

6. 津波水位に係る安全性評価

津波来襲時の押し波時の水位上昇による重要機器の浸水や、引き波時の水位低下による取水障害によって、当該施設の安全機能が損なわれることがないか、検討を行なう。

6.1 解析手法及び解析条件

想定津波による敷地沿岸部における津波水位の評価にあたり、波源から評価対象地点までの津波伝播特性及び地形特性等をモデル化した数値解析手法を用いる。

本クロスチェック解析で用いる計算領域の解析条件を表 6.1 に示す。計算領域は、A 領域から F 領域までとし、各領域の空間格子を 1350m から 5.6m まで 1/3 接続とした地形モデルを用いる。時間格子間隔も空間格子間隔に合わせて 1/3 接続とし、F 領域では 0.01 秒とする。基礎方程式は、浅海域における波の前傾化を考慮できる非線形長波理論を採用する。水平渦動粘性項については、津波による水位変動を小さくする効果があるため、本クロスチェック解析では考慮しないこととした。

図 6.1 に本クロスチェック解析に用いる地形モデルの各計算領域及び水深を示す。これらの地形モデルは、(財)日本水路協会の海底地形デジタルデータ M7000 シリーズを元に作成した。ただし、F 領域については、保安院から提供を受けた事業者データ（事業者の地形メッシュデータ、港湾施設の構造図等）を元に作成した。

また、5 章で示したように、津波波源として、日本海溝沿いのプレート境界付近に想定される地震に伴う津波の波源とチリ沖に想定される地震に伴う津波の波源を設定した。

表 6.1 解析条件

項目	JNES						
各領域の 解析条件		A領域	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域
	空間格子間隔(m)	1350	450	150	50	17	5.6
	時間格子間隔(s)	2.43	0.81	0.27	0.09	0.03	0.01
	基礎方程式	非線形長波式					
	地形モデル	海域のみ			海域および陸上		
	境界条件	陸側	完全反射			小谷ら(1998)の遡上境界	
		沖側	自由透過	外側の大格子領域と、水位・流量を接続			
初期条件	Mansinha and Smylie(1971)の方法を用いて設定。						
海底摩擦係数	Manningの粗度係数 $n=0.025\text{m}^{-1/3}\text{s}$ (後藤・佐藤(1993)、土木学会(2002))						
水平渦動粘性係数	考慮しない						
現象再現時間	地震発生後4時間						

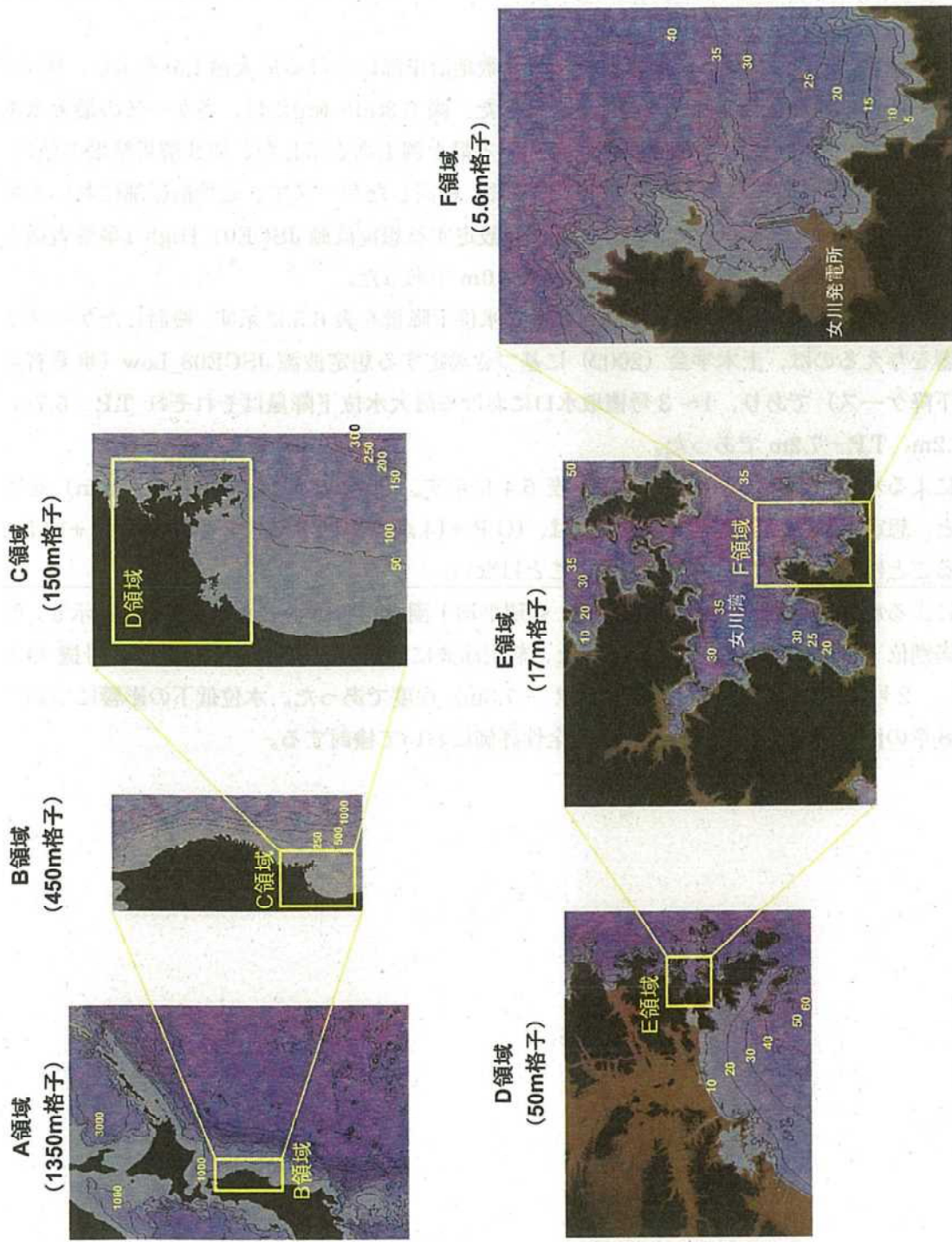


図 6.1 地形モデル

6.2 解析結果及び安全性評価結果

敷地沿岸における最大遡上高、1～3号機取水口における最大水位下降量を算出し、安全性評価を行なう。

津波解析結果として、表 6.2 に各解析ケースの敷地沿岸部における最大遡上高を示し、図 6.2 に、敷地沿岸各部の最大遡上高の比較を示す。また、図 6.3(a)～(m)には、各ケースの最大水位上昇分布を示す。同図中には、敷地沿岸部における最大遡上高を示した。津波解析結果の値は、いずれも東京湾平均海面 (T.P.) を基準としている。検討したケースで、敷地沿岸部において最も影響を与えるのは、土木学会 (2002) に基づき設定する想定波源 JSCE01_High (事業者最大水位上昇ケース) であり、最大遡上高は T.P. +13.0m であった。

想定津波による 1～3号機取水口における最大水位下降量を表 6.3 に示す。検討したケースで最も影響を与えるのは、土木学会 (2002) に基づき設定する想定波源 JSCE08_Low (事業者最大水位下降ケース) であり、1～3号機取水口における最大水位下降量はそれぞれ T.P. -5.7m、T.P. -7.2m、T.P. -7.2m であった。

津波による水位上昇に対する評価結果を表 6.4 に示す。朔望平均満潮位 (O.P.+1.43m) を考慮すると、想定津波による最大水位上昇量は、(O.P. +14.4m) 程度であり、敷地高 O.P. +14.8m を超えることはなく、重要機器が浸水することはない。

津波による水位下降に対する解析結果に、朔望平均干潮位を考慮した水位を表 6.5 に示す。朔望平均満潮位 (O.P.-0.14m) を考慮すると、想定津波による最大水位下降量は、(1号機 O.P. -5.8m、2号機 O.P. -7.3m、3号機 O.P. -7.3m) 程度であった。水位低下の影響については、第 8 章の海水ポンプ室内水位に係る安全性評価において検討する。

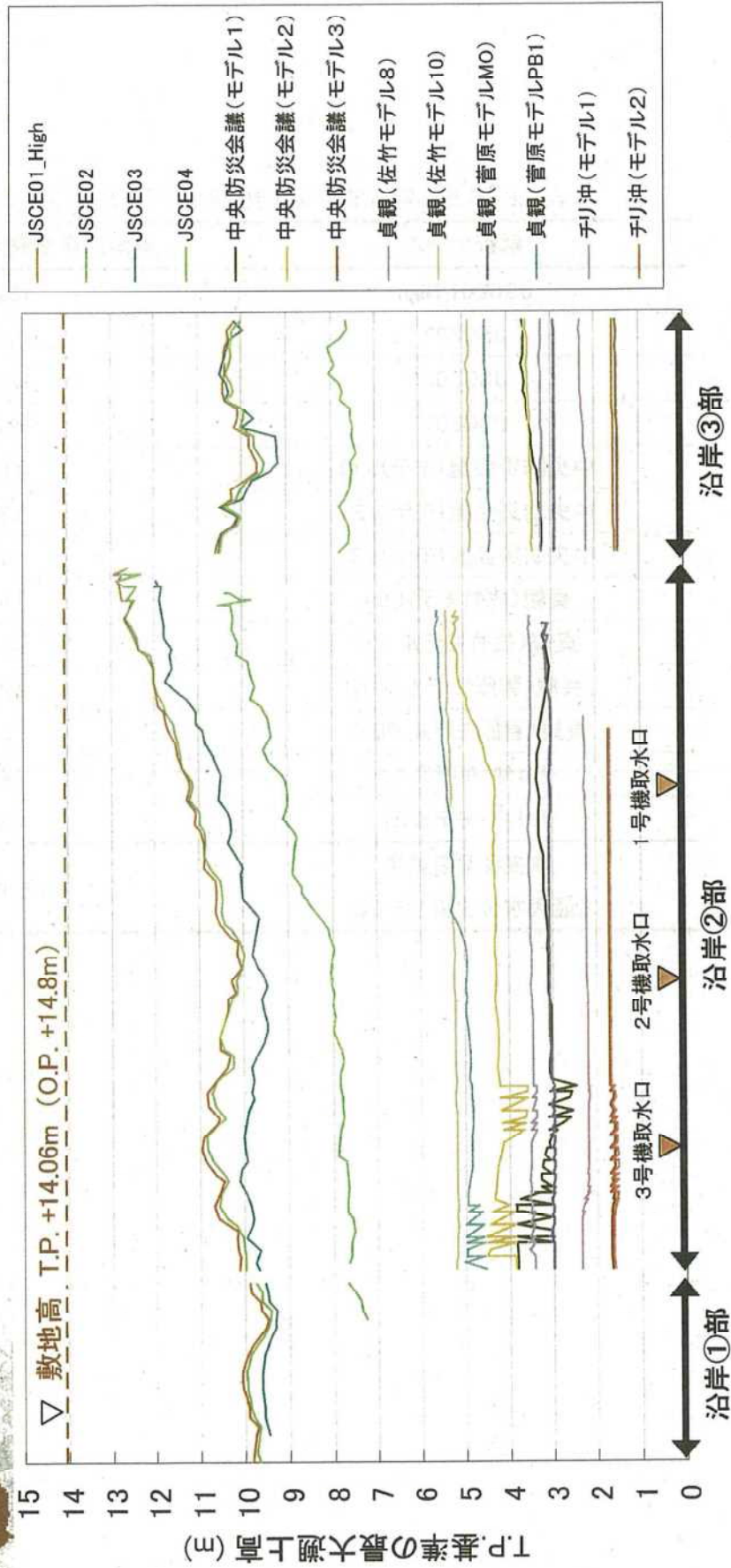
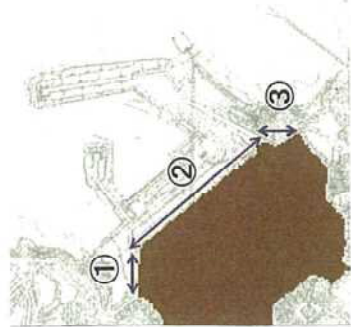


図 6.2 敷地沿岸部における最大遡上高 (m) (※潮位の考慮なし)

表 6.2 津波解析結果一覧（敷地沿岸部における最大遡上高）

解析ケース	敷地沿岸部最大遡上高(m)
JSCE01_High	13.0
JSCE02	10.5
JSCE03	12.0
JSCE04	12.9
中央防災会議(モデル1)	3.9
中央防災会議(モデル2)	5.3
中央防災会議(モデル3)	1.7
貞観(佐竹モデル8)	3.6
貞観(佐竹モデル10)	5.4
貞観(菅原モデルMO)	3.2
貞観(菅原モデルPB1)	5.6
チリ沖(モデル1)	2.4
チリ沖(モデル2)	1.7
事業者解析結果 (最大水位上昇ケース)	12.96m

※遡上高は T.P.基準

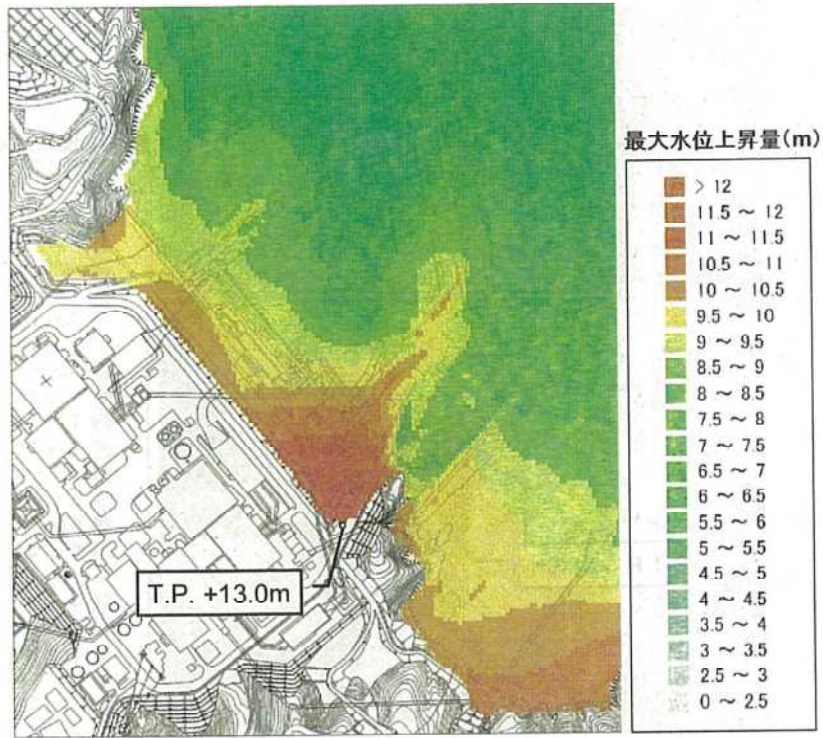


図 6.3(a) 最大水位上昇量分布 (JSCE01_High)

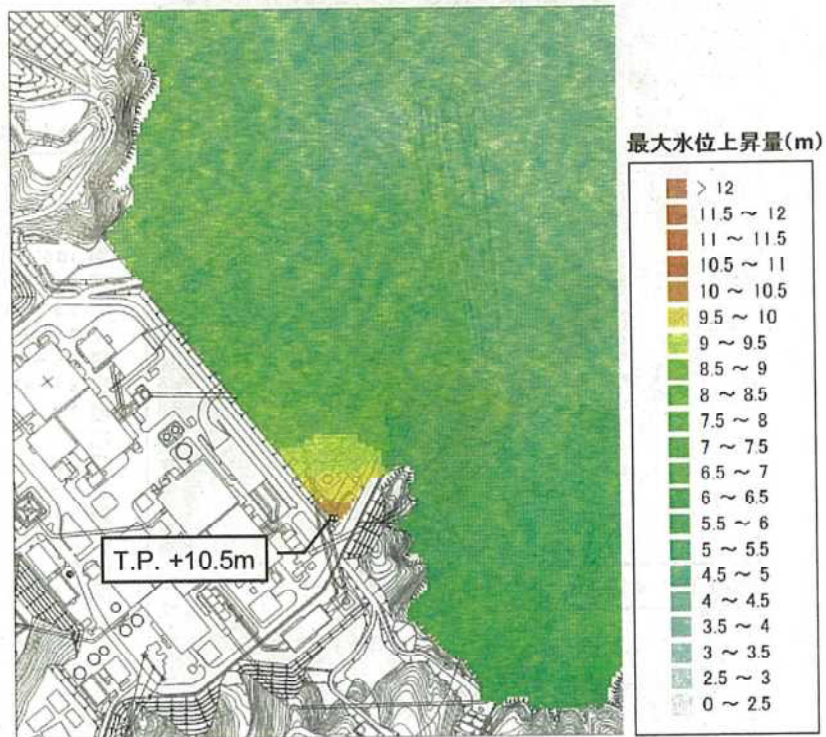


図 6.3 (b) 最大水位上昇量分布 (JSCE02)

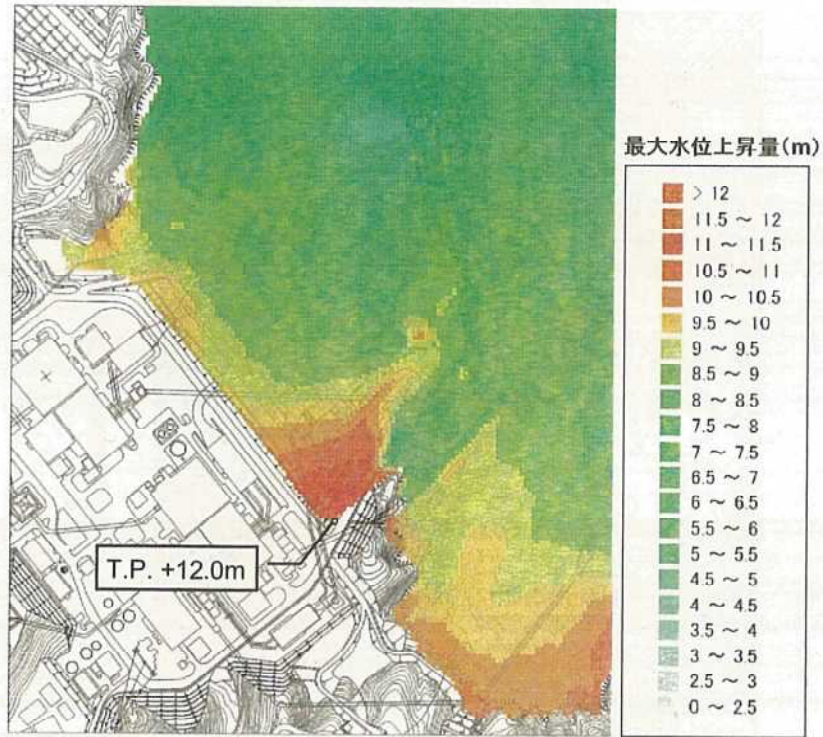


図 6.3 (c) 最大水位上昇量分布 (JSCE03)

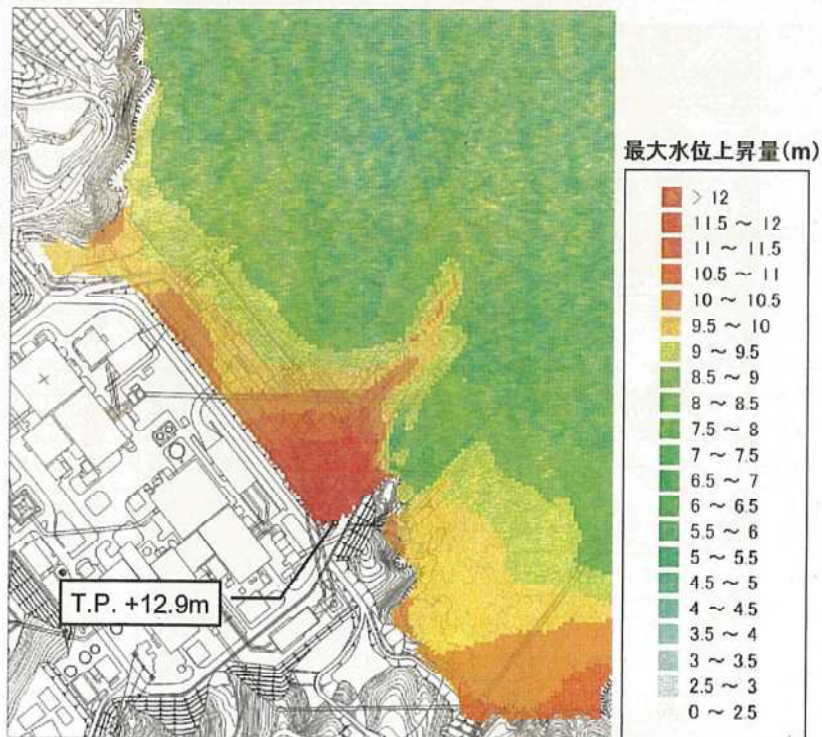


図 6.3 (d) 最大水位上昇量分布 (JSCE04)

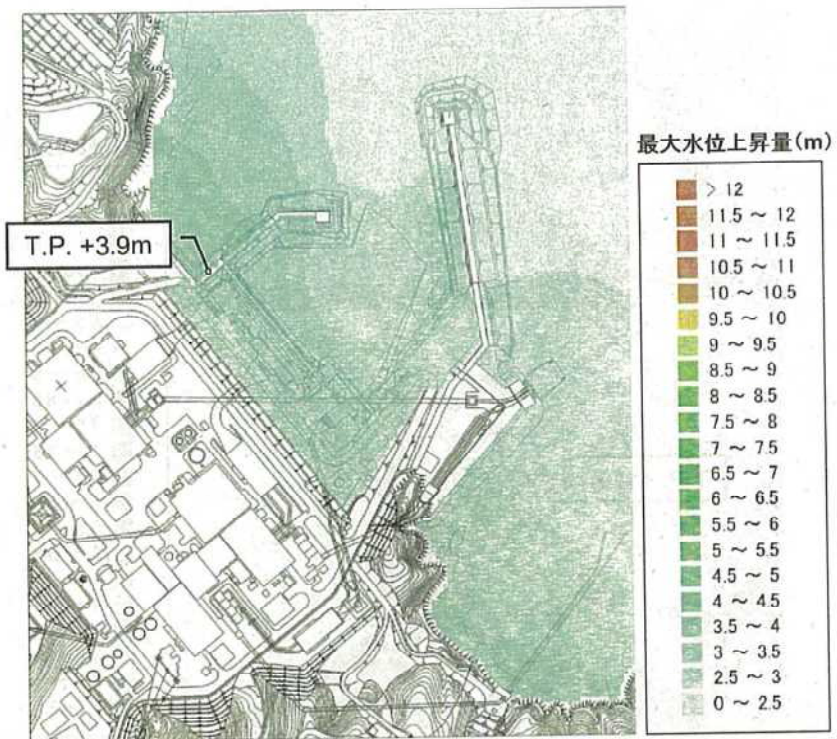


図 6.3 (e) 最大水位上昇量分布 中央防災会議 (モデル 1)

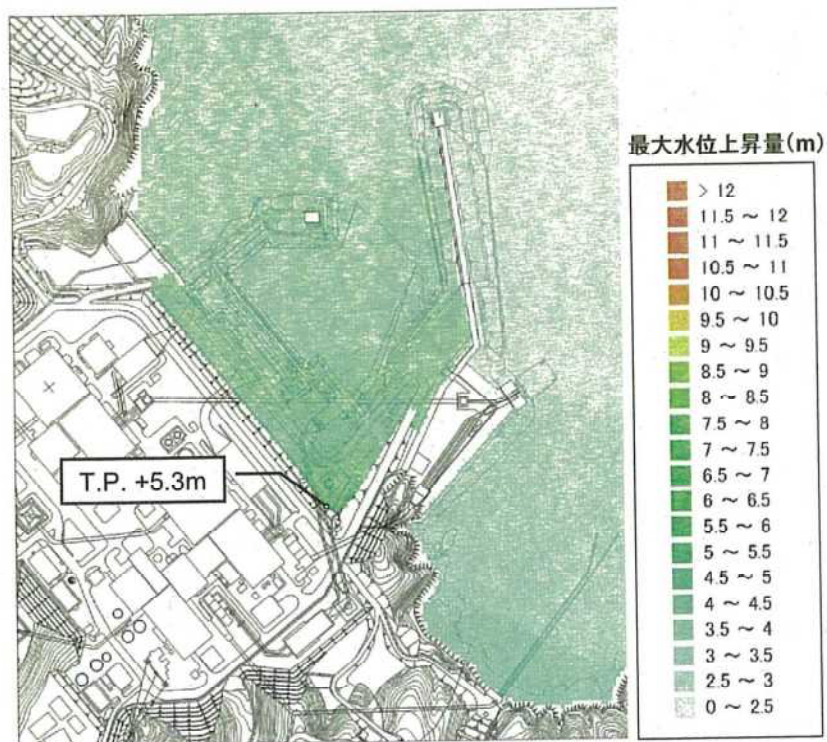


図 6.3 (f) 最大水位上昇量分布 中央防災会議 (モデル 2)



図 6.3 (g) 最大水位上昇量分布 中央防災会議 (モデル 3)

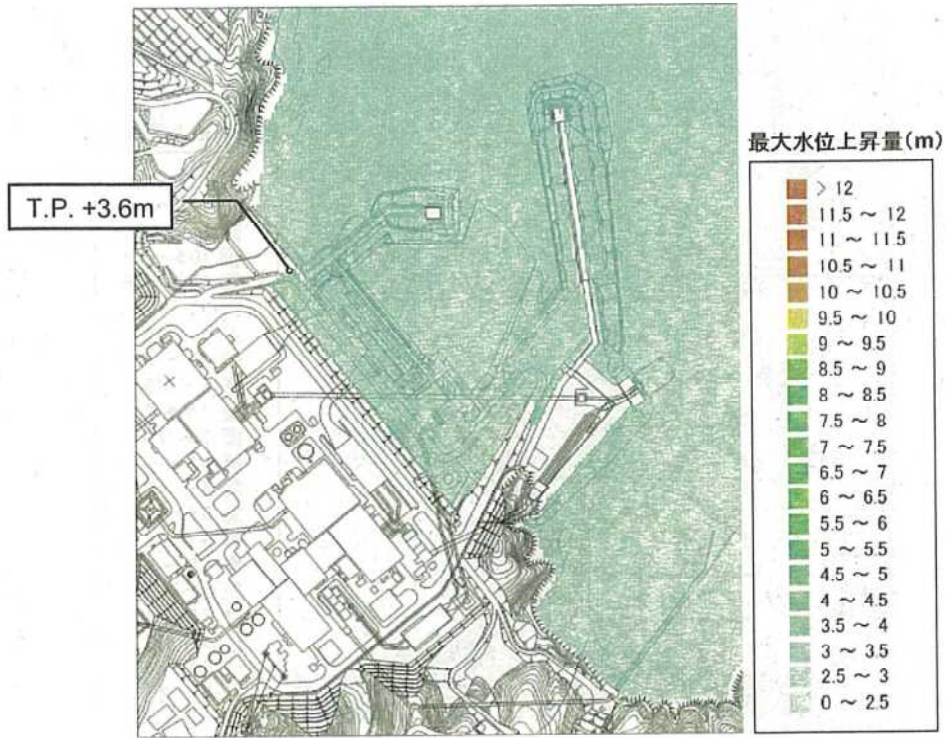


図 6.3 (h) 最大水位上昇量分布 貞観 (佐竹モデル 8)

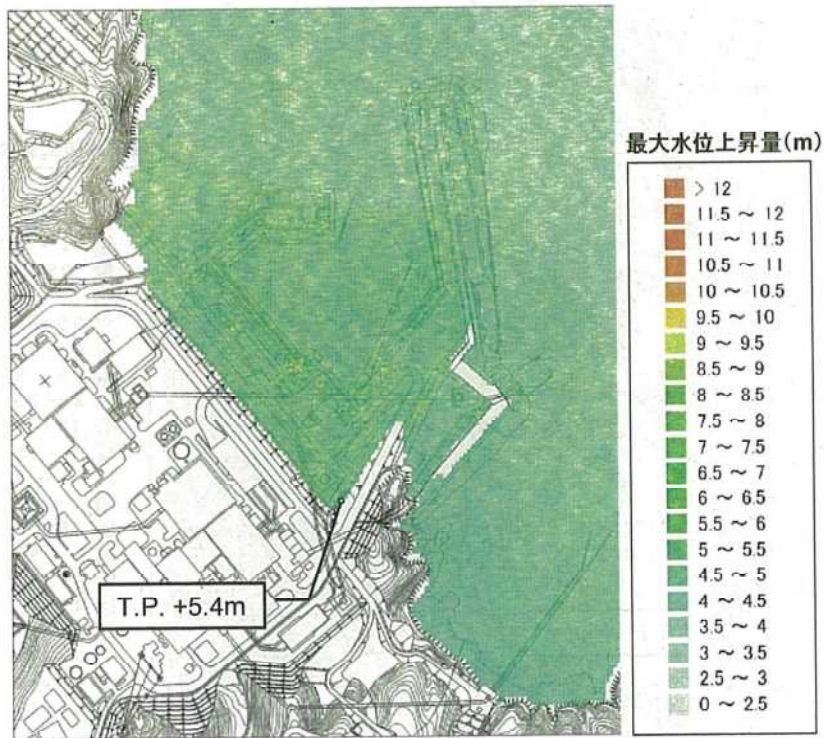


図 6.3 (i) 最大水位上昇量分布 貞観 (佐竹モデル 10)

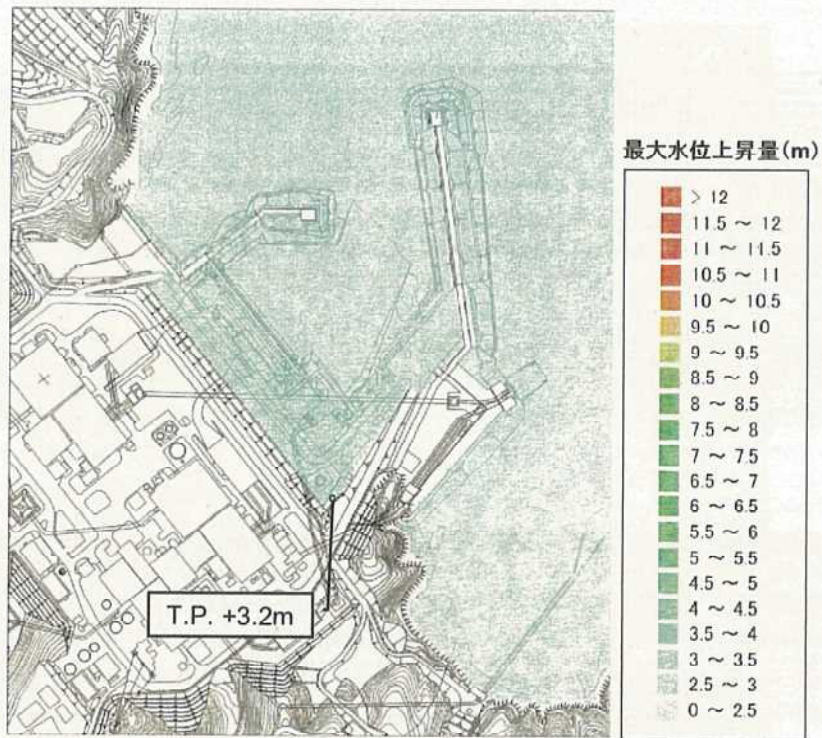


図 6.3 (j) 最大水位上昇量分布 貞観 (菅原モデル MO)



図 6.3 (k) 最大水位上昇量分布 貞観 (菅原モデル PB1)

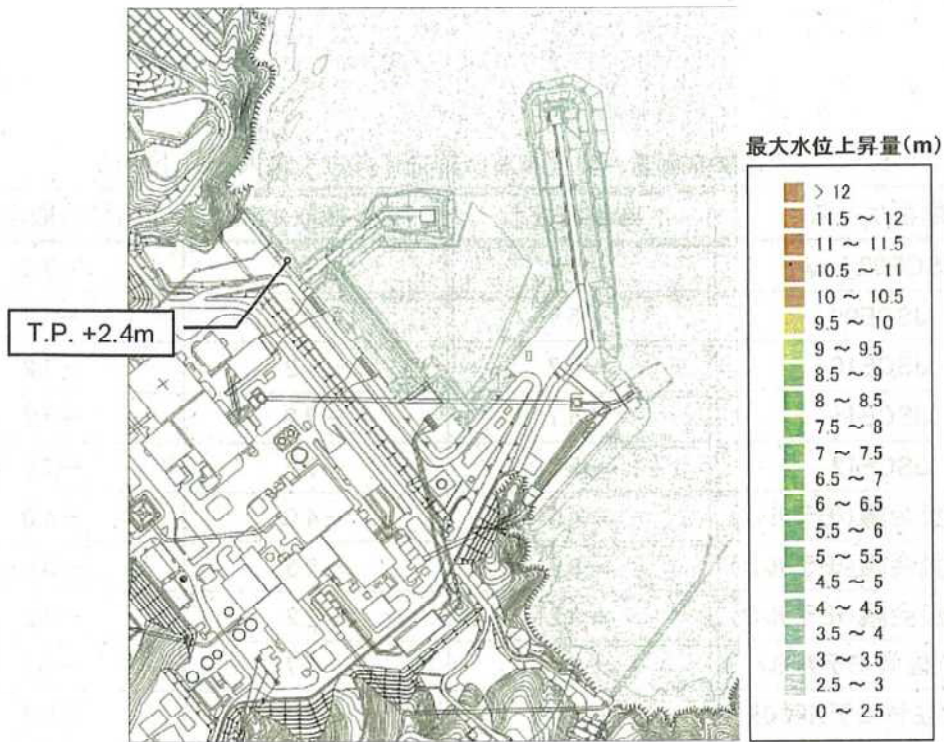


図 6.3 (l) 最大水位上昇量分布 チリ沖 (モデル 1)

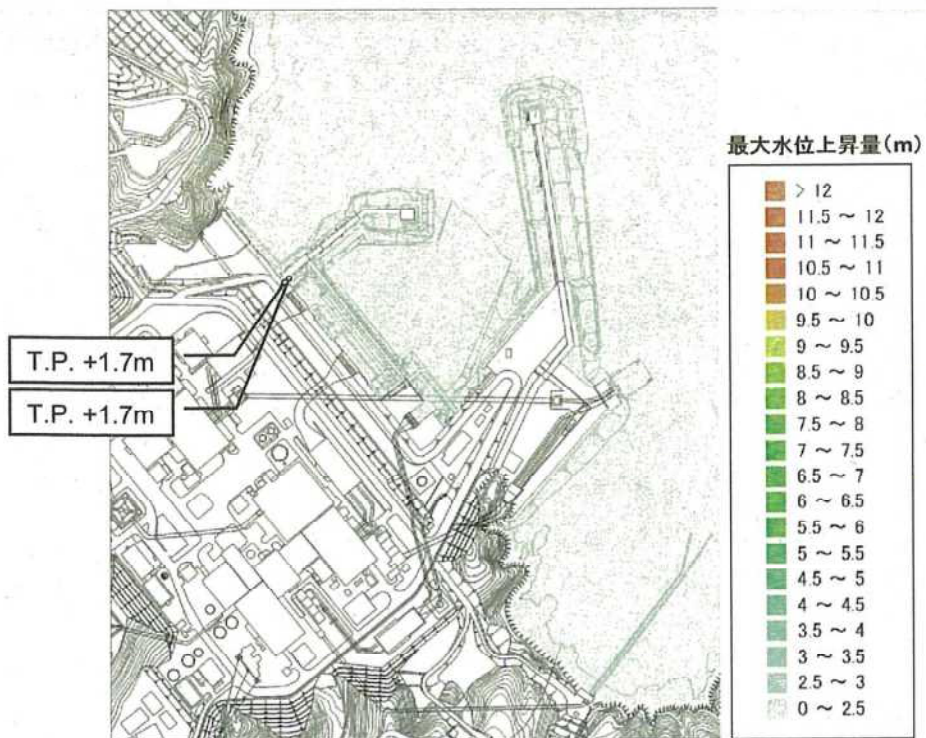


図 6.3 (m) 最大水位上昇量分布 チリ沖 (モデル 2)

表 6.3 津波解析結果一覧（取水口前面における最大水位下降量）

解析ケース	1号機取水口	2号機取水口	3号機取水口
JSCE08_Low	-5.7	-7.2	-7.2
JSCE09	-5.7	-7.2	-7.2
JSCE10	-5.7	-7.2	-7.2
JSCE11	-5.7	-7.2	-7.2
JSCE12	-5.7	-7.2	-7.2
中央防災会議(モデル1)	-4.1	-4.0	-4.0
中央防災会議(モデル2)	-3.4	-3.5	-3.5
中央防災会議(モデル3)	-2.2	-2.2	-2.2
貞観(佐竹モデル8)	-4.7	-4.7	-4.7
貞観(佐竹モデル10)	-5.3	-5.2	-5.2
貞観(菅原モデルMO)	-3.5	-3.5	-3.5
貞観(菅原モデルPB1)	-4.1	-4.1	-4.1
チリ沖(モデル1)	-1.8	-1.8	-1.8
チリ沖(モデル2)	-2.5	-2.5	-2.5

※水位は T.P.基準

表 6.4 安全性評価の結果（最大水位上昇ケース JSCE01_High）

	JNES	事業者	安全性判断基準値
解析値(m)	T.P. +13.0m	T.P. +12.96m	—
朔望平均満潮位(m)	O.P. +1.43m	O.P. +1.43m	—
評価水位(m)	O.P. +14.4m (T.P. +13.7m)	O.P. +14.4m (T.P. +13.65m)	O.P. +14.8m (T.P. +14.06m)

※O.P.は女川発電所工事用基準面であり、O.P.=T.P.（東京湾平均海面）-0.74m

表 6.5 解析結果及び潮位を考慮した水位（最大水位下降ケース JSCE08_Low）

		JNES	事業者	取水口敷高
1号機	解析値(m)	T.P. -5.7m	T.P. -8.02m	—
	朔望平均干潮位(m)	O.P. -0.14m	O.P. -0.14m	—
	潮位を考慮した O.P.基準の水位(m)	O.P. -5.8m	O.P. -8.2m	O.P. -4.0m
2号機	解析値(m)	T.P. -7.2	T.P. -7.96m	—
	朔望平均干潮位(m)	O.P. -0.14m	O.P. -0.14m	—
	潮位を考慮した O.P.基準の水位(m)	O.P. -7.3m	O.P. -8.1m	O.P. -5.3m
3号機	解析値(m)	T.P. -7.2	T.P. -7.95m	—
	朔望平均干潮位(m)	O.P. -0.14m	O.P. -0.14m	—
	潮位を考慮した O.P.基準の水位(m)	O.P. -7.3m	O.P. -8.1m	O.P. -4.7m

※O.P.は女川発電所工事用基準面であり、O.P.=T.P.（東京湾平均海面）-0.74m

6.3 JNES の結果と事業者の結果の比較

図 6.4 に示す事業者の波源条件と同じ最大水位上昇ケース (JSCE01_High) 及び最大水位下降ケース (JSCE08_Low) について、JNES と事業者の結果を比較する。JNES と事業者の解析条件及び地形モデルを表 6.6、図 6.5 に示す。

最大水位上昇ケースの解析結果として、まず、津波水位の解析における波源条件の確認として、Mansinha and Smylie (1971) の方法を用いて設定した初期水位分布図の比較を図 6.6 に示す。事業者の初期水位は、JNES のものと一致していることを確認した。図 6.7 に最大水位上昇量分布の比較、図 6.8 に代表地点位置 (第 1 号機、第 2 号機、第 3 号機取水口) における水位変動の結果を示す。

最大水位下降ケースの解析結果として、初期水位分布図の比較を図 6.9 に示す。事業者の初期水位は、JNES のものと一致していることを確認した。図 6.10 に最大水位下降量分布の比較、図 6.11 に代表地点位置 (第 1 号機、第 2 号機、第 3 号機取水口) における水位変動の結果を示す。

いずれの結果も、事業者の結果は JNES の解析結果とほぼ一致しており、事業者の解析結果は妥当であると判断される。

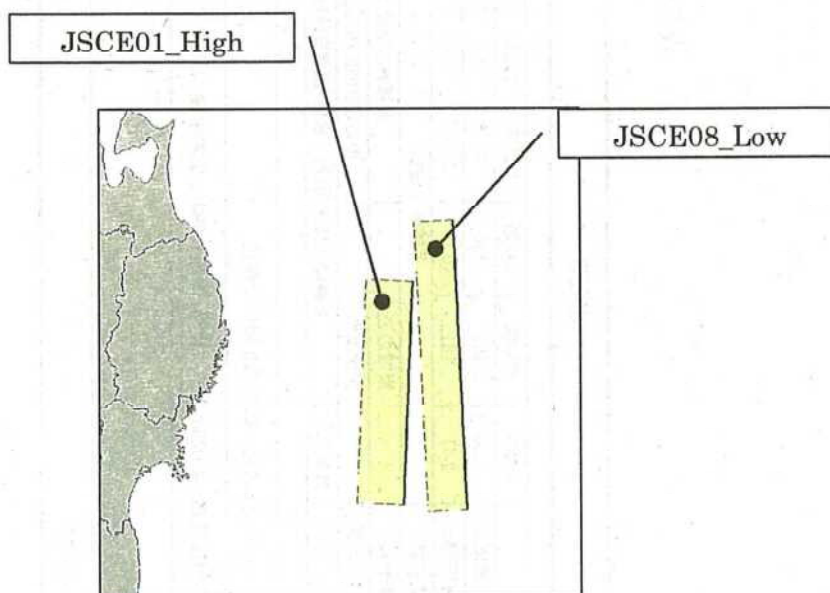
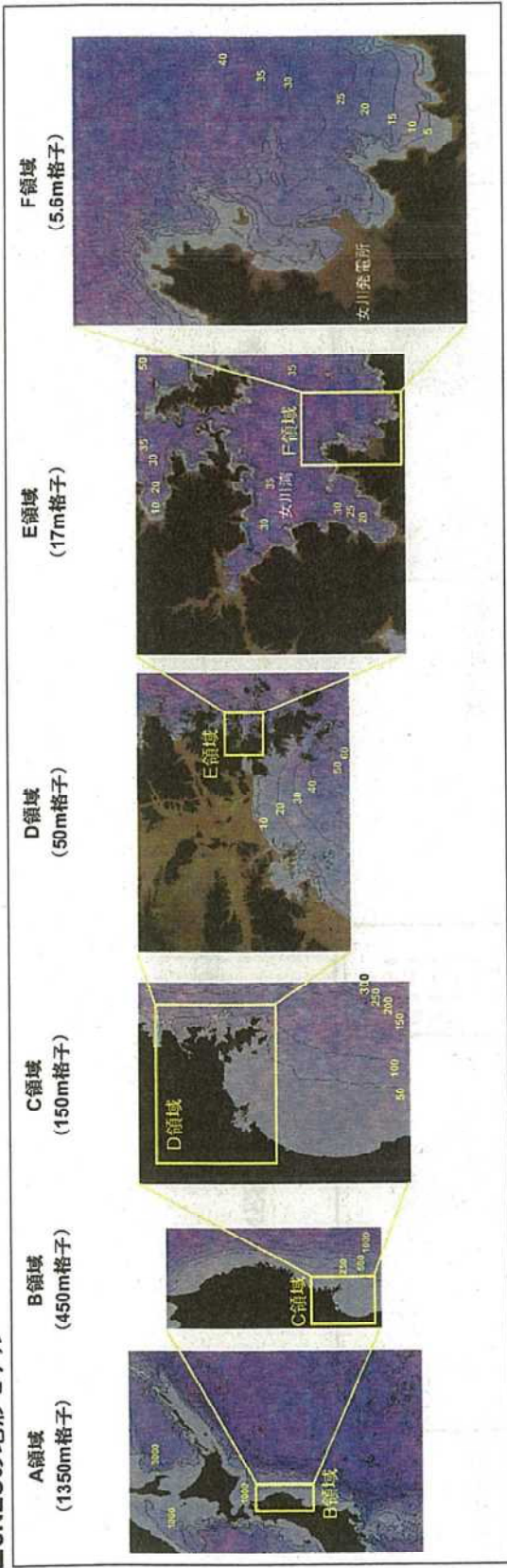


図 6.4 津波水位の評価対象の津波波源

表 6.6 解析条件

項目	JNES										事業者												
	各領域の 解析条件	A領域 空間格子間隔(m) 1350	B領域 450	C領域 150	D領域 50	E領域 17	F領域 5.6	B領域 2500	C領域 833	D領域 278	E領域 93	F領域 31	G領域 10	H領域 5	空間格子間隔(m) 2500	時間格子間隔(s) 0.1	基礎方程式 線形長波式	地形モデル 海域のみ	境界条件 陸側 完全反射 沖側 自由透過	地形モデル 海域のみ	境界条件 陸側 完全反射 沖側 自由透過	基礎方程式 線形長波式	地形モデル 海域のみ
初期条件	Mansinha and Smylie (1971)の方法を用いて設定。													Mansinha and Smylie (1971)の方法を用いて設定。									
海底摩擦係数	Manningの粗度係数 $n=0.025m^{-1/3}s$ (後藤・佐藤(1993)、土木学会(2002))													Manningの粗度係数 $n=0.03m^{-1/3}s$ (岩崎・真野(1979)、土木学会(2002))									
水平渦動粘性係数	考慮しない													考慮しない									
現象再現時間	地震発生後4時間													地震発生後4時間									

■ JNESの地形モデル



■ 事業者の地形モデル

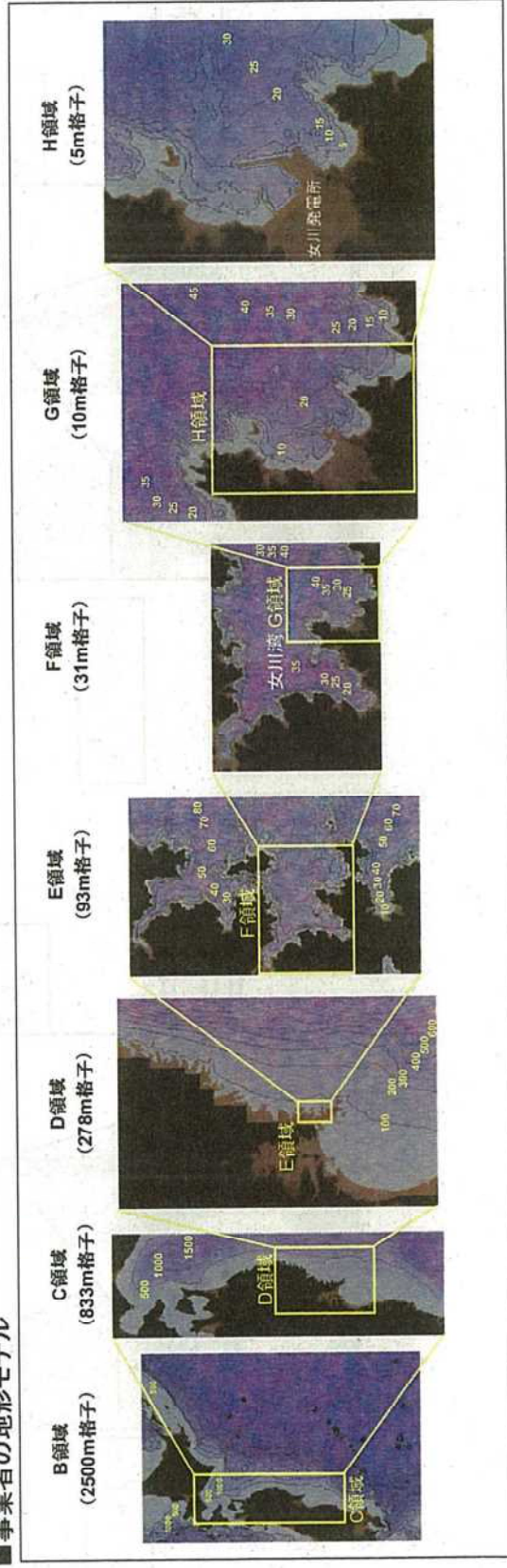
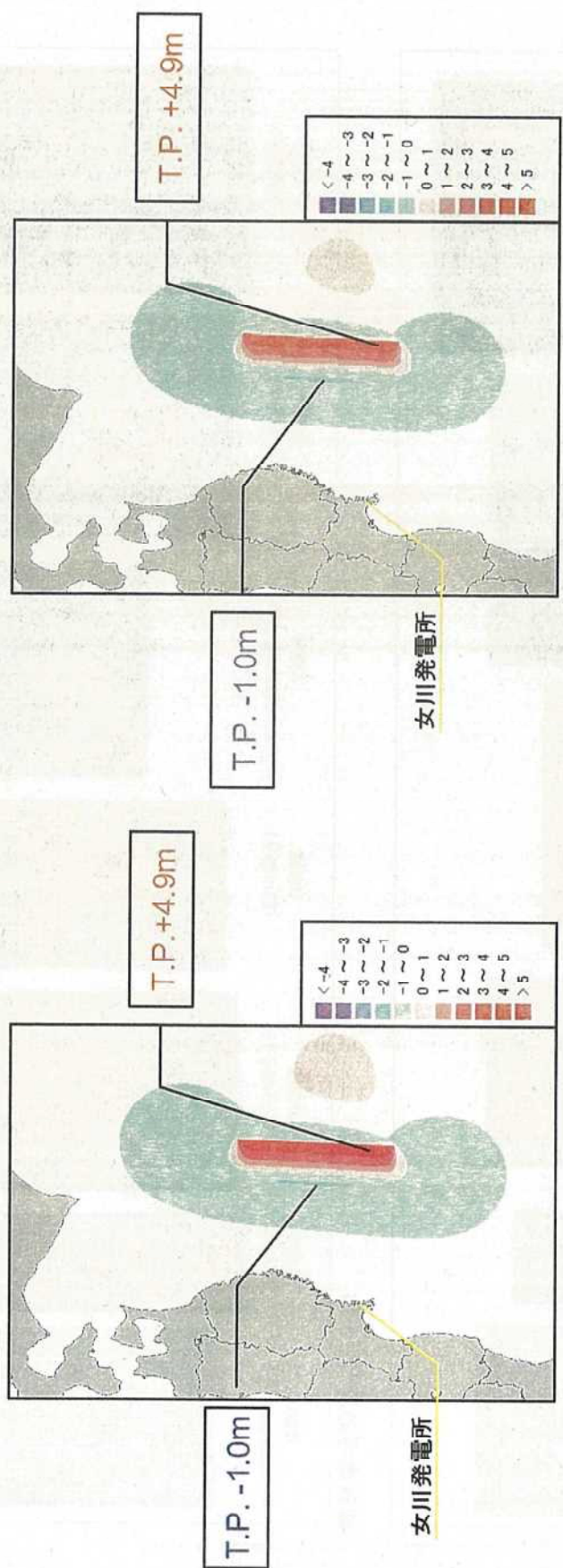


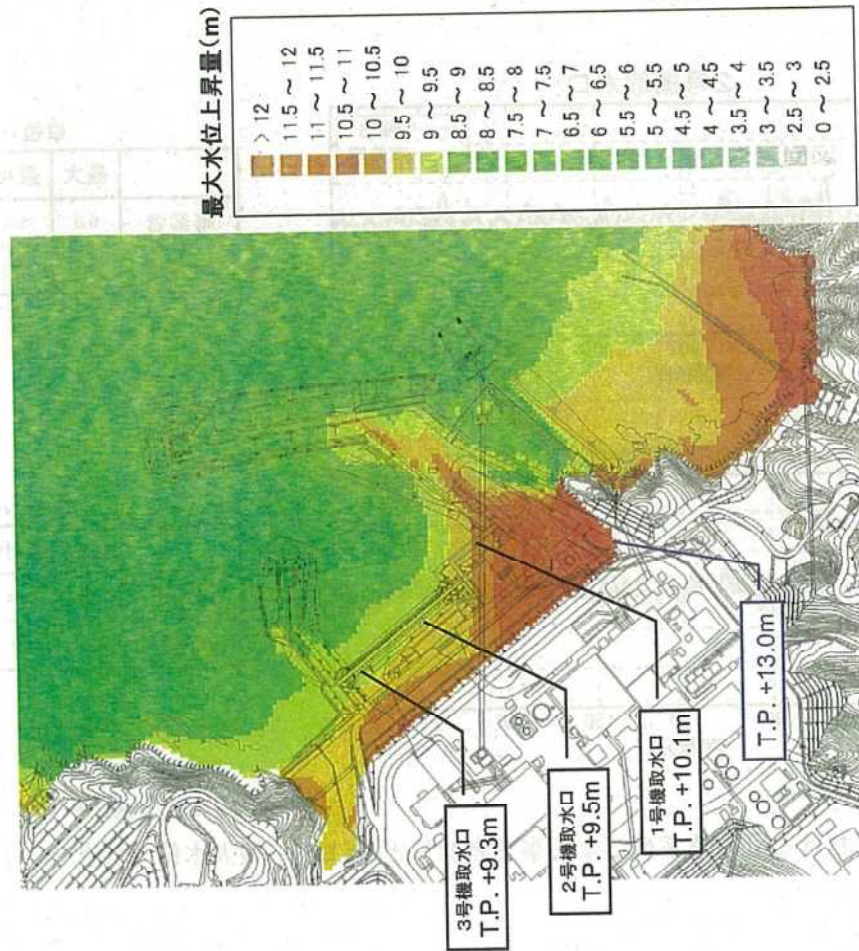
図 6.5 地形モデル



事業者

図 6.6 初期水位分布図 (最大水位上昇ケース JSCE01_High)

JNES



事業者

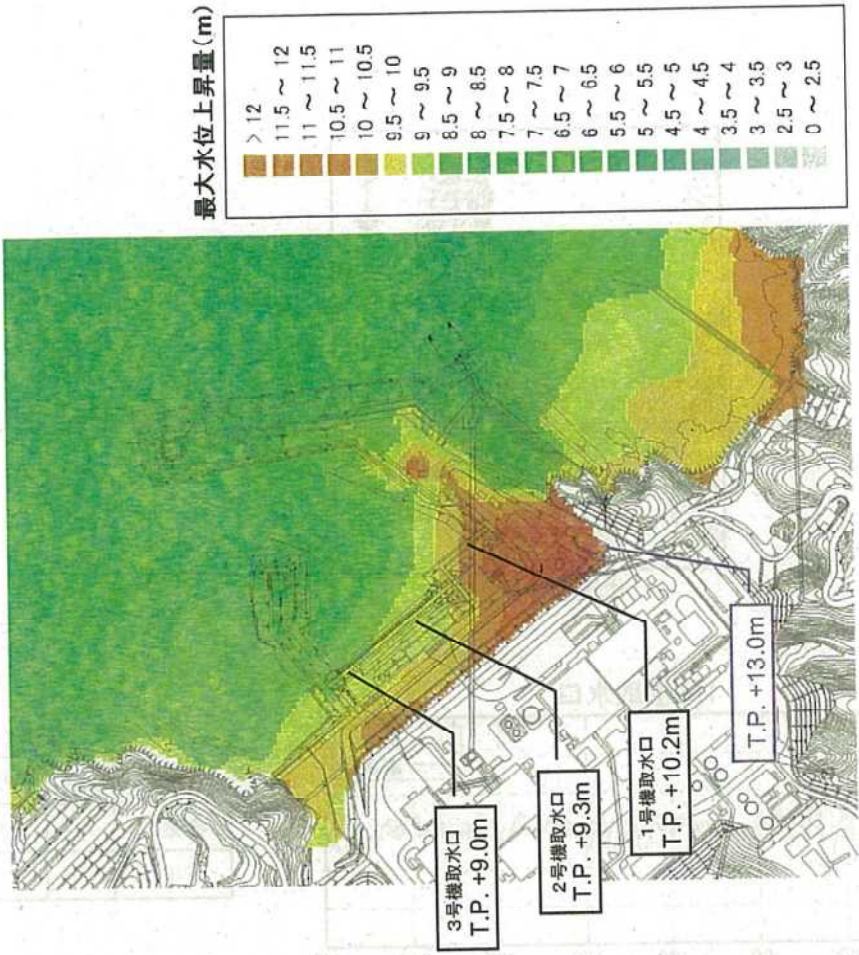
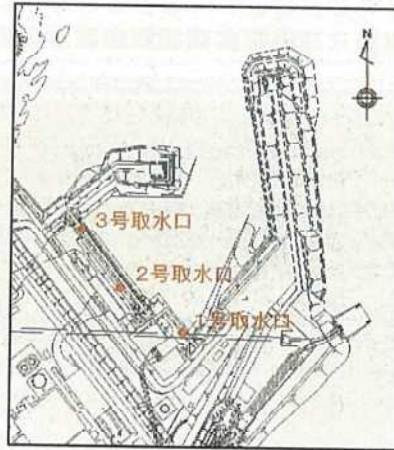
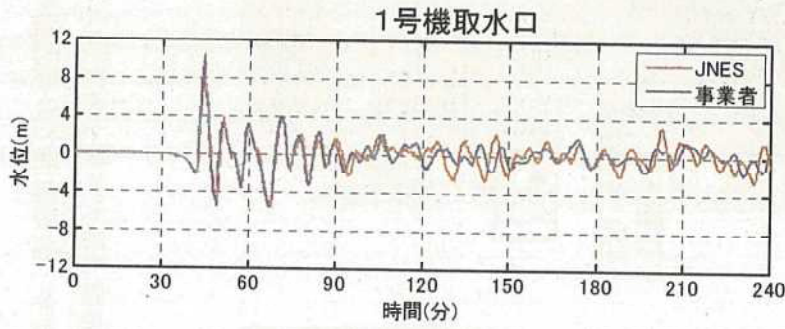


図 6.7 最大水位上昇量分布図 (最大水位上昇ケース)

(黒字：代表地点位置での最大値、青字：敷地前面での最大値の抽出地点)

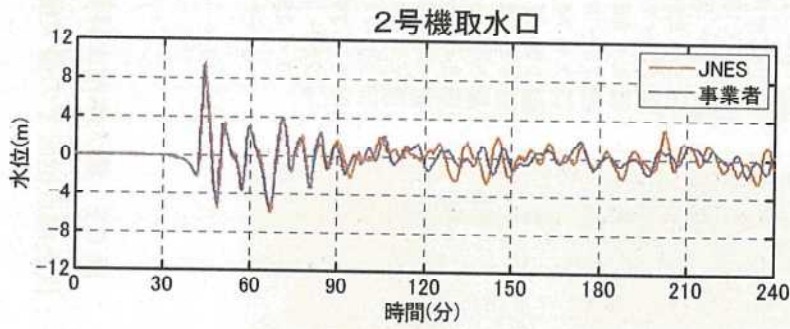


代表地点位置図



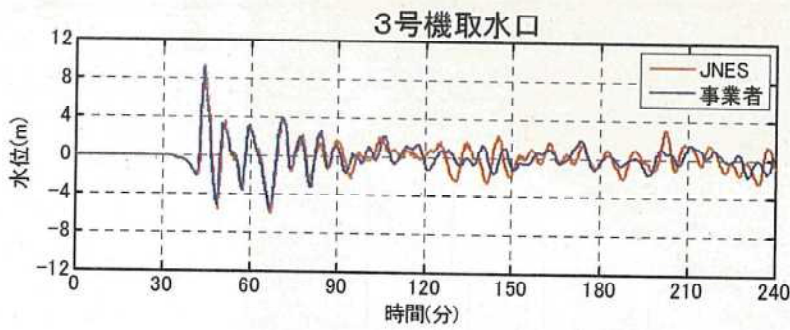
単位(m)

	最大	最小
事業者	10.2	-5.4
JNES	10.1	-5.9



単位(m)

	最大	最小
事業者	9.3	-5.4
JNES	9.5	-6.0

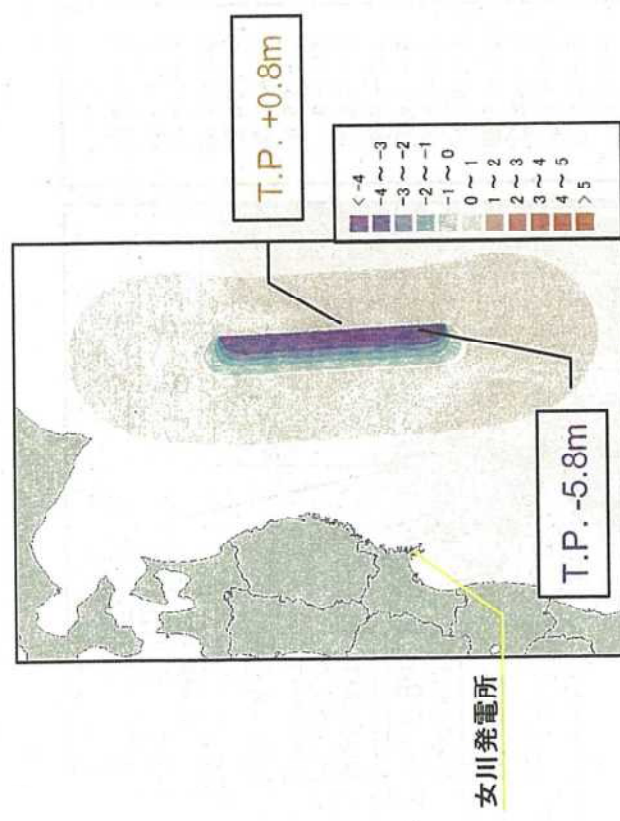
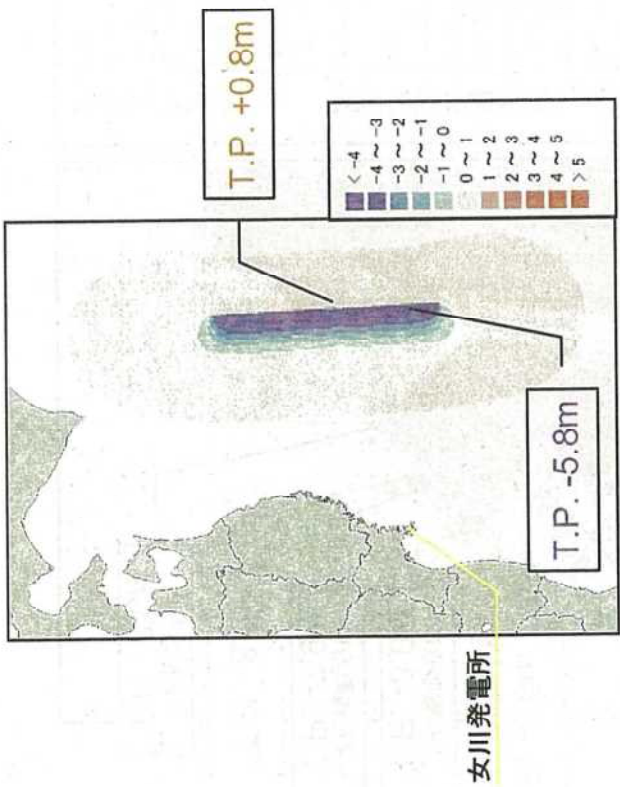


単位(m)

	最大	最小
事業者	9.1	-5.4
JNES	9.3	-6.0

※水位は T.P.基準

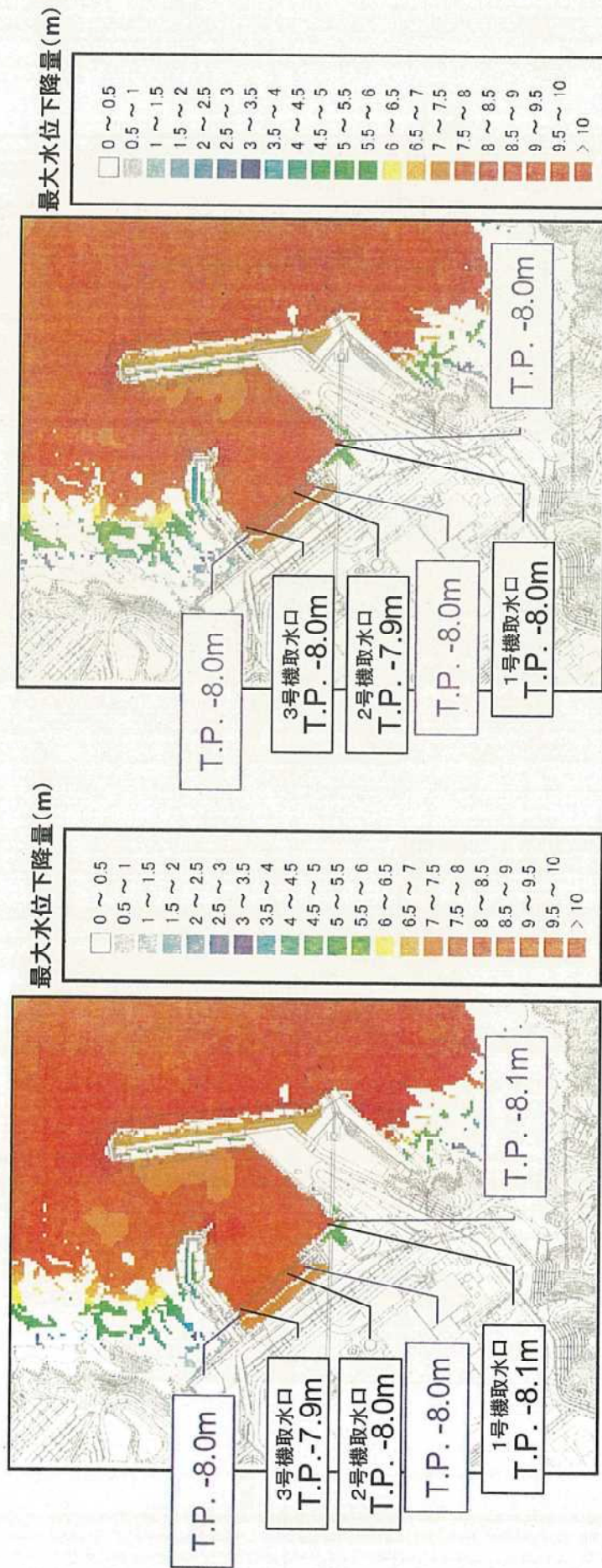
図 6.8 代表地点位置における水位時系列による事業者結果との比較 (最大水位上昇ケース)



事業者

JNES

図 6.9 初期水位分布図 (最大水位下降ケース JSCE08_Low)



JNES

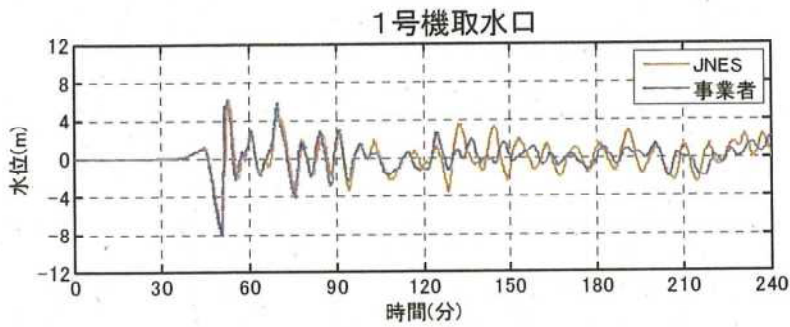
事業者

図 6.10 最大水位下降量分布図 (最大水位下降ケース)

(黒字：代表地点位置での最大値、青字：敷地前面での最大値の抽出地点)

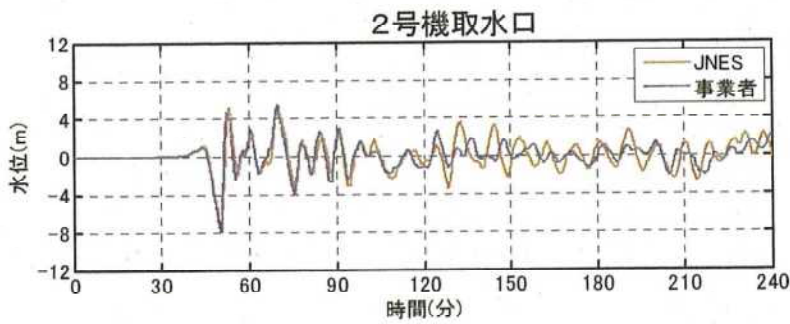


代表地点位置図



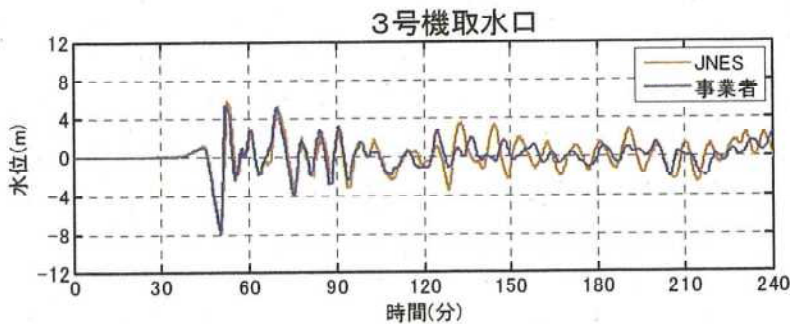
単位(m)

	最大	最小
事業者	6.2	-8.0
JNES	6.0	-8.0



単位(m)

	最大	最小
事業者	5.4	-7.9
JNES	5.1	-8.0



単位(m)

	最大	最小
事業者	5.3	-8.0
JNES	5.9	-7.9

※水位は T.P基準

図 6.11 代表地点位置における水位時系列による事業者結果との比較 (最大水位下降ケース)

6.4 感度解析の結果

水位上昇に対する検討について、5.2 節 (1) の (a) で述べた、走向の不確かさを土木学会 (2002) に従って基本 $\pm 10^\circ$ に設定した感度解析ケース (JSCE 05、JSCE 06、JSCE 07) の結果について、以下に述べる。

表 6.7 に各解析ケースの敷地沿岸部における最大遡上高、図 6.12 に、敷地沿岸各部の最大遡上高の比較を示す。JSCE 07 及び JSCE 05 の結果が JSCE01_High の結果より水位上昇量が大きくなった。また、図 6.13(a)~(c)には、各ケースの最大水位上昇分布を示す。同図中には、敷地沿岸部における最大遡上高を示した。津波解析結果の値は、いずれも東京湾平均海面 (T.P.) を基準としている。検討したケースで、敷地沿岸部において最も影響を与えるのは、JSCE07 であり、最大遡上高は T.P. +13.5m であった。

図 6.14 に JSCE 07 による最大水位上昇量分布を示し、敷地沿岸部における最大遡上高及び各取水口前面における最大水位上昇量を併記する。同図には JSCE01_High の結果を合わせて示した。代表地点位置 (取水口前面) における水位時系列を図 6.15 に示す。

感度解析の JSCE 07 の結果と安全性判断基準値の比較を表 6.8 に示す。JSCE 07 では、朔望平均満潮位 (O.P.+1.43m) を考慮すると、想定津波による最大水位上昇量は (O.P. +14.93m) 程度であり、敷地高 O.P. +14.8m を約 13cm 上回る。

表 6.7 津波解析結果一覧 (最大遡上高)

解析ケース	敷地沿岸部最大遡上高(m)
JSCE01_High	13.0
JSCE05	13.3
JSCE06	12.5
JSCE07	13.5

※遡上高は T.P.基準

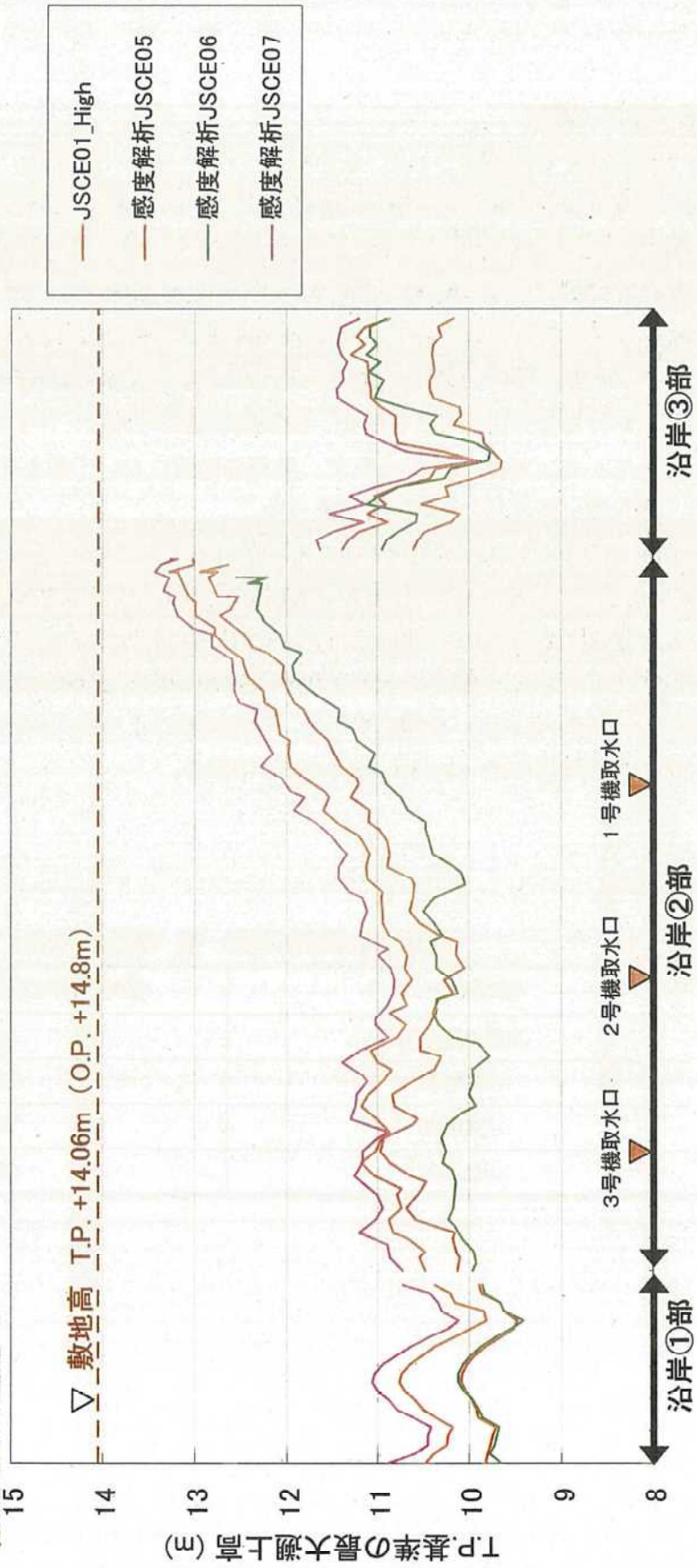
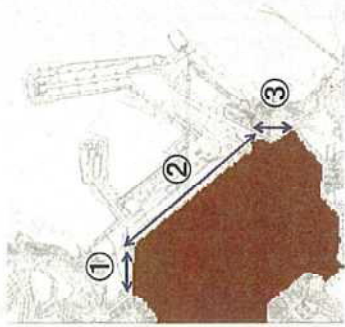


図 6.12 敷地沿岸部における最大遡上高 (m) (※潮位の考慮なし)

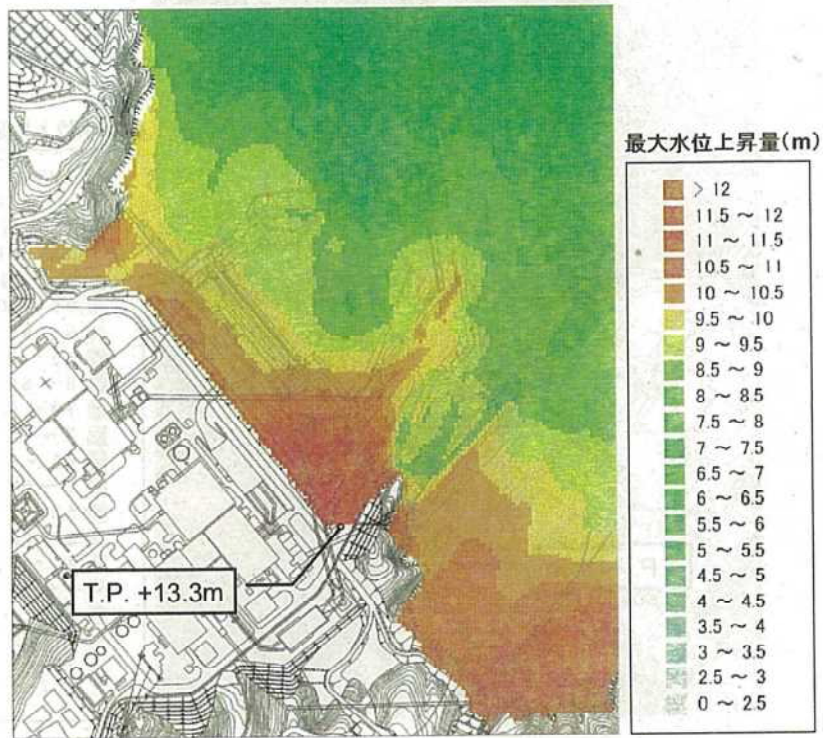


図 6.13 (a) 最大水位上昇量分布 (JSCE05)

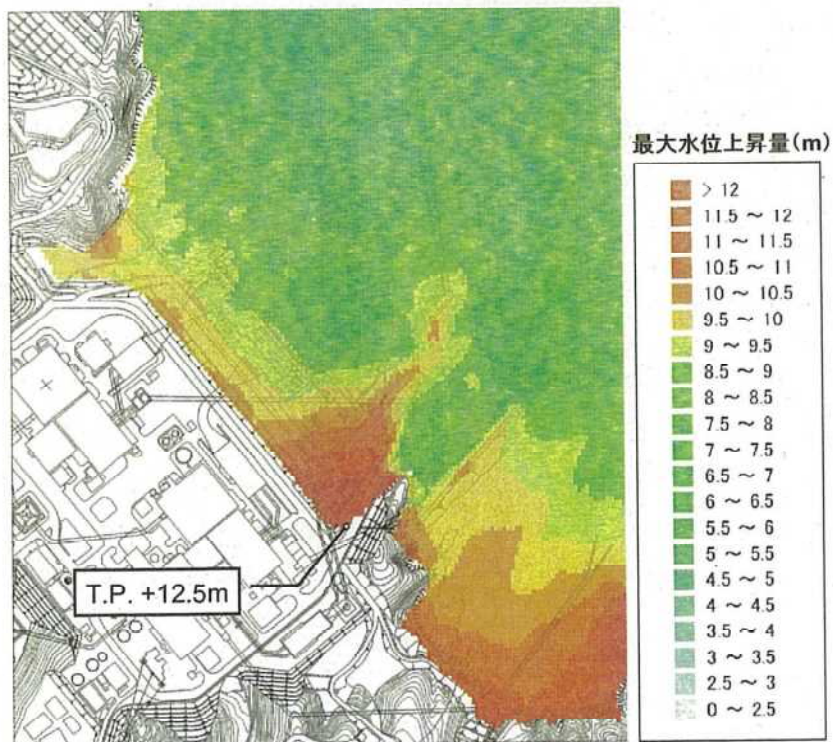


図 6.13 (b) 最大水位上昇量分布 (JSCE06)

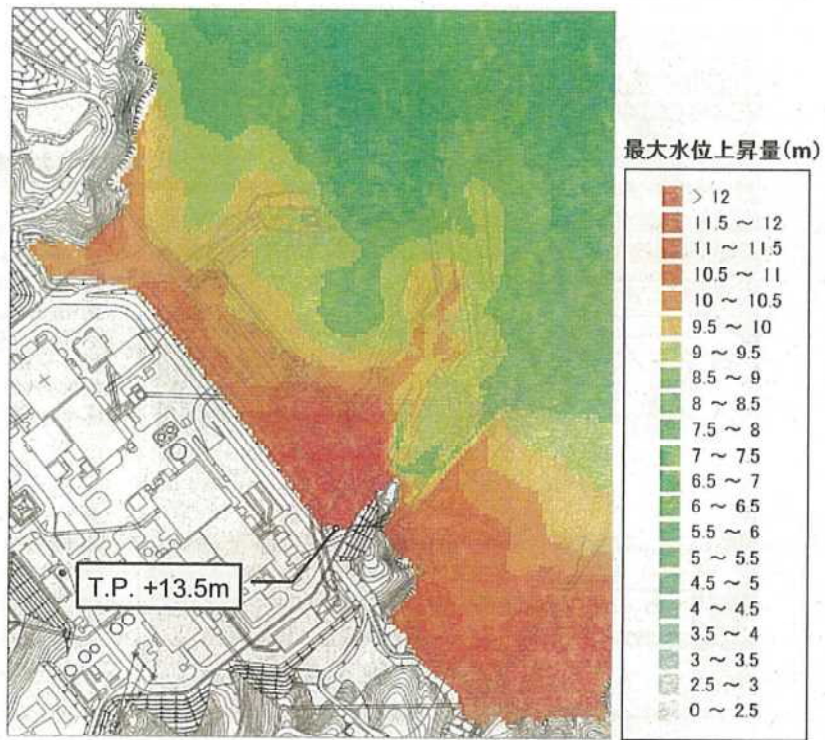
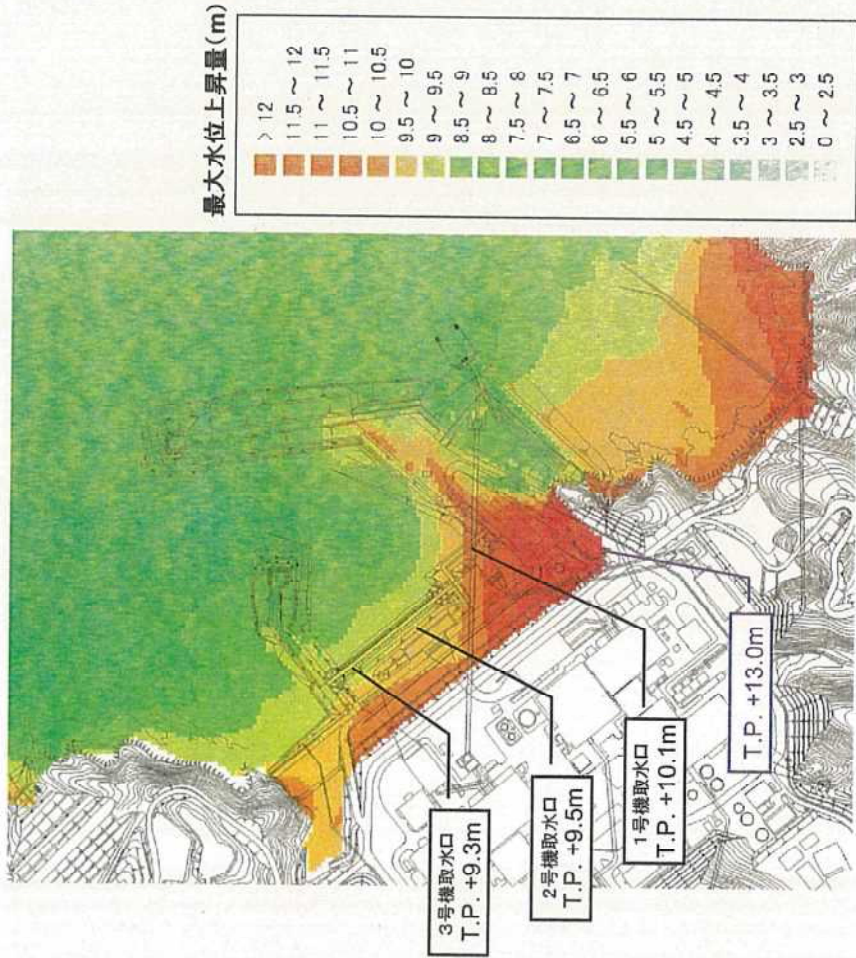


图 6.13 (c) 最大水位上昇量分布 (JSCE07)

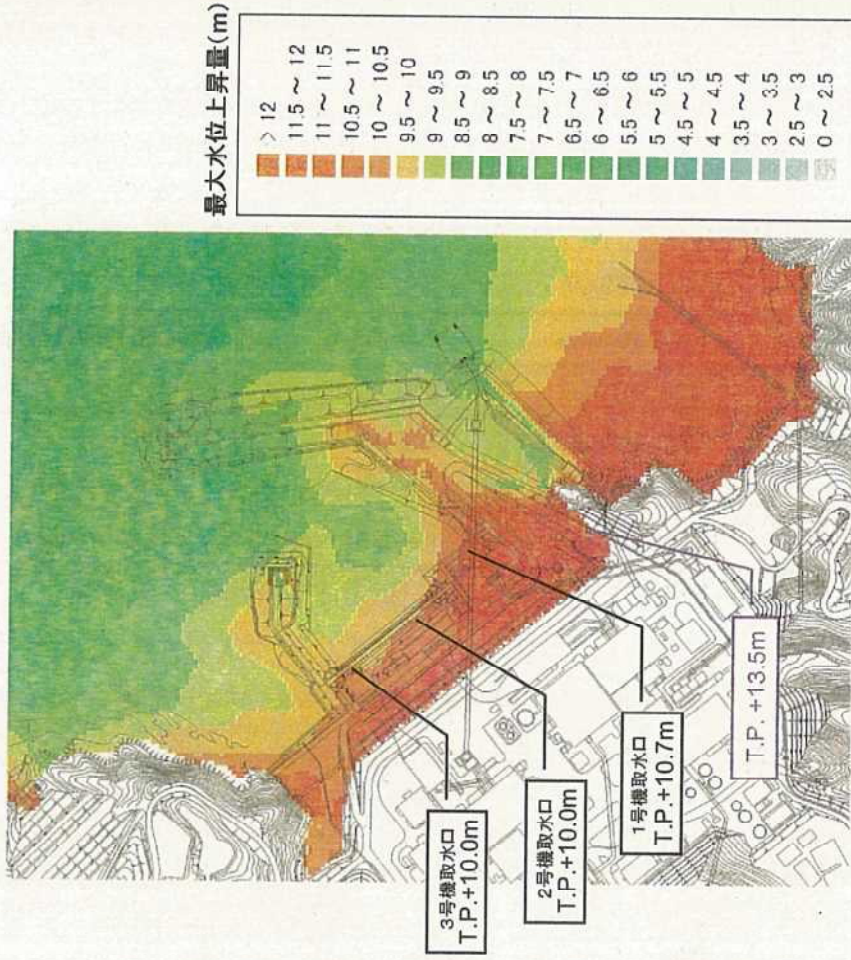
表 6.8 感度解析 JSCE07 の結果と安全性判断基準値の比較

	JSCE 01_High	JSCE07	安全性判断基準値
解析値(m)	T.P. +13.0m	T.P. +13.5m	—
朔望平均満潮位(m)	O.P. +1.43m	O.P. +1.43m	—
評価水位(m)	O.P. +14.4m (T.P. +13.7m)	O.P. +14.93m (T.P. +14.19m)	O.P. +14.8m (T.P. +14.06m)

※O.P.は女川発電所工事用基準面であり、O.P.=T.P. (東京湾平均海面) -0.74m



JSCE 01_High

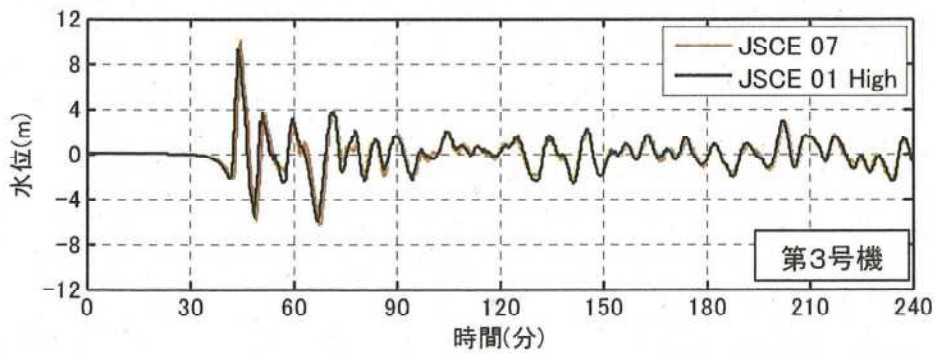
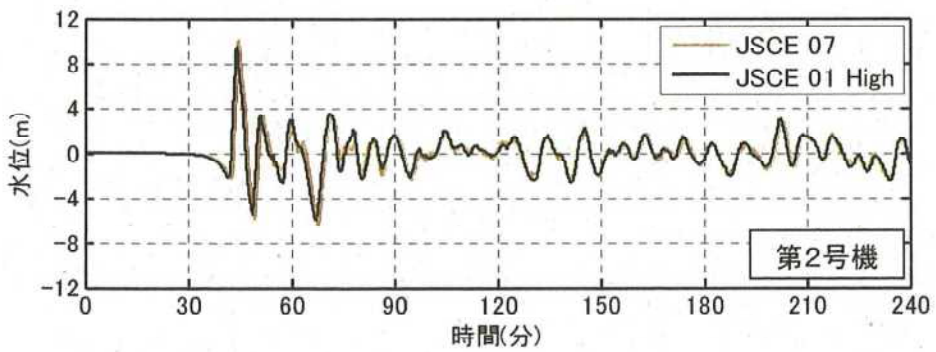
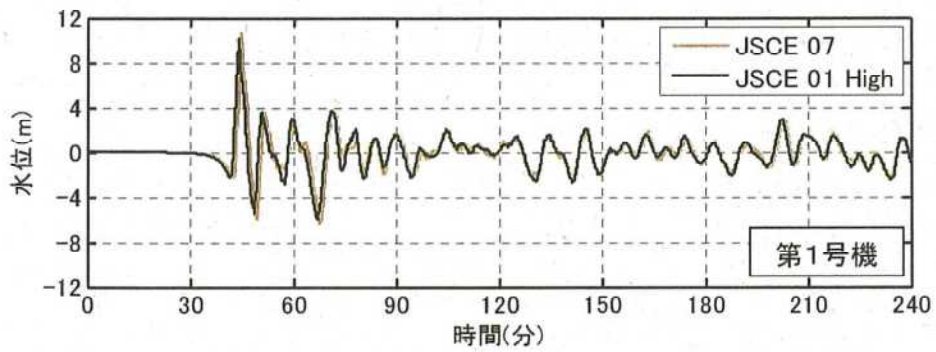


JSCE 07

図 6.14 最大水位上昇量分布図 (JSCE 01_High と JSCE07 の比較)
(黒字：代表地点位置での最大値、青字：敷地前面での最大値の抽出地点)



代表地点位置図



※水位は T.P.基準

図 6.15 代表地点位置における水位時系列 (JSCE 07)