

日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価

フィリピン海プレートが沈み込む安芸灘、伊予灘、豊後水道、日向灘および南西諸島周辺の地域では、過去に大地震が数多く発生していることが知られている。本報告書は、図1に示された領域を対象とし、各領域で発生すると考えられる地震のタイプとその発生の可能性等について、長期的な観点から評価してとりまとめたものである。評価にあたっては、これらの領域に発生した地震についてこれまで行われた調査研究の成果を参考にした。

1 地震の発生領域および地震のタイプ

日向灘および南西諸島海溝周辺で発生する海溝型あるいはそれに準ずる地震は、以下のタイプに分類される。

安芸灘～伊予灘～豊後水道では、主に、西北西に沈み込むフィリピン海プレートの内部が破壊する（ずれる：以下同様）ことによって大きな地震が発生する（以下、「プレート内地震」と呼ぶ）。

日向灘では、九州が載っている陸のプレート¹の下へ太平洋側からフィリピン海プレートが沈みこむことに伴い、主に、これら二つのプレートの境界面が破壊することによって大きな地震が発生する（以下、「プレート間地震」と呼ぶ）。

九州内陸部では、主に、沈み込んだフィリピン海プレートのやや深いところでプレート内地震が発生する。

南西諸島周辺では、フィリピン海プレートと南西諸島が載っている陸のプレートとの境界面で発生するプレート間地震、沈み込むフィリピン海プレートの内部で発生するプレート内地震、および陸のプレートの内部で発生する地震（沖縄トラフで発生する地震を含む）に分類される。但し、当該領域が島嶼部にあり地震観測点を稠密に設置することが困難な状況にあるため、震源決定精度が低いことや、南西諸島が載っているプレートとフィリピン海プレートとの間の固着が小さいことから、地震のタイプや発生の特性を明確にすることは容易ではない。

1-1 過去の震源域について

過去に知られている日向灘および南西諸島海溝周辺の地震のうち主なものを表1にまとめた。これらの地震をもとに、上記の地震のタイプの違いや、地震活動の違いを考慮して、評価対象領域を図1のように区分した。いずれの領域においても、領域全体を破壊するような大地震の繰り返しは認められておらず、各領域は、同様な規模や特性をもつ複数の地震の震源域を含む範囲を示している。

1-2 将来の地震の発生位置および地震のタイプについて

安芸灘～伊予灘～豊後水道においては、震源域は特定できないものの、図1に示した領域のフィリピン海プレート内部（深さ40～60km程度）でM6.7～M7.4の大地震が発生する可能性がある。

日向灘においては、震源域は特定できないものの、図1に示した領域のプレート

¹ 西南日本および南西諸島近海から、日本海・東シナ海を経て中国大陸（ユーラシア大陸）に至る広大な領域は、ひとつないし複数の大陸プレートから形成されている。本報告では、このプレートの下に太平洋側から沈み込むフィリピン海プレートと対比する意味で、西南日本および南西諸島が載っているプレートを「陸のプレート」と呼ぶ。

境界付近（深さ10～40km）でM7.6前後の大地震が発生する可能性がある。また、ひとまわり小さいM7.1前後の地震によっても被害を生じる可能性がある。

南西諸島周辺ではM7.5程度以上の大地震が繰り返し発生する場所は、確認されていない。しかし、それらの分布状況から概略的には、南西諸島周辺で発生する浅発地震（陸のプレートの内部、フィリピン海プレートの内部、もしくはそれらの境界面で発生、深さ60km程度以浅）と、九州から南西諸島周辺にかけて発生するやや深発地震（プレート内地震、深さ60～150km程度）に区分できる。

与那国島周辺においては、震源域は特定できないものの、図1に示した領域（深さ100km程度以浅）でM7.8程度の大地震が発生する可能性がある。

2 地震活動

地震観測記録および歴史記録の中に記述された津波の記録、震度分布等にもとづく調査研究成果を吟味し、日向灘および南西諸島海溝周辺の大地震を表2のように整理した。以上を踏まえた過去および将来の地震の評価結果は以下のとおりである。

2-1 過去の地震について

安芸灘から日向灘にかけて発生した地震に関しては、1498年の日向灘の地震まで遡って確認された歴史記録がある。しかし16世紀以前については資料の不足により、地震の見落としの可能性が高い。更に全国的な地震観測開始（1885年）前においては、顕著な被害を伴わなかった日向灘のM7.0程度以下の地震を見落としている可能性がある。

他方、南西諸島周辺で発生する地震に関しては、国際的な震源カタログが整備される前（～1900年）の大地震を見落としている可能性がある。以下ではこれらのことを考慮した。

安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震

安芸灘～伊予灘～豊後水道にかけて、フィリピン海プレートの沈み込みに伴い発生した地震には、死者11名を伴った1905年の芸予地震（M7.2）などがある。これらの地震については、2001年の芸予地震（M6.7）により死傷者が出ていることから、M6.7以上の地震を評価対象とすると、江戸時代以降（17世紀以降）現在までにM6.7～M7.4の地震が6回発生している。これらの地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等は表3-1にまとめた。

日向灘のプレート間地震

日向灘で発生した最大規模のプレート間地震はM7.5程度である。M7.5以上の地震については、江戸時代以降（17世紀以降）現在までに、1662年（M7.6）、1968年（M7.5）の2回発生し、ともに津波被害を伴い、死傷者があった。これらの地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等は表3-2にまとめた。

日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

日向灘で発生したプレート間地震には、上記のほかに、ひとまわり小さい地震として、死者2名を伴った1941年の地震（M7.2）などがある。これらの地震については、1961年の地震（M7.0）により死傷者が出ていることから、M7.0以上の地震を対象とすると、気象庁震源カタログが整備された1923年以降の約80年間にM7.1前後の地震が3回ないし4回発生している。これらのひとまわり小さい地震の発生領域、地震のタイ

ブ、発生間隔等は表 3-3 にまとめた。

南西諸島周辺の浅発地震

図 1 に示した南西諸島周辺で発生したM7.5以上、深さ60km程度以浅の浅発地震に関しては、1900年以降、現在までに、1901年 (M7.5)、1938年 (M7.7) の2回が知られており、ともに津波を伴った。これらの地震の発生領域、地震のタイプ等は、表 3-4 にまとめた。

九州から南西諸島周辺のやや深発地震

図 1 に示した九州から南西諸島周辺にかけて発生したM7.5以上のやや深発地震(深さ60km~150km程度)に関しては、1900年以降、現在までに1909年 (M7.6)、1911年 (M8.0) の2回が知られており、ともに死者を伴った。これらの地震の発生領域、地震のタイプ等は、表 3-5 にまとめた。

与那国島周辺の地震

図 1 に示した与那国島周辺の領域で発生し、日本(八重山列島)に被害を及ぼしたM7.5以上の地震としては、与那国島で死者2名を伴った1966年の地震(M7.8)がある。最近の地震活動から推定されるマグニチュードの度数分布も考慮して、1900年以降、現在までに、M7.5以上の被害地震の発生はこの1回であると判断した。このタイプの地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等は表 3-6 にまとめた。

その他の地震

1771年4月24日八重山地震津波

石垣島近海では、1771年にM7.4 (Mt8.5) の地震があり、地震動による被害はなかったものの、八重山列島から宮古列島にかけて最大30m弱の高さの津波が押し寄せ、約1万人に達する死傷者を伴った。石垣島などでは、サンゴ礁の岩塊が津波に伴って沿岸に打ち上げられており(一般に「津波石」と呼ばれている)、その分布と年代測定から過去にも同様な規模の津波が繰り返し発生したことが推定されている。この津波の主因が、地震に誘発された海底地滑りであるのか、断層運動によるものかは明らかではない。

1998年5月4日の地震

南西諸島海溝の南側でも、M7.5程度の地震が発生することがある。1998年5月4日の地震(M7.7)は、石垣島南方沖で発生し、最大震度3、最大10cm程度の津波を観測した。この地震はその震源位置から、海溝外縁部のフィリピン海プレート内部の地震と考えられる。

海岸段丘から推定される南西諸島周辺の地震活動

南西諸島のいくつかの島々においては、サンゴ礁の離水年代と隆起量の見積もりから、約1万年、もしくは概ね1000年を越える間隔で、海岸の隆起や段丘化を伴った大地震が繰り返した可能性がある。

2-2 将来の地震について

将来の地震の発生確率は、2001年6月8日に地震調査委員会が公表した「長期的な

地震発生確率の評価手法について^{*2}に基づいて予測した。各評価領域では、同じ場所で繰り返し発生する地震の存在が認められなかったため、2-1で求めた過去の履歴から平均発生頻度を推定し、ポアソン過程を用いて次の地震の発生確率を算出した。また、想定規模は過去の地震規模から推定した。その結果は以下のとおり(図2参照)。

安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震

安芸灘～伊予灘～豊後水道における、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震は、2-1の当該領域における過去の履歴からM6.7～M7.4の規模のものが約67年に1回の頻度で発生していると推定される。このことから、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は40%程度、地震の規模はM6.7～M7.4と推定される(表4-1)。

日向灘のプレート間地震

日向灘において発生するプレート間地震は、2-1の当該領域における過去の履歴からM7.5～M7.6の規模のものが約200年に1回の頻度で発生していると推定される。このことから、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は10%程度、地震の規模はM7.6前後と推定される(表4-2)。

日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

日向灘において発生するひとまわり小さいプレート間地震は、2-1の当該領域における過去の履歴からM7.0～M7.2の規模のものが約20～27年に1回の頻度で発生していると推定される。このことから、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は70～80%程度、地震の規模はM7.1前後と推定される(表4-3)。

与那国島周辺の地震

与那国島周辺において発生する地震は、2-1の当該領域における過去の履歴等からM7.8の規模のものが約100年に1回の頻度で発生していると推定される。このことから、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は30%程度、地震の規模はM7.8程度と推定される(表4-4)。

南西諸島周辺の浅発地震、および九州から南西諸島周辺のやや深発地震に関しては、地震発生の特性的な解明が十分でないことや、その長大な設定領域において、大地震が繰り返し発生する場所が特定できないことから、次の地震の発生確率等を評価しなかった。その他の地震に関しても、地震の特性を明らかにするための十分な知見が得られていないため、その発生確率等を評価しなかった。

3 今後に向けて

○ 南西諸島周辺の領域は、地震発生の特性が十分に解明されていない。当該領域に発生する地震のタイプ、および発生確率をより良く評価するためには、地震発生のテクトニクスの調査研究を更に進める必要がある。

^{*2} ある事象に関して、過去の時系列データから将来の発生確率を予測する統計的な手法において、事象が発生する毎に状況が更新される(振り出しに戻る)ものを更新過程と呼ぶ。そのうち事象が偶発的に起こる(即ち事象の単位時間あたりの発生回数が最新事象からの経過時間によらず一定な)モデルをポアソン過程と呼ぶ。一方、過去の時系列データのうち最新発生時期が分かっている場合には、事象の性質に応じて将来の予測をするモデルがいくつか提唱されており、地震による応力解放とプレート運動による応力蓄積の物理的過程と調和的なBPT分布モデルがある。地震調査委員会(2001a)では、最新の活動時期が分かっており、当該地域で繰り返し発生する可能性があると評価した地震の系列に対してはBPT分布モデルを採用し、それ以外の場合はポアソン過程を採用することとしている。

○ 本報告の対象領域（特に南西諸島周辺の領域）については地震観測資料や歴史史料が乏しい。従って、今後は地形学・地質学的調査研究も重要である。

表1 日向灘および南西諸島海溝周辺の主な地震の発生領域の目安

(凡例：○=当該年月日に発生した地震の発生領域の目安。)

発生年月日	地震名(通称)	安芸灘 伊予灘 豊後水道	日向灘	九州 南西諸島 (やや深発)	与那国島 周辺	その他	M	備考
1662年10月31日			○				7.6	安芸灘～伊予灘～豊後水道に関しては地震観測開始以降のM6.7以上の地震、日向灘に関しては歴史に記録されたM7.5程度の地震を示した。南西諸島周辺(浅発)、九州～南西諸島(やや深発)、与那国島周辺、およびその他に関しては死者を伴ったM7.5以上の被害地震を示した。
1771年4月24日	八重山地震津波					○	7.4	
1905年6月2日	芸予地震	○					7.2	
1909年11月10日				○			7.6	
1911年6月15日				○			8.0	
1966年3月13日					○		7.8	
1968年4月1日	日向灘地震		○				7.5	
2001年3月24日	平成13年芸予地震	○					6.7	

表2 日向灘および南西諸島海溝周辺で発生した主な地震のマグニチュード等

地震発生領域	地震発生年月日	地震の平均的発生頻度等	地震規模 ^{注1}			死傷者数 ^{注2}	
			M	Mt	Mw	死者	負傷者
安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震	1649/ 3/17	1600年以降の約400年間において発生は6回。	7.0			有り	—
	1686/ 1/ 4		7.2			有り	有り
	1854/12/26 ^{注3}		7.4			—	—
	1857/10/12		7.3			有り	有り
	1905/ 6/ 2		7.2			11	177
	2001/ 3/24 ^{注4}		6.7		6.8	2	261
日向灘のプレート間地震	1662/10/31	1600年以降の約400年間において発生は2回。	7.6	7.7		多数	多数
	1968/ 4/ 1		7.5	7.7	7.4	1	15
日向灘のひとまわり小さいプレート間地震	1931/11/02	気象庁震源カタログが整備された1923年以降の約80年間において発生は3回 ^{注5} ないし4回。	7.1	7.3		1	29
	1941/11/19		7.2	7.6		2	18
	1961/ 2/27		7.0	7.5		2	7
	1984/ 8/ 7 ^{注5}		7.1		6.7	0	9
南西諸島周辺の浅発地震	1901/ 6/24	^{注6}	7.5			0	0
	1938/ 6/10		7.7			0	0
九州から南西諸島周辺のやや深発地震	1909/11/10	^{注6}	7.6			2	有り
	1911/ 6/15		8.0			12	26
与那国島周辺の地震	1966/ 3/13	1900年以降の約100年間において発生は1回。	7.8			2	11
その他の地震	1771/ 4/24	^{注7}	7.4	8.5		12000	多数
	1998/ 5/ 4		7.7	6.8	7.4	0	0

注1: Mの欄は宇津(1982, 1985, 1999)の表に記述されたMを採用することとした。1884年以前のMの値は近代観測が行われる前の時点のものであり、1885年以降のものに比べ信頼性が劣る。宇津(1999)は、「1884年以前の震央の緯度・経度とマグニチュードは宇佐美(1996)の書物によるが、同書に範囲として示されているものは範囲の中央値を記入し、また分数は小数に直し小数点以下1桁で打ち切った。」としている。また、宇津(1999)は、「1885～1980年の震源とマグニチュードは宇津の表(宇津,1982・1985)による。」としている。但し、宇津(1982,1985,1999)がMを決めるうえで気象庁Mを引用した地震に関しては、気象庁による改訂M値(平成15年9月25日)を採用した。また、与那国島周辺については、1900年以降の見落としの可能性を考慮して、IASPEI(国際地震学地球内部物理学協会)の震源カタログ(Engdahl and Villasenor,2002)も参照した。

Mtの欄は阿部(1988,1999,2003)の表に記述されたMtを採用することとした。

Mwの欄に関しては、宇津の表(1999)を採用した。宇津(1999)は1977年以降はHarvard CMTカタログの地震モーメント、それ以前は当該地震の断層モデルの調査研究成果から得られる地震モーメントを換算して算出している。

注2: 死傷者の欄は宇津(1999)によった。表中「-」は不明(記録がない)でゼロとは限らない、「有り」は宇津(1999)の「some」であり、死(傷)者があつたが数については情報がないことを表す。なお、日本国外(台湾)の死傷者は含まれていない。

注3: 1854年12月26日の地震は、2日前の1854年12月24日の安政南海地震に誘発されて生じた余震である可能性があり、発震機構も明瞭ではないが、同地震の震央から大きく離れた海域で発生しており、大分県に大きな被害を与えていることから評価対象地震に含めた。

注4: 2001年3月24日の地震(平成13年芸予地震)のMは気象庁震源カタログの値を、MwはHarvard CMTカタログの値を、被害は宇佐美(2003)を採用した。

注5: 1984年8月7日の地震は、発震機構解の見直しにより、プレート内地震である可能性が指摘されている。

注6: これらの領域については、地震発生の特性を明らかにするための十分な知見が得られていないことや、長大な設定領域において発生する場所を特定できないこと等により、対象となる地震の平均的発生頻度を評価しなかった。

注7: これらの領域については、地震発生の特性を明らかにするための十分な知見が得られていないこと等により、対象となる地震の平均的発生頻度を評価しなかった。

表3-1 安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 注1
(1) 地震の発生領域の目安	図1の当該領域 ・フィリピン海プレートの内部。 ・深さは40～60km。 ・発生領域の中の具体的な場所は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断した。	B
(2) 想定する地震のタイプ	プレート内地震		
(3) 発生間隔等	平均発生頻度 約67年に1回	1600年以降の約400年間にM6.7以上の地震が6回発生しているため、活動は約67年に1回とした。	

表3-2 日向灘のプレート間地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 注1
(1) 地震の発生領域の目安	図1の当該領域 ・陸側のプレートとフィリピン海プレートの境界面 ・深さは10～40km ・発生領域の中の具体的な場所は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断した。	C
(2) 想定する地震のタイプ	プレート間地震（低角逆断層型）。		
(3) 震源断層面での平均的なずれの向き	約N125±5° E （陸側のプレートのフィリピン海プレートに対する動きの向き）	フィリピン海プレートの陸側のプレートに対する相対運動方向（Seno et al.(1993), Wei and Seno(1998), Miyazaki and Heki(2001), Sella et al.(2002)）等から推定した。	
(4) 発生間隔等	平均発生頻度 約200年に1回	1600年以降の約400年間にM7.5以上の地震が2回発生しているため、活動は約200年に1回とした。	

表3-3 日向灘のひとまわり小さいプレート間地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 注1
(1) 地震の発生領域の目安	図1の当該領域 ・陸側のプレートとフィリピン海プレートの境界面。 ・深さは10~40km。 ・発生領域の中の具体的な場所は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断した。	C*
(2) 想定する地震のタイプ	プレート間地震（低角逆断層型）。		
(3) 震源断層面での平均的なずれの向き	約N125±5° E （陸側のプレートのフィリピン海プレートに対する動きの向き）	フィリピン海プレートの陸側のプレートに対する相対運動方向（Seno et al.(1993), Wei and Seno(1998), Miyazaki and Heki(2001), Sella et al.(2002)）等から推定した。	
(4) 発生間隔等	平均発生頻度 約20~27年に1回	1923年以降の約80年間にM7.0以上、M7.5未満の地震が3回ないし4回発生しているため、活動は約20年~27年に1回とした。	

*発生回数3回に対応する信頼度をつけた。

表3-4 南西諸島周辺の浅発地震の発生領域、地震のタイプ等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 注1
(1) 地震の発生領域の目安	図1の当該領域 ・陸側のプレートの内部、フィリピン海プレートの内部、もしくはそれらの境界面。 ・トカラ海谷以南は(2)で示された複数のタイプを分離することが難しいので、本報告では深さを60km程度以浅に設定した。 ・発生領域の中の具体的な場所は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断した。	-
(2) 想定する地震のタイプ	・プレート内地震、またはプレート間地震		
(3) 発生間隔等	評価しない。	地震発生の特性を明らかにするための十分な知見が得られていないことや、広大な設定領域において発生する場所を特定できないことによる。	

*トカラ海谷は、屋久島と奄美大島との地形的な窪み（図3参照）を指す。なお、「トカラ」の正式な漢字表現はト→吐、カ→口偏に葛で構成される漢字、ラ→喇である。

表3-5 九州から南西諸島周辺のやや深発地震の発生領域、地震のタイプ等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 注1
(1) 地震の発生領域の目安	図1の当該領域 ・フィリピン海プレートの内部。 ・深さは南西諸島海溝沿いでは約60km～150km、九州内陸部では約40～150km。 ・発生領域の中の具体的な場所は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断した。	—
(2) 想定する地震のタイプ	プレート内地震		
(3) 発生間隔等	評価しない。	長大な設定領域において発生する場所を特定できないことによる。	

表3-6 与那国島周辺の地震の発生領域、地震のタイプ、発生間隔等

項目	特性	根拠	評価の信頼度 注1
(1) 地震の発生領域の目安	図1の当該領域 ・陸側のプレートの内部、フィリピン海プレートの内部、もしくはそれらの境界面。 ・深さは100km程度以浅。 ・発生領域の中の具体的な地域は特定できない。	過去の当該領域の地震活動を参考にして判断した。	C
(2) 想定する地震のタイプ	プレート内地震、もしくはプレート間地震		
(3) 発生間隔等	平均発生頻度 約100年に1回	1900年以降の約100年間にM7.5以上の被害地震が1回発生していること、および最近の地震活動に基づくMの度数分布から、活動は約100年に1回とした。	

注1: 評価の信頼度は、評価に用いたデータの量的・質的な充足性などから、評価の確からしさを相対的にランク付けしたもので、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

評価の信頼度は、想定地震の発生領域、規模、発生確率のそれぞれの評価項目について与える。なお、発生領域の評価の信頼度ランクの具体的な意味は以下のとおりである。分類の詳細な方法については(付表)を参照のこと。

発生領域の評価の信頼度

A: 過去の地震から領域全体を想定震源域とほぼ特定できる。ほぼ同じ震源域で大地震が繰り返し発生しており、発生領域の信頼性は高い。

B: 過去の地震から領域全体を想定震源域とほぼ特定できる。ほぼ同じ震源域での大地震の繰り返しを想定でき、発生領域の信頼性は中程度である。

または、

想定地震と同様な地震が領域内のどこかで発生すると考えられる。想定震源域を特定できないため、発生領域の信頼性は中程度である。

C: 発生領域内における大地震は知られていないが、ほぼ領域全体もしくはそれに近い大きさの領域を想定震源域と推定できる(地震空白域^{*3})。過去に大地震が知られていないため、発生領域の信頼性はやや低い。

または、

想定地震と同様な地震が領域内のどこかで発生すると考えられる。想定震源域を特定できず、過去の地震データが不十分で

^{*3}いわゆる海溝型地震など、プレート境界で発生する大地震は、その震源域が互いにほとんど重ならず、大地震が起こっていない領域を埋めるように次々と起こってゆく傾向がみられる。このように大地震の発生する可能性がある領域において、隣接する領域で大地震が発生しているにもかかわらず、まだ大地震が発生していない領域を「地震空白域」という。

あるため発生領域の信頼性はやや低い。

D：発生領域内における大地震は知られていないが、領域内のどこかで発生すると考えられる。ただし、地震学的知見が不十分なため発生領域の信頼性は低い。

表4-1 次の安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 ^{注1}	備考	評価の信頼度 ^{注3}
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	10%程度 30%程度 40%程度 40%程度 50%程度	1600年以降の約400年間にM6.7以上の地震が6回発生しているため、平均活動間隔を約67年とし、ポアソン過程から発生確率を算出した。	B
次の地震の規模	M6.7～M7.4	過去に発生した地震のMを参考にして判断した。	A

表4-2 次の日向灘のプレート間地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 ^{注1}	備考	評価の信頼度 ^{注3}
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	5%程度 10%程度 10%程度 20%程度 20%程度	1600年以降の約400年間にM7.5以上の地震が2回発生しているため、平均活動間隔を約200年とし、ポアソン過程から発生確率を算出した。	C
次の地震の規模	M7.6前後 ^{注2}	過去に発生した地震のMを参考にして判断した。	B

表4-3 次の日向灘のひとまわり小さいプレート間地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 ^{注1}	備考	評価の信頼度 ^{注3}
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	30～40% 50～60% 70～80% 80～90% 80～90%	1923年以降の約80年間にM7.0以上（M7.5未満）の地震が3回ないし4回発生しているため、平均活動間隔を約20～27年とし、ポアソン過程から発生確率を算出した。	C
次の地震の規模	M7.1前後 ^{注2}	過去に発生した地震のMを参考にして判断した。	A

表4-4 次の与那国島周辺の地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 ^{注1}	備考	評価の信頼度 ^{注3}
今後10年以内の発生確率 今後20年以内の発生確率 今後30年以内の発生確率 今後40年以内の発生確率 今後50年以内の発生確率	10%程度 20%程度 30%程度 30%程度 40%程度	1900年以降の約100年間にM7.5以上の被害地震が1回発生しているため、平均活動間隔を約100年とし、ポアソン過程から発生確率を算出した。	D
次の地震の規模	M7.8程度 ^{注2}	過去に発生した地震のMを参考にして判断した。	B

注1：ポアソン過程を用いているため評価時点がどの時点でも確率は変化しない。

注2：この報告書では、Mの数値の推定のばらつきについて、「程度」および「前後」を使用。「程度」は「前後」よりばらつきが大きい場合に使用した。

注3：評価の信頼度は、評価に用いたデータの量的・質的な充足性などから、評価の確からしさを相対的にランク付けしたもので、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

評価の信頼度は、想定地震の発生領域、規模、発生確率のそれぞれの評価項目について与える。発生確率の評価の信頼度は、地震発生の切迫度を表すのではなく、確率の値の確からしさを表すことに注意する必要がある。なお、規模および発生確率の信頼度ランクの具体的な意味は以下のとおりである。分類の詳細な方法については（付表）を参照のこと。

規模の評価の信頼度

- A：想定地震と同様な過去の地震の規模から想定規模を推定した。過去の地震データが比較的多くあり、規模の信頼性は高い。
- B：想定地震と同様な過去の地震の規模から想定規模を推定した。過去の地震データが多くはなく、規模の信頼性は中程度である。
- C：規模を過去の事例からでなく地震学的知見から推定したため、想定規模の信頼性はやや低い。
- D：規模を過去の事例からでなく地震学的知見から推定したが、地震学的知見も不十分で想定規模の信頼性は低い。

発生確率の評価の信頼度

- A：想定地震と同様な過去の地震データが比較的多く、発生確率を求めるのに十分な程度あり、発生確率の値の信頼性は高い。
- B：想定地震と同様な過去の地震データが多くはないが、発生確率を求め得る程度にあり、発生確率の値の信頼性は中程度である。
- C：想定地震と同様な過去の地震データが少なく、必要に応じ地震学的知見を用いて発生確率を求めたため、発生確率の値の信頼性はやや低い。今後の新しい知見により値が大きく変わり得る。
- D：想定地震と同様な過去の地震データがほとんど無く、地震学的知見等から発生確率の値を推定したため、発生確率の値の信頼性は低い。今後の新しい知見により値が大きく変わり得る。

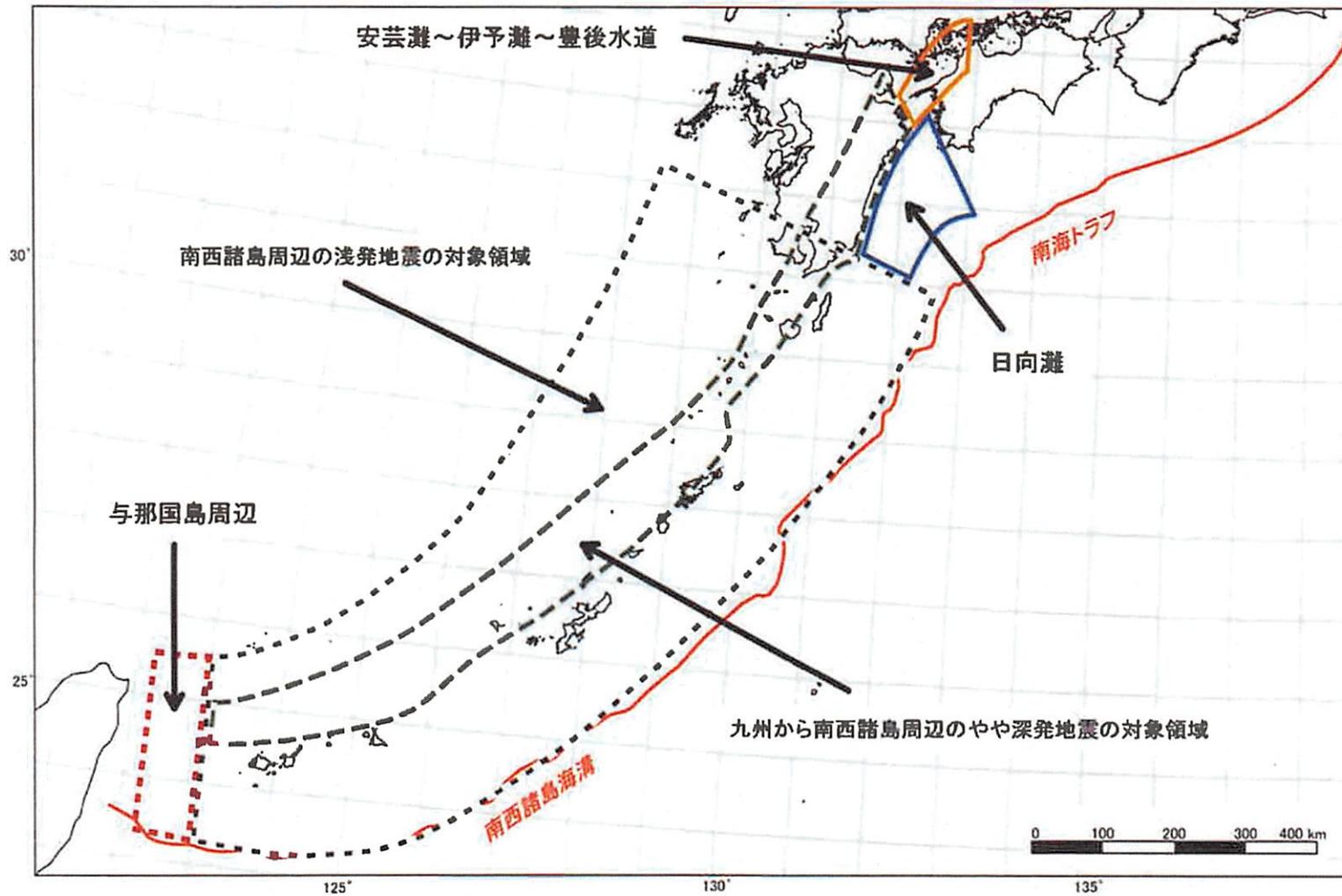


図1 日向灘および南西諸島海溝周辺の評価対象領域

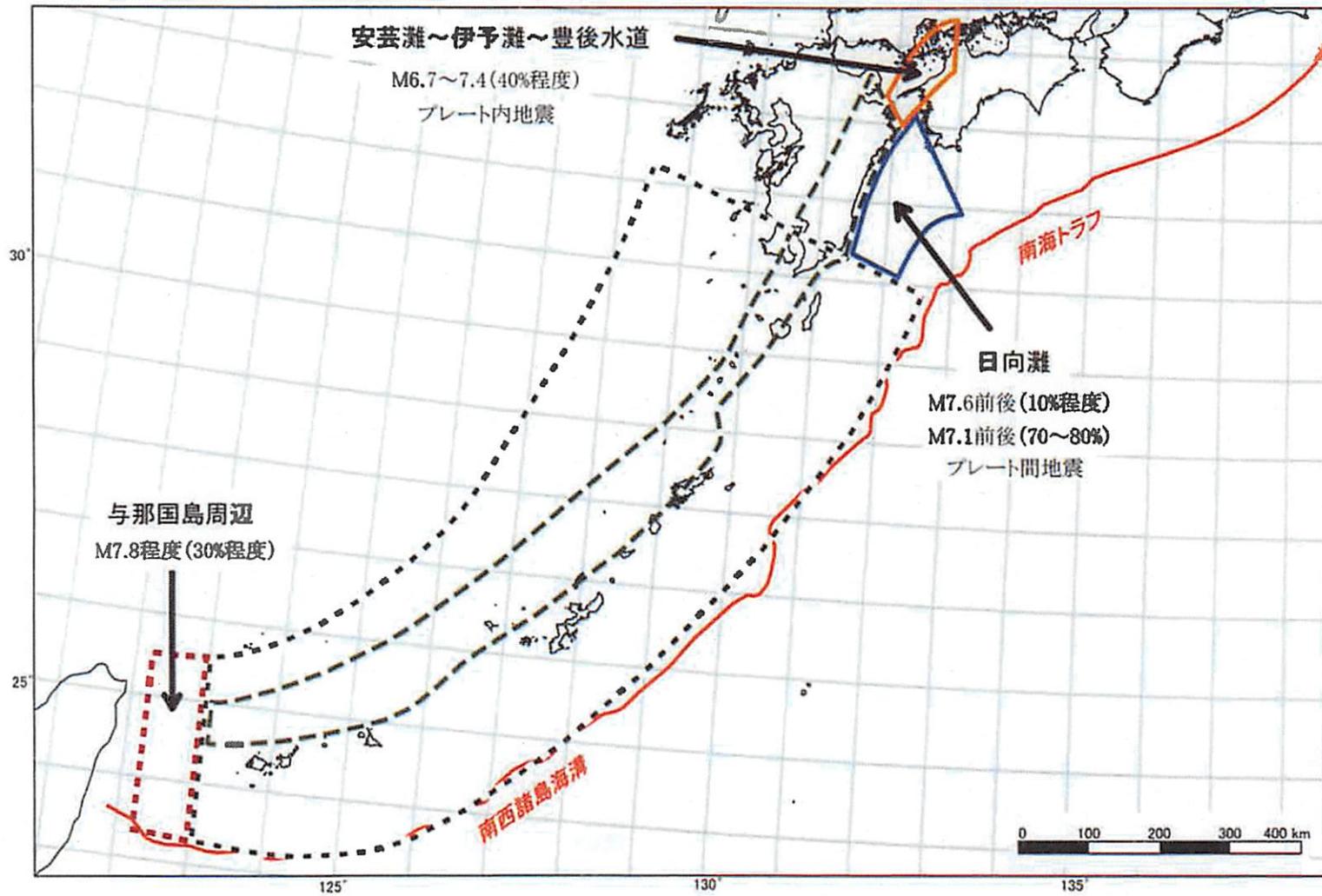


図2 想定地震の震源域の範囲・規模・地震のタイプおよび30年確率

説明

1 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動に関するこれまでの主な調査研究

日向灘および南西諸島周辺の歴史地震にかかわる調査研究としては、地震調査委員会（1999）、角田・後藤（2002）、宇佐美（2003）、宇津（1979, 1982, 1987, 1999）、渡辺（1998）等がある。

それらの津波波源域はHatori（1969）、羽鳥（1971, 1985, 1987, 1988, 1998）等が研究しており、津波の定量的な規模は阿部（1988, 1999, 2003）等がとりまとめている。特に大きな被害を伴った八重山地震津波に関しては、海底地形探査を用いた松本他（1997）等、津波数値実験を用いた日吉他（1987）等、サンゴ質津波堆積物を用いて遡上高、波源域、および同様な津波の繰り返しについて見積もった加藤（1987）、河名・中田（1994）等がある。

過去に発生した評価対象地震の震源モデルにかかわる調査研究としては、1968年日向灘地震については相田（1974）、Shiono et al.（1980）、八木他（1998）等があり、2001年芸予地震についてはYagi and Kikuchi（2002）等がある。

フィリピン海プレートの沈み込みに伴う日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動や地殻変動に関する調査研究は以下のとおり。地震の発震機構解から当該領域の応力場を研究した例としては、Shiono（1977）、Shiono et al.（1980）、Kao and Chen（1991）、Kubo and Fukuyama（2003）等がある。バックスリップモデルの調査研究としては、西村他（1999）、Yagi and Kikuchi（2003）等がある。プレート相対運動に関する研究としては、Seno et al.（1993）、Wei and Seno（1998）、Miyazaki and Heki（2001）、Sella et al.（2002）等がある。

日向灘および南西諸島海溝周辺の沈み込むフィリピン海プレートの形状については、四国沖で沈み込むプレート境界（海洋性地殻下部）の形状をレシーバー関数法を用いて推定した汐見他（2003）等、伊予灘を含む地域で微小地震の分布等から沈み込むフィリピン海プレート境界の形状を推定した松崎他（2003）、九州東方沖で沈み込むプレート形状を微小地震の解析から推定した後藤他（2001）、植平他（2001）等、海底地下構造探査から推定した市川（1997）等がある。南西諸島海溝沿いのプレートの形状については、ISC震源カタログから推定した中村・兼城（2000）、気象庁やISCなどのデータを用い再決定した震源データから推定したNakamura et al.（2003）等の諸成果がある。

2 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価の説明

2-1 地震の発生位置および地震のタイプに関する評価の説明

地震の発生位置および震源域の評価作業に当っては、過去の震源モデルを参照し、微小地震の震源分布等に基づくプレート境界面の推定に関する調査研究成果および当該地域の速度構造についての調査研究成果を参照して推定した。

各領域の区域分けについては、微小地震の震央分布を参照し、過去の大地震の震源域、波源域、震源モデルの分布、バックスリップモデルの研究成果も考慮して、図1のように行った。

プレート境界の形状に関しては、以下のように推定した。日向灘近傍における形状は、植平他（2001）、後藤他（2001）の微小地震を解析した研究成果と、市川（1997）の海底地下構造探査の解析結果を参考にするとともに、地震調査委員会強震動評価部会（2001）で設定した南海地震想定震源域のプレート形状との整合性に配慮して推定した。更に日向灘における気象庁震源の断面図（図5）も参照して、図4-1のように作成した。しかしながら、フィリピン海プレートの沈み込み角（フィリピン海プレートの沈み込む方向に断面図をとった時に得られる傾斜角）が急変する安芸灘～豊後水道におけるプレート形状は未解明な部分が多い。また、震源決定精度が高くない南西諸島付近では精度良く形状を推定することが困難である。そこで両海域に関しては、最近の研究成果のいくつかを紹介するとどめた（図4-2）。

安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震

南海トラフから当該海域へ西北西の方向に沈み込むフィリピン海プレートは、沈み込みが低角な安芸灘～伊予灘では東西方向の引っ張りの力⁴を受け、プレート内地震が発生する。本報告では当該海

⁴ この張力は、高角で九州下に沈み込んでいるフィリピン海プレートによってもたらされるとの考えもある。九州下で、プレートが途中から急角度で沈み込んでいる原因は明らかではないが、九州パラオ海嶺より東側におけるプレート年代が30～15Ma（Maは100万年前を意味する）と比較的若いものに対して、西側のプレート年代が30Maより古いことが一因であるとの説もある。このため、九州下に沈み込むプレートの方が四国の下に沈み込むプレートよりも厚く、スラブに自重による引っ張り力（スラブプルと呼ばれる）が働いてより沈み込みやすい状態にあり、この力が西南日本下に沈み込んだフィリピン海プレート全体の応力場に影響を与えている可能性も

域におけるM6.7以上のプレート内地震を想定した。しかしながら、当該海域で発生したそれらの地震の多くは、発生年代が古く震源過程が明瞭ではないため、20世紀後半以降に発生した二つの地震(1968年8月6日豊後水道の地震(M6.6), 2001年3月24日芸予地震(M6.7))の解析結果を参考にした。これら二つの地震は、震源過程の解析(Shiono and Mikumo(1975), Yagi and Kikuchi(2002))によれば、東西方向の張力を受けて発生したプレート内地震であるとされる(2001年の震源モデルについては図8[1]参照)。そこで、安芸灘～伊予灘～豊後水道の設定領域を、深さに関してはこれらの地震の余震分布を参考にして40～60kmと設定した。また、平面範囲に関しては、深さ40～60kmの微小地震の震央分布を参考にし、震度分布等からプレート内地震の可能性があると考えられる1600年以降のM6.7以上の地震の分布を包含するようにして設定した(図1)。ただし、これらの地震が特定の場所で繰り返し発生しているとは言い難いので、将来の地震は当該領域において時間的にも空間的にもランダムに発生するものと考えた。

日向灘のプレート間地震

M8クラスの南海地震が想定されている南海トラフの西方延長部である日向灘では、同様の滑り方向をもつM7クラスのプレート間大地震が、数多く発生している(Shiono et al.,1980)。南海地震の想定震源域(地震調査委員会,2001b)に隣接し、角田・後藤(2002)によって示された志布志湾～九州～パラオ海嶺北端のやや深発地震の活動境界線を南限とする海域では、M7クラスのプレート間地震が多発している。本報告は、この範囲の領域で発生するM7.0以上のプレート間地震を評価対象とした(図1)。なお、当該領域で発生するプレート間地震の最大規模がM7.5程度であることを考慮して、日向灘で発生するプレート間地震をM7.5以上のものと、それらよりひとまわり小さいM7.0～7.2のものに分類した。また、防災科学技術研究所広帯域地震観測網(F-net)のモーメントテンソル解の空間分布より求めたプレート間地震の上限・下限深さを参考にして、将来の地震が発生する深さを10～40kmと設定した。

過去に知られているM7.5以上の地震は1662年(M7.6)と1968年日向灘地震(M7.5)である。1968年日向灘地震(M7.5)は、震源過程の解析(Yagi and Kikuchi(2003), Shiono et al.(1980), 相田(1974))からプレート境界で発生した低角逆断層型の地震と推定される。1662年の地震(M7.6)は、津波や地震動による被害の状況から、浅発のプレート間地震であると推定される。これらの地震は、日向灘の特定の領域で一定間隔で発生していないため、同様な地震が将来、時間的にも空間的にもランダムに発生するものと考えた。

日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

上記で挙げたM7.5程度の地震以外に、M7.0以上のひとまわり小さいプレート間地震は気象庁震源カタログが整備された1923年以降、3回ないし4回発生したと判断した。これらの地震についても、震源域が相補的に分布するため、同様な地震が将来、時間的にも空間的にもランダムに発生するものと考えた。

南西諸島周辺の浅発地震

南西諸島周辺では、M7.5程度の浅発地震が過去にいくつか発生している。そのうち、M7.5以上では、奄美大島近海の1901年(M7.5)と、沖縄トラフで発生したとされる1938年(M7.7)の地震があるが、特定の場所で繰り返し発生することを示すだけの資料は得られていない。さらに、当該領域では、陸上におけるGPS観測からはフィリピン海プレートの沈み込みに伴う歪みの蓄積が確認されていない(例えば、中村・川嶋(2000))ことから、将来巨大なプレート間地震が発生するとは考えにくい。加えて、トカラ海谷以南では震源決定精度が高くないため浅発地震の発生形態(プレート間地震、沈み込むフィリピン海プレート内部の地震、および陸のプレート内部の地震)の区別がつけにくい。以上の理由により、将来発生するM7.5程度の大地震の位置と地震のタイプを推測することは困難である。そこで本報告では、浅発の微小地震の分布や与那国島周辺との地震活動度の違いを考慮して、対象領域の南北境界を東シナ海の水深200m線⁵と南西諸島海溝に、東西境界を日向灘南端および東経123度線に設定し(図1)、深さ60km程度以浅の領域をひとつの評価対象領域に設定するものの、将

指摘されている。

⁵ 図1の水深200m線は、日本水路協会海洋情報研究センター(2002)提供の日本近海30秒グリッド水深データ(MIRC-JTOPO30)、および日本近海200m間隔等深線データ(<http://www.mirc.jha.jp/>)を参考にして作図した。

来の地震の発生確率等の評価は行わず、過去のM7.5以上の地震発生履歴を提示することにとどめた。

九州から南西諸島周辺のやや深発地震

九州から南西諸島周辺にかけては、フィリピン海プレート内部でM7.5程度のやや深発地震が過去にいくつか発生している。そのうち、M7.5以上では、九州下の1909年（M7.6）と奄美大島近海で発生したとされる1911年（M8.0）の地震があり、ともに地震動により死者を伴った。これらの地震の震源域の深さや、やや深発の微小地震の分布から、深さ60km～150kmの範囲（日向灘のプレート間地震の発生する深さを40km以浅と評価した九州では、深さ40km～150kmの範囲）のフィリピン海プレート内部を一続きの同様な地震発生場であると考え、ひとつの評価対象として設定した（図1）。領域を設定する際には、九州から南西諸島周辺（東経123度線以東）で発生する地震の震央分布（1980年～2000年のISC震源カタログに基づく）を参考にした。

しかしながら、M7.5以上の地震が、長さ1000km以上におよぶこの領域の特定の場所で繰り返し発生することを示す資料は得られていないので、将来発生するM7.5程度の大地震の位置を特定することは困難である。そこで本報告では、同領域における過去のM7.5以上の地震発生履歴を提示することにとどめ、将来の地震の発生確率等の評価は行わないこととした。

与那国島周辺の地震

当該海域は、南西諸島周辺よりも地震活動度が有意に大きいため、南西諸島とは別途取り扱うこととした。ただし、震源決定精度が他の領域よりも相対的に劣ることから、地震のタイプにはとらわれず、日本（八重山列島）に被害を与えるM7.5以上の浅発の地震を評価対象とした。具体的には、M7.5程度で震度5の揺れをもたらす経験的範囲は、震央から80km程度以内と推定されている（宇津, 2001）ことから、図1で示された領域を与那国島周辺の設定領域とした。同領域で発生し、日本（八重山列島）に被害を及ぼしたM7.5以上の地震としては、死者3名を伴った1966年の地震（M7.8）がある。過去の地震活動からは、与那国島周辺の領域全体、もしくはその一部で同様な規模の大地震が周期的に繰り返す現象は確認されていないため、当該領域において、同様な地震が将来、時間的にも空間的にもランダムに発生するものと考えた。

その他の地震

1771年4月24日八重山地震津波をもたらしたタイプの地震

1771年4月24日八重山地震津波（M7.4, Mt8.5）に関しては、地震に伴う震度が小さい（最大震度4相当）こと、フィリピン海プレートの沈み込みに伴う歪みの蓄積が認められないこと、および巨大地震の発生が歴史記録上ほかに知られていないことから、プレート間の巨大地震と見なすことは難しい。また、日吉他（1987）の津波数値実験によれば、同地震津波は、通常地震性海底地殻変動モデルで説明することはできないと推測されている。

他方、松本他（1997）の海底地形調査によれば、石垣・西表島南方約40kmに位置する黒島海丘南側斜面で、海底地滑りの痕跡が認められている。しかしながら、その最も新しい現象が八重山地震津波の波源であると断定できない。

以上のように、現状では1771年の地震津波の主因が地滑りであるか、断層運動であるかを判断する十分な資料が得られていない。

このタイプの地震津波の繰り返しについては、島々に分布するサンゴ質津波堆積物の年代測定等から、先島諸島近海および奄美諸島近海での繰り返しの可能性を指摘した河名・中田（1994）および河名（1996）の調査研究があるが、1771年の地震津波と同様な現象の繰り返しであるとは断言できない。海底地形調査（Matsumoto et al., 2001）からも、宮古列島～八重山列島の沖合いで海底谷が密に発達し、島々から堆積物が海底谷を伝わって供給されていることが指摘されており、同様な地震津波が将来、どこで発生するかを特定することは難しい。

1998年5月4日の地震

南西諸島海溝の南側のフィリピン海プレート内部でも、M7.5程度の地震が発生し、九州から南西諸島周辺にかけて、地震動や津波を伴うことがある。石垣島南方沖の海溝外縁部で発生した1998年5月4日の地震（M7.7）は、その代表例と考えられる。同地震の震源過程については横ずれの断層運動が推定されており、そのために、地震規模に比して津波の高さが小さかった（最大10cm程度）と考えられている（気象庁, 1998）。

海岸段丘から推定される南西諸島周辺の地震活動

中田他(1978)は、琉球列島の完新世離水サンゴ礁の地形とその年代から、地震性地殻変動地域におけるサンゴ礁形成過程と完新世後半の海水準変動曲線の復元を試みている。その結果として、トカラ列島の小宝島、宝島、および奄美大島南東の喜界島において、間欠的地震性隆起によってサンゴ礁が離水し、段丘化が進んだと推定している。小宝島においては、段丘を形成するサンゴ礁の¹⁴C年代測定により、約2500y.B.P.に地震性地殻変動に起因する急激な離水があつて、約8mの隆起が生じたとされている。この隆起量と第四紀における平均変位速度による検討から、同様な現象の再来間隔は約1万年と見積もられている。喜界島においても、中田他(1978)および太田他(1978)が、概ね2000y.B.P.(海拔2m程度)、3000y.B.P.(4m程度)、4000y.B.P.(6m程度)、6000y.B.P.(10m程度)に4回の間欠的地震性隆起を見出している(但し、これらの年代は暦年補正がなされていない値である)。これらのことから、この海岸隆起は大地震の痕跡である可能性がある。しかし本報告では、その発生位置や地震のタイプを見積もるための十分な資料が得られていないため、同様な現象が将来どこで発生するかは評価しなかった。なお、隆起で形成された海岸段丘から大地震の繰り返しを推測する研究は奥尻島でもなされている^{*6}。

2-2 地震活動

2-2-1 過去の地震について

安芸灘から日向灘にかけて発生する地震の過去の研究では、1498年7月9日に日向灘で発生したとされる地震まで確認された研究成果があるが、16世紀以前については、資料の不足から地震が見落とされている可能性があるため、17世紀以降の地震について整理した。ただし、日向灘のプレート間地震に関しては、必ずしも顕著な被害を伴わないため、全国的な地震観測開始(1885年)前の見落としの可能性はある。

他方、南西諸島周辺で発生する地震に関しては、IASPEI(国際地震学地球内部物理学協会)の震源カタログ(Engdahl and Villasenor, 2002)が整備される前(~1900年)においては、大地震を見落としている可能性が大きいいため、1900年以降の地震を整理し、顕著な被害地震である1771年4月24日の地震を別途取り扱った。

地震の同定に当っては、宇佐美(2003)、渡辺(1998)、阿部(1999)、宇津(1979, 1999)、地震調査委員会(1999)等の記述を参考にした。震源データに関しては、気象庁震源カタログ、宇津の表(1982, 1999)、Harvard CMTカタログを引用し、IASPEIの震源カタログも併せて参照した。また、地震のマグニチュード(M)の値は宇津(1982, 1985, 1999)を採用することとした。但し、近代観測が行われるようになった1885年より前の値は、1885年以降のものに比べ信頼性が低いと判断し、これを補う観点から、津波マグニチュード(Mt; 阿部(1988, 1999, 2003))を併記し、参照することとした。また、震源の物理的な規模をよりよく反映するモーメントマグニチュード(Mw)も宇津(1999)に掲載されているものは併記し、参照することとした(表2)。

安芸灘~伊予灘~豊後水道のプレート内地震

2001年3月24日の地震(2001年芸予地震)

2001年3月24日に安芸灘を震源域とする地震(M6.7)があつた。広島県南部の一部の地域で最大震度6弱を観測し、死者2名、負傷者261名、住家全壊48棟、半壊274棟を伴った。文教施設の被害が多く、今治市ではマンション1階のピロティが圧壊した(宇佐美, 2003)。余震発生域は、概ね南北に20km余りにわたっており、深さは40kmから50kmに分布していること等から、西に向けて引っ張られ、かつ曲げられたフィリピン海プレート内部が破壊して起こった地震であると考えられる(地震調査委員会, 1999)。図9-1参照。

1905年6月2日の地震(芸予地震)

1905年6月2日に安芸灘を震源域とする地震(M7.2)があつた。広島市・呉市・松山市の付近で最大震度5~6を観測し、死者11名、負傷者177名を伴った(宇津(1989, 1999))。広島市では埋立地で被害が大きく、家屋等の倒潰で死者4名、負傷者70名、家屋全壊36棟を伴った。呉市では死者6名、

^{*6} 奥尻島では2段の完新世海岸段丘が確認されている(太田, 1994)が、1993年北海道南西沖地震の際には奥尻島は沈降している。このように、海岸段丘とこの地域で発生する大地震との関係があきらかでないため、日本海東縁部の地震活動の長期評価(地震調査委員会, 2003)では海岸段丘の隆起を評価対象としなかった。

負傷者86名、家屋全壊5棟を伴った。愛媛県でも被害が大きく、松山市ほか5郡で負傷者17名、家屋全壊8棟を伴った。この地震では本震より半年以内にM6程度の余震が3回発生している（宇佐美,2003）。図9-2参照。

1857年10月12日の地震

1857年10月12日に地震（M7.3）があった。広島県南部、愛媛県の西条から宇和島にかけて、および山口県柳井で被害があり、その近傍での推定震度は5である。今治では城内破損、郷町で潰家3棟、死者1名を伴い、郡中（現松山市）で死者4名を伴った（宇佐美,2003）。図9-3参照。

1854年12月26日の地震

1854年12月26日に地震（M7.4）があった。大分県の府内・臼杵、および愛媛県八幡浜近傍で推定震度5である。被害は2日前の安政南海地震（M8.4）によるものと分離ができないが、愛媛県伊予大洲・吉田、大分県鶴崎、および福岡県小倉で潰家があった（宇佐美,2003）。図9-4参照。

1686年1月4日の地震

1686年1月4日に地震（M7.2）があった。岩国・宇和島から諏訪にかけて有感であり、広島・松山・大洲・萩で震度5強と推定される。広島県中部で被害が大きく、死者2名、家屋倒壊147棟を伴った。宮島・萩・岩国・松山で建築物に被害を生じ、道後温泉では泥湯が湧出した（宇佐美,2003）。図9-5参照。

1649年3月17日の地震

1649年3月17日に地震（M7.0）があった。有感地点は東は京都、西は佐賀まで及び、推定震度は松山・宇和島で5～6、広島で5である。松山城、宇和島城で石垣・塀が崩れ、広島にて家屋破損を生じた（宇佐美,2003）。また、死者を伴った（宇津,1999）。図9-6参照。

日向灘のプレート間地震

1968年4月1日の地震（日向灘地震）

1968年4月1日に日向灘を震源域とする地震（M7.5, Mt7.7, Mw7.4）があった（図7-2, 図8[2]参照）。被害は高知・宮崎・愛媛・熊本・大分5県にわたり、負傷者15名、住家全半壊3棟等、高知県が最も多かった。また港湾施設に小被害が生じた（宇佐美,2003）。宮崎県延岡と高知県宿毛（すくも）で震度5を観測した。この地震により津波が発生し、床上浸水56棟、および船沈没破損3隻の被害が生じた。津波の検潮記録から得られた最大全振幅は室戸岬124cm、土佐清水236cm、宿毛224cm、臼杵135cm、蒲江240cm、北浦150cm、細島132～198cm。他方、津波の実測による高さ（T.P.上）は四国南西部で最大3m以上となり、津波による被害も発生した（渡辺,1998）。なお、宇津（1999）には死者も1名記録されている。図9-7, 図9-13, 図9-16参照。

1662年10月31日の地震

1662年10月31日に地震（M7.6, Mt7.7）があった。宮崎県沿岸における被害は以下のとおり。佐土原で城破損、潰家800余棟、死者多少（推定震度6強）。県（現延岡市）で城の石垣破損、領内の潰家1300余棟、死者5（推定震度5強）。秋月（現高鍋）で城の石垣崩れ潰家287棟（推定震度6）。飢肥で城の石垣破れ、領内で潰家1213棟（うち水没246棟）、死者15、山崩れ・津波あり（推定震度6弱）。別府湊で破船10余隻、穀類約6000潮に濡れる。日向那珂郡の沿岸7ヶ村、周囲約32kmの田畑8500石余の地没して海となる。青島付近で約1m地盤が沈下した（渡辺,1998）。この地震による津波は宮崎を中心に延岡～大隅沿岸にあふれ、宮崎沿岸での津波の高さは4～5m、日向灘で発生した最大級の津波であった（羽鳥,1985）。津波や地震動による被害の様子から、日向灘沖合の浅いところが震源であった可能性が高い（地震調査委員会,1999）。図9-8, 図9-14参照。

なお、1769年8月29日に地震があり被害は以下のとおりであった。延岡城の石垣・塀崩れ、潰家64棟。高千穂で山崩れ、潰家13棟、落橋11ヶ所。府内で潰家271棟。杵築城、佐土原城、高鍋城、佐伯城破損。熊本領内でも合計で倒家115棟、崖崩れ122ヶ所、死者1。臼杵で橋大破3ヶ所、潰家531、汐入田2666歩、水死2。これらの被害程度から国東半島杵築から延岡にかけて、および宮崎市近傍で推定震度6、津波の高さは2～2.5m、地震の規模はM7.3/4±1/4と推定されている（渡辺(1998), 宇佐美(2003)）。しかしながら、翌々日の大風雨洪水のために、地震に伴う被害を過大に見積もっている可能性があるため、より規模の小さいプレート内の地震であった可能性が指摘されている（松浦他,2003）。本報告ではこの見解を採用し、本地震を評価対象から外した。

日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

1984年8月7日の地震

1984年8月7日に日向灘を震源域とする地震 (M7.1, Mw6.7) があつた (図7-2参照)。この地震による被害は負傷者9名、建物の一部損壊29棟、道路損壊3箇所、崖崩れ12箇所等であつた (宇佐美, 2003)。大分県から宮崎県にかけての沿岸部、および宇和島・熊本で震度4を観測し、検潮記録による津波の最大全振幅は延岡・土佐清水で28cm、室戸岬で20cmを観測した (渡辺, 1998)。図9-9, 図9-15参照。なお、同地震は、Kao and Chen (1991) ではプレート間地震に分類されているが、発震機構の張力軸の傾きがフィリピン海プレートの沈み込み方向に沿っていることや、余震域が小さいことから、プレート内地震である可能性がある。

1961年2月27日の地震

1961年2月27日に日向灘を震源域とする地震 (M7.0, Mt7.5) があつた (図7-1参照)。宮崎県南部で最大震度5を観測し、宮崎県と鹿児島県で死者2名、負傷者7名、建物全半壊18棟等の被害があつた。宮崎県では中部・南部・南西部に被害があり、橋脚沈下、飛行場滑走路の亀裂等を生じた。鹿児島県では大隅半島で家屋の全半壊が多く死傷者を出した。また、地震後に小津波があり、油津では地震後1分足らずで津波がきた。波高は土佐清水50cm、細島45cm、油津34cmで被害はなかつた (宇佐美, 2003)。他方、検潮記録による津波の最大全振幅は土佐清水95cm、細島75cm、油津90cmである (渡辺, 1998)。図9-10, 図9-13参照。

1941年11月19日の地震

1941年11月19日に日向灘を震源域とする地震 (M7.2, Mt7.6) があつた (図7-1参照)。宮崎県宮崎市、延岡市および高知県宿毛市、熊本県人吉市で最大震度5を観測し、全体で死者2名、負傷者18名、建物全壊27棟の被害があつた (渡辺(1998)、三浪・福留(2003))。この地震による被害は熊本県人吉市で最大であり、死者1名、負傷者5名、住家全壊6棟を伴つた。延岡では石垣の破損・道路の亀裂・堤防の小破損等があり、日向市細島の検潮場で約8cm地盤が沈降、宮崎ではほとんどの家の壁に亀裂・剥落が見られた。その他宇和島・宿毛で軽微な被害があつた。他方、日向灘沿岸で津波があり、最大の波高は1m (細島・青島・宿毛) で船舶に若干の被害を生じた (宇佐美, 2003)。図9-11, 図9-13参照。

なお、Hatori(1969)の波源域は、以前の気象庁カタログの本震・余震の位置とよく一致しているが、現在の気象庁震源カタログから推定された震源域 (図7-1) とは乖離していることに留意する必要がある。

1931年11月2日の地震

1931年11月2日に日向灘を震源域とする地震 (M7.1, Mt7.3) があつた (図7-1参照)。宮崎県・鹿児島県・熊本県南部の広域、および山口県南部で震度5を観測した (気象庁(1931)、三浪・福留(2003))。宮崎県では宮崎・都城・佐土原・生目を中心に被害が大きく、死者1名、負傷者29名、家屋全半壊14棟の他、地割れ、道路損壊、山崩れ、地滑り、橋梁破損被害が生じた。鹿児島県でも志布志で家屋全半壊12棟の被害があつた (宇佐美, 2003)。宮崎市内海の沖で海震を感じた。検潮記録による津波の最大全振幅は串間6cm、宇和島7cm、土佐清水50cm、串本14cmであつた (渡辺, 1998)。図9-12, 図9-13参照。

南西諸島周辺の浅発地震

1938年6月10日の地震

1938年6月10日に宮古島北方沖で地震 (M7.7) があつた。地震後、小津波が近くの島に到達した。宮古島平良港では地震後10分で津波がきた。波の高さ1.5mで、桟橋の流失などの被害を生じた (宇佐美, 2003)。この地震は沖縄トラフで発生した浅い地震と考えられる。(地震調査委員会, 1999)。図9-17, 図9-18参照。

1901年6月24日の地震

1901年6月24日に奄美大島近海で地震 (M7.5) があつた。震域は広いが、被害は少なく、名瀬市内で石垣の崩壊等の小被害があつた。宮崎県細島で高潮を観測し、最大21~24cmに達した (宇佐美, 2003)。図9-19参照。

九州から南西諸島周辺のやや深発地震

1911年6月15日の地震

1911年6月15日に奄美大島近海を震源域とする地震 (M8.0) があつた。奄美大島や喜界島では震度

6、沖縄島でも震度5の揺れがあったと推定される。有感範囲は非常に広く、近畿地方でも震度2~3とされている(地震調査委員会, 1999)。喜界島では、全島の家屋2,500棟の内401棟が全壊し、死者1名を伴ったほか、奄美大島では家屋全壊11棟、徳之島では崖崩れに伴う死者5名などの被害があった(都司, 1997)。震源から300kmほど隔たった沖縄島南部でも、598ヶ所に上る石垣が崩壊して、死者1名と負傷者11名を伴った(地震調査委員会, 1999)。他方、津波については、奄美大島で多数の家屋が浸水し、大島北海岸では海水異常があったという記載がある他、喜界島赤連の市街に浸水した津波が、中心街を越えて丘のふもとまで達したという伝承がある(都司, 1997)。人的被害は合計死者12名、負傷者26名である。この地震は、奄美で津波が大きかったものの、有感の範囲が広いことや、世界の観測網の資料(Gutenberg-Richter, 1954)からは震源の深さが140km程度と見積もられていることから、沈み込んだプレート内のやや深い地震とする考え方が有力である(宇津, 1979-1999)。図9-20, 図9-21参照。

なお、この地震の震央は宇津(1979, 1999)によれば奄美大島の南東沖に位置するが、その根拠は地震波形記録ではなく、被害にもとづいている。本報告では、現在の地震活動を参考にして、Gutenberg-Richter(1954)のカタログの震央位置(奄美大島の北西沖)を採用した。

1909年11月10日の地震

1909年11月10日に宮崎県西部で地震(M7.6)があった。有感範囲が広く、最大震度5の地域が九州、四国、および中国地方の広範囲に亘り、各地で落石、家屋破損等の被害を伴っているが、津波は観測されていない(宇津, 1979)。死者は2名であった(宇津, 1999)。宮崎県、高知県、愛媛県で各々負傷者数名(宇佐美, 2003)。図9-22参照。

与那国島周辺の地震

1966年3月13日の地震

1966年3月13日に台湾東方沖を震源域とする地震(M7.8)があった。この地震により与那国島で死者2名、家屋全壊1棟、半壊3棟、石垣崩壊23箇所等の被害があり、震度は与那国島で5、石垣島で4、宮古島で3を観測した。沖縄・九州西海岸に小津波が観測されている(宇佐美, 2003)。図9-24参照。

その他の地震

1771年4月24日の地震(八重山地震津波)

1771年4月24日に石垣島近海を震源域とする地震(M7.4, Mt8.5)があった。地震動は小さく、石垣島では震度4程度と推定される。最大高さ30m弱と推定される大きな津波が八重山列島および宮古列島を襲い壊滅的な被害を生じた。被害は文献により違いがあるが、八重山列島では9,400名余、宮古列島では2,463名が溺死した。家屋の流出などにより全壊した家屋は、八重山列島で約2,200棟、宮古列島では少なくとも800棟に上り、石垣島では完全に消滅した村もあった。八重山列島と宮古列島以外に被害記録は無く、きわめて指向性の強い津波であった(地震調査委員会, 1999)。津波の高さ分布は、津波で打ち上げられたと思われる石灰岩塊の高さ分布と、それらに付着したサンゴの年代測定値から推定されている(加藤, 1987)。河名・中田(1994)は、サンゴの年代測定値の分布から、石垣島の近傍で過去に繰り返し大津波が発生したことを推定している。図9-23参照。

1998年5月4日の地震

1998年5月4日に石垣島から約250km南東沖を震源とする地震(M7.7, Mt6.8, Mw7.4)があった。与那国島・石垣島・宮古島などで震度3を観測したほか、南西諸島から九州南部の広い範囲で有感となった。この地震により、石垣島・宮古島の検潮所において最大10cm程度の津波が観測された。発震機構解の分析や余震分布から、南北方向に張力軸をもつ横ずれ断層型で、その走向は北西-南東方向であると推定されている(気象庁, 1998)。図9-25, 図9-26参照。

2-2-2 地殻変動の現状

図11は電子基準点950456を固定して1997年11月から2000年11月までの地殻変動を表示したもので、ほぼユーラシア大陸側のプレートに対する相対運動を表している。日向灘北部周辺には北西向きの変動が見られる。日向灘南部周辺では変動方向が南東方向に転じ、九州が南北方向に伸張すると共に、九州南部が海溝方向へ張り出すような動きが見られる。南西諸島では九州南部から続く南東ないし南向きの変動が見られ、これに対し、フィリピン海プレート上にある南大東島および北大東島は北西方向へ変動している。

2-2-3 地震活動の現状

日向灘および南西諸島海溝周辺における1995年以降および1923年以降の地震活動を図12-1、図12-2に示す。各地域および海域ではフィリピン海プレートと陸のプレートとの境界の地震および沈み込むフィリピン海プレート内部の地震など、定常的な地震活動が所々に観測されている。安芸灘では、2001年に芸予地震（M6.7、フィリピン海プレート内部の地震）が発生している。日向灘では、M7クラスの活動が1931年のM7.1以降、たびたび観測されている。最近では、1996年にM6.9の地震が発生した。南西諸島周辺の1923年以降～1980年代は、M5.0程度の地震が均一に震源決定されていない。最近では、1995年にM6.7を最大とする地震活動があり、津波を伴った。また、先島諸島～台湾にかけての地震活動が活発であり、1998年にM7.7（津波を伴う）、図の範囲外ではあるが、1999年の集集（チーチー）地震（Ms7.7）などが発生している。

2-2-4 プレート運動との整合性

プレート間大地震が繰り返し発生する領域では、地震時のずれの量が、プレートの相対速度と地震の繰り返し間隔から推定される歪の蓄積量を超えないことを検証する必要がある。

本報告では、プレート間大地震が発生する場であると評価した日向灘について、1968年日向灘地震の領域を代表例に挙げてプレート運動との整合性を検証する。この地震による地震時のずれの量はプレート境界で平均160cm (Shiono et al., 1980) ～170cm (相田, 1974) と推定されている。また、日向灘におけるプレート間相対速度は、各種のモデル (Miyazaki and Heki(2001), Sella et al.(2002), Wei and Seno(1998), Seno et al.(1993)) から5.0cm/yr～7.0cm/yrと推定されている。歴史記録上、江戸時代初期以降の約350年間、1968年日向灘地震の震源域において同様な地震の繰り返し知られていないことから、明らかに地震時のずれの量はプレートの相対速度と繰り返し間隔から推定される歪みの蓄積量より小さい。すなわち、1968年日向灘地震の地震時のモーメント解放量はプレートの相対運動に矛盾しない。

他方、Yagi and Kikuchi (2003)、西村他 (1999) は1996年以降数年間のGPS連続観測から、1968年日向灘地震の震源域近傍において、年間6.0cm前後の大きな歪みの蓄積速度（バックスリッププレート）を推定している（図10）。このことは、1968年日向灘地震の震源域において、1996年以降の数年間という短い時間スケールでは、プレート境界面が固着して歪みが蓄積されつつあるが、長い時間スケールでは間欠的なゆっくりすべりによって歪みが解放されている可能性があることを示している。また、1968年の同地震に伴う余効すべりがあったとすれば、それに伴う応力解放が、歪みの蓄積を遅らせている可能性もある。

2-2-5 将来の地震について

安芸灘～伊予灘～豊後水道のプレート内地震

安芸灘～伊予灘～豊後水道については、当該領域においてM6.7以上の地震が1649年（M7.0）、1686年（M7.2）、1854年（M7.4）、1857年（M7.3）、1905年（M7.2）、2001年（M6.7）の6回発生している。地震のタイプの不明なものも含まれるが、これらの地震をフィリピン海プレートの沈み込みに伴う地震活動履歴を表す一連の地震であると仮定した。同じ震源域で地震が繰り返し発生しているとは言い難いこと、および江戸時代初期以降の約400年間当該領域で被害地震の見落としが無いであろうことを考慮して将来の地震活動を次のように予測した。当該領域において、M6.7～7.4の規模の地震が、約67年に1回の割合で、時間的にも空間的にもランダムに発生すると考えた。地震の発生時系列としてポアソン過程を適用すると、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は40%程度である（表4-1）。

日向灘のプレート間地震

日向灘でM7.6前後のプレート間地震は、1662年（M7.6）、1968年（M7.5）の2回発生している。これらの地震は同じ震源域で繰り返し発生していないことから、将来の同様な地震は時間的にも空間的にもランダムに発生すると考えた。そこで、江戸時代以降の約400年間を観測期間とみなして、これを確認されている発生回数2回で割った値200年を発生頻度に設定した。地震の発生時系列としてポアソン過程を適用すると、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は10%程度である（表4-2）。

日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

日向灘では、上記のM7.6前後の地震以外にも、気象庁震源カタログが整備された1923年以降の約80年間にM7.1前後のプレート間地震が、1931年 (M7.1)、1941年 (M7.2)、1961年 (M7.0)、1984年 (M7.1) に発生したと推定される。但し、発震機構解の見直しから、従来プレート間地震である (Kao and Chen, 1991) と考えられてきた1984年の地震は、プレート内地震であった可能性が指摘されているため、1923年以降の約80年間における対象地震の発生回数は、3回ないし4回であると考えた。これらの地震の震源域の分布が相補的であることから、将来の同様な地震は時間的にも空間的にもランダムに発生すると考えた。1923年以降の約80年間を観測期間とみなして、これを発生回数3~4回で割った値20~27年を発生頻度に設定した。地震の発生時系列としてポアソン過程を適用すると、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は70~80%である (表4-3)。

南西諸島周辺の浅発地震

南西諸島周辺では、IASPEIカタログ以降 (1900年~) の約100年間に深さ60km程度以浅でM7.5以上の浅発地震が1901年 (M7.5) と1938年 (M7.7) の2回発生している。しかしながら、2-1の項目でも述べたように、当該領域内の地震の特性が明らかでなく、また長大な領域内で、将来の地震の発生位置を特定することが困難であるため、その発生確率等を評価しなかった。

九州から南西諸島周辺のやや深発地震

九州から南西諸島周辺にかけては、IASPEIカタログ以降 (1900年~) の約100年間にやや深発地震 (深さ60km~150km、九州では40km~150km、M7.5以上) が1909年 (M7.6) と1911年 (M8.0) の2回発生している。しかしながら、2-1の当該領域の項目でも述べたように、長大な領域内で、将来の地震の発生位置を特定することが困難であるため、その発生確率等を評価しなかった。

与那国島周辺の地震

与那国島周辺で発生し、日本国 (八重山列島) に被害を及ぼしたM7.5以上の浅発地震は、1966年 (M7.8) に1回発生している。M7.5以上の浅発の地震は、1922年 (M7.6)、1959年 (M7.5) にも当該領域近傍で発生しており、ともに台湾に死者を伴ったが、八重山列島における被害は確認されていない。さらに、最近の地震活動に基づき、Gutenberg-Richterの式から推定されるM7.5程度の地震の平均発生間隔は少なく見積もっても100年程度であることや、震源決定精度が高くなくとも考慮して両地震を評価対象から外した。そこで、IASPEIの震源カタログが整備されて以降の約100年間を観測期間とみなし、発生頻度を約100年に1回と設定した。過去の地震活動からは、図1に示された与那国島周辺の領域全体、もしくはその一部で同規模の地震が周期的に繰り返す現象は確認されていないため、当該領域において、M7.8程度の規模の地震が約100年に1回の割合で、時間的にも空間的にもランダムに発生すると考えた。地震の発生時系列としてポアソン過程を適用すると、同様な地震が今後30年以内に当該領域のどこかで発生する確率は30%程度である (表4-4)。

その他の地震

1771年4月24日八重山地震津波をもたらしたタイプの地震

宮古列島から八重山列島にかけて分布するサンゴ質津波堆積物の年代測定から、八重山地震津波と同様な規模の津波の襲来頻度は、先島諸島近傍で500年~1000年に一度であると見積もられている (河名・中田, 1994)。しかしながら、この履歴が八重山地震津波と同様な現象の繰り返しであることを支持する十分な資料が得られていない。他方、海底地形調査からも石垣島南方沖の黒島海丘で7回の乱泥流が記録されている (松本他, 1997) が、1771年の地震津波との関連性が明確とはいえず、また、海底地滑りの時期を特定するには至っていない。以上のことから、本報告では、1771年地震津波をもたらしたタイプの地震と同様な地震の発生確率を評価しなかった。

1998年5月4日の地震

地震発生の履歴を明らかにするだけの十分な知見が得られていないため、将来の同様な地震の発生可能性を評価しなかった。

海岸段丘から推定される南西諸島周辺の地震活動

大地震の繰り返しにより海岸が隆起した可能性はあるものの、地震発生の特性を明らかにするだけの十分な知見が得られていないため、将来の同様な地震の発生可能性を評価しなかった。

(付表) 評価の信頼度の分類条件について

発生領域の評価の信頼度

(想定地震の震源域を特定した場合)

ランク	分類条件
A	ほぼ領域全体を震源域とする大地震が2回以上繰り返し起こっている。今後も同様な震源域で繰り返し地震が発生すると考えられ、発生領域の信頼性は高い。
B	ほぼ領域全体を震源域とする大地震が1回発生しており、地震学的知見から大地震の繰り返しを想定できる。それ以前にも大地震が発生しているが、同様な震源域での繰り返しが必ずしも明確でないか、あるいは、ほぼ同じ震源域での地震の繰り返しが知られていないため、発生領域の信頼性は中程度である。
C	領域内における大地震は知られていないが、地震学的知見から、ほぼ領域全体もしくはそれに近い大きさの震源域をもつ大地震を想定できる(地震空白域)。発生領域内における大地震が知られていないため、信頼性はやや低い。

(特定のタイプの地震が発生すると考えられる地域を1つの領域とした場合)

B	想定地震と同様な地震が領域内で4回以上発生しており、今後も領域内のどこかで発生すると考えられる。発生場所を特定できないため、発生領域の信頼性は中程度である。
C	想定地震と同様な地震が領域内で1～3回しか発生していないが、今後も領域内のどこかで発生すると考えられる。発生場所を特定できず、地震データも少ないため、発生領域の信頼性はやや低い。
D	領域内で発生した大地震は知られていないが、大地震発生のポテンシャルはあると考えられる。地震学的知見が不十分で震源域を特定できず、発生領域の信頼性は低い。

規模の評価の信頼度

ランク	分類条件
A	想定地震と同様な地震が3回以上発生しており、過去の地震から想定規模を推定できる。地震データの数が比較的多く、規模の信頼性は高い。
B	想定地震と同様な地震が1、2回発生しており、過去の地震から想定規模を推定できる。地震データの数が多くないため、規模の信頼性は中程度である。
C	過去に参照できる地震がなく、領域の大きさや推定断層長などから経験的に規模を推定したため、想定規模の信頼性はやや低い。
D	過去に参照できる地震がなく、領域の大きさや推定断層長などから経験的に規模を推定したが、領域や推定断層長の信頼性も低く、想定規模の信頼性は低い。

発生確率の評価の信頼度

(想定地震の震源域を特定した場合)

OBPT 分布適用

ランク	分類条件
A	想定地震と同様な地震が4回以上同定され、繰り返し間隔が3回以上得られており、発生確率の値の信頼性は高い。
B	想定地震と同様な地震が2、3回で、繰り返し間隔が1、2回得られており、発生確率の値の信頼性は中程度である。
C	想定地震と同様な地震は高々1回しか知られておらず、地震学的知見から繰り返し間隔を推定したため、発生確率の値の信頼性はやや低い。

○ポアソン過程適用

D	想定地震と同様な地震は過去に知られておらず、地震学的知見から発生確率を推定した。発生確率の値の信頼性は低い。
---	--

(特定のタイプの地震が発生すると考えられる地域を1つの領域とした場合)

○ポアソン過程適用

A	想定地震と同様な地震が領域内で10回以上発生しており、地震回数をもとに地震の発生率から発生確率を求めた。発生確率の値の信頼性は高い。
B	想定地震と同様な地震が領域内で5～9回発生しており、地震回数をもとに地震の発生率から発生確率を求めた。発生確率の値の信頼性は中程度である。
C	想定地震と同様な地震は領域内で2～4回と少ないが、地震回数をもとに地震の発生率から発生確率を求めた。発生確率の値の信頼性はやや低い。
D	想定地震と同様な地震は1回以下で、地震回数または地震学的知見をもとに地震の発生率から発生確率を求めた。発生確率の値の信頼性は低い。

引用文献 (アルファベット順)

- 阿部勝征 (1988) : 津波マグニチュードによる日本付近の地震津波の定量化, 東京大学地震研究所彙報, Vol.63, 289-303.
- 阿部勝征 (1999) : 遡上高を用いた津波マグニチュードMtの決定—歴史津波への応用—, 地震第2輯, Vol.52, 369-377.
- 阿部勝征 (2003) : 津波地震とは何か—総論—, 月刊地球, Vol.25, No.5, 337-342.
- 相田勇 (1974) : 地震の断層モデルによる津波の数値実験, 地震第2輯, Vol.27, 141-154.
- Engdahl, E. R. and A. Villasenor (2002) : Global seismicity : 1900-1999, International handbook of earthquake & engineering seismology, ed. W. H. K. Lee et al., Academic Press, 665-690.
- 後藤和彦・本田貴子・八木原寛・角田寿喜・清水洋 (2001) : 南九州における稍深発地震面の形状と発震機構, 月刊地球, Vol.23, No.10, 664-668.
- Gutenberg, B. and C. R. Richter (1954) : 『Seismicity of the Earth, Second Ed.』, Princeton University Press, 310pp.
- Harvard CMTカタログ : Harvard Seismicity Centroid Moment Tensor Catalog, (<http://www.seismology.harvard.edu/CMTsearch.html>).
- Hatori, T. (1969) : A Study of the Wave Sources of the Hiuganada Tsunamis, Bulletin of the Earthquake Research Institute, Vol.47, 55-63.
- 羽鳥徳太郎 (1971) : 最近45年間の日向灘津波の規模, 地震第2輯, Vol.24, 95-106.
- 羽鳥徳太郎 (1985) : 九州東部沿岸における歴史津波の現地調査—1662年寛文・1769年明和日向灘および1707年宝永・1854年安政南海道津波—, 地震研究所彙報, Vol.60, 439-459.
- 羽鳥徳太郎 (1987) : 1984年日向灘津波と周辺の津波活動, 地震第2輯, Vol.40, 1-6.
- 羽鳥徳太郎 (1988) : 琉球列島における津波の規模と波源域, 地震第2輯, Vol.41, 541-567.
- 羽鳥徳太郎 (1998) : 1996年日向灘津波と九州東部域の放出津波エネルギー分布, 津波工学研究報告, Vol.15, 43-50.
- 日吉善久・安藤雅孝・木村政昭 (1987) : 1771年南西諸島明和の大津波の発生機構—巨代海底地溝の発生—, 日本地震学会秋季大会予稿集, A80.
- 市川岳 (1997) : 『海底地震計を使った日向灘周辺の地殻構造研究』, 北海道修士論文, 56pp.
- 地震調査委員会 (1999) : 『日本の地震活動<追補版>』, 391pp.
- 地震調査委員会 (2001a) : 『長期的な地震発生確率の評価手法について』, 99pp.
- 地震調査委員会 (2001b) : 『南海トラフの地震の長期評価について』, 52pp.
- 地震調査委員会強震動評価部会 (2001) : 『南海トラフの地震を想定した強震動評価手法について (中間報告)』, 42pp.
- 地震調査委員会 (2003) : 『日本海東縁部の地震活動の長期評価について』, 63pp.
- 角田寿喜・後藤和彦 (2002) : 九州 - 南西諸島北部域の地震活動とテクトニクス, 地震第2輯, Vol.55, 317-336.
- Kao, H and W. -P. Chen (1991) : Earthquakes along the Ryukyu-Kyushu arc: Strain segmentation, lateral compression, and the thermomechanical state of the plate interface, Journal of Geophysical Research, Vol.96, No.B13, 21443-21485.
- 加藤祐三 (1987) : 八重山地震津波 (1771) の遡上高, 地震第40輯, Vol.2, 377-381.
- 河名俊男 (1996) : 琉球列島北部周辺海域における後期完新世の津波特性, Journal of Geography, Vol.105(4), 520-525.
- 河名俊男・中田高 (1994) : サンゴ質津波堆積物の年代からみた琉球列島南部周辺海域における後期完新世の津波発生時期, Journal of Geography, 103(4), 352-376.
- 気象庁 (1931) : 気象要覧 (1931年11月) .
- 気象庁 (1998) : 『平成10年5月 地震・火山月報 (防災編)』, 34pp.
- Kubo, A. and E. Fukuyama (2003) : Stress field along the Ryukyu arc and the Okinawa trough inferred from moment tensors of shallow earthquakes, Earth and Planetary Science Letters, 210, 305-316.
- 松本剛・上地千春・木村政昭 (1997) : 南西諸島宮古・八重山沖海底精密調査より求められた1771年八重山地震津波波源での変動現象, 海洋科学研究センターJAMSTEC深海研究, 13, 535-561.

- Matsumoto, T., M. Kimura, M. Nakamura and T. Ono (2001) : Large-scale slope failure and active erosion occurring in the southwest Ryukyu fore-arc area, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1, 203-211.
- 松浦律子・中村操・唐鎌郁夫・茅野一郎 (2003) : 歴史地震の震源域位置および規模の系統的再検討—第5報— (弘化善光寺、明和日向・豊後、寛文日向灘の3地震と文久宮城沖の再考), *日本地震学会秋季大会予稿集*, S10-08111409-0371A.
- 松崎伸一・大野裕記・池田倫治・福島美光 (2003) : 震源分布からみた伊予灘周辺フィリピン海プレートの形状および地震特性, *地震第2輯*, 56, 267-279.
- 三浪俊男・福留篤男 (2003) : 『1926年～1960年に九州付近に発生した主な有感地震の詳細な震度分布図』, *福岡教育大学紀要*, 52-3.
- Miyazaki, S. and K. Heki (2001) : Crustal velocity field of southwest Japan: Subduction and arc-arc collision, *Journal of Geophysical Research*, Vol.106, No.B3, 4305-4326.
- 中田高・高橋達郎・木庭元晴 (1978) : 琉球列島の完新世離水サンゴ礁地形と海水準変動, *地理学評論*, Vol.51-2, 87-108.
- 中村衛・兼城昇司 (2000) : 地震分布から求めた南西諸島における沈み込んだフィリピン海プレートの形状, *Bulletin of the Faculty of Science, University of the Ryukyus*, 70, 73-82.
- 中村衛・川嶋綾佳 (2000) : GPSデータを用いた南西諸島の水平移動, *Bulletin of the Faculty of Science, University of the Ryukyus*, 70, 63-72.
- Nakamura, M., Y. Yoshida, D. Zhao, H. Katao, S. Nishimura (2003) : Three-dimensional P- and S-wave velocity structures beneath the Ryukyu arc, *Tectonophysics*, 369, 121-143.
- 日本水路協会海洋情報研究センター (2002) : 日本近海30秒グリッド水深データ (MIRC-JTOPO30)、日本近海200m間隔等深線データ (<http://www.mirc.jha.jp/>).
- 西村宗・安藤雅孝・宮崎真一 (1999) : 南海トラフ沿いのプレート間カップリングと九州南部の南東向き運動について, *地震第2輯*, Vol.51, 443-456.
- 太田陽子・町田洋・堀信行・小西健二・大村明雄 (1978) : 琉球列島喜界島の完新世海成段丘—完新世海面変化研究へのアプローチ—, *地理学評論*, Vol.51-2, 109-130.
- 太田陽子 (1994) : 海成段丘からみた奥尻島の第四紀地殻変動の傾向と1993年地震の例外性, *月刊海洋*, 号外7, 70-74.
- Sella, G. F., T. H. Dixon and A. Mao (2002) : REVEL: A model for recent plate velocities from space geodesy, *Journal of Geophysical Research*, Vol.107, No.B4, ETG11, 1-32.
- Seno, T., S. Stein and A. E. Grip (1993) : A model for the motion of the Philippine Sea plate consistent with NUVEL-1 and geological data., *Journal of Geophysical Research*, Vol.98, 17941-17948.
- 汐見勝彦・小原一成・佐藤春夫 (2003) : 中国・四国地方下のフィリピン海プレート形状と地震活動, *月刊地球*, 25, 578-582.
- Shiono, K. (1977) : Focal mechanisms of major earthquakes in southwest Japan and their tectonic significance, *Journal of Physics of the Earth*, Vol.25, 1-26.
- Shiono, K. and T. Mikumo (1975) : Tectonic implication of subcrustal, normal faulting earthquakes in the western Shikoku region, Japan, *Journal of Physics of the Earth*, Vol.23, 257-278.
- Shiono, K., T. Mikumo and Y. Ishikawa (1980) : Tectonics of the Kyushu-Ryukyu arc as evidenced from seismicity and focal mechanism of shallow to inter-mediate-depth earthquakes, *Journal of Physics of the Earth*, Vol.28, 17-43.
- 植平賢司・清水洋・松尾紉道・後藤和彦 (2001) : 四国・中国西端から九州にかけての深発地震面の形状と発震機構, *月刊地球*, Vol.23, No.10, 669-673.
- 宇佐美龍夫 (1996) : 『新編日本被害地震総覧 [増補改訂版416-1995]』, 東京大学出版会, 496pp.
- 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, 605pp.
- 宇津徳治 (1979) : 1885年～1925年の日本の地震活動—M6以上の地震および被害地震の再調査—, *東京大学地震研究所彙報*, Vol.54, 253-308.
- 宇津徳治 (1982) : 日本付近のM6.0以上の地震及び被害地震の表 : 1885年～1980年, *東京大学地震研究所彙報*, Vol.57, 401-463.
- 宇津徳治 (1985) : 日本付近のM6.0以上の地震及び被害地震の表 : 1885年～1980年 (訂正と追加), *東京大*

- 学地震研究所彙報, 60, 639-642.
- 宇津徳治 (1987) : 地震活動と地震予知, 地震予知研究シンポジウム, 123-128.
- 宇津徳治 (1989) : 日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の震度分布図(1901年~1926年), 東京大学地震研究所発行, pp.278.
- 宇津徳治(1999) : 『地震活動総説』, 東京大学出版会, 876pp.
- 宇津徳治(2001) : 『地震学 (第3版)』, 共立出版, 376pp.
- 渡辺偉夫(1998) : 『日本被害津波総覧(第2版)』, 東京大学出版会, 238pp.
- Wei, D and T. Seno(1998) : Determination of the Amurian plate motion, *Mantle Dynamics and Plate Interactions in East Asia. Geodynam. Series*, ed. M. Flower, S.-L. Chung, C.-H. Lo, and T.-Y. Lee, Vol.27, 337-346.
- 八木勇治・菊地正幸・吉田真吾・山中佳子 (1998) : 1968年4月1日, 日向灘地震 (MJMA7.5) の震源過程とその後の地震活動との比較, 地震第2輯, Vol.51, 139-148.
- Yagi, Y., M. Kikuchi and S. Yoshida (1999) : Comparison of the coseismic rupture with the aftershock distribution in the Hyuga-nada earthquakes of 1996, *Geophysical Research Letters*, Vol.26, No.20, 3161-3164.
- Yagi, Y. and M. Kikuchi (2001) : Source rupture process of the Geiyo earthquake in 2001, <http://wwwweic.eri.u-ac.jp/yuji/Aki-nada>.
- Yagi, Y. and M. Kikuchi (2002) : The source process of the Geiyo earthquake of March 24, 2001 obtained by joint inversion of teleseismic data and near-field data, *Seismological Research Letters*, Vol.73, 219.
- Yagi, Y. and M. Kikuchi (2003) : Partitioning between seismogenic and aseismic slip as highlighted from slow slip events in Hyuga-nada, Japan, *Geophysical Research Letters*, Vol.30, No.2, 1087, doi:10.1029/2002GL015664, 59-1-4.