

## 糸魚川周辺海域における変動地形・地殻構造調査<sup>†</sup>

楠 勝浩\*・菊池真一\*・沖野睦登\*・穀田昇一\*・渡辺義和\*

### TECTONIC LANDFORM AND GEOLOGICAL STRUCTURE SURVEYS IN THE SEA AREA NEAR ITOIGAWA<sup>†</sup>

Katsuhiko Kusunoki\*, Shin'ichi Kikuchi\*, Mutsuto Okino\*,  
Shoichi Kokuta\* and Yoshikazu Watanabe\*

#### Abstract

The theory that North-East Japan is on the North American Plate was suggested by scientists after the Japan Sea Earthquake (M=7.7) of May 26th, 1983. According to this theory, the boundary between the North American and Eurasian Plates runs from the eastern border of the Japan Sea, through Fossa Magna in the middle of Japan, to Sagami Bay. The Hydrographic Department of Japan conducted the surveys in order to investigate this theory and to contribute to the earthquake prediction program.

The surveys were conducted in two periods. The first period was from 1985 to 1987, and the second was the next two years. In the first period, the area off Itoigawa was surveyed and reported by Asada et al. (1989) and Kato et al. (1990). The land area was surveyed by other government offices. If we survey the middle area, we should be able to determine the features of the entire lineation possibly considered to be plate boundary. In the second period, we used the narrow-multi beam swath survey system (Hydrochart II) to investigate the bottom topography, and the seismic profiler system by electrical discharge to investigate the geological structure in the sea area near Itoigawa. From the data gathered by these surveys, we have determined some geological features in the area.

The results are as follows:

1. In the sea area near Itoigawa, there are some active folds tending from northeast to southwest. They intimate northwest-southeast pressure in the crust.
2. There are some thrust type faults on the north-south line from the Toyama Trough to Itoigawa. They run obliquely on the folds. The line is not necessarily the plate boundary because of irregularities along the faults line. The lowered or depressed side of the fault changes along the fault line. However it must be a geological "weak line".

#### 1. はじめに

中部日本及びその周辺海域は南北にフォッサマグナが走り、その南にはフィリピン海、太平洋、ユーラシ

---

<sup>†</sup> Received 8th January 1991

\* 沿岸調査課 Coastal Surveys and Cartography Division

アの3プレートが会合して、活発な地震地帯となっている。このような状況をふまえ、日本海東縁部からフォッサマグナ、房総沖海域において、地殻構造調査等を行うことにより、地震テクトニクスを明らかにし、これらの地域における地震予知のための資料を得ることを目的として、科学技術庁の科学振興調整費による「中部日本活構造地域の地震テクトニクスに関する研究」が1985年度から1989年度にかけて第I期と第II期に分けて実施された。

この研究の第I期は1985年度から1987年度にかけて実施され、当庁では富山湾から佐渡島周辺海域において、海底下の地殻構造と海底の変動地形を明らかにするために、マルチチャンネル反射法音波探査及び屈折法音波探査とシービームによる海底地形調査を行っている(浅田ほか, 1989; 加藤ほか, 1990)。第II期は1988年度から1989年度にかけて実施され、当庁はその研究の一環として、糸魚川周辺海域において、海底地形調査、地質構造調査を行った。本報告書はこの研究の第II期の調査の成果をまとめ、報告するものである。

## 2. 目 的

日本海東縁部から糸魚川一静岡構造線にかけては1983年の日本海中部地震を契機とし、ユーラシアプレートと北米プレート間の新生プレート境界であるとする説(中村, 1983; 小林, 1983)が注目を浴びている。

本研究の第I期ではこの説を受け、地震予知のためのテクトニクスに関する情報を得ることを目的とし、富山一佐渡海域においてマルチチャンネル反射法音波探査、並びにナローマルチビーム測深機(シービーム)を使った海底変動地形調査を実施した。これらの調査からプレートの沈み込みを示すような基盤岩の傾き下がる構造は認められないものの東西方向の圧縮を示す海底活断層が存在すること、富山深海長谷は蛇行しながら能登半島と佐渡島をつなぐ隆起帯を横切って深く浸食していること等、活発な変動帯としての特徴が明らかとなっている(浅田ほか, 1989; 加藤ほか, 1990)。

一方、陸域に関しては松本盆地では地震探査の結果、ユーラシアプレートが北米プレートの下へ沈み込む説に調和的な逆断層が存在する(Ikami et al., 1986)こと、また測地測量の結果ではこれらのプレート同志の衝突を示すような活発な運動が北部フォッサマグナ域には無く、むしろ小谷から直江津の方向に活動的な地域が延びている(国土地理院, 1988; 多田・橋本, 1990)こと等が報告されている。

以上述べたように、海域沖合部と陸域ではそれぞれ地震テクトニクスを考察するための情報が得られているが、その中間の海域沿岸部では未だ調査の空白域となっている。そこで当庁では本研究の第II期として、日本海東縁部から陸域のフォッサマグナに至るまでの連続的な地震テクトニクスを解明するために、糸魚川沿岸部を中心に変動地形・地殻構造調査を実施する。

## 3. 調査方法

本研究の第II期として、第I期で調査を行った海域と陸域との間の海域(第1図)で、浅海用ナローマルチビーム測深機(ハイドロチャートII)による変動地形調査とスパーカー(放電式音波探査機)による海底地質構造調査を2年間にわたり行った。以下に詳細を述べる。

### (1) 浅海用ナローマルチビーム測深機(ハイドロチャートII)による変動地形調査

ハイドロチャートIIは測量船「天洋」に搭載された浅海用ナローマルチビーム測深機で、片舷9ビーム、左右合わせて17本のビーム(中央2本は共通)を有し、水深の2.5倍の幅での測深能力がある。本調査では測線の間隔を最小で0.25マイル(約460m)とし、200m以深の海域では末測域が出ないよう綿密な地形調査を実施した。

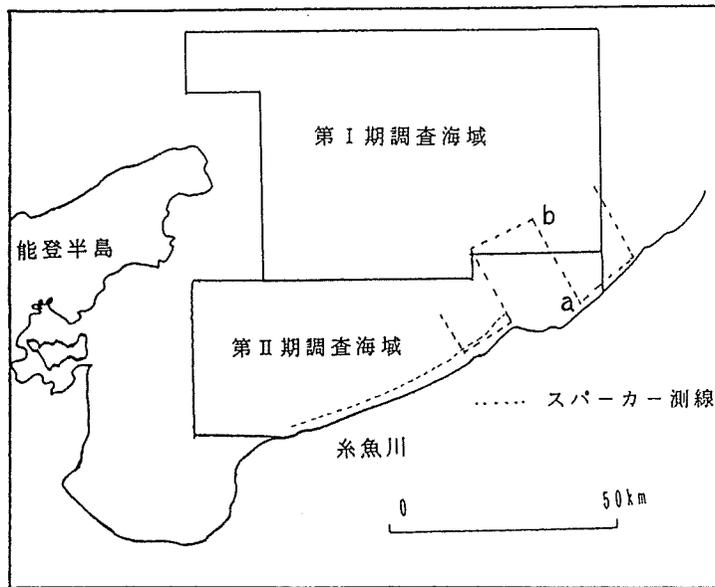


Figure 1. The boxes show the surveyed area and the broken lines are surveyed with seismic profiler system. The seismic profile record between a and b is shown in figure 3.

また、船位の測定にはトリスポンダーを主として、トリスポンダーの状態の悪い場所ではGPSを使用した。トリスポンダーは陸上に設置した従局と船上にある主局との電波の往復時間から距離を測定し、2局以上の従局点との距離から位置を算出する装置である。本装置は誤差1m以内で距離を測定する能力を有する。従局は陸上の6ヵ所、すなわち米山埼灯台、鳥ヶ首岬灯台、糸魚川市街、宮崎鼻灯台、生地鼻灯台、能登観音埼灯台に設置し、少なくとも3点を同時に使用するようにした。これらの従局点は、全て国土地理院の三角点から原点測量により位置を求めているので、位置の精度は30cm以内である。トリスポンダーの従局を設置した場所については、第1表に示す。GPSは岸から遠く離れ、トリスポンダーの電波が届かない場所、もしくは岸に近過ぎてトリスポンダーからの電波の交角の悪い場所で使用した。GPSの精度は受信状況によっても異なるが、状態の良い時間帯にしかデータを取っていないので、30m以内であると考えられる。

トリスポンダーによる測位からGPSによる測位に切替える場合、あるいはその逆の場合にはどうしても現場では対応の遅れるときがある。今回の調査の際にもその様なことが何回かあった。この場合、複合測位

Table 1. The positions of the slave stations of Trisponder Position Fixing System.

従局点位置

従局点名	緯度	経度	標高	備考
米山埼灯台	37°19'15".463	138°26'26".734	95 m	原点測量済
鳥ヶ首岬灯台	37°10'05'.251	138°05'57".884	81.9m	"
糸魚川アパート屋上	37°02'34".286	137°51'32".446	24.4m	"
宮崎鼻灯台	36°58'05".890	137°35'24".321	108.8m	"
生地鼻灯台	36°53'41".318	137°24'49".494	32.2m	"
能登観音埼灯台	37°06'14".09	137°03'39".61	32 m	"

装置から出力される位置データは必ずしも正しいとは限らないので、データを持帰った後のオフライン処理で、複合測位装置で書かれたMTからトライポスターのローデータ等を読み込み、位置の再計算を行った。このような手続の後、最終的な航跡図（第2図）を得た。

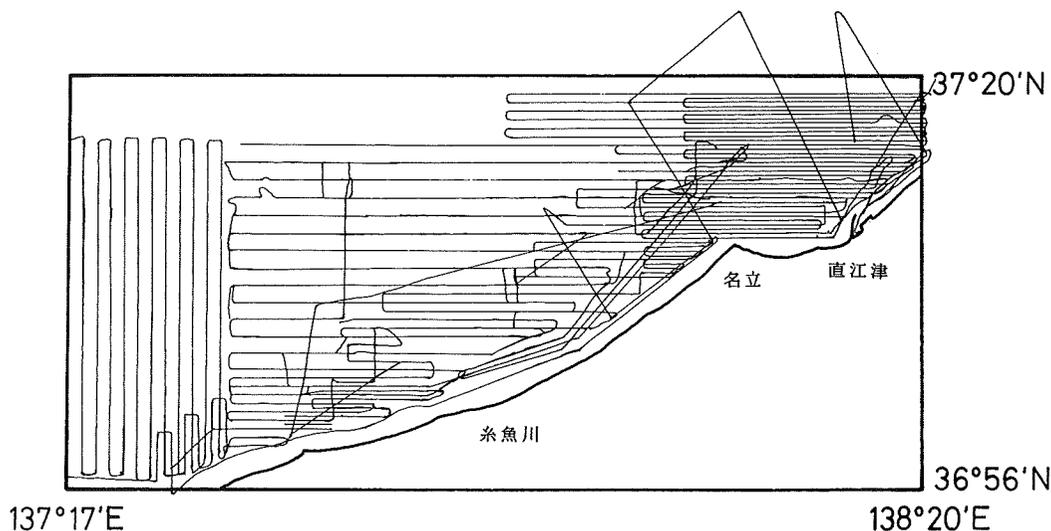


Figure 2. Track lines of the survey.

#### (2) スパークー（放電式音波探査機）による海底地質構造調査

スパークーとは船尾より曳航するスパークアレイと呼ばれる部分で放電（スパーク）させて音波を出し、海底下の各地層から反射してくる音波を受信して海底下の構造を探る装置である。今回の調査ではスパークの際の発振エネルギーは5000ジュールとした。

今回の調査海域で特徴的な地形は北東から南西に続く地形の高まり、及び南北に続くと考えられるフォッサマグナである。そこで本調査ではこれらの特徴的な地形を横切るように、岸線と直交するような北西-南東測線と岸線に沿った北東-南西測線の2種類の測線を用意し（第1図）、変動地形調査と同時進行で行った。

#### 4. 成 果

今回の調査で糸魚川付近の沿岸部の5万分の1の精密海底地形図（A0サイズ）を2図作成した。これらの精密海底地形図とスパークーの記録から以下のことが明らかとなった。

- ① 本研究で作成した海底地形図を第3図に示す。この図から能登-佐渡島隆起帯及び陸域の山脈（三国山脈、東頸城丘陵等）に平行する、背斜と思われる地形の高まりが多数確認された。これらは規模には差はあるが、背斜軸の方向が北東-南西の方向で一致している。
- ② スパークーの記録（第4図）を見ると、背斜軸と海底地形の高まりが一致し、褶曲している地層が下層へ行くに従って褶曲の程度が大きくなっていることが分る。これは褶曲運動が現在も活発であることを示している。他の褶曲地形を横切る測線についても同様の結果が得られている。
- ③ 糸魚川-静岡構造線の海域への延長上では、姫川河口から北に向い海底谷（早川・姫川海底谷）が走っている。それは北緯37度10分のあたりで西から来た富山深海長谷と合流し、そのまま北に向っている。
- ④ 姫川河口の扇状地の東には、スパークーでは記録が不鮮明で確認できなかったが、断層と思われる崖（第3図破線）が北西-南東方向に走っている。この崖は明らかに浸食によるものとは異なり、比高は100mか

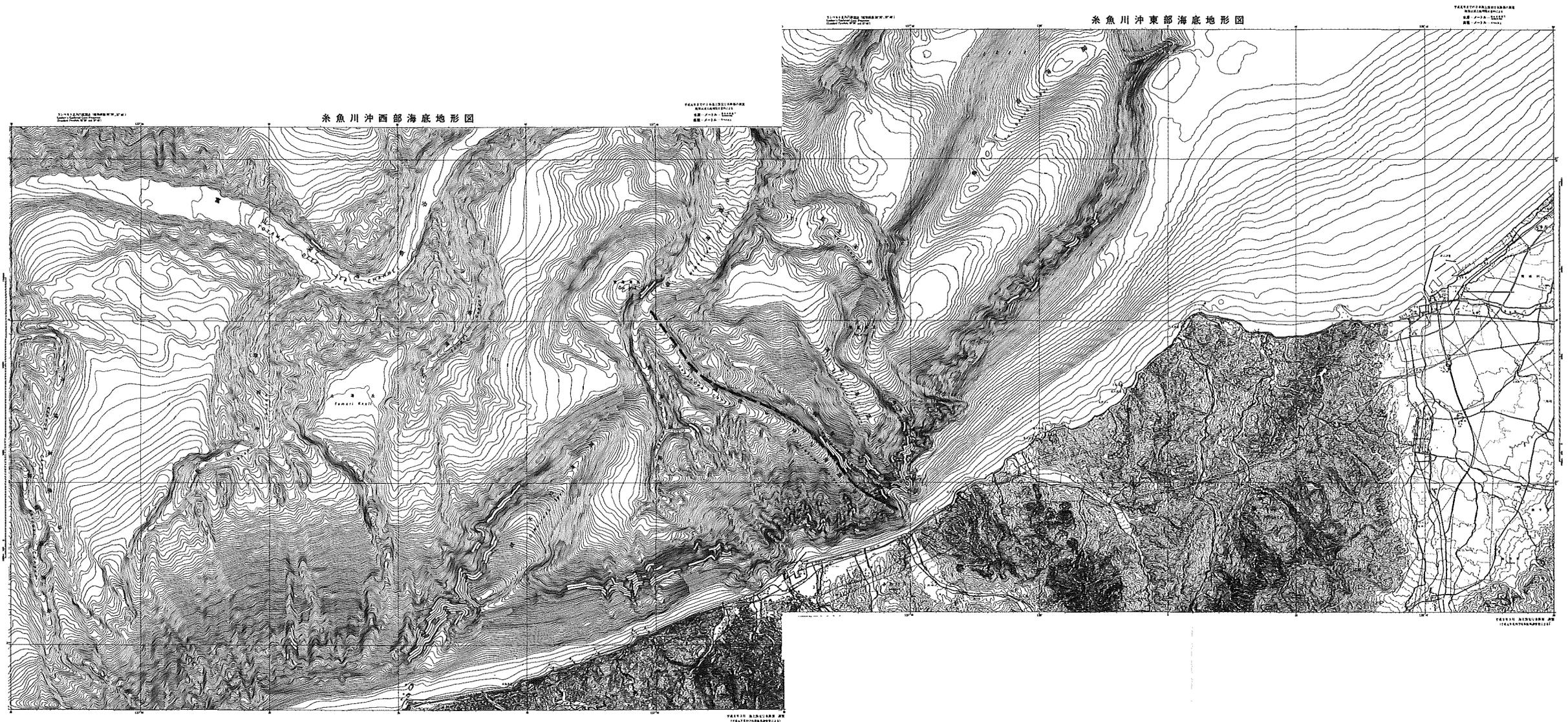


Figure 3. Detailed topography near Itoigawa derived from the survey data of Hydrochart II. The scale of the existent charts is 1/50,000. The broken line is considered to be fault.

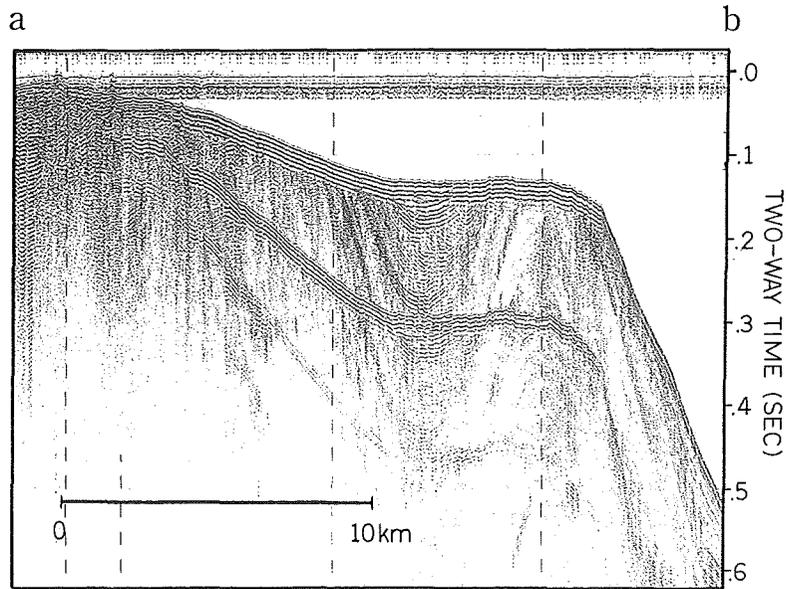


Figure 4. The seismic profile record between the points a and b.  
The location of the points a and b are shown in figure 1.

ら200mで、姫川河口から少し東に離れた岸からほぼ直線的に北西の方向に伸びている。また、その北西にもやはり構造的な可能性のある走りの同じ崖がある。

## 5. 考 察

1983年に発生した日本海中部地震を機に、日本海東縁部からフォッサマグナ西縁の糸魚川—静岡構造線にかけて変動帯が走り、それが新しく形成されつつあるユーラシアプレートと北米プレートの境界であるとする説(中村, 1983; 小林, 1983)が注目されている。本研究はこの変動帯に関する基礎情報を収集し、フォッサマグナ北延に関する新しい知見を得るために実施した。先の説を考慮しつつ、糸魚川—静岡構造線から日本海東縁部にかけてが新生プレート境界なのか、あるいは今後この変動帯で大地震の発生する可能性は大きいのか、という問題に関し考察を行っていく。

まず、第5図に糸魚川沿岸に存在すると思われる断層・褶曲を図示する。第3図の糸魚川沿岸の地形を見ると、成果の④で述べたような構造的な崖が見られる。この崖は東側が高いこと、崖の北西側の端が芋型の小さな背斜状の高まりになっていること、さらにその高まりは南西から来る背斜が変形してずれたように見えることが分る。これらのことからこの崖は左横ずれ断層であり、その北西の端で崖がほぼ直角に曲ってから(姫川海底谷東側)は逆断層になっているものと思われる。これらの断層を形成した応力は北西—南東の圧縮であると考えられ、周囲に多数見られる褶曲の圧縮方向と一致する。また、この圧縮の方向は地震のメカニズムとも一致するし(三雲, 1990)、さらに陸域の地殻変動(国土地理院, 1988; 多田・橋本, 1990)から見ても矛盾はない。

次に沖合の第I期の調査海域(第1図)についても再考察する。この海域ではマルチチャンネル反射法音波探査を行い、富山トラフの中に褶曲、断層を認めている(浅田ほか, 1989; 加藤ほか, 1990)。この海域でのマルチチャンネル反射法音波探査については当庁の調査実施後、石油公団も行っているなのでそのデータ(石油公団, 1988)も参考にする。

石油公団の測線を第6図にその結果を第7, 8図に示す。

石油公団のNo.17測線(第7図)では富山深海長谷付近に、表層では崖崩れによる堆積, その地下には鮮明な東落ちの逆断層が見られる。その南の当庁の第I期の記録(浅田ほか, 1989; 加藤ほか, 1990)では断層は確認できないが褶曲が見られる。さらにその南(石油公団No.18測線, 第8図)でも長谷の下に特徴的な褶曲の存在が確認できる。すなわち北に伸びる富山深海長谷に沿って断層ないし褶曲が存在している。

以上述べてきたように、糸魚川-静岡構造線の北部延長上では姫川沖の海底谷(早川・姫川海底谷), 富山深海長谷に沿って南北に断層・褶曲が分布している。1987年3月の地震(M5.9)はほぼこの線上で発生している。このようなことから、地殻構造上の弱線が糸魚川から富山トラフにかけて存在すると考えられる。周囲に北東-南西の活褶曲が発達し、それを斜めに横切るように南北に断層・褶曲が存在することから、この弱線に沿って破壊を生じさせている力は、周囲の活褶曲を作る北西-南東圧縮の力であるものと思われる。これから先この弱線がプレート境界として発達していくかどうかは分からないが、いずれにせよ今後地震の

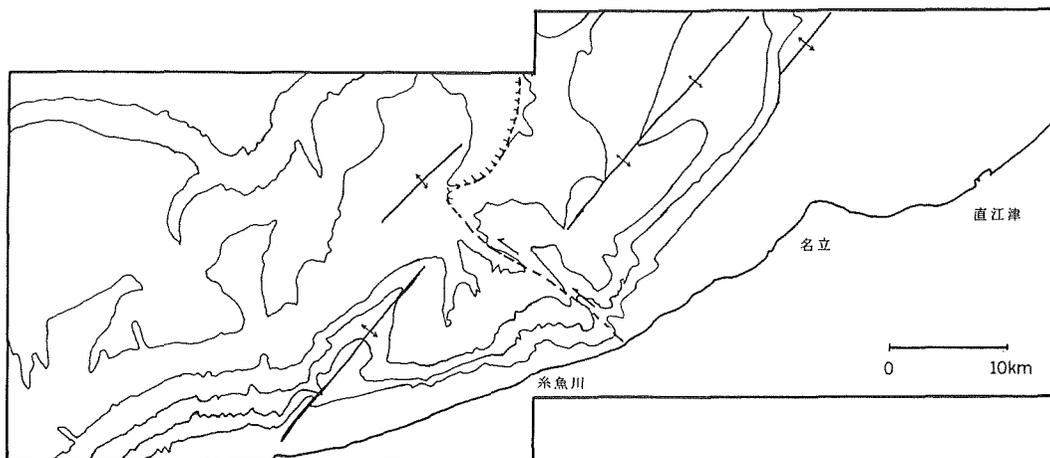


Figure 5. The distribution map of folds and faults.

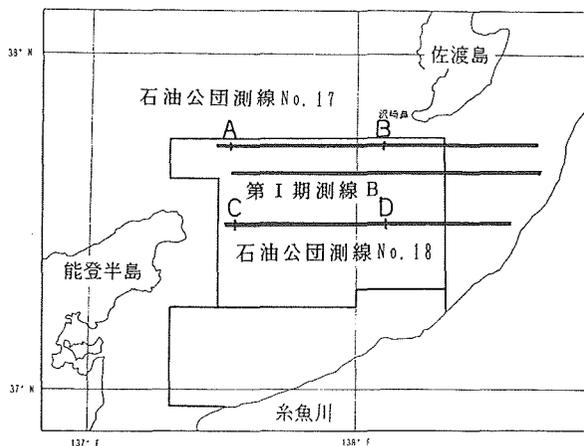


Figure 6. Multi-channel seismic survey lines. Two of three lines were surveyed by Japan National Oil Corporation in 1987 and the other line was surveyed by Hydrographic Department in 1986.

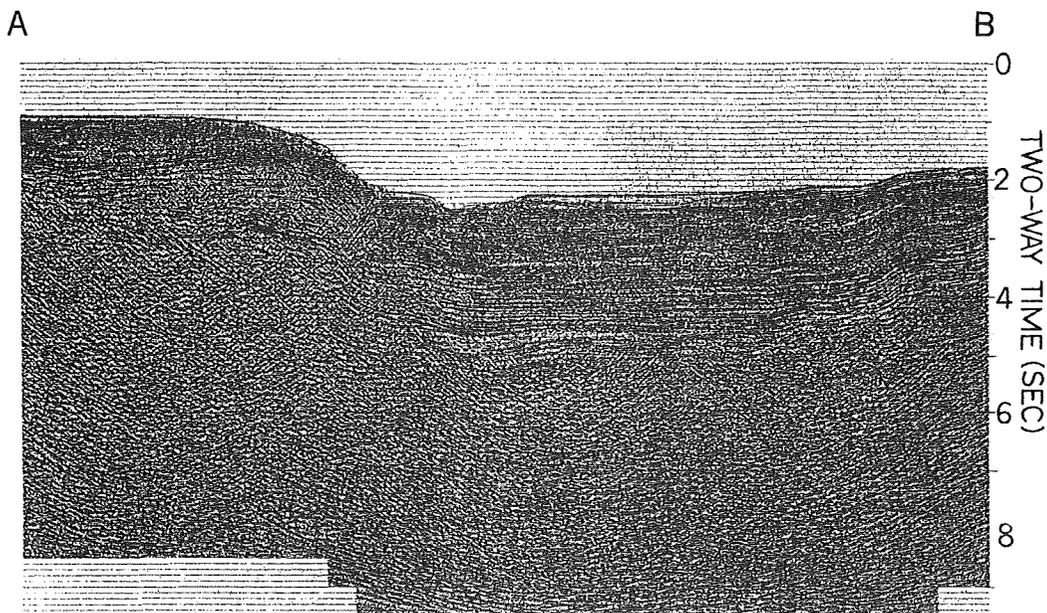


Figure 7-a. The multi-channel seismic profile migrated in time domain between A and B on the line No. 17 in figure 6.

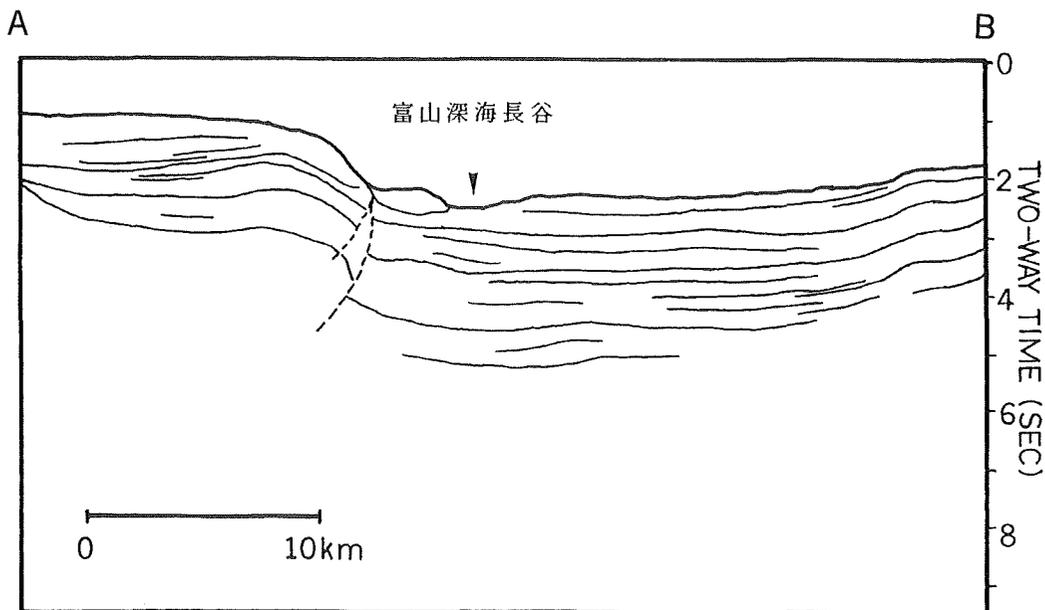


Figure 7-b. The line drawing of the above multi-channel seismic profile.

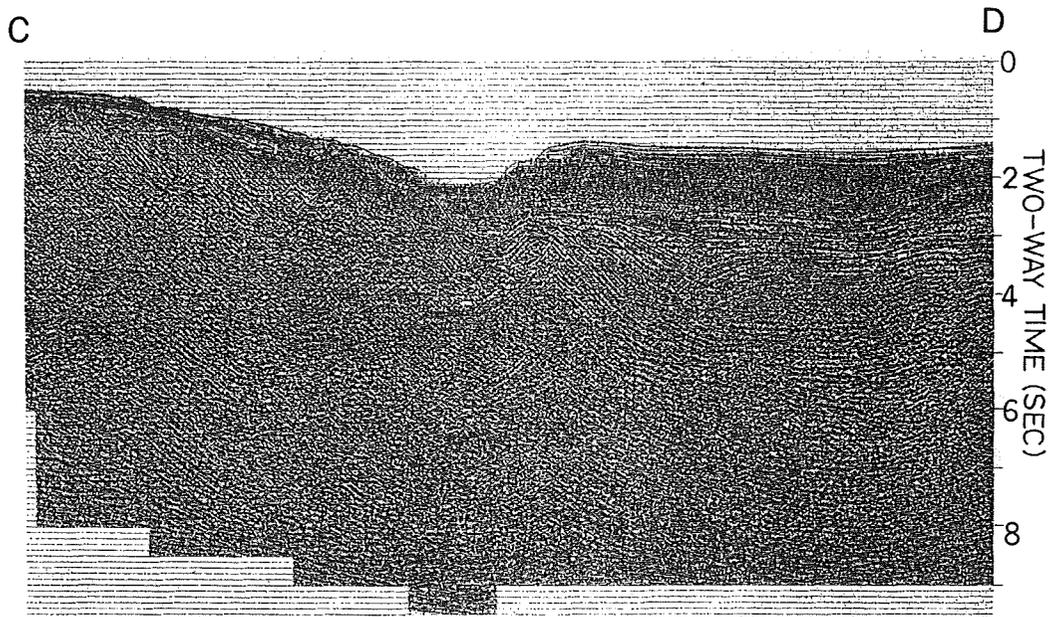


Figure 8-a. The multi-channel seismic profile migrated in time domain between C and D on the line No. 18 in figure 6.

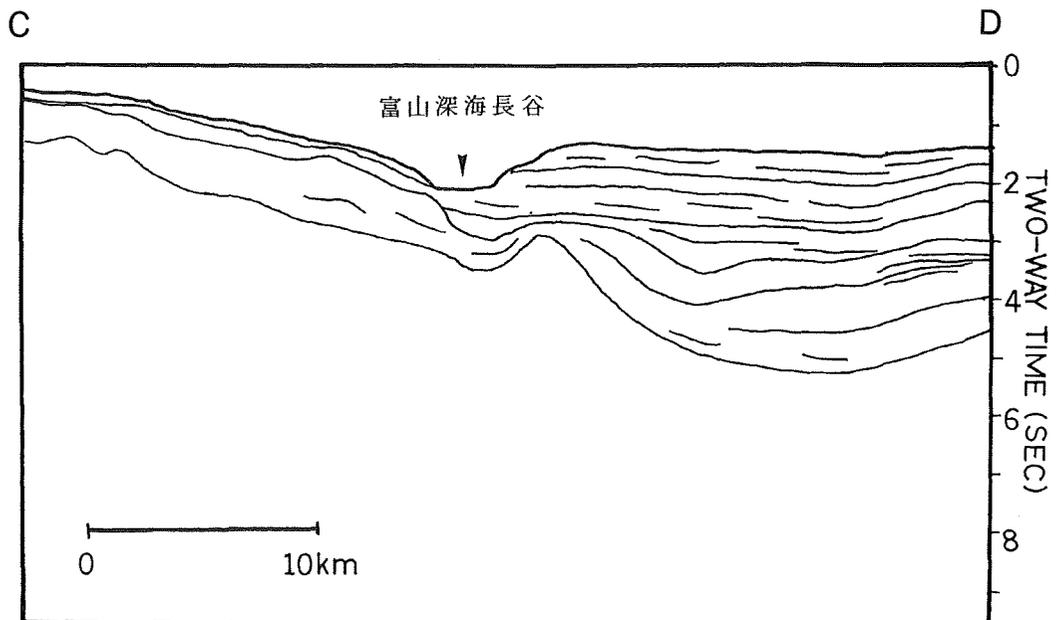


Figure 8-b. The line drawing of the above multi-channel seismic profile.

発生について注目すべき地域と言えよう。

#### 謝 辞

今回の調査では海上保安庁水路部測量船「天洋」の船長以下乗組員の方々に御協力頂き感謝いたします。トリスポンダーの従局点の原点測量、及び現地調査の際には第九管区海上保安本部水路部の方々にお世話になり感謝いたします。トリスポンダーの従局の設置運営に関しては、直江津海上保安署、生地鼻航路標識事務所、並びに七尾海上保安部の方々のご協力を頂き、誠に有難うございました。石油公団におきましては日本海におけるマルチチャンネル音波探査の資料を提供して頂き、心からお礼を申し上げます。

#### 参 考 文 献

- 浅田昭, 加藤茂, 春日茂: 富山トラフの変動地形・地殻構造調査, 水路部研究報告, 25, p.93-122, (1989)
- Ikami, A., T. Yoshii, S. Kubota, Y. Sasaki, A. Hasemi, T. Moriya, H. Miyamachi, R. S. Matsu'ura and K. Wada : A Seismic-Refraction Profile in and around Nagano Prefecture, Central Japan, J. Phys. Earth, 34, P. 457-474, (1986)
- 加藤茂, 浅田昭, 春日茂: 富山トラフの変動地形と地質構造, 地学雑誌, 99, p.1-12, (1990)
- 小林洋二: プレート“沈み込み”の始り, 月刊地球, 3, p.510-518, (1983)
- 国土地理院: 「中部日本活構造地域の地震テクトニクスに関する研究」第I期成果報告書, p.78-96, (1988)
- 三雲健: 日本海東縁地域の地震活動とメカニズムおよびテクトニクス, 地学雑誌, Vol.1, No.1, p.18-31, (1990)
- 中村一明: 日本海東縁新生海溝の可能性, 地震研究所彙報, 58, p.711-722, (1983)
- 石油公団: 国内石油・天然ガス基礎調査基礎物理探査西津軽~新潟沖, 時間マイグレーション断面図, 測線 N87-17, N87-18, (1988)
- 多田堯, 橋本学: フォッサマグナ中・北部地域の地殻水平変動とそのテクトニックな意義について, 地学雑誌, Vol.1, No.1, p.92-97, (1990)