

## 2. 四国の地震発生環境

### 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。これは、日本列島が太平洋プレートやフィリピンプレート、北米プレート、ユーラシアプレートという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ためである（図1-2-1）。

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数十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1-2-2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」にも既に、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0.4-0.5m/10<sup>3</sup>年、右ずれ方向に0.9-1.0m/10<sup>3</sup>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、既に約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。

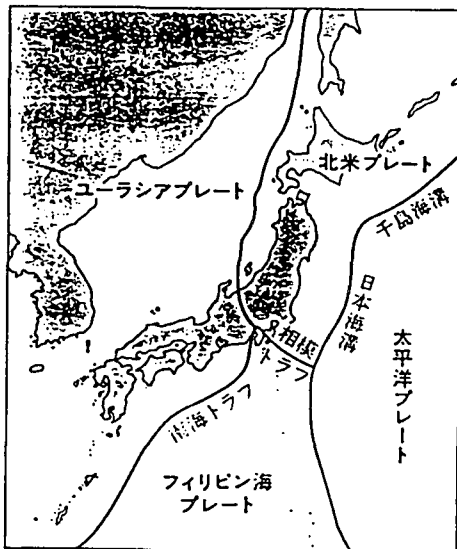


図1-2-1 日本列島のプレート  
(伊藤, 1995)

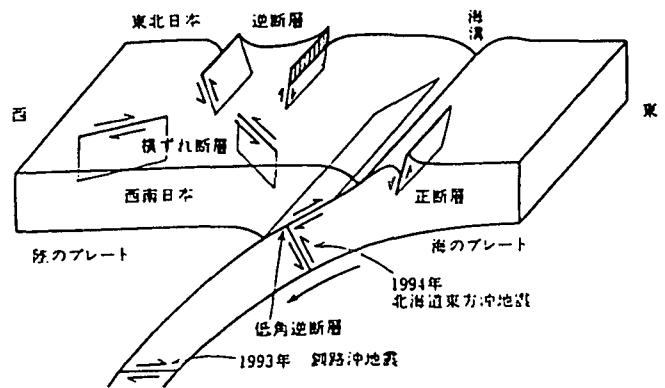


図1-2-2 日本の地震とプレートとの関係  
(池田ほか, 1996)

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、地震は岩盤中に蓄積された歪みエネルギーが岩盤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広げてゆく。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以上のものでは全ての地震で認められている。また、ほとんど全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可能になる。

## 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表1-2-1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1-2-3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、既に見てきたように、90~150年間隔でM8級の巨大地震（南海道地震）が発生し、四国各地に大津波や地盤の液状化、斜面崩壊等の甚大な地震災害を与えている（表1-2-2）。南海地震時では、ほぼ四国全域に渡り、震度V以上の強震に襲われ、太平洋側では震度VI以上に達する。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。これらの地震は、震央が内陸にあるが、震源が深いため、震央付近でも震度V程度（一部はVIになる）である。

表1-2-1 四国に被害をもたらした地震年表（文献に各地域の被害状況が記載されているもの）（あんぜん四国検討委員会, 1997）

年代	年号	M	震源	主な被害地 (四国四県に関する)
605	推古13			愛媛
628	推古36			愛媛
684.11.29	天武13.10.14	8.4	南海・東海・西海諸道	高知・愛媛
734.5.18	天平6.4.7	7.0	畿内	不明
887.8.26	仁和3.7.30	8.6	五畿七道	不明
1099.2.22	康和1.1.24	8.0	南海道	徳島・高知・愛媛・香川
1361.8.3	正平16.6.24	8.4	畿内・土佐・阿波	徳島・高知・愛媛・香川
1498.9.20	明応7.8.25	8.6	東海道全般	徳島・高知・愛媛・香川
1512	永正9.8.4		阿波	徳島
1531	享祿4			愛媛
1533	天文2		伊予西条	愛媛
1586.1.18	天正13.11.29	7.9	畿内・東海・北陸諸道	徳島・高知・愛媛・香川
1595	文祿4.7		伊予・壬生川	愛媛
1596.9.5	慶長1.7.13	7.0	京都および畿内	愛媛
1597.9.10	慶長2.7.29	6.4	豊後	愛媛
1605.2.3	慶長9.12.16	7.9	東海・南海・西海諸道	徳島・高知・愛媛・香川
1625	寛永2.3.18			愛媛
1627	寛永4.10.4			徳島
1630	寛永7.11.5			愛媛
1649.3.17	慶安2.2.5	7.1	安芸・伊予	愛媛
1661.12.10	寛文1.10.19	6.1	土佐高知	高知
1662.10.31	寛文2.9.20	7.6	日向・大隅	愛媛
1684.12.22	貞享1.11.16		日向	愛媛
1685.12.29	貞享2.12.4	5.9	伊予	愛媛
1686.1.4	貞享2.12.10	7.0	安芸・伊予	愛媛
1688	元禄1.5.23			愛媛
1694.6.19	元禄7.5.27	7.0	能代地方	愛媛
1703.12.31	元禄16.11.23	8.2	江戸・関東諸国	徳島・高知・愛媛・香川
1707.10.28	宝永4.10.4	8.4	五畿七道	徳島・高知・愛媛・香川
1716	享保1.9.12			愛媛
1728	享保13.9.1			徳島
1746	延享3			高知
1749.5.25	寛延2.4.10	7.0	伊予宇和島	愛媛
1763	宝暦12			高知
1769.8.29	明和6.7.28	7.4	日向・豊後	愛媛
1789.5.10	寛政1.4.16	7.4	阿波	徳島
1808	文化5.10.17			徳島
1812.4.21	文化9.3.10	6.9	伊予松山	高知・愛媛
1828.12.18	文政11.11.12	6.9	越後	徳島
1830.8.19	天保1.7.2	6.4	京都および隣国	徳島
1841.12.24	天保12.9.20			愛媛
1854.12.24	嘉永7.11.5	8.4	畿内・東海・南海道	徳島・高知・愛媛・香川
1855.11.11	安政2.10.2	6.9	江戸および付近	愛媛
1856	安政3			愛媛
1857.10.12	安政4.8.25	6.4	伊予・安芸	愛媛
1882.6.24	明治15	4.0	高知市付近	高知
1888	明治21.7.31			徳島
1903.3.21	明治36	7.0	瀬戸内海中部	徳島・愛媛
1905.6.2	明治38	7.6	安芸灘	徳島・愛媛
1907.8	明治40	4.0	豊予海峡	愛媛
1909.11.10	明治42	7.9	日向灘	徳島・高知・愛媛
1923.9.1	大正12	7.9	関東南部	徳島
1927.3.7	昭和2	7.5	京都府北西部	徳島・愛媛
1934.1.9	昭和9	5.6	徳島県西部	徳島
1937.2.27	昭和12	4.0	安芸灘	愛媛
1938.1.12	昭和13	6.7	田辺湾沖	徳島・高知
1941.11.19	昭和16	7.4	日向灘	愛媛
1942.2.22	昭和17	3.0	八幡浜港外	愛媛
1943.9.10	昭和18	7.4	鳥取付近	徳島
1944.12.7	昭和19	8.0	東海連沖	徳島・高知・愛媛
1946.12.21	昭和21	8.1	南海道沖	徳島・高知・愛媛・香川
1946.12.31	昭和21	4.0	南海道沖	愛媛
1952.7.18	昭和27	7.0	奈良県北部	徳島
1955.7.27	昭和30	6.0	徳島県南部	徳島
1960.5.23	昭和35	8.5	予り沖	徳島・高知
1961.2.27	昭和36	7.0	日向灘	愛媛
1964.11.9	昭和39	5.8		高知
1968.4.1	昭和43	7.5	日向灘	徳島・高知・愛媛
1968.8.6	昭和43	6.6	愛媛県西方沖	徳島・愛媛
1976.2.2	昭和51		伊予灘北部	愛媛

(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。

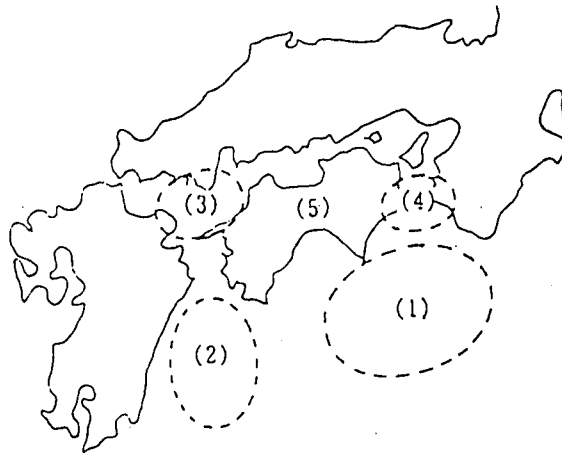


図1-2-3 四国周辺の地震発生地域(長谷川・斎藤, 1993)

表1-2-2 歴史上の南海地震(宇佐美, 1996; 沢村, 1967などによる)

和 暦	西 暦	震 央		規模 (M)	高知周辺 地盤陥没	室戸岬 隆起量	湯の峰 温泉の 湧出量	建物被害数			死者・ 不明者
		北 緯	東 経					全半壊	焼失	流失	
白鳳13年10月14日	684. 11. 29	32 3/4°	133 3/4°	8 1/4	12 km <sup>2</sup>			多数			
仁和 3年 7月30日	887. 8. 26	33. 0°	135. 0°	8 1/4							
康和 1年 1月24日	1099. 2. 22	33. 0°	135. 5°	8. 2	>10 km <sup>2</sup>						
正平16年 6月24日	1361. 8. 3	33. 0°	135. 0°	8. 4			止まる				
慶長 9年12月16日	1605. 2. 3	33. 0°	134. 9°	7. 9							
宝永 4年10月 4日	1707. 10. 28	33. 2°	135. 9°	8. 4	20 km <sup>2</sup>	1. 5m	止まる	5608		11167	1844
安政 1年11月 5日	1854. 12. 24	33. 0°	135. 0°	8. 4		1. 2m	止まる	11827	2460	3182	372
昭和21年12月21日	1946. 12. 21	33. 03°	135. 62°	8. 0	15 km <sup>2</sup>	1. 3m	激減	14954	196	566	679

### 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の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。

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)の断層崖真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い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接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より深いところで発生するマントル地震とに別れ、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1-2-4)。

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食い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言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)。

また、木村・岡野(1995)は、四国中央部において、地殻地震の発生数が、微小地震の観測が開始されてから約30年間で1/2~1/3に減少していることを報告している。1946年の南海地震の前に四国の地震活動が低下したことから、現在観測されている地殻地震の活動低下は次の南海地震の発生予測の1つの手がかりになると考えられている。

最近中村ほか(1997)は、より詳細な微小地震観測結果を公表し(図1-2-5)、深さ25kmより深い地震については、異なった進行方向や傾斜角度をもつ3つのスラブが存在することを報告している(図1-2-7)。また、これによると中央構造線は、微小地震の発生と無関係のように見える(図1-2-6)。

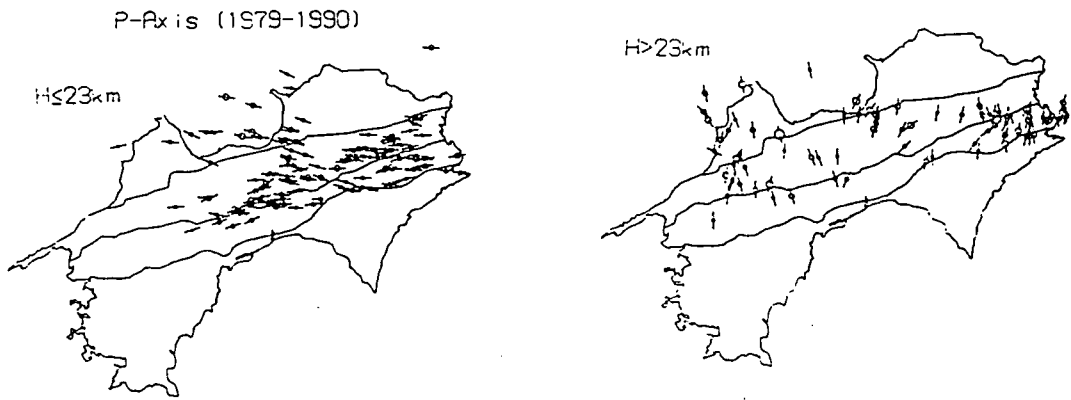


図1-2-4 起震主応力軸の方向(木村・岡野, 1992)

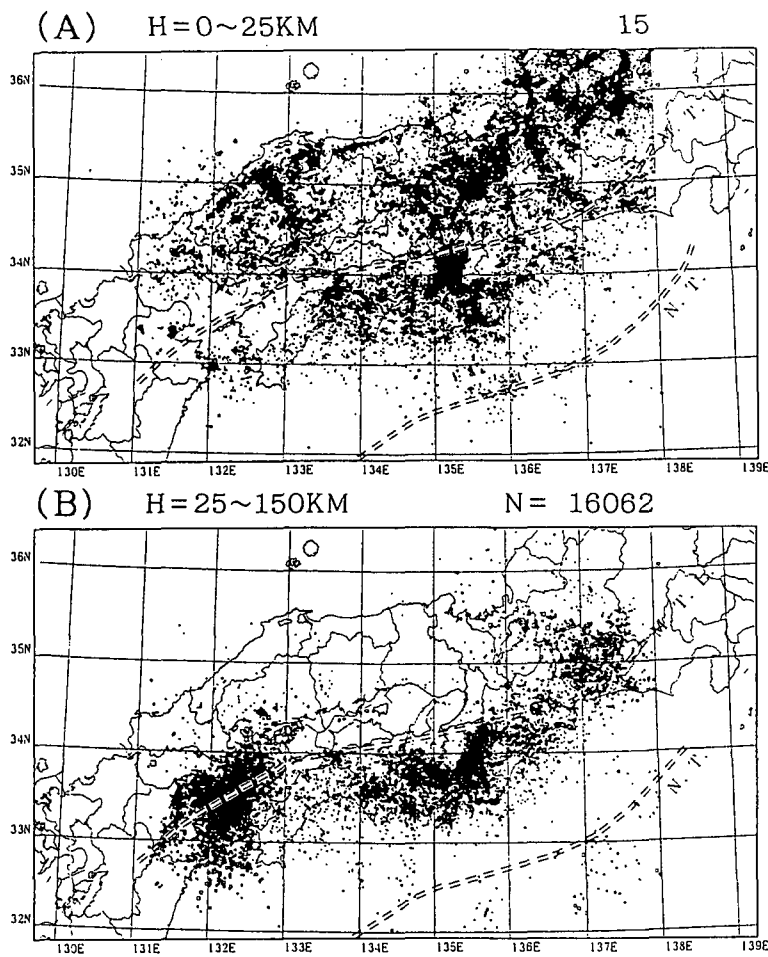


図1-2-5 四国周辺地域の微小地震分布  
(中村ほか, 1997)

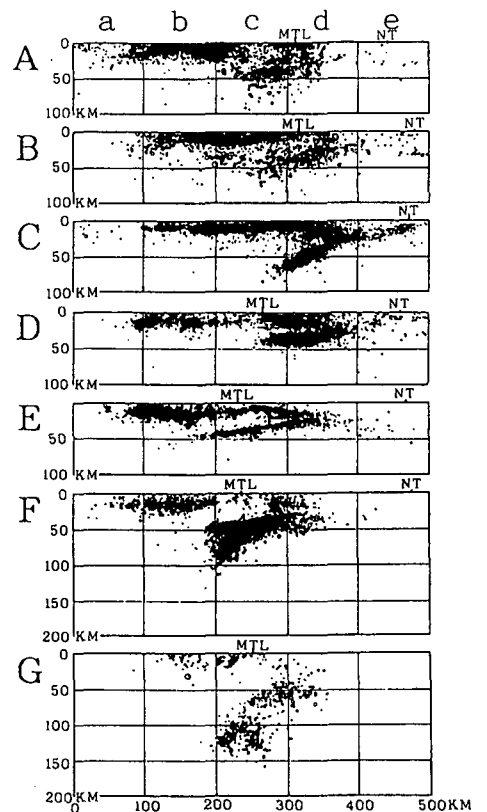


図1-2-6 微小地震の深度分布  
(中村ほか, 1997)

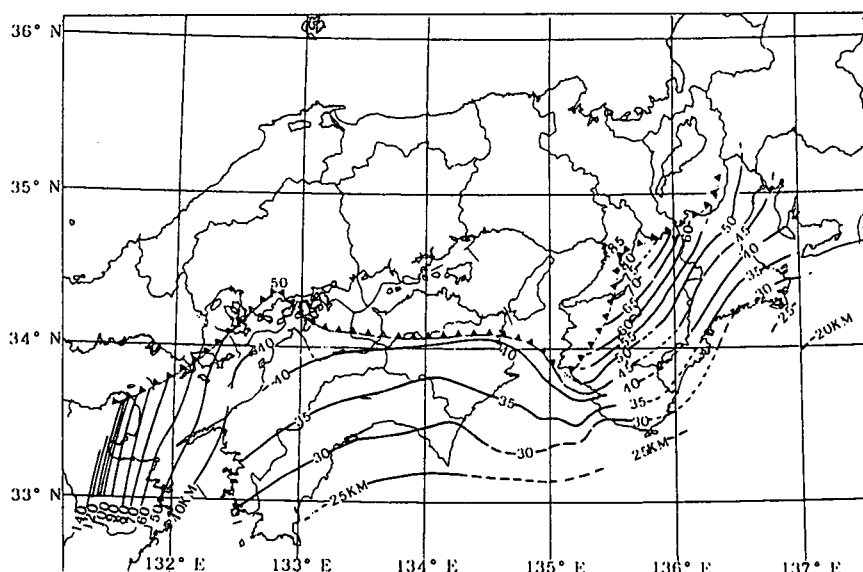


図1-2-7 四国周辺地域における等深度曲線から推定される沈み込むスラブの形状(中村ほか, 1997)

【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.
- 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.
- 中村正夫・渡部 晃・許斐 直・木村昌三・三浦勝美(1997): 西南日本外帯における地殻下地震の活動特性。京都大学防災研究所年報, No. 40, B-1, p. 1-20.
- 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.
- 木村昌三・岡野健之助(1995): 1946年南海地震直前の南海地域における地震活動の低下。地震2, Vol. 48, p. 213-221.
- 高橋治郎(1995): 松山平野および周辺部の活断層。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(1996): 新編日本被害地震総覧。東京大学出版会, 493p.