

伊方発電所3号炉

日向灘および南西諸島海溝周辺の
地震活動の長期評価（第二版）を踏まえた
伊方発電所の地震動・津波評価への影響について

令和4年8月29日

四国電力株式会社



1. 長期評価（第二版）の改訂のポイントと伊方発電所への影響	2
a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価	4
b. 評価対象領域・地震の再編	8
c. 不確実性を踏まえた評価	22
2. まとめ	25

【参考資料】

参考1 南西諸島周辺のMw9.0の津波評価について	27
参考2 敷地周辺における被害地震の収集・整理について	29
参考3 日向灘域で発生するM8程度の海洋プレート内地震について	34

1. 長期評価（第二版）の改訂のポイントと伊方発電所への影響

- a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価
- b. 評価対象領域・地震の再編
- c. 不確実性を踏まえた評価

2. まとめ

長期評価（第二版）の改訂のポイント

○伊方発電所におけるプレート間地震及び海洋プレート内地震の地震動・津波評価にあたっては、内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会」（以下、「内閣府検討会」という。）や地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下、「地震本部」という。）の「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価（平成16年2月）」（本資料では「第一版」という。）等を参照している。

○この度、地震本部より、「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価（第二版）」（以下、「第二版」という。）が令和4年3月25日に公表されており、**第一版からの改訂のポイント**は下記のとおりとされている。

- a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価（M8程度の巨大地震の発生可能性を評価）
- b. 評価対象領域・地震の再編（地震活動に関する知見や最新の調査結果等を反映）
- c. 不確実性を踏まえた評価（浅い地震はプレート間地震・海洋プレート内地震を区別せずに評価）

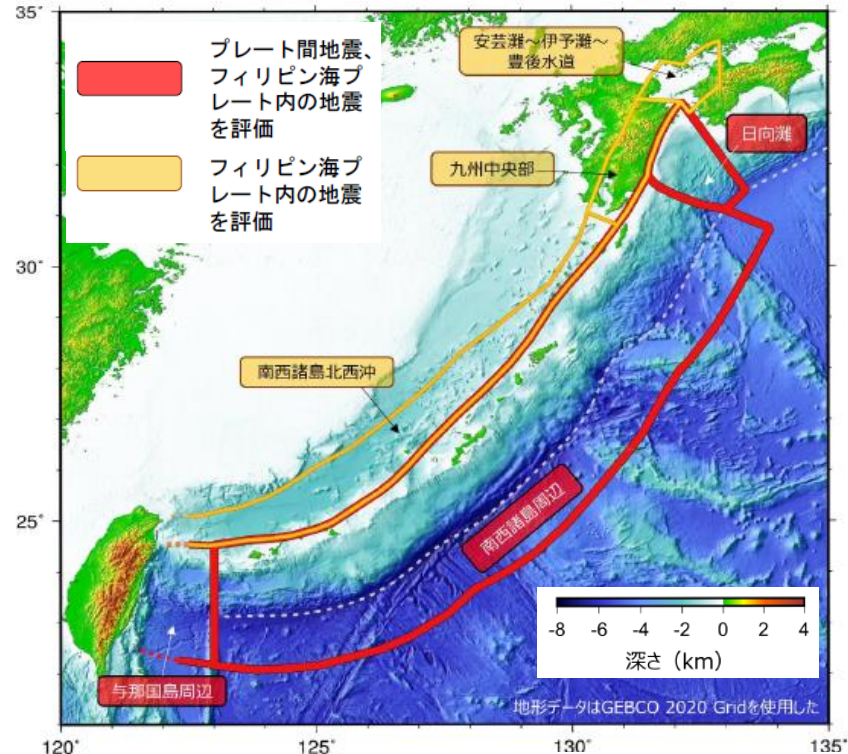
■将来発生する地震の評価

評価対象地震	規模	地震発生確率	確率計算に使用した地震 ^{注1}	初版の評価 ^{注2}
日向灘周辺				
日向灘の巨大地震 ^{注3}	M8程度	不明	— ^{注4}	—
日向灘のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	80%程度	1919年以降の5回	M7.6程度：10%程度 M7.1程度：70～80%程度
安芸灘～伊予灘～豊後水道の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M6.7～7.4程度	40%程度	1600年以降の7回	M6.7～7.4：40%程度
九州中央部の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.0～7.5程度	不明	1600年以降の1回	不明
南西諸島海溝周辺				
南西諸島周辺及び与那国島周辺の巨大地震 ^{注3}	M8.0程度	不明	1600年以降の1回	—
南西諸島周辺のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	不明 ^{注5}	1919年以降の4回	不明
与那国島周辺のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	90%程度以上	1919年以降の12回	M7.8程度：30%程度
南西諸島北西沖の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.0～7.5程度	60%程度	1919年以降の3回	不明
1771年八重山地震津波タイプ	Mt ^{注6} 8.5程度	地震発生確率を評価しない ^{注7}	—	—

^{注1} 地震発生確率を「不明」としたものについては、その評価対象地震に分類した地震の回数を記載した
^{注2} 本評価で評価対象領域・地震を再編したため、場所と規模の範囲が異なり、厳密には初版と対応しない
^{注3} プレート間地震とフィリピン海プレート内の地震を区別せずに評価した
^{注4} 過去に発生したことは知られていないが、1662年の地震(M7.6)は巨大地震であった可能性がある。Ioki et al. (2020)により、1662年の地震(M7.6)に伴う津波は、ひとまわり小さい地震として評価した地震に伴う津波よりも大きい可能性が指摘されている
^{注5} 評価対象領域を細分化できず、巨大な領域設定になったため ^{注6} Mtは津波マグニチュード
^{注7} 津波の原因には諸説あり、地震像が明らかでないことから、地震活動として評価することが現時点では困難と判断したため

■ IIIランク：26%以上（高い）
 ■ IIランク：3～26%未満（やや高い）
 ■ Iランク：3%未満
 ■ Xランク：不明

■評価対象領域



白色の破線はIwasaki et al. (2015) による海溝軸

1. 長期評価（第二版）の改訂のポイントと伊方発電所への影響

- a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価
- b. 評価対象領域・地震の再編
- c. 不確実性を踏まえた評価

2. まとめ

第二版における変更点

- 「最新の知見を踏まえた地震の再評価」として、第一版から第二版にかけて評価対象地震の再編を行い、日向灘の巨大地震、南西諸島周辺及び与那国島周辺の巨大地震、1771年八重山地震津波タイプ等の地震について、最新の知見を踏まえて将来発生する地震を評価している。
- 日向灘域について、第一版では「日向灘のひとまわり小さい地震」としてM7.6程度の規模の地震が想定されていたところ、第二版では「日向灘の巨大地震」として、M8程度の規模の巨大地震が発生する可能性が示されている。
- ここで、南西諸島周辺及び与那国島周辺の巨大地震や1771年八重山地震津波タイプの地震は敷地までの距離が遠いため、既許可評価に影響を及ぼさない（なお、津波については、南西諸島周辺でMw9.0の波源を設定した評価を既許可評価で実施済／参考1）。また、敷地が属する安芸灘～伊予灘～豊後水道域で発生する沈み込んだプレート内のやや深い地震は、第一版から地震規模の評価に変更がないため、既許可評価に影響を及ぼさない。
- このため、以下では、「日向灘の巨大地震」について、第二版を踏まえた伊方発電所への影響を確認する。

評価対象地震	規模	地震発生確率	確率計算に使用した地震 ^{注1}	初版の評価 ^{注2}
日向灘周辺				
日向灘の巨大地震 ^{注3}	M8程度	不明	— ^{注4}	—
日向灘のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	80%程度	1919年以降の5回	M7.6程度：10%程度 M7.1程度：70～80%程度
安芸灘～伊予灘～豊後水道の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M6.7～7.4程度	40%程度	1600年以降の7回	M6.7～7.4：40%程度
九州中央部の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.0～7.5程度	不明	1600年以降の1回	不明
南西諸島海溝周辺				
南西諸島周辺及び与那国島周辺の巨大地震 ^{注3}	M8.0程度	不明	1600年以降の1回	—
南西諸島周辺のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	不明 ^{注5}	1919年以降の4回	不明
与那国島周辺のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	90%程度以上	1919年以降の12回	M7.8程度：30%程度
南西諸島北西沖の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.0～7.5程度	60%程度	1919年以降の3回	不明
1771年八重山地震津波タイプ	Mt ^{注6} 8.5程度	地震発生確率を評価しない ^{注7}	—	—

^{注1} 地震発生確率を「不明」としたのものについては、その評価対象地震に分類した地震の回数を記載した

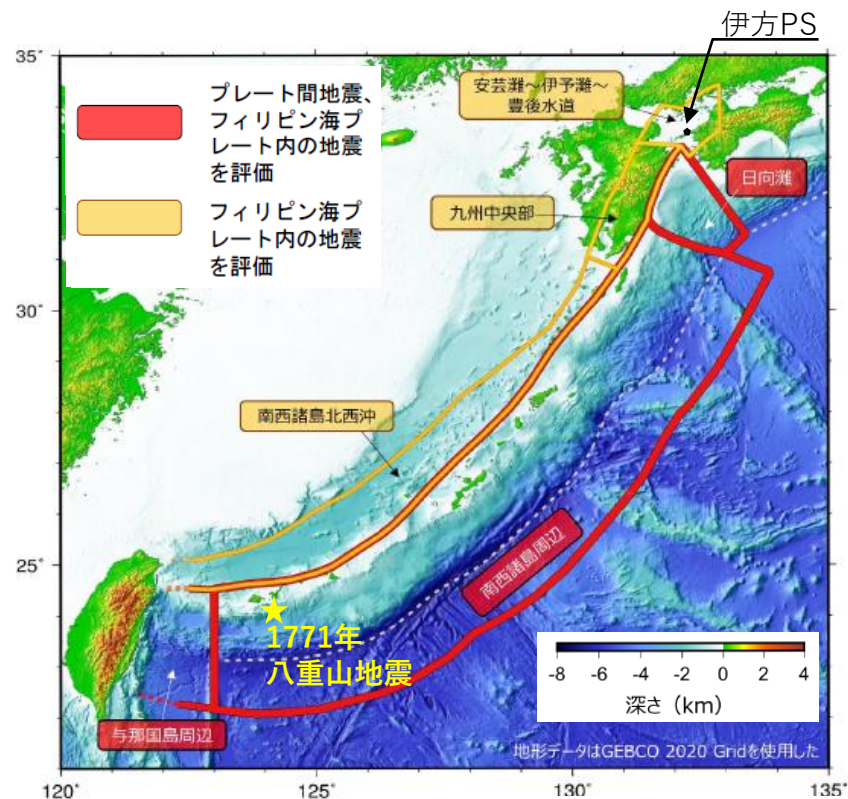
^{注2} 本評価で評価対象領域・地震を再編したため、場所と規模の範囲が異なり、厳密には初版と対応しない

^{注3} プレート間地震とフィリピン海プレート内の地震を区別せずに評価した

^{注4} 過去に発生したことは知られていないが、1662年の地震(M7.6)は巨大地震であった可能性がある。Ioki et al. (2020)により、1662年の地震(M7.6)に伴う津波は、ひとまわり小さい地震として評価した地震に伴う津波よりも大きい可能性が指摘されている

^{注5} 評価対象領域を細分化できず、巨大な領域設定になったため ^{注6} Mtは津波マグニチュード

^{注7} 津波の原因には諸説あり、地震像が明らかでないことから、地震活動として評価することが現時点では困難と判断したため

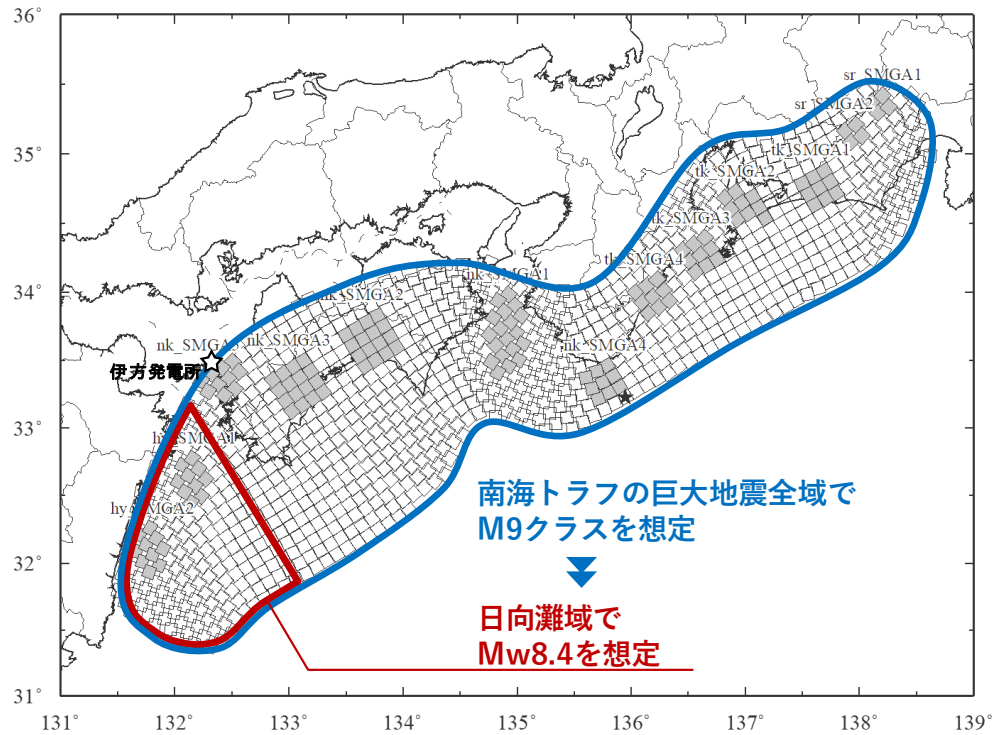


伊方発電所の地震動評価（既許可評価）への影響

- 伊方発電所のプレート間地震の地震動評価（既許可評価）は、内閣府検討会による強震断層モデル（陸側ケース）を基本モデルとした評価を実施している。
- その中で、断層全体としてはMw9.0、日向灘域でMw8.4の地震規模を想定するとともに、更なる不確かさの考慮として、敷地直下のプレート境界に強震動生成域(SMGA)を想定した保守的な評価を実施していることから、第二版を踏まえた地震動評価への影響はない。

■強震断層モデル

（陸側ケースの直下にSMGAを追加配置したモデル／既許可評価）



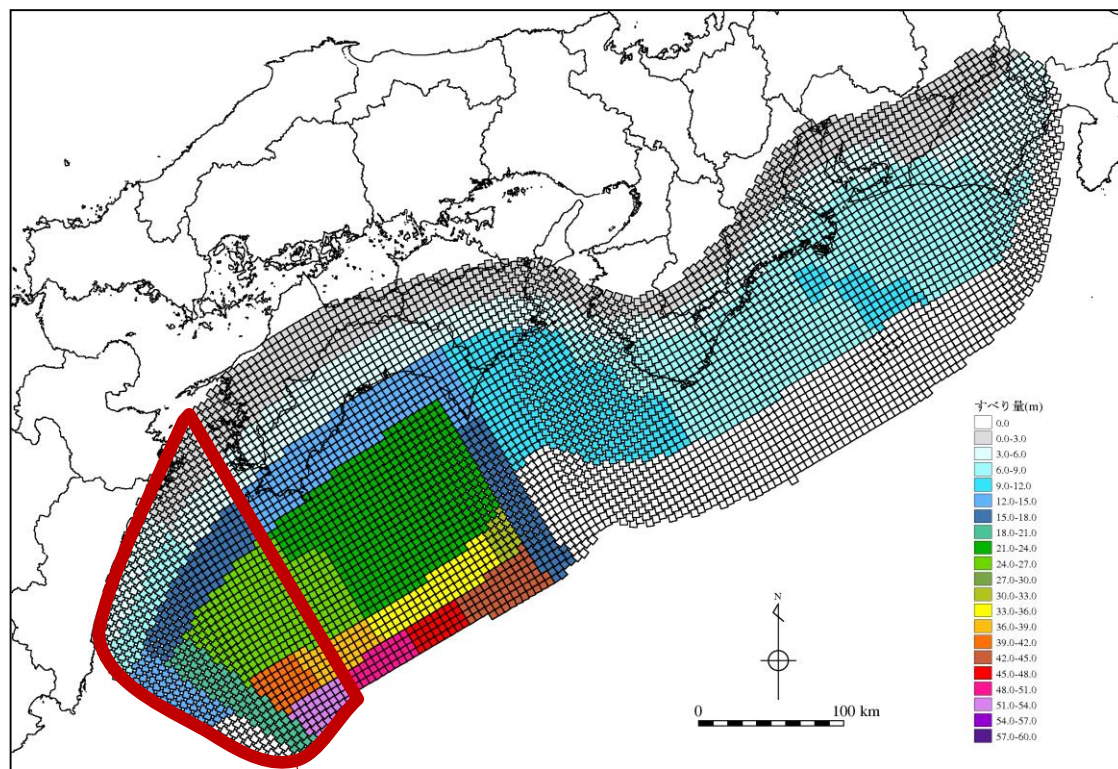
■断層パラメータ（既許可評価）

全体	面積(km ²)	110,150			
	応力パラメータ (MPa)	2.3			
	平均すべり量(m)	7.6			
	地震モーメント(Nm)	3.4E+22			
	Mw	9.0			
各セグメント	セグメント名	日向灘域	南海域	東海域	駿河湾域
	面積(km ²)	19,053	53,790	29,419	7,888
	平均応力降下量(MPa)	4	4	4	4
	平均すべり量(m)	5.5	9.3	6.9	3.6
	地震モーメント(Nm)	4.3E+21	2.0E+22	8.3E+21	1.2E+21
	Mw	8.4	8.8	8.5	8.0
強震動生成域 SMGA	面積(km ²)	2,047	6,109	3,661	853
	面積比	11%	11%	12%	11%
	平均すべり量(m)	11.1	18.6	13.7	7.1
	地震モーメント(Nm)	9.3E+20	4.7E+21	2.1E+21	2.5E+20
	Mw	7.9	8.4	8.1	7.5
強震動生成域 SMGA①	面積(km ²)	1,018	1,953	910	438
	応力パラメータ (MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	平均すべり量(m)	11.0	20.5	13.7	7.2
	地震モーメント(Nm)	4.6E+20	1.6E+21	5.1E+20	1.3E+20
	Mw	7.7	8.1	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA②	面積(km ²)	1,029	1,615	914	415
	応力パラメータ(MPa)	34.5	46.4	45.4	34.4
	平均すべり量(m)	11.1	18.7	13.7	7.0
	地震モーメント(Nm)	4.7E+20	1.2E+21	5.1E+20	1.2E+20
	Mw	7.7	8.0	7.7	7.3
強震動生成域 SMGA③	面積(km ²)		1,612	913	
	応力パラメータ (MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		18.7	13.7	
	地震モーメント(Nm)		1.2E+21	5.1E+20	
	Mw		8.0	7.7	
強震動生成域 SMGA④	面積(km ²)		929	924	
	応力パラメータ (MPa)		46.4	45.4	
	平均すべり量(m)		14.2	13.8	
	地震モーメント(Nm)		5.4E+20	5.2E+20	
	Mw		7.8	7.7	
背景領域	面積(km ²)	17,006	47,681	25,758	7,035
	応力パラメータ (MPa)	3.7	3.7	3.7	3.7
	平均すべり量(m)	4.9	8.1	5.9	3.1
	地震モーメント(Nm)	3.4E+21	1.6E+22	6.2E+21	9.0E+20
	Mw	8.3	8.7	8.5	7.9
その他	破壊伝播速度(km/s)	2.7	2.7	2.7	2.7
	fmax(Hz)	6Hz	6Hz	6Hz	6Hz
	剛性率(Nm ²)	4.1E+10	4.1E+10	4.1E+10	4.1E+10

伊方発電所の津波評価（既許可評価）への影響

- 伊方発電所のプレート間地震の津波評価（既許可評価）は、内閣府検討会による津波波源モデル（ケース⑤『「四国沖～九州沖」に大すべり域を設定』）を基本モデルとした評価を実施している。
- その中で、断層全体としてはMw9.1、日向灘域でMw8.6程度の地震規模を想定するとともに、日向灘に多くの大すべり域を配分していることから、第二版を踏まえた津波評価への影響はない。

津波断層モデル（基本モデル／既許可評価）



日向灘域

断層パラメータ（既許可評価）

総面積	$1.4 \times 10^{11}(\text{m}^2)$
地震モーメント M_0	$6.3 \times 10^{22}(\text{N} \cdot \text{m})$
モーメントマグニチュードMw	9.1
応力降下量	3.0(MPa)
平均すべり量	10.7(m)
破壊伝播速度	瞬時破壊
ライズタイム	瞬時破壊

日向灘域単独の地震規模は内閣府検討会では明記されていない。

左図のとおり、すべり量の配分には濃淡があり、日向灘には多くの大すべり域が配分されているものの、仮に全域の地震モーメント $6.3 \times 10^{22}(\text{N} \cdot \text{m})$ に日向灘域の面積比(18%)を乗じた場合の日向灘域の地震モーメントは $1.1 \times 10^{22}(\text{N} \cdot \text{m})$ となり、Kanamori(1977)のMw- M_0 関係式からMw8.6程度となる。

1. 長期評価（第二版）の改訂のポイントと伊方発電所への影響

a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価

b. 評価対象領域・地震の再編

c. 不確実性を踏まえた評価

2. まとめ

第二版における変更点

- 「評価対象領域・地震の再編」として、第一版から第二版にかけて、**地震活動等の最新の調査結果を反映して評価対象領域の形状を一部見直している**。また、次頁のとおり、**過去に発生した主な地震が再編され**、例えば日向灘域では、第一版では海洋プレート内地震の可能性があると評価対象外とされていた1769年の地震などの3地震が新たに整理されている（その他の地震は第一版の整理と同じ）。
- 既許可の地震動評価では、**第一版の評価対象領域や過去の被害地震を参照して検討用地震を選定している**ことから、第二版を踏まえた影響を確認する。ここで、プレート間地震については、内閣府検討会によるモデルを検討用地震として選定しており、前記a)に対する検討のとおり、第二版を踏まえた影響はないため、以下では、**海洋プレート内地震の検討用地震の選定への影響を確認する**。

第一版

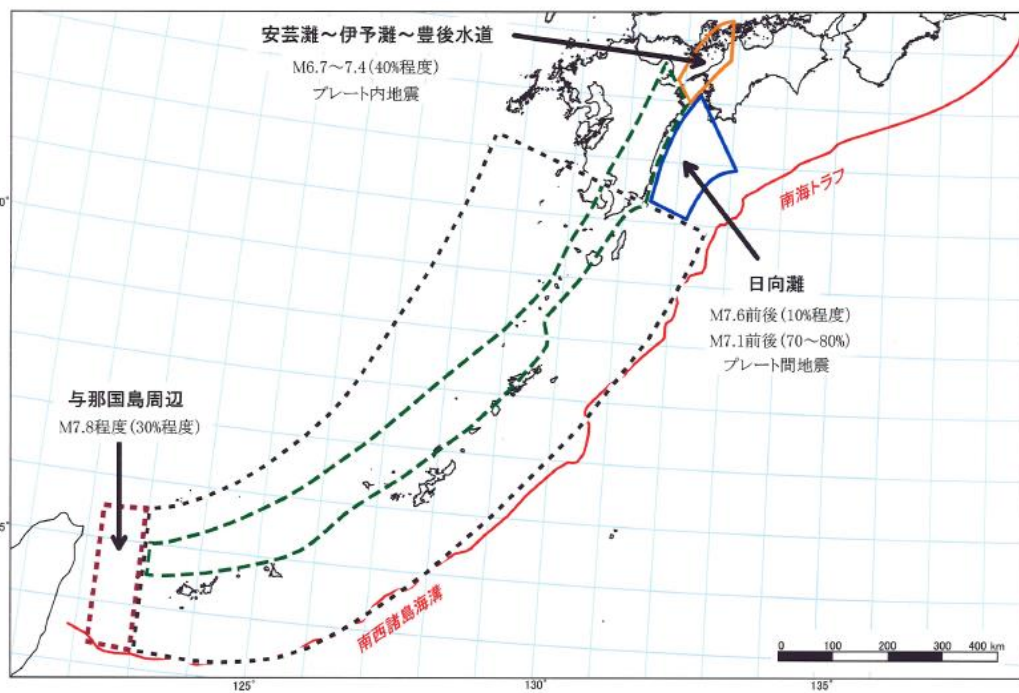
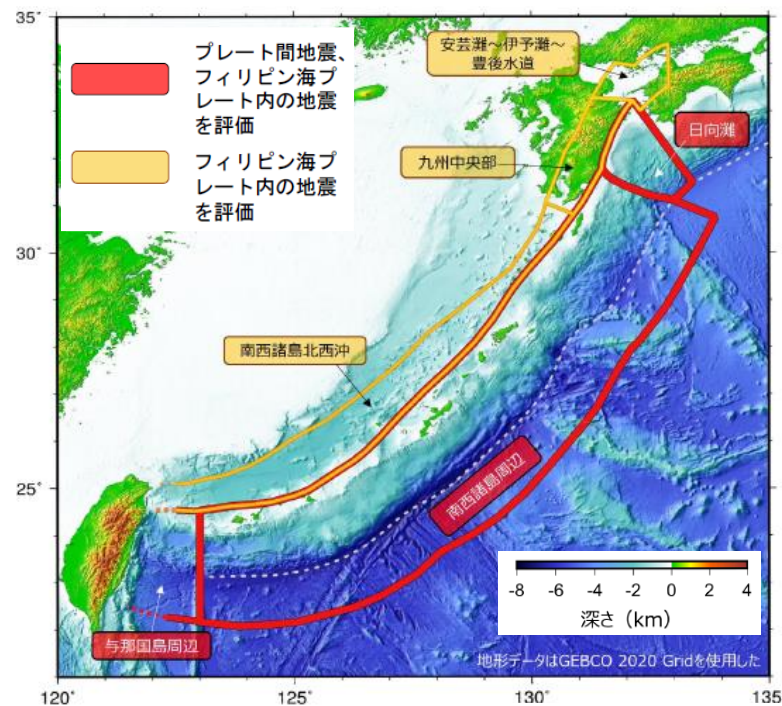


図2 想定地震の震源域の範囲・規模・地震のタイプおよび30年確率

第一版より抜粋

第二版



白色の破線はIwasaki et al. (2015) による海溝軸

第二版より抜粋・一部加筆

第二版における変更点

■過去に発生した主な地震の整理^{注1}（日向灘周辺について抜粋して整理）

	第一版		第二版	
	発生日時	地震規模M	発生日時	地震規模M
日向灘のひとまわり小さい地震 ^{注2}	1662/10/31	7.6	同左	同左
	—	—	1769/8/29	7.8 ^{注3}
	—	—	1899/11/25	7.1
	1931/11/02	7.1	同左	同左
	1941/11/19	7.2	同左	同左
	1961/2/27	7.0	同左	同左
	1968/4/1	7.5	同左	同左
	1984/8/7	7.1	同左	同左
安芸灘～伊予灘～豊後水道の沈み込んだプレート内のやや深い地震	1649/3/17	7.0	同左	同左
	1686/1/4	7.2	同左	同左
	—	—	1749/5/25	6.8
	1854/12/26	7.4	同左	同左
	1857/10/12	7.3	同左	同左
	1905/6/2	7.2	同左	同左
	2001/3/24	6.7	同左	同左
九州中央部の沈み込んだプレート内のやや深い地震	1909/11/10	7.6	同左	同左

注1 気象庁震源カタログ、宇佐美ほか(2013)（日本被害地震総覧）等を参照して作成されている。

注2 第一版では、「日向灘のプレート間地震」と「日向灘のひとまわり小さいプレート間地震」に分類されており、1662年の地震(M7.6)と1968年の地震(M7.5)は前者として、その他の地震は後者として分類されていたものが、第二版では全て「日向灘のひとまわり小さい地震」として整理されている。

注3 松浦ほか(2003)は、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を踏まえ、地震規模をM7.2程度と推定している。また、神田・武村(2013)は震度分布から地震規模をM7.4と推定しており、第二版ではこれらの見解を採用し、本地震を日向灘のひとまわり小さい地震に分類している。

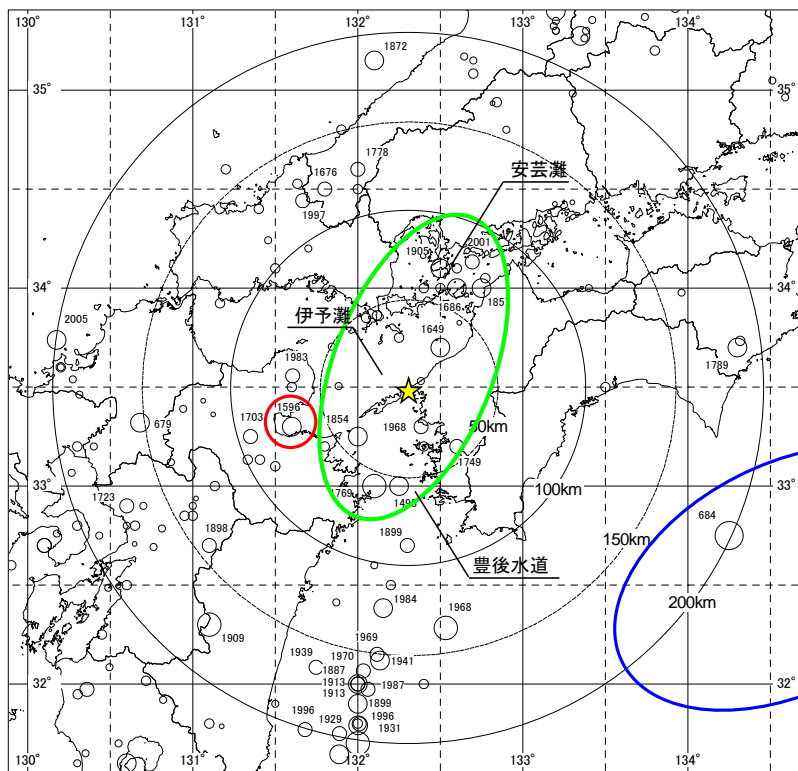
海洋プレート内地震の検討用地震の選定（1/8）（既許可評価）

○敷地周辺で発生した被害地震（日本被害地震総覧等の知見を参照）の震央分布を整理し、敷地からの震央距離が200km以内の地震についてリスト化したうえ、検討用地震の選定において考慮している。

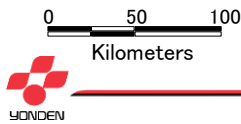
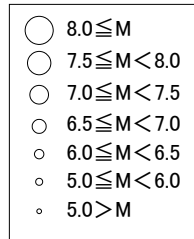
1. 敷地周辺の地震発生様式

敷地周辺で過去に発生した被害地震の震央分布

平成25年8月28日
審査会合資料再掲



- プレート間で発生する地震としては、南海トラフ沿いでM8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生
- 海洋プレート内で発生する地震としては、安芸灘や伊予灘など瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところでM7程度の地震が発生
- 内陸地殻内地震については、大分県別府周辺でM7程度の地震が発生

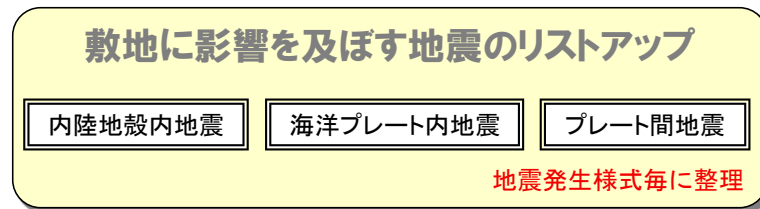


海洋プレート内地震の検討用地震の選定（2/8）（既許可評価）

○検討用地震は、リスト化した地震のうち、敷地で震度5弱程度以上と推定される地震について、Zhao et al.(2006)による評価から、敷地に与える影響が大きい地震を選定している。

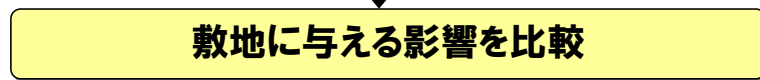
4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 検討用地震の選定 ー選定の流れー

平成26年11月7日
審査会合資料再掲



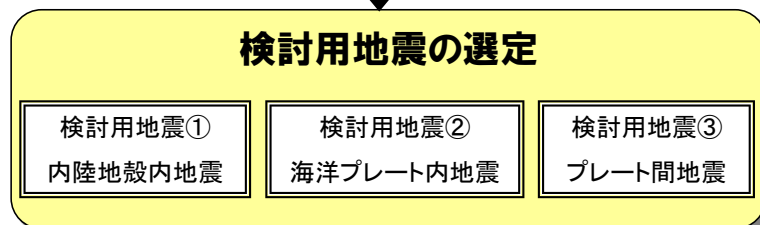
○リストアップ方針

- ①敷地に影響を及ぼす可能性のある活断層・地震
- ②被害地震から敷地で震度5弱程度以上と推定される地震



○地震発生様式毎に距離減衰式を用いて、敷地で予想される地震動を比較

○距離減衰式には、断層近傍のデータを用いており、地震発生様式を考慮できることからZhao et al.(2006)を使用



○地震発生様式毎に最も影響の大きい地震を検討用地震として選定する



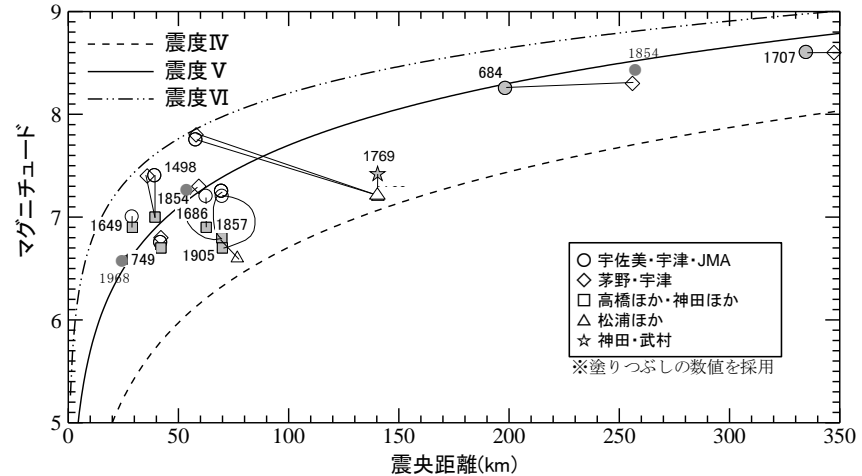
海洋プレート内地震の検討用地震の選定（3/8）（既許可評価）

○敷地周辺で発生した被害地震や第一版の地震カタログを参照するとともに、地震発生様式の特徴を考慮して地震の諸元を設定した神田・武村(2013)等の知見も踏まえながら、敷地で震度5弱程度以上をもたらした地震を選定した。

敷地で震度5以上をもたらした地震の選定

マグニチュードと震央距離から敷地の震度を推定する。
 カタログ間で地震諸元に相違があるものについては、

- ①海洋プレート内地震については、地震発生様式の特徴を考慮して諸元を設定した最新の検討結果[高橋ほか(2008), 神田ほか(2008)]を採用
- ②1769年の地震については、地震発生様式の特徴を考慮して諸元を設定した最新の検討結果[神田・武村(2013)]を採用
- ③それ以外の差異のある地震については、敷地への影響が大きい方を採用



地震カタログによる地震の諸元の比較

発生年	震央地名 ・地震名	宇佐美(2003)、宇津(1982)、JMA			茅野・宇津(2001)			高橋ほか(2008)・神田ほか(2008)			松浦ほか(2001, 2003, 2005)			神田・武村(2013)		
		緯度	経度	M	緯度	経度	M	緯度	経度	M	緯度	経度	M	緯度	経度	M
684	土佐その他 南海 ・東海・西海諸道	32 1/4 ~33 1/4°	133.5 ~135.0°	8 1/4	33°	135°	8.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1498	日向灘	33.0°	132 1/4°	7.0~7.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1649	安芸・伊予	33.7°	132.5°	7±1/4	33.7°	132.5°	7.0	33.7°	132.5°	6.9	-	-	-	-	-	-
1686	安芸・伊予	34.0°	132.6°	7.0~7.4	34.0°	132.6°	7.2	34.0°	132.6°	6.9	-	-	-	-	-	-
1707	宝永地震	33.2°	135.9°	8.6	33°	136°	8.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1749	伊予宇和島	33.2°	132.6°	6 3/4	33.2°	132.6°	6.8	33.2°	132.6°	6.7	-	-	-	-	-	-
1769	日向・豊後	33.0°	132.1°	7 3/4 ±1/4	33.0°	132.1°	7.8	-	-	-	32.25°	132.03°	7.2	32.25°	132.03°	7.4
1854	安政南海地震	33.0°	135.0°	8.4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1854	伊予西部	33 1/4°	132.0°	7.3~7.5	33.3°	132.0°	7.4	33.25°	132.0°	7.0	-	-	-	-	-	-
1857	伊予・安芸	34.0°	132.75°	7 1/4 ±0.5	34.0°	132.5°	7.3	34.0°	132.75°	6.8	34.1°	132.7°	6.6	-	-	-
1905	芸予地震	34.1°	132.5°	7 1/4	34.1°	132.5°	7.2	34.1°	132.5°	6.7	-	-	-	-	-	-
1968	豊後水道	33° 18.00'	132° 23.00'	6.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

 : 採用理由①
 : 採用理由②
 : 採用理由③
 : 複数カタログなし
 採用理由の丸数字は左上の箱書きに対応

海洋プレート内地震の検討用地震の選定（4/8）（既許可評価）

○第一版の領域区分を踏まえ、安芸灘～伊予灘～豊後水道域(領域3)以外の領域で発生する地震についても、神田・武村(2013)等の知見を踏まえながら地震の諸元を整理した。（下図は南海・東南海・東海域，日向灘域の整理）

領域1, 2の地震の再評価

神田・武村(2013)

震度の距離減衰式により地震規模を再評価している。

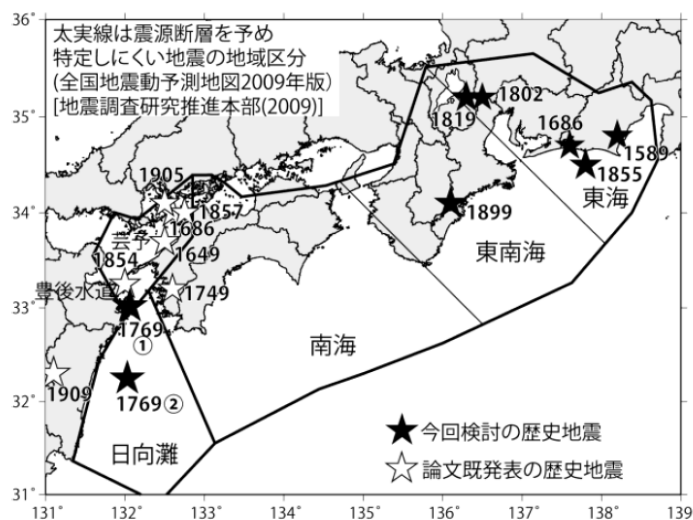


図1 分析に用いた歴史地震の震央分布
Fig. 1 Epicenter distribution of historical earthquakes.

ただし、『1769年8月29日日向・豊後の地震は、日向灘を震央とする地震の可能性が高い。この地震を日向灘のスラブ内地震とすると、 $M_1=7.4$ と評価された。ただし、震度分布からは浅い地震と考えられ、この地域の被害地震としては低角逆断層地震が多く発生していることを考慮すると、プレート境界地震の可能性もある。』としている。

表5 スラブ内地震としての歴史地震のマグニチュードの見直し結果

Table 5 Reevaluated magnitude of historical intra-slab earthquakes

日付	元の M	震央	地域	M_1
1589/3/21	6.7	駿河・遠江	東海	6.7
1686/10/3	7.0±0.25	遠江・三河	東海	6.6~6.7
1769/8/29	7.2	日向灘	日向灘	7.4
1802/11/18	6.5~7.0	畿内・名古屋	東海	6.5
1819/8/2	7.25	伊勢・美濃・近江	東海	6.9
1855/11/7	7.0~7.5	遠州灘	東海	7.0
1899/3/7	7.0	三重県	東南海	6.9

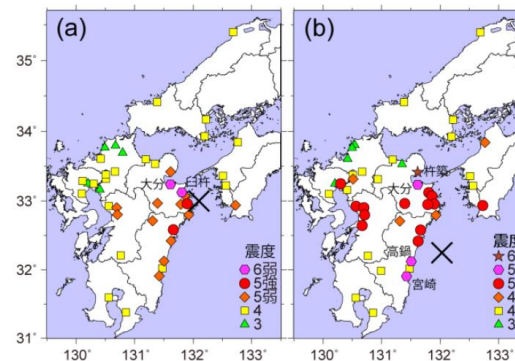


図4 1769年8月29日日向・豊後の地震の震度分布。震度5.5以上は地点名を表示。×は表1に示す震央。(a)宇佐美(2010), (b)松浦・他(2003)
Fig. 4 Seismic intensity distribution of the 1769 event. A cross shows the epicenter. (a) Usami(2010), (b) Matsu'ura et al. (2003)

海洋プレート内地震の検討用地震の選定（5/8）（既許可評価）

○第一版の領域区分を踏まえ、安芸灘～伊予灘～豊後水道域(領域3)以外の領域で発生する地震についても、神田・武村(2013)等の知見を踏まえながら地震の諸元を整理した。（下図は九州中央部域の整理）

領域4の地震の再評価

武村ほか(2009)

震度の距離減衰式により地震規模を再評価している。

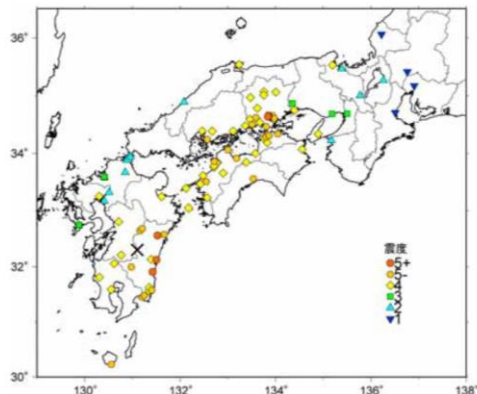


図1 1909年宮崎県西部地震で再評価された震度分布

Fig.1 Seismic intensity data revised mainly through the damage-base estimation for the 1909 event.

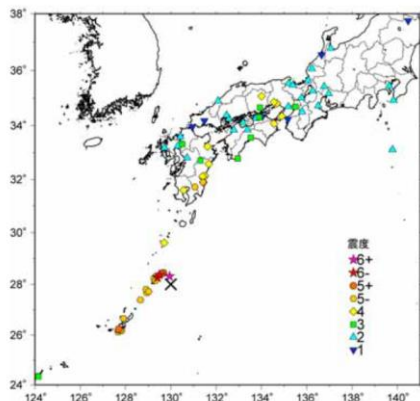


図5 1911年喜界島近海地震で再評価した震度分布

Fig.5 Seismic intensity data revised mainly through the damage-base estimation for the 1911 event.

表1 1909年の地震のマグニチュードと震源位置

Table 1 Summary of magnitude and location of hypocenter for the 1909 event

地震:1909(明治42)年11月10日15時13分

	緯度	経度	深さ(km)	M
宇津カタログ(1982)	32.3	131.1	150	7.6
G-Rカタログ(1954)	32.0	131.0	190	7.6
mB[Abe and Kanamori (1979)]	32.0	131.0	190	7.5
M (Dmax) [宇津(1979)]	32.3	131.1	150	7.35
M (震度) [本稿の結果]	32.3	131.1	150	7.3

表2 1911年の地震のマグニチュードと震源位置

Table 2 Summary of magnitude and location of hypocenter for the 1911 event

地震:1911(明治44)年6月15日23時26分

	緯度	経度	深さ(km)	M
宇津カタログ(1982)	28.0	130.0	100	8.0
G-Rカタログ(1954)	29.0	129.0	160	8.2
mB[Abe and Kanamori (1979)]	29.0	129.0	160	8.1
今村 [震災予防調査会報告]	28.7	130.7	—	—
志田 [震災予防調査会報告]	28.2	128.9	—	—
M (Dmax) [宇津(1979)]	28.0	130.0	100	7.8
M (震度) [本稿の結果]	28.0	130.0	100	7.9

海洋プレート内地震の検討用地震の選定（6/8）（既許可評価）

- 安芸灘～伊予灘～豊後水道域で発生した地震のうち、敷地で震度5弱程度以上と考えられる海洋プレート内地震として、3地震（下記の橙色の網掛け）を選定した。

②海洋プレート内地震 歴史地震の観点から

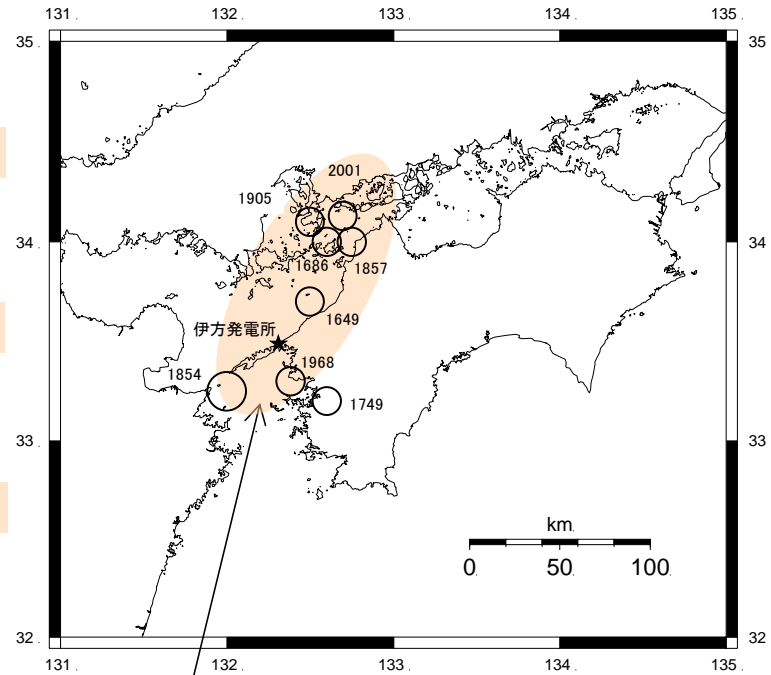
2.1 検討用地震の候補

【敷地に影響を及ぼす地震のリストアップ】

■ 主な被害地震

- ・ 1649年 安芸・伊予（M 6.9 震央距離 約29km）
- ・ 1686年 安芸・伊予（M 6.9 震央距離 約63km）
- ・ 1749年 伊予宇和島（M 6.7 震央距離 約42km）
- ・ 1854年 伊予西部（M 7.0 震央距離 約39km）
- ・ 1857年 伊予・安芸（M 6.8 震央距離 約70km）
- ・ 1905年 芸予地震（M 6.7 震央距離 約70km）
- ・ 1968年 豊後水道（M 6.6 震央距離 約22km）
- ・ 2001年 芸予地震（M 6.7 震央距離 約80km）

網掛けは、敷地での震度が5程度以上の地震
地震規模は地震カタログを比較して設定



海洋プレート内地震

震度5以上と考えられる3地震を
検討用地震の候補として選定

南海トラフから安芸灘～伊予灘～豊後水道の方向（西北西）に沈み込んだフィリピン海プレート内において発生。

海洋プレート内地震の検討用地震の選定（7/8）（既許可評価）

- 安芸灘～伊予灘～豊後水道域(領域3)以外の領域で発生する地震について、発生位置の不確かさを考慮した（プレート上面等深線に沿って震央位置をスライドさせた）うえ、検討用地震の候補として選定した。

②海洋プレート内地震 地震本部による地域区分の観点から

2.1 検討用地震の候補

地震本部による地域区分の観点から以下の3地震を検討用地震の候補として選定した。

日向灘の浅い地震 (M7.4 震央距離 約77km)

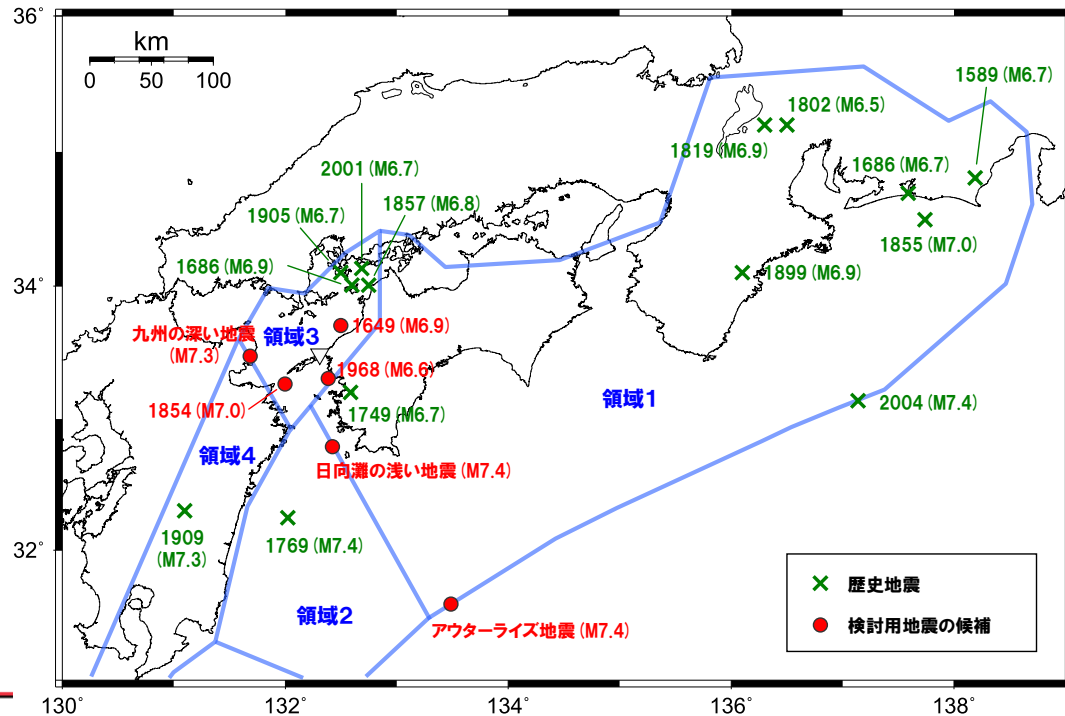
1769年の地震は、プレート間地震である可能性もあるが、浅いプレート内の地震である可能性も完全には否定できないこと、領域2の範囲では発生する位置を予め特定することは困難であると考えられることから、プレート上面等深線に沿ってスライドさせて領域2の北東端に想定する。

九州の深い地震 (M7.3 震央距離 約59km)

1909年の地震をプレート上面等深線に沿ってスライドさせて領域4の北東端に想定する。

アウターライズ地震
(M7.4 震央距離 約225km)

2004年紀伊半島沖地震M7.4を海溝軸沿いにスライドさせて四国沖に想定する。



海洋プレート内地震の検討用地震の選定（8/8）（既許可評価）

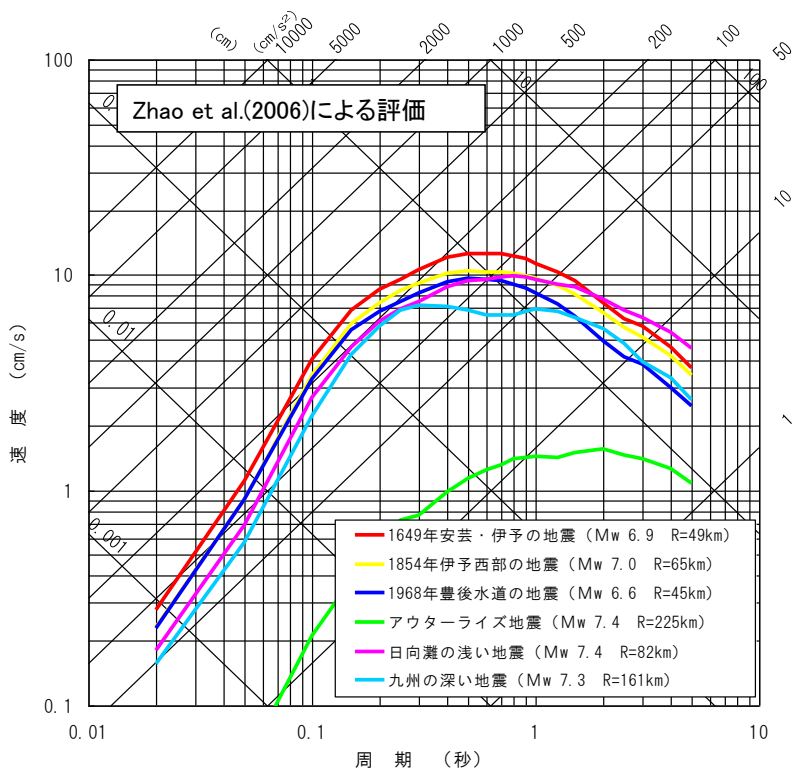
○検討用地震の候補についてZhao et al.(2006)によって応答スペクトルを評価した結果、伊方発電所を含む安芸灘～伊予灘～豊後水道域で発生する地震のうち、「1649年安芸・伊予の地震」を検討用地震として選定した。

4. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震の選定 —海洋プレート内地震—

平成26年11月7日
審査会合資料再掲

【海洋プレート内地震】



R: 断層最短距離

過去に安芸灘～伊予灘～豊後水道海域にて発生したと考えられる、あるいは発生する可能性のある海洋プレート内地震について評価を実施



1649年安芸・伊予の地震が敷地に与える地震動が短周期側で最も大きいため、これを検討用地震として選定する。

1649年 安芸・伊予の地震
を検討用地震として選定



伊方発電所の地震動評価（既許可評価）への影響：地震の再編

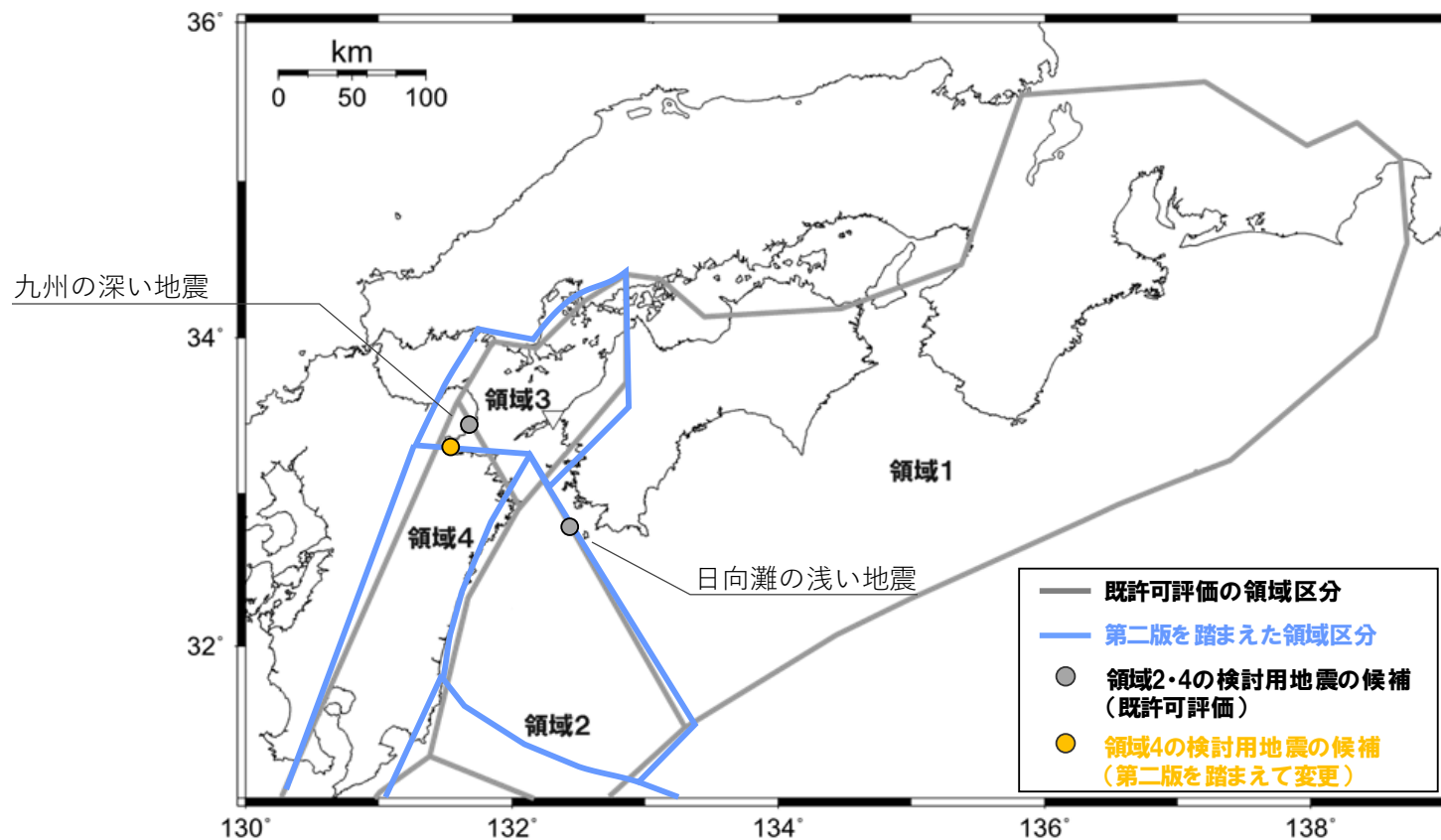
- 第二版で再編された地震は全て既許可評価の検討用地震の選定過程において考慮しており、各領域において新たに考慮すべき被害地震がないことから、第二版の地震の再編を踏まえた影響はない。（伊方発電所からの震央距離が200km以内で発生した被害地震として既許可評価においてリスト化した地震は参考2）

■第二版で再編された地震の既許可評価（検討用地震の選定）における考慮

	発生日時	既許可評価における考慮
日向灘のひとまわり小さい地震	1662/10/31	敷地からの震央距離が200km超と影響が小さいためリスト化対象外
	1769/8/29	検討用地震の候補として選定
	1899/11/25	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1931/11/02	同 上
	1941/11/19	同 上
	1961/2/27	敷地からの震央距離が200km超と影響が小さいためリスト化対象外
	1968/4/1	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1984/8/7	同 上
安芸灘～伊予灘～豊後水道の沈み込んだプレート内のやや深い地震	1649/3/17	検討用地震として選定
	1686/1/4	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1749/5/25	同 上
	1854/12/26	検討用地震の候補として選定
	1857/10/12	リスト化のうえ敷地で震度5弱程度未満と影響が小さいため対象外
	1905/6/2	同 上
2001/3/24	同 上	
九州中央部の沈み込んだプレート内のやや深い地震	1909/11/10	検討用地震の候補として選定

伊方発電所の地震動評価（既許可評価）への影響：評価対象領域の再編

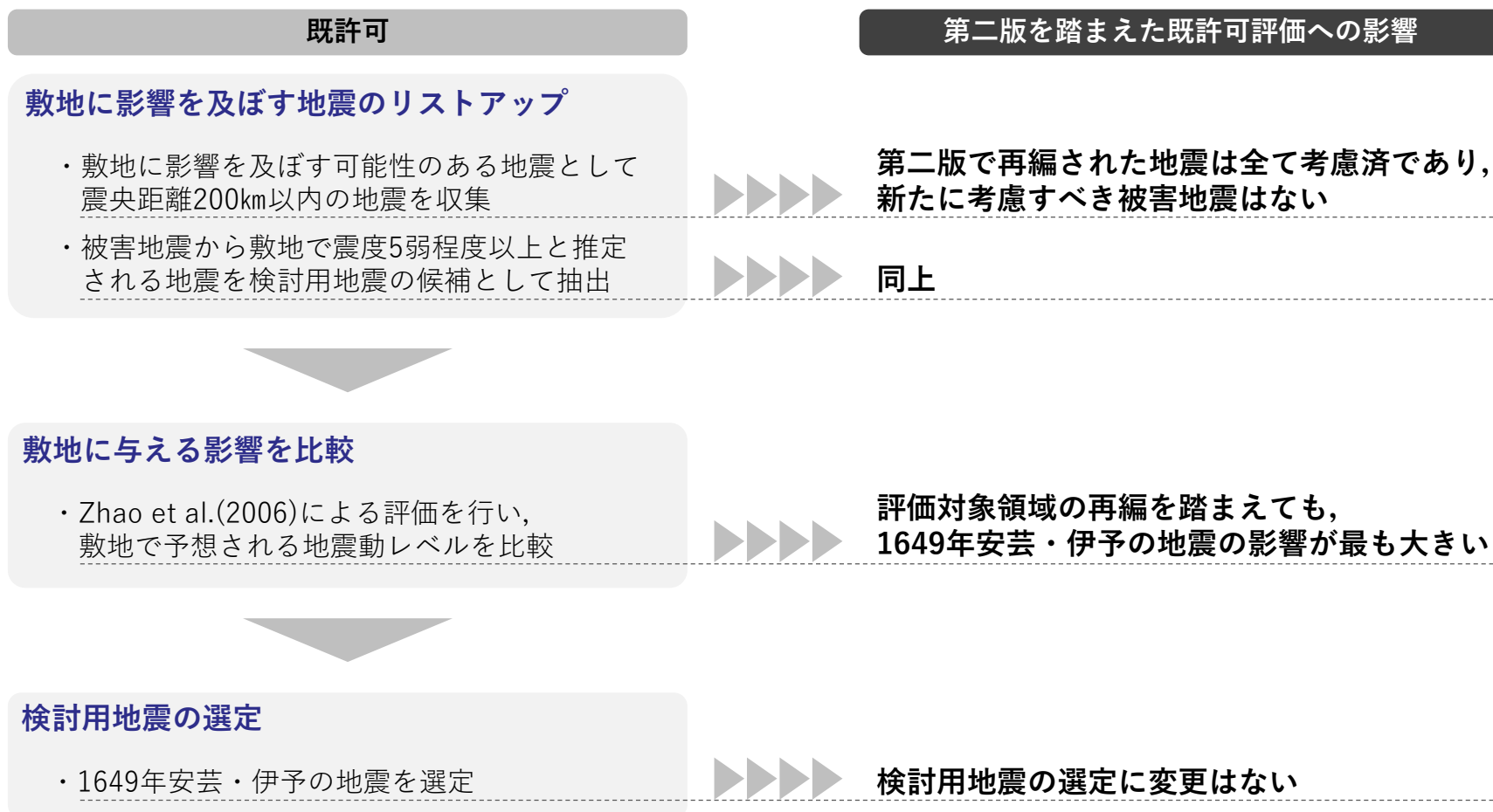
- 第二版においては、評価対象領域の区分が下記のとおり見直されている。
- 伊方発電所は第二版においても領域3(安芸灘～伊予灘～豊後水道域)に属しており、領域区分に大きな変更はないものの、検討用地震の選定にあたっては、領域3以外の領域について地震の発生位置の不確かさも考慮し、プレート上面等深線に沿って領域内でスライドさせたうえでZhao et al.(2006)による評価を行っている。
- 図のとおり、第二版における領域区分の見直しを踏まえても、**領域2(日向灘の浅い地震)**は検討用地震の候補の位置に変更はなく、**領域4(九州の深い地震)**の検討用地震の候補の位置は敷地から遠ざかる方向となることから、検討用地震の選定（領域3の1649年安芸・伊予の地震の影響が最も大きいとの評価）に変更はない。



伊方発電所の地震動評価（既許可評価）への影響（小括）

- 以上のとおり、第二版において評価対象領域及び地震が再編されたものの、いずれも下記の検討用地震の選定フロー・選定結果に及ぼす影響はなく、第二版を踏まえても、敷地に最も影響の大きい海洋プレート内地震は1649年安芸・伊予の地震（敷地を含む領域で発生する地震）であるとの評価に変更はない。

■既許可評価における海洋プレート内地震の検討用地震の選定と第二版を踏まえた影響（まとめ）



1. 長期評価（第二版）の改訂のポイントと伊方発電所への影響

- a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価
- b. 評価対象領域・地震の再編
- c. 不確実性を踏まえた評価

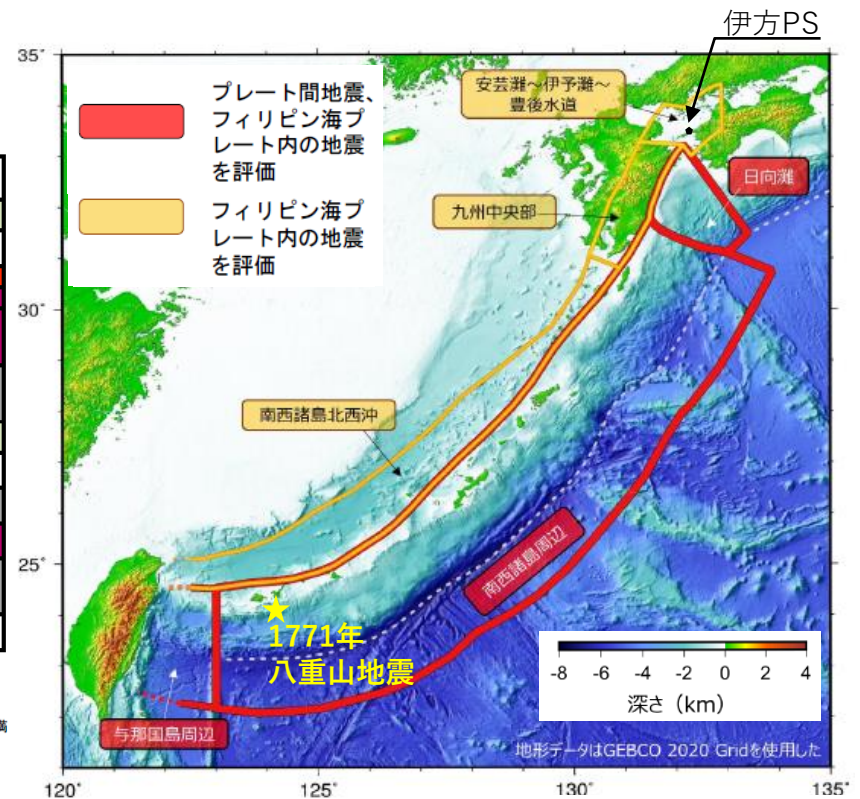
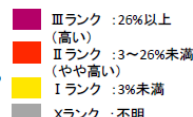
2. まとめ

第二版における変更点

- 「不確実性を踏まえた評価」として、特に南西諸島海溝周辺において震源決定精度の問題があり、地震観測網の展開が不十分であった時期に発生した地震は発生様式を区別して評価することが困難であることを踏まえ、**日向灘域**について、第一版ではプレート間地震が発生する領域と評価されていたところ、**第二版では浅い地震はプレート間地震・海洋プレート内地震を区別せずに評価されている。**
- なお、南西諸島周辺域及び与那国島周辺域については、伊方発電所までの距離が遠く、既許可評価に影響を及ぼさない。また、安芸灘～伊予灘～豊後水道域及び九州中央部域は、既許可評価においては、海洋プレート内地震が発生する領域として検討用地震の選定において考慮しているところ、第二版においても第一版と同様に海洋プレート内地震のみ発生する領域と評価されており、既許可評価に影響を及ぼさない。
- このため、**日向灘域で発生するプレート間地震及び海洋プレート内地震（日向灘の巨大地震・日向灘のひとまわり小さい地震）**について、第二版を踏まえた伊方発電所への影響を確認する。

評価対象地震	規模	地震発生確率	確率計算に使用した地震 ^{注1}	初版の評価 ^{注2}
日向灘周辺				
日向灘の巨大地震 ^{注3}	M8程度	不明	— ^{注4}	—
日向灘のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	80%程度	1919年以降の5回	M7.6程度：10%程度 M7.1程度：70～80%程度
安芸灘～伊予灘～豊後水道の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M6.7～7.4程度	40%程度	1600年以降の7回	M6.7～7.4：40%程度
九州中央部の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.0～7.5程度	不明	1600年以降の1回	不明
南西諸島海溝周辺				
南西諸島周辺及び与那国島周辺の巨大地震 ^{注3}	M8.0程度	不明	1600年以降の1回	—
南西諸島周辺のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	不明 ^{注5}	1919年以降の4回	不明
与那国島周辺のひとまわり小さい地震 ^{注3}	M7.0～7.5程度	90%程度以上	1919年以降の12回	M7.8程度：30%程度
南西諸島北西沖の沈み込んだプレート内のやや深い地震	M7.0～7.5程度	60%程度	1919年以降の3回	不明
1771年八重山地震津波タイプ	Mt ^{注6} 8.5程度	地震発生確率を評価しない ^{注7}	—	—

^{注1} 地震発生確率を「不明」としたのものについては、その評価対象地震に分類した地震の回数を記載した
^{注2} 本評価で評価対象領域・地震を再編したため、場所と規模の範囲が異なり、厳密には初版と対応しない
^{注3} プレート間地震とフィリピン海プレート内の地震を区別せずに評価した
^{注4} 過去に発生したことは知られていないが、1662年の地震(M7.6)は巨大地震であった可能性がある。Ioki et al. (2020)により、1662年の地震(M7.6)に伴う津波は、ひとまわり小さい地震として評価した地震に伴う津波よりも大きい可能性が指摘されている
^{注5} 評価対象領域を細分化できず、巨大な領域設定になったため ^{注6} Mtは津波マグニチュード
^{注7} 津波の原因には諸説あり、地震像が明らかでないことから、地震活動として評価することが現時点では困難と判断したため

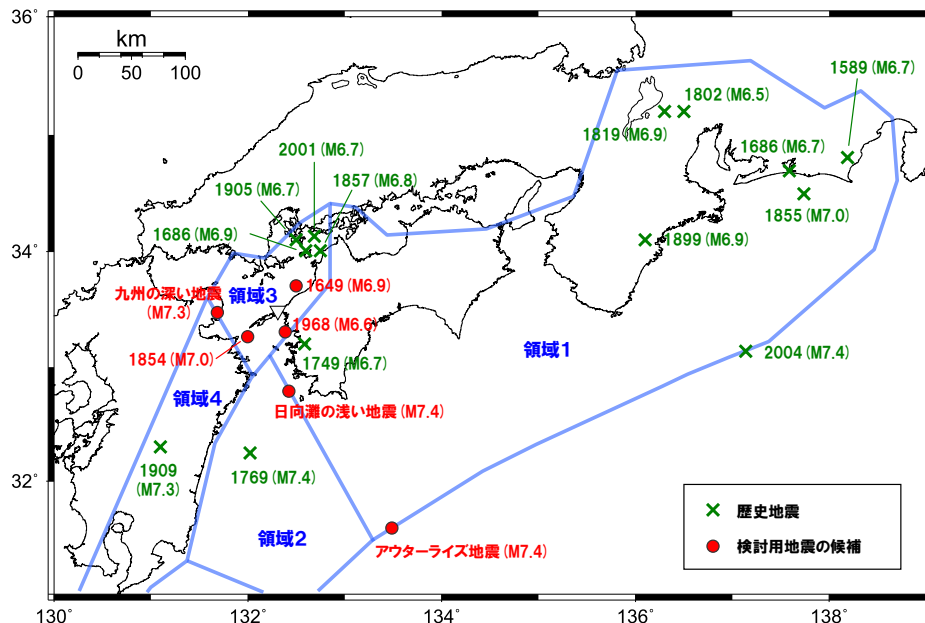


白色の破線はIwasaki et al. (2015) による海溝軸

伊方発電所の地震動評価（既許可評価）への影響

- 日向灘域については、既許可評価においてプレート間地震及び海洋プレート内地震の両方が発生することを既に考慮している。
- プレート間地震については、前記のとおり、日向灘域でMw8.4の地震規模を想定した内閣府検討会によるモデルを検討用地震として選定しているとともに、**海洋プレート内地震**については、日向灘域で発生した海洋プレート内地震のうち最大規模である1769年の地震を検討用地震の候補として選定していることから、第二版を踏まえた影響はない。
- なお、第二版では日向灘域のプレート間地震と海洋プレート内地震を区別していないため、日向灘域でM8程度の海洋プレート内地震が発生するとともに解釈される。しかしながら、第二版がその根拠とした1662年の日向灘の地震(M7.6)はプレート間地震であるとともに、日向灘域のプレート形状及び地震発生層厚さを踏まえれば、M8程度の海洋プレート内地震の発生は極めて考え難い（参考3）。これを踏まえれば、日向灘域において発生するM8程度の巨大地震の発生様式はプレート間地震と考えられ、その影響については前記aに対する検討のとおりであり、第二版を踏まえた影響はない。

■海洋プレート内地震の検討用地震の候補（既許可評価）



■日向灘域で過去に発生した主な地震の整理（第二版）

発生日時	地震規模M
1662/10/31	7.6
1769/8/29	7.8 ^注
1899/11/25	7.1
1931/11/02	7.1
1941/11/19	7.2
1961/2/27	7.0
1968/4/1	7.5
1984/8/7	7.1

青字は、第一版でプレート間地震と評価されていた地震。1968年の地震(M7.5)は第二版でもプレート間地震であると言及されている。

^注松浦ほか(2003)はM7.2程度、神田・武村(2013)はM7.4の海洋プレート内地震と推定しており、第二版ではこれらの見解を採用し、本地震を日向灘のひとまわり小さい地震に分類している。既許可評価においても神田・武村(2013)を踏まえ、M7.4の海洋プレート内地震として検討用地震の候補に選定している。

1. 長期評価（第二版）の改訂のポイントと伊方発電所への影響

- a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価
- b. 評価対象領域・地震の再編
- c. 不確実性を踏まえた評価

2. まとめ

第二版を踏まえた伊方発電所の地震動・津波評価への影響（まとめ）

- 下記のとおり、日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価（第二版）を踏まえても、伊方発電所の地震動・津波に係る既許可評価への影響がないことを確認した。

a. 最新の知見を踏まえた地震の再評価（M8程度の巨大地震の発生可能性を評価）

- ✓ プレート間地震の既許可評価では、内閣府検討会の南海トラフの巨大地震の震源断層モデル（M9クラス）を用いており、その中で、日向灘域では既にM8.0以上の地震規模を想定して地震動・津波評価を実施していることから、第二版を踏まえた影響はない。

b. 評価対象領域・地震の再編（地震活動に関する知見や最新の調査結果等を反映）

- ✓ 既許可評価の海洋プレート内地震の検討用地震の選定について、再編された地震は全て既許可評価の検討用地震の選定過程において考慮しており新たに考慮すべき被害地震はなく、また、評価対象領域の再編を踏まえても敷地に最も影響の大きい海洋プレート内地震は1649年安芸・伊予の地震（敷地を含む領域で発生する地震）であるとの評価に変更はなく、第二版を踏まえた影響はない。

c. 不確実性を踏まえた評価（浅い地震はプレート間地震・海洋プレート内地震を区別せずに評価）

- ✓ 既許可評価において、日向灘域でプレート間地震及び海洋プレート内地震の両方が発生することを考慮しており、プレート間地震については、日向灘域でMw8.4の地震規模を想定した内閣府検討会によるモデルを検討用地震として選定しているとともに、海洋プレート内地震については、日向灘域で発生した海洋プレート内地震のうち最大規模である1769年の地震を検討用地震の候補として選定していることから、第二版を踏まえた影響はない。
- ✓ なお、第二版によれば日向灘域でM8程度の海洋プレート内地震が発生するとも解釈されるが、第二版がその根拠とした知見、日向灘域のプレート形状及び地震発生層厚さを踏まえれば、日向灘域において発生するM8程度の巨大地震はプレート間地震と考えられ、その影響については前記aに対する検討のとおりであることから、第二版を踏まえた影響はない。

参考1 南西諸島周辺のMw9.0の津波評価について

参考2 敷地周辺における被害地震の収集・整理について

参考3 日向灘域で発生するM8程度の海洋プレート内地震について

南西諸島周辺を対象とした津波評価（既許可評価）

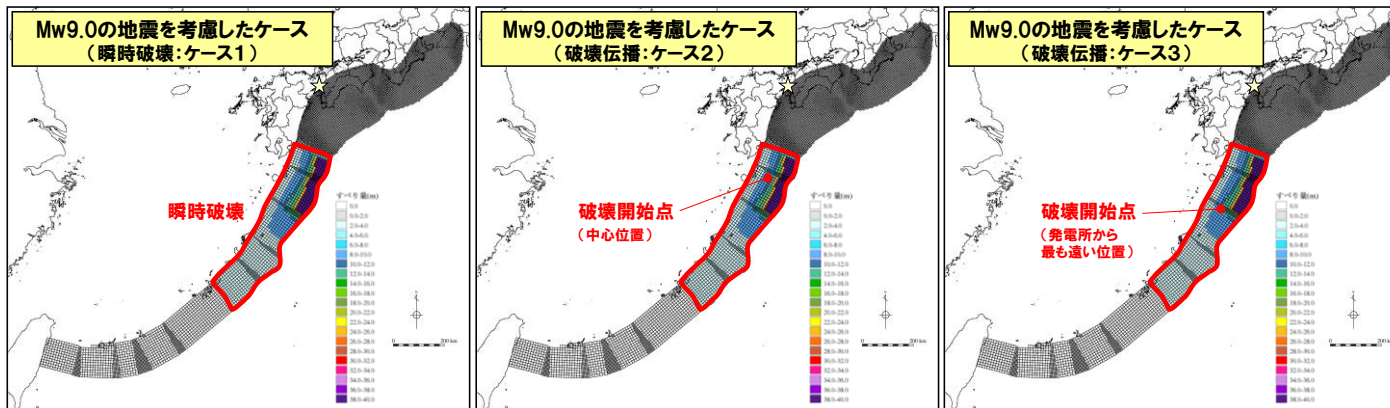
○既許可評価では、審査ガイドにおいて津波波源の領域として南海トラフから南西諸島海溝まで含めた領域が対象とされていることを踏まえ、Mw9.0の津波波源を設定した津波評価を実施している。

2. 地震に起因する津波

(4) 波源の設定（検討ケース：琉球海溝Mw9.0の地震）

平成26年3月12日
審査会合資料再掲

○認識論的不確実さを補充する観点(想定外の事象を無くす観点)から、発電所への影響が最も大きい箇所にMw9.0の地震を設定したケースとして、以下に示す。



想定波源域は赤枠線内

	Mw9.0の地震を考慮したケース (瞬時破壊:ケース1)
地震発生深さ	海溝軸～深さ40km
総面積	101.662km ²
モーメントマグニチュード Mw	9.0
応力降下量	3.0MPa
剛性率	4.1×10 ¹⁰ N/m ²
平均すべり量	9.6m
地震モーメントMo	4.0×10 ²² N・m
大すべり域の面積比 (平均すべり量の倍率)	2倍:40% 3倍:20% 4倍:11%
すべり量の配置方法	平均すべり量の4倍領域:深さ約10kmまで 平均すべり量の3倍領域:深さ約15kmまで 平均すべり量の2倍領域:深さ約25kmまで
すべり角	海溝軸に直交方向
破壊伝播速度	瞬時破壊
ライスタイム	瞬時破壊

	Mw9.0の地震を考慮したケース (破壊伝播:ケース2及びケース3)
地震発生深さ	海溝軸～深さ40km
総面積	101.662km ²
モーメントマグニチュード Mw	9.0
応力降下量	3.0MPa
剛性率	4.1×10 ¹⁰ N/m ²
平均すべり量	9.6m
地震モーメントMo	4.0×10 ²² N・m
大すべり域の面積比 (平均すべり量の倍率)	2倍:40% 3倍:20% 4倍:11%
すべり量の配置方法	平均すべり量の4倍領域:深さ約10kmまで 平均すべり量の3倍領域:深さ約15kmまで 平均すべり量の2倍領域:深さ約25kmまで
すべり角	海溝軸に直交方向
破壊伝播速度	2.5km/s
ライスタイム	1分

参考1 南西諸島周辺のMw9.0の津波評価について

参考2 敷地周辺における被害地震の収集・整理について

参考3 日向灘域で発生するM8程度の海洋プレート内地震について

敷地周辺における被害地震のリスト（既許可評価）（1/4）

- 既許可評価で整理した敷地周辺における被害地震（敷地からの震央距離が200km以内の地震）の諸元を示す。
なお、青字は第二版においてリスト化されている地震。

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	地震規模	震央距離(km)	震源深さ(km)
679/-/-	筑紫	33.32°	130.68°	6.5~7.5	153	-
684/11/29	土佐その他南海・東海・西海諸道	32 1/4~33 1/4°	133.5~135.0°	8 1/4	198	-
1498/07/09	日向灘	33.0°	132 1/4°	7.0~7.5	55	-
1596/09/01	豊後	33.3°	131.6°	7±1/4	69	-
1619/05/01	肥後・八代	32.5°	130.6°	6±1/4	194	-
1625/07/21	熊本	32.8°	130.6°	5.0~6.0	177	-
1649/03/17	安芸・伊予	33.7°	132.5°	7±1/4	29	-
1676/07/12	石見	34.5°	131.8°	6.5	122	-
1686/01/04	安芸・伊予	34.0°	132.6°	7.0~7.4	63	-
1698/10/24	大分	33.1°	131.5°	6.0	87	-
1703/12/31	油布院・庄内	33.25°	131.35°	6.5±1/4	93	-
1707/11/21	防長	34.2°	131.7°	5.5	97	-
1723/12/19	肥後・豊後・筑後	32.9°	130.6°	6.5±1/4	172	-
1749/05/25	伊予宇和島	33.3°	132.6°	6 3/4	34	-
1769/08/29	日向・豊後	33.0°	132.1°	7 3/4±1/4	58	-
1778/02/14	石見	34.6°	132.0°	6.5	127	-
1789/05/11	阿波	33.7°	134.3°	7±0.1	186	-
1793/01/13	長門・周防・筑前	34.1°	131.5°	6 1/4~6 1/2	101	-
1812/04/21	土佐	33.5°	133.5°	6.0?	110	-
1831/11/14	肥前	33.2°	130.3°	6.1	190	-
1841/11/03	宇和島	33.2°	132.4°	6.0	33	-
1848/01/10	筑後	33.2°	130.4°	5.9	180	-
1854/12/26	伊予西部	33 1/4°	132.0°	7.3~7.5	39	-
1857/07/08	萩	34.4°	131.4°	6.0	131	-
1857/10/12	伊予・安芸	34.0°	132.75°	7 1/4±0.5	70	-
1859/01/05	石見	34.8°	131.9°	6.2±0.2	150	-
1859/10/04	石見	34.5°	132.0°	6.0~6.5	116	-
1872/03/14	石見・出雲(浜田地震)	35.15°	132.1°	7.1±0.2	186	-
1887/04/29	宮崎県沖	32°	132°	7.1	168	-

敷地周辺における被害地震のリスト (既許可評価) (2/4)

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	地震規模	震央距離(km)	震源深さ(km)
1889/07/28	熊本	32.8°	130.65°	6.3	173	—
1891/10/16	豊後水道	33.2°	131.8°	6.3	57	—
1894/08/08	熊本県中部	32.85°	131.0°	6.3	141	—
1895/08/27	熊本	32.85°	130.95°	6.3	145	—
1898/04/03	山口県見島	34.6°	131.2°	6.2	160	—
1898/08/10	福岡市付近	33.6°	130.2°	6.0	196	—
1898/08/12	福岡市付近	33.6°	130.2°	5.8	196	—
1898/12/04	九州中央部	32.7°	131.1°	6.7	143	150
1899/11/25	日向灘	32.7°	132.3°	6.9	88	—
1899/11/25	日向灘	31.9°	132.0°	7.1	179	—
1903/03/21	瀬戸内海中部	33.75°	132.25°	6.2	29	—
1903/10/11	日向灘	31.8°	132.0°	6.2	190	—
1905/06/02	安芸灘(芸予地震)	34.1°	132.5°	7 1/4	70	—
1906/03/13	宮崎県沖	32.5°	132.2°	6.4	111	—
1907/03/10	熊本県中部	32.9°	130.7°	5.4	164	—
1909/11/10	宮崎県西部	32.3°	131.1°	7.6	174	150
1911/02/18	宮崎付近	31.9°	131.5°	5.6	192	—
1911/08/22	阿蘇山付近	32.9°	131.0°	5.7	139	—
1913/04/03	宮崎県沖	32.0°	132.0°	6.7	168	—
1913/04/13	日向灘	32.0°	132.0°	6.8	168	—
1916/03/06	大分県北部	33.5°	131.6°	6.1	66	—
1916/08/06	愛媛県宇摩郡関川村	34.0°	133.4°	5.7	116	—
1918/04/02	宮崎県沖	32.0°	132.4°	6.3	166	—
1919/11/01	広島県三次付近	34.8°	132.9°	5.8	155	—
1921/04/19	大分県佐伯付近	32.6°	132.1°	5.5	101	—
1925/08/10	大分県北部	33° 25.84'	131° 03.78'	4.7	116	0.00
1928/11/05	大分県北部	33° 21.72'	131° 07.42'	4.7	111	40.00
1929/01/02	大分県西部	33° 07.24'	130° 52.04'	5.5	140	4.02
1929/05/22	日向灘	31° 44.97'	131° 53.33'	6.9	198	59.00
1929/08/08	福岡県福岡地方	33° 32.35'	130° 16.36'	5.1	189	8.83
1930/02/05	福岡県福岡地方	33° 27.71'	130° 18.78'	5.0	185	0.00

敷地周辺における被害地震のリスト (既許可評価) (3/4)

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	地震規模	震央距離(km)	震源深さ(km)
1930/12/20	広島県北部	34° 56.35'	132° 50.54'	6.1	168	12.00
1931/11/02	日向灘	31° 47.48'	132° 00.12'	7.1	191	28.00
1933/04/08	熊本県熊本地方	32° 42.46'	130° 38.85'	4.3	178	1.00
1934/01/09	徳島県北部	33° 58.63'	133° 57.68'	5.6	162	36.30
1937/01/27	熊本県熊本地方	32° 47.13'	130° 48.81'	5.1	160	8.65
1937/02/27	山口県東部	33° 51.72'	132° 06.94'	6.0	45	63.00
1938/01/02	広島県北部	34° 58.98'	133° 18.14'	5.5	189	19.00
1939/03/20	日向灘	32° 05.07'	131° 44.83'	6.5	165	57.00
1941/04/06	山口県北部	34° 31.64'	131° 38.05'	6.2	131	1.94
1941/11/19	日向灘	32° 07.11'	132° 08.05'	7.2	153	33.00
1942/02/22	愛媛県南予地方	33° 31.84'	132° 22.94'	5.4	8	68.00
1947/05/09	大分県西部	33° 23.40'	130° 56.50'	5.5	128	1.00
1949/07/12	安芸灘	34° 03.03'	132° 46.36'	6.2	75	29.00
1950/08/22	島根県西部	35° 10.19'	132° 38.68'	5.2	189	4.00
1955/07/27	徳島県南部	33° 44.00'	134° 19.00'	6.4	188	10.00
1966/11/12	有明海	33° 04.00'	130° 16.00'	5.5	196	20.00
1968/04/01	日向灘	32° 17.00'	132° 32.00'	7.5	136	30.00
1968/08/06	豊後水道	33° 18.00'	132° 23.00'	6.6	22	40.00
1969/04/21	日向灘	32° 09.00'	132° 07.00'	6.5	150	10.00
1970/03/13	広島県北部	34° 56.00'	132° 49.00'	4.6	167	10.00
1970/07/26	日向灘	32° 04.00'	132° 02.00'	6.7	160	10.00
1970/09/29	広島県南東部	34° 26.00'	133° 18.00'	4.9	139	10.00
1972/09/06	有明海	32° 45.00'	130° 26.00'	5.2	193	10.00
1975/01/23	熊本県阿蘇地方	33° 00.00'	131° 08.00'	6.1	122	0.00
1975/04/21	大分県西部	33° 08.00'	131° 20.00'	6.4	99	0.00
1977/05/02	島根県東部	35° 09.00'	132° 42.00'	5.6	188	10.00
1978/06/04	島根県東部	35° 05.00'	132° 42.00'	6.1	180	0.00
1979/07/13	山口県東部	33° 51.00'	132° 03.00'	6.0	47	70.00
1983/08/26	大分県北部	33° 33.40'	131° 36.30'	6.6	66	116.00
1984/08/07	日向灘	32° 23.00'	132° 09.20'	7.1	124	33.00
1987/03/18	日向灘	31° 58.40'	132° 03.70'	6.6	170	48.10

敷地周辺における被害地震のリスト (既許可評価) (4/4)

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	地震規模	震央距離(km)	震源深さ(km)
1987/11/18	山口県東部	34° 14.50'	131° 27.40'	5.4	115	8.40
1991/10/28	周防灘	33° 55.40'	131° 09.90'	6.0	116	18.50
1996/10/19	日向灘	31° 47.92'	132° 00.50'	6.9	190	34.00
1996/12/03	日向灘	31° 46.19'	131° 40.83'	6.7	200	38.03
1997/06/25	山口県北部	34° 26.49'	131° 39.97'	6.6	121	8.29
1998/05/23	周防灘	33° 42.25'	131° 50.53'	5.4	49	85.57
1999/03/09	熊本県阿蘇地方	32° 56.23'	131° 01.15'	4.8	135	10.21
1999/07/16	広島県南東部	34° 25.50'	133° 11.66'	4.5	132	19.76
2000/06/08	熊本県熊本地方	32° 41.54'	130° 45.72'	5.0	169	10.31
2001/03/24	安芸灘(平成13年芸予地震)	34° 07.94'	132° 41.62'	6.7	80	46.46
2002/03/25	伊予灘	33° 49.48'	132° 36.90'	4.7	47	46.22
2002/11/04	日向灘	32° 24.76'	131° 52.17'	5.9	127	35.19
2005/03/20	福岡県西方沖	33° 44.30'	130° 10.50'	7.0	200	9.00
2005/06/03	熊本県天草芦北地方	32° 29.70'	130° 32.80'	4.8	198	11.00
2006/06/12	大分県西部	33° 08.00'	131° 24.40'	6.2	93	146.00
2006/09/26	伊予灘	33° 30.30'	131° 53.00'	5.3	40	70.00

参考1 南西諸島周辺のMw9.0の津波評価について

参考2 敷地周辺における被害地震の収集・整理について

参考3 日向灘域で発生するM8程度の海洋プレート内地震について

第二版において日向灘の巨大地震の規模がM8程度とする根拠

○第二版では、地震観測網の展開が不十分であった時期に発生した地震については、プレート間地震及び海洋プレート内地震を区別して評価することが困難であるとして、**M8程度の巨大地震**は、「沈み込んだプレート内のやや深い地震」を除き、**プレート間地震と海洋プレート内地震を区別せずに評価**としている。

○そのうえで、「日向灘の巨大地震」については、「1600年以降、当該領域内のみを震源域とする巨大地震が発生したことは知られていない」としながらも、1662年の地震(M7.6)について、**loki et al.(2020)**の知見を引用しながら、「日向灘のひとまわり小さい地震として評価したほかの地震に伴う津波に比べて大きかったことが指摘されて」いるとして、この地震が巨大地震であった可能性について言及し、次の地震の規模をM8程度としている。

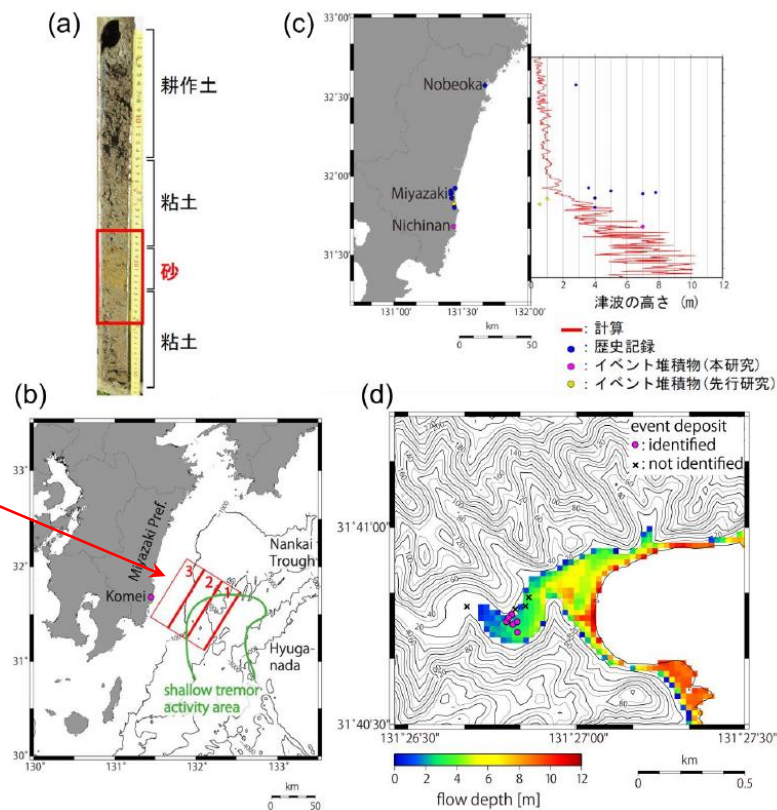


図3-3 1662年10月31日の日向灘の地震に関する資料(伊尾木圭衣氏提供)
 (a) 1662年の地震に伴って発生した津波によると思われるイベント堆積物(日南市小目井)、(b) 断層モデル、(c) 宮崎県太平洋沿岸における津波の高さのシミュレーション結果、(d) 日南市小目井における津波浸水範囲シミュレーション結果。

表3-1 次の日向灘の巨大地震の発生確率等

項目	将来の地震発生確率等 ^{注1,2}	備考
今後10年以内の発生確率	不明	1600年以降、日向灘のみを震源域とする巨大地震が発生したことは知られていない。ただし、領域内で発生した1662年の地震(M7.6)は巨大地震であった可能性がある。
今後20年以内の発生確率	不明	
今後30年以内の発生確率	不明	
今後40年以内の発生確率	不明	
今後50年以内の発生確率	不明	
次の地震の規模	M8程度 ^{注3}	具体的な規模は推定できないが、日向灘のひとまわり小さい地震として評価した地震よりも大きい可能性があるとして、将来の地震の規模をM8程度とした。

第二版より抜粋・一部加筆

第二版より抜粋・一部加筆

loki et al.(2020, JpGU)の知見

- loki et al.(2020, JpGU)は、南海トラフ西端部に位置する日向灘では、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ため、**M7クラスのプレート境界型地震が繰り返し発生している**として、日向灘で発生した最大規模の地震である**1662年日向灘地震**において巨大津波が発生した可能性を考え、断層モデルを用いたシミュレーション及び津波堆積物調査に基づき、**津波波源の推定**を行った知見である。
- 結論として、本研究で提案した**1662年の地震の津波波源は、地球物理学的、地質学的、歴史記録的にもよく説明できる**とし、loki et al.(2020, JpGU)の続報である伊尾木ほか(2020, 地震学会)では、「大きな津波を発生させるには、**プレート境界浅部のすべりが必要**である。」としている。
- このように、第二版が「日向灘の巨大地震」としてM8程度が想定されたとした根拠である同地震は**プレート間地震と考えられている**。なお、第一版においても、同地震は「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**」と評価している。

■loki et al.(2020, JpGU)

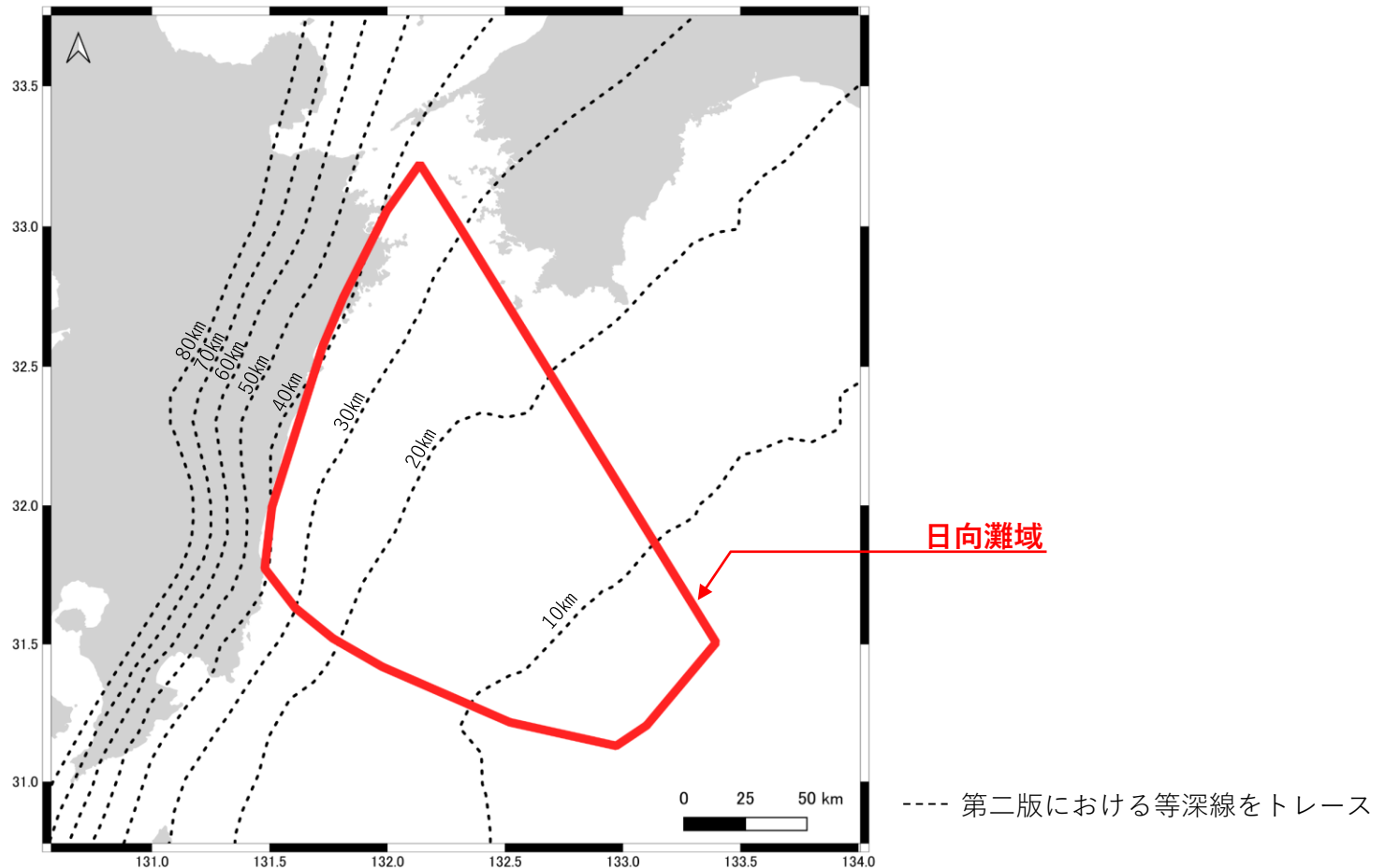
Hyuga-nada region is located at the south-western part of Nankai Trough, in the Pacific Ocean. M7-class interplate earthquakes are repeatedly occurred by the subducting Philippine Sea plate beneath the Eurasian plate. The largest earthquake in this area was the 1662 Hyuga-nada earthquake (M=7.6) which occurred off Miyazaki Prefecture, south-eastern area of Kyushu region, Japan, and generated tsunami (after called the 1662 tsunami). The tsunami heights were estimated at least 4-5 m along the coast of Miyazaki city by historical records. The 1662 tsunami was much larger than tsunamis generated by usual M7-class interplate earthquakes. This region is also active area of the shallow slow earthquakes. It is known by the 2011 Tohoku earthquake that focal area of shallow slow earthquakes also become a tsunami source area. So, we hypothesized that the 1662 unusual large tsunami was caused by the coseismically slipping of focal area of shallow slow earthquakes. We firstly constructed the fault model of the 1662 earthquake based on the recent result of geophysical observation. To examine the tsunami source of the 1662 earthquake, we surveyed the 1662 tsunami deposits in the lowland along the coast of south-eastern Kyushu region. As a result, sandy event deposits interbedded with clay (organic clay) were recognized at several surveyed points. Based on facies features, these event deposits were possibly formed by the 1662 tsunami. Numerical simulation of the tsunami was carried out using the constructed fault model. Calculated tsunami inundation area can explain distribution of the likely tsunami event deposits at Komei, Miyazaki Prefecture. Furthermore, this study compares calculated tsunami inundation areas, distribution of other surveyed tsunami deposits and tsunami heights of historical records. **Tsunami source of the 1662 earthquake proposed by our study could better explain geophysical, geological and historical records.**

■伊尾木ほか(2020, 地震学会)

南海トラフ西端部に位置する日向灘では、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ため、**M7クラスのプレート境界型地震が繰り返し発生している**。歴史記録上、日向灘で発生した最大規模の地震は**西暦1662年日向灘地震（外所地震）**とされている。この地震により津波が発生し、宮崎市沿岸部では津波の高さが4-5 mと推定され、大きな被害をもたらした。また日向灘は、浅部スロー地震活動が活発な地域である。2011年東北地方太平洋沖地震の震源域に含まれる浅部スロー地震の震源域は、巨大津波生成の要因の1つと考えられている。1662年津波は、日向灘における通常のM7クラスの地震により発生した津波より、はるかに大きな津波となった。これをもとに**本研究では、1662年津波は、浅部スロー地震域が1662年日向灘地震の震源域となって巨大津波が発生した可能性を考え、その検証を予察的に行った。**はじめに、日向灘で観測された最近の地震活動をもとに、1662年日向灘地震の断層モデルを仮定した。次に、1662年津波の波源を推定するため、宮崎県の太平洋沿岸一帯（延岡市から串間市）で津波堆積物調査を行った。その結果、複数地点において1662年津波の可能性のあるイベント堆積物を確認した。仮定した断層モデルを用いて津波の数値計算を行い、宮崎県の宮崎市宮崎平野と日南市小目井で、確認されたイベント堆積物の分布と計算浸水範囲を比較した。その結果、**大きな津波を発生させるには、プレート境界浅部のすべりが必要であることが分かった。**一方で、歴史記録より揺れによる建物被害も大きいことから、強震動を生成させるには、陸に近いプレート境界深部のすべりも必要である。これらの考察から仮定した断層モデルにより計算された浸水範囲は、地質調査により確認されたイベント堆積物の分布を説明することができた。今後、他の地域においても津波堆積物の分布や歴史記録と、計算浸水範囲を比較することで、仮定した断層モデルの精度を上げる。

日向灘周辺のプレートの沈み込み形状（第二版）

- しかしながら、第二版では日向灘ではプレート間地震と海洋プレート内地震を区別しないと評価されているため、ここでは、**日向灘域でM8程度の海洋プレート内地震が発生し得るか**を検討する。
- まず、日向灘周辺のフィリピン海プレートの沈み込み形状として、第二版によれば、**南東側はプレートが沈み込む前の比較的フラットな領域**であるのに対し、**北西側はプレートが沈み込み始める領域**にある。



日向灘周辺のプレートの沈み込み形状と地震発生層厚さ (弘瀬ほか, 2007)

- 弘瀬ほか(2007)による検討からも, 日向灘域(測線20~25が概ね対応)は, 南東側はプレートが沈み込む前の比較的フラットな領域で, 北西側に進むにつれプレートが沈み込み始める領域にあることが読み取れる。
- また, 震源分布からは, **地震発生層厚さはおおよそ10km程度(一部厚いところで20km程度)**であることが読み取れる。

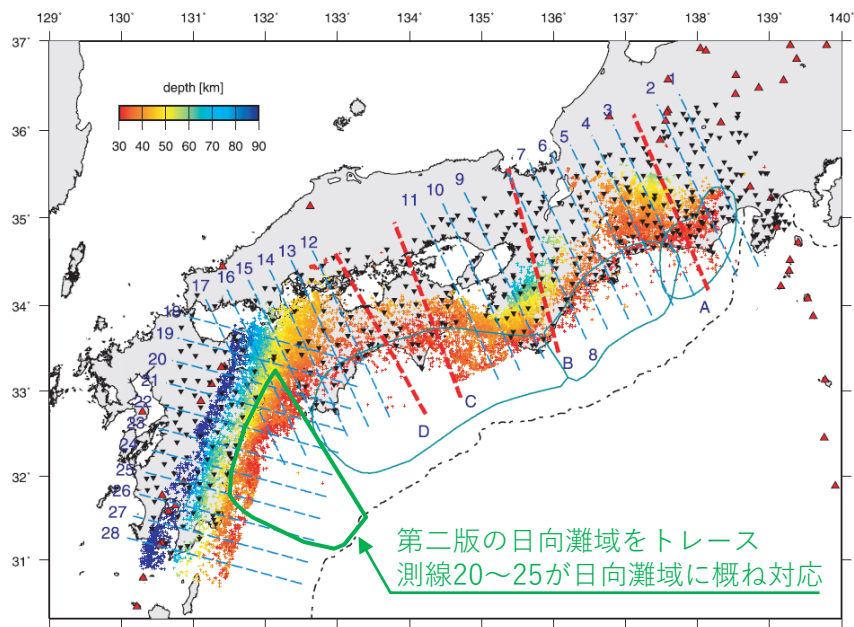


Fig. 2. Epicenter distribution of earthquakes (color dots) and seismograph stations (solid inverted triangles) used for double-difference tomography. Colors indicate the depth of hypocenters according to the color scale on the top left. Blue broken lines show the locations of vertical cross sections 1 through 28 shown in Figs. 3, 4 and 5. Red broken lines denote the locations of seismic refraction survey lines A through D. Other symbols are the same as those in Fig. 1.

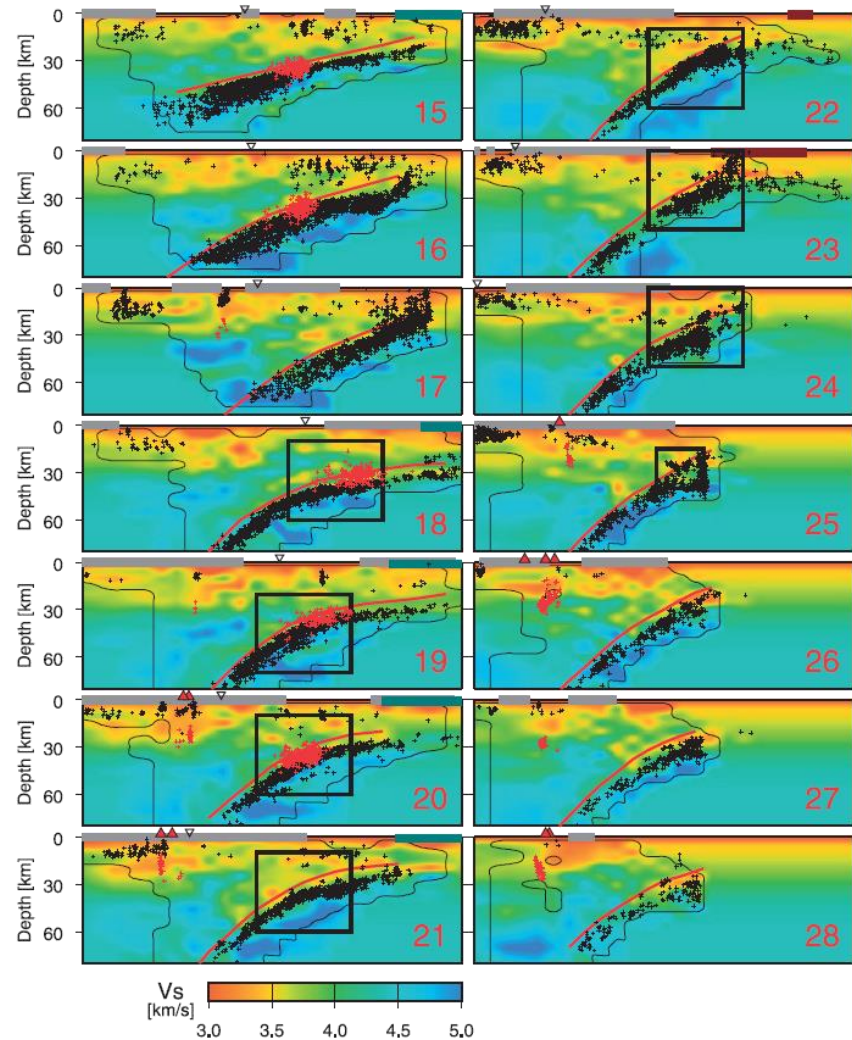


Fig. 3. Vertical cross sections of S-wave velocities (V_s) along the lines 1~28 in Fig. 2. Presently estimated location of the plate boundary is shown by red lines. Black crosses denote earthquakes relocated by the double-difference tomography. Red crosses denote non-volcanic deep low-frequency earthquakes [Obara (2002)]. Gray line denotes land area. Brown and pink lines denote the surface locations of the estimated locked zone or asperities [Matsumura (1996), Yagi *et al.* (1998)] and long-term slow slip events [Ozawa *et al.* (2002)], respectively. Blue lines denote the expected source region of the Tonankai earthquake and the Nankai earthquake [the Headquarters for Earthquake Research Promotion (2001)]. Red triangles denote active volcanoes. Open triangles denote the Japan Median Tectonic Line. Black thin lines represent DWS [Thurber and Eberhart-Phillips (1999)] is equal to 500. Rectangles on the panels from 18 to 25 show the area magnified in fig. 10.

日向灘周辺のプレートの沈み込み形状と地震発生層厚さ (弘瀬ほか, 2007)

○右図は前頁の黒枠で囲われた部分の拡大図である。

○前頁のとおり，地震発生層厚さはおよそ10km程度（一部厚いところで20km程度）である。

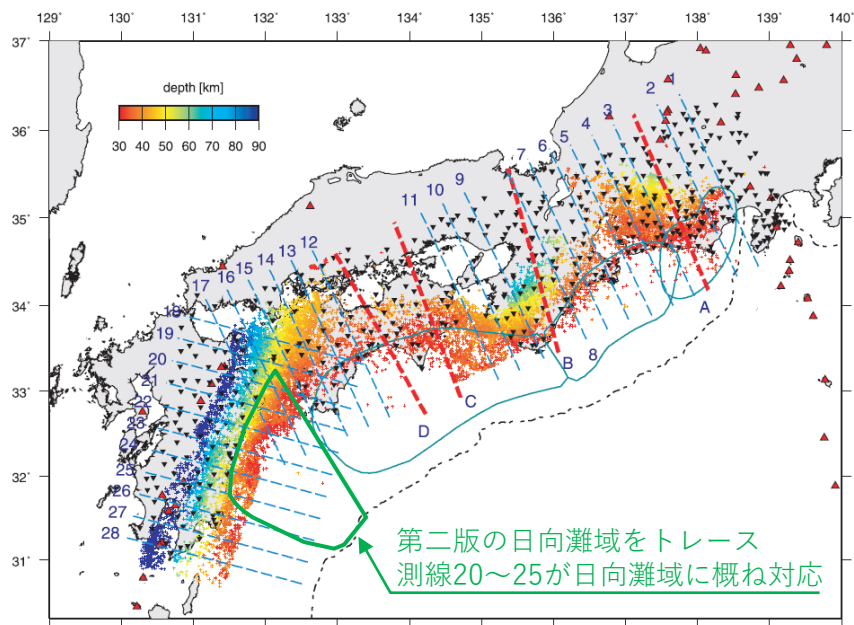


Fig. 2. Epicenter distribution of earthquakes (color dots) and seismograph stations (solid inverted triangles) used for double-difference tomography. Colors indicate the depth of hypocenters according to the color scale on the top left. Blue broken lines show the locations of vertical cross sections 1 through 28 shown in Figs. 3, 4 and 5. Red broken lines denote the locations of seismic refraction survey lines A through D. Other symbols are the same as those in Fig. 1.

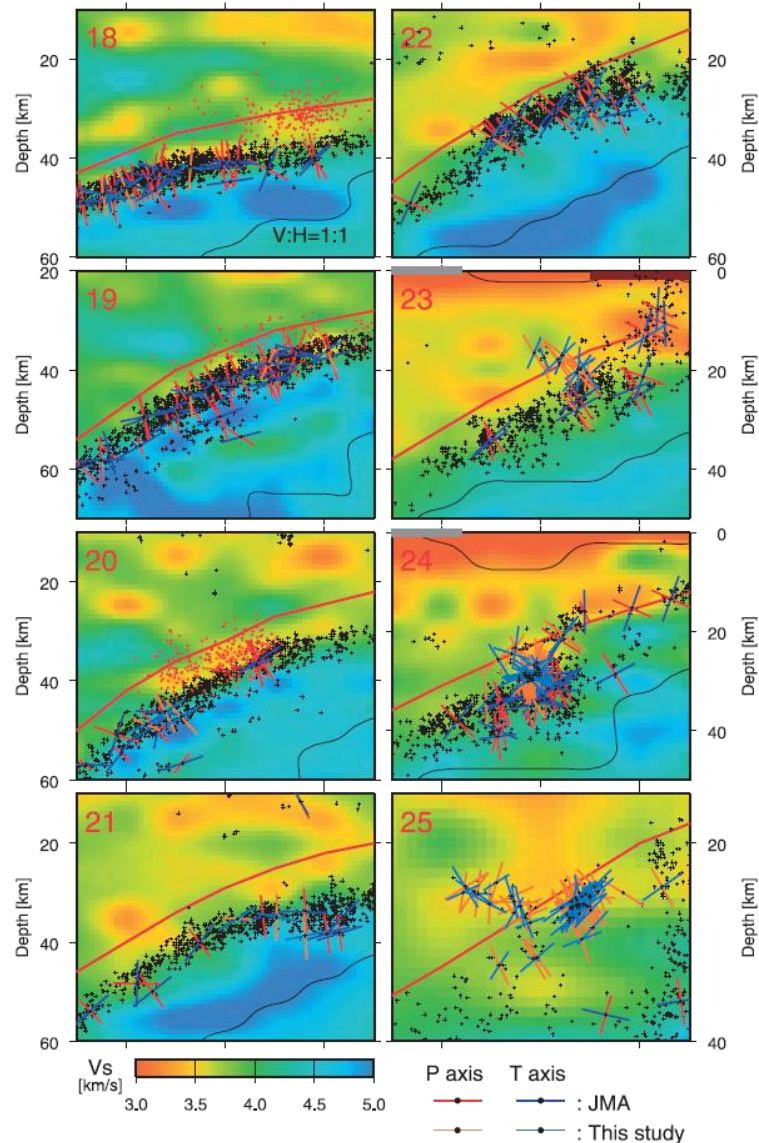


Fig. 10. Vertical cross sections of S-wave velocities, distribution of P-axis (red or orange) and T-axis (blue or light blue) of focal mechanisms derived from the first motion data, for the rectangles on the panels from 18 to 25 in Fig. 3. P and T axes of focal mechanisms newly determined in this study are shown by orange and light blue lines, respectively, while those determined by the JMA are shown by red and blue lines, respectively. Other symbols are the same as those in Fig. 3.

M8の海洋プレート内地震の震源断層面の検討（スケーリング則）

- 次に、M8（=Mw8）の海洋プレート内地震が日向灘域で発生する場合に想定される震源断層面を検討する。
- 具体的には、海洋プレート内地震のスケーリング則に関する知見であるStrasser et al.(2010)による地震規模Mwに対する、長さL・幅Wのそれぞれの関係式を用いて検討を行う。

スラブ内地震のスケーリング則（Strasser et al., 2010）

スラブ内地震の回帰結果を右に示す。

長さ、幅、面積ともにMwと相関が強いことを示している。

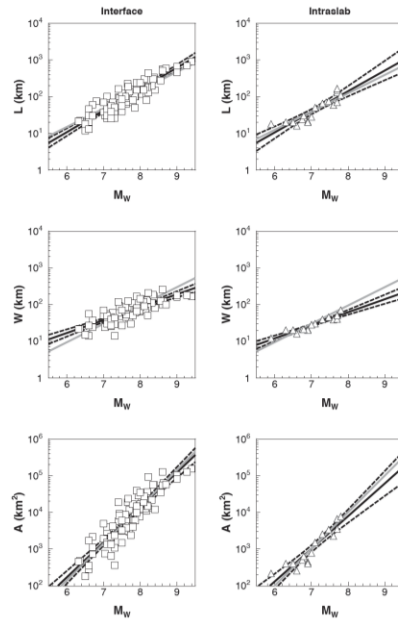
標準偏差（右表赤枠）は0.2程度である。

断層長さで回帰したものは、やや標準偏差が大きい結果となっている。幅で回帰した結果が標準偏差が小さい。

以降では、断層の幅に着目して、敷地周辺の海洋プレート内地震に想定される規模について考察する。

	a	s.e. (a)	b	s.e. (b)	σ	R ²	N
$\log_{10}(L) = a + b \times M_w$	-2.350	0.453	0.562	0.064	0.146	0.813	20
$\log_{10}(W) = a + b \times M_w$	-1.058	0.217	0.356	0.031	0.067	0.893	18
$\log_{10}(A) = a + b \times M_w$	-3.225	0.598	0.890	0.085	0.184	0.874	18
$M_w = a + b \times \log_{10}(L)$	4.725	0.274	1.445	0.164	0.234	0.813	20
$M_w = a + b \times \log_{10}(W)$	3.407	0.317	2.511	0.217	0.178	0.893	18
$M_w = a + b \times \log_{10}(A)$	4.054	0.288	0.981	0.093	0.193	0.874	18

← 長さの式
← 幅の式
← 面積の式



▲ Figure 2. Regression results for the prediction of rupture dimensions as a function of moment magnitude. The dashed lines indicate the ±95% confidence intervals for the mean, and the heavy gray line indicates the best fit when self-similar scaling is assumed. The values shown for the individual data points are averaged over all models in the database in the case of multiple models being available for the same event.

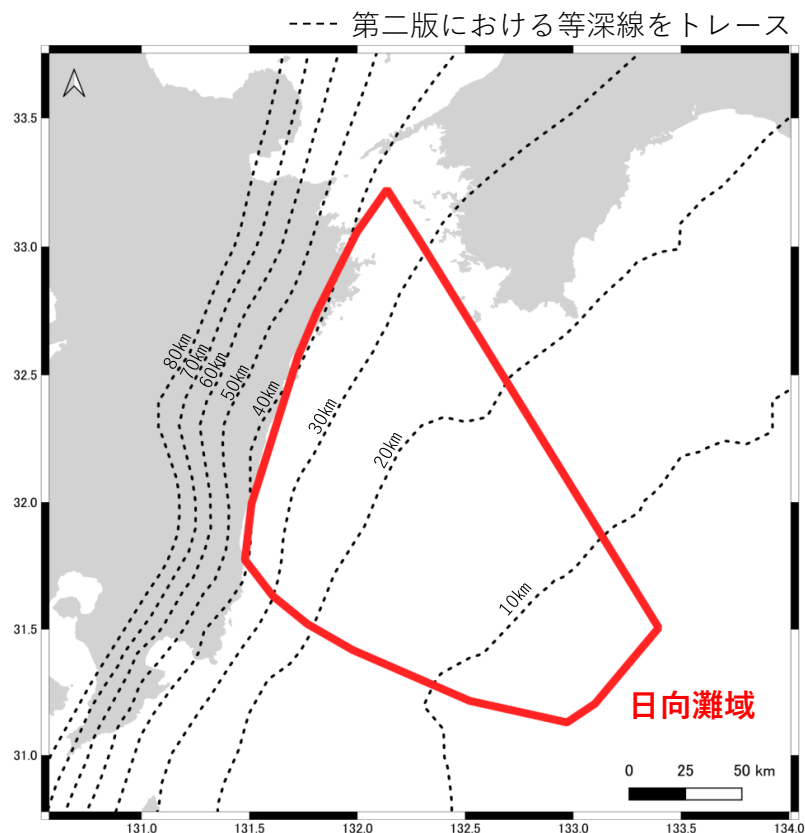
M8の海洋プレート内地震の震源断層面の検討（幅・長さ）

- Strasser et al.(2010)の関係式から、Mw8.0の海洋プレート内地震の断層面は長さ約140km、幅約62kmとなる。
- これを踏まえれば、地震発生層幅がおおよそ10km程度（厚いところでも20km程度）である日向灘域で、高角に幅約62kmの断層は設定できない。プレート形状が比較的フラットな領域で低角の断層を想定する場合でも、海溝軸に並行した長さ約140km、幅約62kmの震源断層は日向灘の領域を超えるような大きさを設定することとなる。
- このように、日向灘域のプレート形状及び地震発生層厚さを踏まえれば、M8程度の海洋プレート内地震の発生は極めて考え難い。

■Strasser et al.(2010)によって推定した Mw8.0の震源断層の長さ と 幅

地震規模Mw	8.0
断層長さL	140 km $[\log_{10}(L) = -2.350 + 0.562 \times Mw]$
断層幅W	62 km $[\log_{10}(W) = -1.058 + 0.356 \times Mw]$

表中の式はStrasser et al.(2010)のスケーリング則



余 白

引用文献

- 弘瀬冬樹・中島淳一・長谷川昭, Double-Difference Tomography法による西南日本の3次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状の推定, 地震 第2輯, 第60巻, 1-20, 2007.
- Ioki, K., Y. Yamashita and Y. Kase, Consideration of tsunami source generated in the Hyuga-nada region in 1662, JpGU Joint Meeting, HDS08-P05, 2020.
- 伊尾木圭衣・山下裕亮・加瀬善洋, 宮崎県沖で発生した1662年日向灘地震の津波波源の考察, 日本地震学会2020年度秋季大会, S17P-03, 2020.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価について, 2004.
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価 (第二版), 2022.
- Kanamori, H., The energy release in great earthquakes, Journal of Geophysical Research, 82, 2981-2987, 1977.
- 神田克久・武村雅之, 南海トラフ沿いの沈み込むスラブ内で発生した歴史地震の震度による地震規模推定, 歴史地震, 28, 35-48, 2013.
- 松浦律子・中村操・茅野一郎・唐鎌郁夫, 震度分布にもとづく江戸時代の4地震の震源域と規模の再検討(概報) - 1662年日向灘・1769年日向・豊後・1847年善光寺地震・1861年宮城の4地震について - 歴史地震, 19, 53-59, 2003.
- 内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会, 南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ, 2011.
- 内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会, 南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について (第一次報告), 2012.
- 内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会, 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告), 2012.
- Strasser, F. O., M. C. Arango, and J. J. Bommer, Scaling of the Source Dimensions of Interface and Intraslab Subduction-zone Earthquakes with Moment Magnitude, Seismological Research Letters, Vol. 81, No. 6, 941-950.
- 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子, 日本被害地震総覧599-2012, 東京大学出版会, 2013.
- Zhao, J., J. Zhang, A. Asano, Y. Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima, Y. Fukushima, Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period, Bulletin of the Seismological Society of America, 96, 898-913, 2006.