

フィリピン海プレートで 発生する地震について

～ 地震本部の評価～

大島光貴(清水建設(株))

On Earthquakes along the Philippine Sea Plate

～ Evaluation by Headquarters for
Earthquake Research Promotion (HERP)～

Shimizu Corporation

目次 Contents

1. 南海トラフの大地震

Nankai Trough Megathrust Earthquake

2. フィリピン海プレートの特定しにくい地震

Earthquake in/on the Philippine Sea Plate whose seismic source is difficult to identify

2-1 日向灘のプレート間地震

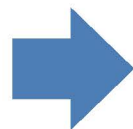
Interplate Earthquake of Hyuganada Sea

2-2 日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

Interplate Earthquake of Hyuganada Sea smaller than characteristic size

2-3 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

Earthquake whose seismic source is difficult to identify

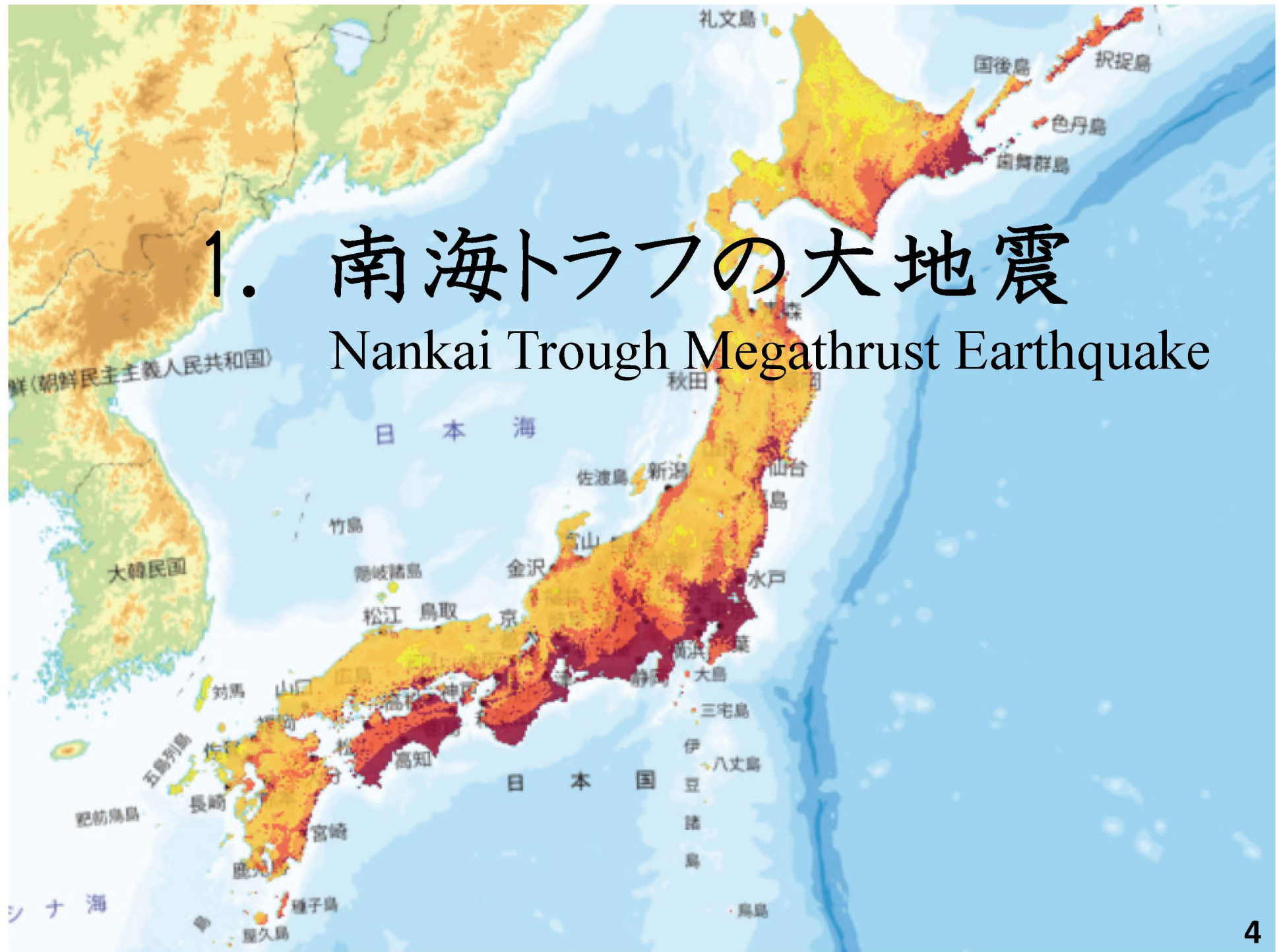


地震本部における
地震の位置、規模、確率のモ
デル化について説明。

地震タイプ 評価項目ごとの 主なデータ	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	南海トラフの大地震	フィリピン海プレートの 特定しにくい地震	中央構造線断層帯の 地震	その他内陸活断層の 地震	内陸活断層の固有 規模より小さい地震	陸側プレートの 特定しにくい地震
(a)場所 (位置・形状)	南海トラフの歴史地震、 地震本部の評価、内閣 府の評価、GPSデータに よる固着域、地震カタ ログ	安芸灘～伊予灘の歴史 地震、地震本部の評価、 地震カタログ、震源分 布によるフィリピン海プレート 上面の形状	敷地周辺の地形・地 質・活断層分布、伊予 灘の海上音波探査記録、 中央構造線の深部地下 構造、中央構造線断層 帯の変位量、地震発生 層厚さ、地震活動、中 央構造線付近のGPSデータ、 熊本地震の知見	敷地周辺の地形・地 質・活断層分布、地震 本部の地域評価（中国 地域・九州地域）	(3) (4)に同じ	地震地体構造区分の事 例、地震活動、地震発 生層厚さ、地震本部の 評価
(b)規模 (運動性評価 を含む)	南海トラフの歴史地震、 地震本部の評価、内閣 府の評価	安芸灘～伊予灘の歴史 地震、地震本部の評価、 歴史地震の規模の再評 価、フィリピン海プレート内地 震の発生環境、地震カ タログ	中央構造線断層帯の ジョグの形状、中央構 造線断層帯の歴史地震、 中央構造線断層帯のセ グメント区分の事例、 地震発生層厚さ、熊本 地震の知見	活断層長さ、断層面積、 地震本部の地域評価 （中国地域・九州地 域）	地震本部の評価、地震 カタログ、長野県北部 （神城断層）地震の知 見、熊本地震の知見	地震地体構造区分の事 例、活断層との対応が 明確でない地震の事例、 地震断層出現率、地震 本部の評価、地震発生 層厚さ、地震カタログ
(c)発生確率 (活動間隔と 最新地震後 経過時間)	南海トラフの歴史地震、 地震本部の評価、内閣 府の評価	安芸灘～伊予灘の歴史 地震、地震本部の評価、 地震カタログ	中央構造線断層帯の古 地震学的データ、中央構 造線断層帯の歴史地震、 中央構造線断層帯の変 位量・変位速度、GPS データによる変位速度	活動度等からの推定式、 地震本部の地域評価 （中国地域・九州地 域）	地震本部の評価、地震 カタログ、長野県北部 （神城断層）地震の知 見、熊本地震の知見	地震本部の評価、地震 カタログ
(d)アスペリティの 位置	地震本部の評価、内閣 府の評価、海上保安庁 の地殻変動観測データ	—	中央構造線断層帯の変 位量・変位速度、活断 層の分岐形状、熊本地 震の知見	—	—	—
(e)破壊開始地点 の推定	地震本部の評価、内閣 府の評価	—	活断層の分岐形状、熊 本地震の知見	—	—	—

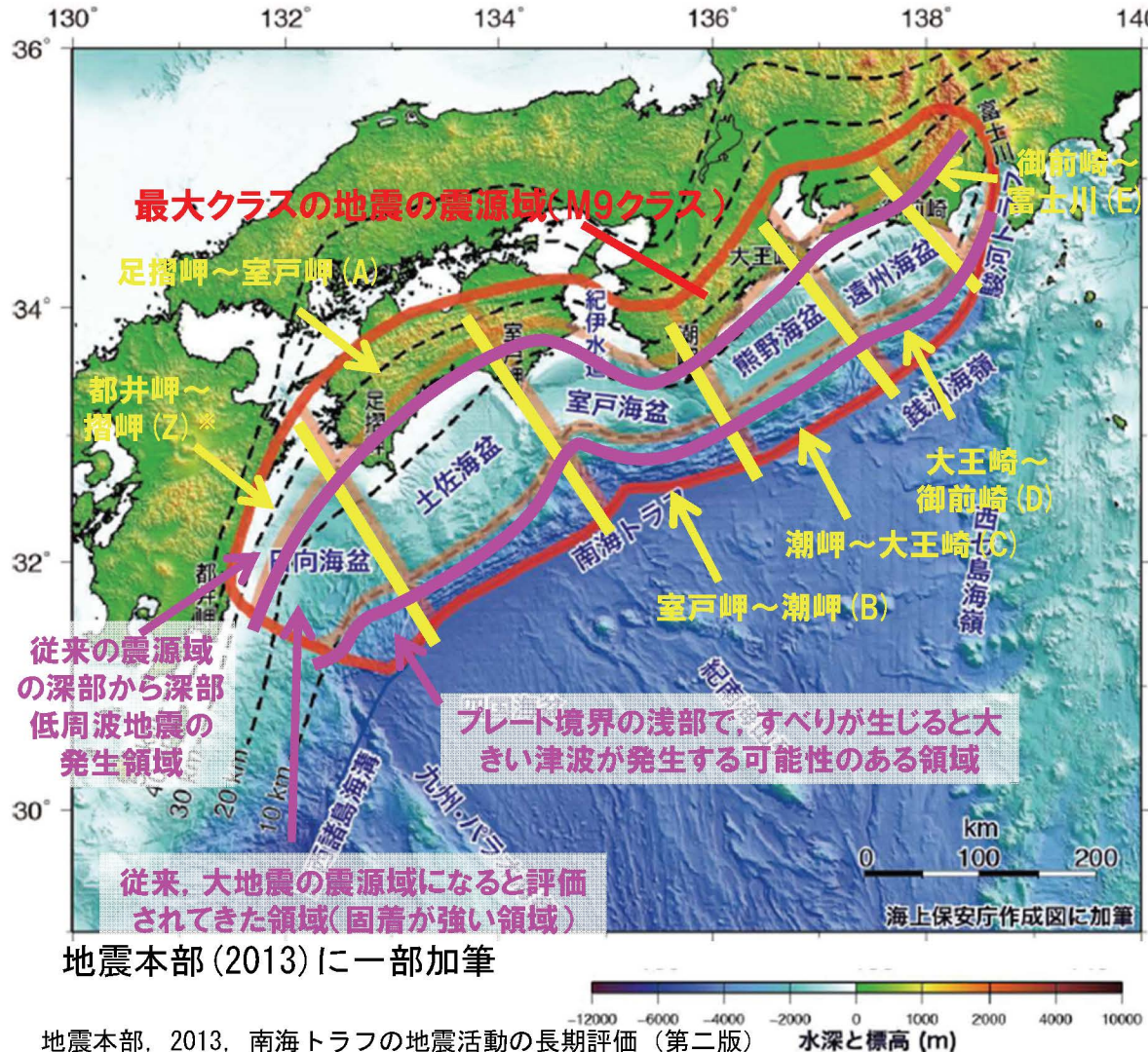
1. 南海トラフの大地震

Nankai Trough Megathrust Earthquake



断層面の設定 Settings for Fault plane

○地震本部(2013)は、南海トラフで発生した大地震の規模や震源域の広がりには多様かつ複雑であり、次に起こる地震の震源域を推定することは非常に困難であることから、評価対象領域を幾つかの領域に分割し、その組合せとして次の地震の震源域となる可能性のある候補を示した。評価対象領域を南海トラフの走向方向に6領域、フィリピン海プレートの沈み込む方向に3領域に区分した。



水色または青色で塗られる一連の範囲は、地震を同時に発生させると想定される範囲

	深さ	推定破壊域					スケーリング則から推定されるMw
		Z	A	B	C	D	
東海・南海地域が連動するパターン	浅部						8.8
	中部						
	深部						
	浅部						9.0 ¹
	中部						
	深部						9.0
	浅部						
	中部						9.1 ²
	深部						
	浅部						8.7
	中部						
	深部						
	浅部						8.9
	中部						
	深部						
	浅部						8.8
	中部						
	深部						9.0
東海・南海地域の2地震が時間差をおいて発生するパターン	浅部						8.7
	中部						
	深部						8.9
	浅部						
	中部						8.4
	深部						
	浅部						8.7, 8.3
	中部						
	深部						8.5, 8.3
	浅部						
	中部						8.7, 8.2
	深部						

地震の想定発生パターン

Fault plane settings for future earthquake.

過去の南海トラフの大地震の発生パターン

Source regions of Historical Nankai Trough Megathrust Earthquakes

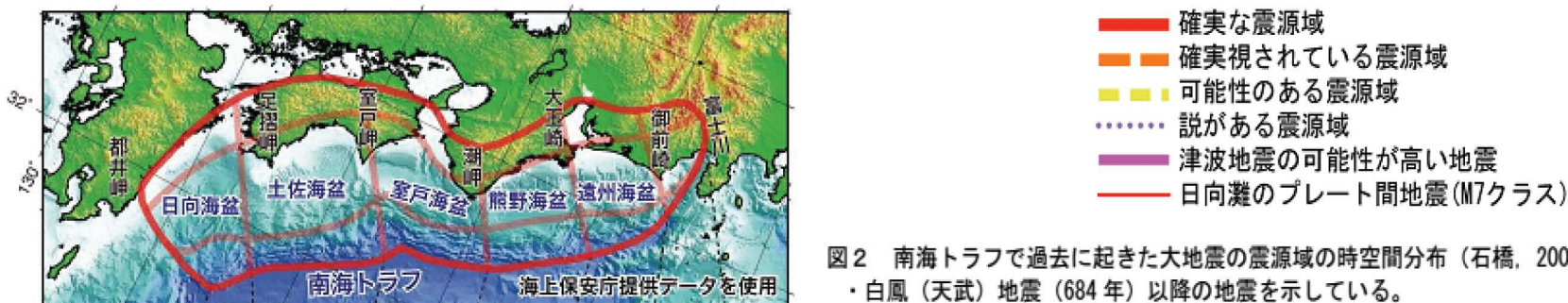
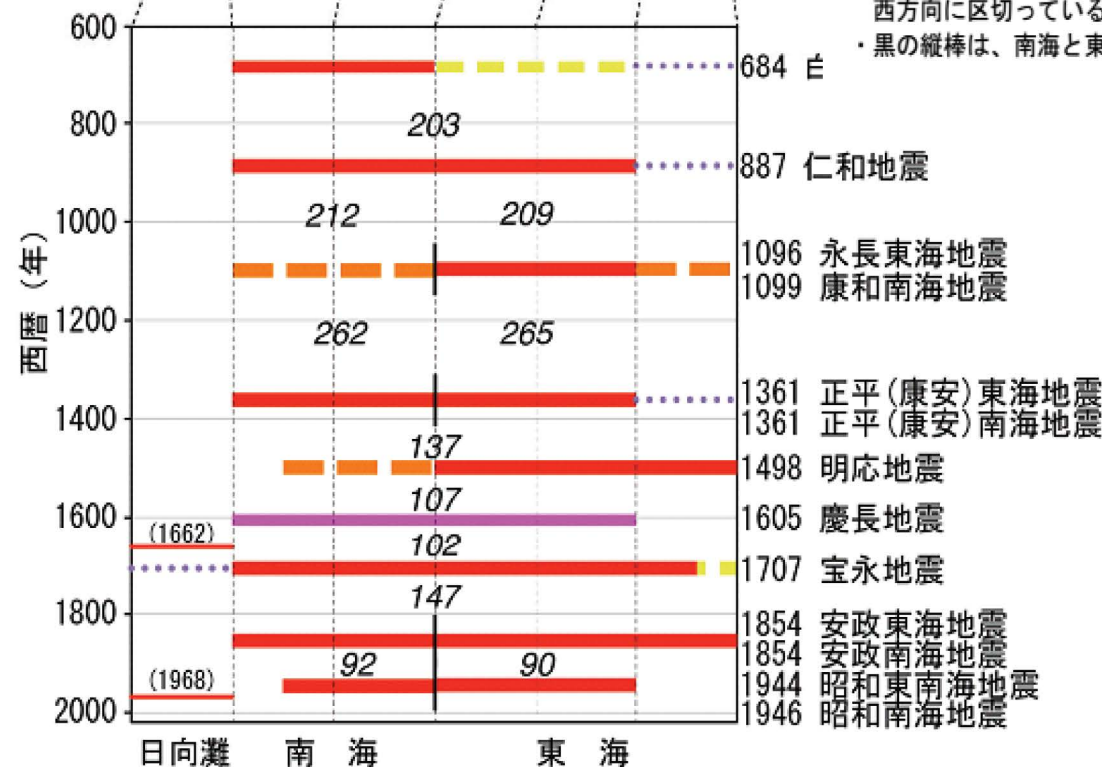
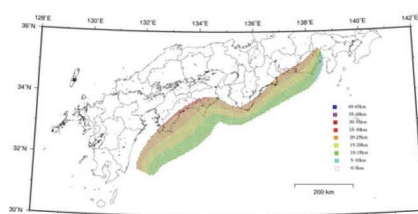


図2 南海トラフで過去に起きた大地震の震源域の時空間分布 (石橋, 2002 をもとに編集)

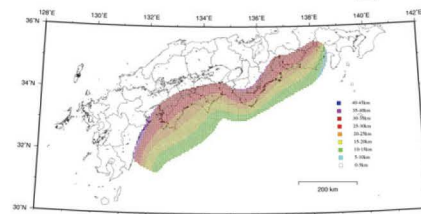
- ・白鳳(天武)地震(684年)以降の地震を示している。
- ・図中イタリック体で表した数字は、地震の発生間隔(年)を示す。
- ・震源域は地形の境界(都井岬、足摺岬、室戸岬、潮岬、大王崎、御前崎、富士川)で東西方向に区切っている。
- ・黒の縦棒は、南海と東海の地震が時間差(数年以内)をおいて発生したことを示す。



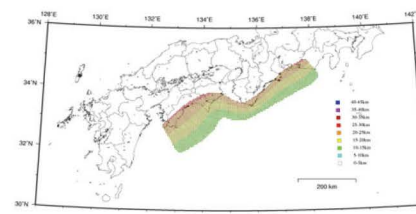
南海トラフの大地震の想定発生パターン Fault plane settings for future earthquakes



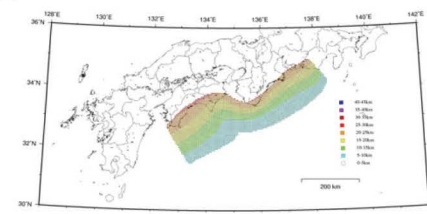
(a) No. 1 (*Mw* 8.8)



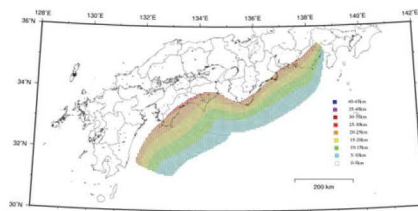
(b) No. 2 (*Mw* 9.0)



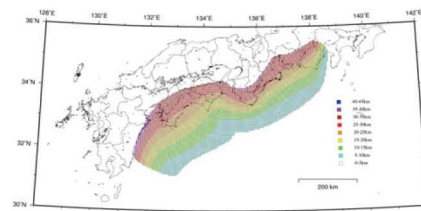
(i) No. 9 (*Mw* 8.7)



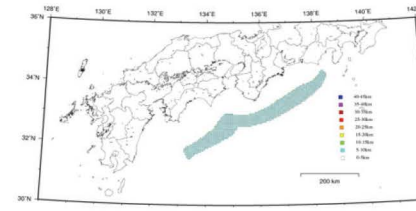
(j) No. 10 (*Mw* 8.9)



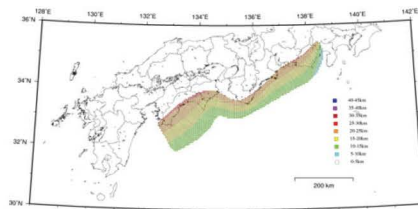
(c) No. 3 (*Mw* 9.0)



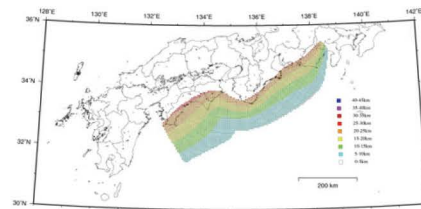
(d) No. 4 (*Mw* 9.1)



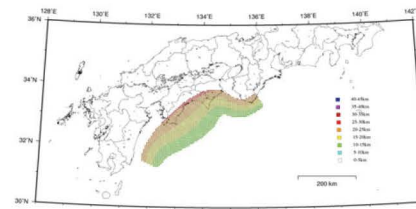
(k) No. 11 (*Mw* 8.4)



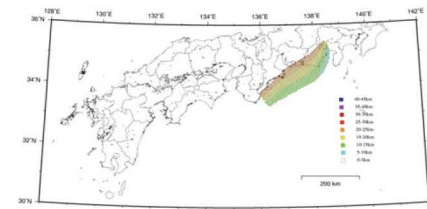
(e) No. 5 (*Mw* 8.7)



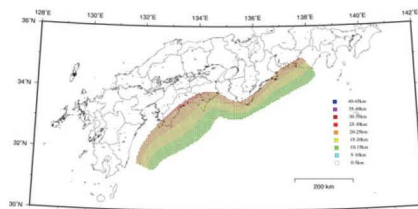
(f) No. 6 (*Mw* 8.9)



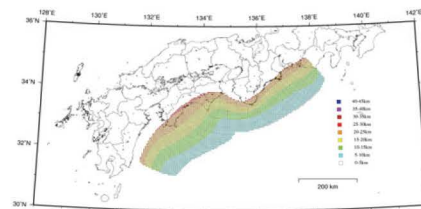
(l) No. 12 (*Mw* 8.7)



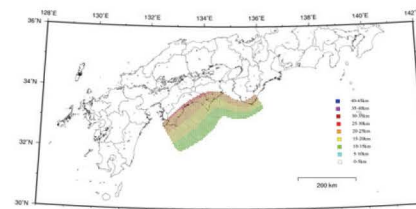
(m) No. 13 (*Mw* 8.3)



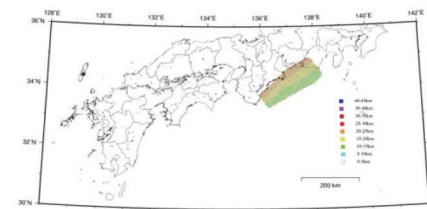
(g) No. 7 (*Mw* 8.8)



(h) No. 8 (*Mw* 9.0)



(n) No. 14 (*Mw* 8.5)



(o) No. 15 (*Mw* 8.2)

※「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

■ 地震の規模の設定 Settings for Magnitude

表 5.2.1.2-3 南海トラフの地震の発生パターンと付与する重みの詳細

	Z (日向 灘)	A, B (南海)	C, D (東南海)	E (東海)	重み	Mw	深さ タイプ	No.	
1 地震	←→	←→	←→	←→	0.0125	8.8	①	1	-
	←→	←→	←→	←→	0.0125	9.0* ¹	②	2	-
	←→	←→	←→	←→	0.0125	9.0	③	3	-
	←→	←→	←→	←→	0.0125	9.1* ²	④	4	-
	×	←→	←→	←→	0.1625	8.7	①	5	-
	×	←→	←→	←→	0.1625	8.9	③	6	-
	←→	←→	←→	×	0.0125	8.8	①	7	-
	←→	←→	←→	×	0.0125	9.0	③	8	-
	×	←→	←→	×	0.025	8.7	①	9	-
	×	←→	←→	×	0.025	8.9	③	10	-
	×	←→	←→	×	0.05	8.4	⑤	11	-
2 地震	←→	←→	←→	←→	0.05	8.7, 8.3	①	12	13
	×	←→	←→	←→	0.325	8.5, 8.3	①	14	13
	←→	←→	←→	×	0.025	8.7, 8.2	①	12	15
	×	←→	←→	×	0.1	8.5, 8.2	①	14	15
	0.15	1.0	1.0	0.75	1.0				

No. に示す数字は、図 5.2.1.2-2 に示す各発生パターンを示す。

深さタイプ：①：深さ 10～25km 程度の震源域 ②：深さ 10～40km 程度の震源域

③：深さ 0～25km 程度の震源域 ④：深さ 0～40km 程度の震源域

⑤：深さ 0～10km 程度の震源域

※1：南海トラフの巨大地震モデル検討会 強震動計算モデルのマグニチュード

※2：南海トラフの巨大地震モデル検討会 津波計算モデルのマグニチュード

※「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

◎ 各発生パターンの地震規模は、**最大クラスの震源域に対する面積比から算出。**

◎ 地震規模は、深さ10km以浅を含む場合は「南海トラフの巨大地震モデル検討会(2011)」の津波計算モデル(東西方向と深さ方向の全領域)を、深さ10km以浅の領域を含まない場合には同検討会の強震動計算モデル(東西方向の全領域、深さ10km以深)を用いる。

■ 発生確率の設定 Settings for Probability

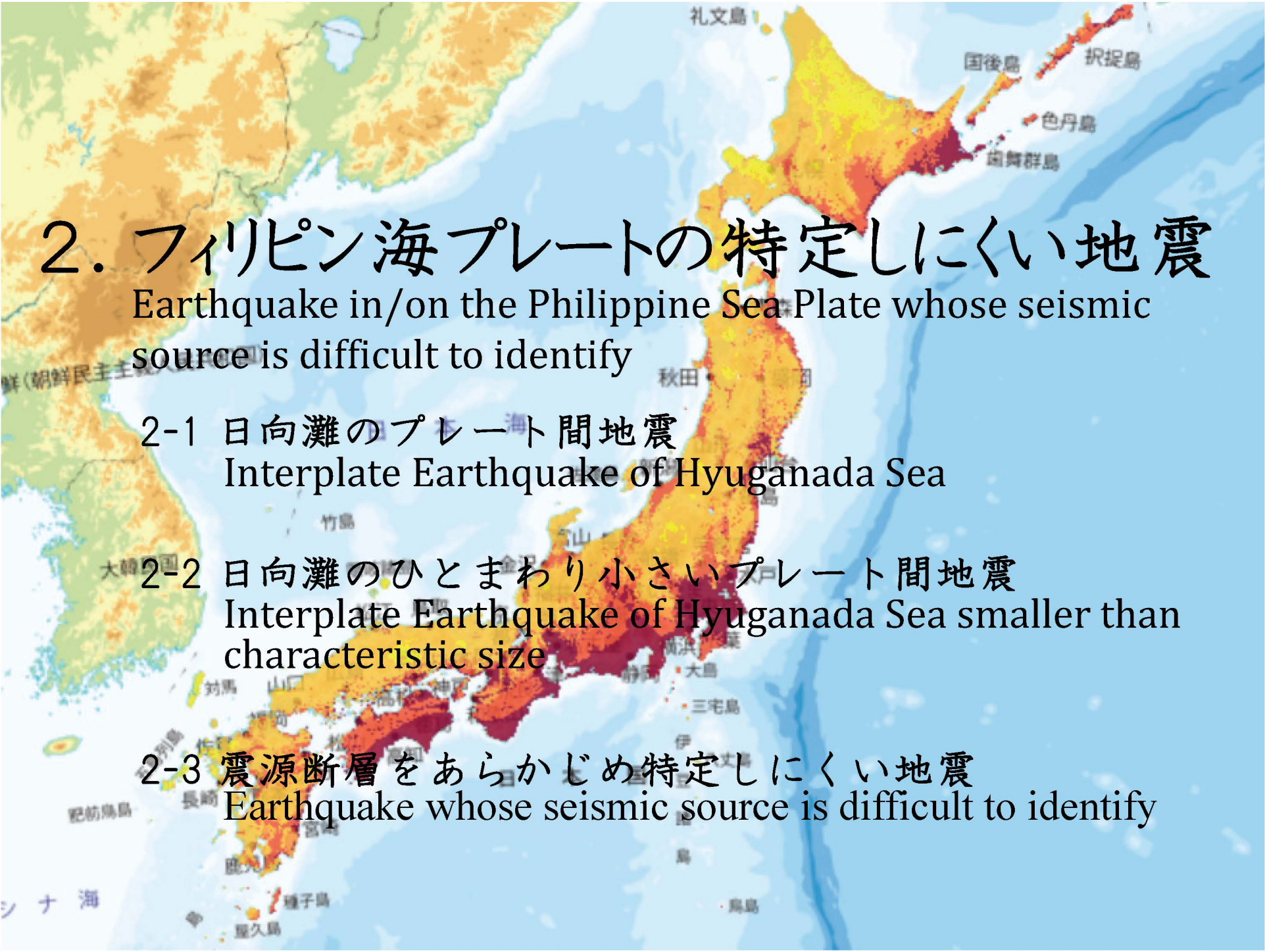
- ◎「南海トラフの地震活動の長期評価(第2版)」(地震本部、2013)の**時間予測モデル**による発生確率に基づく。
- ◎ 各発生パターンの発生確率は、時間予測モデルによる発生確率に**各発生パターンの重みを乗じて算出**。

表 5.2.1.2-1 南海トラフの地震の諸元

	長期評価	設定モデル
30 年発生確率	60%～70%	67%
50 年発生確率	90%程度以上	91%
マグニチュード	M8～9 クラス	Mw8.2～9.1
震源域	想定震源域の位置を図示	長期評価の想定震源域に整合する固有の断層面を設定

(注)地震発生確率は2014年1月からの値。設定モデルの確率計算では、平均発生間隔=88.2年、最新発生時期=68.0年前(2014年1月時点)、ばらつき $\alpha=0.22$ (0.20と0.24の中央値)とし、発生間隔がBPT分布に従うと仮定した。また $M_w=M_j$ と仮定した

※ 表は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

A map of Japan and surrounding regions, including parts of the Korean Peninsula and the Philippines. The map is overlaid with a color-coded seismic activity heat map, showing higher concentrations of seismic activity in the Pacific Ocean to the east of Japan and along the Japanese archipelago. Various islands and regions are labeled in Japanese, including Hokkaido, Honshu, Shikoku, and Kyushu, as well as specific islands like the Ryukyu Islands and the Izu Islands. The text is overlaid on the map, with the main title in large black characters and the subtitles in smaller black characters.

2. フィリピン海プレートの特定しにくい地震

Earthquake in/on the Philippine Sea Plate whose seismic source is difficult to identify

2-1 日向灘のプレート間地震

Interplate Earthquake of Hyuganada Sea

2-2 日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

Interplate Earthquake of Hyuganada Sea smaller than characteristic size

2-3 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

Earthquake whose seismic source is difficult to identify

2.1 日向灘のプレート間地震

Interplate Earthquake of Hyuganada Sea

- ◎「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価」(地震本部、2004)
 において、M7.5～M7.6の地震が約200年に1回の頻度で発生していることから、
30年発生確率10%程度、地震の規模を**M7.6前後**と評価。

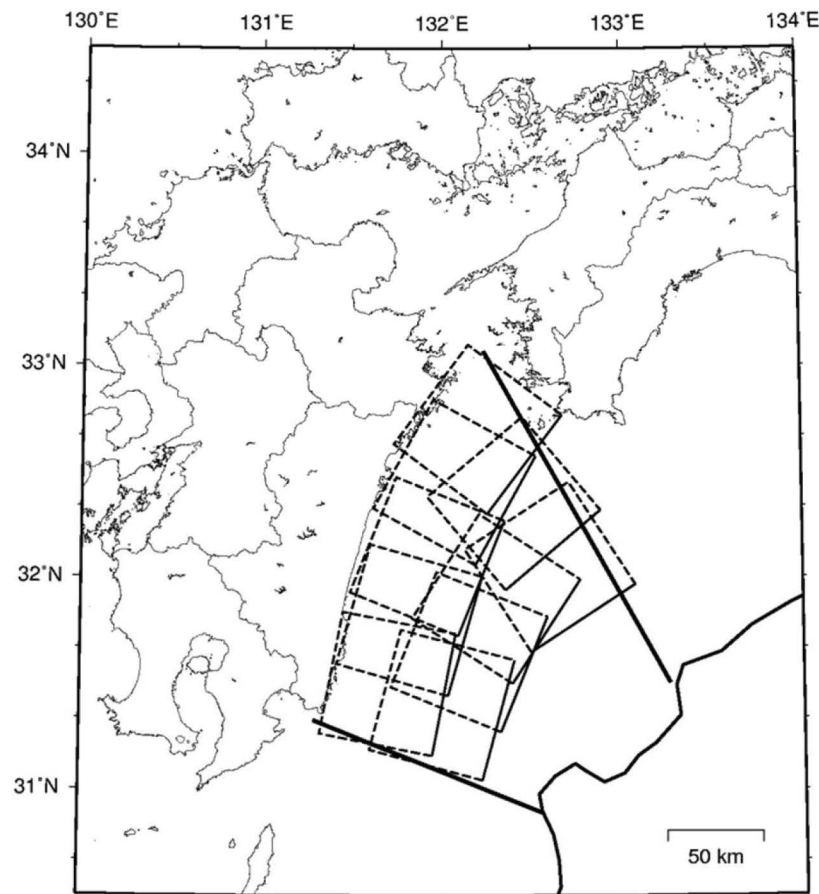


図 5.2.2.1-1 日向灘のプレート間地震の断層面
 Settings for fault plane

※図表は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

Evaluation for Future earthquake

表 5.2.2.1-1 日向灘のプレート間地震の諸元

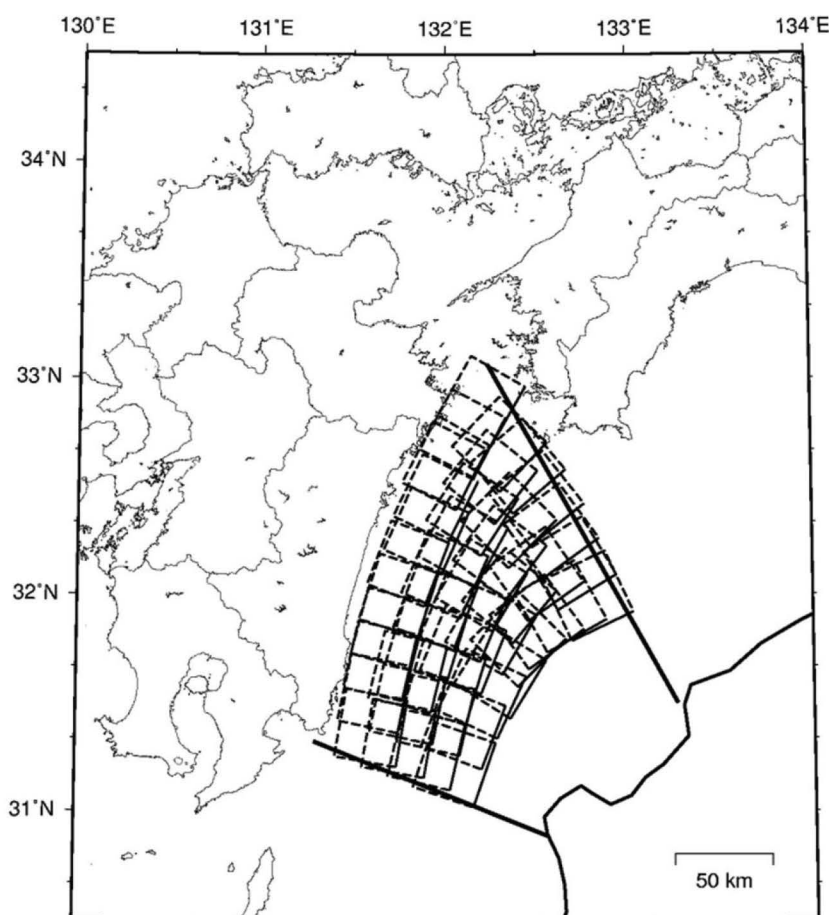
	長期評価	設定モデル
30 年発生確率	10%程度	14%
50 年発生確率	20%程度	22%
マグニチュード	M7.6 前後	Mw7.6
震源域	想定震源域の 位置を図示	領域内に長さ 65km×幅 65km (M7.6 相当) の矩形の断層面 (断層数 10) をプレート 境界に沿って並べて、そのいずれかで等 確率で地震が発生すると仮定した。

(注) 設定モデルの確率計算では、平均発生間隔=200 年 (400 年間に 2 回) のポアソン過程を仮定した。また $M_w = M_j$ と仮定した。

2.2 日向灘のひとまわり小さいプレート間地震

Interplate Earthquake of Hyuganada Sea smaller than characteristic size

- ◎「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価」(地震本部、2004)
 において、M7.0～M7.2の地震が約20～27年に1回の頻度で発生していることから、
30年発生確率70～80%程度、地震の規模を**M7.1前後**と評価。



Evaluation for Future earthquake

表 5.2.2.2-1 日向灘のひとまわり小さいプレート間地震の諸元

	長期評価	設定モデル
30年発生確率	70%～80%	73%
50年発生確率	80%～90%	89%
マグニチュード	M7.1前後	Mw7.1
震源域	想定震源域の位置を図示	領域内に長さ 35km×幅 35km (M7.1 相当) の矩形の断層面 (断層数 44) をプレート境界に沿って並べて、そのいずれかで等確率で地震が発生すると仮定した。

(注) 設定モデルの確率計算では、平均発生間隔=23 年 (80 年間に 3～4 回) のポアソン過程を仮定した。また $M_w=M_j$ と仮定した。

図 5.2.2.2-1 日向灘のひとまわり小さいプレート間地震の断層面
 Settings for fault plane

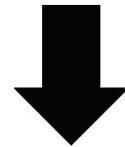
※ 図表は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

Earthquake whose seismic source is difficult to identify

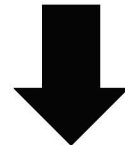
➡ 長期評価されていない地震

断層(震源域)の位置、形状、地震の規模、地震発生確率等が不明。



- ・断層(震源域)の位置・形状
- ・地震の規模
- ・地震発生確率

を設定する必要がある。... が、1つ1つの地震をモデル化することはできない。



全国を領域区分し、各領域で発生する多くの地震をまとめて取り扱う。

各領域で発生する地震の群が持つ統計的性質を
用いて地震活動をモデル化

◎ **地震の例**：鳥取県西部地震(2000) M7.3

2-3 震源断層をあらかじめ特定しにくい地震

Earthquake whose seismic source is difficult to identify

■ 断層面の設定 Settings for Fault plane

◎Mに応じた面積の断層面を、各領域区分内に等間隔で配置し、それらで等確率で地震が発生すると仮定。

◎断層面の傾斜角は、プレート間地震はプレートの傾斜に沿うように、プレート内地震は水平に設定。

◎M7.5以下の地震の断層は、Mから宇津・関(1955)の式で決まる面積の円形とする。

南海トラフ

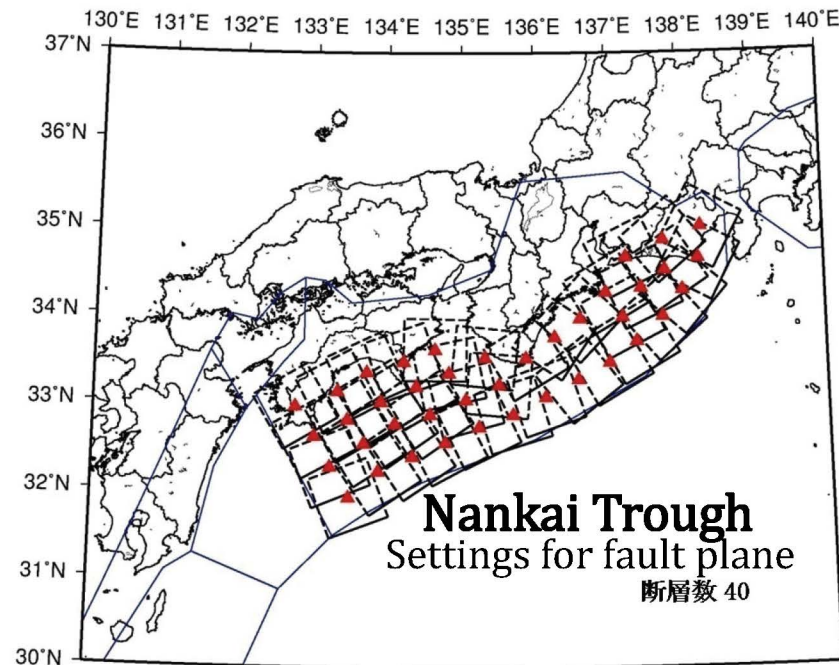


図 5.2.3-11 南海トラフ沿いの $M \geq 7.6$ の地震の断層面 (▲: 断層中心)
(プレート間地震の断層面はプレート上面に沿うように、プレート内地震の断層面はそれよりも 10km 深いところに配置) ※ 図は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

安芸灘～伊予灘

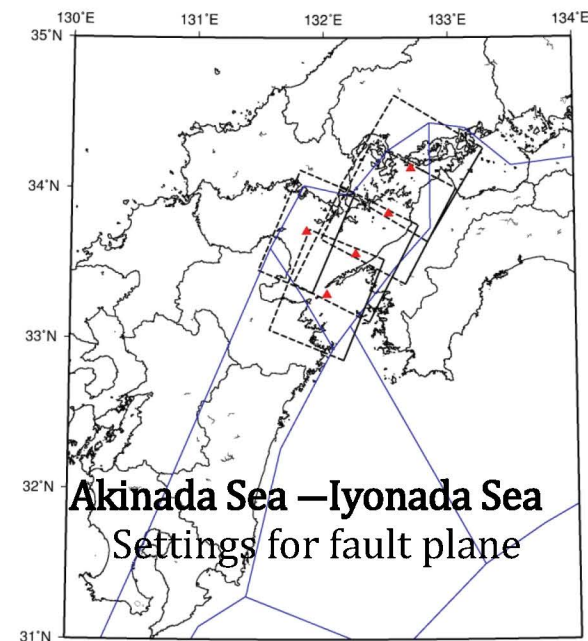


図 5.2.3-12 安芸灘～伊予灘～豊後水道の $M \geq 7.6$ の地震の断層面 (▲: 断層中心)
(断層面はプレート上面よりも 10km 深いところに配置)

■ 地震の規模の設定 Settings for Magnitude

➤ プレート間地震

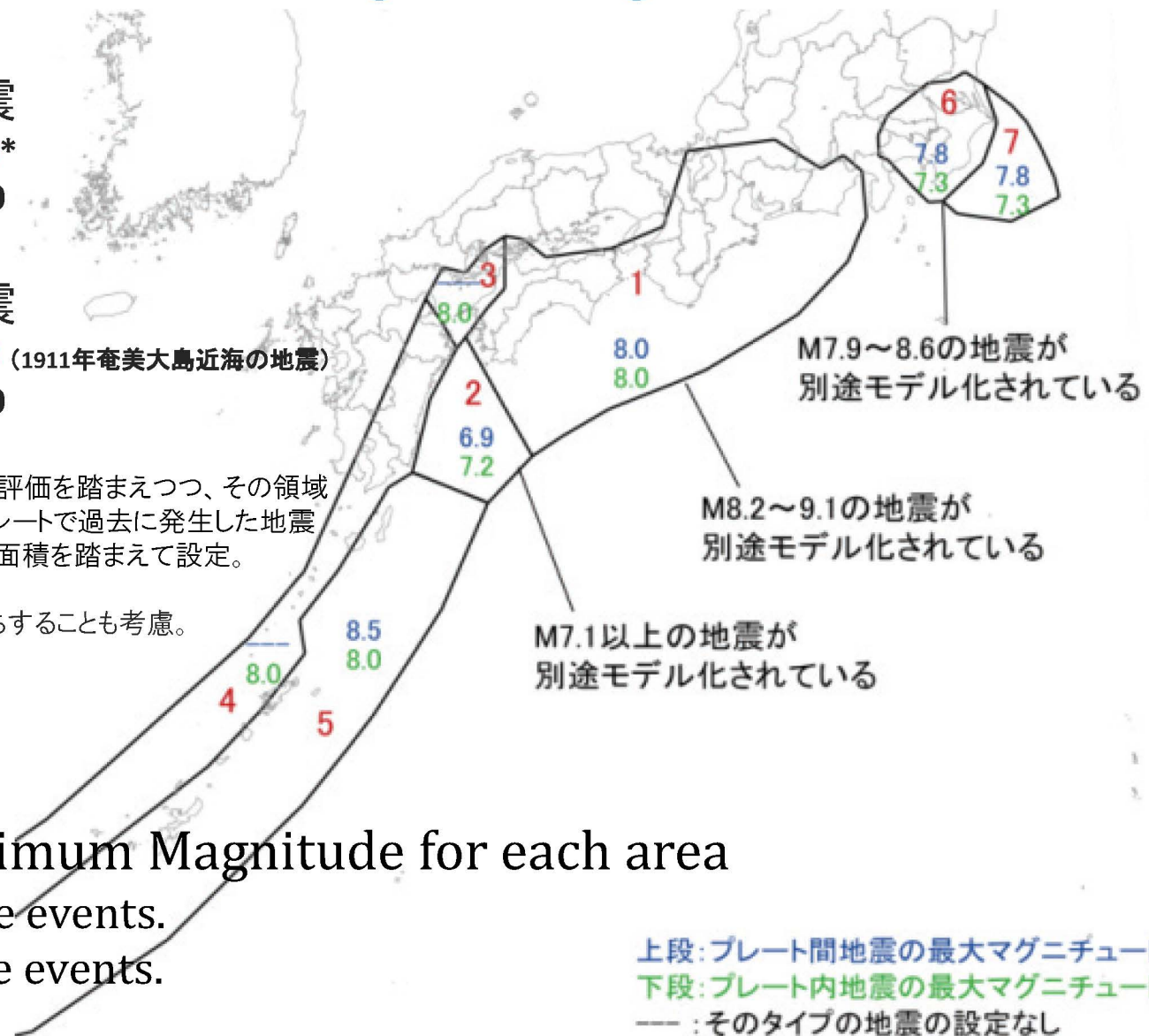
- ・上限値: **M8.5***
- ・下限値: **M5.0**

➤ プレート内地震

- ・上限値: **M8.0** (1911年奄美大島近海の地震)
- ・下限値: **M5.0**

※上限値は、その領域の長期評価を踏まえつつ、その領域
或いはその領域が属するプレートで過去に発生した地震
の最大規模や、その領域の面積を踏まえて設定。

※距離減衰式が**M8.3**で頭打ちすることもある。



Settings for Maximum Magnitude for each area

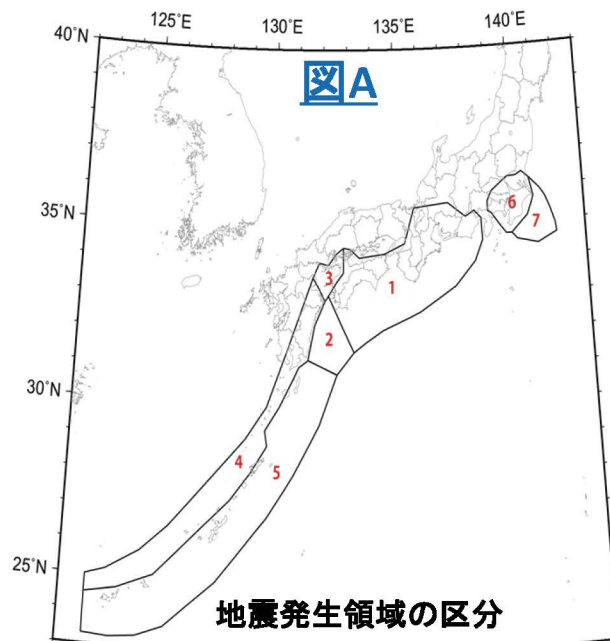
Blue : for Interplate events.

Green: for Intraplate events.

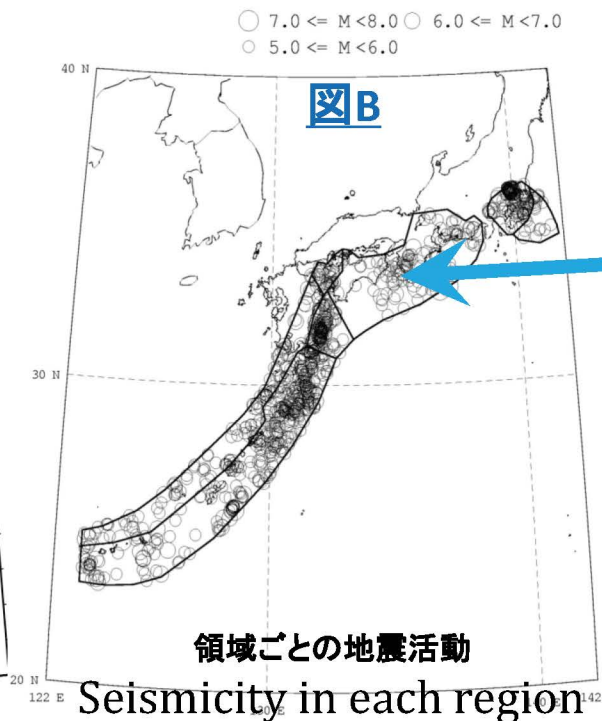
※ 図は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

■ 発生確率の設定 Settings for Probability

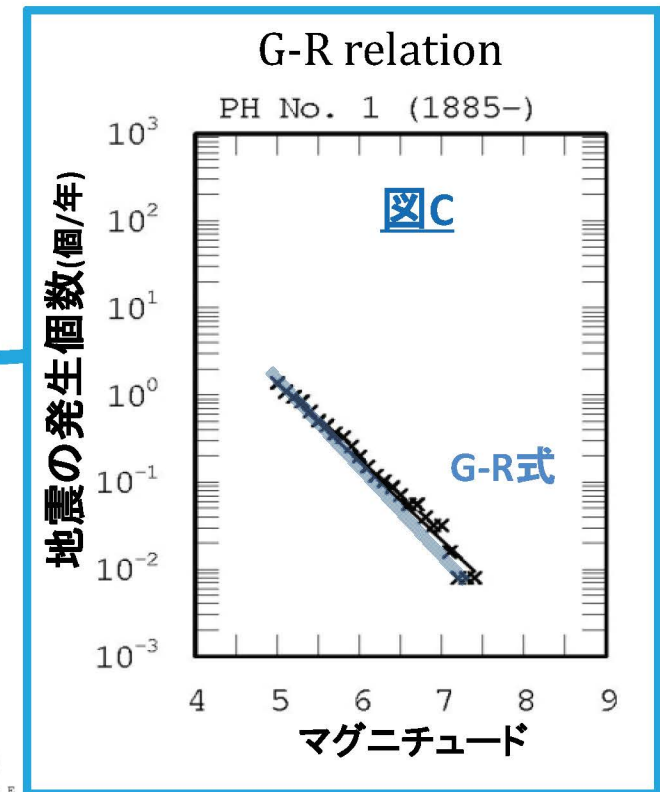
- ◎ 地震地体構造区分、長期評価等による領域区分(図A)で過去に発生した地震(図B)の規模別頻度分布(図C)から、地震の発生頻度を算出する。
- ◎ 地震の規模別頻度分布は、経験的にGutenberg-Richter式(**G-R式**): $\log N(M) = a - bM$ に従う。
 $N(M)$ はマグニチュードがMの地震の発生個数、a、bは定数で、 $b=0.9$ 。
- ◎ 規模別発生頻度にフィッティングした **$b=0.9$** のG-R式から発生頻度を求め、**ポアソン過程**を仮定して発生確率を算出する。



Regional division

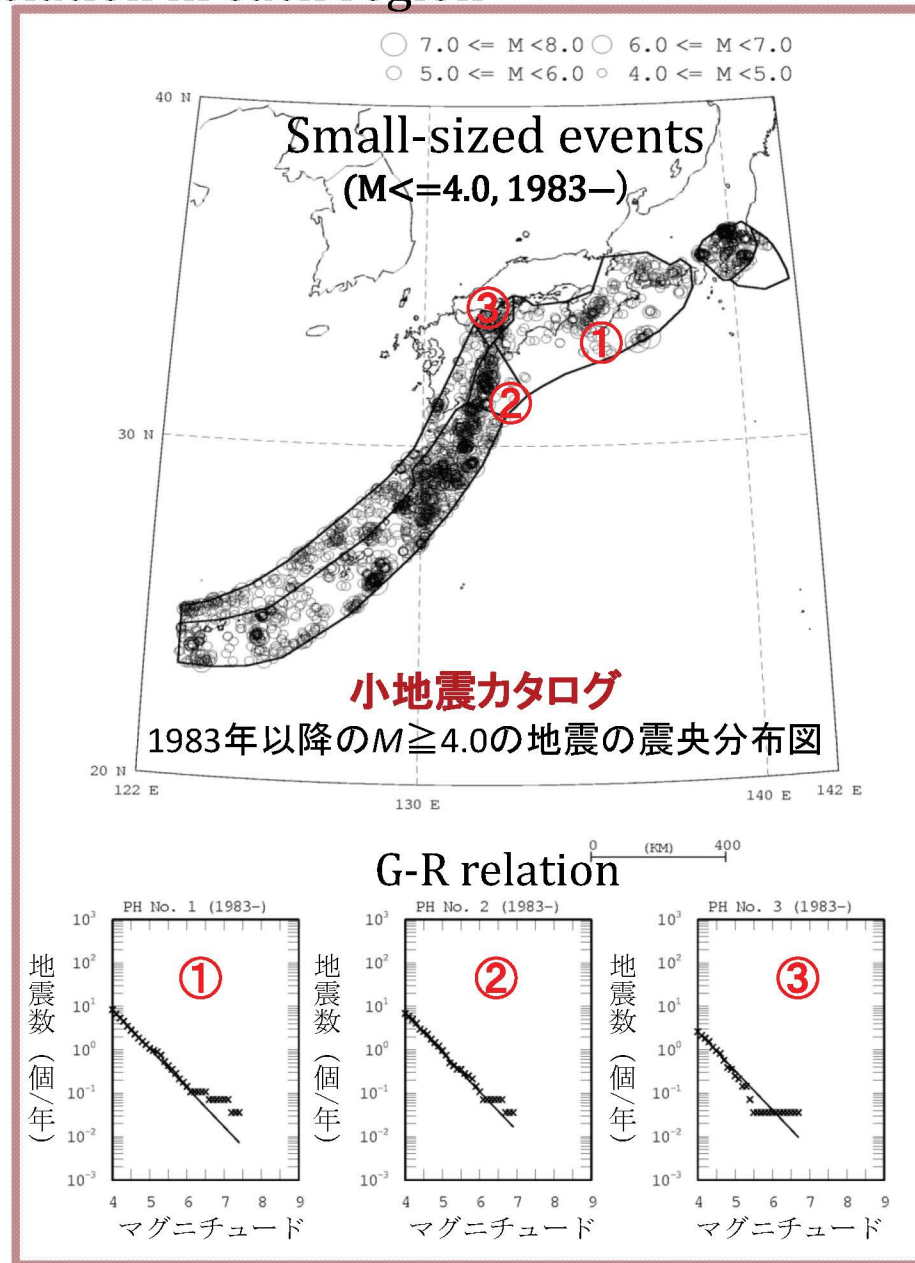
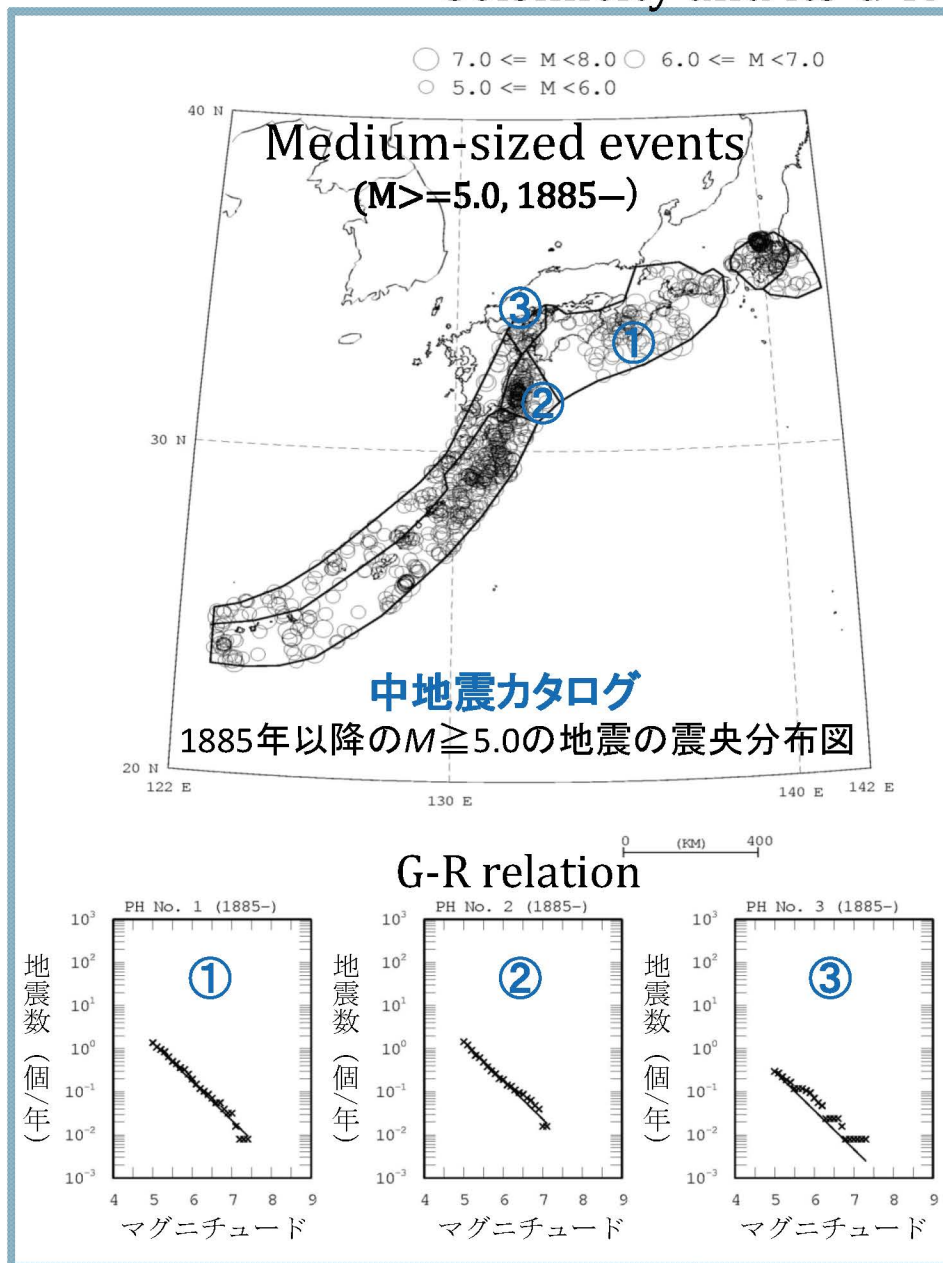


Seismicity in each region



領域ごとの地震活動とG-R関係

Seismicity and its G-R relation in each region



※ 図は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)に加筆。

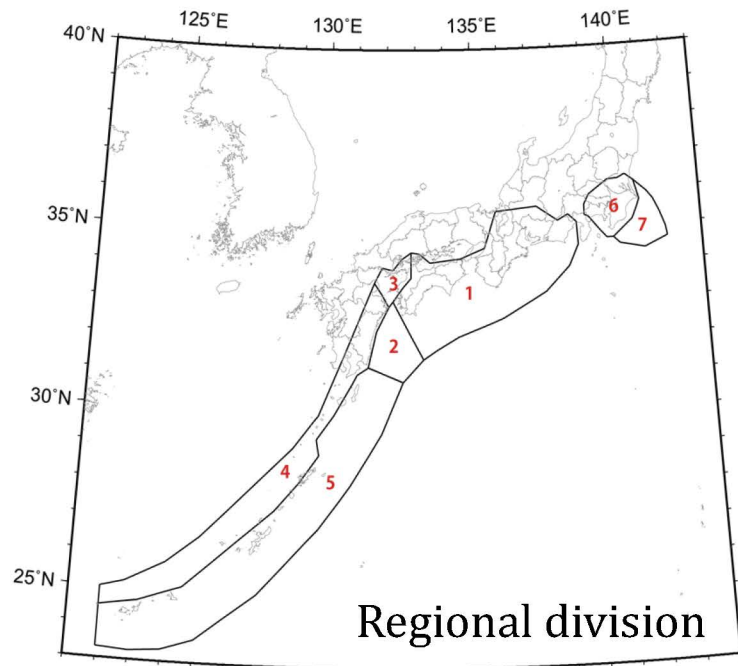
■ 発生確率の設定 Settings for Probability

地震の規模別頻度分布を求める際の領域区分の設定は地震発生確率に大きく影響

地震活動の局所性を適度に考慮するため、2つの異なる規模別頻度分布を計算し、それらの平均値を用いて発生確率を計算する。

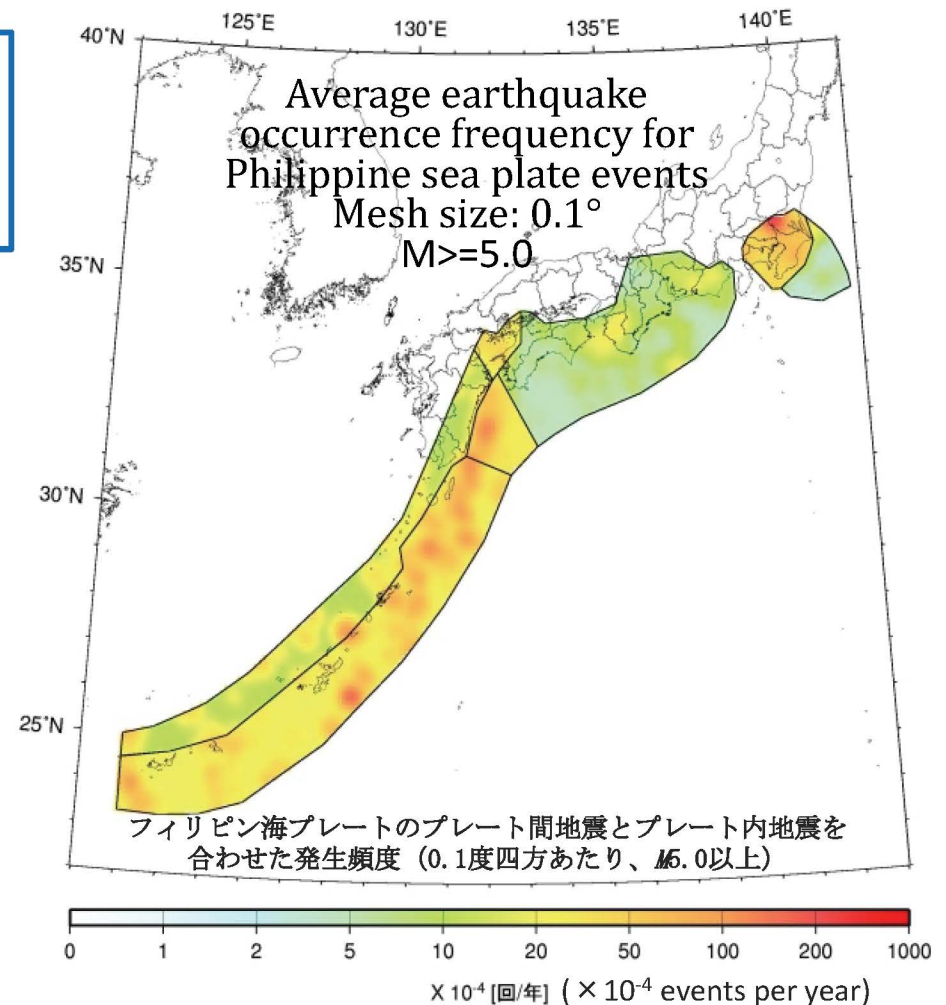
2つの規模別頻度分布

- ① 0.1度間隔の等間隔メッシュ
- ② 地震地体構造等に基づく地域区分(下図)



地震の規模別発生頻度算出に用いる領域区分

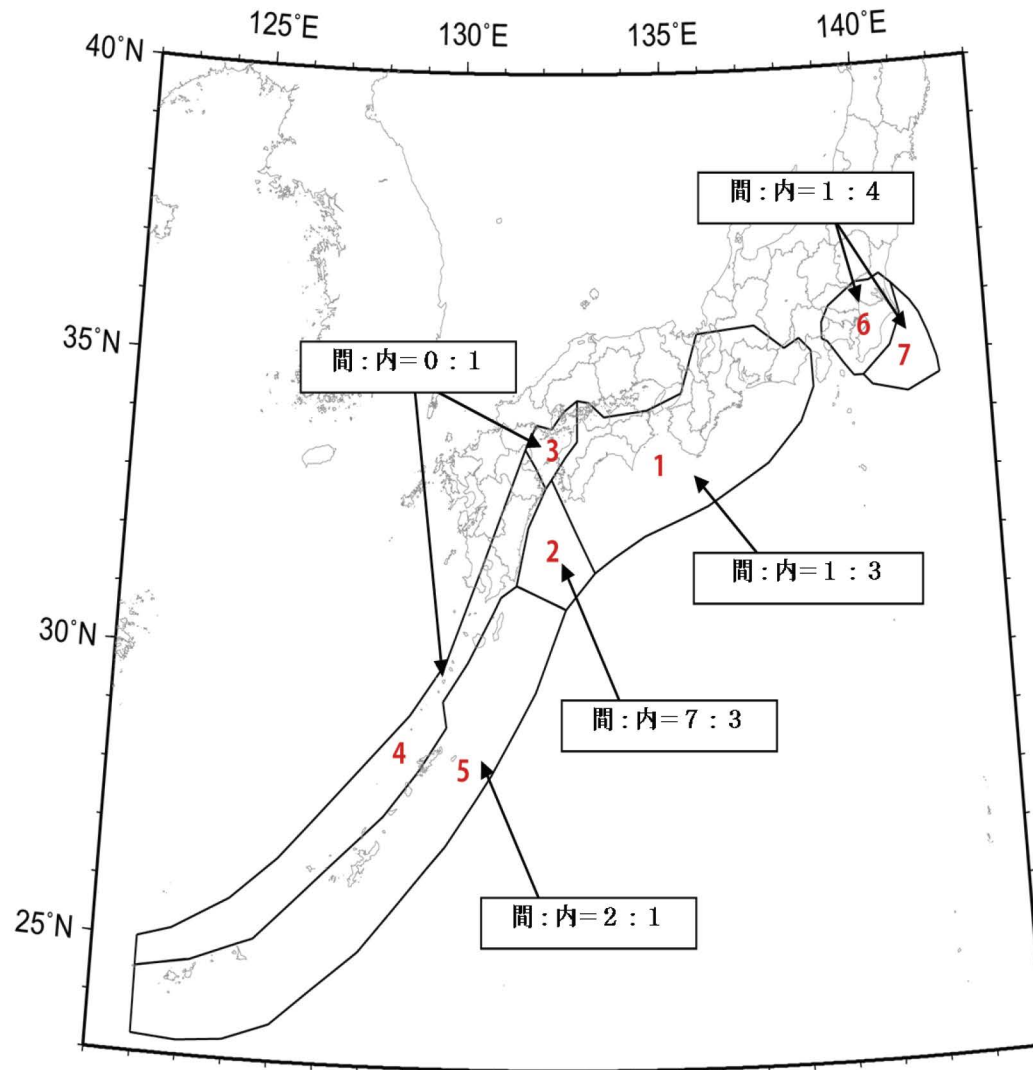
※ 図は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)に加筆。



■ 発生確率の設定 Settings for Probability

プレート間地震とプレート内地震の比率

Ratio between the number of inter- and intra- events



◎ 各領域の比率の設定根拠

1: 十分なデータがないため仮定値。

2: 植平・他(2001)を参考に設定。

3, 4, 5: 過去に発生した地震の震源メカニズムに基づき設定。

6,7: 「首都直下地震防災・減災特別プロジェクト」(文科省・東大, 2012)に基づき設定。

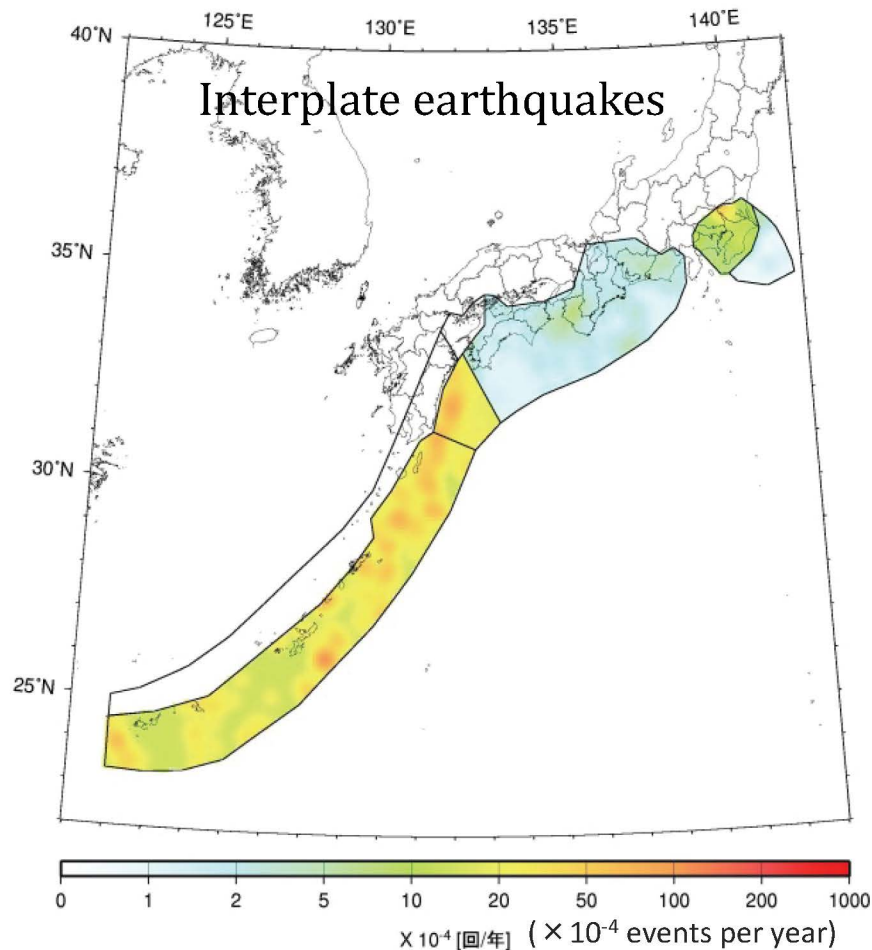
※図は、「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」
(地震調査研究推進本部, 2014)より引用

図 5.2.3-7 プレート間地震とプレート内地震の比率
Ratio between the number of inter- and intra- events

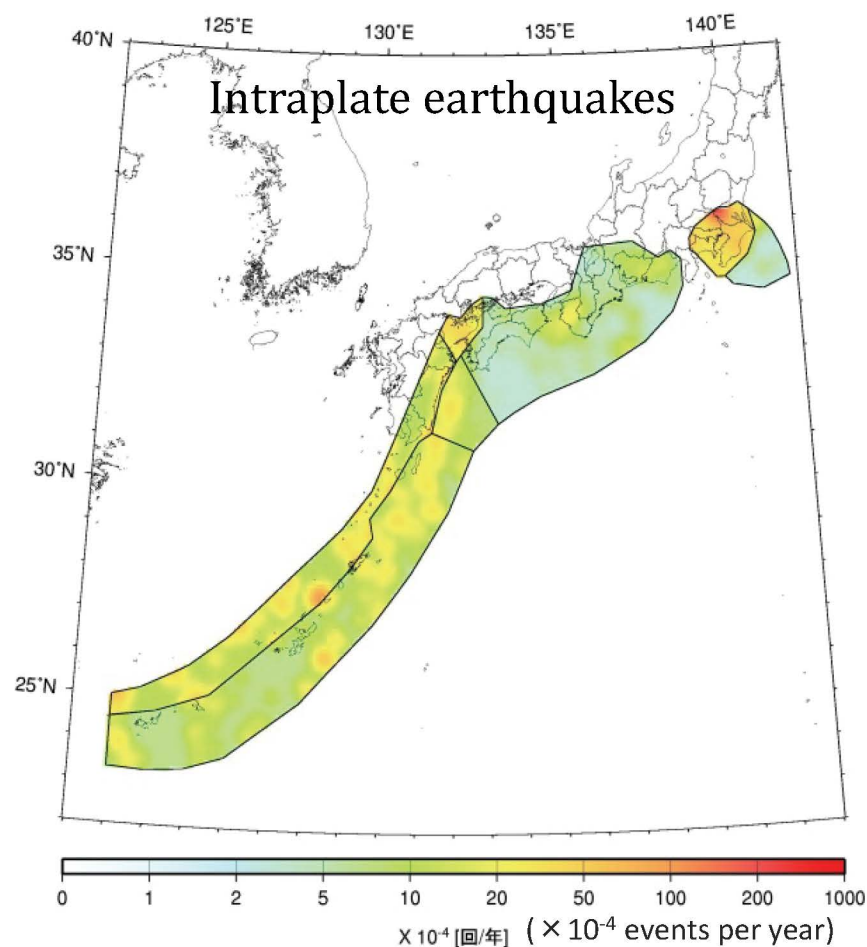
■ 発生確率の設定 Settings for Probability

フィリピン海プレートの地震の発生頻度(0.1度四方あたり、 $M5.0$ 以上)

Average earthquake occurrence frequency for Philippine sea plate events
(Mesh size: 0.1° , $M \geq 5.0$)



プレート間地震



プレート内地震

※ 図は「全国地震動予測地図2016年版 付録-1」(地震調査研究推進本部, 2014)に加筆。