

地質部会目次

1. 地質部会における検討内容
 1. 1 地質部会の検討項目
 1. 2 検討作業状況
2. 四国の地震と活断層
 2. 1 地震と活断層との関係
 2. 2 四国周辺の被害地震発生地区
 2. 3 活断層と歴史地震との関係
 2. 4 微小地震活動と活断層との関係
3. 四国の活断層
 3. 1 活断層に関する用語
 3. 2 四国の活断層図に関する資料
 3. 3 四国の地震防災のうえで考慮すべき活断層候補の抽出
 3. 4 四国の活断層に関する研究成果の概要
4. 四国において想定される地震
 4. 1 活断層による地震規模の推定方法
 4. 2 四国島内の活断層から予想される地震の規模
5. 四国における地震防災
 5. 1 地域のレベル地震動および1レベル2地震動の設定について
 5. 2 活断層による地震被害の特徴
 5. 3 活断層の活動履歴による危険度評価
6. 今後の調査研究課題について
 6. 1 活断層調査・研究の課題
 6. 2 活断層から地震動を予測する研究の現状と課題
 6. 3 地盤特性の解明
7. まとめ

(巻末資料)

(参考資料1) 活断層研究会(1991)「新編日本の活断層」四国関係箇所

(参考資料2) 土木学会四国支部フォーラム原稿一四国における活断層研究の現状と課題一

(参考資料3) 四国中央構造線沿いの活断層(高橋, 1997)

(参考資料4) 発掘された地震痕跡(埋文関係救援連絡会議・埋蔵文化研究会, 1996)

1. 地質部会の検討内容

地質部会では、平成7年度から8年度にかけて、四国の活断層に関する既往の調査・研資料に関する文献調査を実施し、四国およびその周辺地域に分布する活断層に関する現知見を取りまとめを行った。その結果、四国の地震防災上今後評価必要とされる活断層の候補を選定し、またこれらの活断層から発生すると想定される地震および四国における地震動予測の基礎資料を作成した。

平成7年度の間接報告に呼応するように、科学技術庁の地震調査研究交付金を受け、平成8年度には香川県の長尾断層、更に補正予算で愛媛県の中央構造線伊予断層帯および高知県の仏像構造線の調査が着手され、平成9年度には徳島県の中央構造線活断層系の調査が計画されるようになった。

本部会の検討は、平成9年2月までに公表された文献資料に基づくもので、あくまでも暫定案である。このため、平成8年度以降に四国内で実施される活断層調査の結果によって、将来再評価する必要もあろう。したがって、本報告を基に予備検討を実施する場合には、資料の精度・信頼度を十分ご配慮いただきたい。

1. 1 地質部会の検討項目

(1) 平成7年度

- ① 四国の地震防災上評価すべき活断層の選定
- ② 活断層から発生する地震規模の推定（概略値）
- ③ 評価すべき活断層の一の特定など精度向上調査中央構造線活断層系現地調査

(2) 平成8年度

- ① 活断層に関する研究成果のまとめ
- ② 文献活断層の現地検証調査（中央構造線活断層系ほか）
- ③ 四国におけるレベル1、レベル2地震動の検討
- ④ 四国の活断層と地震防災への提言

2. 2 検討作業状況

(1) 平成7年度

- ① 第1回部会：四国の活断層について文献調査を行った。各委員の検討結果を持ちより、四国の地震防災上評価すべき活断層の候補を抽出した。
- ② 第2回部会：今年度の研究成果の取りまとめ方法と今後の研究計画について検討を行った。
- ③ 中央構造線活断層系現地調査
- ④ 中間報告書作成

(2) 平成8年度

- ① 第1回部会：四国の各県で実施・計画されている活断層調査に関する情報交換を行い、平成8年度の作業内容について協議した。
- ② 第2回部会：研究成果の取りまとめ方法と内容について協議した。
- ③ 中央構造線活断層系現地調査：トレンチ調査の見学（長尾断層、中央構造線活断層系小松断層）
- ④ 報告書作成

2. 四国の地震と活断層

はじめに

ここでは地震発生メカニズムを概説し、地震と活断層との関係や歴史地震から、四国における地震発生環境について述べる。四国に被害をもたらせた歴史地震については第5章を参照されたい。

2.1 地震と活断層との関係

周知のように、日本は世界有数の地震多発国であるとともに、活断層の発達密度も非常に高い国である。すなわち、日本列島は活断層によってズタズタになっており、藤田(1982)の言葉を借りれば「…かたい岩盤でできているはずの日本列島が、見方によっては、砂をつみあげたようなもの」と言うことになる。今日我国日本は、太平洋プレートやフィリピン海プレート、北米プレート、ユーラシアプレートと言う4つのプレートに押され、歪みが徐々に蓄積している位置にある(図1-1)。

1946年に発生した南海地震はフィリピン海プレートとユーラシアプレートとのプレート境界で発生した、いわゆるプレート境界地震である。プレート境界地震は100数年の周期で発生している。一方、プレート内で発生する地震もあり、これはプレート内地震と呼ばれ、図1-2のように、一般に東北日本では逆断層によって、西南日本では横ずれ断層によって発生する。1995年に発生した兵庫県南部地震はこのプレート内地震である。プレート内地震は1,000年から10,000年のオーダーで発生し、規模が小さくても人が住んでいる直下で起こるため被害が大きくなる。これらプレート境界地震やプレート内地震は、ほぼ決まった場所で発生している。

直下型地震である兵庫県南部地震を発生させた野島断層は、1980年に出版された「日本の活断層」にもすでに、確実度Ⅰの活断層(右横ずれ断層)と判定され、図示されていた。また、野島断層は水野ほか(1990)によって、5万分の1地質図幅「明石」に図示されるとともに、その説明書で平均変位速度が鉛直方向に0.4-0.5 m/10³年、右ずれ方向に0.9-1.0 m/10³年であることなどが報告されていた。

活断層が地震を引き起こす、すなわち地震は断層活動の震動そのものであるということは、1960年代に地震学的に証明されている。一方、地震によって断層が出現することがあるという事実は、1891(明治24)年10

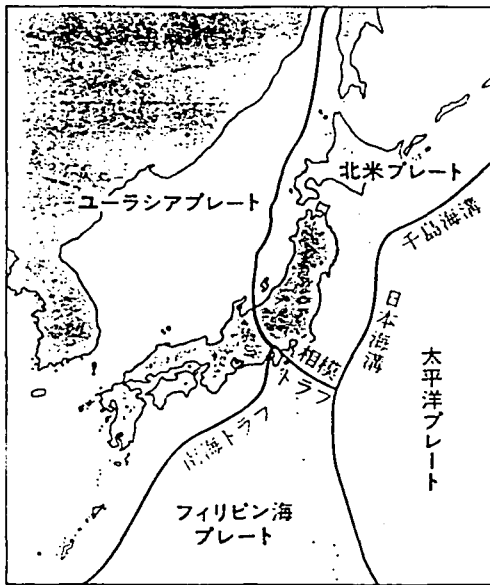


図1-1 日本列島付近のプレート (伊藤, 1995)

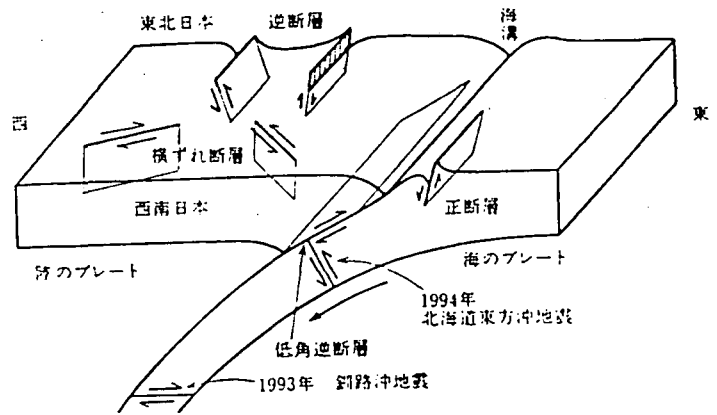


図1-2 日本の地震とプレートとの関係 (池田ほか, 1996)

月28日6時37分に発生した濃尾地震(マグニチュード8.0)によって根尾谷断層が出現したことから、すでに約100年前から知られていた。この根尾谷断層は濃尾地震直後に東京大学の小藤文次郎によって撮影され、その写真が世界に紹介されたので、非常に有名で外国の地震学や地質学の書物によく小藤の撮影した写真が掲載された。

1960年代以前には、「地震によって断層が生じるのか」、それとも「断層が活動するから地震が発生するのか」、という論争があったが、上述したように、今日では「断層が活動するから地震が発生する」ということで決着をみている。すなわち、地震は岩石中に蓄積された歪みエネルギーが岩石を急激に破壊した際の震動として発生する。この破壊が断層活動であり、この時の変位の地表に現れたものが「地表地震断層」あるいは「地震断層」と呼ばれているものである。一方、地下深部で地震を発生させる断層は「震源断層」と呼ばれている。震源断層は断層である以上、縦、横に広がりのある破壊面(断層面)として形成され、この破壊面(断層面)の面積と変位量の積が地震の規模(マグニチュード)を決定する。破壊はある一点から始まり、急速に両側の岩石を変位させながら断層面を拡げてゆく。その結果として、震源断層の破壊面(断層面)が地表に顔を出したものが、先述の「地表地震断層」(「地震断層」)である。

地表地震断層は、震源(ほぼ震源断層の最初の破壊位置)の深さが20km以浅の地震で、マグニチュード(以下Mと表記)6.5から現れ始め、M7以上のものではすべての地震で認められている。また、ほとんどすべての地表地震断層が過去にも同じセンスの変位を繰り返してきたことが明らかにされている。この地表地震断層が「活断層」なのである。

したがって、活断層すなわち地表地震断層を調査することによって、地震の発生する場所や過去の活動時期、活動のセンスと変位量が明らかになり、これらの結果を基に、次に発生する地震の時期および危険度等を予測することができる。

2. 2 四国周辺の被害地震発生地区

四国四県に被害をもたらせた、あるいはもたらせたと推定される歴史地震には第5章に示すようなものがある。また、宇佐美(1989)の地震資料や国立天文台編(1995)の「理科年表」などによれば、すでに長谷川・斎藤(1993)が指摘しているように、四国地方に大きな影響を与えた地震は図1-3に示したように大きく5つのグループに区分できる。以下、長谷川・斎藤(1993)に基づいて述べる。

(1) 南海トラフで発生するM8級の巨大地震

南海トラフ沿いでは、フィリピン海プレートの沈み込みによる低角度衝上断層運動によって、すでにみってきたように、90~150年間隔でM8級の巨大地震(南海道地震)が発生し、四国各地に津波や地盤の液化化、斜面崩壊等の甚大な地震災害を与えている。南海地震時では、ほぼ四国全域にわたり、震度V以上の強震におそわれ、太平洋側では震度VIに達する。安政南海地震(1854年:M8.4)では、高松でも震度VIと推定されている。また、南海地震時には、室戸岬が1~2m隆起し、高知市付近が沈降する地殻変動を伴う。

最近の南海道地震は、1946年の昭和南海地震で、次の南海地震は、今後数10年のうち、早ければ20~30年後に発生すると指摘されている(安藤, 1992)。また、兵庫県南部地震によって西南日本は、次の南海地震へ向けての活動期に入った可能性が高いと考

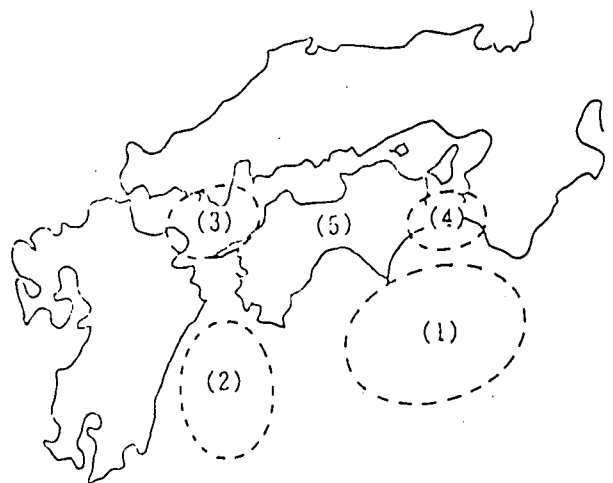


図1-3 四国周辺の地震発生地域
(長谷川・斎藤, 1993)

えられている。

(2)日向灘で発生するM7～7.6の地震

高知県足摺岬沖から日向灘で発生するM7～7.6の地震も、南海地震と同様にフィリピン海プレートの沈み込みによる右横ずれ低角度逆断層運動が原因と考えられている。しかし、ここはサブダクションゾーンの屈曲部に相当するため、南海地震と比較して、規模は約1桁小さく、逆に発生間隔は数10年と短い。四国西南部で地震動と津波による被害が発生している。

(3)伊予灘周辺で発生するM7程度の地震

広島県の安芸灘から愛媛県の伊予灘にかけての地域では、深度30～70kmの上部マントルで地震がよく発生する。これらの地震はフィリピン海プレートの沈み込みの先端部に位置し、正断層型の地震と考えられている。直下型だが、内陸の活断層ではなく深い地震のため、震央付近でも震度V程度(一部はVIになる可能性あり)である。

(4)和歌山県西部、徳島県東部の地震

和歌山県西部、徳島県東部の地震は最大でM6.8で被害も小さい。徳島県で震度V程度。

(5)内陸活断層による直下型地震

現在までのところ四国において、内陸活断層による歴史地震の記録は発見されていない。しかし、1991年に実施された徳島県市場町におけるトレンチ調査結果によれば、中央構造線父尾断層は断層帯に取り込まれた土器片の時代から、中世以降の活動が推定されている(岡田, 1992)。この断層運動による地震を直接示す歴史資料は見つかっていないが、1596年の慶長伏見大地震(M7.6)の可能性が指摘されている。歴史資料に残されていない中央構造線活動(=大地震)の解明は今後の重要な課題である。

なお、これまでの活断層に関する調査研究によって、日本の内陸に分布する活断層には以下の特徴のあることが明らかにされている(例えば、松田, 1992)。

- ① 間欠的に活動し、地震を発生させる。
- ② 反復して活動し、変位が累積される。
- ③ 活動間隔が千年、万年に1回と長い。
- ④ 活断層ごとに固有性(変位の方向、変位量、活動間隔)がある。
- ⑤ 活断層の規模と地震の規模が比例する。
- ⑥ 活断層の広域的分布に規則性がある。

2. 3 活断層と歴史地震との関係

古文書等から内陸部で発生した過去の地震の位置や被害状況、規模、その地震による地変等を読み取り、野外や室内において地形学的、地質学的に検討することによって、地震を起こした断層を特定することができる。こうした作業を通して明らかにされた、あるいは最近のものであることから明らかな、活断層と地震の関係を主として国立天文台編(1995)の「理科年表」から拾ってみると、次のようなものがある。

断層名	地震名(マグニチュード)	年月日
丹那断層?	伊豆地震(M7)	841年
山崎断層?	播磨地震(M \geq 7)	868年 8月 3日
誉田断層?	摂津・河内地震(M6.5～7)	1510年 9月21日
阿寺断層・白川断層など?	天正地震(M7.8)	1586年 1月18日
善光寺断層など	善光寺地震(M7.4)	1847年 5月 8日
木津川断層	伊賀上野付近の地震(M7 1/4)	1854年 7月 9日

跡津川断層	飛越地震(M7.0~7.1)	1858年 4月 9日
根尾谷断層など (矢流沢断層)	濃尾地震(M8.0)	1891年10月28日
千屋断層など	庄内地震(M7.0)	1894年10月22日)?
田結断層	陸羽地震(M7.2)	1896年 8月31日
郷村断層	北但馬地震(M6.8)	1925年 5月23日
丹那断層など	北丹後地震(M7.3)	1927年 3月 7日
鹿野断層など	北伊豆地震(M7.3)	1930年11月26日
深溝断層など	鳥取地震(M7.2)	1943年 9月10日
石廊崎断層	三河地震(M6.8)	1945年 1月13日
野島断層	伊豆半島沖地震(M6.9)	1974年 5月 9日
	兵庫県南部地震(M7.2)	1995年 1月17日

四国においては、活断層と歴史地震との関係の明らかなものはないが、愛媛県温泉郡川内町北方をほぼ東北—南西方向によぎる川上断層(活断層)の断層崖直上にある医王寺の楼門が1584(天正12)年の大地震で倒壊したという記録(医王寺文書)がある(高橋, 1995)。また、岡田ほか(1991)、岡田(1992)によれば、前述したように徳島県阿波郡市場町上喜来の父尾断層が1596(慶長元)年に発生した慶長地震の震源断層である可能性のあることが指摘されている。

四国における活断層と歴史地震との関係については、今後トレンチ調査を行うなどして解明してゆかなければならない。

2. 4 微小地震活動と活断層との関係

四国において微小地震の震源分布が直線的に東西方向に並んだり、活断層に沿っているというような事実は今のところない。ただ見様によっては、四国東部の浅い微小地震の震源が、淡路島の西海岸線方向(野島断層方向)に直線的に並んでいるようにも見える。もっとも、震源の決定が正確でないという可能性はある。したがって、今後、微小地震の観測網を充実させ正確な震源の決定が望まれる。

四国とその周辺地域の震源分布やそれらと地質構造線との関連については、岡野ほか(1983, 1985, 1988)や木村・岡野(1992)等で論じられている。これらの議論では、四国地方は深さ23km以浅で発生する地殻内地震と23kmより深い所で発生するマントル地震とに別け(図1-4)、前者の起震主応力軸の方向はE-W、後者のそれはN-Sであることを明らかにしている(図1-5)。

そして、「…四国の北側の震源分布を見ると、地殻内地震と中央構造線との関連は、構造線の北側では極めて地震活動が低く、また構造線を境にして北側では深く、南側では浅いという震源の深さ分布に違いが見られるものの、特に構造線に沿って地震活動が高いということはないようである」(岡野ほか, 1985)と述べている。さらに、中央構造線に沿った震源の帯状分布も観測されないので、少なくとも四国の中央構造線は地震を起こすような歪みを蓄積していないのではないか、と指摘している(木村・岡野, 1992)。

しかし、1596(慶長元)年に発生した慶長地震が中央構造線の活動であったとすれば、「測器による地震観測の歴史が短すぎるため、中央構造線の地震活動が正確には捕らえられていないことを意味する」(石川, 1992)という指摘もある。今後より詳細な現地調査やトレンチ調査等を行い、中央構造線をはじめとする各活断層の活動履歴や活動度等を解明してゆく必要がある。

また、微小地震の起震主応力が深さ23kmで大きく変わっているが、この23kmの深さのところでは何が起きているのか、微小地震震源分布の偏りは何によるものなのか等についても明らかにしてゆかなければならない。

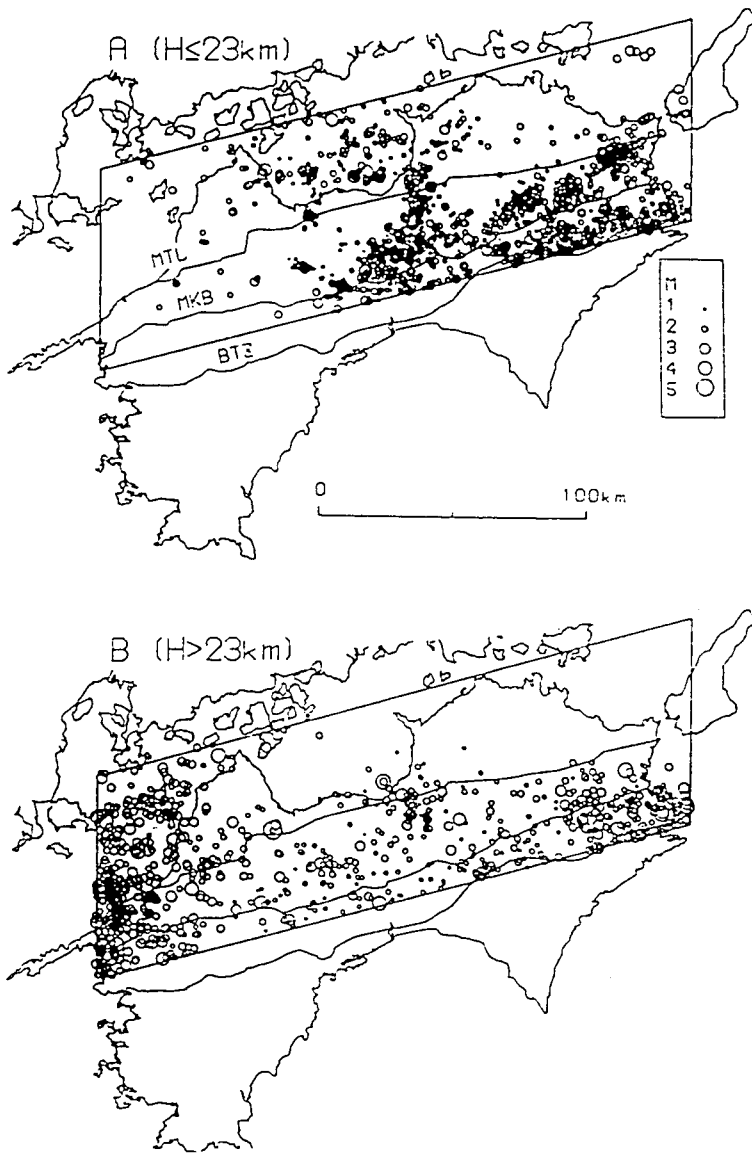


図1-4 深さ23kmを境とする震央分布
 MTL:中央構造線, MKB:御荷鉾構造線, BTZ:仏像構造線
 (木村・岡野, 1992)

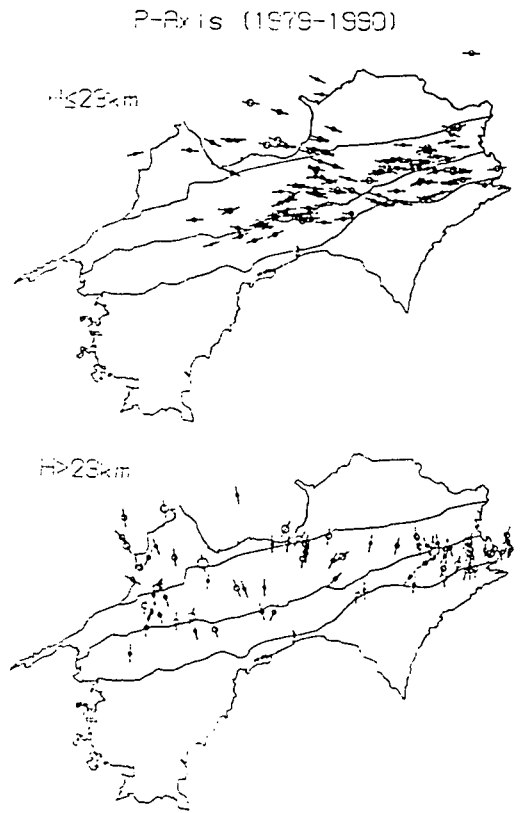


図1-5 起震主応力軸の方向
 (木村・岡野, 1992)

参考文献

安藤雅孝, 1992, 南海道地震は近い?. 地震防災フォーラム'92, p.10-21.
 長谷川修一・斎藤 実, 1993, 環境地質学-四国地方を例として-. 平成4年度香川県土質工学研究会テキスト, p.10-23.
 藤田和夫, 1982, 日本列島砂山論. 小学館, 136p.
 池田安隆・島崎邦彦・山崎晴雄, 1996, 活断層とは何か. 東京大学出版会, 141p.
 石川有三, 1992, 東アジアのテクトニクスと中央構造線周辺の地震活動. 地質学論集, 第40号, p.205-218.
 伊藤和明, 1995, 直下地震!. 岩波書店, 102p.
 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.
 国立天文台編, 1995, 理科年表. 丸善, 1043p.

- 松田時彦, 1992, 活断層の活動予測. 地学雑誌, 第101巻, 第6号, p. 442-452.
- 水野清秀・服部 仁・寒川 旭・高橋 浩, 1990, 明石地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 90p.
- 岡田篤正・松田時彦・堤 浩之・諸岡達也・溝田武志, 1991, 中央構造線の最新活動は慶長地震か?—中央構造線父尾断層の徳島県市場町上喜来トレンチ調査. 地震学会講演予稿集, 1991年度秋季大会, p. 264.
- 岡田篤正, 1992, 中央構造線活断層系の活動区の分割試案. 地質学論集, 第40号, p. 15-30.
- 岡野健之助・木村昌三・許斐 直, 1983, 四国地方の震源分布と地質構造線との関連. 地震, 第2輯, 第36巻, p. 23-29.
- 岡野健之助・木村昌三・許斐 直・中村正夫, 1985, 四国および周辺地域の震源分布. 地震, 第2輯, 第38巻, p. 93-103.
- 岡野健之助・木村昌三, 1988, 震源分布から見た四国における中央構造線. 地震, 第2輯, 第41巻, p. 603-607.
- 木村昌三・岡野健之助, 1992, 四国の中央構造線およびその周辺地域についての地震学的考察. 地質学論集, 第40号, p. 187-195.
- 高橋治郎, 1995, 松山平野及び周辺部の活断層. 愛媛大学教育学部紀要, 自然科学, 第16巻, 第1号, 1-12.
- 宇佐美龍夫, 1989, 新編日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 434p.

3. 四国の活断層

3. 1 活断層に関連する用語

最近の地質時代に活動し、将来も活動することが推定される断層は「活断層」と呼ばれる。最近の地質時代については確定した見解はなく、①第四紀(約200万年前以降)、②第四紀後半(約100万年前以降あるいは約50万年前以降)、③第四紀後期(約13万年前以降)④5万年、⑤3万年、⑥1万年等の見解がある。

活断層研究会(1980, 1991)は、第四紀に動いたとみなせる断層を活断層として扱っている。しかし、このように定義された活断層の中には、第四紀前半は活動したが、後半の活動がないものもある。また、将来の活動性については、断層の成因、活動履歴、現在の地震活動・地殻応力状況などから評価する必要があるが、個々の断層について評価できるだけのデータがほとんどないのが実情である。

このため建設省では、第四紀に活動した断層を単なる記載用語として「第四紀断層」と呼び、活動性の有無は調査によって解明する立場を取っている(建設省河川局開発課, 1984)。なぜならば、活断層の定義に解釈が入ると混乱をきたすし、第四紀断層のうち土木工学上注意の必要なものは限られるからである。活断層を工学的に評価する基準は、対象とする構造物によって異なっている。地震防災のうえで考慮すべき活断層の評価基準の作成が今後の課題であろう。

なお、論文等で報告、記載された活断層のなかには、活断層ではないものも含まれている。したがって、活断層の確認には現地調査が不可欠である。なお、論文などで記載された(活)断層を「文献(活)断層」と呼ぶ場合もある。

「リニアメント」は、空中写真等の映像のうえで、直接・間接に地下の地質や構造を反映していると考えられる線状模様である。リニアメントは、尾根鞍部、崖、谷等が直線状に配列した地形である。リニアメントには、断層の変位によって形成された断層変位地形の他に、断層、節理、層理面などに沿った侵食地形や人工地形などがある。リニアメント即活断層ではない。

3. 2 四国の活断層図に関する資料

これまでに公表された主な活断層図は以下の通りである。

① 新編日本の活断層(活断層研究会, 1991; 図1-3-1)

主に4万分の1空中写真を判読して活断層の可能性のあるリニアメントを確実度Ⅰ～Ⅲに分けて、20万分の1地勢図に図示したものである。本文献は、活断層の可能性のあるリニアメントおよび文献断層をできるかぎり抽出する方針で編集されている。

確実度Ⅰ: 活断層であること確実なもの

確実度Ⅱ: 活断層であると推定されるもの

確実度Ⅲ: 活断層である疑いのあるリニアメント

② 1/50万活構造図「高知」(地質調査所, 1982)

空中写真判読および現地調査によって、断層を第四紀後期に活動した活断層と、第四紀前期に活動した断層とに区分し、より確実な活断層のみを抽出している。

③ 日本第四紀地図(第四紀学会, 1987)

編者の判断によって一部追加、削除しているものの、基本的に地質調査所発行「1/50万活構造図」に基づき、活断層の可能性の高いものを図示している。

④ 日本地質アトラス「日本活構造図」(地質調査所, 1992)

基本的に地質調査所発行「1/50万活構造図」に基づいているものの、新編日本の活断層などの資料により一部追加、削除している。

⑤ 中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ(地質調査所, 1993)

中央構造線活断層系のリニアメント、断層露頭、地形面等を、1~2kmの幅で、縮尺25,000分の1の地形図に図示したもので、活断層の位置、断層付近の地盤状況等を把握することができる。

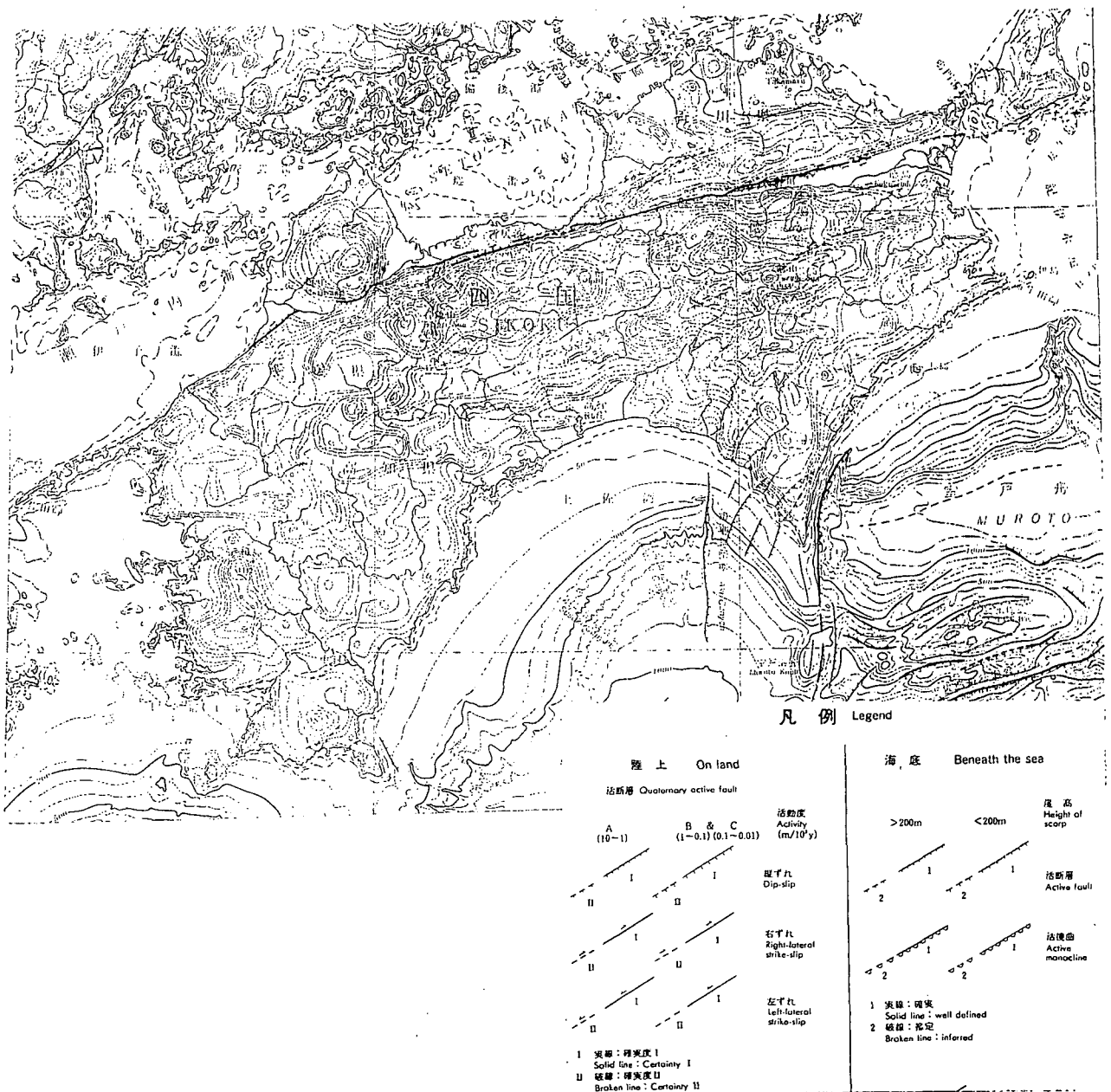


図 1-3-1 活断層研究会(1991)による確実度 I および II の活断層

3. 3 四国の地震防災のうえで考慮すべき内陸活断層候補の抽出

四国の地震防災のうえで考慮すべき活断層候補について、これまでに公表された活断層図に基づき、文献調査によって抽出した(図1-3-2)。

この他の文献活断層についても、今後の調査研究によってほぼ確実な活断層として評価が定まったものについては、今後追加する必要がある。

(1) すべての活断層図に確実な活断層として表示されている断層

- ① 中央構造線活断層系 (A一部B級) : 鳴門、上浦、神田、父尾、井口、三野、池田、寒川、畑野、石鎚、岡村、小松、川上・北方、伊予の各断層
- ② 長尾断層 (B級)
- ③ 鮎滝断層 (C級)
- ④ 岡田断層 (C級)
- ⑤ 上法軍寺断層 (C級)

(2) 「新編日本の活断層」では、確実度Ⅱとされているが、「1/50万活構造図高知」、「日本第四紀地図」、「日本地質アトラス活構造図」の中では活断層と表示されている場合がある断層

- ⑥ 鮎喰川断層系 (活動度不明) : 宮前、南山断層、下名、綱付森断層
- ⑦ 行当岬断層 (B級)

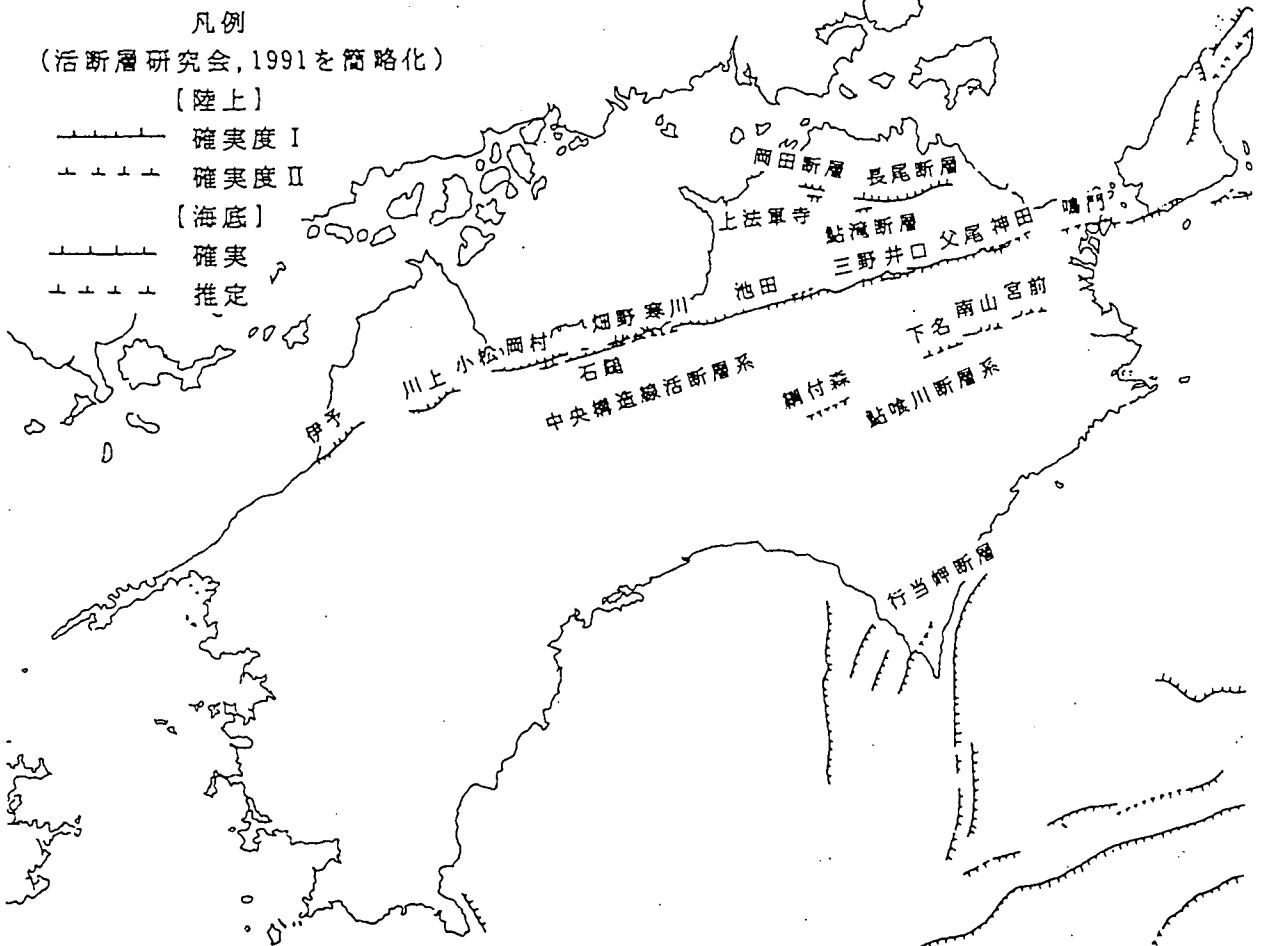


図1-3-2 四国の主な文献活断層(活断層研究会(1991)を地質調査所(1982, 1992)に基づき一部改変)

3. 4 四国の活断層に関する研究成果の概要

(1) 中央構造線活断層系

中央構造線は、九州から関東まで 900km以上の延長を持つ我が国第一級の大断層である。中央構造線は、一方、地質境界としての中央構造線に沿って、中央構造線と並走もしくは雁行する断層群が分布し、このうち、第四紀に活動した断層群は中央構造線活断層系と呼ばれている(岡田, 1970)。中央構造線活断層系は、右横ずれが卓越した活断層群から構成され、その延長規模、活動度から日本で第1級の活断層である。中央構造線活断層系については、岡田(1992)による総括的な報告(図1-3-3)が、また高橋(1997)によって四国の中央構造線に沿う活断層の研究成果の総括(巻末資料)がある。

中央構造線活断層系については、愛媛県が平成8年度から4年計画で調査に着手し、また徳島県においても平成9年度から3年計画で調査が計画されている。

1) 分布

四国陸域の中央構造線活断層系の縮尺2.5万分の1詳細な分布図は、地質調査所(1993)にまとめられている(図1-3-4)。また、海域の中央構造線活断層系の一部については、国土地理院(1992)により縮尺2.5万分の1分布図が公刊されている。

なお、これまで活断層研究会(1991)等の活断層図に記載されていなかった、海域部の断層については、緒方(1975)、四国電力(1984)、小川ほか(1992)、露口ほか(1996)、岡村ほか(1996)等によって明らかにされている。

四国電力(1984)によれば、伊予灘においては三崎半島と平行に20本の断続する活断層群が報告され、これらは陸上の伊予断層に連続する断層群、前面海域の断層群、海域西部の断層群の3つにグループングされ、地震動評価に反映されている(図1-3-5)。

露口ほか(1996)によれば、伊予灘においては、上灘沖断層の西方に少なくとも60kmまで三崎半島と平行に分布する24本の活断層が2つの断層系を構成しており、それに基づく地震規模が推定されている(図1-3-6)。

また、岡村ほか(1996)によれば、海底活断層は、陸上で想定された鳴門断層より南へ700mほどずれる。

2) 活動度(平均変位速度)

中央構造線活断層系の、第四紀後期の活動度(平均変位速度)は、四国中央部で高く、紀伊半島および九州に向かうに従って低下しているようである(岡田, 1992ほか)。

- ① 紀伊半島東部：第四紀後期の活動なし
- ② 紀伊半島西部：A級(1-3 m/千年)
- ③ 四国北東部：A級(6-9 m/千年)
- ④ 四国中央部：A級(5-8 m/千年)
- ⑤ 四国北西部：A～B級
- ⑥ 伊予灘：A～B級
- ⑦ 別府湾：A～B級
- ⑧ 九州東部：B～C

3) 最新の活動時期

四国の中央構造線活断層系は、完新世にも度々活動したと推定されている。しかし、四国の中央構造

線活断層系は、震源となった歴史地震の記録がないため、近い将来大地震を起こす要注意活断層との指摘されている (Matsuda, 1981)。このため、トレンチ調査等によって断層活動履歴と変位量を解明し、中央構造線活断層系の地震危険度を評価する研究が進められている。

① 父尾断層

徳島県東部の中央構造線活断層系父尾断層は、断層帯に取り込まれた土器片の時代から、約400年前に約6m変位したことが明らかになった (岡田ほか, 1991)。この約400年前の断層運動は、1596年慶長伏見大地震 ($M=7.6$) との関連が指摘してされている (岡田, 1992)。なお、この一つ前の地震は、弥生時代 (約2,250±130年前) 以降と推定される。

② 岡村断層

愛媛県西条市を走る岡村断層では、トレンチ調査によって、5～8世紀 (岡田ほか, 1988) あるいは4～7世紀 (山崎ほか, 1992) に最新の活動が推定されている。その一つ前の活動は、約3000前 (岡田, 1988)、B.C. 1405～925 (堤ほか, 1992)、2,000～3,000年前 (山崎ほか, 1992) と推定されている。なお、Tsutsumi & Okada (1996) は、須恵器の時代から、最新の活動時期を4～12世紀と幅を持たせている。

③ 上灘沖

小川ほか (1992) はソノプロブ、ピストンコアラーによる海底地質調査によって、地溝中の堆積物の層厚の急増から、上灘沖の断層は約6,200年前および4,000年前に活動したと推定した。また約2,000年の活動間隔を仮定して、最新の活動を約2,000年前と推定している。

④ 鳴門市沖

岡村ほか (1996) はソノプロブ、パイプロコアリングによる海底地質調査によって、鳴門市沖の海底活断層について、最新活動時期を約3,000年前と推定した。

4) 活動間隔

中央構造線活断層系の活動間隔は、以下のように推定されている。

① 父尾断層

父尾断層は、市場町上喜来の弥生時代 (2,250±130年前) 以降2回の断層運動があり、最新の活動が約400年前とすると、2,050年以内と推定されている (Tsutsumi & Okada, 1996)。

② 岡村断層

岡村断層の活動間隔は、トレンチ調査によって、1000年前後か、もう少し長い程度と推定されている (岡田, 1989)。また、Tsutsumi & Okada (1996) は、やや広めに1,300～2,700年と推定されている。

③ 伊予灘

小川ほか (1992) は上灘沖の中央構造線活断層系の活動間隔を約2,000年と推定している。

5) 1回の変位量

トレンチ調査による1回の地震時の変位量は以下のように報告されている。

① 父尾断層

父尾断層は、市場町上喜来のトレンチ調査によって、約400年前の最新活動時期に約6m変位したと推定されている (岡田, 1992)。Tsutsumi & Okada (1996) は、市場町上喜来トレンチ付近の畦道、水路および旧河道の系統的な右横ずれから、一回当りの右ずれ変位量を、 6.9 ± 0.7 mと算出している。

② 岡村断層

岡村断層は最新の断層運動で5.7mの右横ずれ変位があったと推定されている (堤ほか, 1992)。

③ 伊予灘

小川ほか(1992)は、上灘沖北および南断層における上位のイベントの変位量4.7mおよび7.1mを2回分の累積変位量と考え、最近2回の活動の変位量が等しいと仮定して、上灘沖北断層で2.4m、上灘沖南断層で3.6mの単位変位量を試算した。

6) 再来周期

平均変位速度(S : m/年)、1回の変位量(D : m)、再来周期(R : 年)の間には、 $R = 1000 \times D / S$ の関係がある。これから、中央構造線活断層系の再来周期は1000~3000年(Tsutsumi & Okada, 1996)と推定されている。個々の断層の再来周期は以下の通りである。

① 父尾断層

$R = 700 \sim 1900$ 年 (Tsutsumi & Okada, 1996)

② 岡村断層

$R = 800 \sim 1450$ 年 (Tsutsumi & Okada, 1996)

7) セグメンテーション

中央構造線活断層系のように四国だけでも延長165kmに達する長大活断層は、いくつかに分割して地震を発生させる可能性が高いと考えられている(岡田, 1992)。しかし、一度に活動する区間(セグメント)の認定は、現在活断層研究の第一級の研究課題となっており、確定していない。

岡田(1992)は、断層線の走向の変化、活断層と活断層と活断層とのステップの状況、平均変位速度、分岐断層ないし逆断層への移行状態に注目して、のようなセグメント試案を提案した。

Tsutsumi & Okada(1996)は、岡田(1992)のセグメント試案を修正してしている(図1-3-7)。

これは、断層の分布形態によるもので、必ずしも地震時の活動区を示しているのではないとしている。

(2) 長尾断層

長尾断層は、長尾町亀鶴公園付近において、花崗岩が新しい時代(第四紀)の砂礫層に衝上する断層として、昭和35年に発見、命名された(Saito, 1962)。

Sangawa(1978)は、同一と思われる段丘面(天福寺面: 約13万年前)に断層崖の可能性のある高度差が認められることから、長尾断層の第四紀後期における断層活動を推定している。

熊木ほか(1986)は、岡面(約1.8万年前)にある比高約1mに満たない小崖が断層崖としても、岡面より新しい清水面には変位地形が認められないことから、長尾断層の更新世末期から完新世の活動は活発ではなかったと推定している。

小林(1991)は、長尾断層が右ずれ成分を持った逆断層で、50万年以降に活動し、その平均変位速度は $0.06\text{m}/10^3$ 年と推定している。

遠田ほか(1993)、香南町におけるトレンチ調査によって、約1万年前以降の活動がないことが報告されている(遠田ほか, 1993)。

長尾断層の最新の活動時期、活動間隔については、平成8年度に香川県によるトレンチ調査などが実施され、まもなく成果が公表される予定である。

(3) 鮎滝断層

鮎滝断層はSangawa(1978)によって、第四紀後期の活動が地形学的に推定されているが、完新世（最近1万年間）の活動は不明である。

小林ほか(1986)は、鮎滝断層の断層露頭を確認し、右ずれ成分を持った逆断層で、30万年以降に活動し、その平均変位速度は0.08m/10³年と推定している。

(4) 岡田断層

丸亀平野の南東部の岡田断層は、Sangawa(1978)によって地形学的に推定されたもので、断層露頭などの確認はなく、その実態は良くわかっていない。

(5) 上法軍寺断層

丸亀平野の南東部の上法軍寺断層は、Sangawa(1978)によって地形学的に推定されたもので、断層露頭などの確認はなく、その実態は良くわかっていない。

(6) 鮎喰川断層系

活断層研究会(1991)によれば、鮎喰川断層系は、ほぼENE方向のトレースを持つ右横ずれ活断層とされるが、地形以外の推定根拠は示されていない。

村田(1995)によれば、鮎喰川断層系のリニアメントは、断層を反映したと推定されるが、活断層である積極的な証拠に乏しいと報告している(表1-3-1)。

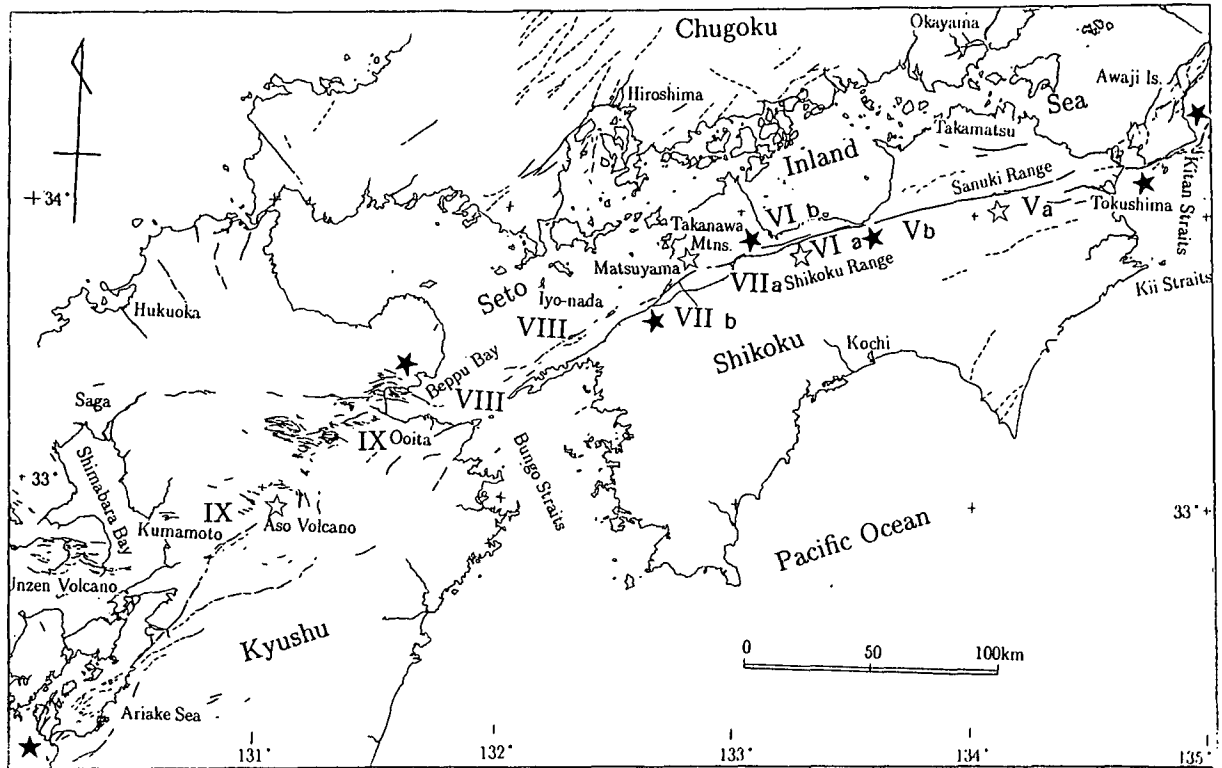
(7) 行当岬断層

行当岬断層の両側に分布するM I 段丘面に約60mの高度差（SE低下）が認められる（吉川ほか, 1964）。しかし、第四紀後期の堆積物を直接変位させた断層露頭は確認されていない。本断層が確実な活断層かどうかの判断材料は、乏しい。また、活断層としても単独に活動するものか、南海地震時のおつきあい断層かについてはも、不明である。

室戸半島において推定された、安田、吉良川、羽根、西寺、盲道谷の確実度Ⅱの各文献活断層の内、吉良川断層については、平成8年度に高知県による調査が実施された。

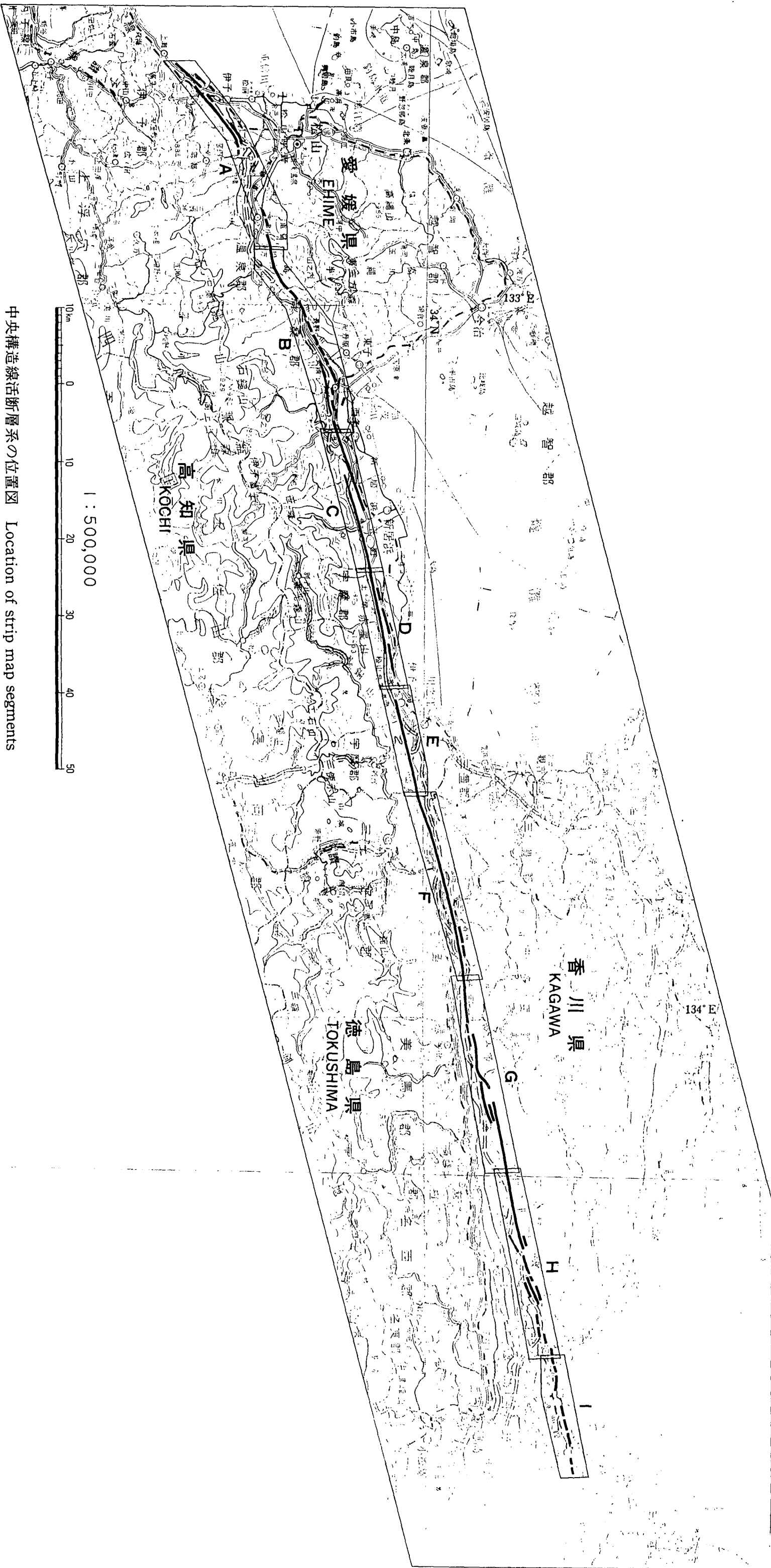
表1-3-1 村田(1995)による鮎喰川断層系の評価

断層あるいはリニアメント	地質学的な評価	活断層の可能性
宮前断層	三波川帯の中。断層であるか不明。	非常に低い。
南山断層	御荷鉾緑色岩類の南限の断層である。南側が少なくとも200m上昇。	積極的な証拠なし。
下名断層	秩父帯の中の断層である。	可能性あり。
見ノ越北側断層	東部は上葦生川断層。中・西部は不明。	非常に低い。
宮前断層北西のリニアメント1	三波川帯の中の断層である。	積極的な証拠なし。
宮前断層南のリニアメント2	御荷鉾緑色岩類北限の断層である。	積極的な証拠なし。



セグメント		断層名	場所	長さ km	走向	変位速度(概 別とm/10 ⁴ 年)	形態的特徴	地震活動(歴史地震・機械観測)
大区分	小区分							
中部 日本	Ia	中央構造線	杖突峠～ 地蔵峠	50	N10°E	C	直線状谷を形成。変位地形不明瞭	1725年8月14日(M=6-6.5)地震は糸静 線系か?
	Ib	〃	地蔵峠～ 佐久間	50	N20°E	C	直線状谷と右ずれ地形を伴う。右ずれの半 周断層と30°の交角で会合。	1718年8月22日(M=7.0)南信濃地震
	Ic	〃	佐久間～ 新城	30	N40°E	C	直線状谷・溝状凹地・右ずれ地形を伴う。 愛知県鳳来町では2-3本のリニアメントが 並走。	715年7月4日(M=6.5-7.5)佐久間付近 715年7月5日(M=6.5-7)豊川付近
II		〃	豊川～五条	180	N55°～ 80°E	不活動	断層線谷・断層線崖・埋没断層	なし。1945年1月13日(M=6.8)河地震 は北側
紀伊 西	IIIa	五条谷断層	五条～粉河	30	N70°E	A	五条北方で南北逆断層に移行。西方のIIIb との間に幅約1kmのステップ。断層線 多小湾曲。	歴史時代の被害地震は地殻下の可能性大。 和歌山付近の小一微小地震の北縁の境界を なす。
	IIIb	根来断層	粉河～ 紀淡海峡	40	N80°E	A (1-3)	山麓線を縁どる。西部は沖積面や海底のため。 詳細不明。	
IV		油谷断層～ 海底活断層群	紀淡海峡～ 鳴門海峡	30	N65°E	(A)	海底活断層群を形成。東端は友ヶ島水道へ 分岐	下記の歴史地震時に動いた可能性もある。
四国 北東	Va	鳴門・神田・引野・ 父尾・井口の各断層	鳴門～脇町	54	N75°E	A (6-9)	雁行状に配列。鳴門と神田の断層間は変位 地形不明瞭。淡路島西部の南北性断層と 対。	1596年9月5日(M=7.5)廣長伏見地震時 に動いた可能性大。
	Vb	二野・池田断層	脇町～ 伊予三島	52	N75°E	A (7)	Vaとの間に幅約1kmのステップ。西端は 低位段丘の間に3kmの間隔。	上記の歴史地震時に動いた可能性もある。 西部で微小地震活動あり。
四国 中央	VIa	石鐘・寒川・畑野の 各断層	伊予三島～ 新居浜	27	N75°E	A (5-8)	石鐘断層の東部は不明瞭になり。代わりに 北側を活断層が並走。VIbとの間に幅約 1.5kmのステップ。	最新の活動は1800年前以降であるが。歴史 地震との関係は不明。
	VIb	岡村・小松断層	新居浜～小松	20	N75°E	A (5-7)	西端に数本の活断層が発達し。VIaとの間に 走向の急変がみられる。	VIaとの間に微小地震活動あり。
四国 北西	VIIa	川上断層	丹原～川内	20	N50°～ 80°E	B	桜樹屈曲部は右ずれを伴う逆断層。走向が 各所で相当異なる。	VIIbとの間の重信川低地に微小地震活動 が観測されている。
	VIIb	伊予断層	砥部～双海	15	N55°E	B	北東端は走向が急変し。数本に分岐。南西 端は海底活断層との間に幅1-2kmのス テップ。	中央構造線大分県南部に微小地震活動。し かし。ここは活断層ではない。
VIII		伊予灘～別府湾 海底活断層群	伊予灘～ 別府湾	110	N60°～ 70°E	A-B	雁行ないし並走する正断層性の活断層群よ りなる。個々の長さは10数km以上と短 い。	1649年3月17日(M=7.0)伊予灘地震 1596年9月4日(M=7.0)豊後地震
IX 九州	数多くに 細分され るが。省 略	湯布院・布田川・緑 川・日奈久・出水・ などの各断層	大分～ 出水	200	N45°E ～EW	B	東西性の正断層群と北東-南西方向の右ず れ断層が共存。	1703年12月31日(M=6.5)湯布院 1975年4月21日(M=6.4)大分県中部地震 などの歴史地震が多く発生。微小地震の 発生も顕著で活動的な地帯をなす。

図1-3-3 四国の中央構造線活断層系とセグメント試案(岡田, 1992)



中央構造線活断層系の位置図 Location of strip map segments
 基図は国土地理院発行50万分の1地方図「中国四国」を使用

図1-3-4 地質調査所(1993)による中央構造線活断層系

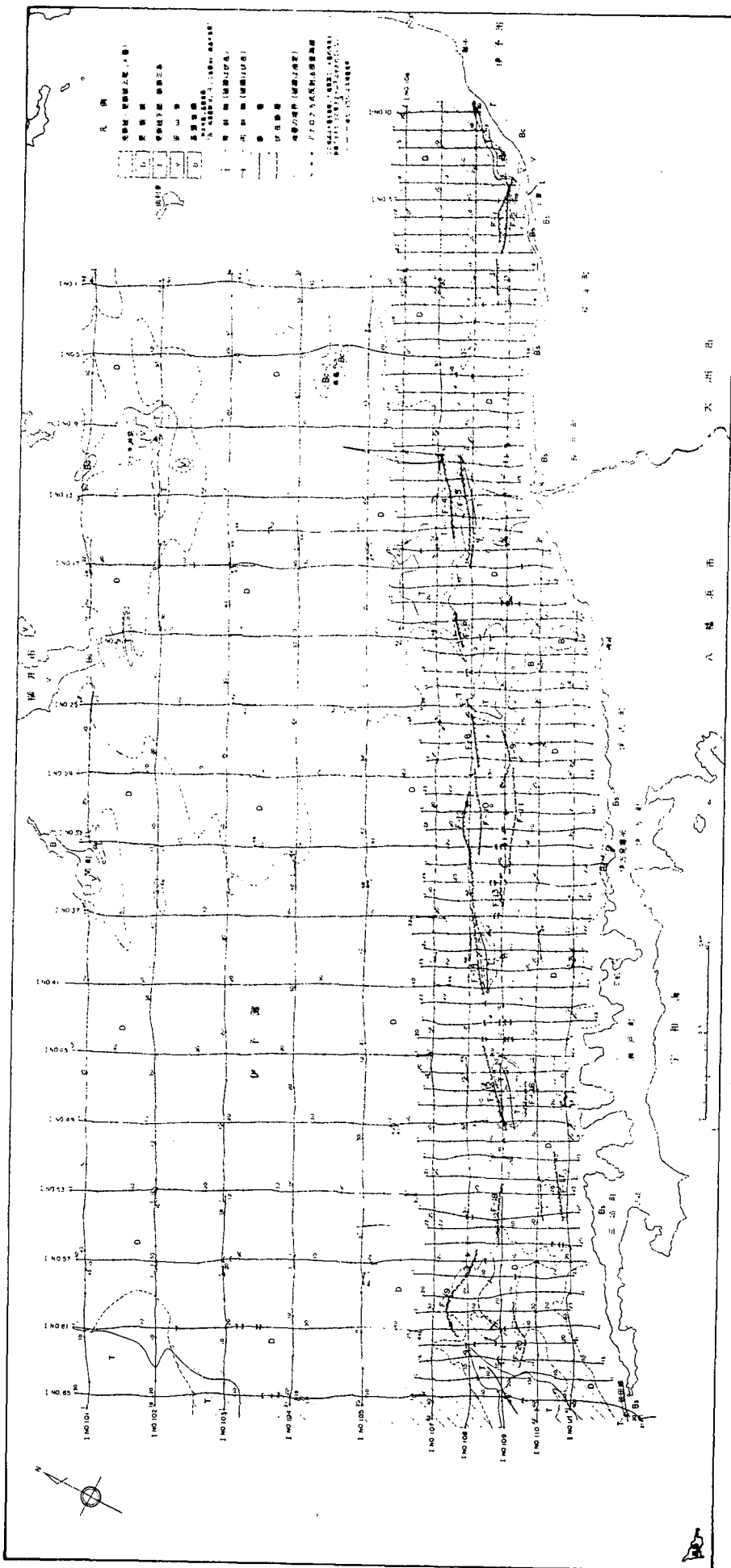


図1-3-5 四国電力(1984)による伊予灘における海底活断層の分布

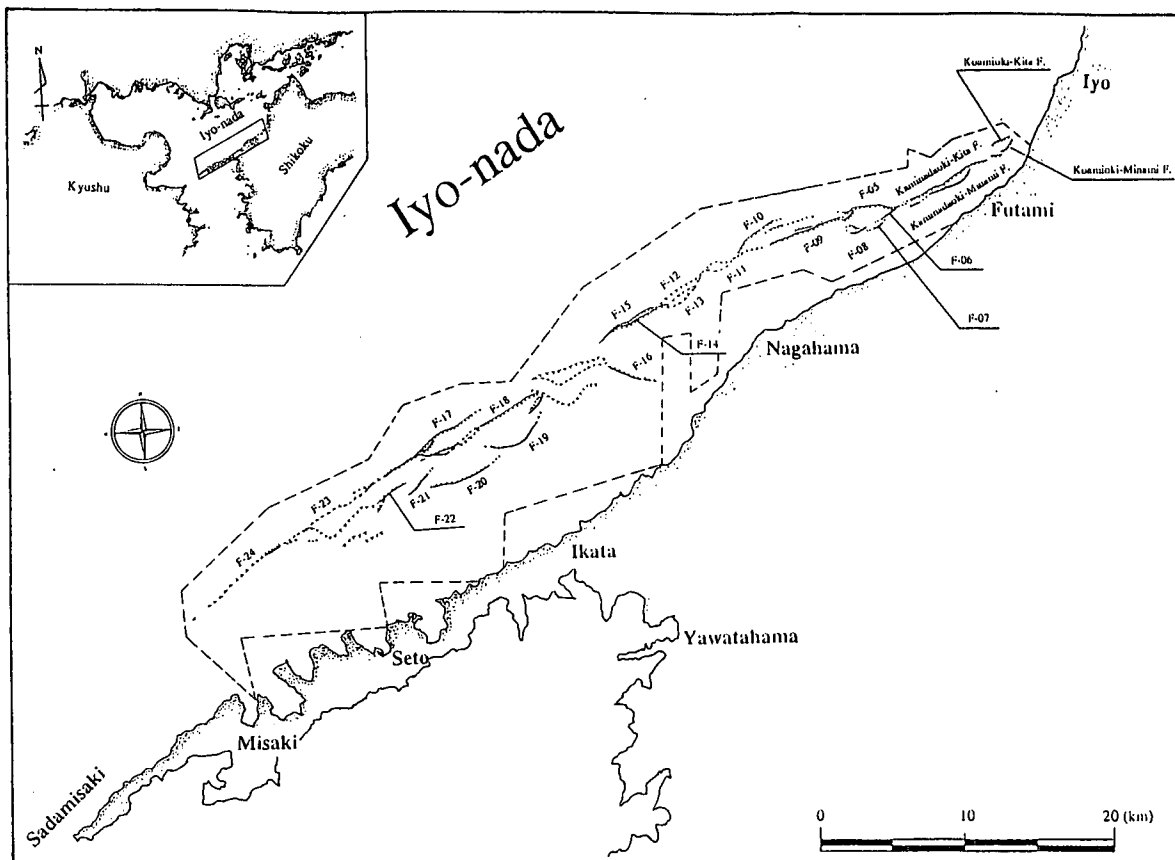


図 1 - 3 - 6 露口ほか(1996)による伊予灘における海底活断層の分布

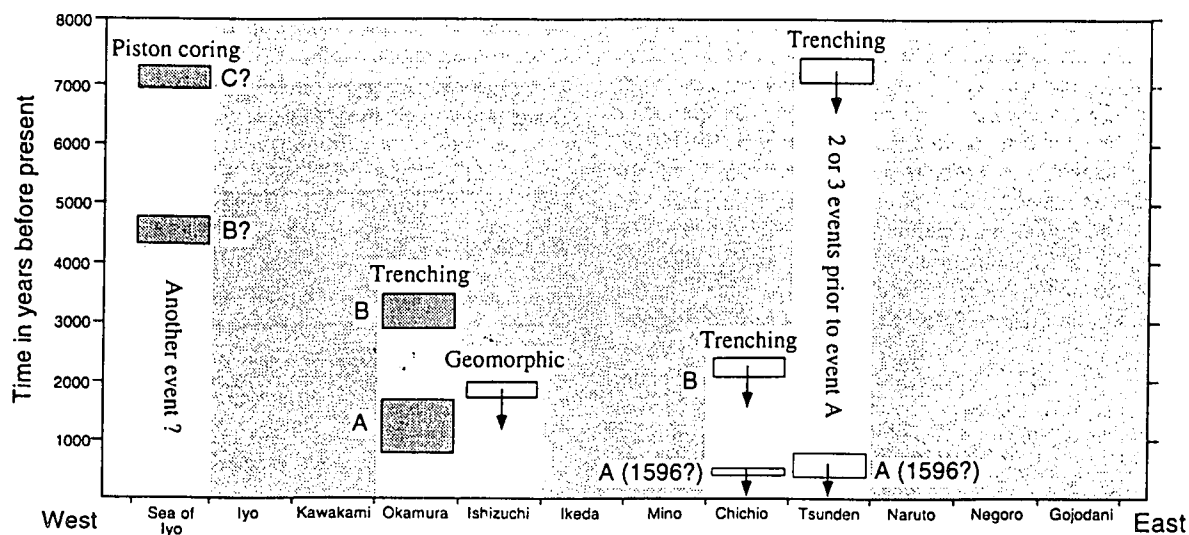


Figure 9. Space-time diagram of surface-rupturing earthquakes on the MTL during the past 8000 years. Horizontal axis is not to scale. Dark-shaded rectangles show time range of paleoearthquakes. Open rectangles with arrows show time range which constrain the oldest possible age for earthquakes. Earthquakes on each segments are labeled by A-C. Event A on the Tsunden and Chichio segments may correlate with the 1596 Keicho-Kinki earthquake. Light shading marks area and time range with no data. Radiocarbon ages are calibrated to calendar dates based on work by *Stuiver and Reimer* [1993].

図 1 - 3 - 7 Tsutsumi & Okada(1996)による中央構造線活断層系の活動時期

参考文献

- 地質調査所(1982):1/50万活構造図「高知」.
- 地質調査所(1992):日本地質アトラス「日本活構造図」.
- 地質調査所(1993):中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ.
- 活断層研究会(1991):新編日本の活断層, 東京大学出版会, 437p.
- 建設省河川局開発課(1984):ダム建設における第四紀断層の調査と対応に関する指針(案).
- 小林浩治ほか(1986):讃岐平野南部の活断層—鮎滝断層—. 活断層研究. No.2, p.55-63.
- 小林浩治(1991):長尾断層—讃岐平野南縁の活断層—, 香川県自然科学館研究報告. Vol.13, p.47-59.
- 国土地理院(1992):2万5千分の1沿岸海域土地条件図「郡中」
- 国土地理院(1992):2万5千分の1沿岸海域土地条件図「串」
- 熊木洋太ほか(1986):讃岐平野南縁、長尾断層の活動に関する年代試料. 活断層研究. No.2, p.51-53.
- 村田明広(1995):鮎喰川断層系と上葎川断層. 徳島大学総合科学部自然科学研究. Vol.8, p.27-38.
- 日本第四紀学会(1987):日本第四紀地図, 東京大学出版会.
- 岡田篤正(1970):吉野川流域の中央構造線の断層変位地形と断層運動速度. 地理評, Vol.43, pp.1-21.
- 岡田篤正(1973):中央構造線の第四紀断層運動について, 「中央構造線」東海大学出版会, pp.49-86.
- Okada, A(1989):Quaternary faulting along the Median Tectonic Line of Southwest Japan, Geol. Soc. Japan Mem., No.18, pp.109-128.
- 岡田篤正・中田高・堤弘之(1988):トレンチ掘削調査による中央構造線活断層系岡村断層の活動時期と変位量の解明, 地学雑誌, Vol.98, pp.489-491.
- 岡田篤正(1992):中央構造線活断層系の活動区の分割試案, 地質学論集, No.40, p.15-30.
- 岡田篤正(1993):中央構造線活断層系の分割と古地震活動, 土と基礎, No.41, p.7-12.
- 岡村真・水野清秀・吉岡政和・原口強・新見健・松岡裕美・三好憲(1996):鳴門海峡における中央構造線活断層系の完新世活動履歴—音波探査とパイプロコアリングの結果—, 日本地質学会第100年学術大会講演要旨, p.363.
- 寒川旭(1973):阿讃山脈北麓の断層地形. 東北地理, Vol.25, p.157-164.
- Sangawa, A.(1978):Geomorphologic Development of the Izumi and Sanuki Range and relating Crustal Movement. Sci. Rep. Tohoku Univ, 7th Series. Vol.28, p.314-338.
- Saito, M.(1962):The geology Kagawa and northern Ehime Prefecture, Shikoku, Japan. Mem.Fac. Agric.Kagawa Univ., Vol.10, p.1-74.
- 高橋治郎(1995):松山平野及び周辺部の活断層. 愛媛大学教育学部紀要第III部, Vol.16, p.3-12.
- 高橋治郎(1997):四国中央構造線沿いの活断層. 愛媛大学教育学部紀要第III部, Vol.17, p.1-9.
- 遠田晋次ほか(1993):四国、長尾断層のトレンチ調査. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨, p.686
- Tsutsumi & Okada(1996):Segmentation and Holocene surface faulting on the Median Tectonic Line, southwest Japan. Jour.Geoph.Res., Vol.101, pp.5855-5871.
- 露口耕治・松岡裕美・岡村真(1996):伊予灘における中央構造線系活断層の分布とセグメンテーション. 日本地質学会第100年学術大会講演要旨, p.369.
- 吉川虎雄ほか(1964):土佐湾東岸の海岸段丘と地殻変動. 地理評, Vol.37, 627-648.

4. 四国において想定される地震

4.1 活断層による地震規模の推定方法

地殻の上部（深さ約20km以浅）で発生した大地震は、震央付近の地表に、列状の地割れ、線状に連続する小崖や地物のずれなどの地変が現れる。地すべりや崖崩れ、護岸背後の地割れなど明らかに表層だけの地盤の変形現象を除いて、地震により地表面に現れた地盤のズレを地震断層と呼んでいる（最近は、地震時に出現した断層であることを明確にするために地表地震断層と呼ばれることも多い）。

表1-4-1は、過去約150年間に日本の内陸および近海で発生した地震のうち、地震断層が出現した地震（全20例）を示したものである。この表には、地震観測開始以前の地震でも詳細な被害記録から解明された地震も書き加えられている。

表1-4-1 地震断層を伴った地震および被害概要（豊蔵・岡田(1996)に一部加筆）

No	地震名	年月日	M ^{*1}	地震断層名 (分布位置)	断層長 ^{*2} (km)	最大変位量 (m)	
						水平成分	垂直成分
1	善光寺	1847. 5. 8	7.4	善光寺	>1.4		北西 2.7
2	伊賀上野	1854. 7. 9	7.25	伊賀上野	>1.5		北 1.5
3	濃尾	1891.10.28	8.0	根尾谷ほか	80	左 8.0	南西 4.0
4	庄内	1894.10.22	7.0	矢流沢	10	0?	南東 1.0
5	陸羽	1896. 8.31	7.2	千屋 川舟	40 15	0? 0?	東 3.0 西 2.0
6	大町	1918.11.11	6.5	大町西南方	1.1		北西 0.2
7	関東	1923. 9. 1	7.9	下浦 延命寺	1 3 (85)	0? 左 1.2	北 1.0 北 1.9
8	但馬	1925. 5.23	6.8	田結	1.6	0?	南東 0.5
9	北丹後	1927. 3. 7	7.3	郷村 山田	16 8	左 2.6 右 0.8	西 1.2 北 0.7
10	北伊豆	1930.11.26	7.3	丹那 姫之湯	30 3~6	左 3.5 右 1.2	西 2.4 北 0.9
11	屈斜路	1938. 5.29	6.1	屋礼部 丸山南東	0.2 0.2	0? 左 2.4	南西 0.3 0?
12	男鹿	1939. 5. 1	6.8	琴川付近			0.4?
13	鳥取	1943. 9.10	7.2	鹿野 吉岡	8~16 5	右 1.5 右 0.5	南 0.8 南 0.5
14	三河	1945. 1.13	6.8	深溝 横須賀	19 7	右・左 1.0 左 0.6	南西 2.0 南西 1.2
15	福井	1948. 6.28	7.1	福井市北東方	25	左 2.0	東 0.9
16	新潟	1964. 6.16	7.5	村上沖海底	数 (80)		西7 & 西5
17	松代群発	1965~1967	6.4 ^{*3}	松代付近	>4	左 0.6	南西 0.2
18	伊豆半島沖	1974. 5. 9	6.9	石廊崎	>5.5	右 0.5	南西 0.3
19	伊豆大島近海	1978. 1.14	7.0	稲取・大峰山 浅間山	>4 3	右 1.2 左 0.5	南西 0.4 北東 0.3
20	兵庫県南部	1995. 1.17	7.2	野島 明石海峡海底	9 ?	右 1.7 右 1.1+	南東 1.3

*1 Mは、宇佐美(1884年以前)、宇津(1885~1925年)、気象庁(1926年以降)による。

*2 ()内はメカニズム解による値。 *3 総エネルギー (1回地震の最大規模はM5.4)

表 1-4-2 地震断層を伴った地震（地震規模別）

	地震断層が出現した地震名	地震断層の出現した頻度
M7.5以上	濃尾・関東・新潟	すべての地震
M7.5～M7.0	善光寺・伊賀上野・庄内・陸羽・北丹後・北伊豆 鳥取・福井・伊豆大島近海・兵庫県南部	約6割の地震
M7.0～M6.5	大町・北但馬・男鹿・三河・伊豆半島沖	約3分の1の地震
M6.5以下	屈斜路(M6.1)・松代群発(総エネルギー M6.4)	まれに出現

表 1-4-2 は、この 20 例の地震を地震規模（マグニチュード、M）により区分し、併せて同一規模のものの中で地震断層の出現した地震の割合を示している。日本の内陸浅部で発生した地震について見ると、地震断層は多くの場合、M6.5 以上（大半がM7.0 前後以上）の地震で出現しており、今日ではM6.5 より小さい地震では、地震断層が出現することはないと考えられている。

地震断層は、震源における断層運動が地表まで届いたものであるが、兵庫県南部地震における余震領域と地表に現れた野島断層の関係（図 1-4-1）に明らかのように、地震断層の長さが震源域の広がりの意味するものではない。この地震の本震は、数秒間の間に発生した3つのサブイベントからなる多重震源で発生しており（図 1-4-2）、震源断層が余震活動中に成長したことが知られている。松代群発地震の場合、地震による岩盤の累積損傷が地震断層出現の原因になったと考えられる。既往の地震断層のデータにも、余震活動中に生じた二次的な変位や地すべりによる変位が含まれているかもしれない。地震規模と地震断層の長さや変位量の関係のデータには、時空間的に完全に対応するデータとは言えないものが多そうである。地震断層（活断層の1回の活動）の長さや変位量が、地震エネルギーと直接関係していないとしても、表 1-4-1 をみるとマグニチュードMが大きいほど、地震断層の長さLや最大変位量Dが大きくなる傾向は見えてとれる。

松田(1975)は、地震断層の研究に基づいて、日本の内陸地震断層の場合、地震のマグニチュードMと地震断層の長さL、最大変位量Dとの間に次の関係式が成り立つことを見出した。

$$\log L = 0.6 * M - 2.9 \quad (L \text{の単位はkm})$$

$$\log D = 0.6 * M - 4.0 \quad (D \text{の単位はm})$$

図 1-4-3 は、一般に松田式と呼ばれているこの関係式のもとになったM～L、M～Dの関係図である。ちなみに兵庫県南部地震（M7.2）の場合、マグニチュードから地震断層の長さLと最大変位量Dを求めると、L = 26km、D = 2.1mとなる。Dは野島断層の実測変位と概ね一致している。一方、Lは地震断層の延長約9kmや破壊領域の全長約45kmとはかなり差があるが、菊地(1995)の震源モデルの最初の本震（24km）とほぼ等しい。なお、松田(1995)は、いわゆる松田式が1970年代の平均的断層論に基づいたきわめて大雑把なものであるとして、最近の再検討結果（図 1-4-4）を紹介しているが、この関係式の信頼度を上げるには、活断層の形態と発生する大地震との関係の研究の進展が必要だと指摘している。

日本では 1872 年に地震計による地震観測が開始され、大正末期～昭和初期に地震計が日本全国に設置されて、主要な地震について震源位置や地震規模（マグニチュードM）がほぼ満足に決定できるようになった。既往の地震に関する情報は、地震当時の観測機器ならびに観測システムを反映しているので、種々のレベルの情報を含んでいる。地震断層（活断層）に関する調査研究も大きく変化した。ファジィな部分の多い地震資料に基づいた式として、松田式はそれなりに工学的有効な役割を果たしている。

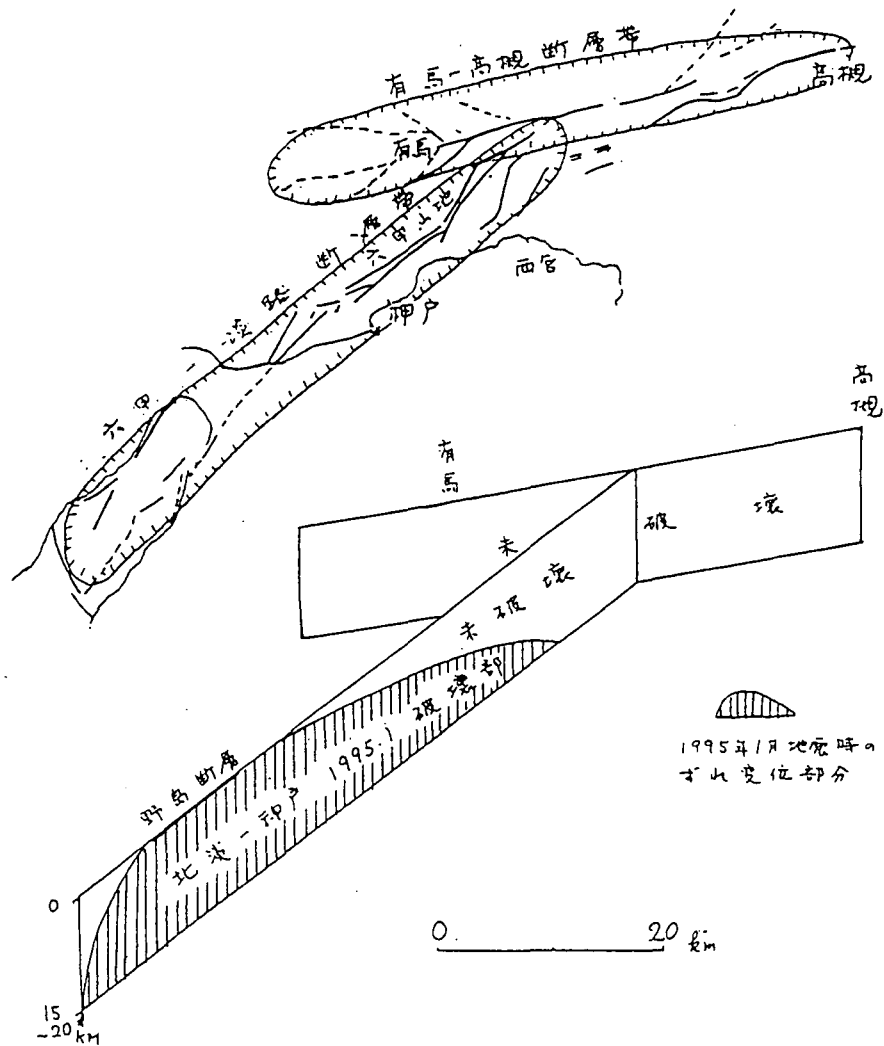
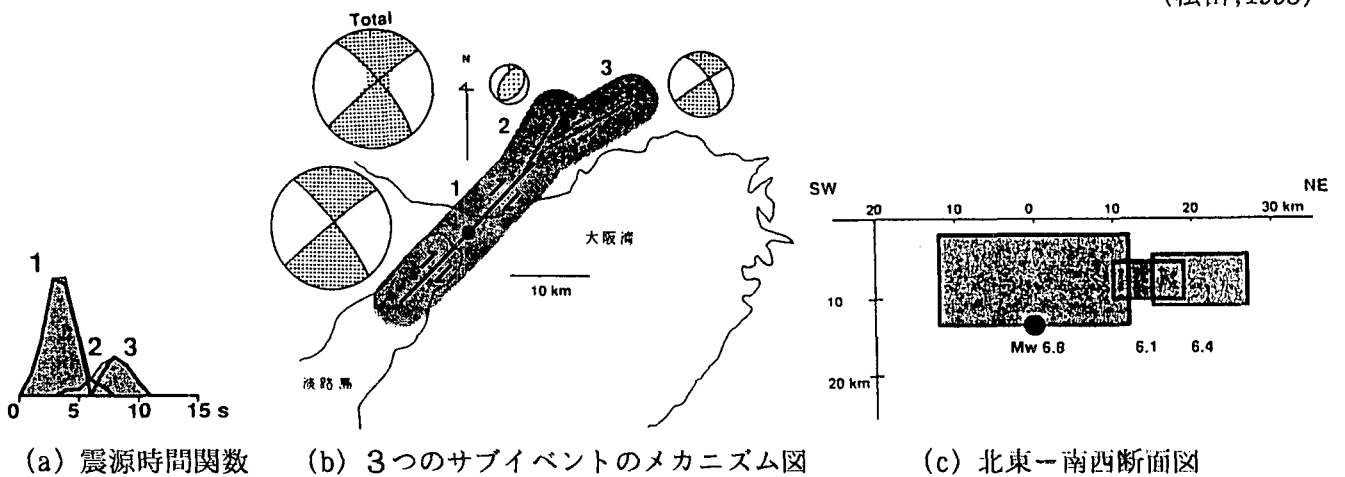


図1-4-1 阪神・淡路の活断層帯と(上)と兵庫県南部地震の破壊部と野島断層の模式図(下)
(松田,1995)



(a) 震源時間関数 (b) 3つのサブイベントのメカニズム図 (c) 北東-南西断面図

図1-4-2 兵庫県南部地震の震源モデル(菊地,1995)

松田式の意味を大まかにいえば、次のようになる。

M7の地震 : $L=20\text{ km}$ $D=1.5\text{ m}$

M8の地震 : $L=80\text{ km}$ $D=6.0\text{ m}$

日本列島には、クリープ性の活断層と呼ばれる、大地震を引き起こさず少しずつ動き続けていくようなタイプの活断層は分布していない。日本の活断層はすべて、平常は活動しないが数百年～数千年の静穏期の後に短期間の地震活動期に活動(変位)する地震性の活断層である。したがって、日本の内

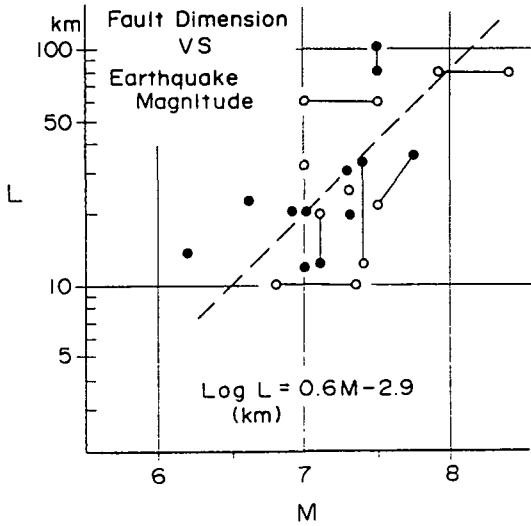
陸では、活断層周辺において発生する地震の規模を松田式により予測できる。

$$M_L = (\log L + 2.9) / 0.6$$

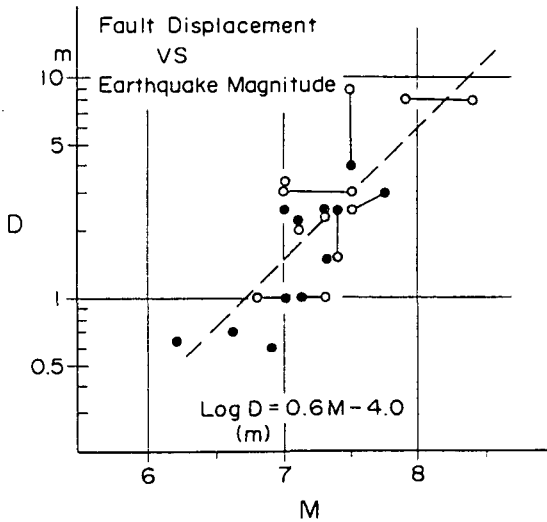
L : 活断層 (セグメント) の長さ (km)

M_L : 活断層において発生する地震の規模 (M_Lは、7 前後以上)

この式は、大きなバラツキを示すLとMとの相関図から求められている。地震断層を生じる地震の規模は、概ねM6.5以上であるが、M6.5以上の内陸型地震でも地震断層を生じなかったものも少なくない。したがって、上式は活断層近辺で発生する地震規模の目安を示していると考えられるべきである。



(a) マグニチュードMと地震断層の長さL



(b) マグニチュードMと最大変位量D

図1-4-3 地震規模Mと地震断層の長さL、および最大変位量D (松田,1975)

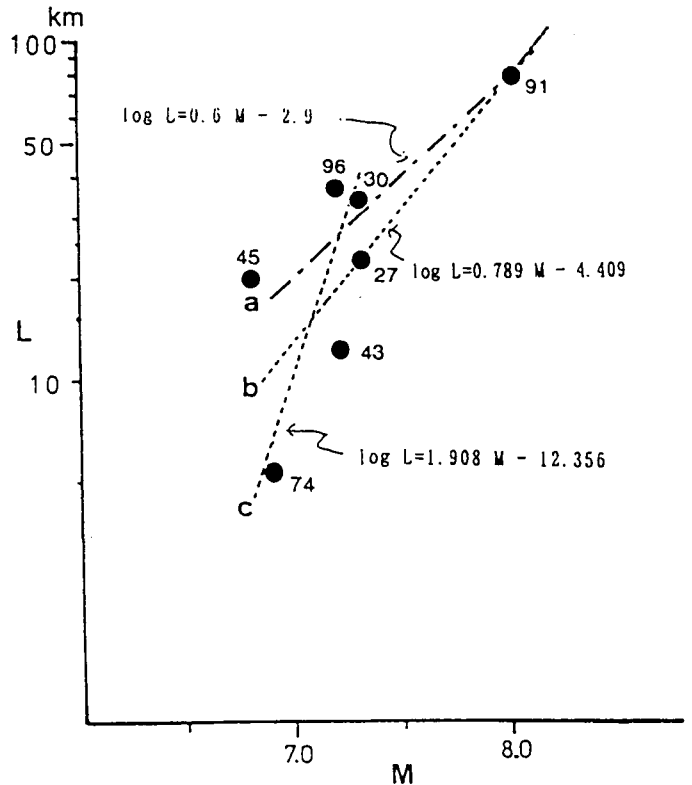


図1-4-4 地震規模と地震断層の長さ (松田,1995)

91: 濃尾地震, 96: 陸羽地震, 27: 北丹後地震, 30: 北伊豆地震,
43: 鳥取地震, 45: 三河地震, 74: 伊豆半島沖地震,
破線 a : M 7 で L = 20km, M 8 で L = 80km を通る線 (松田, 1975).
点線 b : M 7 で L = 13km, M 8 で L = 80km を通る線 (6.8 ≤ M ≤ 8.0).
点線 c : M 7 で L = 10km, M 7.25 で L = 30km を通る線 (6.8 ≤ M ≤ 7.3).

4.2 四国島内の活断層から予想される地震の規模

3節では、四国島 (陸上部および周辺海域) の第四紀断層 (最も広い意味での活断層) の中で、地震防災上注意の必要な活断層を抽出した。これらの要注意活断層から発生する地震の規模を、松田式を用いて推定すると表1-4-3の通りである。この表では、地震規模がM6.5以下の活断層も少なくないが、松田式がバラ

ツキの大きいデータから求められた式であること、地震断層の多くがM7前後以上で発生していること等を考えると、活断層のあるところでは、M7程度以上の地震が発生するとみるのが妥当である。

表1-4-3 四国島内の地震発生確率の高い活断層と予想される地震の規模

活断層名	活動度	延長 (km)	地震規模 (M)	活動履歴
中央構造線断層系 松田想定 (1990,一括)	A		8.0	紀伊水道・伊予灘で完新世*の活動
岡田想定 (1991,セグメント分割) ・鳴門、神田、引野、父尾、井口断層 ・三野、池田断層 ・石鎚、寒川、畑野断層 ・岡村、小松断層 ・川上、北方断層 ・伊予断層	A	54 52 27 20 20 15	7.7 7.7 7.2 7.0 7.0 6.8	父尾断層は完新世に複数回の活動 岡村断層は完新世に複数回の活動
長尾断層	B	23	7.1	完新世に活動
鮎滝断層	C	4	5.8	完新世の活動は不明 地形上、第四紀後期* ² の活動を推定
岡田断層	B	3	5.7	地形上、第四紀後期の活動を推定
上法軍寺断層	C	3	5.6	地形上、第四紀後期の活動を推定
鮎喰川断層系 松田 (1990) 想定 全長同時 単独活動の場合	?		7.3 7.5 6.2 6.4 6.4 6.5	地形上、第四紀後期の活動を推定
・宮前断層 ・南山断層 ・下名断層 ・網付森断層		42 7 9 9 10		
行当岬断層	B	15	6.8	地形上、第四紀後期の活動を推定

*1 完新世は、最近1万年間。

*2 第四紀後期は、約13万年前以降。

参考文献

- 1) 豊蔵・岡田：活アラカルト (I), 応用地質, Vol.37, No.2, 1996.
- 2) 日本応用地質学会 阪神・淡路大震災調査委員会：兵庫県南部地震—応用地質学からの視点—, 1996.
- 3) 松田時彦：活断層問題の推移と今後の展望, 活断層研究の歴史と現状—阪神・淡路大震災をふまえて—, pp.16~23, 断層研究資料センター, 1995
- 4) 活断層研究会編：日本の活断層図—地図と解説, 東京大学出版会, 1992.
- 5) 東京天文台編：『理科年表 (平成7年版)』, 丸善, 1994.
- 6) 松田時彦：活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震, Vol.28, pp.269~283, 1975.
- 7) 菊地正幸：遠地実体波による震源のメカニズム, 月刊地球, 号外No.13, pp.47~53, 1995.
- 8) 宇佐美龍夫：新編日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 1987.
- 9) 宇津徳治：日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885~1980年, 地震研究所彙報, 57, p401, 1982.
- 10) 宇津徳治：同 (訂正と追加), 地震研究所彙報, 60, p639, 1985.

5. 四国における地震防災

5. 1 地域のレベル1地震動およびレベル2地震動の設定について

土木学会の「第二次提言」(1996年1月)では、土木構造物の耐震性能の照査で考慮する地震動として、

レベル1地震動：構造物の供用期間中に1～2度発生する地震動

レベル2地震動：供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動

(敷地近傍で発生する大規模なプレート境界地震や直下型地震)

の二段階を考慮することが示されている。

これらの地震動は、それぞれの地域によって定める必要がある。このため、四国のそれぞれの地域で個別にレベル1地震動およびレベル2地震動を設定する必要があるが出てくる。ここでは、基本的な考え方について述べる。

(1) 歴史地震、特に南海地震対策の重要性

四国沖の南海トラフは、フィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込むプレート境界である。南海トラフの北側では、90～150年に一度、プレート境界の逆断層運動によってマグニチュード8クラスの巨大地震(南海道地震)が発生し、四国の太平洋沿岸を中心に広範囲に、大津波、地盤の液化化、斜面崩壊等の甚大な地震動災害を与えてきた(表1-5-1、宇佐美,1989)。

最近の南海地震は1946年の昭和南海地震で、次の南海地震は今後数十年のうち、早ければ20～30年後に発生すると考えられている(安藤,1992)。また、兵庫県南部地震によって、西南日本は次の南海地震へ向けての活動期に入った可能性が高いと考えられている。

南海地震は約100年に1回の確率で発生し、数10年のうち必ず発生する。これに対して、日本で最大級の内陸活断層である中央構造線活断層系にしても、1000～2000年に1回程度である。ただし、全域が一度に動くわけではないので、1000～2000年に数回地震を発生させる可能性がある。また、長尾断層に至っては、万年に1回程度の確率であろう。

このように考えると、まず南海地震を想定した対策を優先させるべきと考えられる。また、地域によっては数10年に一度の日向灘地震や伊予灘周辺の地震等をレベル1地震動として想定しなけれならぬであろう。これらは、いずれも複数回の歴史地震記録があり、かつプレートの沈み込み部で発生する地震である。

また、南海地震も昭和(1946年：M8.0)、安政(1854年：M8.4)、宝永(1707年：M8.4)、慶長(1605年：M8.0)と規模とタイプも異なる。このため、次の南海地震をどの程度の規模に想定するかに関する検討も必要である。

(2) 内陸活断層の評価

ユーラシア大陸プレート内で発生する内陸活断層の再来間隔は、中央構造線活断層系のように1,000年程度のものから、活動度が低く数万年に達するものまでであると推定される。これらは、レベル2地震に対応すると考えられるが、中央構造線のように活動度の高いものと、そうでないものと合理的に耐震設計に取り込むかが問題となるであろう。

一つの方法としては、近い将来に発生する可能性が高いか低いかに関わらず、活動度から、グレード別に耐震設計や防災計画に反映させることが考えられる。

他の方法としては、活動履歴をできる限り解明し、要注意断層かどうかを判定し、防災計画に反映させることが考えられる。しかし、危険度が具体的に把握されている活断層はほとんどないのが実情である。このためには、トレンチ調査などから活動履歴をできる限り解明することが望ましい。ただし、すべての活断層について活動履歴が精度よく解明される保証はなく、たとえ詳細な活動履歴が解明されても地震の再来時期の推定には数百年の誤差を伴う。

いずれにしても、内陸活断層による地震の再現期間、その規模や地震動の特性の予測の精度は、耐震設計の基礎とするにはなお不十分なことが多い（土木学会,1996）。ライフラインをはじめ、内陸活断層を避けて生活することはできない。したがって、重要施設に限り万全を期す一方、被害想定に基づく救援・復旧対策や都市計画などを中心とした対策が現実的ではないだろうか。

表 1 - 5 - 1 歴史記録による南海地震(宇佐美,1989)

番号	和 暦	西 暦	震 央		規 模	高知市付近の 陥没面積	室戸岬の 隆起量	湯 の 峯 温 泉
			北 緯	東 経				
003	天武13年 X 14	684 XI 29	32 $\frac{1}{2}$ °N	133 $\frac{1}{2}$ °E	8 $\frac{1}{4}$	12 km ²		
026	仁和 3 VII 30	887 VIII 26	33.0	135.0	8 $\frac{1}{4}$			
039	康和 1 I 24	1099 II 22	33.0	135.5	8.2	>10 km ²		
056	正平16 VI 24	1361 VIII 3	33.0	135.0	8.4			湧出止る
084	慶長 9 XII 16	1605 II 3	33.0	134.9	7.9			
153	宝永 4 X 4	1707 X 28	33.2	135.9	8.4	20 km ² , 2 m>	1.5 m	湧出止る
258	安政 1 XI 5	1854 XII 24	33.0	135.0	8.4	1~1.5 m	1.2 m	湧出止る
509	昭和21 XII 21	1946 XII 21	33.03	135.62	8.0	15 km ²	1.3 m	湧出激減

5. 2 活断層による地震被害の特徴

内陸の活断層が活動すると、一般にマグニチュード6.5以上の直下型地震が発生し、活断層近傍の震源域は、壊滅的な被害を受ける。

内陸活断層による被害の特徴は以下のとおりである。活断層による直下型地震の被害想定の際に考慮いただきたい。

(1) 内陸の活断層による直下型地震の特徴

- ① 断層沿いの震源域で震度7に達する激しい地震動を受ける。
- ② 震源が極めて近いため、P波（縦波：初動）とS波（横波：主動）が、ほぼ同時に到達するため、不意打ちを受ける。このため、地震動に対してほとんど準備ができない。
- ③ 地下構造、表層地盤などの影響にもよって、震源域でも特に著しい被害が発生する地域が生じる。

(2) 内陸直下型地震の強地震動による災害

- ① 家屋、構造物の倒壊
- ② 火災などの二次災害
- ③ 道路、鉄道などの交通災害
- ④ 道路、鉄道、電力線、電話線、上下水道などのライフラインの切断
- ⑤ 平野部では地盤の液状化
- ⑥ 山地部では落石・斜面崩壊・地すべり
- ⑦ ダムの破壊や地すべりによる天然ダムの決壊による洪水

(3) 地震断層の出現による被害

- ① 家屋、構造物の基礎の破壊による倒壊
- ② 道路、鉄道、電力線、電話線、上下水道などのライフラインの切断
- ③ 断層崖の斜面崩壊

5. 3 活断層の活動履歴による危険度評価

内陸の活断層は普段はじっとしているが、千年から数万年に1回のペースで活動し、大地震を発生させる。活断層から地震がいつ発生するかを予知することは、現在までの知見では困難な状況である。

活断層が、近い将来活動して地震を発生させる危険があるか否かについては、①微小地震活動
② 地殻応力・歪量の測定、③地殻変動等の測地学的データ等による短期的な危険度評価と、④活断層の活動履歴、⑤隣接する活断層系の活動等による長期的な危険度評価がある。

兵庫県南部地震を契機に、全国的に進められている科学技術庁、工業技術院地質調査所、大学等による活断層調査は、活断層の活動履歴から活断層の地震危険度を長期予測するもので、Matsuda(1981)による要注意断層の考え方に基づいている（図1-5-1）。ただし、活断層の活動間隔のパラッキ等から少なくとも数百年誤差を伴うものであるため、要注意断層、即明日の大地震ではない。

ほとんどの活断層は、最近の活動履歴に関する情報に乏しいため、現在どの活断層が危険度が高いのか、ほとんど評価できないのが実情である。このため、これまでほとんど不明であった活断層の活動履歴が明らかになれば、防災対策が急務な活断層と余裕のある活断層との大まかな区分が可能になる。

また、活断層がいつ動くかはわからないが、どこにどの程度の地震を発生させる活断層があるかは、調査すればある程度わかる。したがって、地域の活断層の実態を把握することがまず必要であろう。

四国の中央構造線活断層系は、震源となった歴史地震の記録がないため、近い将来大地震を起こす要注意活断層とされた。このため、トレンチ調査等によって断層活動履歴と変位量を解明し、中央構造線活断層系の地震危険度を評価する研究が進められている。しかし、現在のところ一部の断層についてのみ詳細な活動履歴が判明しているだけである。中央構造線のような活動度が高く、場所的にも重要な活断層は、トレンチ調査等による活動履歴の解明から近い将来の危険度を評価することが望まれる。

トレンチ調査には、用地上、年代決定上多くの制約がある。このため、調査をすれば必ず過去の活動履歴が精度よくわかるものではない。しかし、トレンチ調査の適地は少なく、開発のため永久に活動履歴に関する情報が失われることも多い。将来の子孫のためにも、過去の地震跡の発掘調査と保存が望まれる次第である。

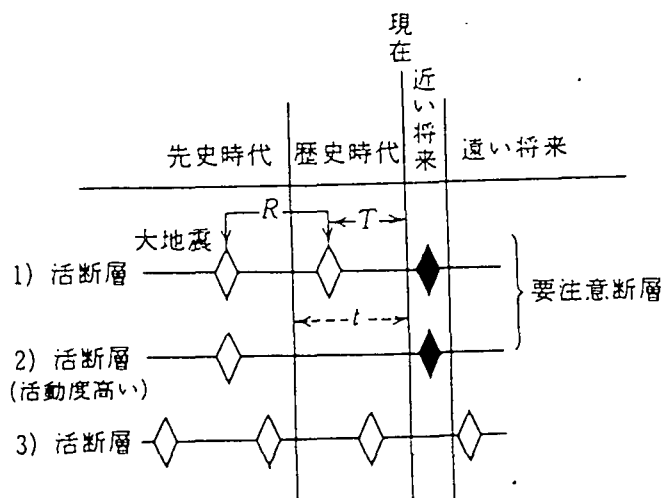


図1 活断層の活動歴から推定される要注意断層 [松田, 1978 より改変]

R, 活断層の活動の間隔; T, 最終の活動以降現在までの経過時間; t, 歴史時代に活動記録なし。

1) の場合は T/R が 50% を超えているので要注意断層と判定される。

2) の場合は地震間隔はわからないが、活動度の高い活断層なのに歴史時代以降の活動がなく、最終活動時期以降の経過時間が長いので要注意活断層と判定される。

3) の場合、 T/R が 50% 以下なので要注意活断層ではない。

図1-5-1 活断層の活動履歴から要注意断層の推定方法(池田ほか, 1996)

【文献】

安藤雅孝(1992): 南海道地震は近い?, 地震防災フォーラム'92, p10-21.

土木学会(1996): 土木構造物の耐震規準に関する「第二次提言」

長谷川修一(1995): 四国の活断層と防災対策について. 香川経済研究所調査月報, No. 104, p. 19-25

池田安隆・島崎邦彦・山崎晴男(1996): 活断層とは何か, 東京大学出版会.

宇佐美龍夫(1989): 新編日本被害地震総覧. 東京大学出版会, 434p.

6. 今後の調査研究課題について

6. 1 活断層調査・研究の課題

現在、活断層調査を専門とする研究者や技術者の絶対数は、我国においてはきわめて少ない。これは、これまで活断層調査が大学でも地質コンサルタント会社でもきわめてマイナーな扱いだったためと、野外調査のできる研究者や技術者が減少しつつあることにその原因があると推測される。

すなわち、大学における地球科学の研究者では、活断層の専門家はきわめて少数である。また、地球科学部門のある理学部の研究は真理の探求を重視するあまり、社会的なニーズには関心が低かった。また、社会に目を向けた場合の多くは、活断層の存在等を理由とした建設反対運動が中心で、建設的な提言によって、社会をリードするには至らなかった。また、最近の地球科学の研究傾向として、野外調査を伴わなくても可能なものが増えてきている。

一方、民間の地質コンサルタントでは、原子力発電所建設予定地や最近ではダム建設予定地を除くと、活断層の調査研究の業務はほとんどなかった。したがって、民間では活断層調査技術の蓄積が少なく、大学の研究者と互角に調査できる技術者は数えるしかない。これは、活断層調査の業務は特殊なケースであったことと、空中写真判読調査や地表地質踏査等のソフトを主体とする業務は、積算上の評価が低いため、ボーリング調査や物理探査に比べて企業としての利益に繋がらなかったためと考えられる。

しかし、1995年に発生した兵庫県南部地震以降、内陸や海域の活断層調査が急進展している。科学技術庁は、平成7年度補正予算に約25億円を計上し、地方自治体による26断層の調査を実施した。また、平成8年度は、地方自治体による活断層の調査に約10億円を計上している。四国では、香川県の長尾断層や愛媛県の伊予断層、高知県の仏像構造線等が平成8年度にトレンチ調査や物理探査等が実施された。これらは、大学などの活断層や地形、地質、土木等の専門家の指導のもと、民間の地質コンサルタント業者が各種の調査を実施したものである。これらの調査報告書は年度末までにまとめられる予定である。

一方、通商産業省工業技術院地質調査所では、全国の主要な活断層の詳細な調査を計画しており、平成7年度には淡路島、有馬-高槻構造線等の活断層のトレンチ調査を実施し、平成8年度は生駒断層や金剛断層、和歌山県内の中央構造線活断層系等の調査を実施している。四国の中央構造線活断層系については、平成9年度以降を予定しているようである。これらは、地質調査所の活断層専門家の指導のもと、民間の地質コンサルタント業者が調査を実施、あるいは実施予定である。

しかしながら、これらの調査を高度に遂行できる技術者は限られるため、活断層専門家の指導を受けるにしても、はたして投資に見合う結果が得られるかについて、懸念も生じている。一方、これまでの活断層研究の柱であった大学の活断層調査研究費は伸びず、官と学の活断層調査費の格差は著しく拡大している。

このような活断層の調査費や調査能力のアンバランスを是正し、最大の投資効果をあげるためには、産官学共同による活断層調査の推進が不可欠であろう。これには、行政が実施する調査を直接、間接的に大学へ(再)委託し、民間の技術力をカバーすることも一案であろう。

活断層の調査は、一時期で解決するものではない。特に、各種工事によって新たに出現した断層露頭は、研究者の目に触れないうちに、消滅していることが多いと想像される。これでは、重要な活断層に関する情報が永久に失われ、考古学的遺跡の破壊以上に将来へ大きな禍根を残す。これをさけるためには、

- ① 活断層図を行政や工事関係者に周知し、活断層と関係しそうな箇所を事前に把握できるようにする、
 - ② 活断層研究者は、行政や工事関係者からの連絡によって工事に伴う、地質状況を観察し、活断層の有無についての情報を提供する、
 - ③ このための、ネットワークの実現を図る、
- ことが必要ではなかろうか。

こうした作業を通して、より正確な活断層図(含 活動度・活動履歴)を作成したいものである。

6. 2 活断層から地震動を予測する研究の現状と課題

(1) 地震の発生場所の推定

活断層は大地震の発生源である震源断層の地表トレースである。したがって、活断層の位置を明らかにすることは、

- ① 将来大地震を発生する震源域の予測、
- ② 断層近傍の強い地震動を受ける地域の予測
- ③ 地表にずれが生じる場所の予測、

の上で重要である。

活断層の位置を把握することは、耐震設計、防災計画の基本事項である。現在のところ、全国を網羅する活断層図としては、活断層研究会(1991)『新編日本の活断層』が利用されている。これは、地域の活断層に関する基本的な情報源ではあるが、利用に当たっては以下の問題点がある。

- ① 活断層であることが確実であるものと、そうでないものが混在している。
- ② 平野部および海域のデータが不足している。
- ③ 原図縮尺が20万分の1のため、正確な位置がわからない。

したがって、四国の地震防災を考えるためには、陸域および海域の活断層を現地調査によって確認し、しかるべき縮尺の活断層図として、公表する必要がある。研究者のデータは、防災を直接意図して作製されたものではない。このため、できれば公的機関が縮尺1/10,000程度の活断層分布図を作製し、その内容と精度を示したうえで公表・周知することも今後検討する必要がある。

四国では、地質調査所(1993)によって『中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ』が公表されている。これは、中央構造線活断層系のリニアメント、断層露頭、地形面等を、1~2kmの幅で、縮尺25,000分の1の地形図に図示したもので、活断層の位置、断層付近の地盤状況等を把握することができる。また、兵庫県南部地震を契機に、国土地理院が大都市部の縮尺1/25,000の活断層図を作成中である。今後は、これらの活断層図の信頼度を高めると共に、四国内の活断層図を整備することが望まれる。

(2) 地震の規模の推定

地震の規模を示す指標である、地震モーメントは、次の式で表わされる。

$M_0 = \mu u L W$ (μ : 剛性率、 u : 断層の変位量、 L : 断層の長さ、 W : 断層の幅) しかし、活断層の調査からこれらのパラメータをすべて知ることはできない。このため、活断層から発生する地震の規模については、松田(1975)による地震の規模 M (マグニチュード)と地震断層の長さ L (km)と変位量 D (m)との関係(松田式)から推定するのが一般的である。松田式の元となった相関図にはパラッキも大きいものの、以下の式に基づき、地表活断層の長さ L (km)あるいは一回当たりの変位量 D (m)から地震の規模 M が推定されている。

$$\log L = 0.6M_L - 2.9$$

$$\log D = 0.6M_0 - 4.0$$

一般には、一回当たりの変位量 D (m)は不明な場合が多いので、活断層の長さ L (km)から推定することが多い。ただし、中央構造線活断層系のように四国だけでも延長165kmに達する長大活断層は、いくつかに分割して地震を発生させる可能性が高いと考えられている。しかし、一度に活動する区間(セグメント)の認定は、現在活断層研究の第一級の研究課題となっており、確定していない。

一方、地表において断続する延長の短い活断層が連動して発生させる地震の評価は、グルーピング問

題と呼ばれ、これも重要な問題となっている。

セグメンテーションおよびグルーピング問題解決の手がかりとしては、

- ① 地表活断層の詳細な分布形態を把握する。
- ② 地表活断層の地下構造を把握する。
- ③ トレンチ調査などによって活断層ごとの詳細な活動履歴を解明する。

等が今後の調査研究課題である。

(3) 地震の発生時期の推定

活断層から地震がいつ発生するかを予知することは、現在までの知見では困難な状況である。しかし、活断層の詳しい活動履歴がわかると、この活断層が近い将来大地震を発生させる可能性が大きい要注意活断層かどうかを判断することができると考えられている(図1-5-1)。

しかしながら、現在の調査の精度からは、もっとも活動度の高い中央構造線活断層系ですら、その誤差は数百年程度ある。また、せつかくの調査にもかかわらず詳細な活動履歴の解明できない場合もある。しかがって、現在のところ「要注意活断層」および「安心断層」もおおまかな目安として、考えておくべきであろう。

地震防災および耐震設計の基本はいつ地震が起こるかではなく、どこでどれくらいの規模の地震が、発生するかを予測し、その対策を実施することではないだろうか。

6.3 地盤構造・地盤特性の解明

兵庫県南部地震では、六甲山地の山麓平野および淡路島の低地部に震度7の地域が出現した。震度7の区域は、神戸側では六甲山南麓に広がる平野のほぼ中央部を東西に走るいわゆる『震災の帯』の他に六甲山地東縁の西宮・宝塚地域、淡路島では富島～郡家地区および志築地区などの低地部である。『震災の帯』は、新たな地震断層の出現によるものではなく、活断層が形成する特殊な地下構造が地震波のフォーカシング現象等を発生させた結果、地震動が増幅されたと考えられている。類似の埋没地形がある箇所では、フォーカシング現象等による激甚災害を発生させる恐れがある。基盤岩の構造の特殊性による地震災害を軽減するためには、

- ① 活断層（直下型地震の震源域）の把握
- ② 活断層近傍の地下構造の把握
- ③ 平野の地盤構造・地盤特性の把握

等をもとにした地震動の予測が重要である。このため、

- ① 物理探査（反射法地震探査など）による平野部の基盤構造の把握
- ② 深いボーリングによる活断層近傍の地下構造の解明
- ③ 既存のボーリング調査資料にもとづく平野部の地盤図の整備
- ④ 既存の地形図による古地理図の整備
- ⑤ 地盤の動的特性、地震波の増幅特性の把握

が急務と考えられる。

一方、四国に特有な問題点、山地が多く、地すべり・斜面崩壊・落石、など土砂災害の危険地域が多い、という地形地質の特徴は、山地部が過疎と高齢化という深刻な問題を抱えていることも加わって、災害救済上きわめて重い課題を投げかけている。

地すべり危険地域、急傾斜地崩壊危険地域、落石危険地域の中には、地震時の安定性に問題があるものも少なくない。また、古い擁壁には、直下型地震のような強震動を想定していないものも多い。

四国の急傾斜斜面には、不安定な落石源物質を多数抱えた長大斜面、厚い崩積土で覆われた斜面が少なくない。このような斜面が、主要地方道路や生活関連道路の沿線多数分布している。

既往の大地震では、プレート境界型巨大地震、内陸直下型地震のいずれのタイプの地震でも、山地斜面の落石・崩壊・地すべりが多数発生している。四国山地では、これらの斜面災害により、建築物、道路その他に重大な被害を受ける恐れがあり、寸断された道路網のため救援も困難である。

このため、地すべり危険箇所や急傾斜地崩壊危険箇所では、

- ① 土砂災害危険区域において、災害発生地区の把握
- ② 崩土等の到達危険地区の把握
- ③ 危険土塊・岩塊の地震時挙動の解明

が急務と考えられる。

四国においては、都市地盤調査報告書第7巻（徳島県臨海地帯,1964）・第8巻（愛媛県東予地区,1965）の地盤図の他に、高知地盤図編集委員会（1992）『高知地盤図』、中国地方基礎地盤研究会（1994）『四国臨海平野地盤図』などが公表されている。これらの地盤図は、土木建築構造物の基礎地盤に関する資料を集約したものであり、洪積層の上部を確認して終わっているボーリングデータが大半である。今後は、学会が中心になって、洪積世～沖積世の地形形成過程、自然環境の変遷も視野に含めた、精度が高く、密度の濃い地盤図を整備すること、山地地域の土地保全図の作成と公開が望まれる。また、四国では地震災害だけでなく、水害、土砂災害の多発地域であり、災害に対する日常的な備えを啓発するためにも、各種自然災害に対する災害実績図を作成・公表して、地域住民に自主防災・生活環境整備を呼びかけることが今後の課題であろう。

【文献】

地質調査所(1993):中央構造線活断層系(四国地域)ストリップマップ.

中国地方基礎地盤研究会(1994):四国臨海平野地盤図.

活断層研究会(1991):新編日本の活断層, 東京大学出版会, 437p.

高知地盤図編集委員会(1992):高知地盤図.

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, Vol.28, p.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, Vol.65. p. 289-319.

松田時彦(1992):活断層の活動予測, 地学雑誌, Vol.101, p.442-452.

岡村真(1995):中央構造線活断層系のイメージング. 月刊地球. Vol.17, p.536-540.

9. まとめ

地質部会では、平成7年度および8年度に、四国の活断層に関する既往の調査・研資料に関する文献調査を実施し、四国およびその周辺地域に分布する活断層に関する現知見を取りまとめを行った。その結果、中央構造線活断層系をはじめ、四国の地震防災上今後評価必要とされる中央構造線活断層系活断層の候補を選定し、またこれらの活断層から発生すると想定される地震および四国における地震動予測の基礎資料を作成した。

今後の調査研究課題としては、

- ① 地域のレベル1地震動およびレベル2地震動の設定
- ② 四国の活断層の確認調査
- ③ 大縮尺の活断層図の作成・公表
- ④ 活断層から発生するであろう地震の規模の推定
(セグメンテーションとグルーピングの問題)
- ⑤ トレンチ調査等による地震危険度の高い活断層の解明
- ⑥ 活断層近傍の地下構造、地盤特性の把握
- ⑦ 都市周辺の地盤図の整備
- ⑧ ハザードマップの整備
- ⑨ 産官学による活断層の調査研究体制の推進
等をあげることができる。