

沿岸海域における活断層調査

布田川-日奈久断層帯／中部・南西部（海域部）

成果報告書

平成23年5月

独立行政法人 産業技術総合研究所

財団法人 地域地盤環境研究所

学校法人 東海大学

本報告書は、文部科学省の科学技術基礎調査等委託事業による委託業務として、独立行政法人産業技術総合研究所が実施した平成22年度「沿岸海域における活断層調査」の成果を取りまとめたものです。

## 目次

1. 布田川・日奈久断層帯の概要.....	1
2. 調査内容.....	3
2.1 調査の目的.....	3
2.2 調査手法および数量.....	3
2.2.1 浅層地下構造調査（マルチチャンネル音波探査）.....	3
2.2.2 極浅層地下構造調査（シングルチャンネル音波探査）.....	4
2.2.3 海底堆積物調査.....	5
3. 調査結果.....	6
3.1 調査地点に関する情報.....	6
3.2 層序.....	6
3.3 海底地形.....	9
3.4 マルチチャンネル音波探査の結果.....	10
GSY_1 測線.....	10
GSY_3 測線.....	10
GSY_5 測線.....	10
GSY_7 測線.....	11
GSY_10 測線.....	11
GSY_15 測線.....	11
GSY_17 測線.....	12
GSY_18 測線シリーズ.....	12
GSY_X 測線シリーズ.....	12
GSY_Y 測線シリーズ.....	13
3.5 シングルチャンネル音波探査.....	14
3.5.1 EX 測線.....	14
3.5.2 L 測線.....	14
3.5.3 A 海域.....	16
3.5.4 SA1 海域.....	16
3.5.5 SA2 海域.....	17
3.5.6 SA3 海域.....	17

3.5.7 SA4 海域.....	18
3.5.8 SA5 海域.....	18
3.5.9 SA6 海域.....	19
3.5.10 SA7 海域.....	19
3.6 柱状採泥の結果.....	20
3.6.1 コアの記載.....	20
HG-1.....	20
HG-2.....	20
HG-3.....	20
HG4-2.....	20
HG7-2.....	21
HG8-2.....	21
HG9-2.....	21
3.6.2 コアの対比とイベント層準.....	21
4. まとめ.....	23
4.1 断層帯の位置及び形態.....	23
4.2 断層帯の過去の活動.....	24
4.3 陸域の断層との関係.....	26
5. 参考文献.....	27

## 1. 布田川・日奈久断層帯の概要

布田川・日奈久断層帯は、熊本県阿蘇郡長陽村から田浦町を経て八代海南部に延びる長さ約100kmの断層帯である(図 1.0.0-1)。本断層帯に沿った日奈久断層は、西南日本外帯の帯状構造及び中央構造線の延長と考えられる臼杵-八代線を切っている(九州活構造研究会編, 1989; 活断層研究会編, 1991; 斎藤ほか, 2010 など; 図 1.0.0-2)。九州における数少ない横ずれ断層のひとつである。本断層帯は、長陽村の阿蘇外輪山西側斜面から上益城郡甲佐町付近までの北東部、甲佐町付近から田浦町の御立岬付近までの中部、及び御立岬付近から八代海南部までの南西部の3つの区間に分けられている(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2002; 図 1.0.0-1)。北東部は布田川断層、中部は日奈久断層、南西部は八代海海底断層群断層を主体とする。北向山断層と布田川断層は大峰火砕丘で、布田川断層と日奈久断層は赤井火砕丘で区切られる。さらに、本断層帯南西部周辺には、水俣南方では水俣南断層群が北東-南西方向に密集し、阿久根では笠山周辺断層群がみられる。これらは八代海を取り巻くように分布することから日奈久断層の南方延長に関連する可能性があるとされている(千田ほか, 1979)。

本断層帯のずれの向きは、断層変位地形(断層沿いの尾根や小河川の右屈曲)、トレンチ調査、露頭観察結果から、右横ずれを主体とし、南東側の相対的隆起を伴うとされる。なお、一部では北西側隆起や断層が並走して小規模な地溝帯を形成している。断層は、地表における断層トレースが直線的であることと、断層露頭やトレンチ壁面で観察される断層面から、高角の北西傾斜と推定されている。

原子力発電技術機構(1996, 1997, 1998)、熊本県(1998)などの調査結果に基づく地震調査研究推進本部地震調査委員会(2002)の評価によると、北東部の平均上下変位速度については平均右横ずれ変位速度を0.2m/千年程度、平均上下変位速度を1.0m/千年以下、中部の平均右横ずれ変位速度については0.7m/千年程度、平均上下変位速度は0.2-0.5m/千年程度とした。南西部では、横ずれ変位速度を示すデータは得られておらず、上下変位速度についても、千田(1979)および熊本県(1998)でそれぞれ0.4m/千年程度、0.317-0.526m/千年との値が得られているが、南西部は全体に小規模な地溝帯を形成しており、これらの値がこの区間の上下変位速度を示しているかどうか確実ではないとして、南西部の平均変位速度を不明とした。今回対象とした中部および南西部の最新活動時期は約7千5百年前以後-約2千2百年前以前、もしくは約7千5百年前以後-約1千3百年前以前であったと推定されている。水俣から出水の沖合にかけての断層群の変位量は0.65-0.76m/千年とされている(建設省国土地理院, 1982)。

なお、本調査域では建設省国土地理院(1982, 1984)、千田ほか(1991)、原子力発電技術機

構（1996）, 熊本県（1998）, 九州電力（2008）など多くの断層調査が過去に実施されており, 多くの断層が分布していることが確認されている (図 1.0.0-3). しかし, 各断層の名称に関しては, 名称が付けられていないことから, 九州電力（2008）で報告のある断層については, 北から順に番号をつけた (図 1.0.0-4). 以下 3 章までの記述においては, この断層名を使用する.

## 2. 調査内容

### 2.1 調査の目的

前述のように、八代海では、これまでに国土地理院による沿岸海域基礎調査（1982, 1984）や千田ほか（1991）、原子力発電技術機構（1996）、熊本県（1998）などにより表層部及び深部を対象とした数多くの音波探査記録が取得されている。これらの調査結果から布田川・日奈久断層帯の延長部が八代海に連続することは明らかであるが、それぞれの結果が示す断層のトレースは、定義の違いから一致していない。また、断層の活動性については、完新世以後の活動があったことを示唆するも、断層履歴の特定には至っていない。

そこで本調査では、断層活動履歴の解明に重点を置いた。そのため、八代海における既存の調査データを参照しつつ、断層活動に伴う地層の変形形状を、ブーマー音源を用いたマルチチャンネル音波探査とさらに周波数の高い機器を用いたシングルチャンネル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の断層変形を確認した両側で、ピストンコアを用いた堆積物採取を行った。得られた堆積物は年代測定・各種分析を実施し、音波探査断面と対比して活動時期を推定した。

### 2.2 調査手法および数量

本調査では八代海南部海域において以下の調査を実施した。表 2.2.0-1 には、探査測線数および採泥地点数を示す。

1. 浅層地下構造調査（マルチチャンネル音波探査）：388 km
2. 極浅層地下構造調査（シングルチャンネル音波探査）：255 km
3. 海底堆積物調査：7 地点 合計採泥長 77.5m

以下に、各調査手法および調査概要について記述する。

#### 2.2.1 浅層地下構造調査（マルチチャンネル音波探査）

マルチチャンネル音波探査は、平成 22 年 8 月 16 日～平成 22 年 9 月 9 日にかけて、産業技術総合研究所（以下、産総研と称す）が大和探査技術株式会社に委託し、海底下の音波探査データと船位測量データを取得した。

音源にはブーマー（Applied Acoustic Engineering 社製 AA301 型）、受振器には 3.125m 間隔に 24ch のハイドロフォン組み込んだストリーマケーブル（Teledyne Technologies 社製 Mini-Streamer）を使用した。これらの機器は船尾から約 25m 後方で曳航した。発震は 1 秒間隔であったため、船速を 3 ノット（約 1.5m/sec）程度に調整し、受振点間隔（3.125m）の約半分で発震することとした。ストリーマケーブルで受信した受信波反射データは DAQ Link III（Seismic Source 社製）でデジタル収録すると共にグラフィックレコーダー（EPC Laboratories 社製 GSP-1086）に音波探査断面として描かせた。記録長は 400 ミリ秒（以下 msec）、サンプリング間隔 0.125 msec である。船位測定には DGPS（Trimble 社製 DSM232）を使用し約 100m 毎にイベントを挿入した。なお、テストにおいて 19ch に不具合が生じてい

たため 19ch を Dead とし、代わりにイベントの入力信号用とした。表 2.2.1-1 に探査仕様を示す。

上記システムを用いて、既存資料による活断層の一般走向と変形構造の特徴から、断層の一般走向に直交する（御立岬から水俣市沖までは北北西—南南東方向、水俣市沖以南では北西—南東方向）17 測線と、それらを対比するために断層の一般走向に沿った（御立岬から水俣市沖までは東北東—東南東方向、水俣市沖以南では北東—南西方向）13 測線を実施した（図 2.2.1-1）。また、断層の変形構造や変位量を詳細に検討することを目的として、上記測線のモニター記録を参考に格子状の稠密測線を設定した。測線の総延長は約 388km である。

取得されたデータは反射探査データ処理ソフト SPW（Parallel Geoscience 社製）を用いて、振幅補償、帯域周波数通過フィルター、デコンボリューションを含む一般的な CMP 重合法より処理を行い、一部のデータについては大和探査技術株式会社に再処理を依頼した。なお、時間から深度への変換は、堆積物中の音波伝搬速度を 1500m/sec と仮定して行った。

### 2.2.2 極浅層地下構造調査（シングルチャンネル音波探査）

シングルチャンネル音波探査（以下探査装置名である SES2000 称す）は、平成 22 年 8 月 2 日～平成 22 年 8 月 16 日にかけて実施した。探査ではパラメトリック音響技術を採用した高分解能音波探査装置である SES2000 地層探査システムを使用した。この方法では、精密測深と地層探査を同時に実施することが可能であり、さらに、従来の浅海用音波探査システムよりも細かいビームであるため、トランスデューサー直下の探査が可能である。また動揺補正装置（ダイナミックモーションセンサー）を用いて波浪による船の動揺（ヒープ）補正を行うことで、明瞭な記録を取得することができる。船速については良好な記録を取得するために船速を極力一定にして、データ量を増やすために低速走行に努めた。測線方向によっては潮流の影響等により船速は異なったが、概ね 2～4 ノットで航走した。調査は東海大学と沿岸海洋調査株式会社が合同で担当した。表 2.2.2-1 に探査仕様を示す。

調査を始めるに当たり、既存資料による断層分布や音波散乱層の分布域を考慮して、断層に直交する北西-南東方向を基本として A 海域、B 海域、C 海域、D 海域の範囲を候補海域として選定した（図 2.2.2-1）。A 海域は八代海北部に広がる音波散乱層の南限から既知の断層トレースの北端を包含する海域、B 海域は A 海域から南西方向に延びる 1 条の断層が 2 条、3 条と分かればじめる場所を包含する海域、C 海域は A 海域、B 海域を通りさらに南西へ連続する断層の末端部周辺、D 海域は B 海域から南東方向に分岐した断層の末端部周辺で、連続の悪い断層が密に分布する海域である。次に、選定した A～D の調査海域の極表層の堆積物中の断層の変位量や性状等の詳細を把握できるかを確認するために、NE-SW 方向に広がる調査対象海域に対する概査（断層に並行する EX 測線と主要断層に直交する L 測線）を行った。その後、概査記録を基に精査を行う海域（A 海域及び SA1 海域～SA7 海域、MA 海域の 9 海域）を設定し、それぞれ測線間隔 25～100m 前後の探査を実施した（図 2.2.2-2）。測線数は 195 本、総延長は 255km となった。内訳は表 2.2.2-2 に示す。

取得した音波探査記録の解析については、解析精度の向上を図るために本地層探査器専用の解析ソフトである ISE を使用して、水深値の潮位補正等の解析処理を行った。潮位データには九州地方整備局が提供している八代の潮位データを用いた。時間から深度への変換は、堆積物中の音波伝搬速度を 1500m/sec と仮定して行った。

### 2.2.3 海底堆積物調査

海底堆積物調査は平成 22 年 10 月 8 日～平成 22 年 10 月 29 日にかけて実施した。調査ではピストンコアリング法による柱状採泥調査である。ピストンコアリングおよびコアの観察・試料分析にあたっては（財）地域地盤環境研究所が川崎地質株式会社に委託した。なお、年代測定は株式会社地球科学研究所、火山灰分析は京都フィッシュントラック株式会社に依頼した。

ピストンコアリングに用いたコアラは、外部のステンレス鋼管の外径が 89mm、その中に塩化ビニルの内径 75mm のインナーチューブを挿入したもので、500 から 600kg の錘を積載して海底下へ差し込んだ。調査では 7 地点 11 試料、総採泥長 73.31m を採取したが、品質確保の観点から、観察・分析に使用したのは 7 試料（HG-1, HG-2, HG-3, HG4-2, HG7-2, HG8-2, HG9-2）で、その採泥長は 44.97m である。表 2.2.3-1 には各地点の採泥長を記す。

採取したピストンコアは、船上でインナーチューブを 1m 毎に切断し、ゴム製のコアキャップで両端を密封した後、ビニールフィルムで包み試料の乾燥を防いだ。室内作業では、最初に半割作業を行い、アーカイブ（保存）コアとワーキング（作業）コアに分けた。アーカイブコアでは土色測定、観察・写真撮影、軟 X 線撮影を実施し、再び密封して保管した。ワーキングコアに対しては帯磁率測定、単位体積重量測定、含水率測定、火山灰分析、放射性炭素同位体年代測定を実施した。土色測定は 10cm 間隔、帯磁率は 2cm 間隔で測定し、単位体積重量および含水率は 5 cm 間隔にサンプリングした試料を測定した。各分析試料の数量は表 2.2.3-2 に示す。

### 3. 調査結果

#### 3.1 調査地点に関する情報

マルチチャンネル音波探査測線，SES2000 探査測線，柱状採泥地点の位置を図 3.1.0-1 に示す。音波探査測線は，事前に，既存資料に示されている活断層の分布に基づいて，完新統における断層変位の累積が捉えられると予想される北部セグメントに測線を集中させた。特に，SES2000 では，断層構造やそれに付随する構造の空間的な広がり，変化を追跡できるよう，海域を絞って稠密な探査を行った。一方で，マルチチャンネル音波探査測線は活断層の全容も捉えられるよう，陸上の活断層の最南端である御立岬以南の海域を網羅的に展開した。

柱状採泥位置は，既往の文献資料と本調査の SES2000 探査結果に基づいて選定した。すなわち，SES2000 探査結果において，明瞭に断層構造が確認された地点を挟んで掘削地点を計画した。計画では八代海海底断層群の分布が収斂する北東側で HG-7 から HG-9（SES 測線 A-10）を，海底地形において変位が直線的にみられる箇所を中心に HG-1 から HG-7（SES 測線 L-9）を設定した。これらの地点が掘削できなかったことに備えて予備地点として HG-10 から HG-12（SES 測線 L-13）も設定した。しかし，実際に採取できた地点は HG-1～HG-4，HG-7～HG-9 の 7 地点である。

#### 3.2 層序

本調査域における既存の層序区分としては，九州電力（2008）が示す層序区分と建設省国土地理院（1982）がある。九州電力（2008）は，シングルチャンネルやマルチチャンネルの音波探査記録の解析結果より，現世から新第三紀までを 11 つの層に区分し，第四紀後期更新世の B<sub>2-2</sub>層を鍵層としている。一方，建設省国土地理院（1982）は，本調査海域の層序を 6 つに区分している。本調査では，これらの層序と調査海域の海水準変動（有明海研究グループ，1965）を踏まえ，当該海域における音響層序を A1，A2，B1，B2，B3，D1，D2，E の 8 層に区分した（表 3.2.0-1）。また，SES2000 の反射断面では，本調査の A1 層および A2 層，九州電力（2008）の A1 層，建設省国土地理院（1982）の A2 層および A1 層が観察できる。上位より第 I 層，II 層，III 層，IV 層と区分した。

##### 1) A1 層（第 I 層）

A1 層は，調査海域における最上部層であり，ほぼ全域に認められる。砂堆が分布するところでは，斜交層理を示す反射パターンがみられるが，それ以外では基本的に内部反射に乏しい。層厚は 3～15m へと激しく変化し，八代海東縁側付近においては最大で 15m 程度の厚さが確認されるが，南西に向かうにつれてその厚さは減じる傾向が確認される。これらは各河川から供給される現世堆積物であると推定される。また，本層は音波散乱層を内在することが確認されている。

##### 2) A2 層（第 II 層）

A2層はA1層直下に分布する層で、平行に連続する50cm未満の間隔の内部反射の発達で特徴付けられる。田浦沖など、砂堆が発達するところでは、浸食面が明瞭に見られ上位の(A1層)第I層とは不整合で接する。明瞭な成層構造が発達した堆積物で、浅海域あるいは、第四紀後半での海水準の上昇時における堆積物と考えられる。本層中に挟在する強反射面は火山灰やその再堆積層と推定される。

### 3) B1層(第III層)

やや連続性に欠ける反射面を有する層で下位層とは明瞭な不整合で接する。SES2000では、反射パターンとして白く抜ける透明層である。本層から得られた柱状試料には、ヤマトシジミの貝殻を含む腐食土(ピート)が採取されていることから、浅海域および閉鎖性の汽水域に堆積したものと考えられる。

### 4) B2層(第IV層)

本層は広域に分布し、SES2000の断面では音響基盤として認識される。上面は起伏に富んだ浸食面の様相を呈する強反射面で、マルチチャンネル音波探査断面では内部に縞状～波状の反射パターンが認められる。SES2000探査断面では、内部の深部に淡い不明瞭な反射面が局地的に見られる。本層は九州電力(2008)のB1層に対比される。

B2層上面は下位の層とは明瞭な不整合面を形成している。このことから、反射面は第四紀後半の海面低下期における地表地形を示すものと考えられる。この浸食面が、アレレード期の基底(完新統-更新統境界(約1万年前))を示すものであるか、ウルム氷期極相期(約1.8万年)の基底を示すものなのかは、音波探査記録の解析では判断できない。直接試料である熊本県(1998)の柱状試料結果では、B2層上面の年代を15800±70年(暦年補正すると約1万9千年)、九州電力(2008)は後期更新世、建設省国土地理院(1982)は1万年前以後としており、一致した年代解釈は得られていない。

本調査のピストンコアリングにおいて、本層上面付近にAT火山ガラス(26-29 ka; 町田・新井, 1992)が豊富に産出する傾向にある(ガラス含有率も高い)。しかし、ほぼ同じ層準におけるC14年代は1万年前程度と比較的若い年代を示す。このように、本層上面の浸食面の年代決定には、さらなる年代測定(下位層を含めた連続的な試料採取)が望ましいが、本報告においては、本層上面をウルム氷期極相期(約1.8万年)の基底とみなし、後述する断層の変位量をこの時間面を基準として記載する。

### 5) B3層

B3層は調査海域のほぼ全域に分布し、上面と基底面に強い反射面を有する。また、これとは対照的に内部は白く抜ける反射パターンを示す。また、一部海域には本層中に強い反射面が発達する。本層は、内部反射が弱いことからAso-4火砕流堆積物(85-90 ka; 町田・新井, 1992)に対比され、その層厚は概して15m内外であるが、出水市沖合など八代海南部では、

5m 程度と薄くなる.

5) D1 層

上面に小起伏の強反射面が認められる. この上面は断層周辺を除いて, 非常に平坦であるが, 獅子島周辺などでは海釜状の起伏も認められる. 内部反射は B3 層と類似する.

6) D2 層

E 層の上位に不整合関係で累重する. 上位層との境界は明瞭な反射面によって境され, 上面には細かな起伏がある. 内部は縞状～波状の反射パターンを示す. Aso-4 以前の堆積物に対比されるものと思われる.

7) E 層

調査地域のブーマー音源に対する音響基盤と考えられる層で, 反射面の上面は大きな双曲線を示すが, 上位層との区分は難しいところがある.

### 3.3 海底地形

八代海は天草諸島と八代平野・九州山地に挟まれた八代海は、東西約 15km 南北約 70km の北北東—南南西方向の細長い内海である。水深は概ね 50m 以浅であり、比較的平坦ではあるが、八代海西縁（特に樋島～獅子島の東岸）には海底水道や瀬戸からの潮流による砂堆、海釜が発達するなど起伏に富んでいる。八代海北部（三角から田浦、天草上島）は球磨川が形成する三角州が発達し、-20m 以浅の浅海が広がる。これより南では海底面は緩やかに八代海中央に向かって傾斜し、調査域である八代海中央部～南部では海岸線付近の斜面部と海域中央部の平坦面に大別される（図 3.3.0-1）。海岸線から中央の平坦面に至る斜面は、その東側と西側で傾斜は異なり、東側の斜面の一部は獅子島等の露岩域や瀬の周辺では、急峻かつ複雑な海底地形を形成するが、水深 10m～30m の斜面は、10/1,000 程度の緩斜面である。一方、八代海西縁を限る御所浦島をはじめとする天草諸島の西側では水深 10m～40m の斜面は、100/1,000 程度の急斜面を形成している。平坦地形は、水深 30m～50m 面であり、北北東-南南西方向に延びる。

この平坦な地形は、海水準変動の過程で平坦化された台地面を層厚 5～20m 程度の完新世堆積物が被覆した堆積性の平坦面と考えられている（建設省国土地理院，1982）。SES2000 概査からは本海域の水深は、南東部（九州本土側）から北西に向かって徐々に深くなり、最大水深は約 54m に達する。地形は南東部の方が急傾斜で、陸から続く斜面は浅い所は水深 29m 前後であるが、一部に 40m を超える狭い凹地がみられる（図 3.3.0-2）。また、水深 36m 前後で傾斜が変わり、その後は水深約 46m まで緩斜面が続くが、それ以深には北東—南西方向に延びる凹地が見られる。凹地は南西方向に向かって徐々に幅が広がっている。図 3.3.0-3 では、この凹地が直線的に分布し、その南東側では開析された台地が発達している。これらの地形は、断層トレースとの一致から、潮流などの作用に加え、八代海海底活断層群の活動によって形成されたと考えられる。

### 3.4 マルチチャンネル音波探査の結果

マルチチャンネル音波探査の結果，八代海には九州電力（2008）で示されたように非常に多くの断層が存在することが再確認された。これらの断層の大部分は北東-南西～北北東-南南西走向を示している。多くは正断層であり，複数の断層によりネガティブフラワー構造を示すものが多い。これらの断層はいずれも Aso-4 火砕流堆積物相当の B3 層に変位を与えている。

代表的な断面について，以下に各断面の特徴を詳述する。位置は断面上部に示された CMP 番号を用いて記述する。

#### GSY\_1 測線

GSY\_1 測線は，本調査における最北端の測線で，八代海海底活断層群の北端部の状況を把握することを目的に設定した。図 3.4.1-1 では，B2 層および B3 層反射面の不連続と撓み下がる地質構造から，CMP1750-1800 付近に断層が認定される。この断層による変位は，A2 層の内部反射面に撓みとして表現されている（図 3.4.1-1c）ことから，A2 層堆積中に断層活動が起きたことを示唆する。また，内部反射面は下位ほど撓み込みが大きく，その程度の違いから，A2 層堆積中に 2 回の断層活動が推定される。すなわち A2'層堆積後と A2''層堆積後である。この断層は御立岬から北西へ約 2km に位置する。

#### GSY\_3 測線

GSY\_3 測線は，熊本県（1996）の精査範囲の南端で，白神岩周辺に分布する複数の断層が途切れる位置にあたる。図 3.4.1-2 では，CMP2000-1800 において下方への引きずり変形を伴う 2 条の活断層（FA-6a と FA-6）と両者に副次的な断層が認められる。このうち南東側の断層は，既知の FA-6 の位置にほぼ一致する。両断層面の傾斜はほぼ垂直で FA-6a 断層西側の地層には，下方への引きずり変形を伴う。この変形は後述の GSY\_18d，GSY\_18a 断面とよく似ている。また海底面にも地層変形と調和的な起伏が認められることから，本断層がごく最近に活動し，断層変位は海底面まで達したと推定される。しかし，調査海域は沿岸部を除いて堆積作用に乏しいため（FA-6 断層周辺は B1 層上面がほぼ海底直下にあり，完新統の分布は薄い），B1 層堆積後の活動の痕跡が残されている可能性も否定できないが，少なくとも，B1 層堆積後に活動があったと示唆される。B1 層上面における F2 断層の断層上下変位量（断層を挟んで B1 層上面の食い違い量を上下変位と読んだ）はおおよそ 2m である。

#### GSY\_5 測線

GSY\_5 測線は，北北東-南南西方向の測線で，北部の分岐断層（FA-6～FA8）や連続性のない断層（FA-18～FA-22）に伴う変形構造を捉えている（図 3.4.1-3）。FA-7 断層は付随する 2 条の断層（FA-6，FA-8 断層とは異なるもの）と下へ落ち込むフラワー構造を形成している。このうち最も北西に位置する断層は強反射面で表現される層準 HG-a において，約 2m

の上下変位が認められる。反射面層準 HG5-a はピストンコアリング HG-1 の結果から、K-Ah よりも若い層準であることが明らかである。また、層準 HG5-a は FA-8, FA-6 断層によって上下に約 1m 変位している。

FA-20 と FA-21 断層は北西落ちの断層で A1 層中の内部反射にも認められる。なお FA-20 は海底面にも変位がおよんでいる。FA-21 断層は最上位にある海底面には変位が認められない。その強反射面である層準 a は FA20 による変位も受けている。FA-7~FA-20 断層の間では地層が背斜状に隆起しており、下位ほど大きく変形している。その様子から、FA-7 断層は南東傾斜、FA-20 は北西傾斜であると推定される。

#### GSY\_7 測線

GSY\_7 測線は、北北東-南南西方向の測線で、FA-6 断層やその分岐断層のほか、津奈木沖の地溝や背斜構造を伴う FA-22~FA-25 断層群を横断する。図 3.4.1-4 には、D1 層の連続を絶つ断層が多数確認される。CMP4500~4050, CMP2550~2250 には正断層が密に発達し、明瞭なネガティブフラワー構造を形成する。FA-22 断層では海底も変位している。D1 層上面の累積変位量は FA-7 断層で最も大きく、約 14m である。GSY\_5 断面ほど明瞭ではないが、CMP1600 付近は背斜状に高まっている。

#### GSY\_10 測線

GSY\_10 測線はこれまでの報告で断層の連続性が絶たれる区間を通る。図 3.4.1-5 の CMP4100 付近には B2 層を変位させる断層が認められる。この断層はやや南東へ傾斜し、FA-7 断層の延長に位置する FA-10 にほぼ一致する。CMP3000~2000 には 5 条ほど、B2 層以下の反射面が系統的に屈曲する箇所がある。この特徴は縦ずれが顕著ではないものの、断層活動に伴うロート状の引きずり変形が累積した構造であると判断される。このうち CMP2800, 2350 付近の断層には A2 層にも変位がおよんでいる。また、この断面では CMP1200, 300 にも断層が認められる。これらの断層の上下変位はわずかであるが、断層が密に分布する CMP3000~1200 にかけては、地層の背斜状に高まりを形成するなど、この付近を境界に、前述の FA-22 断層を含む断層系とは異なる断層構造へと移り変わっていると判断される。

#### GSY\_15 測線

GSY\_15 測線は、既存資料（九州電力、2008）において多数の断層（FC 断層群、FB 断層群）が認められている水俣~出水市西方沖~獅子島を結ぶ測線である。海底は起伏が少なく、西へ緩く傾いている。FC 断層群は、ほぼ垂直な断層面を有し、後期更新統以下の地層を階段状に落ち込む地質構造を形成している。また、更新統中の変位の累積が明瞭な活断層である。図 3.4.1-6 では、反射面の傾斜の変化や不連続から判断される断層が CMP2700-4000 と CMP5200-6600 に密に分布している様子が捉えられている。このような断層の集中するとこ

ろでは、緩やかではあるが B2 層以下の地層が背斜状に高まっている。このうち CMP2700-4000 の背斜状隆起は GSY\_10 で認められた構造の南西延長にあたる。これらの断層に伴う上下変位量は、D1 層上面では概ね 2~5m、B3 層上面では概ね 1~3m 程度である。

一方、[図 3.4.1-6](#) の CMP350, 550 には南西落ちを示す断層が、CMP1200, 1600 付近には北西落ちの断層が認められる。これらの断層のうち、CMP1200-1600 の断層は既知の FB-8 断層、FB-9 断層に一致する。これらの断層に伴う上下変位量は B3 層上面で 1~4m 程度、である。

#### GSY\_17 測線

GSY\_17 測線は、本調査最南端に位置し、黒ノ瀬戸方向へ延びる FD-1 断層、FC-27、FB-46、FC-24 断層などを横断する。これらの断層は海底面や完新統には変位が認められないが、中期~後期更新統を変位させる断層とされている(九州電力, 2008; YA-13,14 測線)。[図 3.4.1-7](#) では、反射面の不連続、撓みなどから判断される断層が 5 条認められる。この断層は FC-この付近では、海底地形図からも明らかなように、海底に基盤岩類が露出し、完新統は薄く、欠いている所も少なくない。そのため、完新世の活動を示す層準を特定することは困難である。CMP4210 の断層には、A2 層中にもわずかな傾斜変換が認められる。CMP4210 の断層は既知の FB-46 断層に連続するものと推定される。B 層上面は、CMP1800 以東において緩やかに上方へ凸の形態を示す。この断層に伴う上下変位量は A2 層上面で約 1m 程度と推定されるが、下位層については顕著ではないがため不明である。GSY\_16 断面では、D1 層上面に ~7m の上下変位が認められる。

#### GSY\_18 測線シリーズ

GSY\_18 測線は、先行して実施された SES2000 調査 (A10 測線) において、明瞭な断層構造が確認された測線に合わせて計測を行ったものである。ピストンコアリングもこの測線上で実施した。[図 3.4.1-8](#) の GSY\_18a では、断層 (FA-6 断層) 近傍に向かって引きずり下がる変形が顕著である。この変位をもたらす断層の厳密な位置は音波散乱層の影響で不明瞭ではあるが、反射面の途切れるところを根拠とすると、断層は CMP630 付近にあり、やや北西傾斜を示す。ここでの上下変位量は B2 層上面で 5m、B3 層上面で 8m である。また、この断層の活動は A2 層中の層準 HG18a とした浸食面以前に活動があったことは、B1 層、B2 層の食い違いから明らかである。さらにこの浸食面を含める上位の地層や海底面にも約 1.5m の北西落ちの上下変位が認められる。層準 HG18a の形成はピストンコア試料との対比から、1680±40 yrBP (1700-1520cal. yrBP ; AD 250-430) 以後と推定されることから、それ以後に本断層による活動があった可能性が高い。

#### GSY\_X 測線シリーズ

[図 3.4.1-9](#) では X1 測線と X2 測線で地層の変形形態が変化しているように見受けられる。

X2~X6 測線を通じて FA-6a 断層から FA-7 が顕現すると共に地溝が広がっていく様子を捉えている。FA-6a, 断層はほぼ垂直かやや北西傾斜, FA-7 はやや南東傾斜を示す。断層面両側の地層にはロート状の引きずり変形が生じ, 地溝内の地層は X3 測線や X4 測線では, 南東への傾斜, X5 測線や X6 測線ではやや下へ凸の変形が確認される。

#### GSY\_Y 測線シリーズ

GSY\_Y 測線シリーズでは, GSY\_7 測線で認められた FA-22 断層系のフラワー構造と, FA-6 断層系が近接する場所にあたる。図 3.4.1-10 では FA-22 断層系のフラワー構造を捉えたものとも東寄りに位置する GSY\_1 ではネガティブフラワー構造が顕著であるが, 約 500m 西方の GSY\_2 測線では, フラワー構造両縁の断層を除いて, その存在を確認することができない。GSY\_3 以西の 3 測線 (GSY\_3~GSY\_5) では, それまで北西落ちを示していた地層の変位が, 南東落ちへと逆転している。GSY\_4, GSY\_5 では, FA-6 断層系の延長 (GSY\_4 の CMP250-700, GSY\_5 の CMP700-250) にネガティブフラワー構造が認められる。海底面は, これらの変位と調和的な起伏が認められ, B1 層堆積後に活動したことが示唆される。

マルチチャンネル音波探査の結果を基に, 断層の連続性や変位の特徴のほか, 断層変位によって形成された背斜・向斜構造の連続性から, 調査地域の活断層を大きく 4 つの断層群に区分した。本報告では, これらを田浦・津奈木沖断層群, 獅子島東方沖断層群, 水俣沖断層群, 出水沖断層群と称し, 4. まとめに説明を記述する。

### 3.5 シングルチャンネル音波探査

SES2000 探査では、高密度に測線を設定し観測したことにより、これまで確認できなかった極表層部の断層分布は、連続性を示すものだけでなく、断続的に分布し雁行状配列を示すことが確認された（図 3.5.0-1）。海域北側の A 海域では、FA-6 断層で水平ずれ断層に伴う地層の引きずり込み現象が明瞭に確認され、この断層に直交する新たな断層系を確認した。これらの断層間の反射面の形状は馬の背状に上方へと湾曲し、凸状地塊として記録では表現されている。このような凸状地塊は調査範囲内で局地的に認められる。海域中部域の主断層から枝分かれ断層が発達する SA3 海域では、主要断層に挟まれる南側の地域で、両側を細かい断層で区切られた凸状地塊が発達することが明らかになった。

また、調査海域全域を通してみた場合、上下変位量は SA3 海域の FA-6 断層が最も大きく、南方（SA-5, SA-7 海域）に向かい変位量は小さくなる傾向が認められた。各海域における上下変位量は、おおよそ調査域北部の A 海域の FA-6 断層では 3.6m であり、値はばらつきがあるものの、海域北端に向かい変位量が増加する傾向がみられる。最大値は海域中央部の 4.6m であった。以下では、各海域の特徴を代表的な断面をあげて詳述する。

#### 3.5.1 EX 測線

EX 測線は、既存の断層方向（北東-南西方向）に沿って、A 海域からセグメント B の北側北縁部にかけての調査範囲内を縦断する方向に設定した測線であり、主に表層部の底質判別のために調査を実施した（図 2.2.2-1）。各測線の測線図を図 3.5.1-1 に示し、代表的な記録例として EX-1 測線と EX-6 測線の音波探査記録を図 3.5.1-2、図 3.5.1-3 に示す。

EX-1 測線では、表層堆積物中にみられる内部反射面は、北部ほど明瞭で海底下 12m 程度まで確認できるが、南西にいくにしたがい上部の堆積物は厚くなり、下部に反射面の連続は確認できるものの、淡い記録へと変化している（図 3.5.1-2）。

EX-6 測線では、東側では反射面が淡く表現されるが、西側へむかい不明瞭な反射へと変化する様子が確認でき、西側は内部反射がほとんど認められない無層理な記録となる（図 3.5.1-3）。

#### 3.5.2 L 測線

L 測線は、広域な調査範囲の地質構造を効率よく把握するために実施した概査の測線であり、断層に直交する測線である。測線図を図 3.5.2-1 に示し、代表的な記録例として測線 L-16、測線 L-13、測線 L-12、測線 L-9、測線 L-0 の音波探査記録を図 3.5.2-2、図 3.5.2-3 に示す。

L-16 測線（図 3.5.2-2a）は、A 海域から連続する主断層が分岐する北側の測線である。500m 地点が FA-6 の断層部であり、海底面には崖と凹地が見られる。表層堆積物の厚さは記録の北西側（記録左）と断層周辺部では約 4m であるが、南東方向（記録右）の陸側に向かい次

第に厚くなり、3000m 地点では約 15m に達している。また、沿岸域（記録右）の 3000m～3500m 地点には音波散乱層が分布しており、海底下約 5m より下位の情報は不明瞭である。断層周辺部から 1800m 地点にかけて、海底下 3m～4m 付近に表面に起伏のある強い反射面が認められる。この反射面は、1800m 地点から南東方向（記録右）の陸側に向かい表層堆積物が厚くなるに従い次第に淡い反射となるものの、連続性が良く沿岸域（記録右）に分布する散乱層まで反射面が続いている。これより下位は音響基盤面とした。

測線 L-13（[図 3.5.2-2b](#)）は断層の分岐部にあたり、記録の約 500m と 3000m 地点の海底面が凹地として表現されており、その海底下の反射面に変位が認められる。記録左の 500m 地点が FA-6,FA-7 の断層部であり、測線 L-16 では見られなかった南東落ちの断層である FA-7 が確認できる。

測線 L-12（[図 3.5.2-2c](#)）は断層の分岐部にあたり、記録左の 500m 地点が FA-6,FA-7 の断層部であり、さらに FA-7 断層の変位が顕著に見て取れる。また記録中央の 2500m 地点において FA-20 の断層部を示す反射面の変位が認められる。この断層と北西部（記録左）の主要断層間（500m～2500m 地点）では、内部反射面が上方に向かい大きく湾曲（馬の背状）しているように表現されている。この現象は、さらに南の測線である測線 L-9（[図 3.5.2-3a](#)）の記録の 1500m～3000m 地点にかけて顕著となり、海底面までそれによる変形が認められる。

L-0 の測線（[図 3.5.2-3b](#)）は、調査城南西部の測線である。海底下約 8m まで反射面を確認することができ、多くの断層による変位も確認できるが、全体的に内部反射は不鮮明である。

### 3.5.3 A 海域

A 海域の調査測線図を [図 3.5.3-1](#) に、本海域の代表的な記録を [図 3.5.3-2](#) および [図 3.5.3-3](#) に示す。北側の A-15 測線 ([図 3.5.3-2a](#)) では FA-6 の断層部に音波散乱層が分布しているためその形態は不明であるが、それより南の記録には断層とその活動により、北西側の堆積物中の内部反射は横ずれ成分が卓越する断層の特徴である断層に向かって深部へと引き込まれる形状を示す。この現象が顕著に表現されている記録が調査域の中央の A-11 測線 ([図 3.5.3-2b](#))、A-9 測線 ([図 3.5.3-2c](#)) であり、南に向かうにつれて不明瞭となる。それに対して断層部直上の海底面の形状は、北側の記録では起伏はあまり認められないが、南に向かい地形変換点が顕著になり、A-1 測線 ([図 3.5.3-2d](#)) では断層部に小規模な崖状地形が形成されている。

主断層に直交する断層が確認できる代表的な記録を [図 3.5.3-3](#) に示す。記録は主断層が横ずれ成分が卓越していることを考慮して設定した既存の FA-6 断層に並走する測線の記録である。A-DL2 測線 ([図 3.5.3-3a](#)) と A-DL4 測線 ([図 3.5.3-3b](#)) の記録では、記録の中央部より左側の海域において、ほぼ同じ間隔で主断層 (FA-5) に向かう階段状の断層が確認された (記録 赤線部)。各断層間の反射面の形状は上方に向かい馬の背状に湾曲しており、南西側のものほどその傾向は顕著であるが、北東に向かい頂部が平坦となる。

測線 A-DL6 ([図 3.5.3-3c](#)) と測線 A-DL7 ([図 3.5.3-3d](#)) の記録は、主断層 (FA-6) の南東側 (陸側) の記録であるが、上記断層および隆起部に連続するように、断層とその間の上方に向かい馬の背状に湾曲する内部反射面の隆起部が認められる (図中④,⑥)。

記録の解析結果より抽出した断層および各断層間の音響基盤の隆起部の平面分布を [図 3.5.3-4](#) に示す。今回の調査により、主断層である FA-6 断層は、北側の測線では音波散乱層によって不明となるが、表層部では北東にその分布が約 400m 延長されることが確認された。FA-3 断層および FA-4 断層に対応する断層に関しては、表層部では顕著な断層は認められない。また、これまでの調査結果では確認されていない主断層に直交する新規の断層の分布が確認された。記録から認められる断層の垂直方向の変位量は、調査域中央部で音響基盤でもある反射面 III に約 3m の変位が読み取れる。

### 3.5.4 SA1 海域

SA1 海域は、既存の断層分布によれば、主要断層 (FA-6, 7, 8) が分岐した後に断層の走行が大きく変化し広がっていく海域である ([図 3.5.4-1](#))。本域の代表的な記録を [図 3.5.4-2](#) に示す。[図 3.5.4-2](#) の記録左側には南東落ちの断層である FA-7 断層が、記録中央と右側に北西落ちの FA-8, 6 断層がそれぞれ認められ、断層の連続性が確認できる。断層部直上の海底面の形状は、記録中央の FA-8 断層では変化は認められないが、記録両側の断層部にはそれぞれ地形変換点が存在し、この間では小規模な凹状地形を形成する。

録から読み取れる断層の垂直方向の変位量は、最も顕著に確認できるのが FA-6 断層で、音響基盤でもある反射面 III に約 2~4m の変位が読み取れる。中央の FA-8 の変位量は約 0.5

～2.5m であり，FA-7 断層は断層の北東側の内部反射面が不明瞭なため変位量は不確かだが約 1～3m である。

記録から抽出した断層の位置を図 3.5.4-3 に示す。FA-7,6 断層は連続性が認められるが，FA-8 断層は表層部では連続性は乏しく，雁行状もしくは不規則に分布している可能性がある。

### 3.5.5 SA2 海域

SA2 海域は，主要断層部より南東側に位置する FA-20 断層を対象として，L 測線（概査）の記録をもとに調査範囲を設定したものである（図 3.5.5-1）。主要断層周辺域の断層が，表層部でどのような形態を示すのかを確認するために，既存の断層分布に直交する北西-南東方向を原則として調査を実施した。本域の代表的な記録を図 3.5.5-2 に示す。図 3.5.5-2 の記録の中央から左側には，北西落ちの断層である FA-20 断層が認められ，断層の連続性が確認できる。断層部直上の海底面には，断層部を境にして，わずかであるが北西側に傾斜する地形変換点が存在する。本断層は，断層の北西側堆積物中の内部反射が断層に向かい傾斜していることから，横ずれ成分を伴う断層の活動が予想される。

記録から読み取れる断層の垂直方向の変位量は，音響基盤でもある反射面 III に約 2～3m の変位が確認される。また，本域ではそれより下位の反射面にも変位が認められ，下位ほど変位量が大いことから変位の累積性が認められる。

記録から抽出した断層の位置を図 3.5.5-3 に示す。断層は連続性が認められ，ほぼ既存断層と同様な分布を示す。主要断層部より南東側に位置する SA2 海域（図 3.5.5-3）に分布する FA-20 断層（NE-SW 方向）の平均変位量は，2.3m であった。変位量では側方方向への変化は見られなかった。

### 3.5.6 SA3 海域

SA3 海域は，A 海域から連続する主断層（FA-6）が，FA-7，FA-8 断層へと枝分かれする分岐部にあたる（図 3.5.6-1）。本域の代表的な記録を図 3.5.6-2，図 3.5.6-3 に示す。SA-3 海域の北東寄りの測線 SA3-34 の記録（図 3.5.6-2a）には，中央部に FA-6 断層が単独に存在し FA-7 断層の存在は不明確であるが，海域中央部の測線（SA3-24；図 3.5.6-2b）では FA-7 断層の存在が明確となり，さらに海域南西側の測線（SA3-8；図 3.5.6-2c）では顕著となり，二つの断層によって小規模な地溝が形成される過程が読み取れる。断層部直上の海底面の形状は，それぞれの断層の形状に対応して，断層部の地形変化は南東から北西に向かって顕著になる。

記録から認められる断層の垂直方向の変位量は，音響基盤でもある反射面 III に FA-6 断層で約 1.5～9m，FA-7 断層で約 2～7m，FA-18 断層で約 1.5～4.5m の変位が確認される。本海域に分布する断層は，南西部でさらに FA-8 に分岐する。この分岐部の代表的な記録例を図 3.5.6-3 に示す。分岐部は複雑であり，FA-6 断層から FA-18 断層の各断層の間の反射面の

形状には、上方に向かい馬の背状に湾曲する音響基盤の隆起部が徐々に発達する過程が読み取れる。これらの各断層間の音響基盤の隆起部に①～⑤の番号を付け平面図に表現したものを図 3.5.6-4a に示す。また調査域全域の記録から抽出した断層の位置を図 3.5.6-4b に示す。

SA3 海域では、NE-SW 方向を呈する FA-6 断層が分岐している（FA-7 断層，FA-8 断層に枝分かれする；図 3.5.6-4b）。SA3 海域の反射面 III での平均変位量は、FA-6 断層で 4.6m，FA-7 断層で 4.1m，FA-18 断層では 2.3m であった。FA-6,7 断層では南西に向かい変位量が増す（1.9m から 5.0m）傾向が観察された。

### 3.5.7 SA4 海域

SA4 海域は、主要断層（FA-7，FA-8）の南西側末端部にあたり、既存の断層分布に直交する北西-南東方向の測線（図 3.5.7-1）を原則として調査を実施した。本域の代表的な記録を図 3.5.7-2 に示す。図 3.5.7-2 では表層部の底質（細粒砂）を反映して、堆積物中の反射面は全体的に淡い反射として表現されている。記録の北西側（左側）には南西落ちの FA-7 断層が、記録の右側には FA-9,FA-8 断層がそれぞれ北西落ちの断層として出現している。断層部直上の海底面の形状は、FA-7,FA-9 断層部に地形変換点が存在し北東から南西に向かい顕著になるが、FA-8 断層部には地形変換点は見られない。記録から読み取れる断層の垂直方向の変位量は、音響基盤である反射面 III に FA-9 断層で約 1～2m であった。調査域全域の記録から抽出した断層の位置を図 3.5.7-3 に示す。断層分布はほぼ既存断層の位置に分布するが、中央の FA-9 断層は若干南に位置し、南西に約 1km 延長する。

SA4 海域において ENE-WSW 方向を呈する FA7，FA9 断層が分布し、これらの南西側末端部を構成している。SA4 海域では、音波探査記録が不明瞭であり広域に反射面を確認することができないため FA-7 断層，FA-8 断層の変位量は求められなかった。FA-9 断層については、音波探査記録が不明瞭であることから反射面 III の変位量を抽出できたのが 2 箇所 1.5m であった。

### 3.5.8 SA5 海域

SA5 海域は主要断層（FA-6,FA-11）が分岐し、広がっていく場所にあたり、既存の断層分布に直交する北西-南東方向の測線（SA5-M1,SA5-0～5）を設定し調査を行った（図 3.5.8-1）。本海域の代表的な記録を図 3.5.8-2 に示す。SA5 海域の記録は、表層部の底質（細粒砂）を反映して堆積物中の反射面は全体的に淡い反射として表現されており、特に海域南西部の測線（SA5-M1 測線；図 3.5.8-2d）では内部反射が不鮮明である。また、各記録の中央部付近には北西落ちの断層である FA-6 断層がある。FA-6 断層部直上の海底面の形状は、調査域北東部ではほぼ平坦であるが、南西寄りの測線では断層部に地形変換点が確認できる。

記録から認められる断層の垂直方向の変位量は、音響基盤でもある反射面 III に約 1m の変位が確認される。

SA5 海域の記録から抽出した断層の位置を図 3.5.8-3 に示す。断層分布はほぼ既存断層の

位置に分布するが、FA-6断層の南東側にFA-6断層に並走する断層と思われる反射面の変位が認められる。記録上には、反射面が海析谷を思わせる反射として表現されている為、落ち方向は不明である。SA5海域では、NNE-SSW方向を呈する主要断層（FA-6,FA-11）が分岐している。FA-6断層における反射面IIIの平均変位量は、1.1mであった。

### 3.5.9 SA6 海域

SA6海域は、主要断層（FA-6）より南東側にある既存断層FA-19を対象として、L測線（概査）の記録をもとに調査範囲を設定したものである（図3.5.9-1）。本域の代表的な記録を図3.5.9-2に示す。本海域における断層の形状は、地層の反射面に明確な変位は認められず、反射面の落ち込みまたは開析谷の分布として表現されている。断層部と推定される部分の直上の海底地形は、全体的に平坦であり地形変換点は認められない。調査域全域の記録から抽出した推定断層の位置を図3.5.9-3に示す。

SA6海域は、主要断層より南東側に位置している。本調査海域では、地層の反射面に明確な変位は認められず、既存断層のFA-19断層に対応する断層は認められなかった。

### 3.5.10 SA7 海域

SA7海域は分岐した主要断層（FA-6）の南西末端部にあたり、周辺の既存断層（FA-12,13,14）も認定されている。ここでは既存の断層分布に直交する北西-南東方向の測線（SA7-1～8）を基本として調査を実施した（図3.5.10-1）。本域の代表的な記録を図3.5.10-2に示す。

図3.5.10-2の記録は、表層部の底質（細粒砂）を反映して、堆積物中の反射面は淡い反射として表現されており、堆積物中の反射面の顕著な断層による変位は認められない。記録から読み取れる音響基盤である反射面IIIでの断層の垂直変位量は、FA-6断層で約0.5m、FA-12断層で約0.5m、FA-13断層で約0.5m、FA-14断層で約0.3m、FA-22断層で約0.5～1.1の変位が確認される。調査域全域の記録から抽出した推定断層の位置を図3.5.10-3に示す。SA7海域では、変位方向の異なる断層が近接しあい、分岐断層も認められる。

### 3.6 柱状採泥の結果

ピストンコアは、FA6 断層の北東部（掘削地点 HG-7～HG-9；SES2000 測線 A-10；マルチチャンネル音波探査測線 GSY\_18a）と南東部（掘削地点 HG-3, HG-4；SES2000 探査 L-9 測線；マルチチャンネル音波探査 GSY\_5 測線），FA6 断層から分岐するように発達する FA7 断層（掘削地点 HG-1, HG-2；SES2000 探査 L-9 測線；マルチチャンネル音波探査 GSY\_5 測線）を挟んで実施した。各コアに対して行った各分析結果を図 3.6.1-1 から図 3.6.1-7 に、帯磁率・層相から推定されるコアの対比線を図 3.6.2-1 に示す。

#### 3.6.1 コアの記載

##### HG-1

湿潤・乾燥重量、帯磁率が調和的な変化を示している（図 3.6.1-1）。これに対して、重量変化・b 値が調和的な変化を示し、湿潤・乾燥重量、帯磁率とは逆相関の変化を呈す。深度 4m までの上位は砂を挟むが有機質粘土で形成される。下位は粗粒砂で構成される。深度 2m まで湿潤、乾燥重量、帯磁率が増加している。これは、下位に向かって粗粒化している影響と思われる。一方、重量変化、L、b 値は減少傾向にある。3.73m まで高有機質の粘土が続く。湿潤・乾燥重量と帯磁率には大きく 3 つの山がみられる。

##### HG-2

湿潤・乾燥重量、帯磁率が調和的な変化を示している（図 3.6.1-2）。これに対して、重量変化・b 値が調和的な変化を示し、湿潤・乾燥重量、帯磁率とは逆相関の変化を呈す。HG-1 と異なり主に有機質粘土で形成される。深度 6.24m 以深には粗粒砂がみられる。帯磁率は 3m 以浅では大きく、3m 以深では小さい傾向にある。

##### HG-3

基本的に火山灰質の粗粒砂で構成される（図 3.6.1-3）。

##### HG4-2

最上位を除き、HG-3 と同様に基本的に火山灰質の粗粒砂で構成される（図 3.6.1-4）。

### HG7-2

主に有機質のシルトからなり，部分的に砂層を挟む (図 3.6.1-5) .

### HG8-2

深度 6m 付近で砂層を挟む以外，上位は貝殻片を含むシルト，下位は有機質シルトで構成される (図 3.6.0-6) . 深度 5m に向かって，湿潤・乾燥重量は微増している. 重量変化と b 値は微減して，L, a 値には大きな変化は見られない. 帯磁率は一旦減少した後，弓形の変化を示す. これまでのコアに比べて，均質度が高いと思われる.

### HG9-2

HG8-2 と同様の層相を呈す (図 3.6.1-7) .

## 3.6.2 コアの対比とイベント層準

コア間の対比は，最初に層相・年代測定結果および帯磁率の大局的な変化を基本に対比の枠組みを作り，次に湿潤・乾燥重量，土色，帯磁率を詳細に検討して，値のピークやボトム，変化率が変わるところなど同様な変化を示す箇所を検討した. その結果，表 3.6.2-1 で示すような根拠に対比線を同定した (図 3.6.2-1) . HG-3 および HG4-2 間是对比線を同定できるだけの情報が得られなかったため対比を行っていない.

HG7-2, HG8-2, HG9-2 の対比線の比較結果から図中の HG8-2 にのみ認められる 2 つのイベント A, B が見いだされた (図 3.6.2-2) . これらは帯磁率変化でも HG8-2 にのみ見られる特有の変化を示していた箇所に相当する. イベント A は上下の年代値から  $1680 \pm 40$  yrBP (1700–1520 cal. yrBP) から  $530 \pm 40$  yrBP (270-50 または 30-0 cal. yrBP) と推定される. 下限の年代値は貝サンプル以外の値を採用した. イベント B は上下の年代値から  $9540 \pm 50$  yrBP (11100–10690 cal. yrBP) から  $2660 \pm 40$  yrBP (2850–2740 cal. yrBP) と推定される. 年代値は貝サンプル以外の値を採用した.

FA-6 断層から分岐し，海底地形の凹地に沿って認められる FA-7 断層を挟んで実施したピストンコアリング (HG-1, HG-2) とブーマー，SES2000 断面との比較を図 3.6.2-3 に示す. FA-7 断層では，HG-2 にイベント C が見いだされた. その上下の年代値は  $10020 \pm 50$  yrBP (11760–11270 cal. yrBP) から  $9990 \pm 50$  yrBP (11710–11260 cal. yrBP) を示すが，年代値の逆転も多いことから真の堆積年代を示していない可能性もある. 一方，HG-1 で AT (26-29 ka ; 町田・新井，1992)

と K-Ah (7.3 ka ; 町田・新井, 1992) が含まれるとされた層準は, ブーマーの断面の反射面を追跡するとイベント C よりも下位に位置する。このことから, イベント C が K-Ah 降下以後である可能性もある。形成時期がイベント B と対応するかどうかはさらなる検討が必要である。最新活動時期の可能性としては, ブーマー断面との対比から, FA7 断層では  $1920 \pm 40$  yr BP (1940–1810 cal. yrBP) 以後が挙げられる。

HG-3 と HG4-2 の対比線は同定することができなかったが, 試料の年代からの比較結果からコア間にもいくつもフラワー構造状の断裂が認められる。深度 1m 以浅に断層変位が及んでいないとすると, 最新活動は  $650 \pm 40$  yr BP (670–550 cal. yrBP) 以前となる。

#### 4. まとめ

本調査結果に基づき、断層帯の位置及び形態、断層帯の過去の活動、陸域の断層との関係について以下のようにまとめる。

##### 4.1 断層帯の位置及び形態

###### ・断層帯を構成する断層

八代海には九州電力(2008)で示されるように非常に多くの断層が存在することが再確認された(図4.1.0-1)。断層の連続性や変位の特徴のほか、断層変位によって形成された背斜・向斜構造の連続も加味すると、調査地域の活断層は大きく4つの断層群に区分される。本報告では、これらを田浦-津奈木沖断層群、獅子島東方沖断層群、水俣沖断層群、出水沖断層群と称する。いずれの断層群も累積的な変位が認められ、本調査で最終氷期の浸食面としたB2層上面に変位が認められる活断層である。

###### ・断層帯の位置・形状、変位の向き

田浦-津奈木沖断層群は、陸域の日奈久断層の海域延長に位置する断層群で、主に、御立岬沖から海底地形にみられた直線的な凹地に沿って延びる断層(FA-7, FA-8)とこれより南東側へ弧を描くように延びる断層(FA-6, FA-20)、これらに形成される複数本の断層から構成される。これらの断層の多くは正断層で、明瞭な上下変位を伴う断層は、獅子島南岸の沖合付近まで追跡される。断層群の延長は約20kmにおよぶ。また、FA-7, FA-6断層およびFA-22断層は南端において、さらに併走する断層との間に地層が落ち込むような変形構造(ネガティブフラワー構造)を形成している。フラワー構造を形成する断層群は、地下深部で収斂すると推定されるが、本調査の断面からは判断できない。また、FA-7断層とFA-20断層およびFA-22断層とのあいだでは地層が背斜状に高まっており、このような地質構造を説明する上で、これらの断層が構造的に連結していると考えるのが妥当と判断する。なお、本断層群の最北端では音波散乱層の影響で不確かな点があるが、ほぼ南北走向の断層の存在が確認されることから、白神岩以北に延長される可能性がある。

獅子島東方沖断層群は、田浦-津奈木沖断層群の南西延長に位置する断層群で、主に、北北東-南南西走向の断層からなる。南西に向かって広がる分布を示し、断層群の長さは約18km、断層群を構成する断層はほぼ垂直な断層面を有し、南東落ちが卓越する。また、断層面近傍の地層はロート状に変位するものが多い。

水俣沖断層群は、水俣市の北西3~5km沖合から出水市の北8km沖合にかけて分布する断層群

で、断層長 5km 程度の並走する断層からなる。この断層群は獅子島東方沖断層群と出水沖断層群との間に位置し、田浦・津奈木沖断層群の断層構造（特に FA-20, FA-22 断層）が不明瞭となるのと入れ替わるように出現する。主に北東—南西走向を示し、特に断層が密に集中するところでは、断層変位によって背斜状の盛り上がりが形成されている。断層面は高角で北西側に分布する断層は南東傾斜、南東側に分布する断層は北西へ傾斜する傾向にある。

出水沖断層群は、出水市の北 5~8km 沖合に分布する主に東北東—西南西走向の多数の断層からなる。断層は北西側へ撓む地層をほぼ垂直に剪断しており、南西落ちを示し、全体として沖合（北西側）へ階段状に下がる地質構造を形成する。この断層は陸域の水俣南断層群とよく似た特徴を有し、その延長にあたるものと推定される。

## 4.2 断層帯の過去の活動

### ・活動時期と1回の変位量

田浦・津奈木沖断層群では、ピストンコア調査で得られたイベント性堆積物の年代と音波探査断面から読み取れるイベント層準との照らしあわせから、FA-6 断層では A2 層堆積以後に少なくとも 2 回の活動が推定される。ひとつは  $1680 \pm 40$  yrBP ( $1700 - 1520$  cal. yrBP) 以後、 $530 \pm 40$  yrBP ( $270 - 50$  または  $30 - 0$  cal. yrBP) 以前（イベント A）、その一つ前は K-Ah 降下 (7.3 ka) 以後、 $2660 \pm 40$  yrBP ( $2850 - 2740$  cal. yrBP) 以前（イベント B）である。FA-6 断層の南東延長部では  $10020 \pm 50$  yrBP ( $11760 - 11270$  cal. yrBP) から  $9990 \pm 50$  yrBP ( $11710 - 11260$  cal. yrBP) のイベントしか確認されなかったが、ここでは完新統が薄いため、堆積層に記録されなかった可能性がある。

『続日本紀』において、西暦 744 年に肥後国の八代・天草・芦北に被害をもたらす地震が記録されている（宇佐美, 2003）。この際、人 1520 余口、水をかぶって漂没したとの記述もあり、これが高潮や山崩れに起因する洪水である可能性もあるが、津波による被害とも読み取れる。この西暦 744 年は本調査でイベント A の時期とした  $1700 - 1520$  cal. yrBP から  $270 - 50$  または  $30 - 0$  cal. yrBP にあたることから、この地震は、八代海の海底活断層、特に海底面の変位が顕著である FA-6~FA-7 に続く断層系が活動した可能性が高い。なお、八代海は水深 50m 以浅の浅海であるため、津波の発生ともなれば、それ相応の海底面の上下変位が生じたと予想される。すなわち、横ずれ量も含めた断層の 1 回の変位量は大きい可能性がある。

反射面の追跡から獅子島東方沖断層群は少なくとも完新世に、水俣沖断層群、出水沖断層群については、最終氷期極相期以後に活動したと推定される。しかし、コアリング試料等の直接的な年代

指標と反射面との対比が行えていないため、活動時期の信頼性は低い。

#### <平均活動間隔>

田浦・津奈木沖断層群では、マルチチャンネルの記録から A2 層中に 2 回の傾斜不整合が読み取れることから、完新統に 2 回の断層活動があった可能性が高い。また、前述のイベント C がイベント B と対応するならば、本断層の最新活動と推定される AD744 のひとつ前は K-Ah 降下 (7.3 ka) 後、2850–2740 cal. yrBP 以前と推定される。このことから、田浦・津奈木沖断層群の活動間隔は約 7000 年未満と推定される。獅子島東方沖断層群、水俣沖断層群、出水沖断層群については、不明である。

#### ・平均変位速度

田浦・津奈木沖断層群を構成する断層の累積上下変位量は、B3 層上面で～15m 程度、B2 層上面 1～9m である。上下変位量はやや変化に富み南ほど小さくなる傾向がある。B3 層上面を Aso-4 火砕流堆積物 (85-90 ka) , B2 層上面を最終氷期極相期の浸食面 1.8 万年前とした場合、平均上下変位速度は 0.1～0.5mm/yr と推定される。なお、本調査では横ずれ量の算出には至らなかったため、本質的な平均変位速度は不明である。以下、2 つの断層群についても同様に理由から、平均変位速度については不明であるが、上下変位速度は以下の通りである。

獅子島東方沖断層群を構成する断層の累積上下変位量は、B3 層上面で 1～4m 程度であることから、平均上下変位速度は 0.01～0.04 mm/yr、水俣沖断層群を構成する断層の累積上下変位量は、B3 層上面で 1～3m 程度であることから、平均上下変位速度は 0.01～0.03mm/yr、出水沖断層群の各断層の累積上下変位量は D1 層上面で～6m 程度であるが、D1 層の年代が不明なため、平均変位速度は不明である。

#### <活動区間>

田浦・津奈木沖断層群と獅子島東方沖断層群の境界には、不明瞭ながら、反射面の系統的な屈曲として表現される短い断層が存在する。そのため、構造的に全く連続していないとも判断できない。田浦・津奈木沖断層群と獅子島東方沖断層群をあわせた活動区間の長さは約 35 km となる。なお、水俣沖断層群、出水断層群については、多数の断層が併走する断層群であるため、活動区間は不明である。また、両者あるいは田浦・津奈木断層群も含めた断層系が活動する可能性は否定できないが、個々の断層の活動履歴は明らかでないため、本調査の結果から言及することはできない。

### 4.3 陸域の断層との関係

断層の分布形態や変位様式から、田浦・津奈木沖断層群は日奈久断層の海域延長、出水沖断層群は水俣南断層群の海域延長と推定される。日奈久断層と田浦・津奈木沖断層群とでは、一般走向はFA-7断層と日奈久断層（波田島一外平断層（九州活構造研究会，1989）の方がより一致する）はほぼ一致する。しかし、陸上のトレンチや地形調査（熊本県，1996，1998；原子力発電技術機構，1997，1998；下川・衣笠，1999；吉岡ほか，2007）からは、今回、海域調査で得られた最新イベントに対応する地層の変位は認められていない。したがって、最新活動の際には、陸域の活断層沿いに変位が生じた可能性は小さい。一方、出水沖断層群は、陸上の水俣南断層群と同じ走向で、変位・変形の特徴も類似し、両者が連続する可能性は高い。なお、この陸域活断層と海域活断層が同時に活動するか否かについては、それぞれのさらなる情報をえて検討すべきである。特に、本調査海域に関しては、これまで得られた海底コアの年代値は乏しく、そのほとんどが完新世であるため、最終氷期前後以前の堆積環境が復元されていない。解釈の精度を向上させるため、本海域の音響層序がどのような地層と年代に対応するのかを明らかにすることが求められる。

調査担当：楮原京子（産業技術総合研究所 活断層・地震研究センター）

坂本 泉（東海大学）

北田奈緒子・井上直人・越後智雄（地域地盤環境研究所）

## 5. 参考文献

- 千田 昇 (1979) : 日奈久断層の第四紀後期における断層運動. 東北地理, 31, 172-179.
- 千田 昇・岡村 眞・小川光明 (1991) : 八代海海底活断層について. 活断層研究, 9, 93-97
- 原子力発電技術機構 (1996) : 平成7年度原子力発電立地確認調査に関する報告書 (1), 159p.
- 原子力発電技術機構 (1997) : 平成8年度原子力発電立地確認調査に関する報告書 (1), 153p.
- 原子力発電技術機構 (1998) : 平成9年度原子力発電立地確認調査に関する報告書 (1), 136p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2002) : 布田川・日奈久断層帯の評価, 地震調査研究推進本部 HP ホームページ ([http://www.jishin.go.jp/main/chousa/02may\\_futagawa/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/02may_futagawa/index.htm))
- 活断層研究会編 (1991) : 「新編日本の活断層—分布図と資料—」. 東京大学出版会, 437p.
- 建設省国土地理院 (1982) 沿岸海域基礎調査報告書 (水俣地区), 国土地理院技術資料, D・3-No.39, 119p.
- 建設省国土地理院 (1984) 沿岸海域基礎調査報告書 (出水地区), 国土地理院技術資料, D・3-No.50, 97pp.
- 熊本県 (1996) : 「布田川断層・立田山断層に関する調査 成果報告書」. 293p.
- 熊本県 (1998) : 「平成9年度地震調査研究交付金 日奈久断層に関する調査 成果報告書」. 180p.
- 九州活構造研究会編 (1989) 「九州の活構造」. 東京大学出版会, 553p.
- 九州電力株式会社 (2008) : 原子力安全委員会 地震・地震動評価委員会及び施設健全性評価委員会資料「WG3 第40-5号 川内原子力発電所 敷地周辺・敷地近傍の地質・地質構造 (補足説明: その2)」  
[http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/taishin\\_godo\\_WG3/taishin\\_godo\\_WG3\\_40/taishin\\_godo\\_WG3\\_40.htm](http://www.nsc.go.jp/senmon/shidai/taishin_godo_WG3/taishin_godo_WG3_40/taishin_godo_WG3_40.htm)
- 有明海研究グループ (1965) 有明・不知火海の第四系, 地学団体研究会専報 11号, 86p.
- 町田洋・新井房夫 (1992) 火山灰アトラス—日本列島とその周辺, 東京大学出版会, 276p.
- 斎藤 眞・宝田晋治・利光誠一・水野清秀・宮崎一博・星住英夫・濱崎聡志・阪口圭一・大野哲二・村田泰章 (2010) : 1:200,000 地質図八代及び野母崎一部.
- 下川浩一・衣笠善博 (1999) : 日奈久断層系の活動履歴及び活動性調査. 地質調査所速報, 平成10年度活断層・古地震研究調査概要報告書, 253-262.
- 吉岡敏和・新谷加代・家村克敏・宮脇理一郎 (2007) 布田川・日奈久断層帯の古地震調査. 活断層・古地震研究報告, 7, 241-258.
- 宇佐美龍夫 (2003) : 「最新版 日本被害地震総覧 [416]—2001」. 東京大学出版会, 605p.