

# パラメータ詳細

断層パラメータ		記号	単位	設定方法	全体	別府地溝南縁A	別府地溝南縁B	別府地溝南縁C	別府湾断層帯D	別府湾断層帯E	豊予海峡	敷地前面海域の断層群	伊予
断層位置	西端	—	北緯	—	—	33° 16′ 42″	33° 13′ 35″	33° 15′ 13″	33° 21′ 37″	33° 20′ 25″	33° 15′ 12″	33° 25′ 20″	33° 39′ 21″
		—	東経	—	—	131° 27′ 00″	131° 37′ 9″	131° 42′ 57″	131° 30′ 57″	131° 38′ 26″	131° 42′ 58″	132° 1′ 42″	132° 32′ 28″
走向	$\theta$	[度]	—	—	—	N66E	N110E	N71.4E	N103.5E	N85.6E	N62.7E	N57E	N57E
傾斜角	$\delta$	[度]	—	—	—	75	75	75	75	75	90	75	75
ずれの種類	—	—	—	—	—	正断層	正断層	正断層	正断層	正断層	右横ずれ	右横ずれ	右横ずれ
断層上端深さ	$H$	[km]	—	—	—	3	3	3	3	3	2	2	2
断層長さ	$L$	[km]	—	—	203.8	12.8	16.8	9.5	22.5	20.5	34.7	54.0	33.0
断層幅	$W$	[km]	$W=S/L$	—	12.96	12.42	12.42	12.42	12.42	12.42	13.00	13.46	13.46
断層面積	$S$	[km <sup>2</sup> ]	$S=\Sigma(L \times W)$	—	2642.0	159.0	208.7	118.0	279.5	254.7	451.1	726.8	444.1
剛性率	$\mu$	[N/m <sup>2</sup> ]	$\mu=\rho\beta^2$	—	—	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10	3.3E+10
S波速度	$\beta$	[km/s]	—	—	—	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
密度	$\rho$	[g/cm <sup>3</sup> ]	—	—	—	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
破壊伝播速度	$V_r$	[km/s]	$V_r=0.72\beta$ (Geller et al., 1976)	—	—	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
地震モーメント	$M_0$	[N・m]	—	—	2.33E+20	1.40E+19	1.84E+19	1.04E+19	2.46E+19	2.25E+19	3.98E+19	6.41E+19	3.92E+19
モーメントマグニチュード	$M_W$	—	kanamori(1977)	—	7.5	6.7	6.8	6.6	6.9	6.8	7.0	7.1	7.0
気象庁マグニチュード	$M_J$	—	武村(1998)	—	8.1	—	—	—	—	—	—	—	—
平均すべり量	$D$	[cm]	$D=M_0/(\mu S)$	—	—	267	267	267	267	267	267	267	267
平均動的応力降下量	$\Delta\sigma$	[MPa]	—	—	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
短周期レベル	$A'$	[N・m/s <sup>2</sup> ]	$A'=(A_a^2+A_b^2)^{0.5}$	—	3.02E+19	7.41E+18	8.49E+18	6.38E+18	9.82E+18	9.38E+18	1.25E+19	1.58E+19	1.24E+19
全アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a}$	[N・m]	$M_{0a}=\mu D_a S_a$	1.30E+20	7.81E+18	1.03E+19	5.80E+18	1.37E+19	1.25E+19	2.22E+19	3.57E+19	2.18E+19
	面積	$S_a$	[km <sup>2</sup> ]	$S_a=S \cdot \Delta\sigma / \Delta\sigma_a = 0.279 \cdot S$	736.3	44.3	58.2	32.9	77.9	71.0	125.7	202.5	123.8
	平均すべり量	$D_a$	[cm]	$D_a=r_0 \cdot D, \gamma_D=2.0$	—	533	533	533	533	533	533	533	533
	動的応力降下量	$\Delta\sigma_a$	[MPa]	—	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
	短周期レベル	$A_a$	[N・m/s <sup>2</sup> ]	$A_a=4\pi\beta^2\sigma_a(S_a/\pi)^{0.5}$	2.88E+19	7.05E+18	8.08E+18	6.08E+18	9.35E+18	8.93E+18	1.19E+19	1.51E+19	1.18E+19
第1アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a1}$	[N・m]	$M_{0a1}=\mu \cdot D_{a1} \cdot S_{a1}$	—	7.81E+18	1.03E+19	5.80E+18	1.37E+19	1.25E+19	2.22E+19	2.90E+19	2.18E+19
	面積	$S_{a1}$	[km <sup>2</sup> ]	—	—	44.3	58.2	32.9	77.9	71.0	125.7	147.3	123.8
	平均すべり量	$D_{a1}$	[cm]	$D_{a1}=(\gamma_1/\Delta\gamma_1^3) \cdot D_a, \gamma_1=r_1/r$	—	533	533	533	533	533	533	596	533
	実効応力	$\sigma_{a1}$	[MPa]	$\sigma_{a1}=\Delta\sigma_a$	—	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
	短周期レベル	$A_{a1}$	[N・m/s <sup>2</sup> ]	$A_{a1}=4\pi\beta^2\sigma_{a1}(S_{a1}/\pi)^{0.5}$	—	7.05E+18	8.08E+18	6.08E+18	9.35E+18	8.93E+18	1.19E+19	1.29E+19	1.18E+19
第2アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a2}$	[N・m]	$M_{0a2}=\mu \cdot D_{a2} \cdot S_{a2}$	—	—	—	—	—	—	—	6.67E+18	—
	面積	$S_{a2}$	[km <sup>2</sup> ]	—	—	—	—	—	—	—	—	55.2	—
	平均すべり量	$D_{a2}$	[cm]	$D_{a2}=(\gamma_2/\Delta\gamma_2^3) \cdot D_a, \gamma_2=r_2/r$	—	—	—	—	—	—	—	365	—
	実効応力	$\sigma_{a2}$	[MPa]	$\sigma_{a2}=\Delta\sigma_a$	—	—	—	—	—	—	—	12.2	—
	短周期レベル	$A_{a2}$	[N・m/s <sup>2</sup> ]	$A_{a2}=4\pi\beta^2\sigma_{a2}(S_{a2}/\pi)^{0.5}$	—	—	—	—	—	—	—	7.88E+18	—
背景領域	地震モーメント	$M_{0b}$	[N・m]	$M_{0b}=M_0 - M_{0a}$	—	6.20E+18	8.14E+18	4.60E+18	1.09E+19	9.94E+18	1.76E+19	2.84E+19	1.73E+19
	面積	$S_b$	[km <sup>2</sup> ]	$S_b=S - S_a$	—	114.7	150.5	85.1	201.6	183.7	325.4	524.2	320.4
	平均すべり量	$D_b$	[cm]	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	—	164	164	164	164	164	164	164	164
	実効応力	$\sigma_b$	[MPa]	$\sigma_b=0.2 \cdot \sigma_a$	—	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
	短周期レベル	$A_b$	[N・m/s <sup>2</sup> ]	$A_b=4\pi\beta^2\sigma_b(S_b/\pi)^{0.5}$	—	2.27E+18	2.60E+18	1.96E+18	3.01E+18	2.87E+18	3.82E+18	4.85E+18	3.79E+18

前述のとおり、 $M_0$ 算出の際は、安全側となるよう上表のとおり別府-万年山断層帯も考慮して計算している。津波計算においては、別府-万年山断層帯の断層パラメータは基準断層モデルと同じとした。

# 計算条件

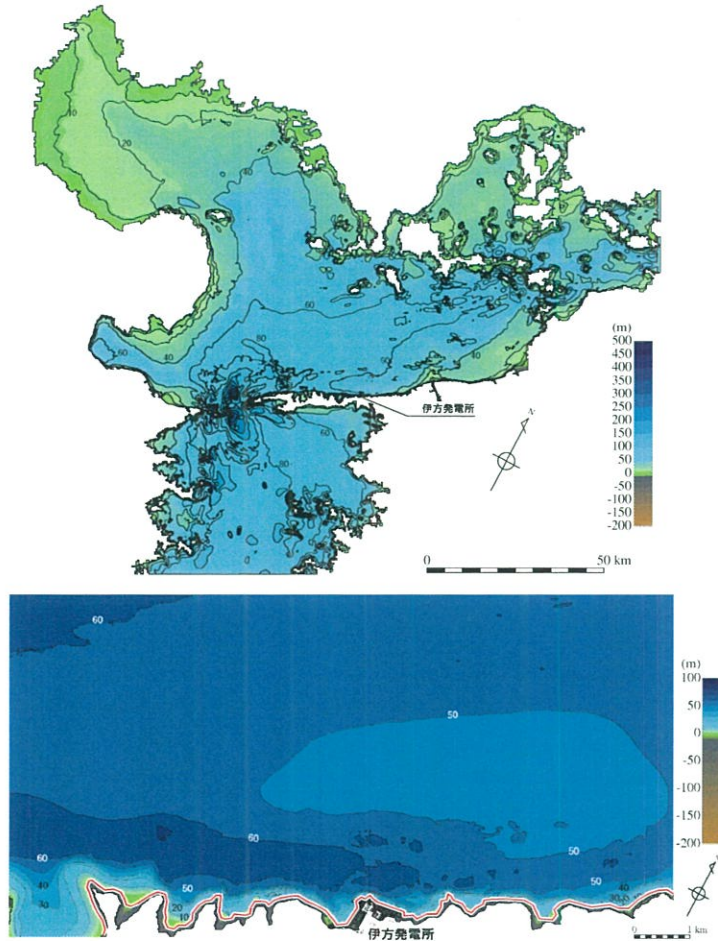
項目	計算条件
計算領域	・伊予灘を中心として東西約180km, 南北160kmの領域
格子分割サイズ	・沖合いでの最大400mから200, 100, 50, 25, 12.5, 6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子を設定。
計算時間間隔	・0.0625秒
基礎方程式	・非線形長波(浅水理論)の連続式および運動方程式
初期条件	・Mansinha and Smylie (1971)の方法により計算
沖側境界条件	・自由透過条件。 ・ただし関門海峡は波の主成分が反射すると仮定し陸側境界とした。
陸側境界条件	・伊方発電所敷地周囲は陸上遡上を考慮 ・上記以外の陸岸は、静水面より上昇する津波に対して完全反射条件 ・静水面より下降する津波に対して小谷(1998)の遡上境界条件により海底露出を考慮
海底摩擦係数	・マンニングの粗度係数 $n=0.025\text{m}^{-1/3}\text{s}$
水平渦動粘性係数	・ $0\text{m}^2/\text{s}$
計算対象現象時間	・5時間



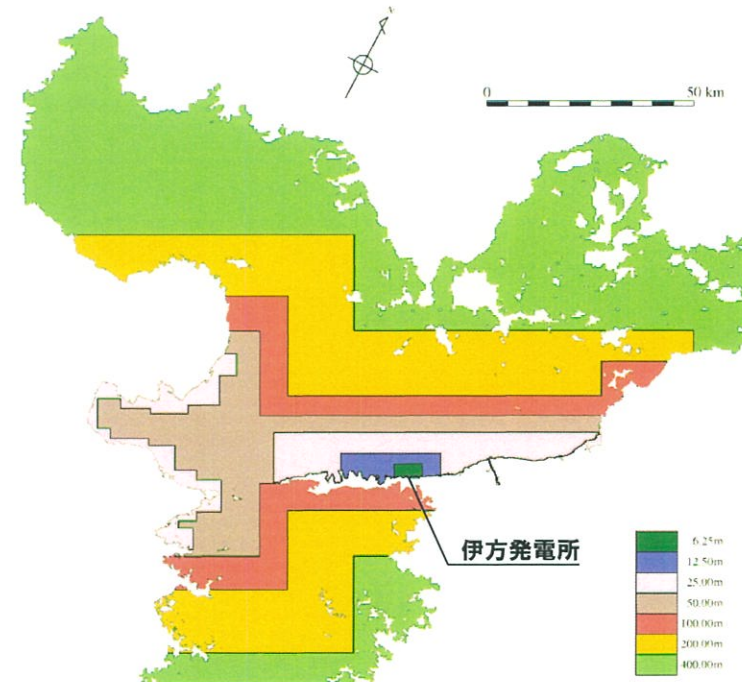


# 計算領域・水深および格子分割

- 伊予灘を中心として東西約180km, 南北160kmの領域を対象とし, 格子分割は最大400mから200m, 100m, 50m, 25m, 12.5m, 6.25mと1/2ずつ徐々に細かい格子を設定する。
- 水深データについては, データ拡充のために当社が実施した海底地形調査(2013年8月実施)の結果を踏まえて更新している。



計算領域・水深

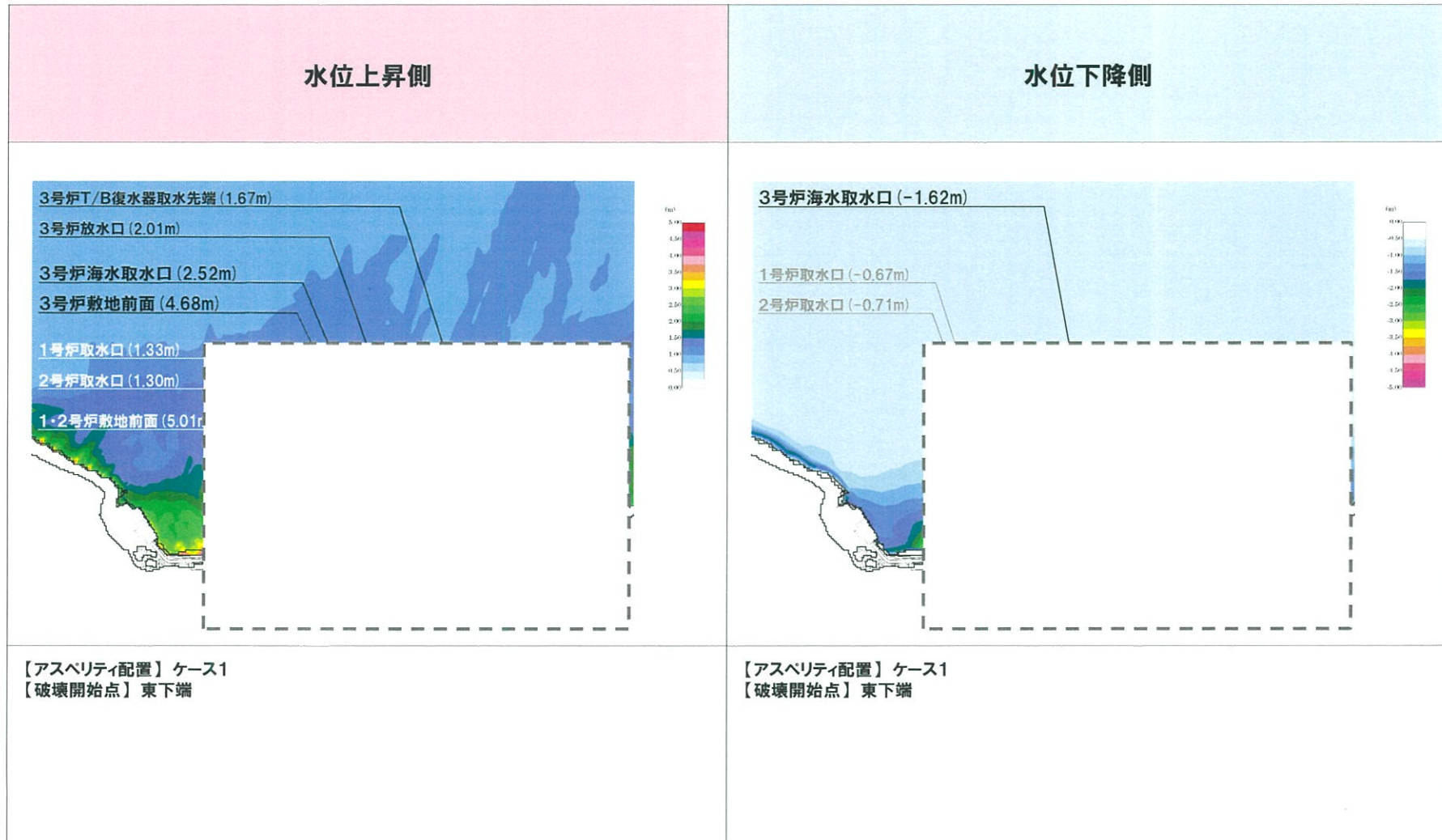


格子分割

# 計算結果

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

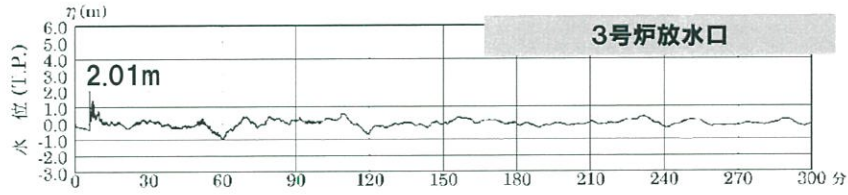
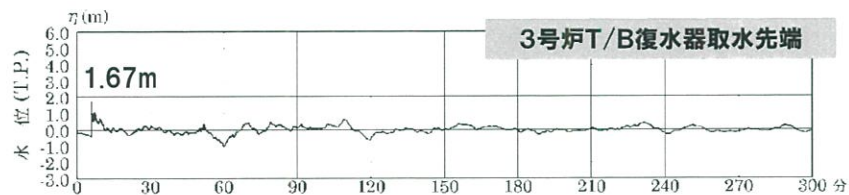
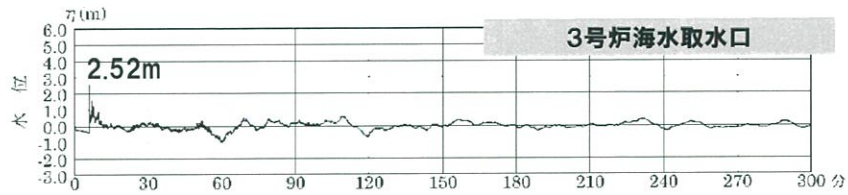
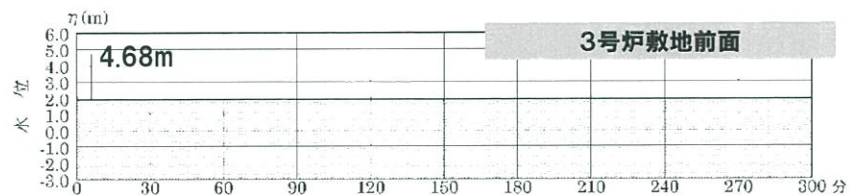
○最も厳しいケースを以下に示す。



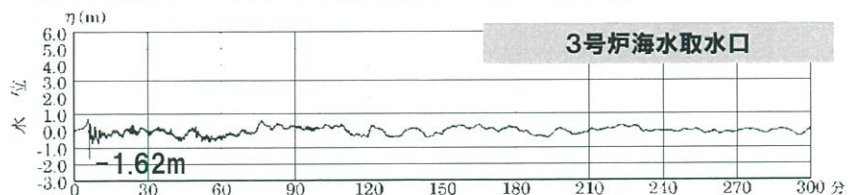


# 計算結果

## 水位上昇側



## 水位下降側



# 計算結果

- その他のケースも含め、計算結果の一覧を以下に示す。
- ケース0の水位変動量はケース1, 2に対して小さい。
- ケース1とケース2の水位変動量は同程度の結果を示している。
- ケース1の厳しいケースは「東下端」、ケース2の厳しいケースも「東下端」であり、両者はほぼ同程度であるが、ケース1のほうがやや大きい。

検討ケース			水位上昇側				水位下降側
			3号炉 敷地前面	3号炉 海水取水口	3号炉 T/B復水器取水先端	3号炉 放水口	3号炉 海水取水口
断層の不均質な破壊を 考慮した津波評価 (破壊伝播及び大すべり域のすべり量の 不確かさを考慮した津波評価)	ケース0	一括破壊	T.P.+3.10m [-0.17m]	T.P.+2.71m [-0.17m]	T.P.+2.45m [-0.17m]	T.P.+2.62m [-0.17m]	T.P.-2.34m [+0.10m]
		西下端	T.P.+3.22m [-0.16m]	T.P.+2.75m [-0.17m]	T.P.+2.50m [-0.17m]	T.P.+2.63m [-0.17m]	T.P.-2.55m [+0.10m]
		東下端	T.P.+3.15m [-0.17m]	T.P.+2.68m [-0.17m]	T.P.+2.42m [-0.17m]	T.P.+2.64m [-0.17m]	T.P.-2.34m [+0.10m]
	ケース1	一括破壊	T.P.+6.07m [-0.19m]	T.P.+3.94m [-0.19m]	T.P.+3.23m [-0.18m]	T.P.+3.46m [-0.19m]	T.P.-3.23m [+0.09m]
		西下端	T.P.+5.82m [-0.19m]	T.P.+3.77m [-0.19m]	T.P.+3.15m [-0.18m]	T.P.+3.31m [-0.19m]	T.P.-3.12m [+0.09m]
		東下端	T.P.+6.30m [-0.19m]	T.P.+4.14m [-0.19m]	T.P.+3.29m [-0.18m]	T.P.+3.63m [-0.19m]	T.P.-3.31m [+0.09m]
	ケース2	一括破壊	T.P.+5.93m [-0.18m]	T.P.+3.88m [-0.18m]	T.P.+3.15m [-0.18m]	T.P.+3.39m [-0.18m]	T.P.-3.15m [+0.10m]
		西下端	T.P.+5.71m [-0.18m]	T.P.+3.71m [-0.18m]	T.P.+3.08m [-0.18m]	T.P.+3.24m [-0.18m]	T.P.-3.04m [+0.10m]
		東下端	T.P.+6.18m [-0.18m]	T.P.+4.08m [-0.18m]	T.P.+3.22m [-0.18m]	T.P.+3.56m [-0.18m]	T.P.-3.24m [+0.10m]

水位上昇側は期望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮し、水位下降側は期望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値。  
[ ]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)。

- 上記の結果は、下表に示す既往の評価手法(土木学会, 2002)による津波評価に基づく水位変動量よりも小さいことを確認した。

検討ケース	水位上昇側				水位下降側
	3号炉 敷地前面	3号炉 海水取水口	3号炉 T/B復水器取水先端	3号炉 放水口	3号炉 海水取水口
既往の評価手法(土木学会, 2002)による津波評価結果	T.P.+7.56m [-0.33m]	T.P.+5.22m [-0.40m]	T.P.+3.87m [-0.36m]	T.P.+4.37m [-0.40m]	T.P.-4.08m [+0.34m]



## まとめ -断層の不均質な破壊を考慮した津波評価-

- 評価手法の差異による影響検討として、地震動評価との整合性の観点から、断層の不均質な破壊を考慮した断層モデルによる津波評価を実施し、既往の評価手法(土木学会, 2002)による津波評価結果との比較検証を行った。
- 評価においては、津波評価上厳しい結果を与えるパラメータ設定を行う観点から、大すべり領域におけるすべり量等の不確かさを考慮した。
- 結果、断層の不均質な破壊を考慮した断層モデルによる津波評価結果は、既往の評価手法(土木学会, 2002)による津波評価結果よりも小さい結果を与えることから、基準津波に対して影響を及ぼすものではないことを確認した。

## 2. 海底地すべりの評価

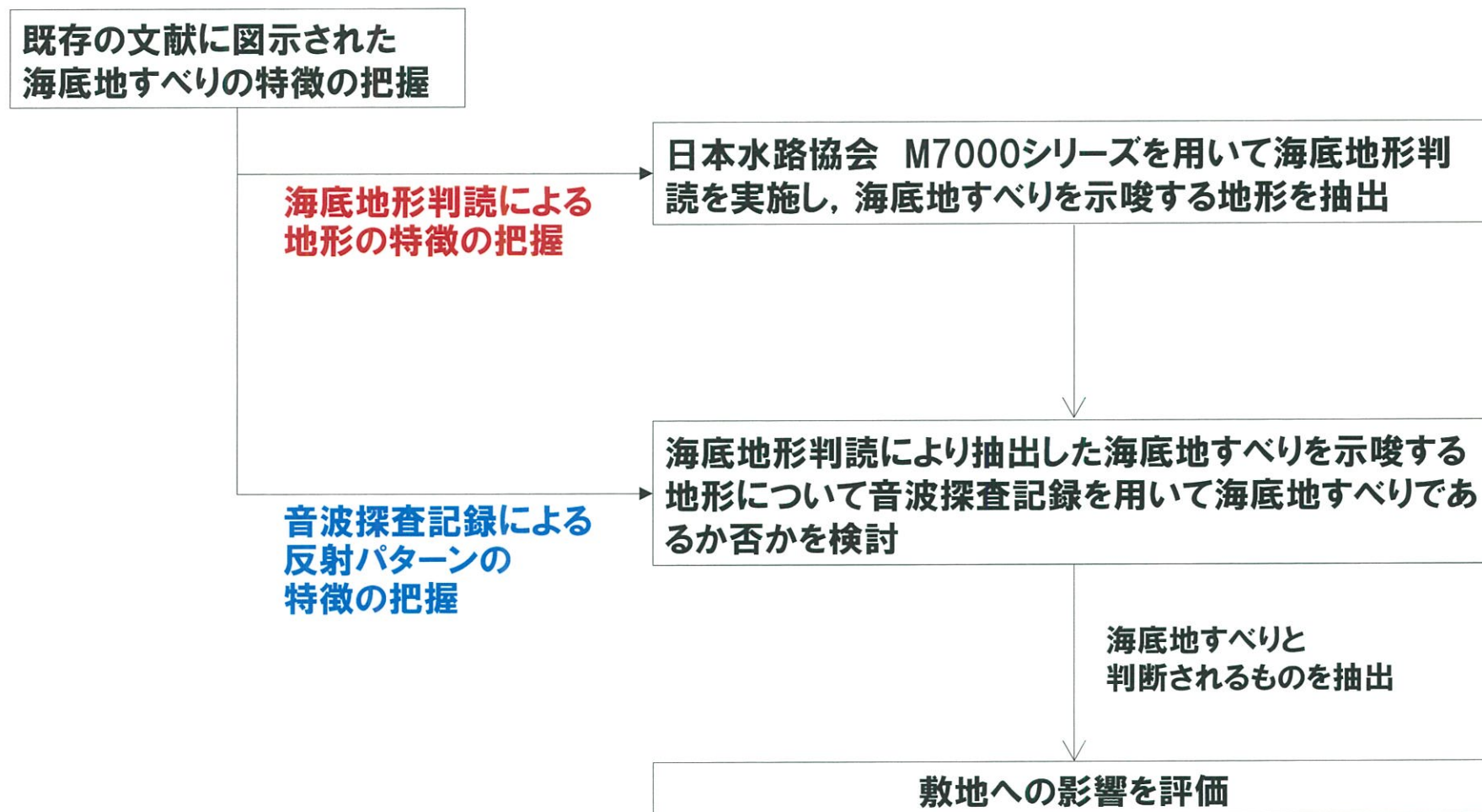


## 海底地すべり評価の流れ

- 敷地は、外洋からの津波の影響が小さい瀬戸内海の伊予灘に面しており、敷地前面海域の海底地形は極めて平坦である。
  - 敷地から100km以上離れた高知県の足摺岬南方沖合いに海底地すべりが示されているものの(岡村, 1998)、敷地周辺海域の海底地形に海底地すべりの痕跡は認められない。
  - なお、海底地すべりに関連する知見として、敷地前面海域西方の別府湾において、1596年慶長豊後地震に伴う瓜生島沈没の事例が挙げられる。國生(2002)は「瓜生島沈没伝説」として、海中地盤の水中音波探査等の結果から「大地震とそれによって発生した津波により、崩壊、液状化、地すべりなどの地変が起き、島とそこにあった家屋は流出して海底に没した」と推論している。
  - 仮に1596年慶長豊後地震に伴い瓜生島が沈没したとしても、当地震での津波の記録は別府湾沿岸のみに限定されると考えられ、敷地周辺において被害があったという記録は見当たらない。
- 以上述べたように、敷地は外洋からの津波の影響が小さい瀬戸内海の伊予灘に面して海底地形は極めて平坦であり、また敷地に影響を与えるような海底地すべりの痕跡も認められないため、他の要因による津波よりも影響が小さいものと評価される。

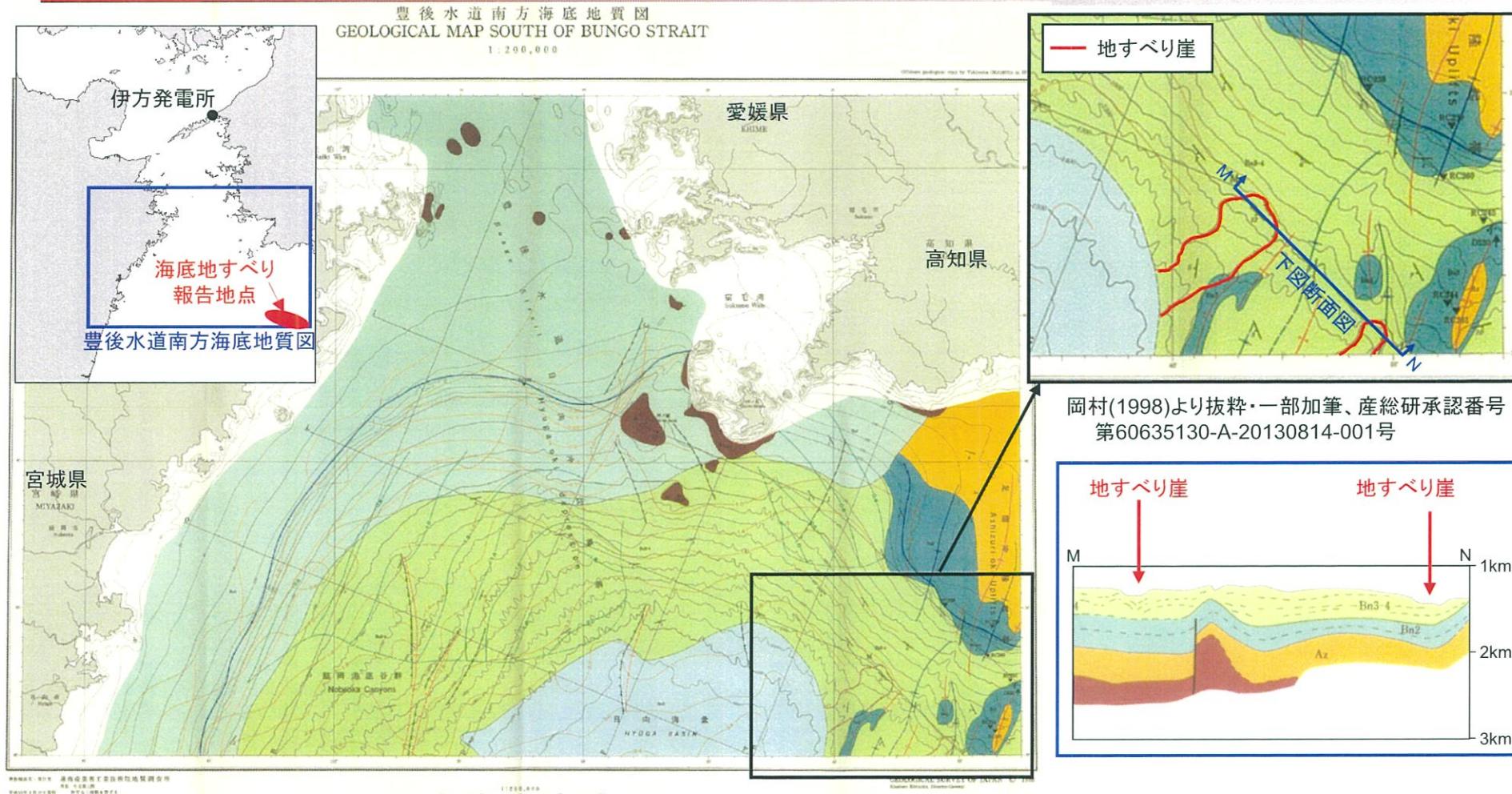
# 海底地すべり評価の流れ

○以下の流れに従い、敷地へ影響を及ぼす可能性のある海底地すべりの抽出を行う。





# 豊後水道における海底地すべり(岡村, 1998)

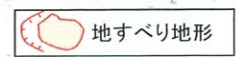
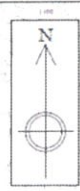


- 敷地に最も近い海底地すべりは岡村(1998)に図示される豊後水道における海底地すべりである。この海底地すべりは大陸棚斜面下部の水深約800m以深に位置し、南西方向に開いた滑落崖として示されている。
- 敷地は外洋からの津波の影響が小さい瀬戸内海の伊予灘に面しており、敷地から100km以上離れた豊後水道(高知県の足摺岬南方沖合い)に海底地すべりが示されているものの、その影響は小さい。



# 海底地形判読による海底地すべり地形の特徴

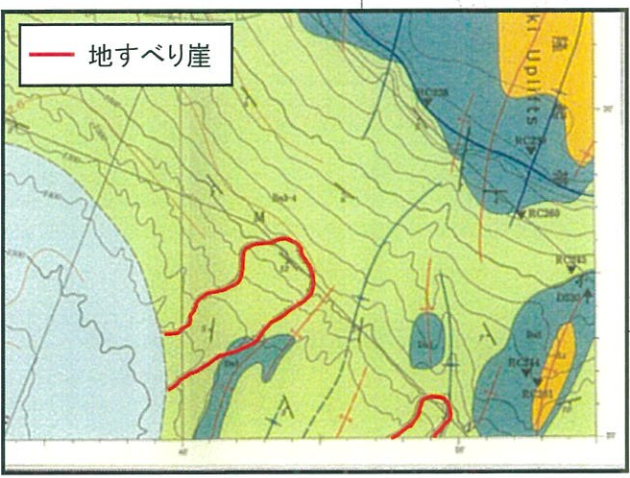
- 岡村(1998)において図示された海底地すべり分布位置に海底地すべり地形が認められる。
- 海底地すべりは急斜面に形成されている。
- 海底地形判読により把握した海底地すべり地形の特徴を右に示す。



滑落崖とその斜面下方にある滑落土塊が対をなす。

滑落崖の平面形は馬蹄形、コの字形で斜面下方(南西側)へひらき、急斜面である。

滑落土塊は舌状の緩斜面である。



池原(2005)によると、海底地すべりの特徴として、陸上地すべりに比べて①規模、移動距離が大きい、②必ずしも急斜面で発生しない、とされている。



岡村(1998)に加筆、産総研承認番号  
第60635130-A-20130814-001号

※海底地形等深線は日本水路協会 M7000シリーズを用いた。  
池原研, 2005, 海底地すべり, 地すべり学会誌, 41, 5, 558-562.



# 音波探査記録による海底地すべりの特徴

- 岡村 (1998) に示される海底地すべり分布位置における音波探査記録を示す。
- 音波探査記録により把握した海底地すべりの反射パターンの特徴を下に示す。

NE→

音波探査記録は産業技術総合研究所の83-106による

産総研承認番号  
第60635130-A-20130814-001号

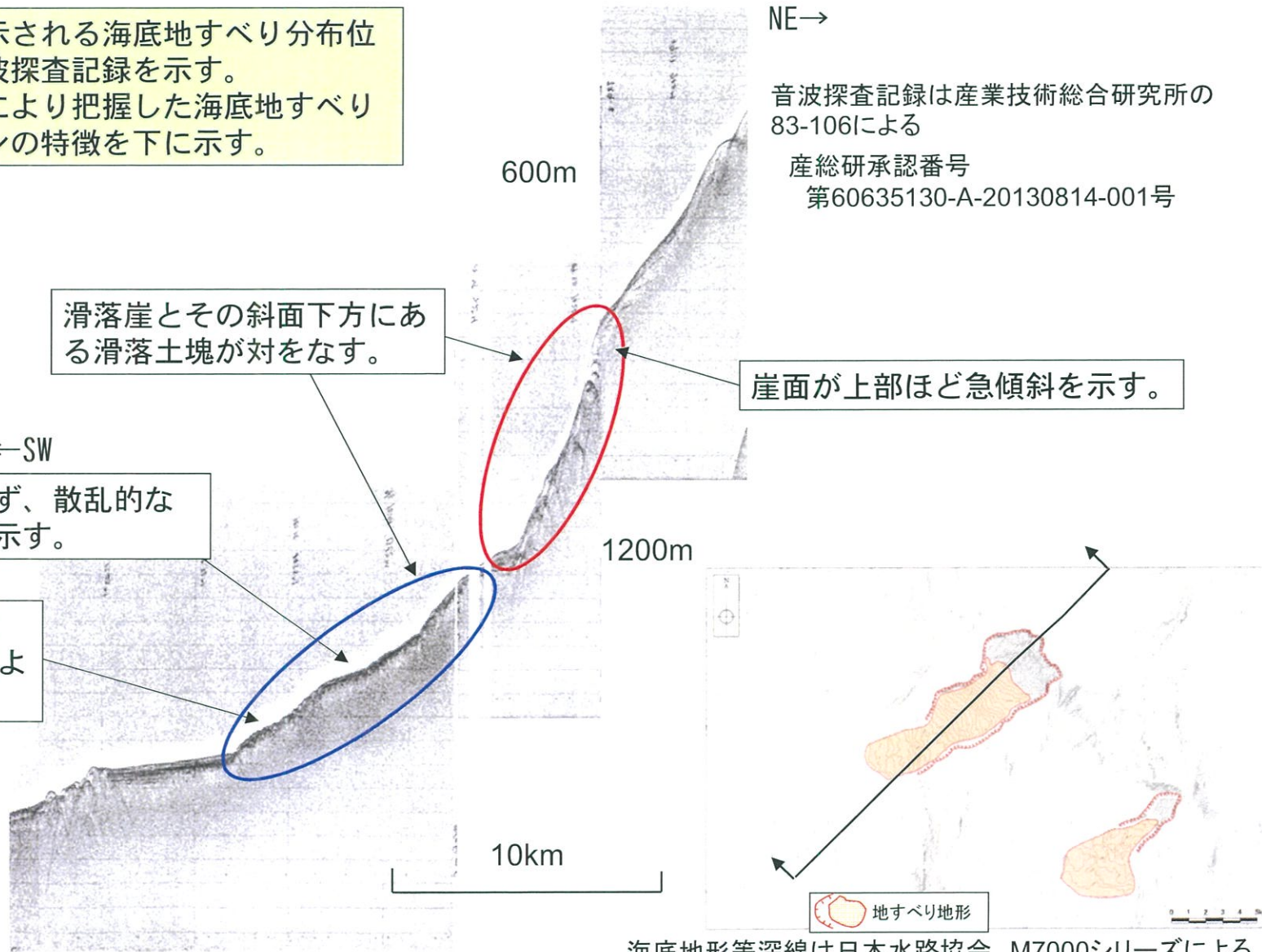
滑落崖とその斜面下方にある滑落土塊が対をなす。

崖面が上部ほど急傾斜を示す。

←SW

層理が確認されず、散乱的な反射パターンを示す。

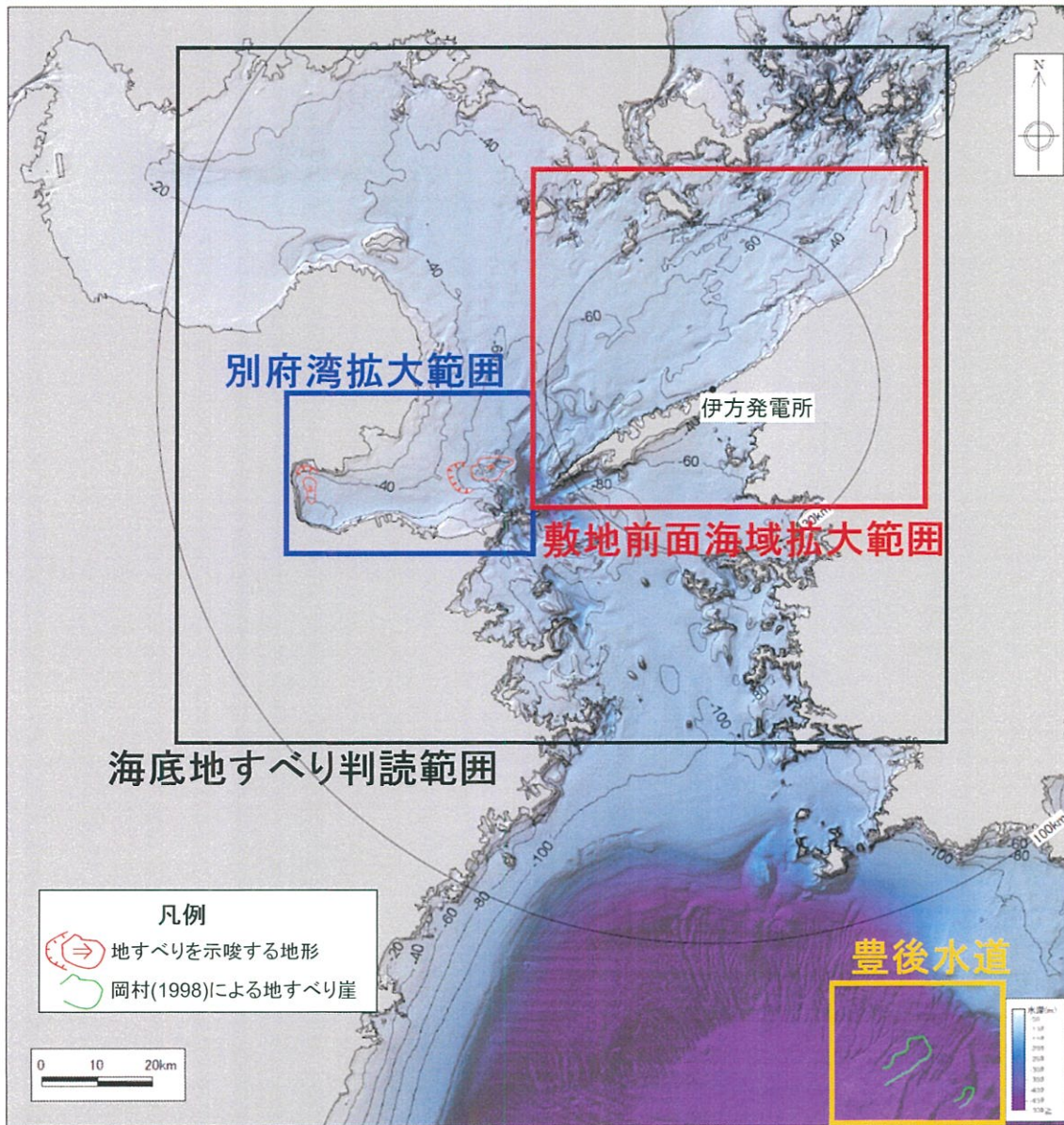
滑落土塊の堆積によって地形が周辺より高まっている。



海底地形等深線は日本水路協会 M7000シリーズによる



# 海底地すべり地形判読結果

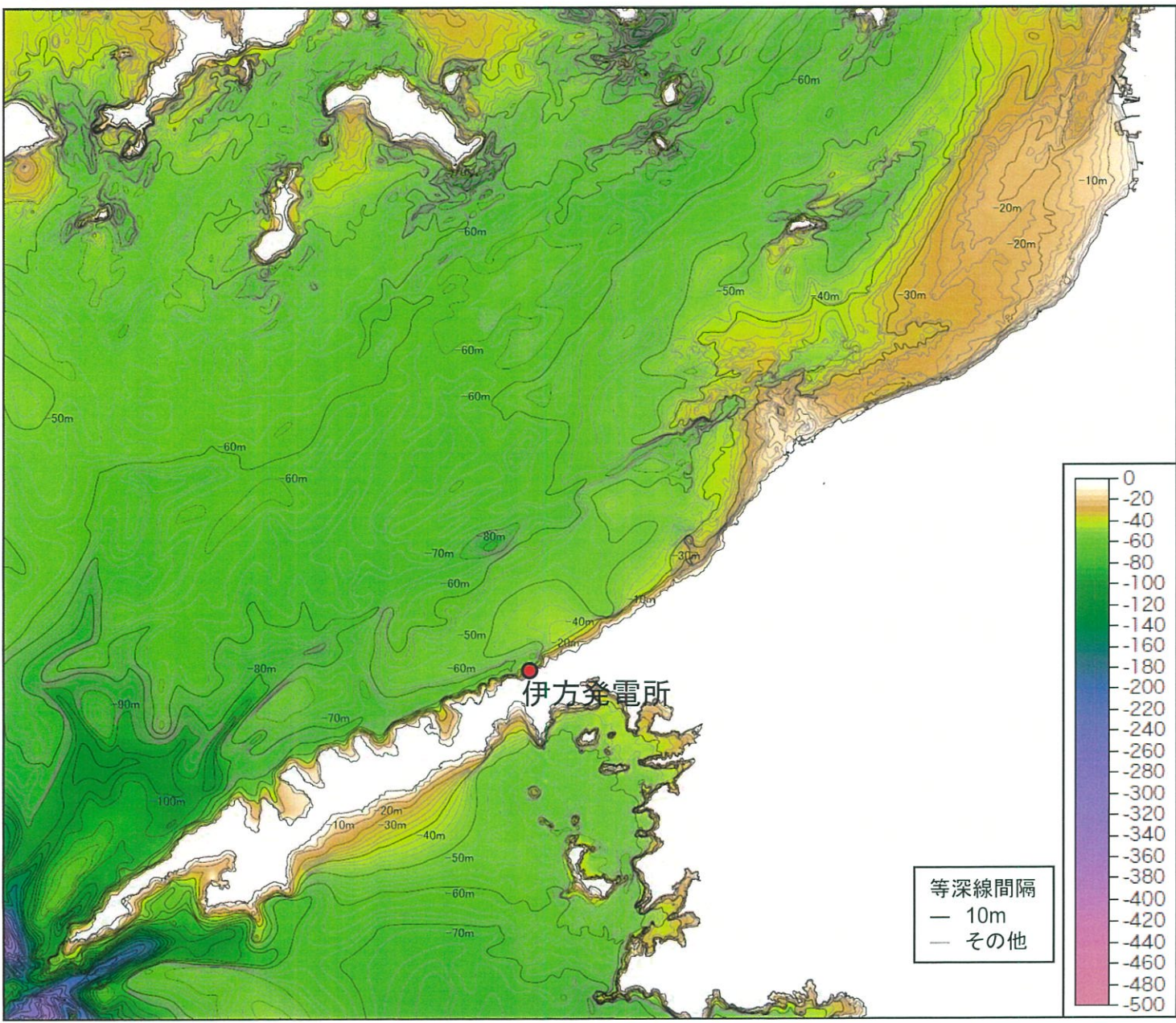


- 海底地形判読の結果、地すべりを示唆する地形が別府湾に2ヶ所認められる。
- 敷地前面海域を含めたその他の海域では地すべりを示唆する地形は認められない。
- 地すべりを示唆する地形の特徴を検討するとともに、音波探査記録を用いて海底地すべりであるか否かの検討を行う。

【海底地形陰影図の出典】  
日本水路協会、海底地形デジタルデータ M7000シリーズ  
・M7018 Ver2.0 (2008)  
・M7003 Ver2.1 (2011)



# 敷地前面海域における海底地形図(海底地形デジタルデータM7000)



○M7000を用いた海底地形判読の結果、敷地前面海域において海底地すべりを示唆する地形は認められない。

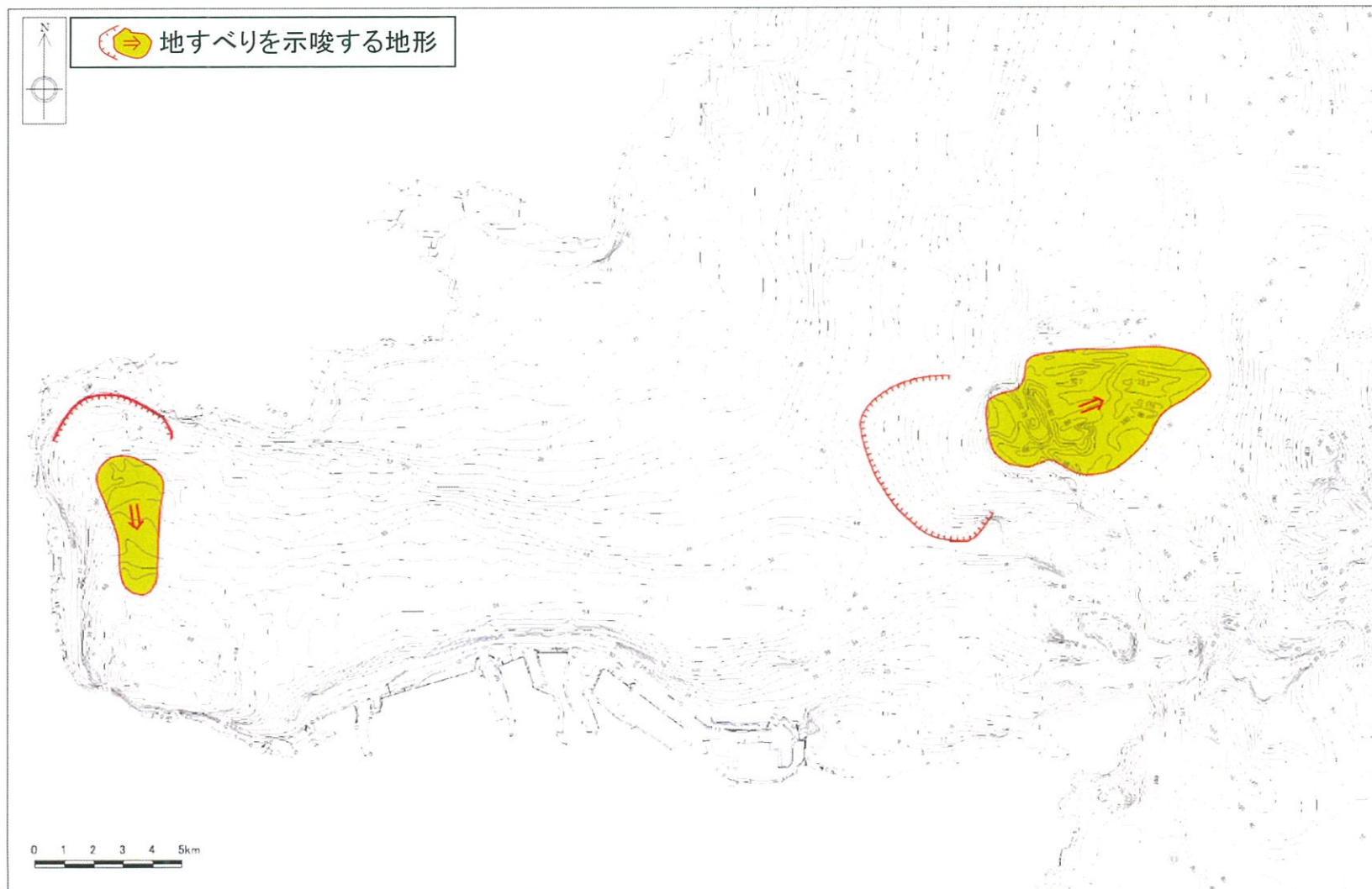
○なお、敷地前面海域において独自に取得した海底地形データおよび音波探査記録において、海底地すべりを示唆する地形・堆積構造が認められないことを確認している。

【海底地形陰影図の出典】  
日本水路協会、海底地形デジタルデータ M7000シリーズ  
・M7018 Ver2.0 (2008)



## 別府湾における海底地すべり地形の特徴

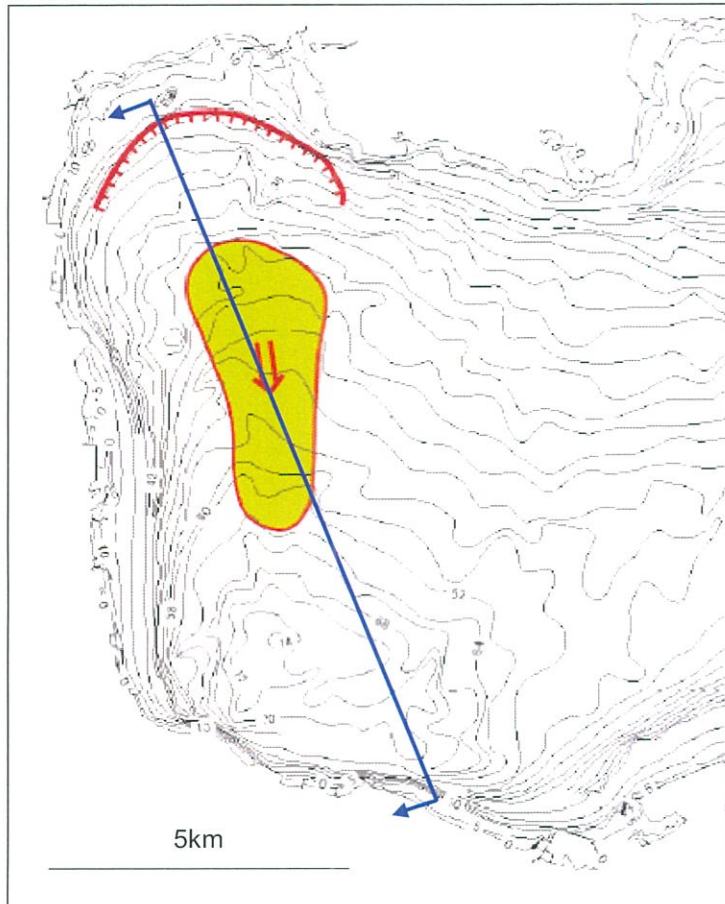
- 別府湾では不明瞭ながら、地すべりを示唆する地形が2ヶ所判読される。
- 判読された地すべりを示唆する地形の滑落土塊の大きさは幅が2～4km、長さが4～8km程度である。



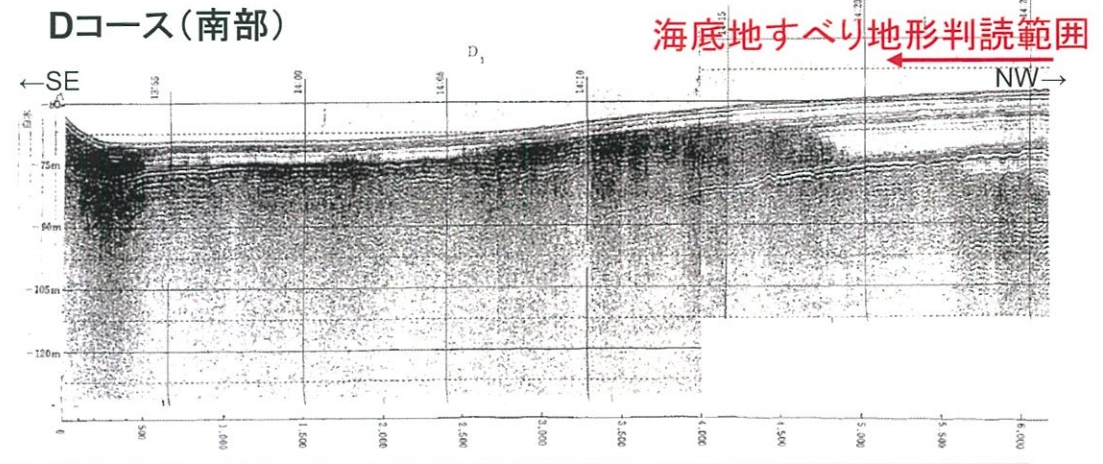
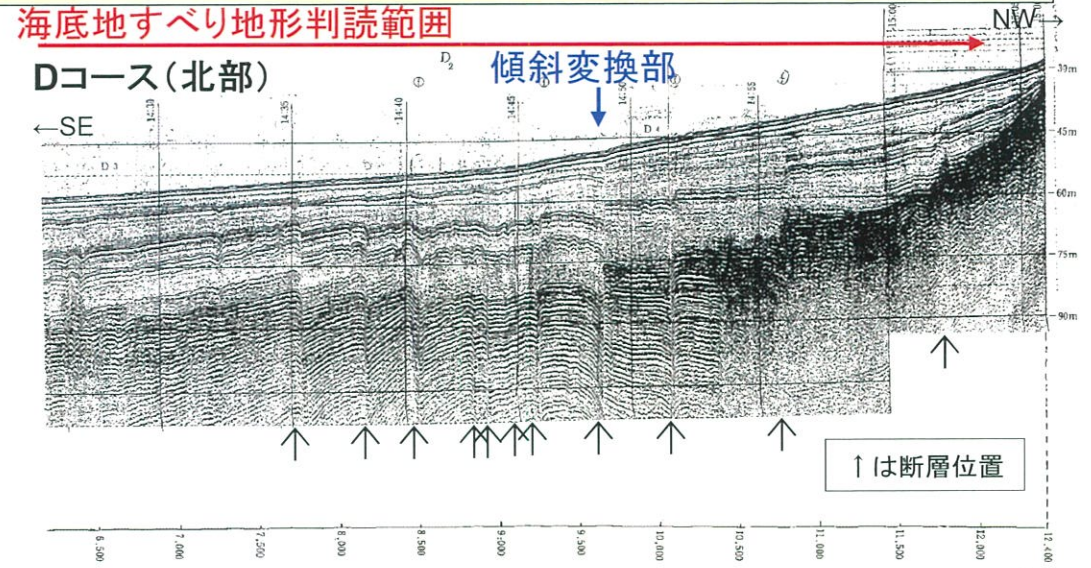


# 音波探査記録を用いた海底地すべりの検討①

○音波探査記録によると、海底に若干の傾斜変換部がみられるものの、断層変位によるものと判断される。また、堆積層中には断層による変位が認められるものの、海底地すべりを示す乱れた堆積構造は認められず、海底地すべりではないと判断される。

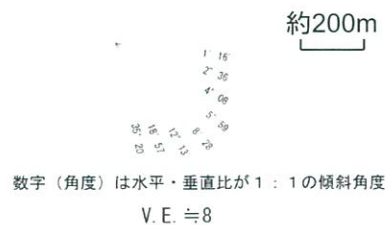
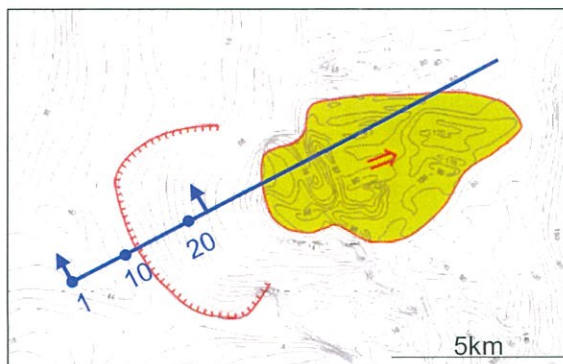
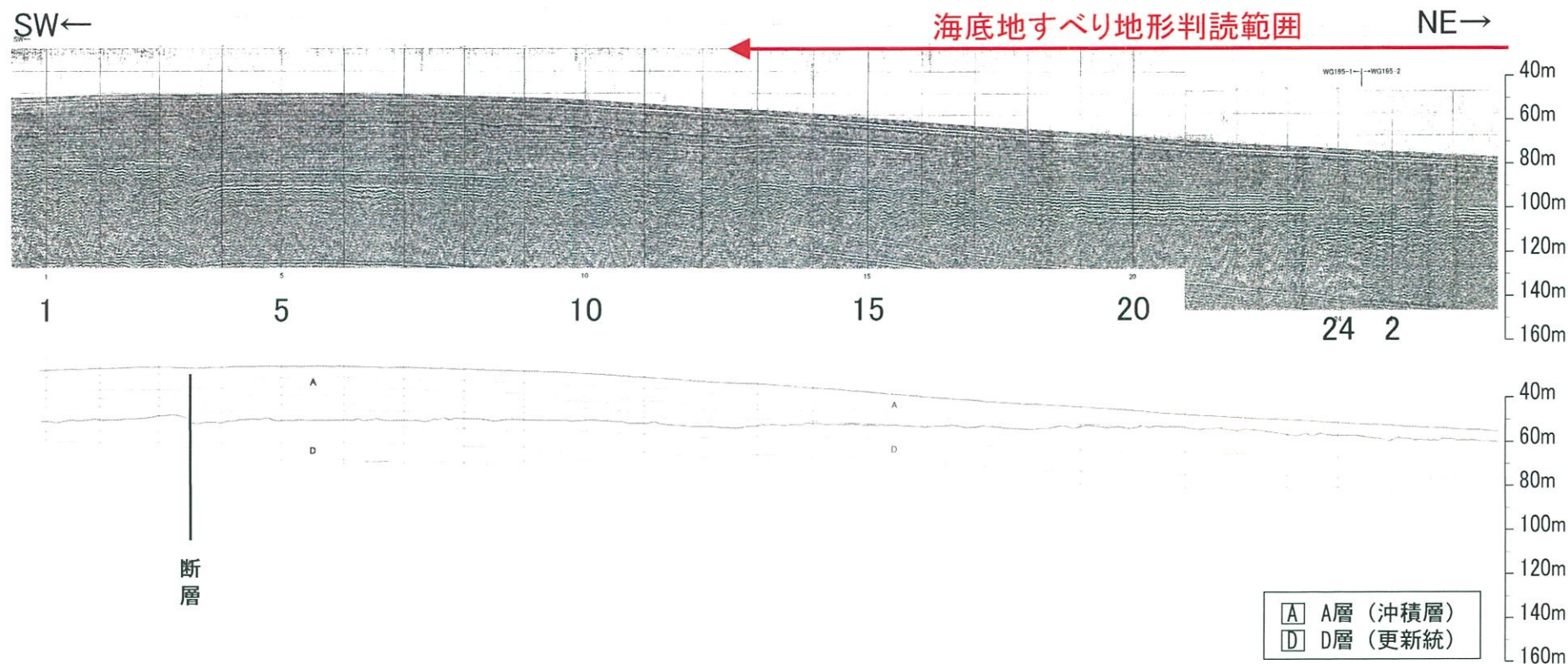


音波探査測線および音波探査記録  
(Dコース)は森山・日高(1981)による、  
海底地形は日本水路協会 M7000シリーズを使用





# 音波探査記録を用いた海底地すべりの検討②



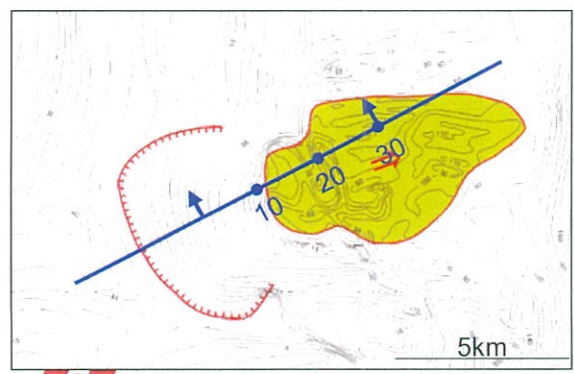
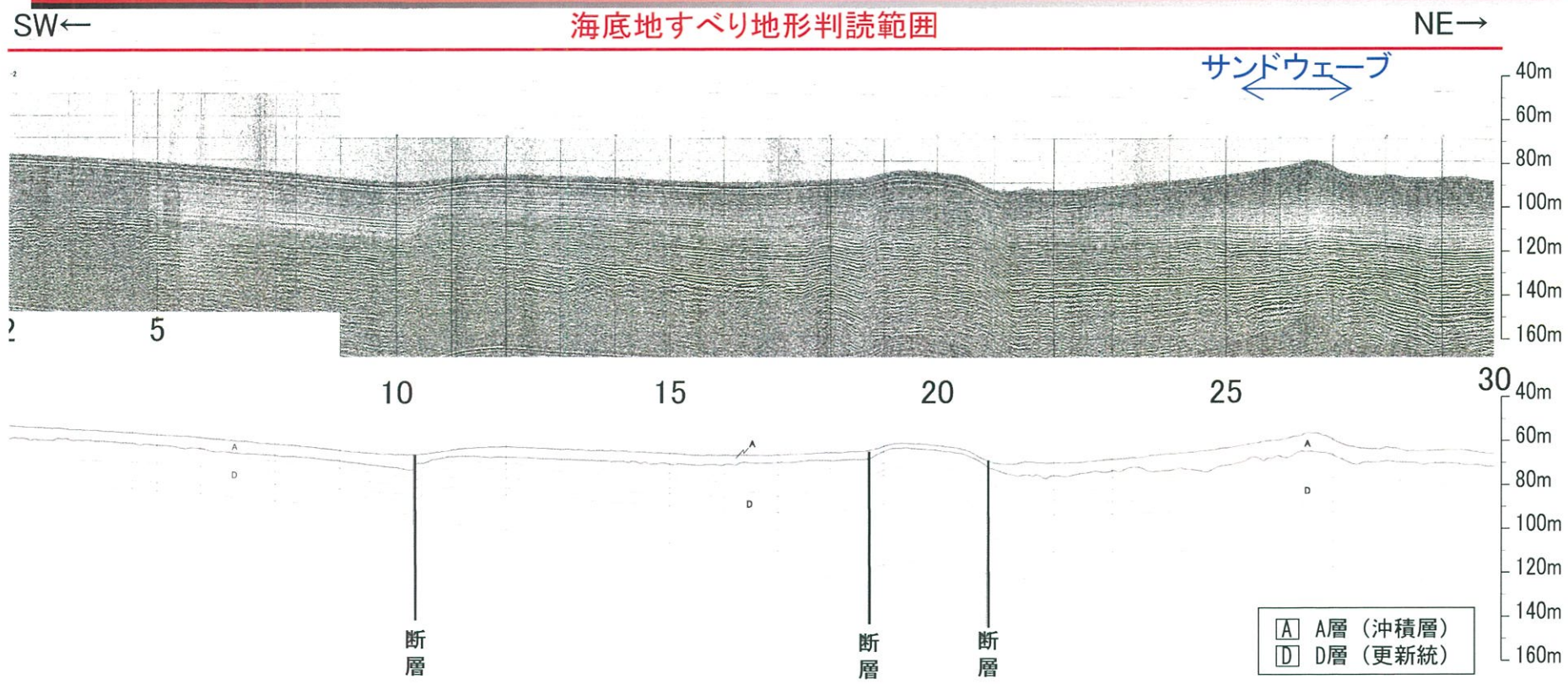
○音波探査記録によると、全体的に反射面の連続性が良く、成層構造を示すことから海底地すべりではないと判断される。

音波探査記録は産業技術総合研究所(2001)のWG195による

※海底地形等深線は日本水路協会 M7000シリーズを用いた。



# 音波探査記録を用いた海底地すべりの検討③



約200m

数字 (角度) は水平・垂直比が1 : 1の傾斜角度  
V.E. ≒ 8

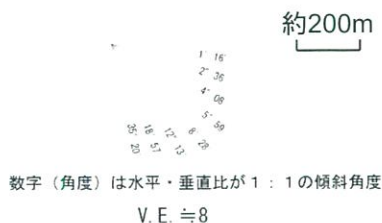
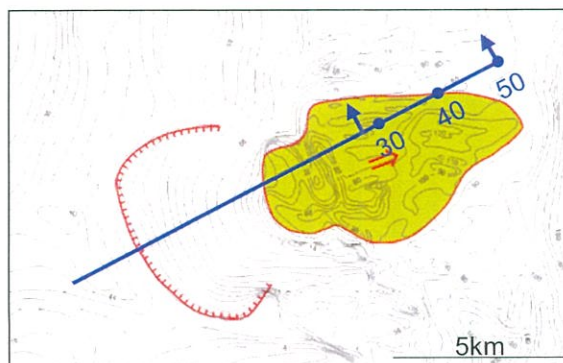
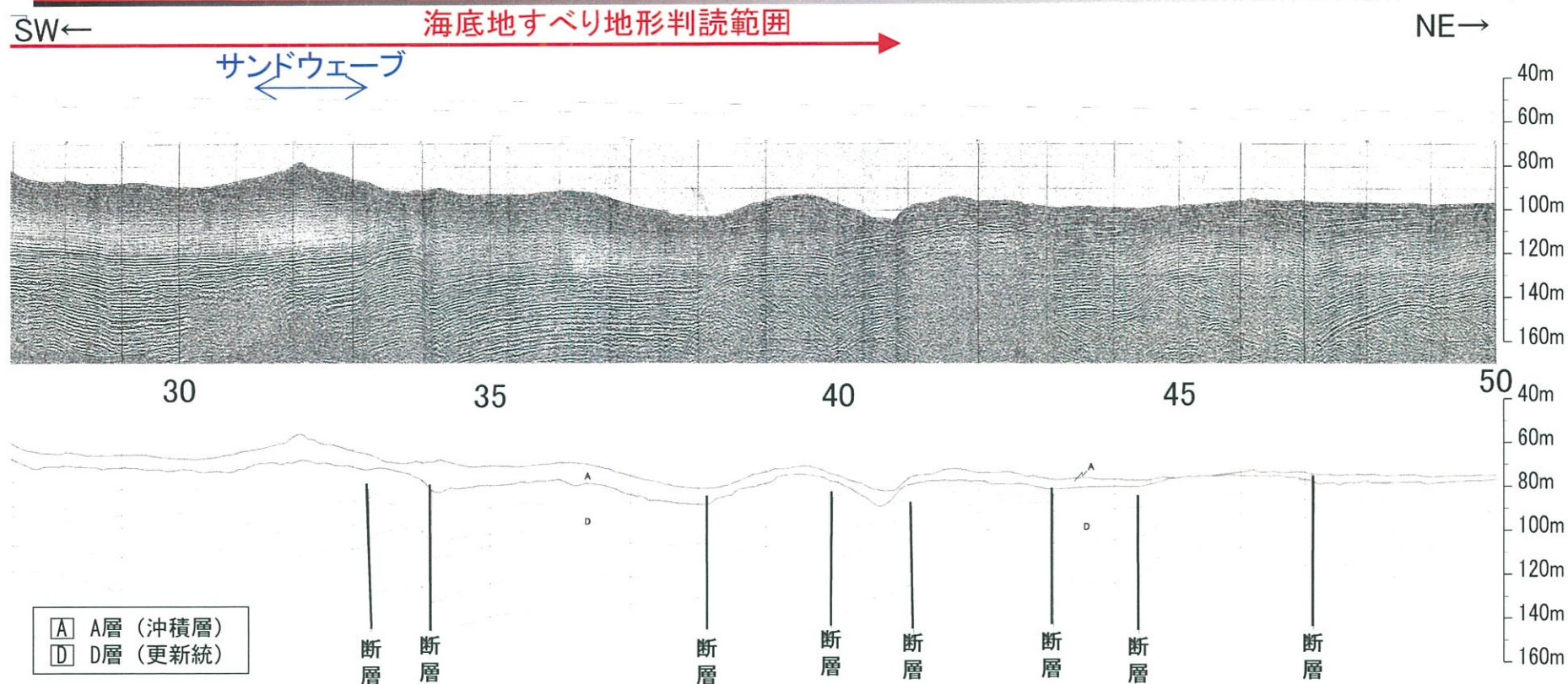
○音波探査記録によると、海底にサンドウェーブと断層変位地形が認められるものの、全体的に反射面の連続性が良く、成層構造を示すことから海底地すべりではないと判断される。

音波探査記録は産業技術総合研究所(2001)のWG195による

※海底地形等深線は日本水路協会 M7000シリーズを用いた。



# 音波探査記録を用いた海底地すべりの検討④



○音波探査記録によると、海底にサンドウェーブと断層変位地形が認められるものの、全体的に反射面の連続性が良く、成層構造を示すことから海底地すべりではないと判断される。

音波探査記録は産業技術総合研究所(2001)のWG195による



## まとめ -海底地すべりに伴う津波-

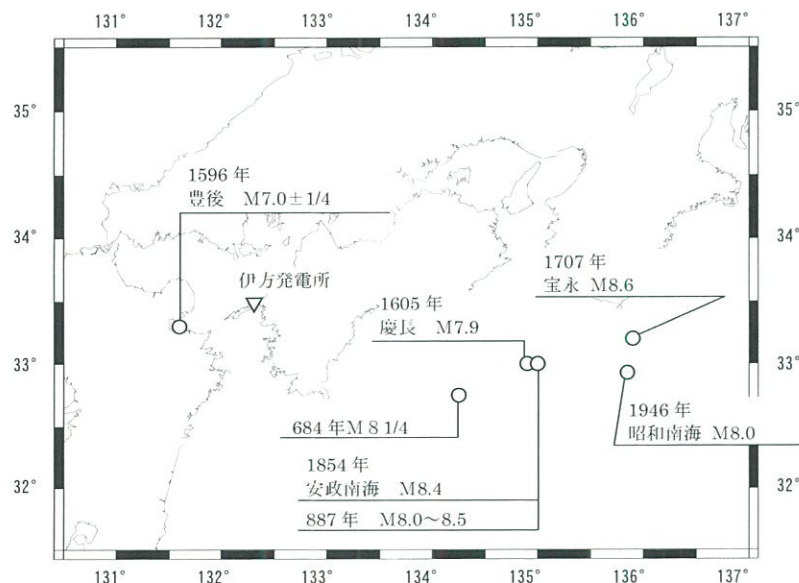
- 敷地は外洋からの津波の影響が小さい瀬戸内海の伊予灘に面して海底地形は極めて平坦であり、また敷地周辺において海底地すべりによる津波被害があったという記録は見当たらない。
- したがって、基本的には問題ないと考えられるものの、2011年東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、過去の事例に捉われず発電所の更なる安全性向上を図る観点から、敷地に影響を与えるような海底地すべりが発生する可能性について検討した。
- 既存の文献に図示された海底地すべりについて海底地形判読および音波探査記録の反射パターンにより特徴を把握した。
- 把握した海底地すべりの特徴に基づき、敷地周辺において海底地形デジタルデータ(M7000シリーズ)を用いて海底地形判読を行い、別府湾において2ヶ所の地すべりを示唆する地形を抽出した。その他の海域において地すべりを示唆する地形は認められなかった。
- 別府湾における2ヶ所の海底地すべりを示唆する地形について音波探査記録を用いて海底地すべりであるか否かについて検討を行った。海底にサンドウェーブと断層変位地形が認められるものの、全体的には海底下の反射面の連続性が良く、成層構造を示すことから海底地すべりではないと判断される。
- 以上より、伊方発電所に影響を与えるような海底地すべりは認められない。

## 3. 基準津波の検証



# 既往津波の文献調査による検証

南海道および近地において津波を引き起こした地震の震央位置



○瀬戸内海地域を震源とする地震による津波記録としては1596年慶長豊後地震による記録があるものの、敷地周辺において被害があったという記録は見当たらない。

○太平洋側では南海トラフ沿いのプレート境界において、過去に概ね100～150年間隔でM8クラスの巨大地震が繰り返し発生しているものの、瀬戸内海沿岸における津波高さは最大で3m程度であるとされている。

○発電所周辺での津波堆積物調査結果によると、豊後水道や別府湾においては津波イベントが示唆されるものの、伊予灘での津波イベントの報告はない。

○当社の評価結果と概ね整合的である。

「日本被害津波総覧」渡辺偉夫、東京大学出版会、1985  
 「日本被害津波総覧(第2版)」渡辺偉夫、東京大学出版会、1998  
 「最新版 日本被害地震総覧416-2001」宇佐美龍夫、東京大学出版会、2003  
 「地震の事典[第2版]」宇津徳治ほか編集、朝倉書店、2001  
 「別府湾沿岸における慶長元年(1596年)豊後地震の津波調査」羽鳥徳太郎、地震研究所彙報、Vol.60、429-438、1985  
 「瀬戸内海・豊後水道沿岸における宝永(1707)・安政(1854)・昭和(1946)南海道津波の挙動」羽鳥徳太郎、地震2、41、215-221、1988  
 「1596年豊後地震における「かみの関」の津波被害」松岡裕也・今村文彦・都司嘉宜、津波工学研究報告、29号、225-252、2012  
 「古文書に見る大分の地震・津波」平井義人、大分県先哲史料館 史料館研究紀要、第17号、2013  
 「四国における歴史津波(1605慶長・1707宝永・1854安政)の津波高の再検討」村上仁史・島田富美男・伊藤禎彦・山本尚明・石塚淳一、自然災害科学、15-1、39-52、1996  
 「四国沿岸域における歴史津波高評価」村上仁史・島田富美男・山本尚明・上月康則・佐藤広章、月刊 海洋、号外28、61-72、2002  
 「記録に基づく四国4県の歴史地震津波に関する被害状況」山本尚明・村上仁史・島田富美男・上月康則・佐藤広章、歴史地震、17、117-126、2001  
 「瀬戸内海の歴史南海地震津波について」山本尚明、歴史地震、19、153-160、2003  
 「理科年表 平成25年」国立天文台編、丸善、2012

3. 基準津波の検証

平成27年6月3日  
まとめ資料再掲

# 既往津波の文献調査による検証

## 瀬戸内海沿岸に影響を及ぼしたと考えられる既往津波高

(単位：m)

県	市町村名	地名	1707年 宝永地震	1854年 安政南海	1946年 昭和南海
愛媛県	西条市	西条	1-2 <sup>o</sup>		
	西条市	壬生川	1-2 <sup>o</sup>		
	松山市	三津浜		1.5 <sup>o</sup>	1.2 <sup>o</sup>
	松前町	松前	2 <sup>o</sup>		
	伊予市	伊予	2.5 <sup>o</sup>		
	愛南町	岩水	3.5-4		
	愛南町	瀨倉	2-3		
	愛南町	深浦	3-4		
	愛南町	久良	4-5		
	愛南町	貝塚	2-3		
	宇和島市	宇和島	5.1	2-3	1.5
	宇和島市	吉田	5	3.7	1.5
	西予市	三瓶			1.2
	八幡浜市	八幡浜			0.9
	伊方町	伊方			1.2
	伊方町	崎			1.2
	伊方町	内口浦			0.7
香川県	内海町	内海	2 <sup>o</sup>		
	直島町	直島		1 <sup>o</sup>	
	高松市	高松	1.8 <sup>o</sup>	1.5 <sup>o</sup>	0.9
	高松市	庵治	1.8 <sup>o</sup>		
	高松市	香西		1.3 <sup>o</sup>	
	坂出市	木沢浦		1 <sup>o</sup>	
	坂出市	笹島		1.5 <sup>o</sup>	
	丸亀市	丸亀	2 <sup>o</sup>		
	徳島県	鳴門市	撫養	1-2	0.9
	徳島市	徳島	1-2	1.4	
小松島市	小松島	1.5-2	2		
阿南市	中島	4-5			
阿南市	橘	3-4	3	4	
阿南市	橘泊			3.7	
美波町	阿波		3.5		
美波町	山岐	6-7	7-8	4	
美波町	山岐 長門寺		7.2		
美波町	山岐 八幡神社		7.7		
美波町	田井 観音		4.3		
美波町	田井			2	
美波町	木岐	6-7		4.2	
美波町	木岐 延命寺		6.5		
美波町	木岐 大師庵		6.7		
美波町	日和佐町		2-3	2.5-3.6	
牟岐町	牟岐	6-7	6-7	4.5	
牟岐町	牟岐 杉尾神社	3.6			
牟岐町	牟岐 石ヶ平	8			
出羽島	出羽島		6	3.6	
牟岐町	牟岐 薬師堂		4.7		

(単位：m)

県	市町村名	地名	1707年 宝永地震	1854年 安政南海	1946年 昭和南海	
徳島県	海陽町	浅川	6-7		4.7-5.3	
	海陽町	那佐 那佐大師堂		3.5		
	海陽町	那佐			4.2	
	海陽町	精浦	3	3.5	2	
	海陽町	穴喰			3.6	
	海陽町	穴喰 願行寺	3.5			
	海陽町	穴喰 鈴ヶ峯校の本		3.3		
	海陽町	穴喰 穴喰川上流		4.5		
	海陽町	穴喰 八幡		3.6		
	海陽町	穴喰 祇園拝殿		3.2		
	海陽町	穴喰 愛宕山		3.9		
	海陽町	穴喰 古日大師堂		7.9		
	海陽町	穴喰 古日御番所		7.7		
	高知県	東洋町	甲浦	6	3.6	4.3
	高知県	宝戸町	佐喜浜	5		2.9
	高知県	宝戸町	権名			4.8
	高知県	宝戸町	津呂			1.9
高知県	宝戸町	津津	6-7	3	2	
高知県	奈半利町	奈半利			3	
高知県	安田町	安田			2.3	
高知県	安芸市	伊尾本				
高知県	安芸市	安芸	6-7	5	3	
高知県	香南市	手結	6-7	5	3.3	
高知県	香南市	下夜須	9.3			
高知県	香南市	岸本	3-6	5	1.5	
高知県	香南市	赤岡	4-5	4		
高知県	香南市	古川	4-5			
高知県	南国市	土市	7-8			
高知県	高知市	仁井田	6-7			
高知県	高知市	権輪	3-6		1.7	
高知県	高知市	下田	6-7			
高知県	高知市	喉江	6-7			
高知県	高知市	一宮	7.7			
高知県	高知市	瀬江	3-6		1.3	
高知県	高知市	高知	2-3	3	0.5	
高知県	高知市	御骨瀬	3-6		1.3	
高知県	高知市	深州島		5	2.2	
高知県	高知市	浦戸	3-6	4.5-5	1.8	
高知県	高知市	桂浜	3-6	4.5-5		
高知県	高知市	甲段	3-6	5	4.3-5.1	
高知県	土佐市	土佐	8-13	5.8-8.9	4.6	
高知県	土佐市	福島	7-8	7-8	4	
高知県	奥津	奥津	3.1			
高知県	須崎市	野見			5.6	
高知県	須崎市	押岡		7-8		
高知県	須崎市	百井ノ郷	9	7-8		

(単位：m)

県	市町村名	地名	1707年 宝永地震	1854年 安政南海	1946年 昭和南海
高知県	須崎市	多ノ郷	8.7	7.1-8.4	3.5
	須崎市	須崎	8	5.5	4.4
	須崎市	安和			5.1
	中土佐町	久礼	7.5-8	5.6-8.3	2.3-3.7
	中土佐町	土ノ加江		3-6	2.5-3.1
	中土佐町	矢井賀		7.8	
	四万十町	興津		6	4.3
	黒潮町	佐賀			4.7
	黒潮町	伊田		3-6	
	黒潮町	上川口			4.9
	黒潮町	郷		8.5	4.0
	黒潮町	入野	8.6	6-6.5	
	四万十市	下田		4-5	3.9
	土佐清水市	布			2.5
	土佐清水市	下ノ加江	10	7.2	3.7
	土佐清水市	大岐	5.1	4.9-5.3	
	土佐清水市	以布利	10	4.3-4.7	3.1
土佐清水市	窪津			4.4	
土佐清水市	大浜	8.6	5		
土佐清水市	土佐清水	5	4	2.3	
土佐清水市	下益野			4-5	
土佐清水市	三輪	7	5-6	3	
土佐清水市	下川口	7-8	4-5	3	
土佐清水市	貝ノ川	8		4	
土佐清水市	大津	7			
大月町	古満目		4	3.5	
大月町	柏島		3.3		
宿毛市	片島			1.8	
宿毛市	ハイタカ神社	9.8	3.2	2.5	
宿毛市	清宝寺	4.5-5.5			
宿毛市	和田心奥	4.1			
宿毛市	天神社		3		
宿毛市	河戸堰		3.5-4		

※村上ほか(1996, 2002)の津波高さを基本とし、山本ほか(2001, 2003)の津波高さのデータを追記した。





## 行政機関による既往評価との比較

○行政機関による既往評価としては、プレート境界付近に想定される地震に伴う津波として内閣府検討会、海域の活断層に想定される地震に伴う津波として大分県（2013）がある。

- ・内閣府検討会は、プレート境界付近に想定される地震に伴う津波に関する検討のとおり、既往の南海トラフ沿いの津波波源モデルの中で最大となるよう設定された波源設定の考え方、解析条件等に着目して精査を行った上で、津波波源に組み入れている。
- ・大分県（2013）についても、海域の活断層に想定される地震に伴う津波の検討のとおり、波源設定の考え方、解析条件等に着目して精査を行った上で、津波波源に組み入れる際に保守側の評価となるよう設定している。

○したがって、行政機関による既往評価については、その内容を精査した上で安全側の評価となっていることを確認又は安全側の評価となるように設定した上で基準津波の策定に反映している。

## 4. 水路の水理特性による水位変動(管路解析の詳細)



# 水路の水理特性による水位変動

○損失係数等は以下のとおり。

## ① 損失係数

水路の形状に応じた各損失係数は、水理公式集[平成11年版](土木学会, 1999), 火力・原子力発電所土木構造物の設計—増補改訂版—(電力土木技術協会, 1995), 発電水力演習(千秋, 1967)に準拠して設定した。

### 損失係数式の例

#### 流入損失

$$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$$

$f_e$ : 流入損失係数、 $V$ : 管内流速(m/s)

#### 曲がり損失

$$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}$$

$$f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \left( \frac{D}{\rho} \right)^{7/2}, \quad f_{b2} = \left( \frac{\theta^\circ}{90^\circ} \right)^{1/2}$$

$f_{b1}$ : 曲がりの曲率半径 $\rho$ と管径 $D$ との比によって決まる損失係数

$f_{b2}$ : 任意の曲がり中心角 $\theta$ の場合の損失と中心角 $90^\circ$ の場合の損失との比

$V$ : 平均流速(m/s)

#### 摩擦損失

$$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$$

$V$ : 平均流速(m/s)、 $L$ : 水路の長さ(m)、 $R$ : 水路の径深(m)

$n$ : マニングの粗度係数

#### スクリーン損失

$$h_{ec} = f_{ec} \frac{V_0^2}{2g}$$

$f_{ec}$ : 管内オリフィスの損失係数

$V_0$ : オリフィス通過流速(m/s)  $V_0 = Q/A_0$

$Q$ : オリフィス通過流量( $m^3/s$ )

$A_0$ : オリフィス断面積( $m^2$ )

粗度係数は、火力・原子力発電所土木構造物の設計—増補改訂版—(下表)を参考に設定した。

表 取水路の貝等の付着代と粗度係数  
(火力・原子力発電所土木構造物の設計—増補改訂版—より引用・加筆)

取水路の形式	断面	流速	貝等の付着代	粗度係数
暗渠	渠	0.8~2.2m/s	0~20cm (0, 5, 10cmが多い)	0.014~0.027 (0.015, 0.020が多い)
管路	路	2.0~3.6m/s	0~10cm	0.015~0.018

暗渠: コンクリート水路 管路: 鋼管

# 水路の水理特性による水位変動

## ② ピット内の流量公式

### ・海水ピット堰

水理公式集[平成11年版]p245「台形せきの越流量」に基づき流量を算出する。

$$Q = CBh^{3/2} \quad \text{完全越流}$$

$$Q = C(\alpha \cdot h' / h + \beta) B h^{3/2} \quad \text{不完全越流}$$

$$Q = \gamma CB h' \sqrt{h - h'} \quad \text{もぐり越流}$$

Q: 越流量 (m<sup>3</sup>/s), C: 流量係数 (m<sup>1/2</sup>/s), B: 堰の幅 (m),  
h: 越流水深 (m), m<sub>1</sub>: 上流面勾配, m<sub>2</sub>: 下流面勾配, W: 堰高 (m),  
L: 堰長 (m), h': 堰高を基準とする下流水深 (m), α, β, γ: 定数

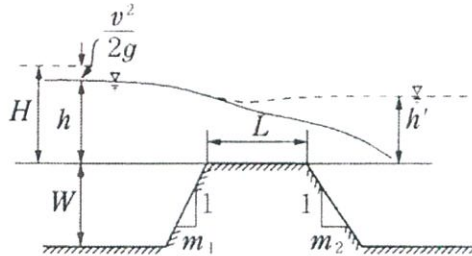


図1 台形せきの諸元 (水理公式集 [平成11年版] より抜粋)

表1 台形せきの越流状態とh'/hの関係および定数値  
(水理公式集 [平成11年版] より抜粋)

上流面勾配 m <sub>1</sub>	下流面勾配 m <sub>2</sub>	完全越流		不完全越流		もぐり越流	
		h'/hの範囲	定数	h'/hの範囲	定数	h'/hの範囲	定数
0~4.3	≧5.3	~0.6		0.6~0.7	α: 0.030, β: 1.018	0.7~	2.6
0~2.3	1:1付近	~0.45		0.45~0.8	α: 0.200, β: 1.090	0.8~	2.6
0~1/3	2/3付近	~0.25		0.25~0.8	α: 0.124, β: 1.032	0.8~	2.6
m <sub>1</sub> = m <sub>2</sub> = 0, h/L < 1/2		~2.3				2.3~	2.6

### ・フラップゲート

水理公式集(平成11年版)における「水平水路床のゲート」のスルースゲートに基づき流量を算出する。フラップゲートの挙動を再現するため、順流側の場合は開度100%, 逆流側の場合は開度0%と設定する。

$$Q = CaB\sqrt{2gh_0} \quad \text{自由流出}$$

$$Q = C_1 a B \sqrt{2gh_0} \quad \text{もぐり流出}$$

Q: 流量 (m<sup>3</sup>/s), a: ゲートの開き, C, C<sub>1</sub>: 流量係数,  
B: 流出幅, h<sub>0</sub>: 上流水深, h<sub>2</sub>: 下流水深

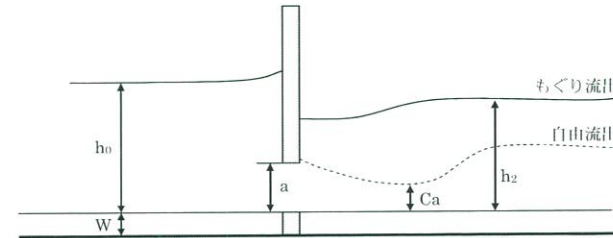


図2 スルースゲートからの自由流出

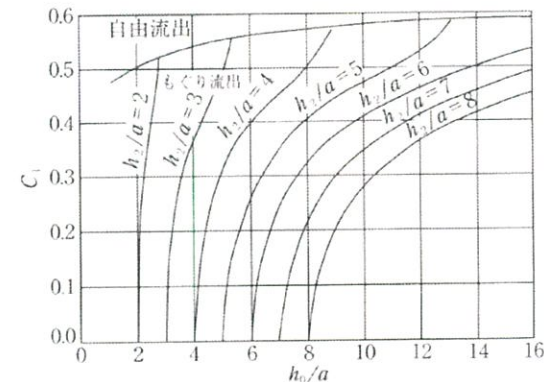


図3 スルースゲートの流量係数  
(水理公式集 [平成11年版] より引用・加筆)



# 水路の水理特性による水位変動

○除塵装置によるスクリーン損失の有無, 管路への貝付着の有無, ポンプ取水量など, ピット内水位に影響がある条件については, 以下の考えにより設定した。

計算条件		条件設定
海水系取水路	スクリーン損失	・スクリーン損失を考慮するケースおよび考慮しないケースの両ケースを解析。
	貝付着	・定期的に管路の除貝清掃を実施していることから, 貝付着あり/なしの両ケースを解析。
	海水ピット堰	・津波, 地震に対して強度を有する海水ピット堰が常設されているため, 海水ピット堰ありを選定。
	海水ポンプ等の 運転状態	・ブラックアウトシーケンス作動による海水ポンプ4台運転状態, 通常の海水ポンプ2台運転状態に加え, 海水ポンプ2台運転+海水取水ポンプ1台運転状態の3ケースを解析。
循環水系取水路	スクリーン損失	・スクリーン損失を考慮するケースおよび考慮しないケースの両ケースを解析。
	貝付着	・定期的に管路の除貝清掃を実施していることから貝付着あり/なしの両ケースを解析。
	循環水ポンプの 運転状態	・ピット内の水位が高くなる循環水ポンプ停止中を基本ケースとして選定。 ・タービン建屋への浸水量評価において考慮することから, 運転中のケースも解析。
放水路	放水ピット・放水路の貝付着	・管路の除貝清掃を実施していないことから貝付着ありを選定。
	循環水ポンプの 運転状態	・ピット内の水位が高くなる循環水ポンプ運転中を基本ケースとして選定。 ・タービン建屋への浸水量評価において考慮することから, 停止中のケースも解析。

# 水路の水理特性による水位変動

○前述の条件に基づく計算結果一覧は下表のとおり。

## ①-a 海水系取水路(水位上昇側)

### ・スクリーンありの場合

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)	
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量				
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ			
0	新	3.3 × 10 <sup>10</sup>	海域活断層	有り	考慮する	有※ (0.2005m <sup>2</sup> )	2台	0台	最高	3.34	-0.40
			地すべり						2.26	0.00	
			重畳				3.06	-0.40			
			海域活断層				3.32	-0.40			
			地すべり				2.25	0.00			
			重畳				3.04	-0.40			
			海域活断層				3.04	-0.40			
			地すべり				2.16	0.00			
			重畳				2.92	-0.40			
			海域活断層				4.13	-0.40			
			地すべり				2.42	0.00			
			重畳				3.92	-0.40			
			海域活断層				4.10	-0.40			
			地すべり				2.41	0.00			
			重畳				3.85	-0.40			
			海域活断層				3.88	-0.40			
地すべり	2.34	0.00									
重畳	3.47	-0.40									

※海水ピット堰フラップゲートの有効開口面積について、海水ピット堰の実機大試験に基づく平均値(0.2005m<sup>2</sup>)を用いていたが、スクリーンなしの場合については、より安全側の数値である最小値(0.1810m<sup>2</sup>)を用いた。

○波源の違いによる影響は、海域活断層 > 重畳 > 地すべりであった。  
○貝付着の有無の影響は、貝付着なし > 貝付着ありであった。  
○ポンプ運転状態(取水量)は海水ポンプ2台運転が最も厳しくなった。  
以上より、スクリーンなしの場合について、以下のケースを代表ケースとして選定し解析した。

### ・スクリーンなしの場合

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)	
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量				
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ			
0	新	3.3 × 10 <sup>10</sup>	海域活断層	無し	考慮しない	有※ (0.1810m <sup>2</sup> )	2台	0台	最高	4.30	-0.40
			重畳						3.91	-0.40	

○スクリーンなしのケースでは、スクリーンありのケースに比べて、水位変動が17cm大きくなった。海水ピットポンプ室の入力津波の設定にあたっては最も厳しいケースである、スクリーンなし、貝付着なし、海水ポンプ2台、波源は海域活断層の場合のT.P.+4.30mとする。



# 水路の水理特性による水位変動

## ①-b 海水系取水路(水位下降側)

### ・スクリーンありの場合

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m) 最低	地盤 変動量 (m)
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量			
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ		
0	新	3.3 × 10 <sup>10</sup>	海域活断層	有り	考慮する	有 (0.2005m <sup>2</sup> )	2台	0台	-2.66	0.34
			地すべり						-1.92	0.00
			重畳				-2.62	0.34		
			海域活断層				-2.81	0.34		
			地すべり				-1.94	0.00		
			重畳				-2.67	0.34		
			海域活断層			-3.13	0.34			
			地すべり			-2.24	0.00			
			重畳			-3.25	0.34			
			海域活断層			-3.38	0.34			
			地すべり			-2.30	0.00			
			重畳			-3.31	0.34			
			海域活断層			-3.38	0.34			
			地すべり			-2.32	0.00			
			重畳			-3.31	0.34			
			海域活断層			-3.46	0.34			
			地すべり			-2.44	0.00			
			重畳			-3.38	0.34			
			海域活断層			-2.71	0.34			
			地すべり			-1.91	0.00			
			重畳			-2.61	0.34			
			海域活断層			-2.82	0.34			
			地すべり			-1.93	0.00			
			重畳			-2.67	0.34			
海域活断層	-3.12	0.34								
地すべり	-2.21	0.00								
重畳	-3.22	0.34								
海域活断層	-3.44	0.34								
地すべり	-2.37	0.00								
重畳	-3.30	0.34								
海域活断層	-3.44	0.34								
地すべり	-2.39	0.00								
重畳	-3.30	0.34								
海域活断層	-3.52	0.34								
地すべり	-2.50	0.00								
重畳	-3.36	0.34								
					考慮しない	有 (0.2005m <sup>2</sup> )	2台	0台	-2.71	0.34
									-1.91	0.00
							-2.61	0.34		
							-2.82	0.34		
							-1.93	0.00		
							-2.67	0.34		
						-3.12	0.34			
						-2.21	0.00			
						-3.22	0.34			
						-3.44	0.34			
						-2.37	0.00			
						-3.30	0.34			
						-3.44	0.34			
						-2.39	0.00			
						-3.30	0.34			
						-3.52	0.34			
						-2.50	0.00			
						-3.36	0.34			
						無	2台	1台	-2.32	0.00
									-3.31	0.34
							-3.46	0.34		
							-2.44	0.00		
							-3.38	0.34		
							-2.71	0.34		
						2台	0台	-2.30	0.00	
								-3.31	0.34	
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.46	0.34			
						-2.44	0.00			
						-3.38	0.34			
						-2.30	0.00			
						-3.31	0.34			
						-3.38	0.34			
						-2.32	0.00			
						-3.31	0.3			

# 水路の水理特性による水位変動

○波源の違いによる影響は、海域活断層もしくは重畳が厳しくなった。  
 ○貝付着の有無の影響は、貝付着あり・なしのどちらかが厳しくなった。  
 ○ポンプ運転状態(取水量)は海水ポンプ4台運転が最も厳しくなった。  
 以上より、スクリーンなしの場合について、以下のケースを代表ケースとして選定し解析した。

## ・スクリーンなしの場合

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)	
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量				
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ			
0	新	3.3×10 <sup>10</sup>	海域活断層	無し	考慮しない	有 (0.1810m <sup>2</sup> )	4台	0台	最低	-3.14	0.34
			重畳						-3.24	0.34	
			海域活断層						-3.15	0.34	
			重畳						-3.25	0.34	

## ・スクリーンありの場合(フラップゲート有効開口面積見直しの影響評価)

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量			
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ		
0	新	3.3×10 <sup>10</sup>	重畳	有り	考慮する	有 (0.1810m <sup>2</sup> )	4台	0台	-3.26	0.34
						有 (0.2005m <sup>2</sup> )			-3.25	0.34

○スクリーンありのケースについて、海水ピット堰フラップゲートの有効開口面積を海水ピット堰の実機大試験に基づく平均値(0.2005m<sup>2</sup>)から最小値(0.1810m<sup>2</sup>)に変更し、解析した。  
 ○その結果、海水ピットポンプ室の水位は、スクリーンあり、貝付着あり、海水ポンプ4台、波源は重畳の場合のT.P.-3.26mが最も厳しくなったためこれを海水ピットポンプ室(水位下降側)の入力津波として設定する。



# 水路の水理特性による水位変動

## ・スクリーンなしの場合(海水ピット堰あり)(再掲)

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量			
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ	最低	
0	新	3.3 × 10 <sup>10</sup>	海域活断層	無し	考慮しない	有 (0.1810m <sup>2</sup> )	4台	0台	-3.14	0.34
			重畳						-3.24	0.34
			海域活断層						-3.15	0.34
			重畳						-3.25	0.34

○海水ピット堰の津波防護施設としての有効性を評価するため、スクリーンなしの場合(海水ピット堰あり)で選定した4ケースについて、「海水ピット堰なし」として解析した。



## ・スクリーンなしの場合(海水ピット堰なし)

津波計算				管路解析					ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	海水ピット堰 あり/なし	ポンプ取水量			
							海水 ポンプ	海水取水 ポンプ	最低	
0	新	3.3 × 10 <sup>10</sup>	海域活断層	無し	考慮しない	無	4台	0台	-3.77	0.34
			重畳						-3.76	0.34
			海域活断層						-3.55	0.34
			重畳						-3.47	0.34

○海水ピット堰なしの場合、T.P.-3.77mが最も厳しくなった。これに地盤変動量として0.34mの隆起を考慮した場合、水位はT.P.-4.11mとなり、海水ポンプの取水可能水位T.P.-4.10mを一時的に下回るため、海水ピットに海水ピット堰を設置する。

# 水路の水理特性による水位変動

## ② 循環水系取水路

津波計算				管路解析			ピット内水位 T.P. (m)	地盤 変動量 (m)
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	スクリーン損失 あり/なし	貝付着 あり/なし	循環水ポンプ 運転状態		
0	新	3.3×10 <sup>10</sup>	海域活断層	有り	考慮する	停止時	3.64	-0.36
			地すべり			運転時	1.44	-0.36
			重畳			停止時	2.65	0.00
			海域活断層	無し		運転時	0.71	0.00
			地すべり			停止時	3.80	-0.36
			重畳			運転時	1.25	-0.36
			海域活断層	有り		停止時	3.77	-0.36
			地すべり			運転時	1.88	-0.36
			重畳			停止時	2.78	0.00
			海域活断層	無し		運転時	1.15	0.00
			地すべり			停止時	4.21	-0.36
			重畳			運転時	1.84	-0.36
			海域活断層	有り		停止時	3.80	-0.36
			地すべり			運転時	1.96	-0.36
			重畳			停止時	2.84	0.00
			海域活断層	無し		運転時	1.26	0.00
地すべり	停止時	4.36	-0.36					
重畳	運転時	1.99	-0.36					
海域活断層	有り	停止時	4.31	-0.36				
地すべり		運転時	2.49	-0.36				
重畳		停止時	3.04	0.00				
海域活断層	無し	運転時	1.70	0.00				
地すべり		停止時	4.87	-0.36				
重畳		運転時	2.65	-0.36				

○波源は海域活断層もしくは重畳の影響度合いが大きく、スクリーン損失及び貝付着はいずれもなしのほうが厳しくなった。循環水ポンプ運転状態は停止時のほうが厳しくなることがわかった。  
○以上の結果より、最も厳しいスクリーンなし、貝付着なし、循環水ポンプ停止時、波源を重畳とした場合の取水ピット水位T.P.+4.87mを入力津波として選定する



# 水路の水理特性による水位変動

## ③ 放水路

津波計算			管路解析			ビット内水位 T.P. (m) 最高	地盤 変動量 (m)
水平渦動粘性 係数 (m <sup>2</sup> /s)	海底 地形	剛性率 (N/m <sup>2</sup> )	波源	貝付着 あり/なし	循環水ポンプ 運転状態		
0	新	3.3 × 10 <sup>10</sup>	海域活断層	考慮する	停止時	3.36	-0.39
			地すべり		運転時	4.07	-0.39
					停止時	2.33	0.00
			重畳		運転時	3.18	0.00
					停止時	3.35	-0.39
			運転時		4.02	-0.39	

- 波源は海域活断層の影響度合いが大きく、循環水ポンプ運転状態は運転時のほうが厳しくなることがわかった。
- 以上の結果より、循環水ポンプ運転時、波源を海域活断層とした場合の放水ビット水位T.P.+4.07mを入力津波として選定する

## 5. 砂移動に対する評価に関する補足



# 計算条件（補足：環境影響調査書）

○環境影響調査書の底質に関する記述を以下に整理する。

- ・第一に、環境影響調査書（S58.4）においては、下図に示す調査点で底質調査が行われているが、化学的酸素要求量等の環境に関する調査項目が主であり、土粒子の比重及び中央粒径については整理されていない。

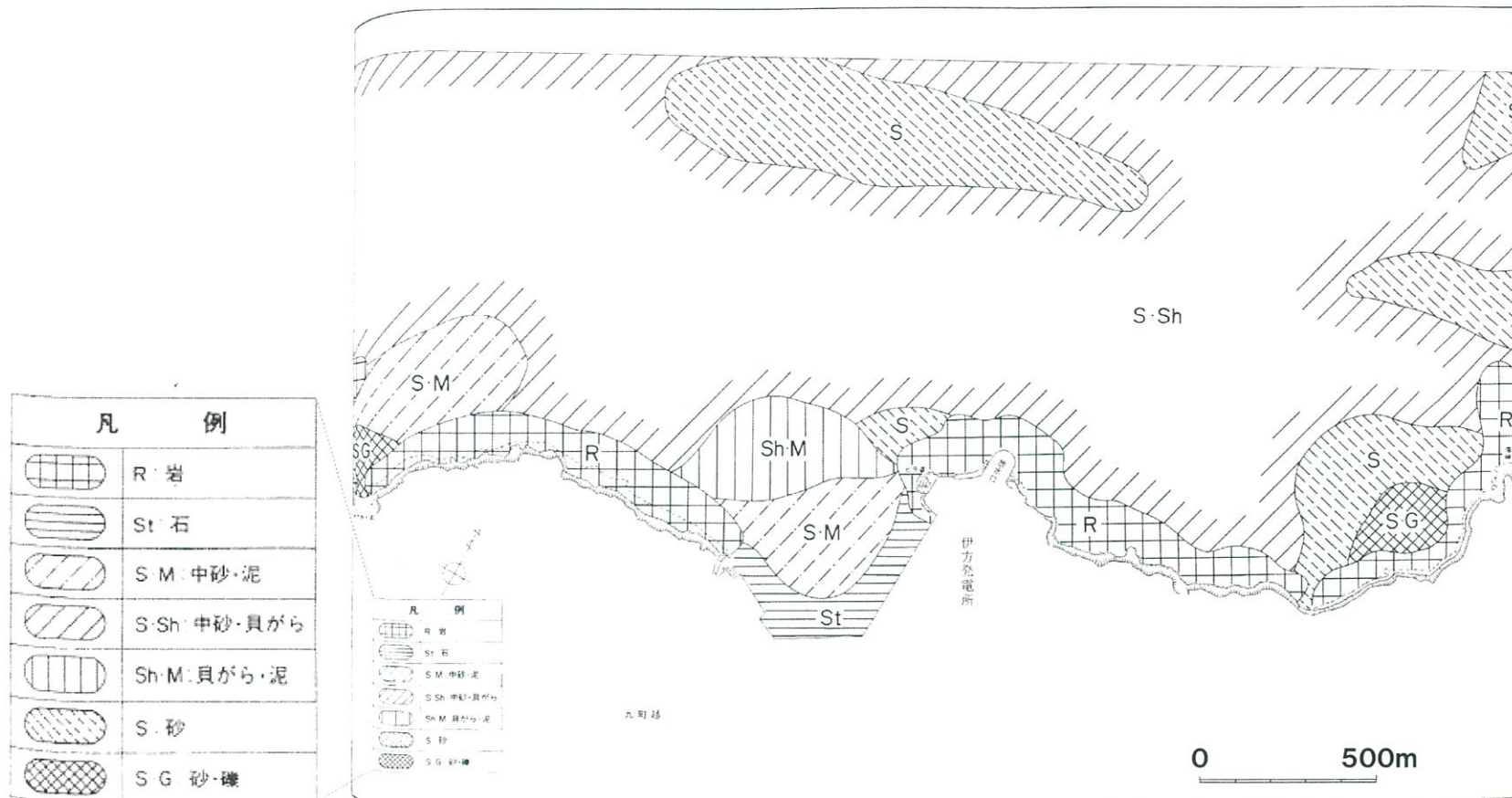
底質調査測点位置（調査時期：昭和56年8月、11月、昭和57年2月、5月）（環境影響調査書（S58.4）より抜粋）



# 計算条件（補足：環境影響調査書）

- ・第二に、環境影響調査書（S58.4）においては、底質の分布状況に関する調査が行われており、下図に示す東西約3.5km×南北約1.5kmの範囲について底質分布図が作成されている。前頁同様、土粒子の比重及び中央粒径については整理されていない。
- ・底質分布図によると、汀線際には主に岩・石が、沖合には主に砂がそれぞれ分布しており、前述のとおり設定した土粒子の比重及び中央粒径を東西約10km×南北約5kmの広範囲にわたって層厚25mと仮定して分布させることは安全側と考えられる。

発電所前面海域底質分布図（調査年月：昭和57年7月）（環境影響調査書（S58.4）より抜粋・加筆）





## 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

### 影響検討① 変動を考慮した試算による評価

- 砂移動計算に用いる土粒子の比重及びD50の値については、発電所増設時に実施した海上ボーリング調査結果に基づいている。増設後においても、底質の堆積環境や供給源の土質が著しく変わることはないと考えられるものの、変動を考慮した試算を実施する。
- 既往の砂移動計算の結果から、最大堆積厚が大きい基準津波として、水位下降側(重畳津波 重畳ケースE)のうち藤井ほか(1998)・浮遊砂上限体積濃度5%を代表ケースとして試算を行う。また、複数の手法で確認する観点から、同ケースについて高橋ほか(1999)の手法でも試算を行う。
- 土粒子の比重及び中央粒径D50の変動については、海上ボーリング調査結果に基づき「採用値-1.0×標準偏差」として下表のとおり設定した。

	土粒子の比重	中央粒径 D50 (mm)
採用値	2.9	0.27
採用値-1.0×標準偏差	2.85	0.11

D50は「土の粒度試験方法(JIS A 1204)」を参考に対数標準偏差を考慮

- 計算結果を次頁に示す。変動を考慮した場合でも、海水取水口における最大堆積量は0.5mより十分小さいことから、砂の堆積高さが海水取水口下端に到達することはないと評価できるため、**海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない。**

# 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

## 基準津波

- ・水位下降側 重畳津波(重畳ケースE※)
- ・浮遊砂上限体積濃度5%

※ 重畳ケースE: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度, すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒

		藤井ほか(1998)	
		採用値 (比重:2.9, D50:0.27mm)	採用値-1σ (比重:2.85, D50:0.11mm)
最大堆積量			
最大浸食量			



# 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

## 基準津波

- ・水位下降側 重畳津波(重畳ケースE※)
- ・浮遊砂上限体積濃度5%

※ 重畳ケースE: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度, すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒

		高橋ほか(1999)	
		採用値 (比重:2.9, D50:0.27mm)	採用値-1σ (比重:2.85, D50:0.11mm)
最大堆積量			
最大浸食量			

# 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

## 影響検討② 表層しか洗掘されないことを考慮した評価

- 既往の砂移動計算の結果、表層しか洗掘されないことが分かったため、海上ボーリング調査の結果のうち、**表層の結果のみを対象とした平均値を整理**し、影響検討を行う。既往の砂移動計算における最大浸食深が約1.1mであることから、深度0～2mの結果について整理することとした。
- 整理の結果、深度0～2mの平均値は、**土粒子の比重が2.86、中央粒径D50が0.62mm**となる。

- これらの値は、採用値（土粒子の比重:2.9、中央粒径D50:0.27mm）と比較して、ほぼ同じまたはやや大きい値である。

したがって、採用値の場合と比較して最大堆積量がやや変動することが考えられるが、採用値の場合の最大堆積量が0.01m以下と極めて小さいことから、**変動した場合でも海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない**と評価できる。

- なお、念のため**土粒子の比重を2.86、中央粒径D50を0.62mm**として砂移動計算を実施したところ、既往検討と同様、海水取水口における最大堆積量が0.5mより十分小さいことを確認したことから、砂の堆積高さが海水取水口下端に到達することはないと評価できるため、海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない。

調査地点		深度 (m)	中央粒径 D50 (mm)	土粒子の比重	調査地点		深度 (m)	中央粒径 D50 (mm)	土粒子の比重
S57.7	C-1	4.15~4.45	0.45	2.983	S57.7	C-7	10.50~11.00	0.085	2.884
S57.8	C-2	0.00~1.00	0.57	2.807			11.15~11.45	0.075	2.862
S57.7	C-5	6.15~6.45	0.17	2.948			11.50~12.00	0.067	2.919
		6.50~7.00	0.16	2.953			12.15~12.45	0.075	2.872
		7.15~7.45	0.19	2.947			12.50~13.00	0.057	2.934
		0.15~0.45	0.65	2.838			13.15~13.45	0.083	2.908
S57.7	C-7	0.50~1.00	0.24	2.848			13.50~14.00	0.14	2.935
		1.15~1.45	0.62	2.905			14.20~15.00	0.15	2.906
		1.50~2.00	1.00	2.885			15.15~15.45	0.16	2.917
		2.15~2.45	0.6	2.864			15.50~16.00	0.17	2.929
		2.50~3.00	0.44	2.894			16.15~16.45	0.18	2.924
		3.15~3.45	0.70	2.885			16.50~17.00	0.15	2.931
		3.50~4.00	0.72	欠測			17.15~17.45	0.21	2.924
		3.50~4.00	0.19	2.878			17.50~18.00	0.17	2.925
		4.15~4.45	0.48	2.838			18.15~18.45	0.22	2.917
		4.50~5.00	0.52	2.88			18.50~19.00	0.21	2.923
		5.15~5.45	0.39	2.828			19.15~19.45	0.22	2.917
		5.50~6.00	0.25	2.828			19.50~20.00	0.22	2.927
		6.15~6.45	0.15	2.802			20.15~20.45	0.32	2.934
		6.50~7.00	0.15	2.835			20.50~21.00	0.18	2.926
		7.05~7.90	0.13	2.824	21.15~21.45	0.26	2.933		
		8.15~8.45	0.10	2.836	21.50~22.00	0.25	2.938		
8.50~9.00	0.13	2.841	22.15~22.45	0.25	2.936				
9.05~9.75	0.12	2.851	22.50~23.00	0.23	2.932				
		10.15~10.45	0.085	2.807					

粒径が砂以下の試料 (岩盤や礫を除く試料) について整理 (C-3.C-4.C-6.C-8.C-9.C-10では全深度で岩盤や礫のみが出現する)。



# 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

## 基準津波

- ・水位下降側 重畳津波(重畳ケースE※)
- ・浮遊砂上限体積濃度**5%**

※ 重畳ケースE: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度, すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒

		藤井ほか(1998)	
		採用値 (比重:2.9, D50:0.27mm)	表層値 (比重:2.86, D50:0.62mm)
最大堆積量			
最大浸食量			

# 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

## 基準津波

- ・水位下降側 重畳津波(重畳ケースE※)
- ・浮遊砂上限体積濃度**5%**

※ 重畳ケースE: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度, すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度, すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度, すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度, すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒

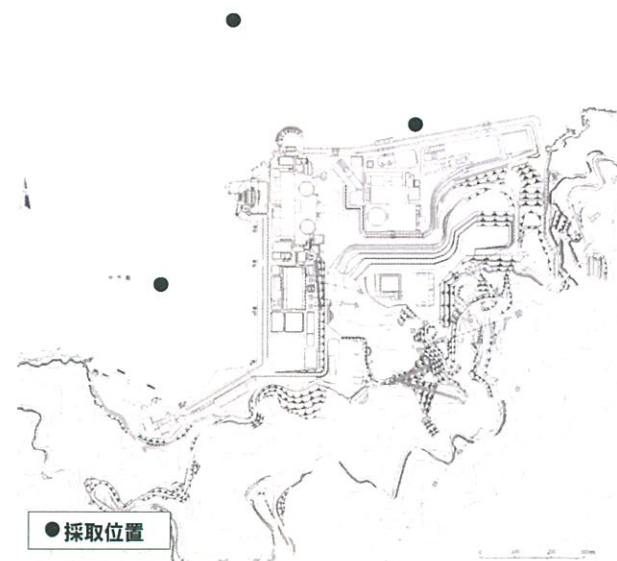
		高橋ほか(1999)	
		採用値 (比重:2.9, D50:0.27mm)	表層値 (比重:2.86, D50:0.62mm)
最大堆積量			
最大浸食量			



## 土粒子の比重及びD50の変動による影響検討

### 影響検討③ 最新の調査結果を踏まえた評価

- 影響検討②で述べたとおり、既往の砂移動計算の結果、表層しか洗掘されないことが分かった。伊方発電所では、環境調査として水質、泥質、海藻類等の調査を定期的に行っており、その一環として表層の底質を採取する底質調査を行っている。至近の底質調査の結果によれば、土粒子の比重が2.84、中央粒径D50が0.38mm（いずれも至近5か年の平均値）である。
- これらの値は、採用値並びに影響検討①及び②で整理した値の概ね範囲内である。
- したがって、最新の調査結果を踏まえても、既往検討と同様、砂移動により海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはないと評価できる。



底質採取位置図

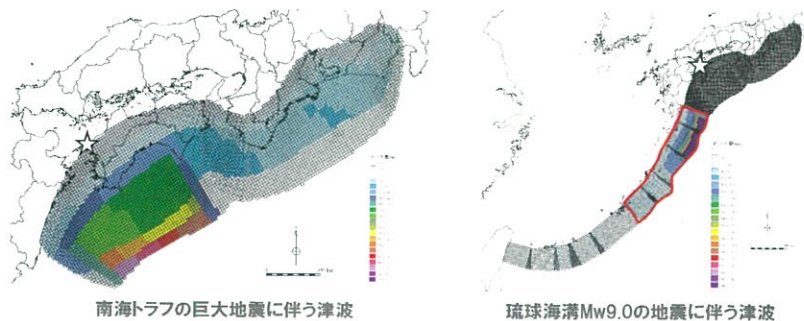
## 6. 計算結果一覧



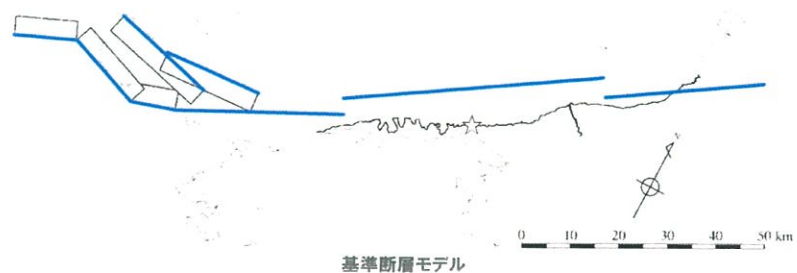
# 計算結果一覧

- すべての波源のすべての計算結果を次頁以降に示す。
- 各波源の最も厳しいケースの中から適切に基準津波が策定されている。

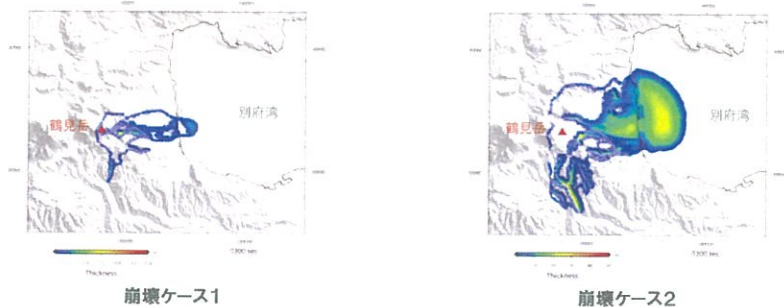
## 3.3.1 プレート境界付近に想定される地震に伴う津波



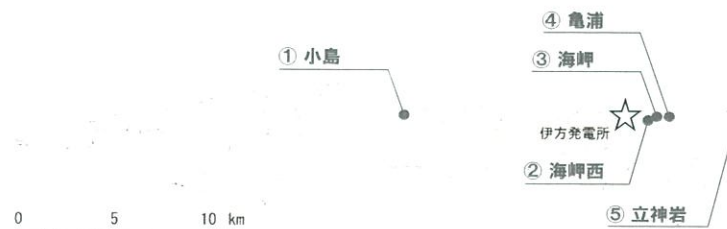
## 3.3.2 海域活断層に想定される地震に伴う津波



## 4.1 火山の山体崩壊に伴う津波



## 4.2 地すべりに伴う津波



## 5. 重畳津波

最大水位上昇量・下降量  
(評価地点及び波源別)

期望平均  
満干潮位  
を考慮

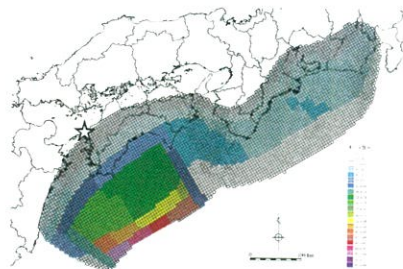
最高・最低水位  
(評価地点及び波源別)

## 6. 基準津波

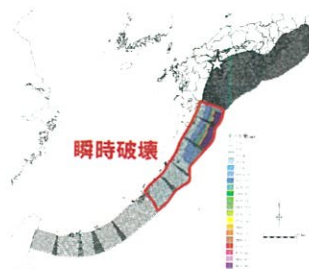
# 3.1 プレート境界付近に想定される地震に伴う津波

検討ケース		一次評価地点				
		水位上昇側			水位下降側	
		3号炉敷地前面	3号炉海水取水口	3号炉T/B復水器取水先端	3号炉放水口	3号炉海水取水口
南海トラフの巨大地震に伴う津波 (内閣府検討会 ケース⑤)		+0.83m [-0.84m]	+0.76m [-0.84m]	+0.76m [-0.84m]	+0.77m [-0.84m]	-0.86m [-0.84m]
琉球海溝Mw9.0の地震に伴う津波	ケース1	+0.40m [-0.06m]	+0.37m [-0.06m]	+0.38m [-0.06m]	+0.37m [-0.06m]	-0.36m [-0.06m]
	ケース2	+0.40m [-0.06m]	+0.38m [-0.06m]	+0.38m [-0.06m]	+0.38m [-0.06m]	-0.35m [-0.06m]
	ケース3	+0.39m [-0.06m]	+0.38m [-0.06m]	+0.37m [-0.06m]	+0.37m [-0.06m]	-0.35m [-0.06m]

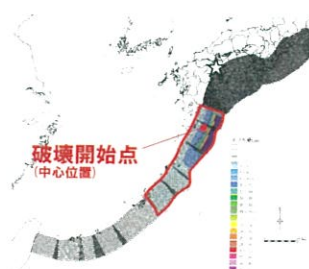
下線: 各一次評価地点における地盤変動量を考慮した最も厳しいケース  
[ ]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)



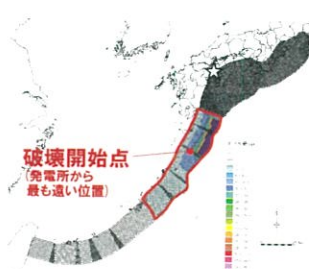
南海トラフの巨大地震に伴う津波  
(内閣府検討会 ケース⑤)



琉球海溝Mw9.0の地震に伴う津波  
ケース1



琉球海溝Mw9.0の地震に伴う津波  
ケース2



琉球海溝Mw9.0の地震に伴う津波  
ケース3

## 3.1 プレート境界付近に想定される地震に伴う津波

3.2 海域活断層に想定される地震に伴う津波

4.1 火山の山体崩壊に伴う津波

4.2 地すべりに伴う津波

5. 重畳津波

最大水位上昇量・下降量  
(評価地点及び波源別)

期望平均満干潮位を考慮

最高・最低水位  
(評価地点及び波源別)

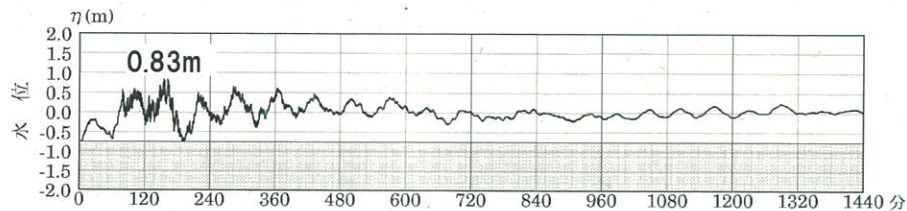
6. 基準津波



# 3.1 プレート境界付近に想定される地震に伴う津波

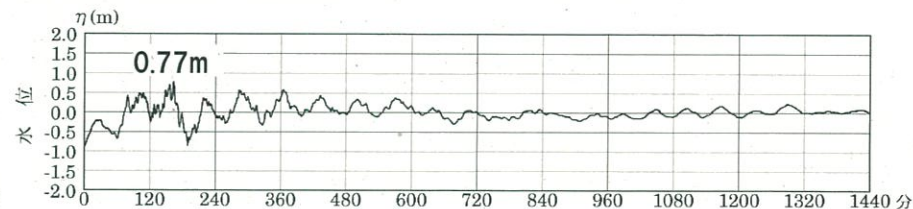
【3号炉敷地前面(水位上昇側)】

南海トラフの巨大地震に伴う津波(内閣府検討会 ケース⑤)



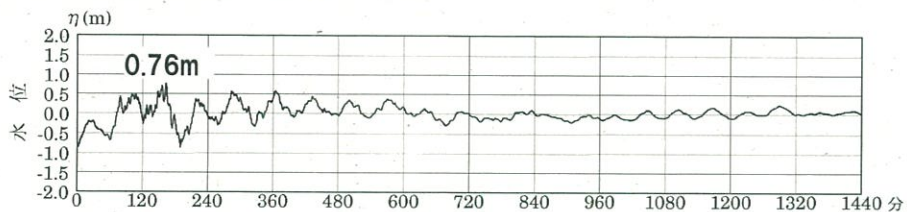
【3号炉放水口(水位上昇側)】

南海トラフの巨大地震に伴う津波(内閣府検討会 ケース⑤)



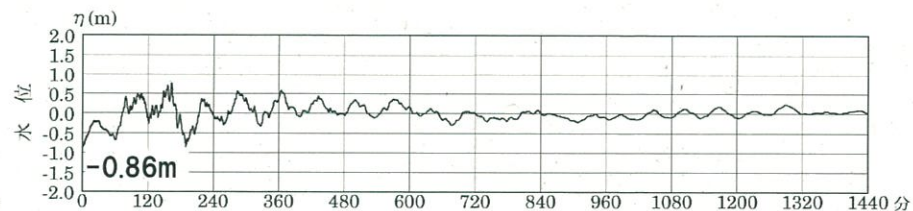
【3号炉海水取水口(水位上昇側)】

南海トラフの巨大地震に伴う津波(内閣府検討会 ケース⑤)



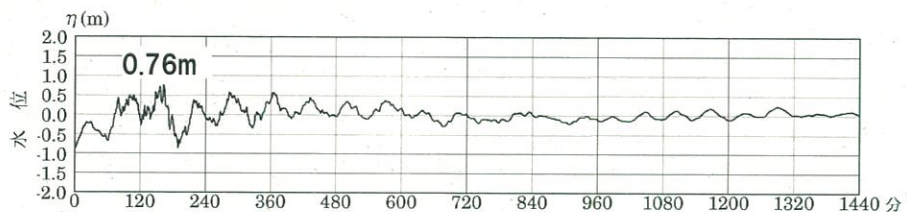
【3号炉海水取水口(水位下降側)】

南海トラフの巨大地震に伴う津波(内閣府検討会 ケース⑤)



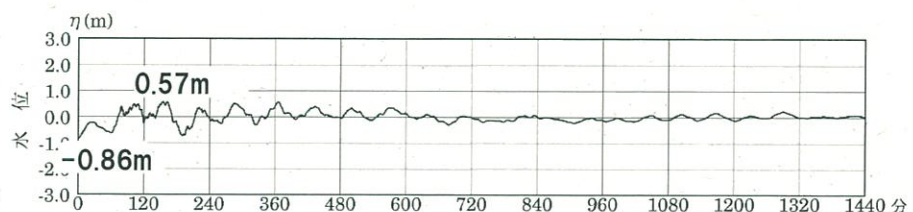
【3号炉T/B復水器取水先端(水位上昇側)】

南海トラフの巨大地震に伴う津波(内閣府検討会 ケース⑤)



【基準津波定義地点】

南海トラフの巨大地震に伴う津波(内閣府検討会 ケース⑤)





# 3.2 海域活断層に想定される地震に伴う津波

## ・概略パラメータスタディ

検討ケース		一次評価地点				
		水位上昇側			水位下降側	
傾斜角※ (度)	すべり角※ (度)	3号炉 敷地前面	3号炉 海水取水口	3号炉 T/B復水器 取水先端	3号炉 放水口	3号炉 海水取水口
北80	170	+4.14m [-0.24m]	+2.12m [-0.25m]	<u>+1.48m [-0.24m]</u>	<u>+1.68m [-0.24m]</u>	-1.08m [-0.25m]
	180	+0.41m [±0.00m]	+0.39m [±0.00m]	+0.37m [±0.00m]	+0.38m [±0.00m]	-0.62m [±0.00m]
	190	+0.80m [+0.25m]	+0.73m [0.25m]	+0.73m [0.25m]	+0.72m [0.25m]	<u>-1.72m [0.25m]</u>
90	170	<u>+4.11m [-0.28m]</u>	<u>+2.11m [-0.28m]</u>	+1.41m [-0.28m]	+1.64m [-0.28m]	-1.06m [-0.28m]
	180	+0.43m [+0.01m]	+0.40m [0.01m]	+0.38m [0.01m]	+0.40m [0.01m]	-0.61m [0.01m]
	190	+0.77m [+0.29m]	+0.70m [0.30m]	+0.71m [0.30m]	+0.69m [0.30m]	-1.61m [0.30m]
南80	170	+3.86m [-0.30m]	+1.93m [-0.30m]	+1.25m [-0.30m]	+1.48m [-0.30m]	-1.03m [-0.30m]
	180	+0.44m [+0.02m]	+0.41m [0.02m]	+0.39m [0.02m]	+0.41m [0.02m]	-0.59m [0.02m]
	190	+0.82m [+0.33m]	+0.80m [0.34m]	+0.80m [0.34m]	+0.80m [0.34m]	-1.44m [0.34m]

下線: 各一次評価地点における地盤変動量を考慮した最も厳しいケース

[ ] 内の数値は伊方発電所における地盤変動量 (+が隆起, -が沈降)

※ 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯: 海域部)のうち敷地前面海域の断層群及び伊予セグメントのパラメータであり、別府-万年山断層帯は基準断層モデルと同じ。

