



第 2 回鳥取県津波対策検討委員会



津波シミュレーション結果

平成 23 年 10 月 5 日



1. 津波を発生させる想定地震

鳥取県に影響を及ぼす津波を発生させる地震の震源としては、海域活断層とプレート境界地震（日本海東縁）が想定される。

津波を発生させる波源断層の選定に当たっては、既往文献及び最近の調査結果を参考とした。また、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大地震を検討していくべき」との中央防災会議の東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会の中間取りまとめ及び提言（平成23年6月26日）を踏まえ、今委員会で検討する波源断層を選定するための議論の材料として、以下のとおり資料を作成した。

2. 海域活断層

鳥取県の沖の日本海には、既往文献により図 2.1 に示すように海底断層（一部第四紀に活動していない断層も含まれる）が知られている。

また、平成23年1月21日に中国電力が島根原子力発電所の耐震安全性評価結果を国に報告しており、図 2.2 に示す島根原子力発電所周辺の活断層の評価結果を公表している。

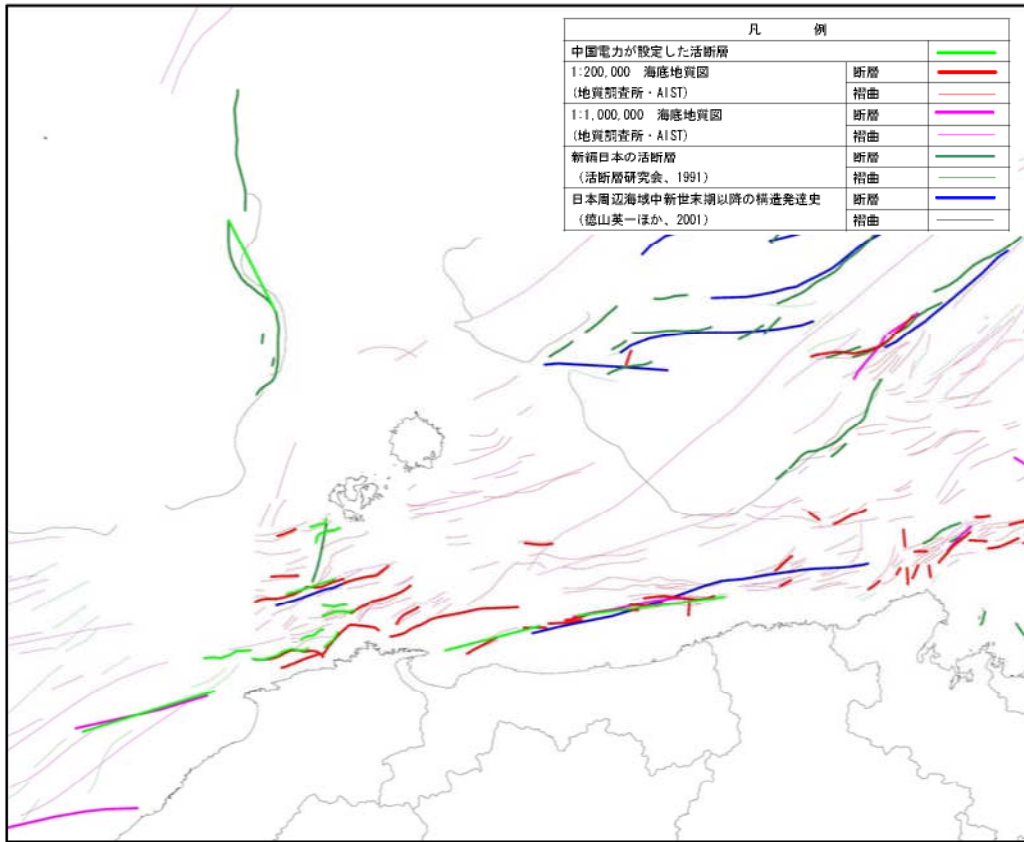


図 2.1 既往文献に示された鳥取県沖日本海における海域断層の分布図

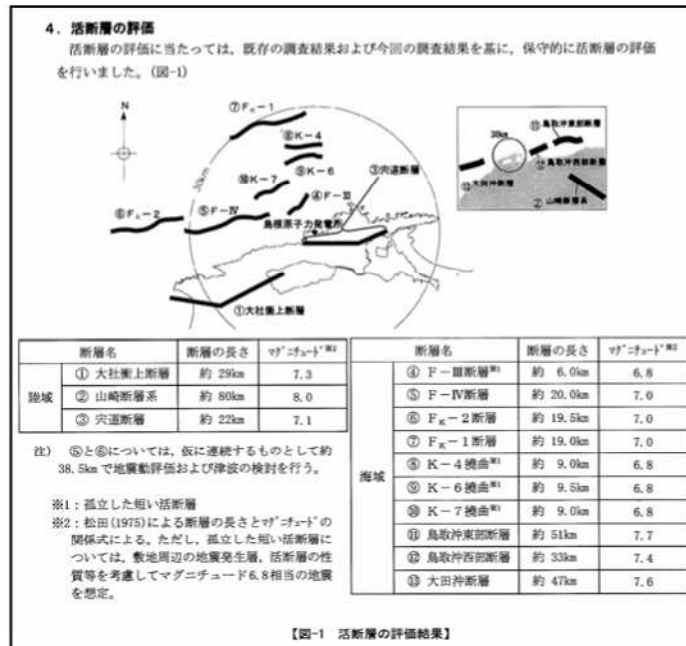


図 2.2 中国電力島根原子力発電所の活断層評価図 (平成 23 年 1 月 21 日プレス発表)

これらの海域活断層に関する資料を踏まえ、今委員会で検討する鳥取県に被害を及ぼす津波を発生させる波源断層を選定するための議論の材料として、以下の断層のデータを提示する。

① 鳥取沖東部断層

- ・ 既往地質図に示されている断層の中で、中国電力が後期更新世に活動が認められる活断層と評価した範囲
- ・ 長さ 51km、モーメントマグニチュード Mw7.30

② 鳥取沖西部断層

- ・ 既往地質図に示されている断層の中で、中国電力が後期更新世に活動が認められる活断層と評価した範囲
- ・ 長さ 33km。モーメントマグニチュード Mw7.05

③ 隠岐東方断層

- ・ 新編日本の活断層（1991）に示された鳥取県沖合の断層。沖合の水深が深いことから、より大きな津波を発生させる可能性がある。
- ・ 長さ 58.2km、モーメントマグニチュード 7.38

④ 隠岐島北西方の断層

- ・ 新編日本の活断層（活断層研究会編、1991）に示された海域活断層
- ・ 長さ 114km、モーメントマグニチュード 7.77

鳥取沖東部断層と鳥取沖西部断層については、中国電力の資料では別の断層として評価されているため、今回は両断層の連続の可能性等についてさらに検討を進めることとした。また、徳山ほか 2001 断層については、関係文献等を参考に、想定断層としての妥当性等を今回検討することとした。

各波源断層の断層パラメータを表 2.1 に、波源断層位置を図 2.3 に示す。また、波源断層と海底地形（水深）との関係を図 2.4～図 2.5 に示す。

表 2.1 波源断層の断層パラメーター一覧表

想定断層	Mw	緯度	経度	深さ	走向	傾斜	すべり角	長さ(運動)	幅	すべり量	
		(度)	(度)	(km)	(度)	(度)	(度)	(km)	(km)	(m)	
鳥取沖東部断層	7.30	35.75	134.46	0	262	90	40	51.0	15.00	4.24	
鳥取沖西部断層	7.05	35.65	133.75	0	255	90	40	33.0	15.00	2.74	
隠岐東方断層	7.38	36.55	134.03	0	78	60	90	58.2	17.32	4.19	
隠岐北西方の断層	7.77	36.40	132.67	0	11	60	90	31.0	(114)	17.32	8.23
		36.68	132.74	0	334	60	90	35.9		17.32	8.23
		36.97	132.57	0	4	60	90	46.8		17.32	8.23
佐渡島北方沖(パターン1)	E(東落ち)	7.85	38.95	138.41	0	20	45	90	131.1	21.21	7.71
		7.85	38.95	138.41	0	20	60	90	131.1	17.32	9.44
	W(西落ち)	7.85	40.06	138.93	0	200	45	90	131.1	21.21	7.71
		7.85	40.06	138.93	0	200	60	90	131.1	17.32	9.44
佐渡島北方沖(パターン2)	E(東落ち)	8.16	38.36	138.15	0	12.9	45	90	222.2	21.21	13.06
		8.16	38.36	138.15	0	12.9	60	90	222.2	17.32	16.00
	W(西落ち)	8.16	40.31	138.73	0	193.3	45	90	222.2	21.21	13.06
		8.16	40.31	138.73	0	193.3	60	90	222.2	17.32	16.00

- ① 位置(断層上縁)は0kmと設定。走向は断層端点を結んだ直線の方角。
- ② 鳥取県の陸域では、1944年の鳥取地震において、ほぼ東西走向で、南側上りを伴う右横ずれの地表地震断層(吉岡断層、鹿野断層)が出現した。西田他(1993)及び金田・岡田(2002)によれば、地表地震断層の露頭における水平変位と垂直変位から求めたすべり角の平均は各々41.1°と40.7°である。海域活断層の鳥取沖の断層群は、海岸に近く吉岡断層や鹿野断層とほぼ平行な走向を持つことから、その活動様式は鳥取地震と同様と考えられる。以上より、鳥取沖断層群は、南上り成分を伴う右横ずれ断層(すべり角40°)とし、断層傾斜は一般的な横ずれ断層と同様に90°とした。
- ③ 隠岐東方断層・隠岐北西方断層は、海域活断層として傾斜角60°、すべり角90°とした。

【参考文献】

- 西田良平・黒川泰・赤城三郎(1993):1943年鳥取地震に伴う吉岡・鹿野断層とその周辺部の地変について。鳥取大学教養部紀要、27。
- 金田平太郎・岡田篤正(2002):1943年鳥取地震の地表地震断層—既存資料の整理とその変動地形学的解釈—。活断層研究、21。

【断層パラメータの算定式】

- ・武村(1998)により、断層長さLから地震モーメントMoを求める

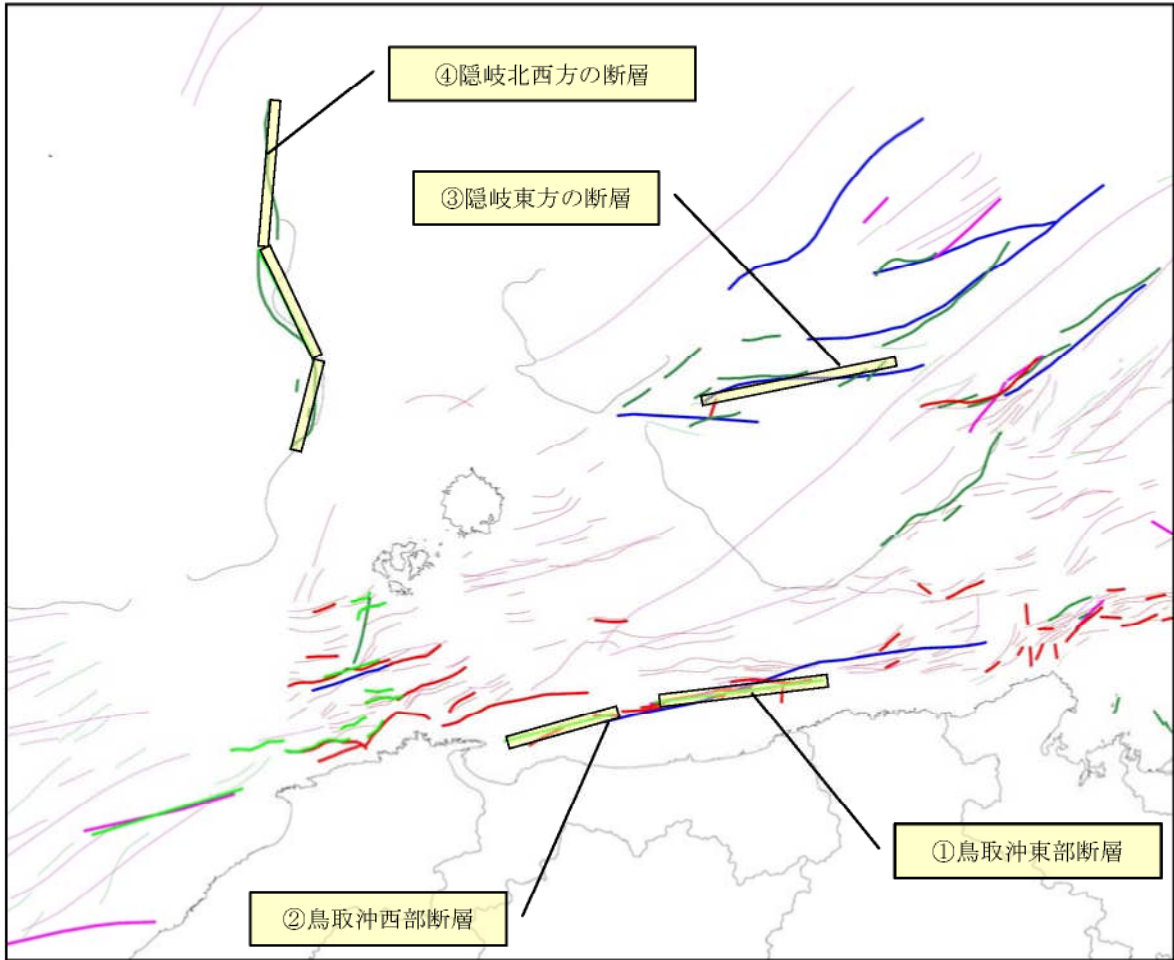
$$\text{Log } Mo = 2.0 * \text{Log } L + 16.64$$

- ・Kanamori(1977)により地震モーメントMoからモーメントマグニチュードMwを求める

$$Mw = (\text{Log } Mo - 9.1) / 1.5$$

- ・すべり量Uを以下の式より求める(岩盤の剛性率μを3.5×10¹⁰(N/m²)とする)

$$Mo = \mu L W U$$



凡 例		
津波波源断層		
中国電力が設定した活断層		
1:200,000 海底地質図 (地質調査所・AIST)	断層	
	褶曲	
1:1,000,000 海底地質図 (地質調査所・AIST)	断層	
	褶曲	
新編日本の活断層 (活断層研究会、1991)	断層	
	褶曲	
日本周辺海域中新世末期以降の構造発達史 (徳山英一ほか、2001)	断層	
	褶曲	

図 2.3 波源断層位置図

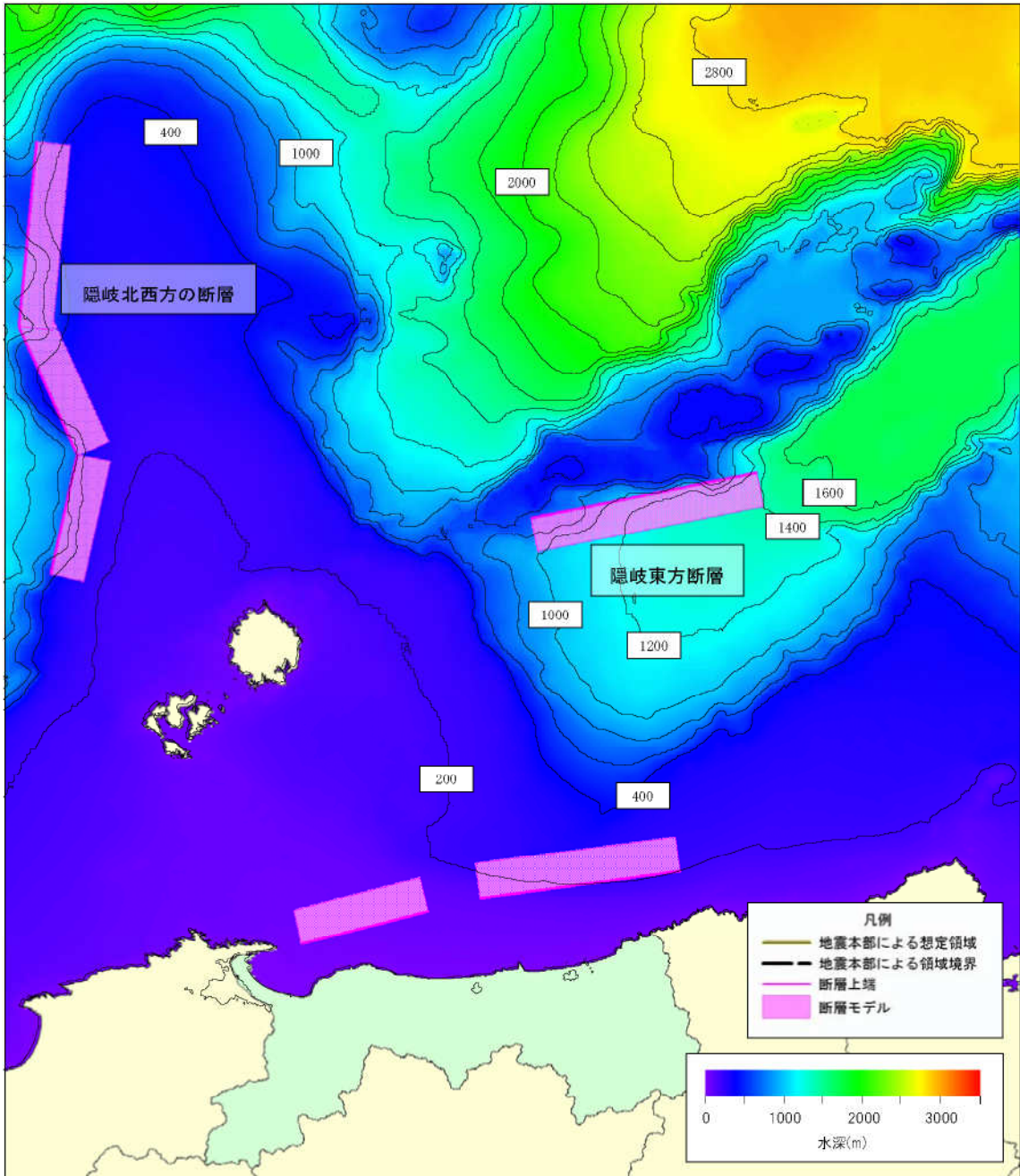


図 2.4 海底地形と波源断層の位置（鳥取県沖）

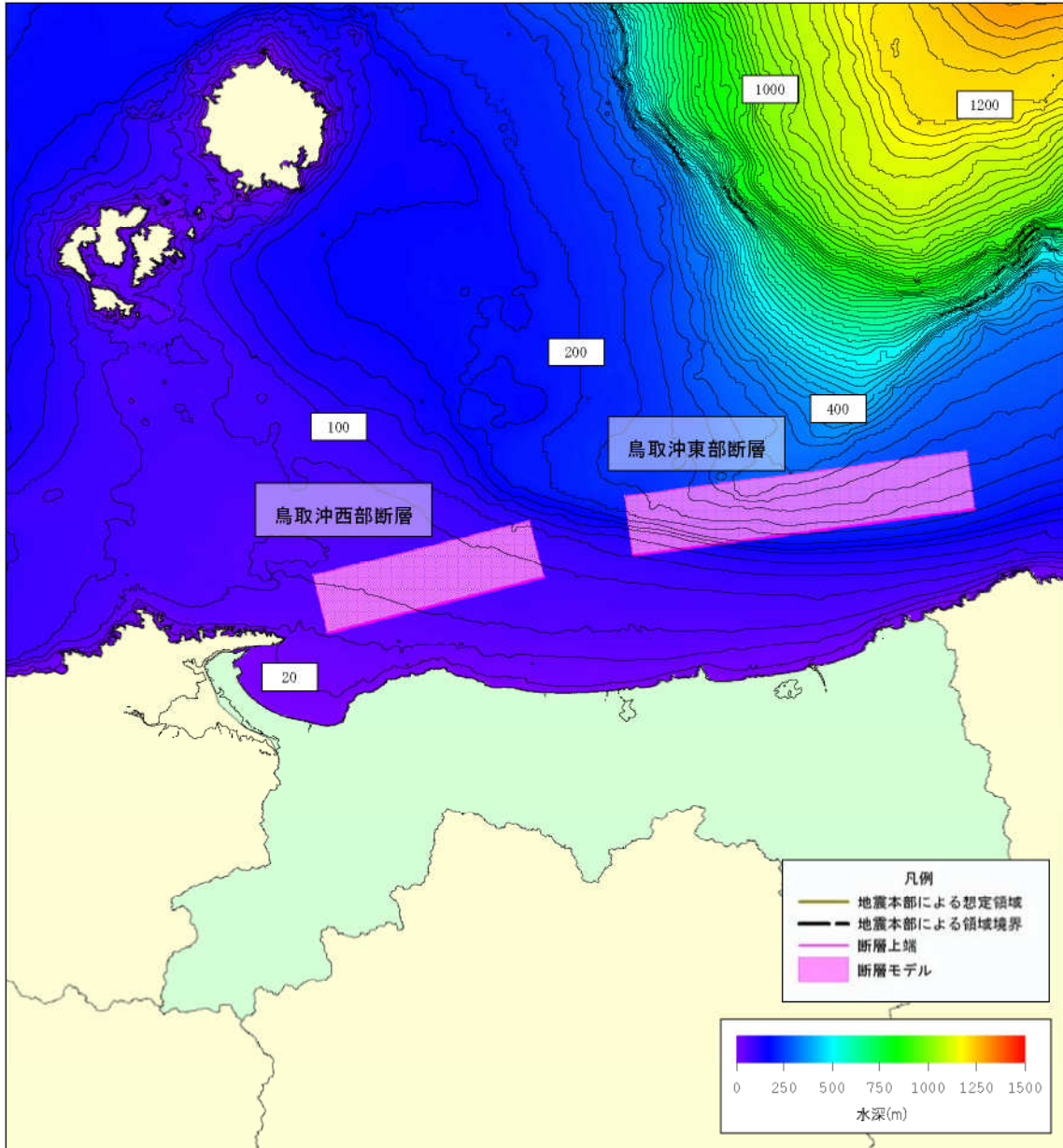


図 2.5 海底地形と波源断層の位置 (鳥取県沿岸域)

【参考】鳥取沖断層（徳山ほか 2001）について

出典：徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壯・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎（2001）：日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史（CD-ROM 版）. 海洋調査技術, 13(1).

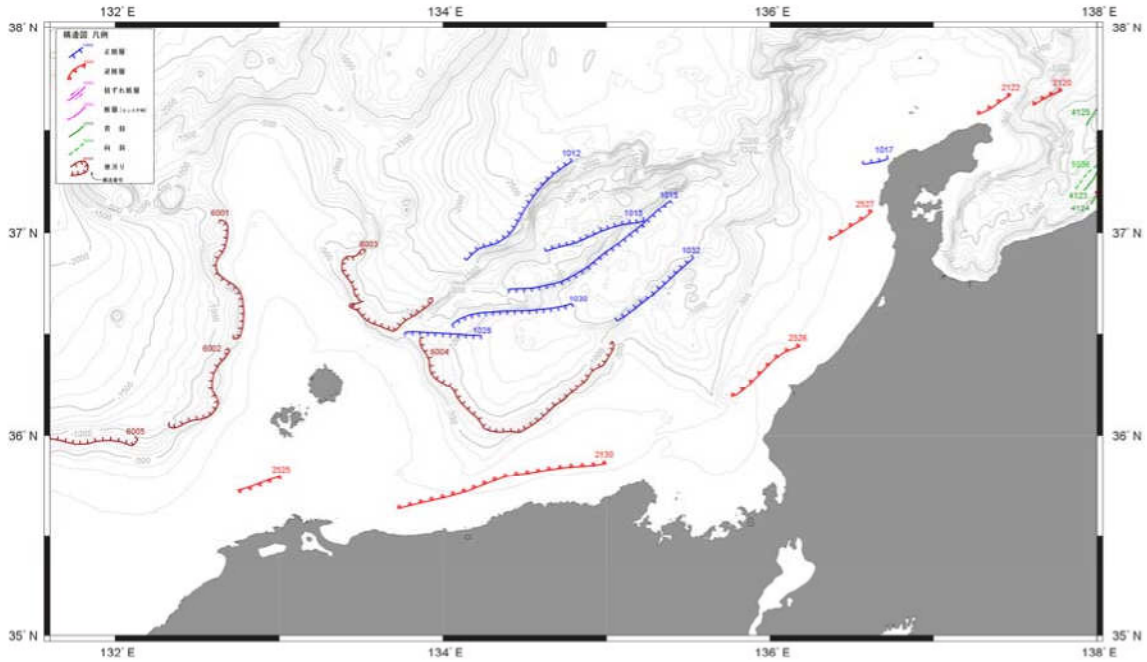


図 2.6 徳山ほか（2001）による山陰沖の断層分布図

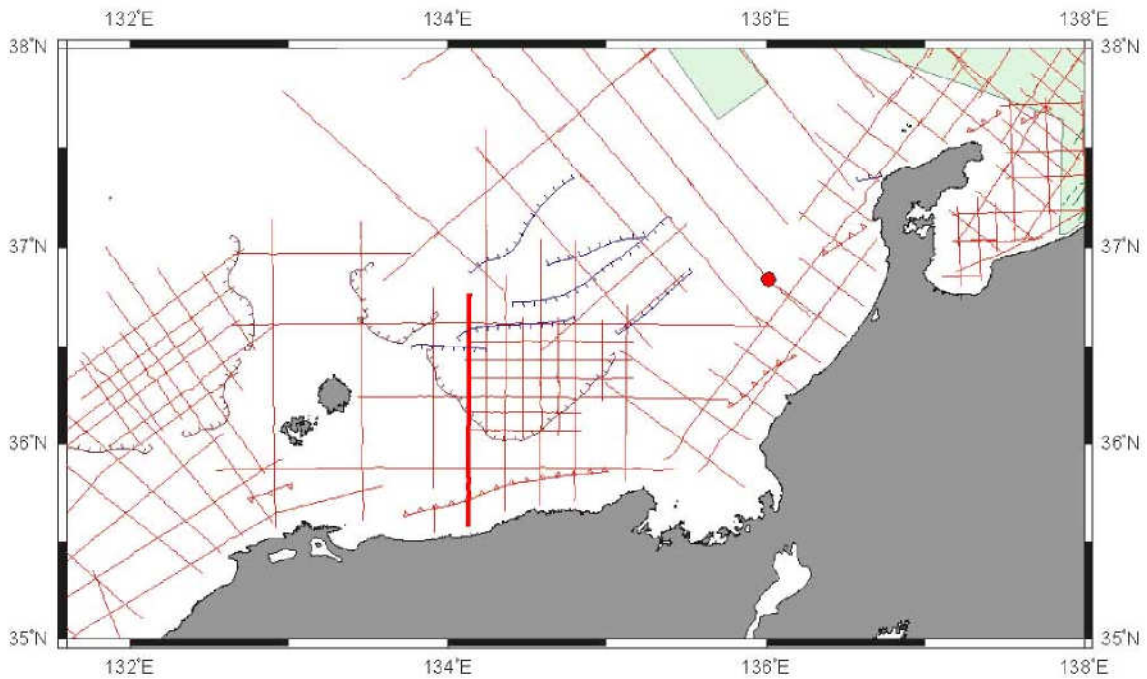


図 2.7 徳山ほか（2001）が断層評価に用いた音波探査測線図（石油公団海上基礎物理探査）

表 2.2 徳山他 (2001) の各断層の属性一覧表

構造番号	構造種別	断層(系)名	平面			断面		変位基準	活動時期(Ma)	変位している地層	揺動度	備 考		
			長さ(km)	走向	形態	水平変位量(km)	上下変位量(km)						形態	表層地形
1012	正断層	徳岐断層系	81km	NE	—	—	0.8	正横造	崖	反射面	MMIO?	—	I	
1013	正断層	徳岐断層系	5.7km	ENE	—	—	>1.9	正横造	崖	反射面	MMIO?	—	I	
1015	正断層	徳岐断層系	104km	NE~E-W	—	—	>1.2	正横造	崖	反射面	MMIO?	—	I	
1017	正断層	能登・北段断層系	14km	ENE	—	—	0.63	正横造	—	反射面	LPLEIST	LPLEIST~	II	
1028	正断層	徳岐断層系	4.3km	E-W	—	—	4	正横造	崖	反射面	MMIO?	—	I	
1030	正断層	徳岐断層系	6.9km	E-W	—	—	3	正横造	崖	反射面	MMIO?	—	I	
1032	正断層	徳岐断層系	5.6km	NE	—	—	3?	正横造	崖	反射面	MMIO?	—	—	
2120	逆断層	佐藤海盆東側断層系	16km	NNE	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
2122	逆断層	能登・北段断層系	19km	NE	—	—	>1.8	逆横造	—	反射面	PLEIST	PLEIST	I	
2130	逆断層	山陰沖断層系	117km	ENE~E-W	—	—	>0.6	逆横造	—	反射面	PLEIST	PLEIST	I	横ずれ成分を伴う。又、西方ほど新層の変動が活発な傾向が認められる。
2525	逆断層	山陰沖断層系	2.2km	ENE	—	—	—	逆横造	とう曲	反射面	PLEIST	PLEIST	I	Tectonic inversion
2526	逆断層	能登・北段断層系	4.6km	NE	—	—	>1.31	逆横造	—	反射面	LPLEIST	LPLEIST	—	表層堆積物の変形
2527	逆断層	能登・北段断層系	2.8km	NE	—	—	0.42	逆横造	—	反射面	LPLEIST	LPLEIST	I	

構造番号	構造種別	平面	
		長さ(km)	走向
4123	背斜	2.9km	NE
4124	背斜	3.3km	NNE
4125	背斜	2.1km	NNE
6036	向斜	1.9km	NE
6031	地滑り	7.9km	N-S
6032	地滑り	6.7km	NNE
6033	地滑り	10.6km	NW
6034	地滑り	1.58km	NNE
6035	地滑り	5.9km	NNE

備 考

【本文献について】

日本列島のネオテクトニクス（最近の構造運動）は陸域における様々な観測事実に基づいて論じられてきた。しかし、日本周辺の海域については、研究が少なく情報が得られていない。

1990年代後半になり、海上保安庁より日本周辺の海底地形情報が整備され、海底地質構造についても、高解像の音波探査記録（石油公団の大陸棚石油・天然ガス資源基礎調査、大学や地質調査所が実施した音波探査）が日本周辺の全海域で蓄積されてきた。

本論文は、上記資料を用いて、統一的な基準により、日本周辺海域全体の地質構造を明らかにしたものである。

3. プレート境界地震（日本海東縁）

東北地方西方の日本海東縁部では、1940年積丹半島沖地震、1964年新潟地震、1983年日本海中部地震、1993年北海道南西沖地震等により津波が発生している。これらの日本海東縁部の地震活動については、地震調査研究推進本部が平成15年6月20日に「日本海東縁部の地震活動の長期評価」を発表し、将来発生する可能性が高い想定震源域を示している（図3.1）。

日本海東縁部の過去の地震により鳥取県にも津波が到達していることから、今回の津波被害想定再検討業務においても、将来発生する可能性のある津波として、日本海東縁を震源とする地震による津波を検討対象とする。

今委員会で検討する日本海東縁部の津波を発生させる想定地震を選定するための議論の材料として、以下のパターンのデータを提示する。

① パターン1

中国電力によって示された佐渡島北方沖の想定地震

【断層長さ131.1km、マグニチュード7.85】。

本資料では、東傾斜、西傾斜の断層傾斜 45° と 60° の4パターンについて計算を行った。

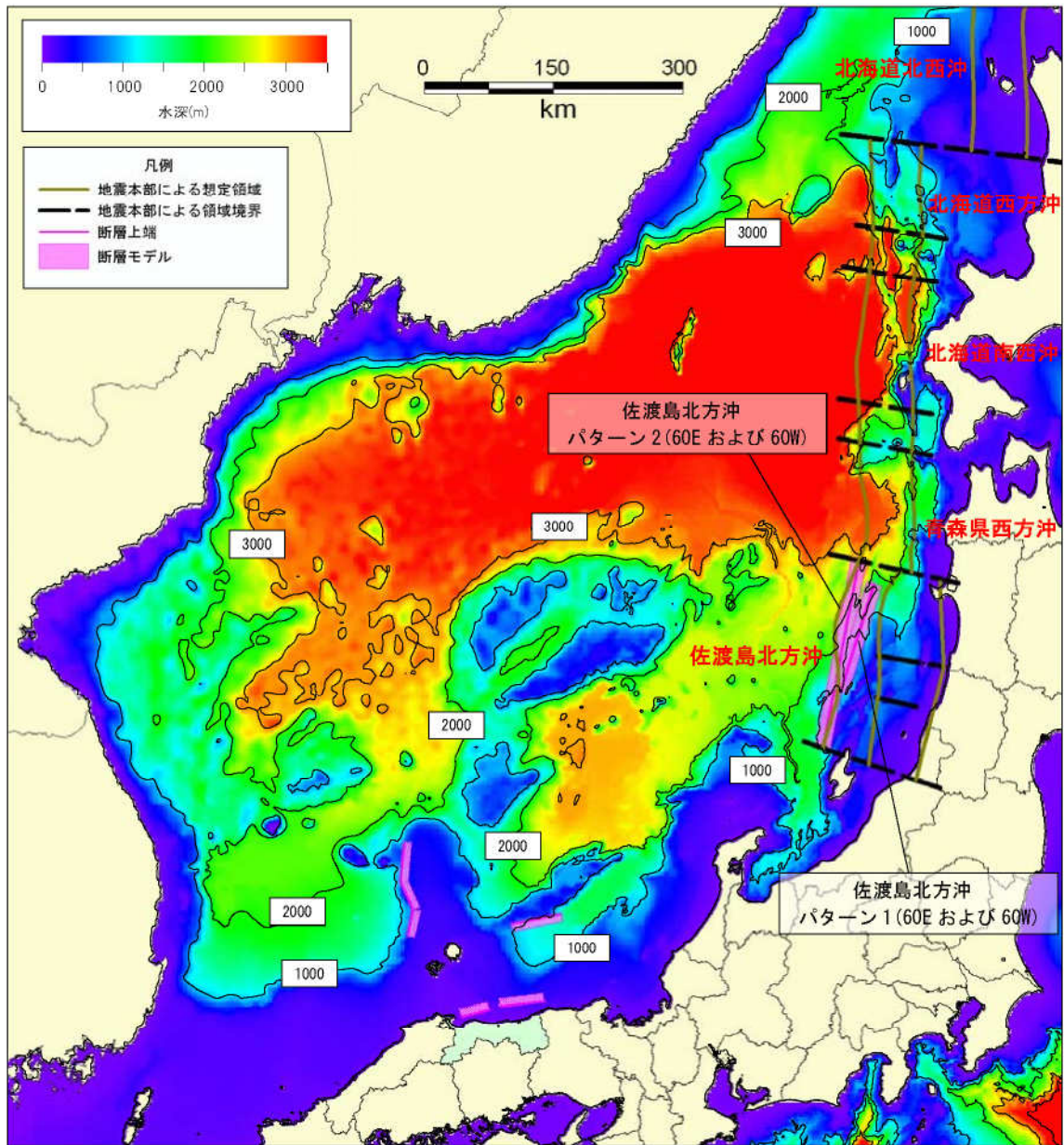
② パターン2

佐渡島北方沖の空白域全体が活動した場合の想定地震。空白域の最も沖合（水深の大きな場所）に設定。

本資料では、パターン1と同様の考え方で断層モデルを設定して計算を行った。

【断層長さ約222.2km、マグニチュード8.16】

本資料では、東傾斜、西傾斜の断層傾斜 45° と 60° の4パターンについて計算を行った。



※佐渡島北方沖は傾斜角 $\delta = 60^\circ$ および $W60^\circ$ の例

図 3.1 海底地形と想定波源断層の位置 (日本海全域)

4. 鳥取県津波被害想定再検討業務 津波シミュレーション結果

4.1 対象想定地震

表 4.1 に示す想定断層による津波波源に対して津波の予測計算を行い、鳥取県沿岸の津波の高さを求めた。ただし、「佐渡島北方沖」については、断層傾斜が 45 度および 60 度東落ち（逆断層）、45 度および 60 度西落ち（逆断層）のモデルを設定して、それぞれ計算を行った。

表 4.1 津波の計算を行った想定断層の断層パラメータ

想定断層	Mw	緯度	経度	深さ	走向	傾斜	すべり角	長さ(連動)	幅	すべり量	
		(度)	(度)	(km)	(度)	(度)	(度)	(km)	(km)	(m)	
鳥取沖東部断層	7.30	35.75	134.46	0	262	90	40	51.0	15.00	4.24	
鳥取沖西部断層	7.05	35.65	133.75	0	255	90	40	33.0	15.00	2.74	
隠岐東方断層	7.38	36.55	134.03	0	78	60	90	58.2	17.32	4.19	
隠岐北西方の断層	7.77	36.40	132.67	0	11	60	90	31.0	(114)	17.32	8.23
		36.68	132.74	0	334	60	90	35.9		17.32	8.23
		36.97	132.57	0	4	60	90	46.8		17.32	8.23
佐渡島北方沖(パターン1)	E(東落ち)	7.85	38.95	138.41	0	20	45	90	131.1	21.21	7.71
		7.85	38.95	138.41	0	20	60	90	131.1	17.32	9.44
	W(西落ち)	7.85	40.06	138.93	0	200	45	90	131.1	21.21	7.71
		7.85	40.06	138.93	0	200	60	90	131.1	17.32	9.44
佐渡島北方沖(パターン2)	E(東落ち)	8.16	38.36	138.15	0	12.9	45	90	222.2	21.21	13.06
		8.16	38.36	138.15	0	12.9	60	90	222.2	17.32	16.00
	W(西落ち)	8.16	40.31	138.73	0	193.3	45	90	222.2	21.21	13.06
		8.16	40.31	138.73	0	193.3	60	90	222.2	17.32	16.00

【断層パラメータの算定式】

- ・武村(1998)により、断層長さLから地震モーメントMoを求める

$$\text{Log Mo} = 2.0 * \text{Log L} + 16.64$$

- ・Kanamori(1977)により地震モーメントMoからモーメントマグニチュードMwを求める

$$\text{Mw} = (\text{Log Mo} - 9.1) / 1.5$$

- ・すべり量Uを以下の式より求める（岩盤の剛性率 μ を 3.5×10^{10} (N/m²)とする)

$$\text{Mo} = \mu L W U$$

4.2 計算方法および計算条件

津波シミュレーションは、平面2次元の支配方程式（運動方程式、連続の式）を差分化した式を用いた数値計算により実施した。運動方程式は非線形長波式であり、地震による上下地殻変動量を津波の初期水位として与えて、以降の海水の挙動を支配方程式に基づいて時間発展的に計算した。

ここでは、津波の高さについて比較検討する目的から、計算条件は次のとおりとした。

- ・ 計算範囲およびメッシュサイズ：メッシュサイズは沿岸域を 50mメッシュとし、外洋側を 1350mメッシュとした（図 4.1）。
- ・ 潮位条件：初期潮位は東京湾平均海面（T.P.+）0.0mとした。
- ・ 堤防条件：堤防が機能しない場合
- ・ 再現時間：地震発生から 12 時間
- ・ 境界条件：陸側境界は遡上境界、外洋側境界は透過境界とした。

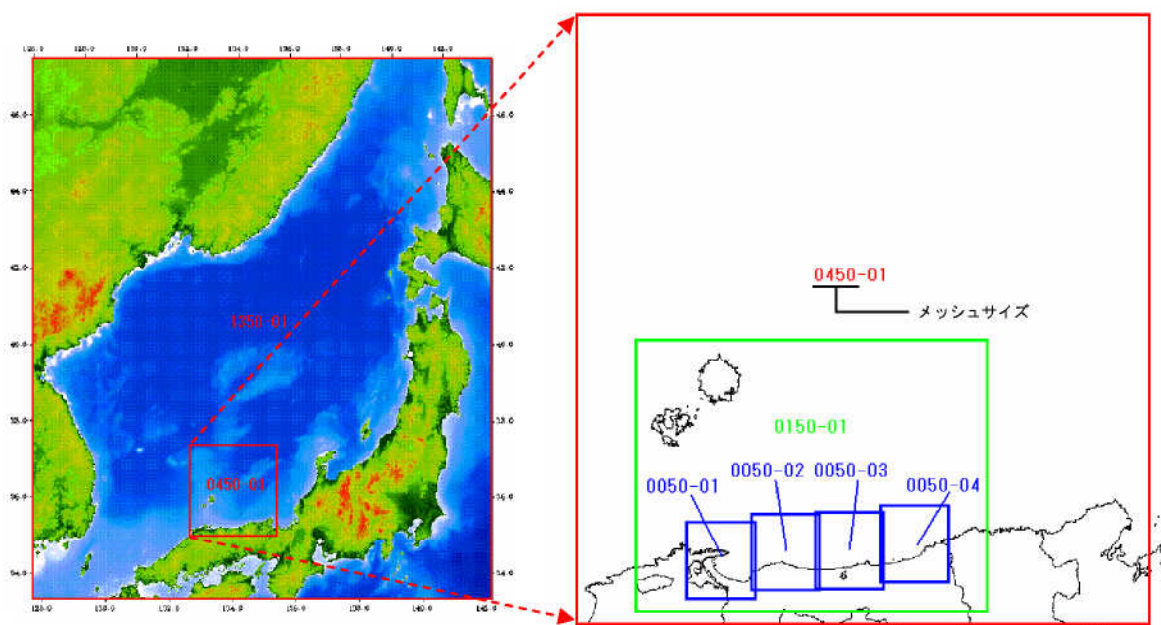


図 4.1 津波シミュレーションの計算メッシュ範囲

4.3 計算結果

各想定地震の津波シミュレーションを実施し、以下の項目を整理した。

1) 津波の高さ

地震による地盤の隆起沈降を考慮して、「最大水位（初期潮位基準）－地震による地盤の隆起量」を津波の高さとした（図 4.2）。

例えば、鳥取沖東部断層では、最大水位は東京湾平均海面（T.P.）基準で 5.78m だが、初期潮位 0.00m を差し引き、さらに断層運動により鳥取市沿岸で 18cm の地盤沈降を考慮すると、津波の高さは 5.96m となる（隆起量をプラス値とする）。

$$\begin{aligned} \text{津波の高さ [5.96m]} &= \text{最大水位 (T.P. 基準) [+5.78m]} \\ &\quad - \text{初期潮位 (T.P. 基準) [+0.00m]} \\ &\quad - \text{地盤の隆起量 [-0.18m]} \end{aligned}$$

2) 津波の到達時間

水位変化が ±20cm 以上となった時間を津波の到達時間とした。そのため、水位変化が ±20cm に達しない場合は到達時間が表示されない。

3) 最大波の到達時間

水位が最大となった津波の到達時間を表示した。

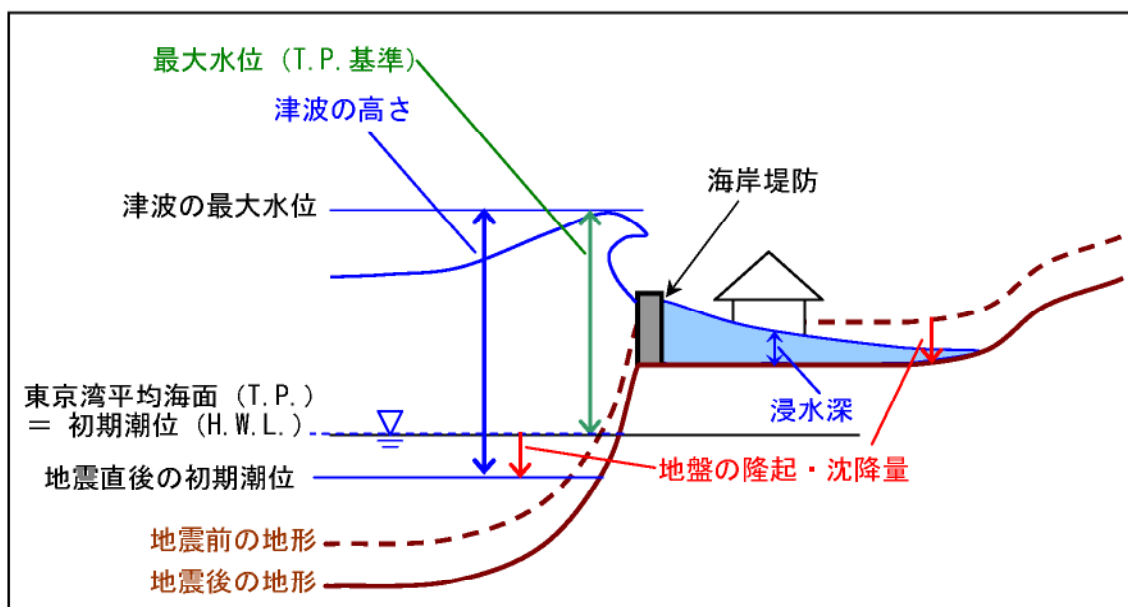


図 4.2 津波の高さの説明（地震直前の初期潮位が T.P. +0.0m の場合）

各想定地震による津波の高さの比較を図 4.3 に示す。鳥取県沿岸の津波の高さの最大値は、近地津波(鳥取～隠岐島沖)については隠岐北西方の断層の場合で 6.39m(湯梨浜町)、遠地津波(日本海東縁部)については佐渡島北方沖パターン 2(60W)の場合で 6.92m(大山町)となった。

また、各想定地震の結果を表 4.2 の通り整理した。

表 4.2 各想定地震の整理結果一覧表

想定断層	各市町村の津波の高さ および到達時間	津波の計算結果 (海岸の津波の高さ/波形)
鳥取沖東部断層	表 4.3	図 4.4～図 4.5
鳥取沖西部断層	表 4.4	図 4.6～図 4.7
隠岐東方断層	表 4.5	図 4.8～図 4.9
隠岐北西方の断層	表 4.6	図 4.10～図 4.11
佐渡島北方沖パターン 1 (45E)	表 4.7	図 4.12～図 4.13
佐渡島北方沖パターン 1 (60E)	表 4.8	図 4.14～図 4.15
佐渡島北方沖パターン 1 (45W)	表 4.9	図 4.16～図 4.17
佐渡島北方沖パターン 1 (60W)	表 4.10	図 4.18～図 4.19
佐渡島北方沖パターン 2 (45E)	表 4.11	図 4.20～図 4.21
佐渡島北方沖パターン 2 (60E)	表 4.12	図 4.22～図 4.23
佐渡島北方沖パターン 2 (45W)	表 4.13	図 4.24～図 4.25
佐渡島北方沖パターン 2 (60W)	表 4.14	図 4.26～図 4.27

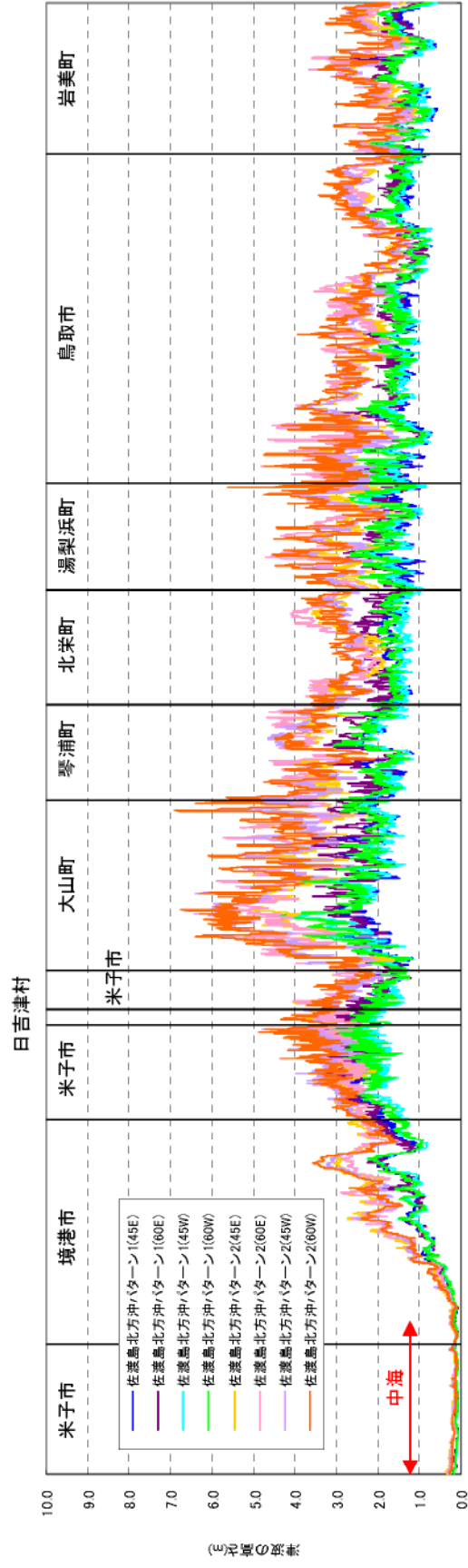
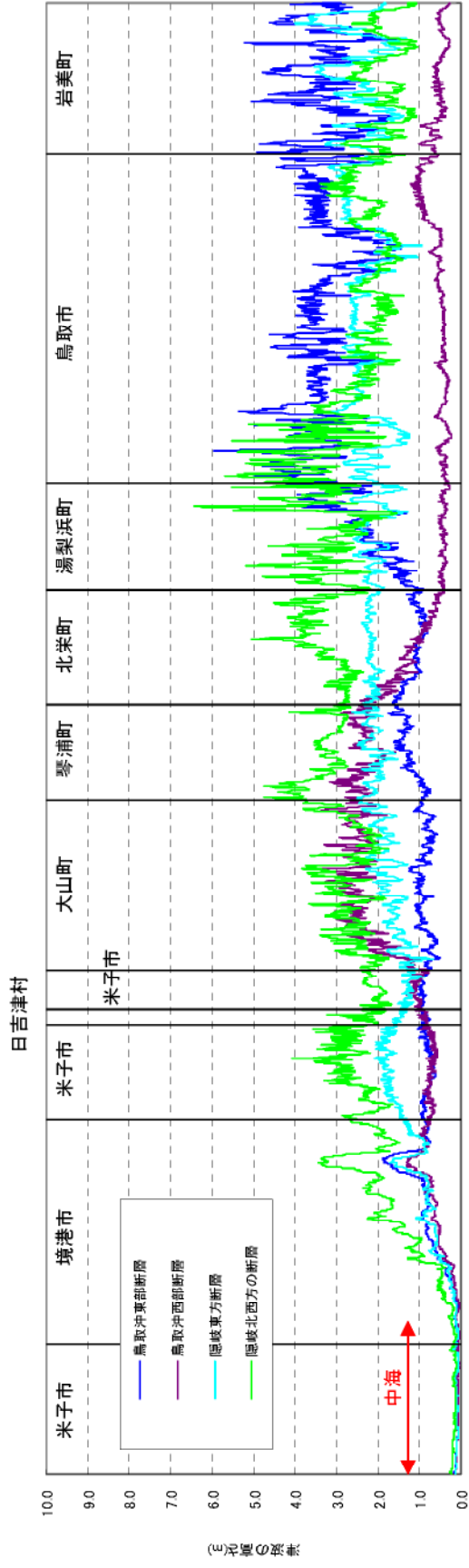


図 4.3 津波の高さの比較 (上) 鳥取～隠岐島沖、(下) 日本海東縁部

1) 鳥取沖東部断層

表 4.3 各市町村の津波の高さおよび到達時間【鳥取沖東部断層】

市町村名	隆起・沈降	津波の到達時間	最大波の到達時間	津波の高さ				
	(m)	(分)	(分)	(m)	0.0	5.0	10.0	15.0
岩美町	-0.24	4	8	5.21	[Bar chart showing wave height of 5.21m]			
鳥取市	-0.18	5	11	5.96	[Bar chart showing wave height of 5.96m]			
湯梨浜町	-0.10	6	13	4.40	[Bar chart showing wave height of 4.40m]			
北栄町	-0.03	10	16	1.66	[Bar chart showing wave height of 1.66m]			
琴浦町	0.01	20	50	1.74	[Bar chart showing wave height of 1.74m]			
大山町	0.01	24	53	1.25	[Bar chart showing wave height of 1.25m]			
米子市	0.00	45	77	1.06	[Bar chart showing wave height of 1.06m]			
日吉津村	0.01	45	104	0.97	[Bar chart showing wave height of 0.97m]			
境港市	0.00	48	78	1.88	[Bar chart showing wave height of 1.88m]			

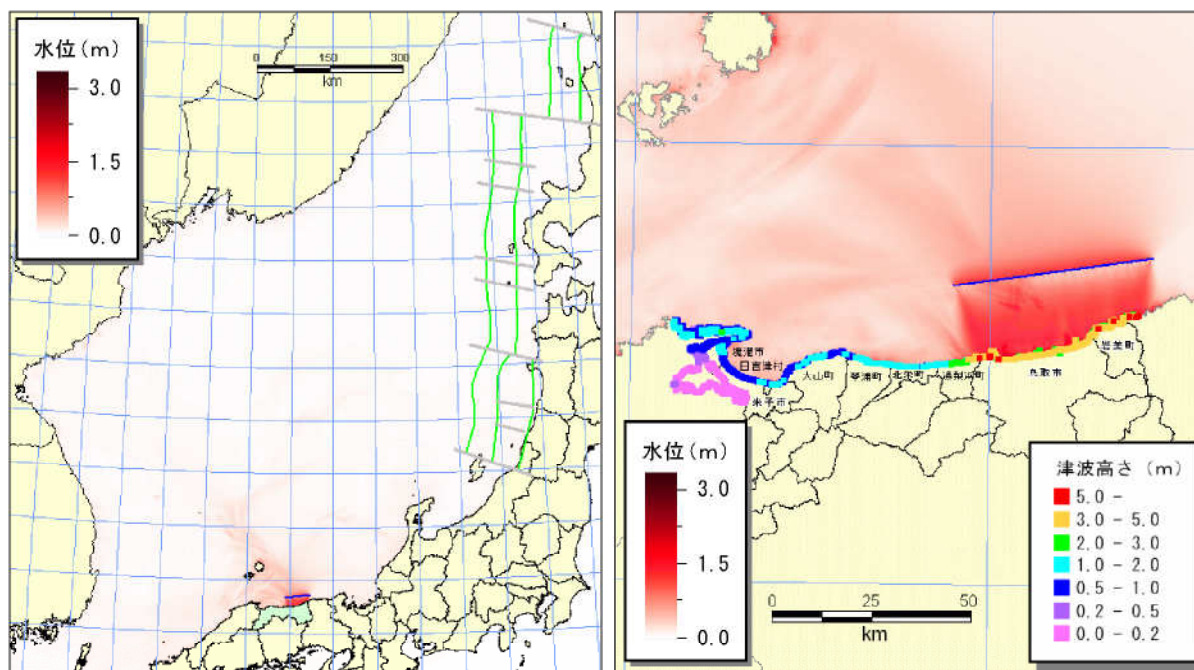


図 4.4 津波の計算結果（海岸の津波の高さ）【鳥取沖東部断層】

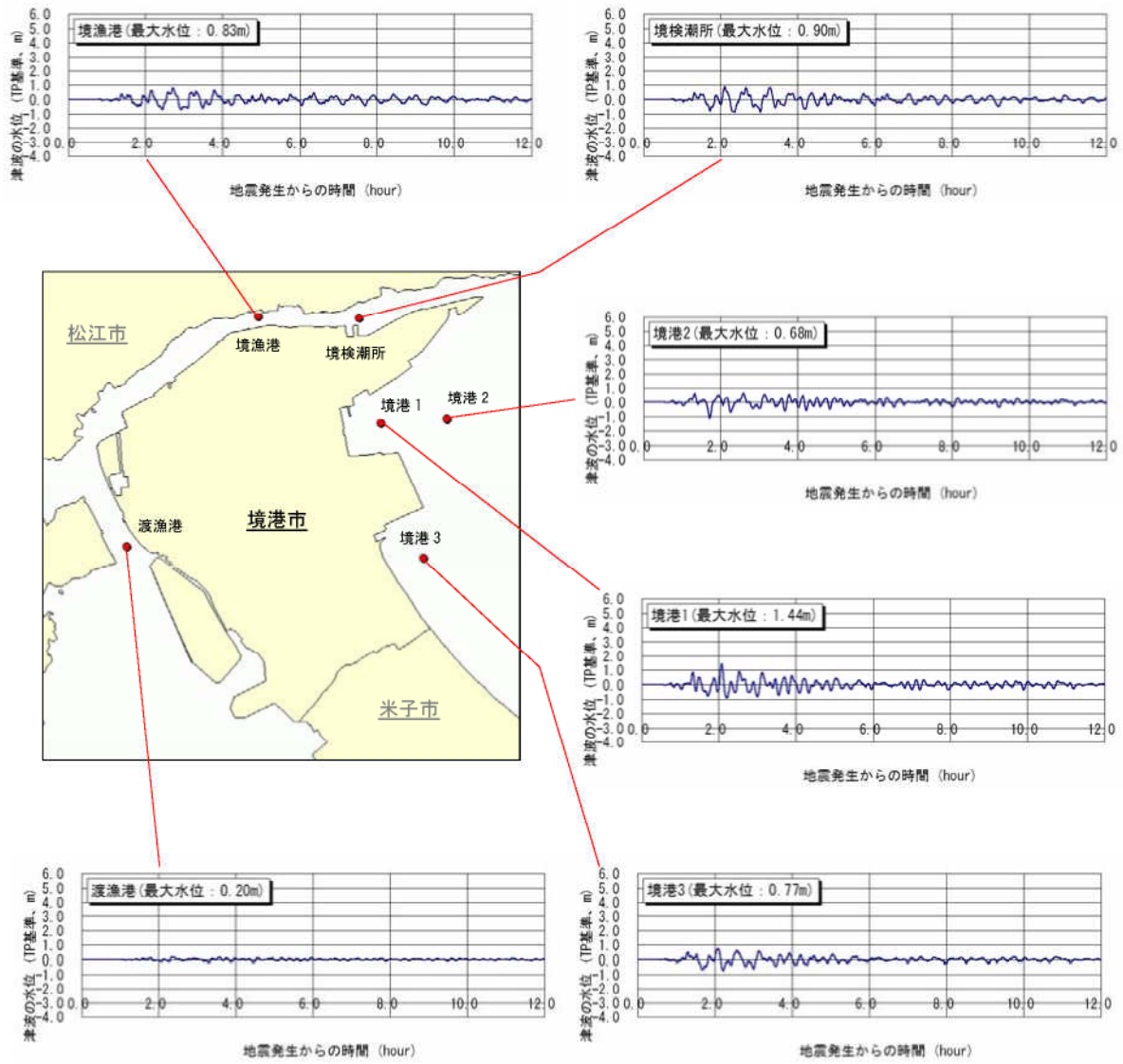


図 4.5 津波の計算結果（時刻歴波形）（境港市沖の場合）【鳥取沖東部断層】

2) 鳥取沖西部断層

表 4.4 各市町村の津波の高さおよび到達時間【鳥取沖西部断層】

市町村名	隆起・沈降	津波の到達時間	最大波の到達時間	津波の高さ				
	(m)	(分)	(分)	(m)	0.0	5.0	10.0	15.0
岩美町	-0.01	43	53	1.00	[Bar chart showing wave height of 1.00m]			
鳥取市	-0.02	20	25	1.21	[Bar chart showing wave height of 1.21m]			
湯梨浜町	-0.04	14	17	0.55	[Bar chart showing wave height of 0.55m]			
北栄町	-0.10	8	13	2.42	[Bar chart showing wave height of 2.42m]			
琴浦町	-0.24	5	10	3.16	[Bar chart showing wave height of 3.16m]			
大山町	-0.31	4	9	3.37	[Bar chart showing wave height of 3.37m]			
米子市	-0.13	10	15	1.33	[Bar chart showing wave height of 1.33m]			
日吉津村	-0.08	11	16	1.12	[Bar chart showing wave height of 1.12m]			
境港市	-0.01	31	33	1.33	[Bar chart showing wave height of 1.33m]			

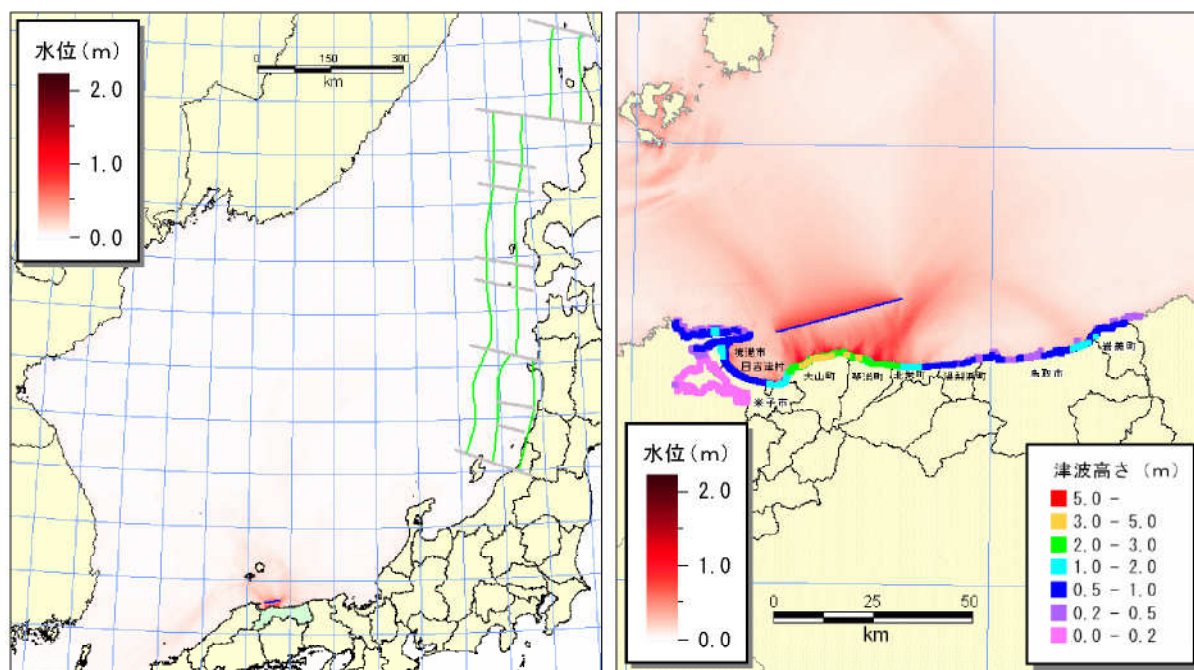


図 4.6 津波の計算結果（海岸の津波の高さ）【鳥取沖西部断層】

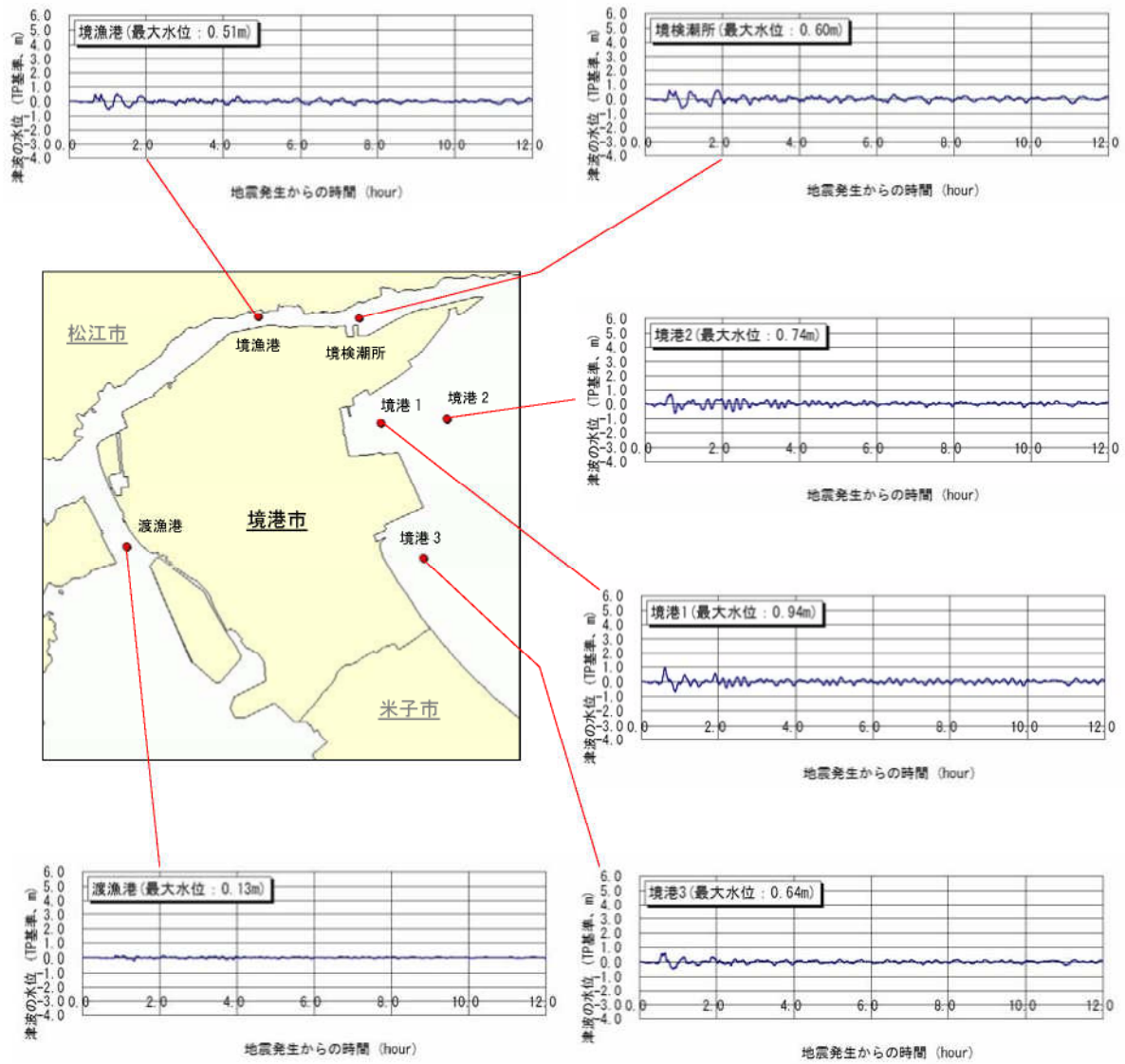


図 4.7 津波の計算結果（時刻歴波形）（境港市沖の場合）【鳥取沖西部断層】

3) 隠岐東方断層

表 4.5 各市町村の津波の高さおよび到達時間【隠岐東方断層】

市町村名	隆起・沈降	津波の到達時間	最大波の到達時間	津波の高さ				
	(m)	(分)	(分)	(m)	0.0	5.0	10.0	15.0
岩美町	0.01	24	27	4.01	[Bar chart showing 4.01m height]			
鳥取市	0.00	27	30	3.19	[Bar chart showing 3.19m height]			
湯梨浜町	0.00	33	35	2.68	[Bar chart showing 2.68m height]			
北栄町	0.00	37	39	2.38	[Bar chart showing 2.38m height]			
琴浦町	0.00	41	43	2.64	[Bar chart showing 2.64m height]			
大山町	0.00	42	44	2.46	[Bar chart showing 2.46m height]			
米子市	0.00	56	58	2.10	[Bar chart showing 2.10m height]			
日吉津村	0.00	58	60	1.66	[Bar chart showing 1.66m height]			
境港市	0.00	57	59	1.72	[Bar chart showing 1.72m height]			

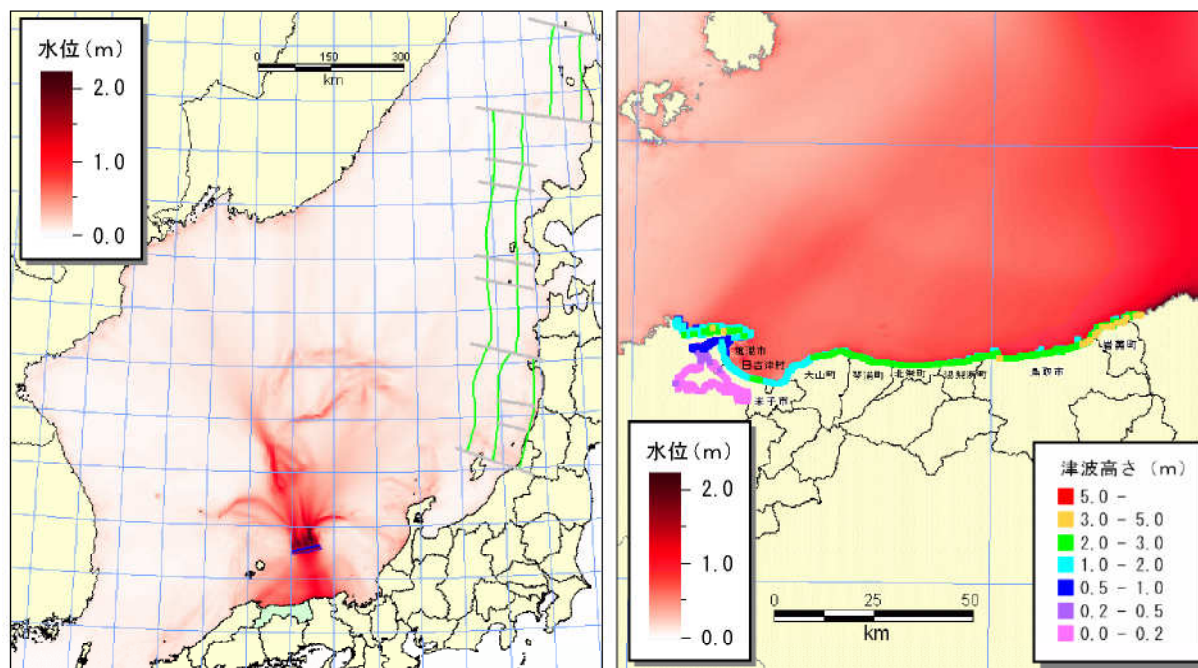


図 4.8 津波の計算結果（海岸の津波の高さ）【隠岐東方断層】

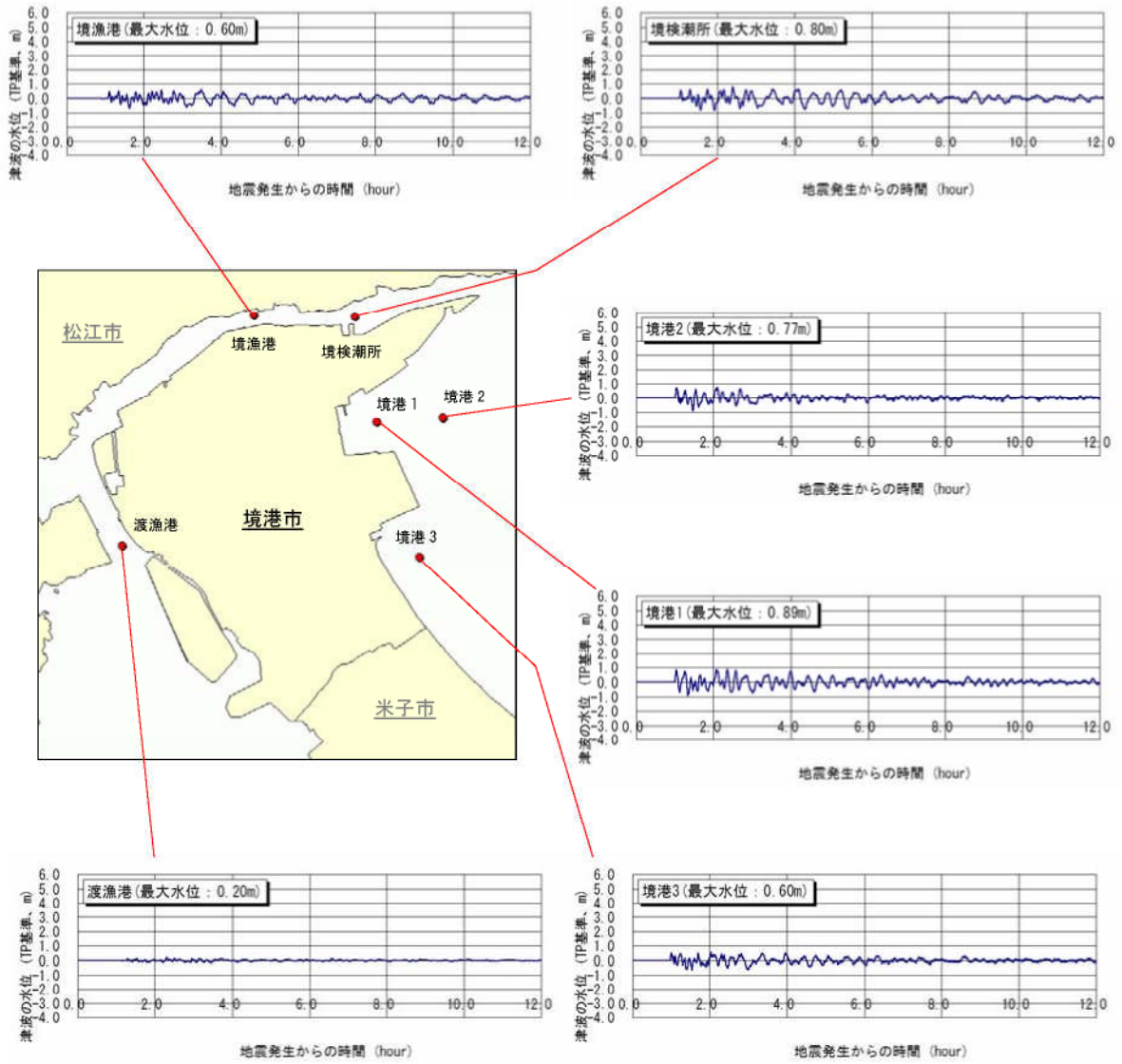


図 4.9 津波の計算結果（時刻歴波形）（境港市沖の場合）【隠岐東方断層】