

3. 2. 4 陸域活構造調査

目 次

(1) 業務の内容

- (a) 業務題目
- (b) 担当者
- (c) 業務の目的
- (d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）
 - 1) 平成25年度
 - 2) 平成26年度
 - 3) 平成27年度
 - 4) 平成28年度
 - 5) 平成29年度
 - 6) 平成30年度
 - 7) 平成31年度
 - 8) 平成32年度
- (e) 平成29年度業務目的

(2) 平成29年度の成果

- (a) 業務の要約
- (b) 業務の成果
- (c) 結論ならびに今後の課題
- (d) 引用文献
- (e) 成果の論文発表・口頭発表等
- (f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

(3) 平成30年度業務計画案

(1) 業務の内容

(a) 業務題目

2.4 陸域活構造調査

(b) 担当者

所属機関	役職	氏名
東京大学地震研究所	助教	石山 達也
	教授	佐藤 比呂志
	特任研究員	加藤 直子
首都大学東京都市環境学部	教授	鈴木 毅彦
信州大学教育学部	教授	廣内 大助
地域地盤環境研究所	研究員	越後 智雄
岡山大学大学院教育学研究科	教授	松多 信尚
法政大学人間環境学部	講師	杉戸 信彦
岩手大学理工学部	教授	越谷 信
愛知教育大学	教授	戸田 茂
新潟大学理学部	教授	豊島 剛志
	講師	小林 健太

(c) 業務の目的

陸域の変動地形学的調査と地下構造調査を組み合わせ、沿岸域の震源断層モデルの高度化に資する資料を得る。

(d) 8か年の年次実施計画（過去年度は、実施業務の要約）

1) 平成25年度：

飛騨山脈北縁から能登半島北方海域で実施される海陸統合測線および沿岸調査海域周辺である富山平野周辺の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行った。

2) 平成26年度：

平成25年度・平成26年度の海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺である砺波平野周辺の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行った。

3) 平成27年度：

海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺である福井平野周辺の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形

状を明らかにするために、得られた地形及び浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行った。

4) 平成 28 年度：

平成 27 年度・平成 28 年度実施の海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺の陸域部である北陸・山陰沿岸地域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、金沢平野周辺において変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

5) 平成 29 年度：

平成 29 年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である北海道日本海沿岸地域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、石狩平野西部において変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行った。

6) 平成 30 年度：

平成 30 年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である北海道中南部日本海沿岸地域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行う。

7) 平成 31 年度：

引き続き海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造について、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、得られた地形および浅部地下構造について変動地形・構造地質学的な解析を行う。

8) 平成 32 年度：

調査領域の陸域部の活構造について、前年度までの調査結果をとりまとめ、その結果を震源断層モデル構築のための基礎資料として提供する。

(e) 平成 29 年度業務目的

平成 29 年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である北海道日本海沿岸地域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行う。

(2) 平成 29 年度の成果

(a) 業務の要約

海陸統合測線及び沿岸調査海域周辺の陸域部の伏在断層や主要活構造を明らかにする目

的で、石狩平野西部で高精度浅層反射法地震探査を実施し、浅部地下構造データを取得するとともに、活構造調査を実施した。

(b) 業務の成果

石狩低地帯は日高衝突帯西側の前縁盆地に位置し、低地帯の東縁部では褶曲・衝上断層帯の最前線を構成する石狩低地東縁断層帯とその上盤側に活褶曲が顕著に発達する^{1),2),3)4),5)}。また、石狩低地東縁断層帯のさらに西側に位置する野幌丘陵や石狩丘陵にも活断層・活褶曲が存在する^{6),7),8),9)}。石狩低地帯西部の伏在断層や野幌丘陵縁辺の活断層は札幌市に近く、これらから発生する強震動の予測は都市部の地震災害予測にとって重要である。しかし、これらの断層形状については、これまでいくつかの反射法地震探査が実施されてきたものの不明な点が多いのが現状である。また、野幌丘陵や石狩丘陵の活断層・活褶曲と石狩低地東縁断層帯、とくに褶曲・衝上断層帯との構造的な関係は不明である。こういった観点からサブサブテーマ 2.3 で石狩低地帯を横断する地殻構造探査が実施された(図 1)。本サブテーマでは、これと連携して伏在断層の形状や活動性を明らかにするために、石狩川河口部(石狩測線)と野幌丘陵北縁部(江別測線)の 2 測線で浅層高分解能反射法地震探査を行った(図 2 および図 3)。石狩測線は石狩市親船町を起点として、同市新港東町を経て同市花畔町に至る約 5.5 km 区間である。また、江別測線は江別市八幡から篠津川を横断し江別市篠津に至る約 6.5 km の区間である。本探査では、独立型収録器 GSR-1 および GSX-3 (OYO Geospace 社製)を用いた、10 m 間隔の受振点全点の固定展開を行った。また、震源として大型バイブレータ HEMI-50 (IVI 社製) 1 台による稠密発震を行い、高分解能反射法のデータを取得した(表 1)。実施期間は 2017 年 7 月 12 日～7 月 22 日である。

主なデータ取得パラメータは以下の通りである：受振点間隔：10 m、発震点間隔(標準)：10 m、総発震点数：552 点(石狩測線)・622 点(江別測線)、展開チャンネル数：552 ch(石狩測線)・652 ch(江別測線)、スイープ長：16 s、スイープ周波数：8-100 Hz、地震計固有周波数：10 Hz、記録長：5 s、サンプリング間隔：2 ms、平均垂直重合数：2 回。また、深部低周波反射法として約 50 m 間隔で 1 点あたり 2-5 回、屈折法として 1,000 m 間隔で 1 点あたり 20 回、スイープ周波数 8-40 Hz の低周波発震を実施した。受振点・発震点の測量はネットワーク型 RTK-GNSS 測位(VRS 方式)及び光波測距儀による多角測量によって実施した。測線は石狩川および派川の河川敷および堤防上道路に位置し、交通はほとんど皆無のため、江別市の一部を除き全般でノイズレベルは非常に低く、殆どのショット記録において S/N 比の高い非常に良好な記録が得られた(図 4～8)。

この観測記録を用いて、Super-XC ((株)地球科学総合研究所製)を使用した共通反射点重合法に基づく初期的なデータ解析を行った。主な解析パラメータは以下の通りである：AGC：800 ms(石狩測線) 400 ms(江別測線)；Deconvolution gate length 2000 ms, operator length 240 ms 予測距離 8 ms Bandpass filter: 4/8-90/110 Hz; 残差静補正: シフト量 2 ms; F-X FD Migration, 80%。

図 9～14 に重合時間断面図、マイグレーション後時間断面図および深度断面図を示す。反射法解析の結果、地下 2-3 km までの反射断面が得られ、石狩低地西部の伏在活断層に

関連すると推定される第四系の断層・褶曲構造を見出した。既往研究の結果 7),8),9),10) などの変動地形学・地質学的な検討から、石狩測線では石狩丘陵の複背斜構造 7),9) の南延長部が通過すると推定される地点付近で、第四系および新第三系に対応すると考えられる反射面群に、急傾斜し短い西翼部と緩傾斜し長い東翼部からなる非対称な複背斜構造が認められると共に、東に傾斜する伏在逆断層に対応すると推定される東に傾く反射面の不連続が認められる（図 15）。また、江別測線では、急傾斜する西翼部と緩傾斜する東翼部からなる非対称な背斜構造が認められ、この下には東傾斜の伏在逆断層が存在すると推定される（図 16）。今後は、第四系および新第三系と反射面の対比や変動地形、深部構造探査の結果との対応を検討し、活断層の浅部地質構造について詳細な解析を進める予定である。

(c) 結論ならびに今後の課題

海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部の主要活構造である石狩低地帯西部の伏在活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、高分解能な浅層反射法地震探査を実施し、良好な記録を得るとともに、共通反射点重合法による反射法解析を行い、地下構造断面を作成し、伏在活断層に対応すると考えられる変形構造を見出した。

(d) 引用文献

- 1) 池田安隆, 佐藤比呂志, 平川一臣, 伏島祐一郎, 今泉俊文: 1:25,000 都市圏活断層図「江別」. 国土地理院技術資料, D1-No. 333, 1996.
- 2) 池田安隆, 佐藤比呂志, 平川一臣, 伏島祐一郎, 今泉俊文: 1:25,000 都市圏活断層図「札幌」. 国土地理院技術資料, D1-No. 333, 1996.
- 3) 池田安隆, 今泉俊文, 東郷正美, 平川一臣, 宮内崇裕, 佐藤比呂志編: 第四紀逆断層アトラス. 東京大学出版会, 254pp., 2002.
- 4) 活断層研究会編: 「新編日本の活断層一分布図と資料一」. 東京大学出版会, 437p., 1991.
- 5) 岡孝雄: 北海道とその周辺海域のネオテクトニクスに関する諸問題一付, 札幌付近での活断層の存在と地震発生についての考察一. 加藤 誠教授退官記念論文集, 427-449, 1997.
- 6) 岡孝雄: 流体資源ボーリングデータによる札幌市中心部とその北西地域の地下地質構造の解明一付, 札幌市などによる 6 地震探査断面の地質解釈一. 北海道立地質研究所報告, 1-54, 2005.
- 7) 垣見俊弘: 石狩地域の地質. 地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅. 地質調査所 47pp., 1958.
- 8) 垣見俊弘, 植村武: 当別地域の地質. 地域地質研究報告 5 万分の 1 図幅. 地質調査所, 17pp., 1956.
- 9) 小松原琢, 安斎正人: 石狩丘陵の更新世地殻変動. 季刊地理学, 50, 311-328, 1999.
- 10) 中田高, 今泉俊文編: 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM2 枚・付図 1 葉・60p, 2002.

(e) 成果の論文発表・口頭発表等

著者	題名	発表先	発表年月日
石山達也, 加藤直子, 佐藤比呂志, 越谷信, 戸田茂, 阿部進	高分解能浅層反射法地震探査から明らかになった石狩平野の伏在活断層 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (千葉市)	平成 30 年 5 月 22 日
石山達也, 佐藤比呂志, 加藤直子, 阿部進	深部・浅層反射法地震探査から明らかになった日高前縁盆地褶曲衝上断層帯前縁部の活構造 (口頭発表)	日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (千葉市)	平成 30 年 5 月 22 日
Ishiyama, T., Kato, N., Sato, H., Koshiya, S., Toda, S., and Kobayashi, K.	Geometry and slip rates of active blind thrusts in a reactivated back-arc rift using shallow seismic imaging: Toyama basin, central Japan (論文発表)	Tectonophysics	平成 29 年 10 月 30 日
Ishiyama, T., Sato, H., Kato, N., and Koshiya, S.	Transfer fault earthquake in compressionally reactivated back-arc failed rift: 1948 Fukui earthquake (M7.1), Japan (口頭発表)	European Geosciences Union General Assembly 2017 (ウィーン)	平成 29 年 4 月 26 日
T. Ishiyama, H. Sato, N. Kato, S. Koshiya, M. Matsubara and S. Abe	Styles of active deformation and earthquake behavior of reactivated failed rift: examples from the Toyama trough, the Sea of Japan back-arc basins (口頭発表)	The 12 th Workshop of the International Lithosphere Program Task Force VI Sedimentary Basins (キプロス)	平成 29 年 10 月 30 日
加藤直子, 石山達也, 佐藤比呂志, 越谷信, 戸田茂, 阿部進	石狩低地における高分解能反射法地震探査 (ポスター発表)	日本地球惑星科学連合 2018 年大会 (千葉市)	平成 30 年 5 月 22 日

(f) 特許出願、ソフトウェア開発、仕様・標準等の策定

1) 特許出願

なし

2) ソフトウェア開発

なし

3) 仕様・標準等の策定

なし

(3) 平成30年度業務計画案

平成30年度実施の海陸統合測線および沿岸調査海域周辺の陸域部である北海道中南部日本海沿岸地域の主要活構造について、調査地域の活断層の活動性や浅部形状を明らかにするために、変動地形や浅層反射法地震探査などの活構造調査を実施し、変動地形・構造地質学的な解析を行う。

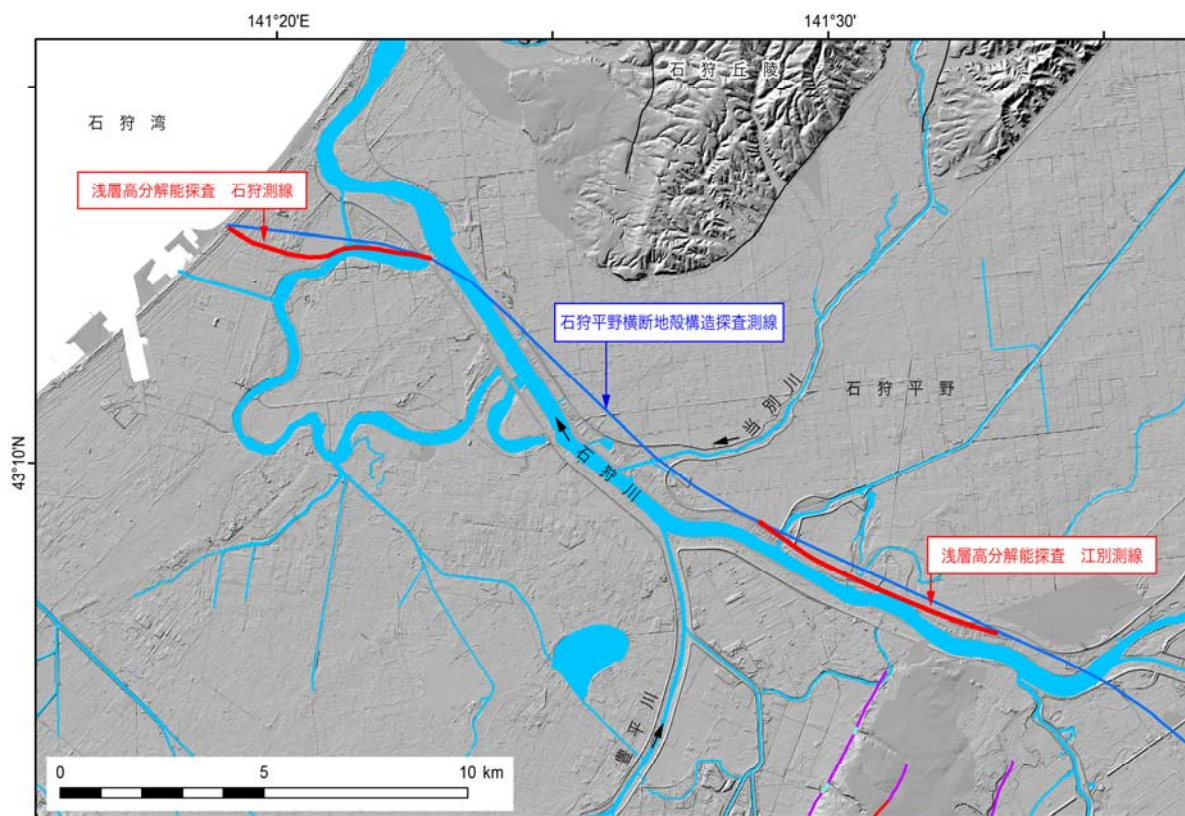


図1 浅層高分解能反射法地震探査（石狩測線・江別測線）の概略位置図。重合測線を赤線で示す。青線はサブサブテーマ2.3で実施された石狩平野横断地殻構造探査の重合測線の一部を示す。背景の陰影図は国土地理院発行の50 mおよび10 m DEMによる。活断層（赤線・紫線）の位置は中田・今泉編（2002）¹⁰⁾に基づく。



図 2 反射法地震探査・石狩測線の詳細位置図。赤線は重合測線を、番号は CDP 番号を示す。青線はサブサブテーマ 2.3 で実施された石狩平野横断地殻構造探査の重合測線の一部を示す。背景は国土地理院の地理院地図に基づく。

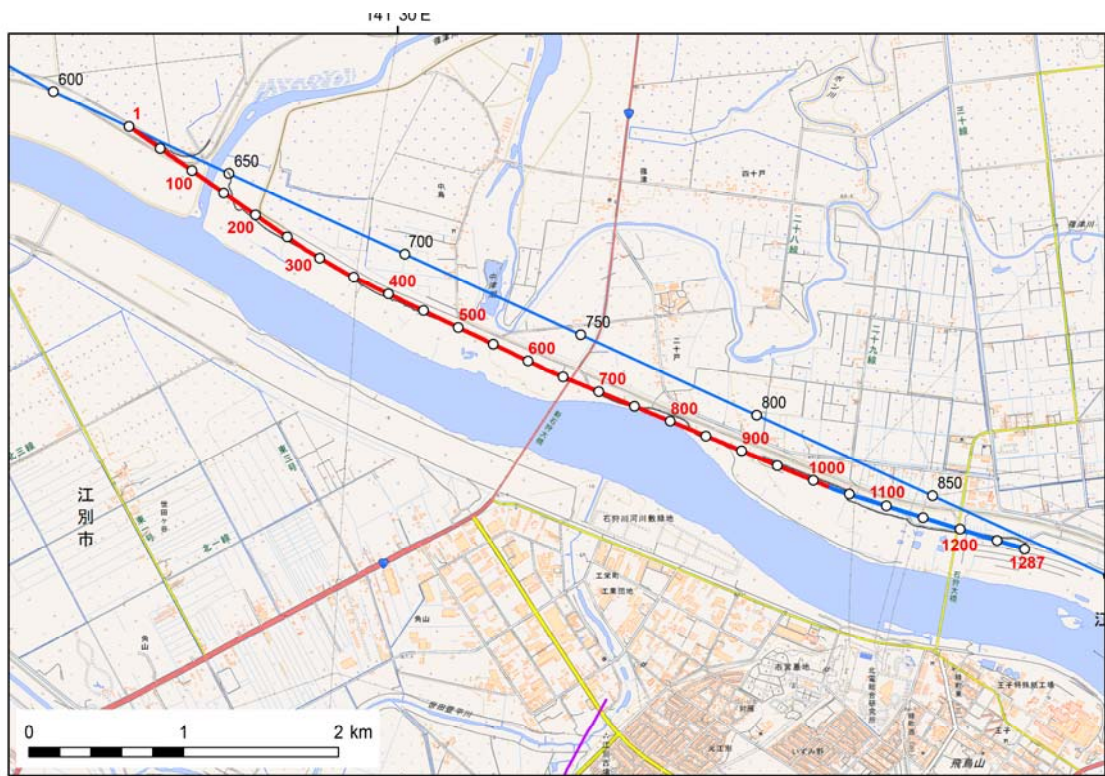


図 3 反射法地震探査・江別測線の詳細位置図。赤線は重合測線を、番号は CDP 番号を示す。青線はサブサブテーマ 2.3 で実施された石狩平野横断地殻構造探査の重合測線の一部を示す。背景は国土地理院の地理院地図に基づく。活断層の位置は中田・今泉編（2002）¹⁰⁾に基づく。

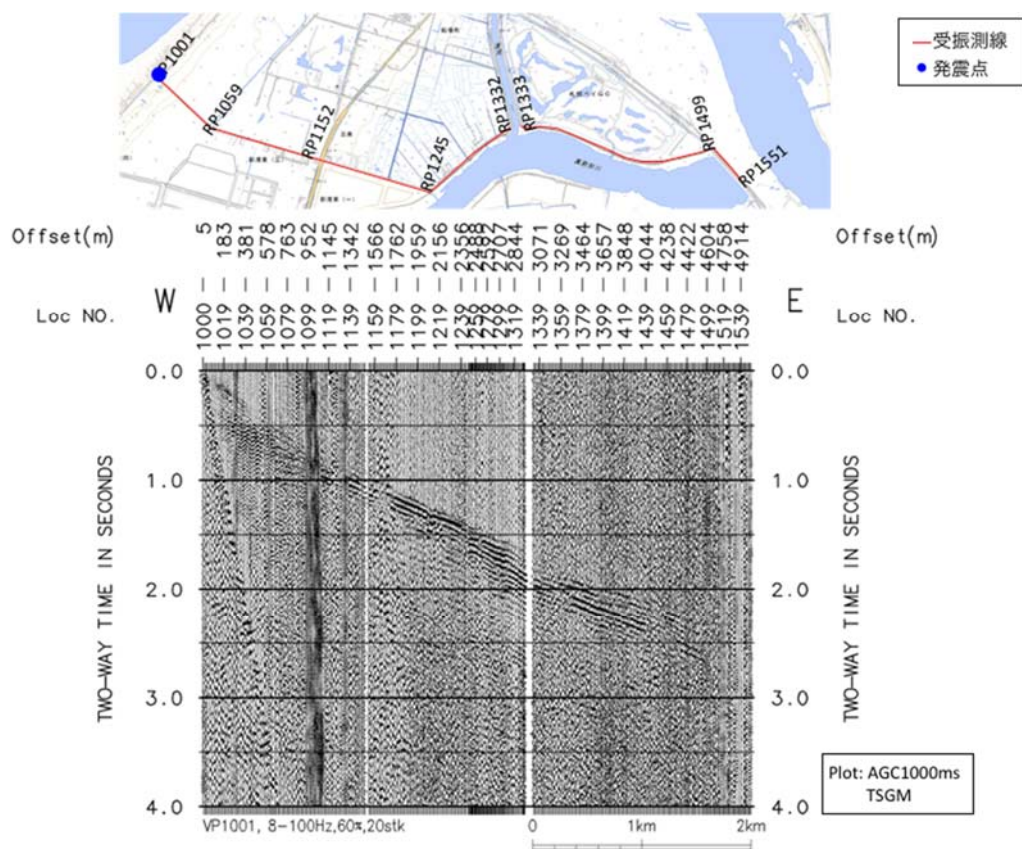


図 4 石狩測線、VP1001 における発震記録。

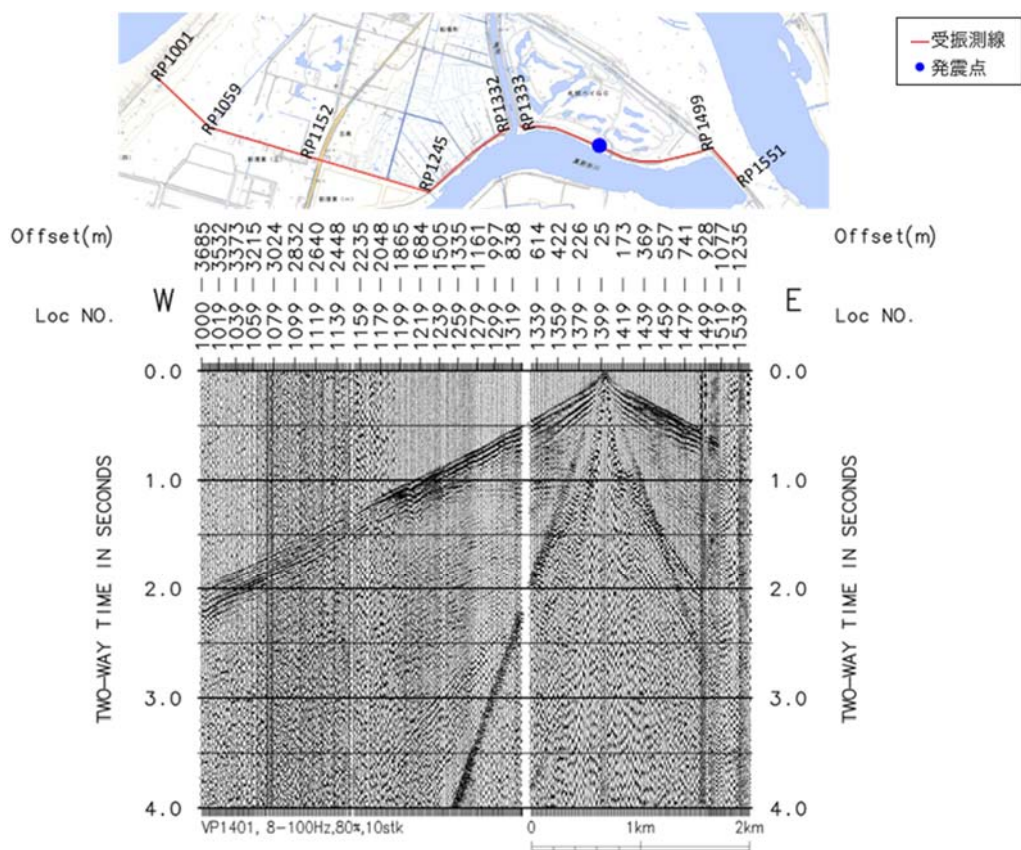


図 5 石狩測線、VP1401 における発震記録。

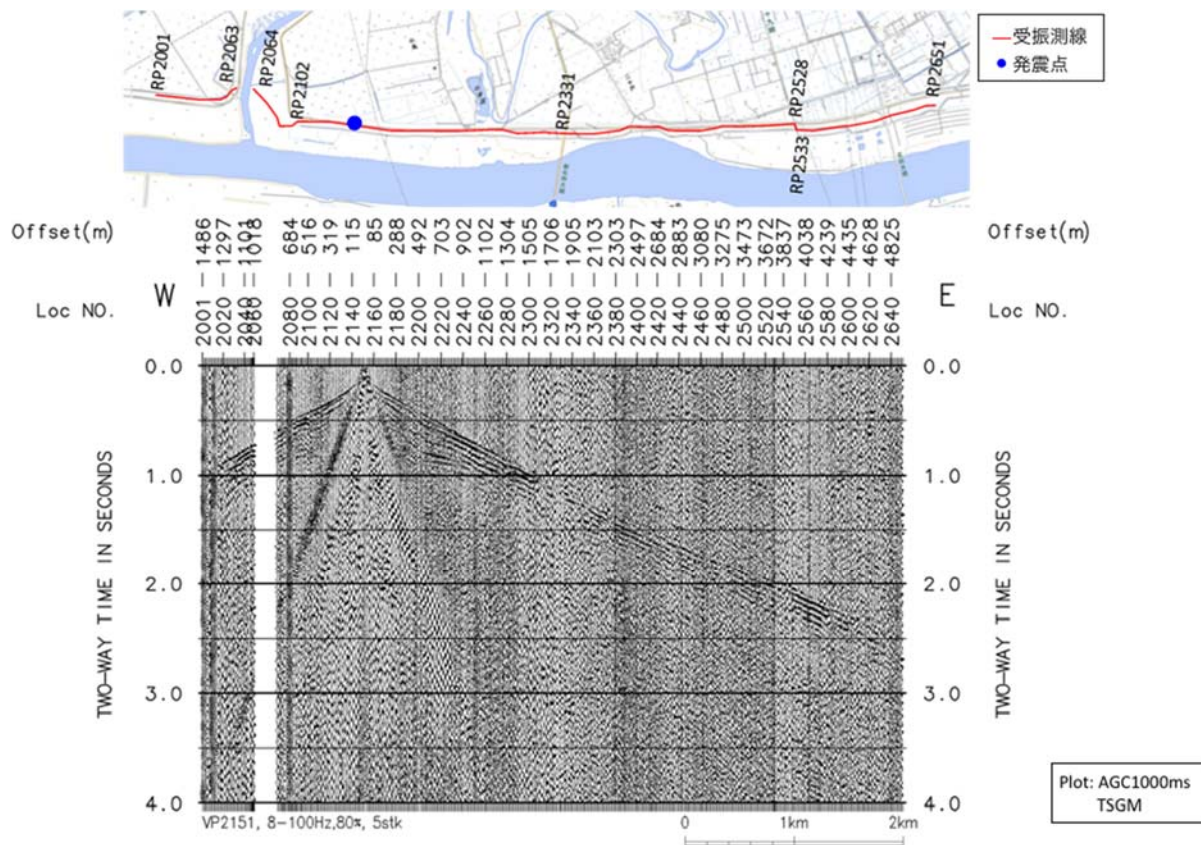


図 6 江別測線、VP2151 における発震記録。

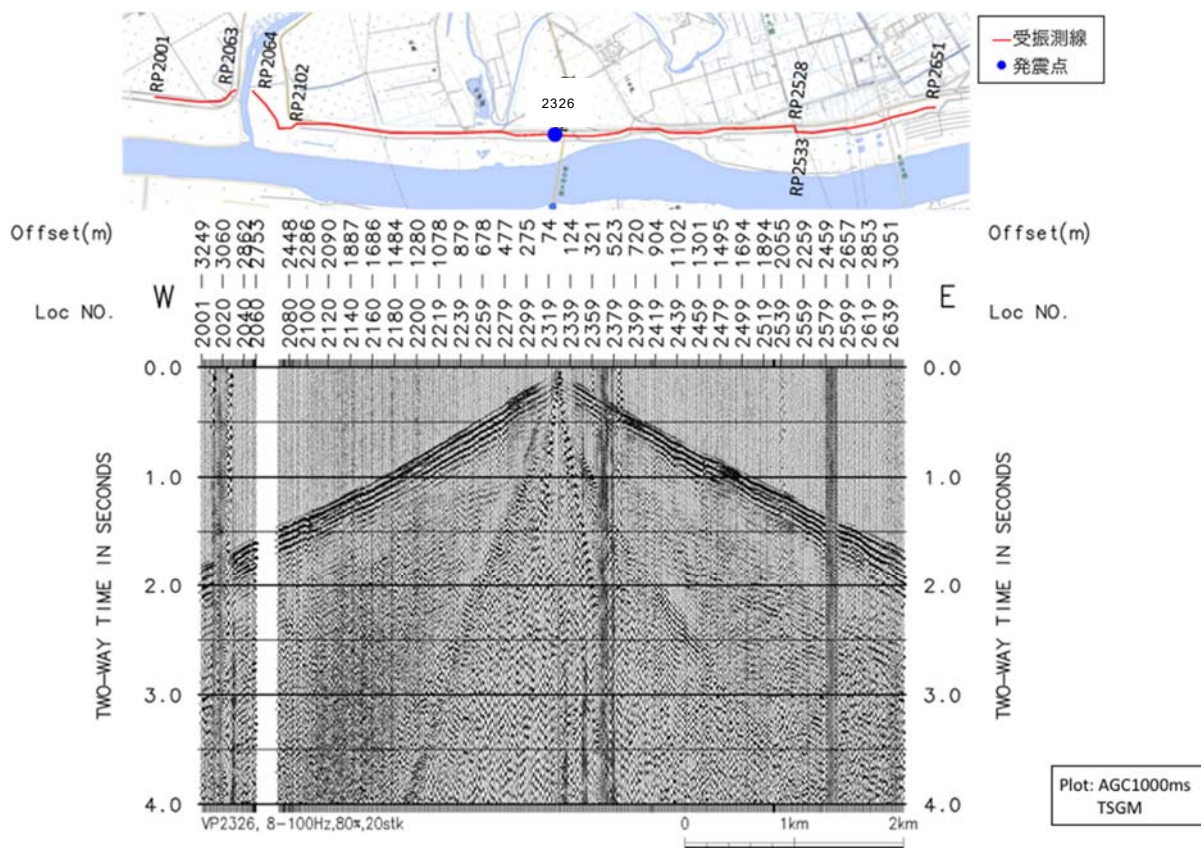


図 7 江別測線、VP2326 における発震記録。

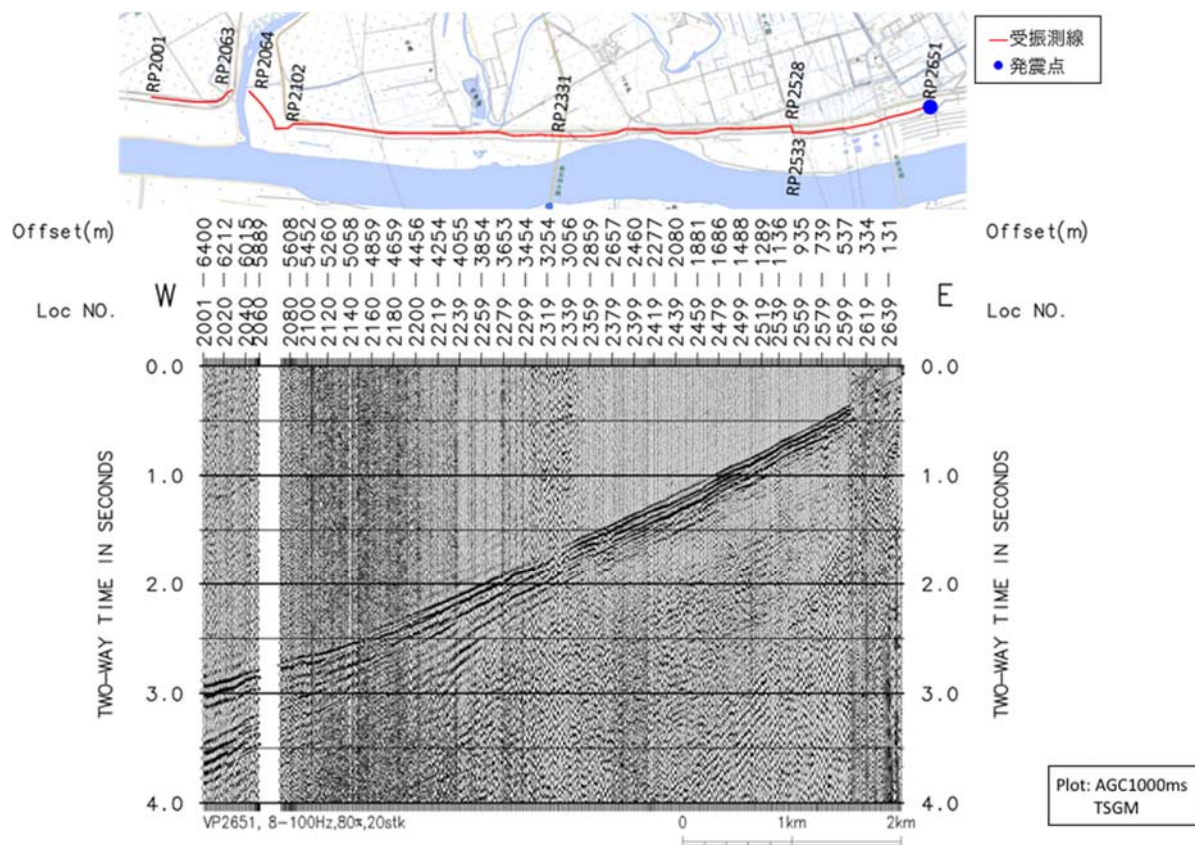


図 8 江別測線、VP2651 における発震記録。

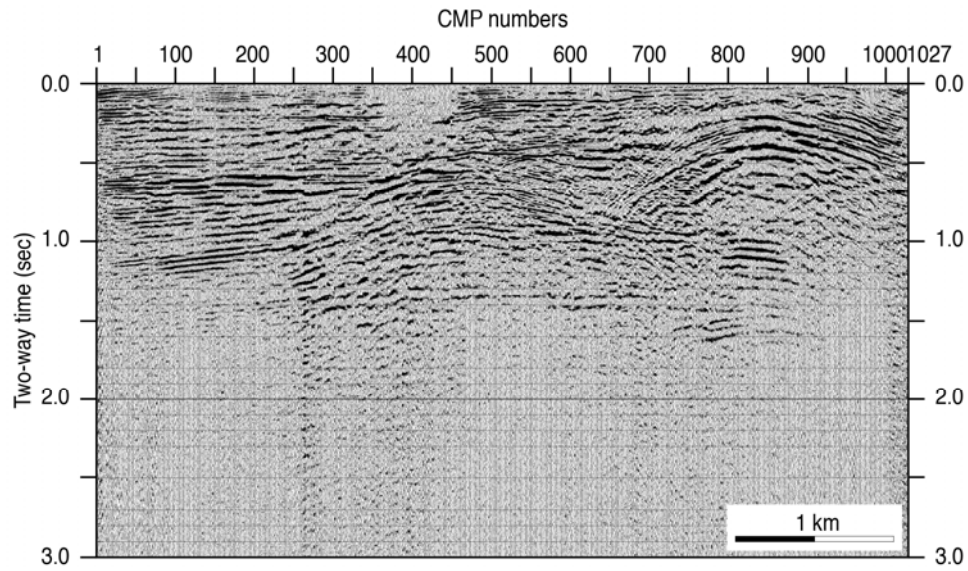


図 9 石狩測線の暫定的な重合時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

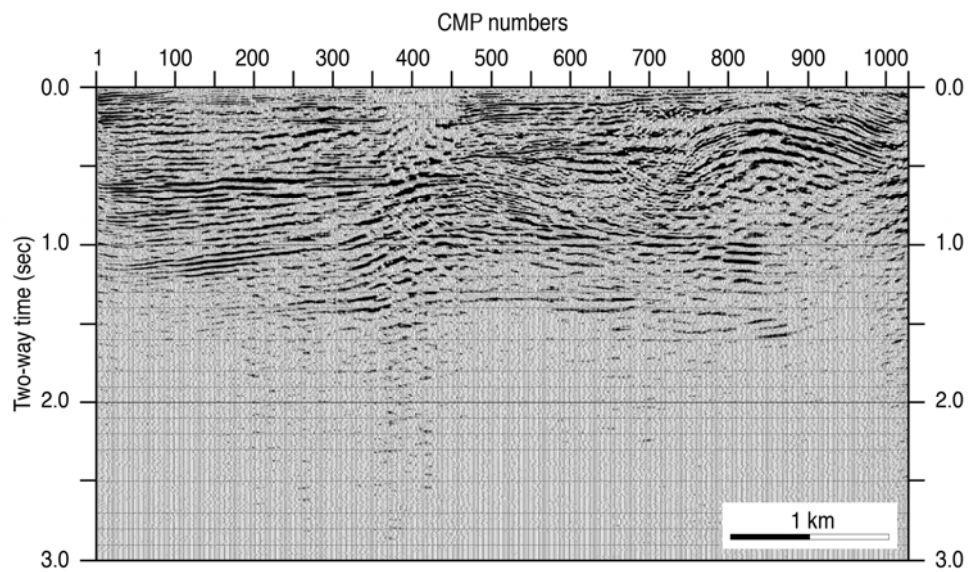


図 10 石狩測線の暫定的なマイグレーション後時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

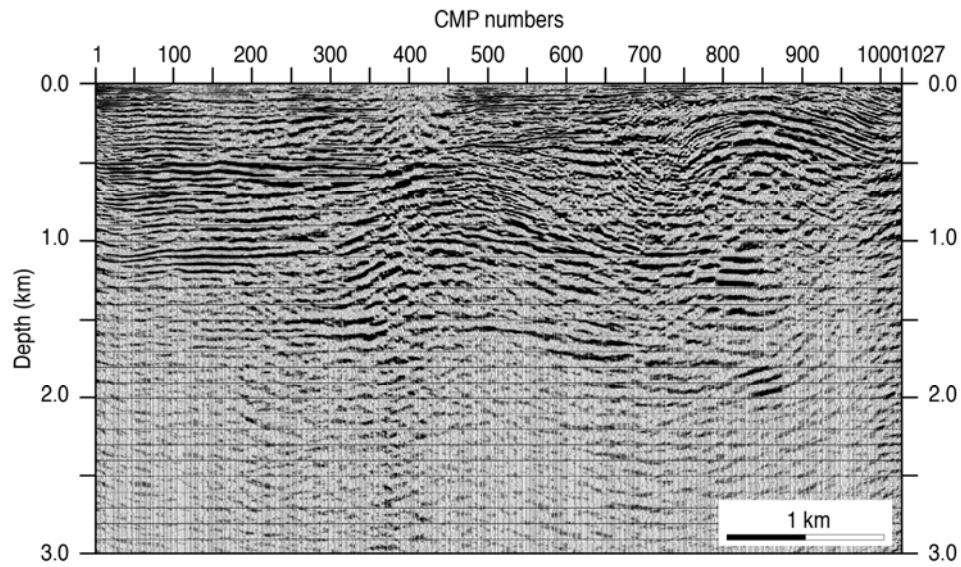


図 11 石狩測線の暫定的な深度断面図。縦横比は 1:1。

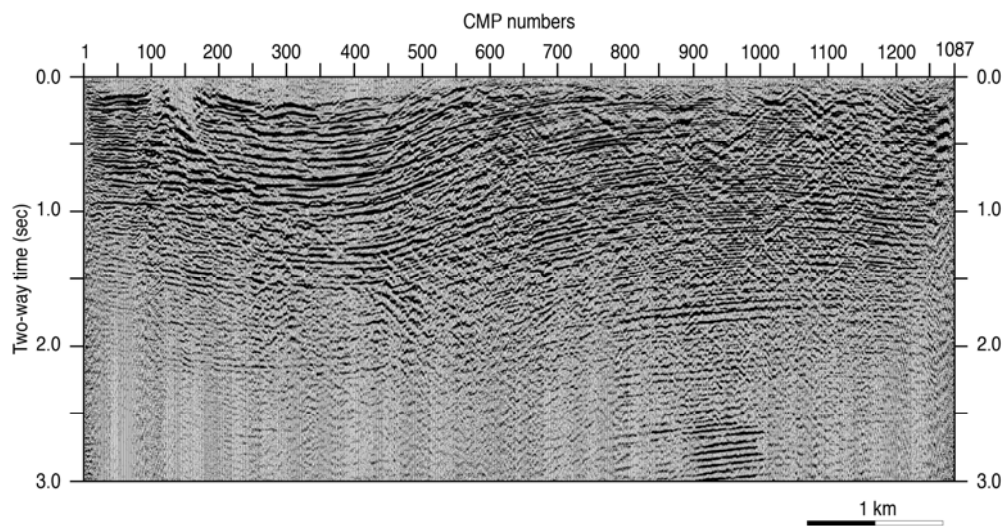


図 12 江別測線の暫定的な重合時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

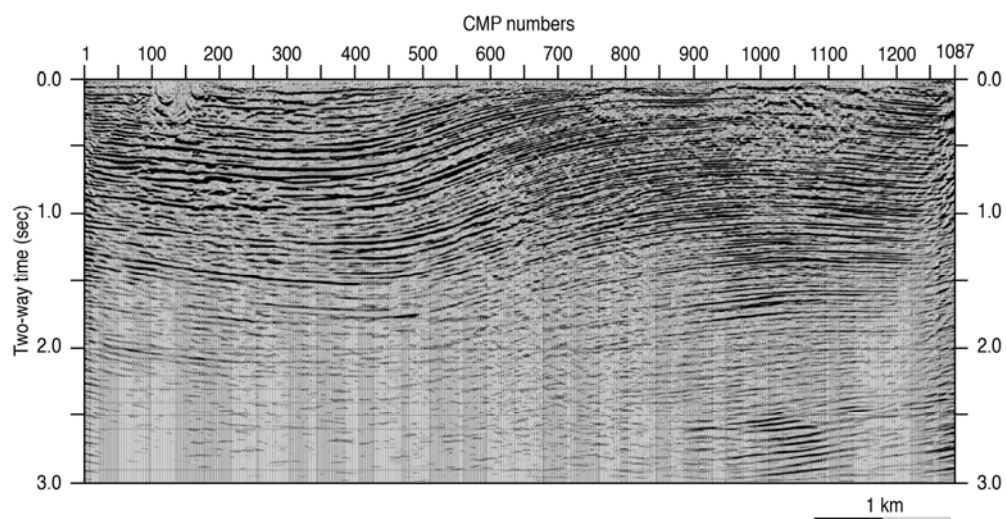


図 13 江別測線の暫定的なマイグレーション後時間断面図。縦スケールは往復走時（秒）。

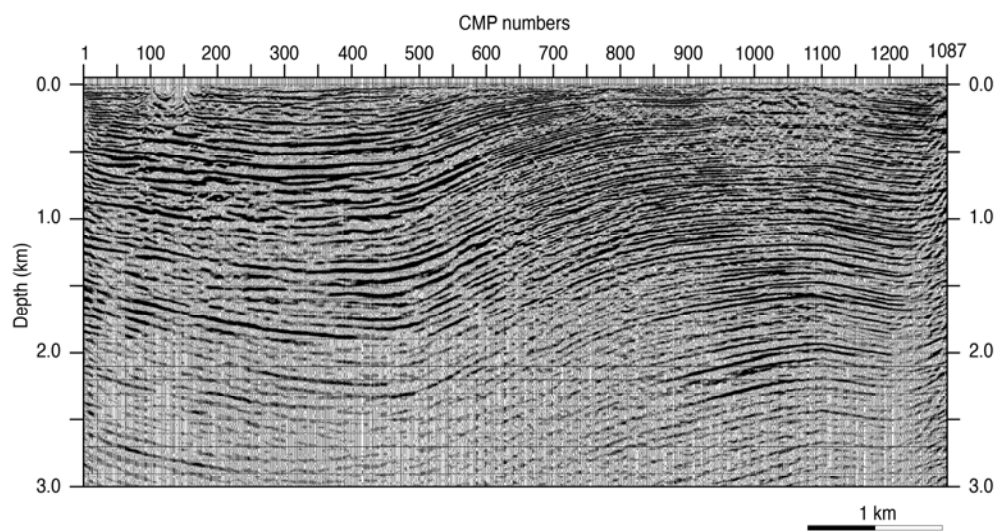


図 14 江別測線の暫定的な深度断面図。縦横比は 1:1。

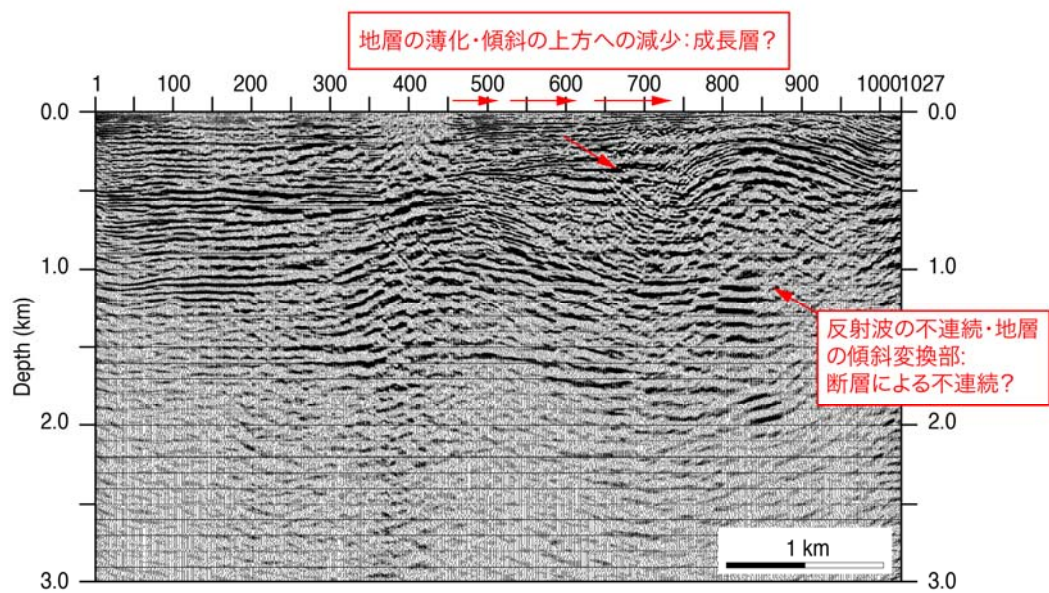


図 15 石狩測線の深度断面図にみられる構造要素。縦横比は 1:1。

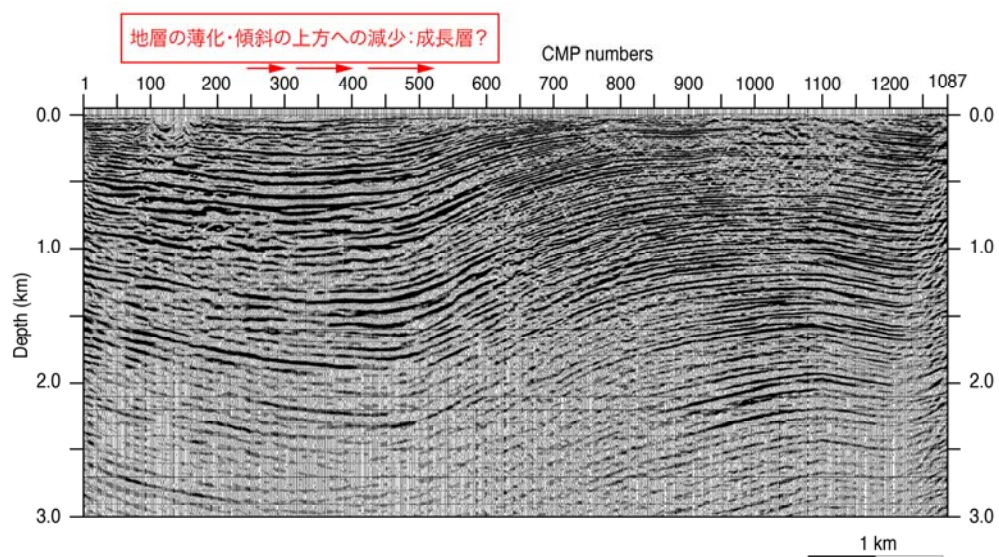


図 16 江別測線の深度断面図にみられる構造要素。縦横比は 1:1。

表 1 データ取得パラメーター一覧

調査項目/測定諸元	反射法発震	屈折法発震
測線長 石狩測線	5.5 km	5.5 km
測線長 江別測線	6.5 km	6.5 km
震源	大型バイブレータ (Hemi 50)	大型バイブレータ (Hemi 50)
バイブレータ台数	1 台	1 台
標準発震点間隔	10 m	500 m
発震区間 石狩測線	5.5 km	5.5 km
発震区間 江別測線	6.5 km	6.5 km
スイープ長	16 s	16 s
発震回数/発震点	2 回～10 回	20 回
スイープ周波数	8～100 Hz	8～40 Hz
総発震点数 石狩測線	552 点	12 点
総発震点数 江別測線	622 点	14 点
受振点間隔	10m	
受振器種別	SM-24 10Hz, GS-One 10Hz	
受振器数/受振点	3 個組, シングル	
展開パターン	固定展開	
展開長 石狩測線	5.5 km	
展開長 江別測線	6.5 km	
総受振点数 石狩測線	552 点	
総受振点数 江別測線	652 点	
サンプルレート	2 ms	
編集後記録長 反射	5 s	
編集後記録長 屈折	6 s	