
4. セグメント区分

4. 1 既往文献によるセグメント区分

4. 2 四国北西部のセグメント区分

4. 3 四国全域のセグメント区分

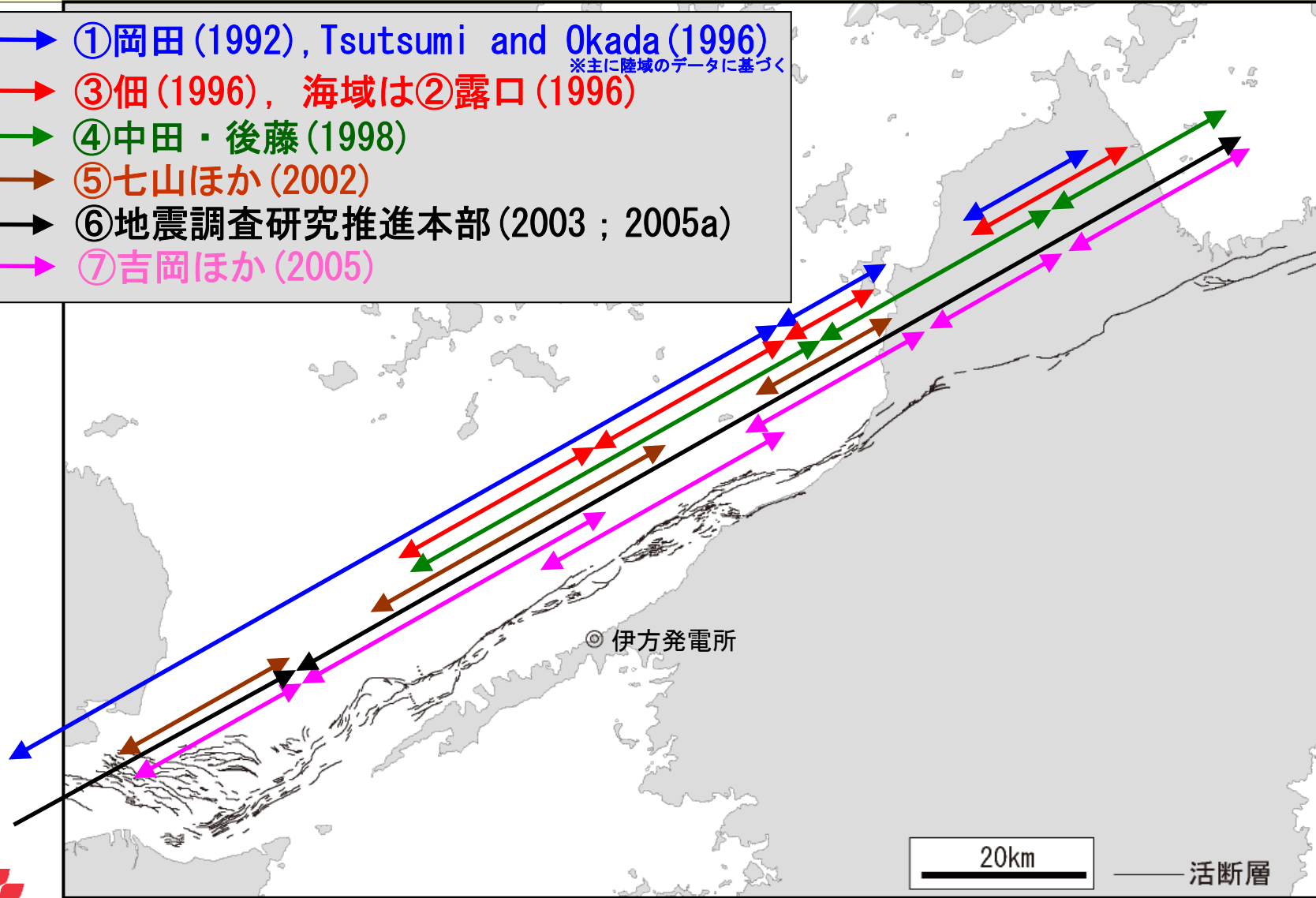
4. 4 三崎沖ジョグ西側の断層性状

4.1 既往文献によるセグメント区分

4. 1-1 既往文献によるセグメント区分の整理

○既存文献による四国北西部における中央構造線断層帯のセグメント区分は以下のとおり。

- ↔ ①岡田(1992), Tsutsumi and Okada(1996)
※主に陸域のデータに基づく
- ↔ ③佃(1996), 海域は②露口(1996)
- ↔ ④中田・後藤(1998)
- ↔ ⑤七山ほか(2002)
- ↔ ⑥地震調査研究推進本部(2003; 2005a)
- ↔ ⑦吉岡ほか(2005)

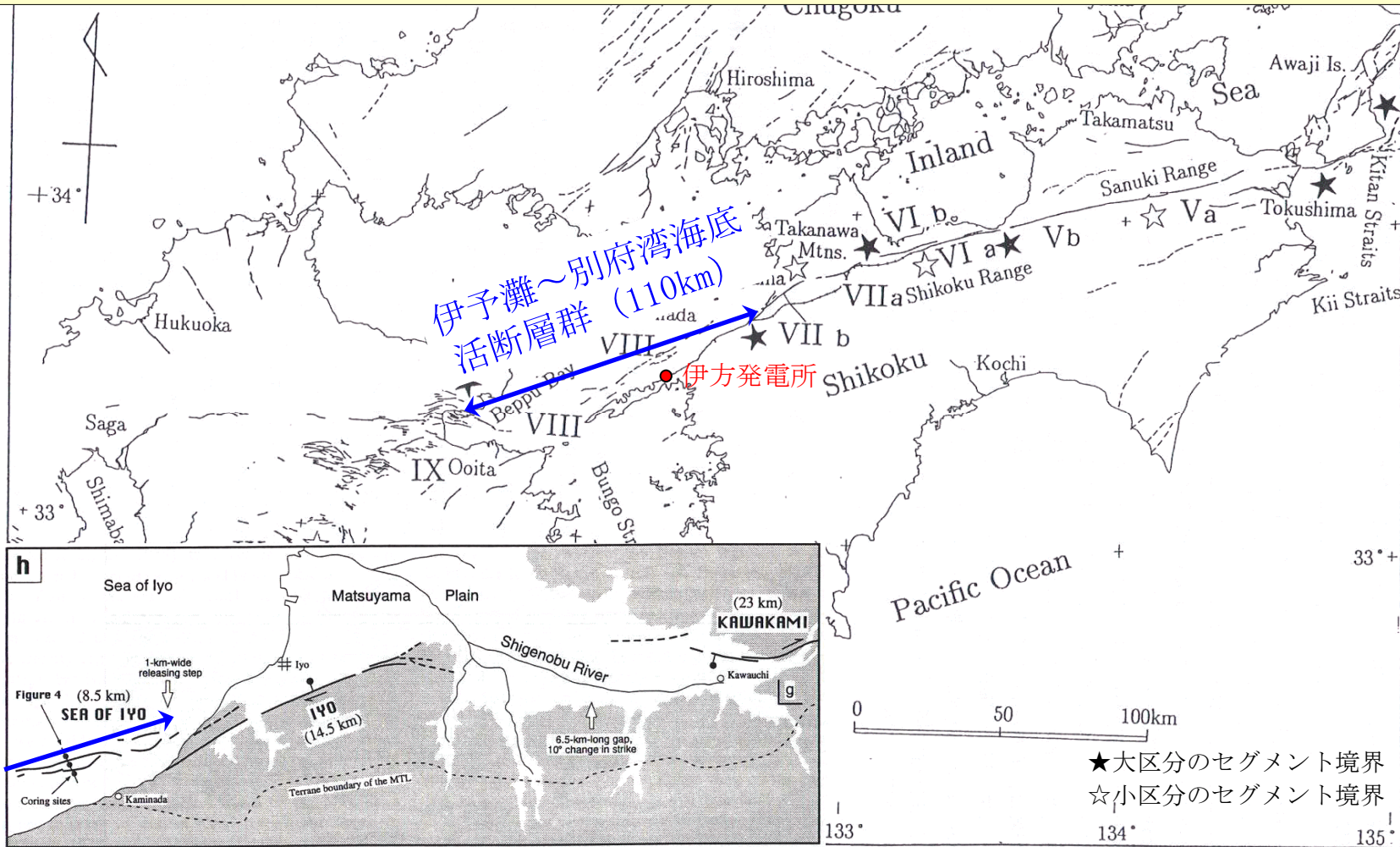


4. 1-2 岡田 (1992), Tsutsumi and Okada (1996)

「中央構造線活断層系の活動区の分割試案」 (岡田, 1992)

「Segmentation and Holocene surface faulting on the Median Tectonic Line, southwest Japan」 (Tsutsumi and Okada, 1996)

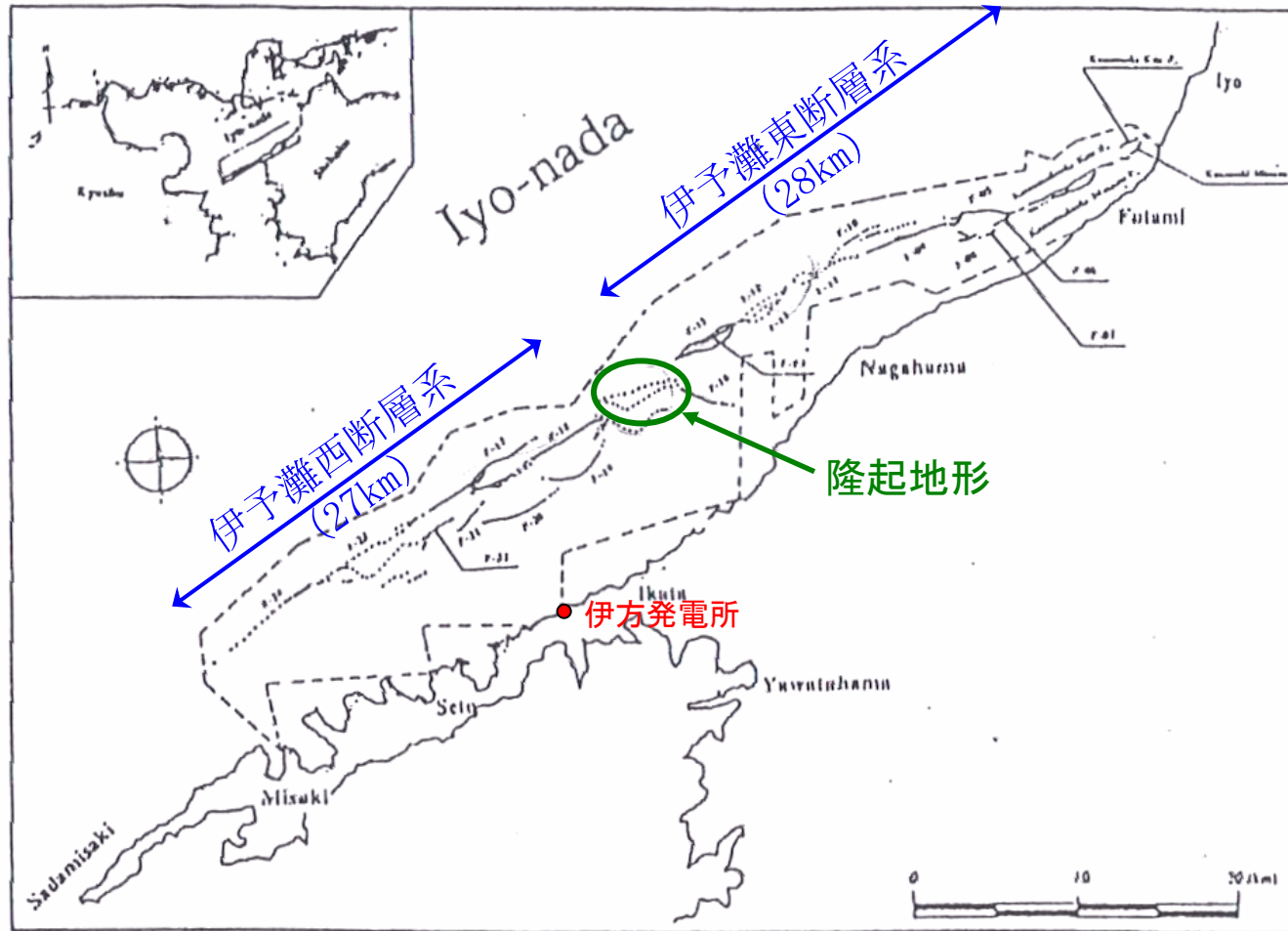
○伊予灘では全域における海底活断層はまだ解明されておらず、細かくセグメントに分けるのは困難としつつ海域の断層群全体を1つのセグメントとして取り扱ったものである。



4. 1-3 露口ほか(1996)

「伊予灘における中央構造線系海底活断層の分布とセグメンテーション」 (露口・松岡・岡村, 1996)

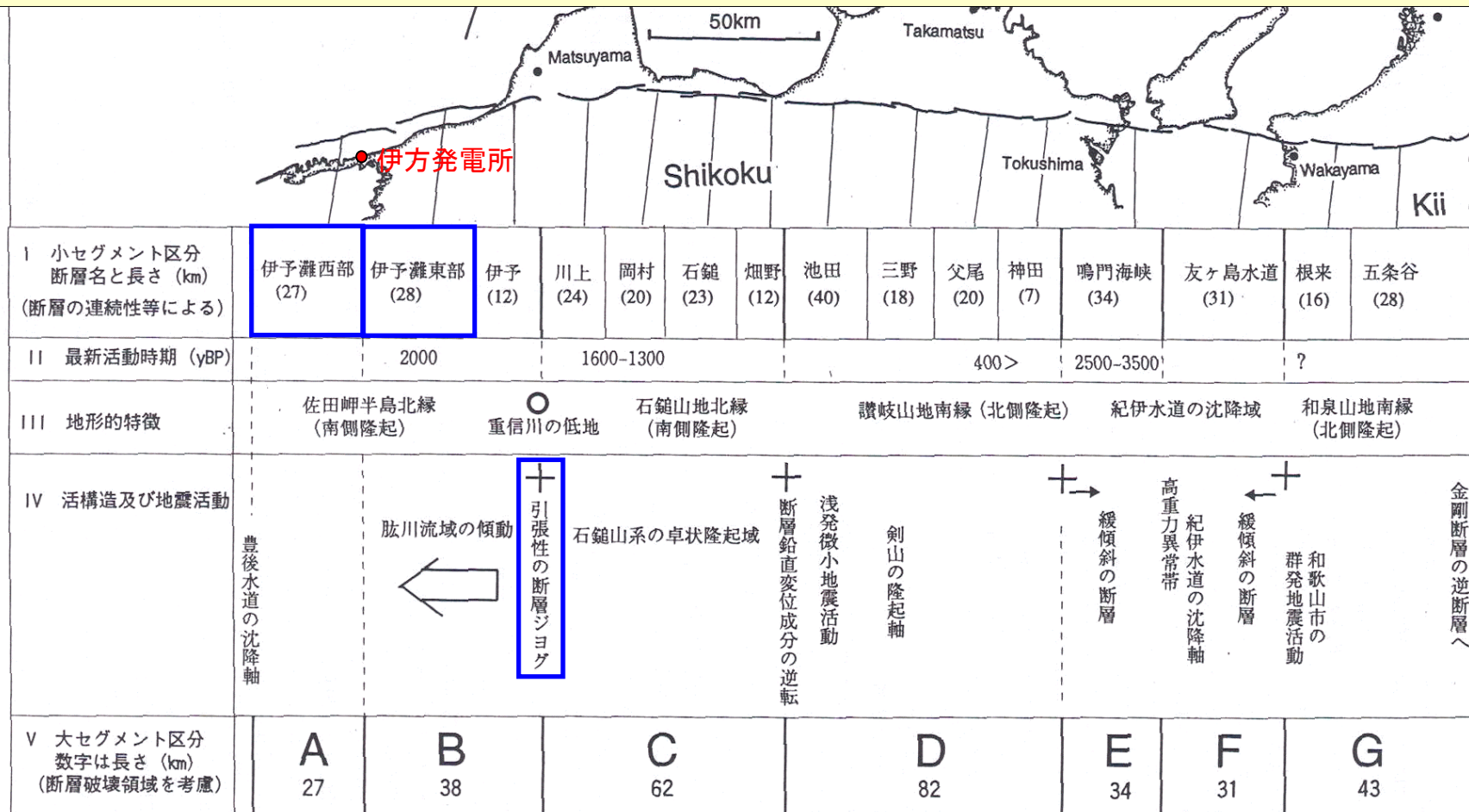
- 伊予灘でソノプローブを音源とする海底下浅部においての高分解能音波探査を行い、活断層分布や浅層の地質構造を把握。
- 調査海域中央部の隆起地形を重視。



4. 1-4 佃(1996)

「中央構造線活断層系のセグメンテーションと周辺の地質構造」(佃, 1996)

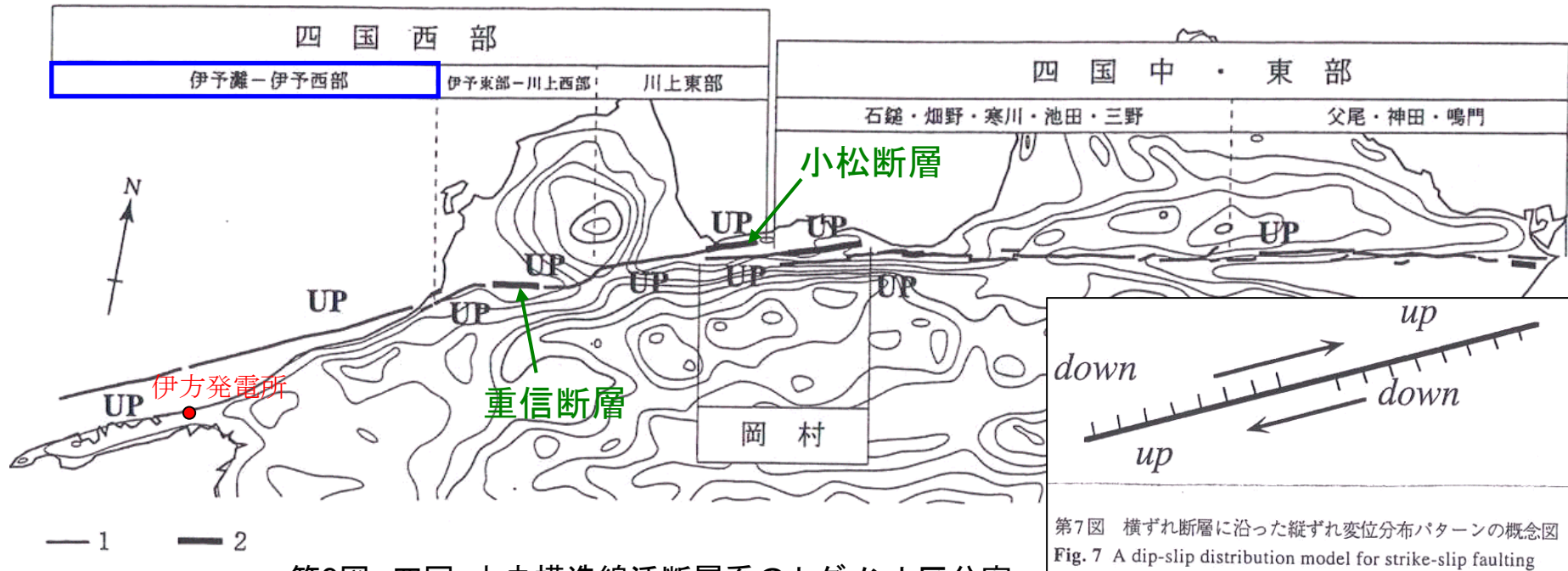
- Tsutsumi and Okada(1996)で一括されている伊予灘の活断層系を, 露口ほか(1996)に従い, 伊予灘東部断層(28km)と伊予灘西部断層(27km)に分割した。
- 川上断層と伊予断層の間の重信川低地に引張性の断層ジョグを指摘し, セグメント境界と位置づけた。



4. 1-5 中田・後藤(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—」(中田・後藤, 1998)

- 横ずれ活断層では, 縦ずれ変位センスが断層線の中央を境に逆転するいわゆる蝶番(ヒンジ)的な変位パターンがしばしば認められ, これを横ずれ活断層が一括して活動する範囲(セグメント)として区分するモデルを提案。
- 詳細な空中写真判読によって新たに認識された活断層(重信断層(南落ち), 小松断層(南落ち))を踏まえ, 縦ずれ変位パターンによってセグメントを区分。

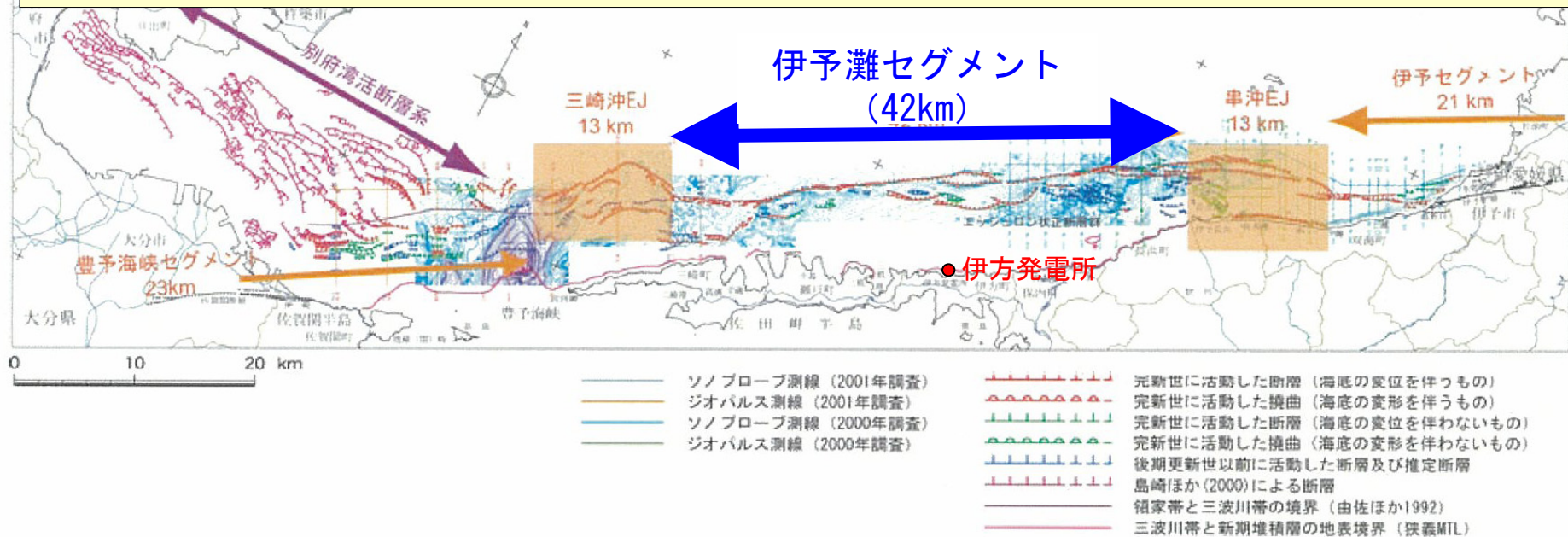


第9図 四国・中央構造線活断層系のセグメント区分案
 1: 既知の断層線, 2: 新たに認定された断層線, UP: 断層線の相対的隆起側

4. 1-6 七山ほか(2002)

「伊予灘～佐賀関沖MTL活断層系の広域イメージとセグメント区分」(七山・池田・大塚・三浦・金山・小林・長谷川・杉山・佃, 2002)

- ソノプローブおよびジオパルスを音源とする高分解能音波探査の実施, さらには四国電力, 国土地理院, 大学研究グループによる既存の音波探査記録の再解析によって, 詳細な活断層分布を解明するとともに浅層の地質構造を把握。
- 陸域の伊予断層が海域の活断層群に連続することを確認。
- 串沖および三崎沖に認められる大規模な引張性ジョグを重視し, これらをセグメント境界と位置づけた。



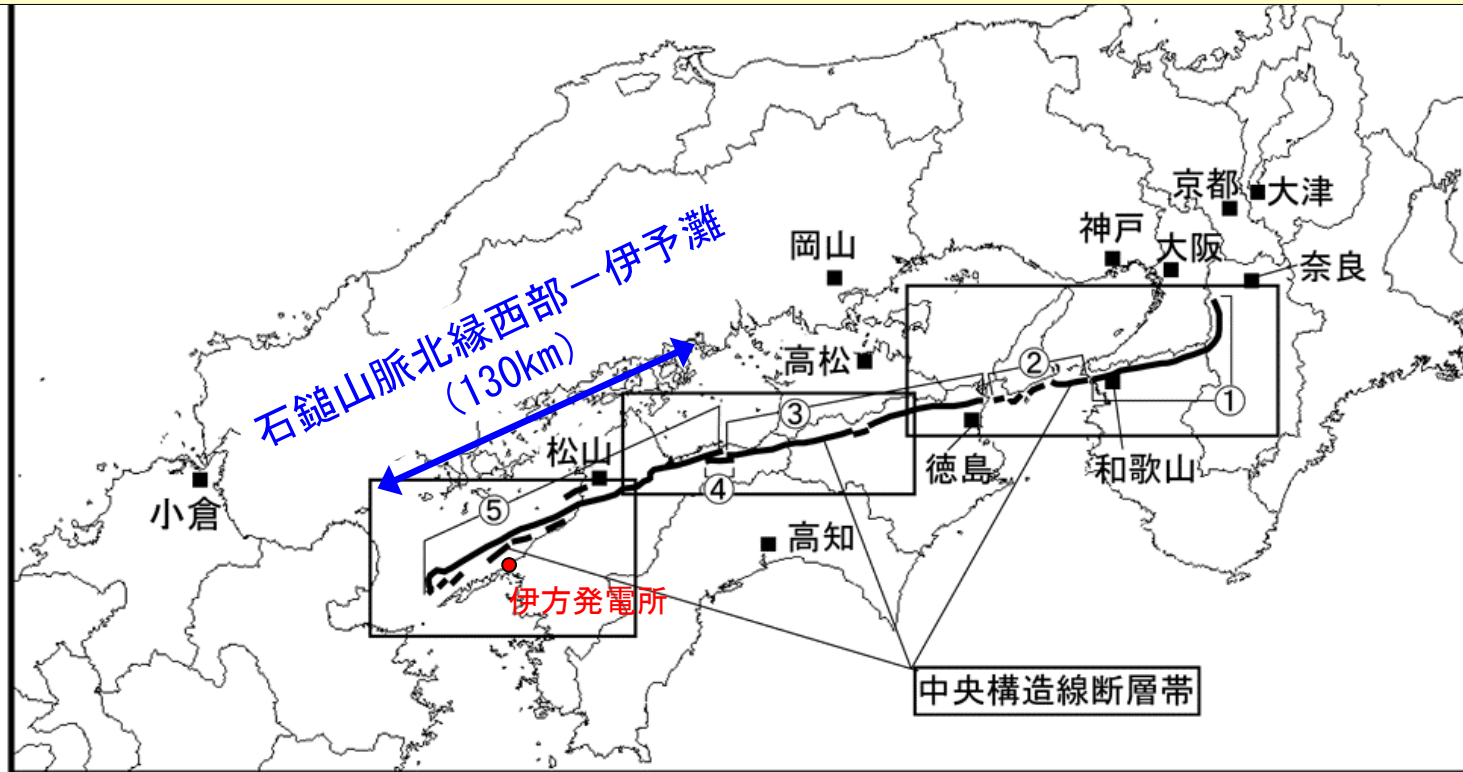
第8図. 伊予灘～別府湾域における活断層の分布とセグメント区分. 海底地形データは株式会社四国総合研究所による. 本図の作成には, 今回の探査結果に加えて, 四国電力株式会社(1984), 国土地理院(1992a, 1992b, 2001), 松岡・岡村(2000), 島崎ほか(2000)等のデータを用いた. 陸域の米湊断層および伊予断層は岡田ほか(1998), 本郡断層は長谷川ほか(1999), 佐賀関断層は吉岡ほか(1997)による.

Fig. 8. Active fault distribution and segmentation in the Iyo-nada Sea - Beppu Bay area.

4. 1-7 地震調査研究推進本部(2003)

「中央構造線断層帯（金剛山地東縁－伊予灘）の長期評価について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003）

○中央構造線断層を5つの区間に区分し，これらの区間が個別に活動する可能性や，複数の区間が同時に活動する可能性，これら5つの区間とは異なる範囲が活動する可能性，さらには断層帯全体(360km)が同時に活動する可能性も否定できないとした。

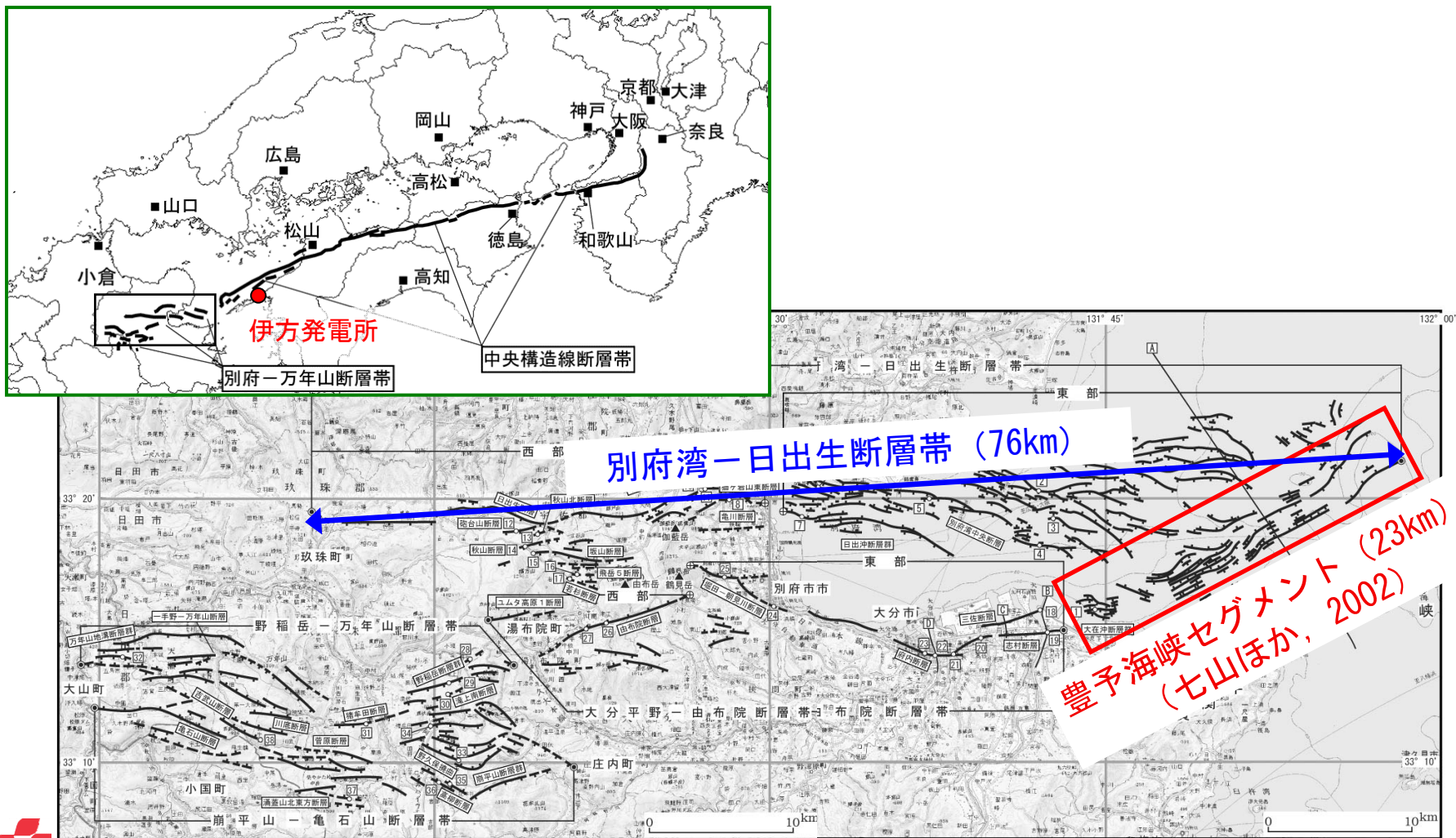


- ①：金剛山地東縁－和泉山脈南縁
- ②：紀淡海峡－鳴門海峡
- ③：讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部
- ④：石鎚山脈北縁
- ⑤：石鎚山脈北縁西部－伊予灘

4. 1-8 地震調査研究推進本部(2005)

「別府-万年山断層帯の長期評価について」(地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2005a)

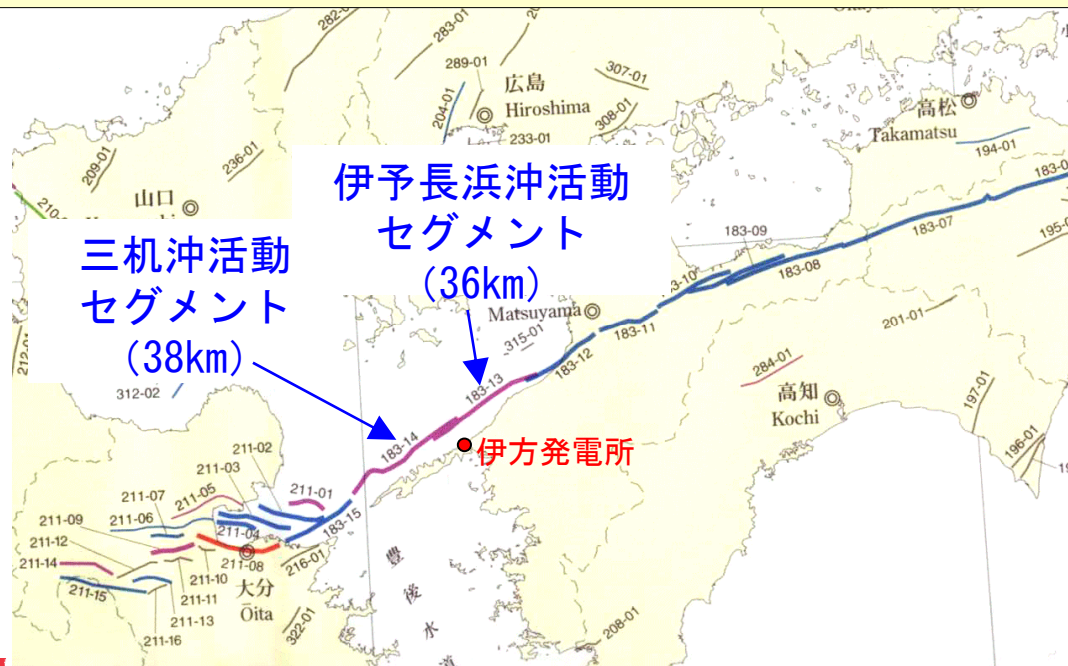
○別府湾-日出生断層帯(76km)は正断層であり, 七山ほか(2002)の豊予海峡セグメント(23km)を含む。



4. 1-9 吉岡ほか(2005)

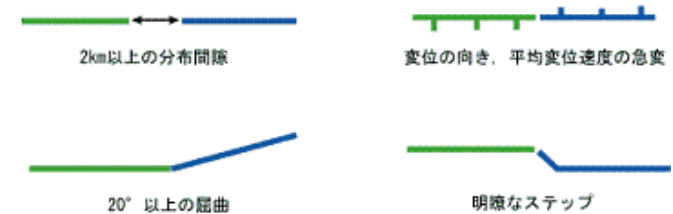
「全国主要活断層活動確率地図」(吉岡・粟田・下川・杉山・伏島, 2005)
 「活断層データベース」(産業技術総合研究所活断層研究センターHP)

- 活断層の分布形態, 活動履歴, 単位変位量とセグメント長の関係等を考慮し、全国の活断層を一律の基準で区分。
- セグメント区分について個別の活断層ごとの根拠は明確に示されていないが、七山ほか(2002)と同様に串沖および三崎沖に認められる大規模な引張性ジョグ, さらには伊方沖の引張性ジョグを重視したものと考えられる。

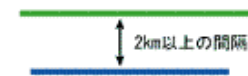


活動セグメントの区分基準の模式図
 (緑色と青色の断層線を別の活動セグメントとする。)

1) ほぼ一線に並ぶ2つの断層間に以下のような不連続が見られる場合



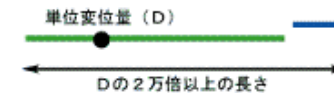
2) 並走する断層間に、走向と直角する方向に2km以上の間隔がある場合



3) 2地点で異なる活動履歴が得られた場合



4) 断層の長さがある地点の単位変位量の2万倍を超えた場合



4. 2 四国北西部のセグメント区分

4. 2-1 セグメント区分の方法

「原子力発電所の活断層系評価技術 ー長大活断層系のセグメンテーションー」（土木学会，2003）

（1）地震セグメント

記録に残された歴史地震の断層破壊区間に基づくセグメント

（2）幾何学的，地質・構造地質学的セグメント

下記のような断層形態，地質・地質構造の特徴に基づくセグメント

- ・断層の①屈曲，ステップ，ギャップ等
- ・断層の②分岐，他の系統の断層・褶曲等の③交差
- ・④第四紀堆積盆，火山地域
- ・地球物理学的な異常
- ・断層の⑤変位センス，⑥変位速度，累積変位量等

（3）挙動セグメント

下記のような断層の挙動・活動履歴に関するデータに基づくセグメント

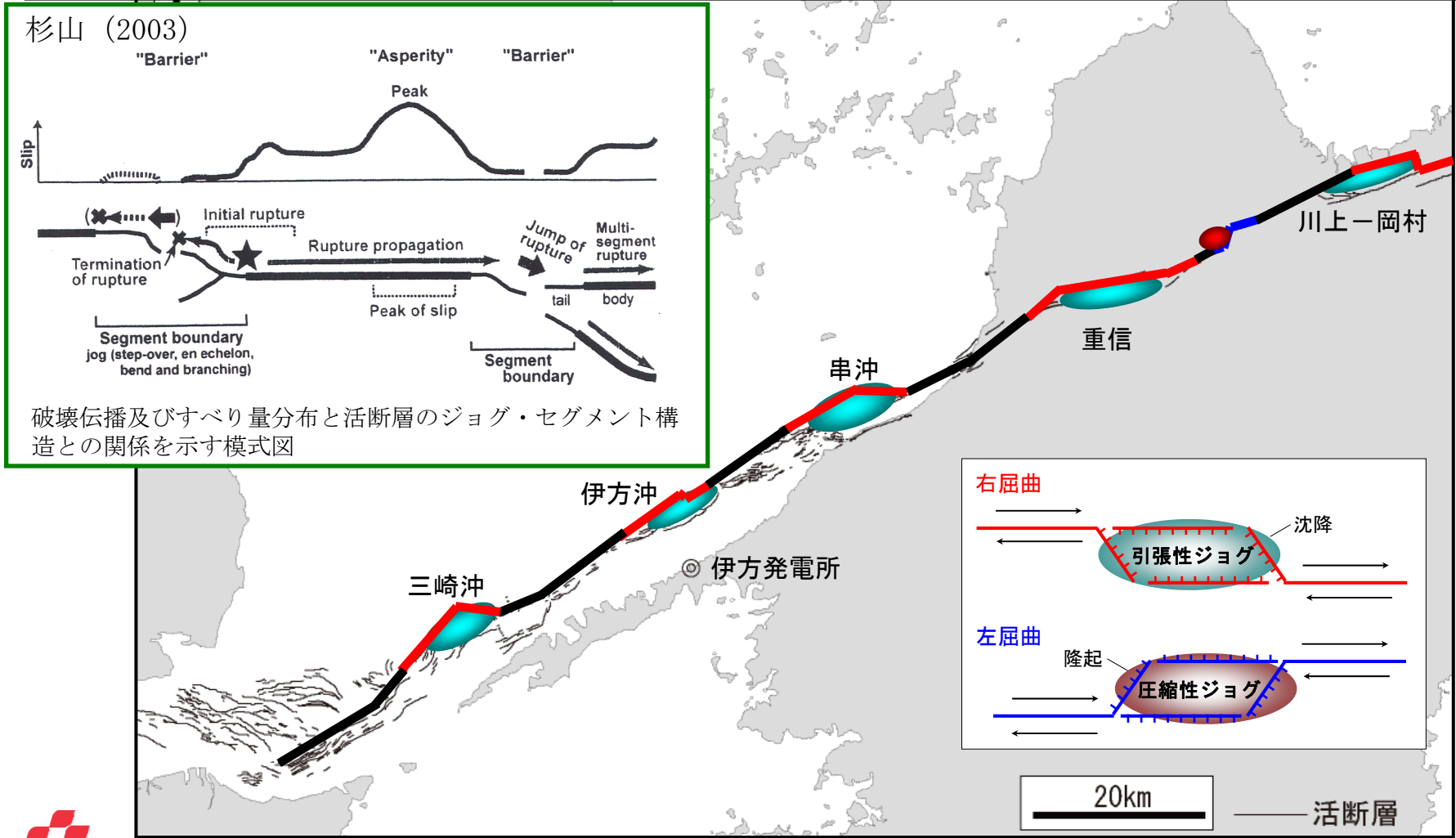
- ・古地震の破壊区間
- ・活動間隔
- ・最新活動時からの経過時間
- ・イベント時の断層変位量

四国北西部における中央構造線断層帯においては，断層形態や地質・地質構造に関する情報が豊富であるので，以下，（2）幾何学的，地質・構造地質学的セグメントに着目する。

※報告書には(1)地震セグメント，(3)挙動セグメントについても記述。

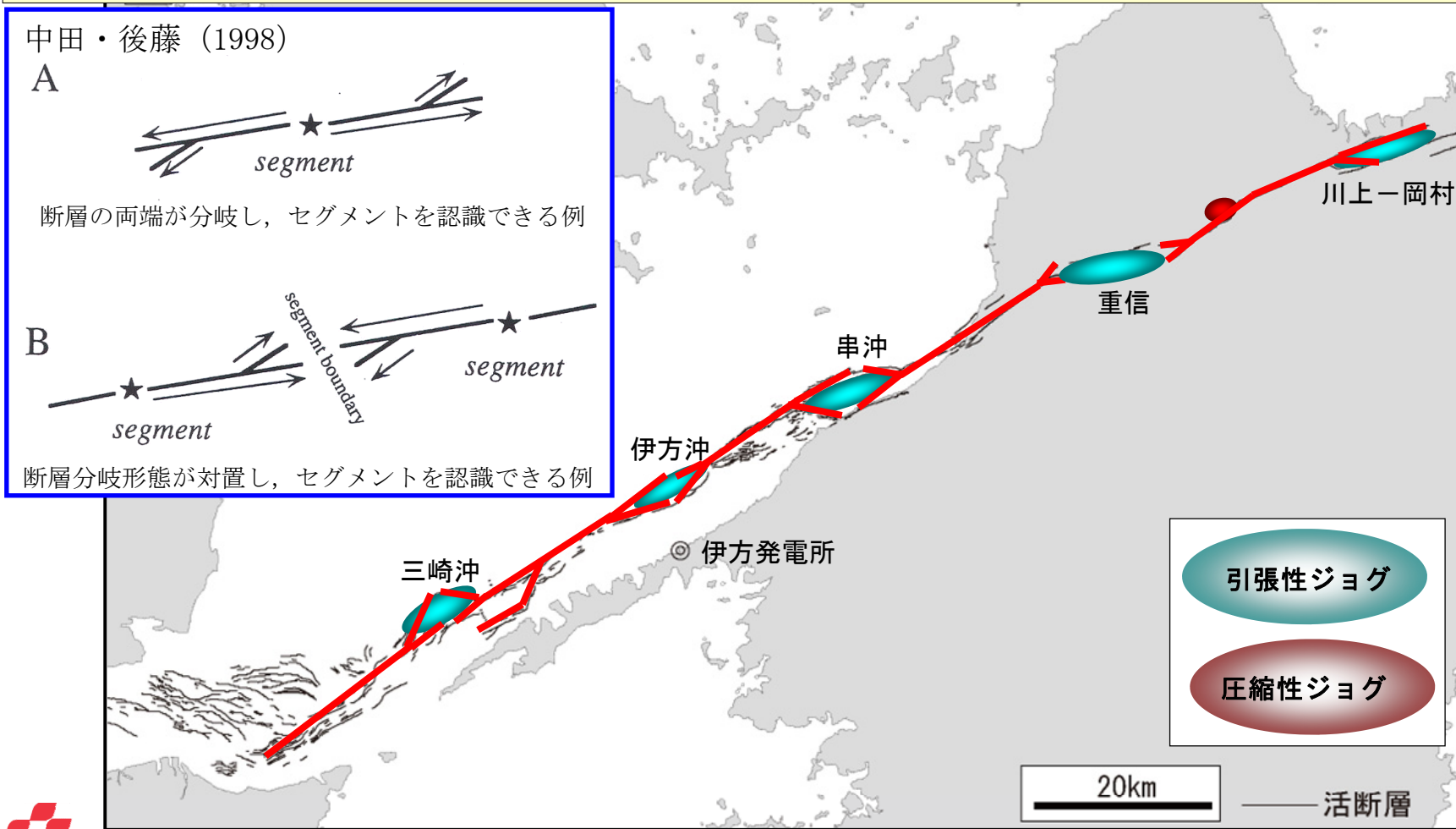
4. 2-2 断層の屈曲, ステップ

○右屈曲は引張性ジョグ, 左屈曲は圧縮性ジョグと位置づけられる。
 ○杉山 (2003) によると, 分岐, 屈曲, 雁行など断層形状の非単調性が大きな「ジョグ」は
 衝撃に対して強く, 破壊を終息させる「バリア」と対応する。



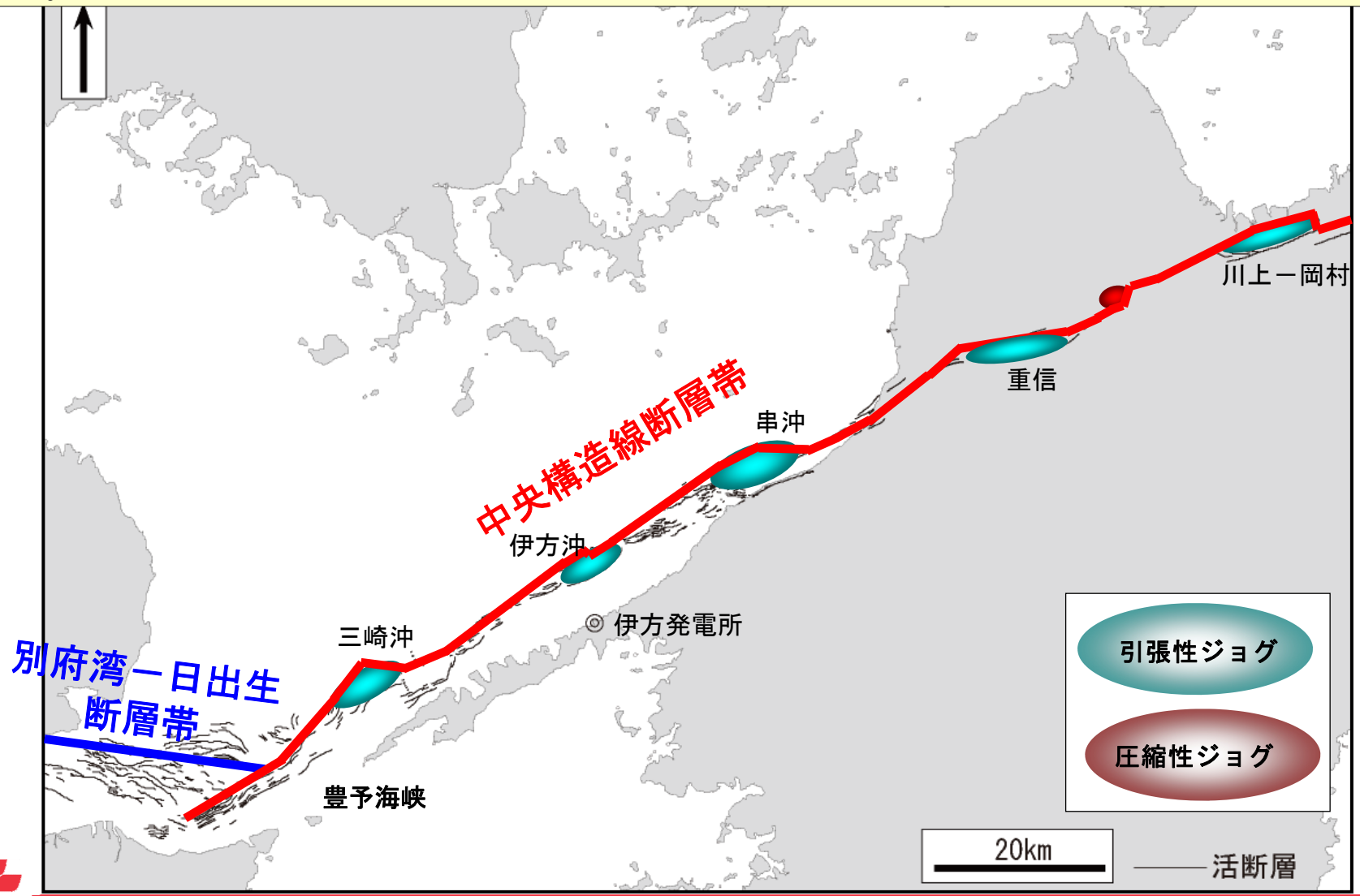
4. 2-3 断層の分岐

- 四国北西部の中央構造線断層帯においては、引張性ジョグと対応して、断層が分岐して対置する構造が各所にみられる。
- これらの引張性ジョグの断層分岐形態は中田・後藤（1998）がセグメント境界を推定する有力な指標としたものである。



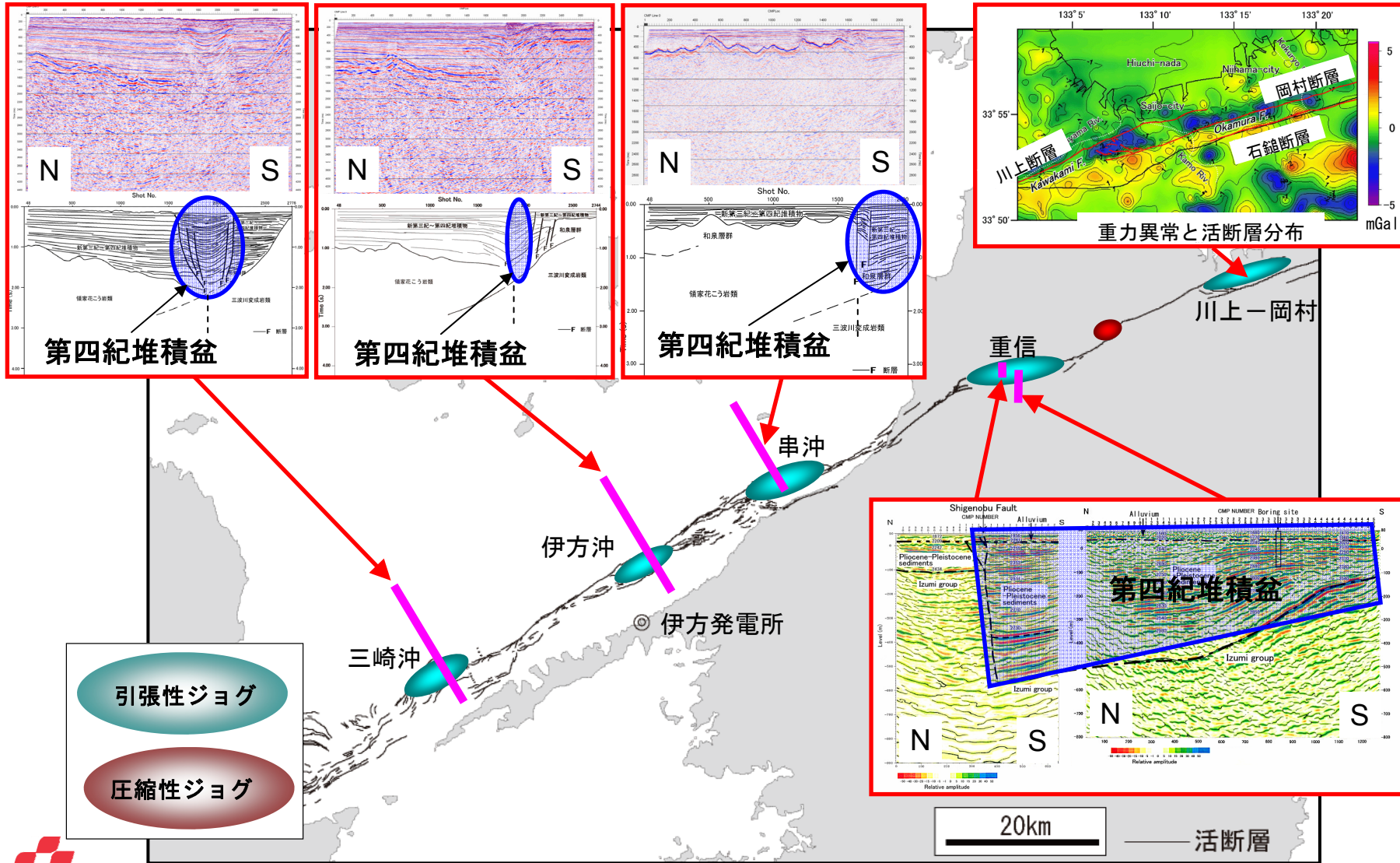
4. 2-4 他の断層との交差

○中央構造線断層帯は、豊予海峡北方で別府湾一日出生断層帯（別府湾活断層系）と交差する。



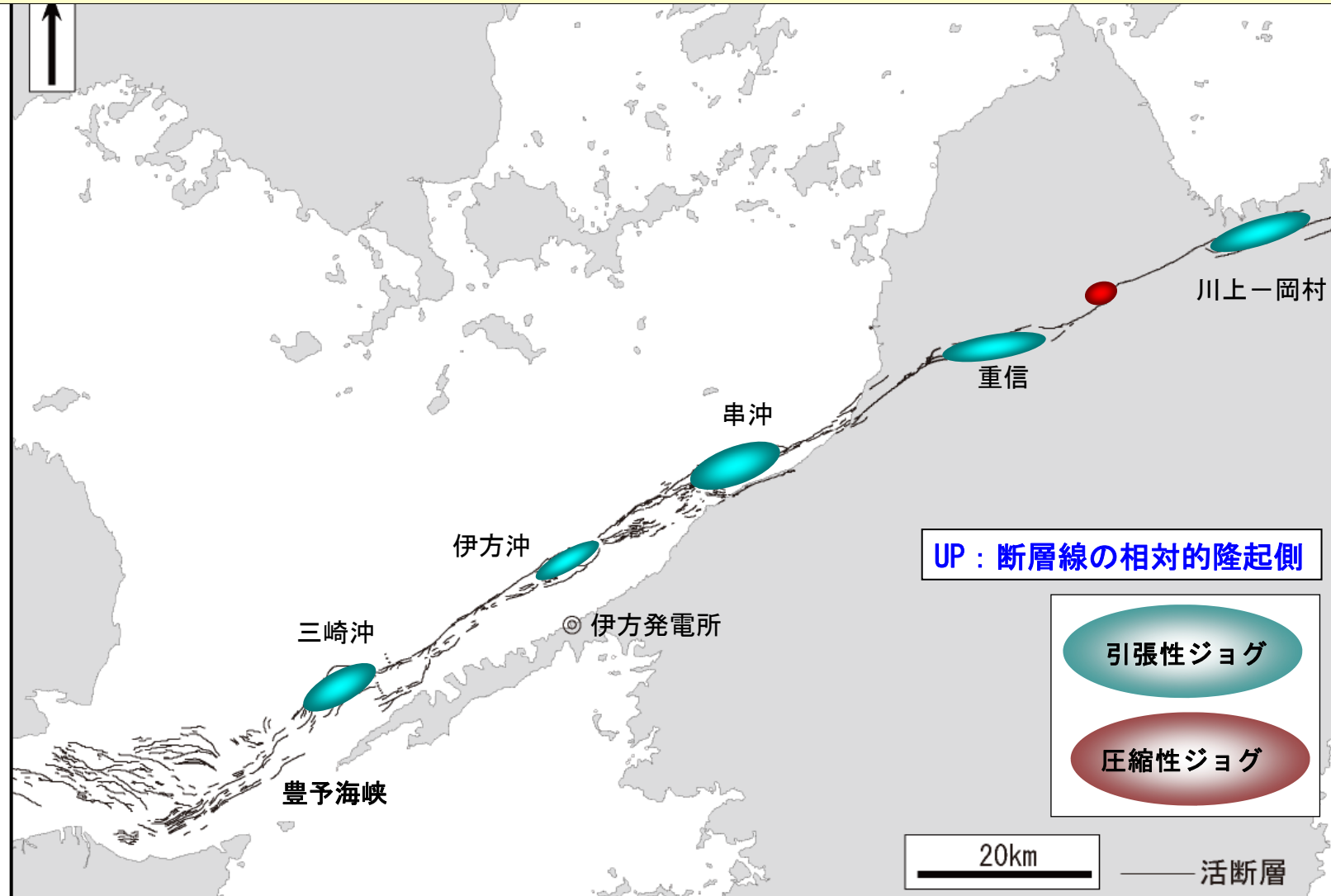
4. 2-5 第四紀堆積盆の存在

○深部構造調査によると、引張性ジョグの領域には第四紀堆積盆が存在する。

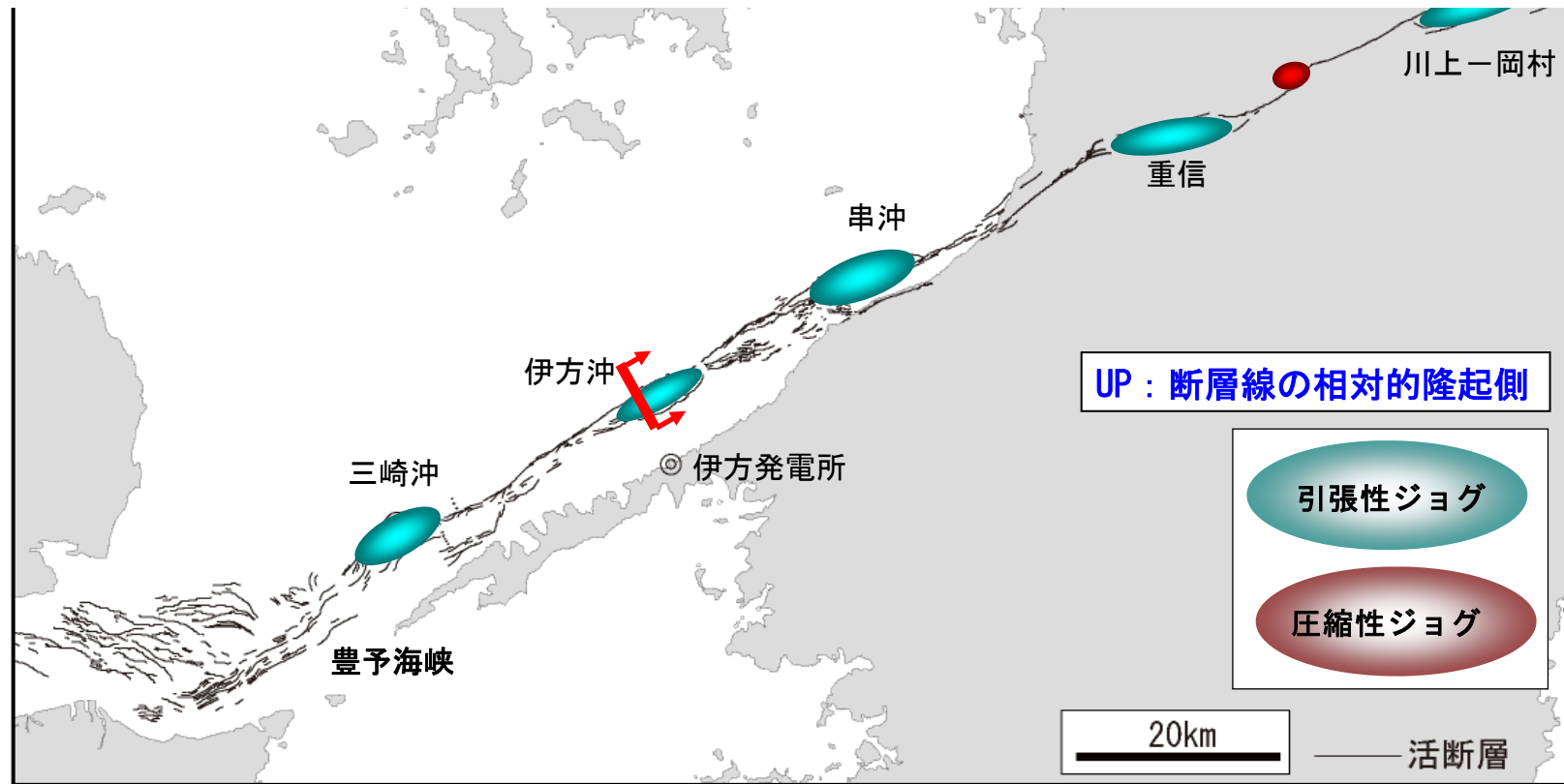
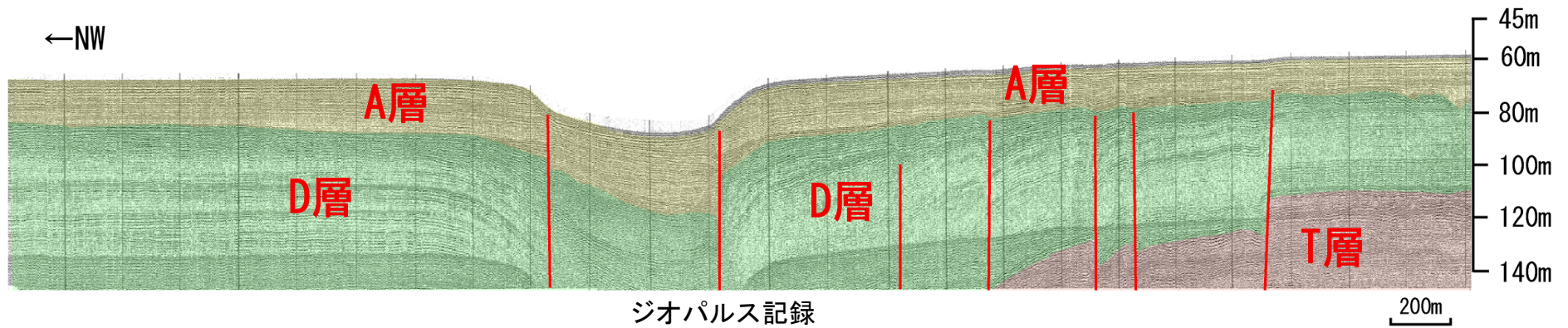


4. 2-6 断層の変位センス

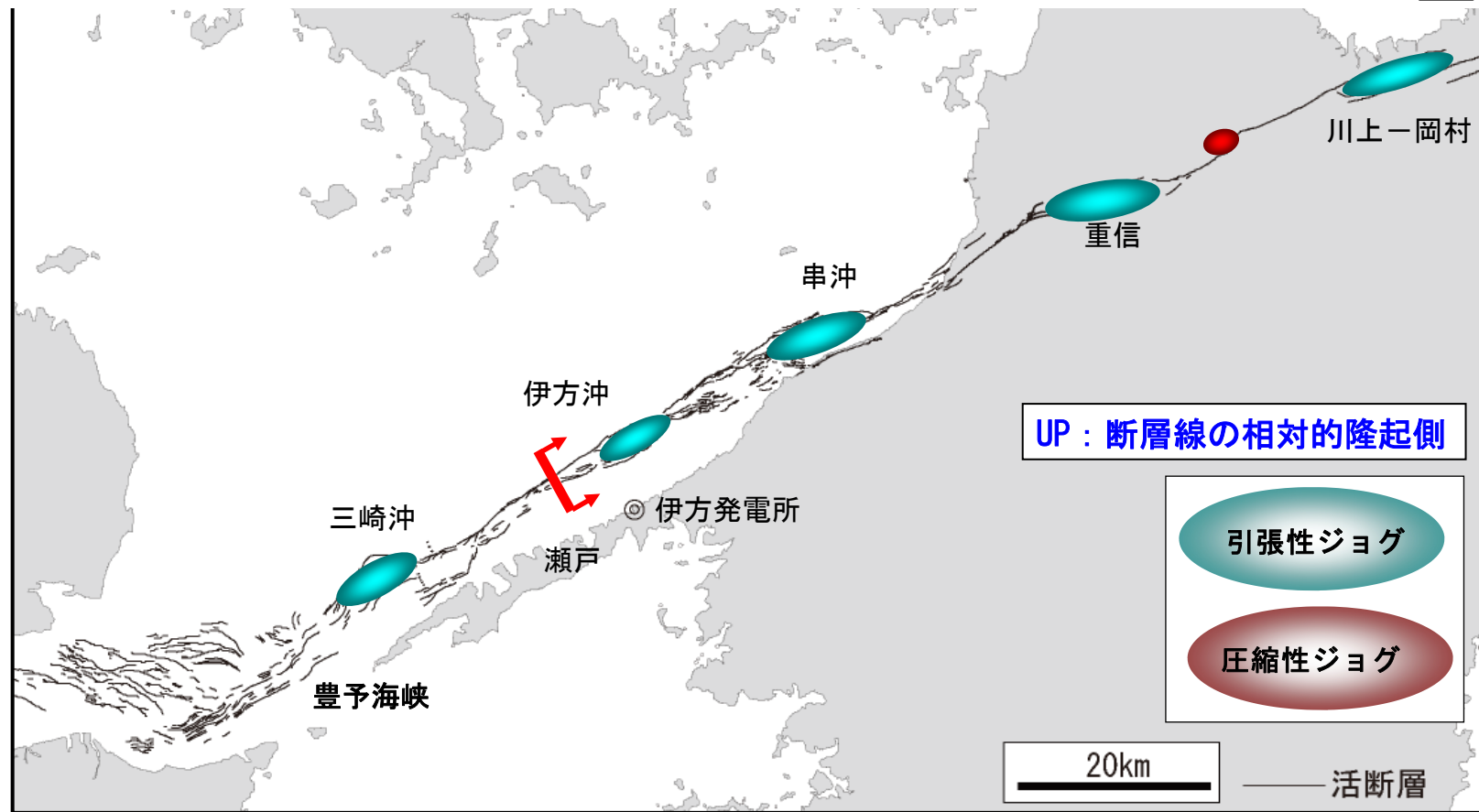
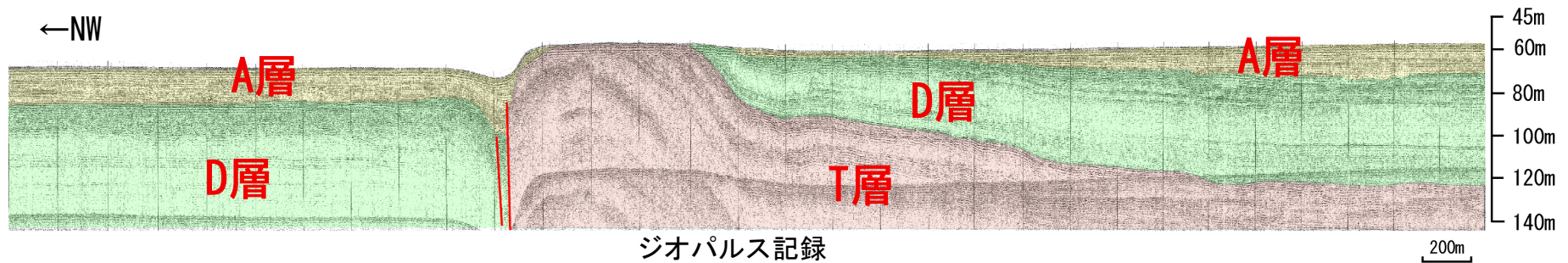
○中央構造線断層帯の右横ずれに伴い、伊予灘には地溝とバルジが直線的に配列するが、断層帯全体として南北で縦ずれ変位は顕著でない。



4. 2-7 断層の変位センス(伊方沖の地溝)

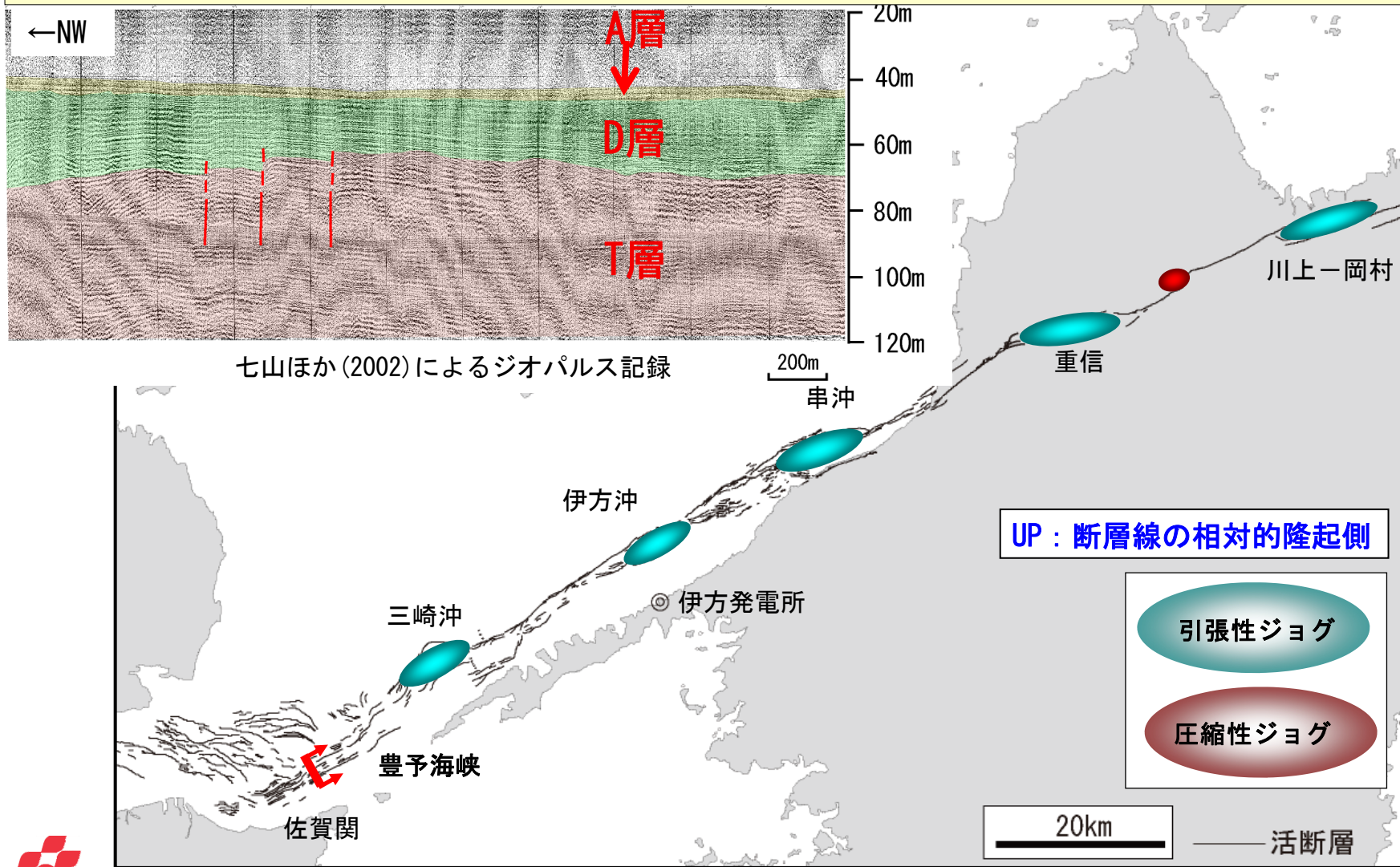


4. 2-8 断層の変位センス(瀬戸沖のバルジ)



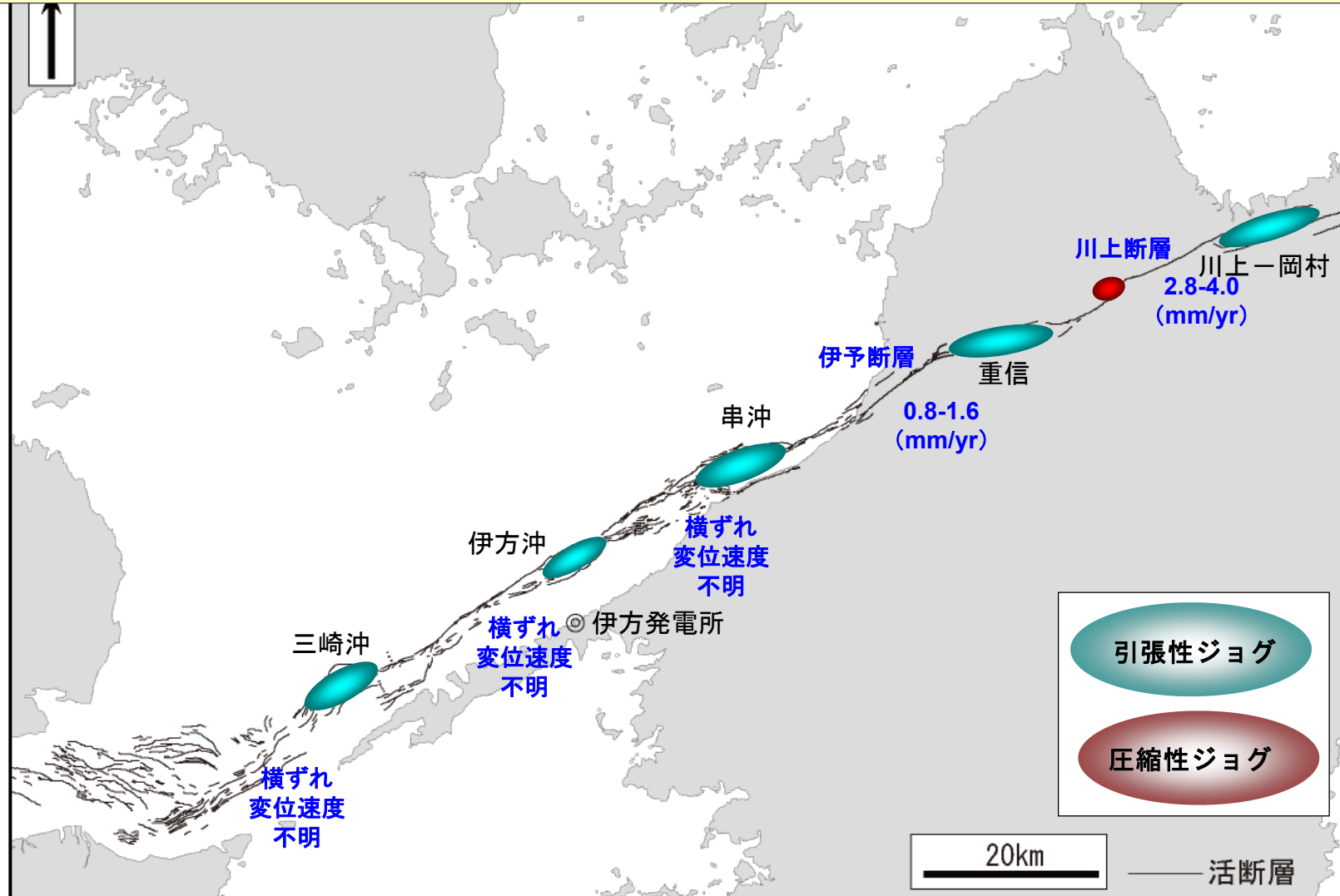
4. 2-9 断層の変位センス(佐賀関沖の断層群)

○豊予海峡以西では、正断層的な構造を伴う断層と横ずれ構造を伴う断層が混在し、全般に縦ずれ変位が小さく、やや北落ちの正断層が優勢である。



4. 2-10 横ずれ変位速度

○横ずれ変位速度は、四国東部で大きく西部へ向かって小さくなる。四国北西部陸域では川上断層と伊予断層で大きく異なり、引張性ジョグを境に顕著な差があるように見える。



4. 2-11 断層性状の整理

断層名 性状	豊予海峡 セグメント	三崎沖 引張性 ジョグ	伊予灘 セグメント			串沖 引張性 ジョグ	伊予断層	重信 断層	川上-小松 断層			
海/陸	海						陸					
走向	北東-南西						東北東-西南西					
活動様式	正断層 一部横ずれ断層含む		右横ずれ断層									
縦ずれ変位の向き(落ち方向)	全般に北落ち優勢		南落ちと北落ちの断層に挟まれた地溝・バルジの形成 (断層帯全体として南北で顕著な縦ずれ変位は見られない)				南	北	南	北	南	
分布形態	並走配列 別府湾活断層系と斜交		右屈曲 (分岐)	分岐	雁行配列	右屈曲 (分岐)	雁行配列	直線状	分岐	左屈曲	直線状	岡村断層と並走
第四紀堆積盆	無	有	無	有	無	フルアパート ベースン	無	フルアパート ベースン	-			
活動時期	最新	伊予セグメントや伊予灘セグメントより活動性が低いと推定される	-	伊予セグメントと同程度以下の活動性と推定される	約6千年前以降	14世紀以降	11世紀以降	9世紀以降				
	1つ前				約1万年前以降	2~3.5千年前	6.2千年前~11世紀	1~8世紀				
2つ前					3.5~7千年前	4.9千年前~3世紀						
平均活動間隔(千年)					3.3~5.0	2.5	(3.5-4.0)*	1.0-1.4				
変位	横ずれ変位量(m/回)					-	2.0	2.5	4.0			
	横ずれ変位速度(mm/yr)					-	0.8-1.6	(0.6-0.7)*	2.8-4			
四国電力のセグメント区分(今回評価)	豊予海峡セグメント 23km	三崎沖引張性ジョグ 13km	敷地前面海域の断層群 42km ▼伊方発電所			串沖引張性ジョグ 13km	伊予セグメント 23km	重信引張性ジョグ 12km	川上セグメント 36km			

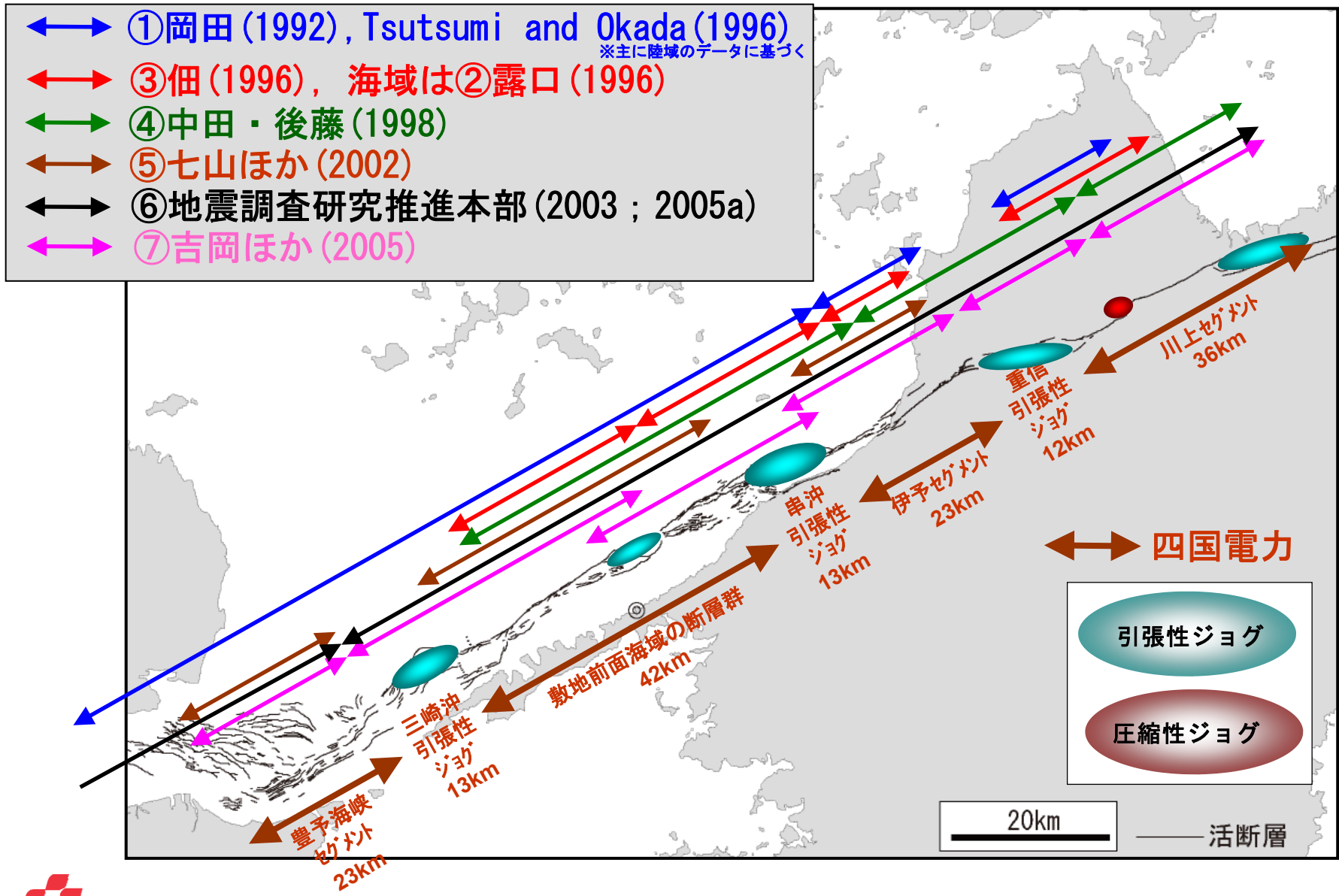
①断層の屈曲、ステップ
②断層の分岐

③他の断層との交差
④第四紀堆積盆の存在

⑤断層の変位センス
⑥横ずれ変位速度

*活動の見落としの可能性が指摘されているため、参考値扱いとする

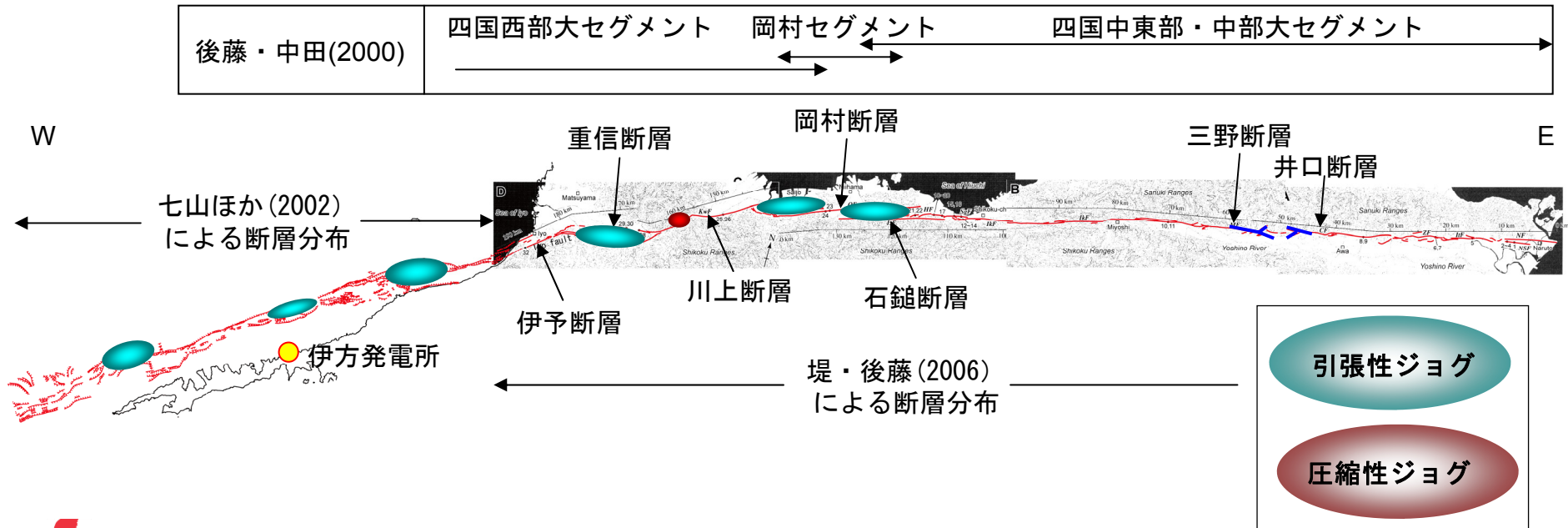
4. 2-12 セグメント配置の整理



4.3 四国全域のセグメント区分

4. 3-1 四国(全域)のセグメント区分

- 四国中部には断層帯が大きく右ステップする2つの大きな引張性ジョグ（石鎚断層と岡村断層の間，岡村断層と川上断層の間）が存在する。後藤・中田（2000）や地震調査研究推進本部（2003）はこれらを境界として大セグメントを区分している。
- 三野断層と井口断層の間で互いに近づく方向に向かって分岐する構造がみられ，当該箇所が後藤・中田（2000）によって小セグメントの境界とされているものの，四国中東部の中央構造線断層帯は概ね東西走向に非常に直線的な断層分布を示す。
- 四国中部の岡村断層以西では走向が東北東-西南西へ変わり，引張性ジョグによって各々数十kmのセグメントに区分される。

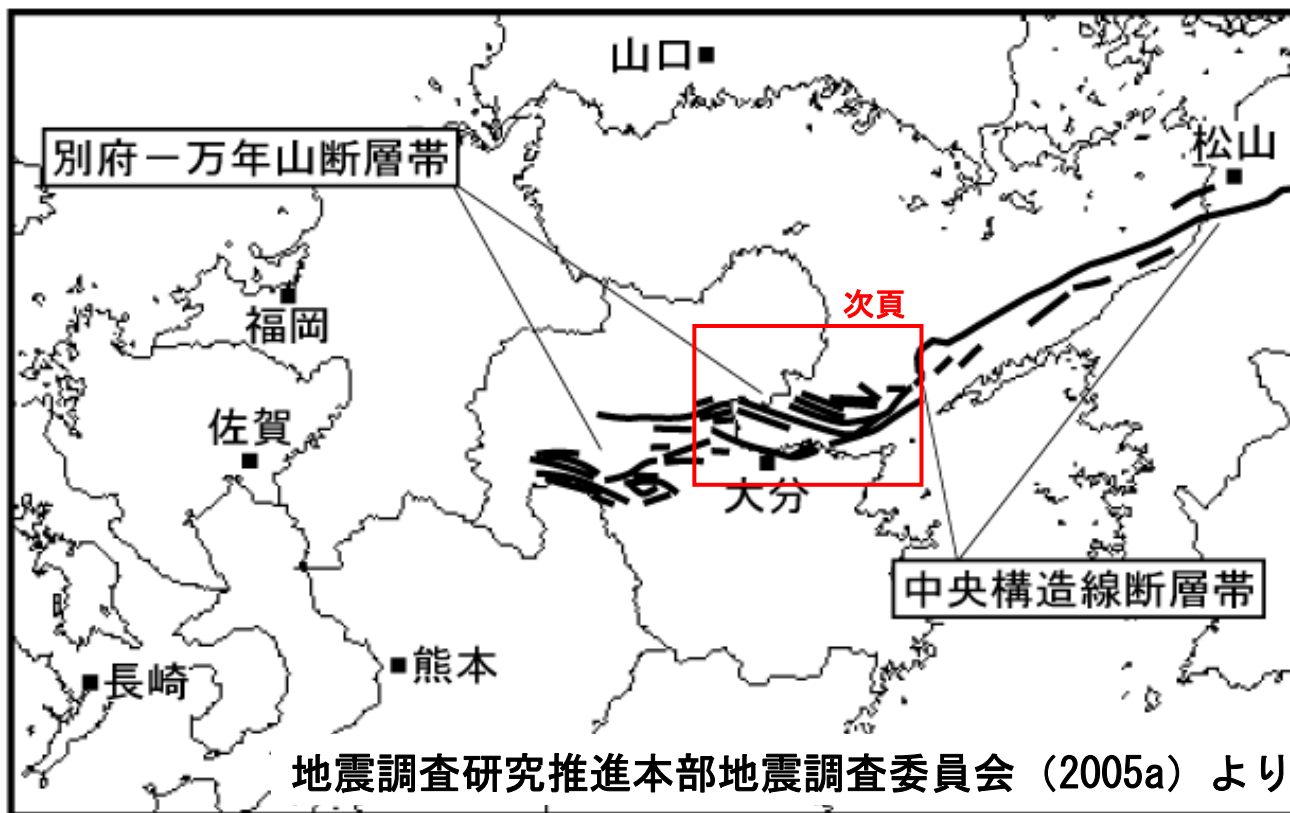


4.4 三崎沖ジョグ西側の断層性状

4. 4-1 地震調査研究推進本部による評価

「中央構造線断層帯の長期評価について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003）より
ここでは佐田岬北西沖を本断層帯の西端として評価したが，活動度がやや低いと推定される区間を経て断層はさらに西に延びており，九州の別府－万年山断層帯へと続いている。したがって，ここで評価した断層帯の西端付近については，さらに西側の断層との関係を再度検討する必要がある。

「別府－万年山断層帯の長期評価について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2005a）より
別府－万年山断層帯の東端は，中央構造線断層帯に連続している可能性があることから，両断層帯の関係についても検討していく必要がある。



4. 4-2 豊予海峡～別府湾の活断層分布

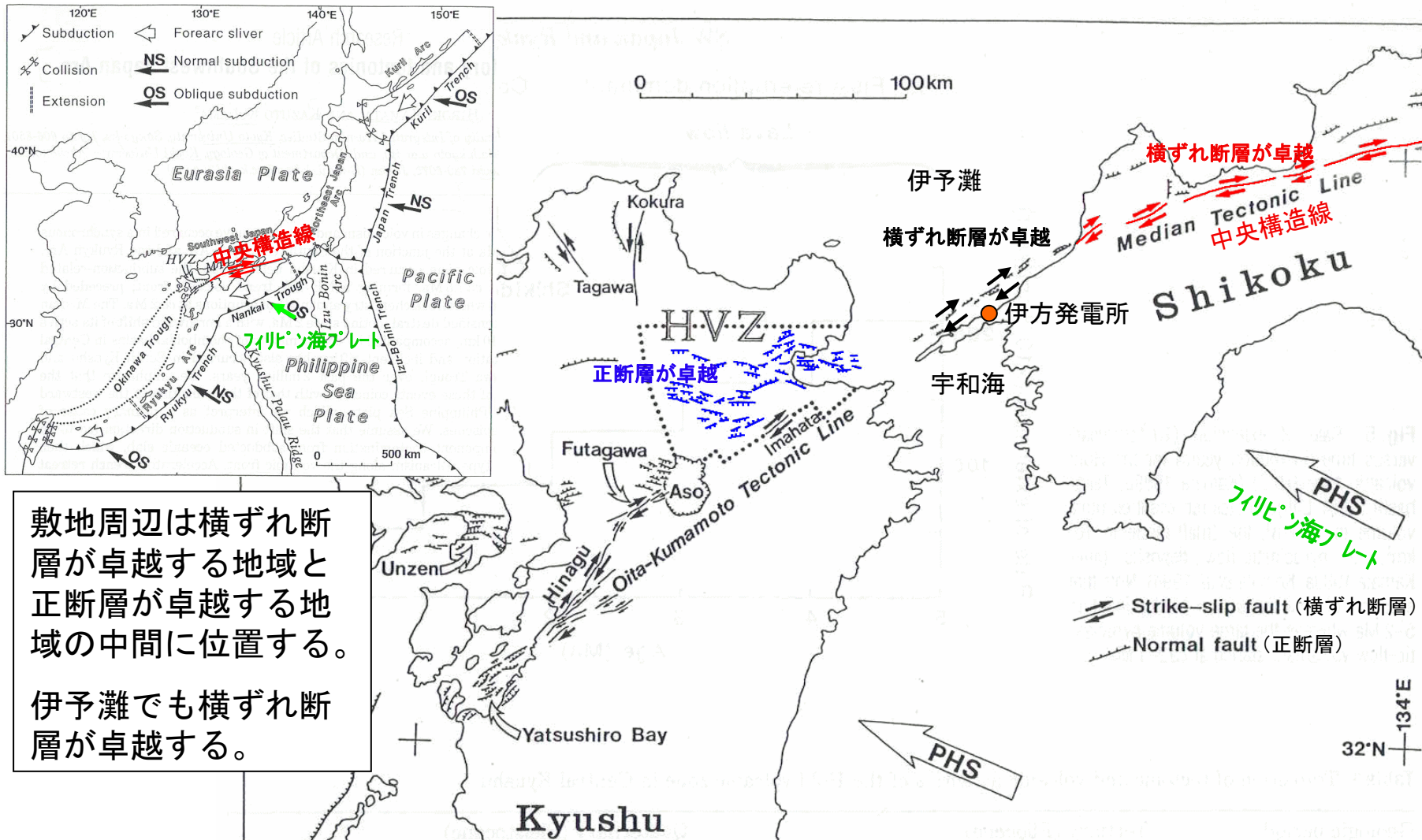
○別府湾－日出生断層帯は正断層であり，七山ほか（2002）の豊予海峡セグメントを含む。



- 1 : 大在沖地点 2 : 杵築沖北地点 3 : 杵築沖南地点 4 : 別府湾中央東地点 5 : 別府湾中央西地点 6 : 豊岡沖地点
 7 : 亀川沖西地点 8 : 亀川地点 9 : 十文字原地点 10 : 目苅地点 11 : 猫ヶ岩山東地点 18 : 大野川河口右岸地点
 19 : 大野川右岸地点 20 : 日岡地点 21 : 芸術会館地点 22 : 大分川左岸地点 23 : 府内城址地点 24 : 朝見地点 25 : 堀田地点
 (調査地点12-17及び26-38は図2-2参照)
 A-D : 反射法弾性波探査測線 A : 文献20 B : 文献4 C, D : 文献12
 ⊙ : 断層帯の東端と西端 ⊕ : 活動区間の両端
 断層の位置は文献6, 7, 9, 13, 14, 17に基づく。
 基図は国土地理院発行数値地図200000「中津」「大分」を使用。

地震調査研究推進本部
地震調査委員会（2005a）より

4. 4-3 敷地周辺のテクトニクスの概要(再掲)



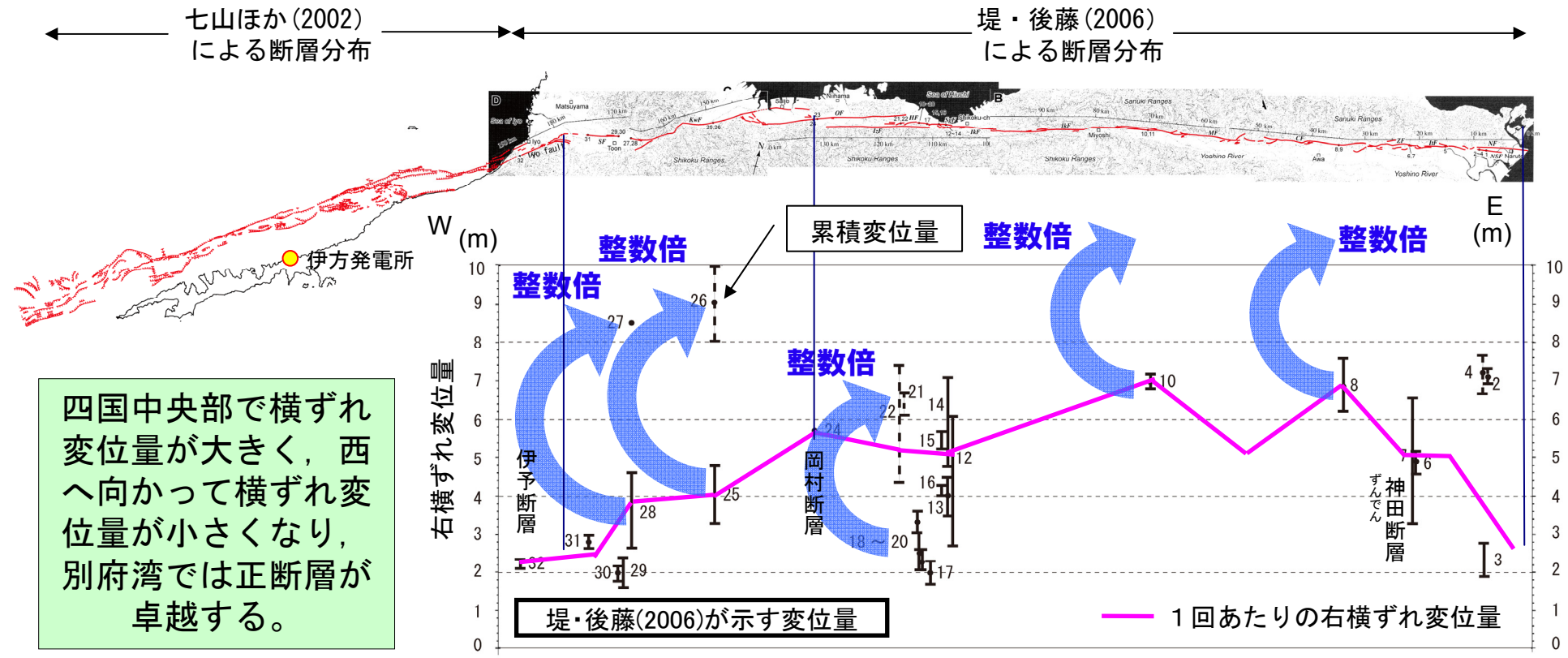
敷地周辺は横ずれ断層が卓越する地域と正断層が卓越する地域の間位置する。
伊予灘でも横ずれ断層が卓越する。

『「Volcanic history and tectonics of the Southwest Japan Arc」 Kamata, H and Kodama, K, The Island Arc, 8, 393-403, 1999』に加筆



4. 4-4 中央構造線断層帯の右横ずれ変位量

○堤・後藤（2006）によると，四国陸域の中央構造線断層帯は，「地震ごとに破壊領域が変わるとしても，断層ごとに固有の変位量をもつ傾向は認められる。」こと，「変位量の大きかな傾向として，神田(ずんでん)断層から岡村断層に至る区間で最新活動に伴う変位量が5 m以上と大きく，その東西で変位量が小さくなる傾向が認められる。」ことが示されている。



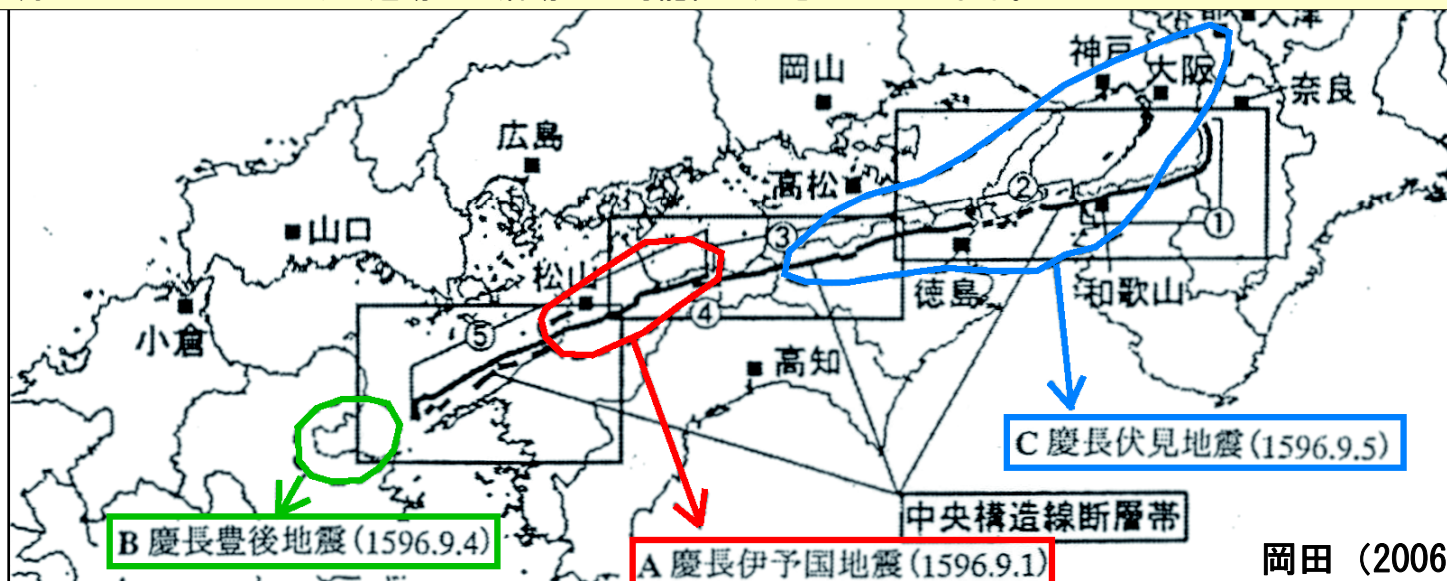
4. 4-5 歴史地震

どの程度の規模の地震がどの活断層から発生したのか現状では結論を出すには至っていない。

「中央構造線断層帯の長期評価について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003）より
四国東端の鳴門市付近から愛媛県伊予市を経て伊予灘の佐田岬北西沖付近に至る区間では，16世紀に最新活動が起こったと推定される。（歴史地震との関係については，記載なし）

「別府-万年山断層帯の長期評価について」（地震調査研究推進本部地震調査委員会，2005a）より
別府湾-日出生断層帯東部の最新活動時期は1596年の慶長豊後地震と推定される。

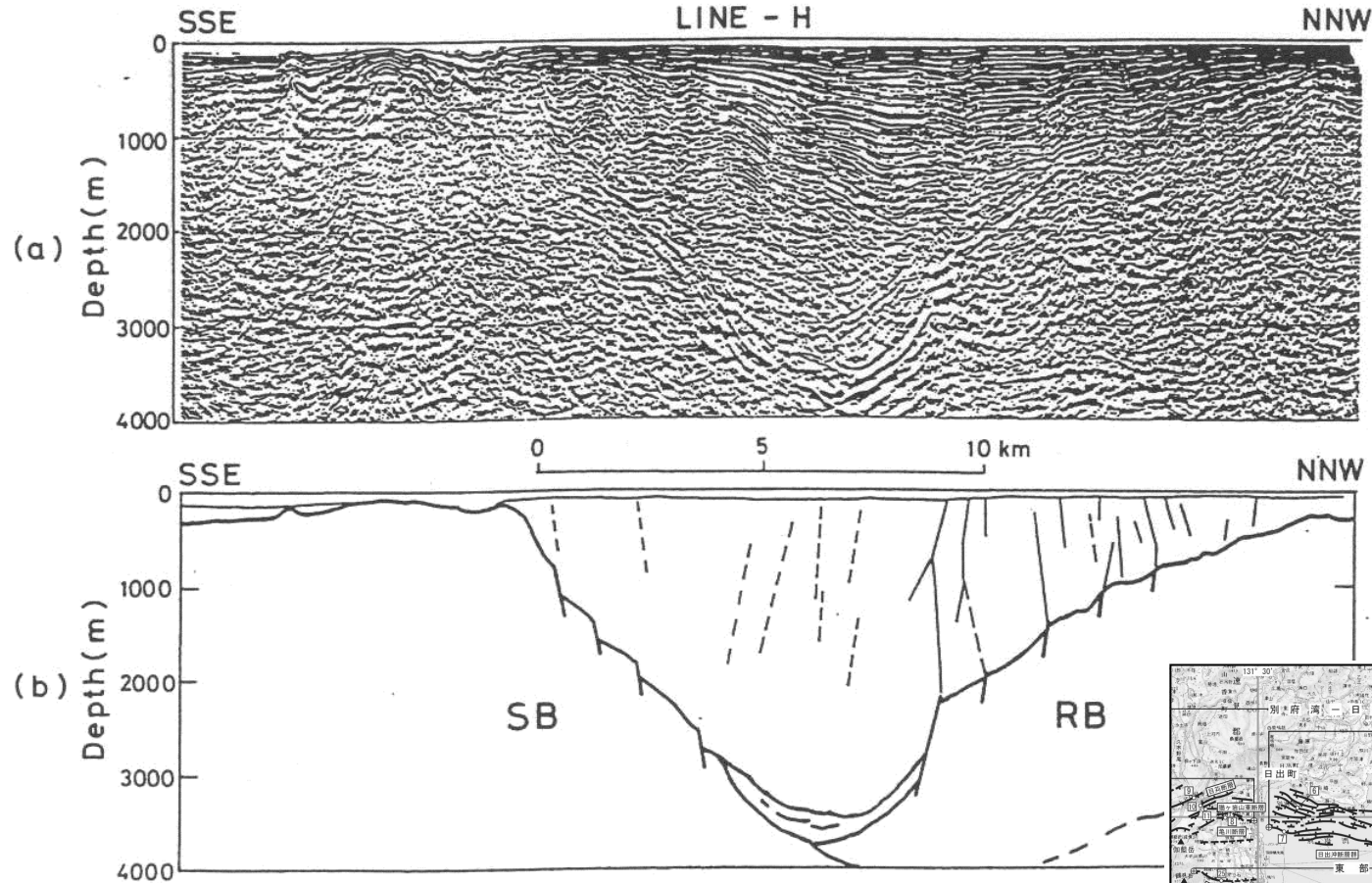
「活断層で発生する大地震の連動・連鎖」（岡田，2006）より
9月1日に最初に川上断層が活動し，次いで9月4日に別府湾内の活断層帯が動いて，豊後地震を引き起こした。さらに，9月5日に六甲・淡路島や有馬-高槻断層帯が活動して，慶長伏見地震を引き起こしたことになる。四国中央部～東部にかけての地域では，地震による被害記録は無いが，現段階でのトレンチ調査結果から推測しても，ほぼ四国全域の中央構造線断層帯が9月1日から5日にかけて連動的に活動した可能性が大きいことになる。



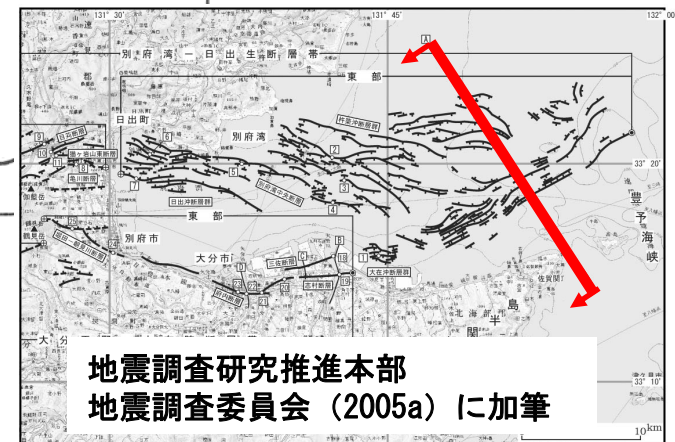
岡田（2006）に一部加筆

4. 4-6 豊予海峡付近の深部地下構造

エアガン断面 (由佐ほか, 1992)



「反射法地震探査と重力測定による別府湾の地下構造」 (由佐ほか, 1992)
領家帯基盤の上方に断層が多い。そのいくつかは基盤から海底面まで堆積層全体を切っており、また、基盤の断裂と連続しているものもある。これに反し、南側の三波川基盤の上方においては、地層の乱れがめだち、はっきりした断層は認めがたい。



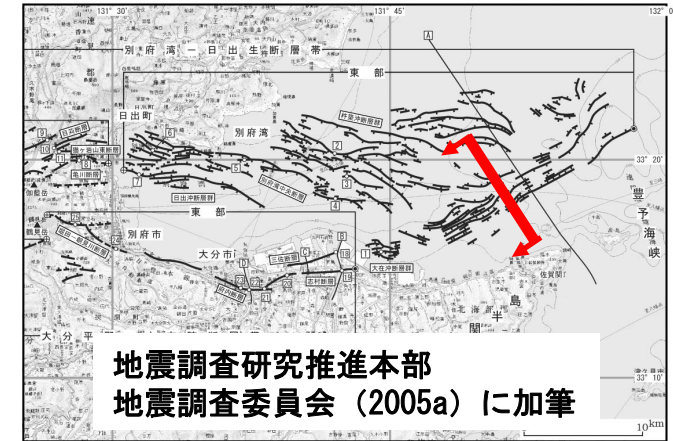
4. 4-7 豊予海峡付近の浅部地下構造

添付資料 図-23

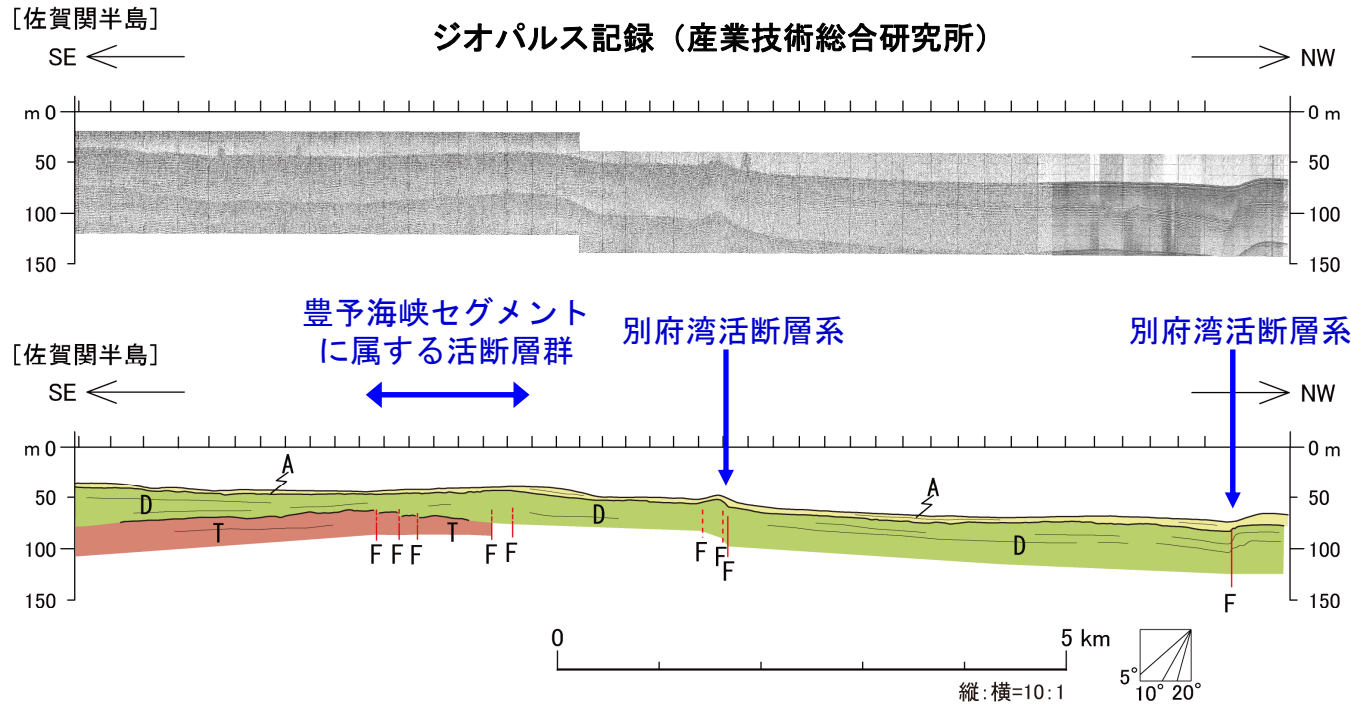
「伊予灘～佐賀関沖MTL活断層系の広域イメージングとセグメント区分」(七山ほか, 2002)

領家帯上の活断層群は、その分布位置と走向から、別府湾活断層系に属すると考えられ、完新統に変位を及ぼし多くは海底の変位・変形を伴っている。

豊予海峡セグメントには、正断層的な構造を伴う断層と横ずれ構造を伴う断層が混在する。これらは完新統や海底面に変位を及ぼしていないものが多く、本セグメントの活動性が伊予セグメントや伊予灘セグメントよりも低いことを示唆する。



地震調査研究推進本部
地震調査委員会(2005a)に加筆



4. 4-8 領家帯／三波川帯の境界と活断層分布

【三崎沖ジョグの東側】

領家帯／三波川帯の境界の真上に中央構造線断層帯に属する活断層が直線的な分布を示す。この直線的な分布を示す断層群が完新統や海底面に最も明瞭な変位を及ぼす主断層であり、その南側に副次的な断層を伴う。

【三崎沖ジョグの西側】

領家帯／三波川帯の境界は、北方の別府湾活断層系分布域と南方の中央構造線断層帯分布域の境界と概ね一致する。別府湾活断層系が完新統や海底面に明瞭な変位を及ぼすのに対して、中央構造線断層帯は完新統や海底面に変位を及ぼさないものが多い。

