

電源開発株式会社
大間原子力発電所

意見聴取会指摘事項について
(津波関係)

平成17年2月
原子力発電安全審査課

目 次

1. 日本海東縁部の想定津波の基準断層モデル諸元の設定方法について
2. 地震調査研究推進本部で検討された十勝沖・根室沖連動型地震に伴う津波について
3. 津波の引波による海底面の露出範囲について
4. 取水路内の計算条件について
5. 港湾及び取水路の振動特性について
6. 取水口カーテンウォール掘込部の形状と容量について
7. 一時的な分布形状の変化を考慮した砂移動の数値シミュレーションについて
8. 原子炉補機冷却系の取水確保について
9. 想定津波の詳細パラメータスタディ結果について

1. 日本海東縁部の想定津波の基準断層モデル諸元の設定方法について

- 1) 日本海東縁部の想定津波の基準断層モデル諸元の設定方法について、具体的に説明すること。

申請者は、意見聴取会資料「津波の検討」（04-大間設C-47）における日本海東縁部に想定した基準断層モデルの諸元のうち、断層長さ、断層幅及びすべり量について、以下で述べる土木学会(2002)⁽¹⁾による検討を参考に設定したとしている。

(1) モーメントマグニチュード M_w

1993年北海道南西沖地震の津波の痕跡高を再現する断層モデルである、高橋ほか(1995)⁽⁴⁾の地震規模 $M_w=7.84$ ⁽¹⁾を下回らないように、基準断層モデルの地震規模を $M_w=7.85$ として設定している。

(2) 断層長さ L

日本海東縁部で発生した津波の痕跡高を説明できる断層モデルの M_w と断層長さ L との関係について検討された内容⁽¹⁾を整理し、以下に示す。

ここで、検討に用いた断層モデルの諸元を表-1.1に、断層モデルの位置を図-1.1に示す。また、ハーバードCMT解より抽出した震源深さの分布を図-1.2に示す。

- 表-1.1によると、痕跡高を説明できる日本海東縁部の断層モデルの幅は30km以下であり、断層の長さ L や M_w によらずほぼ一定である。また、図-1.2によると、震源深さは概ね15km~20kmの浅い位置に分布している。これらの特徴から、地震発生層の厚さに上限がある、すなわち、断層の幅に上限があるとみることができる。
- 一方、地震発生層の厚さに上限がある地殻内断層の地震断層のス

ケーリング則として、武村の関係（後述の②式）が挙げられる。

- 両者には、地震発生層の厚さに上限があるとの考え方があるため、図-1.3 に示すように、日本海東縁部の断層モデルの M_w と断層長さ L との関係（表-1.1）と武村の関係を比較した。その結果、両者はほぼ一致するとみることができると考え、日本海東縁部の基準断層モデルの断層長さの設定において、武村の関係をを用いることが可能と考える。

なお、武村（1998）⁽²⁾は、1885年～1995年に日本列島の内陸で発生した M_4 から M_8 の地殻内地震の断層モデルを分析して、 $M=6.8$ 程度より大きな地震に対し、地殻内地震の断層長さ L と地震モーメント M_0 との関係として①式の関係が成り立つとしている。

$$\log L \text{ (km)} = 1/2 \log M_0 \text{ (dyne}\cdot\text{cm)} - 11.82 \dots\dots\text{①}$$

$$\text{ただし, } M_0 \geq 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne}\cdot\text{cm}$$

①式に、 $\log M_0 \text{ (dyne}\cdot\text{cm)} = 1.5 M_w + 16.1$ （Kanamori (1977)⁽³⁾）を適用し、 L - M_w の関係式に書き換えると②式が導かれる。

$$\log L \text{ (km)} = 0.75 M_w - 3.77 \dots\dots\text{②}$$

(3) 断層幅 W

日本海東縁部の断層モデルの断層幅 W は、地震発生層の厚さを 15km とし、傾斜角に応じて決めるとされている⁽¹⁾。

ここで、傾斜角は、表-1.1 に示すように概ね $30^\circ \sim 60^\circ$ の範囲であり、傾斜方向は、一定ではなく西傾斜及び東傾斜の双方があるとされている⁽¹⁾。

(4) すべり量D

日本海東縁部の断層モデルのすべり量Dは、上述の方法により算出した地震モーメント M_0 、断層長さL及び断層幅Wの各緒元に、震源断層付近の媒質の剛性率 μ を用いて、以下の③式から算出することとされている⁽¹⁾。

$$M_0 = \mu L W D \quad \dots\dots\textcircled{3}$$

ここで、 $\mu = 3.5 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ ($3.5 \times 10^{11} \text{dyne/cm}^2$)

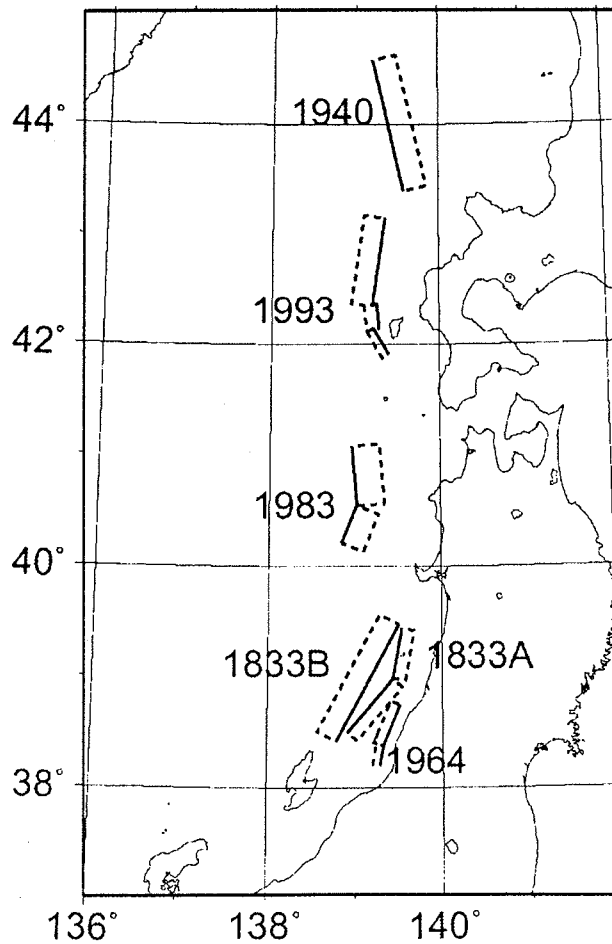
参考文献

- (1) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会 (2002) : 原子力発電所の津波評価技術, 321p.
- (2) 武村雅之 (1998) : 日本列島における地殻内地震のスケーリング則 - 地震断層の影響および地震被害との関連, 地震第2輯, 第51巻, pp.211-228.
- (3) Kanamori, H. (1977) : The energy release in great earthquakes, J. Geophys. Res., Vol. 82, No. 20, pp.2981-2987.
- (4) 高橋武之・高橋智幸・首藤伸夫(1995) : 数値計算による北海道南西沖地震の検討, 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集, 1995年, F31-06, p.370.

表-1.1 既往津波の痕跡高を説明できる断層モデル（日本海東縁部）

〔土木学会(2002)⁽¹⁾〕

対象津波	モデル M_w	面積 (km^2)	L (km)	W (km)	D (m)	d (km)	θ ($^\circ$)	δ ($^\circ$)	λ ($^\circ$)	データ 数	K	κ	備考
1833年天保山形沖(A)	7.82	1250	50	25	6.4	0	10	60	90	27	1.04	1.42	本体系化原案 (相田(1989)を修正;陸岸近く)
		1750	70	25	6.4	0	40	60	120				
1833年天保山形沖(B)	7.76	3960	132	30	4.0	0	208	45	90	27	1.17	1.28	本体系化原案(沖合)
1940年積丹沖	7.70	4050	135	30	3.2	0	347	40	90	20	1.02	1.42	本体系化原案 (Satake(1986)を修正)
1964年新潟	7.35	900	45	20	3.3	1	202	60	90	検潮	-	-	Noguera and Ku.Abe(1992)
		300	20	15	3.0	1	189	60	90				
同上	7.51	813	32.5	25	5.3	0	200	60	52	検潮	-	-	加藤・安藤(1995)
		813	32.5	25	2.9	0	200	60	90				
1983年日本海中部	7.74	1200	40	30	7.6	2	22	40	90	218	1.12	1.46	相田(1984) Model-10
		1800	60	30	3.05	3	355	25	80				
1993年北海道南西沖	7.84	2250	90	25	5.71	10	188	35	80	249	0.96	1.51	高橋武之ら(1995) DCRC-26モデル
		650	26	25	4.00	5	175	60	105				
		458	30.5	15	12	5	150	60	105				



〔土木学会(2002)⁽¹⁾〕

図-1.1 日本海東縁部の既往断層モデル位置

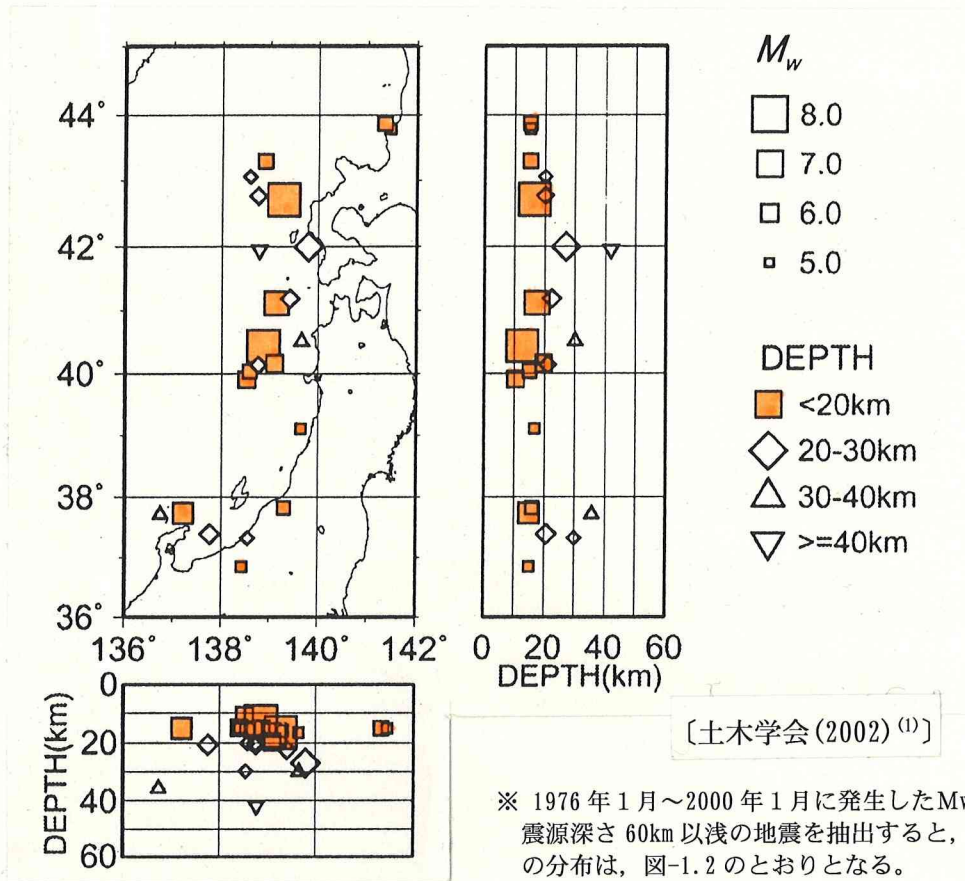
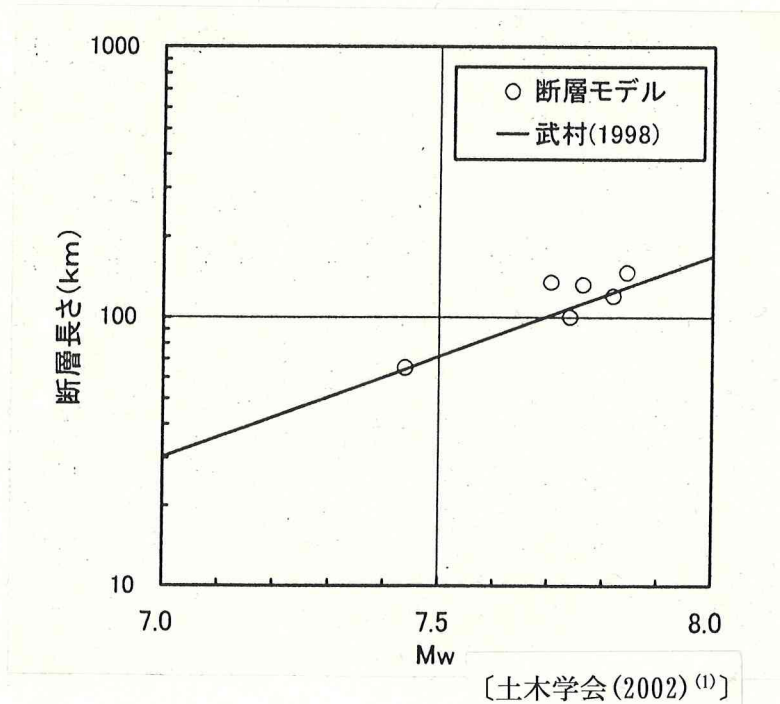


図-1.2 ハーバード CMT 解の深さ分布



※ 表-1.1 に示す各断層モデルを、長さの合計、断層面積、 M_w が保存するように、1枚断層に換算して示した。なお、新潟地震については、2モデルの平均を採用した。

図-1.3 日本海東縁部における既往津波の断層モデルの M_w と断層長さの関係

2. 地震調査研究推進本部で検討された十勝沖・根室沖連動型地震に伴う津波について

- 1) 地震調査研究推進本部で検討された，十勝沖・根室沖連動型地震に伴う津波による影響を検討すること。

申請者は、地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「推本」という。）で検討された、十勝沖・根室沖連動型地震に伴う津波による影響について、以下のとおり検討している。

推本による「千島海溝沿いの地震活動の長期評価（第二版）」（2004）⁽¹⁾では、佐竹ほか（2003）⁽²⁾を基に十勝沖と根室沖のプレート間地震が連動して発生する地震（以下「十勝沖・根室沖連動型地震」という。）を考慮している。推本で検討された十勝沖・根室沖連動型地震の想定震源域を図-2.1 に示す。

佐竹ほか（2003）⁽²⁾は、北海道東部の太平洋岸の湿原等で海岸から内陸数 km にわたって分布する 17 世紀の津波堆積物を説明する目的で、十勝沖・根室沖連動型地震を波源とする津波の数値シミュレーションを行い、これらの津波堆積物の分布を説明することができたとしている。

佐竹ほか（2003）⁽²⁾によると、北海道東部の太平洋岸に分布する津波堆積物の調査から、過去 7000 年にわたっておよそ 500 年間隔で繰返しイベント（堆積物を残す津波）が発生しており、最近では 17 世紀に発生したとされている。17 世紀のイベントによる津波堆積物は、北海道東部の太平洋岸で複数枚認められる津波堆積物のうち最も分布範囲の広いもののひとつとして扱われている。

一方、北海道東部では 17 世紀の地震・津波についての歴史記録は存在せず、1600 年代の中頃からほぼ連続的に地震が記録されている東北地方の歴史記録にも 17 世紀のイベントの記録が残っていないこ

とから、17世紀のイベントによる津波は北海道東部に大きな影響をもたらしたものの三陸沿岸には被害をもたらさない程度であったとされている⁽²⁾。

申請者は、これらの文献調査の結果を基に、17世紀に北海道東部に影響を及ぼしたと考えられる津波について具体的なイベントを特定できないことから、過去に発生した津波（既往津波）として扱っていないが、念のため数値シミュレーションを行い敷地への影響について検討している。

申請者は、津波の数値シミュレーションにおいて、佐竹ほか(2003)⁽²⁾で検討された十勝沖・根室沖連動型地震の断層モデルを用いている。断層モデルの諸元と位置を図-2.2に示す。

数値シミュレーション結果として、最大水位上昇量及び最大水位下降量の分布を図-2.3に、水位時間波形を図-2.4に示す。

数値シミュレーションによると、敷地における津波の最高水位は、最大水位上昇量（0.55m）に朔望平均満潮位（T.P. +0.63m）を考慮してT.P. +1.2m程度となり、取水口スクリーン前面における津波の最低水位は、最大水位下降量（0.46m）に朔望平均干潮位（T.P. -0.29m）を考慮してT.P. -0.8m程度となる結果が得られたとしている。

以上の検討から、佐竹ほか(2003)⁽²⁾で検討された十勝沖・根室沖連動型の地震に伴う津波による敷地への影響はないと評価している。

参考文献

- (1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 (2004) : 千島海溝沿いの地震活動の長期評価 (第二版), 35p.
- (2) 佐竹健治・七山太・山木滋 (2003) : 17 世紀に北海道東部で発生した異常な津波の波源モデル, 産業技術総合研究所, 活断層・古地震研究報告, No. 3, pp. 315-362.

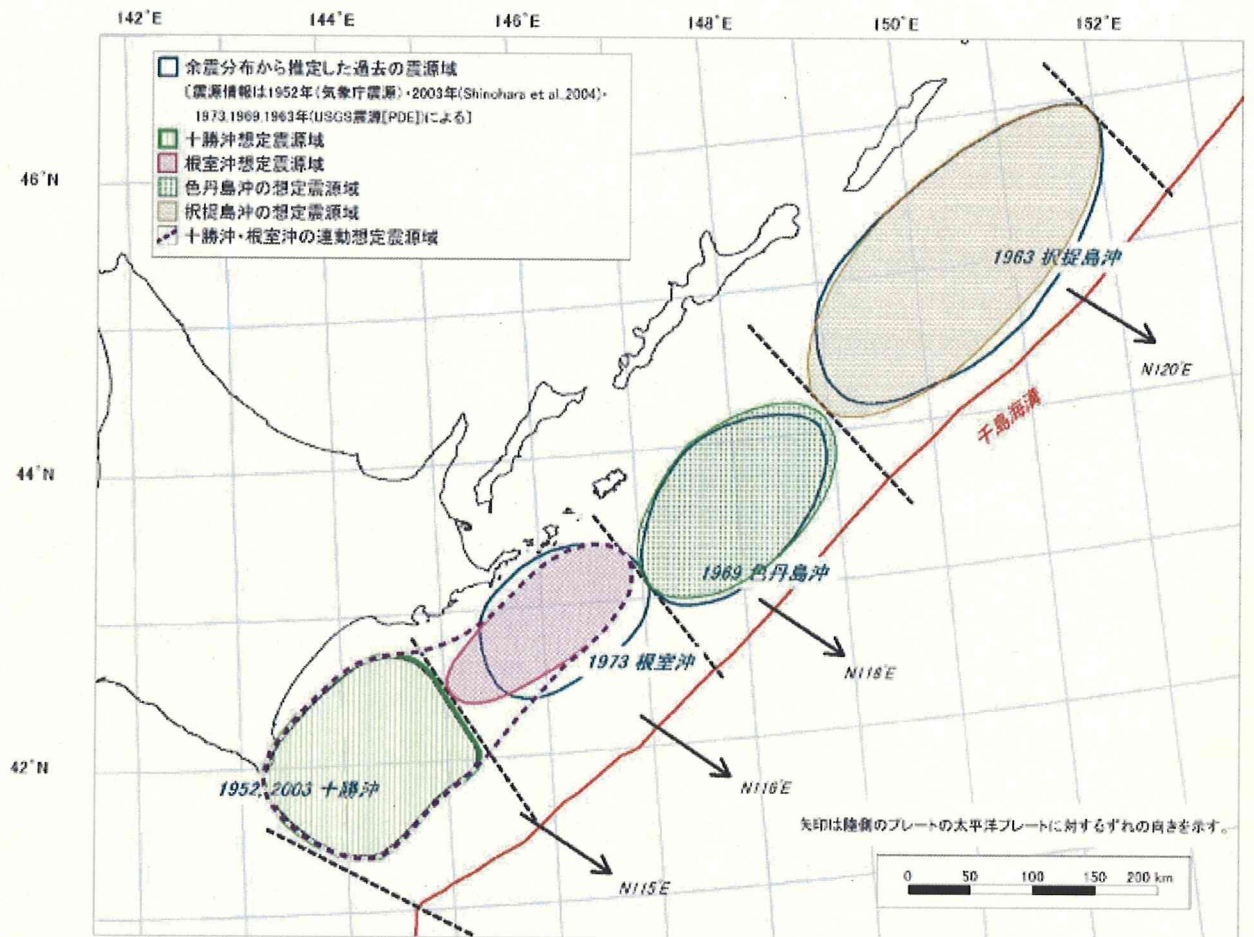


図-2.1 十勝沖・根室沖連動型地震の想定震源域
 [地震調査研究推進本部地震調査委員会(2004)⁽¹⁾]

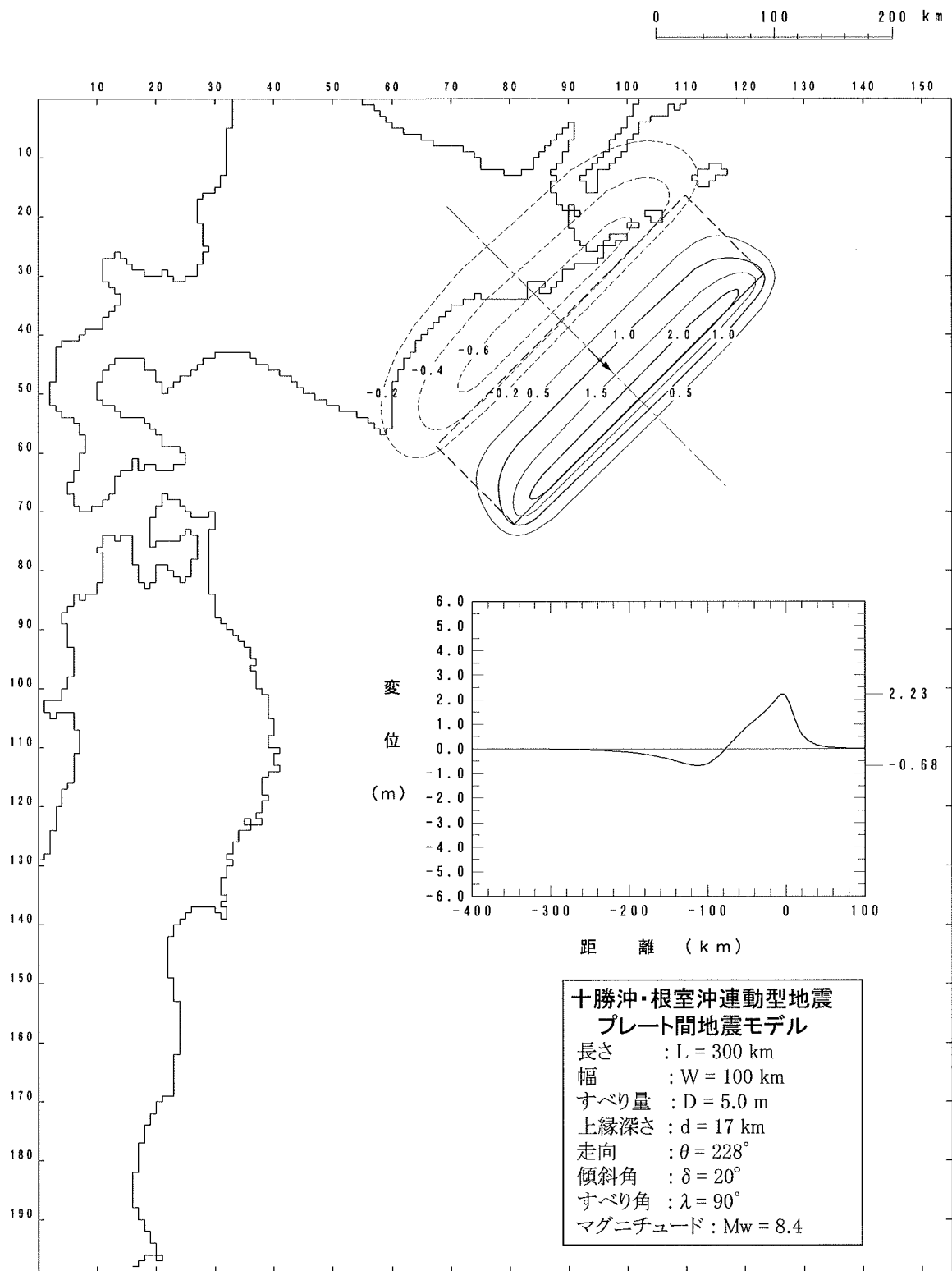
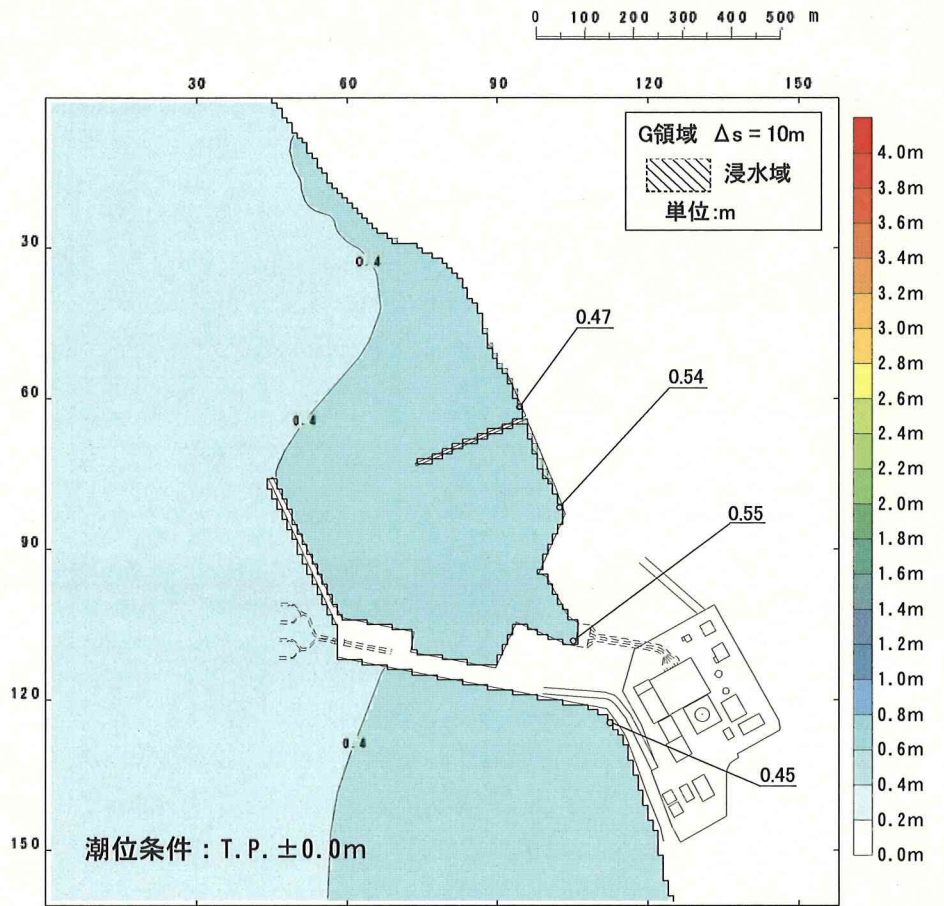


図-2.2 断層モデルと初期変位分布

最大水位上昇量



最大水位下降量

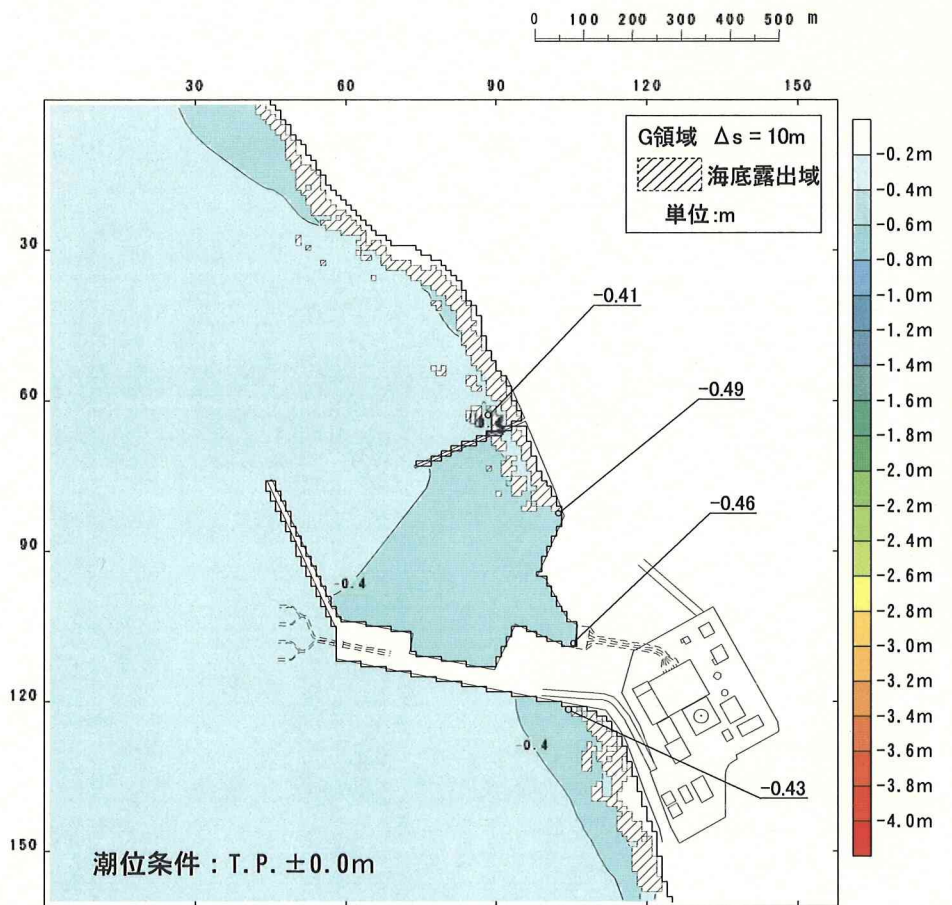


図-2.3 最大水位上昇量及び下降量の分布

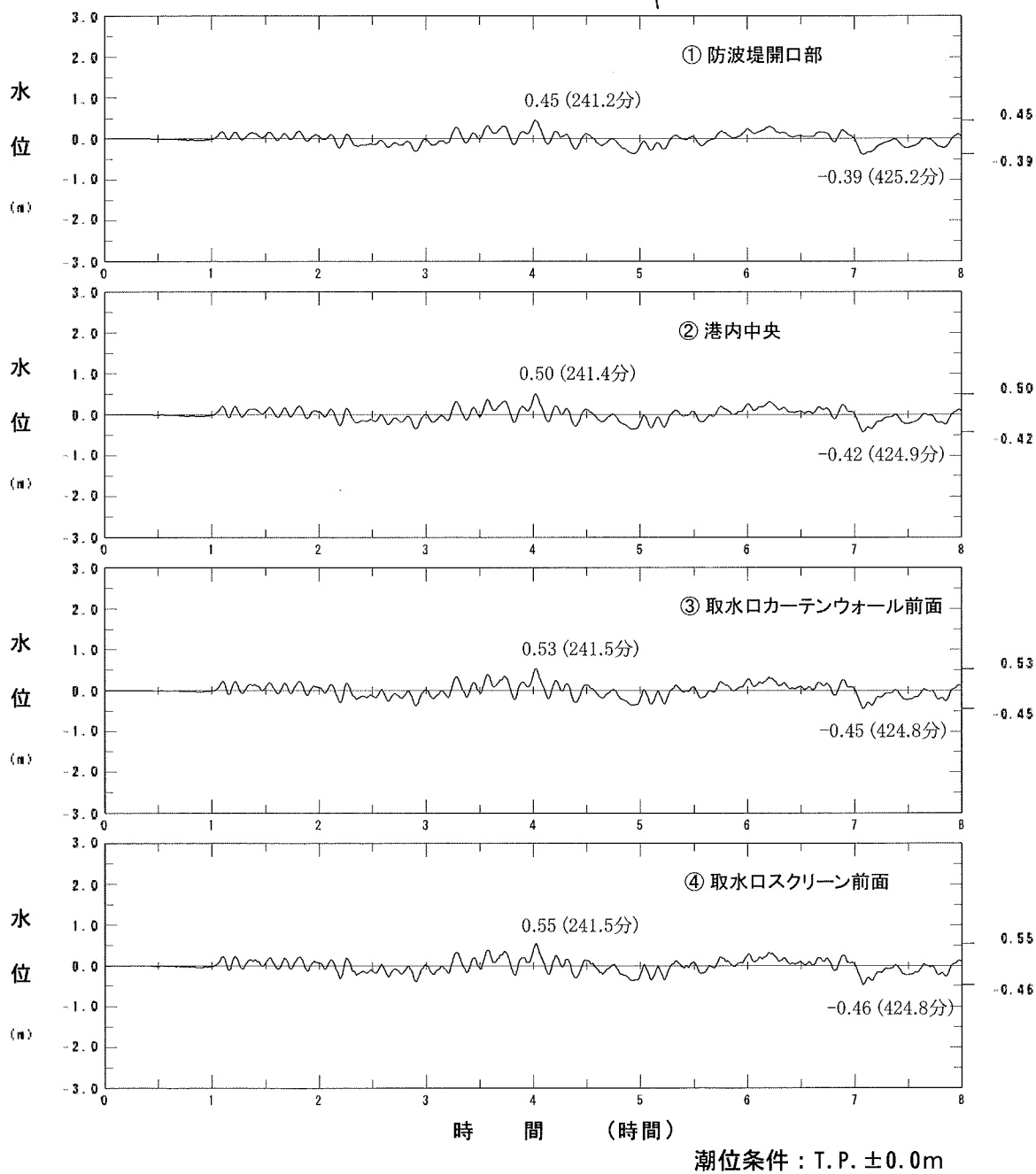
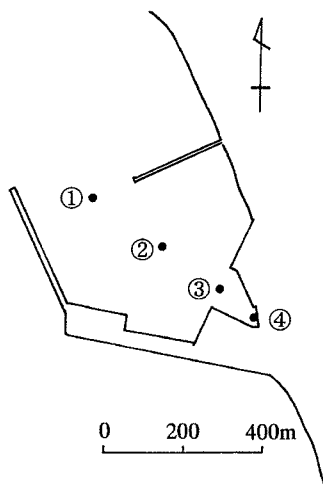


図-2.4 水位時間波形

3. 津波の引波による海底面の露出範囲について

- 1) 津波の引波による海底面の露出範囲の違いについて，津波の周期との関係から説明すること。

申請者は、意見聴取会資料「津波の検討」（04-大間設C-47）において検討した、日本海東縁部の想定津波とチリ沖の想定津波の水位分布を事例として、引波による海底面の露出範囲の違いについて、以下のとおりとしている。

数値シミュレーションを行い津波による敷地の影響評価を行う際の海底地形モデルは、深浅測量による詳細な海底地形図を用いて、港湾施設の形状等を考慮のうえ、格子間隔を10mとして作成している。港湾内では、航路及び泊地において掘削・浚渫を行うが、それ以外の部分においては自然地形が残ることから、一部の範囲においては岩盤の凹凸をそのままモデル化している。海底地形を表した港湾付近の計算領域を図-3.1に示す。

日本海東縁部の想定津波を対象とした数値シミュレーションの結果得られた、計算水位の時系列変化を図-3.2に、50分から72分までの2分ごとの各時刻における水位・流速分布を図-3.3に、各格子における最大水位下降量の分布を図-3.4に示す。

図-3.2によると、日本海東縁部の想定津波では、取水口スクリーン前面の最大水位下降量は58.5分に発生しているが、図-3.3に示すとおり、58分の水位分布では、取水口前面の水位が下がり切る前に、次の押波が港内に流入していることが確認されるとしている。これは、日本海東縁部の想定津波では周期が7～10分程度と比較的短いことから、引波により港内の海水が港外へ流出するまでの間に次の押波により港内への海水の流入が生じることを示しているとしてい

る。

また、北防波堤基部付近の海底面が露出した部分（図-3.3 における斜線部）においても、引波により海底面の凸状の部分が露出しつつあるところ（56分～58分）へ、次の押し波が到達し（60分）、海底面の凸状地形は全て水没することが確認できるとしている。

図-3.4 は、数値シミュレーションを行った 240 分間の各格子における最大水位下降量の分布を示している。同図によると、海岸付近の海底面は露出するものの、一部の範囲に溜り水が確認されたとしている。

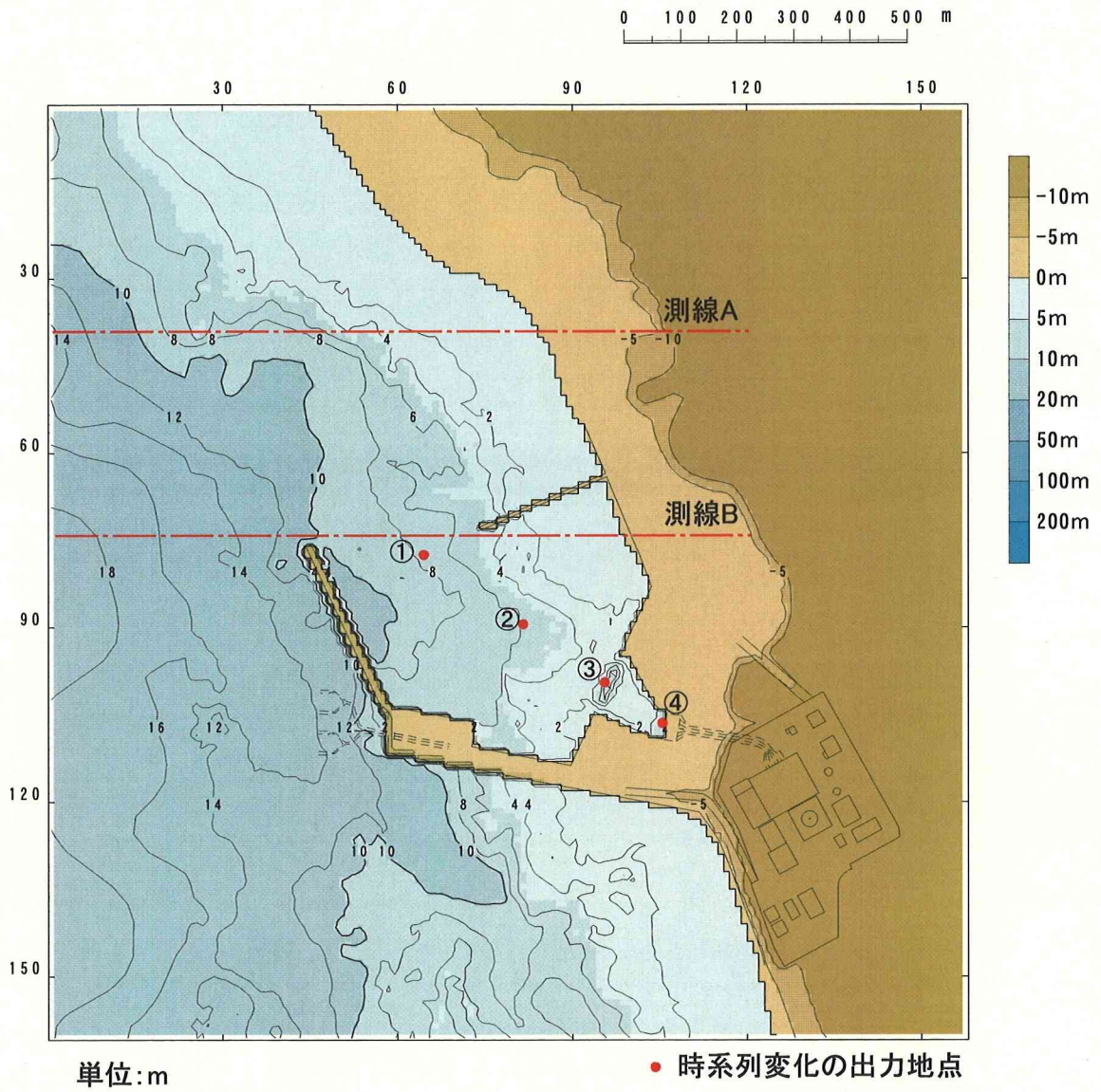
また、チリ沖の想定津波を対象とした数値シミュレーションの結果得られた、計算水位の時系列変化を図-3.5 に、港湾内の 400 分から 600 分までの 20 分ごとの各時刻における水位・流速分布を図-3.6 に、各格子における最大水位下降量の分布を図-3.7 に示す。

図-3.5 によると、チリ沖の想定津波では、取水口スクリーン前面の最大水位下降量は 519.4 分に発生している。図-3.6 に示すとおり、チリ沖の想定津波では 480 分から 500 分にかけて徐々に水位が低下し、最大水位下降量が生じる 519.4 分を僅かに過ぎた 520 分には、次の押し波により港内への海水の流入が生じ徐々に水位が上昇する傾向にあることを示している。このときの様子から、チリ沖の想定津波では、周期が 140～150 分程度と非常に長いことから、港内外の水位はほぼ一様に低下しきった状態となり、海底は広い範囲にわたって露出したもので、続く水位上昇においてもほぼ一様に海面が上昇するという津波の来襲形態となっていることがわかるとしている。

さらに詳細に見ると，北防波堤基部付近の海底面が露出した部分（図-3.6 における斜線部）においても，引波により海底面の凸状の部分が徐々に露出（480 分～500 分）した後，次の押し波が到達し，徐々に水位が上昇するのに伴い凸状の部分が水没する（520 分～560 分）状況が確認できるとしている。

図-3.7 は，数値シミュレーションを行った 12 時間の各格子における最大水位下降量の分布を示している。同図によると，海岸付近の海底面はほぼ露出し，溜り水の分布はごく一部の範囲に限られているとしている。

したがって，日本海東縁部の想定津波による最大水位下降量の分布図（図-3.4）とチリ沖の想定津波による最大水位下降量の分布図（図-3.7）における海底面の露出範囲の違いは，周期が異なる津波の挙動により生じたものであるとしている。



G領域 ($\Delta s = 10m$)

「津波の検討」(04-大開設C-47)に加筆

図-3.1 計算領域図

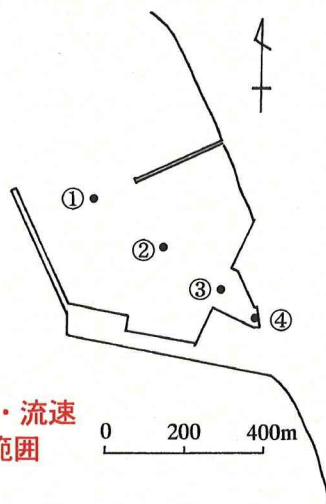
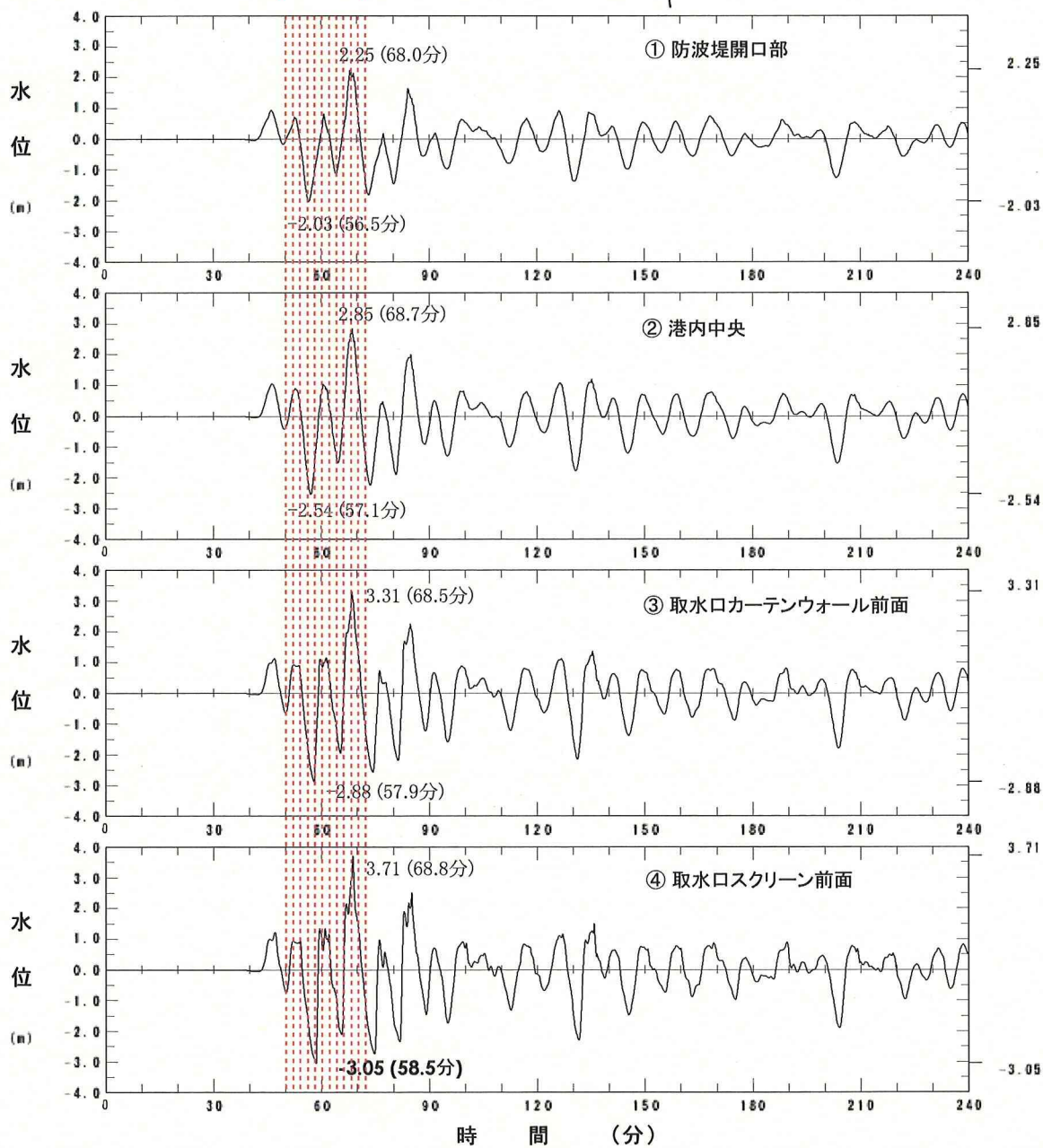


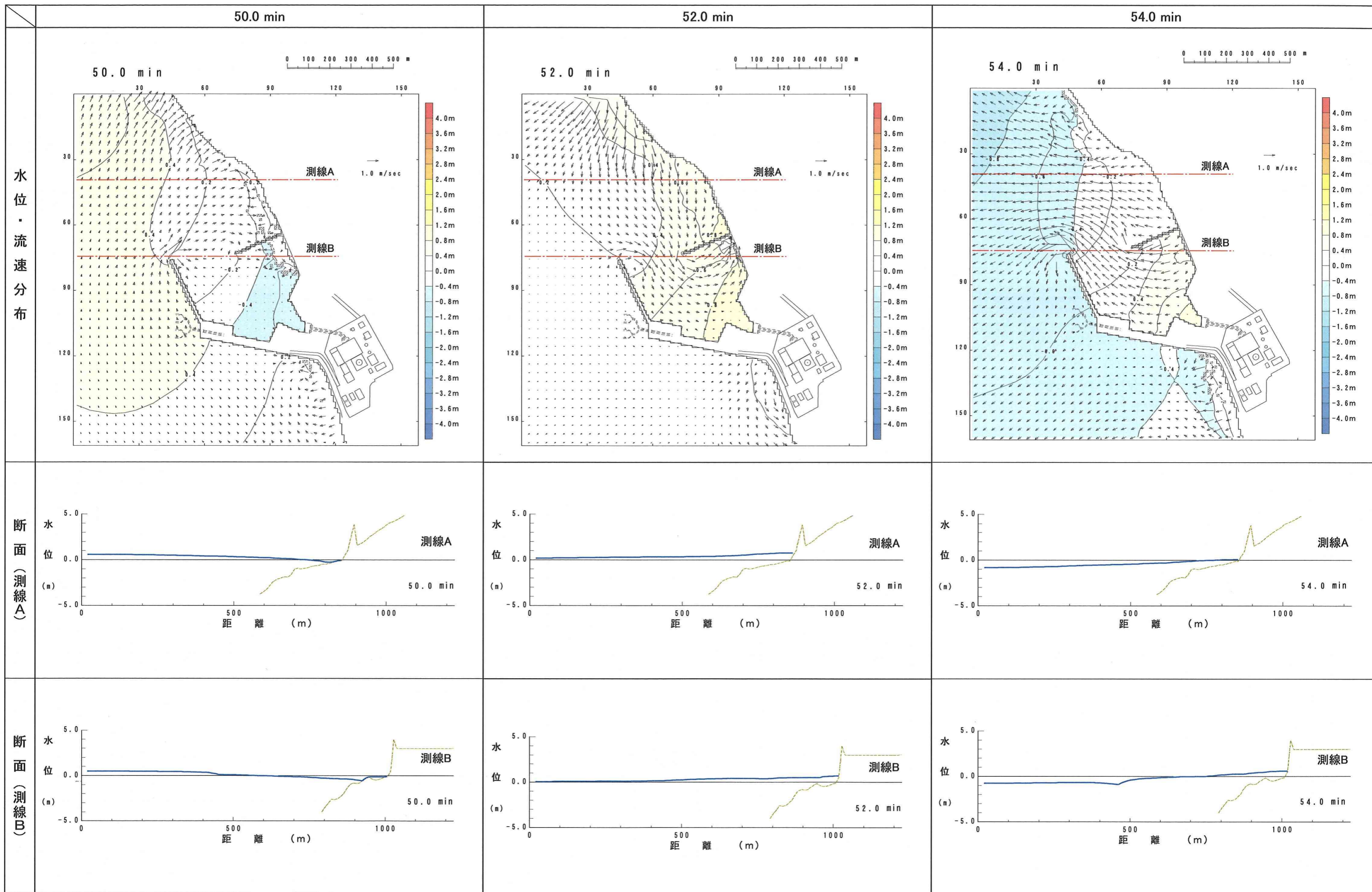
図-3.3 に水位・流速
分布図を示す範囲



潮位条件: T.P. ±0.0m

図-3.2 水位時間波形 (日本海東縁部の想定津波)

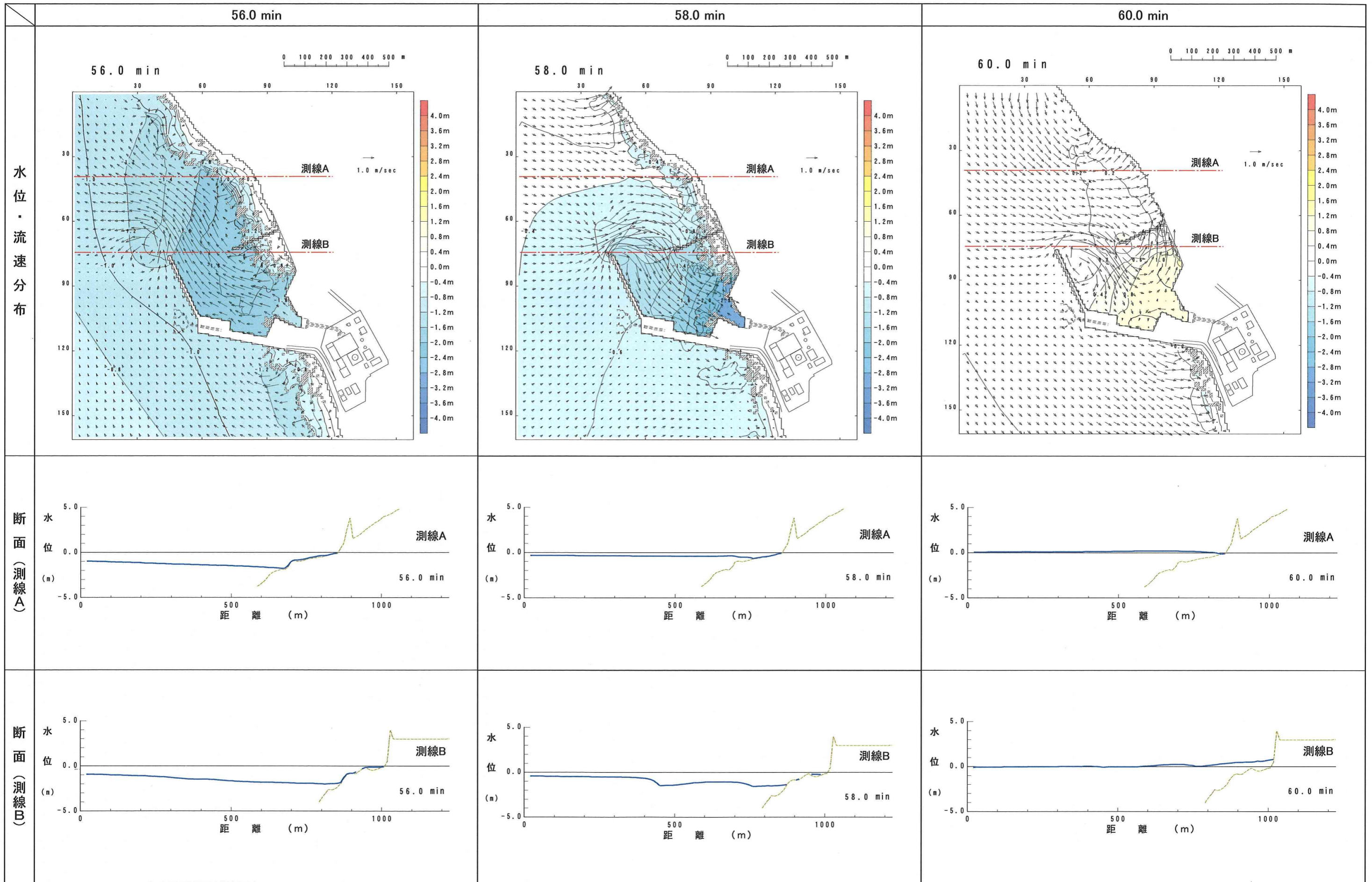
「津波の検討」(04-大間設C-47)に加筆



※ 潮位条件: T.P. ±0.0m

断面図には、各格子 (10m×10m) の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

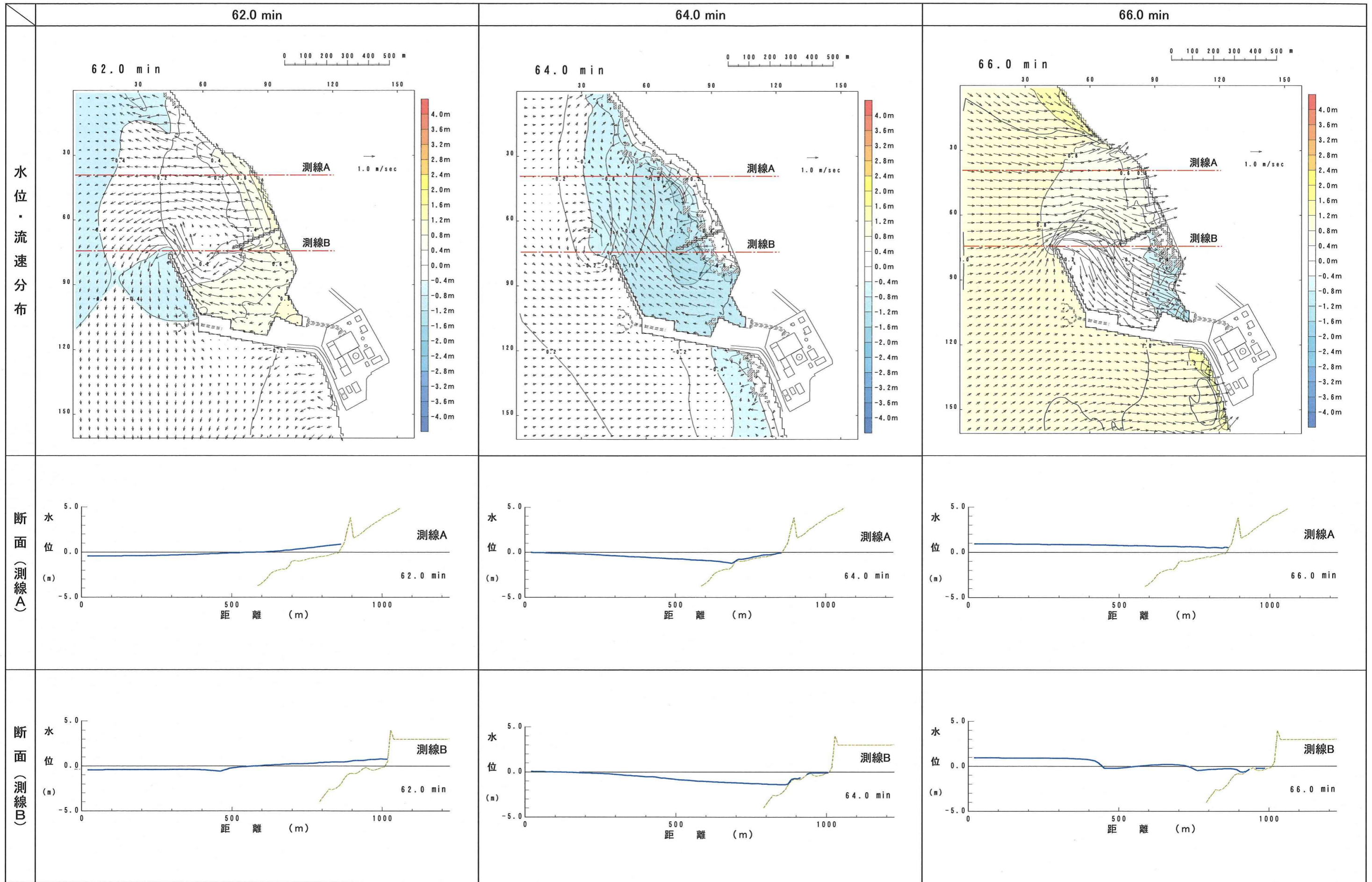
図-3.3(1) 各時刻における水位・流速分布
(日本海東縁部の想定津波)



※ 潮位条件：T.P. ±0.0m

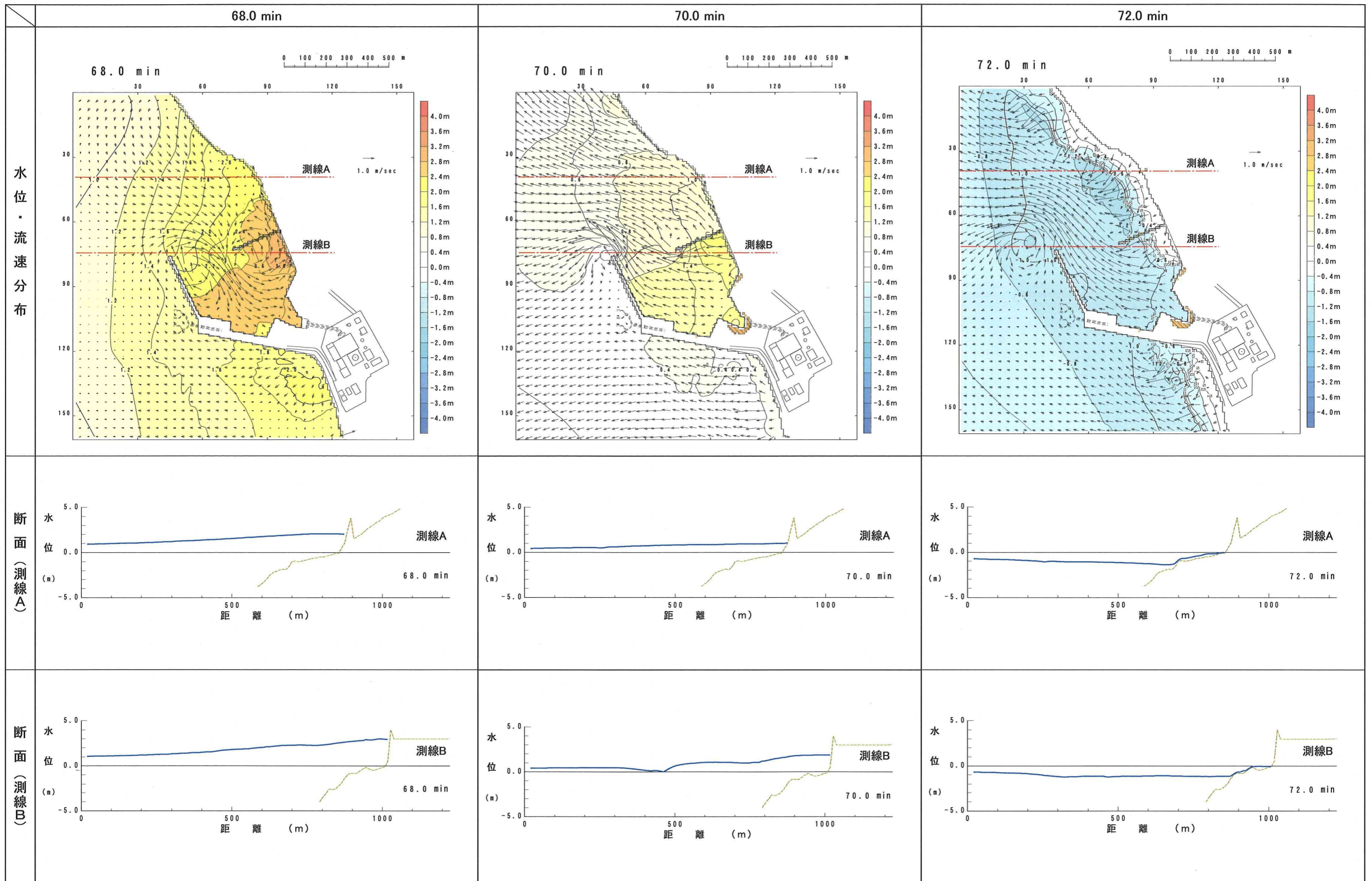
断面図には、各格子(10m×10m)の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

図-3.3(2) 各時刻における水位・流速分布
(日本海東縁部の想定津波)



※ 潮位条件 : T.P. ±0.0m
断面図には、各格子 (10m×10m) の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

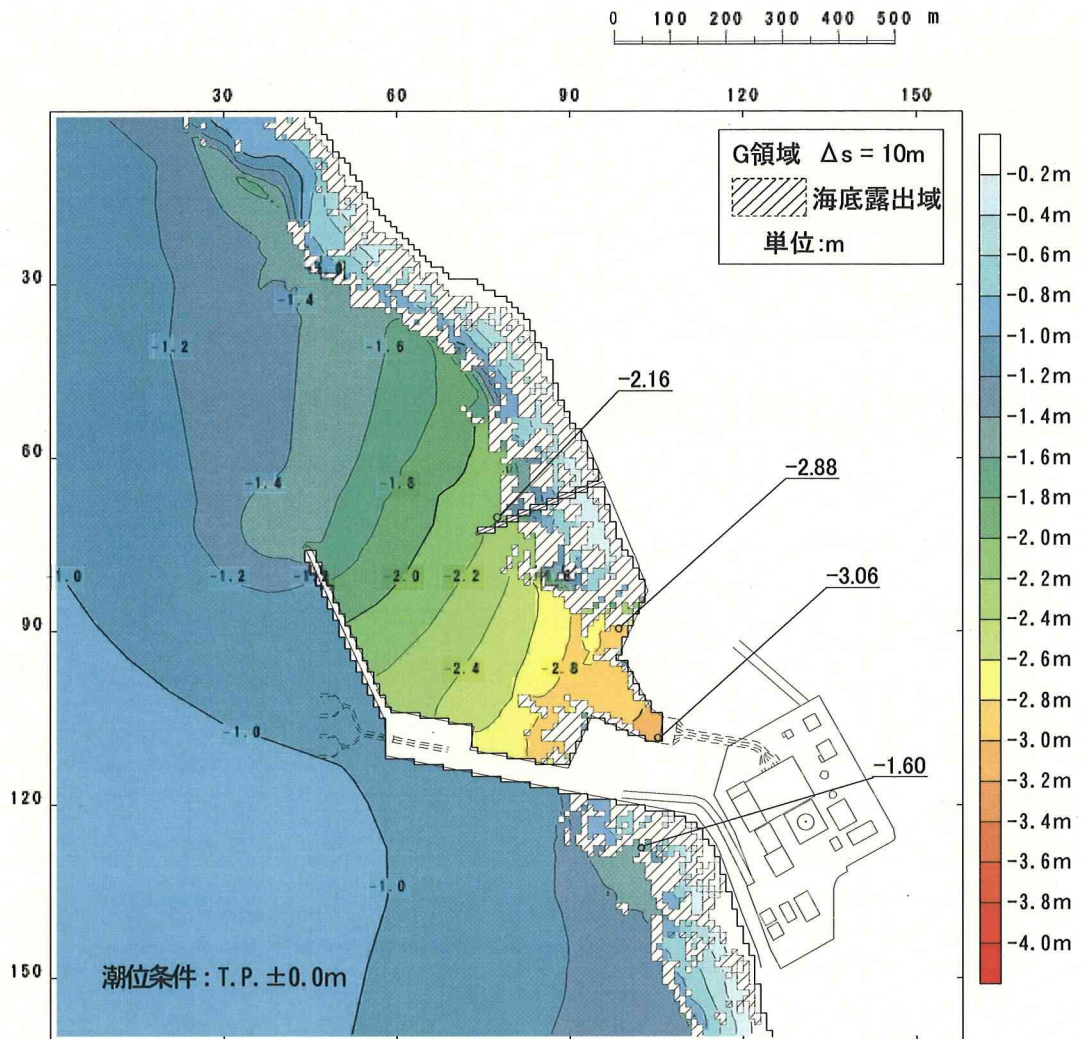
図-3.3(3) 各時刻における水位・流速分布
(日本海東縁部の想定津波)



※ 潮位条件 : T.P. ±0.0m

断面図には、各格子 (10m×10m) の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

図-3.3(4) 各時刻における水位・流速分布
(日本海東縁部の想定津波)



※数値シミュレーションを行った 240 分間の各格子における最大水位下降量を示す。

図-3.4 最大水位下降量の分布（日本海東縁部の想定津波）
 『津波の検討』（04-大間設C-47）に加筆

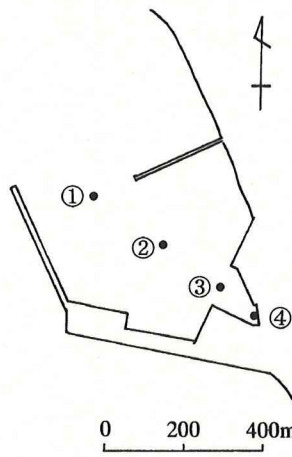
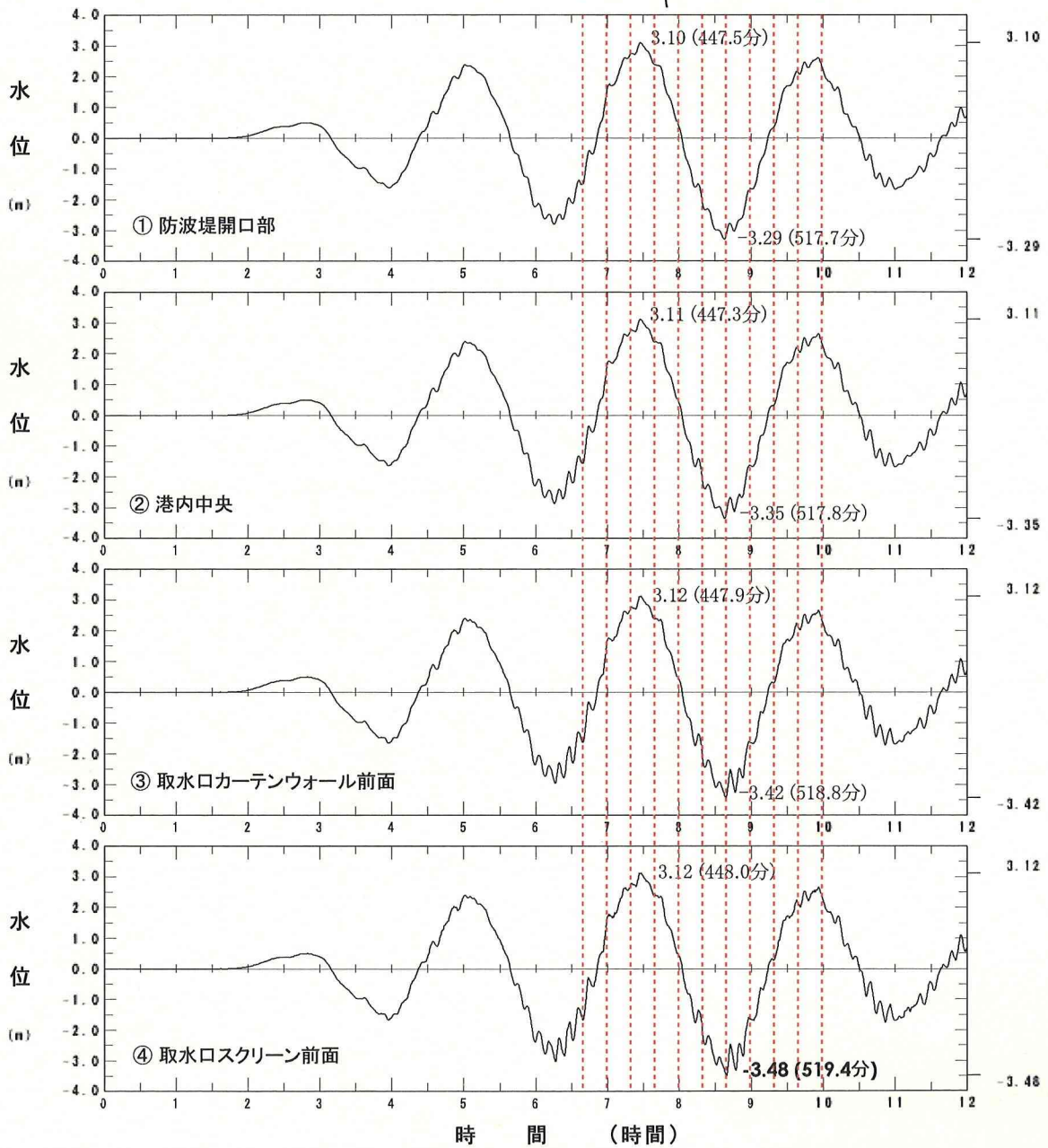


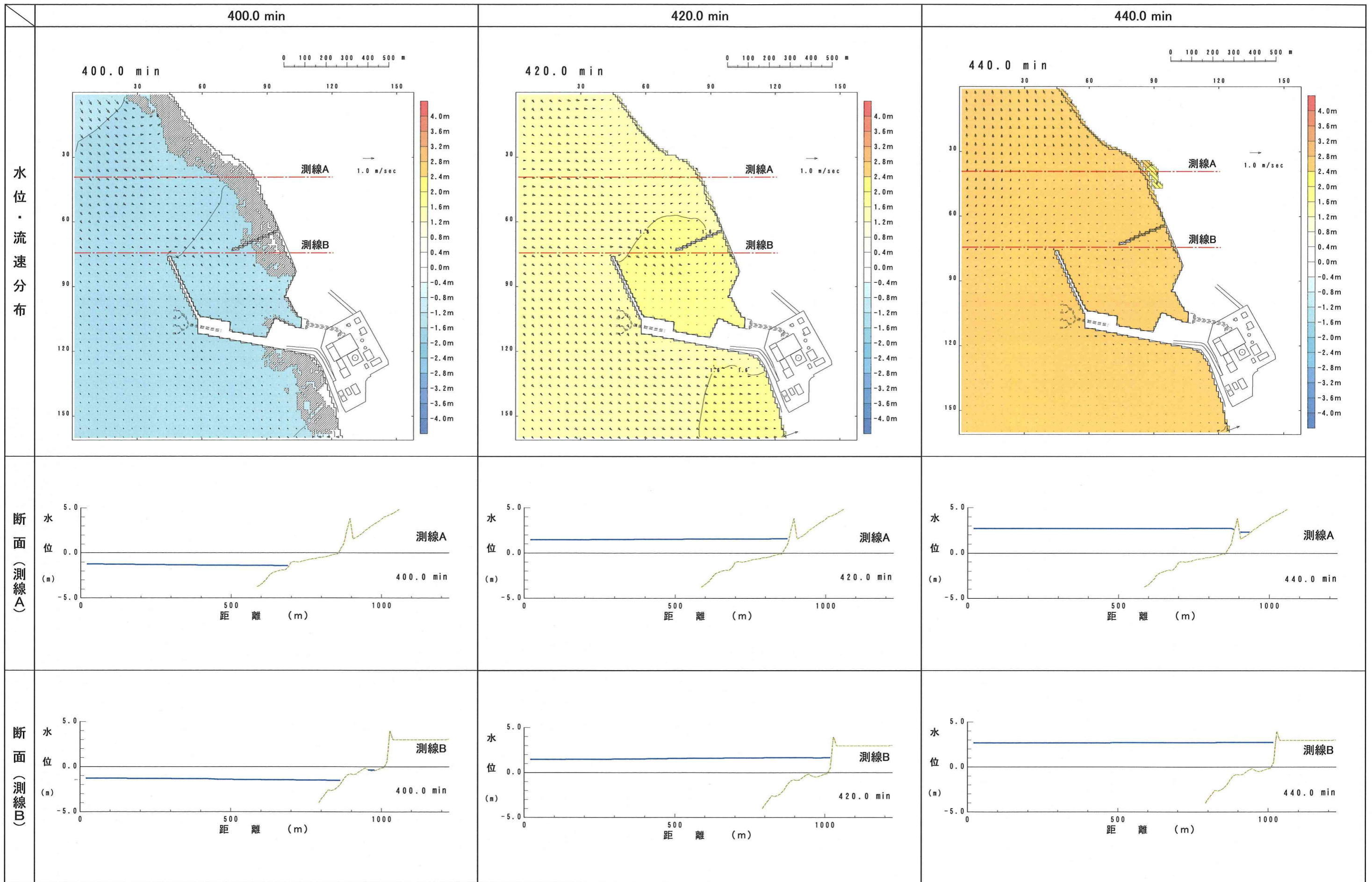
図-3.6 に水位・流速
分布図を示す範囲



潮位条件: T.P. ±0.0m

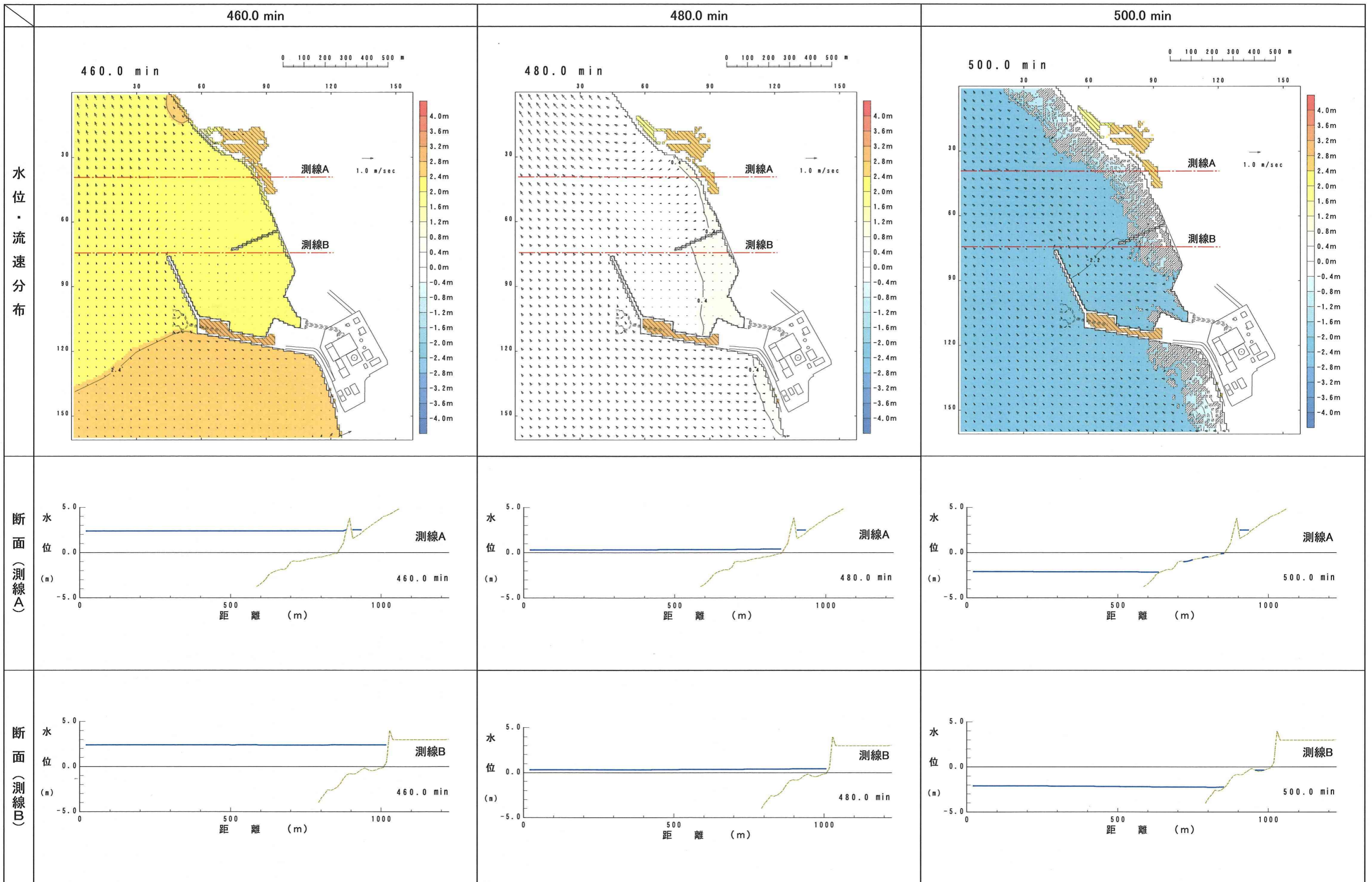
図-3.5 水位時間波形 (チリ沖の想定津波)

「津波の検討」(04-大間設C-47)に加筆



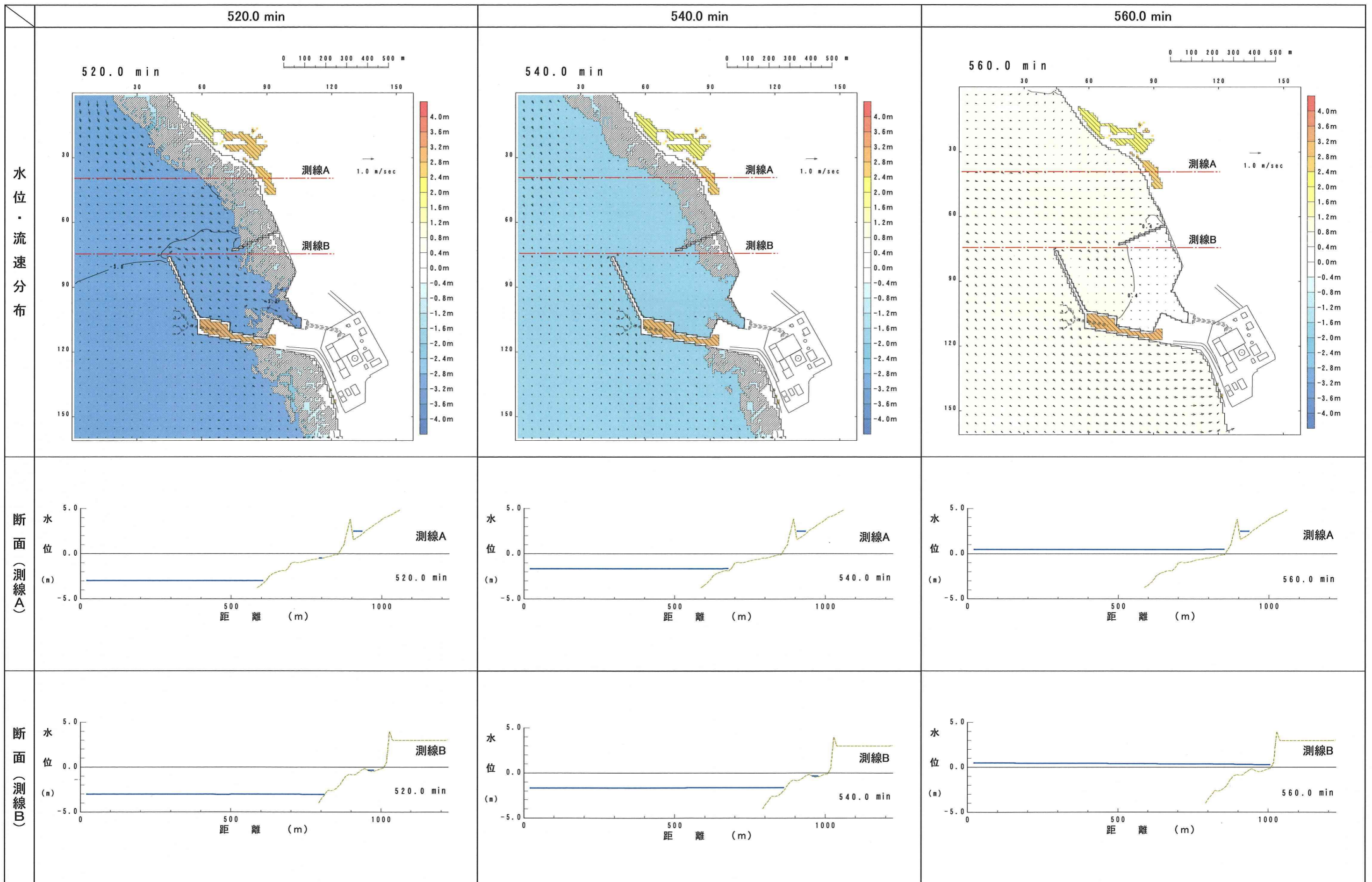
※ 潮位条件：T.P. ±0.0m
断面図には、各格子 (10m×10m) の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

図-3.6(1) 各時刻における水位・流速分布 (チリ沖の想定津波)



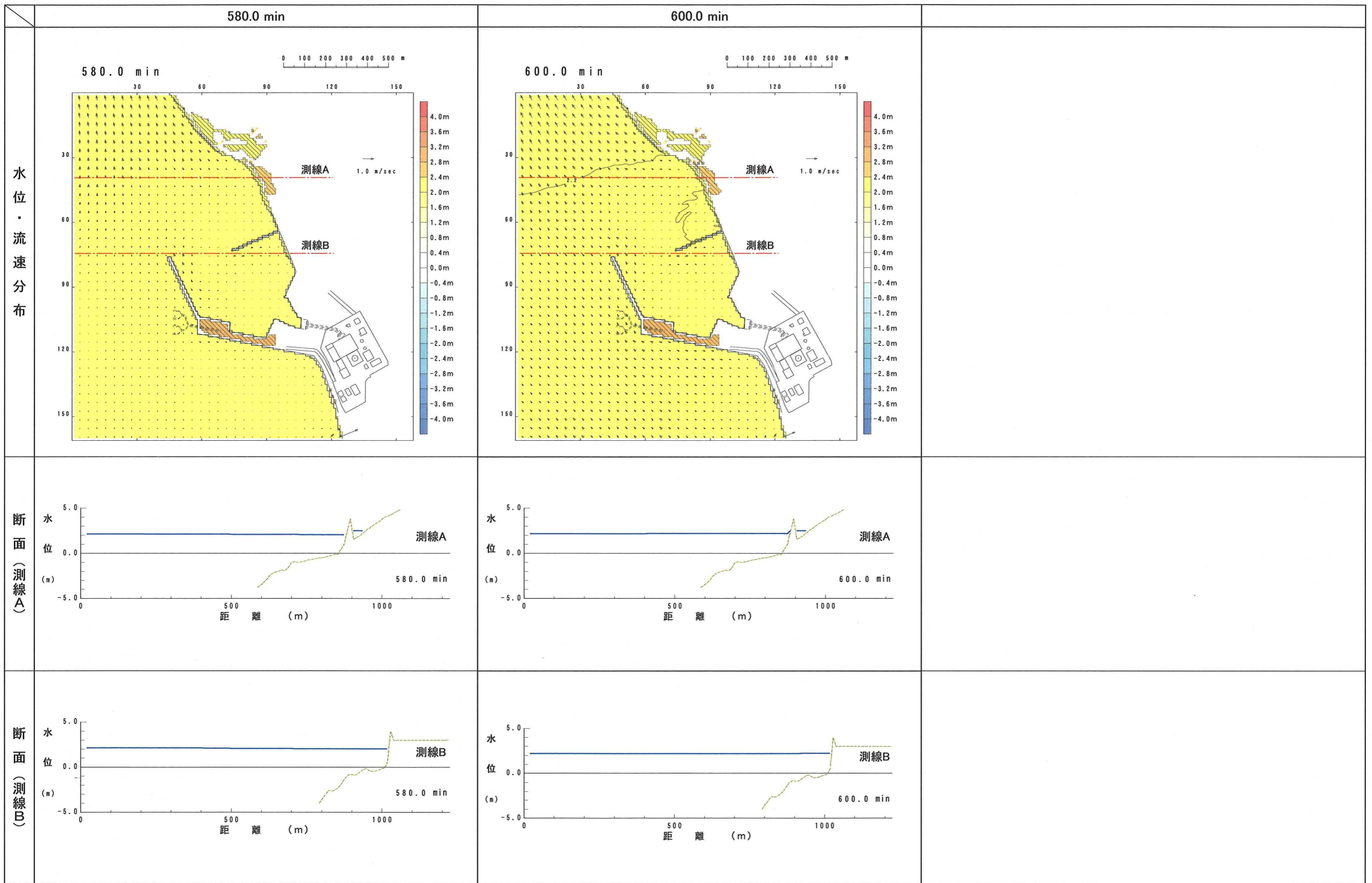
※ 潮位条件: T.P. ±0.0m
断面図には, 各格子 (10m×10m) の代表値として, 格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

図-3.6(2) 各時刻における水位・流速分布 (チリ沖の想定津波)



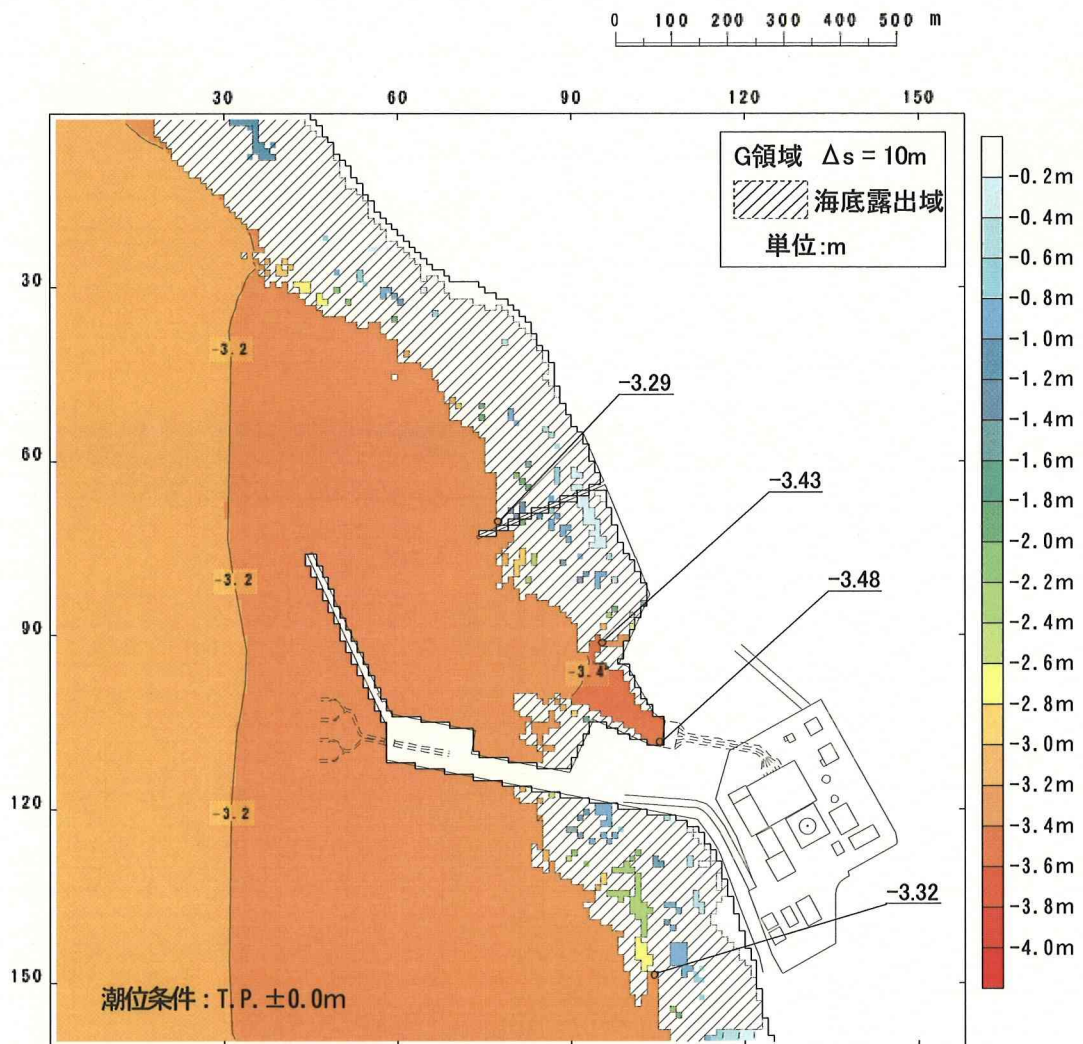
※ 潮位条件：T.P. ±0.0m
断面図には、各格子 (10m×10m) の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

図-3.6(3) 各時刻における水位・流速分布 (チリ沖の想定津波)



※ 潮位条件：T.P. ±0.0m
断面図には、各格子 (10m×10m) の代表値として、格子中央における水位及び地形の標高値を表示している。

図-3.6(4) 各時刻における水位・流速分布
(チリ沖の想定津波)



※数値シミュレーションを行った12時間の各格子における最大水位下降量を示す。

図-3.7 最大水位下降量の分布 (チリ沖の想定津波)

「津波の検討」(04-大間設C-47)に加筆

4. 取水路内の計算条件について

- 1) 津波来襲時の取水路内の挙動を検討する際の，計算条件を具体的に記載すること。

申請者は、大間原子力発電所の意見聴取会資料「津波の検討－津波来襲時の補機冷却系ピットの水位変動－」（04－大間設C－49改）における取水路内の計算条件の設定について、以下のとおりとしている。

取水設備の概要図を図-4.1に示す。発電所の運転開始後（経年時）は、通常の場合では取水路内に貝の付着が認められることから、取水路内の頂版及び側壁に、貝の付着対策として防汚塗料を塗布する計画であるとしている。

一方、数値シミュレーションの計算条件の設定においては、保守側の計算結果が得られるように、防汚塗料の効果を考慮せずにモデル化を行っている。モデル化の際には、電力土木技術協会編(1995)⁽¹⁾による既設発電所取水路を対象とした設計条件の調査結果を参考に、水路内の全周に0.1mの貝の付着を考慮し通水断面を低減させている。

摩擦による水路の損失は、粗度係数を設定することにより考慮している。取水路内の粗度係数 n は、電力土木技術協会編(1995)⁽¹⁾による、普通コンクリート貝類付着水路を参照し、補機冷却系海水ピット室の水位が低下する傾向となるよう、上限値を採用したとしている。

次に、取水口スクリーンによる損失については、機器の設計条件に基づき、スクリーンの前後で0.5mの水頭差を考慮したとしている。

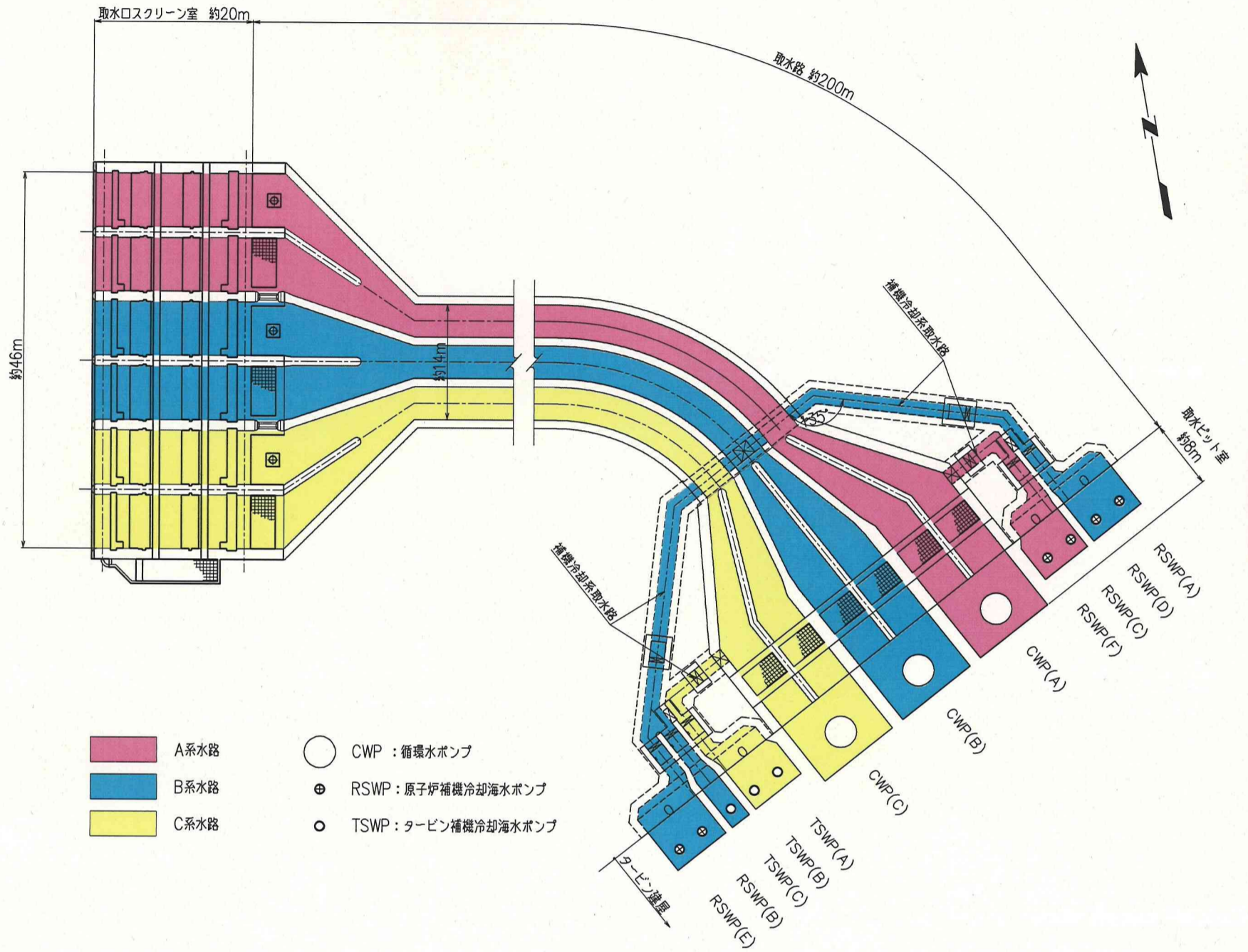
また、取水路内の局所損失については、一般的な構造である流入、急拡・急縮、漸拡・漸縮、曲がり、屈折、流出等は、電力土木技術

協会編(1995)⁽¹⁾、土木学会(1999)⁽²⁾及び千秋(1997)⁽³⁾を参照して損失係数を設定したとしている。さらに、主取水路から補機冷却系水路への各分岐部（A系，B系，C系）の損失については、水理模型実験結果に基づき損失係数を設定したとしている。なお、津波による水位低下時に補機冷却系水路から主取水路へ水が逆流する場合には、補機冷却系海水ポンプ取水ピット等の水位が低下する傾向となるよう、各分岐部の損失係数を0として設定している。

参考文献

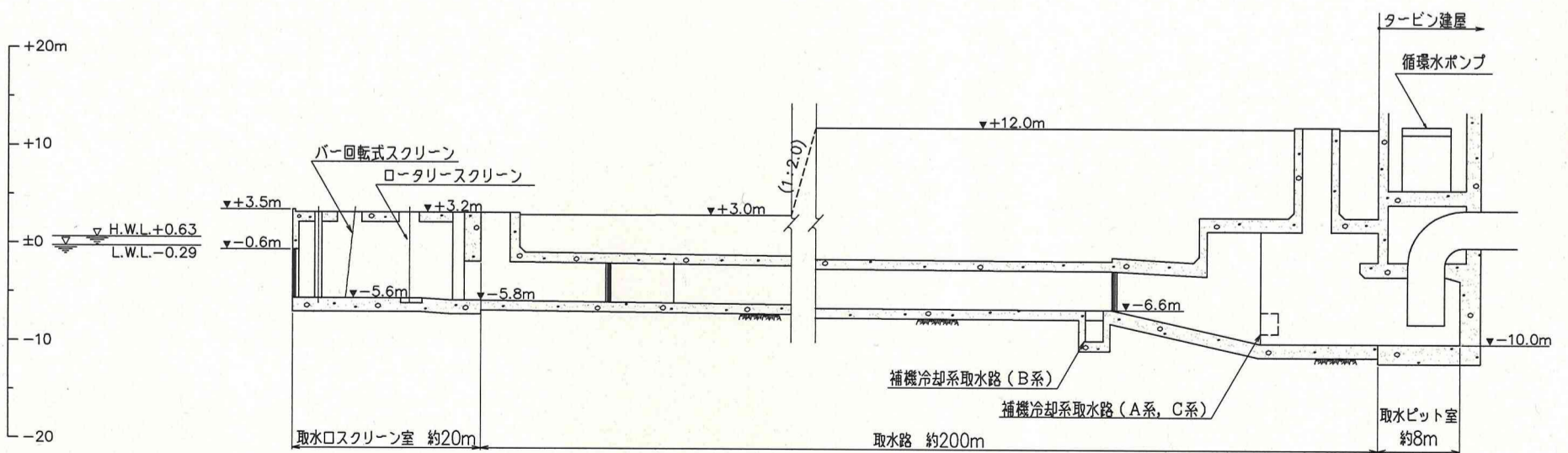
- (1) 電力土木技術協会編(1995)：火力・原子力発電所土木構造物の設計（補強改訂版），1102p.
- (2) 土木学会(1999)：水理公式集 [平成11年度版]，713p.
- (3) 千秋信一(1997)：発電水力演習，学献社，423p.

平面

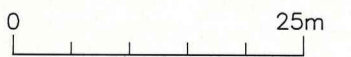


- A系水路
- B系水路
- C系水路
- CWP : 循環水ポンプ
- ⊕ RSWP : 原子炉補機冷却海水ポンプ
- TSWP : タービン補機冷却海水ポンプ

縦断面



※ 潮位及び構造物の標高は、東京湾平均海面 (T.P.) を表す。



「津波の検討—津波来襲時の補機冷却系ピットの水位変動—」(04—大間設C—49改)より転載

図-4.1 取水設備概要図

5. 港湾及び取水路の振動特性について

- 1) 港湾及び取水路の振動特性について，津波の周期との関係から説明すること。

申請者は、港湾及び取水路の振動特性について、津波の周期との関係から以下のとおり検討している。

(1) 港湾内の共振周期の検討

一般に、港湾内の振動は、湾口部を節とし湾口から最も距離の離れた地点を腹とする振動モードが発生することが知られている。

ここでは、港湾内の共振周期を把握する目的で、沖合いから正弦波を与えた数値シミュレーションを行うことにより、港湾内の増幅特性を検討している。

本検討に用いた計算条件を表-5.1に、海底地形モデルを図-5.1に示す。図-5.1に示すとおり、港湾外側は、海底地形による影響を受けないように、北防波堤の先端付近より岸側を5mの一樣水深とし、その沖側を一定勾配で水深150mまで徐々に深くする条件でモデル化している。

入射波は、図-5.1に示すとおり、港湾より約10km沖合いの水深150mの境界より与えることとしている。入射波の波形は、表-5.1に示すとおり、振幅0.1mの正弦波とし、周期を1分から15分まで1分ごとに変えた計算を行っている。

各周期における最大水位上昇量及び下降量を港湾内の代表地点ごとに整理して、図-5.2に示す。図-5.2によると、周期7分前後及び周期2分のケースで顕著な増幅が認められることから、周期7分の最大水位上昇量及び下降量の分布を図-5.3に、同様に周期2分の最大水位上昇量及び下降量の分布を図-5.4に示す。

図-5.2によると、周期7分のケースでは、北防波堤基部で顕著な

増幅が認められ、さらに取水口スクリーン前面、取水口カーテンウォール、敷地護岸北側、敷地護岸南側及び港湾中央でも増幅が認められる。図-5.3 に示す周期7分のケースの最大水位上昇量・下降量の分布図においても、これらの位置の水位上昇量及び下降量（ただし、北防波堤基部付近では海底面が露出している。）が大きくなっていることが確認できたとしている。

また、図-5.2 によると、周期2分のケースでは、取水口スクリーン前面で顕著な増幅が認められ、さらに取水口カーテンウォール及び敷地護岸北側でも増幅が認められる。図-5.4 に示す周期2分のケースの最大水位上昇量・下降量の分布図においても、これらの位置の水位上昇量及び下降量（ただし、北防波堤基部付近では海底面が露出している。）が大きくなっていることが確認できたとしている。

以上の正弦波による検討から、港湾内における共振周期は7分程度及び2分程度であることが確認されたとしている。

(2) 取水路内の共振周期の検討

取水路内の共振周期を把握する目的で、入射波として正弦波を与えた取水路内の数値シミュレーションを行うことにより、取水路内の応答特性について検討している（取水設備の概要は図-4.1 を参照。また、数値解析モデルは意見聴取会資料「津波の検討－津波来襲時の補機冷却系ピットの水位変動－」（04－大間設C－49改）を参照。）。

入射波とする正弦波の周期は、60秒、80秒、2分、4分、6分、10分、20分及び60分とし、取水口スクリーン前面から与えること

としている。また、その振幅は、津波の水位変動により主取水路内では開水路状態と満管状態が現れることを勘案し、想定津波の水位変動量に相当する 3.5m として設定している。

計算結果として、まず、A系及びB系水路の循環水ポンプ（以下「CWP」という。）ピット室における津波周期と最高・最低水位との関係を図-5.5 に示す。図-5.5 に示すとおり、取水口スクリーン室から CWP ピット室までの主取水路では、最高水位が 2 分程度でピークを示すことから、主取水路の共振周期は 2 分程度であることが確認できたとしている。なお、最低水位時には主取水路は開水路状態となるため、明瞭なピークを示さない結果が得られている。

また、A系及びB系水路の原子炉補機冷却海水ポンプ（以下「RSWP」という。）ピット室における津波周期と最高・最低水位との関係を図-5.6 に示す。図-5.6 に示すとおり、A系の補機冷却系水路では、主取水路と同様に 2 分程度でピークを示す傾向が認められたが、B系の補機冷却系水路においては、最高水位及び最低水位共に明瞭なピークを示さない結果が得られたとしている。

以上より、取水路内の共振周期は概ね 2 分であることが確認できたとしている。

(3) 数値シミュレーションに用いた津波周期の分析

意見聴取会資料「津波の検討」（04-大間設C-47）において、数値シミュレーションの対象とした津波の、取水口スクリーン前面の位置における計算波形のパワースペクトルを図-5.7 に示す。

図-5.7 によると、太平洋側の近地津波である 1856 年（青森県東方

沖) 津波, 及び4省庁(1997)⁽²⁾に基づき想定した日本海溝沿いの津波では, 8.2分~8.4分のピークとさらに長い周期においてピークが認められるとしている。また, 日本海側の近地津波である1741年(渡島半島西方沖) 津波, 土木学会(2002)⁽³⁾を参考に想定した日本海東縁部の津波, 及び4省庁(1996)⁽⁴⁾を参考に想定した日本海東縁部の津波では, 7.9分のピークと16分~17.5分のピークとが認められるとしている。なお, 遠地津波である1960年チリ地震津波, 及び土木学会(2002)⁽³⁾を参考に想定したチリ沖の津波では, 125分にピークが認められるとしている。

次に, これらの太平洋側及び日本海側の近地津波6ケースの港湾内の水位分布図を図-5.8に示す。

図-5.8によると, 太平洋側の近地津波である3ケースは, 北防波堤基部において最大水位上昇量(ただし, 下降側は海底が露出している。)が認められ, さらに取水口スクリーン前面等においても比較的大きな水位上昇・下降量が生じている。これは, 図-5.3に示す周期7分の正弦波による検討結果とほぼ同様の水位分布を示していることから, 太平洋側の近地津波(3ケース)の数値シミュレーション結果には, 港湾内の共振による影響が現れていると考えられるとしている。

また, 図-5.8によると, 日本海側の近地津波である3ケースにおいては, 取水口スクリーン前面等において最大水位上昇・下降量が認められていることから, 湾口から最も距離の離れた取水口スクリーン前面付近を腹とする一般的な振動現象が現れていると考えられるとしている。

(4)まとめ

以上の検討結果から、港湾内における共振周期は7分程度及び2分程度であり、また、取水路内における共振周期は2分程度であることが確認されたとしている。

このうち周期7分程度の振動は、太平洋側及び日本海側の近地津波6ケースの計算結果の卓越周期としても認められることから、津波の数値シミュレーション結果では港湾の共振として顕著に現れたものと考えられるとしている。一方、周期2分程度の振動は、津波の周期としては短いことから、港湾内及び取水路内共に特に顕著に現れなかったものと考えられるとしている。

なお、図-5.9に示すように、各取水ポンプは建屋内に設置されており、各取水ピット上の海水ポンプ等が貫通する床には、水圧に十分耐えることのできるようにシール等を施し、建屋内への海水の漏出を防止する設計とするとしている。

参考文献

- (1) 岩崎敏夫・真野明(1979):オイラー座標による二次元津波遡上の数値計算, 第26回海岸工学講演会論文集, 土木学会, pp.70-74.
- (2) 農林水産省構造改善局・農林水産省水産庁・運輸省港湾局・建設省河川局(1997):太平洋沿岸部地震津波防災計画手法調査報告書, 308p.
- (3) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術, 321p.
- (4) 農林水産省構造改善局・農林水産省水産庁・運輸省港湾局・建設省

河川局(1996):日本海東縁部地震津波防災施設整備計画調査報告書, 354p.

表-5.1 計算条件一覧

項目 \ 領域	E 領域	F 領域	G 領域
計算格子間隔 Δs	93m (2500/27)	31m (2500/81)	10m (2500/243)
計算範囲	図-5.1		
計算格子間隔 Δt	0.5 秒		
基礎方程式	非線形長波		
沖合境界条件	沖合境界：正弦波による水位上昇分を流量として入射。岸からの反射波については自由透過。入射波振幅は 0.1m 沿岸境界：流入，流出なし 敷地背後境界：自由透過		
陸側境界条件	岩崎・真野(1979) ⁽¹⁾ の遡上境界条件		
海底摩擦	マニングの粗度係数 $n=0.03$ (規則的断面の大流路相当値)		
計算時間	60 分間		

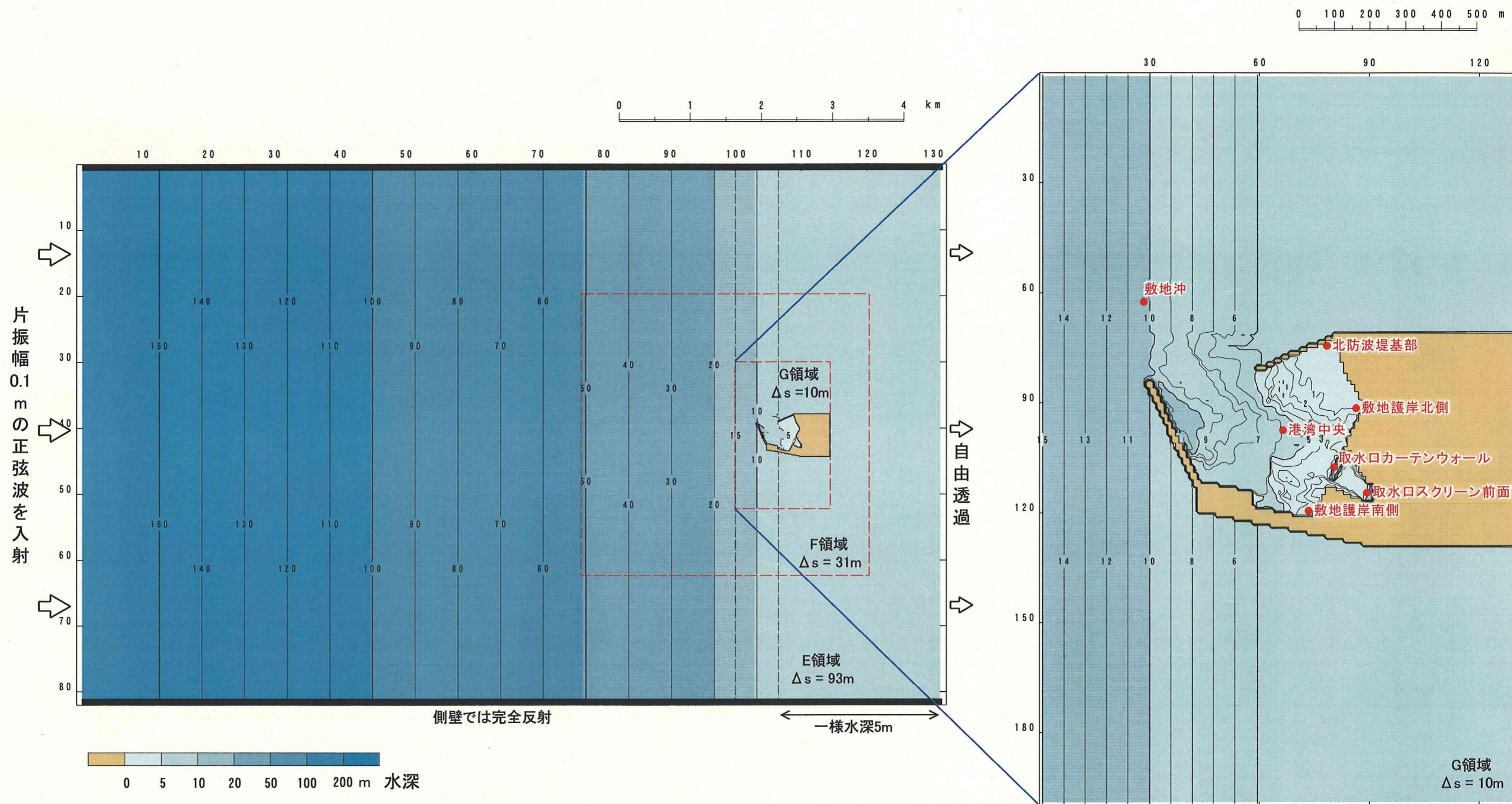


図-5.1 計算領域

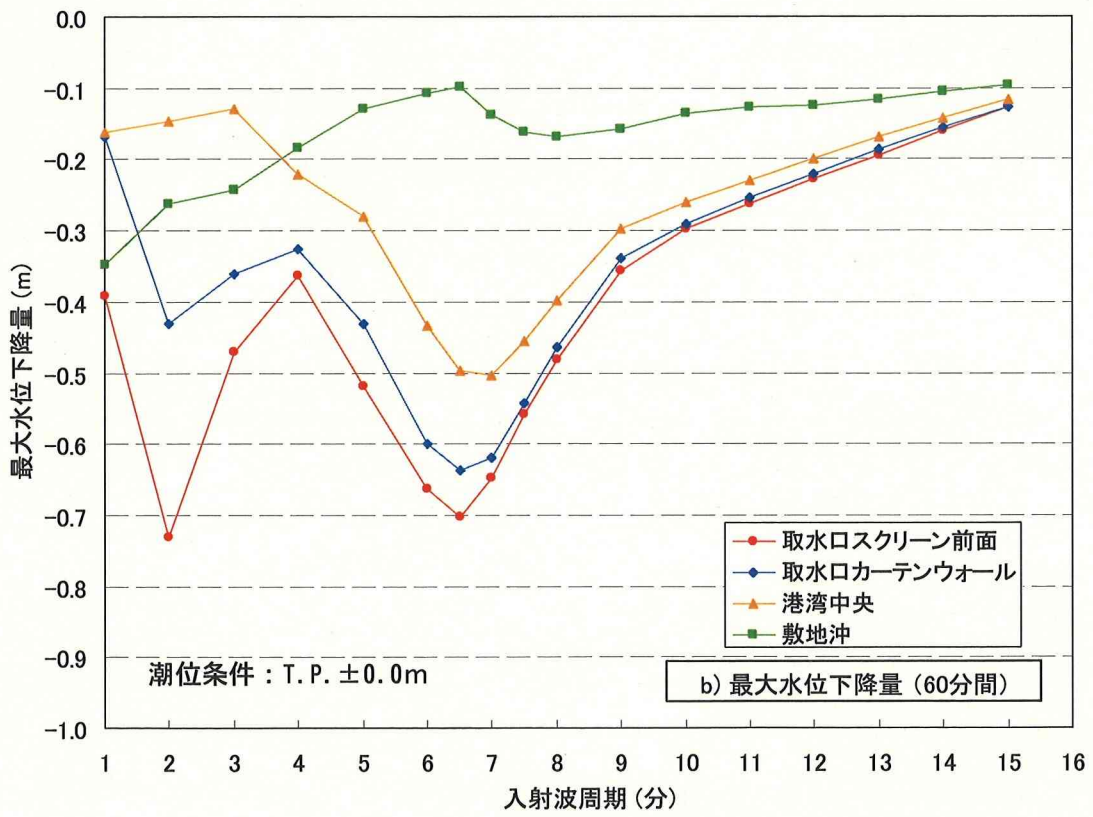
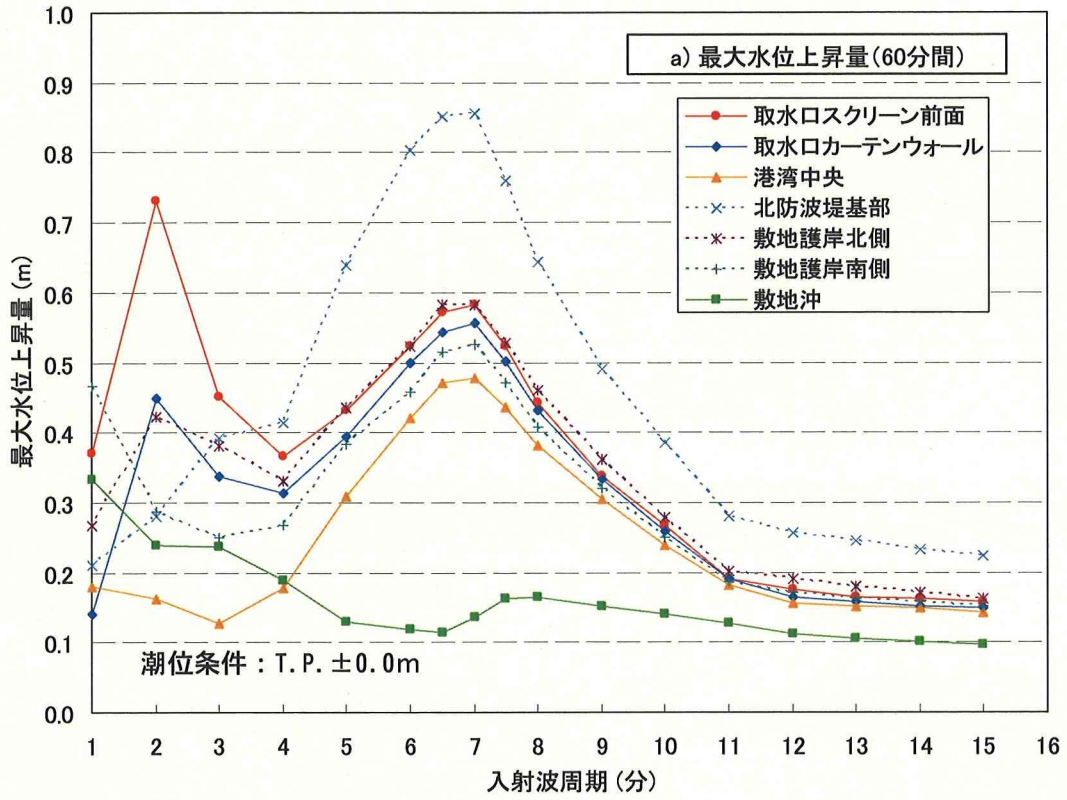
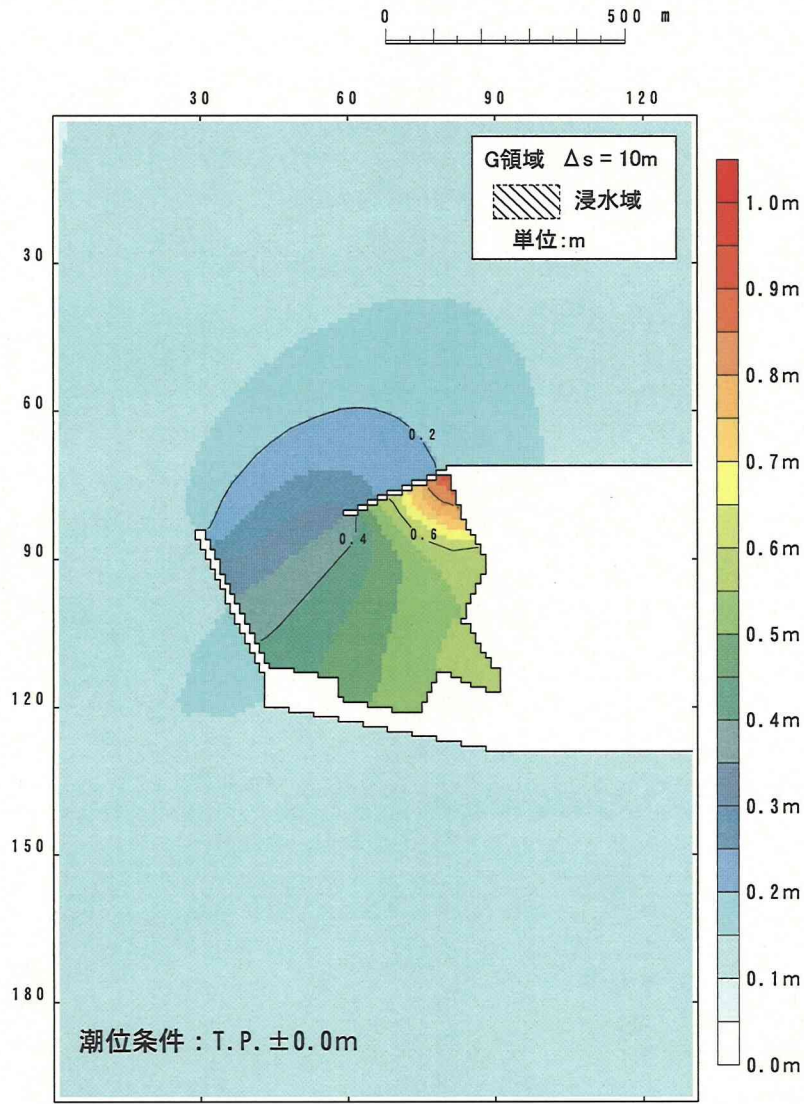
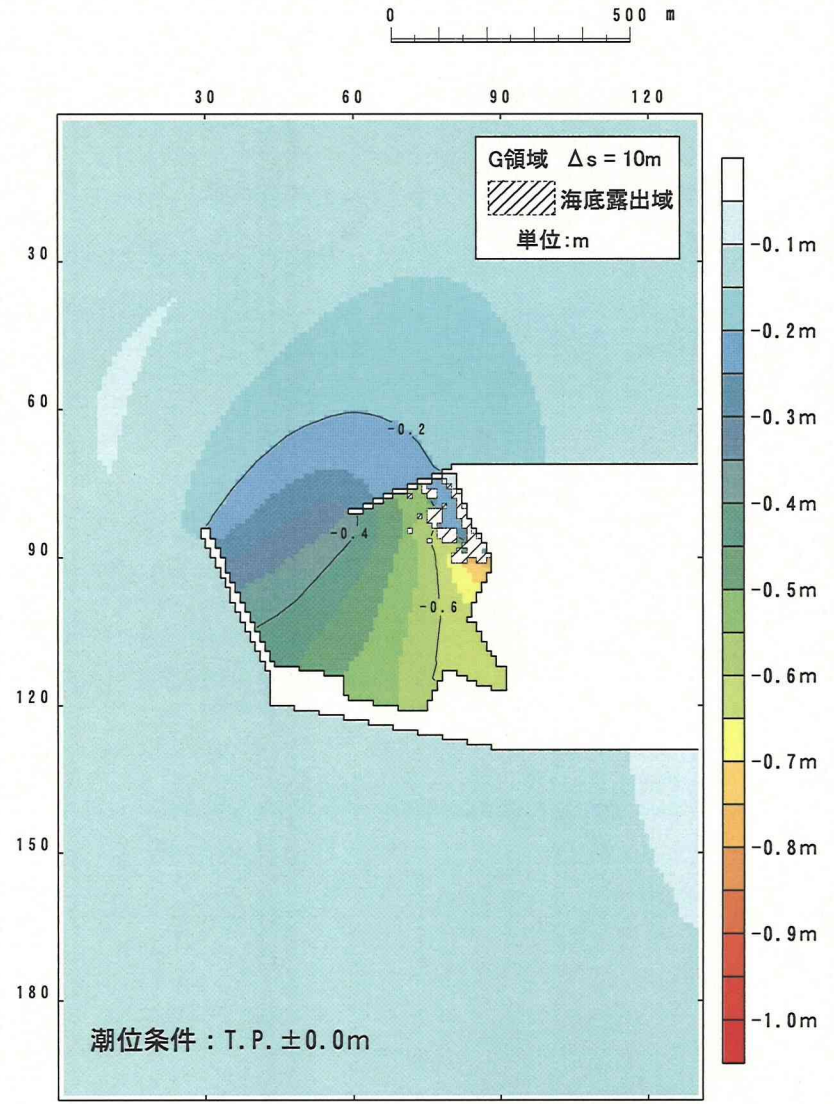


図-5.2 入射波周期と最大水位上昇量・下降量

図-5.3 最大水位上昇量及び下降量の分布 (周期7分)

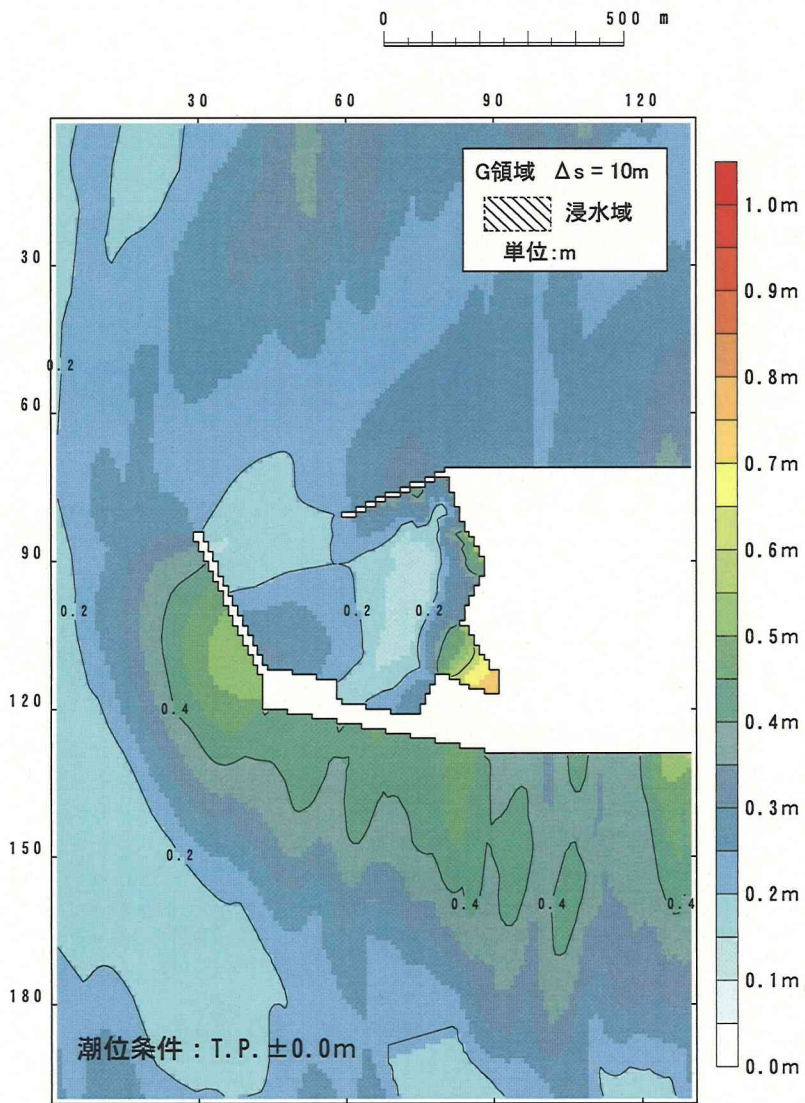


(1) 最大水位上昇量

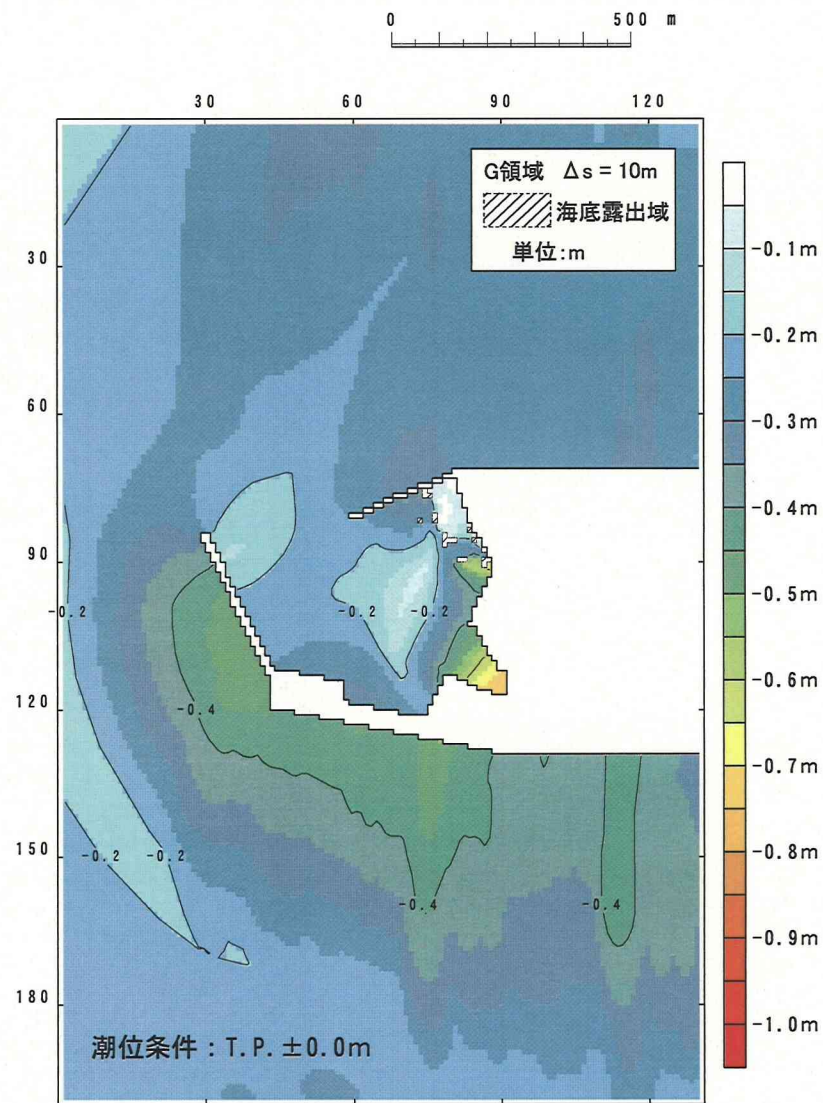


(2) 最大水位下降量

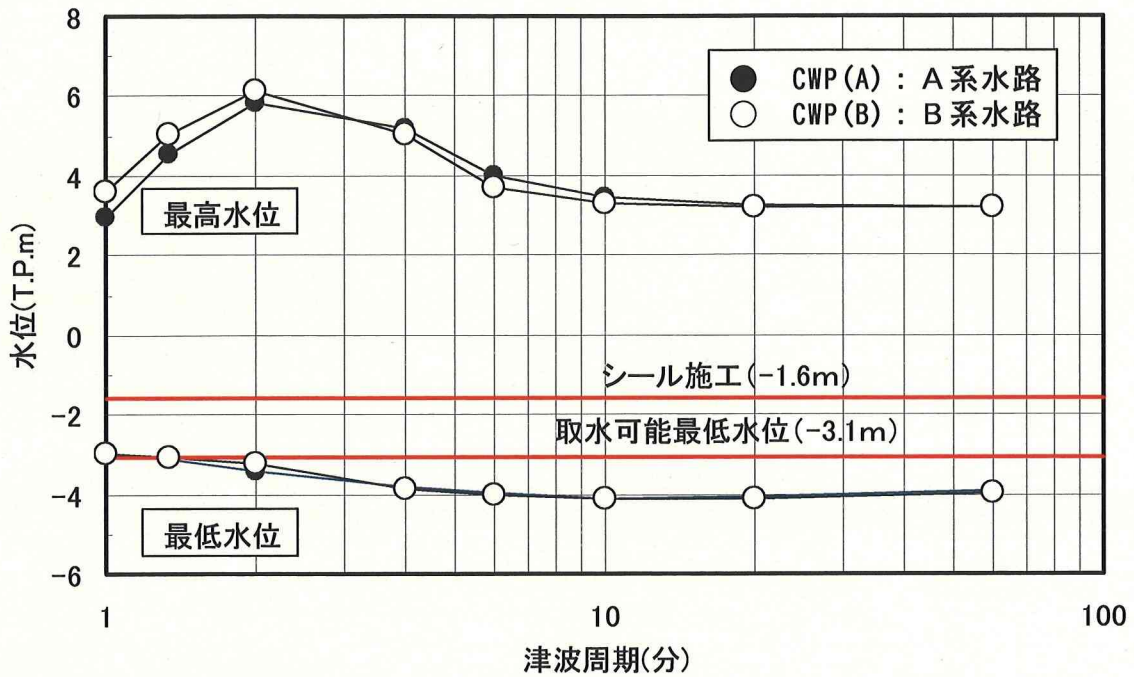
図-5.4 最大水位上昇量及び下降量の分布 (周期2分)



(1) 最大水位上昇量

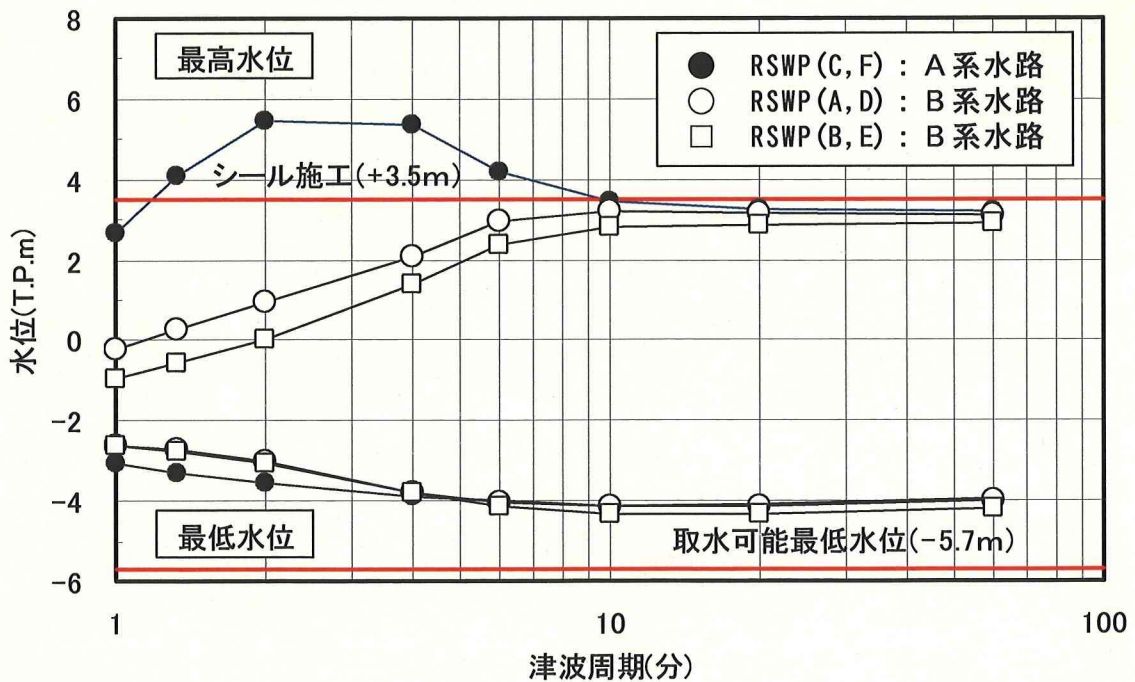


(2) 最大水位下降量



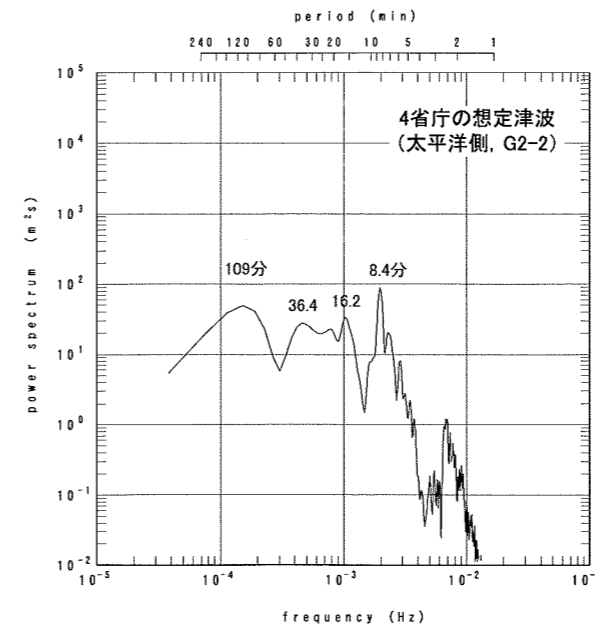
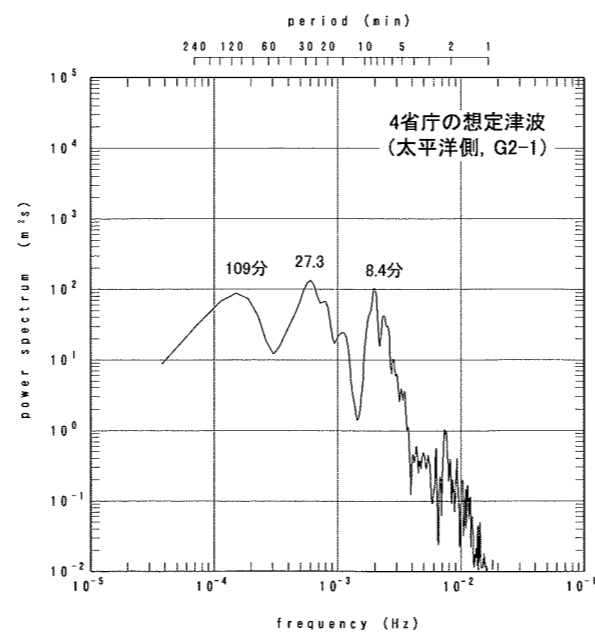
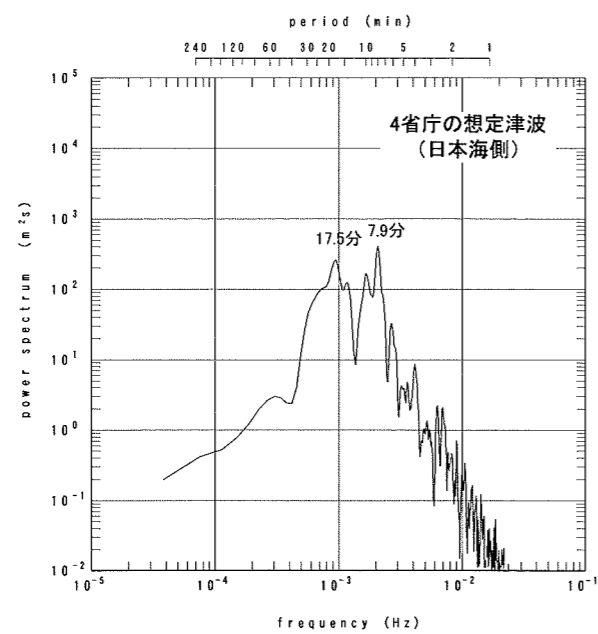
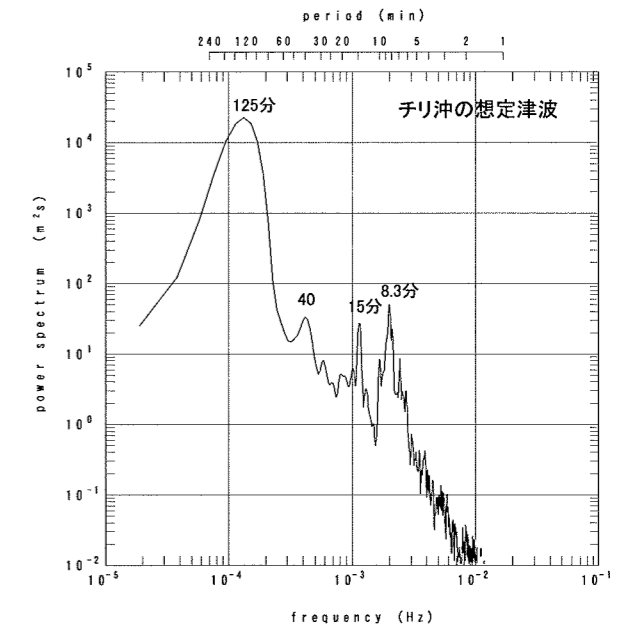
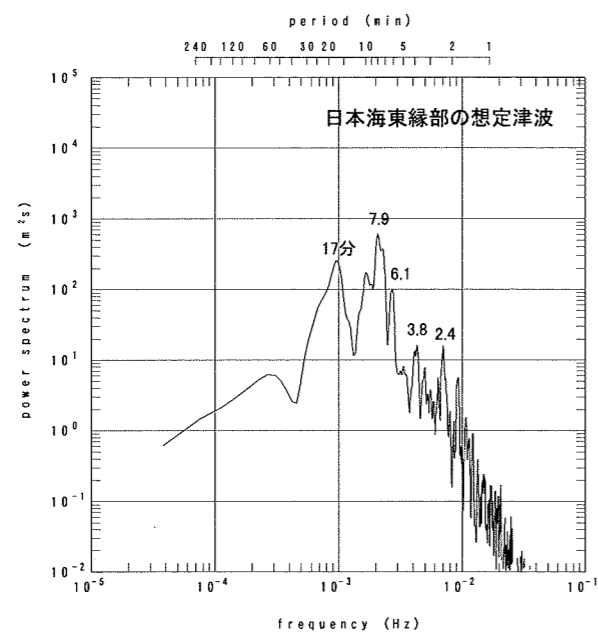
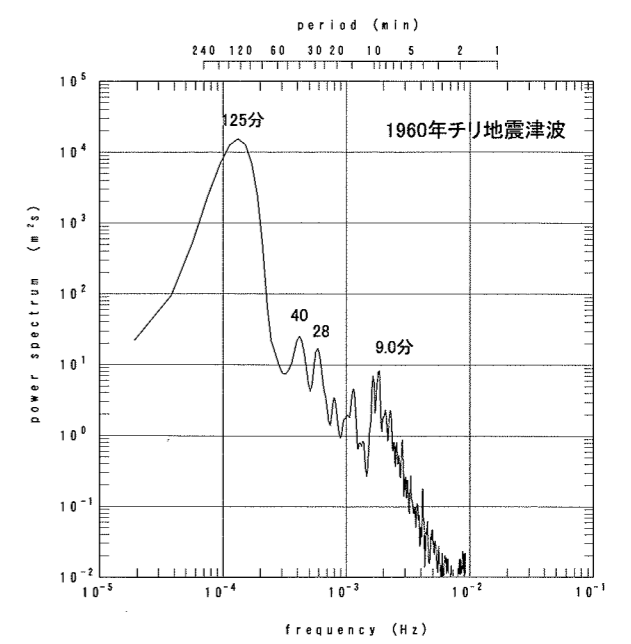
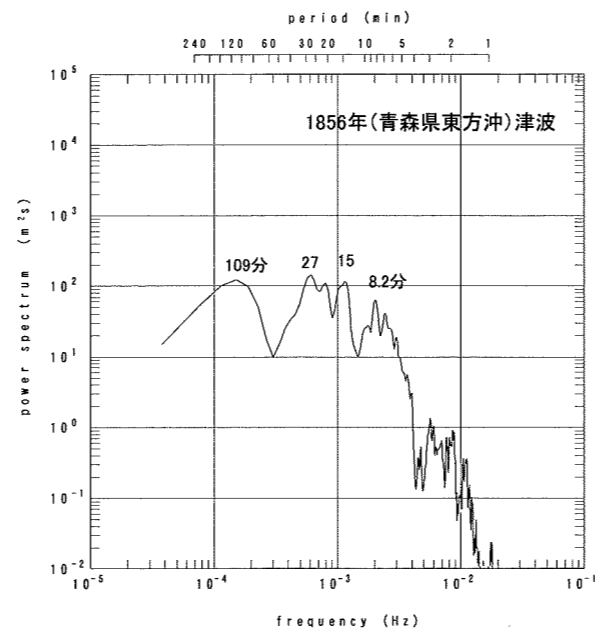
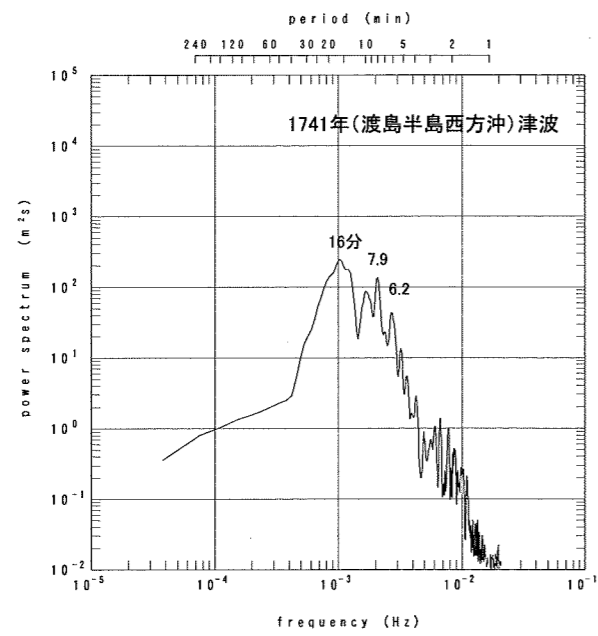
※ CWP ピット室の水位が T.P. -3.0m を下回った場合には、CWP を停止する。
シール施工高さを上回る水位は、圧力水頭を示している。

図-5.5 CWP ピット室の最高・最低水位



※ シール施工高さを上回る水位は、圧力水頭を示している。

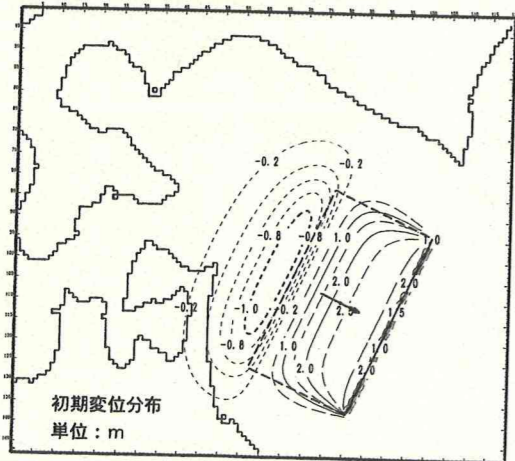
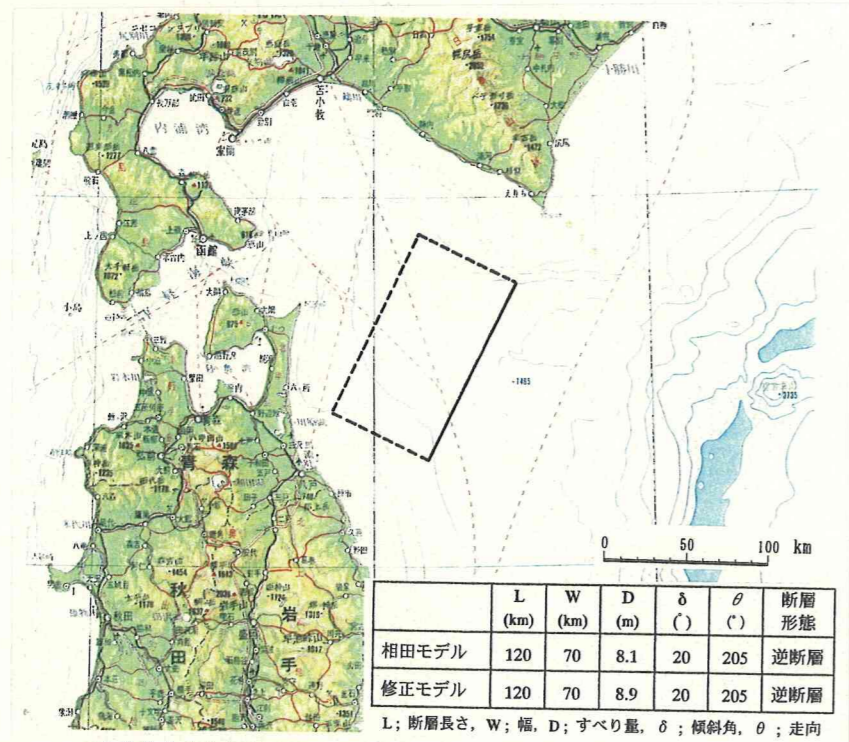
図-5.6 RSWP ピット室の最高・最低水位



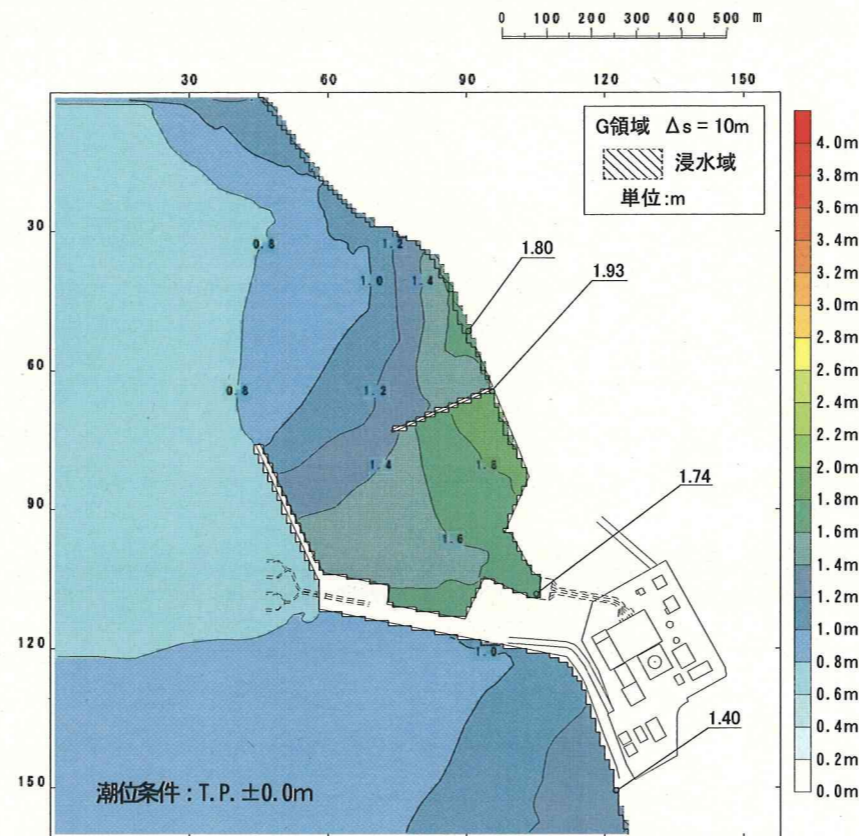
※ 取水口スクリーン前面における津波の計算波形を用いてパワースペクトルを算出した。計算波形は、各海域毎に、日本海側近地津波で地震発生後4時間、太平洋側近地津波で地震発生後8時間、遠地津波で沖合波形入射後12時間を対象として算出している。

図-5.7 津波の計算波形のパワースペクトル

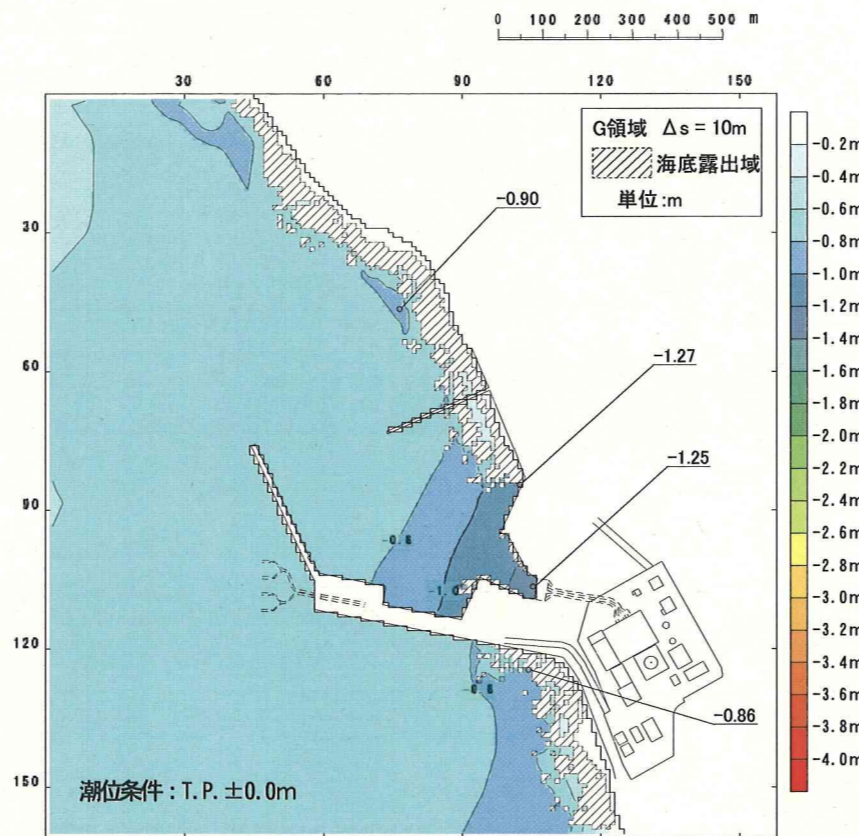
断層モデルと初期変位分布



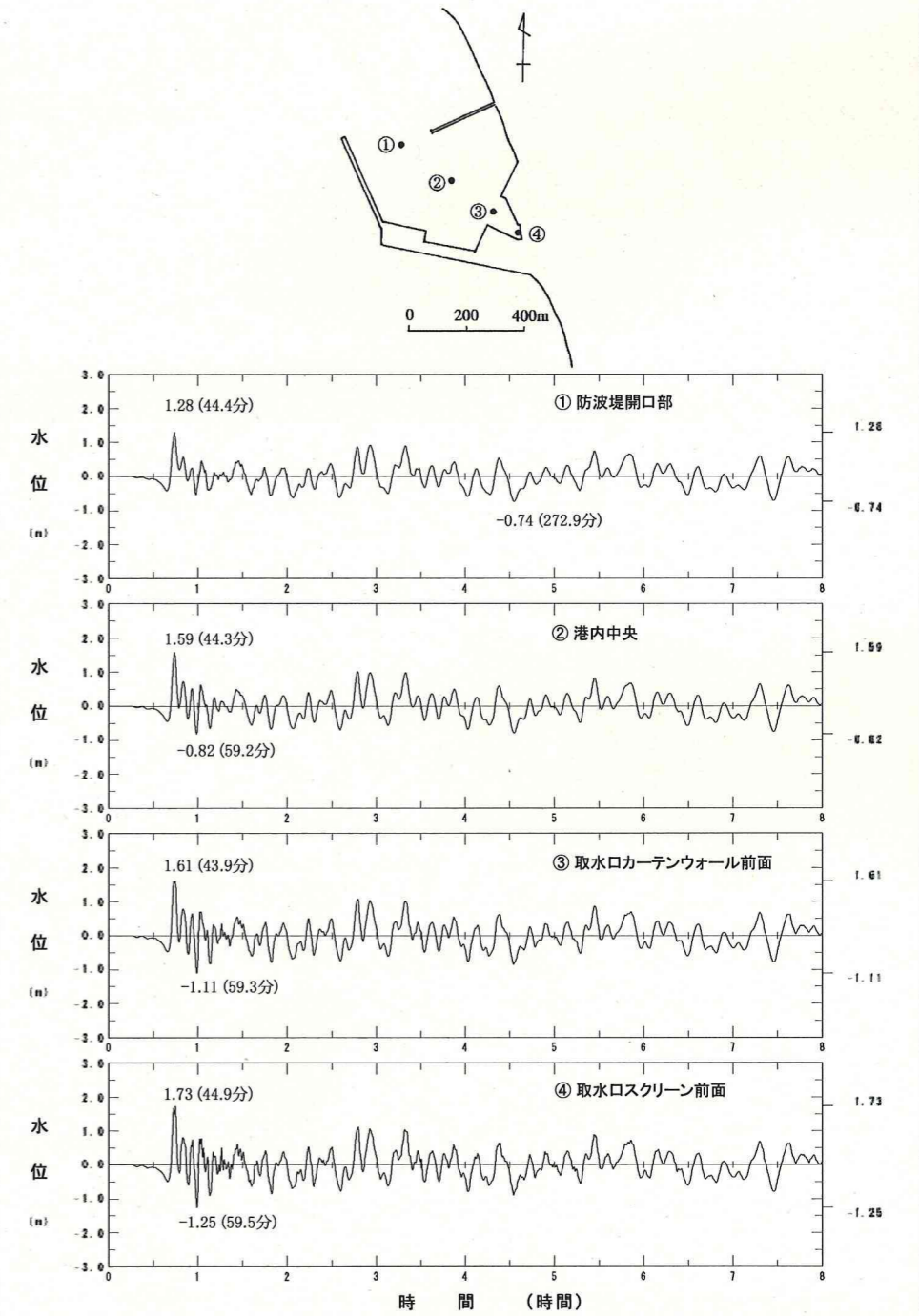
最大水位上昇量分布



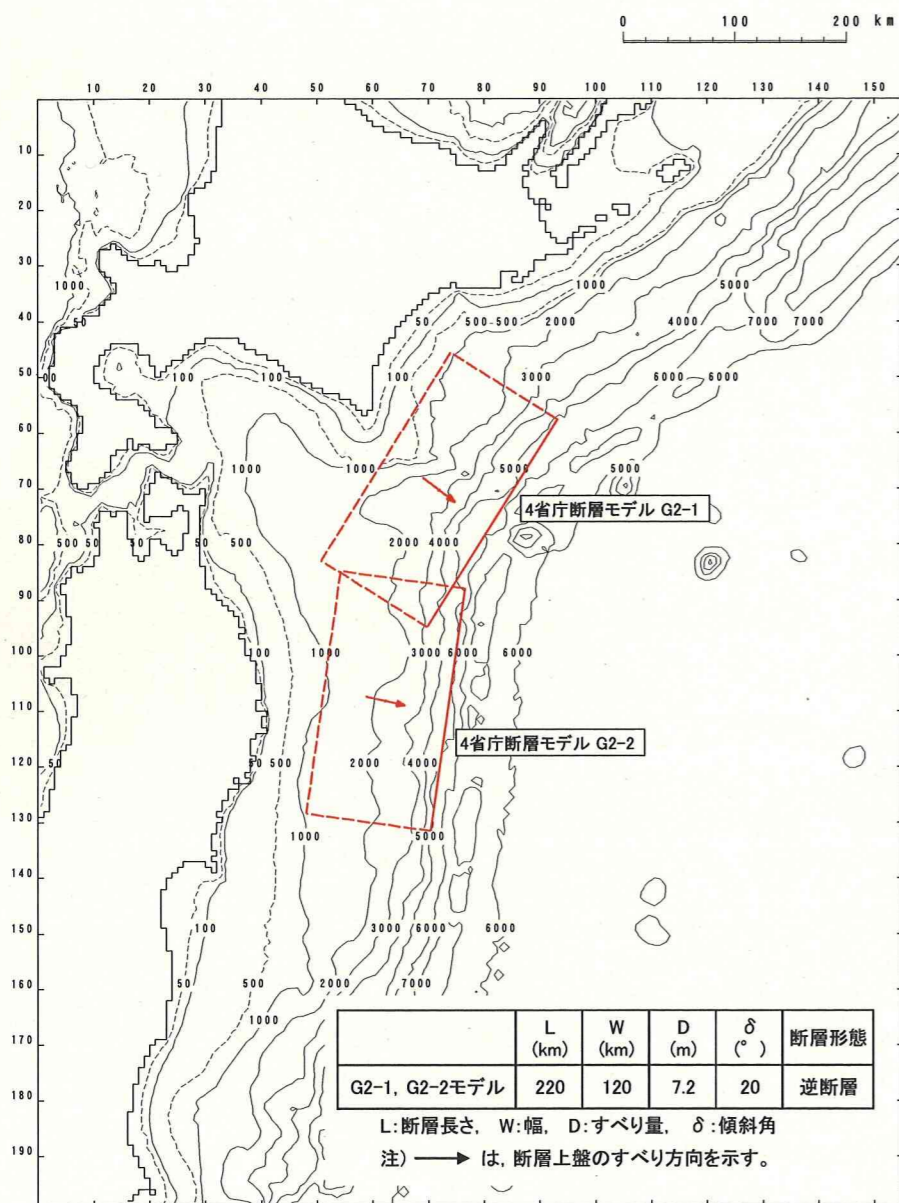
最大水位下降量分布



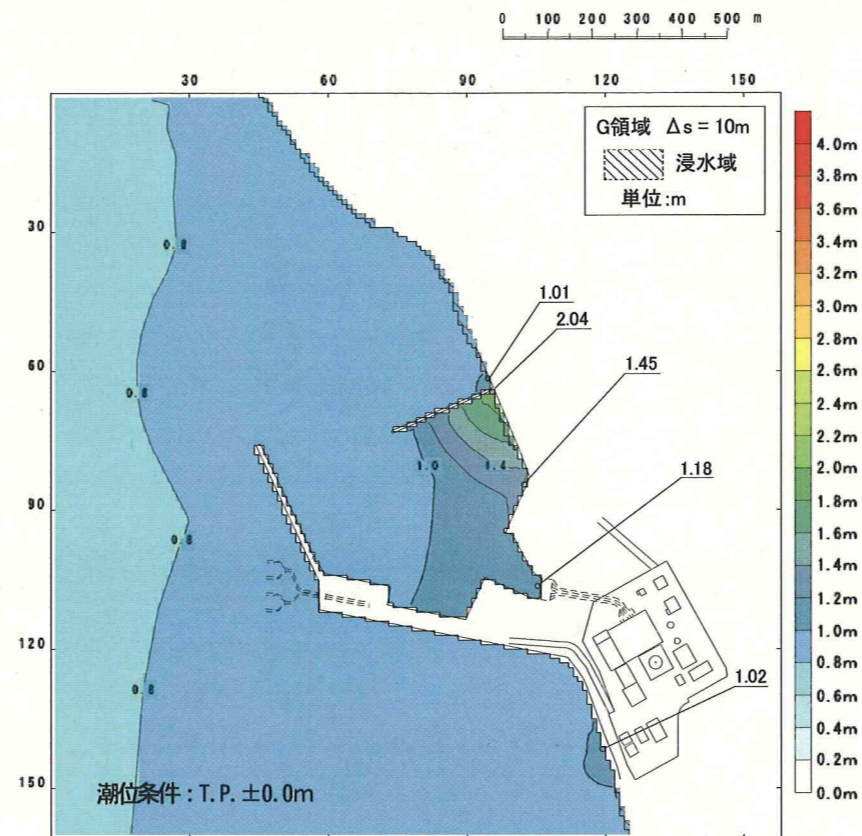
水位時間波形



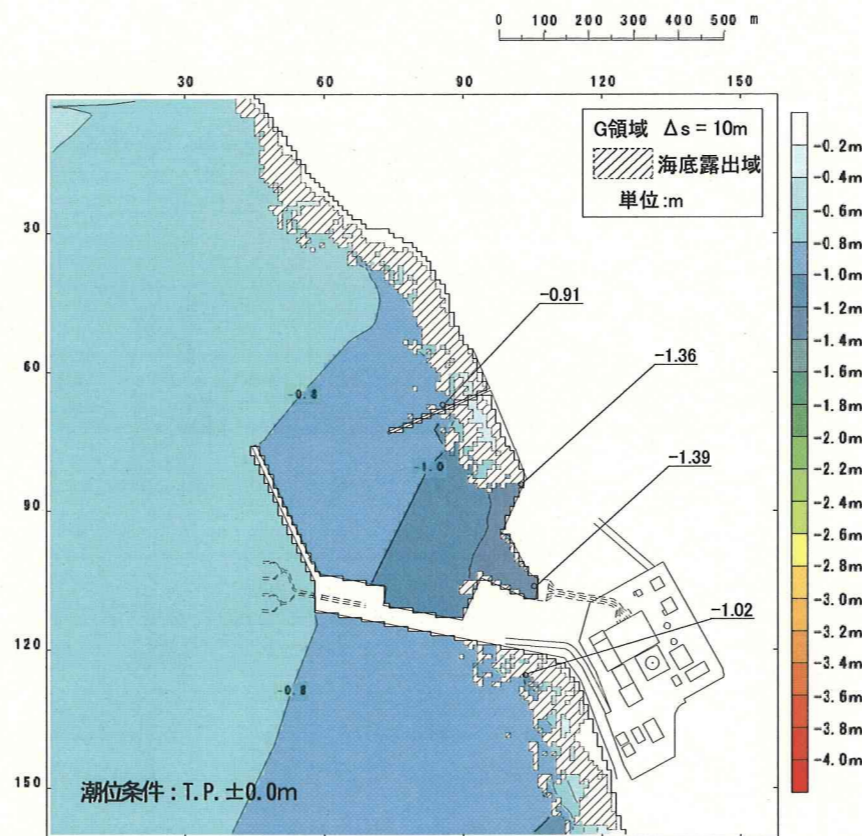
断層モデルと初期変位分布



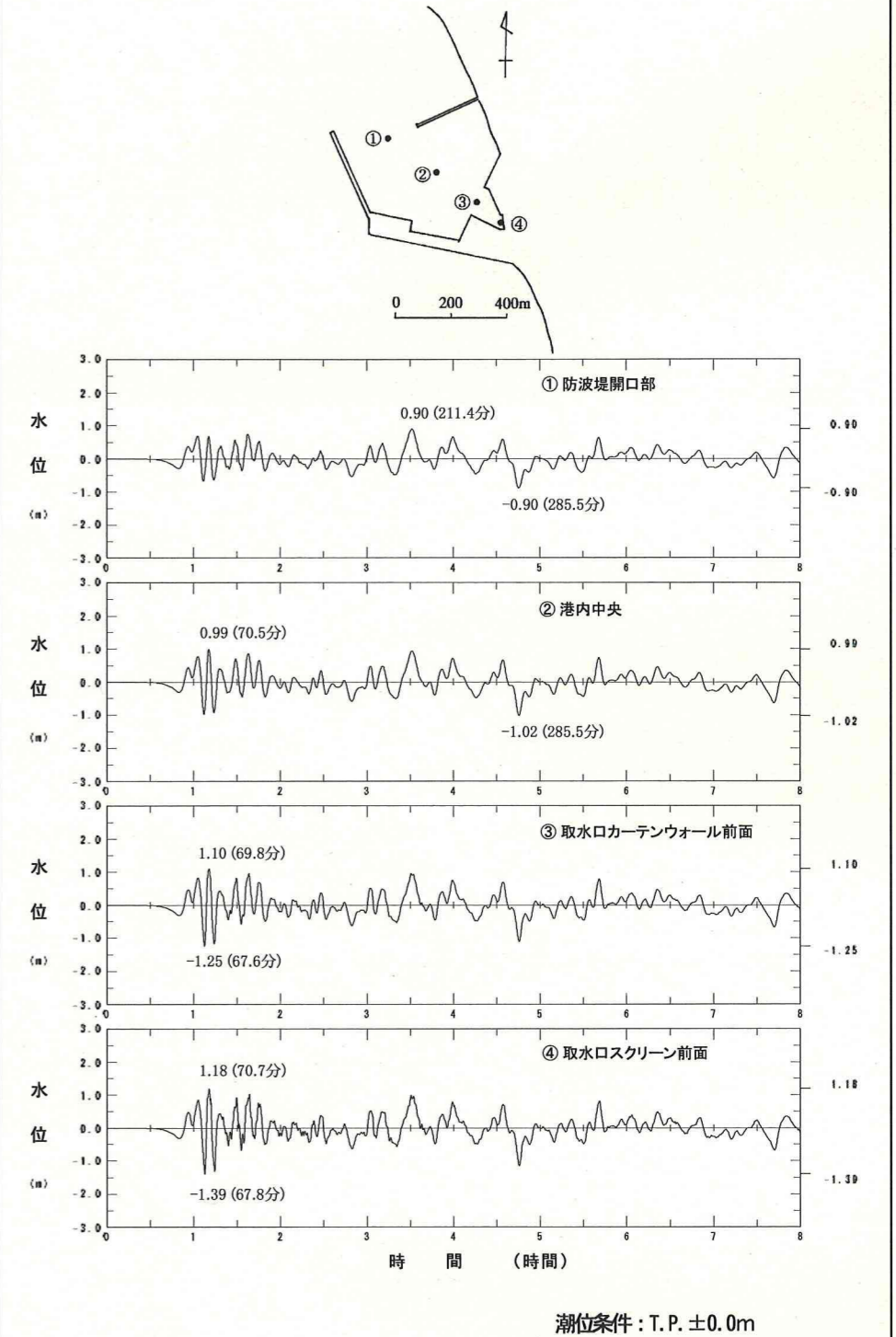
最大水位上昇量分布

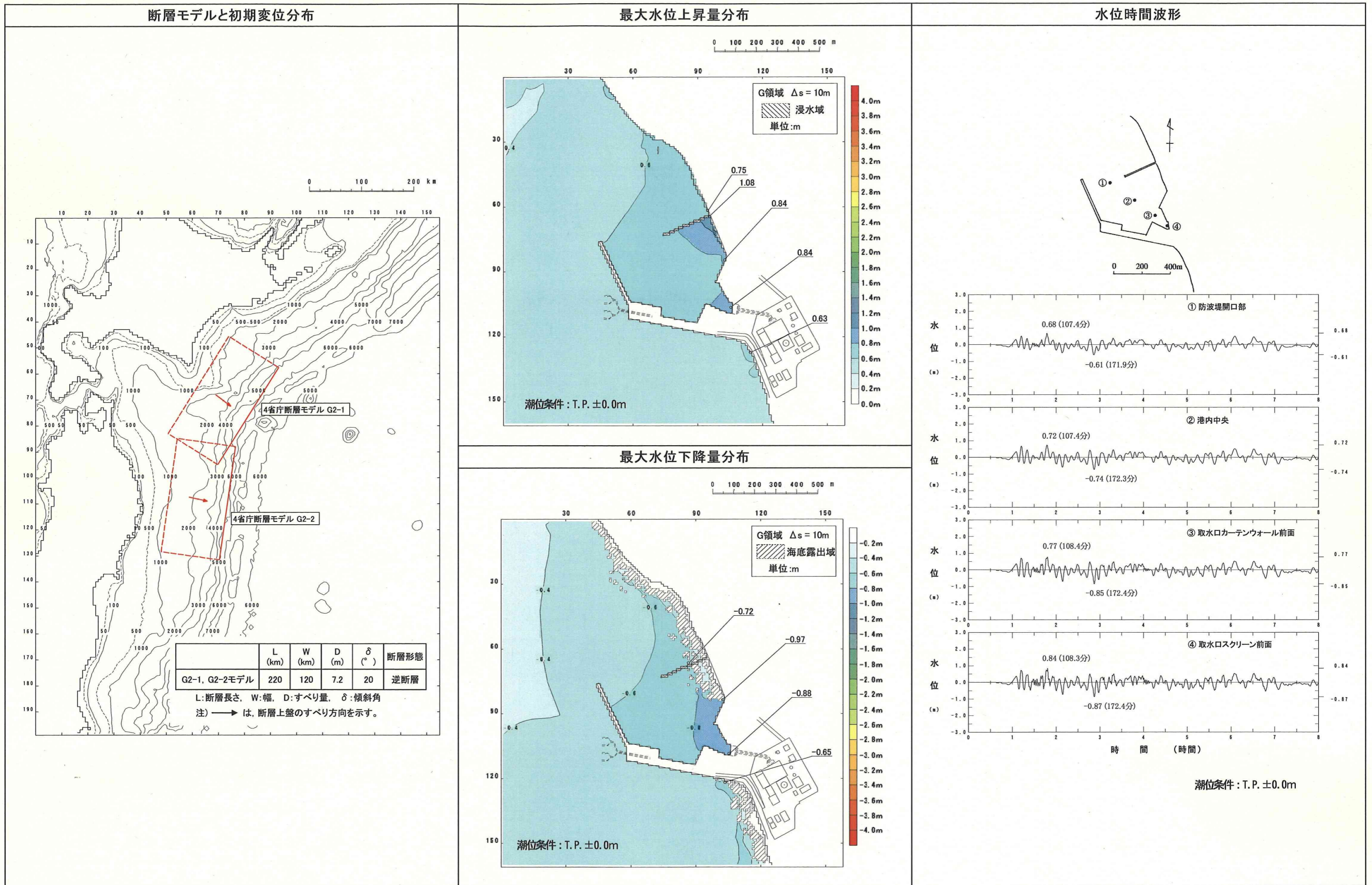


最大水位下降量分布



水位時間波形

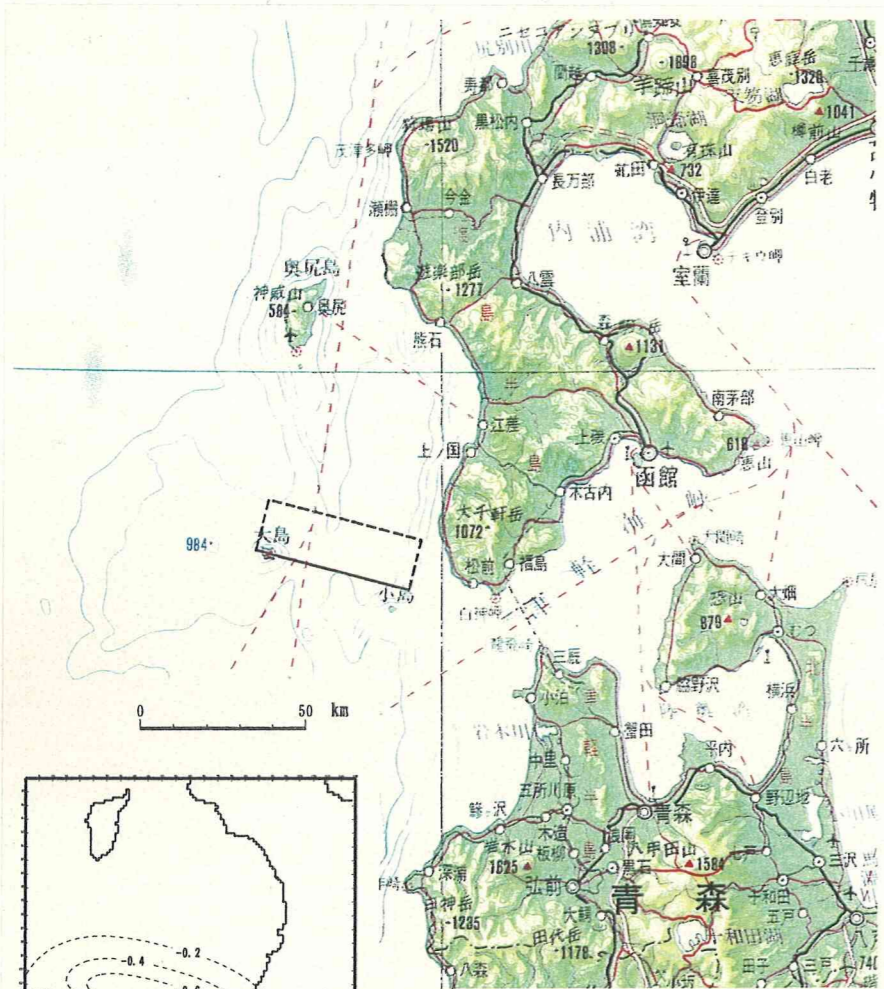




「津波の検討」(04-大開設C-47)に加筆

図-5.8(3) 近地津波(太平洋側)の検討結果
[4省庁(1997)⁽²⁾想定津波, G2-2]

断層モデルと初期変位分布

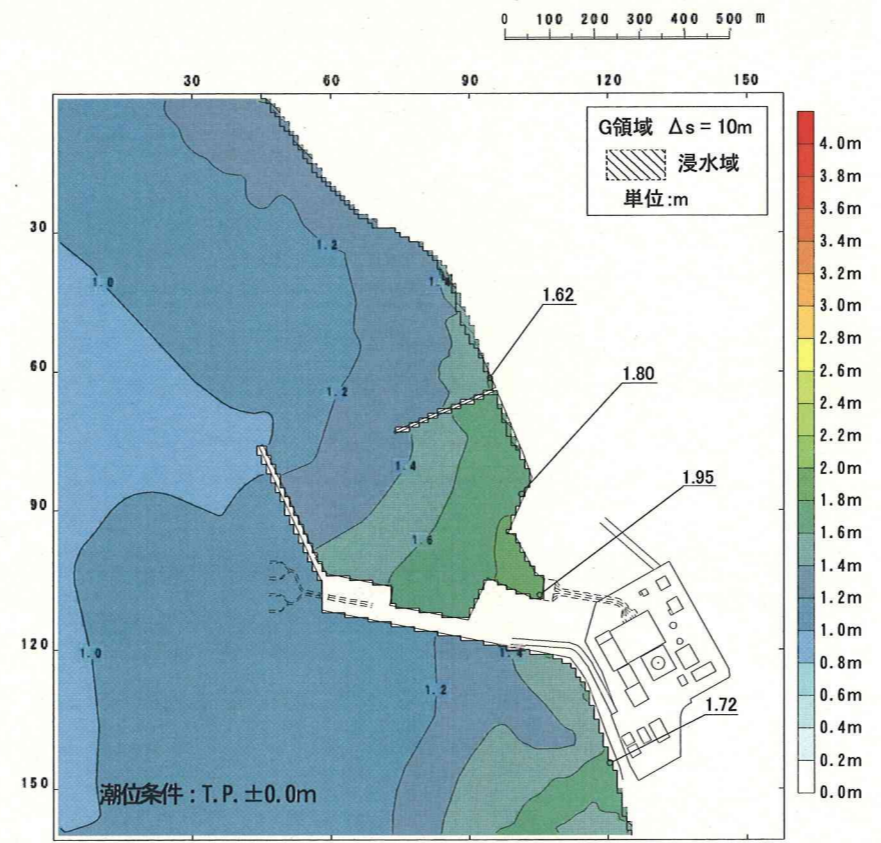


	L (km)	W (km)	D (m)	δ (°)	θ (°)	断層 形態
設定モデル	50	19	16.0	35	285	逆断層

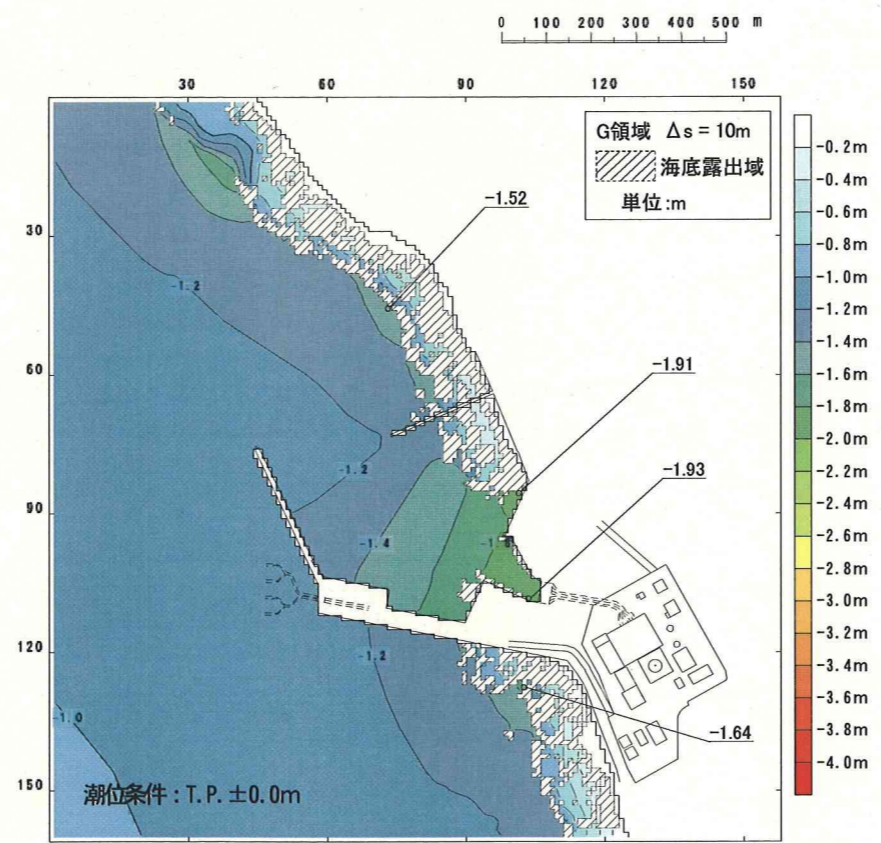
L; 断層長さ, W; 幅, D; すべり量, δ ; 傾斜角, θ ; 走向

初期変位分布
単位: m

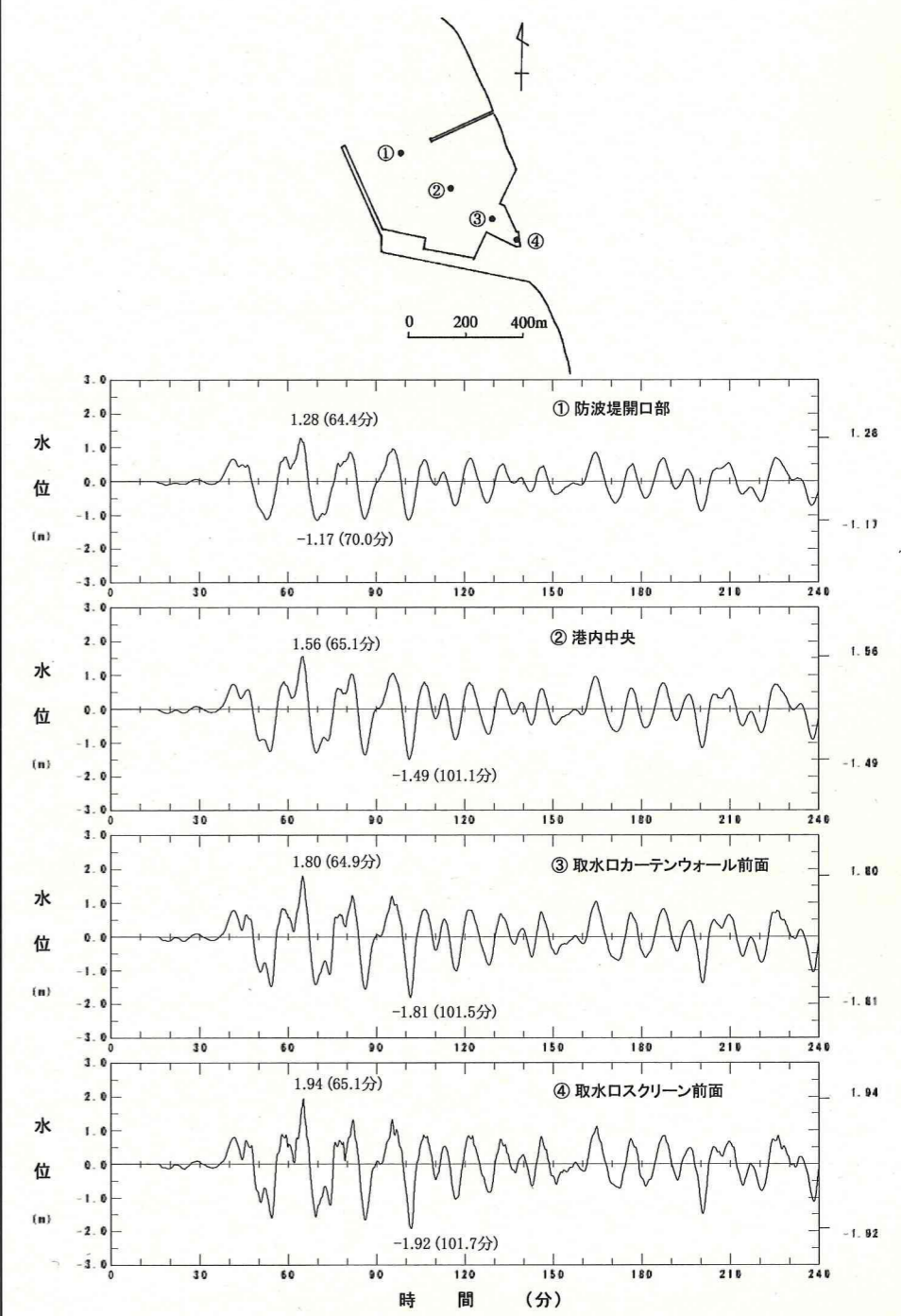
最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



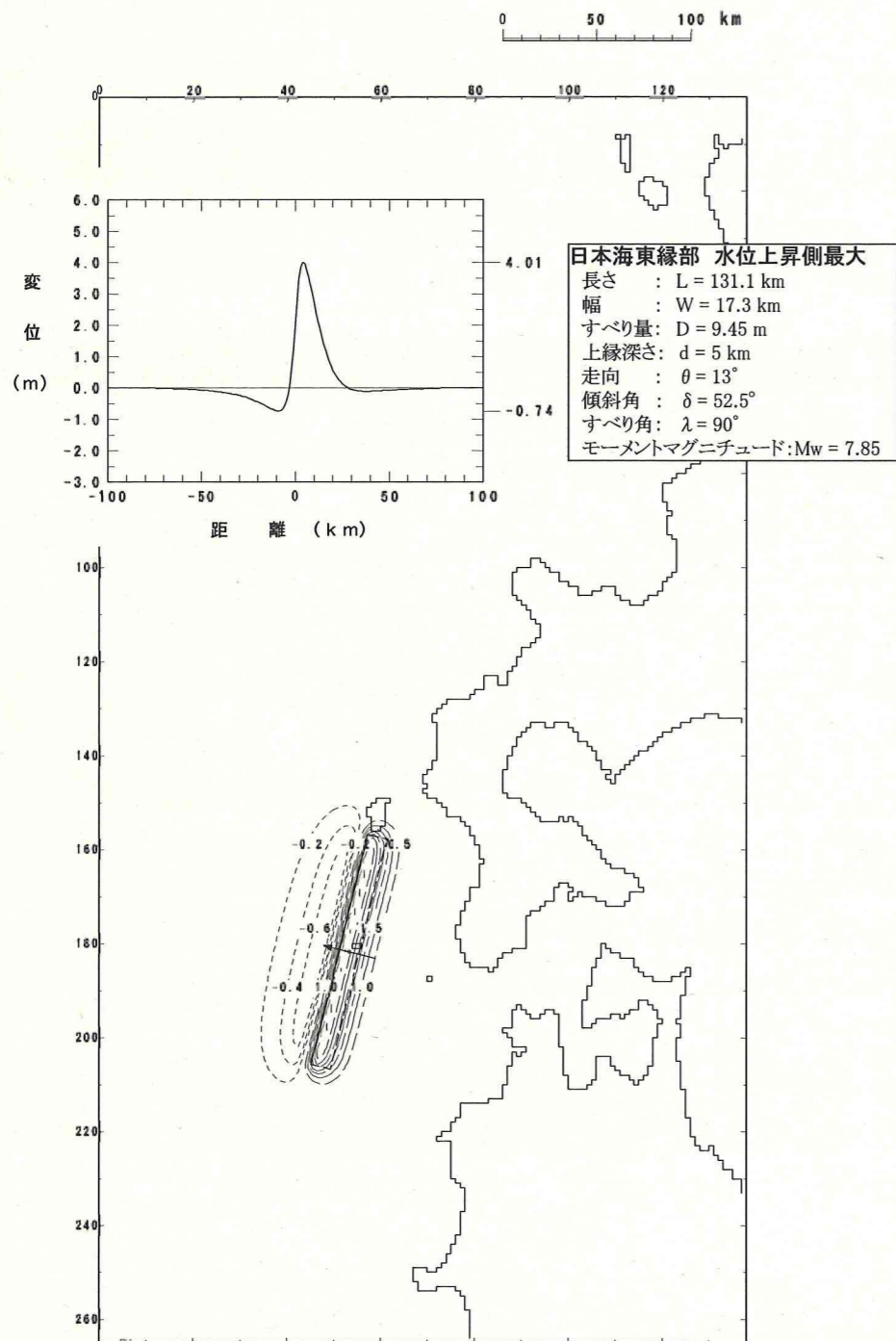
水位時間波形



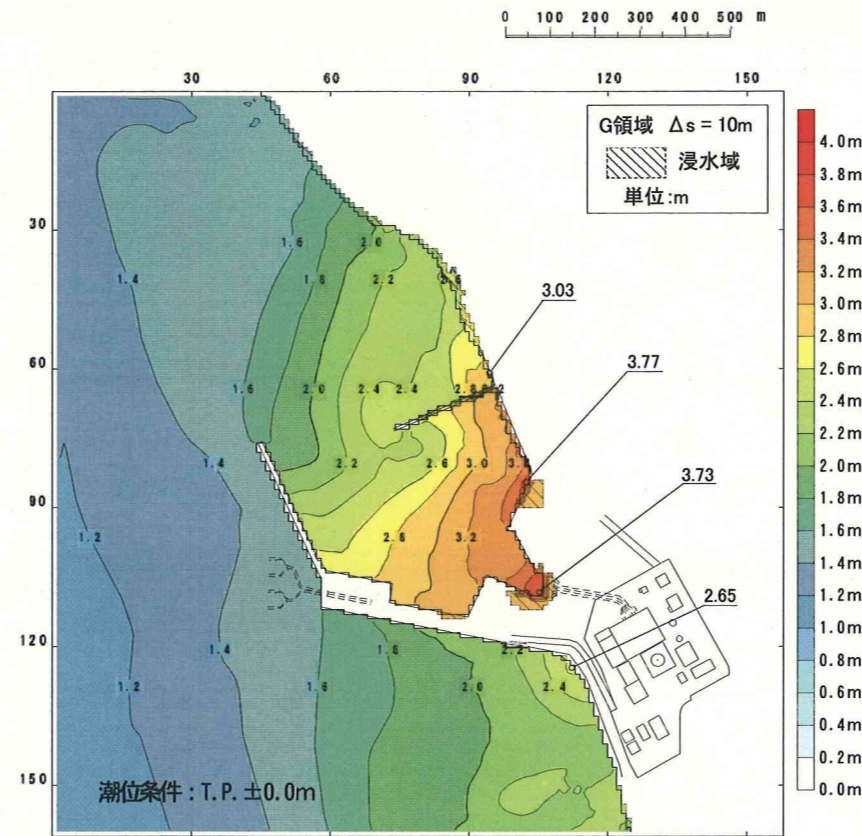
「津波の検討」(04-大開設C-47)に加筆

図-5.8(4) 近地津波(日本海側)の検討結果
[1741年(渡島半島西方沖)津波]
5-17

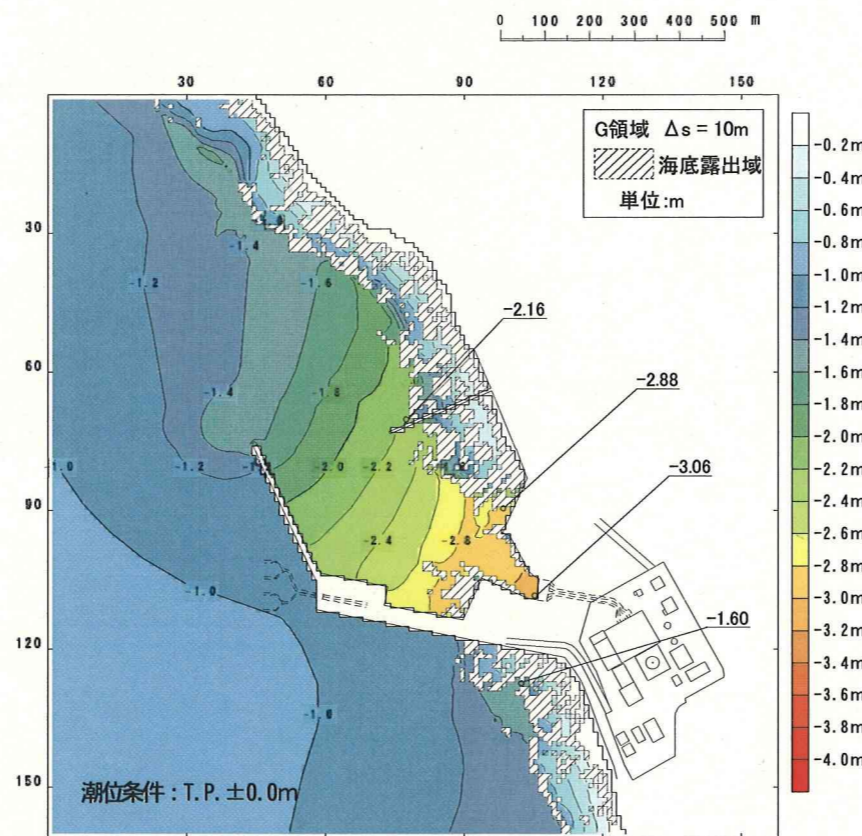
断層モデルと初期変位分布



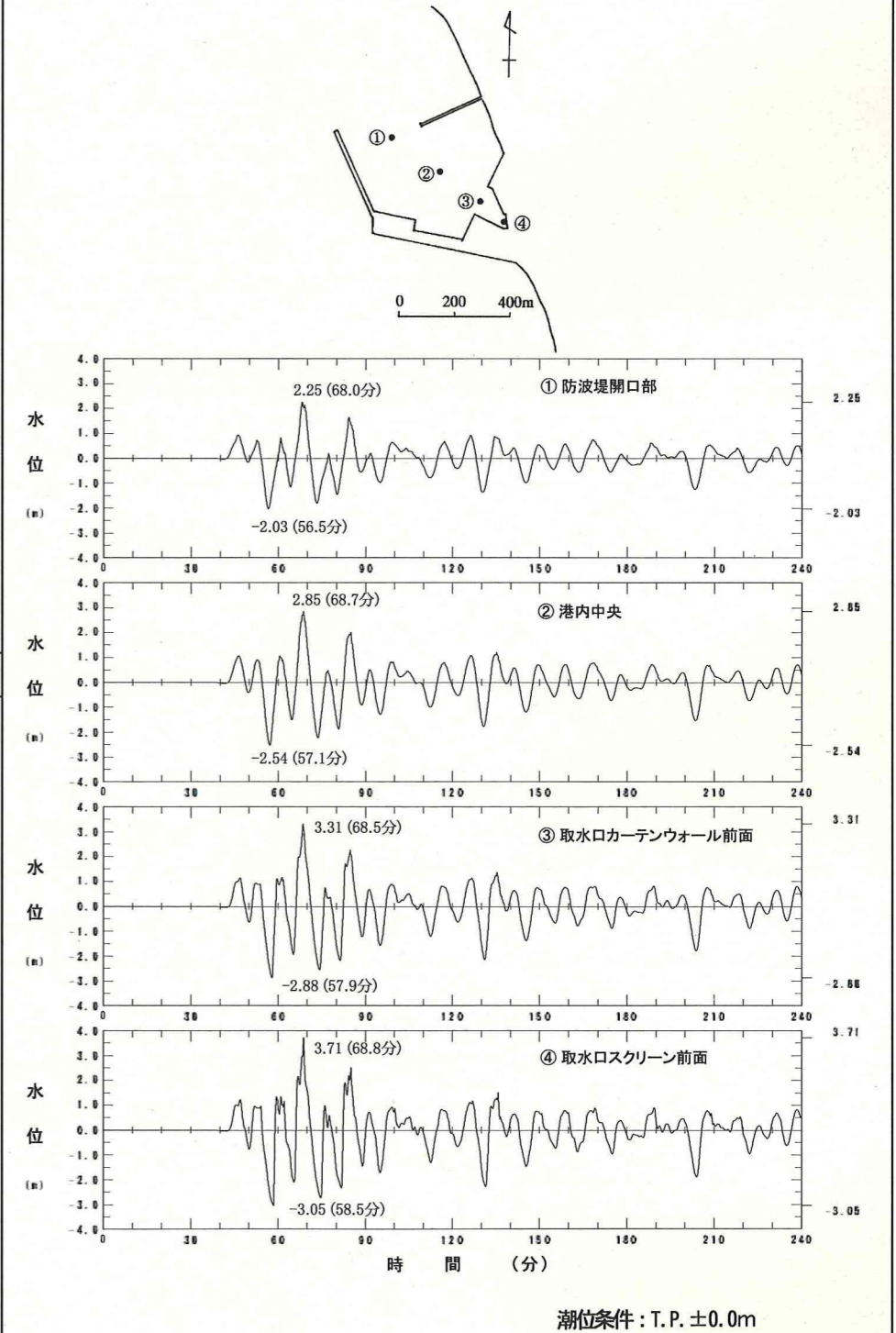
最大水位上昇量分布



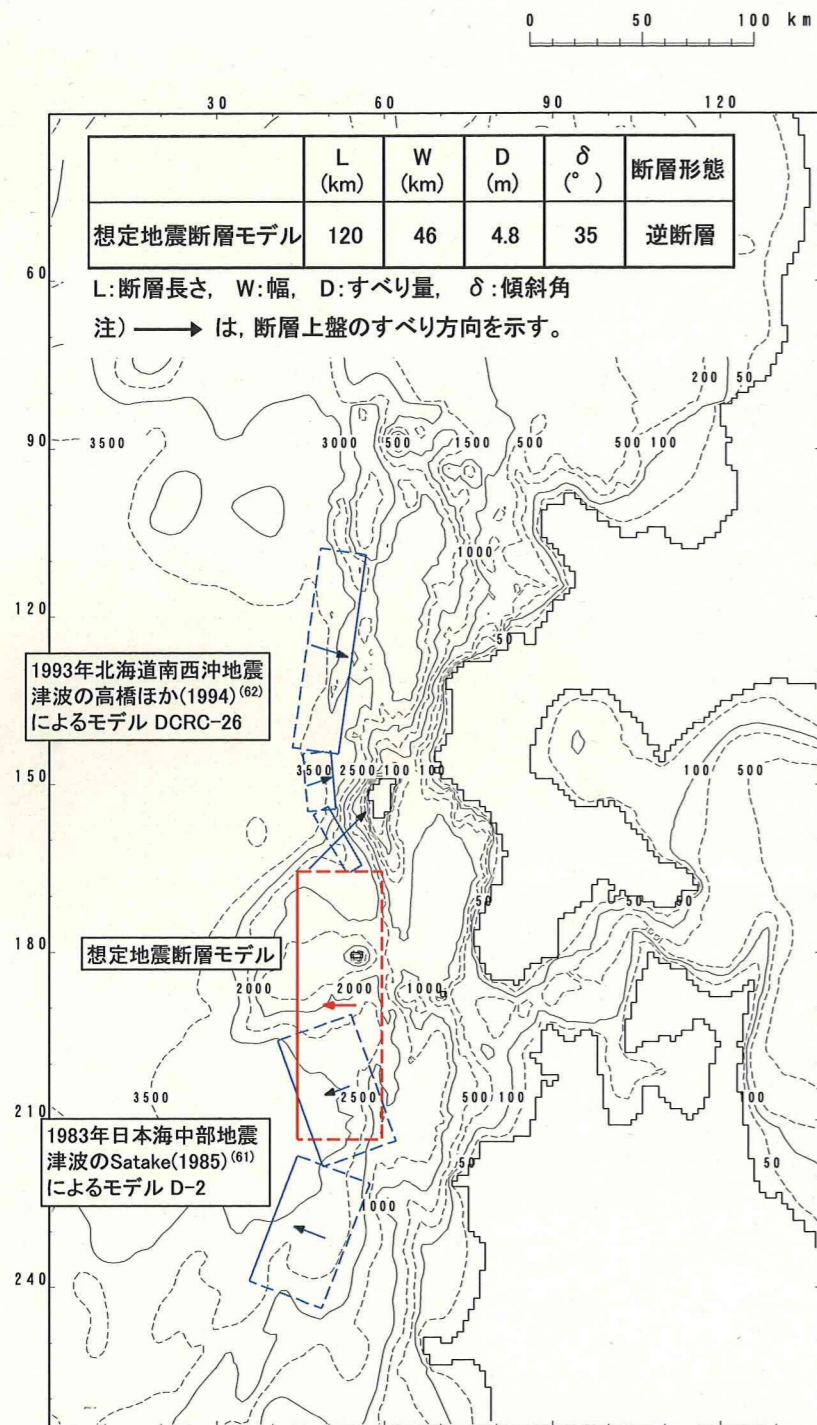
最大水位下降量分布



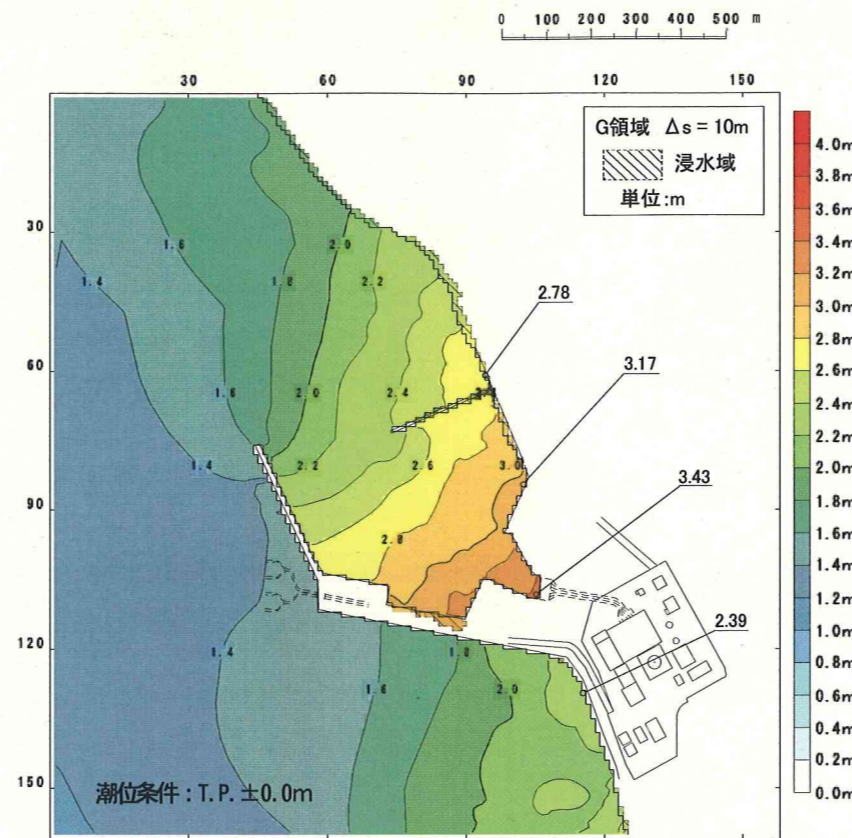
水位時間波形



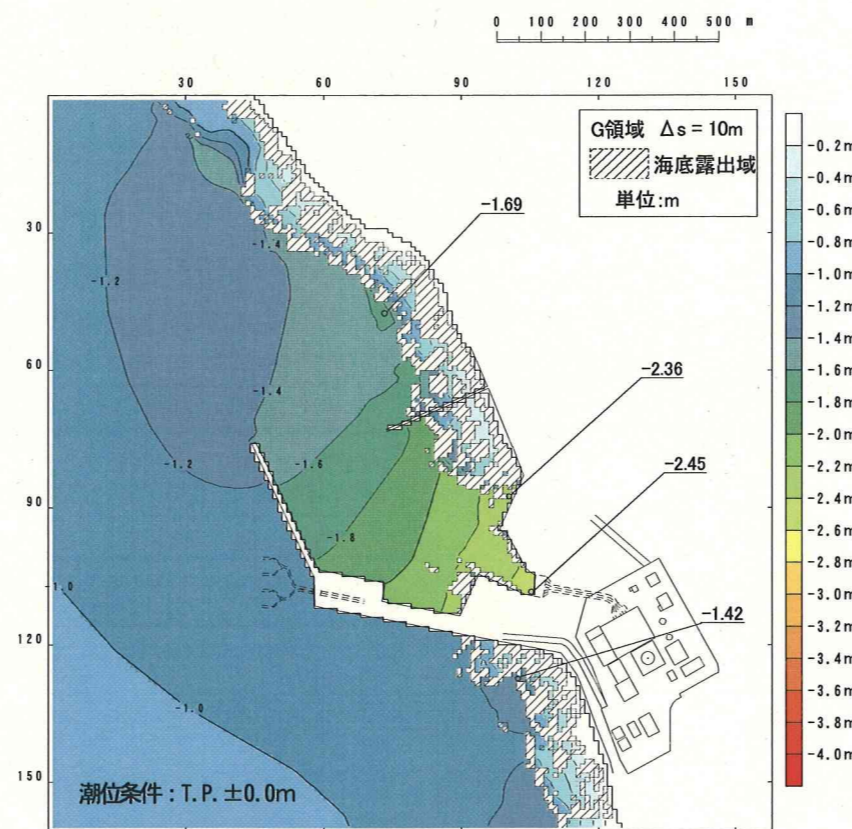
断層モデルと初期変位分布



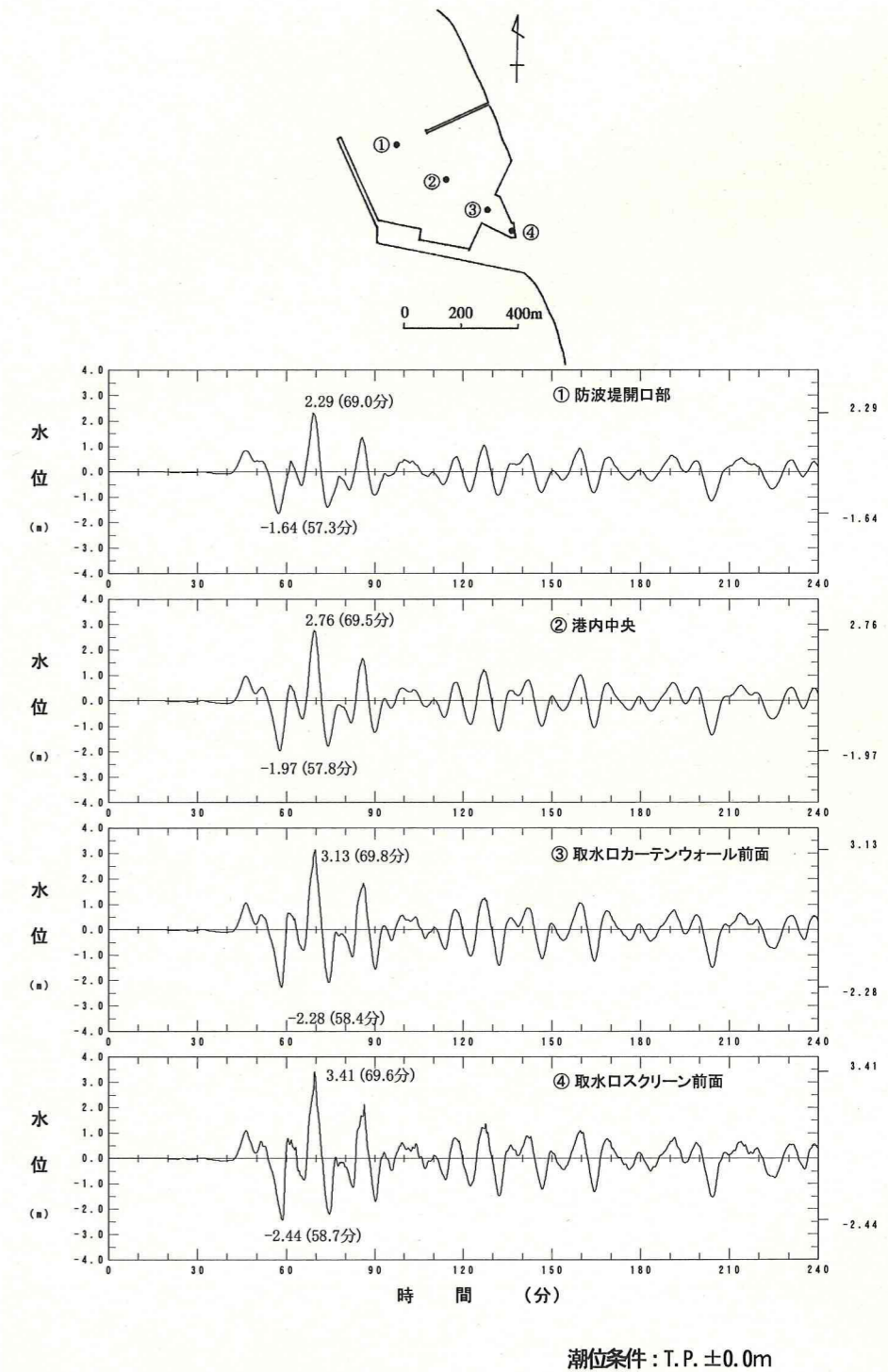
最大水位上昇量分布

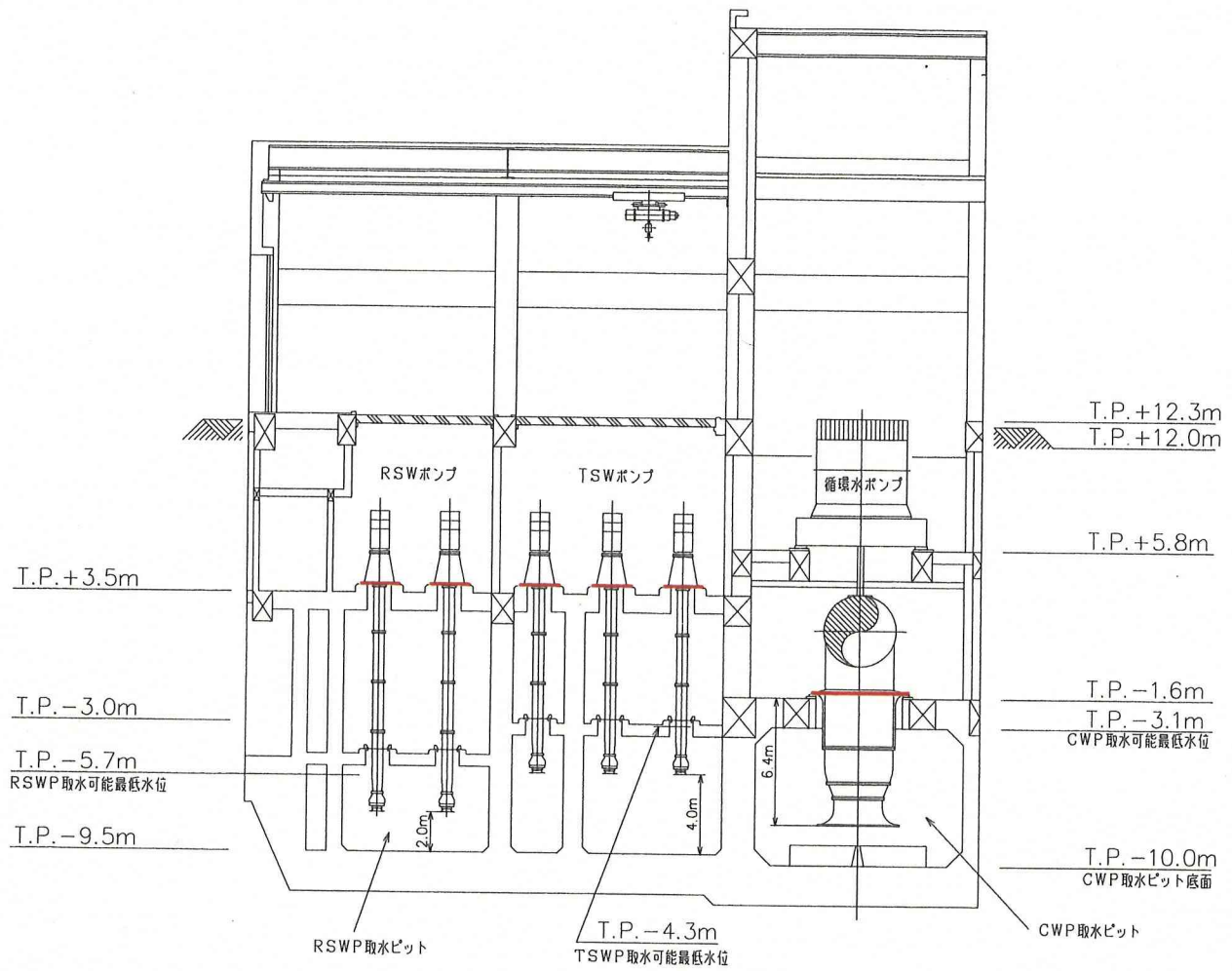


最大水位下降量分布



水位時間波形





「津波の検討—津波来襲時の補機冷却系ピットの水位変動—」(04-大間設C-49改)より転載

図-5.9 原子炉補機冷却海水ポンプ等の設置標高

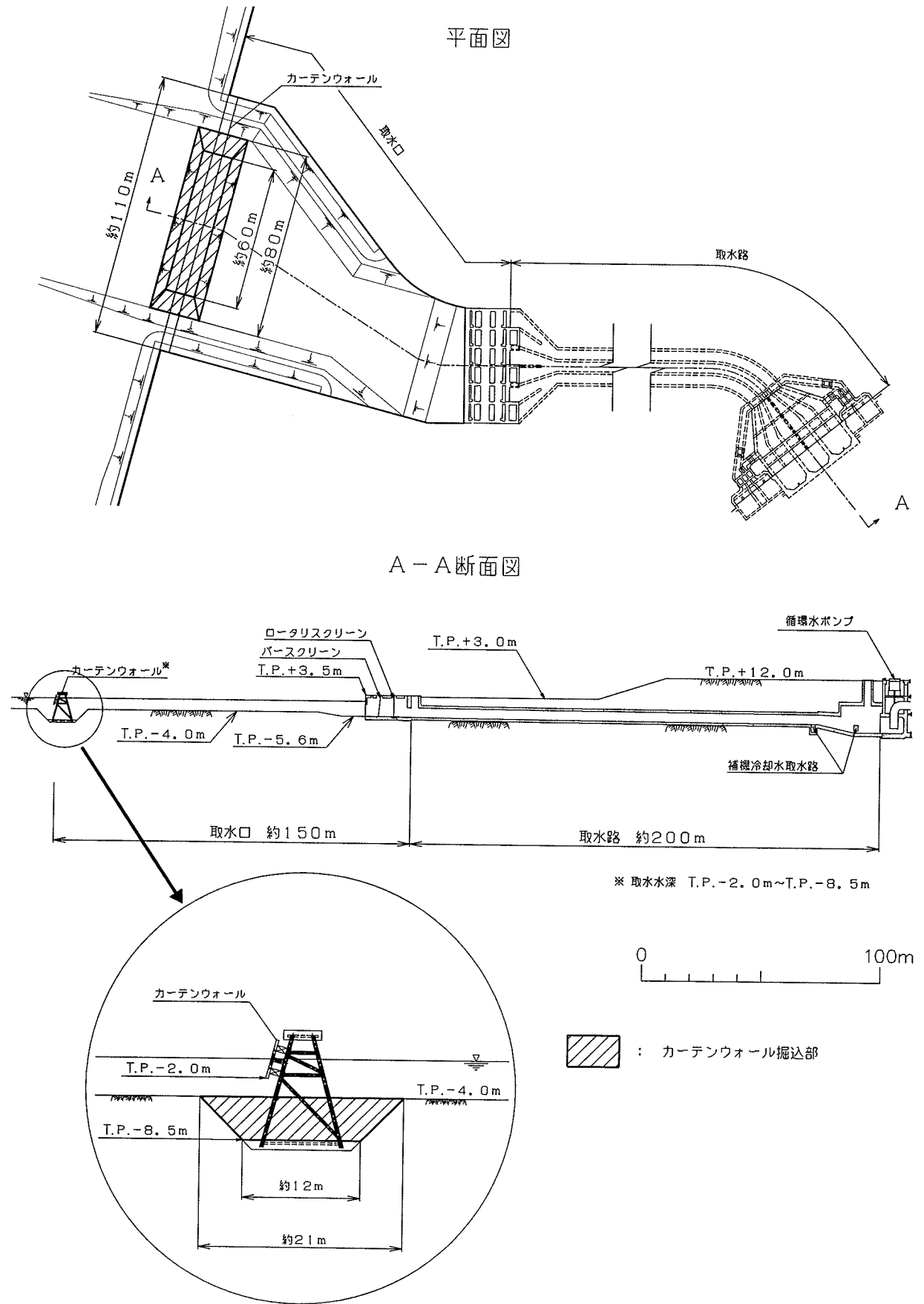
6. 取水口カーテンウォール掘込部の形状と容量について

- 1) 取水口カーテンウォール掘込部の形状と容量について，具体的に説明すること。

申請者は、意見聴取会資料「津波の検討－津波来襲時の砂による取水設備への影響－」（04-大間設C-48）の「図-6 取水設備概要図」における、取水口のカーテンウォール掘込部の形状及び容量について、以下のとおりとしている。

取水口のカーテンウォール掘込部の形状を具体的に表示し、図-6.1 に示す。

図-6.1 によると、掘込部の下面の面積は約 720m^2 、上面の面積は約 $1,680\text{m}^2$ 、深さは約 4.5m であることから、容量は約 $5,400\text{m}^3$ であるとしている。



「津波の検討-津波来襲時の砂による取水設備への影響-」(04-大間設C-48)に加筆

図-6.1 取水設備概要図

7. 一時的な分布形状の変化を考慮した砂移動の数値シミュレーションについて

- 1) 港湾工事中に一時的に変化した砂の分布形状を考慮し，砂移動の数値シミュレーションを行うこと。

大間発電所地点では、現在、港湾工事を実施中であり、一時的に砂の分布形状が変化していることから、これらの状況を考慮した数値シミュレーション（以下「比較検討」という。）を実施している。

意見聴取会資料「津波の検討－津波来襲時の砂による取水設備への影響－」（04－大間設C－48）においては、港湾工事着手前の砂の分布を考慮した数値シミュレーション（以下「基本検討」という。）を行っているが、本資料では、現在、実施中の港湾工事中に浚渫された航路等に移動した砂を考慮した条件に基づく比較検討を行っている。比較検討においてモデル化した砂の分布を、基本検討における砂の分布と比較して図-7.1に示す。なお、基本検討における北防波堤周辺の砂の堆積量は、約40,000m³であるとしている。

比較検討においてモデル化した砂の分布範囲は、基本検討の砂の分布範囲に、航路等へ移動した砂の分布範囲を加えて保守側に設定したとしている。また、砂の分布厚さについては、基本検討で設定した砂を基に移動した砂の体積を推定し（約13,000m³）、この体積に相当する砂を北防波堤周辺から港湾内にかけての砂の分布範囲（約65,000m²、図-7.1(2)を参照）に、約20cmの厚さでほぼ一様に分布する条件として設定したとしている。よって、基本検討における北防波堤周辺の砂の堆積量は、約53,000m³となっているとしている。

なお、比較検討における砂の分布条件は、基本検討と比較して水深が浅くなることから流速が大きくなるため、保守側の条件と考えられるとしている。

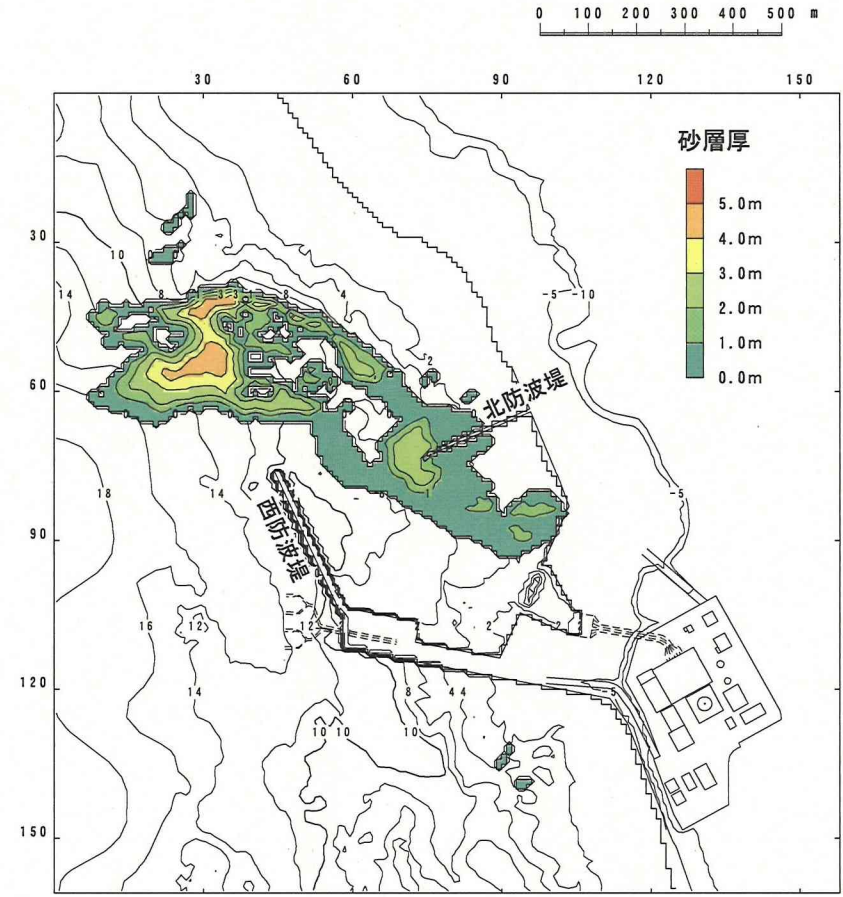
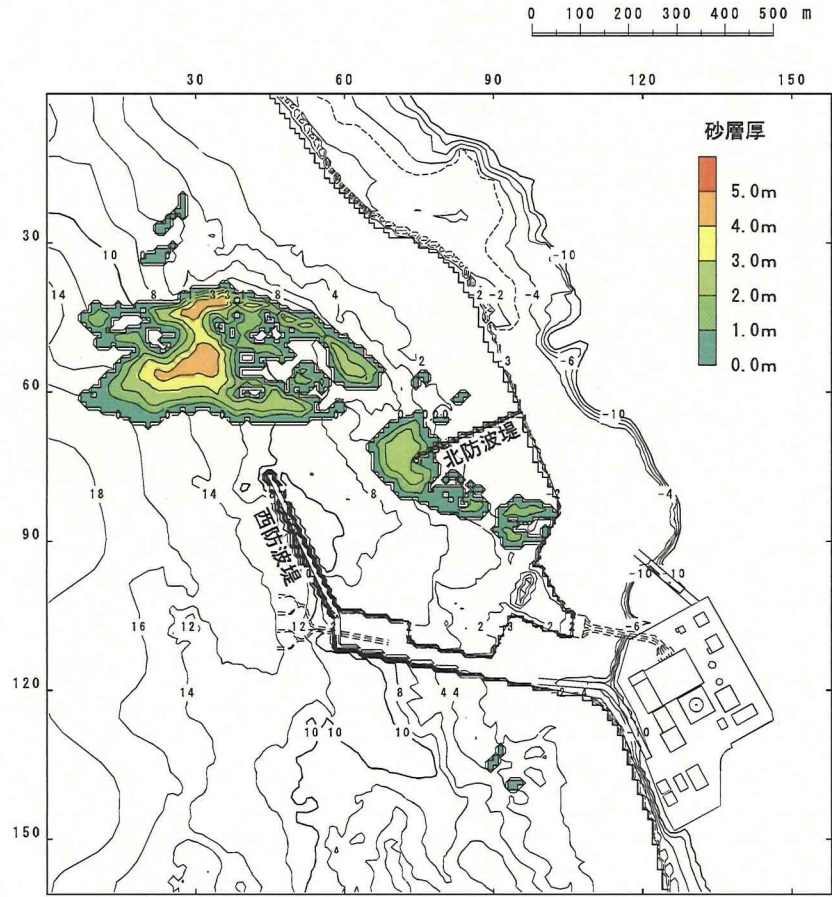
比較検討では、基本検討と同様に、日本海東縁部の想定津波とチリ沖の想定津波の2ケースを対象として検討している。日本海東縁部の想定津波を対象とした検討結果を図-7.2に、チリ沖の想定津波を対象とした検討結果を図-7.3に示す。

これらの検討結果によると、日本海東縁部の想定津波では、防波堤開口部付近で 3.5m/s 以上の最大流速が発生するため、北防波堤周辺を中心に $5,300\text{m}^3$ 程度の砂の侵食及び堆積が生じるものの、取水口及び取水口付近における砂の侵食及び堆積は認められない結果が得られたとしている。また、チリ沖の想定津波では、港湾内での最大流速が 1.0m/s 程度と小さく、港湾内においてほとんど砂の堆積・侵食が認められない結果が得られたとしている。

以上より、港湾工事の施工により一時的に変化した砂の分布形状を考慮した場合においても、取水口では砂の侵食・堆積が認められないことを確認したとしている。

なお、発電所の運転に際しては、港湾内の泊地及び航路の必要水深を確保するため、必要に応じて、港湾内の砂を除去する計画であるとしている。

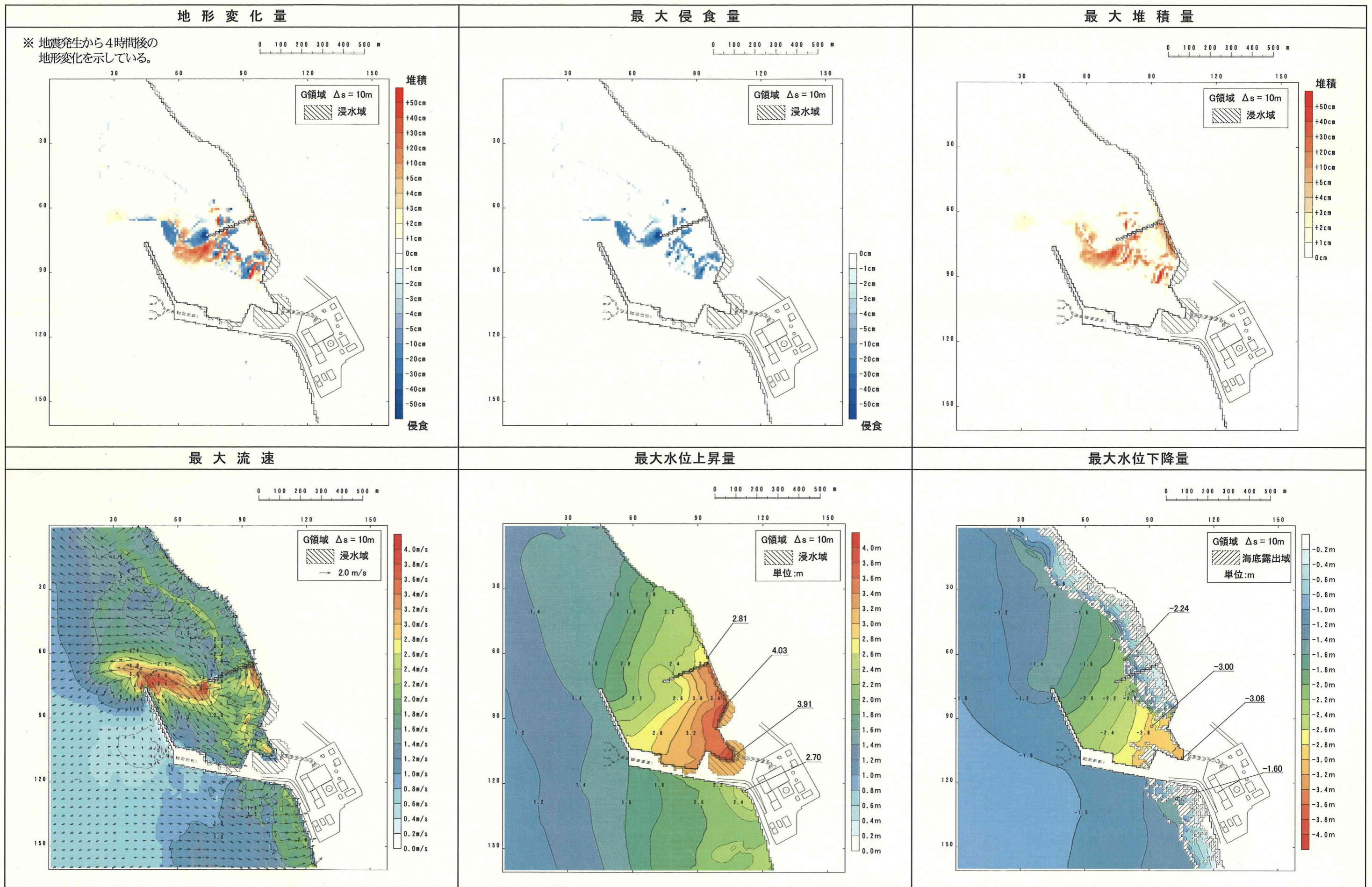
7-3
 図-7.1 砂の分布範囲の比較



「津波の検討—津波来襲時の砂による取水設備への影響—」
 (04-大間設C-48)より転載

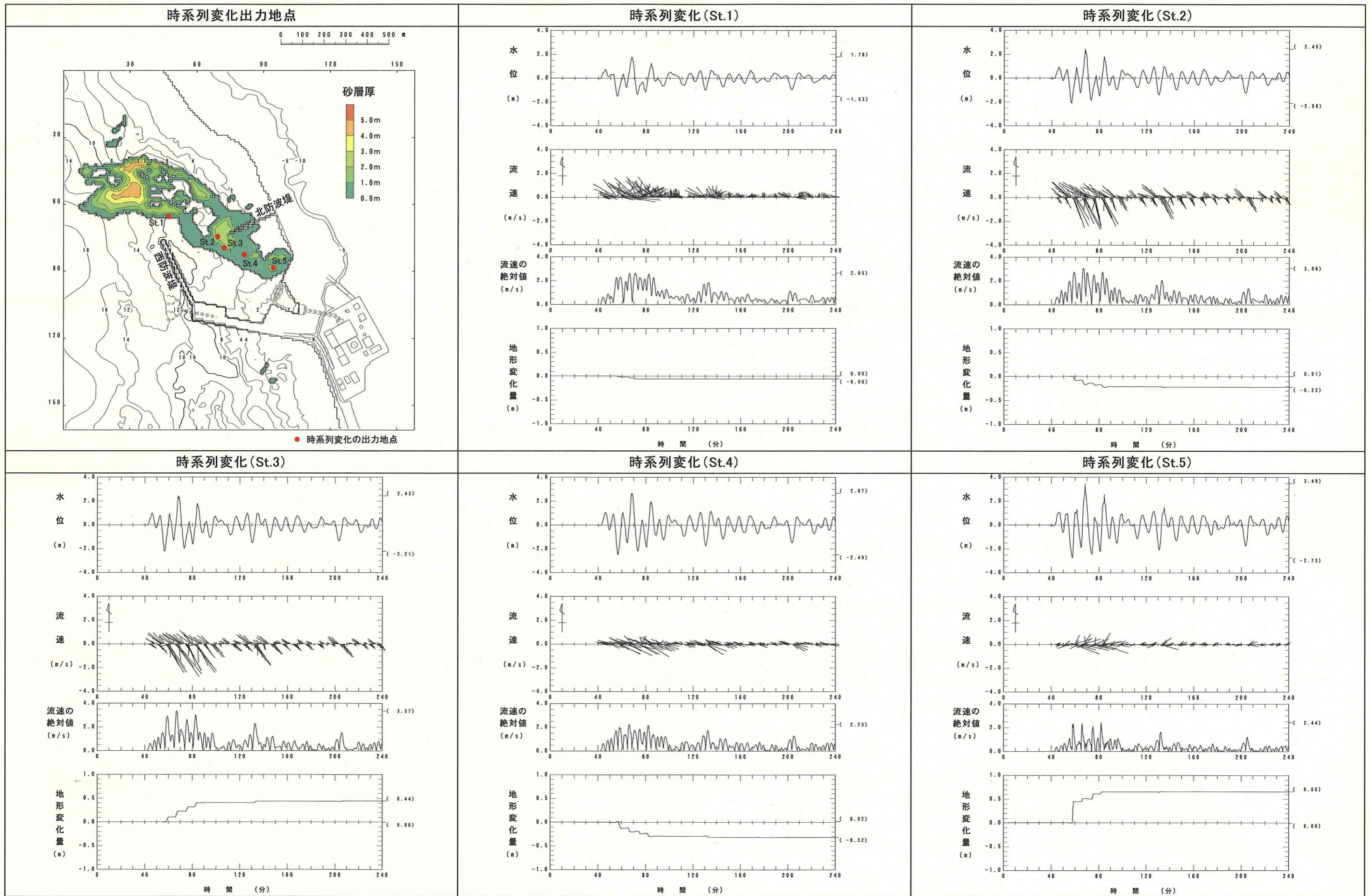
(1) 基本検討

(2) 比較検討 (本資料)



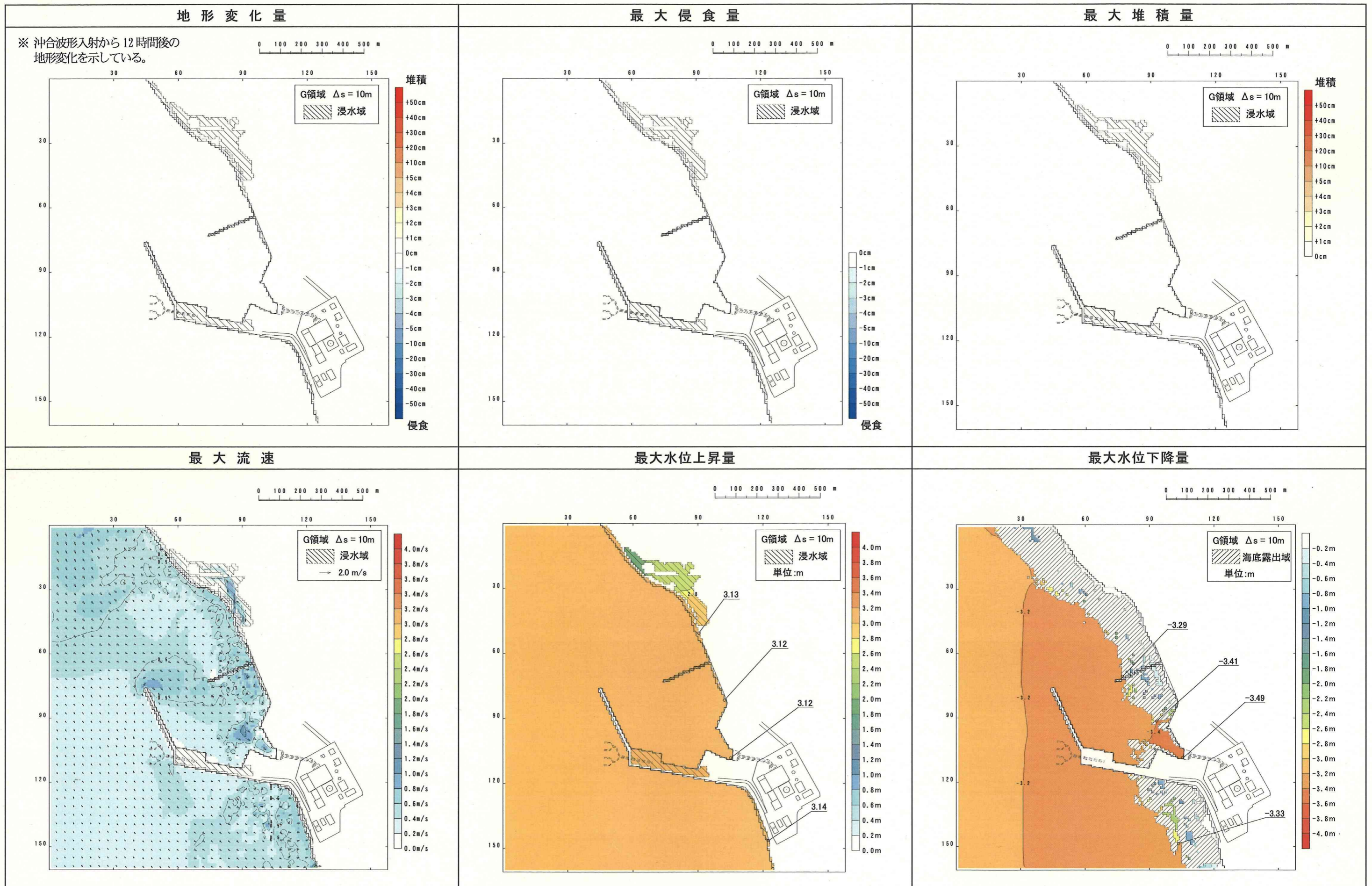
潮位条件：T.P. ±0.0m

図-7.2(1) 砂移動の検討結果（日本海東縁部，比較検討）



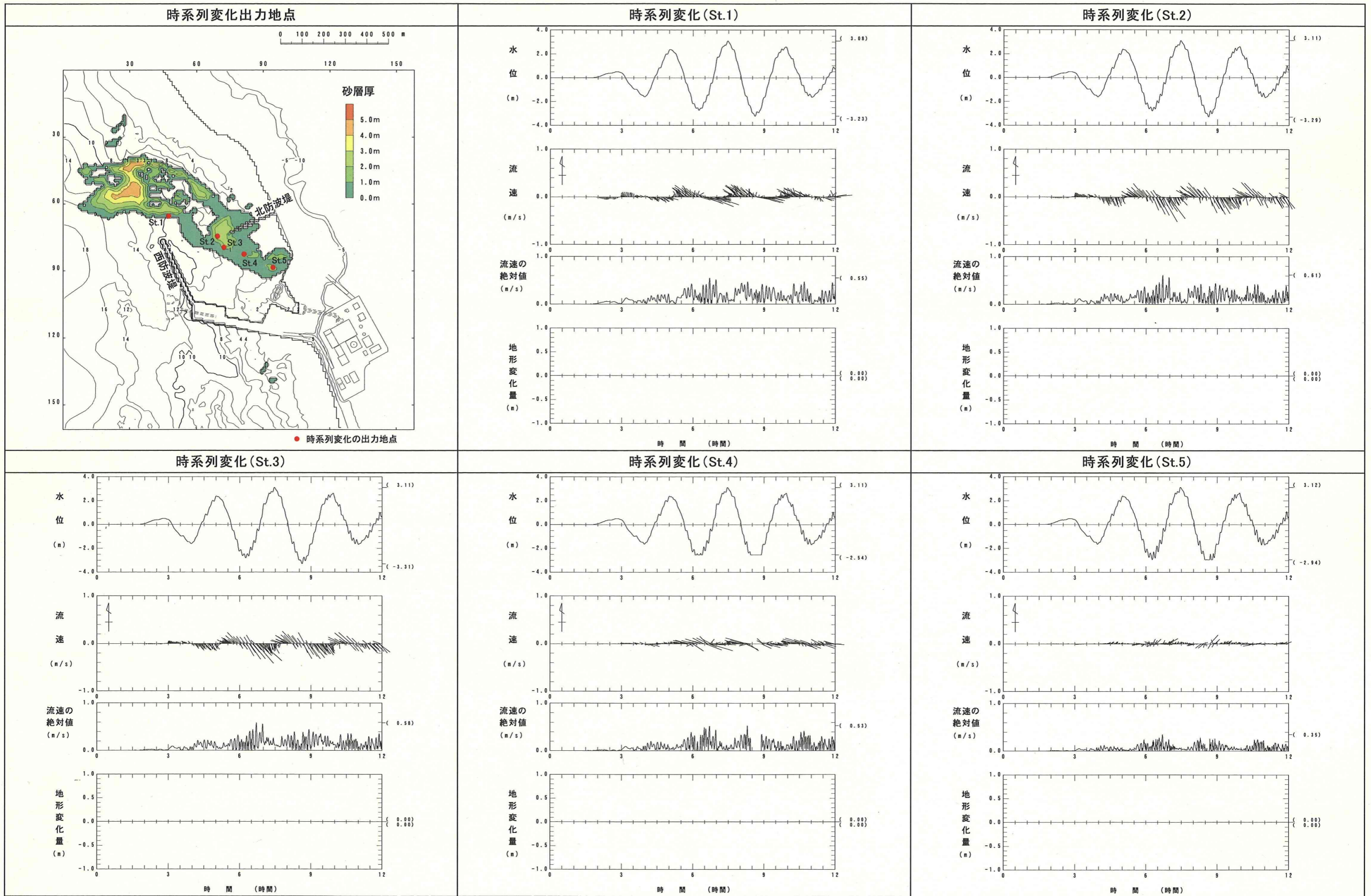
潮位条件: T.P. ±0.0m

図-7.2(2) 砂移動の検討結果 (日本海東縁部, 比較検討)



潮位条件：T.P. ±0.0m

図-7.3(1) 砂移動の検討結果 (チリ沖, 比較検討)



潮位条件: T.P. ±0.0m

図-7.3(2) 砂移動の検討結果 (チリ沖, 比較検討)

8. 原子炉補機冷却系の取水確保について

- 1) 津波による水位が，取水口スクリーン前面敷高 T. P. -4. 0mを下回った場合の原子炉補機冷却系の取水確保とその効果について説明すること。

意見聴取会資料「津波の検討」（04-大間設C-47）によると、津波による取水口スクリーン前面の最低水位は、チリ沖に波源を想定したケース（以下「チリ沖の想定津波」という。）でT.P.-3.8m程度となり、取水口スクリーン前面敷高 T.P.-4.0mを下回らないことから、津波により水位が低下した場合でも原子炉補機冷却系に必要な取水は確保できるとしている。ここでは、津波による水位が、仮に取水口スクリーン前面敷高を下回った場合の原子炉補機冷却系の取水確保について、検討を行う。

申請者は、津波による水位が、取水口スクリーン前面敷高 T.P.-4.0mを仮に下回った場合の原子炉補機冷却系の取水確保について、以下のとおりとしている。

取水路及び原子炉補機冷却系海水ポンプピット室において取水口スクリーン前面敷高の T.P.-4.0mより低い位置に貯留される海水のうち、原子炉補機冷却系海水ポンプの取水可能最低水位 T.P.-5.7mを下回らない海水の量は約 8,000m³であるとしている。取水設備概要図を図-8.1 に示す。

一方、津波来襲時に循環水ポンプ室の水位が T.P.-3.0mを下回った場合には発電を停止し、原子炉補機冷却海水ポンプを6台運転する計画であることから、非常時の原子炉補機冷却系の取水量は約 198 m³/分（定格取水量の110%）になるとしている。

したがって、津波による水位が取水口スクリーン前面敷高 T.P.-4.0mを仮に下回った場合でも、貯留水により約40分間の原子炉補機冷却系の取水が確保されるとしている。

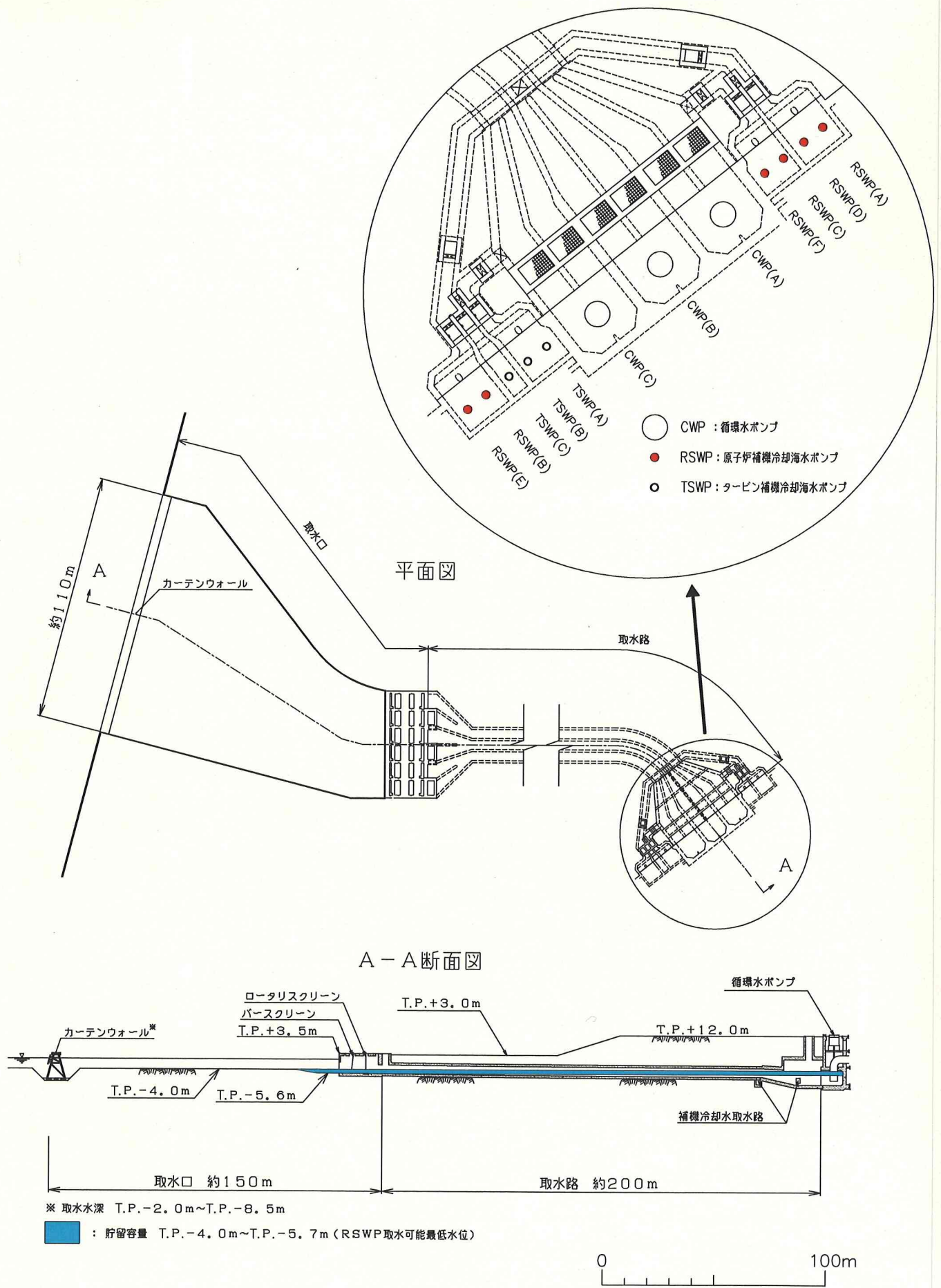
次に、原子炉補機冷却系の貯留水による約 40 分間の取水と、津波の周期との関係について検討する。

日本海東縁部及び日本海溝沿いの日本近海で発生する津波の周期は、概ね 5 分～20 分程度であり、貯留水により原子炉補機冷却系の取水が確保される約 40 分間を下回るため問題ないとしている。

一方、遠地津波であるチリ沖の想定津波等の周期は 140～150 分程度であり、貯留水により原子炉補機冷却系の取水が確保される約 40 分間を超える周期を有している。ここで、チリ沖の想定津波の取水口スクリーン前面における水位時間波形の水位低下時に、貯留水により原子炉補機冷却系の取水が確保される約 40 分間に相当する時間を追記し、図-8.2 に示す。

図-8.2 に示すとおり、原子炉補機冷却系の取水が確保される約 40 分間の貯留水を考慮すると、チリ沖の想定津波による水位低下に対しても余裕があることが確認できるとしている。

以上より、津波による水位が、仮に取水口スクリーン前面敷高を下回った場合でも、取水路及び原子炉補機冷却系海水ポンプピット室内に貯留された海水により、非常時の原子炉補機冷却系に必要な取水は十分確保されることを確認したとしている。



「津波の検討」(04-大間設C-47)に加筆

図-8.1 取水設備概要図

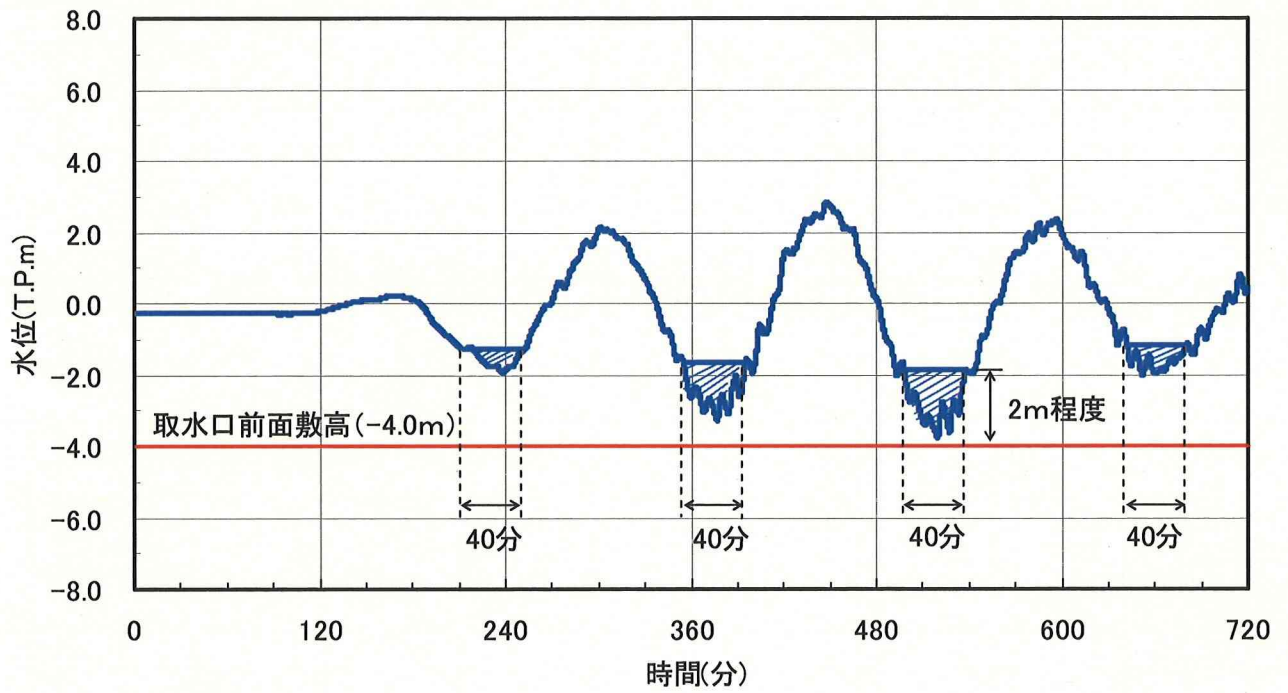


図-8.2 チリ沖の想定津波の水位時間波形（取水口スクリーン前面）

9. 想定津波の詳細パラメータスタディ結果について

- 1) 想定津波の詳細パラメータスタディ結果を比較して示すこと。
- 2) 数値シミュレーション実施時の潮位を記載すること。

申請者は、意見聴取会資料「津波の検討」(04-大間設C-47)における、「4.プレート境界付近及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討」の結果を比較し、以下のとおりまとめている。

土木学会(2002)⁽¹⁾を参考に、日本海東縁部、日本海溝沿い及びチリ沖の各海域を対象として、今後発生することが想定される地震に伴う津波について行った数値シミュレーションの結果、各海域で最大水位上昇量と最大水位下降量を与えるケース(3海域×2ケース=6ケース)の計算津波水位を比較して、表-9.1及び図-9.1に示す。また、これら6ケースの断層モデルと初期変位分布、最大水位上昇量及び下降量の分布、水位時間波形を、図-9.1(1)～図-9.1(6)に示す。

なお、数値シミュレーションにおいて、潮位はT.P.±0.0mとして行っているため、意見聴取会資料「津波の検討」(04-大間設C-47)における計算結果の図面(最大上昇量及び下降量の分布、水位時間波形)について、潮位条件を追記することにより修正する。

参考文献

- (1) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術, 321p.

表-9.1(1) 最大水位上昇量・下降量

津 波		最大水位上昇量	最大水位下降量
日本海東縁部	水位上昇側	3.77m	-3.06m
	水位下降側	3.75m	-3.19m
日本海溝沿い	水位上昇側	3.06m	-1.72m
	水位下降側	2.57m	-2.36m
チリ沖	水位上昇側	3.33m	-3.25m
	水位下降側	3.14m	-3.48m

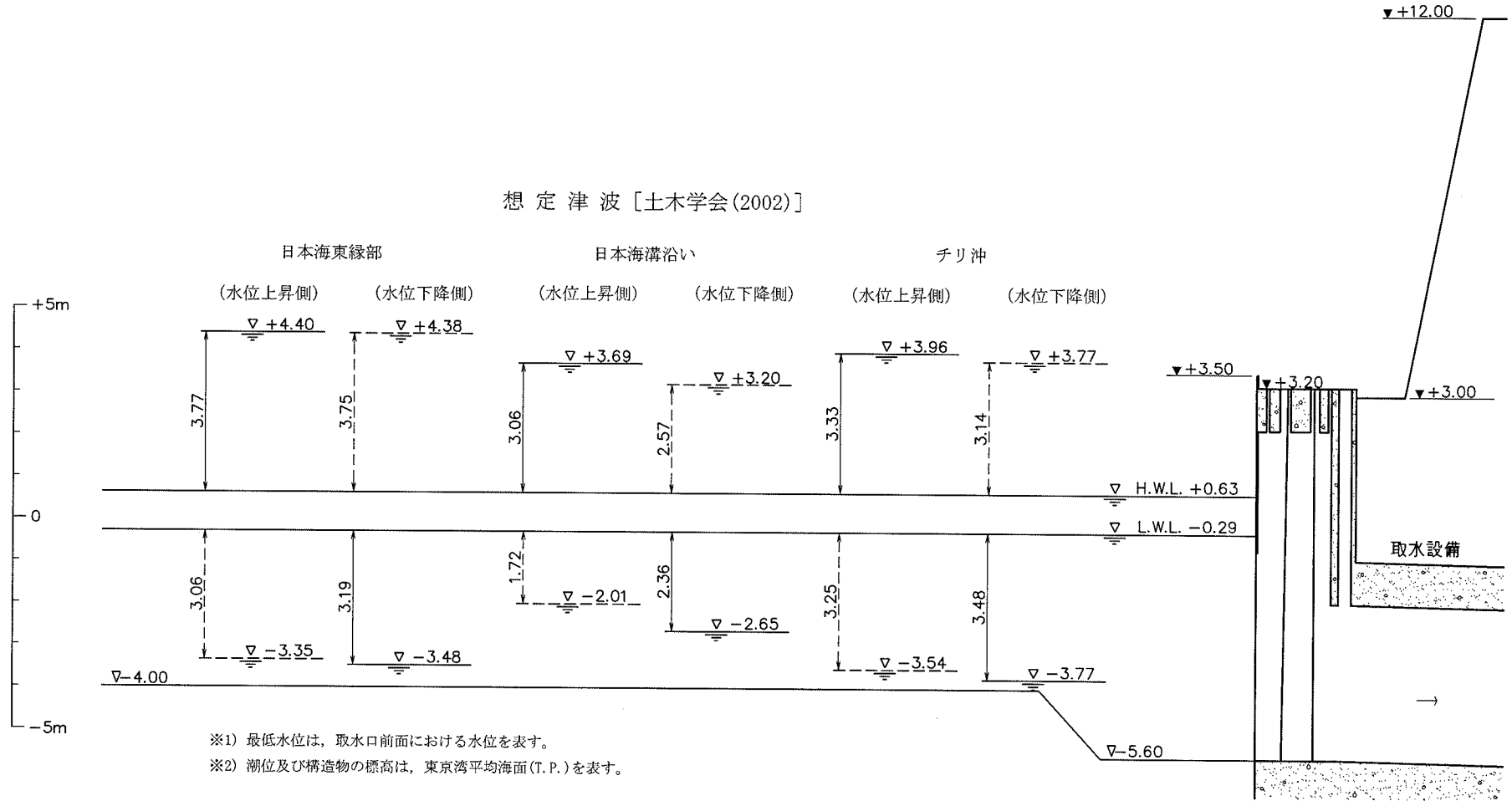
※ 最大水位下降量は、取水口前面における下降量を示す。

表-9.1(2) 最高・最低水位

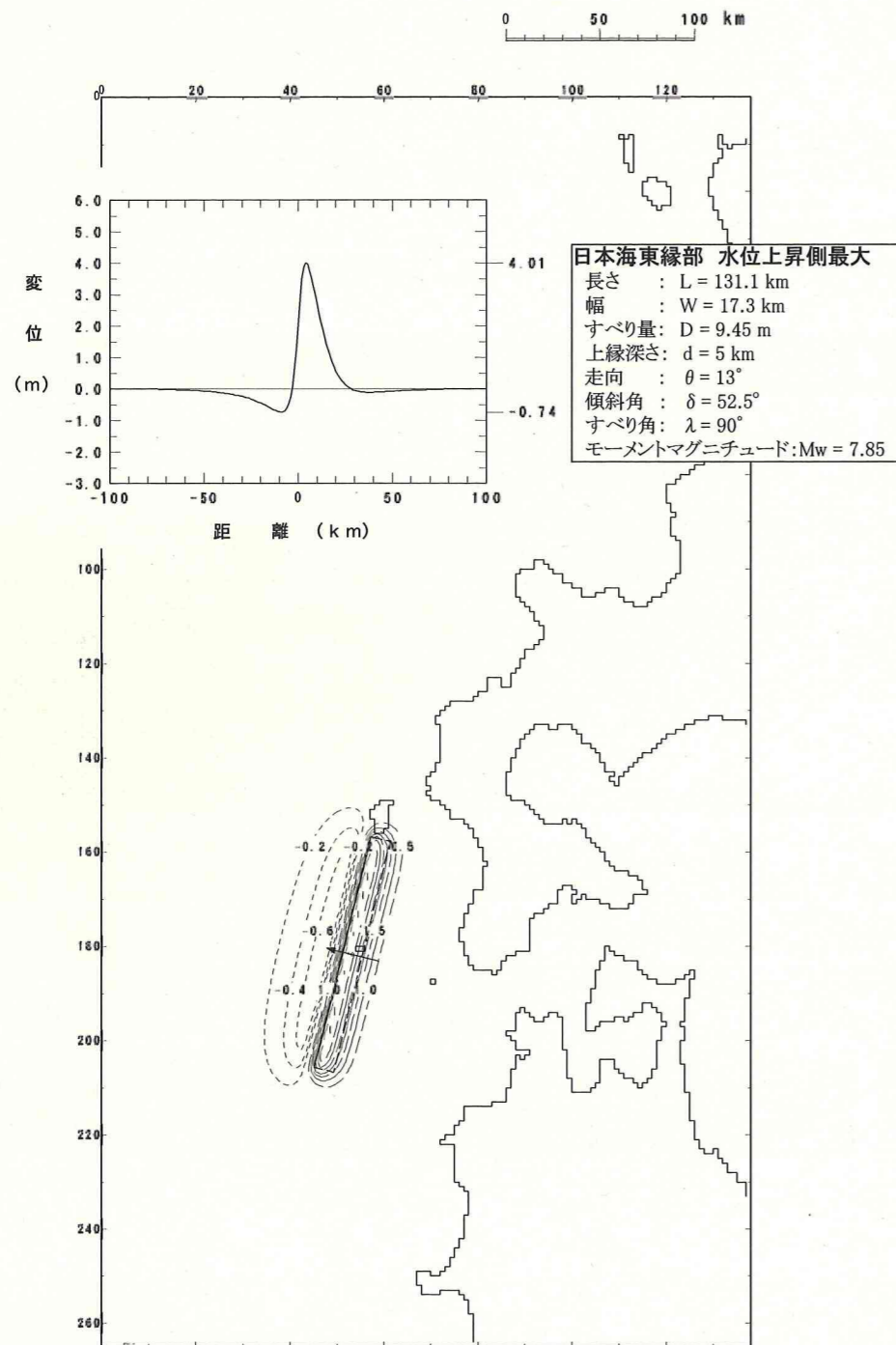
津 波		最高水位	最低水位
日本海東縁部	水位上昇側	T. P. +4.40m	T. P. -3.35m
	水位下降側	T. P. +4.38m	T. P. -3.48m
日本海溝沿い	水位上昇側	T. P. +3.69m	T. P. -2.01m
	水位下降側	T. P. +3.20m	T. P. -2.65m
チリ沖	水位上昇側	T. P. +3.96m	T. P. -3.54m
	水位下降側	T. P. +3.77m	T. P. -3.77m

※ 最低水位は、取水口前面における水位を示す。

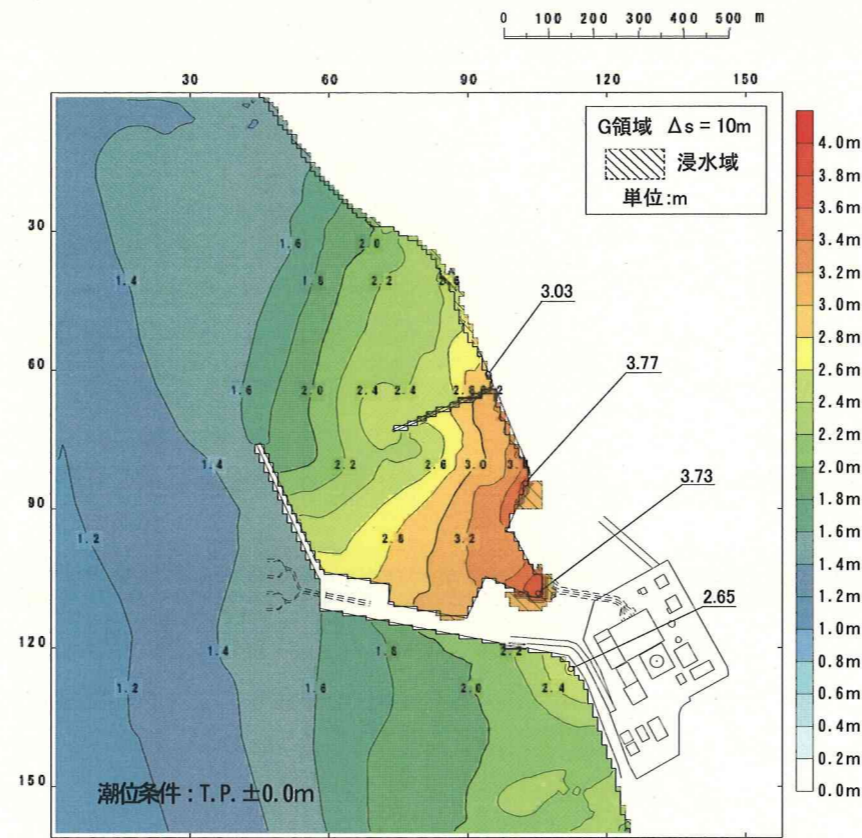
図-9.1 想定津波の水位と設備の設置高との関係



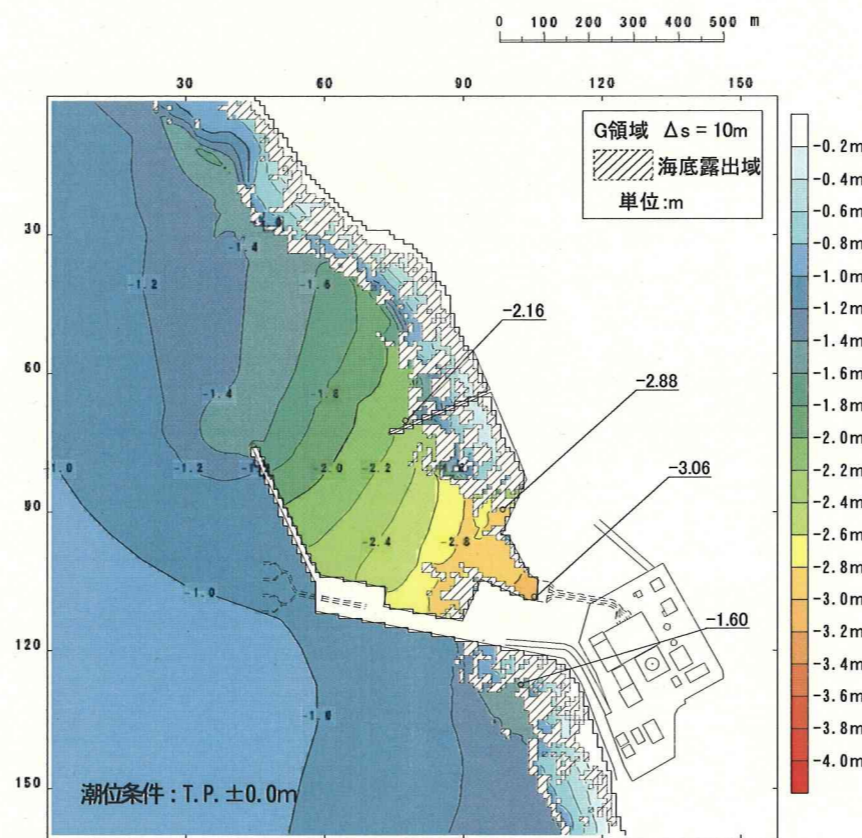
断層モデルと初期変位分布



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時間波形

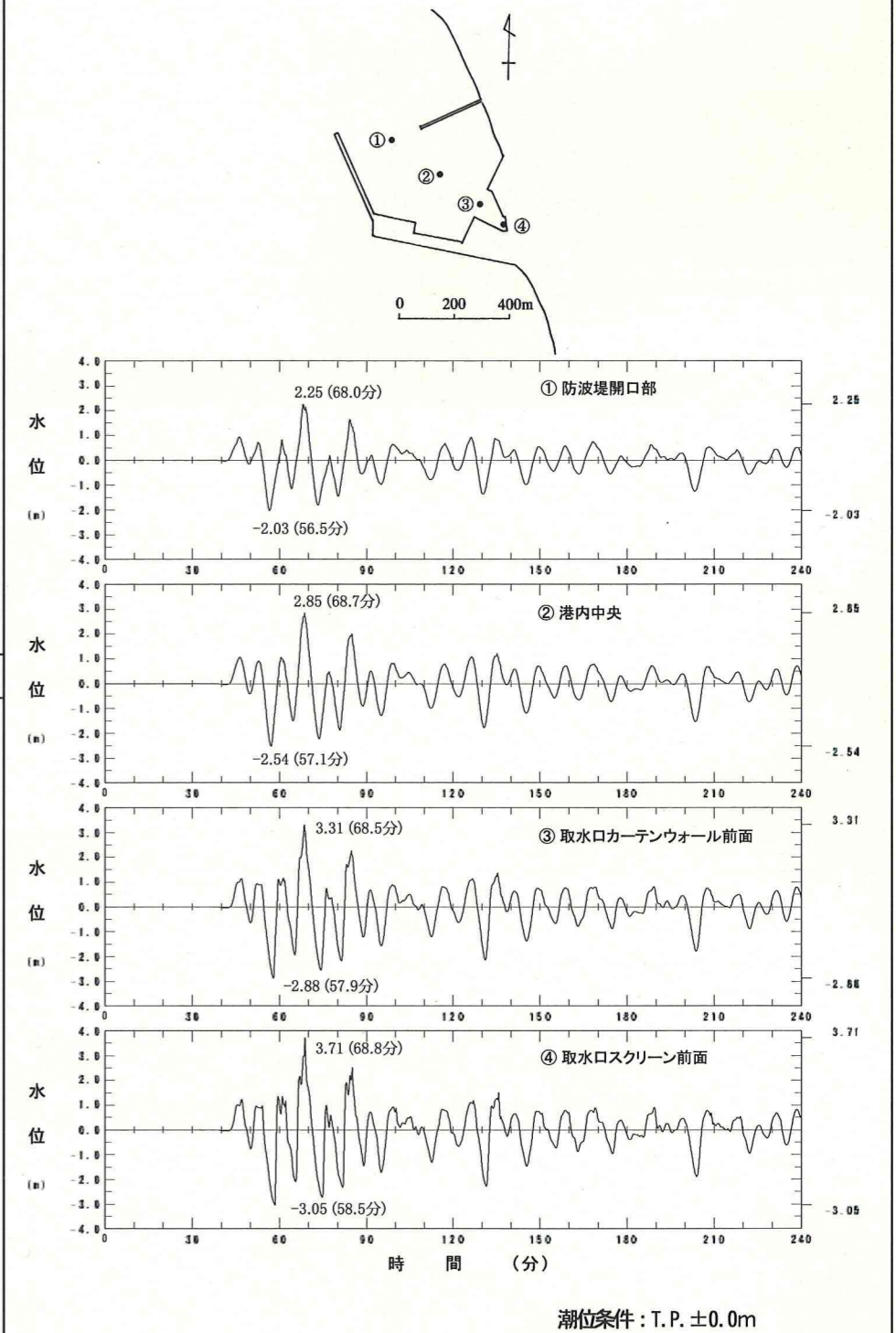
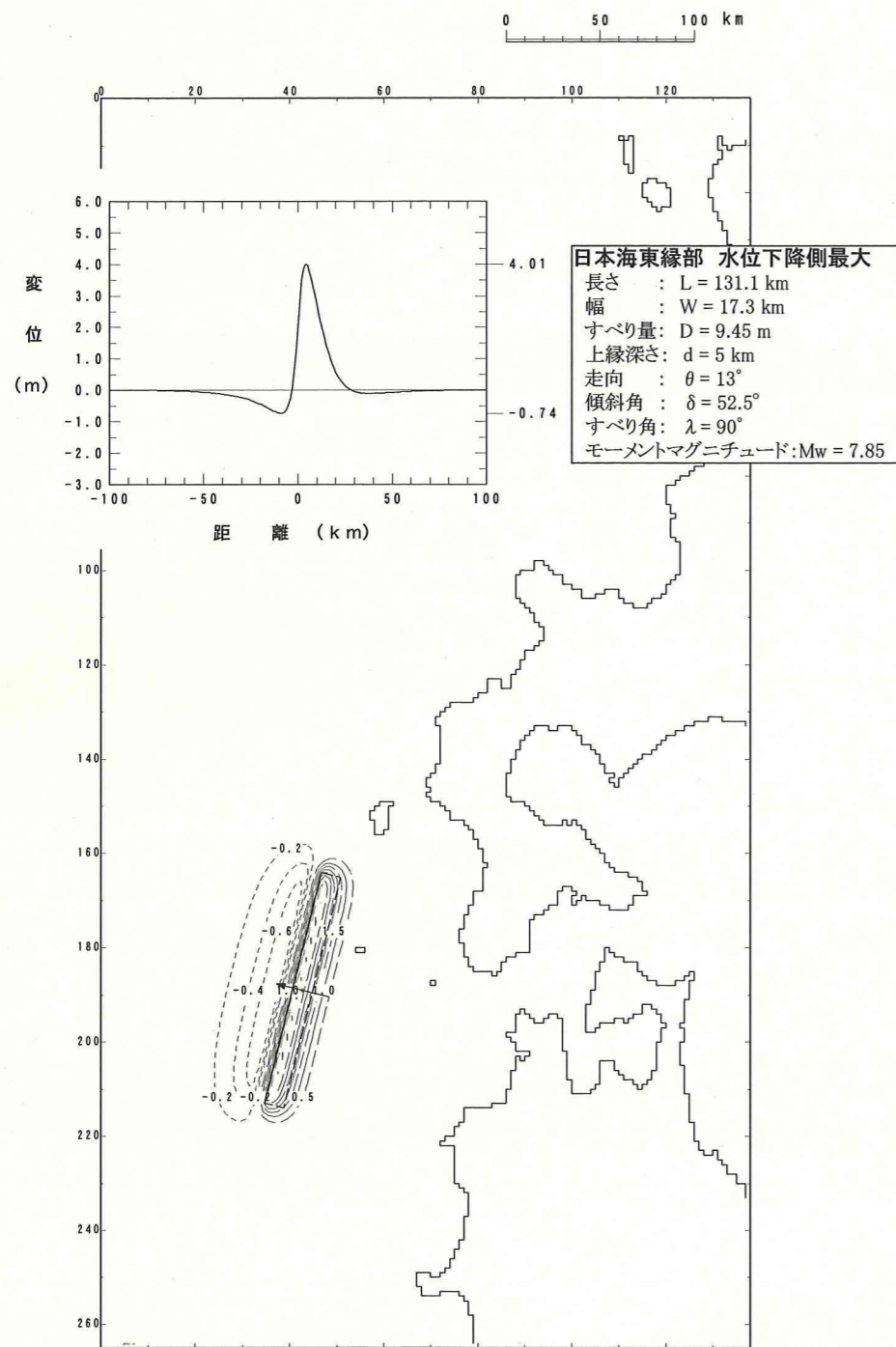
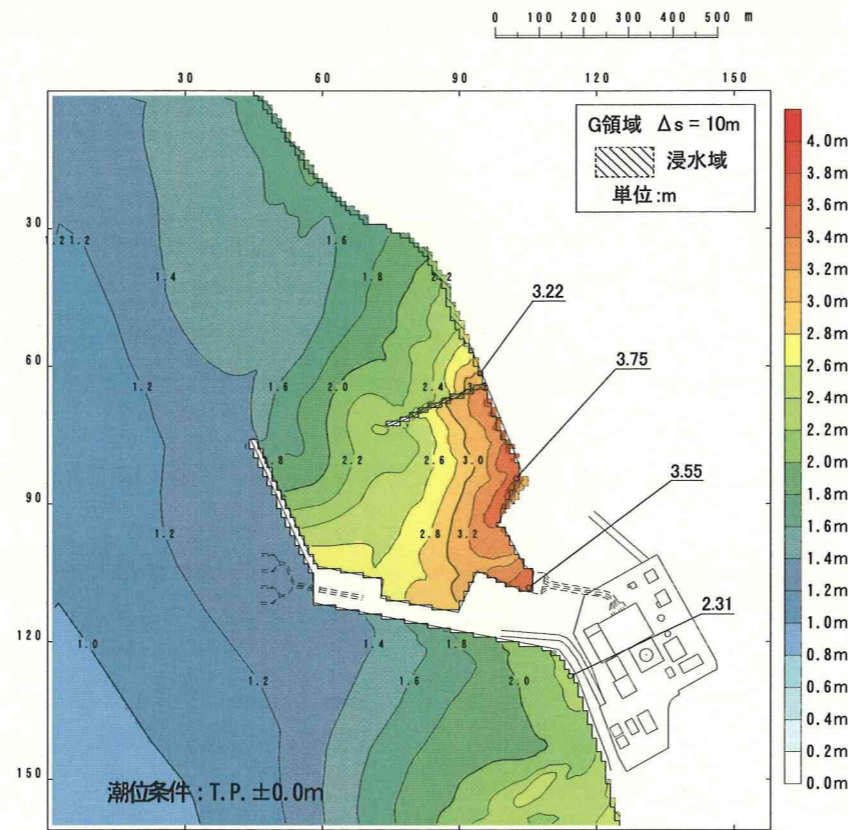


図-9.2(1) 詳細パラメータスタディの検討結果
 (日本海東縁部, 水位上昇側想定津波)

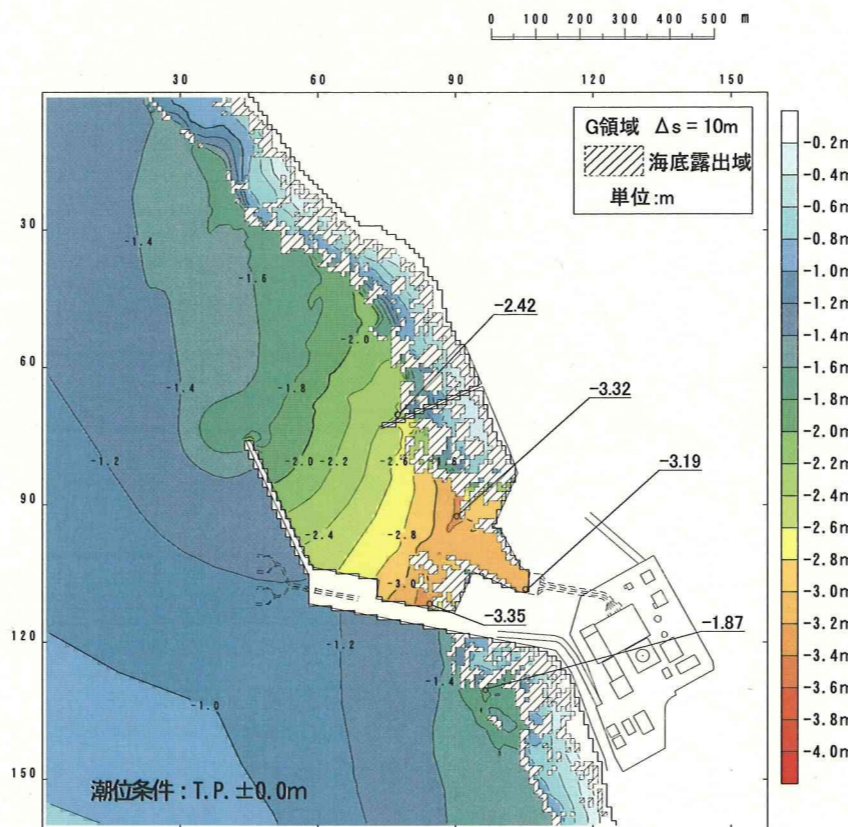
断層モデルと初期変位分布



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時間波形

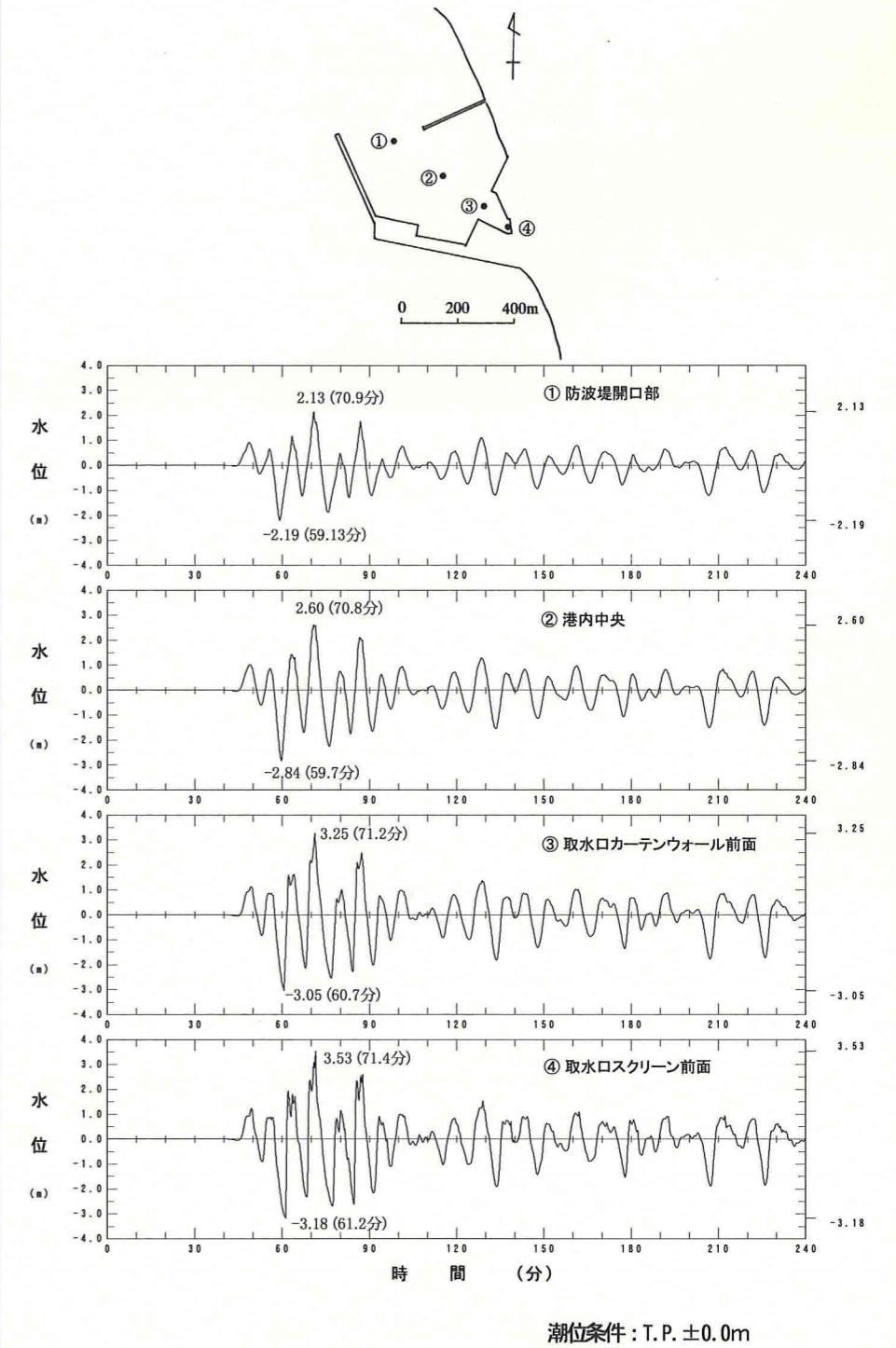
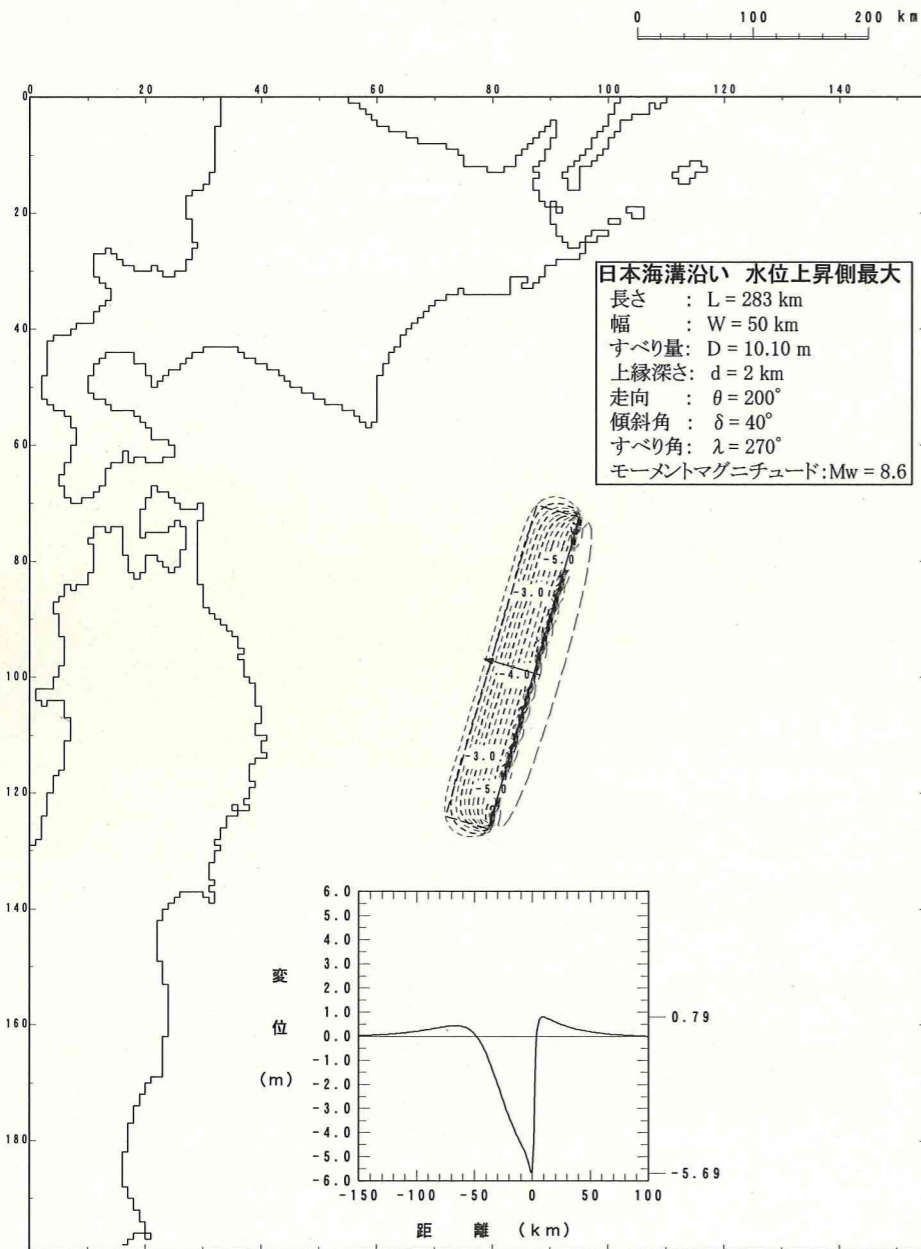
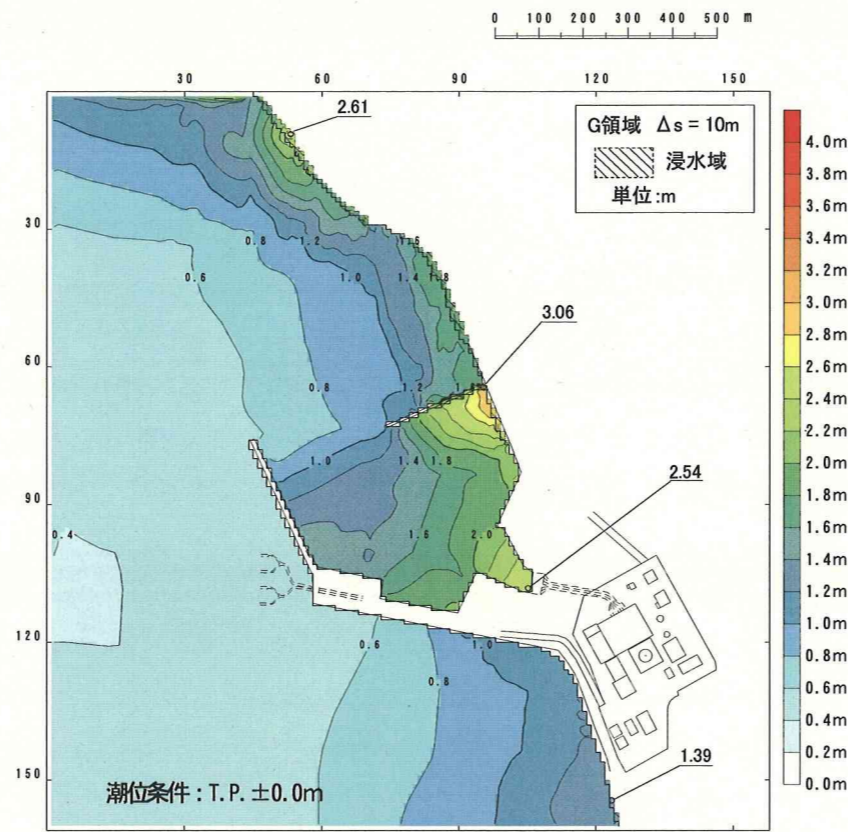


図-9.2(2) 詳細パラメータスタディの検討結果
 (日本海東縁部, 水位下降側想定津波)

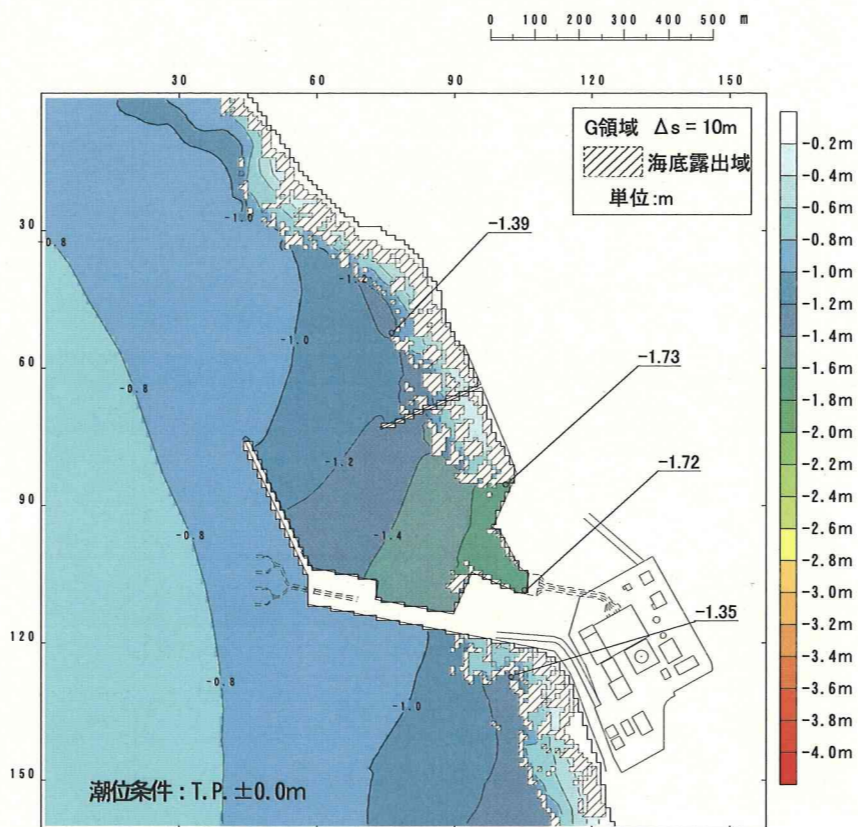
断層モデルと初期変位分布



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時間波形

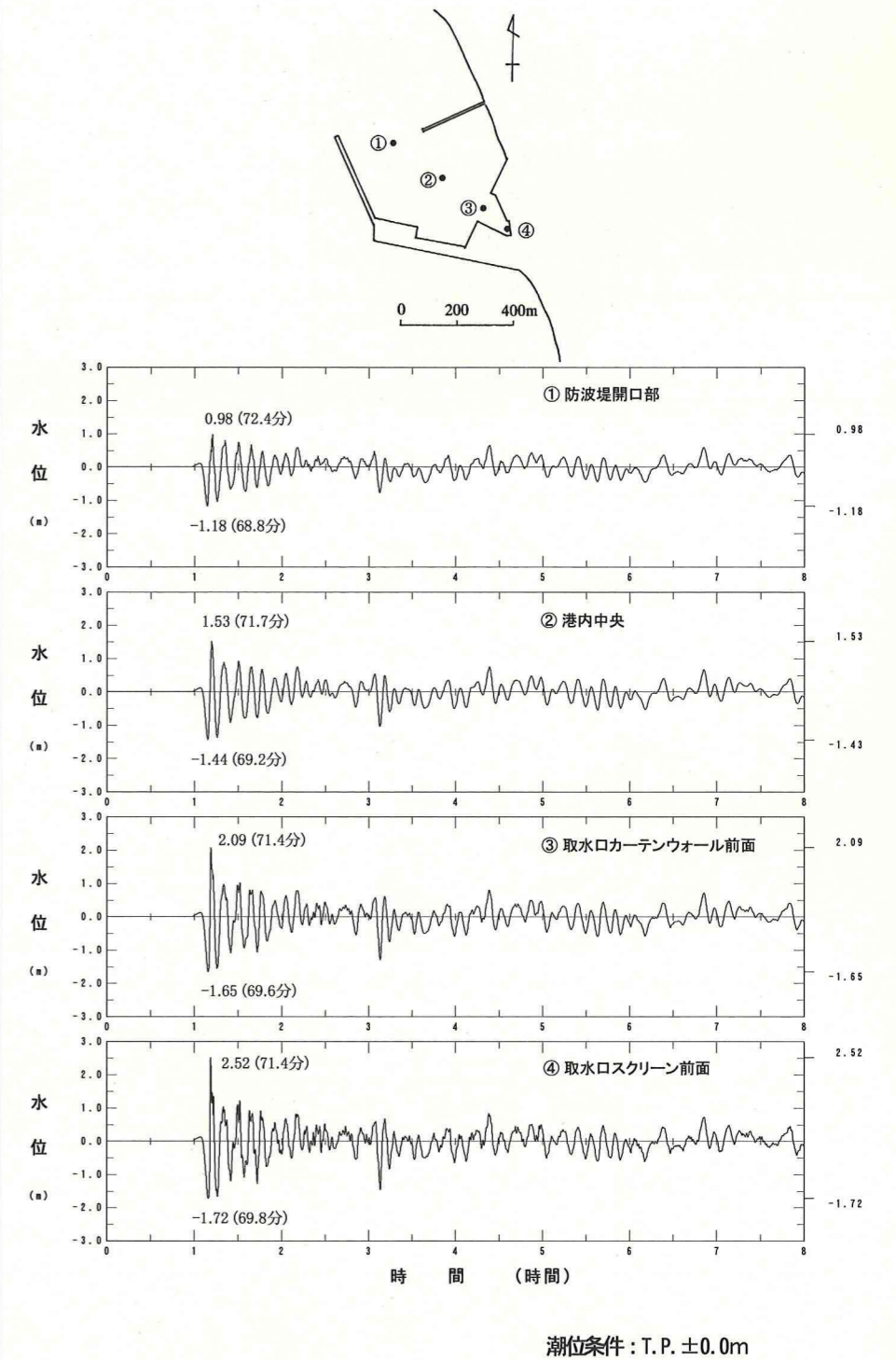
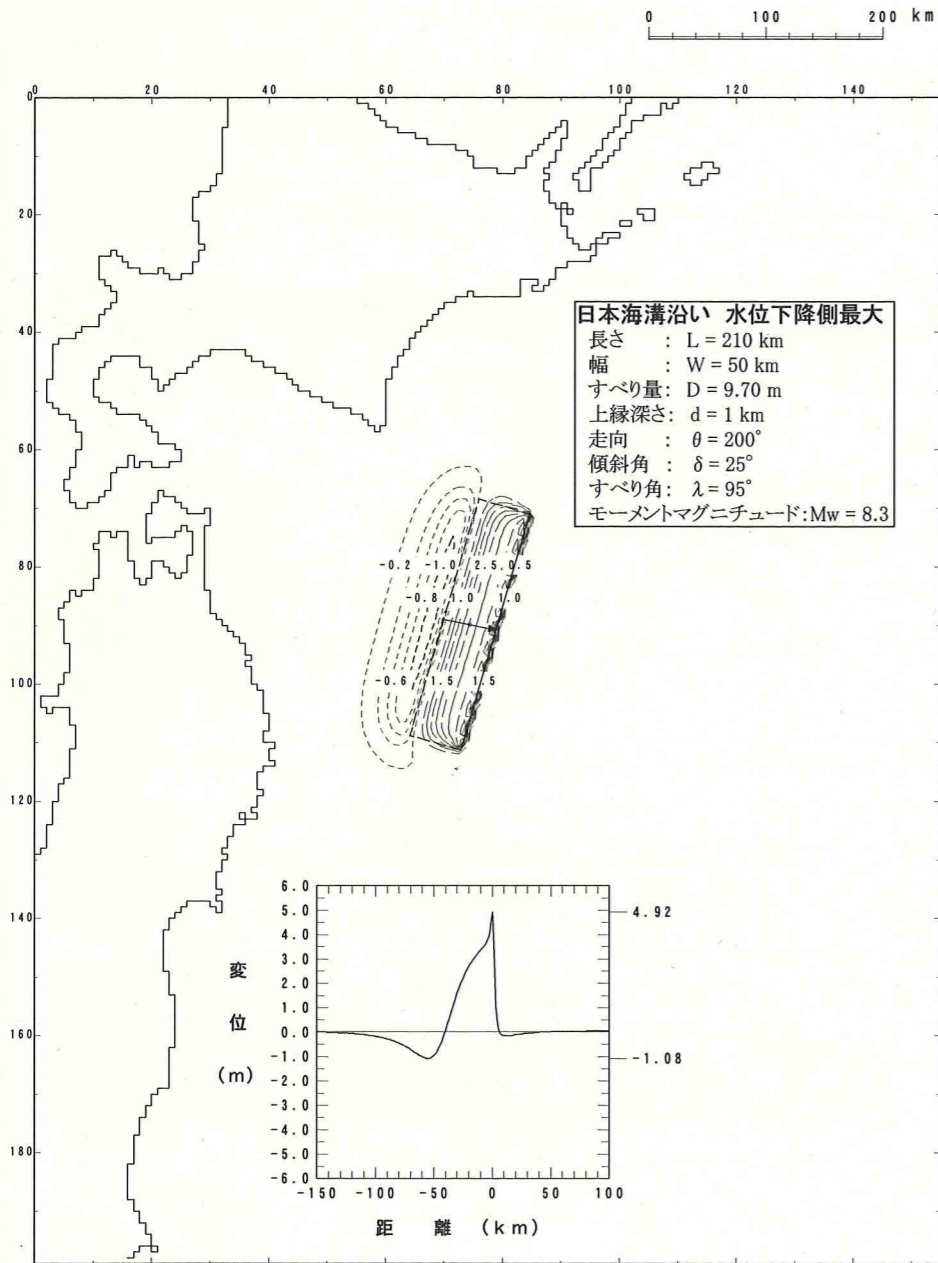
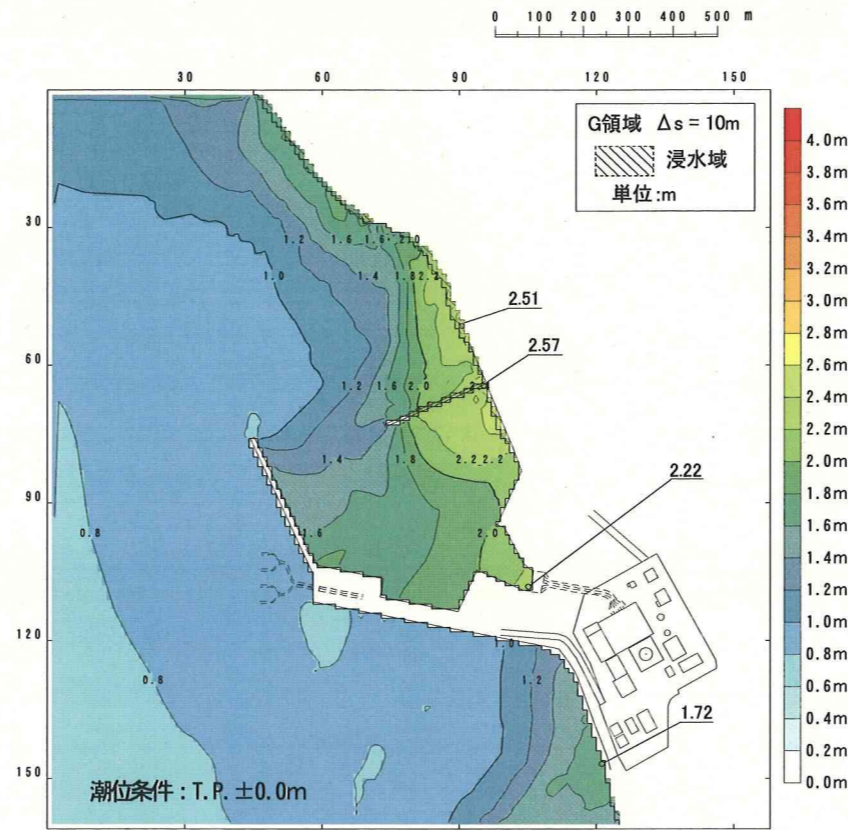


図-9.2(3) 詳細パラメータスタディの検討結果
 (日本海溝沿い, 水位上昇側想定津波)

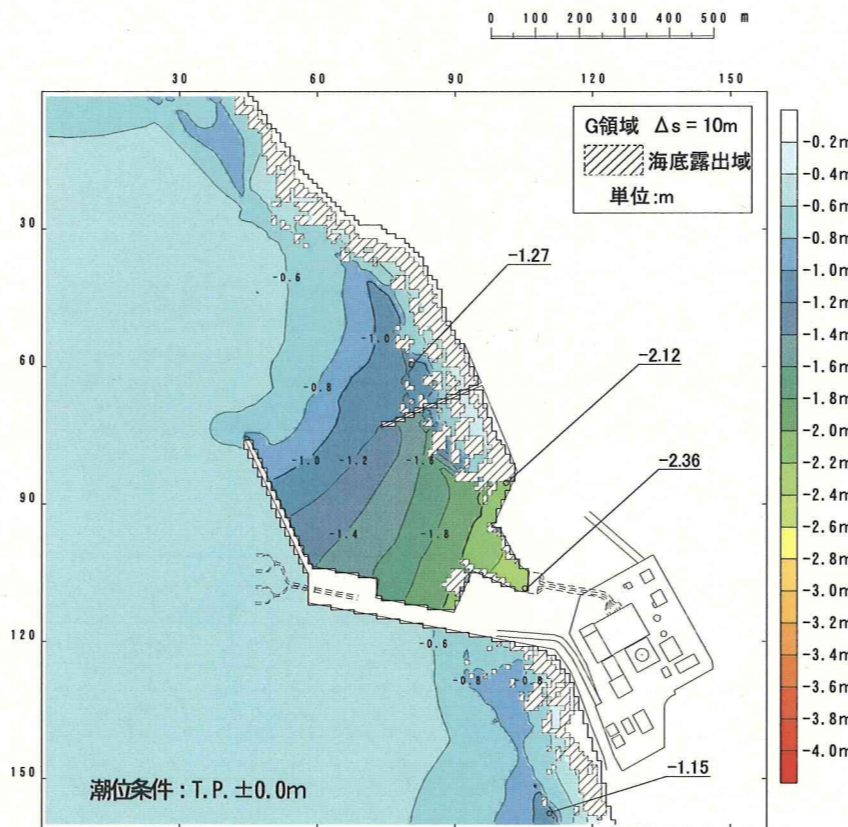
断層モデルと初期変位分布



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時間波形

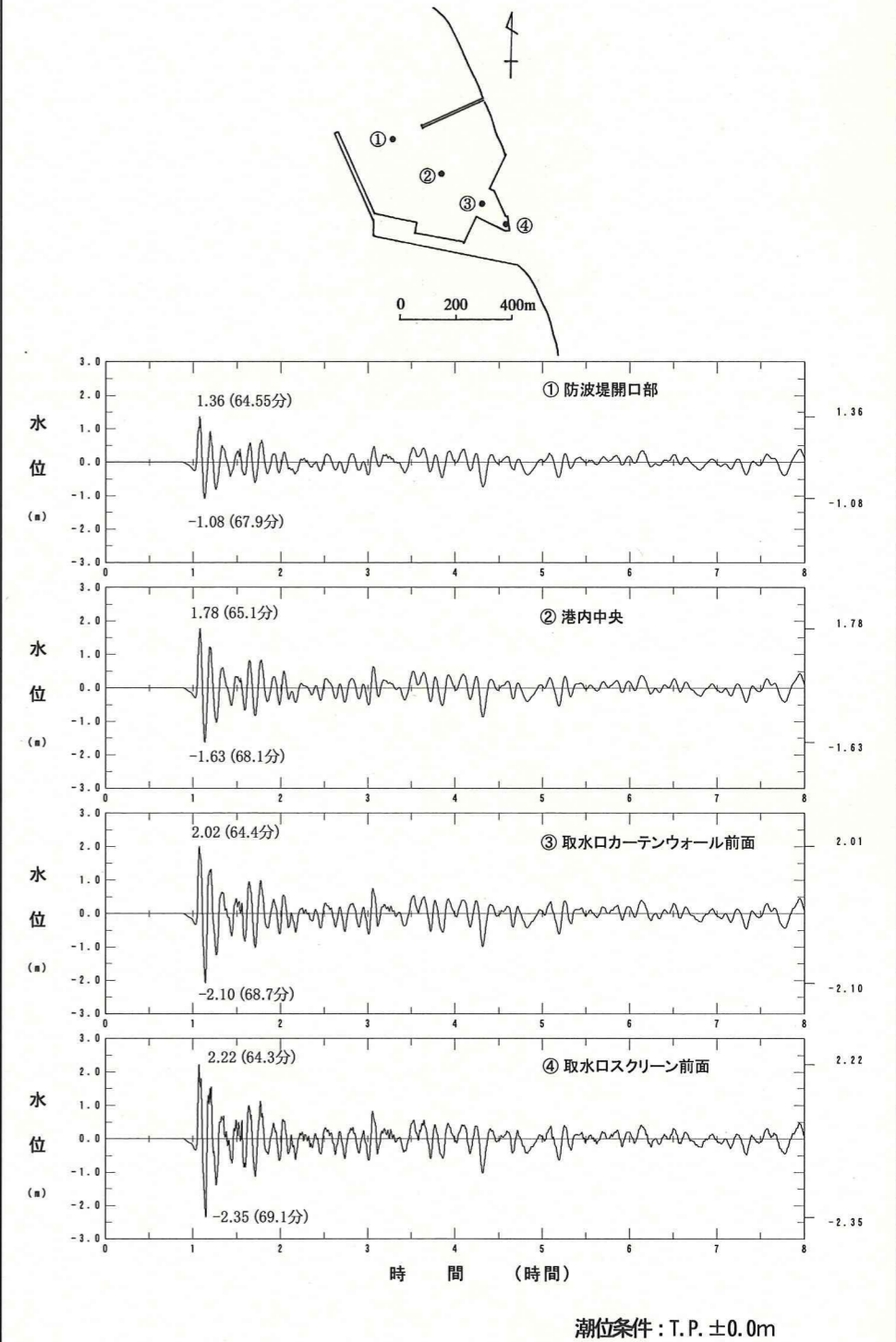
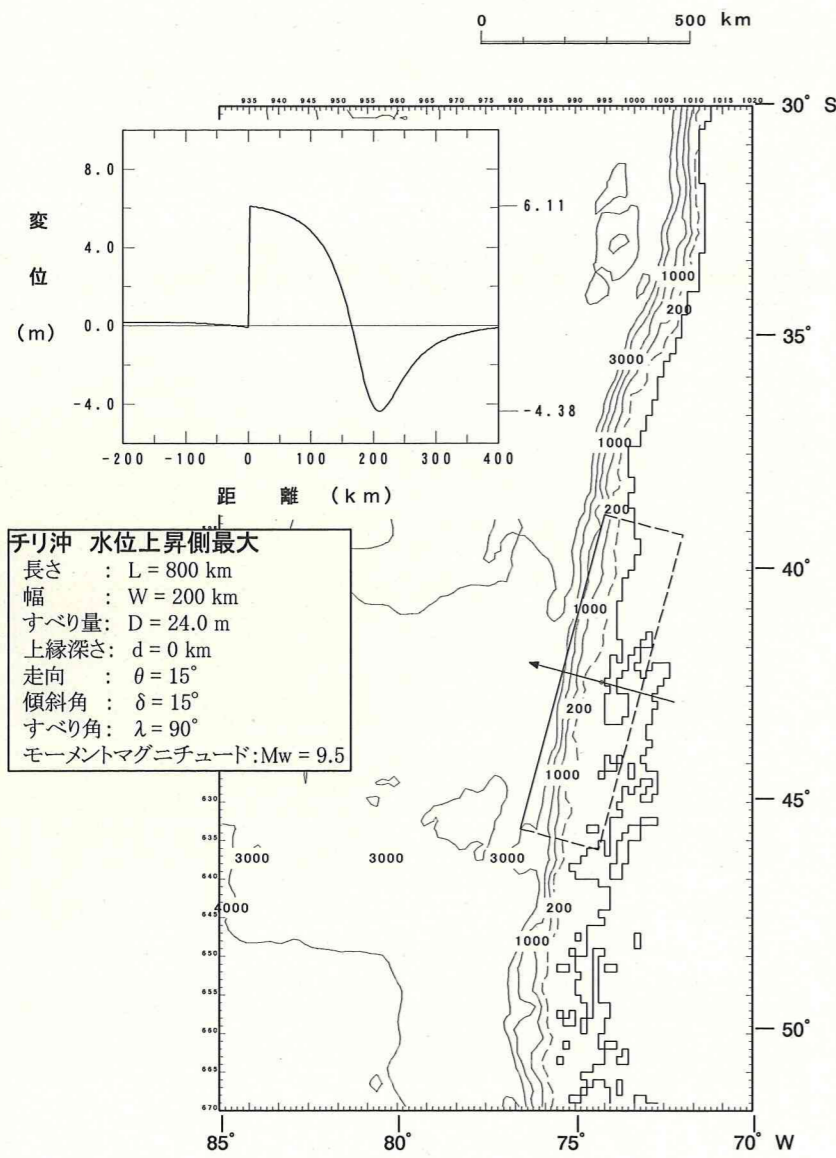
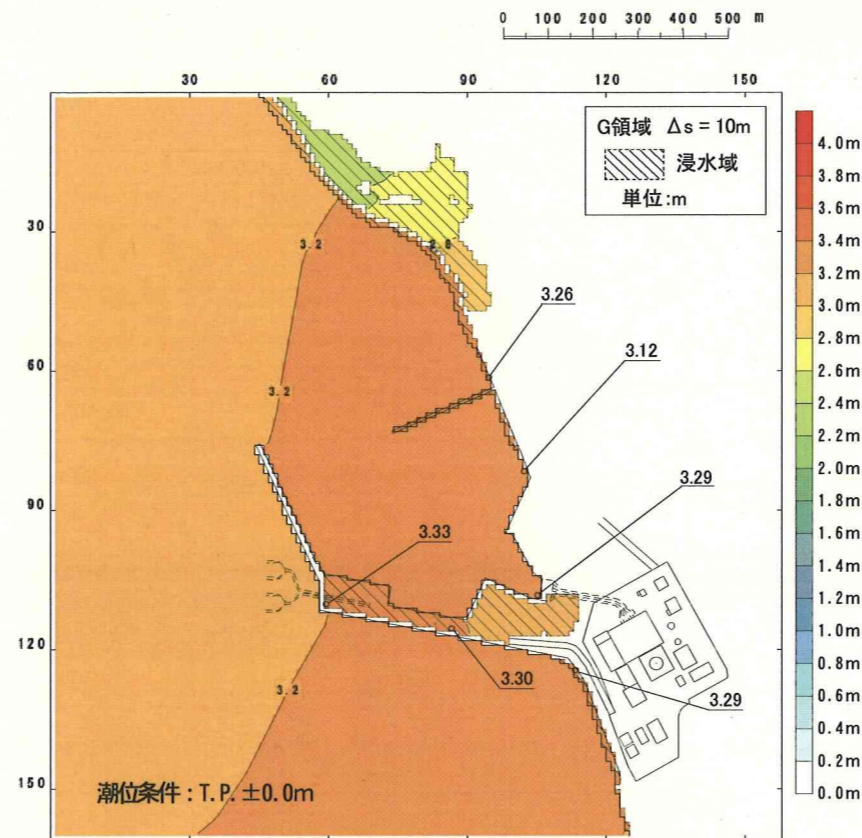


図-9.2(4) 詳細パラメータスタディの検討結果
 (日本海溝沿い, 水位下降側想定津波)

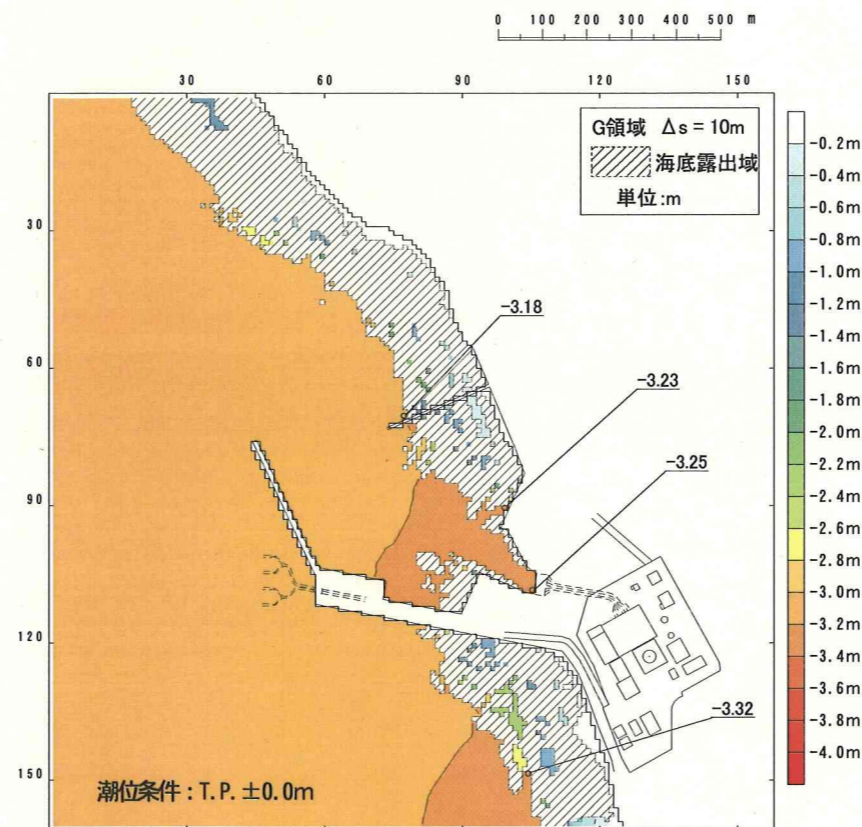
断層モデルと初期変位分布



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時間波形

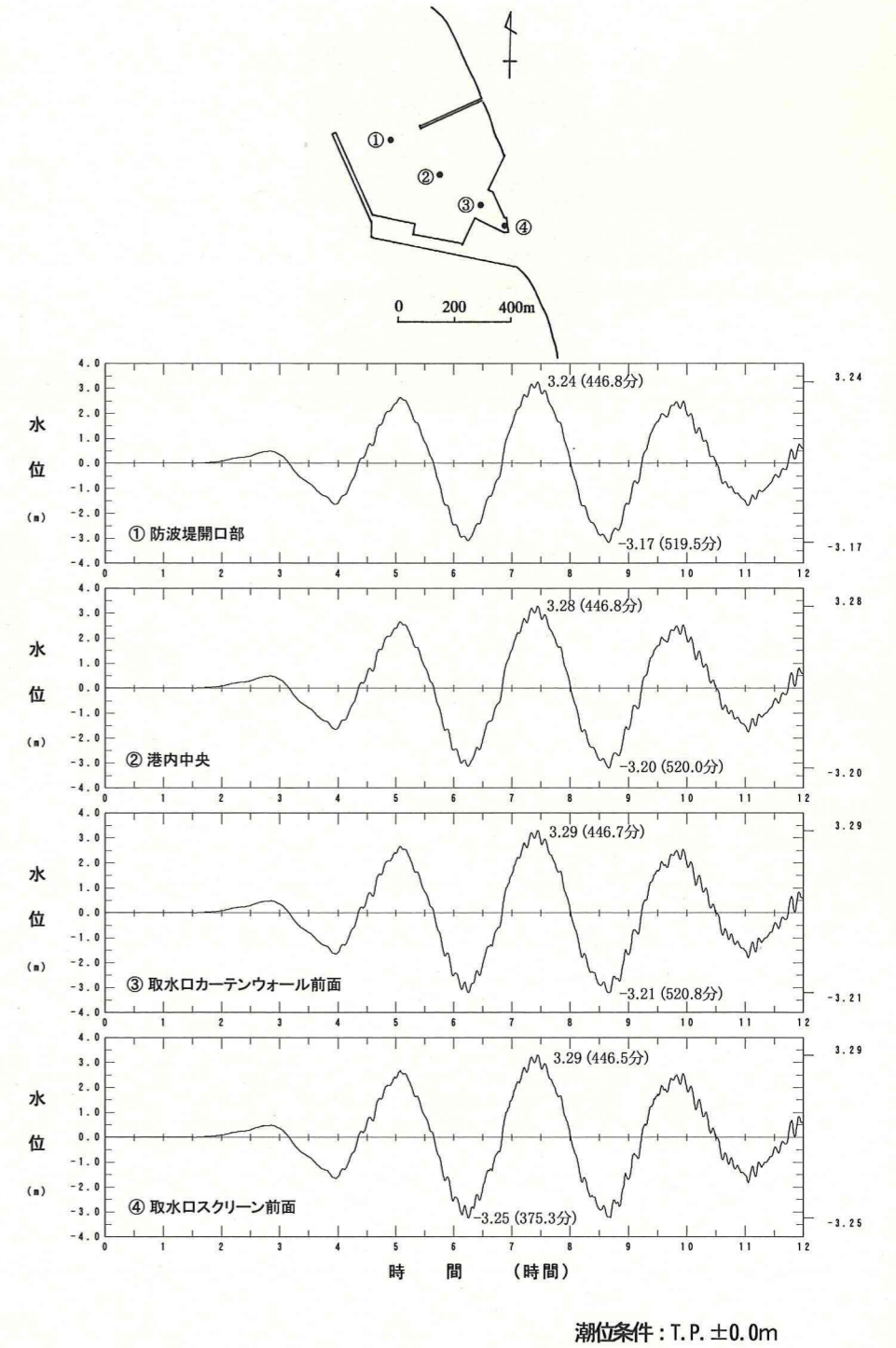
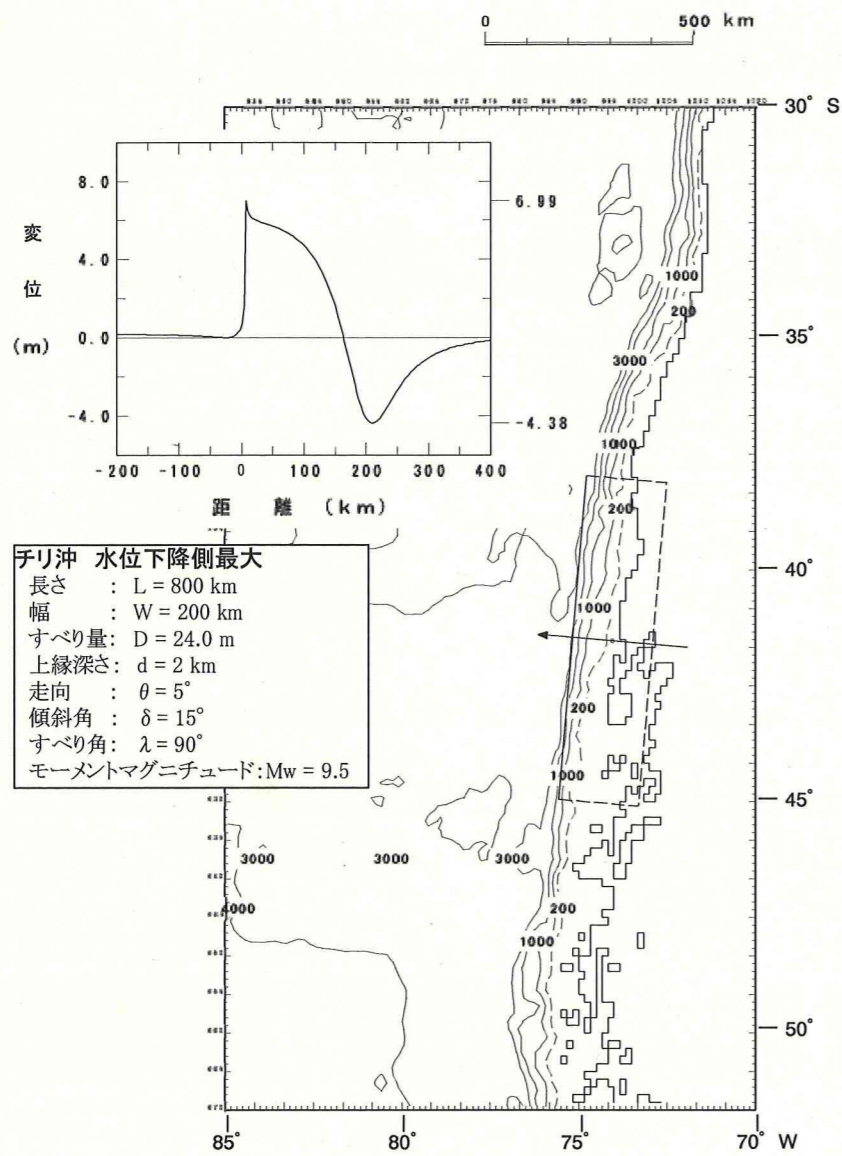
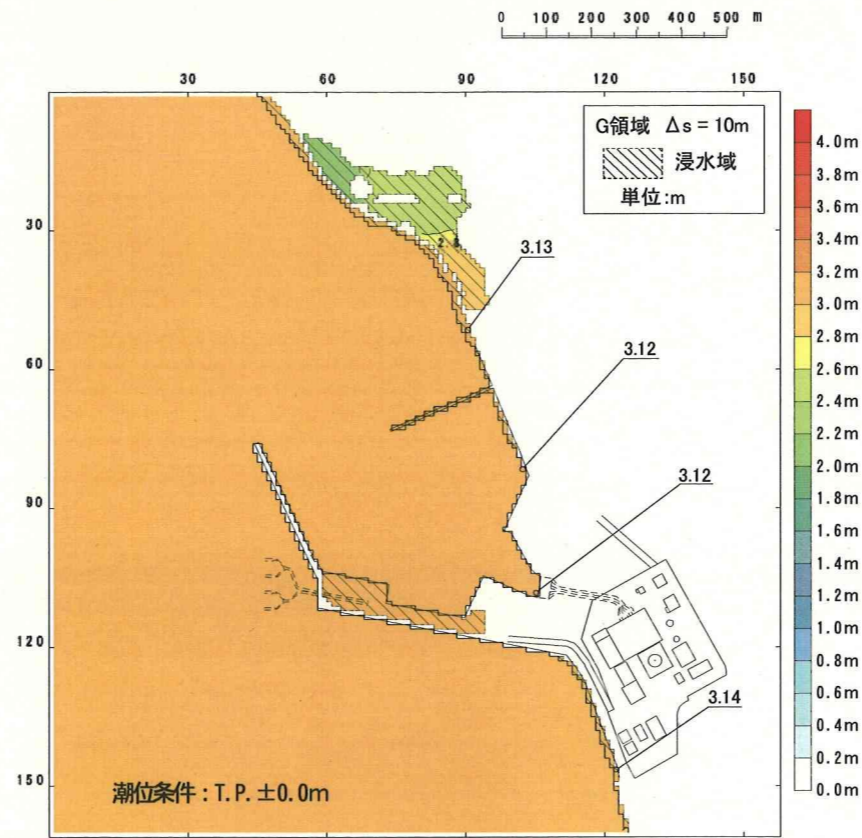


図-9.2(5) 詳細パラメータスタディの検討結果
 (チリ沖, 水位上昇側想定津波)

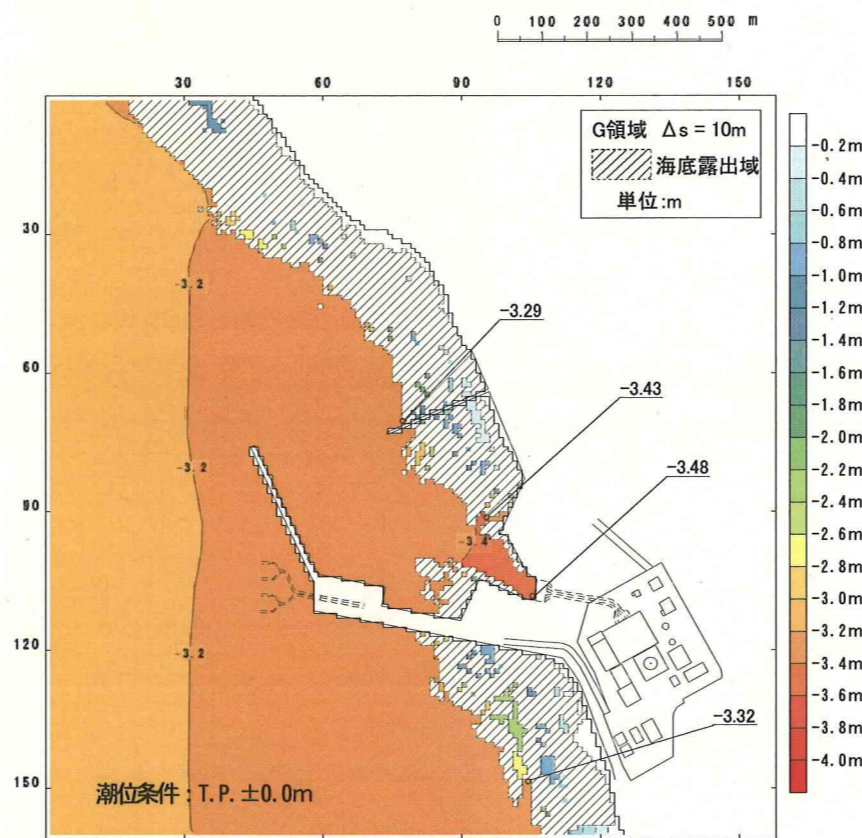
断層モデルと初期変位分布



最大水位上昇量分布



最大水位下降量分布



水位時間波形

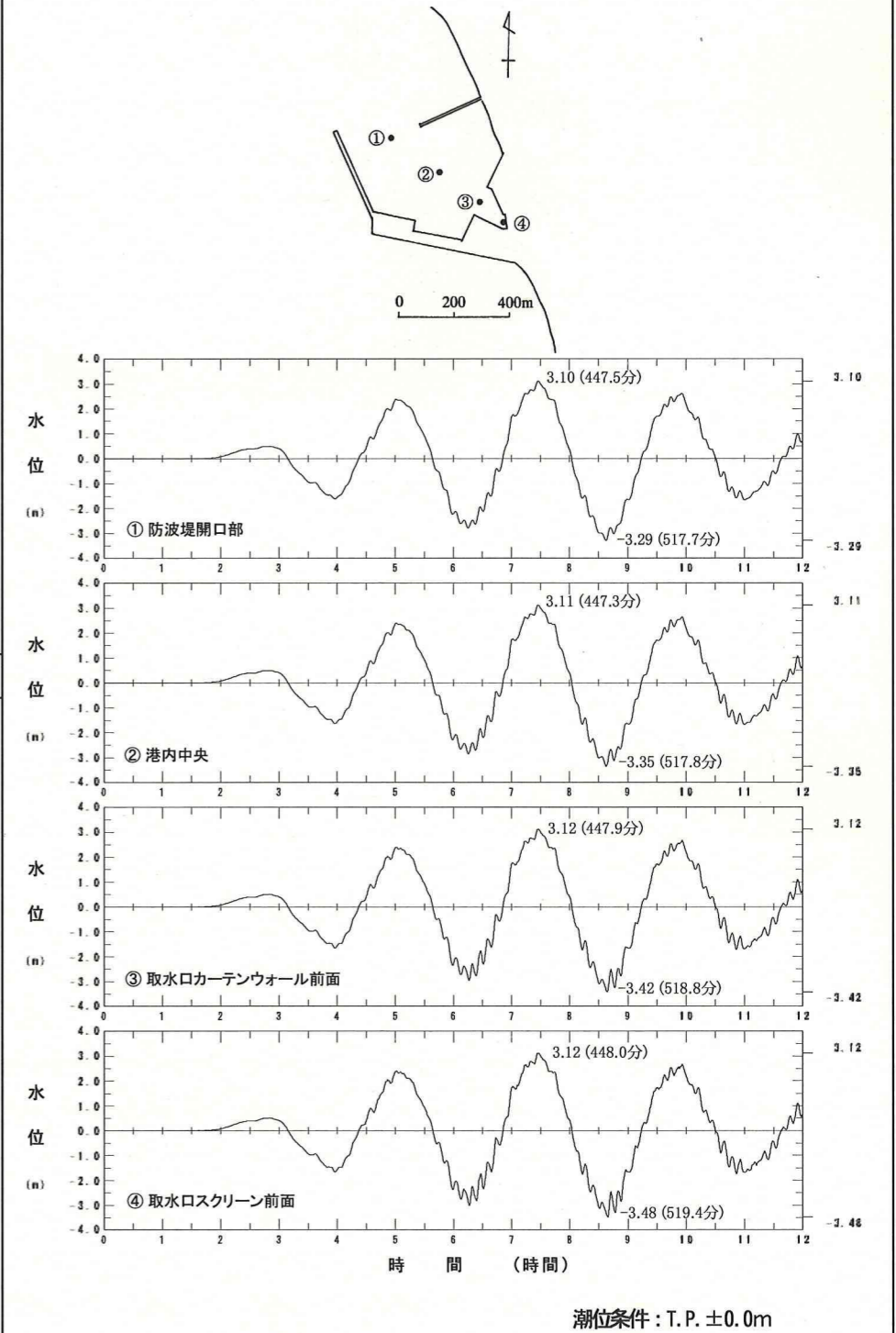


図-9.2(6) 詳細パラメータスタディの検討結果
 (チリ沖, 水位下降側想定津波)