

平成 24 年度
沿岸海域における活断層調査

概要報告書

平成 25 年 5 月

独立行政法人
産業技術総合研究所

目次

1.	業務の内容	1
2.	研究実施体制及び担当研究者	4
3. 1	サロベツ断層（海城部）	5
3. 2	布引山地東縁断層帯東部（海城部）	10
3. 3	柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部（海城部）	16

1. 業務の内容業務計画

1) 題目

「沿岸海域における活断層調査」

2) 主任者氏名

岡村行信（独立行政法人 産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター長）

3) 業務の目的

地震調査研究推進本部政策委員会調査観測計画部会が平成 21 年 4 月に策定した「新たな活断層調査について」のなかで、「陸域部の活動履歴は求められているが海域部の長さが明らかになっていない活断層」とされているサロベツ断層帯（海域部）、布引山地東縁断層帯／東部（海域部）、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／北部（海域部分）について、海域部の活断層の正確な位置や形状を明らかにするとともに、陸域部と同時に活動する可能性を明らかにするため、可能な限り海域部における断層帯の活動性を明らかにする。

4) 成果の目標及び業務の方法

(1)-①総合的評価

a. 調査・解析手法の標準化と総合評価

3つの沿岸海域活断層帯で、調査データから得られる解析結果について、その妥当性を検討し、長期評価の改訂に資する信頼性の高い活断層の形状と活動履歴ならびに活動性に関する情報を提出する。

b. 陸域活断層との比較

3つの沿岸海域活断層帯について、陸域活断層に関する既存情報に基づいて適切な調査計画への助言及び調査結果に対する妥当性と陸域活断層の評価との整合性・合理性を検討する。

(1)-②サロベツ断層帯（海域部）

サロベツ断層帯は、北海道北西部の海岸線に沿って発達する、全体の長さは約 44 km、東側が隆起する逆断層と推定されている。サロベツ断層帯は海岸に沿った沿岸海域で海底に達すると推定されるが、平均的な上下方向のずれの速度や活動履歴などの活動性については、断層上盤に相当する海岸付近の褶曲構造に注目して推定されてきた。また、北方延長は宗谷海峡の西部に延長する可能性がある。沿岸海域において、以下のような調査を実施することによって、活動性及び北方延長部の長さについて、より信頼性の高い情報を収集する。

a. 海域断層形状の解明

本海域における既存データとしては、沿岸付近の海陸を横断する深部構造については独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構の反射探査断面が、宗谷海峡には産業技術総合研究所の音波探査断面が、沿岸域においては海上保安庁海洋情報部の音波探査断面、北海道立総合研究機構地質研究所の表層探査断面及び堆積物データが存在する。断層の北方延長部については上記機関の探査データを参照して調査範囲を決めた上で、ブーマ及びウォーターガンを音源とする音波探査を行い、断層北端位置と海域延長部の活動性に関する情報を収集する。

b. 海域極浅層部断層形状及び活動履歴の解明

本断層帯の活動履歴については、完新世堆積物の分布が期待されるサロベツ原野沿岸海域で、上記の既存データを参照しつつ高分解能音波探査を実施し、その結果に基づいてピストンコア等を用いて柱状の完新統堆積物を採取する。更に、海岸の浜堤列では砂丘砂にルミネッセンス年代測定法（石英などの鉱物に対する自然放射線の照射効果を測定する年代測定法）を適用し断層活動イベントの年代測定を試みる。

(1)-③布引山地東縁断層帯／東部（海域部）

布引山地東縁断層帯は、三重県の北部から中部にかけて、布引山地と伊勢湾の間に位置する活断層で、その分布形態から西部と東部に区分される。東部は、長さ約48 kmの西側隆起の逆断層で、津市付近で海域に分布すると考えられている。

a. 完新統変形構造の解明

伊勢湾内は海上保安庁が反射探査を行っており、それらのデータを参照して断層位置を再検討し、調査位置を策定する。その際、本断層の東側に位置する東西方向の伊勢湾断層帯の白子-野間断層との関係も考慮する。調査は高分解能音波探査システムを用いて完新統の変形構造を明らかにし、本断層海域部の位置及び形状を明らかにする。

b. 活動履歴の解明

断層の活動時期を明らかにするため、断層周辺の適切な位置でピストンコア等を用いて堆積物を採取し、得られた堆積物の年代測定を実施する。

(1)-④柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／北部（海域部）

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／北部は、敦賀湾の北部付近から越前岬を経て国見岳北方付近まで海岸線に沿って発達する長さは約50 kmの、東側が隆起する逆断層で、その南部は左横ずれ成分を伴う。

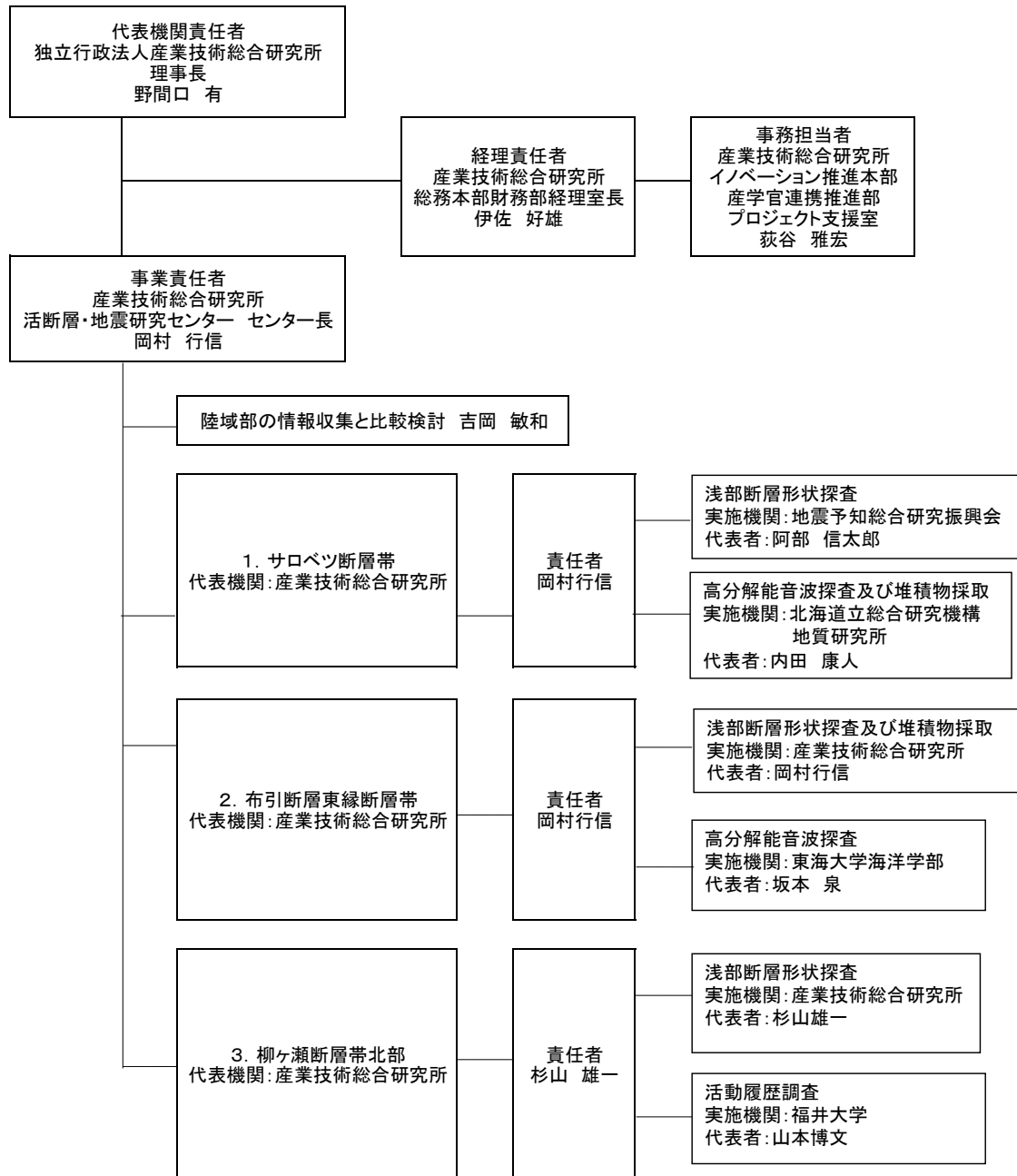
a. 断層形状及び平均変位速度の解明

本断層帯の海域部については、日本原子力発電株式会社などによる詳しい調査データが得られていることから、それらをできるだけ活用して、断層の位置及び形状を明らかにする。一方、北方へは東尋坊付近からさらに北に向かって伸びる可能性があるが全体像は明らかになっていない。本断層の北方延長部の位置形状を明らかにするため、ブーマを音源とするマルチチャンネル音波探査システムを用いた反射断面を取得する。さらに、そこで断層の平均変位速度を明らかにするため、ピストンコア等を用いた堆積物採取とその年代測定を実施する。

b. 活動履歴の解明

本断層の最新活動時期は17世紀と推定されている。その根拠は海岸に発達する隆起ベンチの年代であるが、歴史資料からは17世紀にこの付近で大地震があった明確な証拠は見出されていない。そのため、本断層の最新活動時期を再確認するため、海岸の隆起ベンチの詳細な地形を明らかにするとともに、その隆起時期を明らかにするためにベンチ形成時に生息していたと考えられる生物などの年代測定を行う。

2. 研究実施体制及び担当研究者



3. 1 サロベツ断層（海域部）

調査内容

サロベツ断層帯海域延長部の北方延長部の位置、形状を把握し、全長を明らかにするため、北部でウォーターガンを音源としたシングルチャンネル音波探査（測線長 55 km）、ブーマーを音源とする高分解能マルチチャンネル音波探査（測線長 96km）を実施した。また、南部の稚畷内沖から抜海沖では分解能の高いチャープソナーによる探査（測線長 95km）を実施し、3カ所でバイプロコアを用いて堆積物を採取し、試料の年代測定を行った。加えて海上保安庁水路部（現 海上保安庁海洋情報部）（1993）のスーパーカー記録、荒井（2013）の音波探査記録、石油公団（現、石油天然ガス・金属鉱物資源機構）（1989）の反射法地震探査記録も併せて検討を行なった。

海域の位置と形状

サロベツ断層帯は上盤に顕著な褶曲構造を伴う。それぞれの褶曲構造とその西縁に沿って発達する東傾斜の逆断層は断続的であるが、褶曲帯としてサロベツ原野の海岸に沿って北北西に延び、さらに北方の宗谷海峡の西側まで連続する（図 3.1-1）。そこでは背斜構造が雁行状に発達するが、その西縁に沿った断層は少なくとも納沙布岬の北西約 30km 付近（北緯 45 度 40 分付近）まで達すると推定される。その北方延長はロシアとの中間線に近づくため調査ができなかったが、さらに連続する可能性が高い。以上のことから、サロベツ断層帯海域延長部の全長は約 53 km 以上となる。

活動時期と活動間隔

更新統の変形は下位に向かって大きくなり、最終氷期以降の堆積層にも変形が認められる。調査海域北部の背斜構造翼部（図 3.1-2）における海底面の傾動による上下変位量が約 4.5 m、同様に A 層基底面における傾動に伴う上下変位量約 21m であることから、約 18,000 年前の最終氷期以降、5 回程度の傾動イベントがあったと解釈され、活動間隔は 3,600～4,500 年程度と推定される。一方、調査海域南部でも完新統の傾動から（図 3.1-3）、約 8,000 年前に活動があり、さらに、5,000 年前以降に隆起イベントがあったと推定される。この 2 回のイベントから活動間隔は 3,000～5,000 年と見積もられる。

平均変位速度と 1 回の変位量

調査海域北部の褶曲構造では最終氷期浸食面の傾動に伴う上下変位量が約 21m であ

ることから、平均変位速度は約 1.2m/千年と推定される。一方、調査海域南部の背斜前面の約 8,000 年前に形成されたイベント層準の垂直変位量が約 6m であることから、平均変位速度は約 0.7~0.8m/千年と見積もられる。

調査海域北部の褶曲構造では海底の上下変位量約 4.5 m が翼部における 1 回の変動量と解釈した。一方、調査海域南部の背斜前面におけるイベント層準 (A2/A1 境界, 約 8,000 年前) の垂直変位量は約 6m あり, 2 回のイベントによって形成されたと解釈されることから、1 回の垂直変位量は約 3m と推定される。

活動区間

本調査範囲において確認されたサロベツ断層帯海域部の活構造は、連続的な一連の地質構造としては分布していないが、石油公団 (1989) の深部反射法地震探査断面に基づけば、東側深部から西側浅部に連続する同じデコルマ面上に形成された断層関連褶曲であるという共通の形成要因を有している。したがって、サロベツ断層帯海域延長部約 53 km 以上の区間は、一連の活動区間となるポテンシャルを有する活構造であると判断できる。

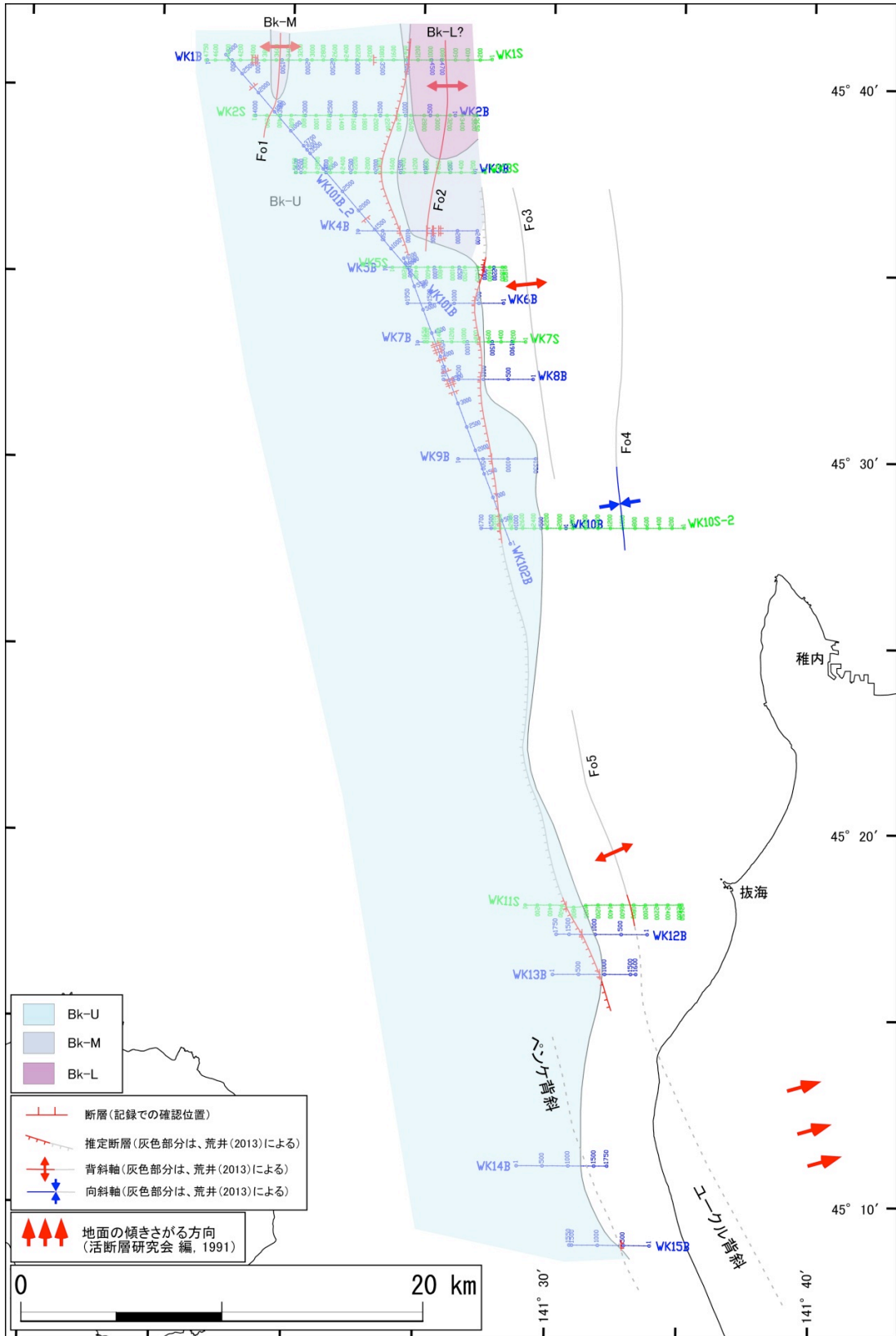


図 3.1-1 サロベツ断層帯海域延長部の地質構造図

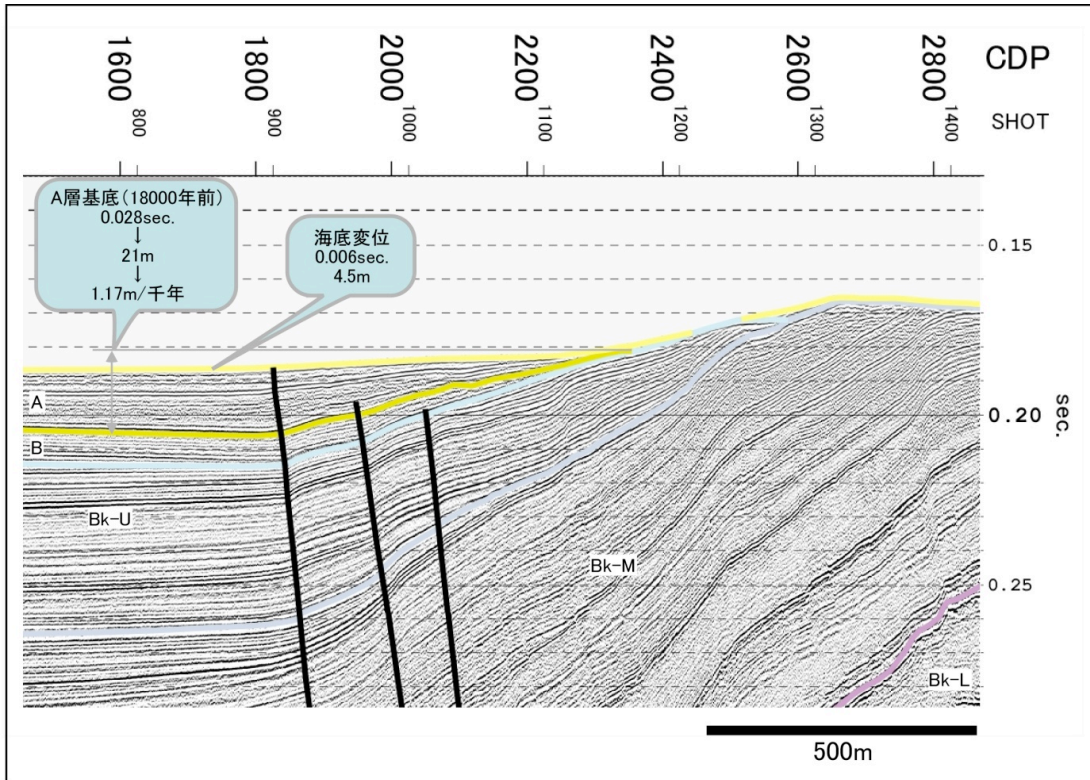


図 3.1-2 WK1 測線におけるサロベツ断層帯の上下変位量と平均変位速度の推定.

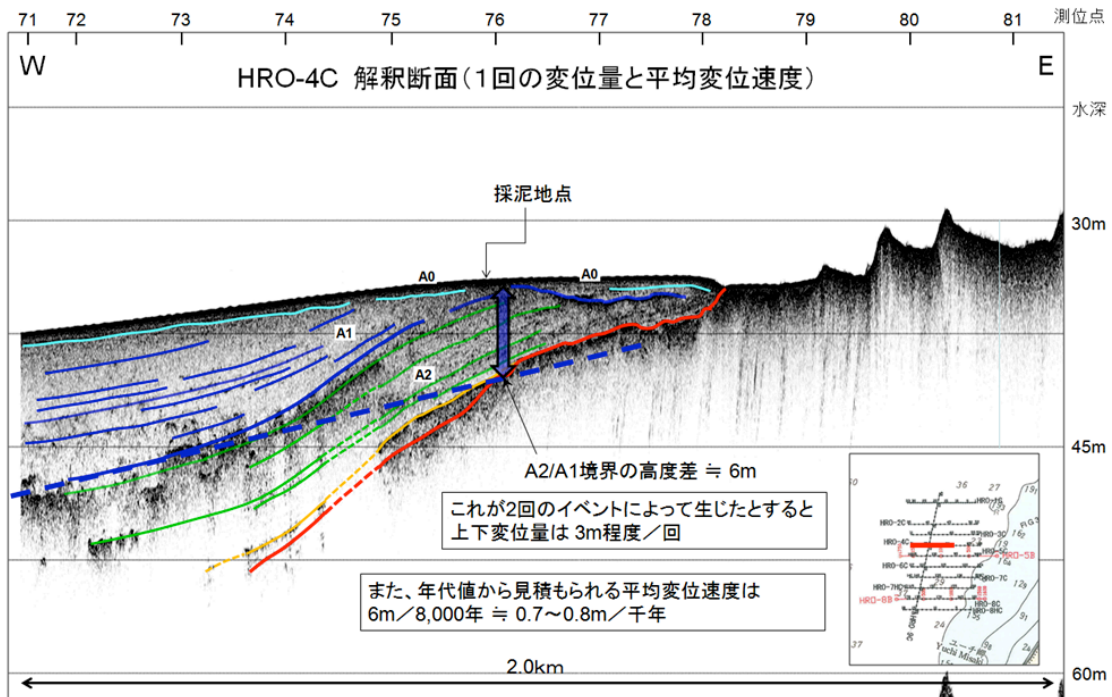


図 3.1-3 A2/A1 境界の高度差から見積もられた上下変位量と平均変位速度。
 図中の青点線は傾斜変換点より沖側での A2/A1 境界の傾斜を延長したもの。

サロベツ断層帯の総括表

項目	従来評価	海域部の調査結果
1. 断層帯の位置・形態		
(1) 断層帯を構成する断層	サロベツ原野周辺に伏在する断層、南更岸(みなみさらぎし)の断層	抜海村北北西沖合の伏在断層
(2) 断層帯の位置・形状	<p>地表における断層帯の位置・形状</p> <p>断層帯の位置(両端の緯度・経度)</p> <p>(北端)北緯45° 13′ 東経141° 41′</p> <p>(南端)北緯44° 49′ 東経141° 47′</p> <p>長さ 約44km以上</p> <p>地下における断層面の位置・形状</p> <p>長さ</p> <p>地表での長さと同じ</p> <p>上端の位置</p> <p>(北端)北緯45° 12′ 東経141° 34′</p> <p>(南端)北緯44° 49′ 東経141° 47′</p> <p>上端の深さ 2-7 km</p> <p>一般走向 N20° W</p> <p>傾斜 主として低角度東傾斜、深部では不明(大曲断層の深部に連続する可能性もある)</p> <p>幅 不明</p>	<p>(北端)北緯45° 40′ 39″、東経141° 19′ 27″ *1</p> <p>(南端)北緯45° 40′ 39″、東経141° 34′ 14″ *2</p> <p>52.9km以上(海域部のみ) 全体では約96.9km以上</p> <p>反射断面図で得られた長さ・位置と同じ</p> <p>往復走時で0.9秒(音速を1500m/sec換算で0.67km)</p> <p>N20° W</p> <p>東側傾斜(地表付近)*3</p> <p>不明</p>
(3) 断層のずれの向きと種類	東側隆起の逆断層	東側隆起の逆断層. 横ずれ成分は不明.
2. 断層の過去の活動		
(1) 平均的なずれの速度	0.7m/千年以上(上下成分)	約0.7~0.8m/千年(ユークル背斜前面) 約1.2m/千年(褶曲Fo1西翼部)
(2) 過去の活動時期	<p>活動1(最新活動とは特定できない)</p> <p>約5千1百年前以降、約4千5百年前以前</p> <p>活動2(1つ前の活動)</p> <p>約6千年前以後、約5千年前以前</p>	<p>活動1(最新活動とは特定できない)</p> <p>約5,000年前以降(ユークル背斜前面)</p> <p>活動2(1つ前の活動)</p> <p>約8,000年前頃(ユークル背斜前面)</p> <p>約18,000年前以降5回程度の活動(WK1B測線)</p>
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	<p>1回のずれの量 3-4m程度(上下成分)</p> <p>平均活動間隔 約4千年-8千年</p>	<p>約3mの見かけ垂直変位量. 横ずれ変位量は不明.(ユークル背斜前面)</p> <p>約4.5mの見かけ垂直変位量(褶曲Fo1西翼部)</p> <p>約3,000~5,000年(ユークル背斜前面)</p> <p>3,600~4,500年程度(褶曲Fo1西翼部)</p>
(4) 過去の活動区間	断層帯全体で1区間	断層帯全体で1区間
3. 断層帯の将来の活動		
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	<p>活動区間 断層帯全体で1区間</p> <p>地震の規模 マグニチュード7.6程度</p> <p>ずれの量 3-4m程度(上下成分)</p>	<p>断層帯全体で1区間</p> <p>マグニチュード8.1以上</p> <p>垂直変位量が3m程度</p>
備考	<p>*1:本調査で伏在断層が確認された最も北(WK1測線)の位置を表す。断層はさらに北方へ連続している。</p> <p>*2:陸域に連続すると思われるため、確認された伏在断層の延長上の海岸部(ユーチ岬)の位置を表す。</p> <p>*3:反射記録断面上での見かけの傾斜を示す。</p>	

3. 2 布引山地東縁断層帯東部（海域部）

調査内容

布引山地東縁断層帯東部の一部として津沖に認定された活断層及びそれにほぼ直交する方向の白子—野間断層の位置・形状と活動履歴を明らかにするため、津市から鈴鹿市の沖において、SES2000 を用いて高分解能音波探査を長さ 294km の測線に沿って実施した。さらに得られた反射断面で認められる地層の年代を明らかにするため、4 カ所でピストンコアを用いた堆積物採取を実施し、年代測定を行った。また、海上保安庁が伊勢湾で実施したマルチチャンネル及びシングルチャンネルの音波探査、海上ボーリングのデータも合わせて検討を行った。

海域断層の位置と形状

津沖には従来から断層が知られていた位置に、西側隆起の撓曲帯が確認された。これを津沖撓曲と呼ぶ。その方向は N5°E、長さは約 7 km である（図 3.2-1）。さらに、その南方に長さ 2 km の短い活断層が認められた。これら全体を一連と考えると、ほぼ南北方向で、長さは約 10 km に達する断層となり、南端はさらに伸びる可能性がある。これらの断層を布引山地東縁断層帯東部の一部と判断するのであれば、断層帯の長さは変わらないが、別の短い起震断層として考えることも可能である。

白子—野間断層はほぼ東西方向に伸び、西側延長は海岸付近まで達しているが、活断層としての明確な活動が認められる断層トレースは西部で南西に方向を変えて、従来の西縁より約 2 km 東側で消滅している。このことから、断層の長さを従来より 2 km 短い 19 km とした。

活動時期と活動間隔

津沖撓曲は更新統に緩やかな傾動が認められる。さらに、完新統に断層活動に伴う変形が認められる。変形した反射面の形状を詳細に比較した結果、約 1 万年前と 6200-6800 年前に活動イベントがあったと推定した。従って、活動間隔は 4000~7000 年程度と考えられるが、古い方のイベントの年代は誤差が大きいため、信頼性の高い活動間隔を決めることはできない。

白子—野間断層も 1 万年程度前に活動した可能性がある。それ以降の完新統には変形イベントは見いだせないことから、活動間隔は不明である。

平均変位速度と 1 回の変位量

津沖撓曲では約 1 万年前の地層に約 1.2 m の垂直変位が認められる（図 3.2-2）。従

って平均変位速度は 0.12 m/千年程度と推定されるが、年代の信頼性は高くない。この変位は変位量が 0.5 及び 0.7 m の 2 回のイベントによって形成されたと解釈した。ただし、この変位量には撓曲帯全体の変動は含まれていないので、もう少し大きくなる可能性がある。伊勢湾中軸付近の白子—野間断層は約 1 万年前の地層に 3~4 m の垂直変位を伴い、複数のイベントは認められないことから、1 回の変位量を示すと考えられ、変位速度は 0.3~0.4 m と推定される。一方、同断層の西端では 10 m に達する垂直変位量が認められる。これらの変位量は 1 回の断層活動によって形成されたとするには大きすぎることから、地層の形成メカニズムや断層活動との関係をさらに詳しく検討する必要がある。

活動区間

津沖撓曲の活動区間として、2 通りの解釈を提示した。

ひとつは、津沖撓曲を従来通り布引山地東縁断層帯東部の一部と解釈するものである。この場合、同断層帯全体が活動する可能性を否定することはできないが、今回見出された断層変位量は 0.7 m 程度であることから、マグニチュード 6.5~7 程度の地震に伴う変位である可能性が高い。その場合、同断層帯全体が破壊したのではなく、一部が破壊したと考えられる。

もう一つの解釈は、津沖撓曲の南側の短い活断層も含めて津沖断層と呼び、布引山地東縁断層帯東部とは独立の起震断層とする解釈である。この場合、津沖断層の南端が確認できていないため、長さは 10 km 以上としか言えないが、1 回の変位量は 0.7 m 程度であることから、断層長も 10 km を大きく超えることはないと考えられる。その場合、布引山地東縁断層帯東部の北端は高茶屋断層の北端である可能性が高くなる。

いずれの解釈を採用しても、津沖撓曲のイベント解釈が正しければ津沖でマグニチュード 6.5 から 7 程度の地震が発生する可能性を示している。

白子-野間断層の 1 回の上下変位量が 3m を超えると推定したが、この変位量はマグニチュード 7.5 程度の地震に匹敵することから、19 km の長さでは短すぎるように見える。白子-野間断層の東側には伊勢湾断層帯主部を構成する内海断層が連続することから、この 2 つの断層が一連の活動を生じる可能性もある。その場合は、長さは 36 km に達する。

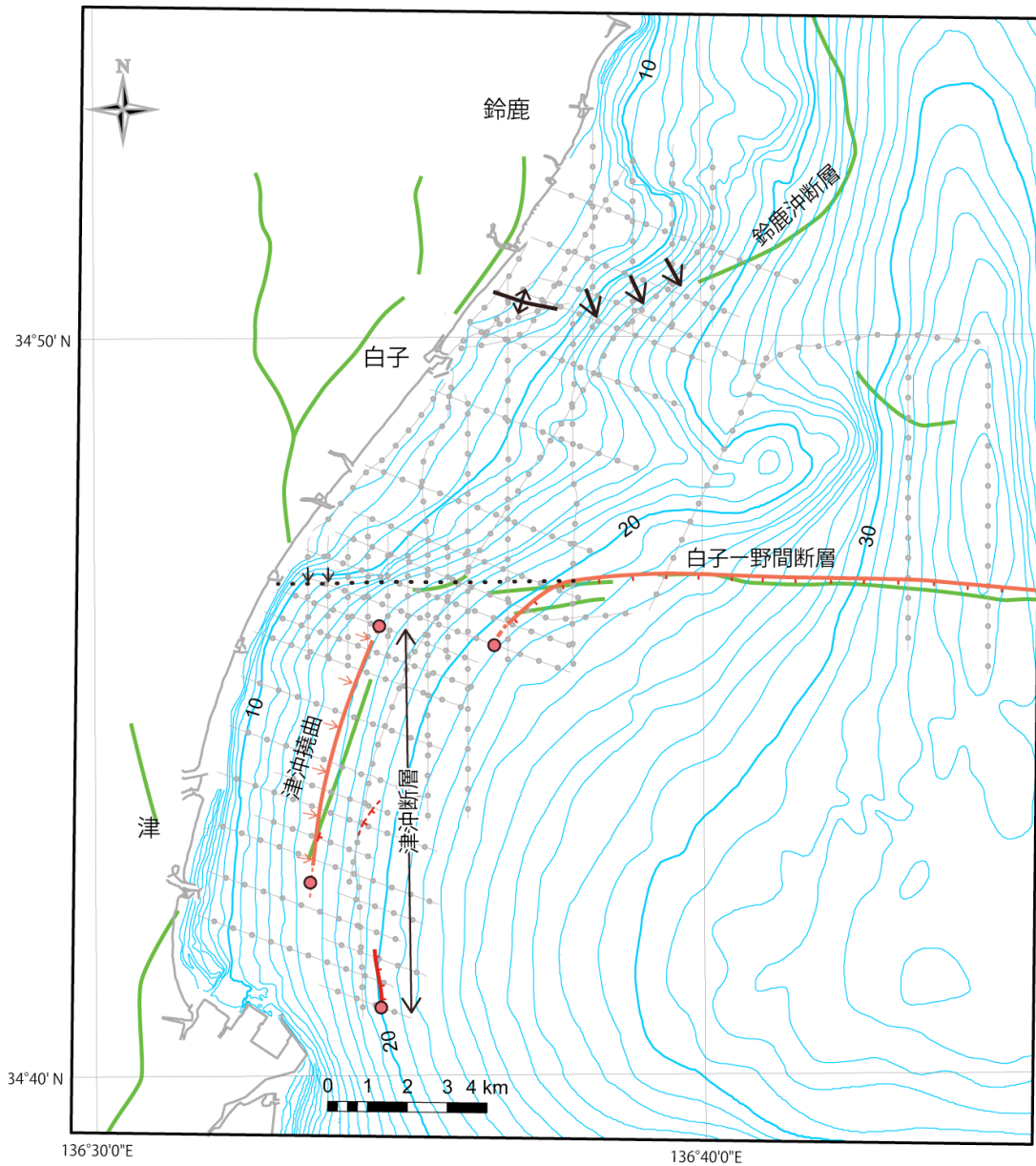


図 3.2-1 活断層分布図

赤は SES2000 のデータに基づいて活断層と判断した断層。黒は中期～後期更新世に活動した可能性がある断層緑の海域は岩淵ほか（2000）に示された断層。陸域は地震本部の活断層評価に基づく。

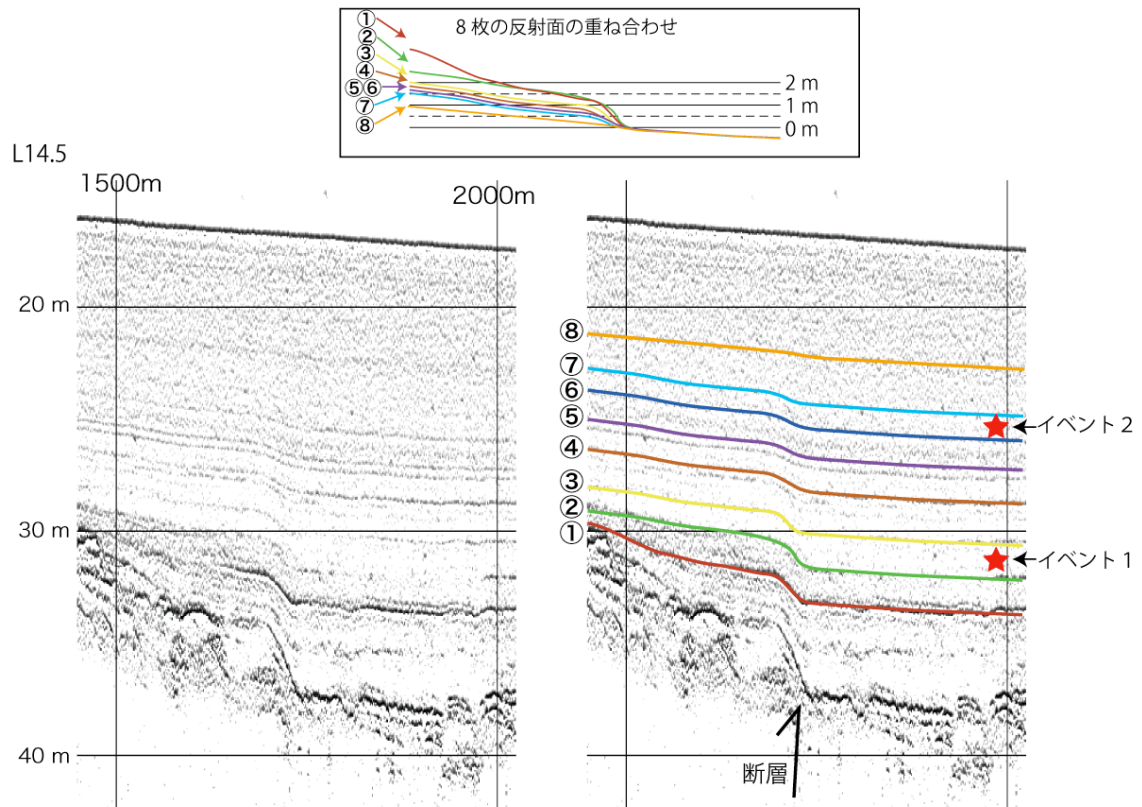


図 3.2-2 L14.5 測線の A 層内の変形の比較

左の断面から 8 枚の反射面の忠実にトレースし (右)、それらを重ね合わせて変位量を比較した (上)。

布引山地東縁断層東部の総括表

	従来評価	海域部の調査結果	
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 断層帯を構成する断層	千里(ちさと)断層、高茶屋(たかぢやや)断層、烏戸(とりど)断層、山口断層、六呂木(ろくろぎ)断層、片野断層など	津沖セグメント (布引山地東縁断層東部の一部と解釈)	津沖断層 (布引山地東縁断層東部と独立の起震断層と解釈)
(2) 断層帯の位置・形状			
形状等	地表における断層帯の位置・形状		
断層の位置	(北端)北緯34° 52' 東経136° 37' (南端)北緯34° 27' 東経136° 28' 長さ 約48km	断層帯全体の北端・南端位置は同じ (北端)北緯34° 46' 東経136° 35' (南端)北緯34° 42' 東経136° 33' 長さ 約7km	(北端)北緯34° 46' 東経136° 35' (南端)北緯34° 41' 東経136° 35' 長さ 10km以上
	地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ 上端の深さ 0 km 一般走向 N20° E 傾斜 45° 程度 西傾斜 (地表付近) 幅 不明	地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ 上端の深さ 0 km 一般走向 N10° E 傾斜 45° 程度 西傾斜 (地表付近) 幅 不明	地下における断層面の位置・形状 長さ及び上端の位置 地表での長さ・位置と同じ 上端の深さ 0 km 一般走向 N-S 傾斜 45° 程度 西傾斜 (地表付近) 幅 不明
(3) 断層のずれのきと種類	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層	西側隆起の逆断層
2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	0.1m/千年程度(上下成分)	0.12m/千年程度(上下成分)	0.12m/千年程度(上下成分)
(2) 過去の活動時期	活動1(最新活動) 約1万1千年前頃	活動1(最新活動) 6200から6800年前	活動1(最新活動) 6200から6800年前
		活動2 約1万年前	活動2 約1万年前
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量: 2.5m程度 (上下成分) 平均活動間隔 2万5千年程度	1回のずれの量: 0.5-0.7m程度 (上下成分) 平均活動間隔 4000-6000千年程度	1回のずれの量: 0.5-0.7m程度 (上下成分) 平均活動間隔 4000-6000千年程度
(4) 過去の活動区間	断層帯全体で1区間	セグメント毎の活動もあり得る	
3. 断層帯の将来の活動			
(1) 将来の活動区間及び活動時の地震の規模	活動区間 断層帯全体で1区間 地震の規模 マグニチュード7.6程度 ずれの量 2.5m程度 (上下成分)	活動区間 1つ或いは2つ程度のセグメント 地震の規模 評価できない ずれの量 1m以下 (上下成分)	布引山地東縁断層東部とは独立した起震断層 地震の規模 マグニチュード6.5以上 ずれの量 1m以下 (上下成分)

白子一野間断層の総括表

	従来評価	海域部の調査結果
1. 断層帯の位置・形態		
(1) 断層帯を構成する断層	白子一野間(しろこーのま)断層	白子一野間(しろこーのま)断層
(2) 断層帯の位置・形状等	<p>海底における断層帯の位置・形状</p> <p>断層帯の位置: (東端)北緯34° 46′ 東経136° 48′ (西端)北緯34° 46′ 東経136° 35′ 長さ :約21km</p> <p>地下における断層帯の位置・形状</p> <p>長さ及び上端の位置: 海底での長さ・位置と同じ</p> <p>上端の深さ:0km 一般走向 :E-W 傾斜 :高角で北傾斜(深さ1.5km以浅) 幅 :15-20km程度</p>	<p>海底における断層帯の位置・形状</p> <p>断層帯の位置: (東端)北緯34° 46′ 東経136° 48′ (西端)北緯34° 46′ 東経136° 36′ 長さ :約19km</p> <p>地下における断層帯の位置・形状</p> <p>長さ及び上端の位置: 海底での長さ・位置と同じ</p> <p>上端の深さ:0km 一般走向 :E-W 傾斜 :高角で北傾斜(深さ1.5km以浅) 幅 :15-20km程度</p>
(3) 断層のずれの向きと種類	北側隆起の逆断層成分をもつ。 横ずれについては不明。	北側隆起の逆断層成分をもつ。 横ずれについては不明。
2. 断層帯の過去の活動		
(1) 平均的なずれの速度	0.3m/千年程度(上下成分)	不明
(2) 過去の活動時期	活動1(最新活動): 概ね6千5百年前以後-5千年前以前	活動1(最新活動): おおよそ1万年前
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 2.5m程度(上下成分) 平均活動間隔 8千年程度	1回のずれの量 3-4m程度(上下成分) 不明
(4) 過去の活動区間	活動区間 :全体で1区間	活動区間 不明(内海断層との連動の可能性あり)
3. 断層帯の将来の活動		
(1) 将来の活動区間及び地震の規模	活動区間:全体で1区間 地震の規模 M7.0 程度ずれの量 2.5m程度(上下成分)	活動区間:不明 地震の規模 不明 程度ずれの量 3-4m程度(上下成分)

3.3 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部（海域部）

調査内容

本断層帯の位置形状及び活動履歴を明らかにするため、ブーマーを音源とする音波探査及びピストンコアを用いた堆積物の採取を行った。また、越前海岸付近で離水地形の詳細な高度測定を行った。音波探査は、鮎川付近から福井港沖の海域において2～3 km 間隔の東西方向マルチチャンネル音波探査測線を192.5km にわたって、堆積物の採取地点を選定するため福井港沖で12.1km のマルチチャンネル音波探査測線と、17.7km のシングルチャンネル音波探査測線を実施した。また、既存の海上保安庁、産業技術総合研究所などの音波探査資料も収集し、解析した。ピストンコアは21 地点で採取したが、砂質や礫質堆積物で覆われているため、得られたコアの総計は8.65 m である。離水地形調査は、越前海岸の8 地区において、遺跡調査、50 試料の¹⁴C 年代測定、空中写真測量による1:100 地形図及び1:50 地形断面図の作成を行った。

海域の位置と形状

本断層帯は越前海岸に沿って発達するが（図 3.3-1）、その北端とされていた鮎川付近からさらに海岸線から離れて北方に連続し、北端は福井港の約20km 北西沖の越前堆列付近に達する（図 3.3-2）。断層トレースの折れ曲がり基準として、北から、安島岬北西沖区間（N5°E、11～12 km）、福井港沖区間（N25°W、12 km）、越前海岸北部区間（N20°E、28 km）、甲楽城・山中断層区間（N45°W、25km）に区分できる。従来の北端である鮎川は越前海岸北部区間の中に含まれる。以上4つの区間全体の長さは77～78 km となり、約30 km 長くなる。

活動時期と活動間隔

本断層帯北部の海域で実施した音波探査及びピストンコア調査では後期更新世に活動したことは確認できたが、個々の活動イベントの年代を決定することはできなかった。越前海岸の遺跡調査からは最新活動時期は17 世紀以前と推定される。また、旧汀線付近で採取した生物遺骸の¹⁴C 年代は、大味以北では16 世紀後半～17 世紀前半、それより南側では17 世紀後半の値を示す（図 3.3-3）。しかしながら、歴史記録にはその年代に相当する地震が知られていないことが大きな課題として残された。それ以前の活動はBC850 年頃である。また約6000 年前の縄文海進以降に4 回の活動が生じた可能性があり、活動間隔は2000 年弱から2500 年程度と推定される。

平均変位速度と 1 回の変位量

越前海岸の酸素同位体ステージ 5e の段丘面高度から、越前岬付近の隆起速度は 0.9m / 千年と最も大きく、北方へ減少して布良付近ではその半分以下になる。また、海域では断層の下盤側（西側）に発達するプログラデーションパターンの深度差から 0.5～0.6 m / 千年の沈降速度を持つ可能性がある。海域部の沈降速度の推定値は信頼性が劣るが、海岸の隆起速度を足し合わせると最大で 1.5 m / 千年となる。一方、福井港北西沖の断層変位速度は 0.3～0.4m / 千年程度と推定される。

越前海岸に残された複数の離水地形の高度から、最も大きい所での最新活動による隆起量は 5.2～7.0 m であるが（図 3.3-4）、過去の活動を含めた平均の変位速度は 3～4.5 m 程度である。この値は海岸の隆起量であるので、下盤側の沈降速度も考慮すると、これ以上の変位量になる可能性が高い。

活動区間

松田（1975）による断層の長さとの経験的關係に、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部／北部の全長（77～78km）を代入して、断層帯全体の活動に対応する 1 回のずれの量を求めると、約 6m となる。この値は本断層帯の最新活動に伴う亀島地区～森腰隧道地区の隆起量（5.2～7m）にほぼ対応する。但し、海域の沈降を考慮した場合、最新活動に伴うこれら地区の総上下変位量はさらに大きい可能性がある。また、最新活動時の越前海岸の最大隆起量 7m を、栗田（1999）による 1 回の最大ずれ量と地震セグメント長に関する経験的關係に代入すると、対応する地震セグメント長は 63km となる。越前海岸海域の沈降を考慮した場合には、対応する地震セグメント長はさらに長くなる可能性がある。また、隆起量の最頻値を 5m と仮定し、栗田（1999）による 1 回のずれ量の最頻値と地震セグメント長に関する経験的關係に代入すると、対応する地震セグメント長は 75～100km となる。これらの経験式による試算は、16 世後半～17 世紀後半頃の最新活動では、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯主部／北部の全域もしくはそれに近い広い範囲が活動した可能性を示唆する。

一方、現在においても、この時期の大規模な地震や顕著な地殻変動を裏付ける古文書などの記録は見出されていない。謎はさらに深まった感があり、多方面からの更なる調査研究が期待される。

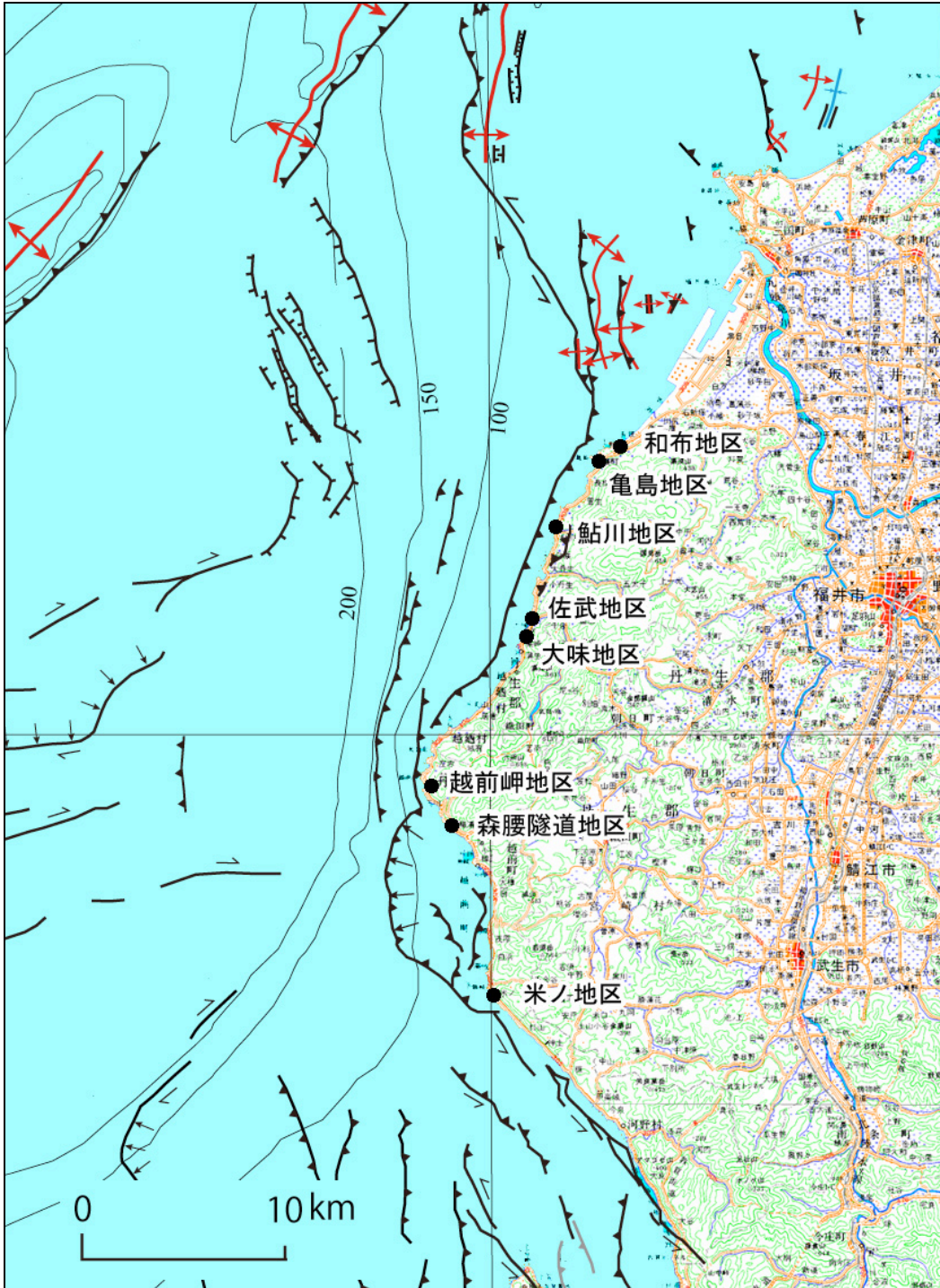


図 3.3-1 断層帯及びその周辺の地質構造と離水地形の調査地点

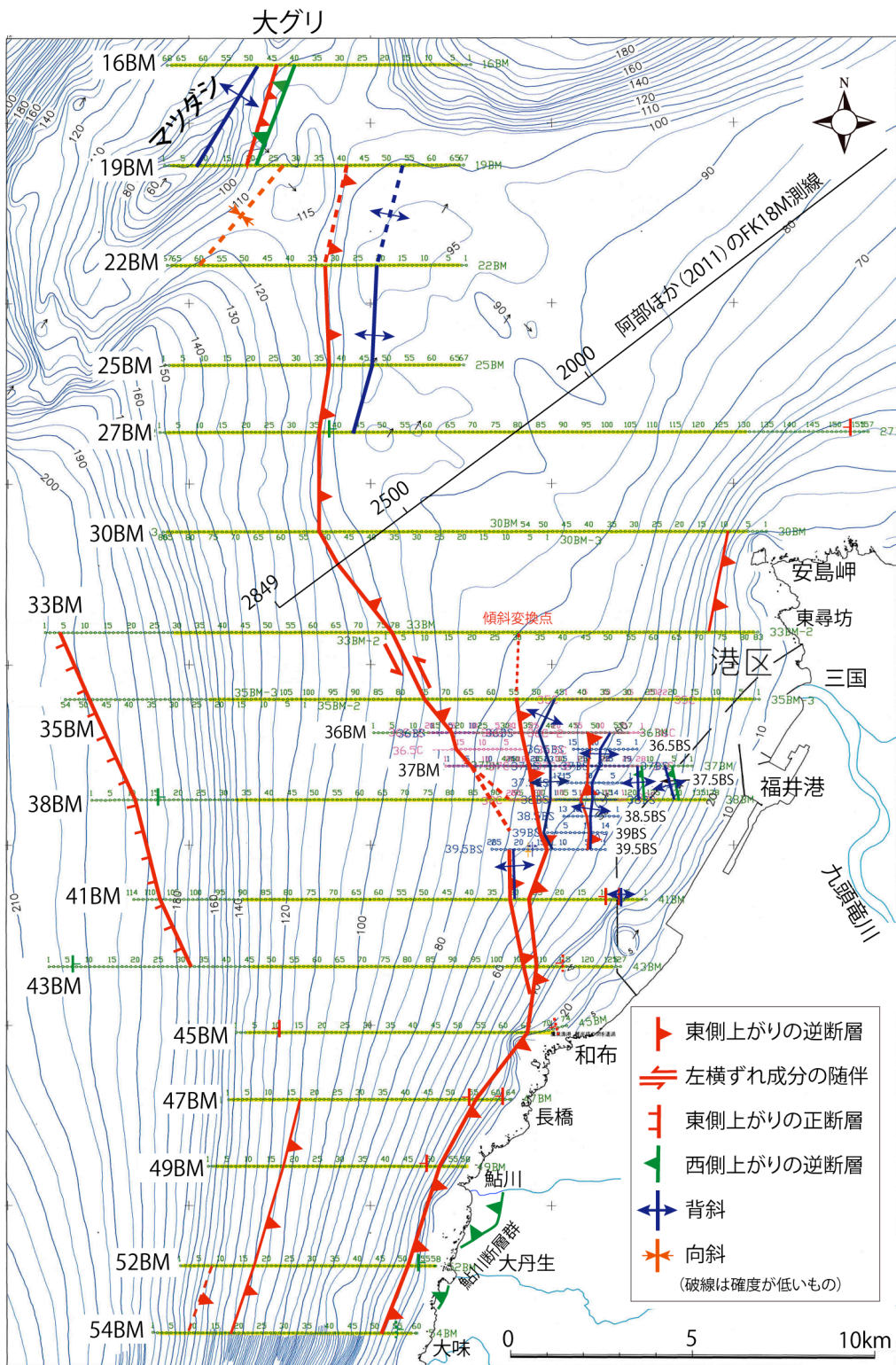


図 3.3-2 北部延長部の地質構造図

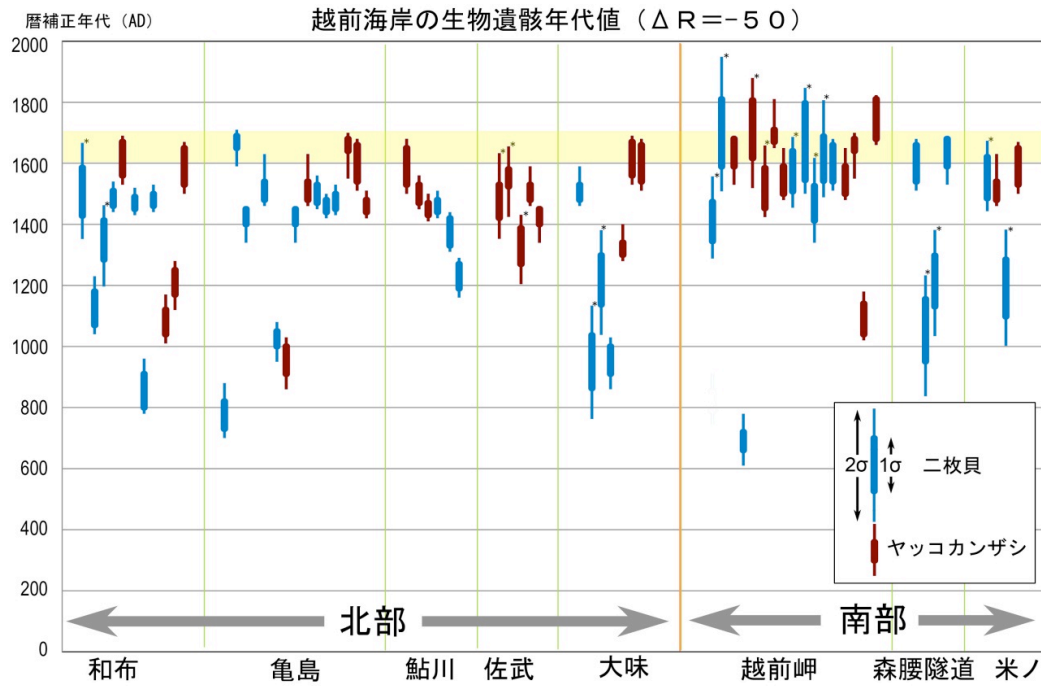


図 3.3-3 越前海岸の隆起汀線付近の生物遺骸年代値
 $\Delta R = -50 \pm 30$ $^{14}\text{C yr}$ とした場合。*印を付けた年代値は山本ほか (2010) による。

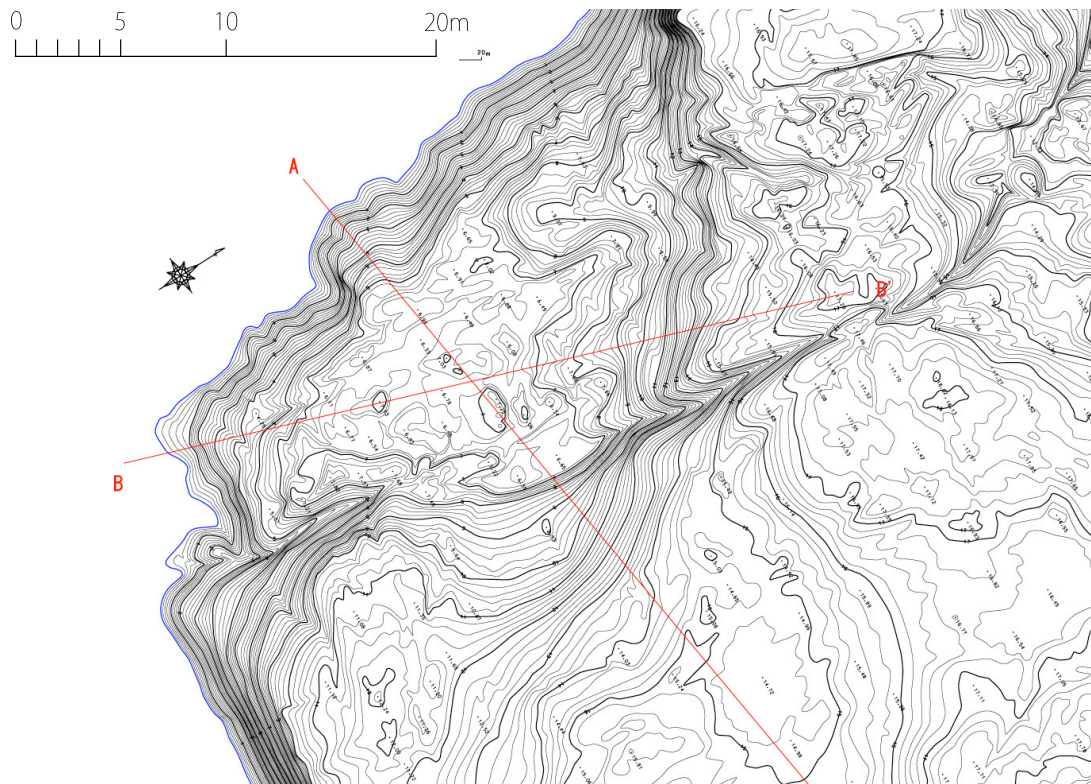


図 3.3-4 亀島地区北西部の詳細地形図 (05 亀島の一部)。
 標高 7m 付近に顕著な波蝕面が認められる。

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部の総括表 1

	従来評価	本調査の結果
(1)断層帯を構成する断層	鮎川断層群 甲楽城断層 山中断層	3つの屈曲点を境として、以下の4区間 安島岬北西沖区間 福井港沖区間 越前海岸北部区間 甲楽城・山中断層区間
(2)断層帯の位置・形状と規模		
1) 地表における断層帯の位置・形状と規模		
断層帯の位置(北端・南端と屈曲点)	(北端) 北緯36° 06′ 東経136° 03′ (屈曲点) 北緯35° 54′ 東経135° 57′ (南端) 北緯35° 45′ 東経136° 08′	(北端) 北緯36° 21~22′ 東経136° 0′ (屈曲点1) 北緯36° 15′ 東経135° 59′ (屈曲点2) 北緯36° 09′ 東経136° 03′ (屈曲点3) 従来の屈曲点 (南端) 変更なし
長さ	約48km	約77~78km
2) 地下における断層面の位置・形状		
上端の深さ	0km	0km
一般走向	北半部:N20° E 南半部:N50° W	安島岬北西沖区間:N5° E 福井港沖区間:N25° W 越前海岸北部区間:N20° E 甲楽城・山中断層区間:N45° W
傾斜	北半部:東傾斜 南半部:約40° 北東傾斜	安島岬北西沖区間:東傾斜 福井港沖区間:ほぼ鉛直 越前海岸北部区間:東傾斜 甲楽城・山中断層区間:ほぼ鉛直
幅	約15km	約15km
(3)断層のずれの向きと種類	北半部:東側隆起の逆断層 南半部:北東側隆起の逆断層(左横ずれ成分を伴う)	安島岬北西沖区間:東側隆起の逆断層 福井港沖区間:左横ずれ断層 (東側隆起の逆断層成分を伴う) 越前海岸北部区間:東側隆起の逆断層 甲楽城・山中断層区間:左横ずれ断層 (東側隆起の逆断層成分を伴う)

柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯北部の総括表 2

	従来評価	本調査の結果
(1) 平均的なずれの速度	0.6-0.8m/千年もしくはそれ以上 (上下成分)	越前岬付近(越前海岸北部区間): 最大1.5m/千年程度(上下成分) (陸側の隆起最大約0.9m/千年、 海側沈降およそ0.6m/千年) 福井港沖区・安島岬北西沖区間: 0.3~0.4m/千年程度(上下成分)
(2) 過去の活動時期	活動1(最新活動) 17世紀頃 活動2(1つ前の活動) 約3千年前以後、 約2千7百年前以前	活動1(最新活動) 大味以北越前海岸北部区間: 16世後半~17世紀前半 大味以南越前海岸北部区間と甲楽城・山中断層区間北端部: 17世紀後半頃 ($\Delta R = -50 \pm 30 \text{ } ^{14}\text{C yr}$ とした場合) 活動2(1つ前の活動; 山本ほか、2010による) 約2900年前(B.C.850年頃)
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔		
1) 1回のずれの量	4~6m程度(上下成分)	3~7m (越前海岸における最新活動時の上下成分) (亀島~森腰隧道にかけての約20kmの範囲では5.2~7.0m)
2) 平均活動間隔	約2300~2700年	約2500年 但し、弥生の小海退で離水したとされる海食地形も断層活動によって離水したとした場合には およそ2000年もしくはそれ以下
(4) 過去の活動区間	主部/北部全体で1区間	主部/北部全体で1区間