

平成 23 年度
沿岸海域における活断層調査

概要報告書

平成 24 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	3
3. 1	函館平野西縁断層帯（海域部）	4
3. 2	青森湾西岸断層帯（海域部）	8
3. 3	柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底一柳ヶ瀬山断層帯（海域部）	15
3. 4	山田断層帯／郷村断層帯（海域部）	22

1. 業務の内容

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」とされている函館平野西縁断層帯（海域部）、青森湾西岸断層帯（海域部）、柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底－柳ヶ瀬山断層帯（海域部分）、山田断層帯／郷村断層帯（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、可能な限り陸域部と同時に活動する可能性を明らかにするため、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) 函館平野西縁断層帯（海域部）

函館平野西縁断層帯は、北海道の函館平野の西縁付近からその南方延長上の函館湾西岸付近にかけてほぼ南北に伸びる長さ 24km、西側が相対的に隆起する逆断層である。その海域延長部については、海上保安庁、北海道立地質研究所、電源開発株式会社によって音波探査及び堆積物採取がされており、電源開発株式会社は大間原子力発電所の耐震安全審査には、長さ 28km の断層として評価している。

それら既存データを可能な限り収集し、再解釈を行って断層位置及び形状の再確認を行い、その結果を参考に、本断層帯の南方延長部の確定及び最近の活動履歴、平均変位速度を明らかにするための調査を実施する。南方延長の端部の確定には既存調査の情報を参照しつつ、南端と推定される領域を中心に、ブーマを音源とするマルチチャンネル探査を行う。

一方、海域部における活動履歴の解明のため、函館湾内において、ブーマもしくはさらに周波数の高い音源を用いた探査を実施し、断層の位置と変位イベントに適切な地点を選定し、ピストンコアを用いた柱状堆積物採取を実施する。採取した堆積物の年代測定を実施し、音波探査断面と対比して断層の活動時期を推定する。

また、函館湾の西岸から南西側の海岸に沿って断片的に発達する完新世段丘についても、隆起年代を測定できる地層の有無について調査を実施し、隆起年代を決定できる可能性があれば、試料採取と年代測定を実施する。

(2) 青森湾西岸断層帯／主部（海域部）

青森湾西岸断層帯は、北北西-南南東走向で長さ約 31km の西側が相対的に隆起する逆断層である。平成 20 年度に実施された追加・補完調査では、陸上の入内断層から青森港沖に伸びる背斜を認定し、さらに津軽半島北部東縁に分布する根岸西方断層とその東方海域に平館沖背斜を認めているが、活動履歴などについては新しいデータは得られていない。

本調査では、平成 20 年度の調査で明らかになった青森港沖背斜の変動速度と可能であれば変位履歴を明らかにするために、高分解能音波探査及びピストンコアによる堆積物採取と年代測定を実施する。また、青森平野西断層北方沖の地層の段差の成因解明と、更に北方に分布する根岸西方断層との関係を明らかにするため、断層の存在が明らかになっていない区域について、マルチチャンネル音波探査を実施する。必要に応じて、それら構造の形成時期及び変位速度を明らかにするため、堆積物の採取を行い、年代測定を実施する。また、根岸西方断層の北方延長においても活断層の有無を確認する。

(3) 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底-柳ヶ瀬山断層帯（海域部）

浦底-柳ヶ瀬山断層帯は敦賀半島から敦賀湾を横断し、南東側に連続する活断層で、長さは約 25km、ほぼ垂直の断層面を持つ左横ずれ断層であるが、過去の活動履歴は明らかになっていない。一方で、同断層は日本原子力発電株式会社の敦賀原子力発電所の敷地内を通過することから、周辺陸域及び海域で詳細な調査が実施され、断層の位置形状については詳細なデータが得られている。

本断層の海域部の位置及び形状については、日本原子力発電株式会社が実施した音波探査データを参照することによって明らかにする。その上で、敦賀湾内で完新統が厚く堆積している領域を選定し、その範囲に集中して高分解能音波探査を実施し、断層変位の詳細な構造を明らかにする。その上でピストンコアを用いた堆積物採取とその年代測定によって、履歴解明を解明する。さらに、陸上でも日本原子力発電株式会社が実施したトレンチ壁面を再検討し、活動履歴を解明する。

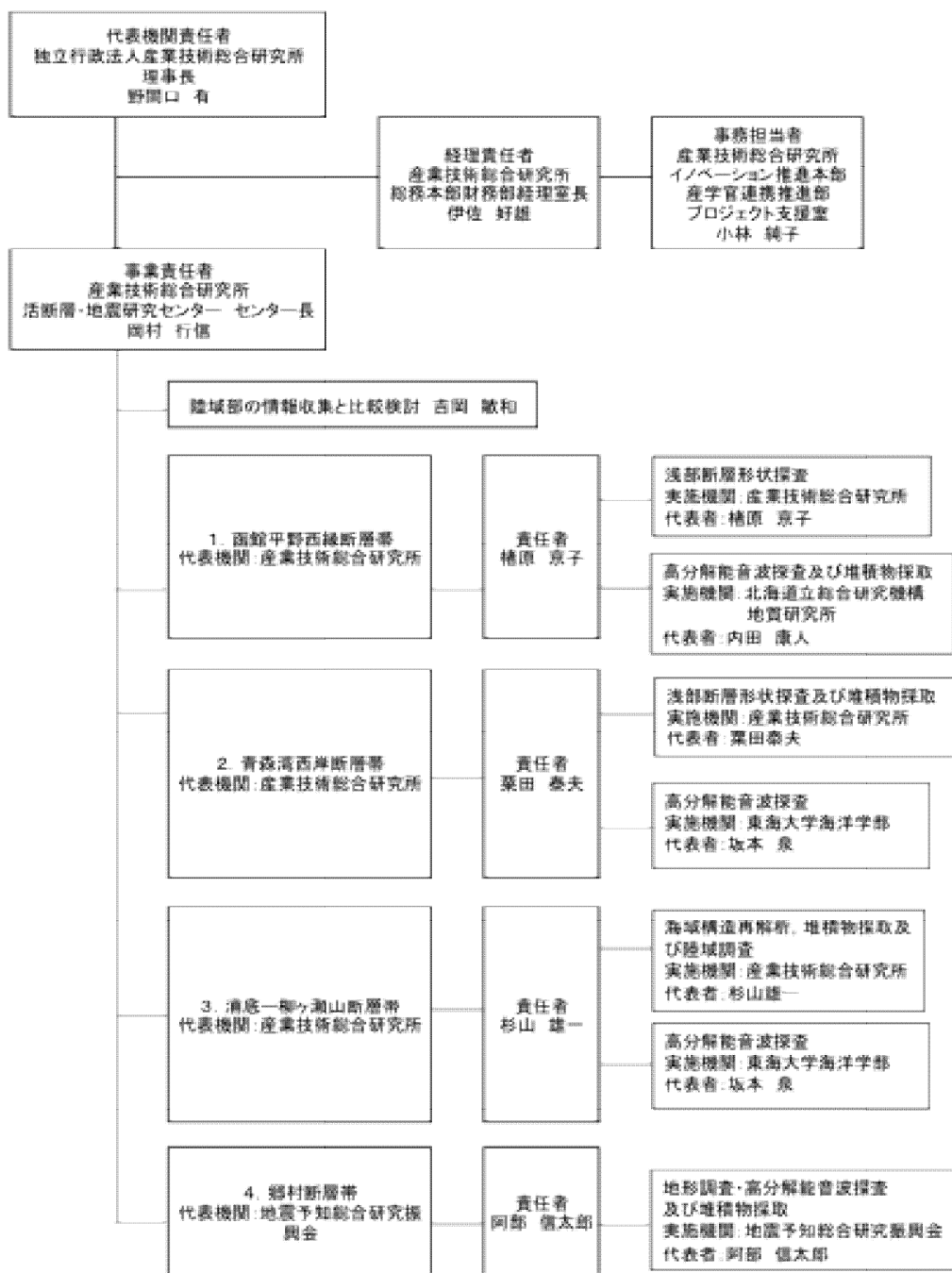
(4) 山田断層帯／郷村断層帯（海域部）

郷村断層帯は丹後半島の西部に位置し、ほぼ北北西-南南東方向に延び、左横ずれを主体とし、南西側が相対的に隆起する断層である。海域延長部には北北西-南南東方向の断層が断片的に分布するとされている。また、水深 30m より深い海域には、産業技術総合研究所発行の 20 万分の 1 海底地質図と海底堆積図が出版されており、海域の広域的な地質構造と堆積物の特徴は明らかになっている。

水深 140m 以浅の大陸棚では、最終氷期以降の堆積物がほとんど分布せず、中新統の浸食面が露出することから、詳細な海底地形調査によって断層の有無を確認する。水深 150m 以

深では更新世以降の泥質堆積物が平坦な海底を覆うことから、ブーマを音源とするマルチチャンネル音波探査を実施し、北西延長部の断層の位置・形状と北端を明らかにする。本断層は横ずれ断層であり、海域部では堆積速度が遅いことから、活動履歴の解明は困難であると推定されるが、活動時期や活動度を推定するために柱状堆積物採取と試料の年代測定を実施する。

2. 研究実施体制及び担当研究者



3.1 函館平野西縁断層帯（海域部）

調査内容

調査地域における既存の調査データを参照しつつ、断層活動に伴う海底浅部～極浅部の変形形状を、特性の異なる2種類の音波探査によって検討した。さらに音波探査断面で完新統に系統的な層厚変化が認められた場所で、パイプロコアラを用いた堆積物採取を行った。得られた堆積物は観察記載、年代測定および帯磁率測定を実施し、音波探査断面と対比して断層活動時期を推定した。また、サラキ岬に分布する低位の海成段丘について、離水年代を決定するための調査を実施した。

ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査は、函館湾からその南西側に広がる大陸棚上で実施した。主に東西測線で対象海域をカバーし、必要に応じて、それらの測線を対比するための南北方向の測線を実施した。測線長は209.6 kmである。

函館湾内とその南西沖において、完新世の断層活動を把握するため、分解能の高いSES2000地層探査装置を用いて探査を実施した。測線は東西方向を中心に設定したが、それらを対比するための南北から北東—南西方向の測線も実施した。測線長は128 kmに達する。

2種類の音波探査によって、函館湾内に撓曲帯が見つかったが、その活動時期を解明する目的で、パイプロコアを用いて、10地点で海底の堆積物を採取した。取得したコアの長さは、合計16.5 mに達する。

さらに、海岸沿いに隆起したことを示す完新世の段丘が存在することから、段丘の発達特に顕著なサラキ岬において、完新世の隆起イベントを明らかにする目的で、地形測量を1測線、ピット掘削5地点で行い、得られた堆積物について年代測定を実施した。

海域断層の位置と形状

陸域の活断層の南方延長に当たる函館湾西縁に沿って、ほぼ南北方向に連続する東落ちの活動的な撓曲帯が発達する。撓曲帯を境に、西側では急傾斜をなす下部更新統～鮮新統が発達し、東側ではほぼ水平な上部更新統～完新統広がり、明瞭な構造境界となっている。上部更新統～完新統は撓曲帯で下位層を不整合で覆い、東傾斜の累積的な変形が認められる。撓曲帯の海域における長さは約12-13 kmとなり、陸域活断層と併せた全体の長さは約26 kmとなる。なお、サラキ岬以南に認められた断層は活断層の可能性もあるが、函館平野西縁から連続する断層とは独立の断層と判断し、本断層帯海域延長部には含めなかった。これらの断層群については、更に調査が必要である。

活動時期と活動間隔

函館湾内の完新統には撓曲帯付近で変形構造が認められることから、本断層が最近

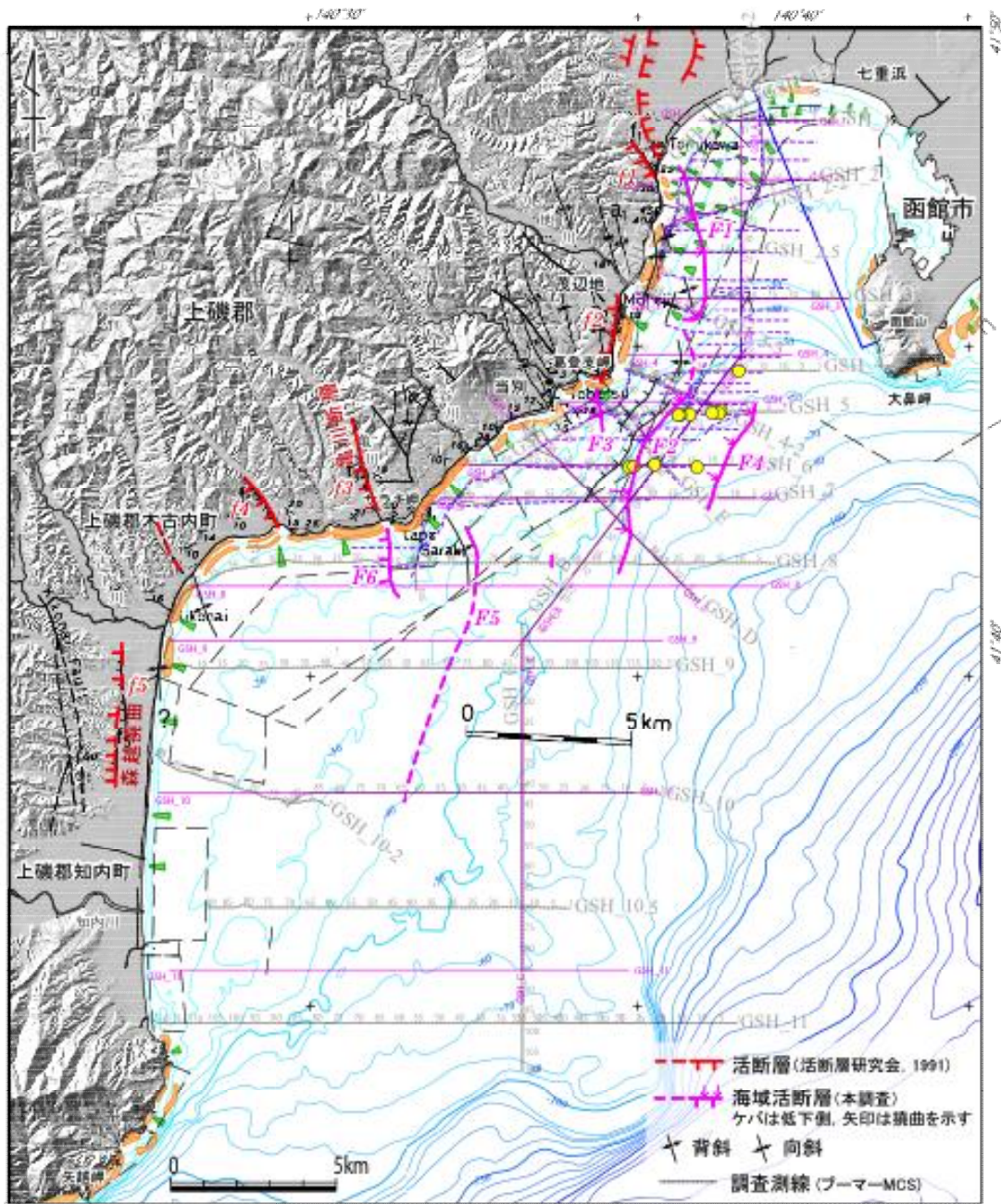
数千年以内に活動した可能性が高い。一方、海域の調査データからは、活動履歴と間隔を明らかにすることはできなかった。断層長を 26km として松田式を適用すると、1 回の地震に伴う断層変位量は約 2m である。平均変位速度を 0.3 m/千年とすると、発生間隔は 6700 年程度と推定される。サラキ岬の完新世段丘の調査では、約 2000 年前前後に隆起した可能性が推定されたが、年代測定の精度を高める必要がある。

平均変位速度と 1 回の変位量

完新世に本断層が活動した可能性があり、完新統の基底面に認められる落差と形成年代から、平均上下変位速度は最大約 0.3 m/千年であると見積もられる。なお、いずれの断層においてもイベント層準を認定するに十分な反射面が得られなかったため、最新の活動時期・活動間隔・回数に関しては不明であるが、全長が 26 km として松田式を適用すると、1 回の変位量は約 2m となる。

活動区間

断層形状を見る限り、海域と陸域に大きなギャップは認められず、変形帯の形状もよくにている。海域で得られた断層の変位速度や完新世の累積変位量も、陸域で得られている数字とほぼ同じであることから、海陸全体で同時に活動してきた可能性が高い。



函館平野西縁断層帯海域延長部の調査測線と断層分布

表1-2 函館平野西縁断層帯(海域延長部)の総括表

項目	地震調査委員会(2001)による評価(海域部*)	今回調査の結果
1. 断層帯の位置・形状		
(1) 断層帯を構成する断層	3条の断層 (海上保安庁(2000)のF1~F3断層)	F1断層、F2断層、F3断層、F4断層、F5断層、F6断層
(2) 断層帯の位置・形状		
断層の位置(両端の緯度・経度)	北端: 140°37'40. 41°47'50 南端: 140°36'35. 41°42'30	海底面の様相から副次的な断層(flexural-slip fault)も発達していると推定さ (F1断層~F4断層をつないだセグメント) 北端: 140°37'42. 41°47'44 南端: 140°37'07. 41°40'55
長さ	10 km	13 km
上端の深さ	不明	断層面上端が見えていないので不明
一般走向	N10°E	N10°E
傾斜	西傾斜	西傾斜
幅	不明	不明
(3) 断層のずれの向きと種類	逆断層	逆断層(副次的な断層を伴う)
2. 断層の過去の活動		
(1) 平均的なずれの速度	不明	鉛直成分で最大0.3mm/yr程度
(2) 過去の活動時期	不明	13,270-13,100 cal. yrBP以後に活動あり
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔	不明	不明
1回のずれの量	不明	不明
平均活動間隔	不明	不明
(4) 過去の活動区間	不明	不明

*評価報告書の図の読み取りを含む。

3. 2 青森湾西岸断層帯／主部（海域部）

調査内容

地震調査研究推進本部地震調査委員会（2004a）による長期評価及びこれまでの調査結果（電源開発株式会社，2007；産業技術総合研究所，2009a, b）を踏まえて，以下のような調査を実施した。

ブーマーを音源とする音波探査は，青森湾西部～平館海峡～津軽海峡南部の南北約50km・東西最大約10kmの海域のうち，産業技術総合研究所（2009b）および電源開発株式会社（2007）によって報告されている活断層・活褶曲の周辺および延長部と，やや深部の構造が解明されていない海域を中心に実施した。探査測線は，東西方向の主測線と，それら対比する南北測線を実施した。測線長は，シングルチャンネル探査は約199km，マルチチャンネル探査は約29kmであった。

SES2000による高分解能音波探査は，平館海峡よりも南側から青森湾内の南北約30km，東西幅約10kmの海域で実施した。主測線は，東西方向で南北約1km間隔の測線とし，構造上重要と判断した場所では測線間隔を150～500mとした。対比測線は南北方向に設定した。また，青森港沖背斜の南部付近では，柱状採泥地点選定のために測線を追加して調査を行った。測線の総数は長短含めて62測線，測線総延長は約370kmであった。

柱状採泥調査は8mおよび4mの長さコアリングチューブを用い，ウエイトは約300kgとした。C01地点では長さ5.23mと長さ4.55mのコアを，P2地点では，長さ1.62m，長さ2.05mおよび長さ2.38mのコアを採取した。採取したコアは，半割にして，肉眼で層相を観察・記載するとともに，放射性炭素同位体年代測定および火山灰分析を行った。また，2cm間隔でコア表面の帯磁率を計測した。

海域断層の位置と形状

青森湾には長さは約11kmのほぼ南北方向に伸びる青森沖背斜が発達し，後期更新世以降の地層にも変形が認められる。背斜の東翼の方が西翼より累積変位量が大きい非対称背斜であることから，西傾斜の逆断層が伏在すると考えられる。青森港沖背斜の南方には活動的な緩やかな東への傾動帯が推定され，さらにその南側の入内断層も含めて，全体として約27kmの断層帯であると判断した。

平館海峡の西岸には平館断層が知られているが，その北方及び南方延長海域で西側隆起の断層が見出され，西傾斜の逆断層と判断した。全体の長さは約30kmに達する。

青森湾西-野木和断層帯は，青森市から東津軽郡蓬田村にかけて分布する断層帯であり，長さは約16kmで，概ねN-S方向に延びている。この断層帯は，変動地形の特徴から，西側が相対的に隆起する逆断層と推定される。

平館海峡撓曲は幅約1～3kmの東側が相対的に隆起する構造で，後期更新世に成長し

ている。平館海峡に分布する長さは約 14km 以上であるが、東側の地質構造に関する情報は全く得られておらず、褶曲構造の一部を見ている可能性もあり、更なる調査が必要である。

活動時期と活動間隔

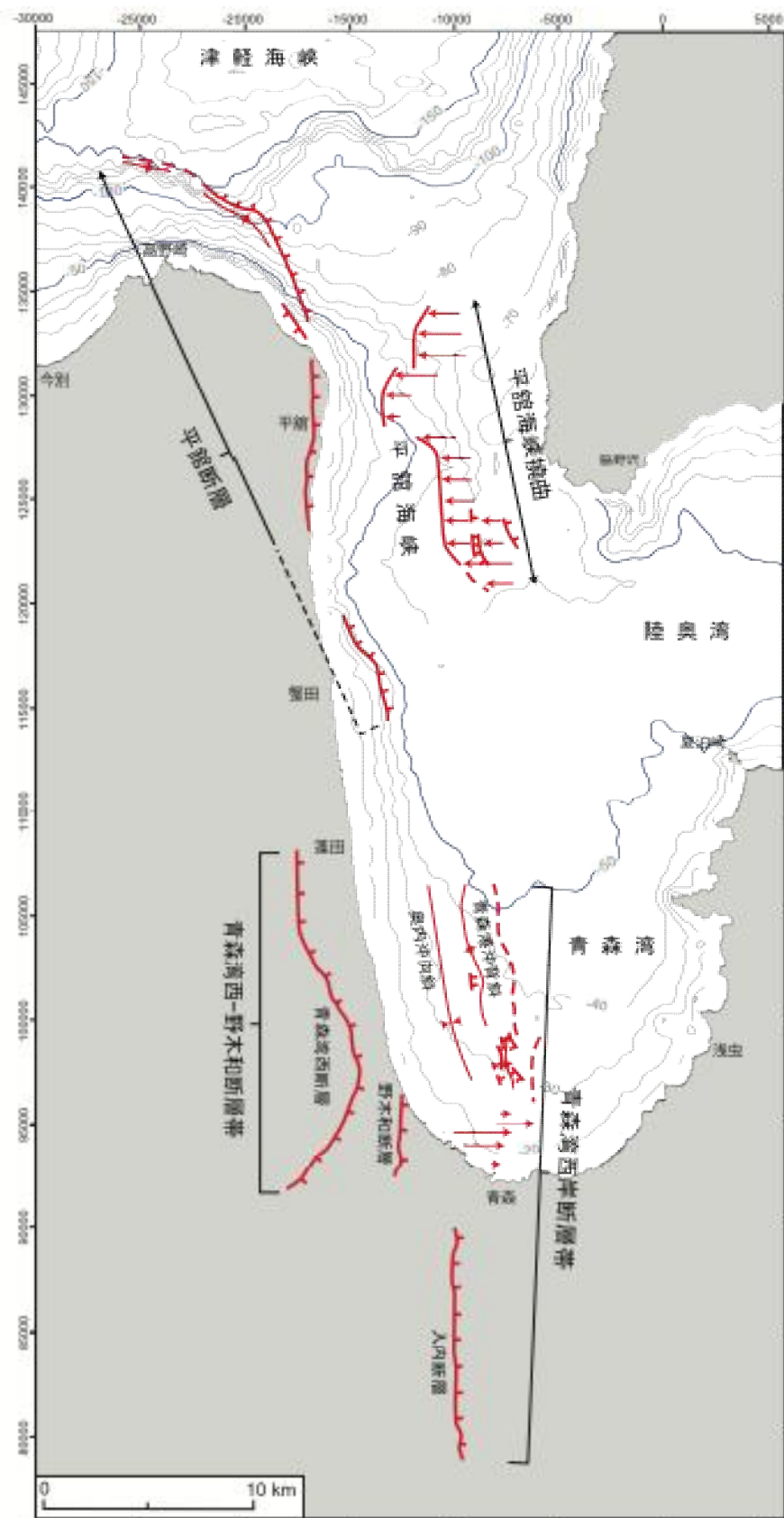
青森港沖背斜は後期更新世の地層に累積的な変形が認められるが、活動履歴を海域での調査結果のデータから確認することはできなかった。しかしながら、産業技術総合研究所が 2008 年に海岸で行ったボーリング調査の結果から、青森湾西岸断層帯の最新活動時期は約 2800 年前以後～約 1600 年前以前であった可能性が指摘できる。平館断層の南方海域部では、完新統に変形が認められたが、その年代までは特定できなかった。平館海峡撓曲帯では後期更新世の地層に累積変形が認められたが、活動履歴は不明である。

平均変位速度と 1 回の変位量

青森港沖背斜の北部東翼では、中期更新世末頃と推定される B2 層基底と後期更新世頃と推定される B1 層の基底に 20m 以上の高度差が形成されていることから、平均上下変位速度は 0.4-0.8m/千年以上と推定される。平館断層では、北西部の海域で B2 層基底に 100m 程度の高度差が生じていることが確認されたことから、下変位速度は約 0.4m/千年と推定した。平館海峡撓曲では、B1 層基底の上下変位量が 19～30m 程度と推定されたことから、その上下変位速度は 0.1～0.3m/千年程度の可能性がある。

活動区間

青森湾西岸断層帯は入内断層から青森港沖背斜までが一連の活動区間と推定した。また、従来、青森湾西岸断層帯に含まれていた野木和断層と青森湾西断層は別の断層帯と判断した。また、平館断層は海域部を合わせて一連の活動区間を持つと判断した。平館海峡撓曲は断層の傾斜方向が不明であるため、平館断層との関係は不明であるが、独立した活動を考える必要はあると考えられる。



青森湾西岸断層帯及びその周辺の活断層・活褶曲の分布

表1 青森湾西岸断層帯のまとめ。

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1 断層帯の位置・形態			
(1)断層帯を構成する断層	青森湾西断層、野木和断層、入内断層	入内断層、青森港沖背斜	青森湾西断層および野木和断層は、長さ約16kmの別の起震断層を構成している。
(2)断層帯の位置・形状	地表における断層帯の位置・形状	(北端)北緯40°59'、東経140°38' (南端)北緯40°43'、東経140°43'	
断層帯の位置(両端の緯度・経度)	長さ	約31km	
地下における断層面の位置・形状	地表での長さ・位置と同じ	(北端)北緯40°57'、東経140°44' (南端)北緯40°43'、東経140°43'	北側では、青森港沖背斜の東翼基部に伏在断層が推定される。
上層の深さ	0km	0km	変更なし。
一般走向	N20° W	N5-10° E	変更なし。
傾斜	高角度西傾斜	高角度西傾斜	変更なし。
幅	不明	不明	変更なし。
(3)断層のずれの向きと種類	西側陸起の逆断層	西側陸起の逆断層	変更なし。
2 断層の過去の活動			
(1)平均的なずれの速度	0.4-0.8m/千年程度(上下成分)	0.4-0.8m/千年(上下成分)	変更なし。
(2)過去の活動時期	不明	最新活動 約2千6百年前以後-約1千6百年前以前	
(3)1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量	2-3m程度(上下成分)	断層の長さから推定。
平均活動間隔	3千-6千年程度	約2千6百年-5千3百年	1回のずれの量と平均的なずれの速度から推定。
(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	変更された断層帯区分に、松田(1990)の基準を適用して推定。

表2 平館断層のまとめ。

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態			
(1)断層帯を構成する断層		平館断層	活断層研究会編(1981)の根岸西方の断層と、その海域延長部から構成される。
(2)断層帯の位置・形状		(北端)北緯41° 16'、東経140° 32'、 (西端)北緯41° 02'、東経140° 4'、 もしくは(南端)北緯41° 01'、東経140° 43'、 約20km以上(もしくは約30km以上)	北端部は、これよりも北西に延びる。
地表における断層帯の位置・形状		地表での長さ・位置と同じ	
断層帯の位置(両端の緯度・経度)		0km	北端部では、背斜の東翼基部に伏在断層が推定される。
長さ		N30° W(もしくはN35° W)	
地下における断層面の位置・形状		西傾斜	
上端の深さ		不明	
一般走向		西割陸起の逆断層	
傾斜			
幅			
(3)断層のずれの向きと種類			
2. 断層の過去の活動			
(1)平均的なずれの速度		0.4m/千年程度(上下成分)	
(2)過去の活動時期		不明	最終氷期最盛期より後の海面上昇期以後に活動した可能性がある。
(3)1回のずれの量と平均活動間隔			
1回のずれの量		1.5m程度以上(もしくは2m程度以上)(上下成分)	断層の長さから推定
平均活動間隔		4千年程度以上(もしくは6千年程度以上)	1回のずれ量と平均的なずれの速度から推定。
(4)過去の活動区間		断層帯全体で1区間	松田(1980)の基準を適用して推定。

表3 青森湾西-野木和断層帯のまとめ.

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態 (1)断層帯を構成する断層	青森湾西断層、野木和断層、入内断層で青森湾西断層帯を構成する。	青森湾西断層、野木和断層	入内断層は、青森湾中帯帯ととも、長さ約27kmの別の起震断層を構成している。
(2)断層帯の位置・形状 地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置(両端の緯度・経度)		(北端)北緯40° 59'、東経140° 38' (南端)北緯40° 50'、東経140° 37'	青森湾西断層と野木和断層は幅約2~4kmの断層帯を構成する。また、青森湾西断層の東約5~6kmにかけて、奥内沖向斜の西翼が分布している。
長さ		約16km	
地下における断層面の位置・形状 上端の深さ		地表での長さ・位置と同じ 0km	
一般走向		N-S	
傾斜		西傾斜	
幅		不明	
(3)断層のずれの向きと種類		西側隆起の逆断層	
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度		不明	
(2)過去の活動時期		不明	
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量 平均活動間隔		1m程度(上下成分) 不明	断層の長さから推定
(4)過去の活動区間		断層帯全体で1区間	変更された断層帯区分に、松田(1980)の基準を適用して推定。

表 4 平館海峡撓曲のまとめ。

	従来評価	今回調査を含めた結果	備考
1. 断層帯の位置・形態 (1)断層帯を構成する断層		平館海峡撓曲	幅1~3kmの撓曲帯からなる。
(2)断層帯の位置・形状 地表における断層帯の位置・形状 断層帯の位置(両端の緯度・経度) 長さ 地下における断層面の位置・形状 上端の深さ 一般走向 傾斜 幅		(北端)北緯41° 12', 東経140° 42' (南端)北緯41° 05', 東経140° 44' 約14km以上 地表での長さ・位置と同じ 0km N10° W 不明 不明	南北両端部が未調査。
(3)断層のずれの向きと種類		不明	
2. 断層の過去の活動 (1)平均的なずれの速度		0.1-0.3m/千年程度(上下成分)	
(2)過去の活動時期		不明	
(3)1回のずれの量と平均活動間隔 1回のずれの量 平均活動間隔		1m程度以上(上下成分) 4千年-1万年程度以上	断層の長さから推定 1回のずれ量と平均的なずれの速度から推定。
(4)過去の活動区間		不明	

3.3 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯／浦底－柳ヶ瀬山断層帯（海域部）

調査内容

敦賀湾において、SES2000を用い高分解能音波探査を行った。測線は断層に直交する約500m間隔の北東-南西方向を基本とし、それらに対比するために北北西-南南東方向の測線を実施した。堆積物採取の予定海域では数十m間隔の測線に沿って詳細な調査を行った。それら全ての測線長は197km程度である。

堆積物の採取は、高分解能音波探査の記録を基に、敦賀湾の中心付近の最も水深が深く、また浦底断層が明瞭な地点で、長さ8mの採泥管を装着したピストン式柱状採泥器を用いて実施した。断層の隆起側と沈降側で合わせて16コアを採取したが、隆起側・沈降側それぞれにおいて長い3コア（隆起側のUA-5、UA-7、UA-8、沈降側のDA-5、DA-6、DA-7）、合計6コアについて、肉眼観察・年代測定・火山灰分析などを行って地層の層序を明らかにし、音波探査断面との対比に基づいて、断層変位を抽出し、断層活動時期を特定した。

一方で、既存の音波探査や海上ボーリング調査の結果、トレンチ調査や地形地質調査の結果を検討すると共に、検討結果確認のための現地調査を行い、今回の結果と合わせて、本断層帯の位置・形態と過去の活動を解明した。

海域断層の位置と形状

浦底－柳ヶ瀬山断層帯は、浦底セグメント（長さ約12km）、田結・内池見セグメント（長さ約10km）、ウツロギ峠北方セグメント（長さ約11km）、ウツロギ峠・池河内・柳ヶ瀬山セグメント（約16km）から構成される。また、南越前町沖に存在する甲楽城沖セグメント（長さ約11km）も、浦底－柳ヶ瀬山断層帯の構成要素と見ることができる。全体の長さは、甲楽城沖セグメントの北西端を本断層帯の北西端とした場合には約35km、浦底セグメントの北端とした場合には約32kmとなる。

浦底セグメントはほぼ鉛直ないし高角北東傾斜、ウツロギ峠・池河内・柳ヶ瀬山セグメントの北～中部はほぼ鉛直、同南部は高角北東傾斜と考えられる。また、ウツロギ峠北方セグメントは西傾斜（逆断層）、田結・内池見セグメントは東傾斜（逆断層）である。更に、甲楽城沖セグメントは高角北東傾斜の逆断層と考えられる。

活動時期と活動間隔

浦底湾内における浦底セグメント及びウツロギ峠北方セグメントでは、K-Ah 降下層準より上位の層準に、2回の断層活動が認定された。敦賀原子力発電所付近のトレン

チ調査結果及び敦賀市手沖の田結・内池見セグメントの高分解能音波探査の結果も、K-Ah 降下後、2回活動している。トレンチ調査データからは、本断層帯の最新活動は約4500年前以降に生じたことと、約1万年前からK-Ah降下期までの約3千年間には活動は無かったことが推定された。ボーリング結果から、最新活動時期をBC2285～427ADと推測した。それ以前の活動時期については情報が得られなかった。

AT降下以降の平均上下変位速度(0.45m/千年)と1回の活動に伴う平均変位速度(2.2m)から、平均活動間隔を求めると4.9千年となる。これらのデータからは、本断層帯の平均活動間隔を約5千年(5千年±2千年程度)と見なす。

平均変位速度と1回の変位量

平均上下変位速度は0.45m/千年程度と見積もられるが、敦賀原子力発電所敷地近傍のトレンチ調査地点で得られた断層条線データから、横ずれ成分が縦ずれ成分と同等以上と判断され、2倍に達する可能性がある。従って、平均総変位速度は0.64m～1.0m/千年と計算される。

1回の上下変位量は、陸域トレンチ調査地点や海域の浦底断層で1.3m～2.3m程度となるが、最も信頼性の高いボーリング調査地点で得られた値を重視し、浦底セグメントの1回の活動に伴う上下変位量を2.2mと見なす。浦底セグメントについては、上下/縦ずれ変位と同等以上の横ずれ変位を伴うと考えられることから、ネットスリップは3.1m～4.9mに達する可能性がある。

活動区間

松田式によると、本断層帯の1回の活動によるずれの量(約3.1m及び4.9m)に対応する断層(地震セグメント)の長さは、約39km及び約62kmとなる。このことは、過去に浦底-柳ヶ瀬山断層帯が一度に活動した可能性を強く示唆し、同断層帯に隣接する活断層までが連動した可能性を示唆する。

浦底-柳ヶ瀬山断層帯と地表における距離が1kmに満たない柳ヶ瀬断層の南部ではK-Ah降下以降の活動が確認されているが、柳ヶ瀬断層北部の最新活動はK-Ah降下直前と推定され、南部よりも活動性が低いことが推定されている。これらの事実は、後期更新世頃以降、柳ヶ瀬断層北部の活動頻度が低下し、同断層南部が浦底-柳ヶ瀬山断層帯と連動する頻度が高まっている可能性を示す。さらに、柳ヶ瀬断層の南東に連なる鍛冶屋断層も、柳ヶ瀬断層南部、浦底-柳ヶ瀬山断層帯と連動した可能性がある。



1：清水源地点 2：椿原峠地点 3：椿坂地点
 4：柳ヶ谷口地点 5：丸山地点 6：秋葉地点
 活断層の位置は文献2、3、5、6及び11に基づく
 ①：断層帯の両端と屈曲点 ②：断層帯の北部・中部・南部の境界
 基図は国土地理院発行数値地図200000「金沢」「岐阜」「名古屋」

「宮津」及び「京都及大阪」を使用。



- 地質調査委員会(2009)の消志-柳ヶ瀬川断層帯の北端と南端
 - 日本原子力保安院(2010)の津原セグメントの北端とウツロ川前、池河内セグメントの南端
 - 本研究による消志-柳ヶ瀬川断層帯の端点
- 消志-柳ヶ瀬川断層帯
 - 後期更新世に活動したその他の断層
 - 中期更新世に活動した断層

浦底—柳ヶ瀬山断層帯のパラメーター（その1）

	従来評価	海域部の調査結果	海陸を合わせた調査結果
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 断層帯を構成する断層	浦底(うらぞこ)断層、ウツロギ峠(断層)、池河内断層及び柳ヶ瀬山断層	以下の形状セグメント ・浦底セグメント海城部(若狭湾内F-21、F-23-24断層、敦賀湾内F-38・40断層) ・田結・内池見セグメント海城部(敦賀湾内F-41、F-44、F-44b断層等) ・ウツロギ峠北方セグメント(敦賀湾内F-32・45断層) ・甲斐城沖セグメント(若狭湾内F-17-18、F-19、F-28断層)	以下の形状セグメント ・浦底セグメント(F-21新層、F-23-24断層、浦底断層、F-38・40断層) ・田結・内池見セグメント(F-41断層、F-44断層、F-44b断層等、田結リニアメント、内池見リニアメント) ・ウツロギ峠北方セグメント(F-32・45新層) ・ウツロギ峠・池河内・柳ヶ瀬山セグメント(ウツロギ峠断層、池河内断層、柳ヶ瀬山断層) ・甲斐城沖セグメント(F-17・18、F-19、F-28断層)
(2) 断層帯の位置・形状			
1) 地表における断層帯の位置・形状			
断層帯の位置(北端と南端)	(北端)立石岬の南(北緯35°45' 東経136°01') (南端)柳ヶ瀬山の南東約1km(北緯35°35' 東経136°11')	(北端)干飯崎の南南西約4km(北緯35°51'、東経135°56') もしくは立石岬の北北西約7km(北緯35°49'、東経135°59'、甲斐城沖セグメントを含まない場合)	(北端)干飯崎の南南西約4km(北緯35°51'、東経135°56') もしくは立石岬の北北西約7km(北緯35°49'、東経135°59'、甲斐城沖セグメントを含まない場合)
長さ	約25km	・約35kmもしくは約32km(甲斐城沖セグメントを含まない場合) ・1回のずれの量から、活動区間は40km以上に達する可能性がある	・約35kmもしくは約32km(甲斐城沖セグメントを含まない場合) ・1回のずれの量から、活動区間は40km以上に達する可能性がある
2) 地下における断層面の位置・形状	地表での位置・長さと同じ	浦底セグメントについては、海底での位置・長さとはほぼ同じ	浦底セグメントとウツロギ峠・池河内・柳ヶ瀬山セグメントについては、地表・海底での位置・長さとはほぼ同じ
上端の深さ	0km	0km	0km
一般走向	N50° W	—————	N32° WもしくはN38° W(甲斐城沖セグメントを含まない場合)
傾斜	ほぼ垂直(地表近傍)	・浦底セグメント:ほぼ鉛直 ・ウツロギ峠北方セグメント:西傾斜 ・田結・内池見セグメント海城部:東傾斜 ・甲斐城沖セグメント:北東傾斜～ほぼ鉛直	・浦底セグメントとウツロギ峠・池河内・柳ヶ瀬山セグメント:ほぼ鉛直 ・ウツロギ峠北方セグメント:西傾斜 ・田結・内池見セグメント:東傾斜 ・甲斐城沖セグメント:北東傾斜～ほぼ鉛直

浦底—柳ヶ瀬山断層帯のパラメーター（その2）

幅	約15km	約15km	約15km
(3) 断層のずれの向きと種類	左横ずれ断層	<ul style="list-style-type: none"> ・浦底セグメント: 逆断層成分を伴う左横ずれ断層 ・ウツロキ峠北方セグメントと日精・内池見セグメント海域部: バックスラスト的な性格をもつ ・甲斐城沖セグメント: 逆断層成分と左横ずれ成分を持つと推定される 	<ul style="list-style-type: none"> ・浦底セグメントとウツロキ峠・池河内・柳ヶ瀬山セグメント: 逆断層成分を伴う左横ずれ断層 ・ウツロキ峠北方セグメントと田結・内池見セグメント: バックスラスト的な性格をもつ ・甲斐城沖セグメント: 逆断層成分と左横ずれ成分を持つと推定される
2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	不明 (活動度B-C級)	<ul style="list-style-type: none"> ・上下成分: 0.45m/千年 (AT基準の12.7mの上下変位量による) ・横ずれ成分: 0.45m/千年以上 (上下成分と同等以上で、2倍(0.9m/千年)に達する可能性がある) ・ネット: 0.64/千年以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・上下成分: 0.45m/千年 (AT基準の12.7mの上下変位量による) ・横ずれ成分: 0.45m/千年以上 (上下成分と同等以上で、2倍(0.9m/千年)に達する可能性がある) ・ネット: 0.64/千年以上
(2) 過去の活動時期	不明 (本断層付近では、いくつかの被害地震の記録があるが、いずれも本断層帯の活動との関係は不明)	<ul style="list-style-type: none"> ・約7300年前のK-Ah降下後に2回 ・約1万年前-K-Ah降下時期までは顕著な上下変位を伴う活動はない 	<ul style="list-style-type: none"> ・約7300年前のK-Ah降下後に2回 ・最新計測は約4500年前以後 (既存のトレンチ調査結果による) ・約1万年前-K-Ah降下時期までは顕著な上下変位を伴う活動はない ・付近の歴史地震との関係は不明
(3) 1回のずれの量と平均活動間隔			
1) 1回のずれの量	約2m (松田の解断式から)	<ul style="list-style-type: none"> ・上下成分: 2.2m (K-Ah層基準の4.4mの上下変位量による) ・横ずれ成分: 2.2m以上 (上下成分と同等以上で、2倍(約4m)に達する可能性がある) ・ネットスリップ: 3.1m以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・上下成分: 2.2m (K-Ah層基準の4.4mの上下変位量による) ・横ずれ成分: 2.2m以上 (上下成分と同等以上で、2倍(約4m)に達する可能性がある) ・ネットスリップ: 3.1m以上
2) 平均活動間隔	不明	<ul style="list-style-type: none"> ・約5千年(5千年±2千年程度) ・ボーリング調査地点のAT以降の平均上下変位速度(0.45m/千年)と上下方向の1回のずれの量(2.2m)からは4.9千年 ・1万年前以降の活動履歴からは3千～7千年程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・約5千年(5千年±2千年程度) ・ボーリング調査地点のAT以降の平均上下変位速度(0.45m/千年)と上下方向の1回のずれの量(2.2m)からは4.9千年 ・1万年前以降の活動履歴からは3千～7千年程度
(4) 過去の活動区間	断層帯全体で1区間	—————	<ul style="list-style-type: none"> ・断層帯全体 ・1回のずれの量から、柳ヶ瀬断層南部等が本断層帯と一つの活動区間をなすか、本断層帯と連動した可能性がある

3.4 山田断層帯／郷村断層帯（海域部）

調査内容

郷村断層帯海域延長部に当たる、丹後半島付け根付近の北北西沖において、ブーマーを音源とした音波探査及びピストンコアを用いた堆積物採取を実施した。

ブーマーを音源とするマルチチャンネル音波探査は、断層に直交する東北東-西南西方向の主測線とそれらに対比するための北北西-南南東方向の測線を実施した。全測線長は 173 km (21 測線) である。加えて海上保安庁水路部 (1994) のスーパーカー記録と地質調査所 (現, 産業技術総合研究所) の実施した GH87 航海の音波探査記録とを併せて解析した。

沿岸部では基盤が露出し、音波探査による断層分布の把握が困難なため、ナローマルチビーム測深による精密な地形調査を約 6 km² の範囲で実施し、断層の海陸連続性を検討した。

柱状採泥地点は、高分解能マルチチャンネル音波探査記録で候補地を選定し、分解能の高いサブスキャン (チャープソナー) による探査を 25.5 km にわたって実施して最終的な底質採取地点を決定し、7 地点でピストンコアラーを用いて堆積物を採取した。

海域断層の位置と形状

郷村断層の北西延長海域には、同断層と同一方向の北北西 - 南南東方向に伸びる断層や褶曲構造が卓越し、一部に山田断層と同じ東西方向から東北東 - 西南西方向の走向を有するものが認められる。海岸線から約 9km 沖までは、断層と推定できる地形が認められた。その沖約 8km の間は背斜構造 (Fo1) で特徴づけられ、さらに沖では F5 断層および F6 断層がおおよそ 26km にわたって認められる。さらに産業技術総合研究所の音波探査データも解析した結果、最大で海岸から約 43km まで断層が連続すると考えられる。陸域の断層と合わせると、全長は最大で約 60km に達する。海域の断層は高角で、わずかな垂直変位を持つ。

活動時期と活動間隔

本断層は海底面の変位が残っているような最近の活動があり、その前は 29,000 年前～12,510 年前に活動した可能性がある。なお、北丹後地震時に小津波が観測されたとの資料があり、最新活動が 1927 年北丹後地震に該当する可能性がある。

本断層帯の活動間隔に関する直接的な資料は得られていないが、海域の最新の活動が 1927 年の北丹後地震であった場合は、活動間隔 12,490～29,000 年、最新活動が北丹後地震でなかった場合は、活動間隔 29,000 年以下となる。

平均変位速度と 1 回の変位量

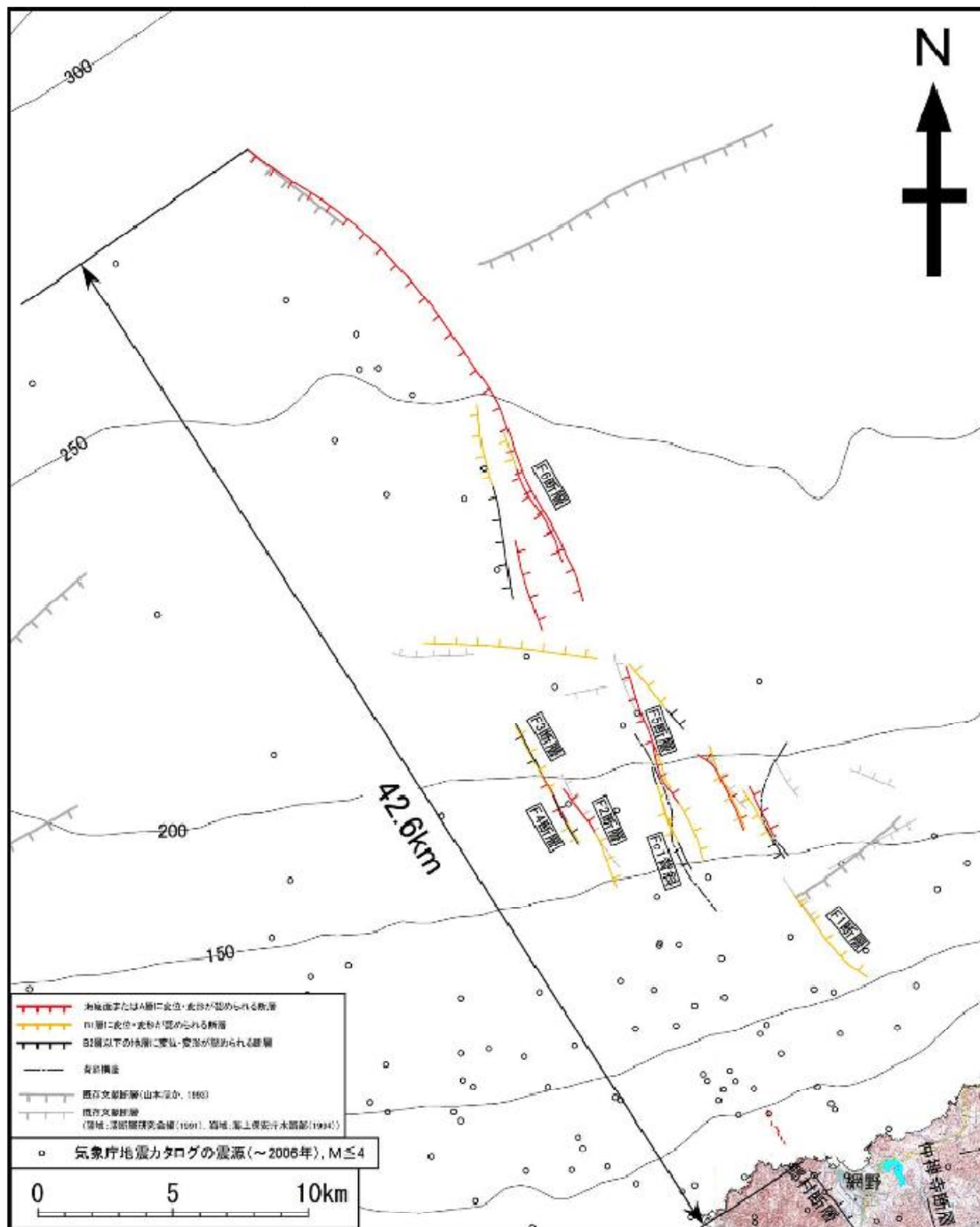
本断層帯の最新活動が 1927 年北丹後地震であった場合、上下変位速度は 0.02～0.13m/千年となる。1927 年北丹後地震時の変位量の上下成分・水平成分の比が 1 : 2 - 1 : 4 程度であったことから、平均変位速度は、0.1～0.5m/千年程度と考えられる。

本断層帯の 1 回の変位量に関する直接的資料は得られていないが、海底面の高低差と海底下の反射面の垂直変位量の比較から、各測線ごとに算出した 1 回の上下変位量は、0.5～1.6m となる。上下成分・水平成分の比が 1 : 2 - 1 : 4 程度とすると、1 回の変位量は 2～7m と推定される。

活動区間

郷村断層帯海域延長部は、海岸線からおよそ 2km 付近までは断層変位地形が認められるが、その沖約 4km は断層の存在が不明である。これは本地域が鮮新世以前の地層の露出地域であり、本調査で用いた音波探査の仕様では、発震エネルギーが十分に透過せず、断層の有無が判断できないためである。

郷村断層帯海域延長部のうち海底面に変位・変形が認められるのは、断続的ではあるが海岸線から約 30km の区間である。さらにその沖の約 13km の区間は A 層基底に変位・変形が認められていることから第四紀後期に活動があったものと考えられる。本断層帯の海域部の長さは 42.6km となる可能性があり、陸域も合わせると、活動区間は最大で約 60 km となる。



郷村断層帯海域延長部の断層分布図

郷村断層帯の断層パラメーター

項目	従来評価	海城部の調査結果
1. 断層帯の位置・形態		
(1)断層帯を構成する断層	郷村断層、丹後半島北西沖合の断層、舟押時	丹後半島北西沖合の断層
(2)断層帯の位置・形状	断層帯の位置(両端の緯度・経度) (北西端)北緯35° 51' 東経134° 54' (南東端)北緯35° 35' 東経135° 05' 長さ 約34km以上	丹後半島北西沖合の断層 (北西端)北緯36° 01' 41"、東経134° 46' 05" *1 (南東端)北緯35° 41' 54"、東経134° 59' 48" *2 約42.6km(海城部のみ) 全体では約60km
	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 N30° W 傾斜 高角度南西傾斜(地表付近) 高角度 幅 15km程度	反射断面図で得られた長さ・位置と同じ 0km N30° W 高角度北東傾斜(地表付近)*3 不明
(3)断層のずれの向きと種類	南西側隆起の成分を伴う左横ずれ断層	東側隆起の断層、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	概ね0.2-0.3m/千年程度(左横ずれ成分) 0.07m/千年(上下成分)	0.02~0.13m/千年(29,000年前以降)(上下成分)
(2)過去の活動時期	活動1(最新活動時期) 1927年(昭和2年)の北丹後地震 活動2(1つ前の活動時期) 約6千9百年前以前	活動1(最新活動時期) 約13,000年前以降(1927年北丹後地震を含む) 活動2(1つ前の活動時期) 29,000年前以降(2,510年前以前(最新活動が1927年北丹後地震の場合))
(3)1回のずれの量と平均活動間隔	1回のずれの量 3m程度(左横ずれ成分) 平均活動間隔 1万-1万5千年程度	0.5~1.6mの見かけ垂直変位量、横ずれ変位量は不明。 12,490~29,000年(最新活動が1927年北丹後地震の場合) 29,000年以下(最新活動が1927年北丹後地震ではない場合)
(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	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7.4程度以上 ずれの量 3m程度(左横ずれ成分)	断層帯全体で1区間 マグニチュード7.8程度 垂直変位量が1.5m程度
備考	*1:山本ほか(1993)に図示されていた断層帯の位置を表す。 *2:海底地形調査で確認されたリニアメントの南東端を表す。 *3:反射記録断面上での見かけの傾斜を示す。	