

第3章 地震動の想定

3.1 想定地震の設定（平成24年調査）

3.1.1 設定方針

平成24年調査における、想定地震の設定にあたっての基本方針は、以下のように行った。
ただし、今回の見直し調査では、陸域の地震及び浜田市沖合断層（海域：独自断層）については対象外とした。

このため、本節では陸域の地震及び浜田市沖合断層の設定方針について参考とされたい。

*今回新たな設定を行った、海域の地震の設定方針については、3.2節を参照されたい。

- ・本県を取り巻く地震環境に関する歴史地震資料、地震観測資料、活断層資料、津波資料などにより、その中から活動性等を考慮して設定する。
- ・地震調査研究推進本部（以下「地震本部」）において「その他の活断層」として設定されている鹿島断層帯（＝宍道断層）及び弥栄断層帯については、想定地震として設定する。
- ・島根県内における防災対策上の観点から、経験式による試算（震度分布）や曝露人口の状況等を総合的に勘案して、県内に与える影響の大きいものを優先的に検討し、かつ、地域に偏りがないように設定する。
- ・想定地震の設定数は5箇所とする。このほか、津波被害想定を行うため海域部に4箇所程度設定する。

さらに、基本的な考え方として、

- ・内陸部の総合的な被害を、県内を5つの地域に分け、各々の地域で地震を想定して検討する。
- ・沿岸域の津波による被害を、日本海東縁部の地震及び沿岸域の地震を想定して検討する。
ということを考慮する。

3.1.2 設定の流れ

想定地震設定の流れは以下のように行う。

step 1

- ・島根県内および近隣地域における活断層分布
- ・前回調査における設定
- ・微小地震の観測結果

上記により想定地震として考えられる可能性のある地震を網羅的に選定する。

step 2

- ・島根県に対して遠方な断層で影響が考えられない海域の断層（見島北方沖等）
- ・地震本部、中央防災会議による地震動評価結果により県内において大きな揺れが想定されない断層（那岐山断層帯等）

上記の断層を除いた活断層等による地震を想定地震の第一次選定地震として設定する。

第1次選定対象地震	
陸域	宍道断層
	宍道湖南方
	松江南方
	鳥取県西部地震
	大田市西南方
	浜田市沿岸
	弥栄断層帯
海域	鳥取沖西部断層
	出雲市沖合
	大田沖断層
	浜田市沖合
	見島付近の断層

<平成 24 年調査報告書より>

step 3

経験式による地震動の試算を行う。

社会的な影響（被害）を推測するために、上記地震動結果をもとに震度曝露人口を試算する。

step 4

経験式による震度および震度曝露人口による影響の大きさと地域的なバランスを検討。

- ・単純に大きな震度に見舞われる曝露人口の多さの順で選定はしない。
- ・東部地域のうち松江市付近への影響については宍道断層で発生する地震を対象とする。
- ・松江市付近以外の東部地域については、鳥取県西部地震後の防災対策の状況を鑑み、想定地震の対象として宍道湖南方で発生する地震を対象とする。
- ・前回調査では東部地域で松江市等への影響を考慮するものとして松江南方の地震を対象としている。今回調査では東部地域を2地域に分けて考慮する。
- ・西部地域については、以下のようにする。
 - ・影響の大きさを考慮して大田市西南方で発生する地震を対象とする。
 - ・歴史地震の発生および影響の大きさを考慮して浜田市沿岸で発生する地震を対象とし、沖合の地震は津波で考慮する。
 - ・影響の大きさを考慮して弥栄断層帯で発生する地震を対象とする。

津波被害については津波シミュレーションを行うこととし、想定対象地震は、日本海東縁部の地震、及び沿岸域の地震を対象とする。

- ・近年の津波被害地震の発生も考慮し、日本海東縁部の空白域（佐渡島北方沖）で発生する地震を対象とする。
- ・東部地域については、影響の大きさおよび中国電力㈱による調査成果も踏まえ出雲市沖合で発生する地震を対象とする。
- ・西部地域については、歴史地震の発生を踏まえ浜田市沖合で発生する地震を対象とする。
- ・隠岐地域については、隠岐北西沖で発生する地震を対象とする。

step 5

想定地震の設定

以上のような step を経て想定地震を設定する。

陸域の地震
宍道断層
宍道湖南方
大田市西南方
浜田市沿岸
弥栄断層帯

海域の地震
佐渡島北方沖
出雲市沖合
浜田市沖合
隠岐北西沖

<平成 24 年調査報告書より>

なお、陸域の地震は地震動の想定及びその被害を対象とし、海域の地震は津波の想定及びその被害を対象とした。ただし、海域の地震のうち、沿岸に近接している出雲市沖合及び浜田市沖合の地震については、地震動も対象とする。

図 3.1-1 に検討した第 1 次選定対象地震を示し、津波のみを対象とする地震について、図 3.1-2 に日本海東縁部の想定震源域（佐渡島北方沖）及び図 3.1-3 に隠岐北西沖の断層位置図を示す。また、最終的に地震動の想定対象として設定した地震を図 3.1-4 に示す。

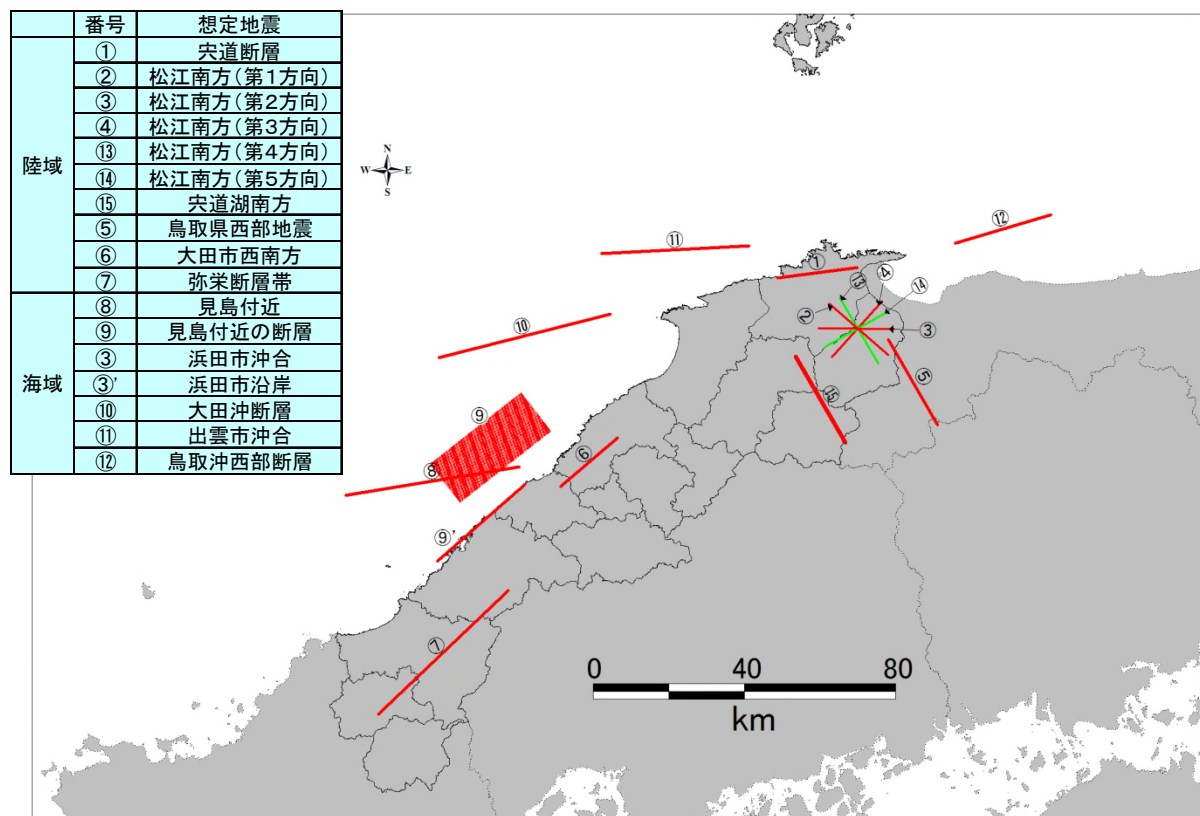


図 3.1-1 第 1 次選定対象地震位置図

<平成 24 年調査報告書より>

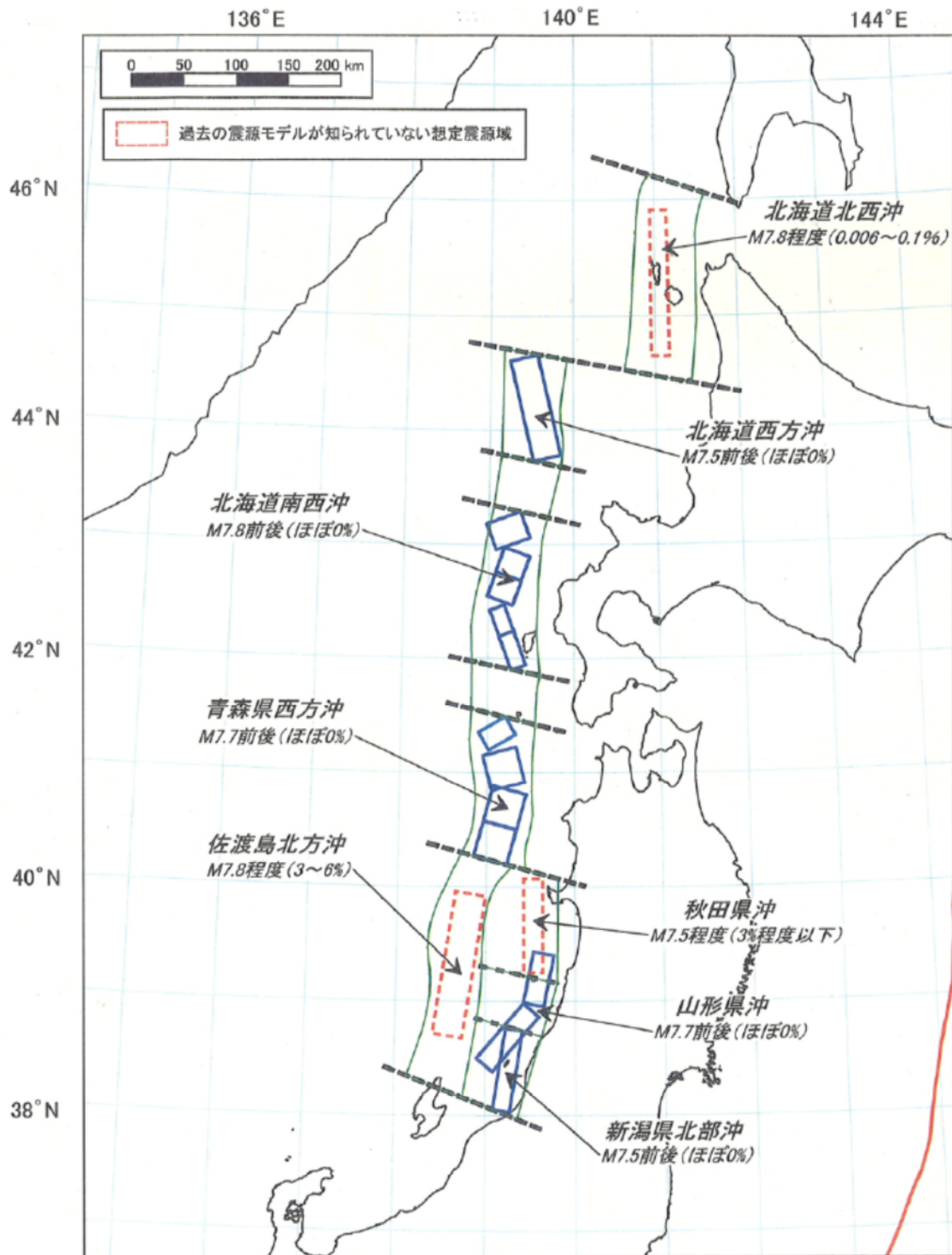


図3 想定地震の震源域・規模および30年確率

図3.1-2 日本海東縁部の想定震源域

<日本海東縁部の地震活動の長期評価（地震調査研究推進本部.2003）¹⁾より>

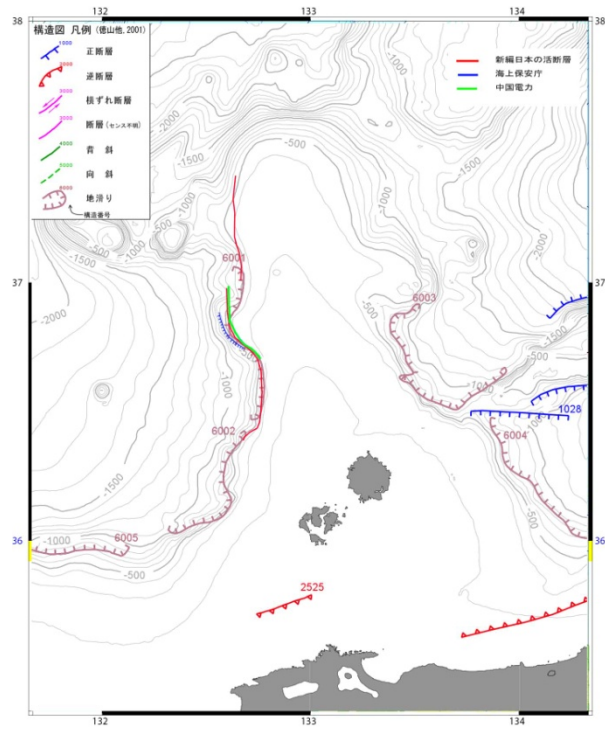


図 3.1-3 隠岐北西沖断層位置図（徳山ほか（2001）²⁾ の海底構造図に加筆）

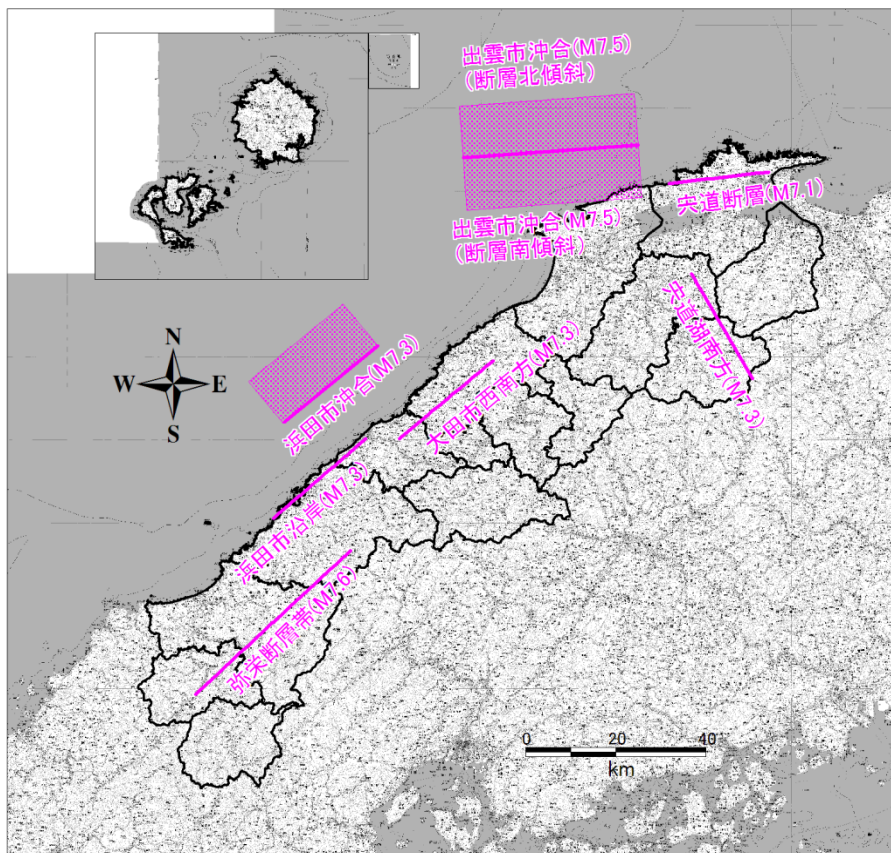


図 3.1-4 地震動想定対象地震（平成 24 年調査報告書より）

本図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-III」を複製したものである。

想定地震の震源断層の設定については、以下のような考えで設定する。

① 宍道断層の地震：

地震調査研究推進本部の全国地震動予測地図(2010)³⁾における「その他の活断層」の鹿島断層帯の評価、中国電力㈱の宍道断層の調査成果等により、長さ 22km の震源断層（横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(Mj)は断層長さより 7.1 に設定する。

② 宍道湖南方の地震：

宍道湖南方の微小地震発生領域に震源断層を設定する。断層長さは、周辺域で発生した鳥取県西部地震を考慮し 27km の震源断層（横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(Mj)も鳥取県西部地震を考慮した当地域の「震源を予め特定しにくい地震」の最大値により 7.3 に設定する。

③ 大田市西南方の地震：

前回調査と同様に、大森一三子山断層周辺^{*1} に設定する。断層長さと地震の規模は宍道湖南方の地震と同様の考えにより、断層長さ 27km の震源断層（横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(Mj)は当地域の「震源を予め特定しにくい地震」の最大値により 7.3 に設定する。

④ 浜田市沿岸の地震：

浜田市付近の沿岸部の推定断層周辺に震源断層を設定する。断層長さと地震の規模は宍道湖南方の地震と同様の考えにより、断層長さ 27km の震源断層（横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(Mj)は当地域の「震源を予め特定しにくい地震」の最大値により 7.3 に設定する。

⑤ 弥栄断層帯の地震：

地震調査研究推進本部の全国地震動予測地図(2010)における「その他の活断層」の弥栄断層帯の評価、既往研究による山口ー出雲地震帯の活断層の評価等により、長さ 47km の震源断層（横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(Mj)は断層長さより 7.6 に設定する。

⑥ 出雲市沖合の地震：

中国電力㈱の沿岸域の調査成果等により、長さ 38km の震源断層として設定する。周辺地域の断層性状等を考えると主として横ずれ断層が想定されるが、別途津波被害の想定を行うことも考慮し、断層形状の不確かさの可能性を考慮し、ここでは断層面が北傾斜あるいは南傾斜（いずれも 45 度）の逆断層を仮定して設定する。

地震の規模(Mj)は断層長さより 7.5 に設定する。

⑦ 浜田市沖合の地震：

前回調査と同様に宇佐美（2003）⁴⁾による浜田地震の震央域に震源断層を設定する。断層長さと規模は浜田市沿岸の地震と同様に断層長さ 27km、地震の規模は 7.3 に設定する。

なお、震源断層の傾斜は、周辺地域で発生した微小地震の震源解から 45 度の逆断層として設定する。

*1：平成 24 年 5 月 22 日の発表によれば、独立行政法人産業技術総合研究所などによる全国の小規模な活断層の分析では、大森一三子山断層の長さがこれまでの 14km から約 36km になる可能性が出てきたとされている。

3.2 想定地震の設定（海域の地震：今回調査（平成 29 年））

3.2.1 設定方針

今回調査における、想定地震の設定にあたっての基本方針は、以下のように行う。

- ・日本海における大規模地震に関する調査検討会⁵⁾（以下「日本海検討会」）による島根県沿岸の津波断層から、想定地震を設定する。
- ・島根県内における防災対策上の観点から、経験式による試算（震度分布）や曝露人口の状況等を総合的に勘案して、県内に与える影響の大きいものを優先的に検討し、かつ、地域に偏りがないように設定する。
- ・想定地震の設定数は3箇所とする。

さらに、断層位置が島根県に近い津波断層についてだけでなく、島根県よりやや遠い断層で島根県に津波被害があると考えられる断層も想定地震として考慮する。

3.2.2 設定の流れ

想定地震設定の流れは以下のように行う。

step 1

想定地震として考えられる可能性のある地震を第一次選定地震として選定する。

- ・日本海検討会による島根県内および近隣地域における津波断層分布。

第一次選定対象地震					
F55断層		F56断層		F57断層	
大すべり	破壊開始点	大すべり	破壊開始点	大すべり	破壊開始点
左側	右	左側	左, 右	左側	左, 右
右側		右側		右側	
中央		中央		中央	
隣接LLR		隣接LR	隣接LR		
隣接LRR					

step 2

統計的グリーン関数法（3.4.2 参照）および震度増分による地震動の試算を行い、震度分布を求める。

社会的な影響（被害）を検討するために、上記震度分布をもとに震度曝露人口を試算する。

step 3

統計的グリーン関数法および震度増分による震度および震度曝露人口による影響の大きさと地域的なバランスを検討。

- ・単純に大きな震度に見舞われる曝露人口の多さの順で選定はしない。
- ・東部地域及び隠岐地域への影響については F55 断層及び F56 断層で発生する地震を対象とする。
- ・西部地域への影響については F57 断層で発生する地震を対象とする。

step 4

- ・島根県に対してやや遠方な津波断層のうち、島根県に津波の影響が考えられる断層（F60 断層）については、距離減衰式を用いた簡便法により計算し、島根県内での地震動の影響が少ないことを確認し、最終的な被害想定の対象地震から除外する。

step 5

想定地震の設定

以上のような step を経て、想定地震の震源断層の設定については、日本海検討会(2014)の値を用い、以下のような考えで想定地震を設定する。

①F55 断層 大すべり左側 破壊開始点 右：

断層長さは 95km の震源断層（斜め横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(MJ)は断層長さより 8.1 に設定する。

②F56 断層 大すべり右側 破壊開始点 左：

断層長さは 49km の震源断層（斜め横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(MJ)は断層長さより 7.7 に設定する。

③F57 断層 大すべり右側 破壊開始点 右：

断層長さは 102km の震源断層（斜め横ずれ断層）として設定する。

地震の規模(MJ)は断層長さより 8.2 に設定する。

図 3.2-1 に日本海検討会(2014)による津波断層モデルの位置（北陸沖から九州沖）を示し、図 3.2-2 に第一次選定地震の断層模式図を示し、図 3.2-3 に断層位置図を示す。

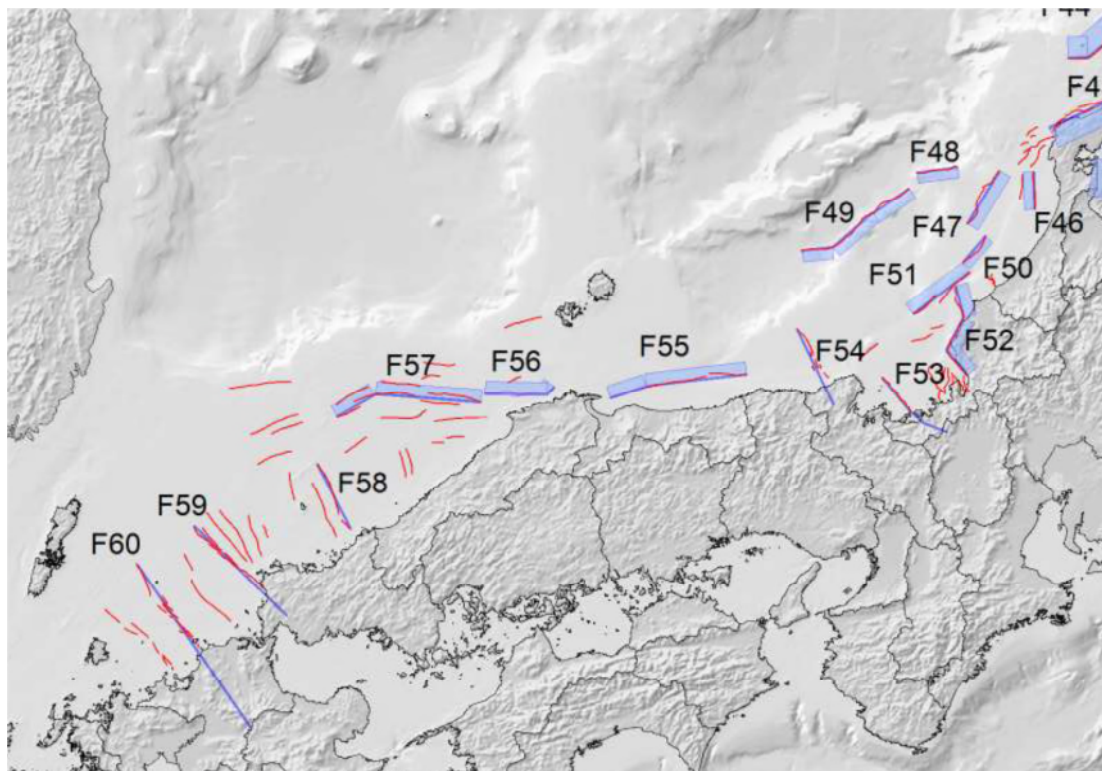


図 3.2-1 津波断層モデルの位置（北陸沖から九州沖）

<日本海における大規模地震に関する調査検討会（国土交通省, 2014）より>

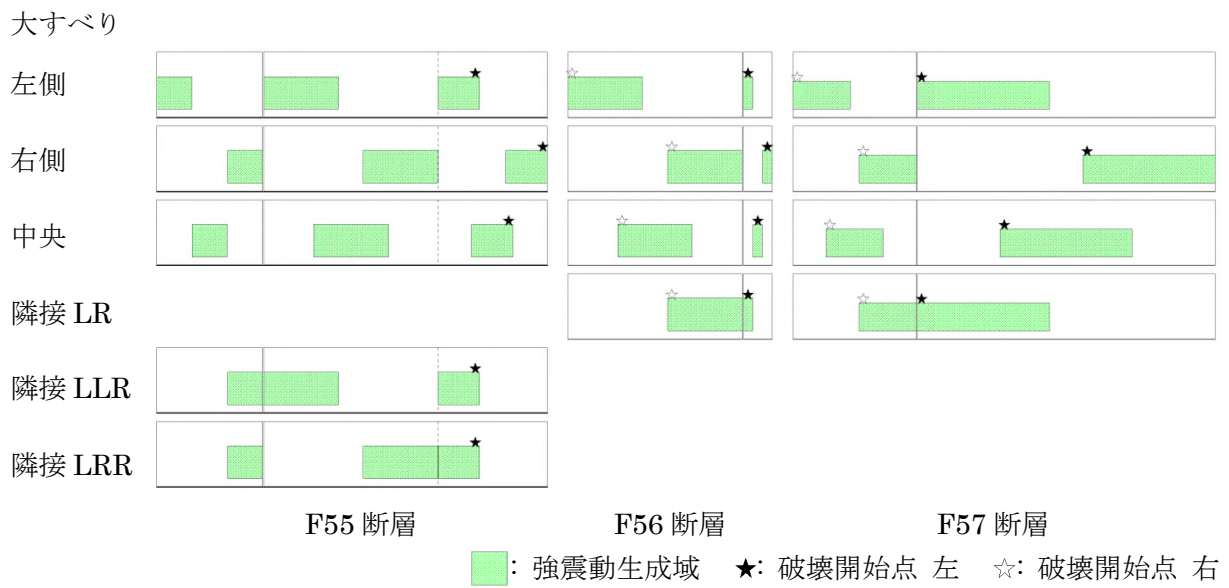


図 3.2-2 第一次選定地震の断層模式図（今回調査（平成 29 年））

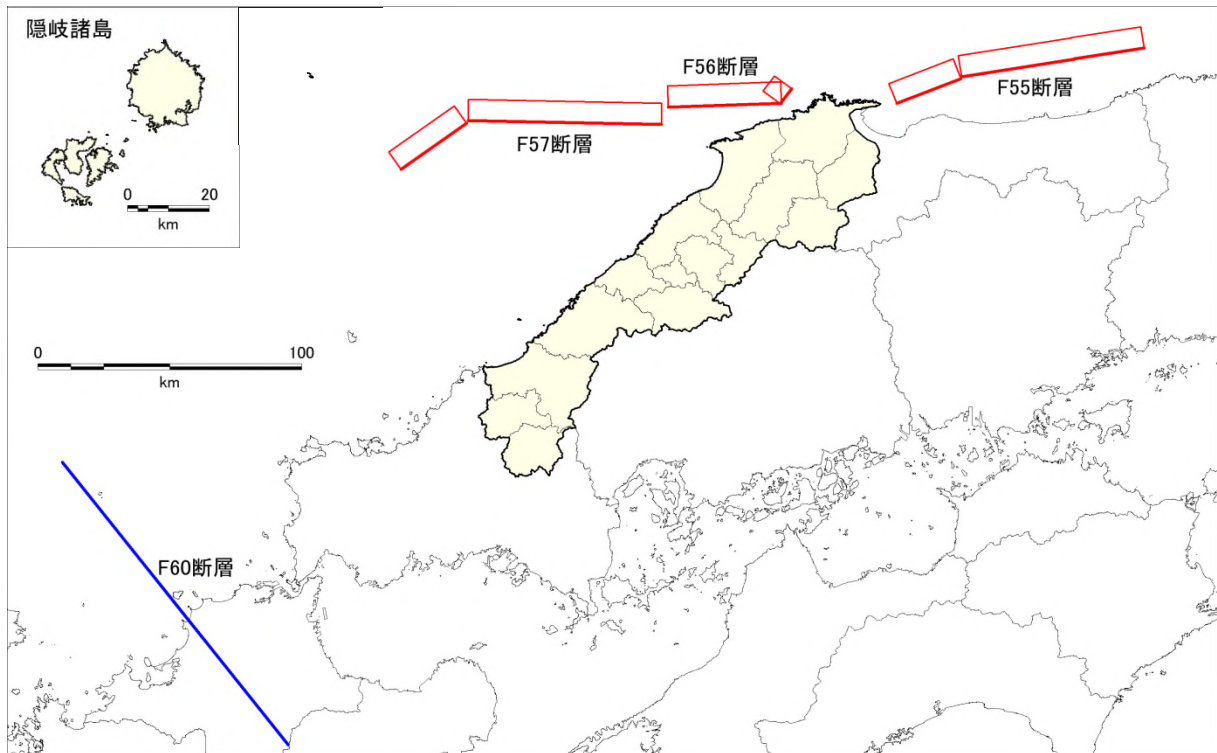


図 3.2-3 地震動想定対象地震（第一次選定地震：今回調査（平成 29 年））

赤： 詳細法 青： 簡便法により試算

3.3 想定地震の震源モデル

前節までに記した選定により、今回調査における地震動想定の対象地震として、陸域5地震、海域4地震を対象地震として選定した。対象地震は以下のようにする。

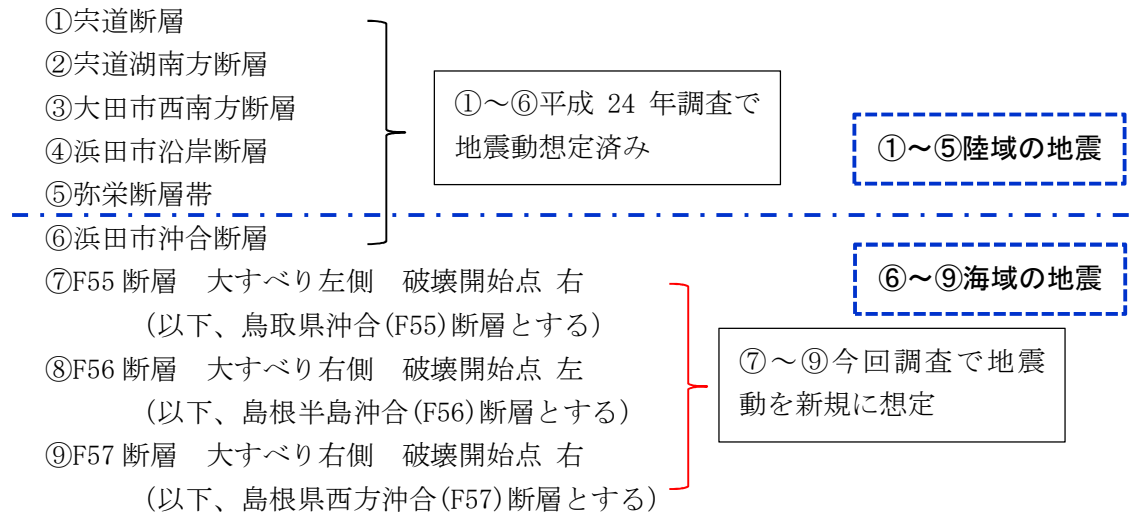


図 3.3-1 に断層位置図 (図中の () 内の数字は気象庁マグニチュードを示す)、図 3.3-2 に断層モデルの模式図を示す。

表 3.3-1 と表 3.3-2 には解析に用いた各断層のパラメータを示す。

今回調査では、アスペリティの配置、破壊開始点等は被害が大きくなるように設定する。

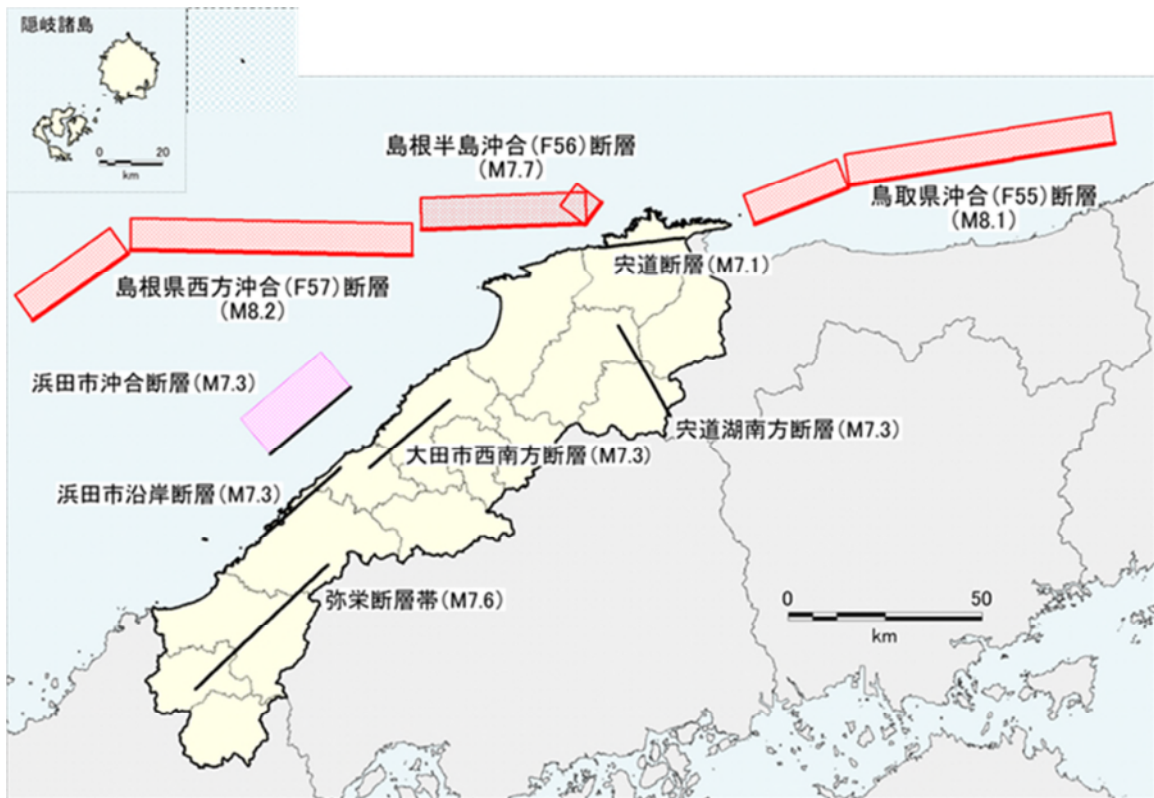


図 3.3-1 地震動想定対象地震の断層位置図

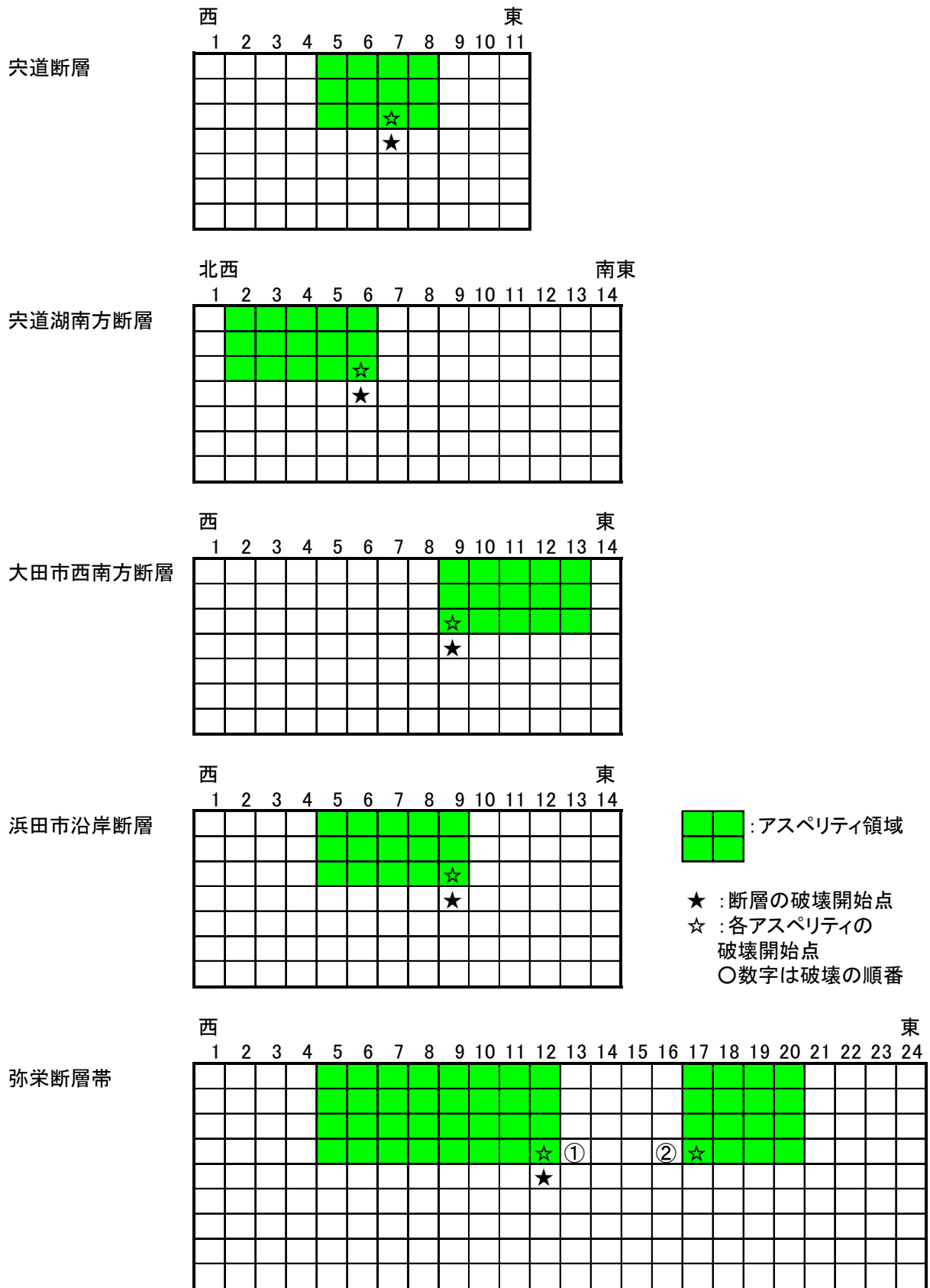


図 3.3-2 (1) 断層モデル模式図 (平成 24 年調査)

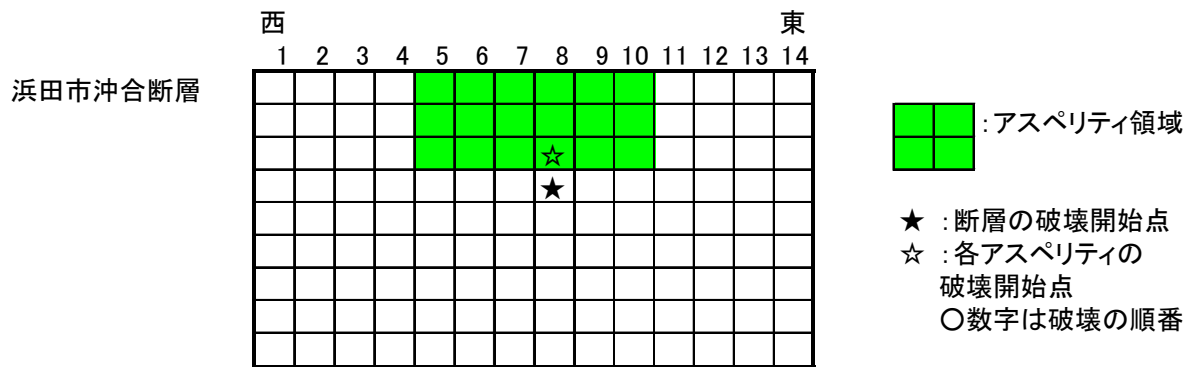
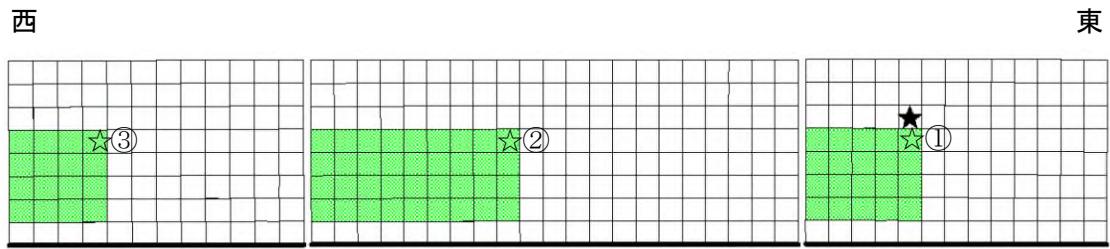
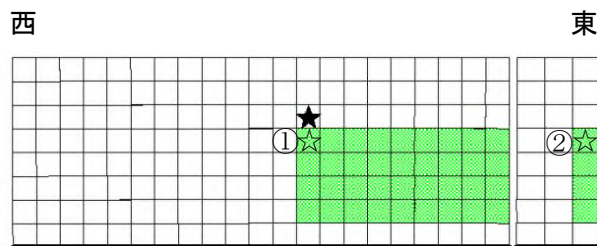


図 3.3-2 (2) 断層モデル模式図 (平成 24 年調査)

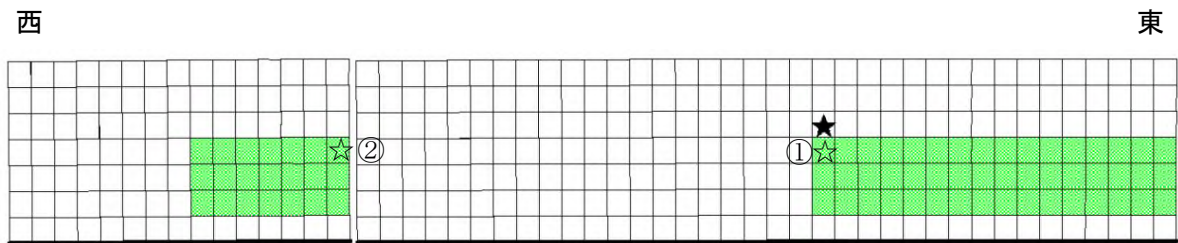
鳥取県沖合 (F55) 断層



島根半島沖合 (F56) 断層



島根県西方沖合 (F57) 断層



- : 強震動生成域 (アスペリティ領域)
- ★ : 断層の破壊開始点
 ☆ : 各アスペリティの破壊開始点
 ○数字は破壊の順番
 注 : 太線が断層上端

図 3.3-2(3) 断層モデル模式図 (今回調査)

断層パラメータの設定においては、陸域の地震及び海域の地震のうち浜田市沖合の地震については、近年の強震動予測で用いられることが多い、「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）⁶⁾（地震調査研究推進本部(2009)）」における関係式を基本的に用いて設定する。

また、浜田市沖合の地震以外の海域の地震については、日本海検討会(2014)⁵⁾における値を用い、設定されていないパラメータは「震源断層を特定した地震の強震動予測手法（「レシピ」）（地震調査研究推進本部(2009)）」における関係式を用いて設定する。

表 3.3-1(1) 断層パラメータ（陸域）（平成 24 年調査）

想定地震	宍道断層	宍道湖南方断層	大田市西南方断層	浜田市沿岸断層	備考
巨視的震源特性					
緯度(°)	35.5148	35.3335	35.0024	34.8419	
経度(°)	132.9529	133.0067	132.3017	131.9967	
走向θ(°)	83	150	50	49	
傾斜δ(°)	90	90	90	90	
すべり角(°)	0	0	0	0	
長さL(km)	22.0	27.0	27.0	27.0	
幅W(km)	13.0	14.0	14.0	14.0	
上端深さd(km)	2	2	2	2	
断層面積S(km ²)	286	378	378	378	
地震モーメントMo(Nm)	4.6E+18	7.0E+18	7.0E+18	7.0E+18	$Mo=(S/2.23 \times 10^{15})^{3/2} \times 10^{-7}$
モーメントマグニチュードMw	6.4	6.5	6.5	6.5	
気象庁マグニチュードMj	7.1	7.3	7.3	7.3	※
S波速度Vs(km/s)	3.5	3.5	3.5	3.5	
平均密度ρ(g/cm ³)	2.7	2.7	2.7	2.7	
剛性率μ(N/m ²)	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	
静的応力降下量σ(Nm)	2.3	2.3	2.3	2.3	$\sigma=(7/16) \times Mo / ((S/\pi)^{0.5})^3$
平均すべり量D(m)	0.5	0.6	0.6	0.6	$D=Mo/\mu/S$
微視的震源特性					
全アスペリティの面積Sa(km ²)	44.6	57.8	57.8	57.8	$Sa=\pi \times r^2$
全アスペリティの平均すべり量Da(m)	1.0	1.1	1.1	1.1	$Da=2 \times D$
全アスペリティの地震モーメントMoa(Nm)	1.4E+18	2.1E+18	2.1E+18	2.1E+18	$Moa=\mu \times Da \times Sa$
アスペリティの応力パラメータσa(MPa)	14.8	15.1	15.1	15.1	$\sigma a=(S/Sa) \times \sigma$
アスペリティの個数	1	1	1	1	
アスペリティの面積Sai(km ²)	44.6	57.8	57.8	57.8	
アスペリティの平均すべり量Dai(m)	1.0	1.1	1.1	1.1	
アスペリティの地震モーメントMoai(Nm)	1.4E+18	2.1E+18	2.1E+18	2.1E+18	
背景領域の地震モーメントMob(Nm)	3.2E+18	4.8E+18	4.8E+18	4.8E+18	$Mob=Mo-Moa$
背景領域の面積Sb(km ²)	241	320	320	320	$Sb=S-Sa$
背景領域のすべり量Db(m)	0.4	0.5	0.5	0.5	$Db=Mob/\mu/Sb$
背景領域の応力パラメータσb(MPa)	2.6	2.6	2.6	2.6	$\sigma b=(Db/(S/2)^{0.5}) / (Da/(Sa/2)^{0.5}) \times \sigma a$
その他の震源特性					
Fmax(Hz)	6	6	6	6	
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.5	2.5	2.5	2.5	$Vr=0.72 \times Vs$

※：宍道断層のMjは経験式（ $Mj=(\log L+2.9)/0.6$ ）による。

宍道湖南方、大田市西南方、浜田市沿岸のMjは該当地域の「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大値による。

表 3.3-1(2) 断層パラメータ（陸域）（平成 24 年調査）

想定地震	弥栄断層帯		備考
巨視的震源特性			
緯度(°)	34.4880		
経度(°)	131.8090		
走向θ(°)	47		
傾斜δ(°)	90		
すべり角(°)	0		
長さL(km)	47.0		
幅W(km)	18.0		
上端深さd(km)	2		
断層面積S(km ²)	846		
地震モーメントMo(Nm)	4.0E+19		$Mo=(S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$
モーメントマグニチュードMw	7.0		
気象庁マグニチュードMj	7.6		$Mj=(\log L+2.9)/0.6$
S波速度Vs(km/s)	3.5		
平均密度ρ(g/cm ³)	2.7		
剛性率μ(N/m ²)	3.3E+10		
静的応力降下量σ(Nm)	3.1		
平均すべり量D(m)	1.4		$D=Mo/\mu/S$
微視的震源特性	第1	第2	
全アスベリティの面積Sa(km ²)	188		22%
全アスベリティの平均すべり量Da(m)	2.8		$Da=2xD$
全アスベリティの地震モーメントMoa(Nm)	1.8E+19		$Moa=\mu \times DaxSa$
アスベリティの応力パラメータσa(MPa)	14.0		$\sigma a=(S/Sa) \times \sigma$
アスベリティの個数	2		
アスベリティの面積Sai(km ²)	125.3	62.7	2:1
アスベリティの平均すべり量Dai(m)	3.2	2.2	$Dai=Dax(\gamma i/\sum \gamma i^3)$
アスベリティの地震モーメントMoai(Nm)	1.3E+19	4.6E+18	$Moai=MoaxSai^{1.5}/\sum Sai^{1.5}$
背景領域の地震モーメントMob(Nm)	2.2E+19		$Mob=Mo-Moa$
背景領域の面積Sb(km ²)	658		$Sb=S-Sa$
背景領域のすべり量Db(m)	1.0		$Db=Mob/\mu/Sb$
背景領域の応力パラメータσb(MPa)	2.6		$\sigma b=(Db/(S/2)^{0.5})/(Da/(Sa/2)^{0.5}) \times \sigma a$
その他の震源特性			
Fmax(Hz)	6		
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.5		$Vr=0.72 \times Vs$

弥栄断層帯の Mj は経験式 ($Mj=(\log L+2.9)/0.6$) による

表 3.3-1(3) 断層パラメータ（海域）（平成 24 年調査）

想定地震	浜田市沖合断層	備考
巨視的震源特性		
緯度(°)	35.1888	
経度(°)	132.2491	
走向θ(°)	232	
傾斜δ(°)	45	
すべり角(°)	90	
長さL(km)	27.0	
幅W(km)	17.0	
上端深さd(km)	3	
断層面積S(km ²)	459	
地震モーメントMo(Nm)	1.172E+19	$Mo=(S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$
モーメントマグニチュードMw	6.8	
気象庁マグニチュードMj	7.3	※
S波速度Vs(km/s)	3.5	
平均密度ρ(g/cm ³)	2.7	
剛性率μ(N/m ²)	3.3E+10	
静的応力降下量σ(Nm)	2.9	$\sigma=(7/16) \times Mo / ((S/\pi)^{0.5})^3$
平均すべり量D(m)	0.8	$D=Mo/\mu/S$
微視的震源特性		
全アスペリティの面積Sa(km ²)	65.6	$Sa=\pi \times r^2$
全アスペリティの平均すべり量Da(m)	1.5	$Da=2 \times D$
全アスペリティの地震モーメントMoa(Nm)	3.3E+18	$Moa=\mu \times Da \times Sa$
アスペリティの応力パラメータσa(MPa)	20.3	$\sigma a=(S/Sa) \times \sigma$
アスペリティの個数	1	
アスペリティの面積Sai(km ²)	65.6	
アスペリティの平均すべり量Dai(m)	1.5	
アスペリティの地震モーメントMoai(Nm)	3.3E+18	
背景領域の地震モーメントMob(Nm)	8.4E+18	$Mob=Mo-Moa$
背景領域の面積Sb(km ²)	393	$Sb=S-Sa$
背景領域のすべり量Db(m)	0.6	$Db=Mob/\mu/Sb$
背景領域の応力パラメータσb(MPa)	3.5	$\sigma b=(Db/(S/2)^{0.5}) / (Da/(Sa/2)^{0.5}) \times \sigma a$
その他の震源特性		
Fmax(Hz)	6	
破壊伝播速度Vr(km/s)	2.5	$Vr=0.72 \times Vs$

※：浜田市沖合の地震のMjは該当地域の「震源断層を予め特定しにくい地震」の最大値による。

表 3.3-2(1) 断層パラメータ (海域 (今回調査): 鳥取県沖合 (F55)断層)

想定地震			鳥取県沖合(F55)断層			備考
地震の規模・断層の大きさ・形状						
気象庁マグニチュード	M _J		8.1			logL=0.6M-2.9
モーメントマグニチュード	M _w		7.48			
地震モーメント	M ₀	Nm	2.06E+20			日本海検討会(2014) ⁵⁾
			5.74E+19	9.27E+19	5.61E+19	
断層面積	S	km ²	1518			
			422	682	413	
断層長さ	L	km	95			
			26.4	42.6	25.8	
断層幅	W	km	16.0	16.0	16.0	
横ずれ			右			
隆起側			南			
断層の位置						
端点(原点)経度		°	134.4138	134.1259	133.6580	日本海検討会(2014) ⁵⁾
緯度		°	35.7569	35.7194	35.6530	
走向	θ	°	261	261	249	
傾斜	δ	°	60	60	60	
上端深さ	H _s	km	1.1	1.1	1.1	
下端深さ	H _d	km	15.0	15.0	15.0	
断層の運動						
すべり角	λ	°	215	215	215	日本海検討会(2014) ⁵⁾
すべり量	D	m	3.96			
平均応力パラメータ	Δσ	MPa	3.1			長大な横ずれ断層
破壊伝播速度	V _r	km/s	2.52			V _r =0.72V _s
高周波遮断周波数	f _{max}	Hz	6.0			鶴来・他(1997) ⁷⁾
短周期レベル	A	Nm/s ²	3.13E+19			A=2.46 × 10 ¹⁰ M ₀ ^{1/3}
基本物理量						
S波速度	V _s	km/s	3.5			日本海検討会(2014) ⁵⁾
密度	ρ	kg/m ³	2800			
剛性率	μ	N/m ²	3.43E+10			
強震動生成域						
総面積	S _a	km ²	81	146	69	日本海検討会(2014) ⁵⁾
面積比	S _a /S		0.19	0.21	0.17	
個数			1	1	1	
すべり量	D _a	m	7.92	7.92	7.92	
総地震モーメント	M _{0a}	Nm	2.21E+19	3.97E+19	1.87E+19	
応力パラメータ	Δσ _a	MPa	16.12	14.47	18.60	Δσ _a =S/S _a × Δσ
要素断層						
長さ	L _e	km	2.028	2.028	2.147	2 × 2km程度
幅	W _e	km	2.003	2.003	2.003	
分割数						
長さ	N _{le}		13	21	12	
幅	N _{we}		8	8	8	
強震動生成域 長さ	N _{lea}		5	9	4	
強震動生成域 幅	N _{wea}		4	4	4	
背景領域						
面積	S _b	km ²	341	536	344	日本海検討会(2014) ⁵⁾
地震モーメント	M _{0b}	Nm	3.53E+19	5.30E+19	3.74E+19	
すべり量	D _b	m	3.02	2.88	3.17	
応力パラメータ	σ _b	MPa	3.07	2.63	3.72	

表 3.3-2(2) 断層パラメータ (海域 (今回調査): 島根半島沖合 (F56) 断層)

想定地震			島根半島沖合(F56)断層		備考
地震の規模・断層の大きさ・形状					
気象庁マグニチュード	M_J		7.7		$\log L=0.6M-2.9$
モーメントマグニチュード	M_w		7.19		日本海検討会(2014) ⁵⁾
地震モーメント	M_0	Nm	7.59E+19		
			1.09E+19	6.50E+19	
断層面積	S	km ²	793		
			114	679	
断層長さ	L	km	49		
			7.1	42.4	
断層幅	W	km	16.0	16.0	
横ずれ			右		
隆起側			南		
断層の位置					
端点(原点)経度		°	132.9596	132.9171	日本海検討会(2014) ⁵⁾
緯度		°	35.6189	35.5699	
走向	θ	°	217	268	
傾斜	δ	°	60	60	
上端深さ	H_s	km	1.1	1.1	
下端深さ	H_d	km	15.0	15.0	
断層の運動					
すべり角	λ	°	143	215	日本海検討会(2014) ⁵⁾
すべり量	D	m	2.79		
平均応力パラメータ	$\Delta\sigma$	MPa	3.1		長大な横ずれ断層
破壊伝播速度	V_r	km/s	2.52		$V_r=0.72V_s$
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	6.0		鶴来・他(1997) ⁷⁾
短周期レベル	A	Nm/s ²	2.24E+19		$A=2.46 \times 10^{10} M_0^{1/3}$
基本物理量					
S波速度	V_s	km/s	3.5		日本海検討会(2014) ⁵⁾
密度	ρ	kg/m ³	2800		
剛性率	μ	N/m ²	3.43E+10		
強震動生成域					
総面積	S_a	km ²	19	146	日本海検討会(2014) ⁵⁾
面積比	S_a/S		0.17	0.21	
個数			1	1	
すべり量	D_a	m	5.58	5.58	
総地震モーメント	M_{0a}	Nm	3.64E+18	2.79E+19	
応力パラメータ	$\Delta\sigma_a$	MPa	18.60	14.47	
要素断層					
長さ	L_e	km	2.374	2.018	2×2km程度
幅	W_e	km	2.004	2.004	
分割数					
長さ	N_{le}		3	21	
幅	N_{we}		8	8	
強震動生成域 長さ	N_{lea}		1	9	
強震動生成域 幅	N_{wea}		4	4	
背景領域					
面積	S_b	km ²	95	534	日本海検討会(2014) ⁵⁾
地震モーメント	M_{0b}	Nm	7.28E+18	3.72E+19	
すべり量	D_b	m	2.23	2.03	
応力パラメータ	σ_b	MPa	3.72	2.63	

表 3.3-2(3) 断層パラメータ (海域 (今回調査) : 島根県西方沖合 (F57) 断層)

想定地震			島根県西方沖合(F57)断層		備考	
地震の規模・断層の大きさ・形状						
気象庁マグニチュード	M_J		8.2		logL=0.6M-2.9	
モーメントマグニチュード	M_w		7.51			
地震モーメント	M_0	Nm	2.33E+20		日本海検討会(2014) ⁵⁾	
			1.65E+20	6.83445E+19		
断層面積	S	km ²	1637			
			1157	480		
断層長さ	L	km	102			
			72.4	30.1		
断層幅	W	km	16.0	16.0		
横ずれ			右			
隆起側			南			
断層の位置						
端点(原点)経度		°	132.4222	131.6174	日本海検討会(2014) ⁵⁾	
	緯度	°	35.4992	35.5023		
走向	θ	°	271	235		
傾斜	δ	°	60	60		
上端深さ	H_s	km	1.2	1.2		
下端深さ	H_d	km	15.0	15.0		
断層の運動						
すべり角	λ	°	215	145		日本海検討会(2014) ⁵⁾
すべり量	D	m	4.15			
平均応力パラメータ	$\Delta\sigma$	MPa	3.1		長大な横ずれ断層	
破壊伝播速度	V_r	km/s	2.52		$V_r=0.72V_s$	
高周波遮断周波数	f_{max}	Hz	6.0		鶴来・他(1997) ⁷⁾	
短周期レベル	A	Nm/s ²	3.26E+19		$A=2.46 \times 10^{10} M_0^{1/3}$	
基本物理量						
S波速度	V_s	km/s	3.5		日本海検討会(2014) ⁵⁾	
密度	ρ	kg/m ³	2800			
剛性率	μ	N/m ²	3.43E+10			
強震動生成域						
総面積	S_a	km ²	220	96	日本海検討会(2014) ⁵⁾	
面積比	S_a/S		0.19	0.20		
個数			1	1		
すべり量	D_a	m	8.30	8.30		
総地震モーメント	M_{0a}	Nm	6.27E+19	2.74E+19		
応力パラメータ	$\Delta\sigma_a$	MPa	16.28	15.50		$\Delta\sigma_a=S/S_a \times \Delta\sigma$
要素断層						
長さ	L_e	km	2.010	2.004	2×2km程度	
幅	W_e	km	2.283	2.283		
分割数						
長さ	N_{le}		36	15		
幅	N_{we}		7	7		
強震動生成域 長さ	N_{lea}		16	7		
強震動生成域 幅	N_{wea}		3	3		
背景領域						
面積	S_b	km ²	936	384	日本海検討会(2014) ⁵⁾	
地震モーメント	M_{0b}	Nm	1.02E+20	4.10E+19		
すべり量	D_b	m	3.17	3.11		
応力パラメータ	σ_b	MPa	2.66	2.49		$\sigma_b=D_b/W_b/(D_a/W_a) \times \Delta\sigma_a$

3.4 地震動予測

3.4.1 予測方針

今回調査では、断層位置が島根県に近く、影響が大きいと考えられる断層について、波形計算を用いた詳細法による計算を行う。

詳細法は、強震動予測に関する研究の進展をふまえて断層モデルを設定し、深部、浅部の地盤モデルを用いて、以下の方法で地震動を予測する。

表 3.4-1 今回調査で採用する地震動予測手法

項目	今回調査の手法
地震動の評価	地震波形（3成分）
断層モデルの考え方	原則として、不均質なモデル（強震動生成域を評価）
工学的基盤での地震動計算手法	統計的グリーン関数法
土の非線形性挙動を考慮した表層地盤の増幅計算の考え方	基盤波形に等価線形法による応答計算を実施し、地表波形を予測
計測震度、地表最大加速度、地表最大速度の算出	計算で求めた地表波形から算出

つまり、地震動予測の計算は大局的には以下の2種の予測計算を組み合わせて行うものである。

震源断層～工学的基盤：統計的グリーン関数法

工学的基盤～地表：等価線形法による応答解析

3.4.2 詳細法の予測方法

(1) 統計的グリーン関数法

工学的基盤上における波形は統計的グリーン関数法を用いて計算する。統計的グリーン関数法では、グリーン関数として、 ω^{-2} 則に従う震源特性に従うスペクトルモデル(Boore, 1983⁸⁾)を考え、これに経験的な位相特性を与えたものを使用する。深部地盤構造は一次元成層構造として Haskell⁹⁾Matrix により地盤応答を考慮する。この波形をグリーン関数と考え、Irikura(1986)¹⁰⁾に従い波形合成を行い、大地震の地震動波形を求める。以下に具体的な作業内容を示す。

①対象とする断層面を小断層に分割し、小断層毎に、Boore(1983)⁸⁾の手法により ω^{-2} を満たす振幅スペクトルの形状を求める。このスペクトル形状は以下の通りである。

$$S_A(\omega) = \frac{R_{\phi 0}}{4\pi\rho\beta^3} Mo \cdot \frac{\omega^2}{1+(\omega/\omega_c)^2} \cdot \frac{1}{1+(\omega/\omega_{\max})^2} \frac{e^{-\omega R/2Q\beta}}{R}$$

$$\text{ここで } \omega_c = 2\pi f_c, \quad f_c = 4.9 \times 10^6 \beta (\Delta\sigma/Mo)^{1/3}$$

$$\omega_{\max} = 2\pi f_{\max}, \quad f_{\max} = 6\text{Hz} \quad [\text{鶴来・他(1997)}^{11)}、\text{兵庫県南部地震の解析値}]$$

なお、 M_0 は地震モーメント、 ρ は密度、 B は媒質の S 波地震波速度である。

- ②上式中の $R_{\phi\theta}$ はラディエーション係数であるが、これは、各小断層から計算地点への方角、射出角により計算する。この時、Kamae and Irikura(1992)¹²⁾ と同様に、周波数依存型の放射特性を導入した。これは、周波数 0.25Hz 以下では理論的放射特性に従い、2.0Hz 以上では等方的な放射特性となるものである。ここでは S 波のみを考えているため、SH 波、SV 波毎に振幅スペクトルを求める。
- ③小断層毎にすべり量・モーメント解放量が異なる場合は、それに応じて各小断層の M_0 、 $\Delta\sigma$ を設定する。
- ④Q 値は木下(1993)¹³⁾により、 $Q=100f^{0.7}$ ($f > 1\text{Hz}$)、 $Q=100$ ($f < 1\text{Hz}$) とする。
- ⑤以上は、振幅スペクトルについて考えているが、ここで、Boore(1983)⁸⁾に従ってホワイトノイズに包絡形を施した波形のスペクトルをかけ合わせ、位相を与える。なお、全ての小断層に対して共通の位相波形を使用する。
- ⑥上記手法で作成した計算地点での地震基盤におけるスペクトルに対して、工学的基盤までの地盤構造による増幅を考慮するため、SH 波については斜め入射の SH 波動場を、SV 波については、P-SV 波動場の応答計算を行う。
- ⑦求められた工学的基盤での Transverse、Radial、UD 波形を NS、EW、UD に射影する。
- ⑧工学的基盤での各小断層からの波形を Irikura(1986)¹⁰⁾ および入倉ほか(1997)¹⁴⁾に従って、それぞれの成分毎に足し合わせる。これより、工学的基盤での 3 成分波形を求める。
- ⑨地震基盤で要素波の位相部分を乱数を用いて作成する。この際、乱数の選択によっても地震動にばらつきが生じる。ここでは、10 通りの乱数を用いて計算を行い、地震動の平均値を求めるとともに、最も平均に近い値となった乱数を採用する。

図 3.4-1 に統計的グリーン関数法による工学的基盤における波形計算の流れを示す。

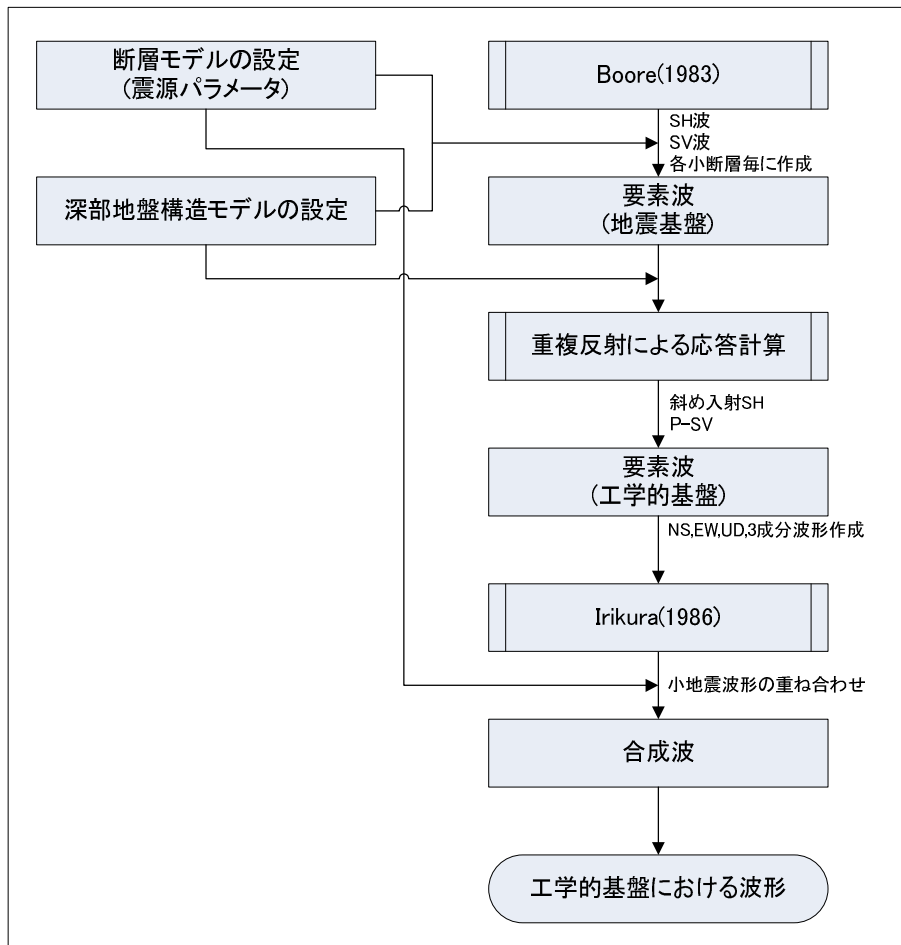


図 3.4-1 統計的グリーン関数法の計算の流れ

(2) 地震応答解析

地表の地震動については、工学的基盤で算出された地震動波形と表層地盤モデルを用いて、地震応答解析を行って求める。地震応答解析は、地盤の非線形性を考慮するために、一次元の等価線形法を用いる。ただし、通常の等価線形計算では、高周波数での地震動の減衰が大きくなりすぎることもあるので、今回調査では有効ひずみの周波数依存性を考慮した等価線形計算を行う。

解析コードとしては、吉田・末富(1996)¹⁵⁾によるDYNEQを用いる。図3.4-2に一般的な等価線形地震応答解析プログラムの概要を示す。また、図3.4-3に有効ひずみの周波数依存性を考慮した場合の動的変形特性曲線の概念図を示す。

同図の第4象限に示すように、有効ひずみの周波数依存性を考慮する場合、周波数が高くなると、剛性率比(G/G_0)は増加し、減衰比(h)は減少する傾向を示す。図3.4-4に計算結果後の剛性率(G)及び減衰比(h)の周波数依存性について、数種類の計算手法を比較した図を示す。今回調査では、KiK-net鉛直アレイ記録から解析した結果(山本・笹谷(2007)¹⁶⁾)で、計算地表波形と観測地表波形とが最もよく対応した、図の緑色の曲線(Proposed method)の手法を用いる。

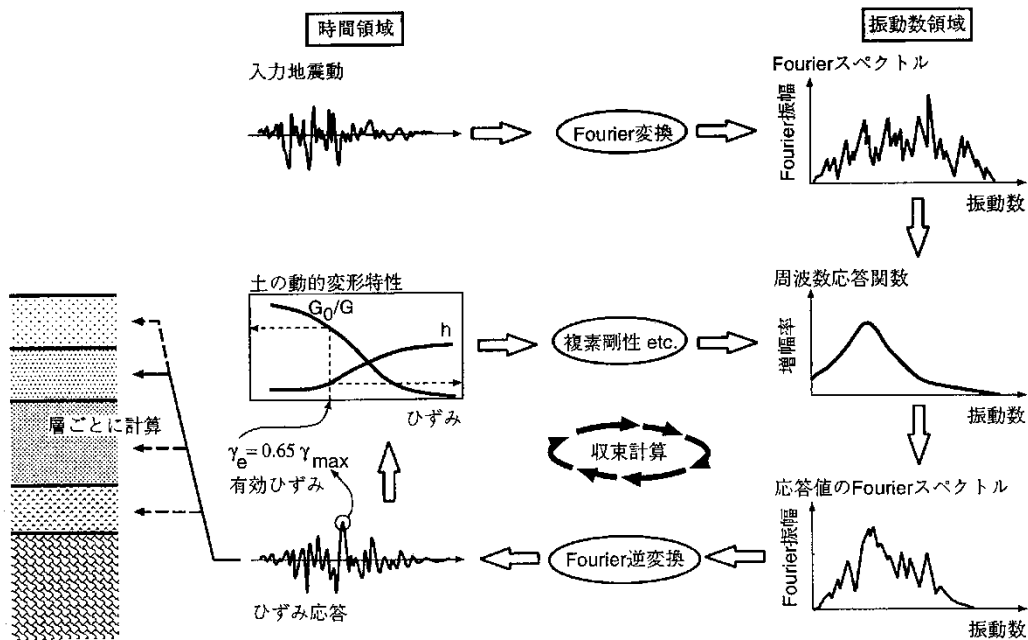


図 3.4-2 等価線形地震応答解析プログラムの概要 (盛川, 2005¹⁷⁾)

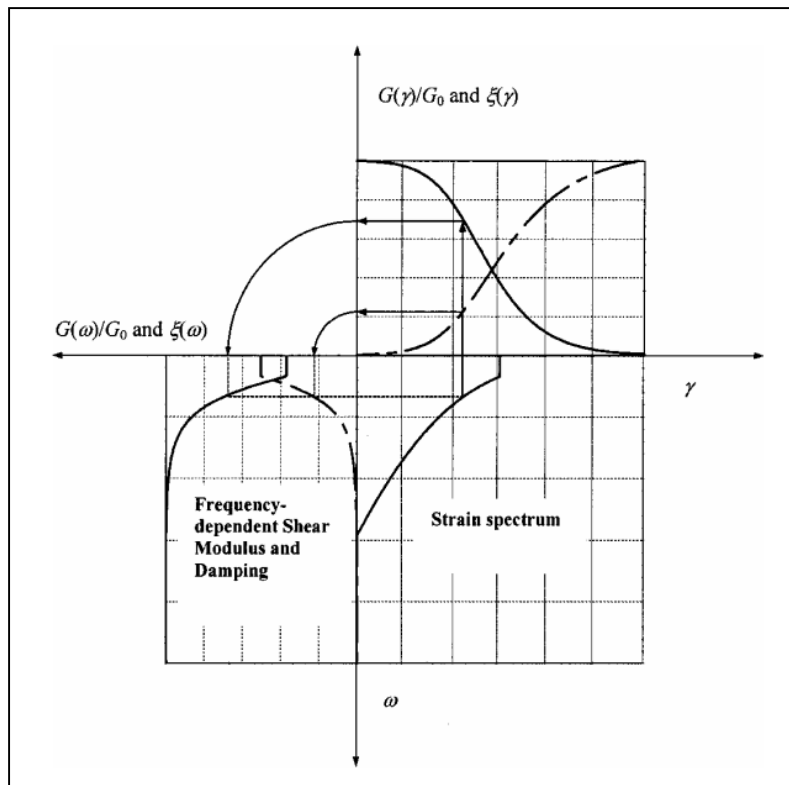


図3. 4-3 有効ひずみの周波数依存性を考慮した場合の動的変形特性性曲線の概念図 (Kausel & Assimaki, 2002¹⁸⁾)

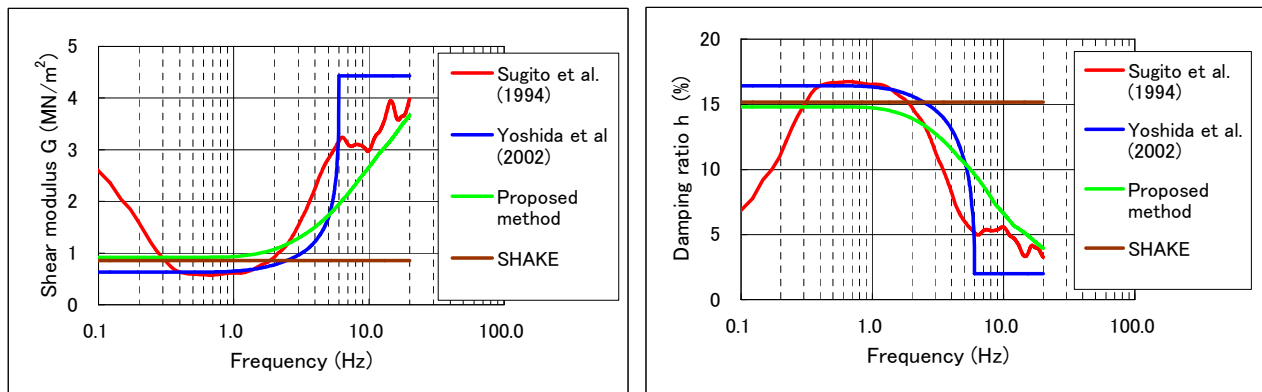


図 3. 4-4 剛性率 (G) 及び減衰比 (h) の周波数依存性 (山本・笹谷, 2007¹⁶⁾)

地震応答解析に用いる物性値については、前章で示した地盤モデルにより、物性値を設定する。沖積地については、前回調査において新たに速度層構造モデルを作成し、N値とS波速度の関係については、前章で示した中央防災会議（2003）¹⁹⁾の関係式を用いる。

沖積地以外の山地および台地については、前々回調査のモデル及び物性値を活用して用いる。表 3.4-2 に前回調査で新たに作成した地盤モデルの物性値を、表 3.4-3 に前々回調査の物性値をそれぞれ示す。また、動的変形特性曲線については、前回調査と同様の曲線を用い、図 3.4-5(1)(2)に示す。

表 3.4-2 浅部地盤モデルの物性値（沖積地・前回調査において新たにモデルを作成）

記号	地質	N値の 範囲	代表N値	密度 (g/cm ³)	S波速度				動的変形 特性曲線
					係数a	係数b	係数c	係数d	
B1	埋土	0~4	2	1.6	112.73	0.256	1.000	0.885	②
B2		4~10	7	1.7	112.73	0.256	1.000	0.885	②
B3		10~	20	2.0	112.73	0.256	1.000	0.885	②
T1	崖錐・崩積土	2以上	10	1.7	190.00	0.000	1.000	1.000	⑦
p1	腐植土	0~1	0.5	1.2	112.73	0.256	1.000	1.000	①
p2		1~	2	1.3	112.73	0.256	1.000	1.000	①
v1	火山灰質粘土	0~4	2	1.4	112.73	0.256	1.000	1.000	③
v2		4~	5	1.5	112.73	0.256	1.000	1.000	③
Lm1	ローム	0~4	2	1.4	112.73	0.256	1.223	1.000	③
Lm2		4~	5	1.5	112.73	0.256	1.223	1.000	③
c1	粘性土	0~2	0.5	1.4	112.73	0.256	1.000	1.000	①
c2		2~4	3	1.5	112.73	0.256	1.000	1.000	①
c3		4~8	6	1.6	112.73	0.256	1.000	1.000	①
c4		8~15	12	1.7	112.73	0.256	1.000	1.000	①
c5		15~30	22	1.8	112.73	0.256	1.000	1.000	①
c6		30~	40	1.8	112.73	0.256	1.000	1.000	③
s1	砂質土	0~4	2	1.7	112.73	0.256	1.000	0.885	④
s2		4~10	7	1.8	112.73	0.256	1.000	0.885	④
s3		10~30	20	1.9	112.73	0.256	1.000	0.885	⑤
s4		30~50	40	1.9	112.73	0.256	1.000	0.885	⑥
s5		50~	50	1.9	112.73	0.256	1.000	0.885	⑧
g1	礫質土	~20	15	1.9	112.73	0.256	1.000	0.900	⑦
g2		20~30	25	2.0	112.73	0.256	1.000	0.900	⑦
g3		30~50	40	2.0	112.73	0.256	1.000	0.900	⑦
g4		50~	50	2.0	112.73	0.256	1.000	0.900	⑧
RW	風化岩	50~	50	2.1	500.00	0.000	1.000	1.000	-
R	岩	50~	50	2.1	500.00	0.000	1.000	1.000	-
基盤層	基盤	50~	50	2.1	600.00	0.000	1.000	1.000	-

※S波速度の計算式

$$V_s = a \times (N \text{ 値})^b \times c \times d$$

表 3.4-3 浅部地盤モデルの物性値（山地、台地・前々回調査モデル）

地質時代	記号	地 質	N値の 範囲	代表 N値	Vp (m/s)	Vs (m/s)	密度 (g/cm ³)	G・h～γ	備考		
第四系	沖積層	Bs	砂・粘土等	20以下	8		170	1.6	②	埋立土、盛土など	
		TL	砂・粘土、礫等	2以上	10		190	1.7	⑦	崖錐、崩積土など	
		Ap	有機質土	0～3	1		70	1.3	①	後背湿地、その他	
		Ac ₁	粘土、シルト	0～3	1		100	1.5	①		
		Ac ₂		2～10	5		150	1.6	①		
		As ₁	砂、砂質土	10以下	7		150	1.7	④		
		As ₂		10～30	20		210	1.8	⑤		
		As ₃		30以上	40		260	1.9	⑥	新期砂丘など	
		Ag ₁	砂礫・礫質土	30以下	20		250	1.9	⑦		
	Ag ₂	30以上		40		400	2.0	⑦			
	第四紀火山岩類	Lvw ₁	溶岩・ 岩類など	強風化岩			1000	500	2.2	-	玄武岩溶岩、三瓶山 ドーム、その他
		Lvw ₂		弱風化岩			2000	1000	2.4	-	
		Lvw ₃		新鮮岩			4000	2000	2.6	-	
		Vg ₁	火山碎屑物	20以上	40		400	1.9	-	未個結火砕流、 土石流堆積物など	
		Vg ₂		50以上			600	2.2	-	玄武岩質火山碎屑物 (含地すべり土塊)	
	更新統	Dc	粘土、シルト	5～20	10		210	1.7	③		
		Ds ₁	砂、砂質土	30以下	25		260	1.8	⑧		
				30以上	50		330	1.9	⑧		
Dg		礫、礫質土	30以上	50		500	2.0	-			
更新統 s	Tn	砂、粘土 礫質土	20以上	30		300	1.9	⑧	都野津層及び相当層		
鮮新統											
新第三系	中新統	Tw ₁	砂岩	強風化岩			800	400	2.2	-	非火山性堆積物を 主とする地層
		Tw ₂	泥岩	弱風化岩			2000	1000	2.4	-	
		Tf	礫岩など	新鮮岩			2500	1200	2.5	-	
		Tvw ₁	火山碎	強風化岩			1000	500	2.2	-	火山岩、火山碎屑岩 類を主とする地層
		Tvw ₂	屑岩	弱風化岩			2000	1000	2.4	-	
		Tvf	溶岩など	新鮮岩			3000	1500	2.5	-	
先第三系	花崗岩類	Gw ₁	強風化岩				1200	500	2.2	-	花崗岩類
		Gw ₂	弱風化岩				2500	1200	2.5	-	
		Gf	新鮮岩				5000	2800	2.7	-	
	酸性火山岩類	Vw ₁	強風化岩				1200	500	2.2	-	
		Vw ₂	弱風化岩				2200	1000	2.4	-	
		Vf	新鮮岩				4500	2500	2.6	-	
	変成岩類	Bw ₁	強風化岩				1200	500	2.2	-	
		Bw ₂	弱風化岩				2500	1200	2.5	-	
		Bf	新鮮岩				5000	2800	2.7	-	

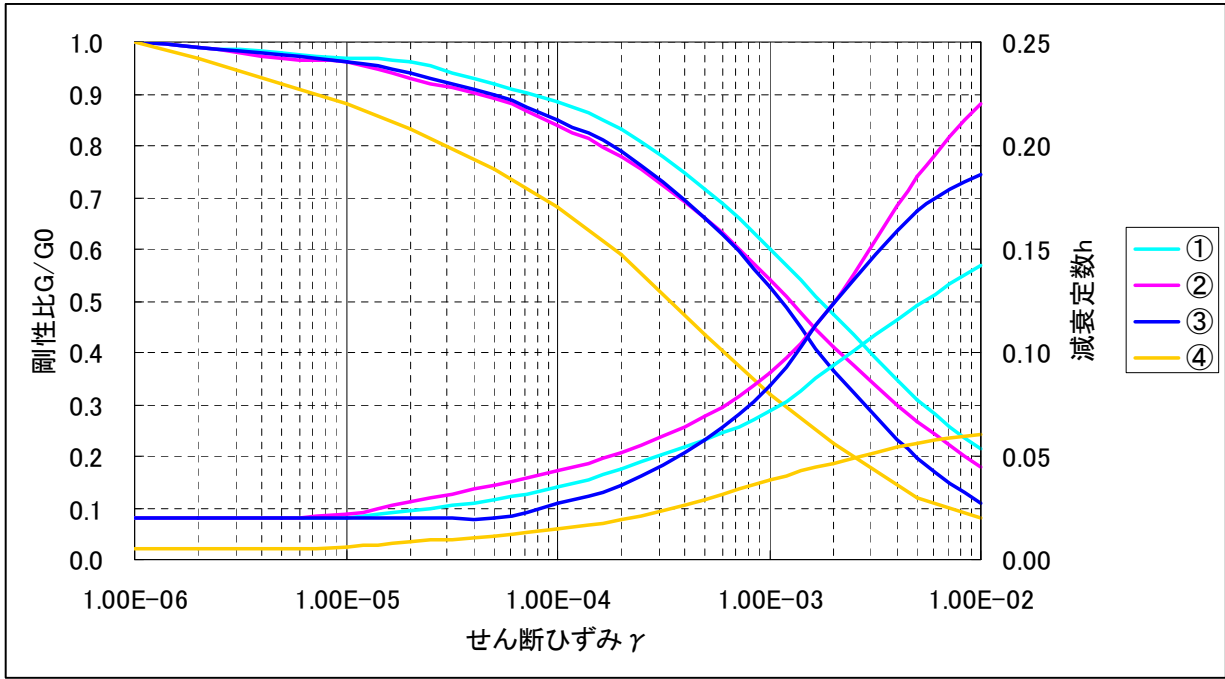


図 3.4-5(1) 採用した動的変形特性曲線(1)

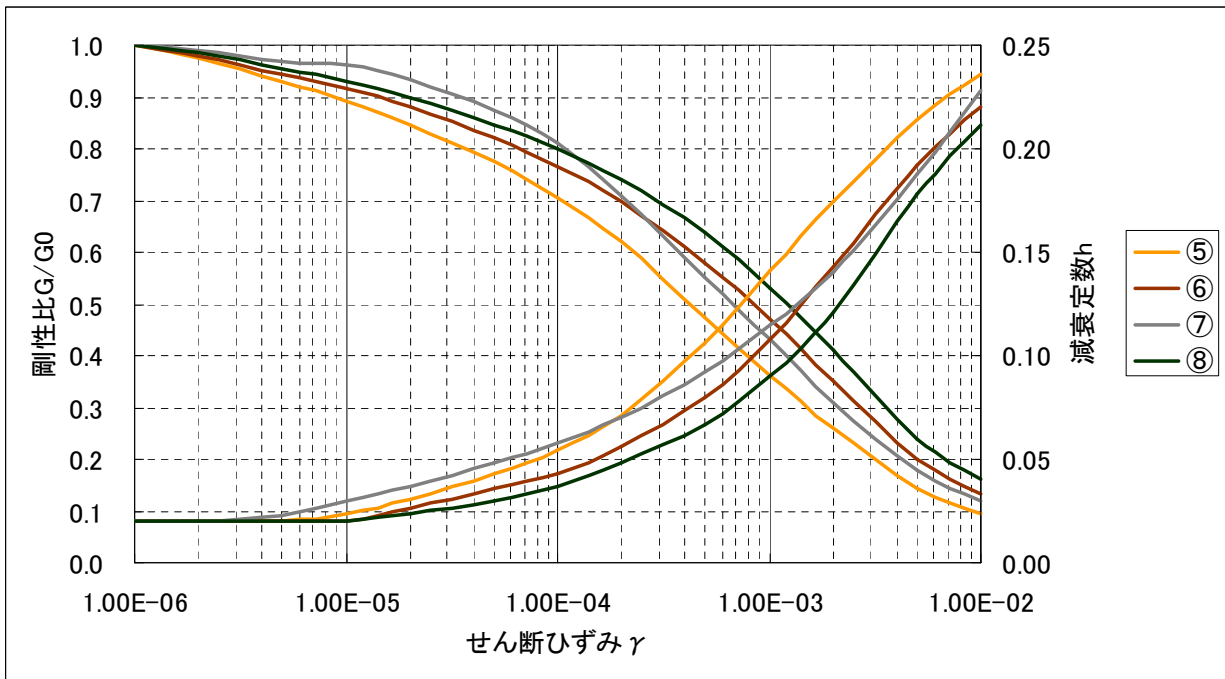


図 3.4-5(2) 採用した動的変形特性曲線(2)

3.5 予測結果

(1) 深部地盤上面における地震動予測結果

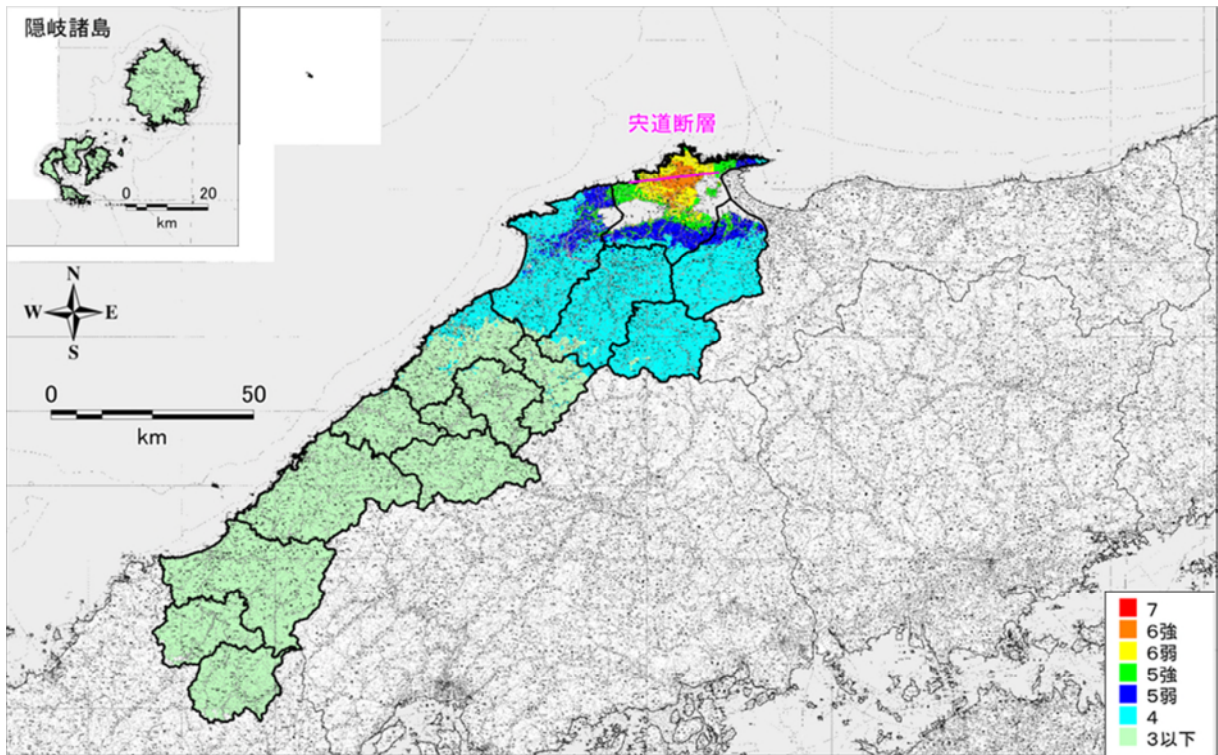
統計的グリーン関数法による深部地盤上面 ($V_s=600\text{m/s}$) における地震動予測結果として、図 3.5-1～図 3.5-9 に各地震による深部地盤上面の地震動分布を示す。

(2) 地震応答計算による地表地震動予測結果

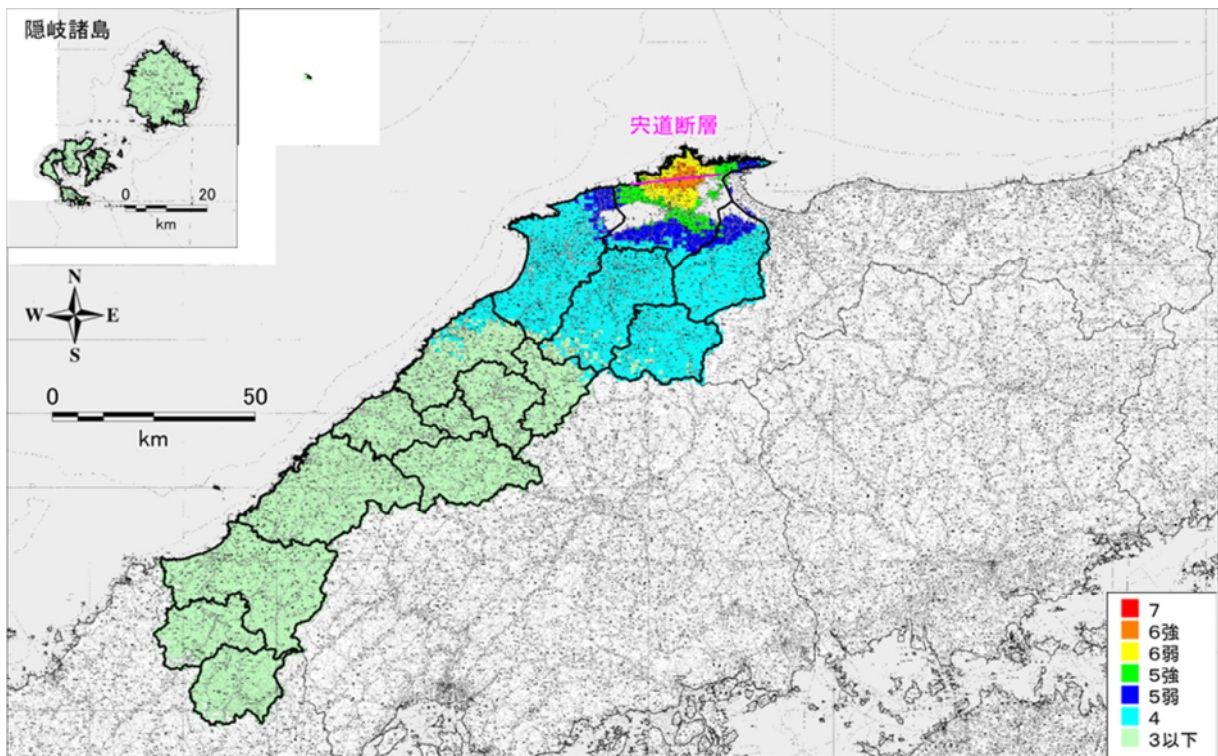
統計的グリーン関数法による深部地盤上面 ($V_s=600\text{m/s}$) における加速度波形、及び浅部地盤速度構造モデルを用いて、一次元等価線形地震応答計算を行い、地表の計測震度を求める。

図 3.5-1～図 3.5-9 に各地震による地表の地震動分布を示す。

各地震の地表最大震度は、宍道断層帯の地震が震度 7 (宍道湖北東の谷底低地を中心に 17 メッシュ)、宍道湖南方断層の地震が震度 6 弱、大田市西南方断層の地震が震度 7 (大田市内の丘陵に 1 メッシュ)、浜田市沿岸断層の地震が震度 7 (浜田市内の砂州・砂礫州に 3 メッシュ)、弥栄断層帯の地震が震度 6 強、浜田市沖合断層の地震が震度 6 強、鳥取県沖合 (F55) 断層の地震が震度 6 強、島根半島沖合 (F56) 断層が震度 7 (宍道湖周辺の谷底低地に 4 メッシュ、三角州・海岸低地に 2 メッシュ)、島根県西方沖合 (F57) 断層が震度 6 弱となっている。



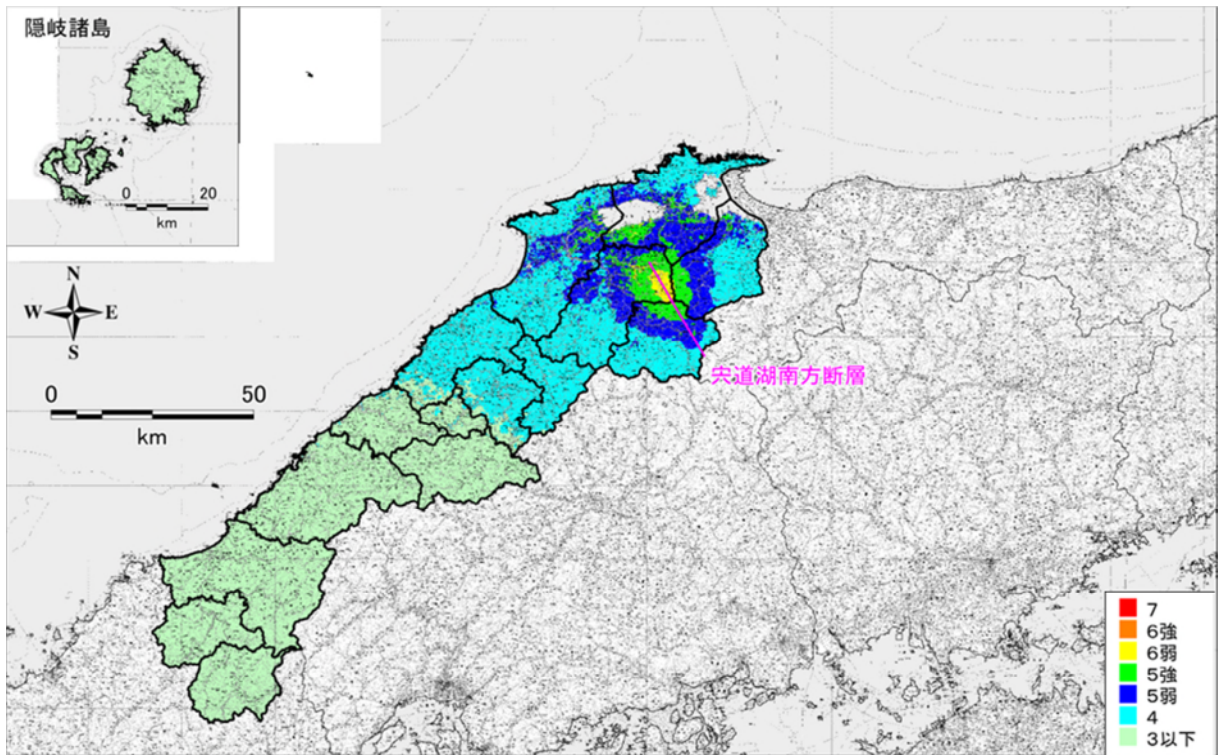
地表における震度分布



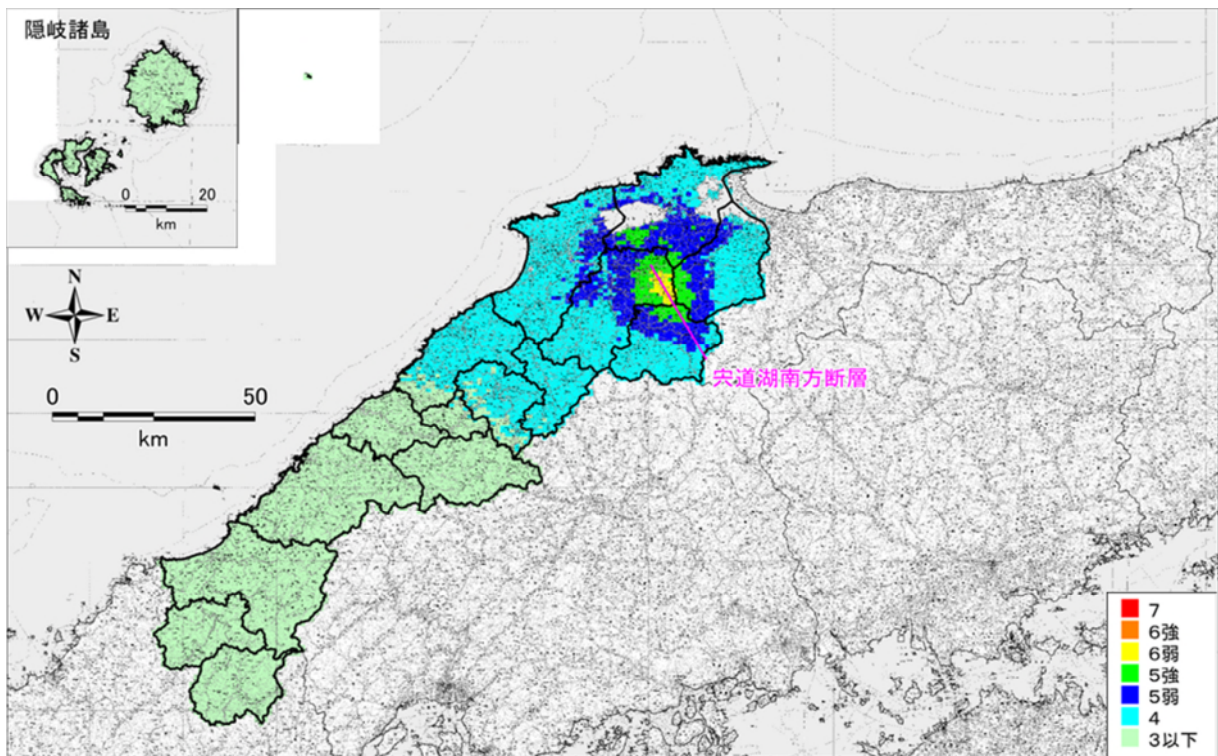
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-1 突道断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-Ⅲ」を複製したものである。



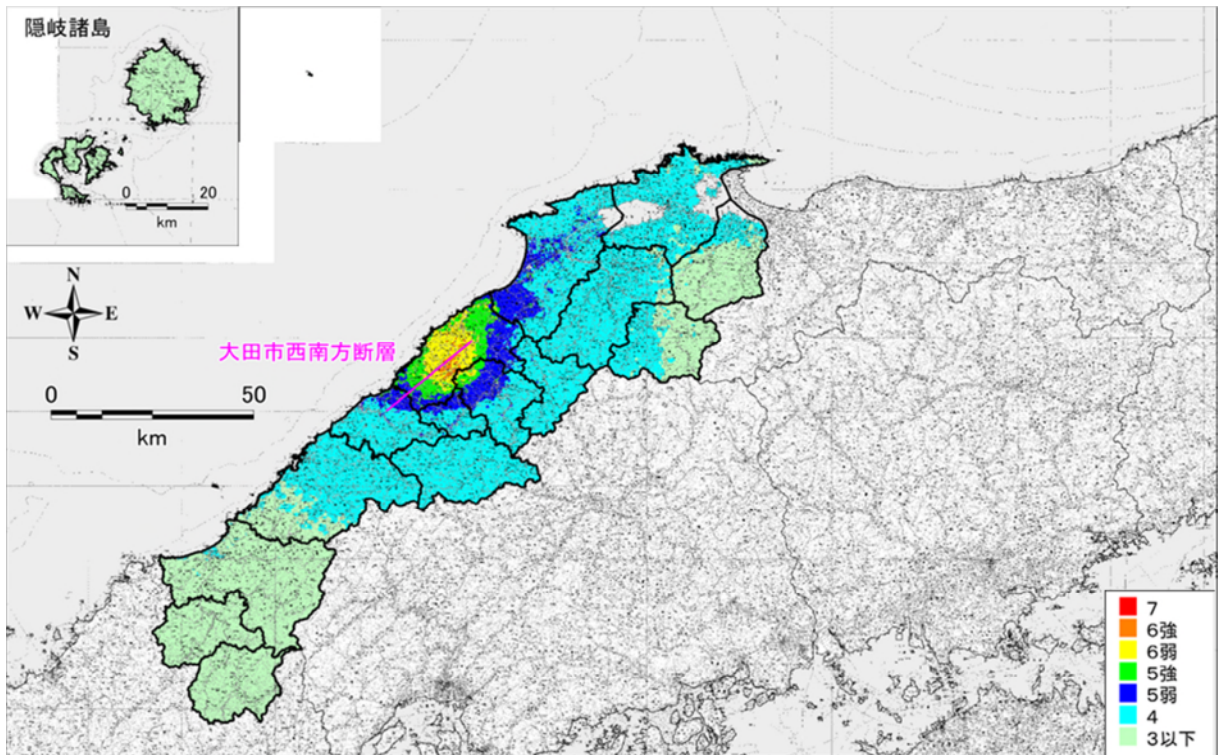
地表における震度分布



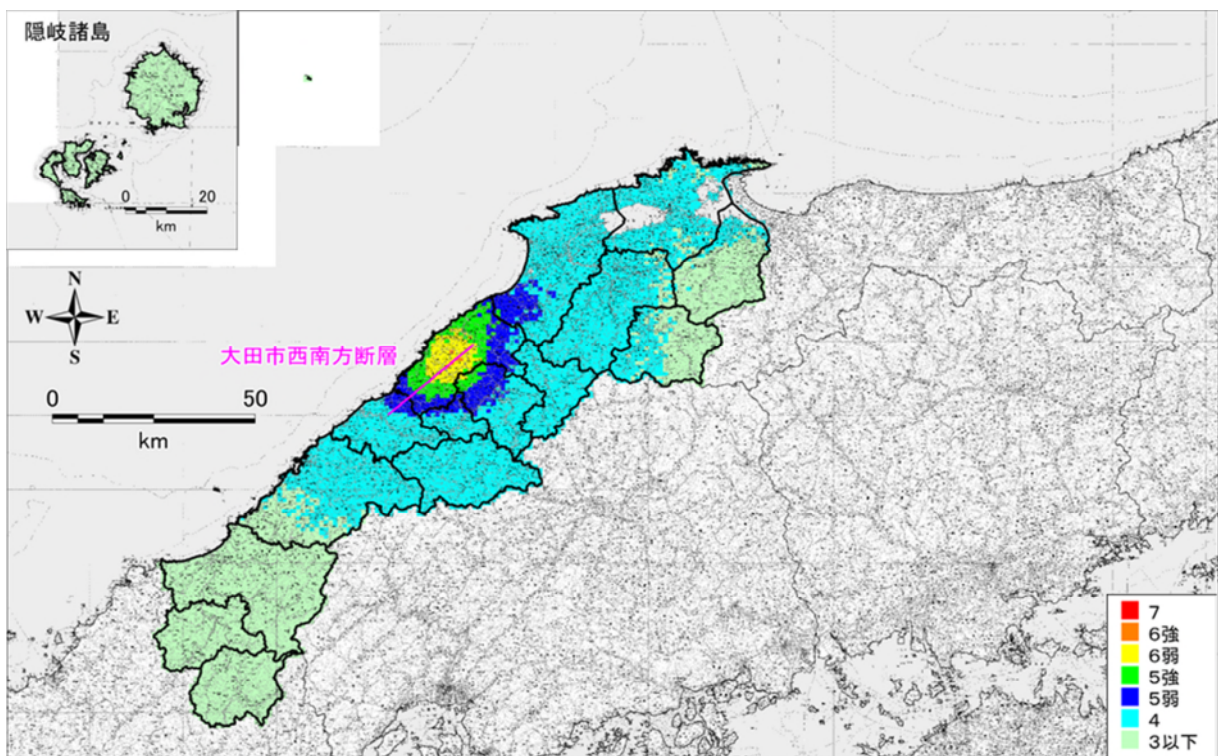
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-2 央道湖南方断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-Ⅲ」を複製したものである。



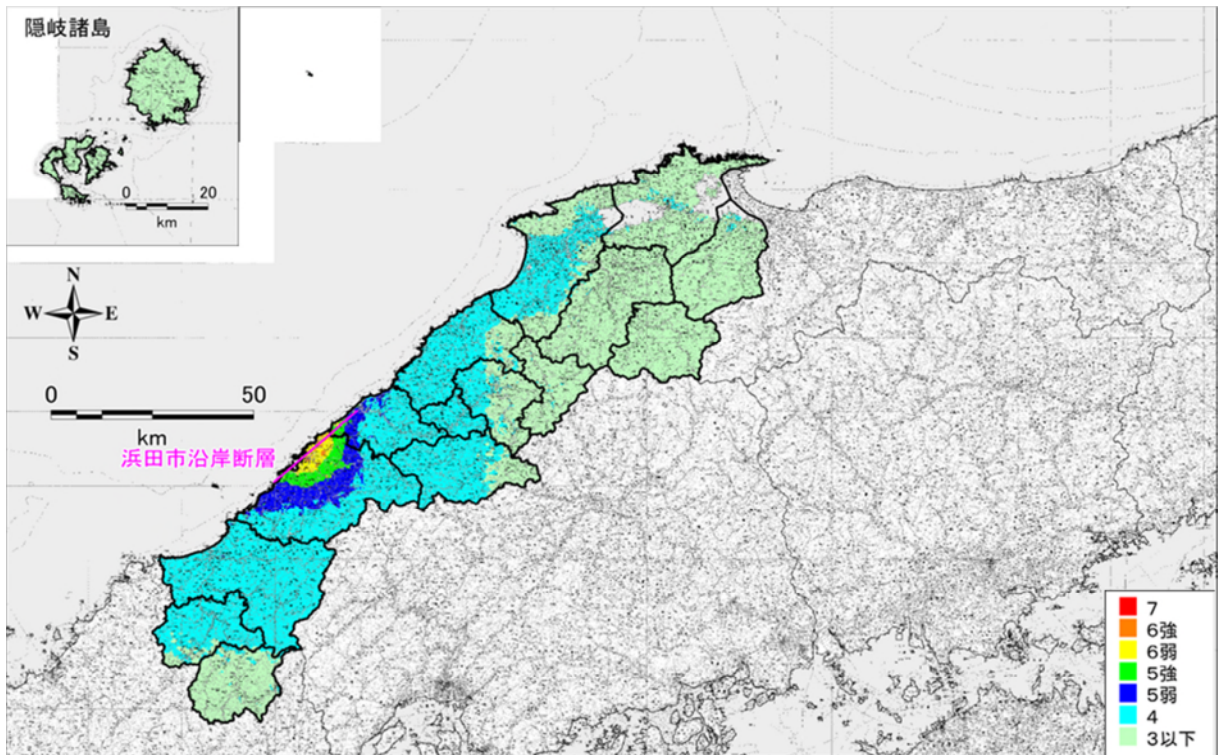
地表における震度分布



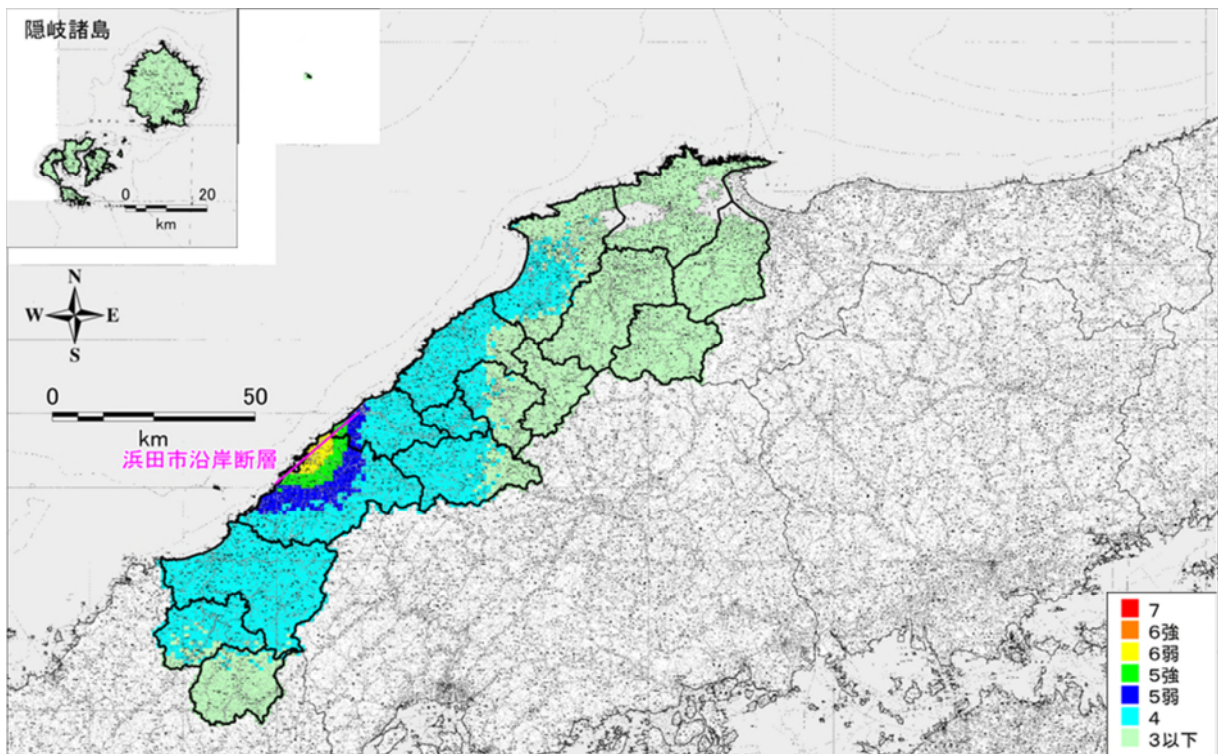
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-3 大田市西南方断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-Ⅲ」を複製したものである。



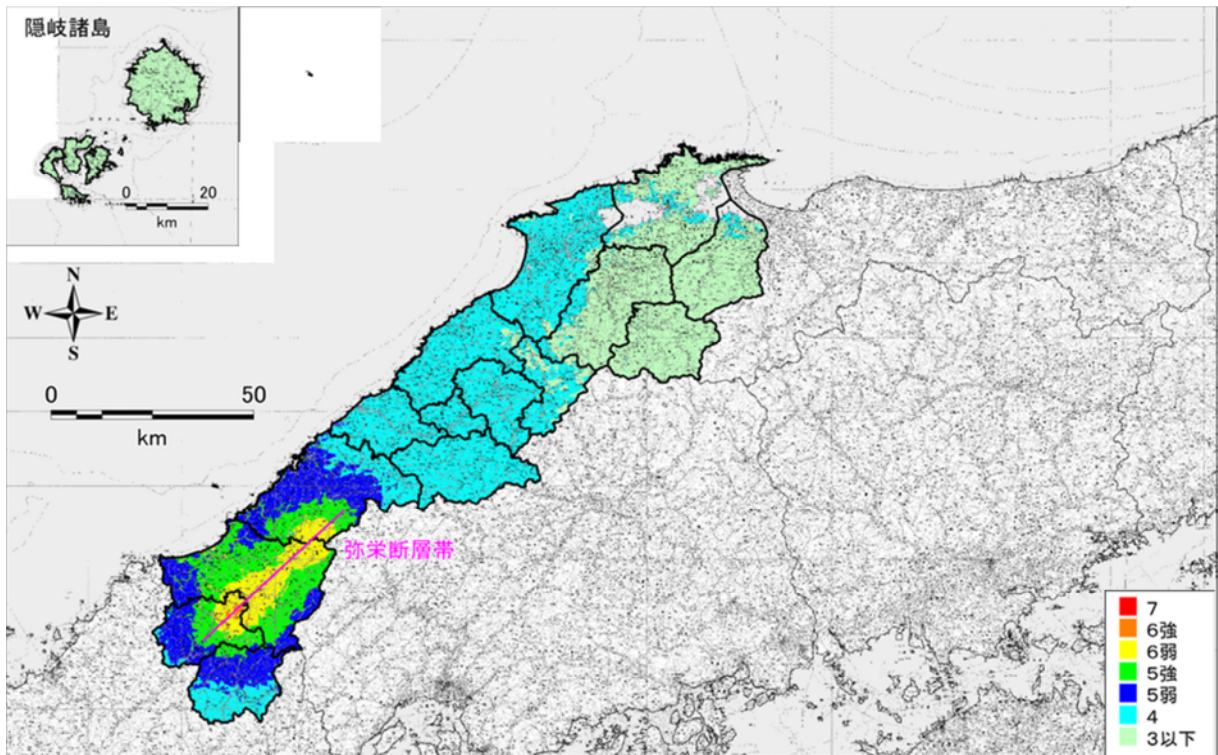
地表における震度分布



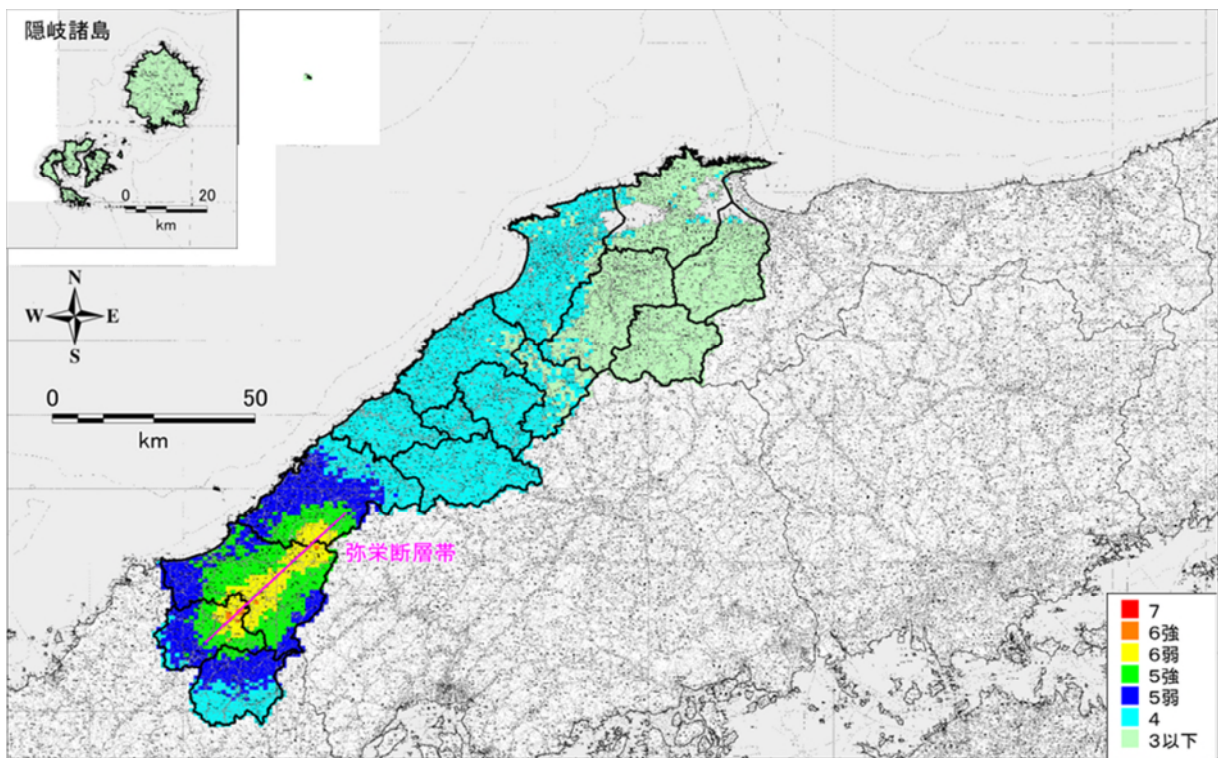
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-4 浜田市沿岸断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-Ⅲ」を複製したものである。



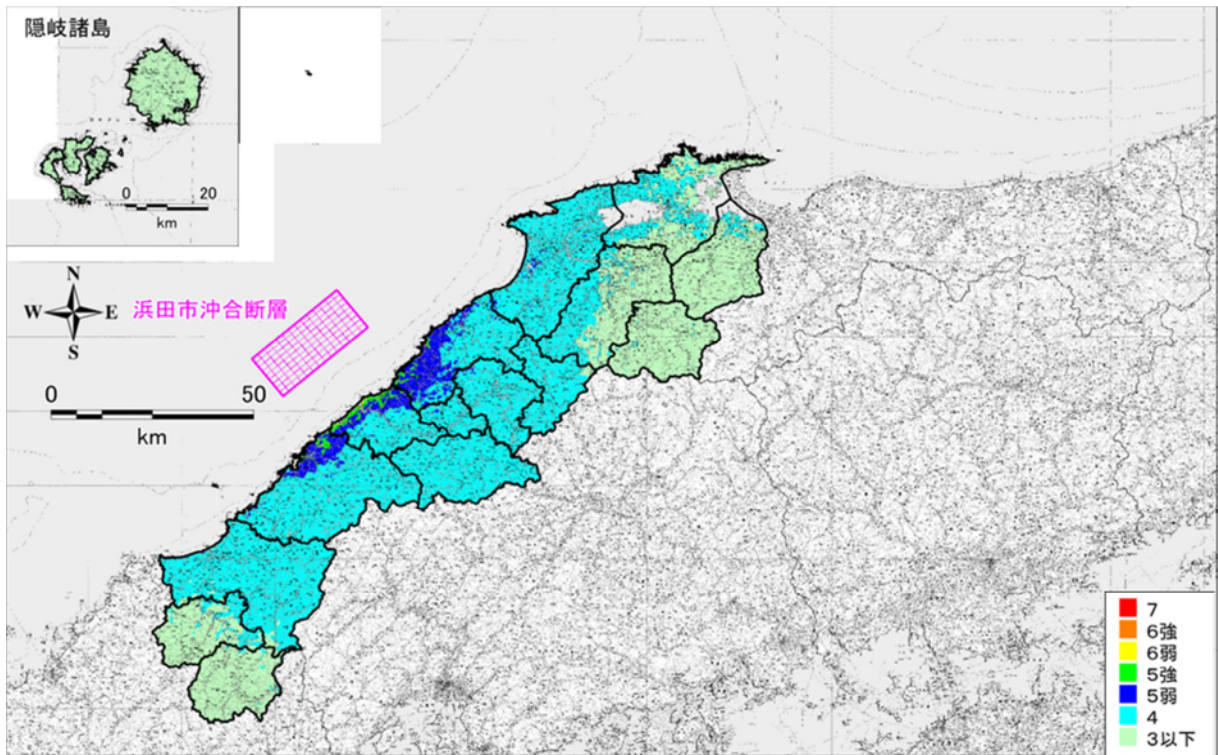
地表における震度分布



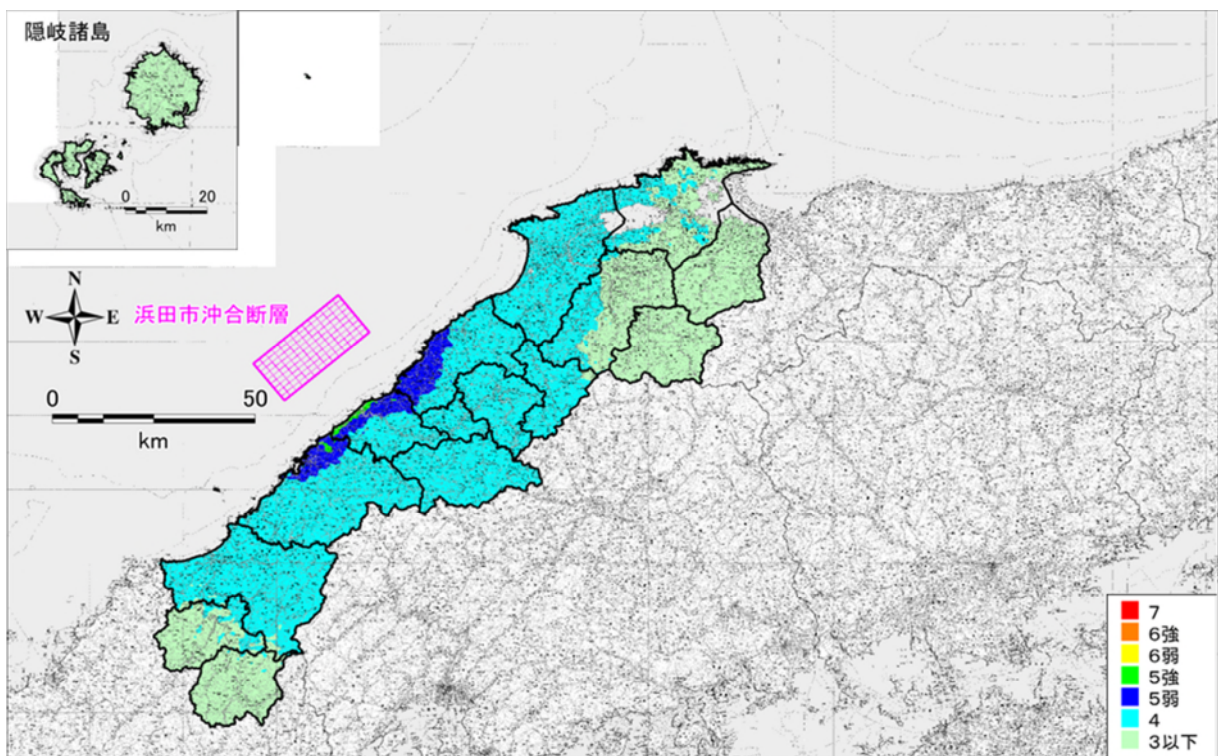
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-5 弥栄断層帯による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-Ⅲ」を複製したものである。



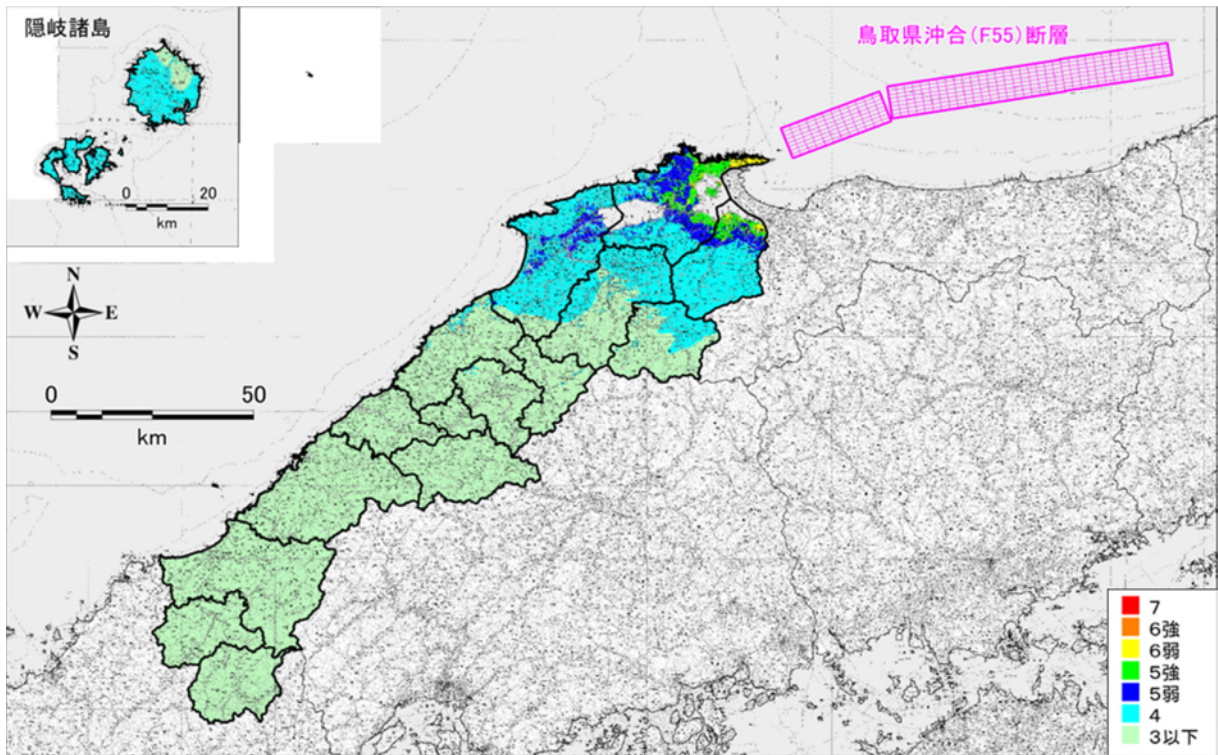
地表における震度分布



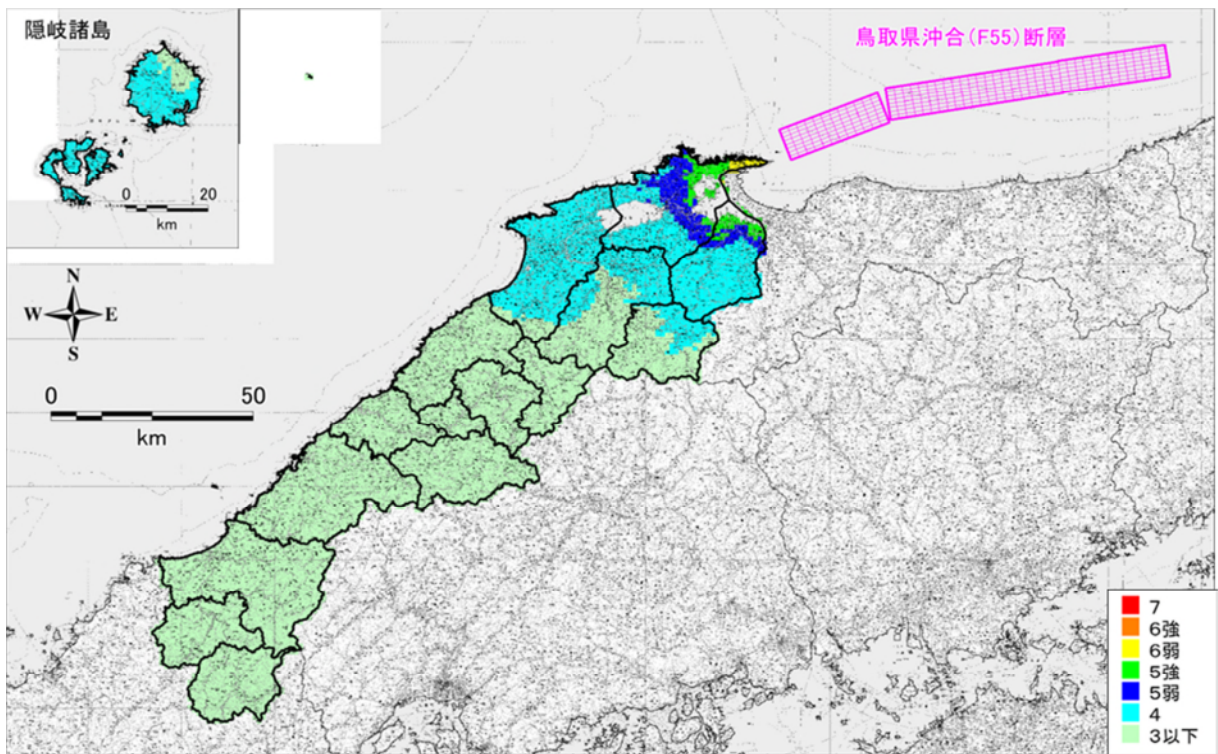
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-6 浜田市沖合断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000（地図画像）「日本-Ⅲ」を複製したものである。



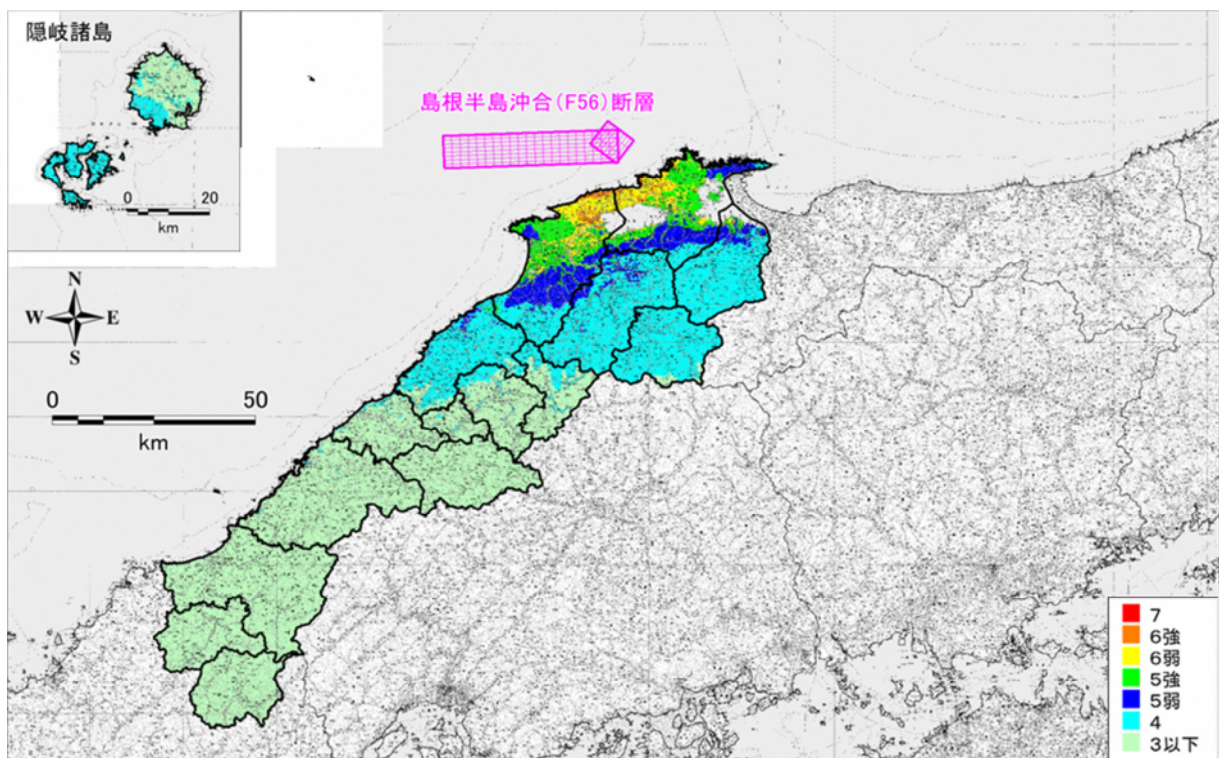
地表における震度分布



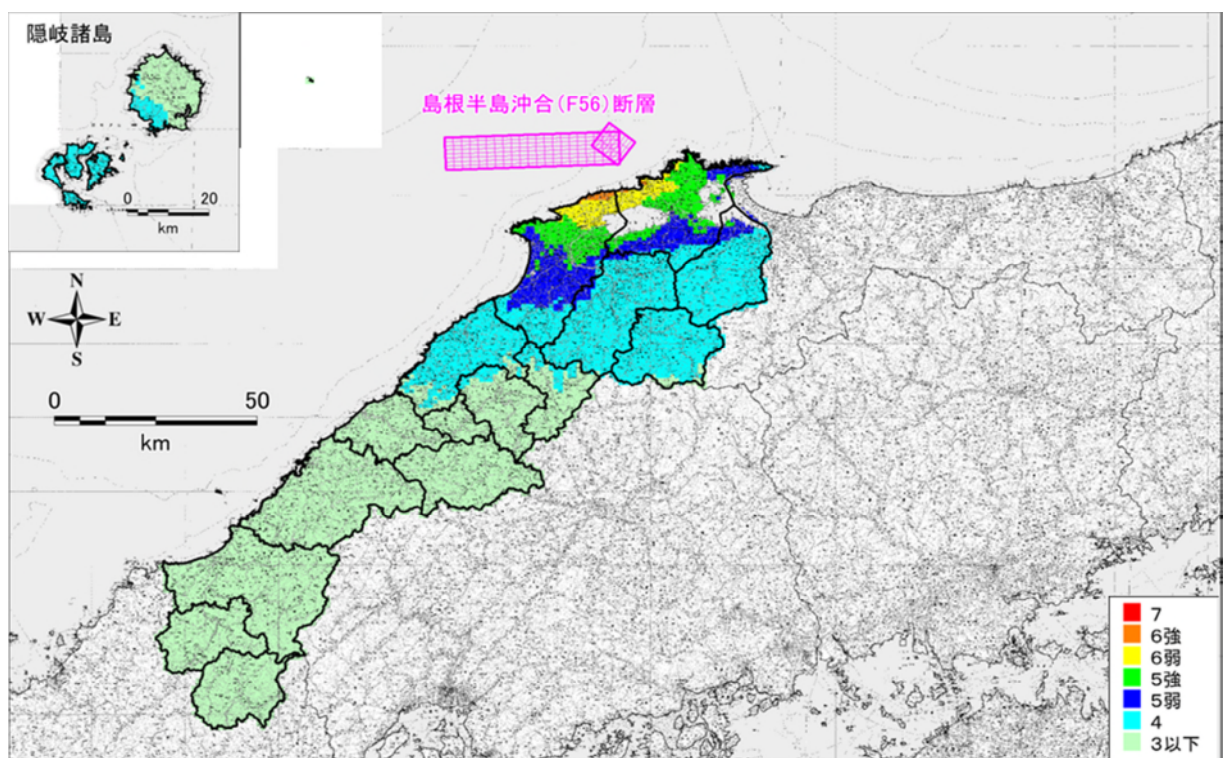
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-7 鳥取県沖合 (F55) 断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000 (地図画像)「日本-III」を複製したものである。



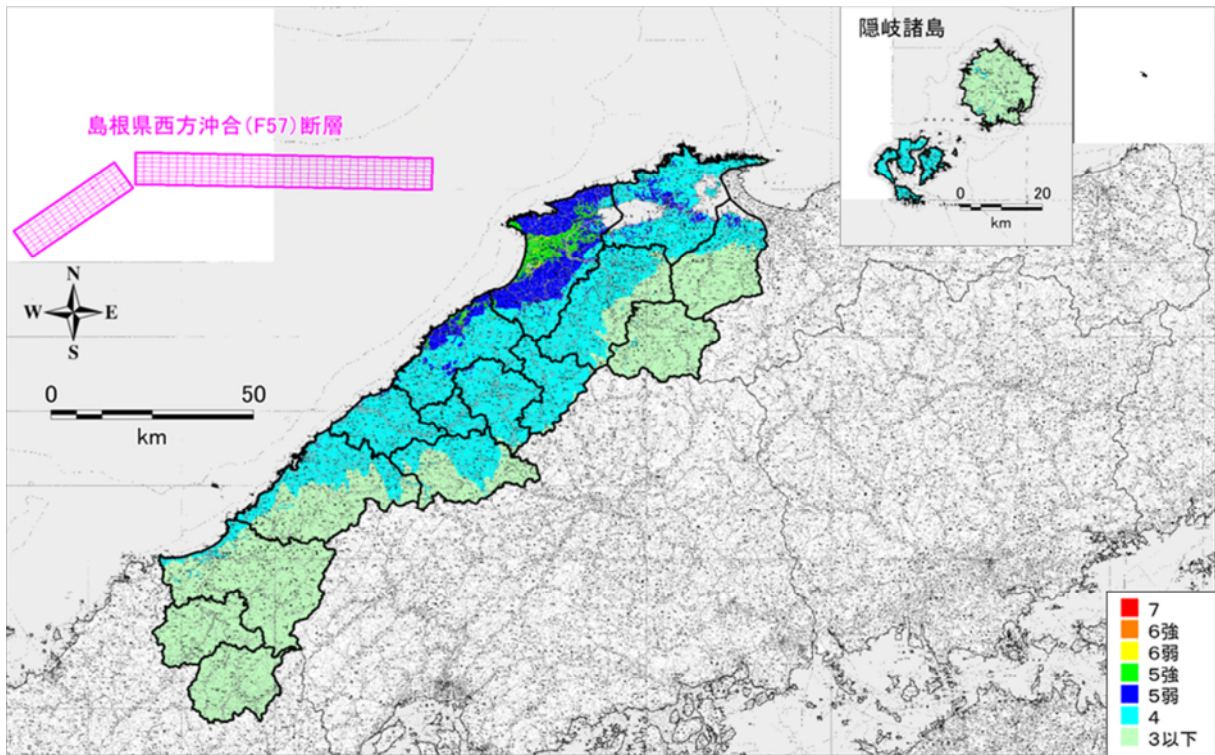
地表における震度分布



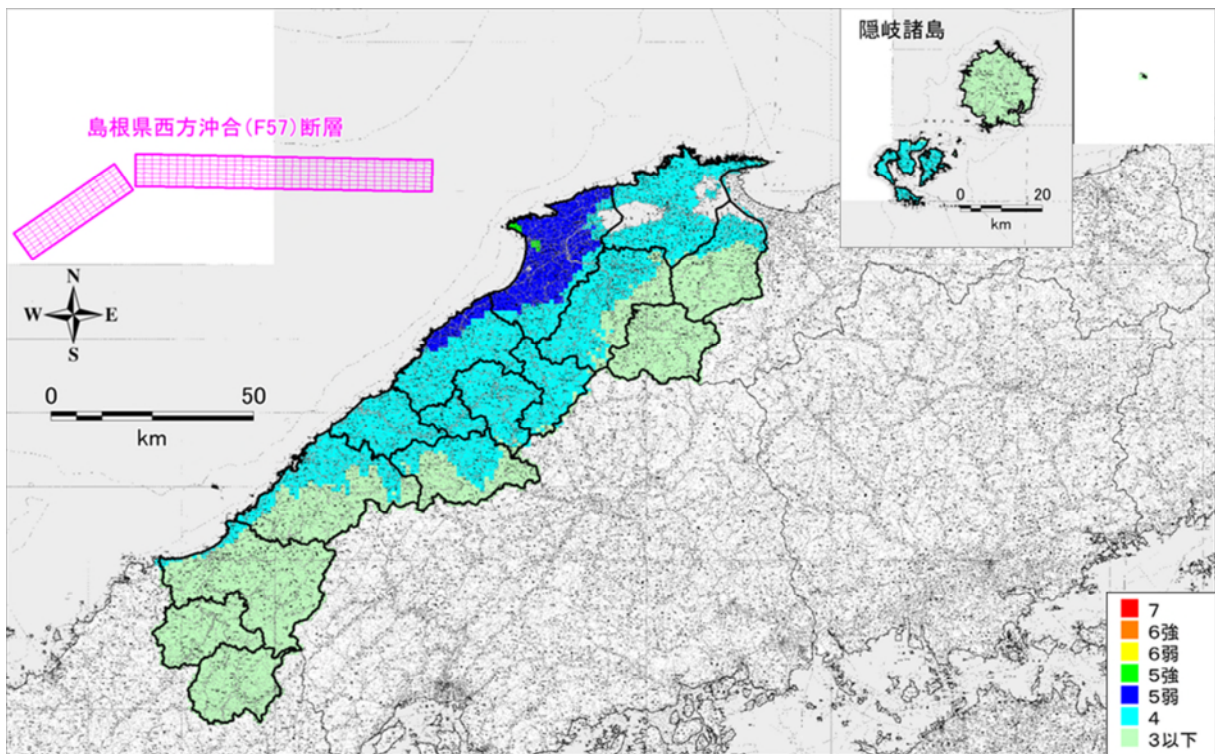
深部地盤上面における震度分布

図 3.5-8 島根半島沖合 (F56) 断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000 (地図画像)「日本-Ⅲ」を複製したものである。



地表における震度分布



深部地盤上面における震度分布

図 3.5-9 島根県西方沖合 (F57) 断層による地震動分布

本ページの図は、国土地理院発行の数値地図 200000 (地図画像)「日本-Ⅲ」を複製したものである。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部 (2003) : 日本海東縁部の地震活動の長期評価について
- 2) 徳山ほか (2001) : 日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史
- 3) 地震調査研究推進本部 (2010) : 全国地震動予測地図
- 4) 宇佐美 (2003) : 最新版 日本被害地震総覧
- 5) 国土交通省 (2014) : 日本海における大規模地震に関する調査検討会,
http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/daikibojishinchousa/
(2017年2月17日参照)
- 6) 地震調査研究推進本部 (2009) : 震源断層を特定した地震の強震動予測手法 (「レシピ」), http://www.jishin.go.jp/main/chousa/16_yosokuchizu/recipe.pdf
(2017年2月17日参照)
- 7) 鶴来雅人・香川敬生・入倉孝次郎・古和田明 (1997) : 近畿地方で発生する地震の f_{max} に関する基礎的検討, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 103.
- 8) Boore, D.M. (1983) : Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Amer., 73, 1865-1894.
- 9) Haskell., N. A. (1964) : Radiation pattern of surface waves from point sources in a multi-layered medium, Bull. Seism. Soc. Amer., 54, 377-393.
- 10) Irikura, K. (1986) : Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp., 151-156.
- 11) 鶴来雅人・田居優・入倉孝次郎・古和田明 (1997) : 経験的サイト増幅特性評価手法に関する検討, 地震2, 50, 215-228.
- 12) Kamae and Irikura (1992) : Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods, Proc. 10th WCEE, Vol.2, 801-806.
- 13) 木下繁夫 (1993) : 地震観測に基づく観測点特性と経路減衰特性の評価, 地震2, 46, 161-170.
- 14) 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子 (1997) : 経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良, 日本地震学会講演 予稿集, No.2, B25.
- 15) 吉田望・末富岩雄 (1996) : DYNEQ : 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業 (株) 技術研究所報, pp.61-70.
- 16) 山本明夫・笹谷努 (2007) : 2003年十勝沖地震における地盤の非線形応答 : KiK-net 鉛直アレー記録の活用, 日本地震工学会論文集, 第7巻, 第2号 (特集号), pp.144-
- 17) 盛川仁 (2005) : 非線形地震応答解析と SHAKE の使い方, 強震動予測—その基礎と応用, 日本地震学会強震動委員会
- 18) Kausel, E. and Assimaki, D. (2002) : Seismic simulation of inelastic soils via frequency-dependent moduli and damping, J. Eng. Mechanics, vol. 128, January, 34-47.
- 19) 中央防災会議 (2003) : 東南海・南海地震対策専門調査会資料,
http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chuobou/senmon/tounankai_nankaijishin/index_nankai.html
(2017年2月17日参照)