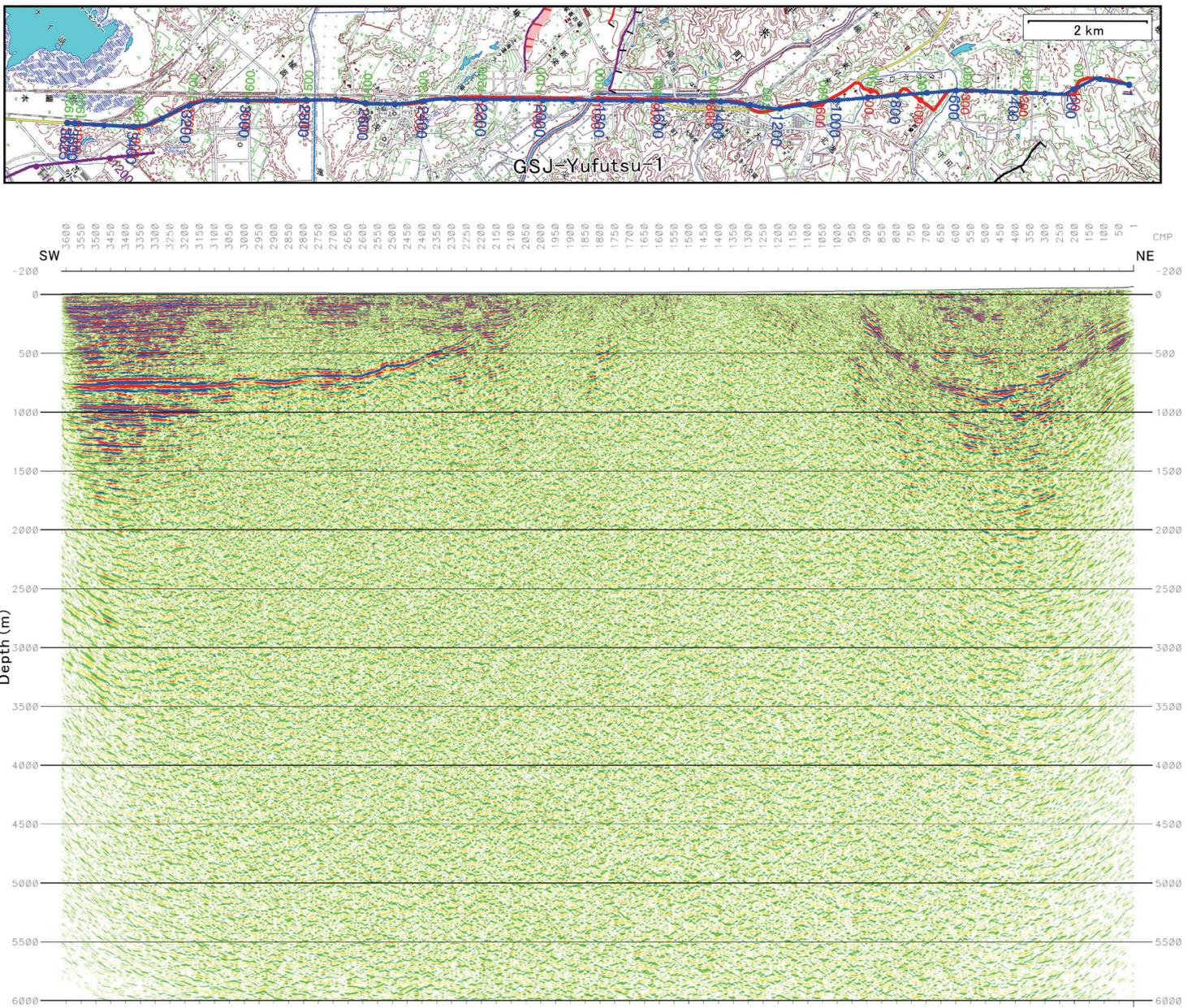
第 13 図 GSJ 勇払測線 1 の処理結果. (a) 時間断面, (b) マイグレーション時間断面, (c) 深度断面. 深度断面の縦横比は 2. 基図: 国土地理院数値地図 50,000 「千歳」, 「早来」. 測線図に関するその他の説明は第 4 図参照.

Fig.13 Data processing results of the GSJ-Yufutsu-1. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 2. Base maps: Chitose and Hayakita, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4 .

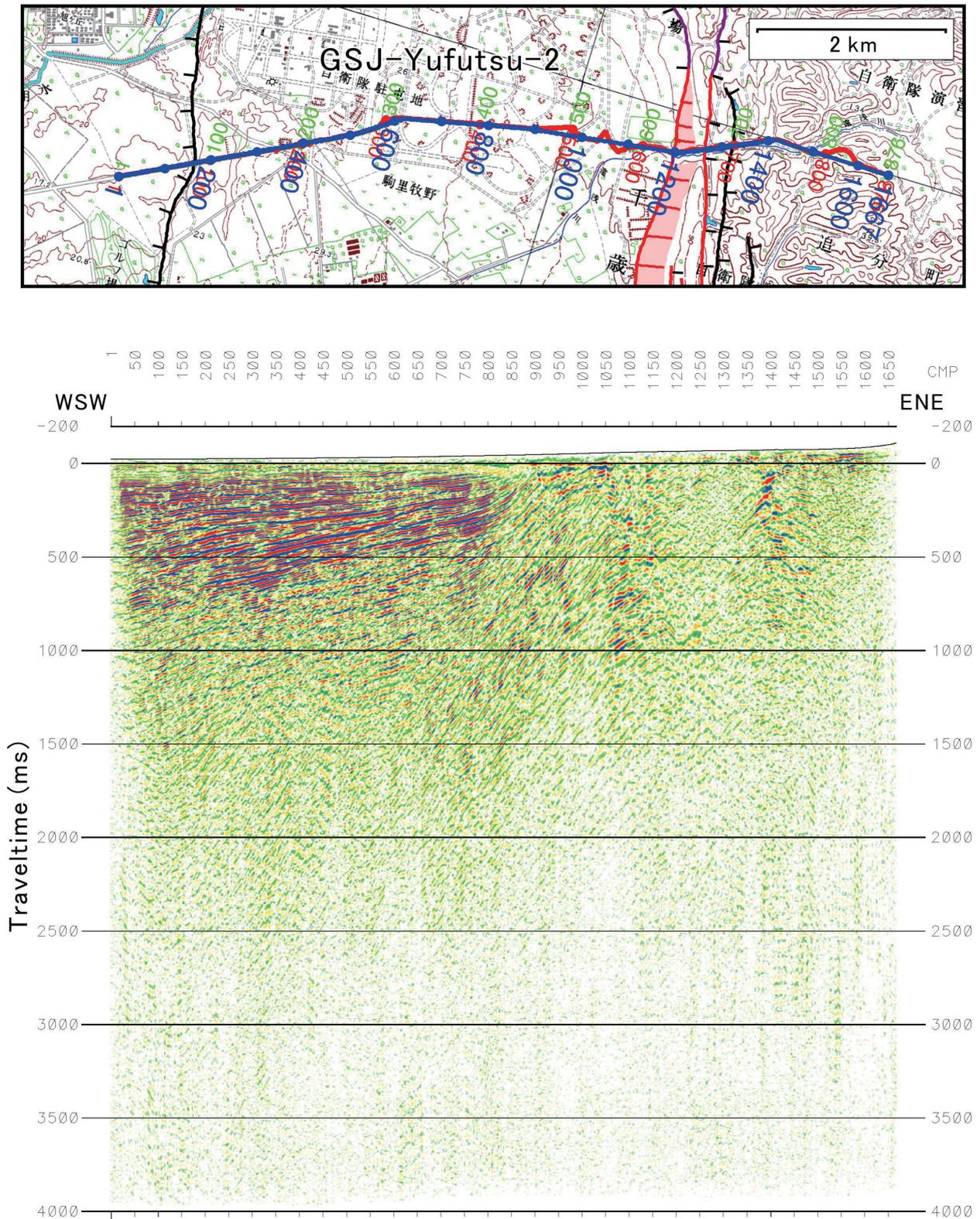
勇払周辺の新たな反射法地震探査データの解析



第 13 図 b



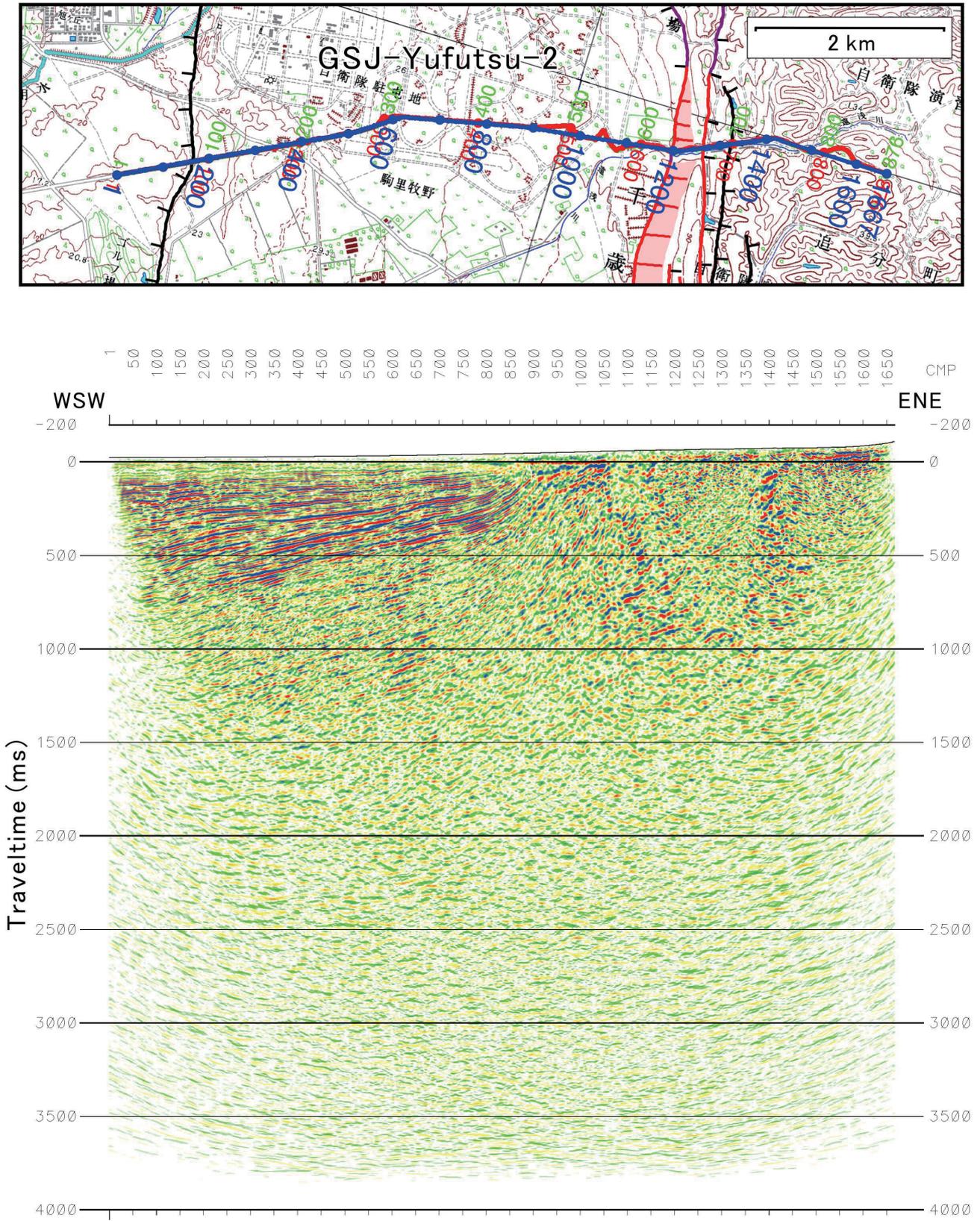
第13図 c



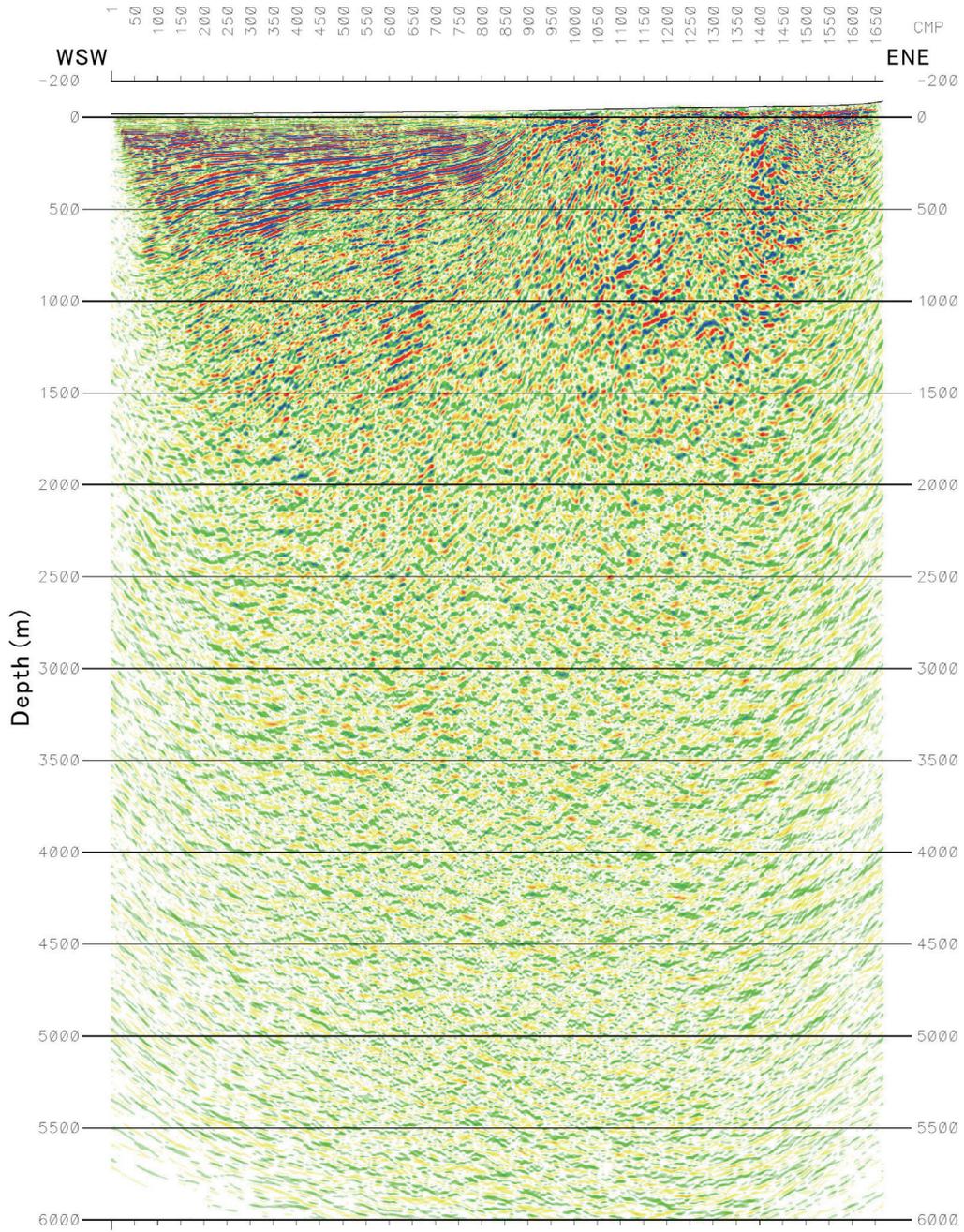
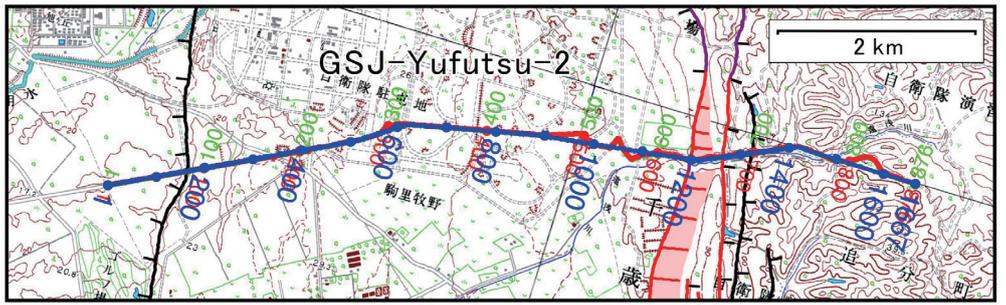
第14図 a

第14図 GSJ 勇払測線 2 の処理結果. (a) 時間断面, (b) マイグレーション時間断面, (c) 深度断面. 深度断面の縦横比は 2. 基図: 国土地理院数値地図 50,000 「千歳」, 「早来」, 「恵庭」, 「追分」. 測線図に関するその他の説明は第 4 図参照.

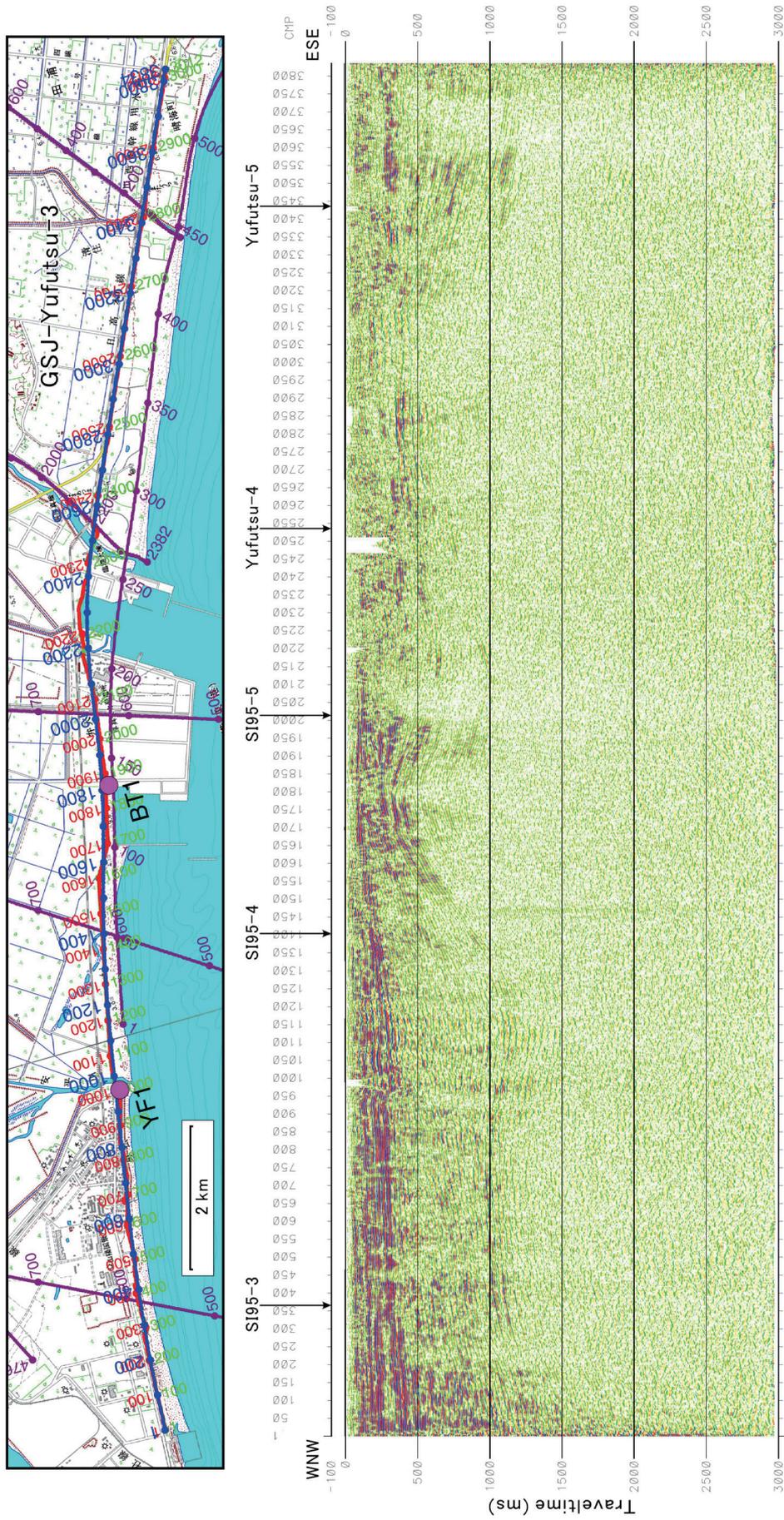
Fig.14 Data processing results of the GSJ-Yufutsu-2. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 2. Base maps: Chitose, Hayakita, Eniwa and Oiwake, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4 .



第 14 図 b



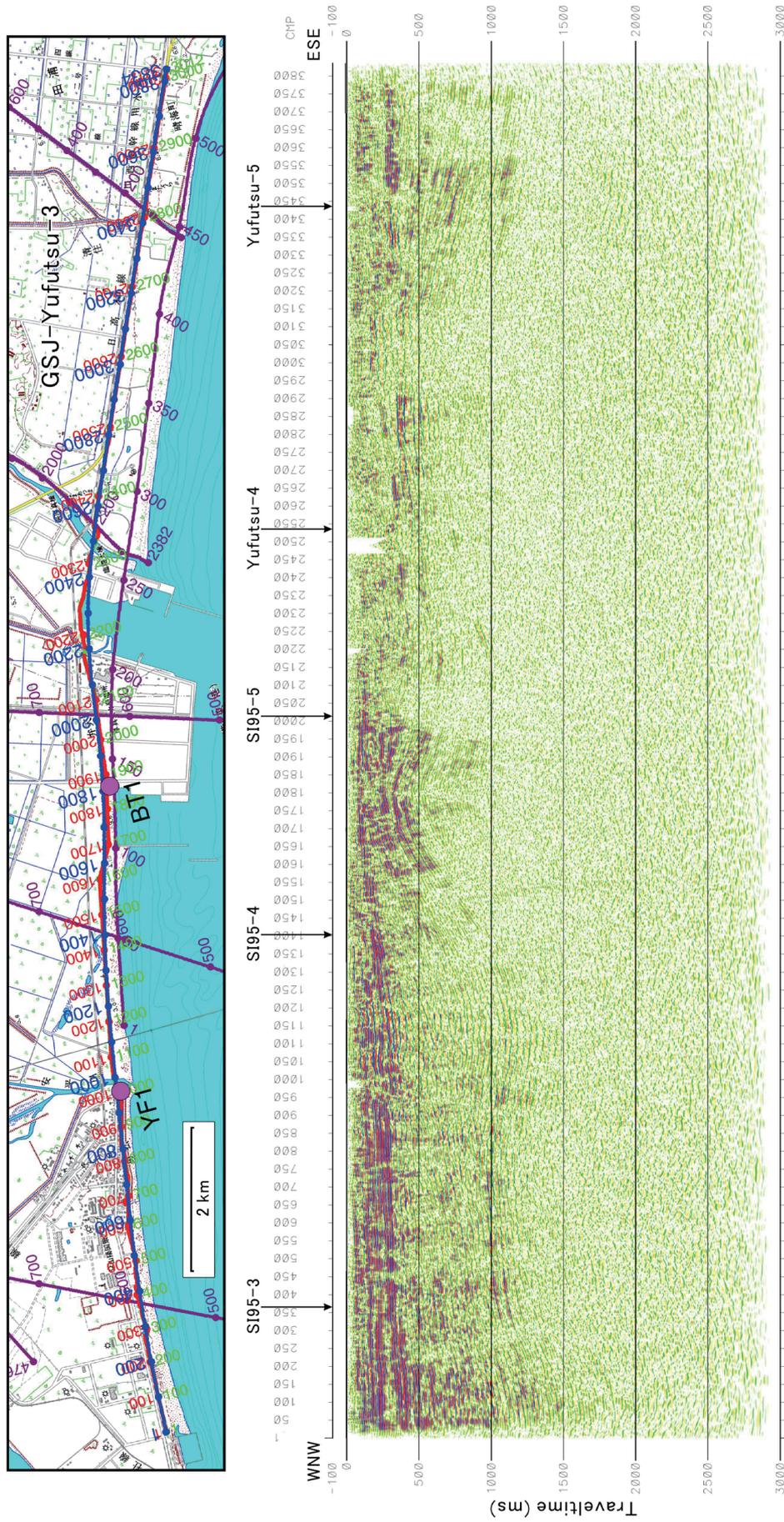
第14図c



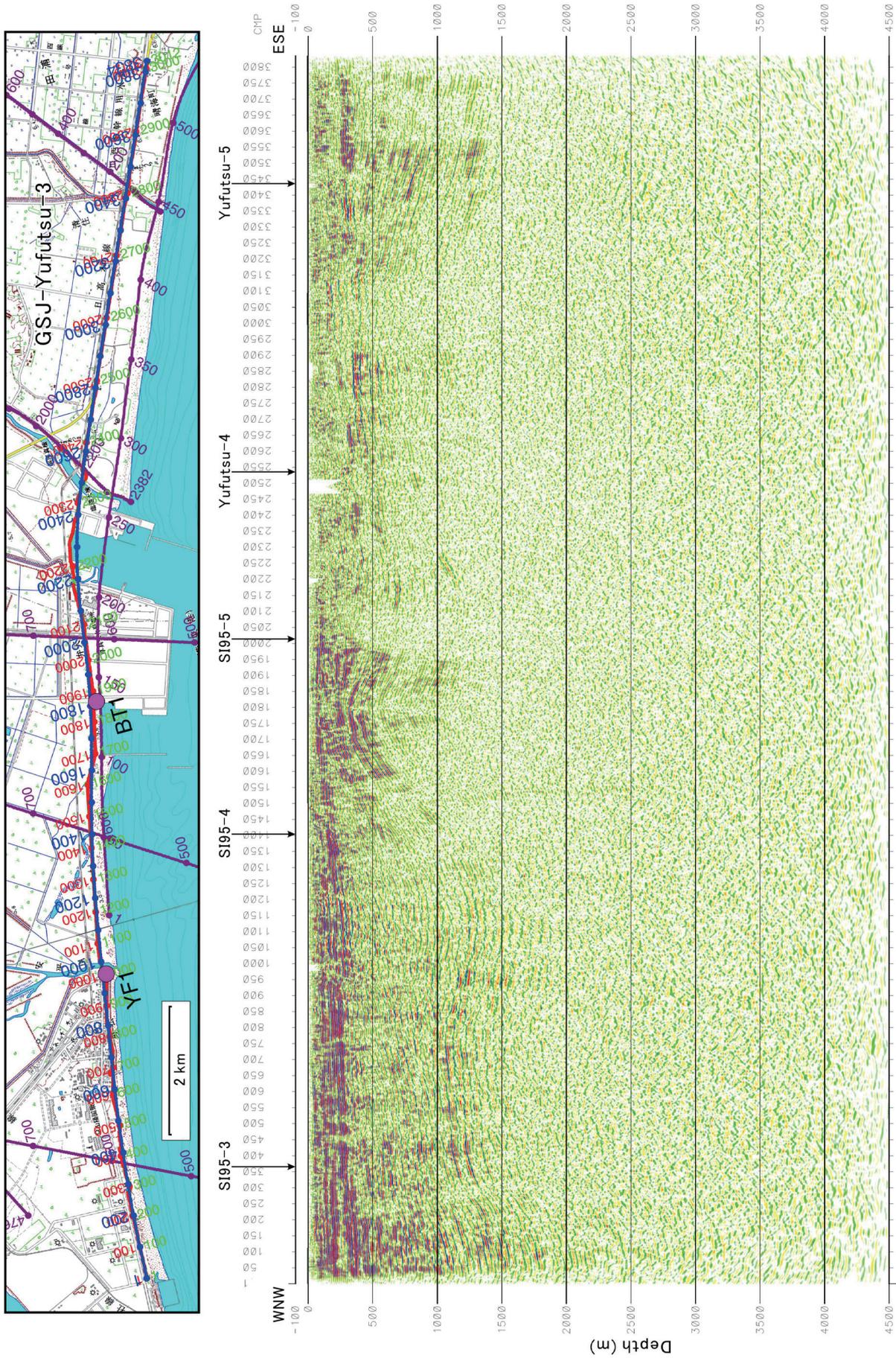
第15図 a

第15図 GSI勇払測線3の処理結果。(a)時間断面、(b)マイグレーション時間断面、(c)深度断面。深度断面の縦横比は2。
 基図：国土地理院数値地図50,000「苫小牧」、「鶴川」。測線図に関するその他の説明は第4図参照。

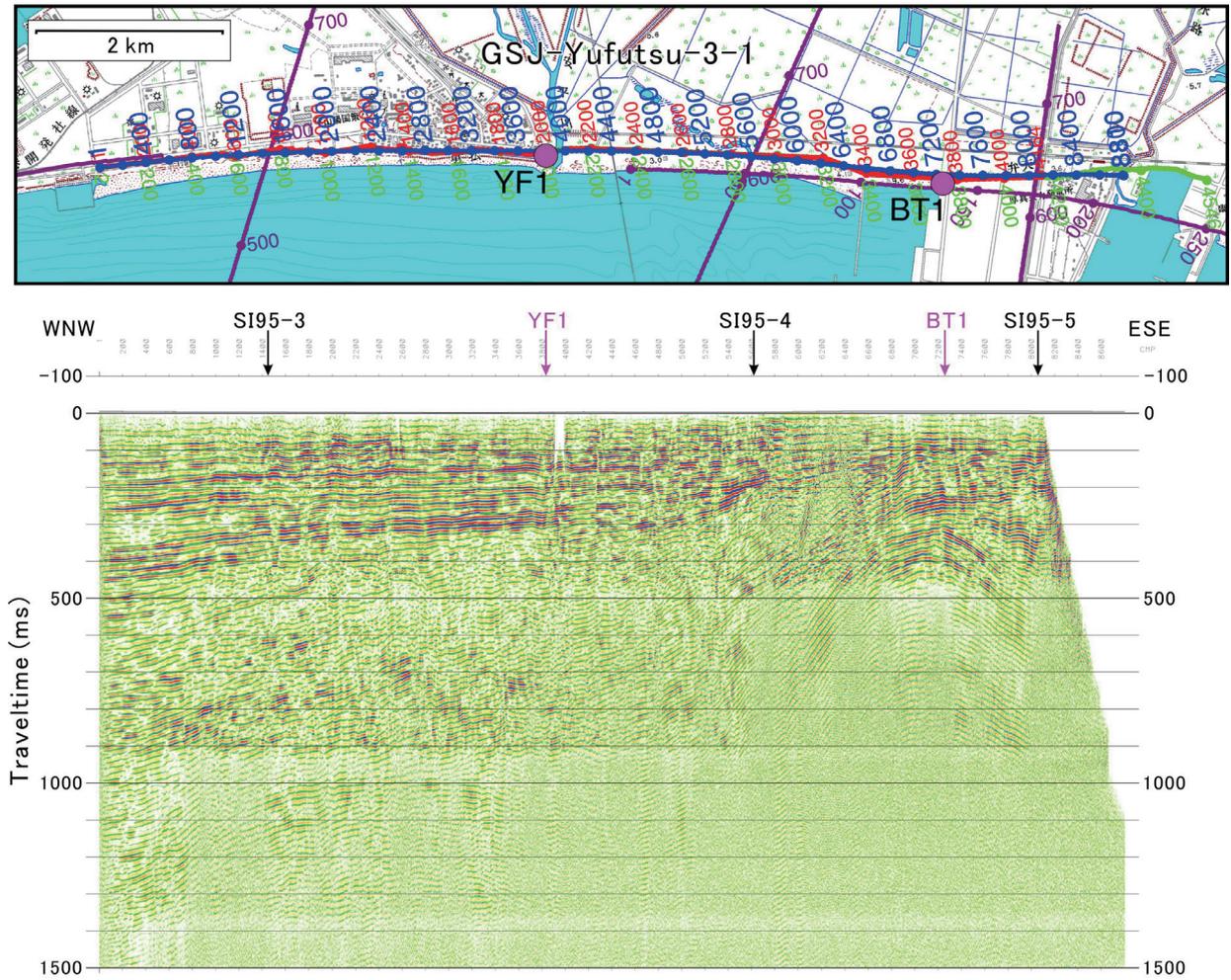
Fig.15 Data processing results of the GSI-Yufutsu-3. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 2. Base maps: Tomakomai and Mukawa, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4.



第15図 b



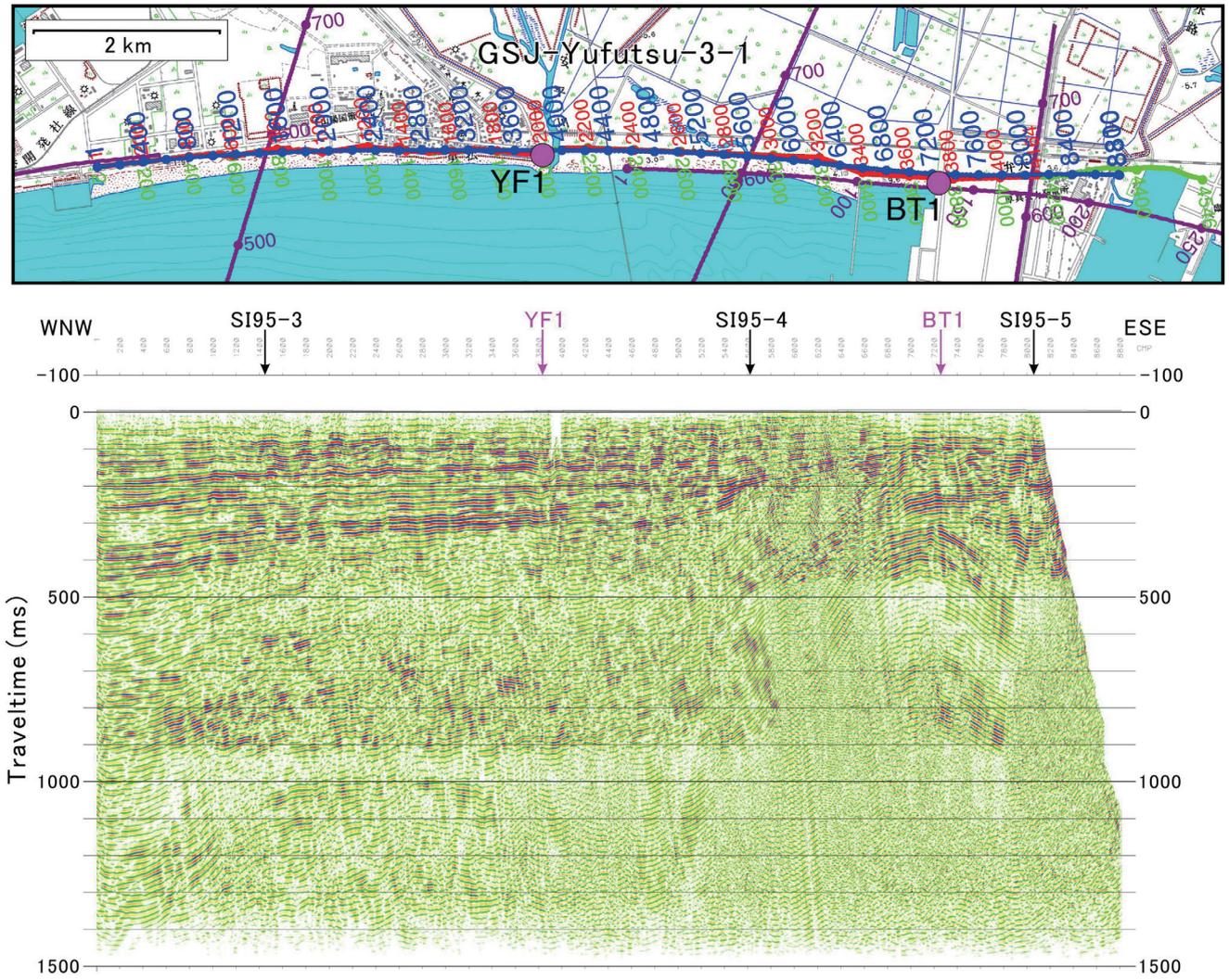
第15図c



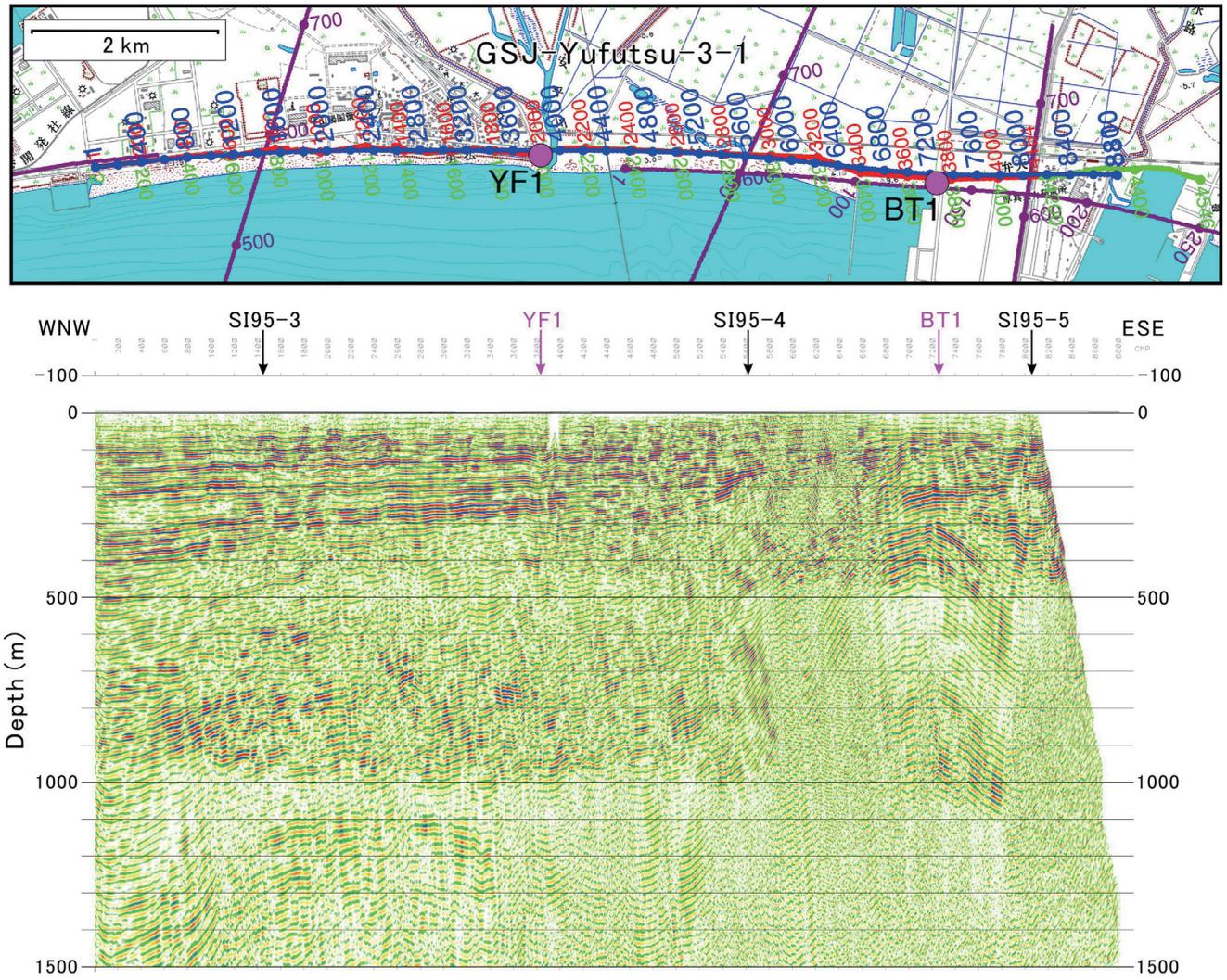
第 16 図 a

第 16 図 GSJ 勇払測線 3-1 の処理結果. (a) 時間断面, (b) マイグレーション時間断面, (c) 深度断面. 深度断面の縦横比は 4. 基図: 国土地理院数値地図 50,000 「苫小牧」, 「鶴川」. 測線図に関するその他の説明は第 4 図参照.

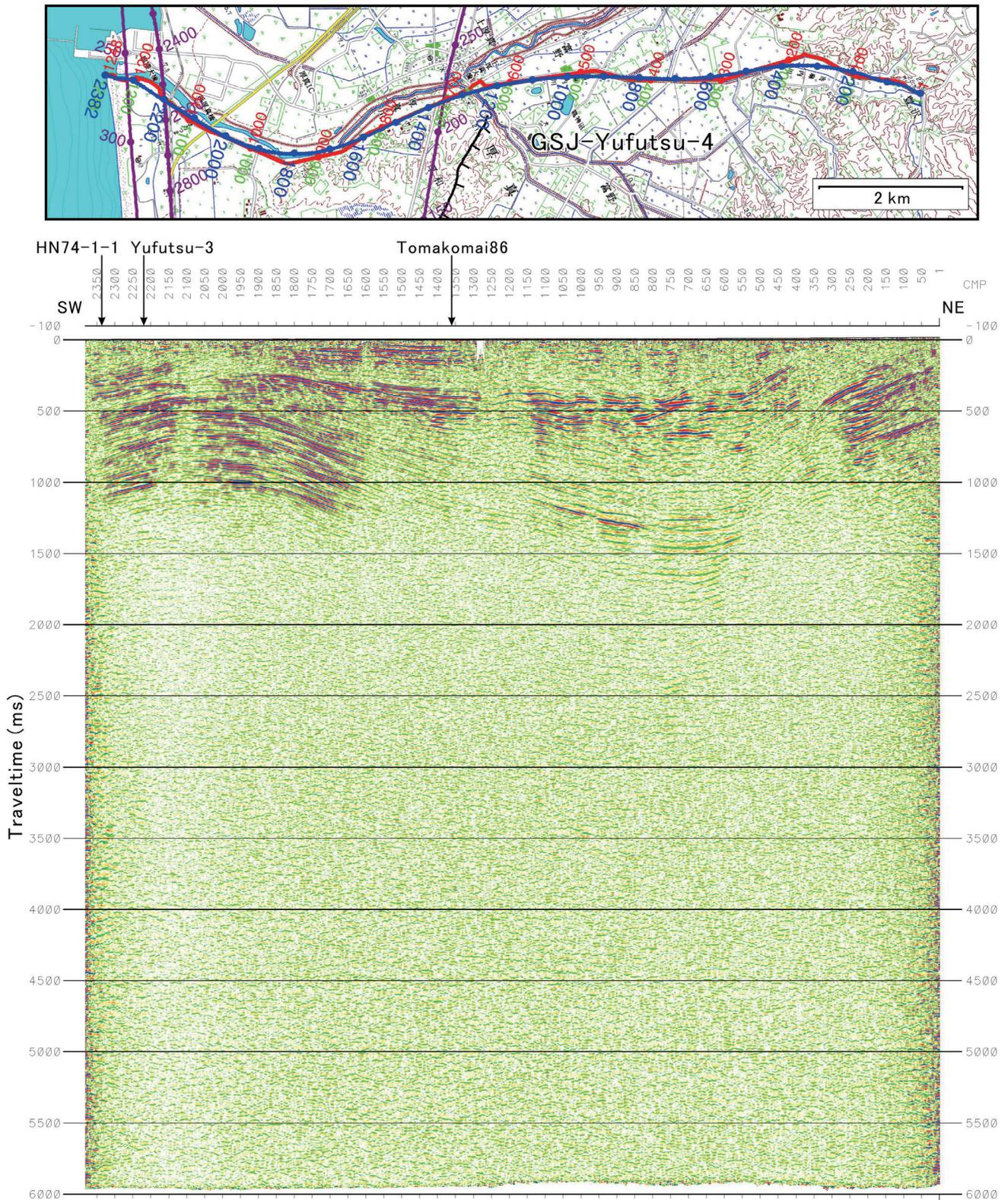
Fig.16 Data processing results of the GSJ Yufutsu-3-1. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 4. Base maps: Tomakomai and Mukawa, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4 .



第16図 b



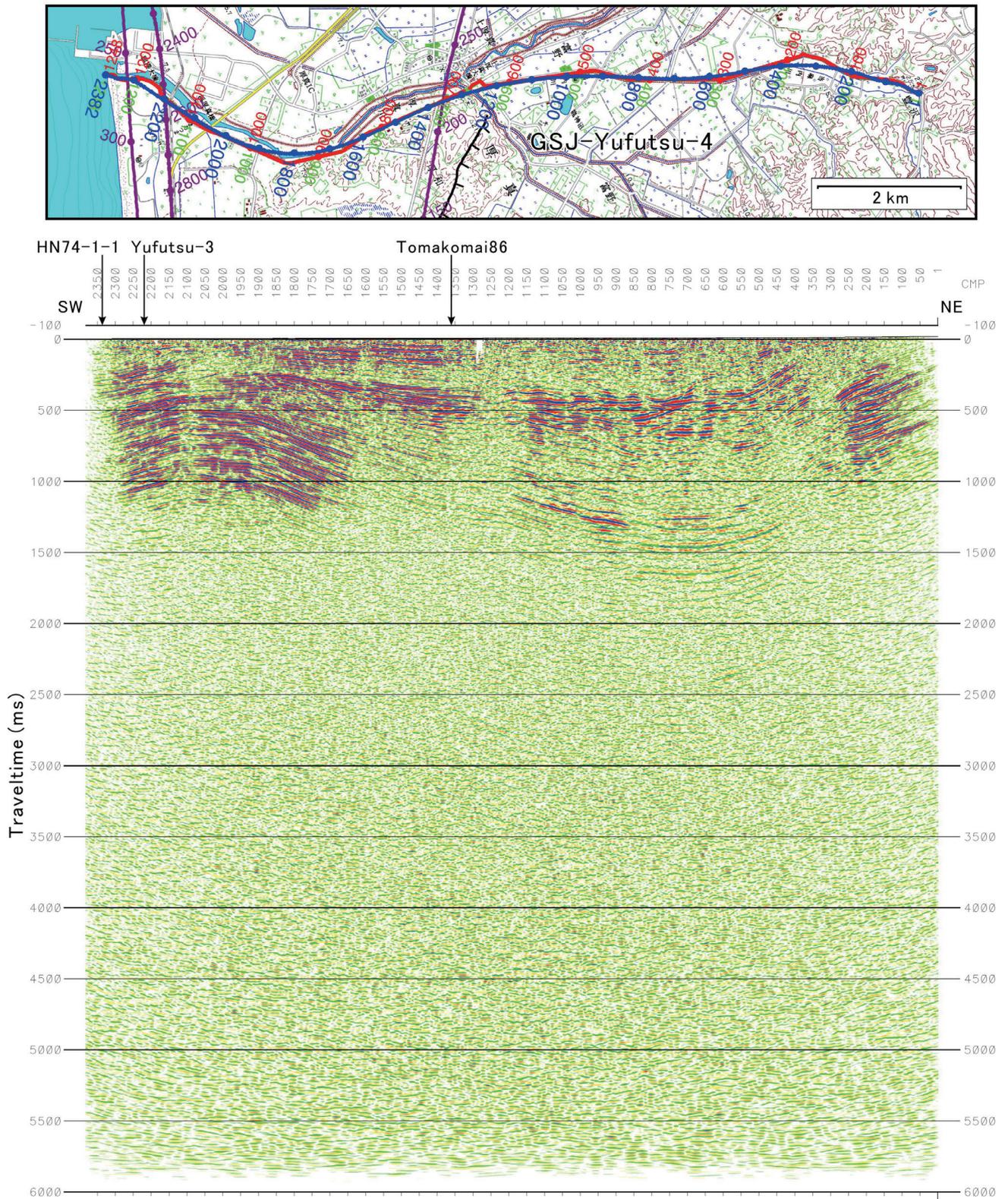
第16図c



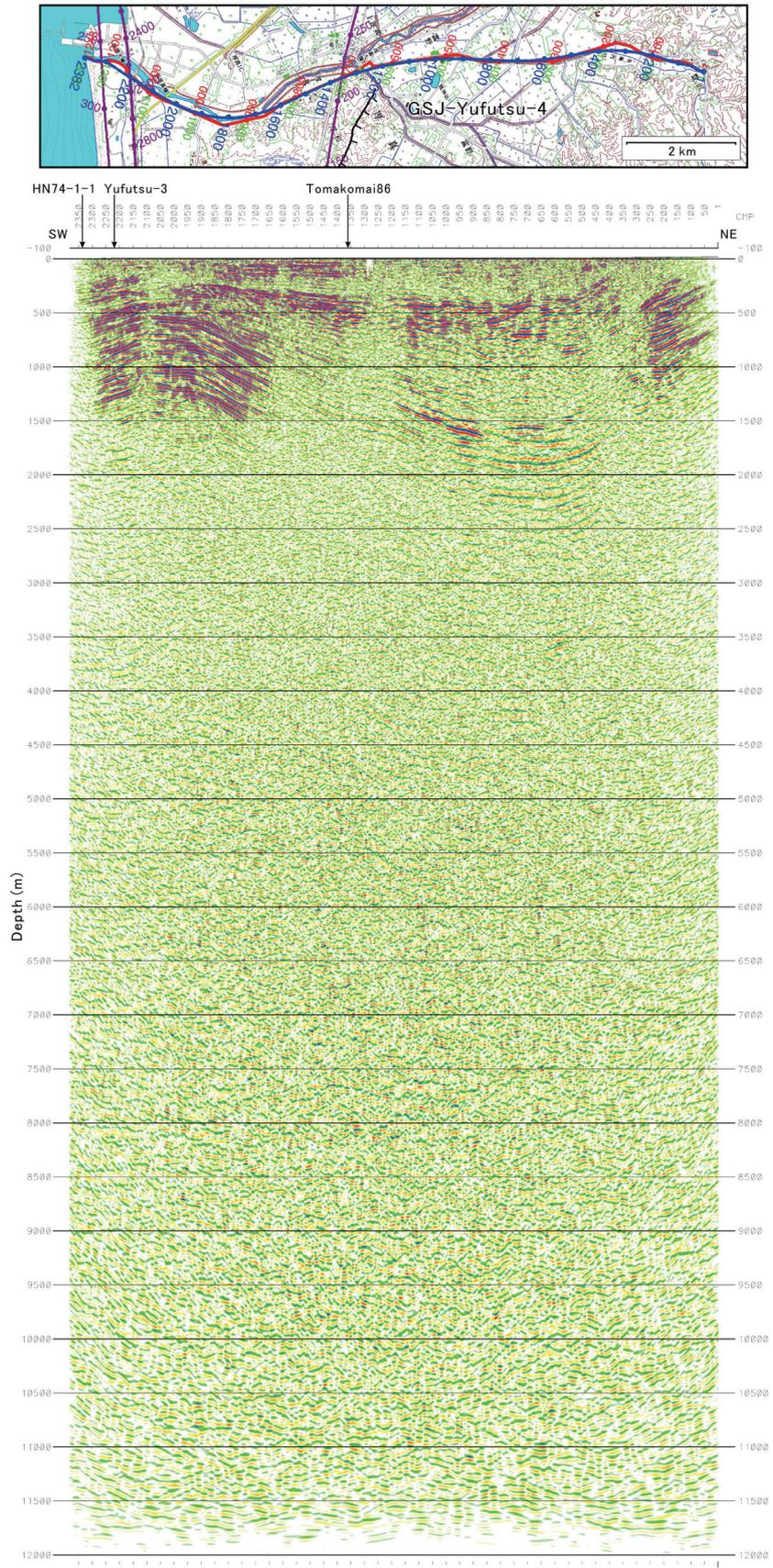
第 17 図 a

第 17 図 GSJ 勇払測線 4 の処理結果. (a) 時間断面, (b) マイグレーション時間断面, (c) 深度断面. 深度断面の縦横比は 2. 基図: 国土地理院数値地図 50,000 「鶴川」, 「早来」. 測線図に関するその他の説明は第 4 図参照.

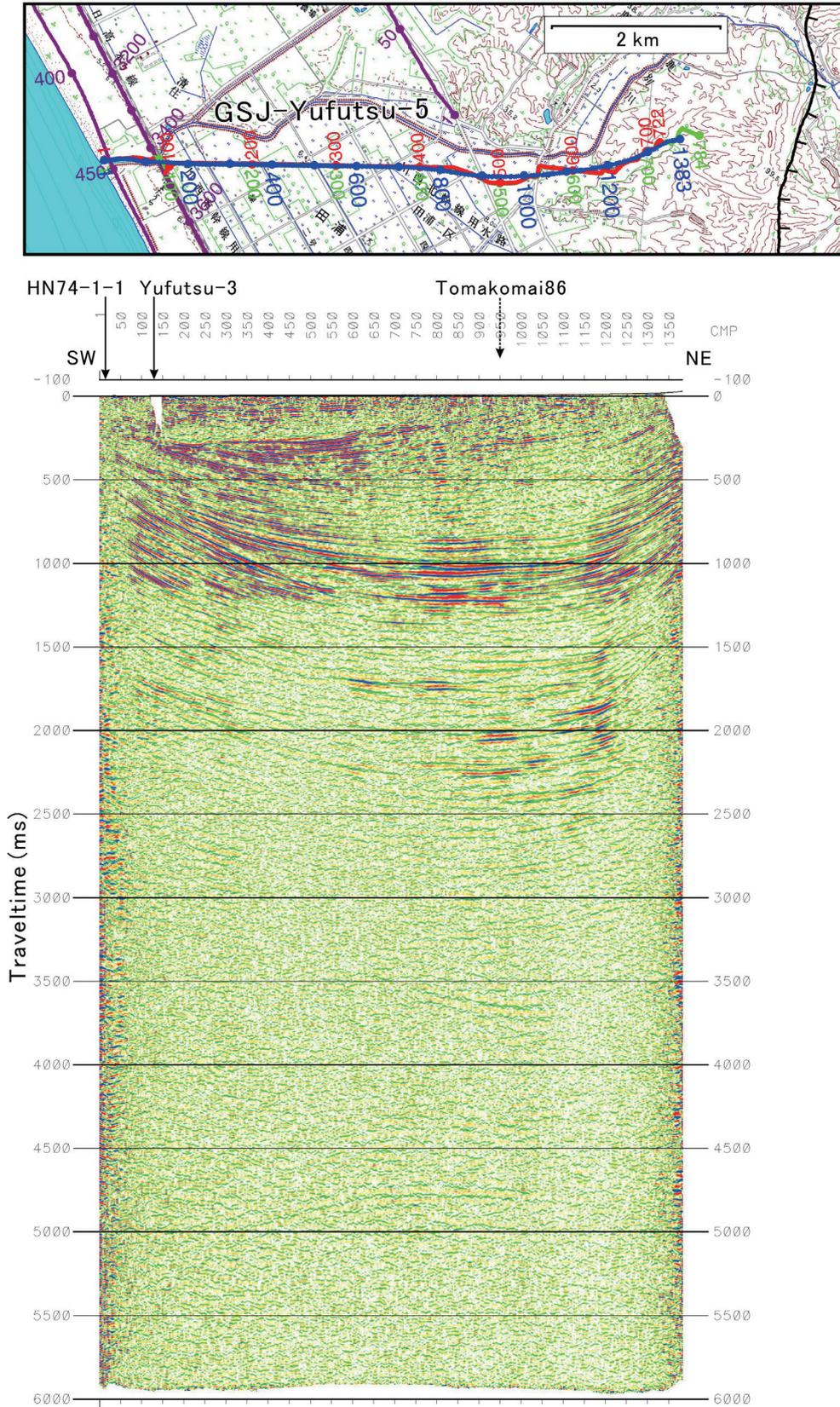
Fig.17 Data processing results of the GSJ-Yufutsu-4. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 2. Base maps: Mukawa and Hayakita, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4 .



第 17 図 b



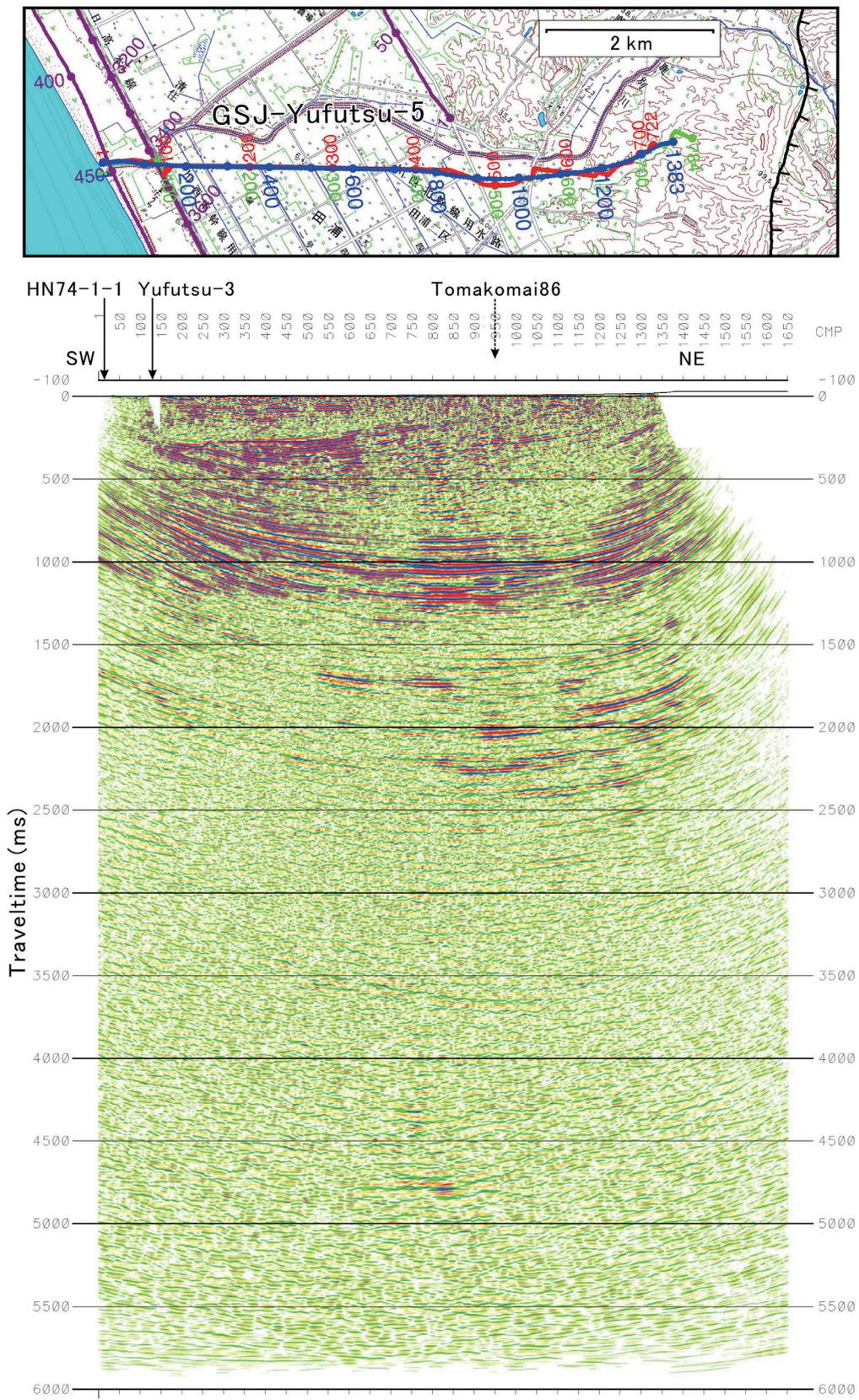
第 17 図 c



第 18 図 a

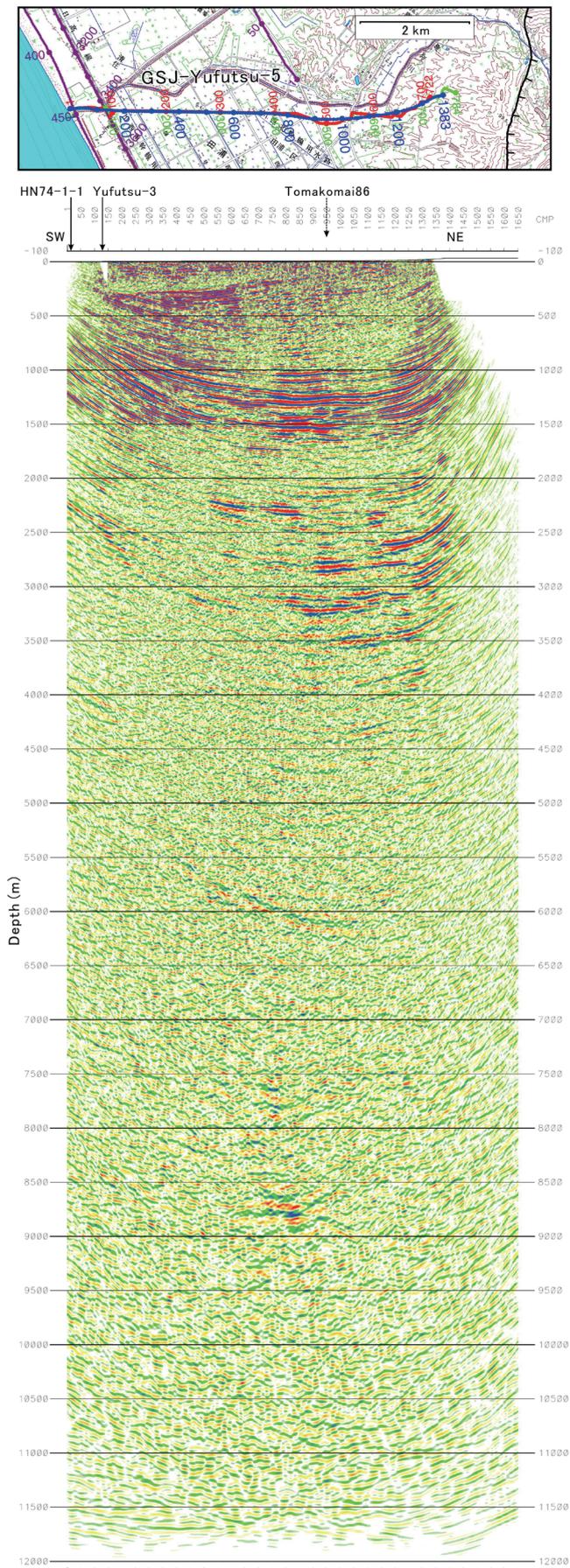
第 18 図 GSJ 勇払測線 5 の処理結果. (a) 時間断面, (b) マイグレーション時間断面, (c) 深度断面. 深度断面の縦横比は 2. 基図: 国土地理院数値地図 50,000 「鶴川」. 測線図に関するその他の説明は第 4 図参照.

Fig.18 Data processing results of the GSJ-Yufutsu-5. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 2. Base map: Mukawa, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4.

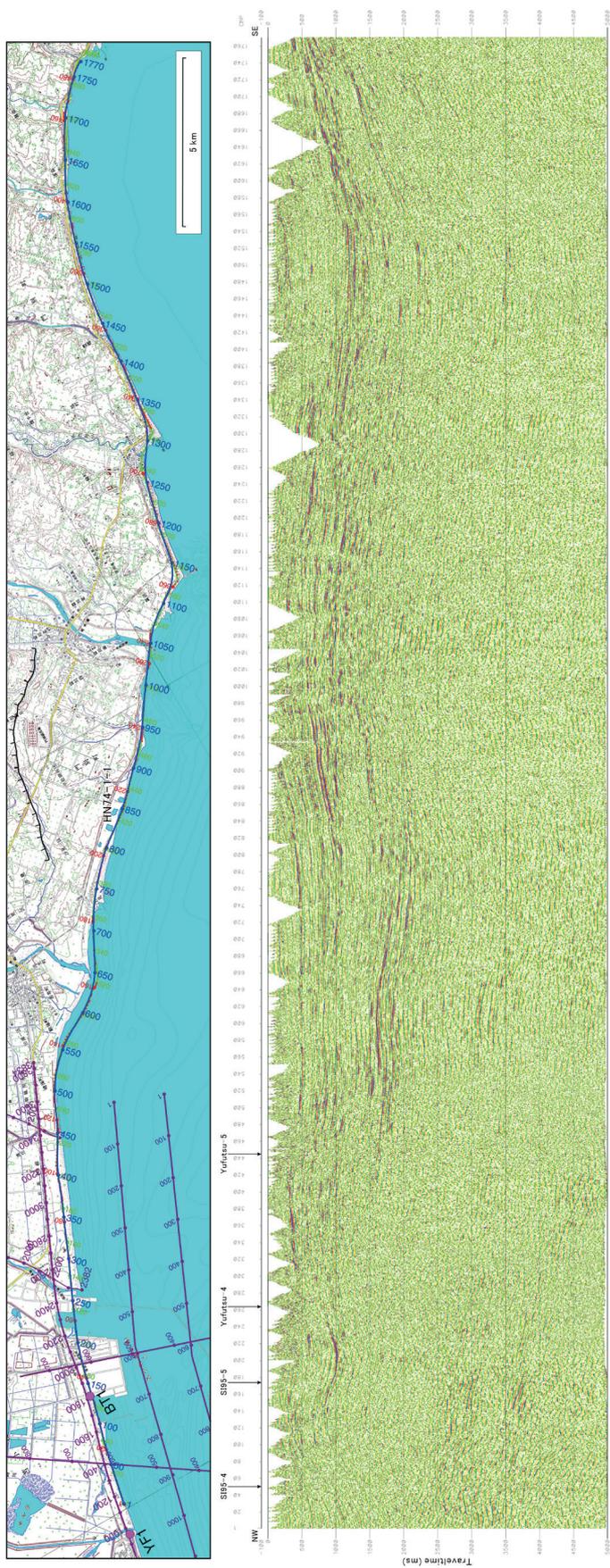


第 18 図 b

勇払周辺の新たな反射法地震探査データの解析



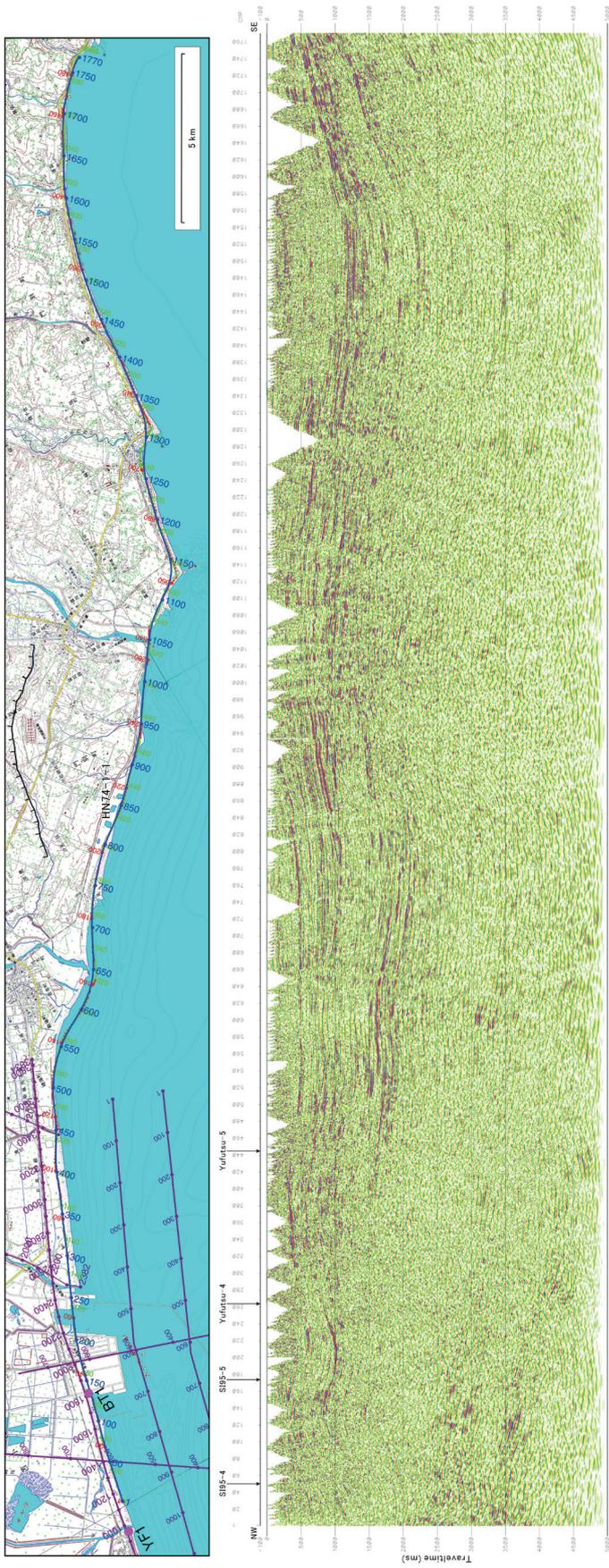
第 18 図 c



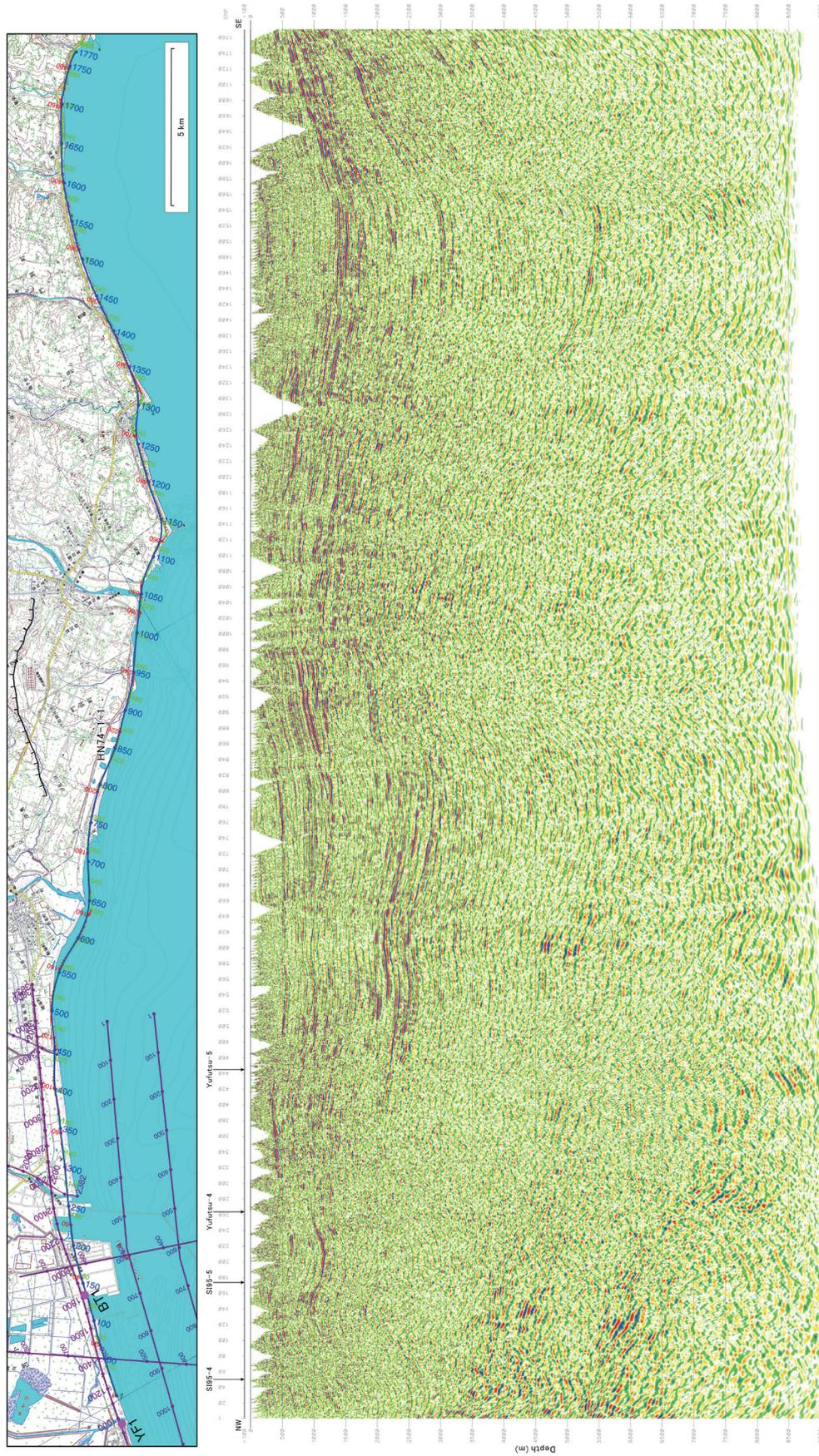
第 19 図 a

第 19 図 HN74-1-1 測線の処理結果。(a) 時間断面、(b) マイグレーション時間断面、(c) 深度断面。深度断面の縦横比は 2。基図：国土地理院数値地図 50,000 「苫小牧」、「鶴川」、「富川」、「門別」。測線図に關するその他の説明は第 4 図参照。

Fig.19 Data processing results of the HN74-1-1. (a) Time section, (b) Migrated time section, and (c) Depth section. Vertical exaggeration of the depth section is 2. Base maps: Tomakomai, Mukawa, Tomikawa and Monbetsu, Digital Map 50,000 (Map Image), Geographical Survey Institute. Survey Institute. For captions on the survey line map, see Fig.4.



第 19 図 b



第 19 図 c

勇払周辺の新たな反射法地震探査データの解析

第1表 GSJ 勇払測線の探査諸元

Table.1 Field parameters of GSJ Yufutsu seismic reflection surveys.

測線名	苫小牧-安平測線		東千歳駐屯地測線		苫小牧-むかわ測線		厚真測線	むかわ測線		
測線番号	GSJ 勇払測線 1		GSJ 勇払測線 2		GSJ 勇払測線 3-1	GSJ 勇払測線 3		GSJ 勇払測線 4	GSJ 勇払測線 5	
測線長	19.2 km		8.8 km		11.3 km	19.7 km		12.5 km	7.8 km	
探査方向	NE→SW		WSW→ENE		W→E				NE→SW	SW→NE
震源	Y-2400 (IVI 社)				T-15000 (IVI 社)			HEMI-50 (IVI 社)		
台数	1 台		1 台		1 台		1 台			
発震点間隔	10 m (標準)		2.5 m (標準)		5 m (西半部標準), 10 m (東半部標準)		10 m (標準)			
スイープ周波数	10~100 Hz		10~200 Hz		10~200 Hz (西半部) 10~120 Hz, 10~80 Hz (東半部)		10~100 Hz			
スイープ長	16 s		15 s		15 s		16 s			
垂直重合数	4 (標準)		2 (標準)		4 (西半部標準), 6 (東半部標準)		4 (標準)			
総発震点数	1,861	869	4,958		2,927		1,212	686		
受振器	SG-10 (Sercel 社)				SG-10 (Sercel 社)			SG-10 (Sercel 社)		
固有周波数	10 Hz		10 Hz		10 Hz		10 Hz			
アレイ	6 個バンチング		6 個バンチング		6 個バンチング		6 個バンチング			
受振点間隔	10 m (標準)		5 m (標準)		5 m (西半部標準), 10 m (東半部標準)		10 m (標準)			
発震展開	エンドオン (測線終端部は固定展開)				エンドオン	エンドオン (測線終端部は固定展開)		エンドオン (測線終端部は固定展開)		
総受振点数	1,920	876	2,273		3,012		1,248	784		
中央記録ユニット	Latitude E5500 (Dell 社)				Latitude E5500 (Dell 社)			Latitude E5500 (Dell 社)		
遠隔記録ユニット	DSS-12 (サンコーコンサルタント社)				DSS-12 (サンコーコンサルタント社)			DSS-12 (サンコーコンサルタント社)		
チャンネル数	240 ch		192 ch		192 ch		240 ch			
サンプリング間隔	2 ms		1 ms		1 ms		2 ms			
記録長	20 s (コリレーション前) 4 s (コリレーション後)		16 s (コリレーション前) 3 s (エクステンディッド・コリレーション後)		16 s (コリレーション前) 3 s (エクステンディッド・コリレーション後)		20 sec (コリレーション前) 6 sec (エクステンディッド・コリレーション後)			
CMP 重合数	120 (標準)		96 (標準)		192 (西半部標準), 96 (東半部標準)		120 (標準)			
CMP 間隔	5 m		1.25 m		5 m		5 m			
CMP 数	3,625	1,667	8,810		3,834		2,382	1,383		
CMP 重合測線長	18,120 m	8,330 m	11,011.25 m		19,165 m		11,905 m	6,910 m		

第2表 HN74-1-1 測線の探査諸元

Table.2 Field parameters of HN74-1-1 seismic reflection survey.

調査名	石油開発公団 基礎物理探査「日高南部」
測線名	測線 1-1 (HN74-1-1)
測線長	約 45 km
探査方向	NW→SE
震源	ダイナマイト
薬量	4kg/孔×5孔および3kg/孔×5孔(標準) 3kg/孔×1孔(表層補正用)
発震深度	8~23 m
発震点間隔	100 m (標準)
垂直重合数	1
総発震点数	444 点 + 58 点(表層補正用)
発震展開	エンドオン発震が基本 (オフセットの異なる様々な展開を使用)
受振器	SGC-110
受振点間隔	50 m (標準)
総受振点数	901 点
記録ユニット	DFS-10000 (Texas Instruments 社)
チャンネル数	24 ch
サンプリング間隔	2 ms
記録長	5 s
CMP 重合数	6 (標準)
CMP 間隔	25 m
CMP 数	1770
CMP 重合測線長	44,225 m