

警固（けご）断層帯の長期評価について

平成19年3月19日
地震調査研究推進本部
地震調査委員会

地震調査研究推進本部は、「地震調査研究の推進について ―地震に関する観測、測量、調査及び研究の推進についての総合的かつ基本的な施策―」（平成11年4月23日）を決定し、この中において、「全国を概観した地震動予測地図」の作成を当面推進すべき地震調査研究の主要な課題とし、また「陸域の浅い地震、あるいは、海溝型地震の発生可能性の長期的な確率評価を行う」とした。

地震調査委員会では、この決定を踏まえつつ、平成17年4月までに陸域の活断層として、98断層帯の長期評価を行い公表した。

その後、「今後の重点的調査観測について」（平成17年8月30日 地震調査研究推進本部）の中で、新たに基盤的調査観測の対象とすべき12の活断層帯が挙げられた。

今回、このうち警固断層帯について、現在までの研究成果及び関連資料を用いて評価し、とりまとめた。

評価に用いられたデータは量及び質において一様でなく、そのためにそれぞれの評価の結果についても精粗がある。このため、評価結果の各項目について信頼度を付与している。

警固断層帯の評価

警固（けご）断層帯は、玄界灘から博多湾を経て、福岡平野にかけてほぼ北西－南東に分布する活断層帯である。2005 年の福岡県西方沖の地震は、従来からその存在が認められていた陸域の警固断層の、北西延長上の玄界灘で発生した。この地震の余震域と警固断層は、直線上にほぼ連続していることから、一連の活断層帯であると考え、これらをまとめて警固断層帯として扱った。ここでは、平成 7 年度に福岡県によって行われた調査や、2005 年の地震活動に関する報告をはじめ、これまでに行われた調査研究成果に基づいて、この断層帯の諸特性を次のように評価した。

1. 断層帯の位置及び形態

警固断層帯は、福岡市東区志賀島北西沖の玄界灘から博多湾、同市中央区、同市南区、春日市、大野城市、太宰府市を経て、筑紫野市に至る断層帯である。断層帯の長さは 55 km 程度で、概ね北西－南東方向に延びる。警固断層帯は、過去の活動時期の違いから、玄界灘から志賀島付近にかけての 2005 年の福岡県西方沖の地震の震源域にあたる北西部と、志賀島南方沖の博多湾から筑紫野市の警固断層にあたる南東部に区分される。警固断層帯は、断層帯北西部、断層帯南東部ともに左横ずれを主体とし、断層帯南東部では南西側隆起成分の縦ずれを伴う（図 1、2 及び表 1）。

2. 断層帯の過去の活動

警固断層帯北西部の最新の活動は、2005 年の福岡県西方沖の地震（マグニチュード 7.0）である（表 1）。この地震以前の活動履歴は不明である。

警固断層帯南東部の最新活動時期は、約 4 千 3 百年前以後、約 3 千 4 百年前以前であった可能性がある。また、平均活動間隔は、約 3 千 1 百－5 千 5 百年の可能性があると推定される（表 1）。

3. 断層帯の将来の活動

警固断層帯は、過去の活動と同様に北西部と南東部の 2 つの区間に分かれて活動すると推定される。（表 1）。

警固断層帯北西部ではマグニチュード 7.0 程度の地震が発生し、その際には 2 m 程度の左横ずれが生じると推定される（表 1）。警固断層帯北西部は、平均活動間隔などが明らかでないため、将来このような地震が発生する長期確率を求めることができない。ただし、断層帯北西部の最新活動が 2005 年福岡県西方沖の地震であったことを考慮すると、我が国の主な活断層の平均的な活動間隔と比べ非常に短い時間しか経過していないことから、断層帯北西部でごく近い将来に今回評価したような地震が発生する可能性は低いと考えられる。

警固断層帯南東部ではマグニチュード 7.2 程度の地震が発生すると推定され、その

際には断層近傍の地表面で、2 m 程度の左横ずれが生じる可能性がある（表 1）。断層帯南東部の最新活動後の経過率及び将来このような地震が発生する長期確率は表 2 に示すとおりである。本評価で得られた地震発生の確率には幅があるが、その最大値をとると、今後 30 年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになる（注 1、2）。

なお、断層帯北西部の 2005 年の活動により、断層帯南東部で地震が発生する可能性は、より高くなっているという指摘もあり、そのことに留意する必要がある。

また、遠い将来においては警固断層帯全体が同時に活動する可能性も否定できない。この場合の地震の規模は、マグニチュード 7.7 程度となる。ただし、現時点でこのような地震の発生する確率は低いと考えられる。

4. 今後に向けて

本評価では、2005 年の福岡県西方沖の地震の震源域である断層帯北西部と、警固断層にあたる断層帯南東部の、2 つの活動区間について評価した。

このうち、断層帯北西部の 2005 年の活動は、地震の発震機構解や断層帯北西部と断層帯南東部の断層の位置関係などから、断層帯南東部の活動を促進する要素を持っており、断層帯南東部において、ここで評価したような地震が発生する可能性が、上述の評価よりも高くなっているという指摘がある。周辺で発生した地震による影響を定量的に見積もるための研究も行われており、今後、このような研究を進めると共に、その成果を長期評価に反映させる手法についても検討を行っていく必要がある。

また断層帯北西部で発生した 2005 年の福岡県西方沖の地震は、これまでに活断層が確認されていなかった場所で発生した地震である。地震後の調査においても、震源域付近の海底面に活断層の証拠となる明瞭なずれや段差などは検出されていない。この要因として、海域であることによる調査の困難さに加え、縦ずれ成分の少ない横ずれ断層においては音波探査によって地形や地質のずれを検出することが困難であることが考えられる。

その一方で、警固断層帯周辺には海域も含めて、本断層帯と同様に北西－南東方向の走向を持つ左横ずれ断層の存在も知られていた。それらはこの地域の応力場を概ね反映した断層であり、2005 年の地震の発生にもそのような地学的な背景があったと推測される。ただし、このような条件の下では、上述のような調査の困難さにより、活断層が確認されていない場合でも 2005 年のような地震が発生する可能性があることにも留意する必要がある。今後、このような場所の活断層に対する調査や評価の方法を検討すると共に、分解能の高い調査手法の開発も必要である。

警固断層帯南東部に関しては、さらに活動時期と発生確率を絞り込むと共に、主たるずれの向きである横ずれ成分の平均的なずれの速度などを精度よく求めることが必要である。また断層は市街地を通過していると推定されることから、その位置や形状などの精度を高める必要がある。

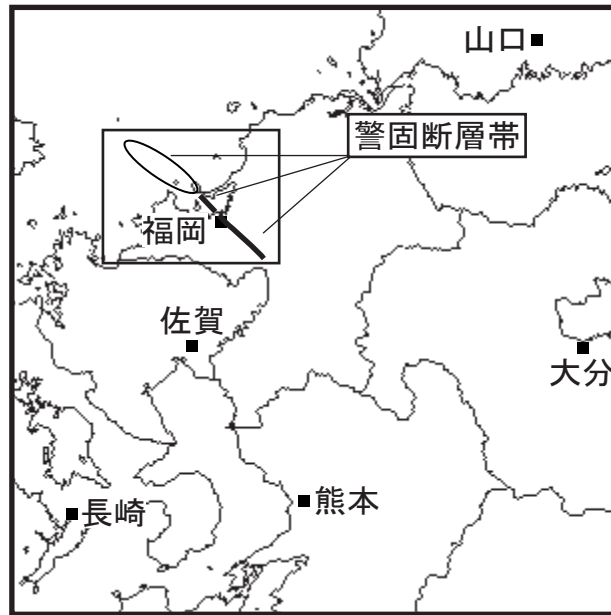


図 1 警固断層帯の概略位置図
(長方形は図 2 の範囲)

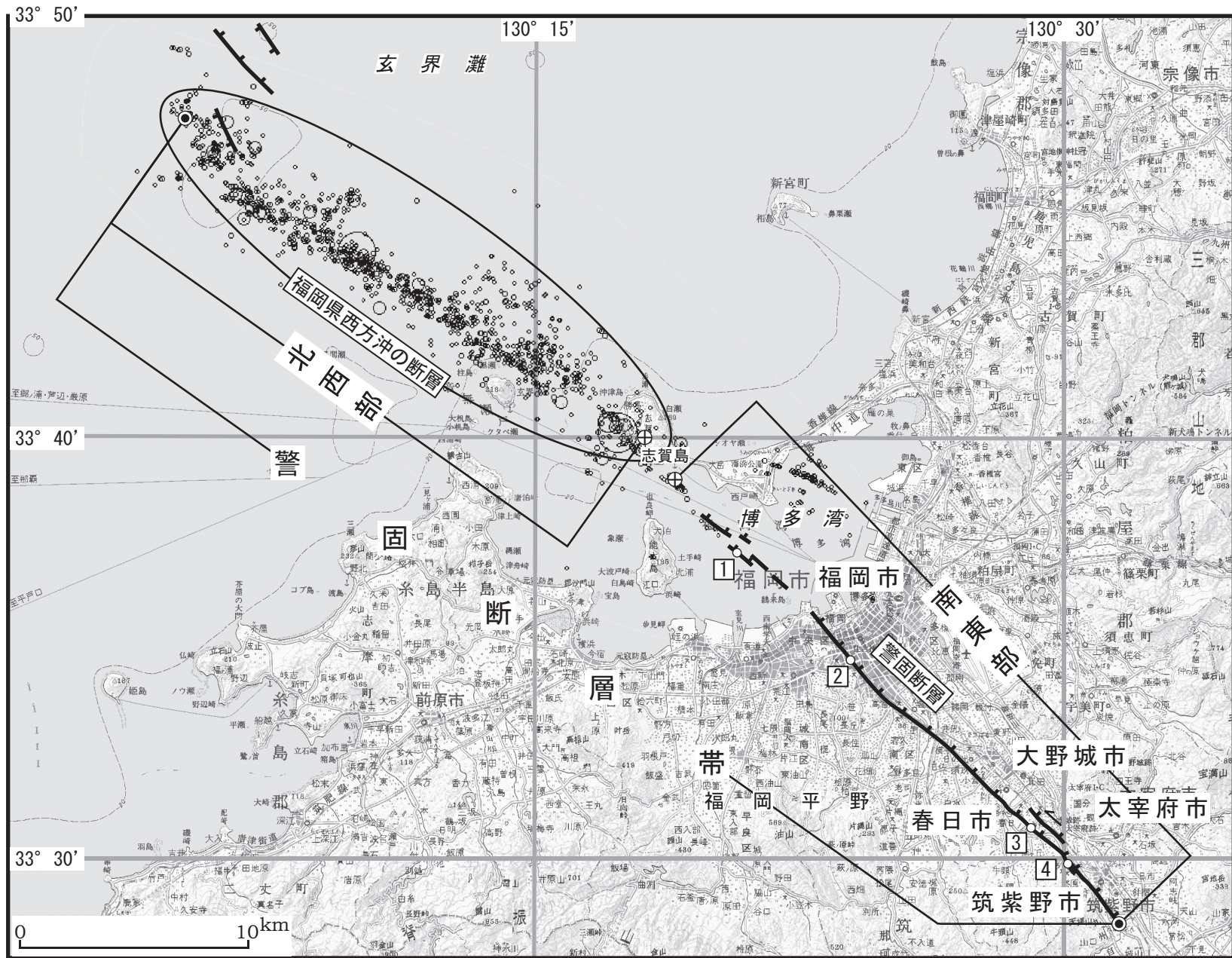


図2 警固断層帯の位置と主な調査地点

1 : 博多湾地点 2 : 薬院地点 3 : 上大利地点 4 : 大佐野地点
 ◎ : 断層帯の北西端と南東端 ⊕ : 北西部の南端・南東部の北端
 断層の位置は文献4, 6及び9, 震源分布は文献12に基づく.
 基図は国土地理院発行数値地図200000「福岡」を使用.

表 1 警固断層帯の特性

項目	特性	信頼度 (注3)	根拠 (注4)
1. 断層帯の位置・形態			
(1) 断層帯を構成する断層	北西部：福岡県西方沖の断層（注5） 南東部：警固断層		文献4、6、9による。
(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 北西部： （北端）北緯33° 48′ 東経130° 05′ （南端）北緯33° 40′ 東経130° 18′ 南東部： （北端）北緯33° 39′ 東経130° 19′ （南端）北緯33° 28′ 東経130° 32′ 長さ 北西部： 25 km 程度 南東部： 約 27 km 全体： 55 km 程度	△ △ ○ ○ △ ○ △	位置及び長さは 2005 年の地震の余震分布（文献12）から推定。 位置及び長さは図2から計測。
	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 北西部： 不明 南東部： 0 km 一般走向 北西部： N60° W 南東部： N50° W 全体： N55° W 傾斜 北西部： 高角度（ほぼ垂直） 南東部： 高角度南西傾斜（地表付近） 幅 15 km 程度 （北西部、南東部とも）	△ ◎ ○ ○ ○ ◎ ◎ ○	北西部は余震分布から推定。南東部は上端の深さが 0 km であることから推定。 地形の特徴から推定。 断層帯の両端を直線で結んだ方向（図2参照）。北西部は余震分布の方向。 震源分布から推定。 南東部は文献2、5-11などによる。 傾斜と地震発生層の下限の深さ（15 km 程度）から推定。
(3) 断層のずれの向きと種類	北西部： 左横ずれ断層 南東部： 左横ずれ断層（南西側隆起成分を伴う）	◎ ○	発震機構解及び余震分布から推定。 文献2、5-11などによる。

2. 断層帯の過去の活動			
(1) 平均的なずれの速度	北西部：不明 南東部：不明 (南東部の上下成分は 0.02 m/千年)		括弧内の値は文献 10 による。
(2) 過去の活動時期	北西部： 活動 1 (最新活動) 2005 年福岡県西方沖の地震 南東部： 活動 1 (最新活動) 約 4 千 3 百年前以後、約 3 千 4 百年前以前 活動 2 (1 つ前の活動) 約 8 千 9 百年前以後、約 7 千 4 百年前以前	◎ △ △	南東部は文献 1、6、8、10 に示された資料から推定。
(3) 1 回のずれの量と平均活動間隔	1 回のずれの量 北西部： 2 m 程度 (左横ずれ成分) 南東部： 2 m 程度 (左横ずれ成分) 平均活動間隔 北西部： 不明 南東部： 約 3 千 1 百 - 5 千 5 百年	○ △ △	北西部は破壊過程解析による断層面上のすべり量。 南東部は断層の長さから推定。 南東部は過去 2 回の活動から推定。
(4) 過去の活動区間	北西部と南東部の 2 区間	○	過去の活動から推定。
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 北西部と南東部の 2 区間 地震の規模 北西部： マグニチュード 7.0 程度 南東部： マグニチュード 7.2 程度 断層帯全体が同時に活動する場合 マグニチュード 7.7 程度 ずれの量 北西部： 2 m 程度 (左横ずれ成分) 南東部： 2 m 程度 (左横ずれ成分)	○ ○ ○ △ ○ △	過去の活動から推定。 北西部は過去の活動から推定。 南東部は断層の長さから推定。 断層の長さから推定。 破壊過程解析から推定。 断層の長さから推定。

表 2 警固断層帯（南東部）の将来の地震発生確率等

項 目	将来の地震発生確率等 (注 6)	信頼度 (注 7)	備 考
地震後経過率 (注 8)	0.6-1.4		発生確率及び集積確率は文献 3 による。
今後 30 年以内の地震発生確率	0.3-6%	c	
今後 50 年以内の地震発生確率	0.4-9%		
今後 100 年以内の地震発生確率	0.9-20%		
今後 300 年以内の地震発生確率	3-40%		
集積確率 (注 9)	3-90%		

注1：地震調査委員会の活断層評価では、将来の活動区間が単独で活動した場合の今後30年間の地震発生確率について、次のような相対的な評価を盛り込むこととしている。

今後30年間の地震発生確率（最大値）が3%以上の場合：

「本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することになる」

今後30年間の地震発生確率（最大値）が0.1%以上-3%未満の場合：

「本断層帯は、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中ではやや高いグループに属することになる」

なお、2005年4月時点でひととおり評価を終えた98の主要断層帯のうち、最新活動時期が判明しており、通常の活断層評価で用いている更新過程（地震の発生確率が時間とともに変動するモデル）により地震発生確率を求めたものについては、将来の活動区間が単独で活動した場合の今後30年間に地震が発生する確率の割合は以下のとおりとなっている。

30年確率の最大値が0.1%未満：約半数

30年確率の最大値が0.1%以上-3%未満：約1/4

30年確率の最大値が3%以上：約1/4

（いずれも2005年4月時点での算定。確率の評価値に幅がある場合はその最大値を採用。）

注2：1995年兵庫県南部地震、1858年飛越地震及び1847年善光寺地震の地震発生直前における30年確率と集積確率は以下のとおりである。

地震名	活動した活断層	地震発生直前の30年確率 (%)	地震発生直前の集積確率 (%)	断層の平均活動間隔 (千年)
1995年兵庫県南部地震 (M7.3)	六甲・淡路島断層帯主部 淡路島西岸区間「野島断層を含む区間」(兵庫県)	0.02%-8%	0.06%-80%	約1.7-約3.5
1858年飛越地震 (M7.0-7.1)	跡津川断層帯 (岐阜県・富山県)	ほぼ0%-13%	ほぼ0%-90%より大	約1.7-約3.6
1847年善光寺地震 (M7.4)	長野盆地西縁断層帯 (長野県)	ほぼ0%-20%	ほぼ0%-90%より大	約0.8-約2.5

「長期的な地震発生確率の評価手法について」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2001)に示されているように、地震発生確率は前回の地震後、十分長い時間が経過しても100%とはならない。その最大値は平均活動間隔に依存し、平均活動間隔が長いほど最大値は小さくなる。30年確率の最大値は平均活動間隔が4千年の場合は6%程度である。

注 3:信頼度は、特性欄に記載されたデータの相対的な信頼性を表すもので、記号の意味は次のとおり。

◎：高い、○：中程度、△：低い

注 4：文献については、本文末尾に示す以下の文献。

文献 1：千田ほか（1996）

文献 2：福岡県（1996）

文献 3：地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）

文献 4：海上保安庁海洋情報部（2005a）

文献 5：活断層研究会編（1991）

文献 6：高知大学理学部ほか（2006）

文献 7：九州活構造研究会編（1989）

文献 8：宮下ほか（2007）、宮下（私信）

文献 9：中田・今泉編（2002）

文献 10：下山ほか（1999）

文献 11：下山ほか（2005）

文献 12：Uehira et al.（2006）

注 5：警固断層帯を構成する断層のうち、警固断層の北西方にあり、2005 年福岡県西方沖の地震の震源域にあたる断層帯については、分布する地域名を基に福岡県西方沖の断層と仮称する。

注 6：評価時点はすべて 2007 年 1 月 1 日現在。なお、計算にあたって用いた最新活動時期と平均活動間隔の信頼度は低い（△）ことに留意されたい。

注 7：地震後経過率、発生確率及び現在までの集積確率（以下、発生確率等）の信頼度は、評価に用いた信頼できるデータの充足性から、評価の確からしさを相対的にランク分けしたもので、a から d の 4 段階で表す。各ランクの一般的な意味は次のとおりである。

a：（信頼度が）高い b：中程度 c：やや低い d：低い

発生確率等の評価の信頼度は、これらを求めるために使用した過去の活動に関するデータの信頼度に依存する。信頼度ランクの具体的な意味は以下のとおりである。分類の詳細については付表を参照のこと。なお、発生確率等の評価の信頼度は、地震発生の切迫度を表すのではなく、発生確率等の値の確からしさを表すことに注意する必要がある。

発生確率等の評価の信頼度

a：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が比較的高く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が高い。

b：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が中程度で、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が中程度。

c：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性がやや低い。

d：過去の地震に関する信頼できるデータの充足度が非常に低く、これを用いて求めた発生確率等の値の信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、最新活動時期のデータが得られていないため、現時点における確率値が推定できず、単に長期間の平均値を確率としている。

注 8：最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間を、平均活動間隔で割った値。最新の地震発生時期から評価時点までの経過時間が、平均活動間隔に達すると 1.0 となる。今回の評価した数字のうち 1.4 は 4300 年を 3100 年で割った値である。

注 9：前回の地震発生から評価時点までの間に地震が発生しているはずの確率。

(説明)

1. 警固断層帯に関するこれまでの主な調査研究

警固断層の陸域部分については、松下（1949）により、古第三系の野間・浦谷両層を隔てる断層として想定された。福岡市地盤図作成グループ（1981）は、断層の推定位置付近で洪積層が厚くなること、その西縁で基盤岩中に著しい破砕帯が認められることから断層を推定し、これを警固断層と命名した。唐木田ほか（1994）は、阿蘇－4火砕流堆積物に早良（さわら）花崗岩が衝上していることから、警固断層の第四紀における活動性を指摘した。活断層研究会編（1980, 1991）や九州活構造研究会編（1989）は、本地域に分布する活断層の位置を図示するとともに、変位量、平均変位速度など変動地形学的記載を行った。その後、千田ほか（1996）は大縮尺空中写真を用いた詳細な判読に基づき、警固断層の全体の分布を明らかにした。鬼木（1996）は、ボーリング資料から第四系の基底深度分布を求め、福岡平野下における警固断層の詳細な位置を検討した。

活断層の活動履歴に関する調査は、福岡県（1996, 1997）、下山ほか（1999）、福岡市断層調査研究会（2001）、宮下ほか（2007）などにより実施されている。

博多湾の活断層の活動履歴に関する調査は、下山ほか（2005）、岡村ほか（2005）、高知大学理学部ほか（2006）によって実施されており、警固断層は博多湾内の志賀島南方沖まで延長していることが確認されている。この他、警固断層の海域延長部では、西島ほか（2005）や下山ほか（2005）により重力探査や音波探査が行われている。

これらの断層の位置について、陸域は、千田ほか（1996）、中田・今泉編（2002）に、博多湾内については、岡村ほか（2005）、高知大学理学部ほか（2006）に示されている。

2005年3月20日に発生した福岡県西方沖の地震（マグニチュード7.0）の発生を受けて、数多くの多面的な調査・研究が実施された。地震活動の評価については、地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005b, c）に示されているほか、複数の機関からの報告がある。また、この地震の発生域では海上保安庁海洋情報部（2005a, b）などにより音波探査が実施されている。

2. 警固断層帯の評価結果

2005年の福岡県西方沖の地震（以下、2005年の地震）は、海域における音波探査（海上保安庁海洋情報部, 2005a）等で、それまでに活断層が確認されていなかった場所で発生した。地震後に行われた調査など（海上保安庁海洋情報部, 2005b；阿部ほか, 2005；産業技術総合研究所, 2005a）でも断層活動による明瞭な変位地形は見つかっていない。しかし、地震波の解析や地震活動状況から推定される断層面の走向や傾斜、ずれの向きなどは陸域の警固断層と同様であることや、2005年の地震の震源断層と警固断層は走向方向に近接してほぼ直線上に並ぶことから、これらは同一の断層帯を構成するものと判断した。

そこで、本評価では、従来からその存在が認められていた陸域の警固断層に加え、博多湾内の警固断層延長部及び2005年の地震の震源断層も合わせ、全体を警固断層帯とした。また、2005年の地震の際に博多湾以南の部分は活動しなかったことから、2005年の地震の震源断層からなる断層帯北西部、警固断層からなる断層帯南東部の、2つの活動区間に区分した。

なお、断層帯北西部については断層面の位置・形状や活動履歴の検討をするための地形学・地質学的な資料が得られていないことから、主に地震観測結果などの地球物理学的な資料に基づいて評価を行った。このため、従来の活断層の長期評価の手法（地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会, 2005）とはやや異なっていることに留意する必要がある。また2005年の地

震の余震分布などから推定される震源域において、地震波解析などから推定された断層運動は地震発生層全体に及んでいたと考えられることなどから、ここでは 2005 年の地震を断層帯北西部の最大規模の地震として扱った。

このほか、海上保安庁海洋情報部 (2005a) は、断層帯北西部の北東側及び北西端付近に、断層帯北西部と走向をほぼ同じくする複数の断層が存在することを指摘している (図 3)。このうち、北東側の 3 本の断層 (図 3 の、破線で囲まれた断層) はひとつの断層帯と考えられるが、断層帯北西部とは 5 km 以上の隔りがあることから、松田 (1990) の起震断層の定義に基づく、別の起震断層と考えられる。しかしながら、長さは約 14 km であり、単独では地震調査研究推進本部 (1997) による基盤的調査観測対象の基準に達しないことから、以下の詳細な評価の対象としなかったこととした。一方、北西端付近の断層は本断層帯に含まれると考えられる。ただし、いずれも短く (長さが 5 km 未満)、副次的な断層と考えられることから、ここでは詳細な評価はしないこととした。

2. 1 警固断層帯の位置及び形態

(1) 警固断層帯を構成する断層

警固断層帯は、福岡市東区志賀島の北西沖の玄界灘から博多湾、福岡市中央区、同市南区、春日市、大野城市、太宰府市を経て、筑紫野市に至る断層帯である (図 1、2)。本断層帯については、過去の活動時期の違いから北西部と南東部の 2 つの活動区間に区分される。

断層帯北西部は、主に 2005 年の福岡県西方沖の地震の震源断層をその範囲とした。ここでは、九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センターほか (2005) の示す余震域に、海上保安庁海洋情報部 (2005a) で示された断層を含め、福岡県西方沖の断層とした (注 5)。

断層帯南東部は、博多湾内から筑紫野市に至る警固断層である。断層の位置・形態について、陸域は九州活構造研究会編 (1989)、活断層研究会編 (1980, 1991)、千田ほか (1996)、中田・今泉編 (2002) などで概ね一致している。ここでは、海域は高知大学理学部ほか (2006) に、陸域は中田・今泉編 (2002) によった。断層帯南東部の陸域の断層の名称は活断層研究会編 (1991) によった。

(2) 断層面の位置・形状

<北西部>

2005 年の福岡県西方沖の地震が発生した場所には、それまで活断層が確認されていなかった。また地震後、その震源域の海域において海上保安庁海洋情報部 (2005b) などにより音波探査が行われたが、活動に伴う地形・地質の明瞭な変位は見つかっていない。

このため、上述のとおり、断層面の位置・形状については、2005 年の地震活動に基づいて評価した。この活動については、気象庁 (2005)、防災科学技術研究所 (2005a, b) など数多くの報告がある。ここでは、主に Uehira et al. (2006) による詳細な余震観測の結果などを用いた。

2005 年の地震活動において、余震は玄界灘から志賀島付近にかけて、西北西—東南東方向 (N60° W) に分布している (図 4)。また本震からほぼ 1 ヶ月後の 4 月 20 日に M5.8 の最大余震が発生し、その後、余震は南へ拡がり、一部は博多湾内の断層帯南東部の領域でも発生している。

余震域の北西端及び南東端では、余震の分布が南北方向に近い走向に変化している。横ずれ断層の末端部分では断層の走向が変わるという指摘もあることから (中田・後藤, 1998 ; Kame and

Yamashita, 1999 など)、このことは今回の活動が末端から末端までが破壊したこと、すなわち、ひとつの活動区間全域が活動したことを示している可能性がある。

断層帯北西部の位置は地震後 24 時間の余震分布の北西端及び南東端とし、長さは両端点を直線で結んで 25 km 程度とした。また一般走向は余震分布の主たる方向から N60° W とした。

断層面の下端の深さは、余震分布から 15 km 程度と推定される。一方上端の深さについては、海底面に明瞭な変位地形が認められていないことから不明とした。なお、余震分布の断面図からは、その上限が深さ 1 km ないし 2 km 程度と読み取れる。

断層面の傾斜は、余震分布や発震機構解 (図 5) などから、高角度 (ほぼ垂直) であると考えられる。

断層面の幅は、断層面の傾斜と、地震発生層の下限の深さ (15 km 程度 ; 後述) から、15 km 程度と推定される。

破壊開始点は、震源の位置から、断層面の中央付近であり、破壊はそこから北西方向、南東方向に進行したと考えられる。また震源過程解析 (図 6 : 気象庁・気象研究所, 2005b など) から、大きくすべった領域は震央のやや南東寄りの玄界島付近と考えられる。

<南東部>

断層帯南東部の長さ一般走向は、断層帯南東部の北西端と南東端を直線で結んで計測すると、約 27 km、N50° W となる (図 2)。

断層面上端の深さは、断層による変位が地表まで及んでいることから 0 km とした。

断層面の傾斜は、断層露頭やトレンチ調査において高角度な断層が確認されていること (下山ほか, 2005 ; 宮下ほか, 2007 など)、断層トレースが直線的であることから、地表付近では高角度で南西傾斜を示すと考えられる。

断層面の幅は、地下深部の傾斜も地表付近と同様に高角度であるとするれば、地震発生層の下限の深さ (15 km 程度 ; 後述) から、15 km 程度と推定される。

断層帯全体の長さは、断層帯の北西端と南東端を直線で結ぶと、55 km 程度となる。

(3) 断層の変位の向き (ずれの向き) (注 11)

断層帯北西部は、2005 年の地震の余震分布及び本震の発震機構解 (図 4, 5) から、左横ずれ断層であると考えられる。

断層帯南東部は、河谷が左方向へ系統的に屈曲する変位地形の特徴 (活断層研究会編, 1991 ; 中田・今泉編, 2002 など) や、断層露頭やトレンチ壁面などにみられる地質構造 (下山ほか, 1999 ; 下山ほか, 2005 ; 宮下ほか, 2007 など) などに基づく、左横ずれを主体とし、南西側が北東側に対して相対的に隆起する上下成分を伴っていると推定される。

2. 2 警固断層帯の過去の活動

(1) 平均変位速度 (平均的なずれの速度)

<北西部>

断層帯北西部の平均変位速度に関する資料は得られていない。

<南東部>

断層帯南東部の横ずれ成分に関する平均変位速度の資料は得られていない。

なお、後述するように、経験式から求めた1回の活動に伴う変位量が2m程度、また平均活動間隔が約3千1百～5千5百年と求められた。これらの値に基づき計算すると、平均変位速度として、0.4～0.6 m/千年という値が求められ、B級（注14）相当の活動度が見込まれる。

上下成分の平均変位速度については、太宰府市大佐野（おおざの）地点において、約3万4千年前の¹⁴C年代値（注12）を示す4層の基底に約65 cmの上下変位が認められることから、平均上下変位速度は0.02 m/千年と求められている（下山ほか，1999；図9）。なお、福岡県（1996）、下山ほか（1999）は上述の大佐野地点で認められた断層条線から、上下変位量の2倍程度の横ずれ成分を伴っている可能性を指摘している。

（2）活動時期

a）地形・地質的に認められた過去の活動

<北西部>

断層帯北西部では、地形・地質的な過去の活動の記録は得られていない。

<南東部>

断層帯南東部の活動履歴に関する資料としては、以下のものがある。

・博多湾地点（音波探査、ピストンコアリング調査）

高知大学理学部ほか（2006）は、博多湾内において音波探査及びピストンコアリング調査を行い、断層を挟んだ対比基準面間の層厚の差とその上下変位量に基づき断層活動を認定している（図7）。活動が認められる対比基準面とその付近の堆積物から得られた¹⁴C年代値（注12，13）に基づいて、最新活動時期を約4千6百年前以後であることを指摘している。同様に、約8千5百年前を示す反射面と約6千5百年前を示す反射面の間に層厚の差が認められることから、この間にも活動があった可能性を指摘している。さらに、約9千年前以前を示す反射面についても同様に変位の累積が認められることから、これ以前の活動を認めている。

ただし、高知大学理学部ほか（2006）が指摘している活動時期は、堆積速度一定と仮定して堆積面の年代を推定して求めたものである。本評価では陸上における調査と同様に、断層活動の証拠が認められる地層の直上と直下の地層の形成年代で挟まれる期間を活動時期とした。

以上のことから、本地点の最新活動時期は約4千6百年前以後、1つ前の活動は約8千9百年前以後、約6千4百年前以前であった可能性がある。2つ前の活動は約8千8百年前以前であった可能性がある。

また、最新活動時期と1つ前の活動との間には断層を挟んだ堆積物に層厚の差が認められないことから、約6千4百年以後、約4千6百年以前の期間には断層活動はなかったと考えられる。

・薬院地点（トレンチ調査）

断層帯南東部の北西～中部付近に位置する福岡市中央区薬院では、地下鉄建設工事に伴ったボーリング及びトレンチ調査が福岡市断層調査研究会（2001）によって実施され、その結果は下山ほか（2005）によってまとめられている。

下山ほか（2005）は、壁面に現れた断層が10層以下の地層を変位させているとともに9層に液状化を示す痕跡や変形構造を認め、8層以上の地層に覆われていることから、9層堆積後、8

層堆積前の活動を指摘している。しかしながら、断層と地層の変形との関係が図示されているのは 10c 層、10d 層のみであり、これより上位の地層の変形や断層との関係については示された図や写真から判断することができない。したがって、本地点の活動時期は 10c 層堆積以後としかいえないと判断した。

・上大利（かみおおり）地点（トレンチ調査）

断層帯南東部の南東部付近に位置する大野城市上大利では、宅地造成による断層露頭や唐木田ほか（1994）に記載された断層露頭が認められている。宮下ほか（2007）は、これらを結ぶ線上にあたる地点でトレンチ調査を実施した。トレンチ壁面には、南西に傾斜する数条の断層と、これを覆う地層が認められた（図 8）。

宮下ほか（2007）は、北西壁面の 3d 層から採取したブロック試料の X 線 CT 観察で、帯状の低密度部分が認められたことから、少なくとも 3d 層下部堆積後に断層活動があったとしている。また、南東壁面では 3c 層（腐植質粘土）及び 3b 層（粘土）の分布高度が F1 断層の上方延長で南西側が高まるように急変していることから、この断層活動は 3b 層堆積後であった可能性も指摘している。さらに、これらの変形は少なくとも 2 層には覆われるとしている。3c 層の腐植土からは約 4 千 3 百 - 4 千 1 百年前を示す ^{14}C 年代値が得られており（宮下ほか，2007）、また 2 層の腐植土から約 3 千 4 百年前を示す ^{14}C 年代値が得られている（宮下，私信）。

これらのことから、本地点の最新活動は 3b 層堆積後、2 層堆積前であると判断した。

1 つ前の活動について、宮下ほか（2007）は、北西側壁面では 4 層（礫混じり粗粒砂）に挟在するシルト層に見かけ正断層状の変形が認められるのに対し、その上位の 3d 層（腐植質粘土及び不淘汰な砂礫混じりシルト）には同様の変形が認められないこと、また 3d 層は 5 層及び 4 層をほぼ水平に覆うことから、5 層及び 4 層堆積後、3d 層堆積前の活動を指摘している。4 層の腐植土からは約 9 千 6 百 - 9 千 5 百年前の ^{14}C 年代値が得られている。3d 層の腐植質粘土からは複数の ^{14}C 年代値が得られており、宮下ほか（2007）は約 9 千 - 8 千 8 百年前の ^{14}C 年代値を採用して、その活動時期を約 9 千 6 百年前以後、約 8 千 8 百年前以前としている。

これらのことから、本地点では 4 層堆積後、3d 層堆積前に断層活動があったと判断した。ただし、3d 層は粗粒の不淘汰な砂礫混じりシルトであり、その地層から得られた年代値の中には堆積時に生成されたものと、再堆積したものの両方が含まれている可能性も否定できないため、3d 層の形成年代は、層中より得られた最も新しい値である、約 7 千 5 百 - 7 千 4 百年前であった可能性がある。

なお、宮下ほか（2007）は、7 層が断層の北東側のみに厚く分布すること、5g 層の見かけの変位量に比べ 6 層の見かけの変位量が大きいことから、5g 層堆積前、6 層あるいは 7 層堆積前後の活動を指摘している。しかし、これを断層活動とするには根拠が十分でないと判断した。

以上のことから、本地点の最新活動時期は約 4 千 3 百年前以後、約 3 千 4 百年前以前で、1 つ前の活動時期は、約 9 千 6 百年前以後、約 7 千 4 百年前以前であった可能性がある。

・大佐野地点（トレンチ調査）

断層帯南東部の南東端付近に位置する太宰府市大佐野では、断層の推定位置に不明瞭な低崖が断続している（千田ほか，1996；中田・今泉編，2002 など）。福岡県（1996）は、この低崖を横断するボーリング及びトレンチ調査を実施し、その結果は下山ほか（1999）によってまとめられ

ている。トレンチ壁面には礫層などを変位させる西傾斜の逆断層が認められた（図9）。

トレンチ壁面スケッチに基づく、断層は2A層（砂質粘土）以下を変位させ、1層（粗粒砂）に覆われることから、2A層堆積後、1層堆積前に活動があった可能性がある。2A層上部の泥炭質粘土から約1万7千年前を示す¹⁴C年代値が得られており、1層には5世紀頃の特徴を示す土器片が挟在していることから、その活動時期は約1万7千年前以後、約5世紀以前であったと推定される。

また、2A層下部（粘土）の高度差と4A層（シルト質細粒砂）基底の高度との間に有意な差が認められることから、4A層堆積後、2A層堆積前にも活動があったと推定される。4A層からは約3万4千年前を示す¹⁴C年代値が得られており、2A層下部からは約2万8千年前を示す始良 Tn 火山灰（注15）が認められていることから、その活動時期は約3万4千年前以後、約2万8千年前以前であったと推定される。

以上のことから、本地点の活動時期は約1万7千年前以後、約5世紀以前、これに先立つ活動は、約3万4千年前以後、約2万8千年前以前であったと推定される。

b) 先史時代・歴史時代の活動

2005年3月20日に福岡県西方沖の深さ約10 kmで、マグニチュード7.0の地震が発生し、福岡県と佐賀県で最大震度6弱を観測した（地震調査研究推進本部地震調査委員会、2005bなど）。余震は北西-南東方向の約25 kmに分布しており、本震の発震機構や余震分布などから、ほぼ東西方向に圧力軸を持つ左横ずれの断層活動があったと考えられる（図4、5）。

この地震以外に、警固断層帯の活動を示すような被害地震は知られていない。

なお、千田・中田（1996）は、断層を横断する7世紀中期に建設された水城跡に変位が認められていないことから、7世紀中期以後に断層帯南東部の活動がなかったことを指摘している。

以上の検討結果から、断層帯北西部の最新活動時期は、2005年の福岡県西方沖の地震であると判断した。

また断層帯南東部の最新活動時期は約4千3百年前以後、約3千4百年前以前で、1つ前の活動時期は、約8千9百年前以後、約7千4百年前以前であった可能性がある（図10）。

(3) 1回の変位量（ずれの量）

<北西部>

断層帯北西部における1回の活動に伴う変位量を示す地形・地質的な資料は得られていないが、2005年の地震の震源過程解析による断層面上におけるすべり量について、いくつかの報告がある。

断層面上の最大すべり量について、防災科学技術研究所の強震観測網（K-NETやKiK-net）の波形を用いたインバージョン解析から、気象庁・気象研究所（2005b、図6）は1.7 m、防災科学技術研究所（2005b）は2.7 m、産業技術総合研究所（2005a）は2 m弱としている。また西村ほか（2007）は、干渉SAR、三角点改測結果及びGPSデータを用いたインバージョンから、最大すべり量を1.9 mと求めている。

またこれらの値は、断層長（25 km、地震後24時間の余震分布の広がり）から後述の松田（1975）の経験式(1)を用いて求められる1回の変位量（2.0 m）と概ね調和的である。

以上のことから、断層帯北西部の1回の活動に伴う左横ずれ変位量は2 m程度であったと推定される。

<南東部>

断層帯南東部では、横ずれ成分に関する1回の活動に伴う変位量を示す直接的な資料は得られていない。

ただし、断層帯南東部の長さは約27 kmと推定されることから、松田(1975)の経験式(1)及び(2)を用いると、1回の活動に伴う変位量は約2.1 mと計算される。

ここで、Lは1回の地震で活動する断層の長さ(km)、Mはマグニチュード、Dは1回の活動に伴う変位量(m)である。

$$\text{Log } L = 0.6 M - 2.9 \quad (1)$$

$$\text{Log } D = 0.6 M - 4.0 \quad (2)$$

以上のことから、断層帯南東部の1回の活動に伴う左横ずれ変位量は2 m程度であった可能性がある。

なお、上下成分に関して、下山ほか(1999)は太宰府市大佐野のトレンチ調査結果に基づき、2A層上面に約0.4 m、4B層基底面に約0.65 mの落差が認められることから、2A層上面の落差は最新活動1回の、4B層基底面の落差は2回の活動によって形成されたとして、1回の活動に伴う上下変位量を約0.25–0.4 mと求めている(図9)。

(4) 活動間隔

<北西部>

断層帯北西部の活動間隔に関する直接的な資料は得られていない。

<南東部>

断層帯南東部では、最新活動時期が約4千3百年前以後–約3千4百年前以前、1つ前の活動時期は約8千9百年前以後–約7千4百年前以前であることから、平均活動間隔は約3千1百–5千5百年であった可能性がある。

(5) 活動区間

前述のように、2005年の地震では、その余震分布や破壊過程の解析などから、活動した範囲は、今回断層帯北西部と評価した博多湾より北西の領域のみであり、博多湾から南東の領域では活動しなかったと考えられる。最新活動時期が異なることから、北西部と南東部の2区間に分かれて活動してきたと判断した。

(6) 測地観測結果

警固断層帯周辺における1994年までの約100年間の測地観測結果では、断層帯南東部に顕著な歪みは見られない。また、2005年2月までの8年間のGPS観測結果では、断層帯の周辺に顕著な歪みは見られない。

2005年の地震前後のGPS観測結果によると、本震に伴い、福岡観測点(福岡市東区)で南西

方向に約 18 cm 移動するなど福岡県を中心に変動が観測された。これらの観測結果は本震の発震機構と概ね調和的である。

(7) 地震観測結果

2005年の地震の地震活動も含めた最近の地震活動から、本断層帯周辺における地震発生層の下限の深さは15 km程度と推定される。

福岡県西方沖の海域では、平成17年（2005年）3月20日10時53分頃、志賀島沖の玄界灘の深さ約10 kmを震源とするマグニチュード7.0の地震が発生した。福岡県と佐賀県で、最大震度6弱を記録し、1名が亡くなったほか、主に福岡市内の建物などに大きな被害をもたらした。本震の約1日後から、海の中道から博多湾にかけて、一時的にまとまった活動が見られた。また本震の1ヶ月後には、余震域の南東端でM5.8の最大余震が発生した。この最大余震は、それまで余震活動が低調であった領域で発生しており、二次的な余震域はさらに南の博多湾内に広がった。

断層帯南東部における地震活動は低調であったが、2005年の地震発生直後から、主に深い部分で微小な地震活動が起き始め、2007年3月現在もわずかながら続いている（図11）。

なお、本断層帯周辺では、1898年の糸島の地震（マグニチュード6.0, 5.8）や1929年の博多湾付近の地震（マグニチュード5.1）などが発生しているが、2005年以前の本断層帯周辺の地震活動は低調であった。

2. 3 警固断層帯の将来の活動

(1) 活動区間と活動時の地震の規模

上述のように、警固断層帯は過去の活動時期の違いから2つの活動区間に分かれて活動してきたと推定される。したがって将来においても過去と同様に、2つの区間に分かれて活動すると推定される。この場合、断層帯北西部では2005年の地震と同様に、マグニチュード7.0程度の地震が発生し、その際には2 m程度の左横ずれが生じると推定される。

断層帯南東部は長さが約27 kmと推定されることから、前述の経験式(1)及び(2)を用いると、発生する地震の規模はマグニチュード7.2程度で、その際には2 m程度の左横ずれが生じる可能性がある。

なお、遠い将来においては北西部と南東部が同時に活動する可能性を否定できない。この場合、断層帯全体の長さが55 km程度であることから、発生する地震の規模はマグニチュード7.7程度となる。

(2) 地震発生の可能性

断層帯北西部は、平均活動間隔が求められていないため、将来の地震発生の可能性は不明である。ただし、断層帯北西部の最新活動が2005年福岡県西方沖の地震であったことを考慮すると、我が国の主な活断層の平均的な活動間隔と比べ非常に短い時間しか経過していないことから、断層帯北西部とした今回の震源域でごく近い将来に今回評価したような地震が発生する可能性は低いと考えられる。なお現在、主要活断層帯の長期評価で得られている、最も短い活動間隔は700年であり（別府－万年山断層帯（大分平野－由布院断層帯／西部）：地震調査研究推進本部地震調査委員会、2005a）、仮にこの値を断層帯北西部の平均活動間隔とした場合でも、近い将来（30年、

50年、100年以内)の地震発生確率はほぼ0%と試算できる。

断層帯南東部は、平均活動間隔が約3千1百-5千5百年、最新活動時期が約4千3百年前以後、約3千4百年前以前と求められていることから、平均活動間隔に対する現在における地震後経過率は0.6-1.4となる。また、地震調査研究推進本部地震調査委員会(2001)に示された手法(BPT分布モデル、 $\alpha=0.24$)によると、今後30年以内、50年以内、100年以内、300年以内の地震発生確率は、それぞれ、0.3-6%、0.4-9%、0.9-20%、3-40%となる。また、現在までの集積確率は3-90%となる。本評価で得られた地震発生の確率には幅があるが、その最大値をとると、今後30年の間に地震が発生する可能性が、我が国の主な活断層の中では高いグループに属することとなる。表3にこれらの確率値の参考指標(地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会、1999)を示す。

また、2005年の断層帯北西部の活動は、発震機構や断層帯北西部と断層帯南東部の断層の位置関係などから、断層帯南東部の活動を促進する要素を持っていることが指摘されている(気象庁・気象研究所、2005aなど)。このため、断層帯南東部において、ここで評価したような地震が発生する可能性は、上述の評価よりも高くなっているという指摘(産業技術総合研究所、2005c)もあり、そのことに留意する必要がある。

なお、断層帯全体が同時に活動する地震発生確率は、現時点では低いと考えられる。

3. 今後に向けて

本評価では、2005年の福岡県西方沖の地震の震源域である北西部と、博多湾から陸域に分布する警固断層にあたる南東部について評価した。

2005年の断層帯北西部の活動は、2.3(2)で述べた通り、断層帯南東部の活動を促進する要素を持っていることが指摘されている。このため、断層帯南東部において、ここで評価したような地震が発生する可能性は、2.3(2)で求めた地震発生確率よりも高くなっているという指摘もある。

このような、周辺で発生した地震による影響を定量的に見積もるための研究も行われている。現在の古地震の情報に基づく地震発生確率を見積もる方法に、これらの新たな知見を加えることで、長期評価の精度をより高められる可能性があることから、今後、地震の誘発性や連鎖性に関する研究を進めると共に、その成果を長期評価に反映させる手法についても検討を行っていく必要がある。

また2005年の福岡県西方沖の地震が発生した場所は、これまで活断層が確認されておらず、地震後の海上保安庁海洋情報部(2005b)による海底地形調査、反射法探査においても震源域付近の海底面に明瞭な変位は検出されなかった。また、阿部ほか(2005)による震源域付近における反射法地震探査や、産業技術総合研究所(2005a)による過去の音波探査の再解析などで、震源域付近の海底面や海底下の地層にわずかな段差や撓みがあることが指摘されているが、その成因や活動性については明らかにされていない。これらの要因としては、海域であることによる調査の困難さや、縦ずれ成分の少ない横ずれ断層においては音波探査によって地形や地質の変位を検出することが困難であることなどが挙げられる。

その一方で、本断層帯周辺には海域も含めて、本断層帯と同様に北西-南東方向の走向を持つ左横ずれ断層の存在も知られていた。それらはこの地域の応力場を概ね反映した断層であり、2005年の地震の発生にもそのような地学的な背景があったと推測される。ただし、上述のような

調査の困難さにより、このような条件の場所においては、活断層が確認されていない場合でも2005年のような地震が発生する可能性があることにも留意する必要がある。

今後は、このような場所の活断層に対する調査や評価の方法を検討すると共に、精度の高い調査手法の開発も必要である。

断層帯南東部に関しては、地震発生確率がやや幅を持った評価となっている。また、今回の評価に用いた値は、主に断層帯の両端付近で得られたものである。今後は、断層帯の中央部で横ずれ方向の平均変位速度や1回の活動に伴う変位量を精度良く求めるとともに、活動時期と発生確率を絞り込むことが必要である。さらに、断層が市街地を通過していると推定されることから、その位置や形状などを精度良く求める必要がある。

注 11：「変位」を、1頁の本文及び5、6頁の表1では、一般にわかりやすいように「ずれ」という言葉で表現している。ここでは専門用語である「変位」が、本文や表1の「ずれ」に対応するものであることを示すため、両者を併記した。以下、文章の中では「変位」を用いる。なお、活断層の専門用語では、「変位」は切断を伴う「ずれの成分」と、切断を伴わない「撓（たわ）みの成分」よりなる。

注 12：炭素同位体年代については、Ramsey (1995, 2001)、Reimer et al. (2004) に基づいて暦年補正し、原則として 1σ の範囲の数値で示した。このうち2,000年前よりも新しい年代値は世紀単位で示し、2,000年前よりも古い年代値については、百年単位で四捨五入した。

注 13：高知大学理学部ほか(2006)による海域での調査では、対比面の年代の補正方法が明記されていない。従って、ここでは断層活動時期の上下の年代測定値を Ramsey (1995, 2001)、Reimer et al. (2004) により暦年補正した値から、海水のリザーバ効果を考慮して、400年新しくした値を評価値としている。以下、リザーバ効果について簡単に記す。放射性炭素同位体年代測定では、宇宙線によって ^{14}C が生成されてから、生物に固定されるまでの時間を考慮する必要がある。 ^{14}C の生成から生物による吸収・固定までの間に ^{14}C が滞留する場所(海水・極氷など)をリザーバ、滞留期間中に進行する ^{14}C の壊変の結果、生物に固定される際の ^{14}C 濃度が大気中の初生 ^{14}C 濃度に比べて低下することをリザーバ効果とよぶ。大気も一つのリザーバであるが、大気中の炭素(CO_2)は1-2年で拡散・混合されるため、陸上植物が光合成によって固定する ^{14}C の濃度と大気中の初生 ^{14}C 濃度の差(大気のリザーバ効果)は無視することができる。しかし、貝やサンゴなど海成試料が固定する海水中の炭酸成分に含まれる ^{14}C 濃度は、 CO_2 が海水に溶け込み地球規模で循環する時間(最大2000年)を通じて壊変が進むため、大気中の初生 ^{14}C 濃度より低くなる。従って同時に生存した陸上植物と海成生物の ^{14}C 年代を比較すると、海成生物は海洋のリザーバ効果によって陸上植物より古い年代を示す。日本近海の最近数千年間の外洋水では ^{14}C 年代にして400年前後に相当する海水のリザーバ効果が知られている。この値は湧昇流の強弱、海流、陸水の混入、また氷期の海水準変動等の影響を受け、空間的にも時間的にも変化する。

注 14：警固断層帯南東部では、平均的なずれの速度を具体的に示すことはできないが、活断層の活発さの程度、すなわち活動度(松田, 1975)が求められているので、それを示した。

- ・ 活動度がAの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が1m以上、10m未満であるものをいう。
- ・ 活動度がBの活断層は、1千年あたりの平均的なずれの量が0.1m以上、1m未満であるものをいう。

- ・ 活動度が C の活断層は、1 千年あたりの平均的なずれの量が 0.01 m 以上、0.1 m 未満であるものをいう。

注 15 : 始良 Tn 火山灰層 (AT) の降下年代値については、日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編 (1996)、小池・町田編 (2001) 等から、25,000 年 BP とし、その値を暦年補正して約 2 万 8 千年前とした。

文 献

- 阿部信太郎・宮越勝義・井上大榮・岡田篤正 (2005) : 2005 年福岡県西方沖地震震源域におけるマルチ・チャンネル反射法地震探査. 日本地震学会講演予稿集, 146-146.
- 防災科学技術研究所 (2005a) : 2005 年 3 月 20 日の福岡県西方沖の地震の F-net モーメントテンソル解の空間分布. 地震予知連絡会会報, **74**, 477-478.
- 防災科学技術研究所 (2005b) : 近地強震動記録による 2005 年 3 月 20 日福岡県西方沖地震 (M7.0) の震源過程. 地震予知連絡会会報, **74**, 479-484.
- 防災科学技術研究所 (2005c) : 福岡県西方沖における地震活動. 地震予知連絡会会報, **74**, 485-489.
- 千田 昇 (2006a) : 福岡県西方沖地震と活断層. 北淡活断層シンポジウム 2006 講演要旨集, 21-24.
- 千田 昇 (2006b) : 福岡平野の活断層. 月刊地球, 号外, **54**, 112-117.
- 千田 昇・中田 高 (1996) : 福岡平野における警固断層系の新期活動について. 日本地理学会予稿集, **49**, 184-185.
- 千田 昇・岡田篤正・中田 高・渡辺満久・鬼木史子 (1996) : 1:25,000 都市圏活断層図「福岡」, 国土地理院技術資料 D・1-No. 333.
- 福岡市断層調査研究会 (2001) : 福岡市市民局第 5 次警固断層調査業務委託報告書, 240p.
- 福岡市地盤図作成グループ (1981) : 「福岡市地盤図」. 九州地質調査業協会, 174p.
- 福岡県 (1996) : 「西山断層系、水縄断層系及び警固断層系に関する調査委託 報告書 第 IV 編 警固断層系についての調査結果」. 140p.
- 福岡県 (1997) : 警固断層系に関する調査. 平成 7 年度・平成 8 年度地震調査研究交付金成果報告会予稿集, 148-152.
- 花村 修・松岡 稔・小泉友美 (1996) : 警固断層系. 九州地方活断層研究, **1**, 9-26.
- 地震調査研究推進本部 (1997) : 「地震に関する基盤的調査観測計画」. 38p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (1999) : 「(改定試案) 長期的な地震発生確率の評価手法について」. 74p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会 (2005) : 「基盤的調査観測対象活断層の評価手法」報告書—これまでの長期評価手法のとりまとめ—. 106p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2001) : 「長期的な地震発生確率の評価手法について」. 46p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005 a) : 「別府一万山断層帯の評価」. 73p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005 b) : 「2005 年 3 月 20 日福岡県西方沖の地震の評価」. 18p.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2005 c) : 「福岡県西方沖の地震活動の評価」. 11p.
- 海上保安庁海洋情報部 (2005a) : 福岡県西方沖地震の震源域における反射法探査記録について. 地震予知連絡会会報, **74**, 498-500.
- 海上保安庁海洋情報部 (2005b) : 福岡県西方沖地震の震源域における海底調査速報 (海底地形調査と反射法探査). 地震予知連絡会会報, **74**, 501-504.
- Kame, N. and Yamashita, T. (1999) : A new light on arresting mechanism of dynamic earthquake faulting, *Geophysical Research Letters*, **26**, 1997-2000.
- 唐木田芳文・富田宰臣・下山正一・千々石一 (1994) : 福岡地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 192p.

- 活断層研究会編 (1980) : 「日本の活断層—分布図と資料—」. 東京大学出版会, 363p.
- 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.
- 気象庁 (2005) : 2005年3月20日福岡県西方沖の地震の活動概要. 地震予知連絡会会報, **74**, 465-471.
- 気象庁・気象研究所 (2005a) : 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震 (M7.0) が警固断層に与える応力変化. 地震予知連絡会会報, **74**, 472-473.
- 気象庁・気象研究所 (2005b) : 2005年3月20日の福岡県西方沖の地震のすべり量分布. 地震予知連絡会会報, **74**, 474-476.
- 高知大学理学部・東京大学地震研究所・大分大学教育福祉科学部・広島工業大学環境学部・西日本技術開発 (2006) : 博多湾警固断層の地震履歴. 地震予知連絡会会報, **75**, 555-558.
- 小池一之・町田 洋編 (2001) : 「日本の海成段丘アトラス」. 東京大学出版会, CD-ROM3枚, 付図2葉, 122p.
- 国土地理院 (2005) : 地殻変動統合解析による福岡県西方沖地震のすべり分布. 地震予知連絡会会報, **74**, 494-497.
- 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター・東京大学地震研究所・鹿児島大学理学部・京都大学防災研究所・東北大学大学院理学研究科・北海道大学大学院理学研究科 (2005) 福岡県西方沖地震の精密余震分布と震源域周辺の地殻構造. 地震予知連絡会会報, **75**, 546-546.
- 九州活構造研究会編 (1989) : 「九州の活構造」. 東京大学出版会, 553p.
- 町田 洋・新井房夫 (2003) : 「新編火山灰アトラス [日本列島とその周辺]」. 東京大学出版会, 336p.
- 松田時彦 (1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について. 地震, 第2輯, **28**, 269-283.
- 松田時彦 (1990) : 最大地震規模による日本列島の地震分帯図. 地震研究所彙報, **65**, 289-319.
- 松下久道 (1949) : 九州北部に於ける古第三系の層序學的研究. 九州大学理学部研究報告 (地質学), **3**, 1-57.
- 宮下由香里・吾妻 崇・二階堂学・岡崎和彦 (2007) : 警固断層の活動履歴—大野城市上大利トレンチ調査結果—. 月刊地球, **29**, 133-138.
- 森尻理恵・広島俊男・駒澤正夫・牧野雅彦・村田泰章・名和一成・西島 潤・茂木 透 (2002) : 福岡地域の重力異常について. 地質調査研究報告, **53**, 7/8, 573-594.
- 中田 高・後藤秀昭 (1998) : 活断層はどこまで割れるのか?—横ずれ断層の分岐形態と縦ずれ分布に着目したセグメント区分モデル—. 活断層研究, **17**, 43-53.
- 中田 高・今泉俊文編 (2002) : 「活断層詳細デジタルマップ」. 東京大学出版会, DVD-ROM2枚, 付図1葉, 60p.
- 日本第四紀学会第四紀露頭集編集委員会編 (1996) : 「第四紀露頭集—日本のテフラ」. 日本第四紀学会, 352p.
- 西島 潤・藤光康宏・福岡晃一郎・Daniela Gerovska・茂木 透・川口昌宏・加藤卓朗 (2001a) : 福岡市警固断層周辺の重力構造. 物理探査学会第105回学術講演会論文集, **105**, 156-159.
- 西島 潤・藤光康宏・江原幸雄・福岡晃一郎・Daniela Gerovska・茂木 透・川口昌宏・加藤卓朗 (2001b) : 福岡市警固断層周辺の重力構造 (その2). 物理探査学会第107回学術講演会論文集, **107**, 158-161.
- 西島 潤・藤光康宏・福岡晃一郎・江原幸雄 (2005) : 福岡市高密度重力異常図から見た福岡県西方沖地震. 西部地区災害資料センターニュース, **33**, 震災フォーラム in 九大特集号, 1-4.

- 西村卓也・藤原 智・村上 亮・水藤 尚・飛田幹男・矢来博司 (2007) : 福岡県西方沖地震に伴う地殻変動と断層モデル. 月刊地球, **29**, 98-105.
- 岡村 眞・松岡裕美・島崎邦彦・千田 昇・中田 高・平田和彦 (2005) : 警固断層の博多湾延長部とその地震履歴. 日本地震学会講演予稿集, 123-123.
- 鬼木史子 (1996) : 福岡市域の警固断層の詳細位置と地下形態. 活断層研究, **15**, 37-47.
- Ramsey,C.B. (1995) : Radiocarbon Calibration and Analysis of Stratigraphy: The OxCal Program. *Radiocarbon*, **37**, 425-430.
- Ramsey, C.B. (2001) : Development of the Radiocarbon Program OxCal. *Radiocarbon*, **43**, 355-363.
- Reimer,P.J.,Baillie,M.G.L.,Bard,E.,Bayliss,A.,Beck,J.W.,Bertrand,C.,Blackwell,P.G.,Buck,C.E.,Burr,G.,Cutler,K.B.,Damon,P.E.,Edwards,R.L.,Fairbanks,R.G.,Friedrich,M.,Guilderson,T.P.,Hughen,K.A.,Kromer,B.,McCormac,F.G.,Manning,S.,Ramsey,C.B.,Reimer,R.W.,Remmele,S.,Southon,J.R.,Stuiver,M.,Talamo,S.,Taylor,F.W.,van der Plicht,J.and Weyhenmeyer,C.E. (2004) : IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon*, **46**, 1029-1058.
- 産業技術総合研究所 (2005a) : 2005年福岡県西方沖地震余震分布域において, 地質調査総合センター (旧地質調査所) が 1985 年に実施した音波探査記録について. 地震予知連絡会会報, **74**, 510-513.
- 産業技術総合研究所 (2005b) : 2005年福岡県北西方沖地震の震源過程. 地震予知連絡会会報, **74**, 514-516.
- 産業技術総合研究所 (2005c) : 福岡県西方沖地震による応力変化と余震活動域の予測. 地震予知連絡会会報, **74**, 517-519.
- 下山正一 (1989) : 福岡平野における縄文海進の規模と第四紀層. 九大理研報 (地質学), **16**, 1, 37-58.
- 下山正一・松田時彦・千田 昇・杉山雄一・磯 望・松村一良・鈴木貞臣・茂木 透・岡村 眞・松山尚典・黒木瑞昭・蚊爪康典 (1999) : 警固断層, 大佐野地区 (福岡県) でのトレンチ調査報告. 活断層研究, **18**, 55-64.
- 下山正一・磯 望・松田時彦・市原季彦・千田 昇・岡村 眞・茂木 透・鈴木貞臣・落合英俊・長沢新一・今西 肇・川畑史子・矢々部秀美・樗木政昭・松浦一樹 (2005) : 警固断層, 薬院地区 (福岡市) でのトレンチ調査報告. 活断層研究, **25**, 117-128.
- Uehira, K., Yamada, T., Shinohara, M., Nakahigashi, K., Miyamachi, H., Iio, Y., Okada, T., Takahashi, H., Matsuwo, N., Uchida, K., Kanazawa, T. and Shimizu, H. (2006) : Precise aftershock distribution of the 2005 West off Fukuoka Prefecture Earthquake (Mj=7.0) using a dense onshore and offshore seismic network. *Earth Planets Space*, **60**, 1605-1610.
- 植平賢司・山田知朗・篠原雅尚・中東和夫・宮町宏樹・飯尾能久・岡田知己・高橋浩晃・松尾綱道・内田和也・金沢敏彦・清水 洋 (2007) : 福岡県西方沖地震の精密震源分布と発震機構. 月刊地球, **29**, 91-97.
- 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.
- 横山博文 (1997) : X ウィンドウシステムを用いた地震活動解析プログラム. 験震時報, **60**, 37-51.

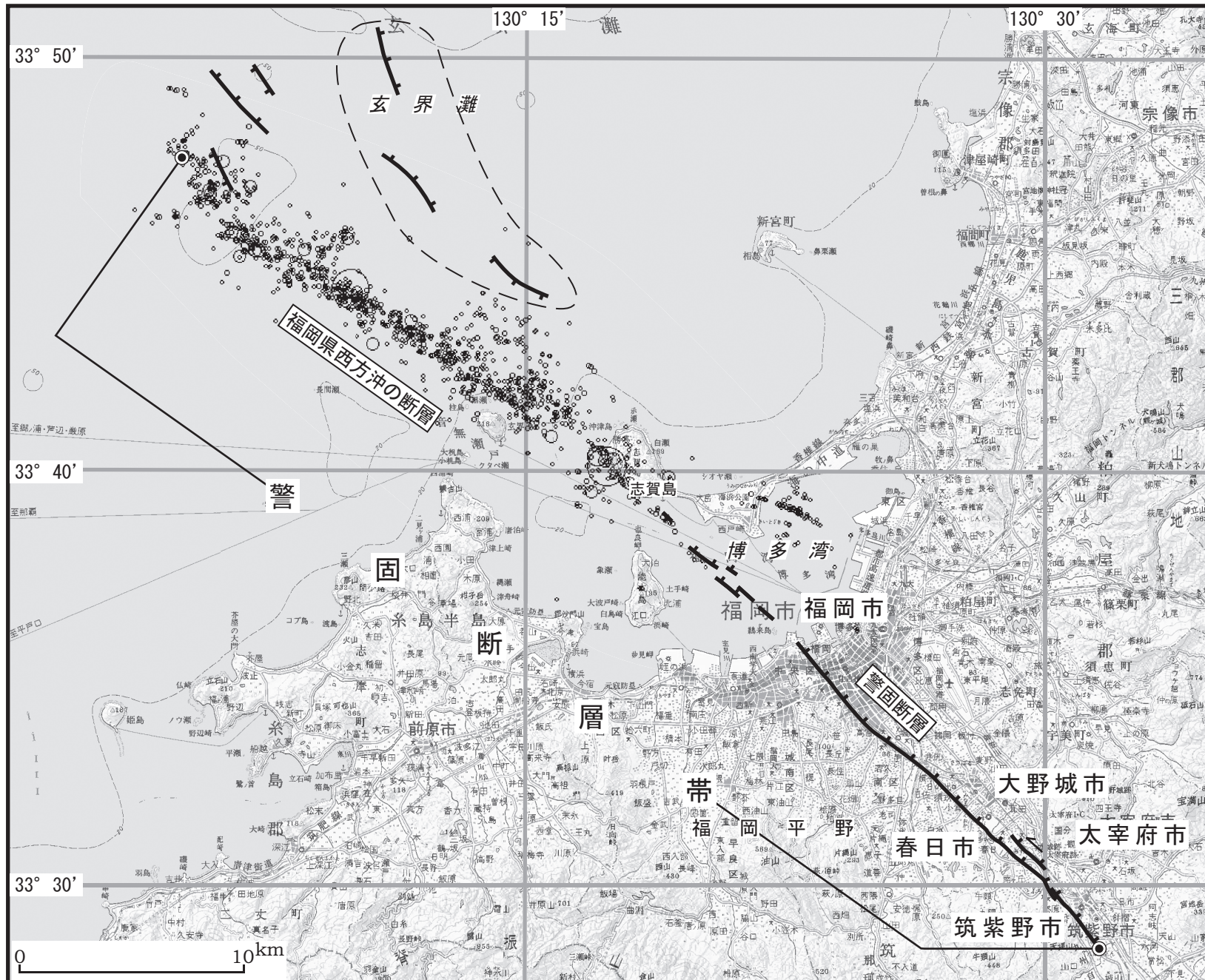


図3 警固断層帯の評価において考慮した断層
破線は評価において考慮した断層の範囲を示す

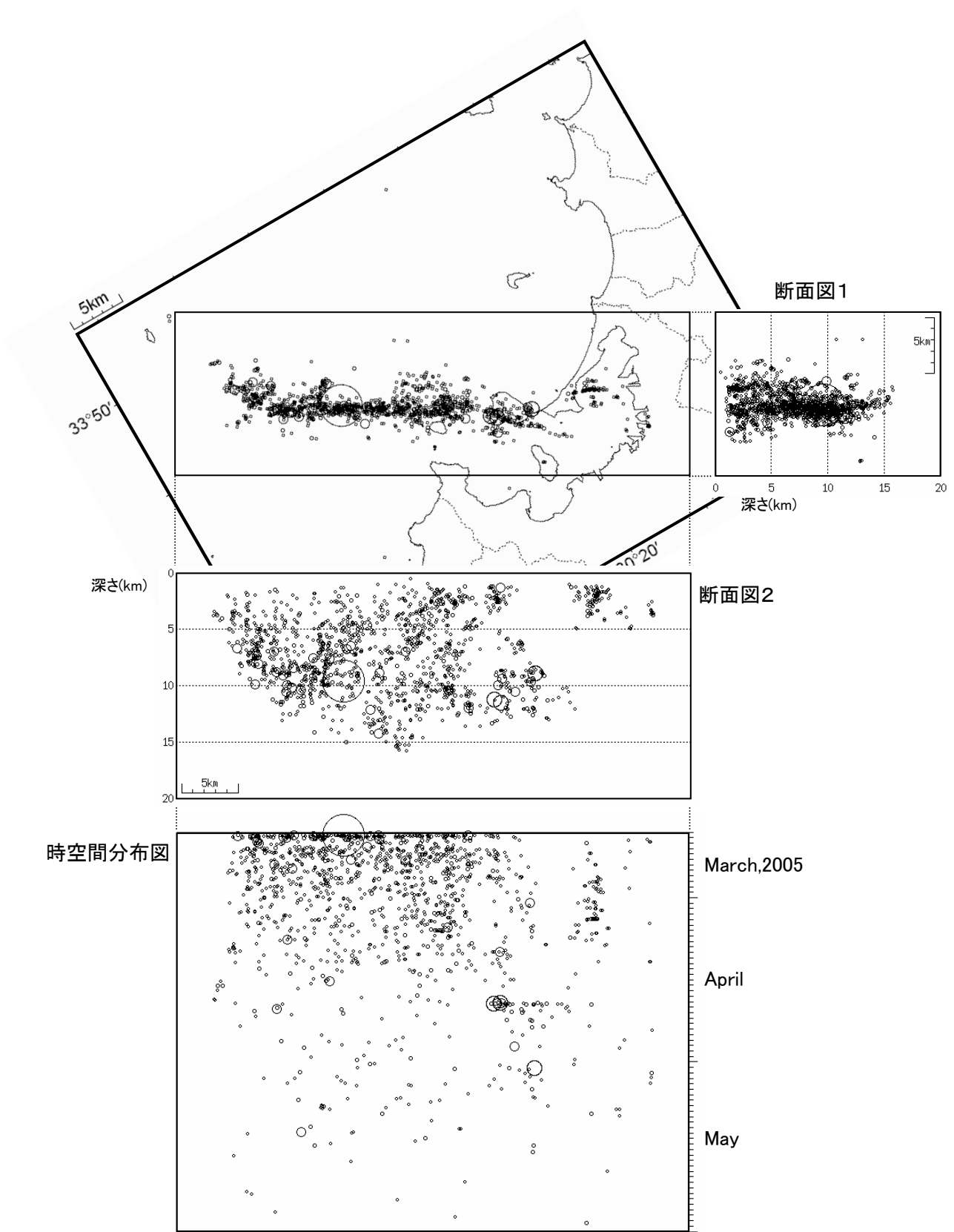


図4 2005年福岡県西方沖地震の地震活動図

Uehira et al. (2006) の震源データで、Hypdsp (横山, 1997) を用いて作成

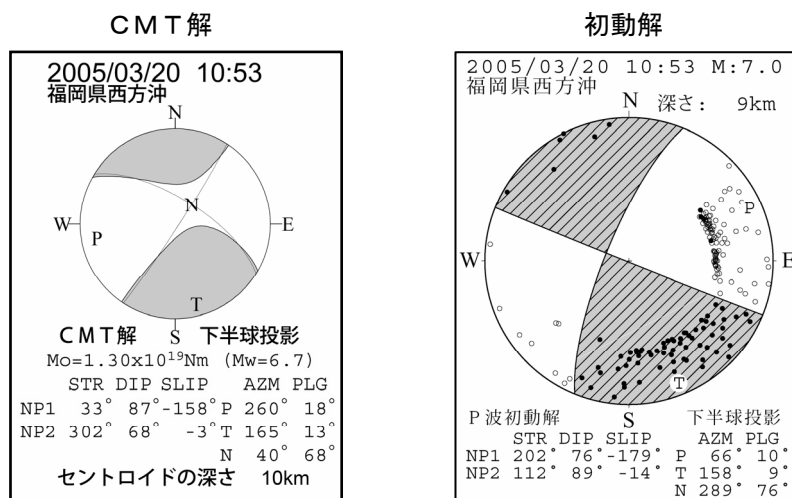


図5 2005年福岡県西方沖の本震の発震機構解（気象庁・気象研究所，2005a）

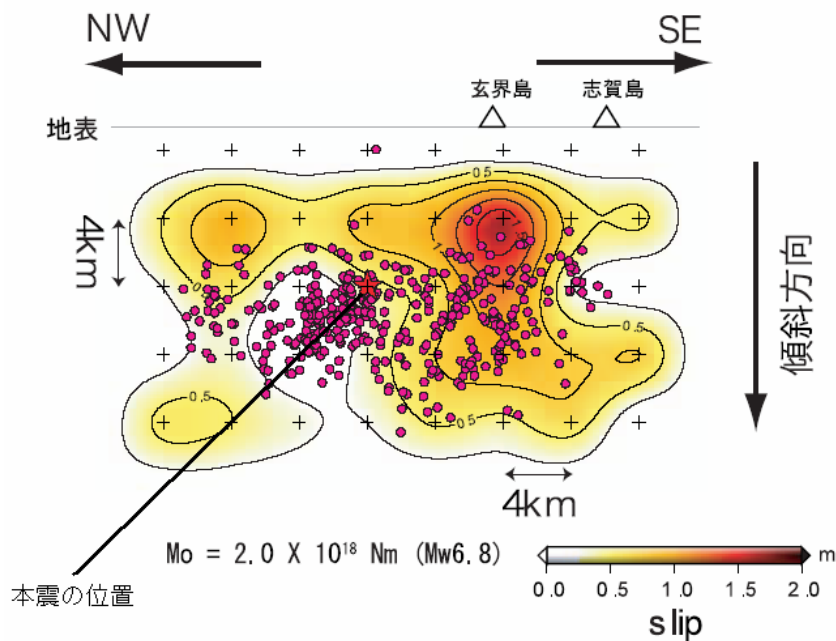


図6 2005年福岡県西方沖の地震の震源過程と本震発生後1日間の余震分布（気象庁・気象研究所，2005b）に加筆

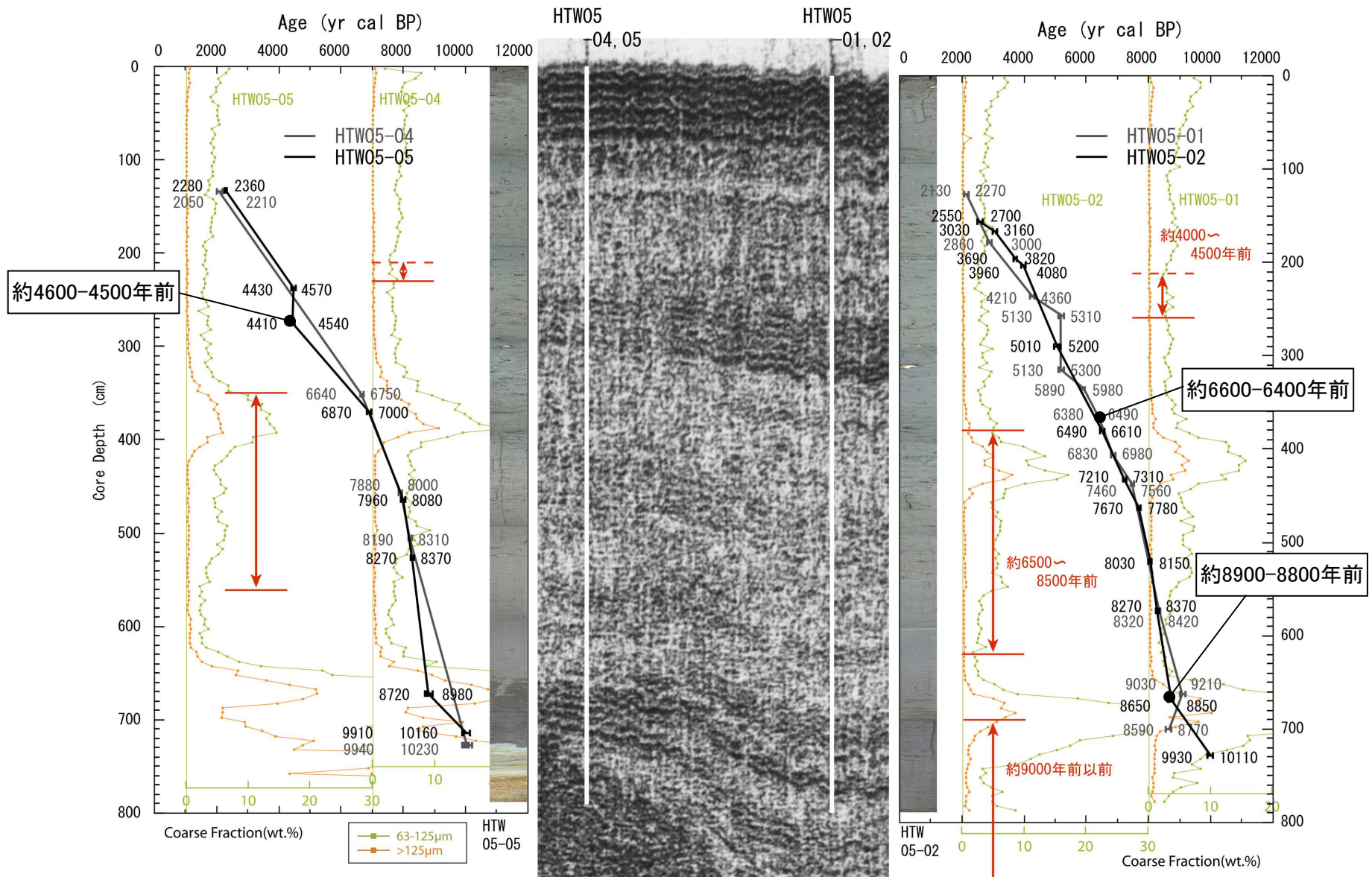


図7 コアリング調査地点の音響断面図（高知大学理学部ほか，2006）に加筆

年代値は暦年補正(注12参照)、リザーバー補正(注13参照)後の炭素同位体年代を、100年単位で、図中 に表示した。

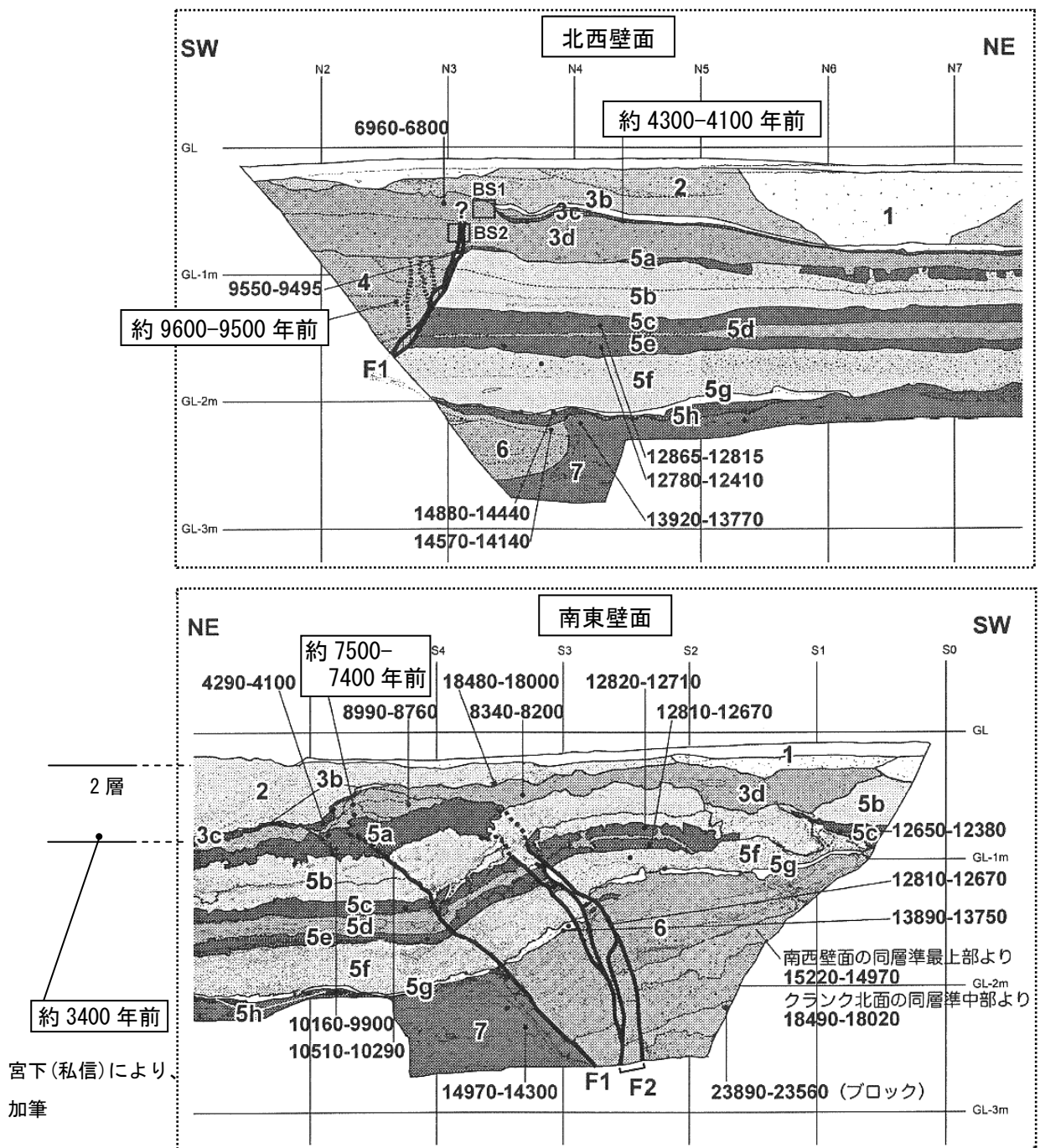


図8 上大利地点トレンチ壁面スケッチ図（宮下ほか(2007)に加筆）

年代値は暦年補正(注12参照)後の炭素同位体年代を、100年単位で、図中 に表示した。

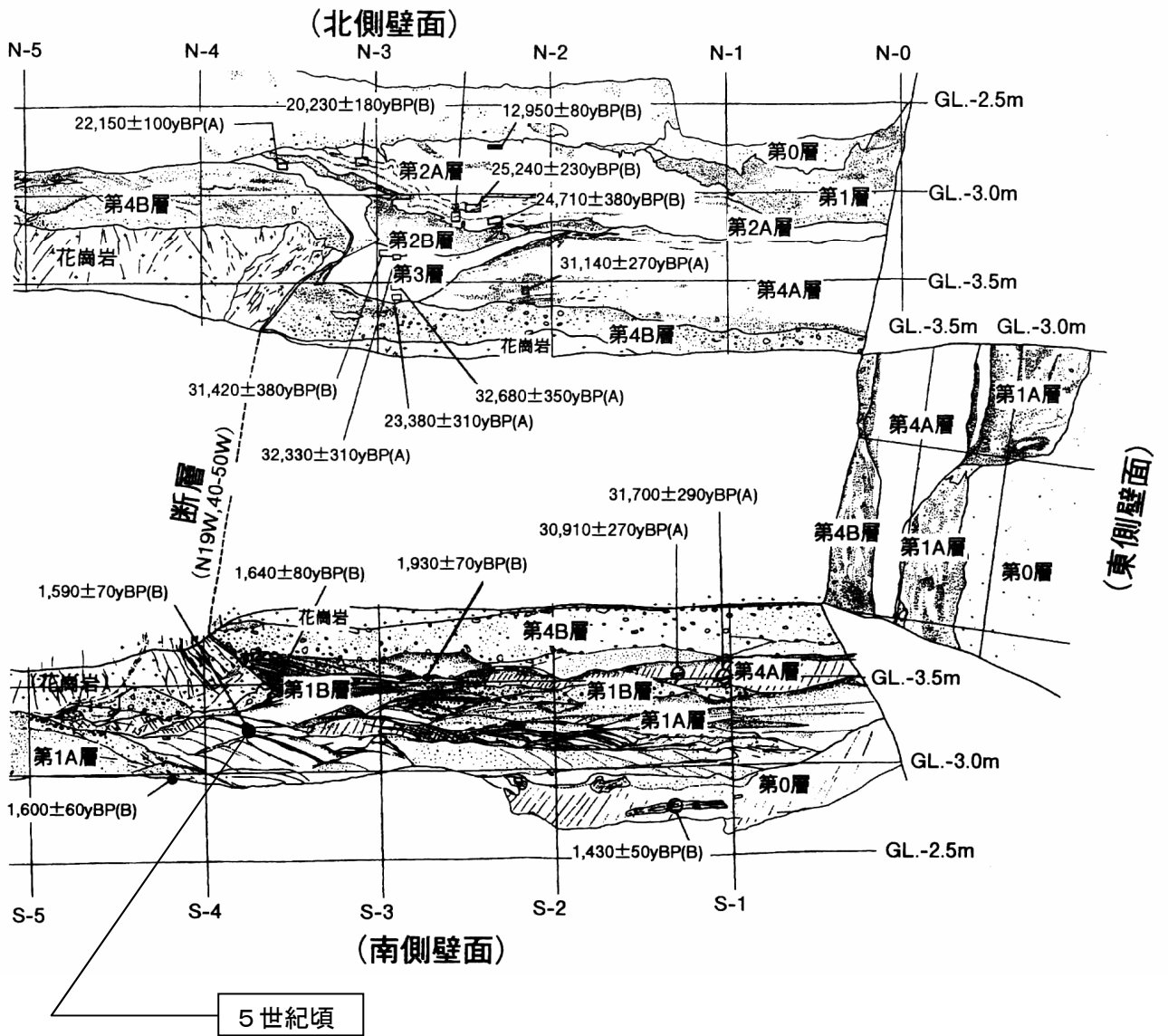


図9 大佐野地点トレンチ壁面スケッチ図 (下山ほか, 1999)

年代値は暦年補正(注12参照)後の炭素同位体年代を、世紀で、図中 に表示した。

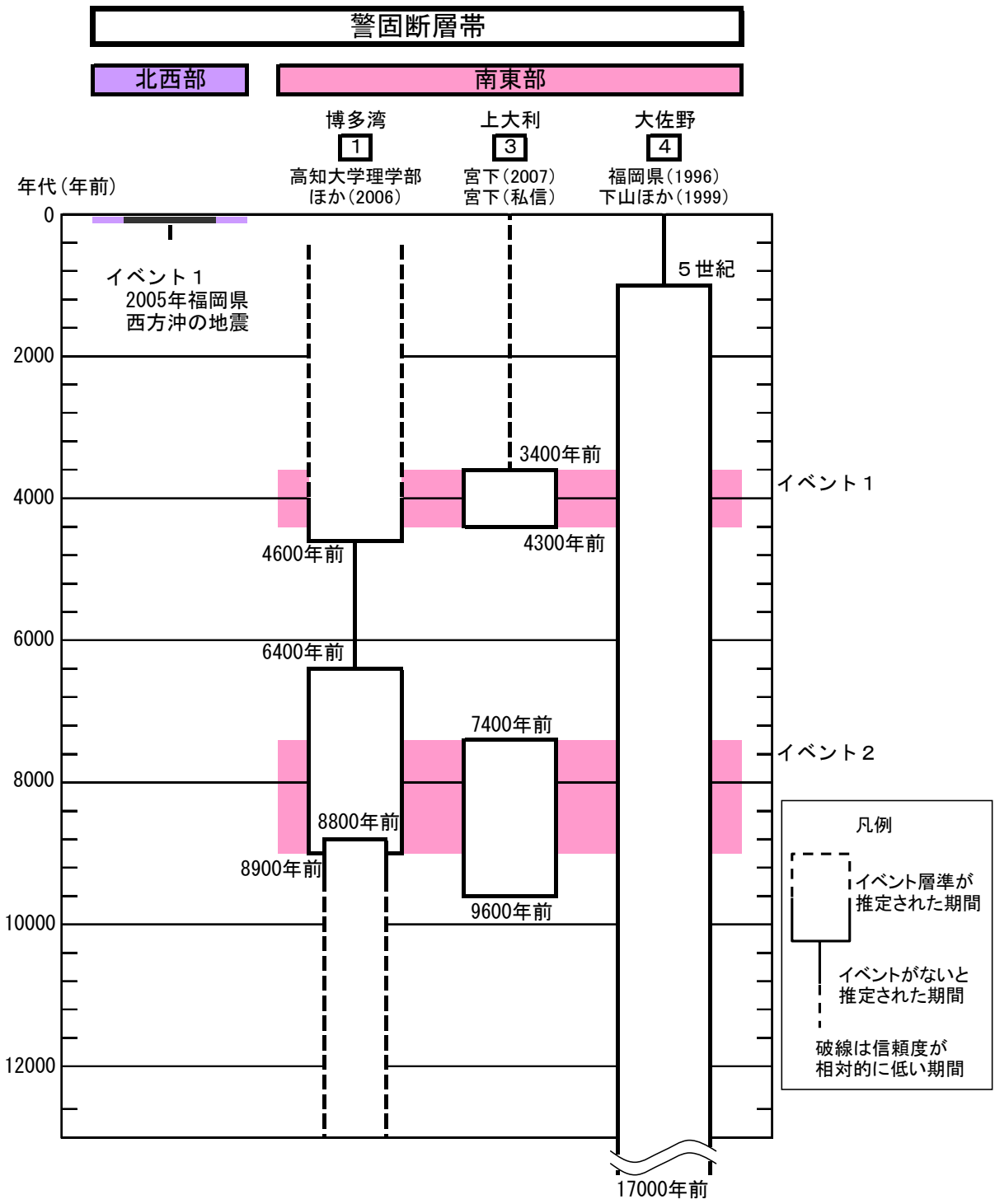


図 10 警固断層帯の活動の時空間分布

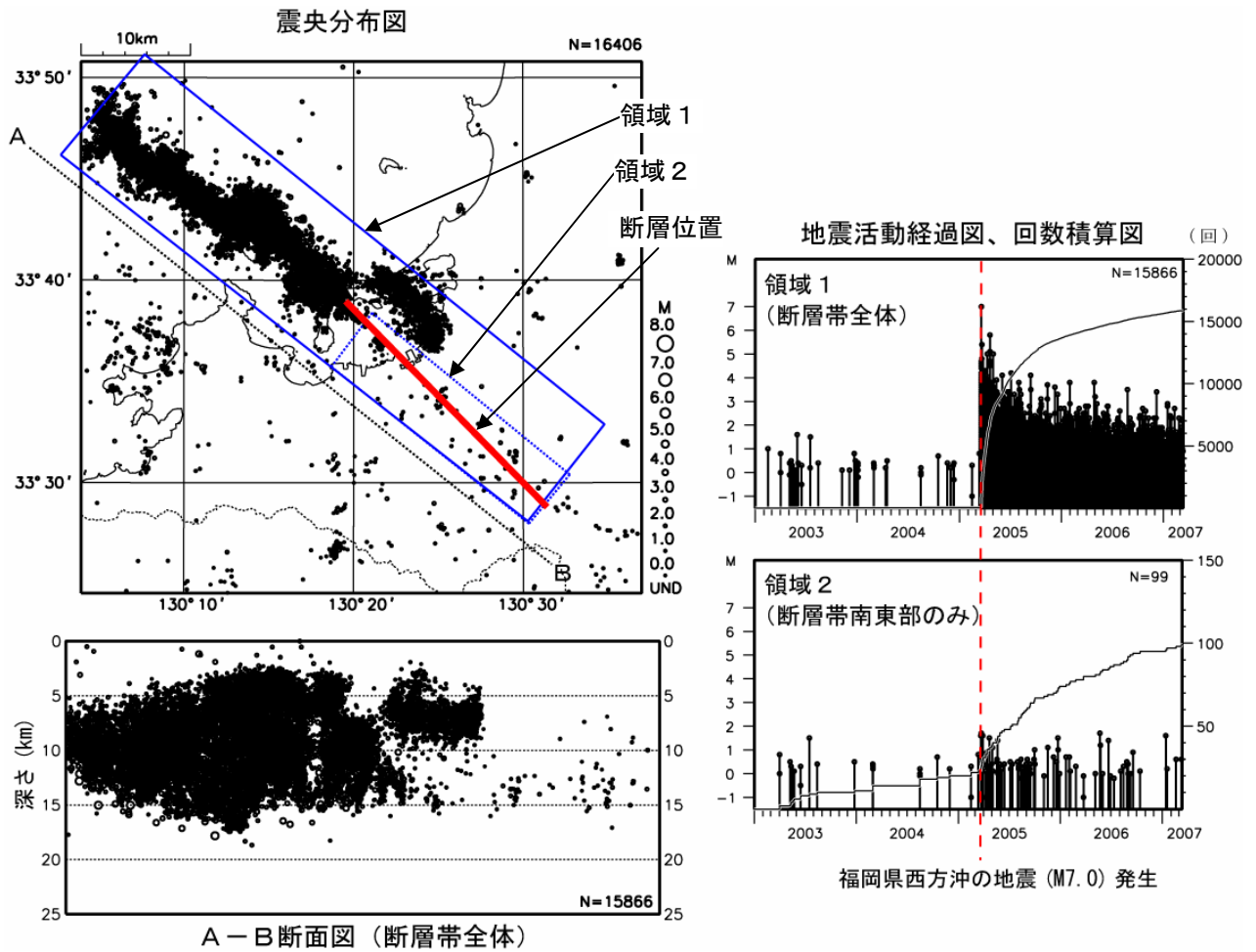


図 11 最近の地震活動
 (2003年1月～2007年2月 気象庁一元化震源)

表3 警固断層帯（南東部）の地震発生確率及び参考指標

項目	数値	備考
地震後経過率	0.6 - 1.4	発生確率及び集積確率は地震調査研究推進本部地震調査委員会（2001）参照。 （最新活動：4300-3400年前） （活動間隔：3100-5500年）
今後30年以内の発生確率	0.3 - 6%	
今後50年以内の発生確率	0.4 - 9%	
今後100年以内の発生確率	0.9 - 20%	
今後300年以内の発生確率	3 - 40%	
集積確率	3 - 90%	
指標(1)経過年数 比	マイナス4百 - 2千1百年 0.9 - 2.0	地震調査研究推進本部地震調査委員会長期評価部会（1999）参照。
指標(2)	0.5 - 5.9	
指標(3)	3 - 90%	
指標(4)	0.06 - 0.7	
指標(5)	0.0002 - 0.0003	

評価時点はすべて2007年1月1日現在。なお、計算に用いた平均活動間隔の信頼度は低い（△）ことに留意されたい。

指標(1)： 当該活断層での大地震発生の危険率（1年間あたりに発生する回数）は、最新活動（地震発生）時期からの時間の経過とともに大きくなる（BPT分布モデルを適用した場合の考え方）。一方、最新活動の時期が把握されていない場合には、大地震発生の危険率は、時間によらず一定と考えざるを得ない（ポアソン過程を適用した場合の考え方）。

この指標は、BPT分布モデルを適用した場合の危険率が、ポアソン過程を適用した場合の危険率の値を超えた後の経過年数である。値がマイナスである場合は、BPT分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達していないことを示す。ポアソン過程を適用した場合の危険度は、4千3百分の1 - 3千4百分（0.0002 - 0.0003）であり、いつの時点でも一定である。

警固断層帯南東部では、BPT分布モデルを適用した場合の危険率は評価時点で1万2千分の1 - 5百分の1（0.00008 - 0.002）であり、時間とともに増加する。1万2千分の1（0.00008）であればBPT分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率に達するまでに今後4百年を要するが、5百分の1（0.002）であればすでに2千1百年が経過していることになる。

指標(1)： 最新活動（地震発生）時期から評価時点までの経過時間をAとし、BPT分布モデルを適用した場合の危険率がポアソン過程を適用した場合の危険率を超えるまでの時間をBとした場合において、前者を後者で割った値（A/B）である。

指標(2) BPT分布モデルによる場合と、ポアソン過程とした場合の評価時点での危険率の比。

指標(3) 評価時点での集積確率（前回の地震発生から評価時点までに地震が発生しているはずの確率）。

指標(4) 評価時点以後30年以内の地震発生確率をBPT分布モデルでとりうる最大の地震発生確率の値で割った値。

指標(5) ポアソン過程を適用した場合の危険率（1年間あたりの地震発生回数）。

附表

地震発生確率等の評価の信頼度に関する各ランクの分類条件の詳細は以下のとおりである。

ランク	分類条件の詳細
a	発生確率を求める際に用いる平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも比較的高く（◎または○）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が高い。
b	平均活動間隔及び最新活動時期のうち、いずれか一方の信頼度が低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性が中程度。
c	平均活動間隔及び最新活動時期の信頼度がいずれも低く（△）、これらにより求められた発生確率等の値は信頼性がやや低い。
d	平均活動間隔及び最新活動時期のいずれか一方または両方の信頼度が非常に低く（▲）、発生確率等の値は信頼性が低い。このため、今後の新しい知見により値が大きく変わる可能性が高い。または、データの不足により最新活動時期が十分特定できていないために、現在の確率値を求めることができず、単に長期間の平均値を確率としている。