

## 新潟沿岸域の反射法地震探査データ再処理

### Re-processing of offshore-onshore seismic reflection survey data in Niigata coastal area

加野直巳<sup>1</sup>・楮原京子<sup>2</sup>・横田俊之<sup>3</sup>・山口和雄<sup>1</sup>

Naomi Kano<sup>1</sup>, Kyoko Kagohara<sup>2</sup>, Toshiyuki Yokota<sup>3</sup> and Kazuo Yamaguchi<sup>1</sup>

**Abstract:** We re-processed parts of two seismic reflection survey lines in the coastal area of Niigata prefecture conducted by JNOC (Japan National Oil Corporation; presently Japan Oil, Gas and Metals National Corporation). They are two lines from “Shallow coastal area in Niigata – Toyama” in 1990, one is an offshore line along the coastline and the other is an offshore-onshore line across the coastline. We selected the parts crossing the Kakuda-Yahiko fault in the area from 37°49'N to 37°54'N and from 138°50'E to 138°57'E. We interpreted geology and the Kakuda-Yahiko fault.

**Keywords:** seismic reflection survey, re-processing, Kakuda-Yahiko fault, Niigata coastal area, air gun, dynamite, geophone, gimbalphone, hydrophone

#### 要旨

石油公団（現・独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, JOGMEC）が新潟沿岸域で実施した平成 2 年度 大陸棚石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査「新潟～富山浅海域」の反射法地震探査データのうち、長岡平野西縁断層帯の北東部である角田・弥彦断層を横切ると思われる、海岸沿いの海側測線の一部および海岸に直交した海と陸にかけた測線の 2 本の測線（およそ北緯 37°49′ から同 37°54′, 東経 138°50′ から同 138°57′ の範囲）を再処理した。再処理では 500ms 以浅の浅部の構造を詳細に求めることに留意して処理を行った。その結果に対して地質構造、断層構造を解釈した。

#### 1. 再解析調査測線の概要

石油公団（現・独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構, JOGMEC）が新潟沿岸域で実施した平成 2 年度 国内石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査「新潟～富山浅海域」（石油公団, 1991）の反射法地震探査データのうち、長岡平野西縁断層帯の北東部（延長）である角田・弥彦断層の北東延長を横切ると思われる

部分を抽出し再処理を行った。今回の再処理の主な目的は従来の処理では注目されていなかった 500ms 以浅の浅部の構造を明らかにすることである。

今回再解析を行ったのは、北緯 37°49′ から同 37°54′, 東経 138°50′ から同 138°57′ の範囲に含まれる 2 本の測線の一部（第 1 図, 合計 21.3km）である。測線の解析対象範囲、処理測線長を第 1 表に、また調査仕様（探鉱器、震源、受振器、チャンネル数、発震間隔、受振点間隔など）を第 2 表に示す。2 本の測線のうち SN90-9 は南東－北西方向の陸域と浅海域をつなぐ測線、SN90-A は南西－北東方向の海岸にほぼ平行な浅海域の測線である。2 測線はほぼ直交している。再処理結果を元に地質構造と断層構造を解釈した。

#### 2. 再解析処理

再処理は Paradigm 社 Epos3 3rd edition(Focus5.4) 処理システムを用いて、一般的な共通反射点 (CMP) 重合法で行った。データ処理フローを第 2 図に示し、処理の概要について以下に述べる。

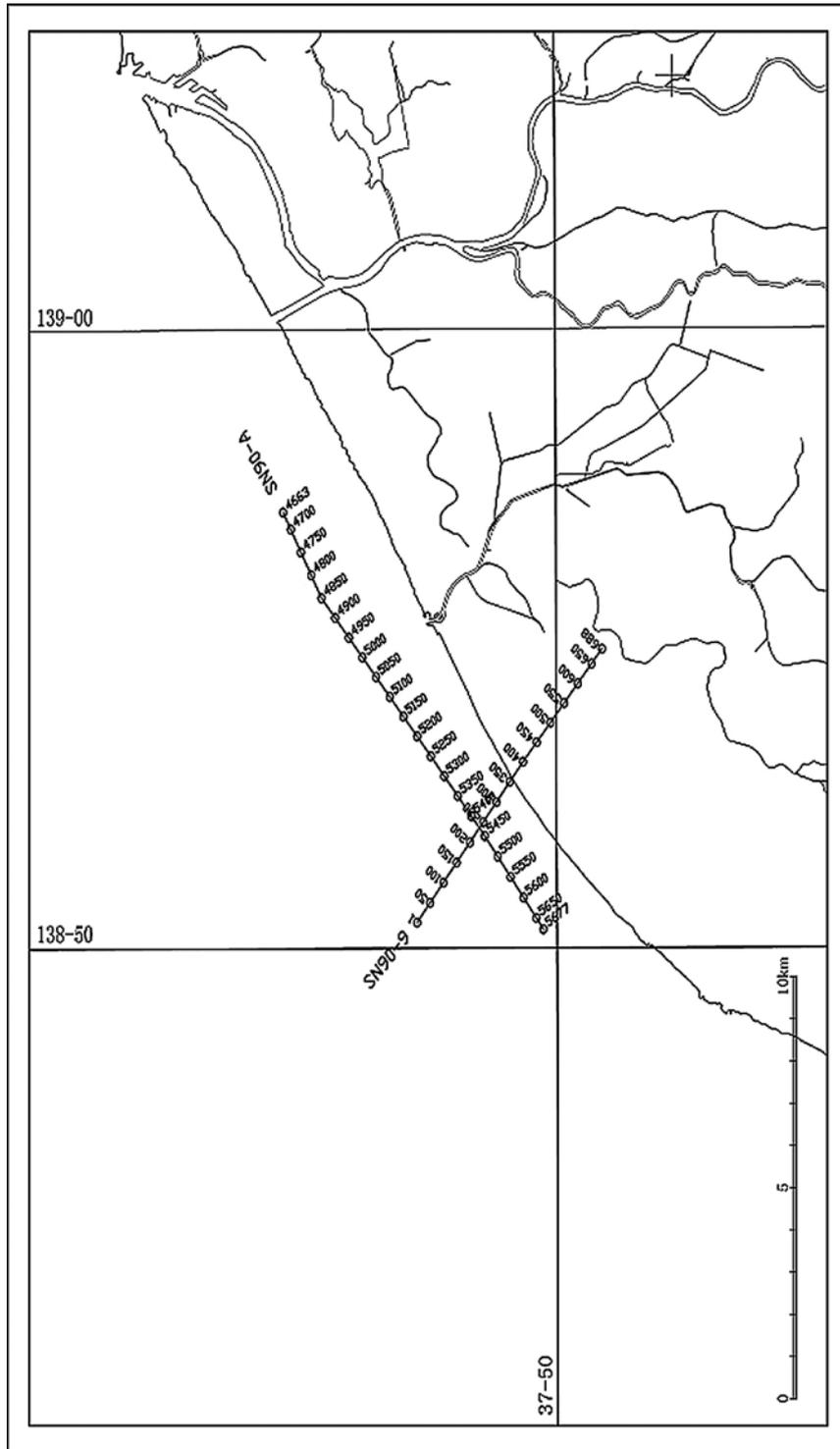
#### 2.1 データ編集

高周波ノイズやスパイクノイズが重なったトレー

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

<sup>2</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 活断層・地震研究センター (AIST, Geological Survey of Japan, Active Fault and Earthquake Research Center)

<sup>3</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地圏資源環境研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute for Geo-Resources and Environment)



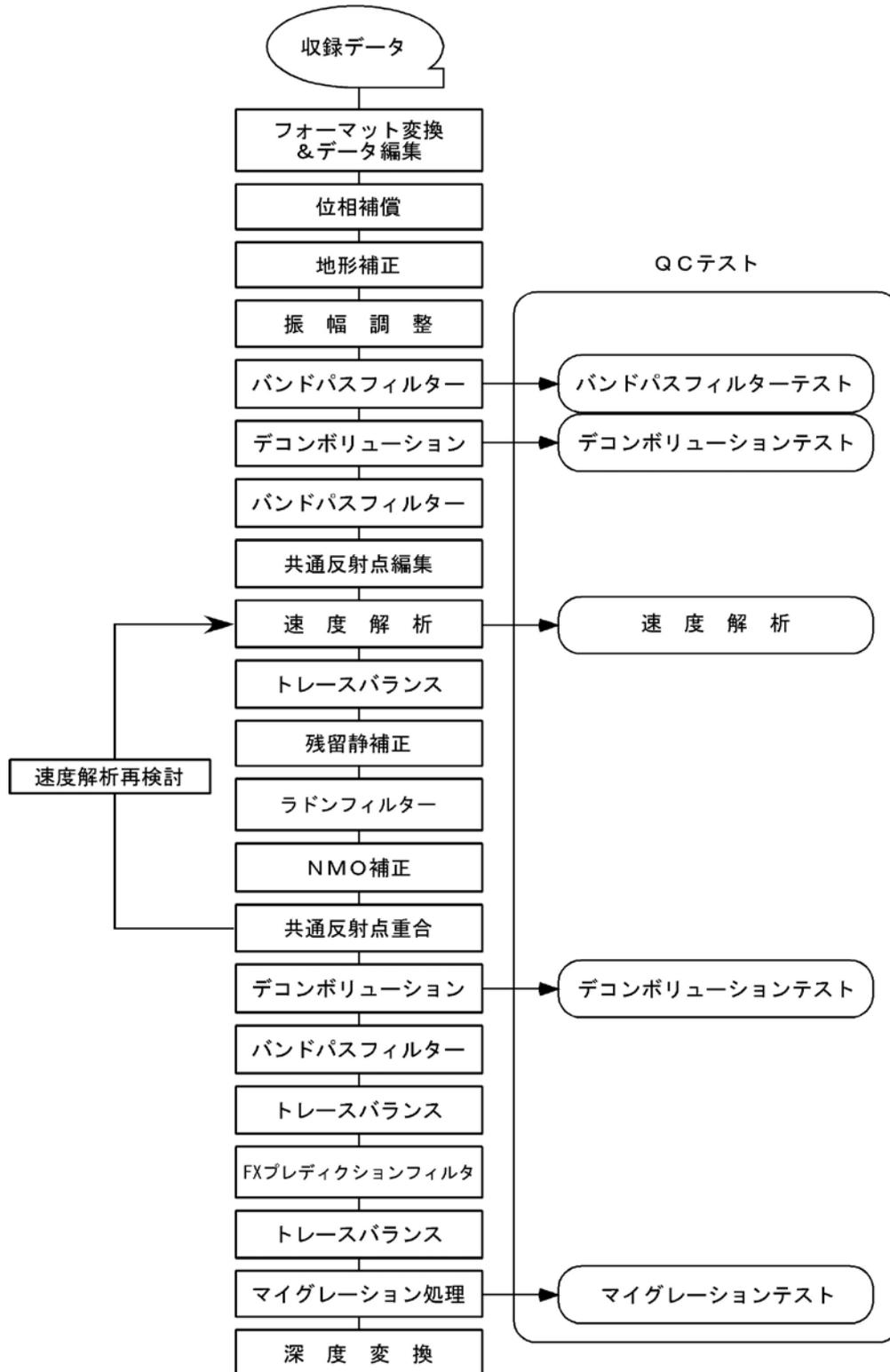
第 1 図 解析測線図 (測線上の数字は CMP 番号).

第 1 表 測線一覧表.

測線名	解析対象範囲	処理測線長 (km)
SN90-9	SP 297 - 667	8.6
SN90-A	SP 2311 - 2843	12.7

第2表 調査仕様.

測線名	探鉱器	震源	受振器	チャンネル数	発震間隔 (m)	受振点間隔 (m)	ニアオフセット距離 (m)
SN90-9	miriaseis	ダイナマイト, エアガン	ジオフォン, ジンバルフォン, ハイドロフォン	80(100)	25	25	150
SN90-A	miriaseis	エアガン	ハイドロフォン	80	25	25	150



第2図 データ処理フローチャート.

スは除去した。また、SN90-9 測線の shot345, 349, 353, 357, 361, 365, 369, 373 の 8 shots については、オフセットを 6 ステーション分とるといふ Observer's Report に記載された配置と異なり、オフセットを 2 ステーション分しか取らずに収録されている、とショットギャザの表示から判断した。その対処として、本解析処理ではスタック時に段差ができるのを避けるために、他の発振点記録と最小オフセットが共通になるよう ch1~4 を削除した。

## 2.2 位相補償

本解析に用いる波形は、発震にエアガンとダイナマイトの 2 種類を、受振器はハイドロフォン、ジンバルフォン、ジオフォンの 3 種類を使用している。本解析処理ではダイナマイトージオフォンの波形の位相に合わせて他の波形に対して位相補償を行った。第 3 表にその一覧を示す。

## 2.3 Up Hole Time および地形補正

Observer's Report 記載の Up Hole Time を用いてダイナマイト発震深度の補正を行った。その後、SN90-9 測線の陸部について、滑らかな datum line を設定し、風化層の速度を速度 700m/sec と仮定して静補正を行った。海部では海面を基準面とした。

SN90-A 測線では、shot した日付に対応した段差ができており、1500m/sec で LMO して初動が 0sec に来るよう shot ギャザを補正した。

## 2.4 振幅調整

エアガン発震波形に対して球面発散効果による地震波振幅の減衰を回復させるために、球面発散補正を行った。球面発散補正をするための速度構造は一律 1500m/sec (水中音波速度) を使用した。また、ダ

イナマイト発震波形に対しては振動を抑えるためオートゲインコントロール (AGC) を行った。ゲインゲートは 400msec を使用した。

## 2.5 重合前バンドパスフィルタテスト

代表的なデータのスペクトル解析結果や 1 オクターブの帯域幅を持つ 14 種類のバンドパスフィルタ (フィルタの帯域は、1 - 2, 1.5 - 3, 2 - 4, 3 - 6, 4 - 8, 6 - 12, 8 - 16, 12 - 24, 16 - 32, 24 - 48, 32 - 64, 48 - 96, 64 -, 96 - Hz) を適用した結果から、4Hz より低い周波数帯、96Hz より高い周波数帯では有意な反射信号がないと判断し、4~96Hz のバンドパスフィルタを適用した。

## 2.6 重合前デコンボリューション

音源として用いたエアガンの発震波形は多くの繰り返し性を含む。この繰り返し性を除去し単一性のパルスに戻すためスパイクングデコンボリューションを行った。対応したデザインゲート長を用いたフィルタ長 4 種類でテストを行い、その結果に対してホワイトノイズ 4 種類についてテストを行った。テストの結果、パラメータとしては、フィルタ長 180ms, デザインゲート長 1500ms, ホワイトノイズ 5% を選択した。その後、前述の 4-96Hz のバンドパスフィルタをかけてデコンボリューションノイズを除去した。

## 2.7 CMP 編集

第 2 表に示したジオメトリに従って、CMP 間隔を 12.5m として CMP ギャザを作成した。CMP 番号は SN90-9 測線では海部北西端を 1 として南東方向に 688 まで、SN90-A 測線では北東端を既存解析処理の CMP 番号と合わせ 4663 とし、南西方向に 5680 まで定義した。

## 2.8 速度解析

本解析処理では 40CMP (500m) 間隔で速度解析を行ったが、地形・構造の変化が大きい箇所では密に解析した。重合速度はセンブランスを用いた速度スペクトル分布を用いて求めた。

## 2.9 振幅調整

共通反射点重合に先立ち、時間とともにゲート長が長くなるタイムバリエーション AGC により振幅調整を行った。なお、AGC 処理前に、前述した速度構造に

第 3 表 位相補償。

発震	受信	位相
ダイナマイト	ジオフォン	0°
	ジンバルフォン	+180°
	ハイドロフォン	0°
エアガン	ジオフォン	+90°
	ジンバルフォン	+270°
	ハイドロフォン	+90°

てNMO 補正して、AGC 処理後に同じ速度構造にてNMO 補正解除した。

### 2.10 残留静補正

32Hz のハイカットフィルタを適用して NMO 補正後のトレースと重合断面のパイロットトレースとの相関を求め、残留静補正量を求めた。

### 2.11 ラドンフィルタ

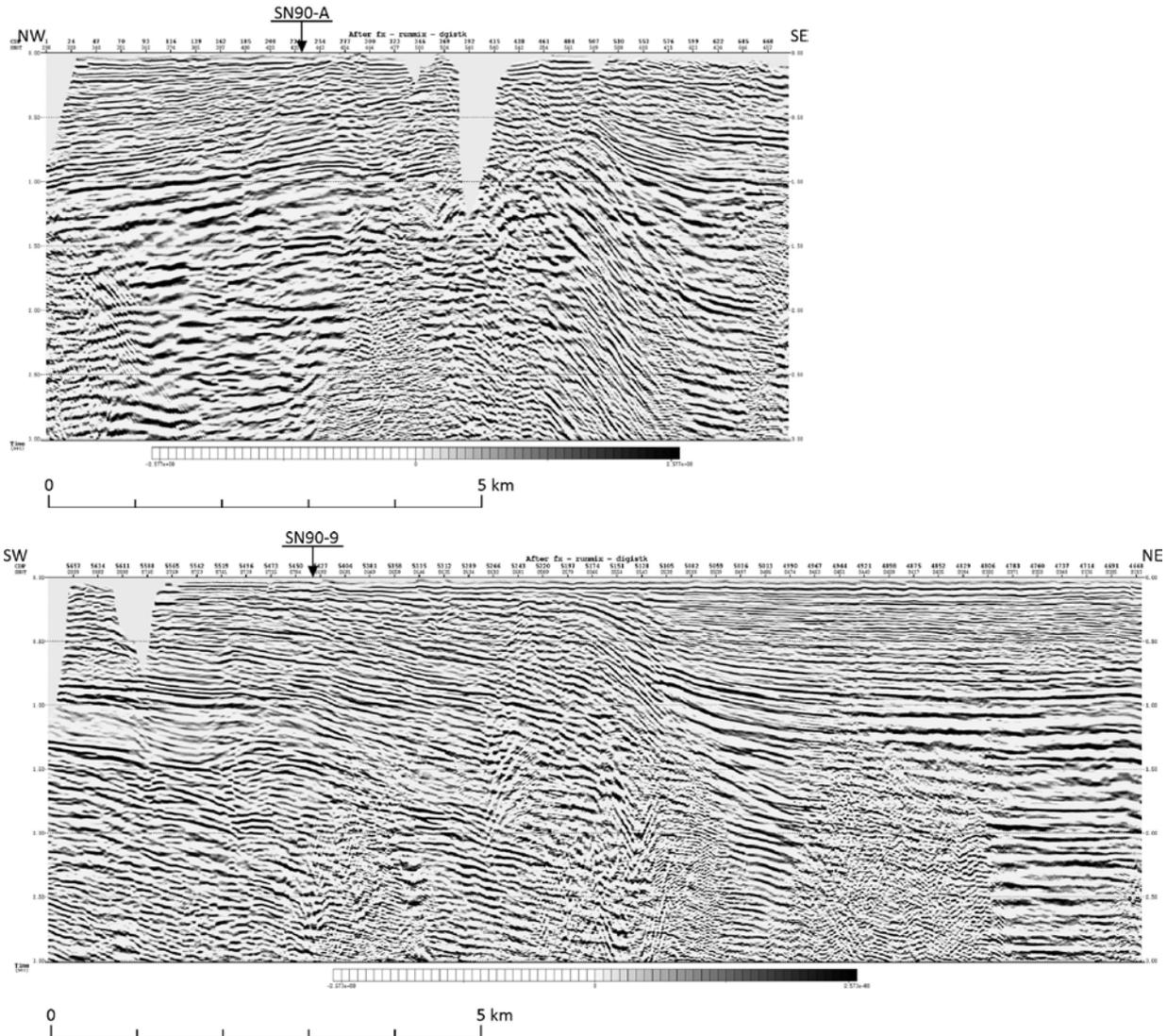
ノイズ抑制、および多重反射除去のためにラドンフィルタを適用した。本解析ではレイパラメータの最小値を 0 (速度無限大)、最大値を 833 (速度 1200m/s) として CDP ギャザに対してラドン変換を行った。ラドンフィルタにより高周波のノイズが抑制された。また、陸部の 0.5 秒付近の多重反射が抑制された。

### 2.12 NMO 補正および共通反射点重合

残留静補正後、再度速度解析を行い、これで得られた重合速度に基づき NMO 補正を行った。速度解析点間の重合速度は直線補間によって与えた。本解析では水深が変化する箇所や展開が変わる場所ごとにマニュアルミュートし、オーバー NMO した波形を重合しないようにした。

### 2.13 重合後デコンボリューション

多重反射除去、および信号強調のために重合後デコンボリューションを SN90-9 測線で行った。用いたのはプレディクティブデコンボリューションで、はじめに GAP 長を 4 種類、対応したデザインゲート長を用いたフィルタ長を 4 種類についてテストを行い、GAP 長 8ms、フィルタ長 240ms、デザインゲート 0



第 3 図 最終重合断面図。  
上：SN90-9 測線，下：SN90-A 測線。

～1200ms とし、デコンボリューションを適用した。

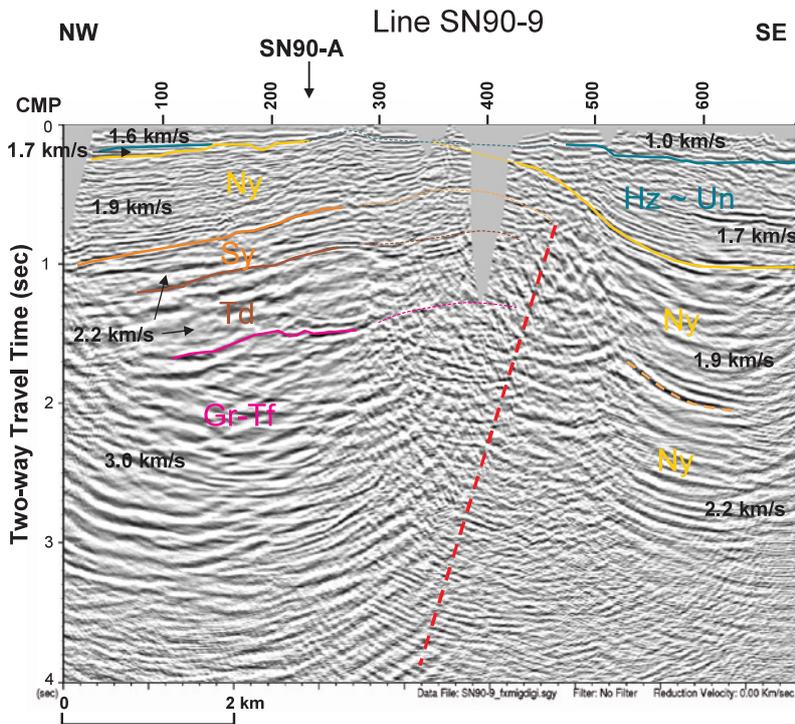
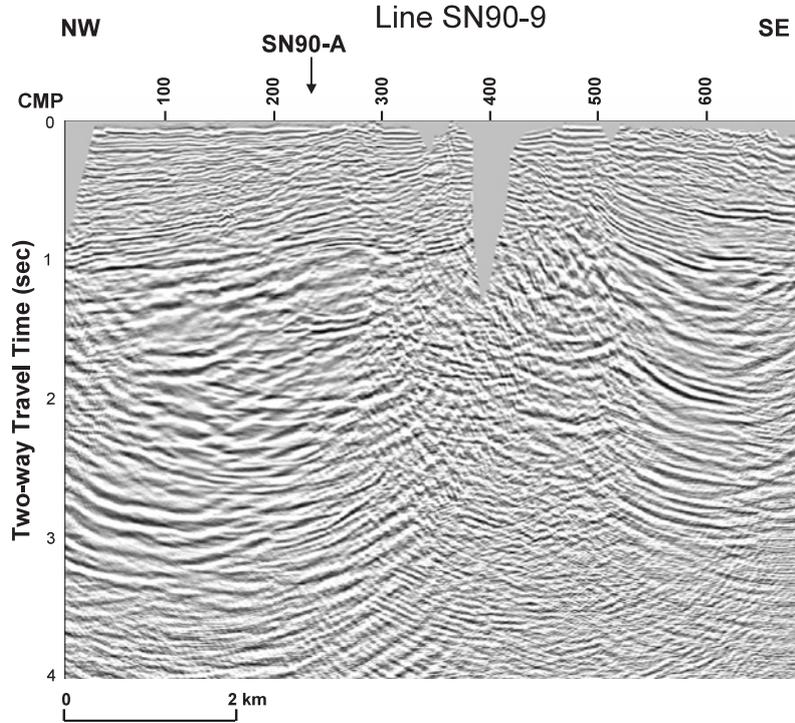
スフィルタを使用した。

### 2.14 タイムバリエーションバンドパスフィルタ

デコンボリューションで生じたノイズ除去のために、本解析処理では 0～750ms で 12～96Hz、1000～8000ms で 6～48Hz のタイムバリエーションバンドパス

### 2.15 振幅調整

重合後の各トレースの振幅を調整するために、時間とともにゲート長が長くなるタイムバリエーション AGC を用いた。



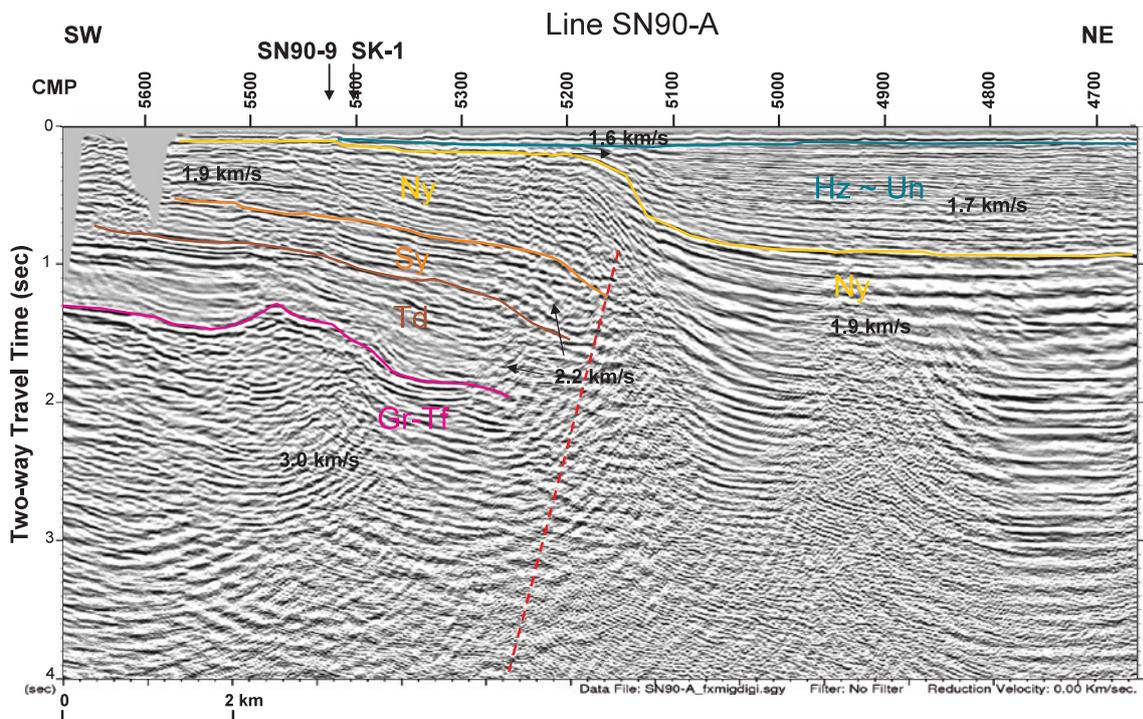
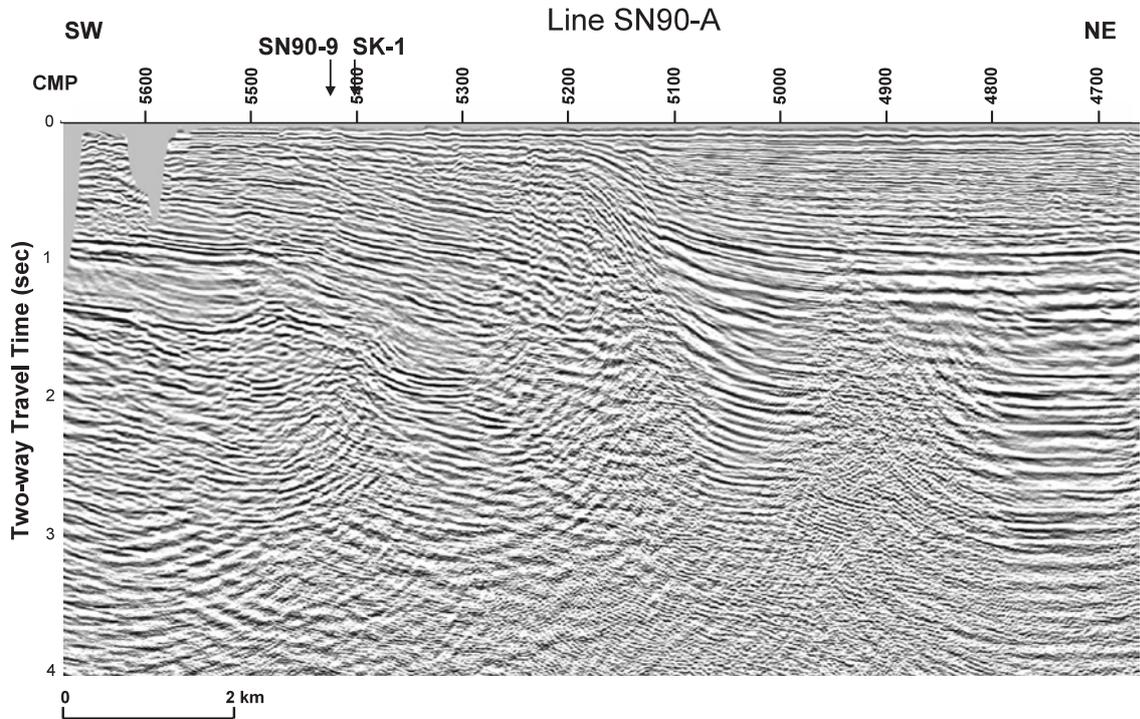
第 4 図-1 タイムマイグレーション断面および深度変換速度。  
上：SN90-9 測線 タイムマイグレーション断面，下：SN90-9 測線 深度変換速度。

### 2.16 FXプレディクションフィルタ

本解析処理では重合後のランダムノイズ除去のためFXプレディクションフィルタを用いた。フィルタパラメータは距離方向のゲート長1km, タイムウィンドウ長500ms, フィルタ長40msとしフィルタを適用した。最終重合断面図を第3図に示す。

### 2.17 タイムマイグレーション

本解析処理では波動方程式に基づく差分法マイグレーションを用いた。マイグレーション速度のテストの結果, 本解析処理では重合速度の90%にてマイグレーションを行った。



第4図-2 タイムマイグレーション断面および深度変換速度。  
上：SN90-A 測線 タイムマイグレーション断面，下：SN90-A 測線 深度変換速度。

第 4 表 地質区分.

時代	地層名	記号
更新世	魚沼層群 (シルト・砂岩・礫岩)	Un
	灰爪層 (シルト・砂岩・礫岩)	Hz
	西山層 (泥岩・砂岩泥岩互層・砂質シルト)	Ny
鮮新世	椎谷層 (泥岩・砂岩泥岩互層・砂質シルト)	Sy
中新世	寺泊層上部 (泥岩・砂岩泥岩互層)	Td
	寺泊層下部 (砂岩泥岩互層・泥岩・礫岩・砂岩)	
	七谷層 (泥岩)	Nt
	七谷期緑色凝灰岩	Gr-Tf

### 2.18 深度変換

前述のマイグレーション断面に対して、海水、堆積層第 1～4 層、音響基盤の境界を解釈し、また各層の区間速度を設定し深度変換を行った。海部での区間速度は、海水を 1500m/s、堆積層第 1 層を 1600m/s、堆積層第 2 層を 1700m/s、堆積層第 3 層を 1900m/s、堆積層第 4 層を 2200m/s、音響基盤を 3000m/s とした。陸部での区間速度は、堆積層第 1 層を 1000m/s とし、そのほかの層については海部と同様とした。第 4 図にタイムマイグレーション断面、深度変換速度を示す。

### 3. 地質解釈

SN90-9 測線および SN90-A 測線が交差する付近に、基礎試錐「角田沖 SK-1」(2014.5m) があり、それによると上位より、西山層、椎谷層、寺泊層、七谷層泥岩、七谷期緑色凝灰岩となる(第 4 表、石油公団、1992)。一方、本試錐の南(角田・弥彦断層の東)に位置する坑井「竹野町-1」(3850m) および「北吉田-1」(4005.5m) では、上位より魚沼層、灰爪層、西山層が厚く堆積し、椎谷層以下が確認されていない。以上の坑井データを基に、反射断面は上記の地質区分にしたがって解釈した。

第 5 図に 2 測線の深度断面と解釈断面を示す。顕

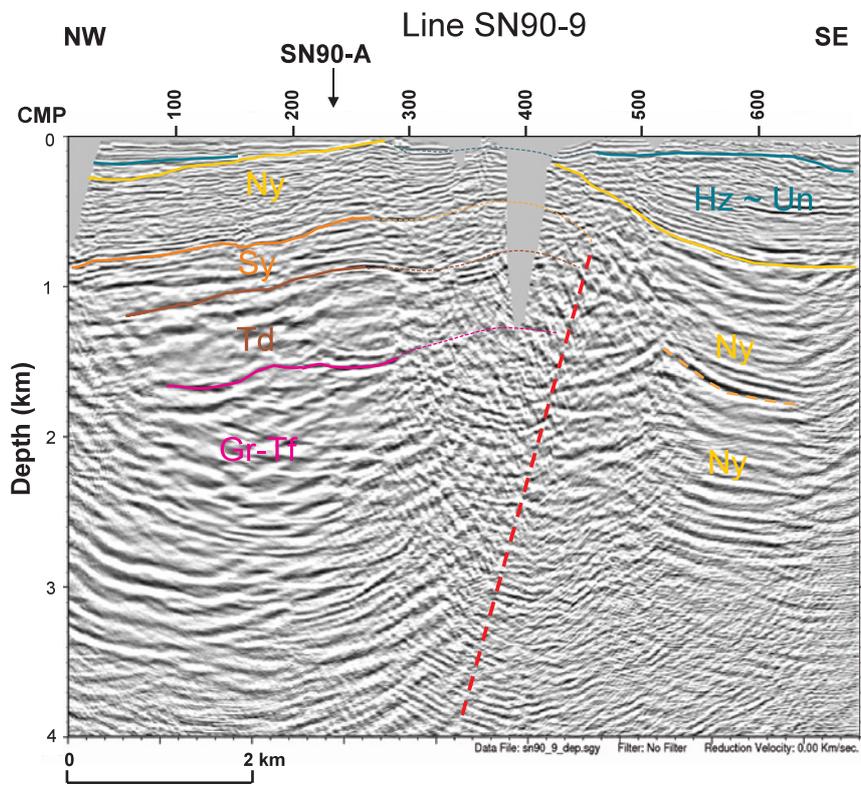
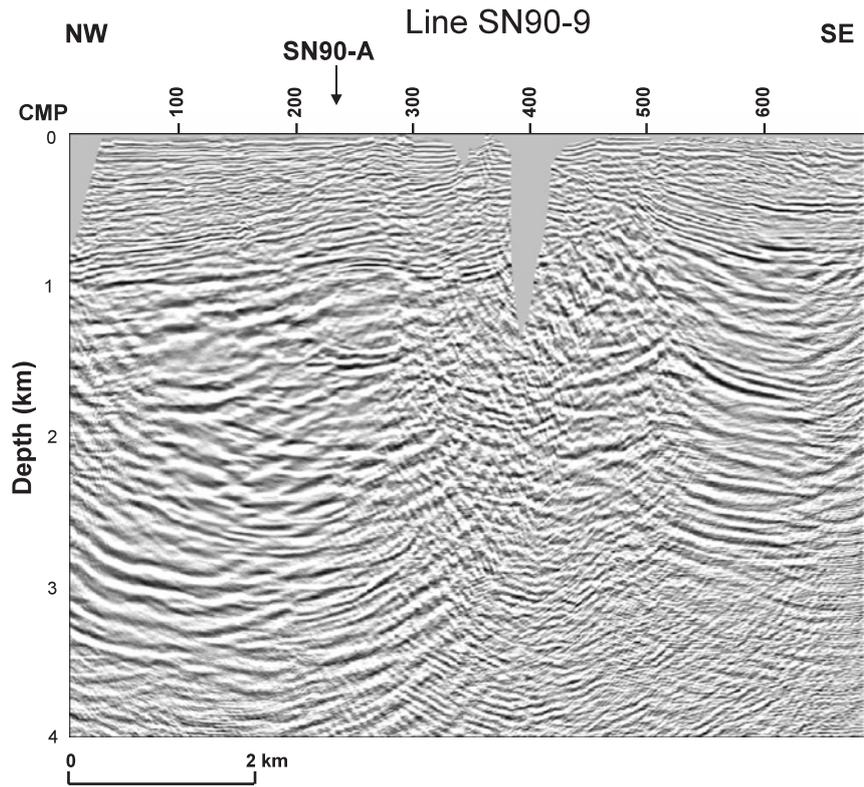
著な階段構造(断層)が認められる箇所を測線図上に黒断線で記入した結果を第 6 図に示す。これまで想定されていた角田・弥彦断層の延長がほぼそのまま真北に延長していることが確認された。

### 4. おわりに

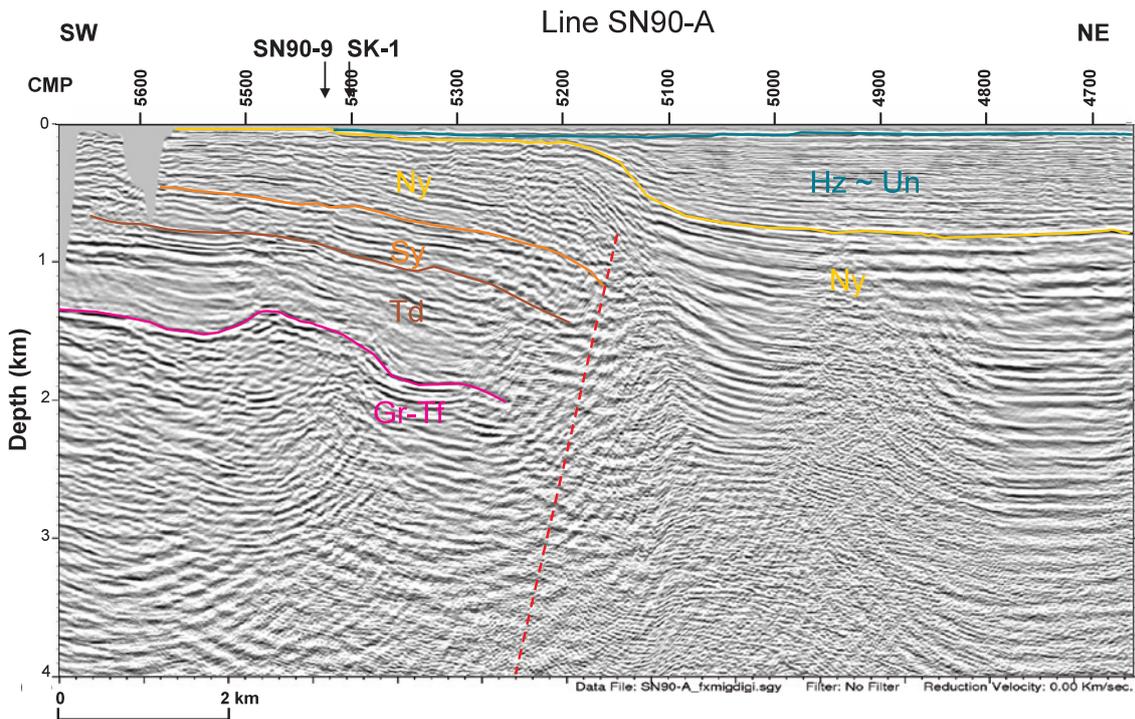
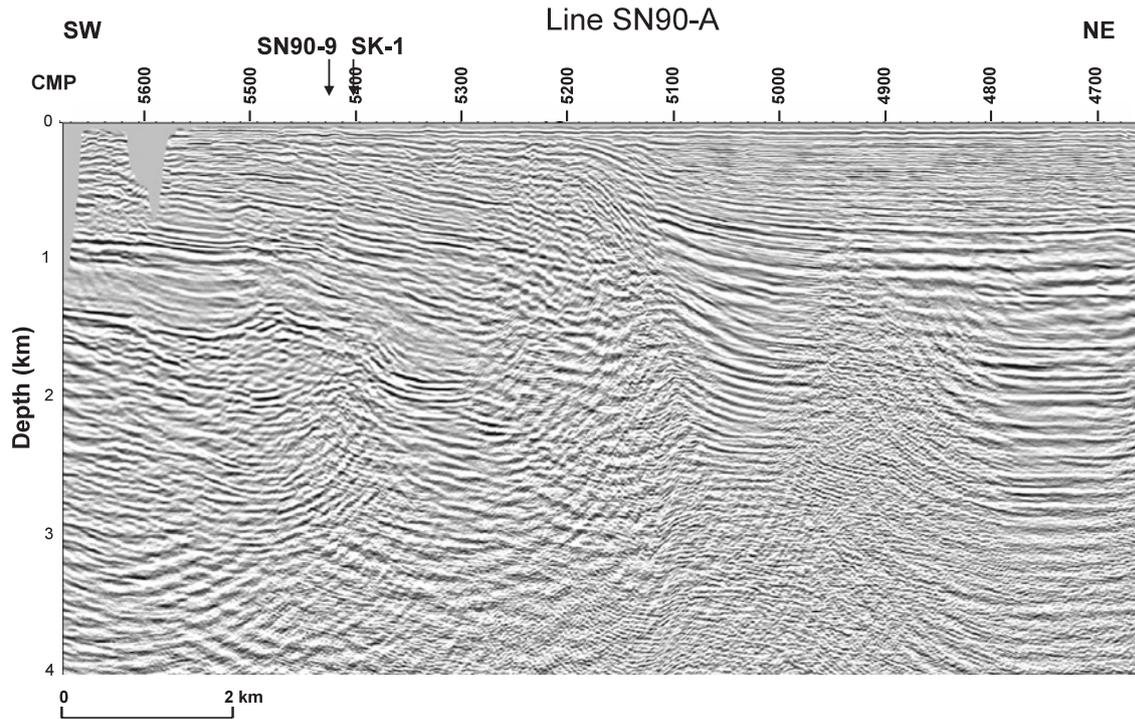
500ms 以浅の浅部の構造を明らかにすることを目的に、角田・弥彦断層を横切る、海岸に平行な海側の測線と直交する海陸にまたがる測線の 2 本の反射法測線の再処理を実施した。現在のところ、角田・弥彦断層を含む全体的な大きな構造の解釈を行ったところである。今後、2008 年に実施した海岸に平行な陸域の反射法測線と 2009 年に実施した海岸に直交する海陸にまたがる測線などとあわせて、浅部の詳細な構造の解釈を行っていききたい。

### 謝辞

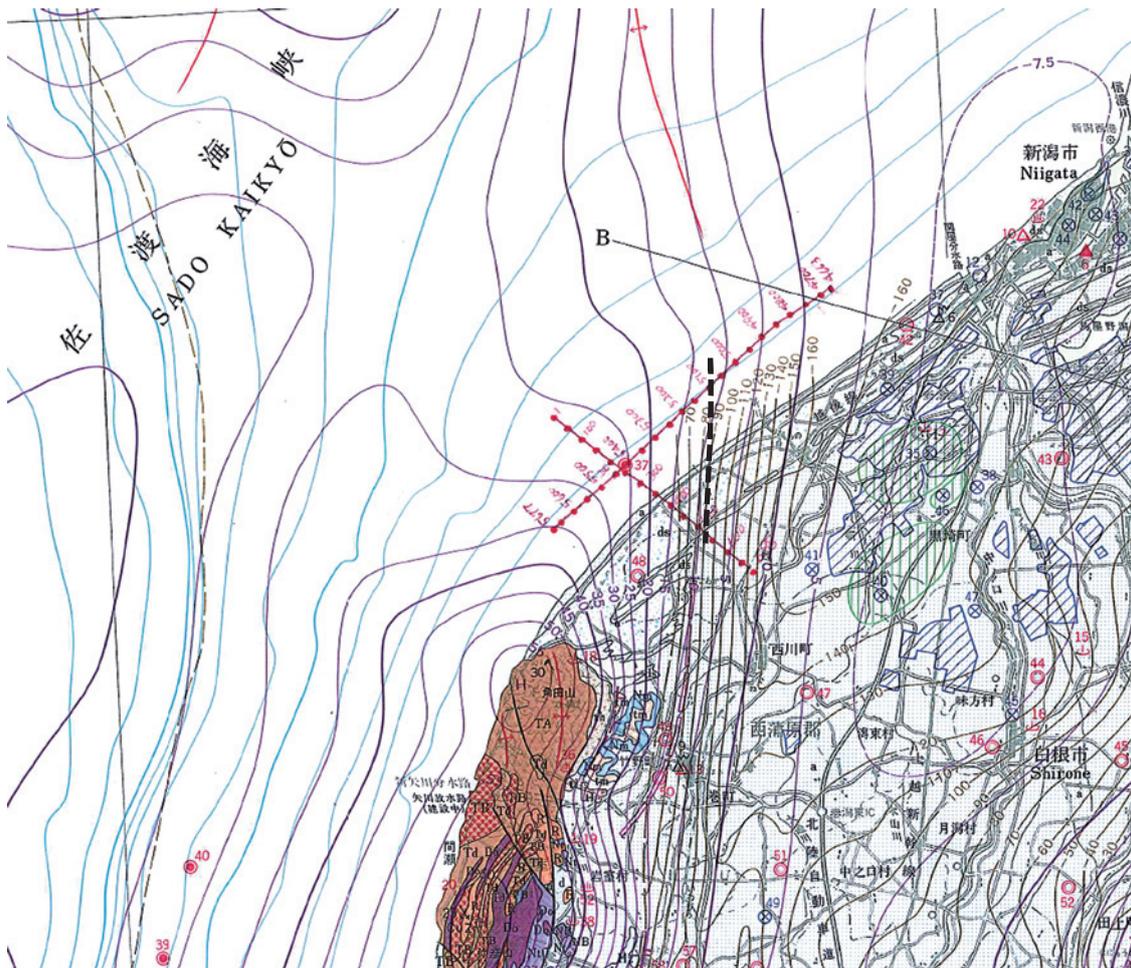
経済産業省資源エネルギー庁、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構には資料の使用および公表の許可をいただいた。データ処理は川崎地質株式会社 に依頼した。記して感謝の意を表す。



第5図-1 深度断面および解釈断面。  
 上：SN90-9 測線 深度断面，下：SN90-9 測線 解釈断面。



第 5 図 -2 深度断面および解釈断面。  
上：SN90-A 測線 深度断面，下：SN90-A 測線 解釈断面。



第6図 反射断面から読み取れる断層。  
 解釈した断層を黒断線で示した。赤線：再解析測線。  
 基図：新潟県地質図（2000年版）（新潟県地質図改訂委員会；2000）

### 文献

- 新潟県地質図改訂委員会（2000）：新潟県地質図（2000年版）1:200,000 及び説明書，新潟県商工労働部商工振興課，200p.
- 石油公団（1991）：平成2年度国内石油・天然ガス基礎調査海上基礎物理探査「新潟—富山浅海域」調査報告書
- 石油公団（1992）：平成3年度国内石油・天然ガス基礎調査海上基礎物理探査「新潟—富山浅海域」調査報告書