

10-13 水路部における沿岸海域海底活断層調査

Survey for submarine active fault research in coastal waters by the Hydrographic Department

海上保安庁水路部

Hydrographic Department, Maritime Safety Agency

1. はじめに

浅い地震のポテンシャルを見積もる上で不可欠な活断層の分布については、陸域では活断層研究会¹²⁾により、主として地形的手法を用い全国一律の基準での抽出、検討がなされている。活断層は陸に限らず海底にも潜在しているが、海底は種々の制約のため、分布すらよく分かっていないのが現状である。沿岸海域に潜在する活断層が動いた場合、陸域の活断層が動いた場合と同様、地震動により大きな被害をもたらすことが危惧される。

このため、水路部では平成7年1月の阪神・淡路大地震を契機として、平成7年度より人口が密集する都市周辺の沿岸海域において活断層に着目した調査を実施している。本論では、この計画の概要、主な成果、今後の課題等について報告する。

2. 沿岸海域海底活断層調査計画の概要

調査海域、調査年次計画、それぞれの海域の調査項目を第1図、第1表に示した。第1表に示したように調査項目は表層音波探査、深層音波探査、海底堆積物調査の3項目より成る。

表層音波探査は、海底下おおむね数百mまでの地質構造の把握を目的とし、主としてスパーカー、ソノプローブ、チャープソナーなどの探査機を用いて調査が行われる。この場合の測線間隔は原則900mである。深層音波探査は、海底下おおむね数kmまでの地質構造の把握を目的とし、主としてエアガンを音源とするマルチチャンネル方式で調査が行われる。この場合の測線間隔は、数kmである。海底堆積物調査は、ボーリング、コアリング等により、断層を挟む両側の地点で海底下の堆積物を採取し、地層や年代の対比等から断層の活動年代、活動履歴等を把握しようとするものである。ボーリング方式では、海底下100m程度までの硬い地層を含む堆積物の採取が可能である。一方、コアリング方式では、堆積物の採取は海底下おおむね10数m程度に限定される。自由落方式のピストンコアラ法とこれを改良したバイブロコアラ法等があり、後者により前者では不可能であった砂礫層の採取も一部可能になった。大阪湾、伊勢湾、東京湾の3大湾では、ボーリング方式により堆積物の採取が行われたが、この方式は多額の費用を要するため、その他の海域はコアリング方式で採取を行う予定である。

3. これまでの主な調査成果

(1) 大阪湾

大阪湾では、表層音波探査、深層音波探査及び海底堆積物調査(ボーリング方式)を実施した。表層音波探査、深層音波探査の測線は、第2a図、第2b図に示すとおりで、第2c図に示すような大阪湾の断層分布が明らかになった。この結果、岩崎ほか³⁾により報告されていた大阪湾断層の全長は、おおむね33~34kmに及び、この断層以外にも北東-南西走向の併走する多数の活断層や、数は少ないものの北西-南東走向の活断層の存在が明らかになった。

ボーリングは、第2c図の黒点で示した神戸沖の大阪湾断層を挟む水深約20mの2地点で行っ

た。両者の間隔はおよそ 1km で、ともに海底下 100m の深さまで掘削が行われた。ボーリング地点付近の表層音波探査記録、深層音波探査記録、その解釈図を第 2d 図、第 2e 図に示した。表層音波探査記録からは表層のアカホヤ層の変位が、また深層音波探査記録からは変位の累積性が明白に読み取れ、さらにボーリングにより採取した堆積物の C14 年代測定、花粉分析の結果などから、最新の活動時期は 2,200–2,600 年前よりは新しく、活動の規模は B 級（断層の平均変位速度が 1,000 年に 0.1m 以上 1m 以下）と判断した。

（2）伊勢湾

伊勢市と南知多町を結ぶ線より北側の伊勢湾では、表層音波探査、深層音波探査及び海底堆積物調査（ボーリング方式）を実施した。表層音波探査、深層音波探査の測線は、第 3a 図、第 3b 図示すとおりで、第 3c 図に示すような伊勢湾の断層分布が明らかになった。この結果、伊勢湾では、すでに存在が指摘されていた伊勢湾断層(第 3e 図)、鈴鹿沖断層(第 3d 図、第 3e 図)、白子ー野間断層について、その位置や延長部などが確認できたほか、伊勢湾ではこの他に顕著な断層は存在しないことが判明した。伊勢湾断層は、中部空港調査会により以前から詳しい調査が実施されている。これによると、南の方ほど活動度が大きく、常滑沖での最終活動時期は 7,500 年前で、約 1 万 5,000 年の間に 3 回程度活動している。今回の調査で、伊勢湾断層の全長はおよそ 27km に及ぶことが判明した。伊勢湾断層のボーリングは、第 3c 図に示す伊勢湾奥部の断層を挟む水深約 18m の 2 地点で行なわれ、海底下およそ 100m までの試料が得られた。伊勢湾付近では礫層が 2 層認められるが、ボーリングによる試料の解析の結果（第 3f 図）等から、上部更新統とされる第一礫層は、この断層を挟んで全く動いていない。したがって、伊勢湾断層は少なくとも北部では数万年は動いていないと判断した。鈴鹿沖断層では、第 3c 図に示す鈴鹿沖の 2 地点でボーリングを実施し、これらの試料の解析（第 3g 図）等から、鈴鹿沖断層は、完新世（約 1 万年前以降）に断層が動いており、最終活動時期は 4,000 年前以降であった可能性もあると推定した。白子ー野間断層は、東西走向の断層で長さは約 20km である。活動度については、3 断層とも B 級であると判断している。

（3）東京湾

浦賀水道より北側の東京湾では、表層音波探査、深層音波探査及び海底堆積物調査（ボーリング方式）を実施した。表層音波探査、深層音波探査の測線は、第 4a 図、第 4b 図、第 4c 図に示すとおりで、第 4d 図に示すような東京湾の断層分布が明らかになった。表層音波探査では、中ノ瀬付近、東京湾奥部の稲毛沖で、音響的反射面のズレがみられた。

中ノ瀬付近の表層音波探査の記録及びその解釈を第 4e 図に示したが、反射面のズレが見られるのは IV 層、すなわちおよそ 70 万年前と考えられる上総層群より下位の地層であり、中ノ瀬付近の断層は活断層ではないと判断した。表層音波探査で音響的反射面のズレが見つかった東京湾奥部の稲毛沖（第 4f 図）では、杉山・遠藤⁴⁾により、この付近での断層または撓曲の存在の可能性が指摘されており、深層音波探査とボーリング調査を実施した。ボーリング地点は第 4d 図に黒丸で示した水深約 9m の 2 地点で、海底下およそ 100m までの試料が得られた。これらの試料等の解析の結果、第 4g 図に示すように下位層に変位の累積や堆積層深度に著しい違いは認められなかった。加えて、音響的反射面のズレは音波散乱層領域を取り囲むように分布していることから、音

波散乱層における音速度の低下により生じた見かけ上のズレであり、断層ではないと判断した。

東京湾北部断層は、第 4h 図に示すように撓曲状の変位が明白であるが、変位は地下およそ 3km の上総層群上部より上位には及んでおらず活断層ではないといえる。

以上のことから、浦賀水道よりも北側の東京湾には活断層は存在しないと判断した。

(4) 広島湾

広島湾では、表層音波探査及び海底堆積物調査（コアリング方式）が実施された。表層音波探査の測線は、第 5a 図に示すとおりで、この結果、第 5b 図に示すような断層分布が明らかになった。広島湾周辺の陸上では、北東－南西走向の多くの断層が知られているが、海域でも北東－南西走向のいくつかの断層が確認された。多くはⅡ層以下の地層を変形させるに止まっているが、岩国の東ないし南東沖にみられる断層はⅠ層を、しかも約 6,300 年前とされるアカホヤ層及びその上位の層をも変位させていることから、6,300 年前より新しい時代に活動したと考えられる（第 5c 図）。しかし、沖積層には変位の累積性が認められないことなどから、活動の周期はかなり長く活動度は低いと推定される。ここでは、第 5b 図の黒丸で示した水深約 22m の 2 地点でコアリング方式により、海底下 15.5m までの堆積物採取が行なわれており、最新の活動時期等が近く確定される見込みである。

(5) 福岡湾

福岡湾及びその周辺では、表層音波探査が実施された。この測線は、第 6a 図に示すとおりで、その結果第 6b 図に示すような断層分布が明らかになった。福岡湾及びその周辺では、大島の北西沖と志賀島北西沖に北西－南東走向の更新世（約 1 万年前）と考えられる地層に断層が確認され、変位の累積性があることから活動度は低いものの活断層である可能性がある（第 6c 図）。さらに大島北西沖の断層は、陸上の西山断層の延長に当たり、性質も類似していることから、同一系の可能性がある。一方、志賀島北西沖の断層は、陸上の警固断層の延長に当たるものの、両者の中間の測線で断層の連続性は途切れ、さらに、落ちの方向が逆であるなど性質も異なることから、同一系の断層ではないと思われる。

海底堆積物調査（コアリング方式）は、平成 12 年度に実施する予定である。

(6) 松山港周辺

松山港周辺では表層音波探査が実施された。この測線は第 7a 図に示すとおりで、その結果、第 7b 図に示すような断層分布が明らかになった。中央構造線系の伊予断層延長上には、北北東－南南西走向の沖積層内にも変位が及び、変位の累積性がみられる断層が確認された（第 7c 図）。これらは緒方⁵⁾により従来から存在が知られていたものであるが、岸近くの断層には、地形面に小凹地として表われているものもある。これらの断層群の北方にも沖積層内には変位が及んでいないものの、更新統と推定される地層に変形を及ぼす断層がいくつか併走していることが確認された。

(7) 友ヶ島水道南方

友ヶ島水道南方では表層音波探査が行われた。この測線は第 8a 図に示すとおりで、その結果、

第 8b 図に示すような断層分布が明らかになった。この海域は中央構造線が海域を横切る部分に当たり、活断層研究会¹²⁾ほかによりその存在が指摘されていたが、友ヶ島水道～淡路島南岸～鳴門海峡にかけて、東西方向に断続する中央構造線系の断層を確認することができた。これらの断層は、地形や I 層には変位を与えてはいないが、II 層以下には明瞭に変位を与え、しかも変位の累積性がみられるなど継続的な活動を示唆している。この海域では第 8a 図に示すように、かなり南の海域まで調査が行われているが、本調査により、この海域には中央構造線系以外の活断層は存在しないことが確認された。

4. 問題点と今後の課題

海域における活断層調査の問題点として、直接目で確かめることができず、主として音による調査に頼らざるを得ないという技術的制約、船舶を使用せざるを得ずコストが非常に大きくなる経済的制約、天候、波浪、海潮流ほかの自然的制約、海上交通、漁業等との調整などの社会的制約などがある。

陸域では、活断層研究会により、全国一律の基準に基づいておよそ 20 年前に全国的な活断層分布が明らかになっているが、海域では上記のような制約もあって、その分布すら良く分かっておらず、陸域に比べ調査は大幅に立ち遅れているのが現状である。

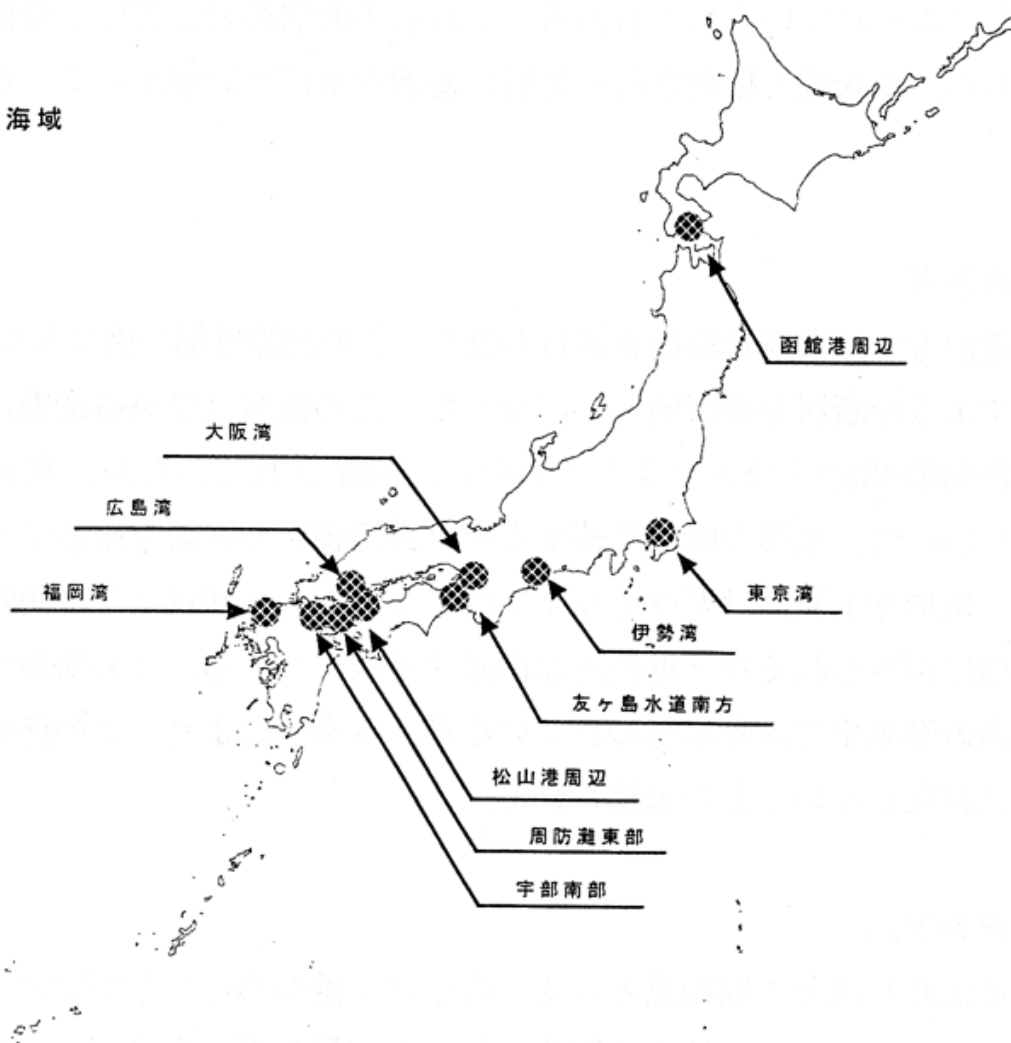
このため、早急な海域の調査の推進が必要であるが、当面は断層分布の把握に調査の主体を置かざるを得ない。この場合、新たな活断層に着目した調査を精力的に推進することは勿論であるが、ソノプロブ、スパーカーなどの機器を用いて表層音波探査を実施している沿岸の海の基本図等の既存資料の活用も積極的に行う必要がある。

さらに、これらの分布調査に加え、ボーリング、コアリング等による海底堆積物調査などにより、断層の活動履歴等のより精緻な調査を合わせ推進することも重要である。

参 考 文 献

- 1) 活断層研究会，日本の活断層，東京大学出版会，1980
- 2) 活断層研究会，新編日本の活断層，東京大学出版会，1991
- 3) 岩崎好規・香川敬生・沢田純男・松山紀香・大志万和也・井川猛・大西正純，エアガン反射法地震探査による大阪湾の基盤構造．地震，第 2 輯，vol.46，no.4，395-403，1994
- 4) 杉山雄一・遠藤秀典，音波探査により発見された首都圏の潜在活断層，地質ニュース，466，17-30，1995
- 5) 緒方正虔，佐田岬半島北岸海域の地質構造－音波探査による海底地質の考察－，電力中央研究所報告，375006，35，1975

調査海域



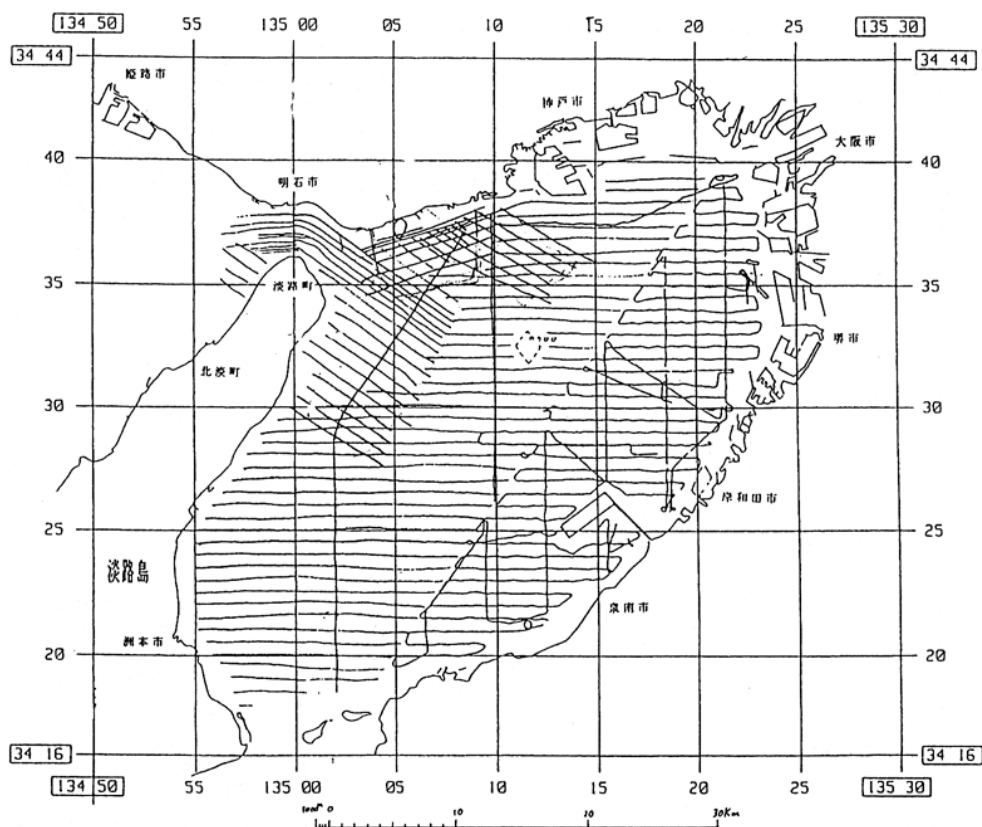
第 1 図 沿岸海域海底活断層調査区域図

Fig. 1 Survey areas for submarine active fault research in coastal waters by the Hydrographic Department

第 1 表 沿岸海域海底活断層調査年次計画

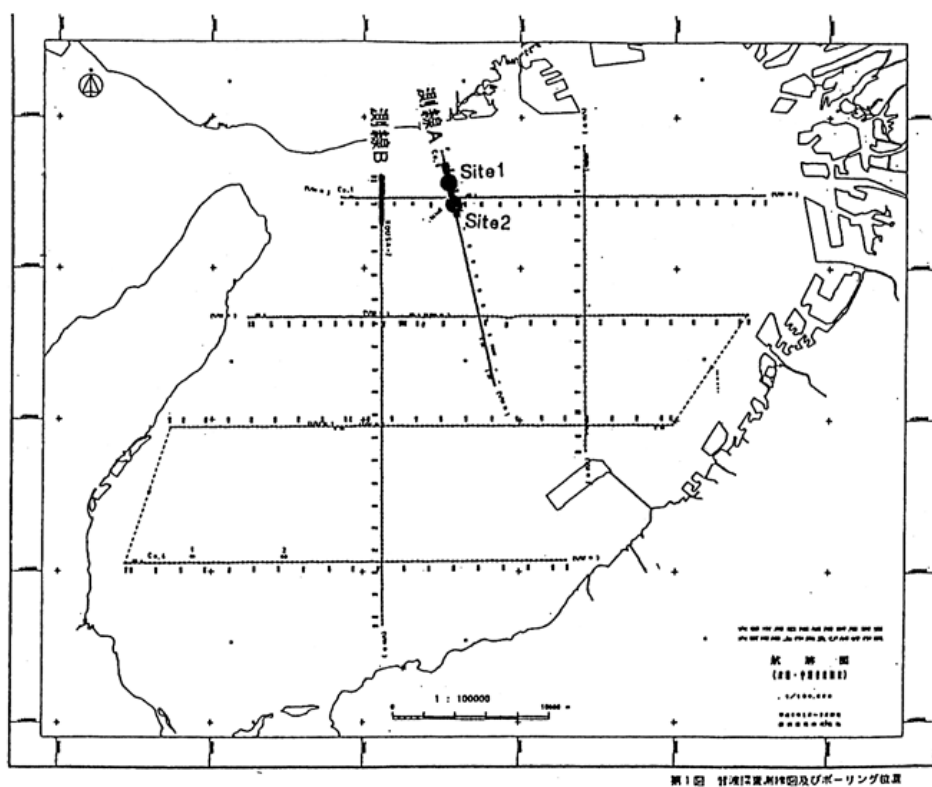
Table 1 Year plan for the survey of submarine active fault in coastal waters

年 度	7 年 度			8 年 度			9 年 度			10 年 度			11 年 度		
表 層 音 波 探 査	東大伊	京阪勢	湾湾湾	広 島 湾	福 岡 湾	湾	松 山 港 周 辺	友ヶ島水道南方	友ヶ島水道南方	函 館 港 周 辺	宇 部 南 部	宇 部 南 部	周 防 灘 東 部	周 防 灘 東 部	周 防 灘 東 部
深 層 音 波 探 査	東大伊	京阪勢	湾湾湾												
海 底 堆 積 物 調 査	東大伊	京阪勢	湾湾湾										広 島 湾	広 島 湾	広 島 湾



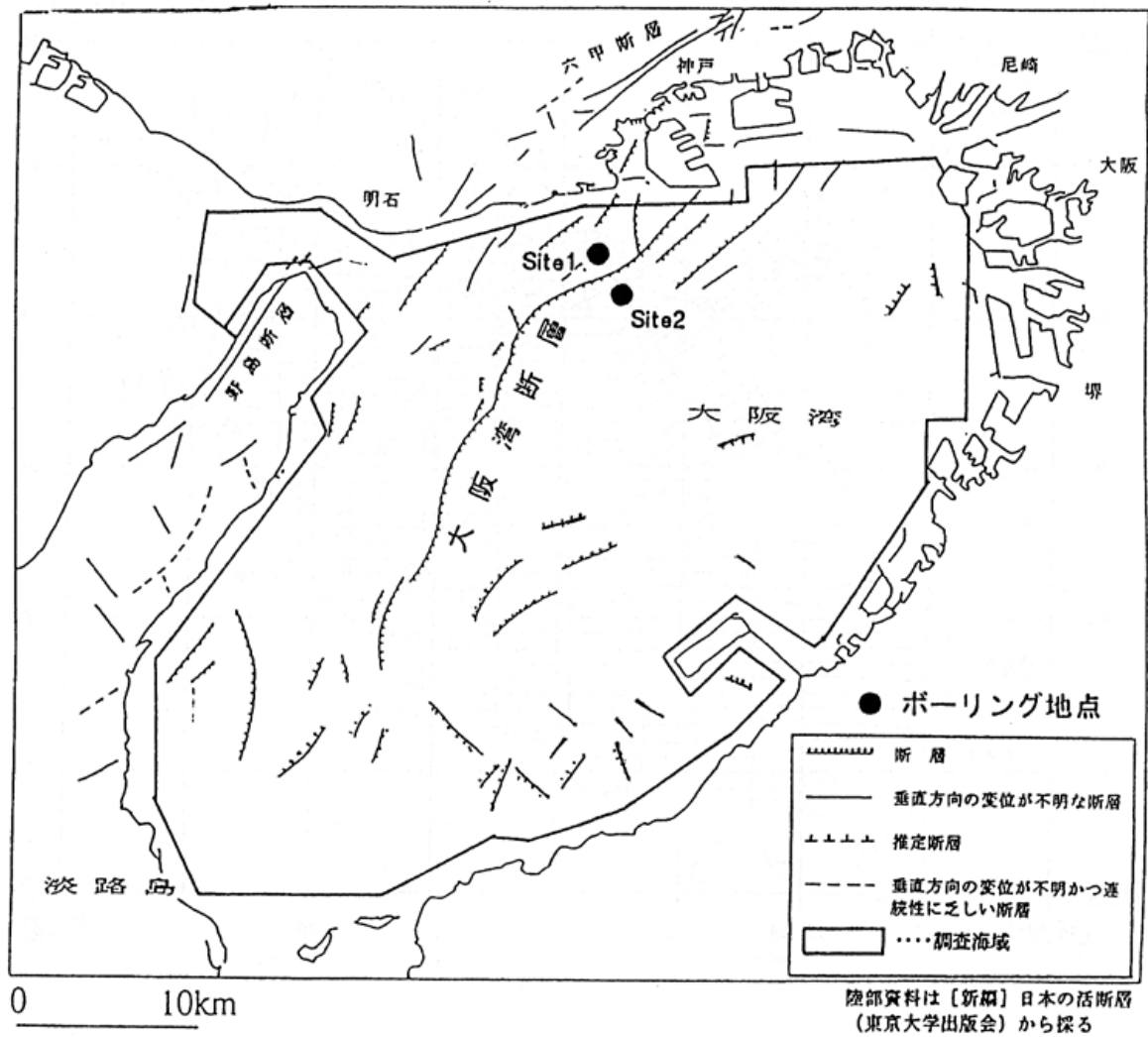
第2a 図 大阪湾表層音波探査測線図 (平成6, 7 年度)

Fig.2a Track lines of sub-bottom seismic profiling in the Osaka Bay (F.Y.1994,1995)



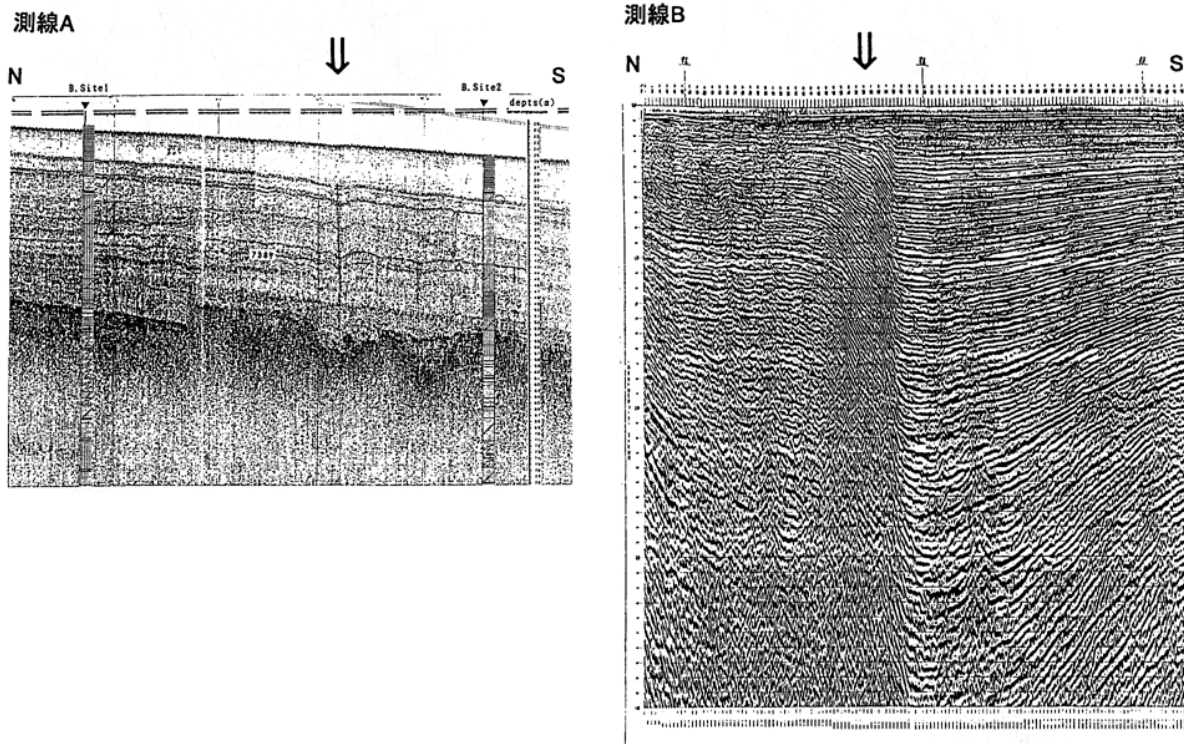
第2b 図 大阪湾深層音波探査測線図 (平成7 年度)

Fig.2b rack lines of multi-channel seismic profiling in the Osaka Bay (F.Y.1995)



第2c図 大阪湾の断層分布図

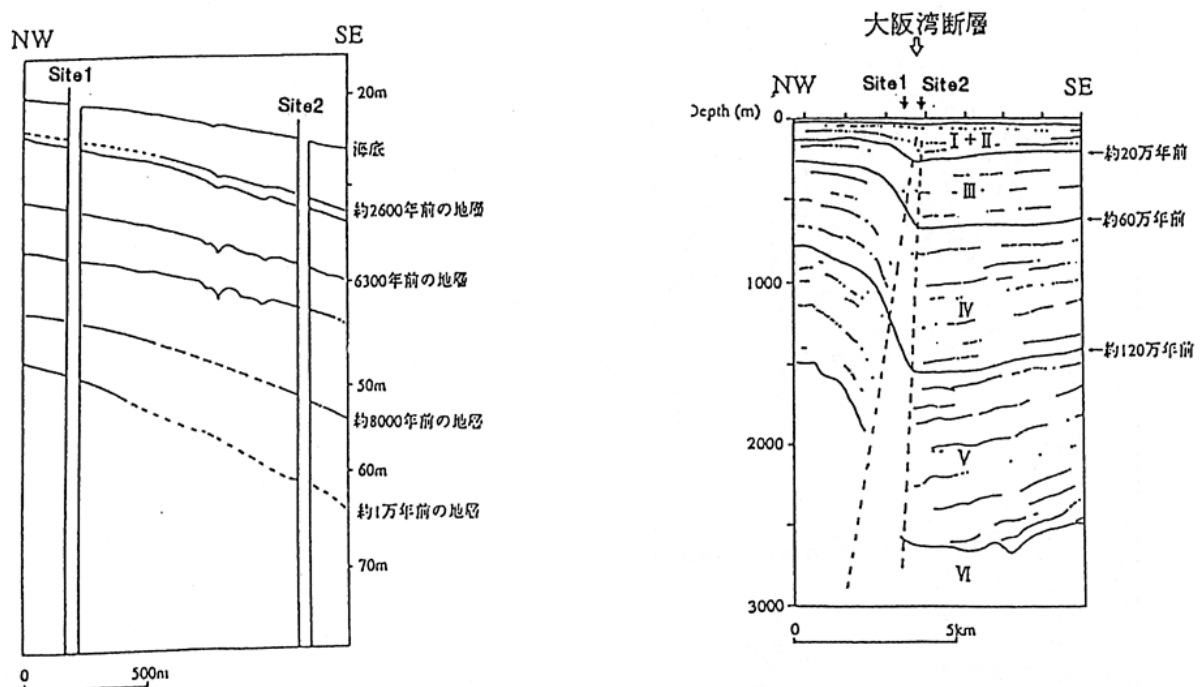
Fig.2c Distribution of submarine faults in the Osaka Bay



第2d図 大阪湾断層の音波探査記録，（左側）表層音波探査記録，（右側）深層音波探査記録

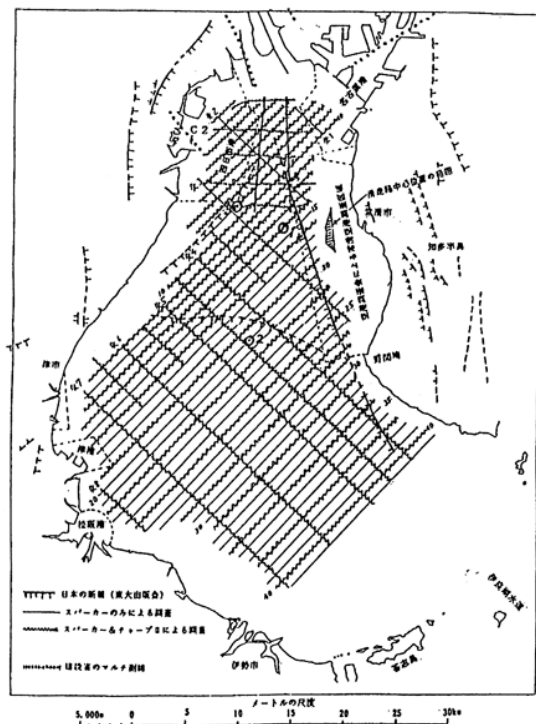
Fig.2d Seismic profiles of “Osaka Bay Fault”

(lefthand)sub-bottom profile by sono-probe (righthand)multi-channel profile by air-gun



第2e図 大阪湾断層のボーリング，深層音波探査調査結果

Fig.2e Boring and multi-channel survey results of “Osaka Bay Fault”



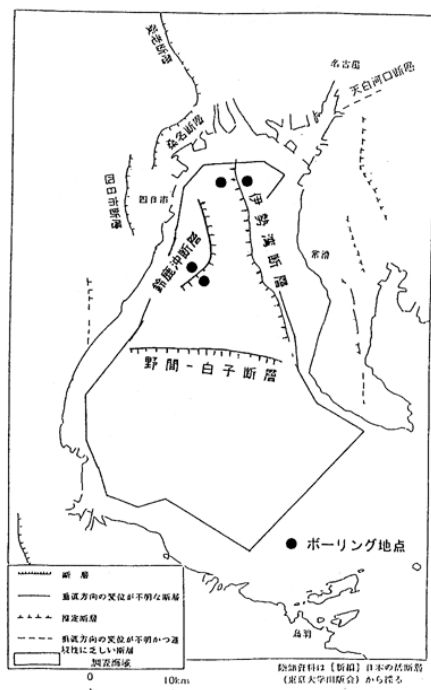
第3a図 伊勢湾表層音波探査測線図
(平成7年度)

Fig.3a Track lines of sub-bottom seismic profiling in the Ise Bay (F.Y.1995)



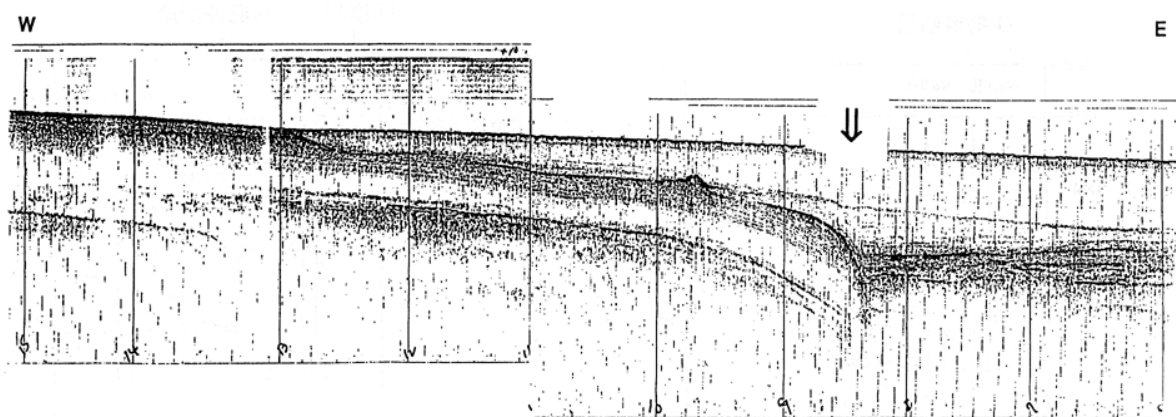
第3b図 伊勢湾深層音波探査測線図
(平成7年度)

Fig.3b Track lines of multi-channel seismic profiling in the Ise Bay (F.Y. 1995)

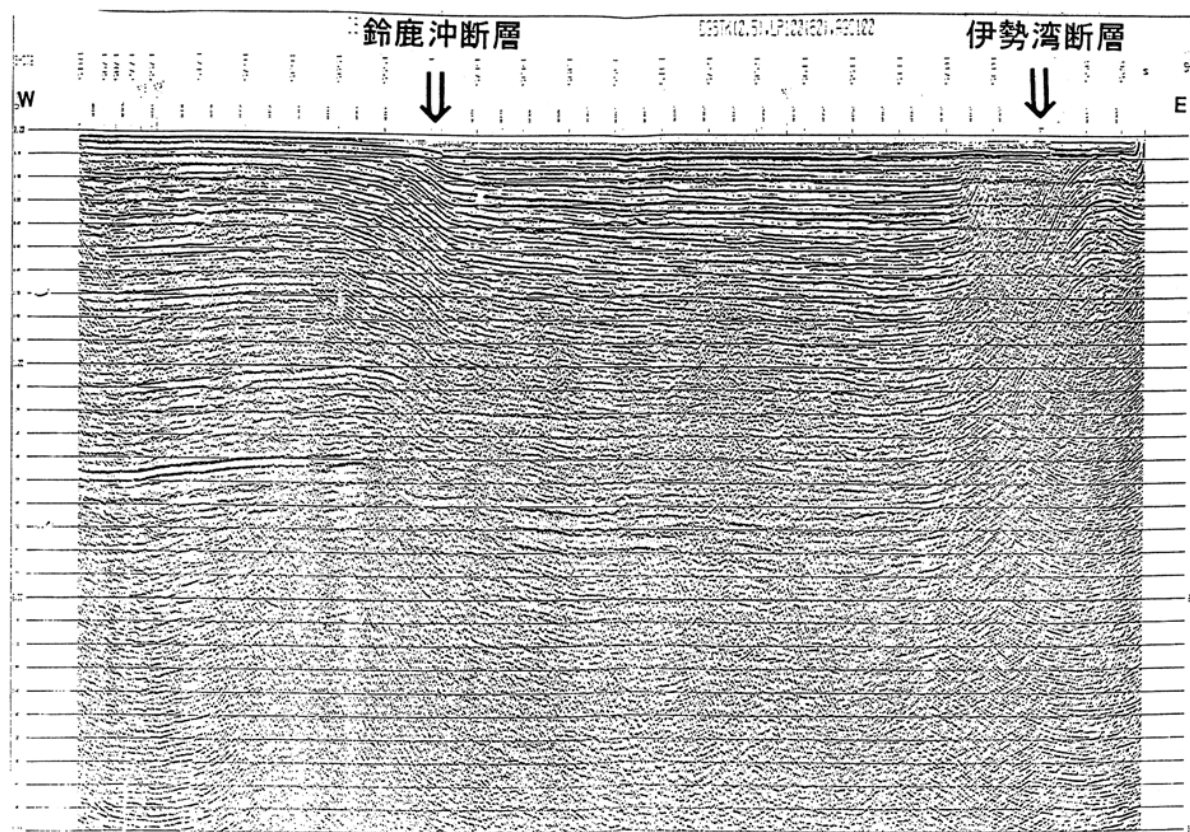


第3c図 伊勢湾の断層分布図

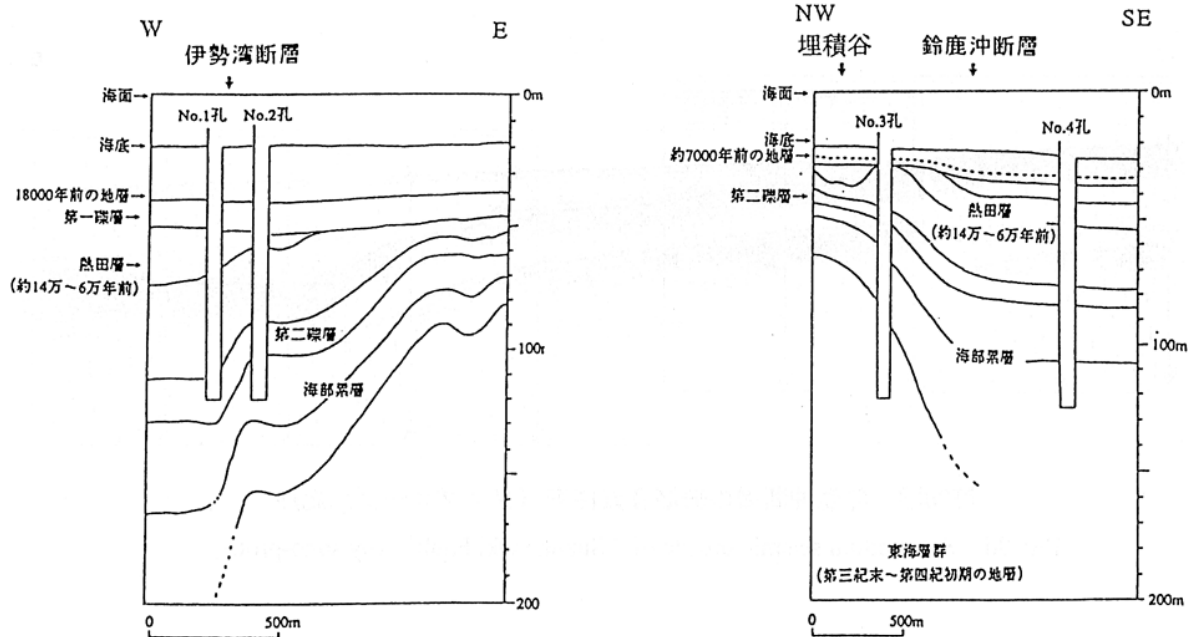
Fig.3c Distribution of submarine faults in the Ise Bay



第3d図 鈴鹿沖断層の表層音波探査（ソノプローブ）記録
Fig.3d Sub-bottom seismic profile of “Suzuka Oki Fault”(by sono-probe)

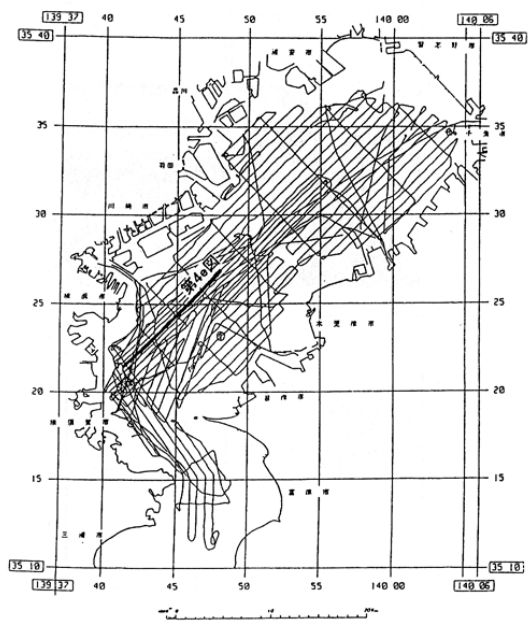


第3e図 伊勢湾の深層音波探査（マルチチャンネル）記録
Fig.3e Multi-channel seismic profile in the Ise Bay (by air-gun)



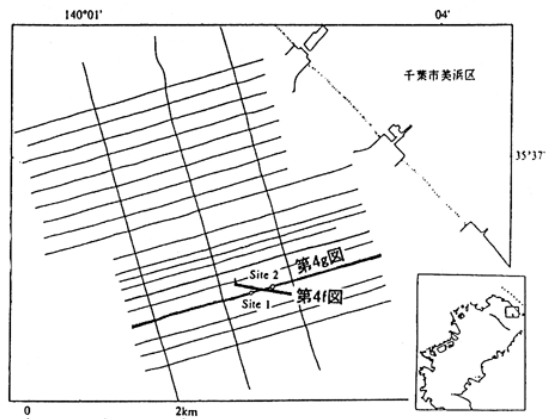
第3f 図 伊勢湾のボーリング調査結果

Fig.3f Boring survey results in the Ise Bay



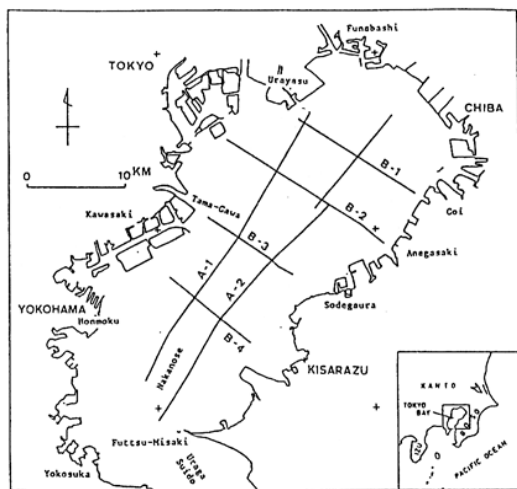
第4a図 東京湾表層音波探査測線図
(平成7年度)

Fig.4a Track lines of sub-bottom seismic
profiling in the Tokyo Bay (F.Y.1995)



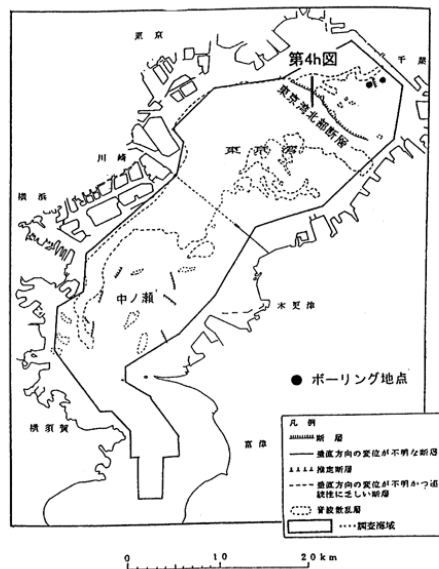
第4b図 東京湾奥部深層音波探査測線図
(平成7年度)

Fig.4b Track lines of multi-channel seismic profiling
in the northern end of Tokyo Bay (F.Y.1995)



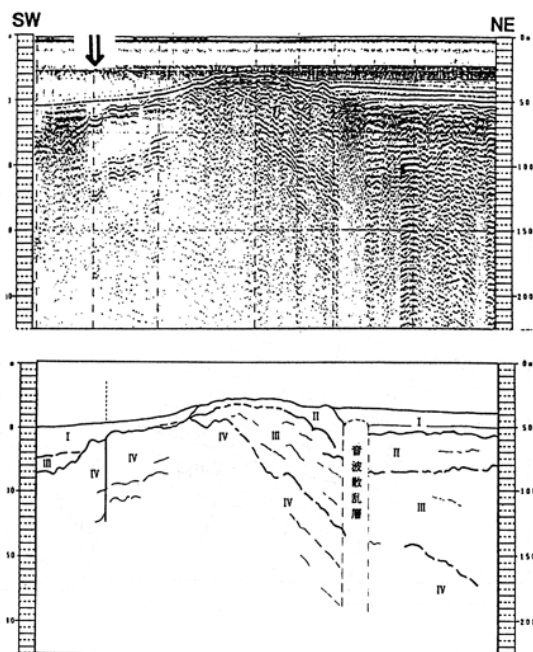
第4c図 東京湾深層音波探査測線図
(昭和57年度)

Fig.4c Track lines of multi-channel seismic profiling
in the Tokyo Bay (F.Y.1982)



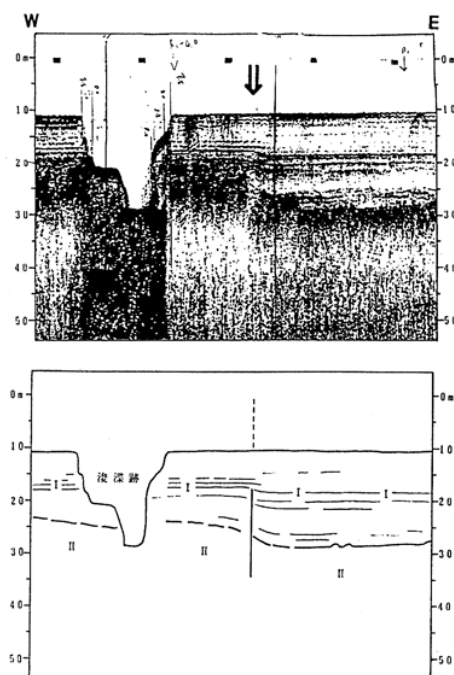
第4d図 東京湾の断層分布

Fig.4d Fault distribution in the Tokyo Bay



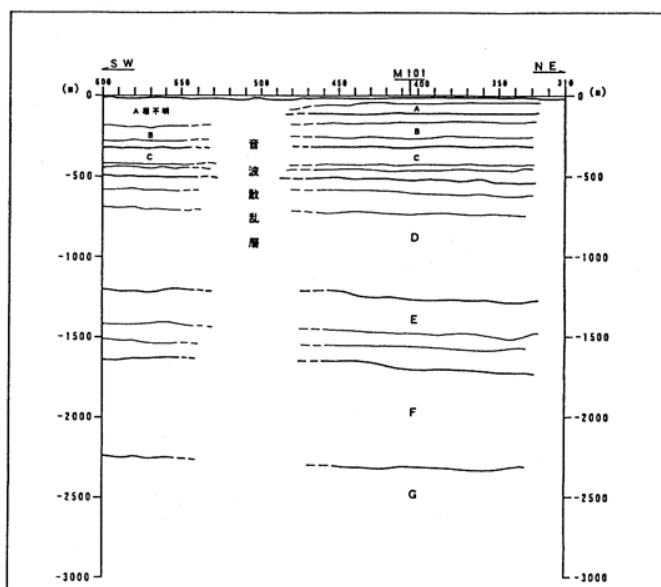
第4e図 中ノ瀬の表層音波探査（スパーカー）記録

Fig.4e Sub-bottom seismic profile in the Nakanose (by sparker)



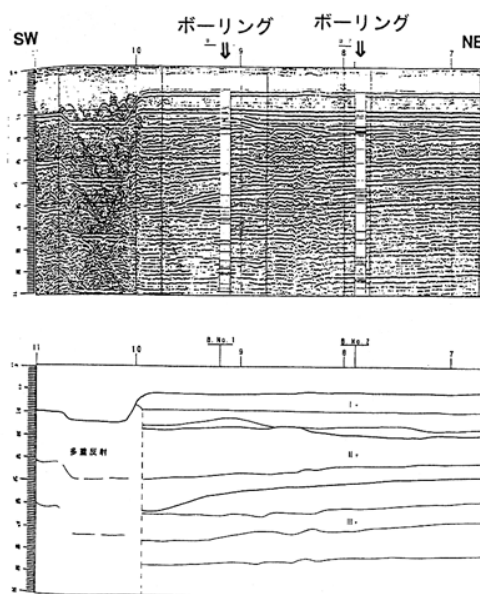
第4f図 東京湾奥部の表層音波探査（ソノプローブ）記録

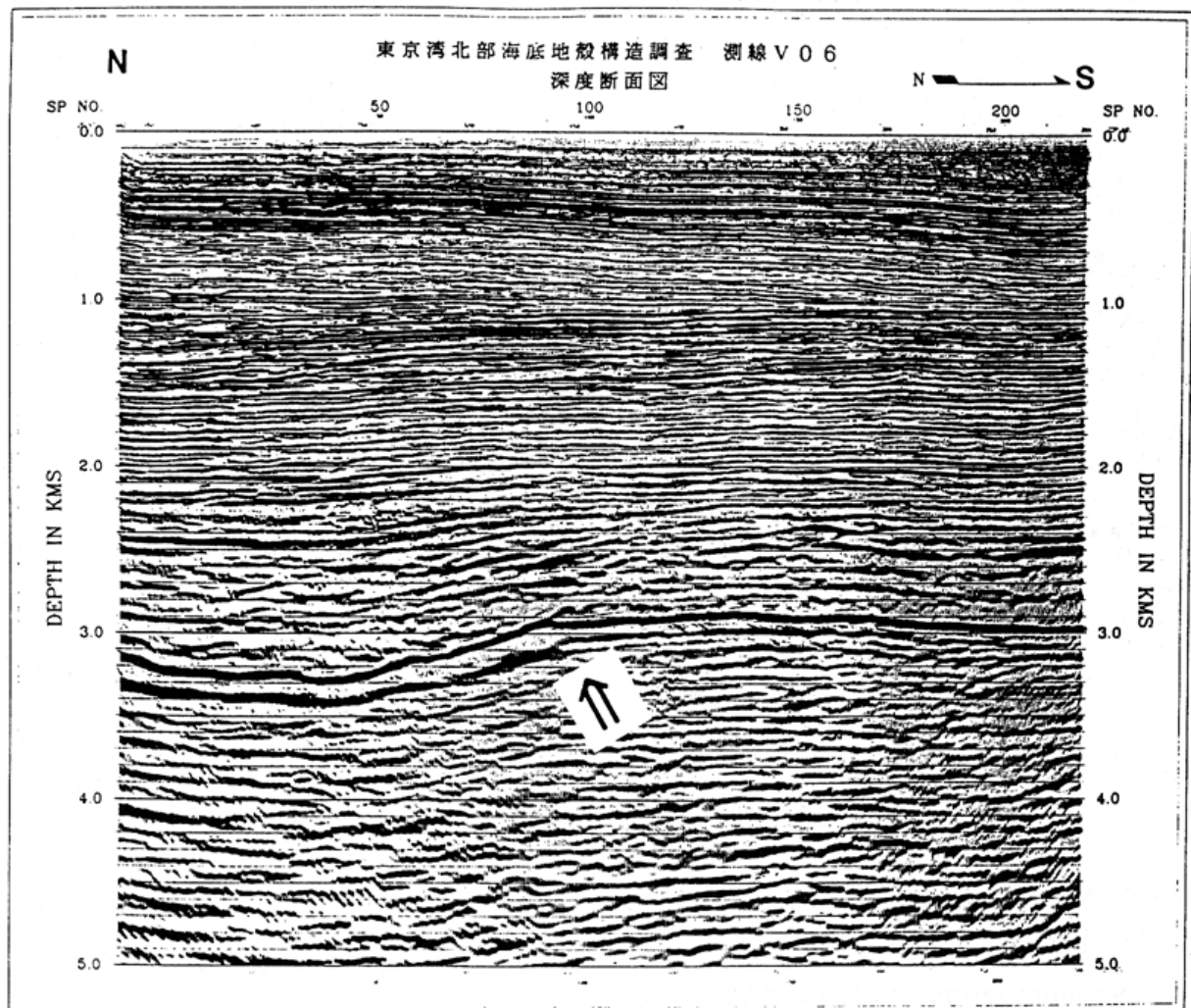
Fig.4f Sub-bottom seismic profile of the northern end of Tokyo Bay (by sono-probe)



第4g図 東京湾奥部の深層音波探査・ボーリング調査結果

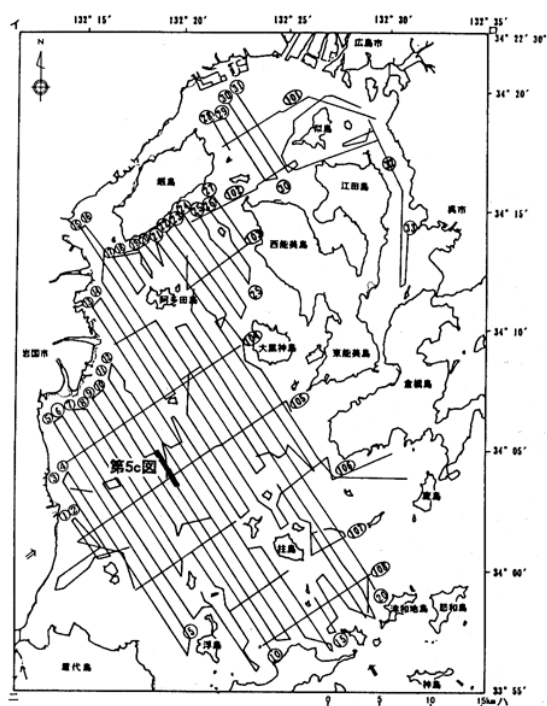
Fig.4g Multi-channel seismic profile and boring survey results in the northern end of Tokyo Bay





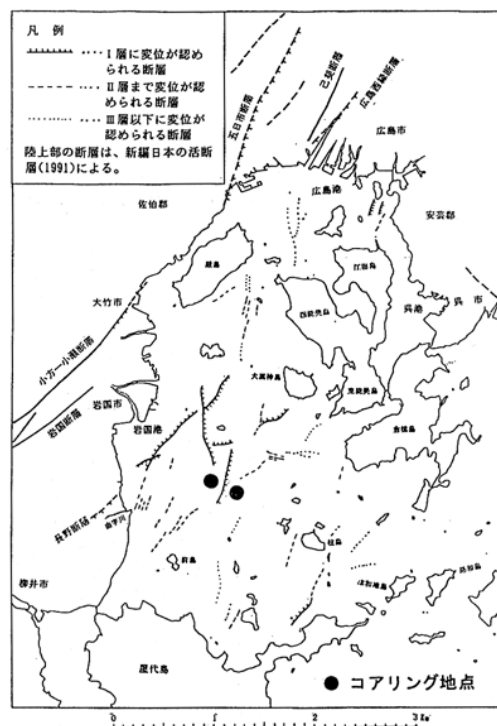
第4h図 東京湾北部断層の深層音波探査（マルチチャンネル）記録

Fig.4h Multi-channel seismic profile of the "Tokyo Bay Hokubu Fault" (by air-gun)



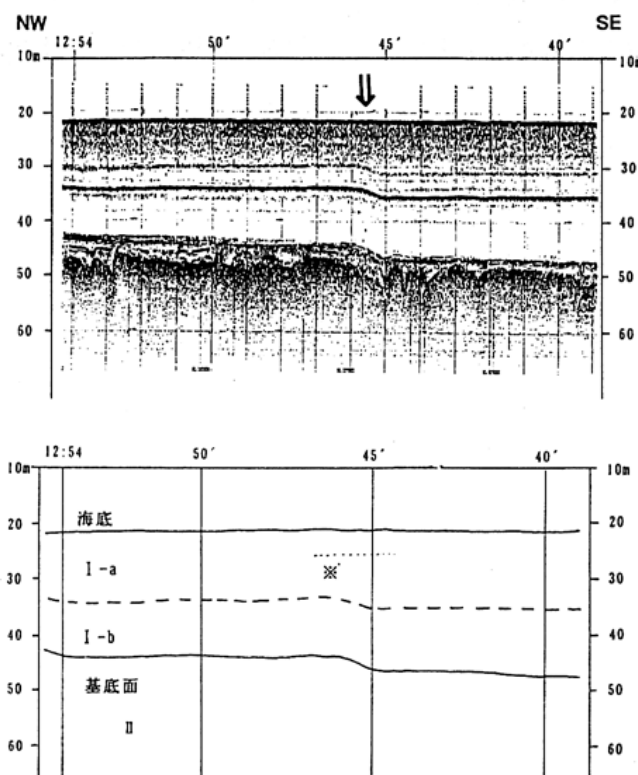
第5a図 広島湾表層音波探査測線図
(平成8年度)

Fig.5a Sub-bottom seismic profiling in the
Hiroshima Bay (F.Y. 1996)



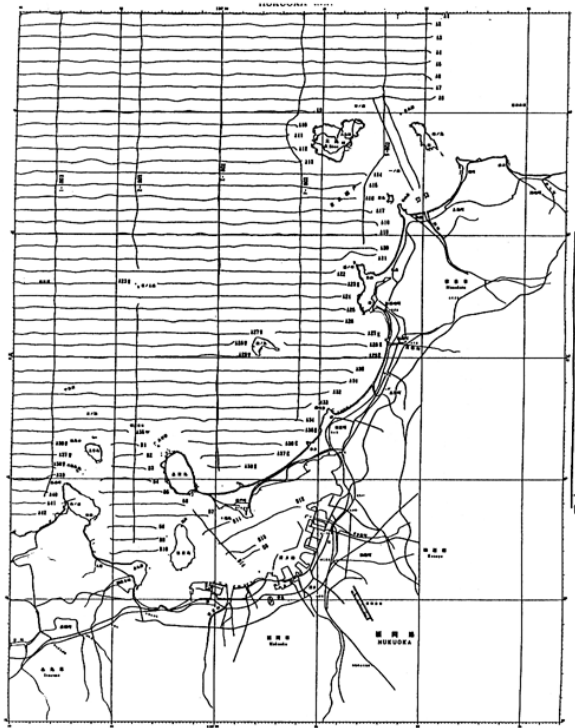
第5b図 広島湾の断層分布

Fig.5b Fault distribution in the Hiroshima Bay



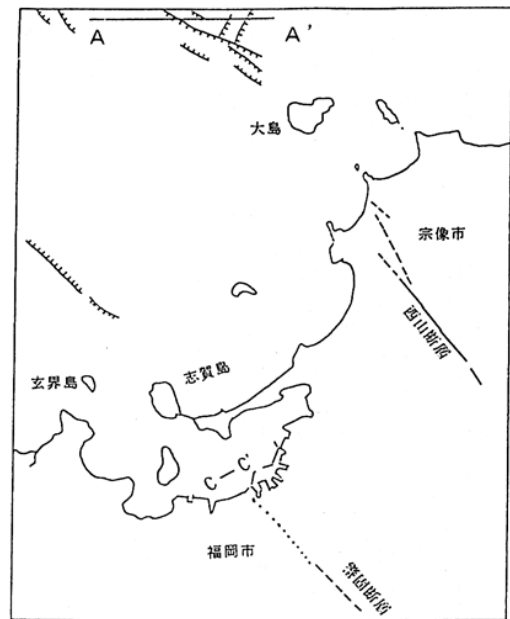
第5c図 岩国沖断層の表層音波探査 (チャープソナー) 記録 (平成8年度)

Fig.5c Sub-bottom seismic profile off Iwakuni (by chirp sonar)(F.Y. 1996)



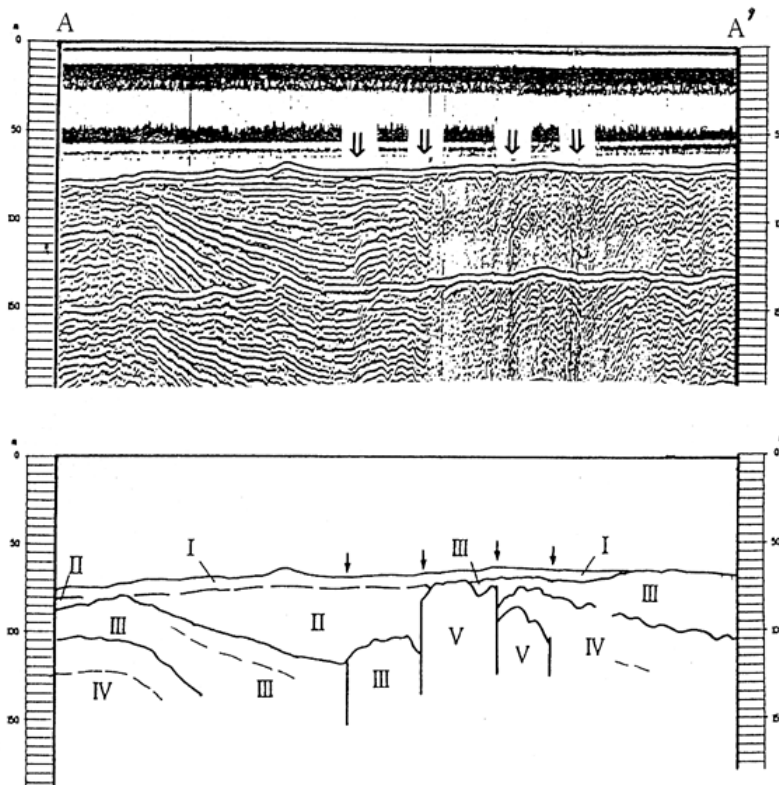
第6a図 福岡湾表層音波探査測線図
(平成8年度)

Fig.6a Track lines of sub-bottom seismic profiling in the Fukuoka Bay (F.Y.1996)



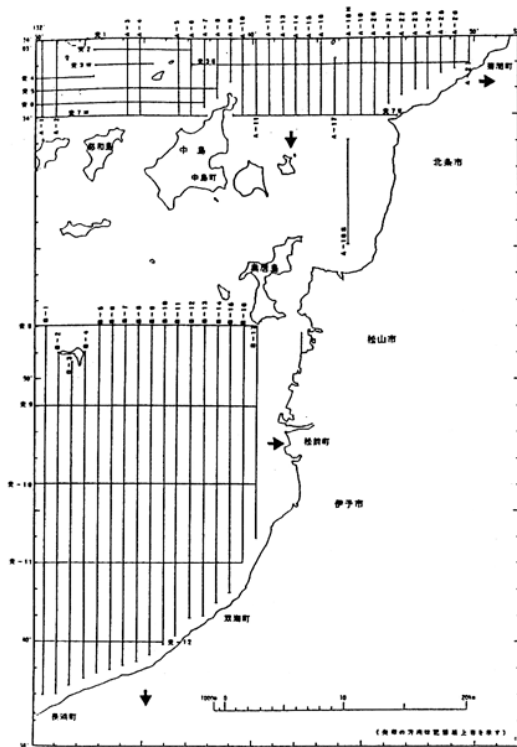
第6b図 福岡湾の断層分布

Fig.6b Distribution of submarine faults in the Fukuoka Bay



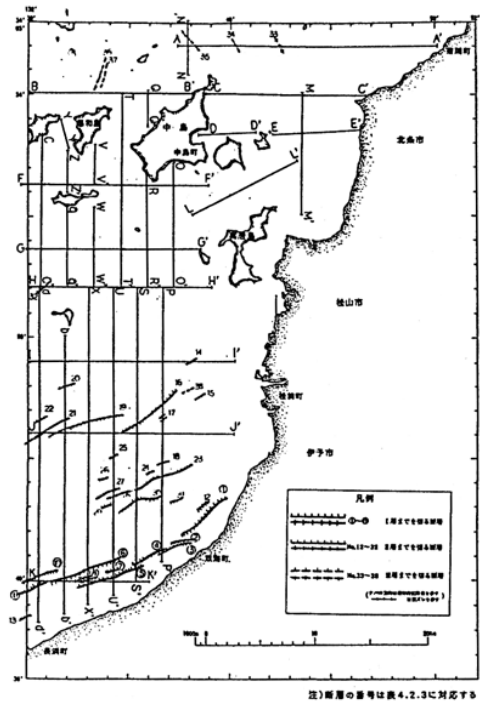
第6c図 大島北西沖断層の表層音波探査（スパーカー）記録

Fig.6c Sub-bottom seismic profile in the northwest of the Oshima Island (by sparker)



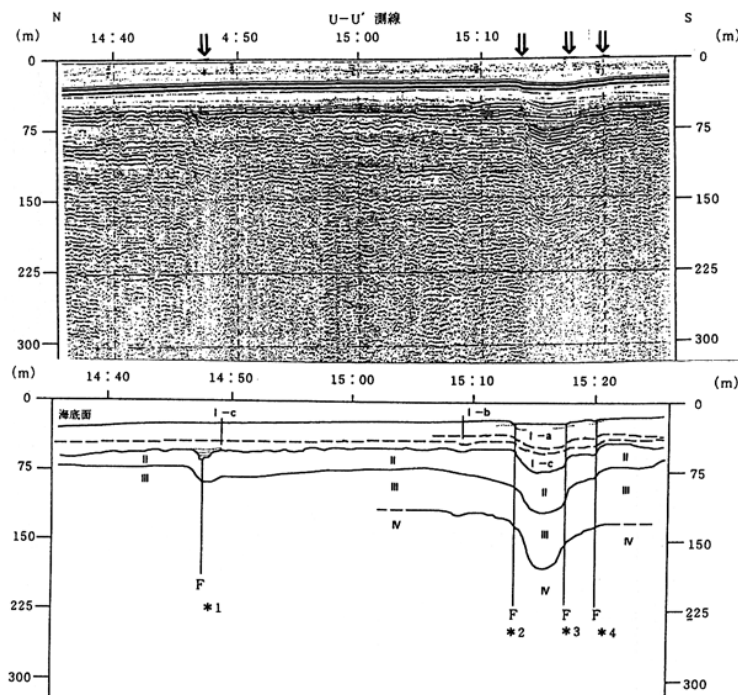
第7a図 松山港周辺表層探査測線図
(平成9年度)

Fig.7a Track lines of sub-bottom profiling around the Matsuyama port and its adjacent area (F.Y.1997)



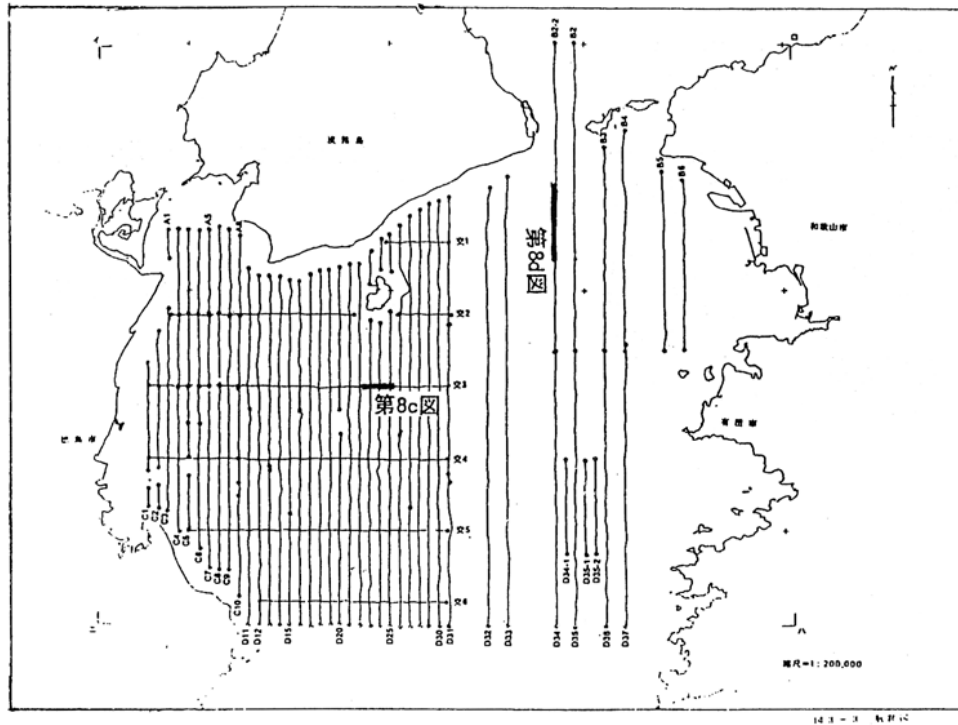
第7b図 松山港周辺断層分布図

Fig.7b Distribution of submarine faults around the Matsuyama port and its adjacent area



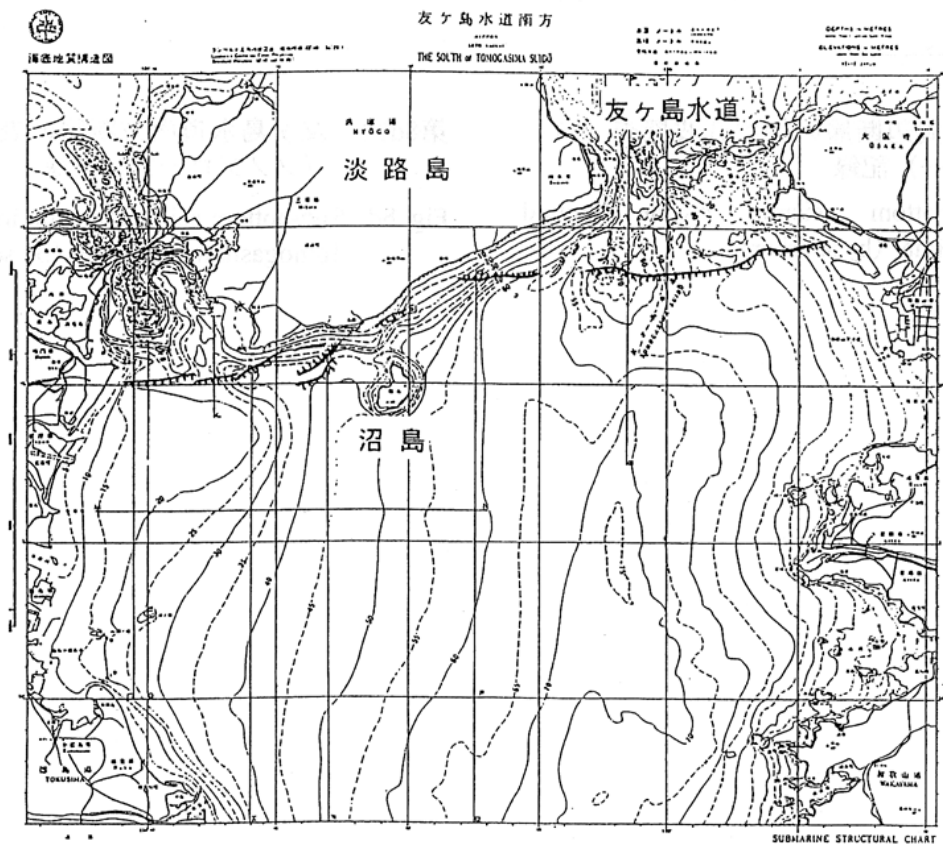
第7c図 松山港南西方断層表層音波探査(スパーカー)記録

Fig.7c Sub-bottom seismic profile in the southwest of the Matsuyama port (by sparker)



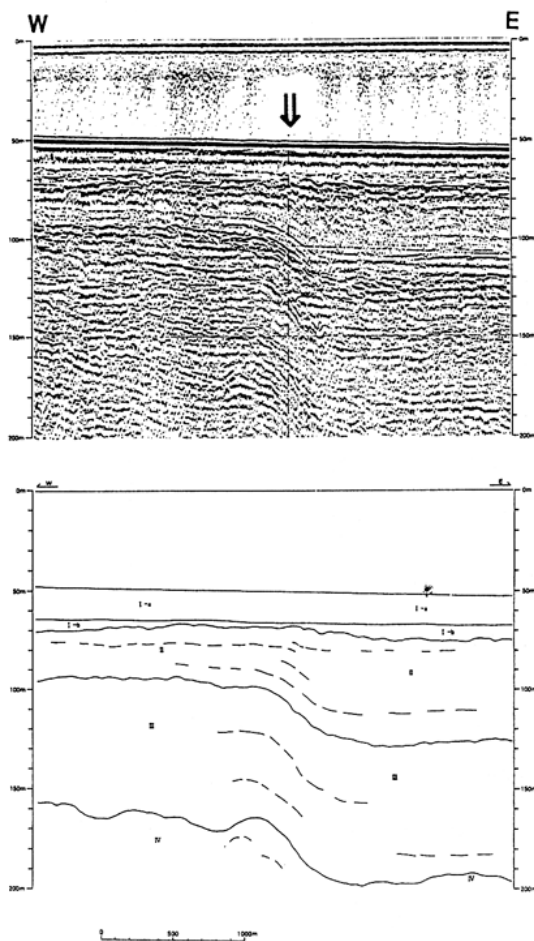
第8a図 友ヶ島水道南方表層音波探査測線図（平成9年度）

Fig.8a Track lines of sub-bottom seismic profiling in the south of Tomogashima Channel (F.Y.1997)



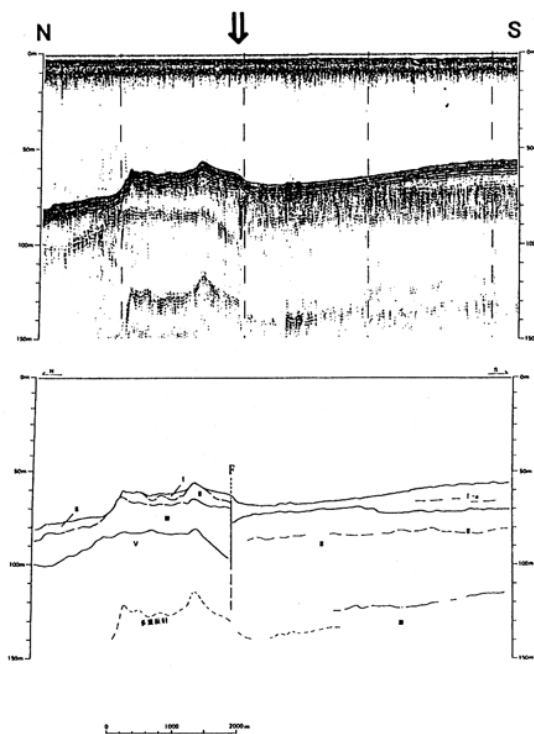
第8b図 友ヶ水道南方断層分布図

Fig.8b Distribution of submarine faults in the south of Tomogashima Channel



第8c図 沼島周辺断層の表層音波探査（スパークー）記録

Fig.8c Sub-bottom seismic profile around Nushima (by sparker)



第 8d 図 友ヶ島水道南方断層の表層音波探査（ソノプローブ）記録

Fig.8d Sub-bottom seismic profile in the south of Tomogashima Channel (by sono-probe)