

電源開発株式会社
大間原子力発電所

津波の検討

平成 17 年 1 月
原子力発電安全審査課

目 次

1. 検討目的・手順	1
2. 既往津波の検討	3
2.1 文献調査	3
2.2 簡易予測式による津波高の検討	9
2.2.1 津波高の推定に用いている簡易予測式	9
2.2.2 既往津波の推定津波高	10
2.3 数値シミュレーションによる津波高の検討	11
2.3.1 対象津波の選定	11
2.3.2 津波の数値シミュレーションの手法	11
2.3.3 再現性検討結果	14
2.3.4 既往津波の予測計算結果	16
3. 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	55
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	59
4.1 対象津波の選定	59
4.2 数値シミュレーションによる津波高の検討	60
4.2.1 日本海東縁部	61
4.2.2 日本海溝沿い	62
4.2.3 チリ沖	63

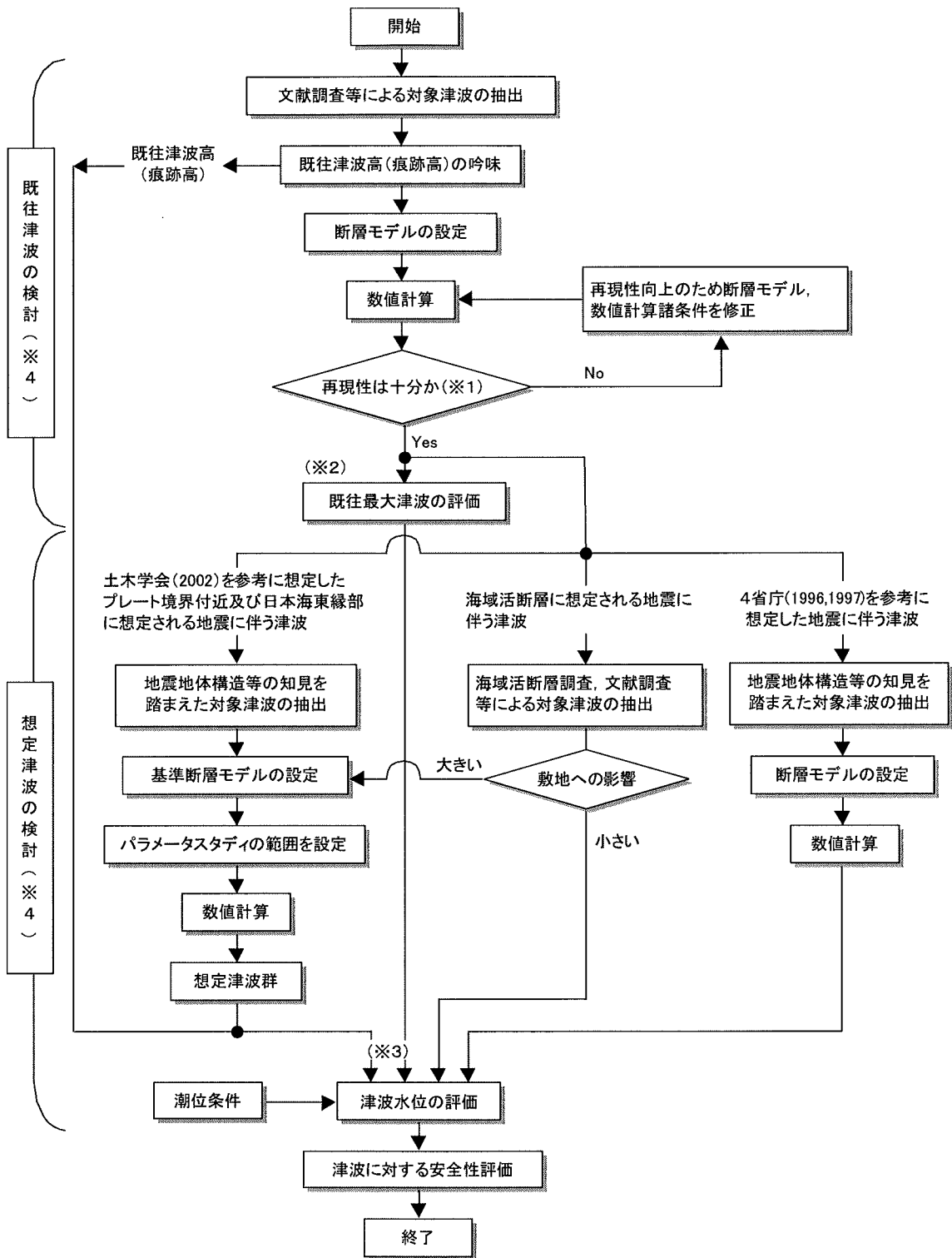
4.2.4 プレート境界付近及び日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の最大水位変動量 -----	64
5. 4省庁による検討を参考に想定した地震に伴う津波の検討 -----	75
5.1 検討対象とする海域 -----	75
5.2 断層モデルの設定 -----	76
5.2.1 太平洋側の断層モデル -----	76
5.2.2 日本海側の断層モデル -----	77
5.3 数値シミュレーションによる津波高の検討 -----	79
5.3.1 太平洋側の想定津波 -----	79
5.3.2 日本海側の想定津波 -----	79
5.3.3 4省庁による検討を参考に想定した地震に伴う津波の最大水位変動量 -----	80
6. 津波に対する安全性の評価 -----	92
6.1 津波水位の評価 -----	92
6.2 津波に対する安全性の評価 -----	92
7. 参考文献 -----	98

1. 検討目的・手順

津波に対して原子炉施設が安全であることを確認するため、申請者が実施した津波の検討について、その内容及び結果の検討を行う。

申請者は、過去に発生した津波（以下「既往津波」という。）について、文献調査^{(2)~(40)}を基に敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波を抽出し数値シミュレーションを実施している。さらに、文献^{(1), (59)~(60)}を参考に今後発生することが想定される最大規模の津波（以下「想定津波」という。）について、プレート境界付近、日本海東縁部及び海域の活断層に想定される地震に伴う津波を設定し、これらを対象とした数値シミュレーション等を行うことにより、津波の検討を行ったとしている。

申請者が行った検討手順を、図-1 に示す。



※1:再現性は十分か
 ・広域のK, κ について次の条件を目安とする。(K, κ はそれぞれ相田による幾何平均と幾何標準偏差)
 $0.95 < K < 1.05, \kappa < 1.45$

※2:計算結果
 ・敷地周辺のKが1.0から離れている場合は計算結果をK倍する。

※3:既往津波と土木学会(2002)を参考とした想定津波の計算結果との比較検討
 ・敷地において, 想定津波の計算結果が既往津波の計算結果および既往津波高(痕跡高)を上回っていること。
 ・敷地付近において, 想定津波群の計算結果の包絡線が既往津波高(痕跡高)を上回っていること。

※4:遠地津波の扱い
 ・近地津波より遠地津波のほうが大きくなるが予測される場合は, 遠地津波についても検討する。

図-1 津波の検討手順

2. 既往津波の検討

文献調査を基に敷地に影響を及ぼしたと考えられる既往津波について、以下のとおり検討している。

2.1 文献調査

既往津波に関して、宇佐美(2003)⁽²⁾、渡辺(1998)⁽³⁾、宇津(1982)⁽⁶⁾、気象庁の発表等により、文献調査を実施している。

文献調査は、敷地が津軽海峡内の沿岸に位置していることから、近地津波を日本海側と太平洋側とで発生海域別に区分すると共に、遠地津波も対象とし、敷地に影響を及ぼしたと推定される津波を各海域別に抽出して、その概要を整理したとしている。その中で特に影響の大きかったと推定される主要な津波については、津波の痕跡や古文書等の記述に基づいて推定されている津波高（以下「既往津波高」という。）を詳細に調査している。

(1) 日本海側の近地津波

東北地方の日本海側沿岸に影響を及ぼしたと考えられる津波規模 m が2以上の近地津波を表-1に示す。

これらの津波から、津軽海峡並びに敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波として、津波の大きさ、波源から津軽海峡並びに敷地までの伝播距離、及び津波による被害の大きさを考慮し、1741年(渡島半島^{おしま}西方沖)津波、1833年(山形県沖)津波、1983年日本海中部地震津波及び1993年北海道南西沖地震津波の4つの津波を抽出している。

これら4つの津波の波源域を図-2に、既往津波高を表-2に、また既往津波高の比較を図-3に示す。

図-3に示す4つの津波の既往津波高分布を比較し、津軽海峡並びに敷地に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波は、津軽海峡西方の日本海東縁部で発生した以下の3つの津波であるとしている。

1741年 [寛保元年] (渡島半島^{おしま}西方沖) 津波 $m = 3$

1983年 [昭和58年] 日本海中部地震津波 $m = 2.5$

1993年 [平成5年] 北海道南西沖地震津波 $m = 3$

なお、敷地近傍の大間においては、これらの津波のうち、1983年日本海中部地震津波では東北大学(1984)⁽³⁰⁾によると0.30m、1993年北海道南西沖地震津波では東北大学(1994)⁽³²⁾によると0.75mの既往津波高が記録されている。

また、上記の3つの津波のうち、津軽海峡並びに敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波について、以下のとおり検討している。

これらの既往津波高を比較すると、図-3 に示すとおり、北海道大成町^{たいせい}宮野^{みやの}より北方の渡島半島西岸では、1993 年北海道南西沖地震津波による既往津波高が最大であり、青森県深浦町^{ふかうら}深浦より南方の青森県沿岸では、1983 年日本海中部地震津波による既往津波高が最大となっている。また、北海道熊石町^{くまいし}熊石から青森県三厩村^{みんまや}三厩にかけての、渡島半島西岸及び津軽海峡沿岸においては、概ね、1741 年（渡島半島西方沖）津波による既往津波高が最大となっている。

以上により、日本海側の近地津波のうち、津軽海峡並びに敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波は、1741 年（渡島半島西方沖）津波であるとしている。

(2) 太平洋側の近地津波

東北地方の太平洋側沿岸に影響を及ぼしたと考えられる津波規模 m が2以上の近地津波を表-3に示す。

これらの津波から、津軽海峡並びに敷地に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波として、津波の大きさ、波源から津軽海峡並びに敷地までの伝播距離、及び津波による被害の大きさを考慮し、日本海溝沿いで発生した次の8つの津波を抽出している。

869年 [貞観 ^{じょうがん} 11年] (三陸沖)津波	$m = 4$
1611年 [慶長 ^{けいちょう} 16年] 慶長三陸津波	$m = 4$
1677年 [延宝 ^{えんぼう} 5年] (青森県東方沖)津波	$m = 2$
1763年 [宝暦 ^{ほうれき} 12年] (青森県東方沖)津波	$m = 1$
	[渡辺(1998) ⁽³⁾ では $m = 2$]
1856年 [安政 ^{あんせい} 3年] (青森県東方沖)津波	$m = 2$
1896年 [明治29年] 明治三陸津波	$m = 4$
1933年 [昭和8年] 昭和三陸津波	$m = 3$
1968年 [昭和43年] 十勝沖地震津波	$m = 2$

これらの津波の波源域を図-4に、既往津波高を表-4に、また既往津波高の比較を図-5に示す。

なお、敷地近傍の大間においては、これらの津波のうち、1933年昭和
三陸津波では中央気象台(1933)⁽¹⁶⁾によると約1.3m、1968年十勝沖地震
津波では岸(1969)⁽²⁰⁾によると0.2m~1.1mの既往津波高が記録されて
いる。

また、上記の8つの津波のうち、津軽海峡並びに敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波について、以下のとおり検討している。

津軽海峡を含む北海道浦河町浦河から青森県八戸市八戸港にかけての既往津波高を比較すると、表-4に示すとおり、1856年（青森県東方沖）津波は、敷地に近い函館における既往津波高は3m～3.9mとされており、これらの津波の中では最も大きい値を示している。

また、図-4に示すとおり、1856年（青森県東方沖）津波は、波源域もその他の津波に比べて最も北西側に推定されており、津軽海峡に直接面するような位置にあることから、津波が津軽海峡内へ最も伝播し易い位置にあるとしている。

さらに、相田(1977)⁽²¹⁾によれば、図-6に示すように、数値シミュレーションによる200m等深線上の波高を基にした、海岸線における平均的な津波高が示されている。これによると、1856年（青森県東方沖）津波は、八戸付近より北方においては、図中に示される全ての津波の中で最大となっている。

以上により、太平洋側の近地津波のうち、津軽海峡並びに敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波は、1856年（青森県東方沖）津波であるとしている。

(3) 遠地津波

東北地方の沿岸に影響を及ぼしたと考えられる遠地津波を表-5に示す。

これらの津波のうち、津軽海峡並びに敷地に影響を及ぼしたと考えられる津波として、敷地に近い函館における既往津波高が1m程度以上である1868年チリ・アリカ地震津波、1877年チリ・イキケ地震津波、1952年カムチャツカ津波、1960年チリ地震津波の4つの津波を抽出している。

これら4つの津波の既往津波高を表-6に、既往津波高の比較を図-7に示す。

これら4つの津波の東北日本沿岸における既往津波高を比較すると、チリ沖で発生した3つの津波の既往津波高は、1952年カムチャツカ津波に比べて相対的に高いとしている。特に1960年チリ地震津波では、既往津波高は三陸沿岸で2~8m程度となっているなど、太平洋沿岸の広域にわたって被害をもたらしている。また、津波規模についても、津波マグニチュード $M_t = 9.4$ であり、史上最大であるとしている。

以上により、遠地津波のうち、津軽海峡並びに敷地に影響を及ぼしたと考えられる主要な津波は、チリ沖で発生した以下の3つの津波であり、特に大きな影響を及ぼした津波は、1960年チリ地震津波であるとしている。

1868年 [慶応 ^{けいおう} 4年] チリ・アリカ地震津波	$M_t = 9.0$
1877年 [明治10年] チリ・イキケ地震津波	$M_t = 9.0$
1960年 [昭和35年] チリ地震津波	$M_t = 9.4$

なお、敷地近傍の大間港においては、これらの遠地津波のうち、1960年チリ地震津波では合同調査班(1961)⁽³⁹⁾によると T.P. +2.0mの既往津波高が記録されている。

2.2 簡易予測式による津波高の検討

簡易予測式を用いて、津波が敷地に与える影響について、以下のとおり検討している。

2.2.1 津波高の推定に用いている簡易予測式

阿部(1989)⁽⁴²⁾により、モーメント・マグニチュード M_w で表される津波の規模と、津波の伝播距離が Δ (km)の位置付近における区間平均津波高 H_t (m)との関係として、以下のような簡易予測式が示されている。

$$\text{太平洋側： } \log H_t = M_w - \log \Delta - 5.55 \quad (1)$$

$$\text{日本海側： } \log H_t = M_w - \log \Delta - 5.35 \quad (2)$$

なお、 M_w の代わりに津波マグニチュード M_t を用いる場合には、太平洋側の津波では $M_w = M_t$ 、日本海側の津波では $M_w = M_t - 0.2$ として用いている。

2.2.2 既往津波の推定津波高

江戸時代以前の津波については、敷地近傍において得られている既往津波高が少ないことから、既往の近地津波が敷地に与える影響を推定するために、前章に示した主要な津波について、簡易予測式により敷地において推定される津波高（以下「推定津波高」という。）を検討している。

簡易予測式による推定津波高の算定結果を、表-7に示す。

津波マグニチュード M_t はこれまで、検潮儀による観測記録を基に阿部(1988)^⑧他により算出されていたことから、検潮儀観測の開始された1890年頃以降に起きた津波が対象となっていた。

阿部(1999)^⑨によると、古記録から推定される津波の遡上高を用いることにより、1498年から1893年の間に発生した津波のうち、21個の歴史津波についても津波マグニチュード M_t を算出することが可能となった。

ここでは、既往津波の推定津波高の算出において、阿部(1999)^⑨による歴史津波の M_t を加えた検討を行っている。

簡易予測式による検討の結果、推定津波高は、表-7に示すとおり、日本海側の津波では1741年（渡島半島西方沖）津波で約3.4mとなり最大であり、太平洋側の津波では1856年（青森県東方沖）津波で約3.7mとなり最大であるとしている。

また、これらの結果は、既往津波に関する「2.1 文献調査」の結果とも一致している。

2.3 数値シミュレーションによる津波高の検討

既往津波が敷地に与える影響について、以下のとおり数値シミュレーションによる検討を実施している。

2.3.1 対象津波の選定

既往津波に関する文献調査及び簡易予測式による津波高の検討結果から、数値シミュレーションの対象として、発生海域毎に敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる以下の津波を選定している。

日本海側の近地津波	: 1741 年 (渡島半島西方沖) 津波
太平洋側の近地津波	: 1856 年 (青森県東方沖) 津波
遠地津波	: 1960 年 チリ地震津波

2.3.2 津波の数値シミュレーションの手法

日本の近海域における数値シミュレーションの計算条件を、表-8 に示す。また、遠地津波の数値シミュレーションで用いる太平洋を伝播する計算（以下「太平洋伝播計算」という。）の計算条件を、表-9 に示す。

近地津波の数値シミュレーションに際しては、日本海側と太平洋側とでは、津波の伝播経路や再現性の検証に用いる既往津波高が得られている地点が異なることから、近海域において日本海側と太平洋側との2通りの計算領域を作成している。なお、これらの海底地形モデルは、海上保安庁水路部（現在は、海上保安庁海洋情報部に組織が改正された。）による海底地形図等を用いて作成している。各海域における計算領域（A～E領域）として、日本

海側を図-8に、太平洋側を図-9に示す。

遠地津波の数値シミュレーションでは、まず、チリ沖に設定した波源からの太平洋伝播計算を行い、近海域の計算領域との境界における波形を求めている。次に、この波形を境界条件として入射することにより、太平洋側の近地津波の数値シミュレーションと同様の計算を行っている。遠地津波の太平洋伝播計算に用いた計算領域を、図-10に示す。

海底地形モデル等の計算条件の設定にあたっては、水深と津波の波長との関係を考慮して、計算格子間隔等を決定している。

また、敷地前面に建設予定の港湾施設の影響を考慮した予測計算を行うために、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して、最小格子間隔約10mの海底地形モデルを作成している。計算領域（E～G領域）を、図-11に示す。

数値シミュレーションによる津波の再現性の評価は、津軽海峡及びその周辺地域の沿岸の各地点における、既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高（以下「計算津波高」という。）とを比較すること（以下「検証」という。）により行っている。

検証のための指標としては、相田(1977)⁽²¹⁾による、既往津波高と計算津波高との比から求める幾何平均値 K 及びバラツキをあらわす指標 κ を用いている。

以下に、幾何平均値 K 及びバラツキをあらわす指標 κ の算定式を示す。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i \quad (3)$$

$$\log \kappa = \left\{ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - (\log K)^2 \right\}^{1/2} \quad (4)$$

$$K_i = \frac{R_i}{H_i} \quad (5)$$

ここで R_i は i 番目の地点の観測値(既往津波高)であり、 H_i は計算値(計算津波高)である。

2.3.3 再現性検討結果

数値シミュレーションによる津波の再現性について、以下のとおり検討している。

(1) 1741 年（渡島半島西方沖）津波

1741 年（渡島半島西方沖）津波については、文献調査の結果、津波地震、火山噴火に伴う津波、海底地滑りによる津波等の説もあり、津波の発生原因には定説がないことから、既往津波高を良好に再現する断層モデル（以下「断層モデル」という。）を用いて検討している。検討に用いた断層モデルを図-12 に示す。

羽鳥(1984)⁽²⁵⁾、都司ほか(2002)⁽²⁶⁾、今村・松本(1998)⁽²⁷⁾、今村ほか(2002)⁽²⁸⁾ に示される 37 地点における既往津波高と、数値シミュレーションによる計算津波高との比較を図-13 及び表-10 に示す。

この結果より、 $K=0.88$ 、 $k=1.44$ が得られたことから、1741 年（渡島半島西方沖）津波に対する数値シミュレーション結果は良好な再現性が確認できたとしている。

(2) 1856 年（青森県東方沖）津波

1856 年（青森県東方沖）津波については、相田(1977)⁽²¹⁾により断層モデルが示されているが、既往津波高を良好に再現するように、相田(1977)⁽²¹⁾による断層モデルのすべり量を 1.1 倍することにより修正し、検討している。相田(1977)⁽²¹⁾による断層モデルと本検討に用いた断層モデルとを、図-14 に示す。

羽鳥(1973)⁽¹⁴⁾、相田(1977)⁽²¹⁾に示される 21 地点における既往津波高と、数値シミュレーションによる計算津波高との比較を、図-15 及び表-11 に示す。

この結果より、 $K=0.94$ 、 $\kappa=1.39$ が得られたことから、1856 年（青森県東方沖）津波に対する数値シミュレーション結果は良好な再現性が確認できたとしている。

(3) 1960 年チリ地震津波

1960 年チリ地震津波を対象に、図-16 に示す Kanamori and Cipar (1974)⁽⁵³⁾ を基にした断層モデルを用いた太平洋伝播計算結果の波形を、近海域の計算領域の境界から入射することにより、検証計算を行っている。

チリ津波合同調査班(1961)⁽³⁹⁾に示された既往津波高と、数値シミュレーションによる計算津波高との比較を、図-17、図-18 及び表-12 に示す。

表-12 に示すとおり、浦河^{うらかわ}（北海道）から釜石^{かまいし}（岩手県）までの広い範囲（E 領域全体）においては、117 地点の既往津波高に対して、 $K=1.06$ 、 $\kappa=1.40$ が得られており、良好な再現性が確認できたとしている。

ここで図-18 に示すとおり、函館^{はこだて}、大畑^{おおはた}、大間^{おおま}、青森^{あおもり}、大湊^{おおみなと}の津軽海峡沿岸及び陸奥湾^{むつ}沿岸の 16 地点においては、既往津波高に比べて計算津波高の方が大きく安全側になっているとしている。

また、主な検潮所における津波の観測波形と計算波形との比較を図-19 に示す。各地点とも両者が良好に一致していることを確認している。

これらの結果より、1960 年チリ地震津波に対する数値シミュレーション結果は良好な再現性が確認できたとしている。

2.3.4 既往津波の予測計算結果

検証計算の結果、数値シミュレーションの再現性の確認が行われたことから、敷地前面に建設予定の港湾施設等の地形条件を考慮した予測計算により、敷地における既往津波による水位変動等について、以下のとおり検討している。

(1) 1741年（渡島半島西方沖）津波

数値シミュレーションより得られた、港湾付近の海域における最大水位上昇量及び最大水位下降量の分布を図-20に、港湾内の各点における津波の水位時間波形を図-21に示す。

これらの図に示すとおり、敷地における最大水位上昇量は約2.0m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約1.9m、また、周期は15～20分程度が算出されている。

(2) 1856年（青森県東方沖）津波

数値シミュレーションより得られた、港湾付近の海域における最大水位上昇量及び最大水位下降量の分布を図-22に、港湾内の各点における津波の水位時間波形を図-23に示す。

これらの図に示すとおり、敷地における最大水位上昇量は約1.9m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約1.3m、また、周期は5～7分程度が算出されている。

(3) 1960年チリ地震津波

数値シミュレーションより得られた、港湾付近の海域における最大水位上昇量及び最大水位下降量の分布を図-24 に、港湾内の各点における津波の水位時間波形を図-25 に示す。

これらの図に示すとおり、敷地における最大水位上昇量は約 2.6m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 2.6m、また、周期は 140～150 分程度が算出されている。

以上により、敷地における既往津波による水位変動量(最大水位上昇量、最大水位下降量) が最大となるケースは、1960年チリ地震津波であるとしている。

表-1(1) 東北地方沿岸に影響を及ぼした近地津波の一覧（日本海側）

発生年月日	発生場所 (緯度・経度)	地震規模 M	津波規模 m	地震・津波の概要	函館・松前等の津波高さ (m)
701年 5月12日 (大宝元年)	若狭湾	—	<2>	丹波：地震うこと3日。若狭湾内の凡海郷 <small>おうしあま</small> が海に没したという「冠島伝説」があるが、疑わしい。	記録なし
850年 一月一日 (嘉祥3年)	山形県沖 39.0° N 139.7° E	≒7.0	2	出羽：地裂け、山崩れ、国府の城柵は傾倒し、圧死多数。最上川の岸崩れ、海水は国府から6里(3km)のところまで迫った。	記録なし
863年 7月10日 (貞観5年)	新潟県沖	—	<2?>	越中・越後：山崩れ、谷埋まり、水湧き、民家破壊し、圧死多数。直江津付近にあった数個の小島が壊滅したという。確実な史料に津波記事なし。	記録なし
887年 8月2日 (仁和3年)	新潟県南部沖	—	<2>	越後で津波を伴い、溺死者数千という。京都有感。越後に関する史料の信憑性不十分。	記録なし
1092年 9月13日 (寛治6年)	新潟県沖	—	<2?>	越後：柏崎～岩船間の沿岸、海府浦・親不知大津波におそわる。「地震」とある古記あるも、地震の状況を記した古記録未発見。疑わしい。	記録なし
1341年 10月31日 (興国2年)	青森県西方沖	—	<3?>	津軽十三湖：『東日流外三郡誌』によれば、地震とともに三丈(9m)余の津波が津軽半島十三湖を襲い、26,000人が溺死したとある。史料は偽書とされ、極めて疑わしい。	記録なし
1614年 11月26日 (慶長19年)	越後高田	—	2	従来、越後高田の地震とされていたもの。大地震の割に史料が少なく、震源については検討すべきことが多い。京都で家屋・社寺などが倒壊し、死2、傷370という。京都付近の地震とする説がある。	記録なし
1741年 8月28日 (寛保元年)	渡島半島西方 41.6° N 139.4° E	6.9	3 <3.5>	渡島西岸・津軽・佐渡：渡島大島この月の下旬より活動、13日に噴火した。19日早朝に津波、北海道で死1467、流出家屋729、船1521破壊。津軽で田畑の損も多く、流失潰家約100、死37。佐渡・能登・若狭にも津波。	松前：5.8 函館：— 三厩：2.5～ 3.0
1792年 6月13日 (寛政4年)	積丹半島沖 43 ³ / ₄ ° N 140.0° E	≒7.1	2 <1>	後志：津波があった。忍路で港頭の岸壁が崩れ、海岸に引き上げていた夷船漂流、出漁中の夷人5人溺死。美国でも溺死若干。	記録なし
1833年 12月7日 (天保4年)	山形県沖 38.9° N 139.25° E	7 ¹ / ₂ ± ¹ / ₄	2 <2.5>	羽前・羽後・越後・佐渡：庄内地方で特に被害が大きく、潰家475、死42。津波が本荘から新潟に至る海岸と佐渡を襲い、能登で大破流出家約345、死約100。	松前：1.2 函館：1～2
1940年 8月2日 (昭和15年)	積丹半島沖 44° 15.0' N 139° 28.0' E	7.5	2	「積丹半島沖地震」：震害はほとんどなく、津波による被害が大きかった。波高は、羽幌・天塩2m、利尻3m、金沢・宮津1m。天塩河口で溺死10。	松前：1.0 函館：—
1964年 6月16日 (昭和39年)	新潟県沖 38° 22.0' N 139° 12.9' E	7.5	2	「新潟地震」：新潟・秋田・山形の各県を中心に被害があり、死26、家屋全壊1960、半壊6640、浸水15297、その他船舶・道路の被害も多かった。津波が日本海沿岸一帯を襲い、波高は新潟県沿岸で4m以上に達した。粟島が約1m隆起した。	松前：— 函館：0.68
1983年 5月26日 (昭和58年)	秋田・青森県沖 40° 21.4' N 139° 04.6' E	7.7	2.5 [3]	「昭和58年日本海中部地震」：被害は秋田県で最も多く、青森・北海道がこれに次ぐ。日本全体で死104(うち津波によるもの100)、傷163(同104)、建物全壊934、半壊2115、流失52、一部破損3258、船沈没255、流失451、破損1187。津波は早い所では津波警報発令以前に沿岸に到達した。石川・京都・島根など遠方の府県にも津波による被害が発生した。	松前：1.88, 3.50 函館：0.69 大間：0.30 小泊：3.34～ 5.59

表-1(2) 東北地方沿岸に影響を及ぼした近地津波の一覧（日本海側）

発生年月日	発生場所 (緯度・経度)	地震規模 M	津波規模 m	地震・津波の概要	函館・松前等の津波高さ (m)
1993年 7月12日 (平成5年)	北海道南西沖 42° 46.8' N 139° 11.0' E	7.8	[3]	「平成5年北海道南西沖地震」：地震に加えて津波による被害が大きく、死202、不明28、傷323。特に地震後間もなく津波に襲われた奥尻島の被害は甚大で、島南端の青苗地区は火災もあって壊滅状態。夜10時すぎの闇のなかで多くの人命、家屋等が失われた。津波の高さは青苗の市街地で10mを越えたところがある。	松前：1.18 函館：0.40 大間：0.75 小泊：1.62

注)・「発生場所(緯度・経度)及び地震規模 M」は、次の値を示している。

1884年以前の地震：宇佐美(2003)⁽²⁾

1885～1922年の地震：宇津(1982)⁽⁶⁾

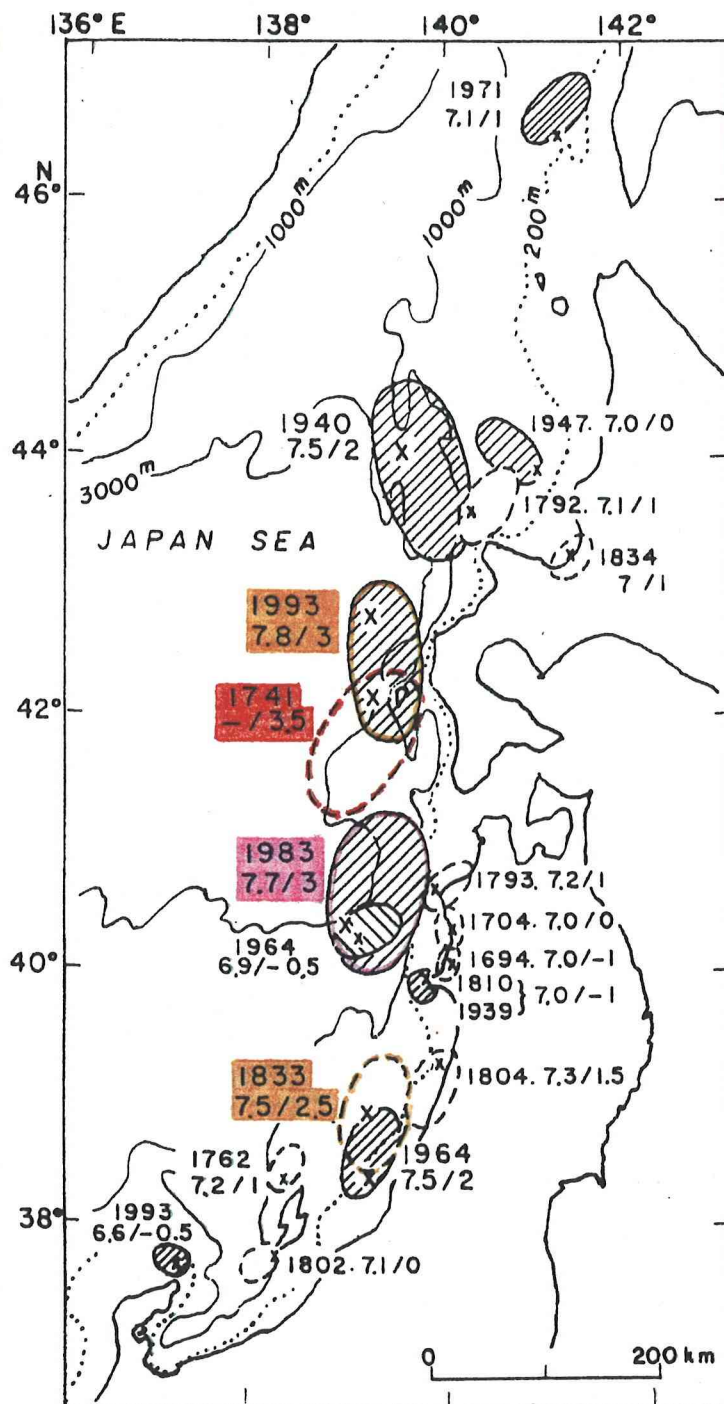
1923年以降の地震：気象庁の発表による。

・「津波規模 m」は、宇佐美(2003)⁽²⁾による。

ただし、[]は羽鳥による値(宇佐美(2003)⁽²⁾より引用)、< >は羽鳥(1984)⁽¹⁰⁾による値で、宇佐美(2003)⁽²⁾と異なる場合のみ示している。

・「地震・津波の概要」は、宇佐美(2003)⁽²⁾及び「理科年表」⁽⁵⁾を参照している。

・「函館・松前等の津波高さ」は、渡辺(1998)⁽⁹⁾等の資料をもとに示している。



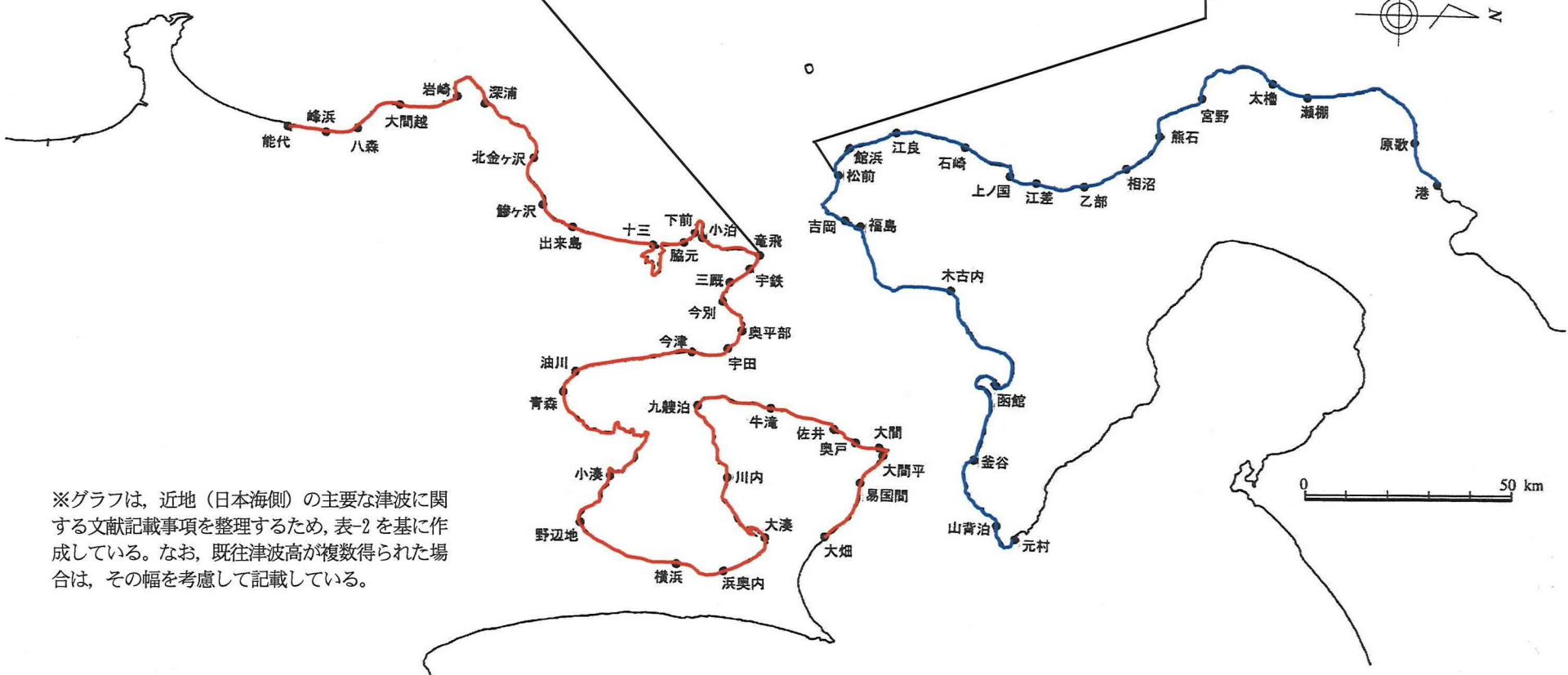
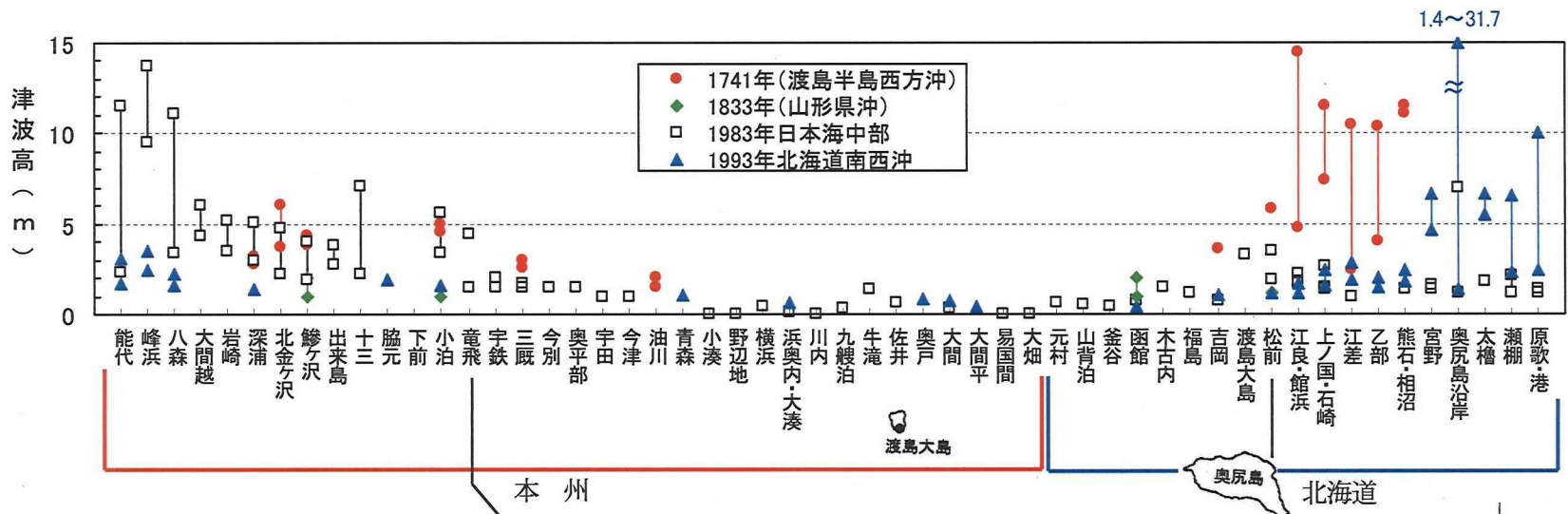
[羽鳥(1994)⁽³⁴⁾に一部加筆]

図-2 日本海東縁部で発生した津波の波源域

表-2 近地津波(日本海側)の既往津波高

道県	市町村	地名	1741年 寛保元年 渡島半島西方沖	1833年 天保4年 山形県沖	1983年 昭和58年 日本海中部	1993年 平成5年 北海道南西沖	備考
北海道	島牧村	原歌・港			1.17, 1.38	2.41 ~10.05	島牧村沿岸
	瀬棚町	瀬棚			1.17 ~2.15	2.30 ~6.58	瀬棚町沿岸
	北桧山町	太櫓			1.83	5.51 ~6.70	北桧山町沿岸
	奥尻町	奥尻島沿岸			1.13 ~6.95	1.40 ~31.70	
	大成町	宮野			1.40, 1.61	4.62 ~6.67	大成町沿岸
	熊石町	熊石・相沼	11.1 ~11.5		1.36	1.78 ~2.43	熊石町沿岸
	乙部町	乙部	4.0 ~10.3			1.43, 1.96	乙部町沿岸
	江差町	江差	2.4 ~10.5		0.94	1.94 ~2.89	江差町沿岸
	上ノ国町	上ノ国・石崎	7.4 ~11.5		1.40, 1.50	1.56 ~2.43	上ノ国町沿岸
	松前町	江良・館浜 松前 渡島大島	4.8 ~14.5 5.8	1.2	1.69, 2.19 1.88, 3.50 3.29	1.12 ~1.65 1.18	館浜以北 建石以東
	福島町	吉岡 福島	3.6		0.76 1.20	(1.03)	
	木古内町	木古内			1.45		
	函館市	函館		1 ~2	0.69	(0.40)	
	戸井町	釜谷			0.40		
	恵山町	山背泊			0.50		
	樫法華村	元村			0.65		
青森県	大畑町	大畑			ほとんど変化なし		
	風間浦村	易国間			ほとんど変化なし		
	大間町	大間平				0.40	
		大間 奥戸			(0.30)	0.75 0.85	
	佐井村	佐井			0.65		
		牛滝			1.35		
	脇野沢村	九艘泊			(0.35)		
	川内町	川内			ほとんど変化なし		
	むつ市	浜奥内・大湊			(0.10)	(0.59)	むつ市陸奥湾側
	横浜町	横浜			(0.45)		
	野辺地町	野辺地			若干上昇		
	平内町	小湊			ほとんど変化なし		
	青森市	青森 油川	1.5 ~2.0			1.01	
	平館村	今津			0.90		
		宇田			0.96		
	今別町	奥平部			1.45		高野崎以東
		今別			1.45		高野崎以西
	三厩村	三厩・四枚橋	2.5 ~3.0		1.45, 1.65		三厩~四枚橋
		宇鉄・鑄泊 竜飛			1.45, 2.00 1.45, 4.45		
	小泊村	小泊	4.5 ~5.0	1	3.34 ~5.59	1.62	小泊岬以北
下前				1.83			
市浦村	脇元			2.66	1.85		
	十三			2.17 ~7.10		五月女菟原以南	
木造町	出来島			2.79 ~3.82		木造町・車力村沿岸	
鱒ヶ沢町	鱒ヶ沢	3.8 ~4.3	1 ~2	1.88 ~4.06		鱒ヶ沢町沿岸	
深浦町	北金ヶ沢	3.7 ~6.0		2.26 ~4.76		鳥井崎以東	
	深浦	2.7 ~3.2		2.95 ~5.06	1.35	鳥井崎以南	
岩崎村	岩崎			3.47 ~5.16		森山以北	
	大間越			4.34 ~5.99		十二湖以南	
秋田県	八森町	八森			3.36 ~11.08	1.62 ~2.17	八森町沿岸
	峰浜村	峰浜			9.47 ~13.75	2.39, 3.47	峰浜村沿岸
	能代市	能代			2.29 ~11.50	1.73 ~3.11	能代市沿岸
最大津波高			14.5 松前町江良	7 ~8 山形県鶴岡市 加茂	13.75 峰浜村大沼	31.70 奥尻町藻内	
出典・測定基準			北海道は今村ほか (1998) ⁽²⁷⁾ T.P.基準 青森県は今村ほか (2002) ⁽²⁸⁾ T.P.基準	羽鳥(1990) ⁽²⁹⁾ の 推定値	東北大学(1984) ⁽³⁰⁾ による T.P.基準 ()はM.S.L.からの 概略値	東北大学(1994) ⁽³²⁾ による T.P.基準 ()は気象庁(1995) ⁽³³⁾ によるT.P.値	

注) ・既往津波高の単位は m
 複数の津波高が点在する場合は、備考欄に範囲を示し、地名は代表的なものを示している。
 ・出典・測定基準は主なものを抽出している。



※グラフは、近地（日本海側）の主要な津波に関する文献記載事項を整理するため、表-2を基に作成している。なお、既往津波高が複数得られた場合は、その幅を考慮して記載している。

図-3 近地津波（日本海側）の既往津波高の比較

表-3(1) 東北地方沿岸に影響を及ぼした近地津波の一覧(太平洋側)

発生日	発生場所 (緯度・経度)	地震規模 M	津波規模 m	地震・津波の概要	函館・八戸等の 津波高さ (m)
869年 7月13日 (貞観11年)	三陸沖 37.5~39.5° N 143~145° E	8.3 ±1/4	4	三陸沿岸：城郭・倉庫・門櫓・垣壁など崩れ落ち倒壊するもの無数。津波が多賀城下を襲い、溺死約1千。三陸沖の巨大地震とみられる。	記録なし
1611年 12月2日 (慶長16年)	三陸沖 39.0° N 144.4° E	≒8.1	4	三陸沿岸および北海道東岸：三陸地方で強震。震害は軽く、津波の被害が大きかった。伊達領内で死1783、南部・津軽で人馬の死3千余という。三陸沿岸で家屋の流出が多く、北海道東部でも溺死が多かった。1933年の三陸地震津波に似ている。	記録なし
1640年 7月31日 (寛永17年)	北海道噴火湾 42.1° N 140.7° E	—	2 (1~2)	北海道噴火湾：駒ヶ岳噴火に伴い津波があり、死700余、昆布舟流出100余。	記録なし
1677年 4月13日 (延宝5年)	青森県東方沖 41.0° N 142 1/4° E	7 1/4~ 7 1/2	2	陸中：八戸に被害。1時間後に津波が来て、家屋流潰約70。余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ている。	風間浦村下風 呂：1~2 八戸：津波
1763年 1月29日 (宝暦12年)	青森県東方沖 41.0° N 142 1/4° E	7.4	1 (2)	陸奥八戸：11月初めより地震があり、この日大地震。寺院・民家が破損した。平館で家潰1、死3。函館でも強く感じた。津波があり、余震が多かった。1968年十勝沖地震と似ているので、もっと沖の大きな地震かもしれない。	函館：1~2? 八戸：4~5
1793年 2月17日 (寛政5年)	三陸沖 38.5° N 144.5° E	8.0~ 8.4	2 [2.5]	陸前・陸中・磐城：仙台封内で家屋損壊1千余、死12。沿岸に津波が来て、大槌・両石で流潰家71、死9。気仙沼で流出家300余。余震が多かった。震央はもっと陸寄りの可能性もある。	函館：— 八戸：1~2
1835年 7月20日 (天保6年)	宮城県沖 38.5° N 142.5° E	≒7.0	(1~2)	仙台：仙台で石垣崩れ、藩内で被害。岩手県藤沢町で石垣崩れ、蔵の壁を損じた。	記録なし
1843年 4月25日 (天保14年)	根室半島沖 42.0° N 146.0° E	≒7.5	2	釧路・根室：厚岸国泰寺で被害があった。津波があり、全体で死46。家屋破壊76。八戸にも津波。松前・津軽で強く感じ、江戸でも有感。	函館：1 八戸：—
1856年 8月23日 (安政3年)	青森県東方沖 41.0° N 142 1/2° E	≒7.5	2 [2.5]	日高・胆振・渡島・津軽・南部：震害は少なかったが、津波が三陸及び北海道の南岸を襲った。南部藩で流失93、潰106、溺死26、八戸藩でも死3など。余震が多かった。1968年十勝沖地震に津波の様子がよく似ており、もう少し海溝寄りの地震かもしれない。	函館：3~3.9 八戸：3?
1894年 3月22日 (明治27年)	根室半島沖 42 1/2° N 146° E	7.9	2 [2.5]	根室沖：根室・厚岸で家屋・土蔵に被害。死1、家屋潰12、津波は宮古4m、大船渡1.5mなど。	函館：0.5 八戸：—
1896年 6月15日 (明治29年)	三陸沖 39 1/2° N 144° E	8 1/2	4 [3.5]	「三陸地震津波」：震害はない。津波が北海道より牡鹿半島にいたる海岸に襲来し、死者は青森343、宮城3452、北海道6、岩手18158、家屋流失全半壊1万以上、船の被害約7千、波高は吉浜24.4m、綾里38.2m、田老14.6mなど。津波はハワイやカリフォルニアに達した。Mは津波を考慮したもの。	函館：1.8 大畑：2.4 八戸：3.0
1897年 8月5日 (明治30年)	宮城県沖 38.3° N 143.3° E	7.7	1 [2] (1~2)	宮城県沖：津波により三陸沿岸に小被害。津波の高さは盛町で3m、釜石で1.2m。	記録なし
1933年 3月3日 (昭和8年)	三陸沖 39° 07.5' N 145° 07.2' E	8.1	3	「三陸地震津波」：震害は少なかった。津波が太平洋岸を襲い、三陸沿岸で被害は甚大。死・不明3064、家屋流失4034、倒壊1817、浸水4018。波高は綾里湾で28.7mにも達した。日本海溝付近で発生した巨大な正断層型地震と考えられている。	函館：0.9 大間：1.3程度 八戸：1.5~4.7

表-3(2) 東北地方沿岸に影響を及ぼした近地津波の一覧(太平洋側)

発生日	発生場所 (緯度・経度)	地震規模 M	津波規模 m	地震・津波の概要	函館・八戸等の 津波高さ (m)
1952年 3月4日 (昭和27年)	十勝沖 41° 42.1' N 144° 09.3' E	8.2	2 [2.5]	「十勝沖地震」：北海道南部・東北部に被害があり、津波が関東地方に及ぶ。波高は北海道で3m前後、三陸沿岸で1~2m。死28、不明5、家屋全壊815、半壊1324、流失91。	函館：0.32 八戸：2.0
1958年 11月7日 (昭和33年)	エトロフ島沖 44° 18.0' N 148° 30.0' E	8.1	1 [2] (2)	択捉島南東沖：釧路地方で電信線・鉄道・道路に小被害があった。太平洋岸各地に津波があり、小被害。	函館：0.26 八戸：0.51
1963年 10月13日 (昭和38年)	エトロフ島沖 44° 02.7' N 149° 49.8' E	8.1	2 [3]	択捉島南東沖：津波があり、三陸海岸で軽微な被害。花咲で1.2m、八戸で1.3mなど。	函館：0.60* 八戸：1.30*
1963年 10月20日 (昭和38年)	エトロフ島沖 44° 05.4' N 150° 00.6' E	6.7	2	エトロフ島沖：ウルップ島で10~15m、エトロフ島で7~8mと震源付近で局地的に大きな津波で被害があった。	函館：— 八戸：0.50*
1968年 5月16日 (昭和43年)	青森県東方沖 40° 44.0' N 143° 35.0' E	7.9	2 [2.5]	「1968年十勝沖地震」：青森県を中心に北海道南部・東北地方に被害。死52、傷330、建物全壊673、半壊3004。青森県下で道路損壊が多かった。津波があり、三陸沿岸3~5m、襟裳岬3m、浸水529、船舶流失沈没127。コンクリート造建築の被害が目だった。	函館：0.97 大間：0.2~1.1 八戸：1.54~ 4.82
1969年 8月12日 (昭和44年)	北海道東方沖 42° 42.0' N 147° 37.0' E	7.8	0 [2.5] (1)	北海道東方沖：津波により北海道東部に軽微な被害あり。検潮記録による津波の全振幅は花咲253cm、釧路79cm、八戸108cmなど。	函館：0.41* 八戸：1.08*
1973年 6月17日 (昭和48年)	根室半島沖 42° 58.0' N 145° 57.0' E	7.4	0 [2] (1)	「1973年6月17日根室半島沖地震」：根室・釧路地方に被害。全体で傷26、家屋全壊2、一部破損1。小津波があり、波高は花咲で2.8m、浸水275、船舶流失沈没10。また、6月24日の余震(M7.1、m=0)で傷1、家屋一部破損2。小津波があった。	函館：0.27 八戸：0.50
1994年 10月4日 (平成6年)	北海道東方沖 43° 22.3' N 147° 40.7' E	8.2	[3] (2)	「平成6年北海道東方沖地震」：北海道東部を中心に被害があり、傷437、住宅全壊61、半壊348。津波は花咲で173cm、八戸で72cmなど。震源に近い択捉島では死・不明10など、地震と津波で大きな被害。	函館：0.50 八戸：0.72
2003年 9月26日 (平成15年)	釧路沖 41° 46.5' N 144° 04.9' E	8.0	(2)	「平成15年十勝沖地震」：太平洋プレート上面の逆断層型プレート間地震で1952年とほぼ同じ場所。不明2、傷849、住宅全壊116、半壊368。北海道及び本州の太平洋岸に最大4m程度の津波。	函館：0.8 大間：0.31* 八戸：1.0

注)「発生場所(緯度・経度)及び地震規模M」は、次の値を示している。

1884年以前の地震：宇佐美(2003)⁽²⁾

1885~1922年の地震：宇津(1982)⁽⁶⁾

1923年以降の地震：気象庁の発表による。

・「津波規模 m」は、宇佐美(2003)⁽²⁾による。

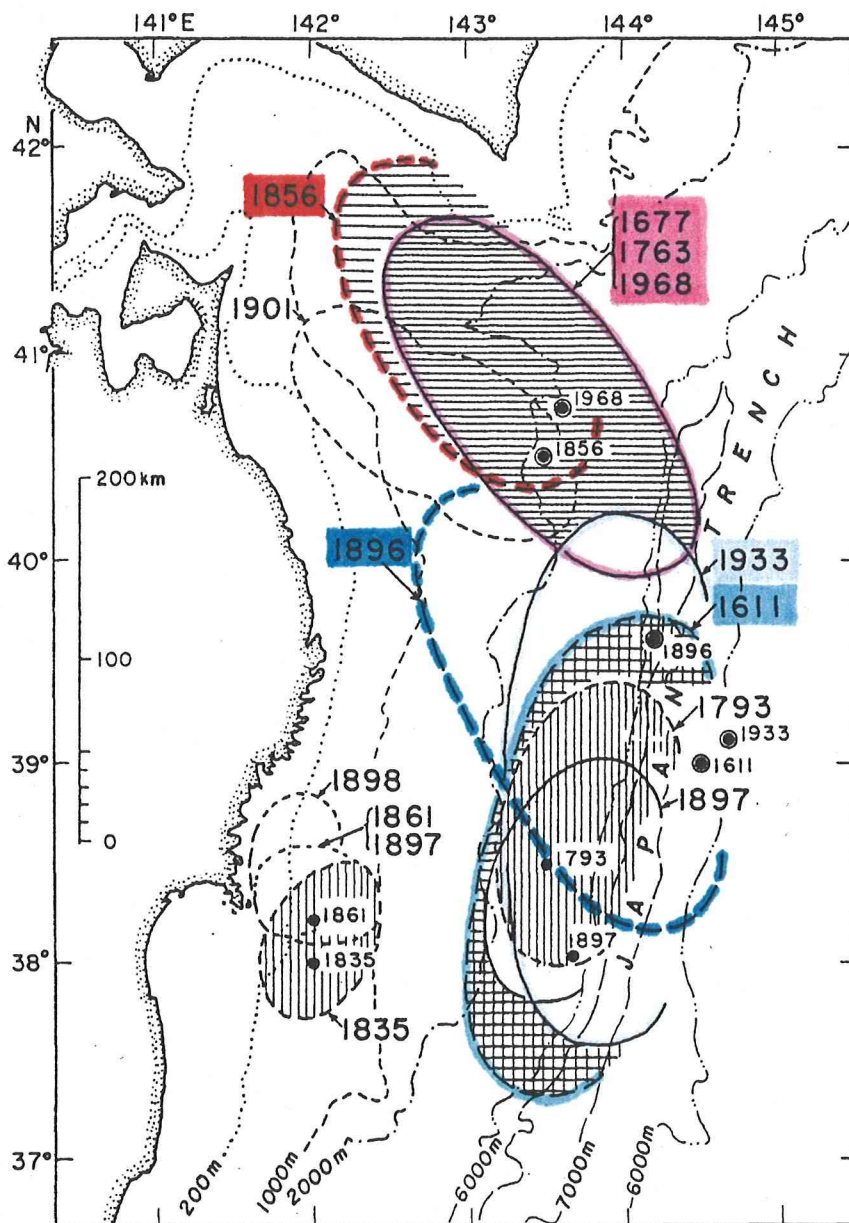
ただし、[]は羽鳥による値(宇佐美(2003)⁽²⁾より引用)、()は渡辺(1998)⁽³⁾による値で、宇佐美(2003)⁽²⁾と異なる場合のみ示している。

なお、上記のいずれのもの文献に記載が無い場合は、「理科年表」⁽⁵⁾を参照している。

・「地震・津波の概要」は、宇佐美(2003)⁽²⁾及び「理科年表」⁽⁵⁾を参照している。

・「函館・八戸等の津波高さ」は、渡辺(1998)⁽³⁾等の資料をもとに示している。

なお、*は検潮記録の全振幅を表わし、津波の高さとしてはこの値の1/2程度である。



[羽鳥(1975)⁽¹²⁾に一部加筆]

※) 869年 [貞観11年] (三陸沖) 津波の波源域は、羽鳥(1975)⁽¹²⁾に記載されていない。

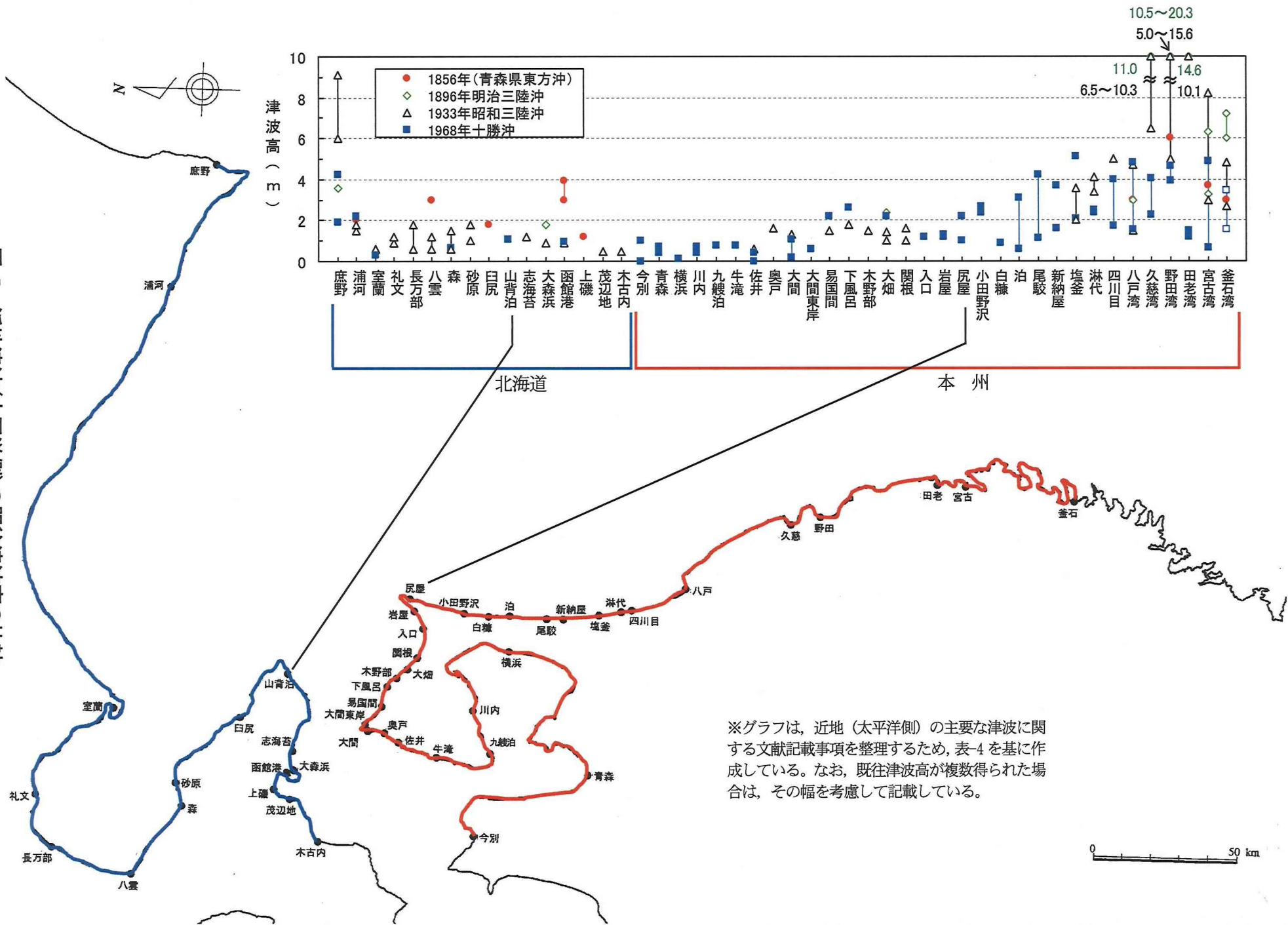
図-4 青森県東方沖から三陸沖で発生した津波の波源域

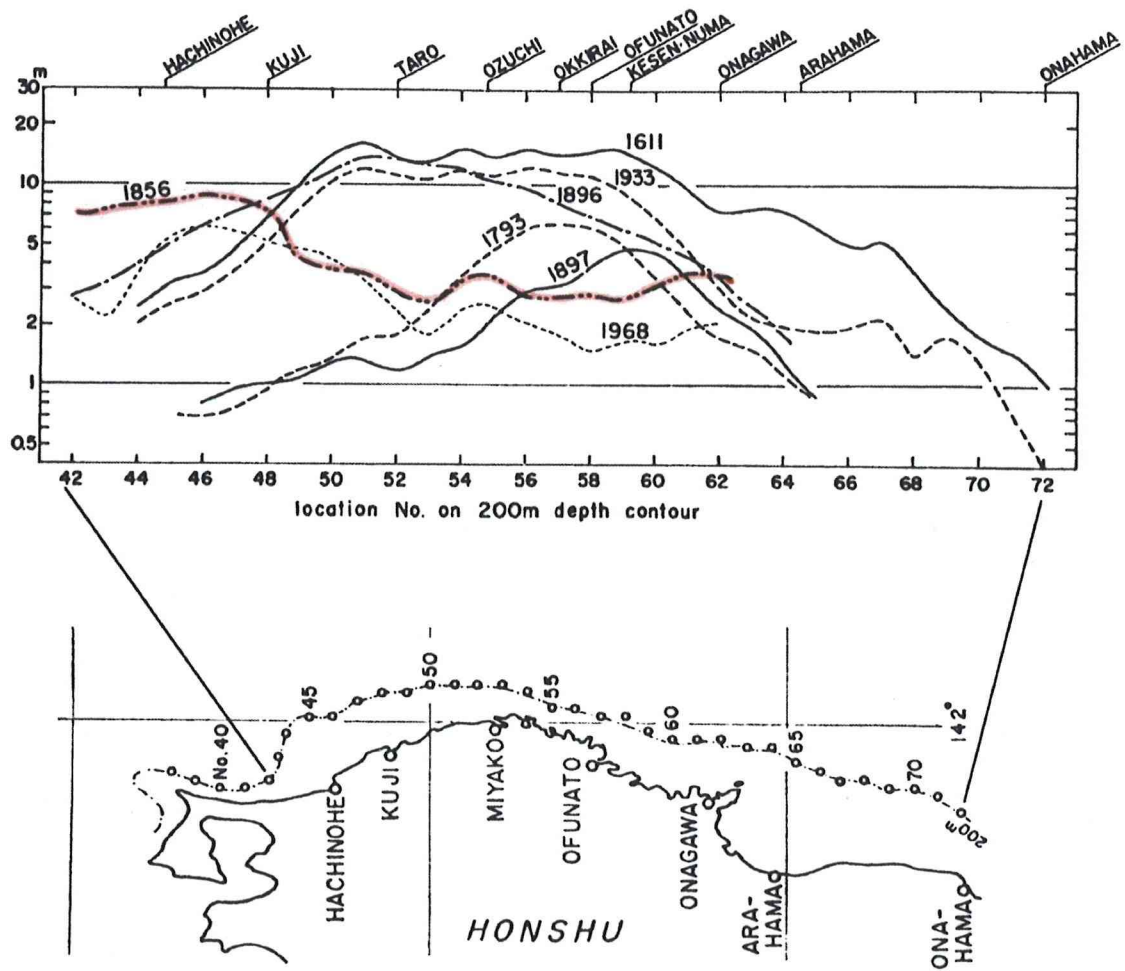
表-4 近地津波(太平洋側)の既往津波高

道県	市町村	地名	869年 貞観11年 三陸沖	1611年 慶長16年 慶長三陸	1677年 延宝5年 青森県 東方沖	1763年 宝歴12年 青森県 東方沖	1856年 安政3年 青森県 東方沖	1896年 明治29年 明治三陸	1933年 昭和8年 昭和三陸	1968年 昭和43年 十勝沖	備考
北海道	えりも町	庶野						3.6 **	6.0 ~9.1	(1.91, 4.24)	
	浦河町	浦河					2?		1.5 ~1.8	(2.18)	
	室蘭市	室蘭							0.6	0.32	
	豊浦町	礼文							0.9 ~1.2		
	長万部町	長万部							0.6 ~1.8		長万部町沿岸
	八雲町	八雲					3?		0.6 ~1.2		八雲町沿岸
	森町	森							0.6 ~1.5	(0.63)	森町沿岸
	砂原町	砂原							1.0 ~1.8		砂原町沿岸
	南茅部町	臼尻					1.8				
	恵山町	山背泊								(1.05)	
青森県	函館市	志海苔 大森浜・湯川 函館港				1~2?	3 3.6~3.9*	1.8 **	1.2 0.9 0.9	0.97	
	上磯町	上磯 茂辺地					1.2		0.5		
	木古内町	木古内							0.5		
	今別町	今別・奥平部								0.0, 1.0	
	青森市	青森・四戸橋								0.4, 0.7	
	横浜町	横浜								0.1	
	川内町	川内								0.4 ~0.7	川内町沿岸
	脇野沢村	九艘泊								0.8	
	佐井村	牛滝 佐井・長後							0.6 *	0.0, 0.4	
	大間町	奥戸 大間 大間東岸							1.6 * 1.3 程度*	0.2 ~1.1 0.6	
風間浦村	易国間・蛇浦 下風呂・甲			1~2*				1.5 * 1.8 *	2.2 2.6		
大畑町	木野部 大畑			1~2*				1.5 *	2.2	正津川~釣屋浜	
むつ市	関根・出戸川						2.4 *	1.0 ~1.4*	2.2		
岩手県	東通村	入口 岩屋 尻屋・尻芳 小田野沢・老部 白糠								1.2 1.2, 1.3 1.0, 2.2 2.4, 2.7 0.9	
	六ヶ所村	泊・袖戸 尾駈・出戸 新納屋・高瀬川								0.6 ~3.1 1.15 ~4.2 1.6, 3.7	
	三沢市	塩釜・六川目 淋代・五川目 四川目・三川目							2.0 ~3.6 3.4 ~4.1 5.0	2.10, 5.1 2.40, 2.50 1.70 ~4.0	六川目以北 細谷~五川目 四川目以南
	八戸市	八戸港				4~5	3?	3.0 *	1.5 ~4.7	1.54 ~4.82	北沼~蕪島
	久慈市	久慈湾				4~5		11.0	6.5 ~20.3	2.27 ~4.05	半崎~大尻
	野田村	野田湾			4~5		6	10.5 ~20.3	5.0 ~15.6	3.92 ~4.64	久喜~玉川
	田老町	田老湾		15~21*	2~3			14.6 *	10.1 *	1.22 ~1.46	田老湾内
	宮古市	宮古湾		6~8	2~6		3.7?	3.3, 6.3	3.0 ~8.2	0.63 ~4.89	日出島~閉伊崎
	釜石市	釜石湾					3	6.0 ~7.2	2.7 ~4.8	1.57 ~3.48	馬田岬~尾崎
	最大津波高			(2.5~3) 宮城県 仙台平野	21* 田老町 田老	5~6 宮古市 赤前	4~5 八戸及び 久慈	6 野田村 野田	38.2 岩手県三陸町 綾里白浜	29.2 岩手県三陸町 綾里白浜	5.1 三沢市 塩釜
出典・測定基準			阿部他 (1990) ⁽²²⁾ の 推定値 既往津波 高は仙台 平野のみ	羽鳥 (1975) ⁽¹²⁾ の 推定値 *は渡辺 (1998) ⁽³⁾	羽鳥 (1975) ⁽¹²⁾ の 推定値 *は宇佐 美他 (1978) ⁽¹⁵⁾	羽鳥 (1975) ⁽¹²⁾ の 推定値	羽鳥 (1973) ⁽¹⁴⁾ の 推定値 *は宇佐美 (2003) ⁽²⁾	松尾(1933) ⁽¹⁸⁾ によるT.P.基準 *地点は中央 气象台 (1933) ⁽¹⁶⁾ による M.S.L.基準 **は渡辺 (1998) ⁽³⁾	北海道は地震研 究所(1934) ⁽¹⁷⁾ によ るM.S.L.基準 青森・岩手県は松 尾(1933,1934) ⁽¹⁸⁾⁽¹⁹⁾ によるT.P.基 準 *地点は中央気象 台(1933) ⁽¹⁶⁾ による M.S.L.基準	岸(1969) ⁽²⁰⁾ によ るT.P.基準 ()はM.S.L.基 準	

注)・既往津波高の単位は m
 複数の津波高が点する場合は、備考欄に範囲を示し、地名は代表的なものを示している。
 ・出典・測定基準は主なものを出している。

図-5 近地津波(太平洋側)の既往津波高の比較





[相田(1977)⁽²¹⁾ に一部加筆]

図-6 近地津波(太平洋側)の計算津波高の分布

表-5(1) 東北地方沿岸に影響を及ぼした遠地津波の一覧

発生年月日	発生場所 (緯度・経度)	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要	函館・八戸 等の津波高 さ (m)
1586年 7月10日 (天正14年)	ペルーのリマ 沖 12.3° S 77.7° W	7.7	4	津波の高さはリマで26m, 10km内陸まで浸入。三陸の陸前海岸で津波あり。	記録なし
1687年 10月20日 (貞享4年)	ペルーのカヤ オ沖 15.2° S 75.9° W	7.6	3	カヤオ, チャシカイ, ビスコで津波があった。三陸沿岸の塩釜で高さ約50cm, 12~13回押し寄せた。沖縄でも3回津波が押し寄せた。	記録なし
1700年 1月26日 (元禄12年)	北米北西部沖 (カスケード地 帯)	9? [9?]	3~4	米国やカナダ沿岸における津波の高さは5~7mと推定。日本沿岸各地の津波の高さは岩手県宮古3m, 同大槌と和歌山県田辺で2m, 茨城県那珂湊や静岡県清水(三保)で約2mと推定される。宮古と田辺では津波による被害があったという。	記録なし
1730年 7月8日 (享保15年)	チリのバルパ ライソ沖 33.1° S 71.6° W	8.7	4	バルパライソは浸水が激しく, 港は破壊された。コンセプションは全滅。津波は三陸の陸前沿岸に襲来, 牡鹿半島で田畑が浸水した。	記録なし
1751年 5月25日 (宝暦元年)	チリのコンセ プション沖 36.8° S 71.6° W	8.5	3	古いコンセプションは全滅。津波は日本沿岸へ襲来, 三陸沿岸の大槌, 牡鹿および気仙沼で床まで浸水した。	記録なし
1780年 6月29日 (安永9年)	千島列島ウル ップ島南東沖 46.0° N 151.0° E	7.5	3	ウルップ島で津波の高さ10~12m。同島東岸に停泊中のロシア船が山上に打ち上げられた。津波は北海道東岸へ襲来した。	記録なし
1837年 11月7日 (天保8年)	チリ南部沖 39.8° S 73.2° W	8.0 [9 ¹ / ₄]	3	コンセプション, バルデビアで大津波。津波によりハワイ諸島で大被害。三陸沿岸陸前の気仙沼湾, 本吉, 牡鹿及び宮城の3郡で潮あふれる。	記録なし
1868年 8月13日 (慶応4年)	チリ北部アリ カ沖 18.5° S 70.4° W	8.5 [9.0]	4	「アリカ地震」チリ北部で大津波となり太平洋に波及した。アリカで津波の高さ14m, 死者25,000人ともいわれる。ハワイ島で大被害。日本沿岸では函館で2m, 宮城県本吉郡, 伊豆下田, 沖縄那覇港でも観測。	函館: 2
1877年 5月10日 (明治10年)	チリのイキケ 沖 19.6° S 70.2° W	8.3 [9.0]	4	「イキケ地震」1868年以上の大地震。太平洋沿岸全域に波及。チリ沿岸では1.2~24m, ハワイ諸島で1.2~6.6m。日本沿岸では, 函館2.4m, 釜石3m, 東京湾0.7m。函館と三陸沿岸で被害。房総半島で死者を含む被害があった。	函館: 2.4
1918年 9月7日 (大正7年)	千島列島ウル ップ島東方沖 45.5° N 151.5° E	8.2 [8.5]	3	津波の高さはウルップ島東岸で12m。日本沿岸では, 根室1m, 函館0.5m, 三陸沿岸1m以下。父島では1.4mで家屋浸水12, 橋梁流失2の被害。	函館: 0.5
1922年 11月11日 (大正11年)	チリのアタカ マ沖 28.5° S 70° W	8.3 [8.7]	3	「アタカマ地震」チリ沿岸で大津波となり, 太平洋沿岸各地に波及した。ペルーのカヤオで24m。日本沿岸の津波の最大全振幅は, 花咲60cm, 鮎川65cmなど。大船渡で家屋30棟が波に洗われた(高さ1~2mか)。	函館: -
1946年 4月1日 (昭和21年)	アリューシャ ン列島東部 52.8° N 162.5° E	7.4 [9.3]	4	「アリューシャン津波」アリューシヤンのウニマク島で30.5m, ハワイ諸島で2~17mの高さとなるなど太平洋沿岸各地で被害をもたらした。日本沿岸の津波の最大全振幅は鮎川56cm, 八戸20cmなど。	函館: - 八戸: 0.2*

表-5(2) 東北地方沿岸に影響を及ぼした遠地津波の一覧

発生年月日	発生場所 (緯度・経度)	地震 規模 M	津波 規模 m	地震・津波の概要	函館・八戸 等の津波高 さ (m)
1952年 11月4日 (昭和27年)	カムチャツカ 半島南東沖 52.3° N 161.0° E	8.5 [9.0]	3	「カムチャツカ津波」カムチャツカ半島で4~13mの津波。ハワイ諸島で10mに達するなど太平洋沿岸全域に影響した。日本沿岸における津波の高さは1~3m程度。北海道, 三陸沿岸, 下田, 尾鷲など広範囲で家屋の浸水があり, 三陸沿岸では漁業関係の被害があった。	函館: 1.5 八戸: 1.8
1960年 5月22日 (昭和35年)	チリ南部沖 39.5° S 74.5° W	8.5 [9.4]	4	「チリ地震津波」チリ沿岸で9~25mの津波。太平洋沿岸各地に波及し, ハワイで10mに達する。24日2時頃から津波が日本各地に襲来, 波高は三陸沿岸で5~6m, その他で3~4m。北海道南岸・三陸沿岸・志摩半島付近で被害が大きく, 沖縄でも被害があった。日本全体で死・不明142(うち沖縄で3), 家屋全壊1500余, 半壊2千余。	函館: 2.2~ 2.9 八戸: 1.8~ 5.3
1964年 3月28日 (昭和39年)	アラスカ湾 61.1° N 147.5° W	9.2 [9.1]	4	アラスカ湾沿岸で4~30mの津波。日本では三陸沿岸で漁業施設に若干の被害があった。	函館: 0.38 八戸: 0.60
1965年 2月4日 (昭和40年)	アリューシャ ン列島 51.3° N 178.6° E	8.7 [8.6]	3	アリューシヤンで3~10mの津波。三陸沿岸で漁業施設にわずかの被害があった。	函館: 0.17 八戸: 0.48
1996年 2月17日 (平成8年)	インドネシア のアンジャ ン沖 0.950° S 137.016° E	8.1	3	インドネシアのピアック島で最大7.7m(津波到達時の潮位上)に達した。日本沿岸での津波の最大全振幅は, 父島で1.95m, 串本で1.70m。土佐清水では漁船20艘が転覆し, 八丈島で漁船に被害があった。	函館: 0.22* 八戸: -

注)・「発生場所(緯度・経度), 地震規模 M 及び津波規模 m」は, 渡辺(1998)^③による。

ただし, 地震規模の [] は, Abe(1979)^⑦による遠地津波の Mt(渡辺(1998)^③より引用)を示している。

・「地震・津波の概要」は, 渡辺(1998)^③を参照している。

・「函館・八戸等の津波高さ」は, 渡辺(1998)^③等の資料をもとに示している。なお, *は検潮記録の全振幅で, 津波の高さとしてはこの値の1/2程度である。

表-6 遠地津波の既往津波高

道県	市町村	地名	1868年 慶応4年 チリ・アリカ	1877年 明治10年 チリ・イキケ	1952年 昭和27年 カムチャツカ	1960年 昭和35年 チリ	備考
北海道	えりも町	庶野				2.6, [3.0]	
	浦河町	浦河				2.1, [2.7]	
	室蘭市	室蘭				0.84	
	豊浦町	豊浦・礼文				1.5, 1.55	
	長万部町	静狩・国縫				1.2, 1.6	
	八雲町	八雲				1.6	
	森町	東森				1.45	
	砂原町	砂原				1.45	
	鹿部町	鹿部				0.85	
	南茅部町	白尻				0.4	
	樺法華村	元村				1.13	
	恵山町	山背泊				1.9	
	戸井町	浜町				1.2	
	函館市	志海苔 大森浜 函館港	2	2.4	1.5	2.7 2.4~2.9 2.2~[2.44]	湯川~立待岬
	上磯町	七重浜・上磯 茂辺地・当別			0.7	1.3~1.9 1.8, 2.2	矢不来以北 矢不来以南
木古内町	木古内			0.7	2.1~3.0	木古内町沿岸	
福島町	福島				1.10		
松前町	松前港				0.48		
青森県	三厩村	竜飛・木落 三厩				0.9, 1.1 1.4	
	今別町	今別 袋月				1.4 1.5	
	平舘村	宇田・弥藏釜 平舘				1.1, 1.6 1.2	
	蟹田町	蟹田			0.6	1.3	
	青森市	後潟・奥内 青森・原別 浅虫			0.4	1.3, 1.4 1.1, 1.16 0.6	
	野辺地町	野辺地				1.7	
	横浜町	横浜				1.4	
	むつ市	田名部 大湊・宇田			1	1.0 1.8~1.9	
	川内町	川内			1.5	0.8	
	脇野沢村	脇野沢			0.6	1.1	
	佐井村	佐井				1.1	
	大間町	大間港				2.0	
	大畑町	大畑				1.4	
	東通村	岩屋 尻屋 白糖				1.3 1.4 2.0	
	六ヶ所村	泊			1.0		
八戸市	八戸港			1.8	1.8~5.3	北沼~蕪島	
岩手県	久慈市	久慈湾			1.9	1.7~4.9	半崎~大尻
	野田村	野田湾			1.5	4.8~5.9	久喜~玉川
	田老町	田老湾			2.2	1.8~3.2	田老湾内
	宮古市	宮古湾			1.8, 3.0	1.6~6.3	日出島~閉伊崎
	釜石市	釜石湾		3		2.1~3.4	馬田岬~尾崎
日本沿岸における 最大津波高			2 函館市函館	3 釜石市釜石	3.0 宮古市金浜	8.1* 野田村玉川	
出典・測定基準			渡辺(1998) ⁽³⁾	渡辺(1998) ⁽³⁾	Hatori(1982) ⁽³⁸⁾ M.S.L.基準	合同調査班(1961) ⁽³⁹⁾ T.P.基準, []は偏差 *は気象庁(1961) ⁽⁴⁰⁾ によるT.P.基準	

注)・既往津波高の単位は m
 複数の津波高が点在する場合は、備考欄に範囲を示し、地名は代表的なものを示している。
 ・出典・測定基準は主なものを抽出している。

表-7 簡易予測式による推定津波高の算定結果 (既往津波)

	発生年	震央位置 ¹⁾	津波の 伝播距離 ²⁾ Δ (km)	マグニチュード				推定津波高 ⁶⁾ Ht (m)	既往 津波高 ⁷⁾ (m)
				M ³⁾ (d)	阿部(1988,1999)等 ⁴⁾		Mw ⁵⁾ (c)		
					Mw (a)	Mt (b)			
日本 海 側	1741年 (寛保元年)	41.6° N 139.4° E	131	6.9	—	8.4	—	3.4 (b)	—
	1833年 (天保4年)	38.9° N 139.25° E	334	7.5	7.7	8.1	8.0	0.7 (a) 1.3 (c)	—
	1983年 (昭和58年)	40° 21.4' N 139° 04.6' E	201	7.7	7.9	8.1	7.9	1.8 (a)	0.30
	1993年 (平成5年)	42° 46.8' N 139° 11.0' E	239	7.8	7.7	8.1	7.8	0.9 (a) 1.5 (b) 1.2 (c)	0.75
太 平 洋 側	869年 (貞観11年)	38.5° N 144° E	442	8.3	—	—	—	3.2 (d)	—
	1611年 (慶長16年)	39.0° N 144.4° E	419	8.1	—	8.4	8.5	1.7 (b) 2.1 (c)	—
	1677年 (延宝5年)	41.0° N 142 1/4° E	133	7.38	7.7	7.7	—	1.1 (a)	—
	1763年 (宝暦12年)	41.0° N 142 1/4° E	133	7.4	7.9	7.9	—	1.7 (a)	—
	1856年 (安政3年)	41.0° N 142 1/2° E	150	7.5	7.6	7.6	8.3	0.7 (a) 3.7 (c)	—
	1896年 (明治29年)	39.5° N 144.0° E	355	8.5	—	8.2	8.4	1.3 (b) 2.0 (c)	—
	1933年 (昭和8年)	39° 07.5' N 145° 07.2' E	454	8.1	8.4	8.3	8.4	1.6 (a)	1.3程度
	1968年 (昭和43年)	40° 44.0' N 143° 35.0' E	245	7.9	8.2	8.2	8.2	1.8 (a)	0.2~1.1

- 1) 宇佐美(2003)^②, 宇津(1982)^⑥ 及び気象庁による震央位置. なお, 宇佐美(2003)^② において, 震央位置に幅のある場合には中央値を用いている.
- 2) 震央から敷地までの海洋上の最短距離. 1km単位に切り捨てた値を示している.
- 3) 宇佐美(2003)^②, 宇津(1982)^⑥ 及び気象庁によるマグニチュード. なお, 宇佐美(2003)^② において, マグニチュードに幅のある場合には中央値を示している.
- 4) 阿部(1988,1999)^{⑧⑨} 等によるモーメント・マグニチュードMw及び津波マグニチュードMt.
なお, **太字**で表したものは阿部(1999)^⑨ による歴史津波のMw及びMtを表している.
- 5) 相田(1977)^⑩等による地震モーメントMoより算定したモーメント・マグニチュードMw.
- 6) 推定津波高の算出の際に, マグニチュードは(a)のMw, (b)のMt, (c)のMwの順に優先している. ただし, 何れもの値が無い場合は, (d)のMから算出しており, $Mw = Ms = (M_j - 1.44) / 0.79$ (阿部(1989)^⑫) によるMwを用いている.
なお, 日本海の津波において, 阿部(1999)^⑨による歴史津波のMtを用いる場合は, $Mw = Mt - 0.4$ として簡易予測式により計算している.
- 7) 既往津波高の実績値は, 敷地近傍の大間港他における値を示している. ^⑬ ^⑭ ^⑮ ^⑯

表-8 近海域の計算条件一覧

領域 項目	A 領域	B 領域	C 領域	D 領域	E 領域	F 領域	G 領域
計算格子間隔 Δs	5 km	2.5 km (5000/2)	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10 m (2500/243)
計算時間間隔 Δt	太平洋側検証計算：1 秒 日本海側検証計算：0.75 秒 予測計算：0.4 秒						
基礎方程式	線形長波			非線形長波			
沖側境界条件	自由透過条件 遠地津波の計算では、沖合の波形を境界条件として入射する	外側の格子領域と、水位・流速を接続					
陸側境界条件	完全反射条件				岩崎・真野(1979) ⁽⁴⁹⁾ の 遡上境界条件		
初期条件 (近地津波を対象)	断層モデルを用いて Mansinha and Smylie(1971) ⁽⁶⁵⁾ の方法により計算される海底面変位を海面上に与えている						
海底摩擦	考慮しない			マニングの粗度係数 $n = 0.03$			
計算時間	日本海側近地津波：地震発生後 4 時間 太平洋側近地津波：地震発生後 8 時間 遠地津波：沖合波形入射後 12 時間						
海底地形	検証計算：原則として津波発生時の地形を再現している 予測計算：現在の地形に加え、発電所の港湾設備等を考慮している						
計算区分	検証計算						
	予測計算						

基礎方程式：非線形長波〔浅水理論〕の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial Q_x}{\partial x} + \frac{\partial Q_y}{\partial y} = 0 \quad (6)$$

$$\frac{\partial Q_x}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_x \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial Q_y}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q_x Q_y}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{Q_y^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} = 0 \quad (8)$$

ここに、 x, y ：位置（水平直交座標）

g ：重力加速度

D ：全水深（=静水深+水位）

η ：静水面からの水位

n ：Manningの粗度係数

Q_x, Q_y ： x, y 方向の単位幅当たりの流量（=流速×全水深）

表-9 太平洋伝播計算の計算条件一覧

項目	計算条件
計算領域	太平洋全域
計算格子間隔 Δs	緯度・経度方向共に 10 分 (赤道で約 18.5km)
計算時間間隔 Δt	20 秒
基礎方程式	線形 Boussinesq の式 (地球座標系)
沖側境界条件	自由透過条件
陸側境界条件	陸上への遡上は考慮しない完全反射条件
初期条件	Kanamori and Cipar (1974) ⁽⁵³⁾ を基にした断層モデルを用いて Mansinha and Smylie(1971) ⁽⁵⁵⁾ の方法により計算される海底面変位を海面上に与えている
コリオリ力	考慮する
計算時間	地震発生後 40 時間

[連続式]

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \lambda} \left[\frac{\partial (M \cos \lambda)}{\partial \lambda} + \frac{\partial N}{\partial \phi} \right] = 0 \quad (9)$$

[緯度方向の運動方程式]

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{gh}{R} \frac{\partial \eta}{\partial \lambda} + fN - \frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial \lambda} \left[\frac{h^3}{3} F_3 \right] = 0 \quad (10)$$

[経度方向の運動方程式]

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{R \cos \lambda} \frac{\partial \eta}{\partial \phi} - fM - \frac{1}{R \cos \lambda} \frac{\partial}{\partial \phi} \left[\frac{h^3}{3} F_3 \right] = 0 \quad (11)$$

ただし,

$$F_3 = \frac{1}{R \cos \lambda} \left[\frac{\partial^2}{\partial t \partial \lambda} (u \cos \lambda) + \frac{\partial^2 v}{\partial t \partial \phi} \right] \quad (12)$$

ここに, R : 地球の半径

λ, ϕ : 緯度, 経度座標

M, N : 緯度・経度方向の線流量

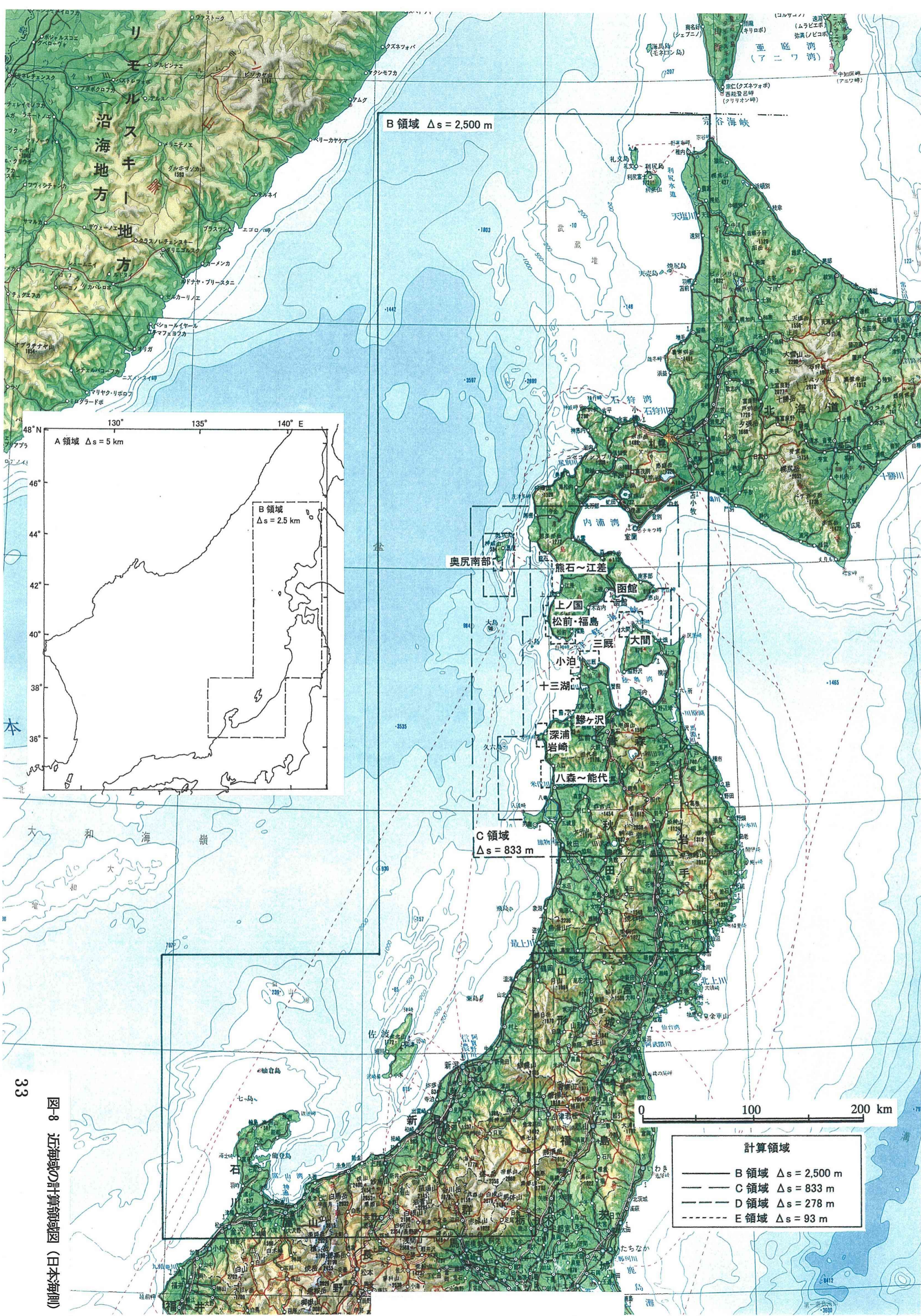
η : 水位

u, v : 緯度・経度方向の流速

f : コリオリ係数

h : 水深

g : 重力加速度



33 図8 近海域の計算領域図 (日本海側)

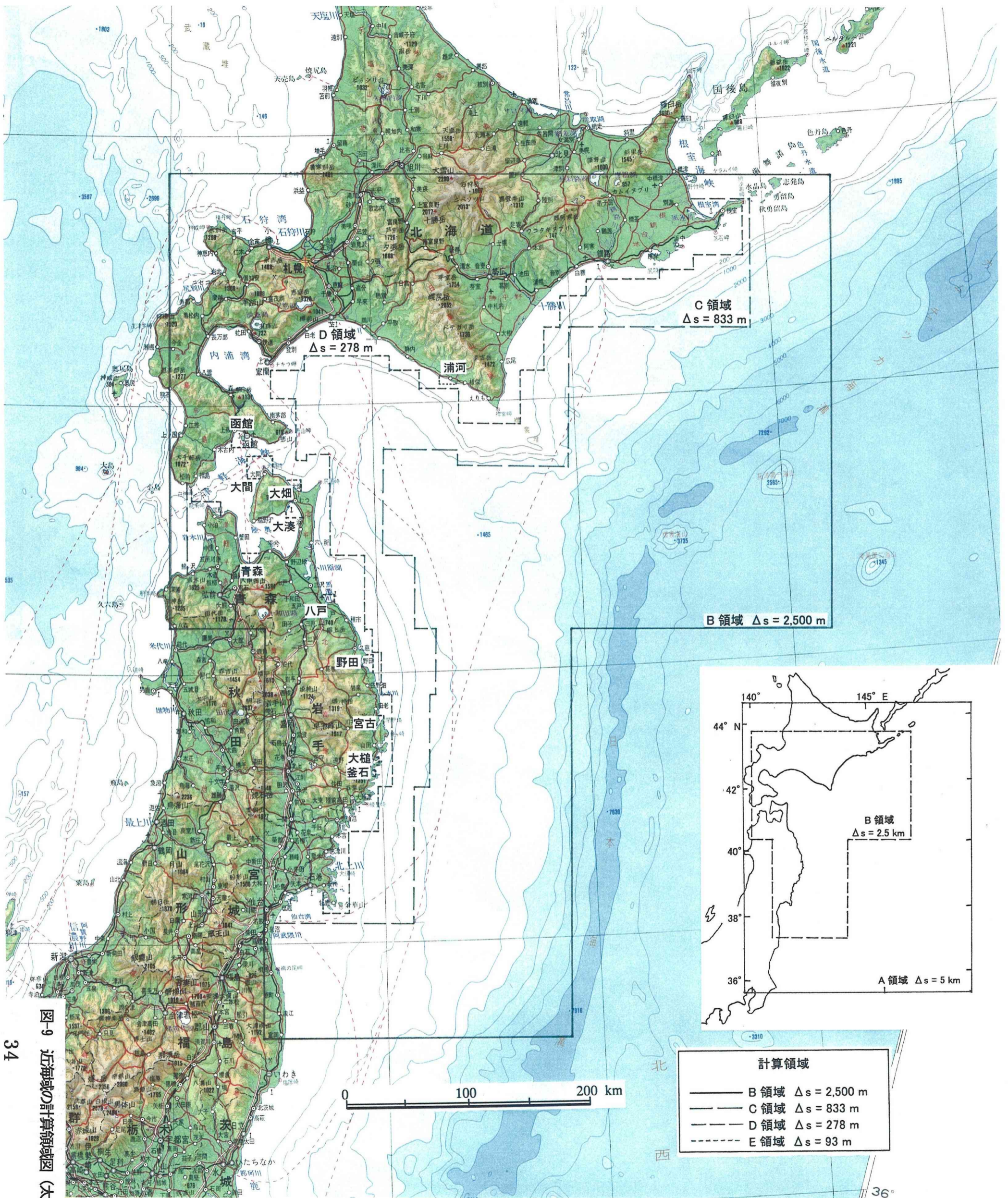


図9 近海域の計算領域図 (太平洋側)

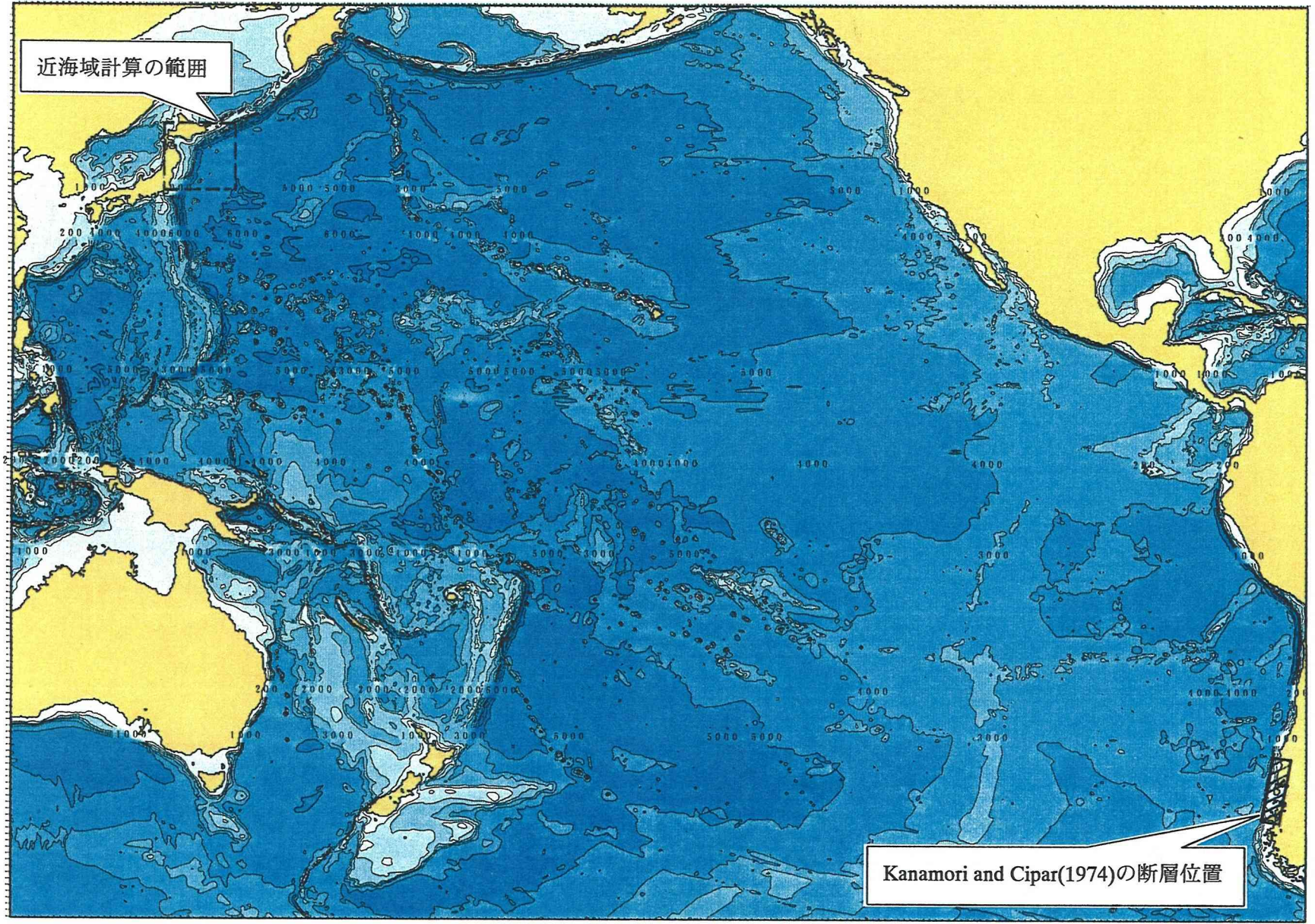
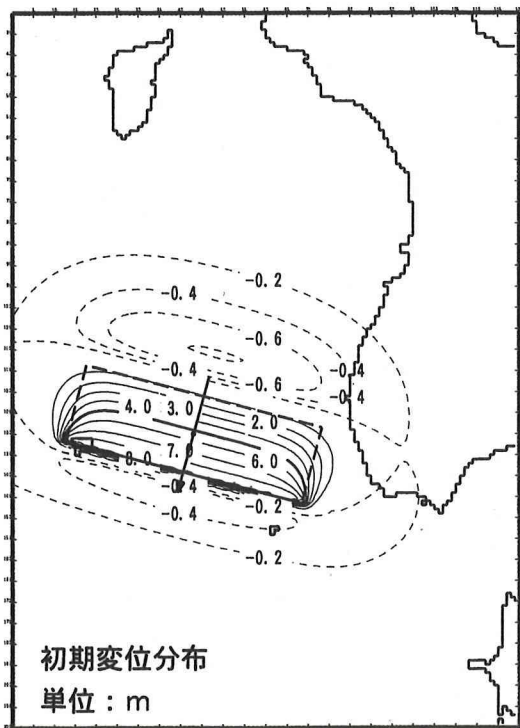
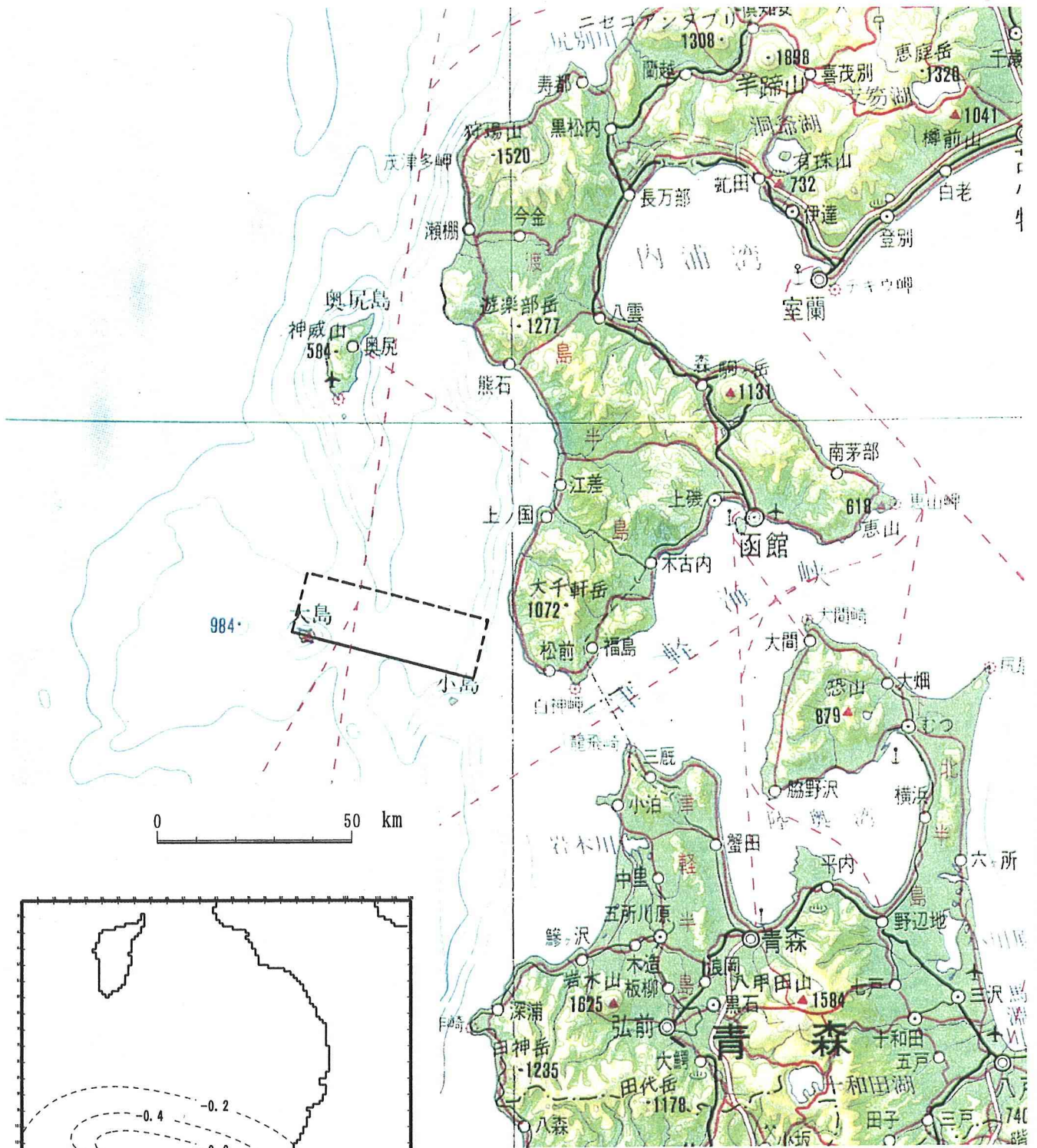


図-10 計算領域図 (太平洋伝播計算)



	L (km)	W (km)	D (m)	δ ($^{\circ}$)	θ ($^{\circ}$)	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

図-12 1741年津波の断層モデルと初期変位分布

表-10 既往津波高と計算津波高との比較 (1741年津波)

領域	地点, 地域名	既往津波高 (m) ^{*1)}					計算津波高 H(m)	R/H	
		今村・松本 (1998)	今村ほか ^{*2)} (2002)	都司ほか (2002)	羽鳥 ^{*2)} (1984)	平均値 R			
E	渡島半島 西岸	鳴神	11.2		10.5		10.85	10.18	1.07
		熊石	11.5		13	9	11.17	9.52	1.17
		相沼	11.1		12	11	11.37	8.69	1.31
		豊浜	10.3				10.30	9.89	1.04
		栄浜	4.0				4.00	8.28	0.48
		鳥山	6.2				6.20	8.27	0.75
		乙部	8.0		7.8	12.5	9.43	7.51	1.26
		伏木戸	10.5				10.50	9.94	1.06
		田沢			8		8.00	7.45	1.07
		泊	7.3		10		8.65	9.23	0.94
		江差	2.4		4	7	4.47	5.62	0.79
		江差南浜町	5.1		6		5.55	8.15	0.68
		上ノ国			3		3.00	6.51	0.46
		原歌	8.3		10		9.15	8.45	1.08
		木ノ子	7.4		7		7.20	8.96	0.80
		扇石	8.2		8		8.10	11.37	0.71
		汐吹	9.6		11	9	9.87	12.08	0.82
石崎	11.5				11.50	9.08	1.27		
小砂子				12	12.00	10.31	1.16		
D		原口	9.0			9.00	10.62	0.85	
E		江良	14.5		14	10	12.83	9.78	1.31
		清部	11.1				11.10	8.02	1.38
		茂草	7.4		10.6	7	8.33	8.46	0.99
		静浦	6.9		7		6.95	9.57	0.73
		赤神	5.1		5		5.05	10.84	0.47
		館浜	4.8		6.6		5.70	7.68	0.74
		福山	5.8		5.8	8	6.53	7.54	0.87
D	津軽海峡 の沿岸	吉岡	3.6		2		2.80	3.07	0.91
		福島			3		3.00	3.52	0.85
E	青森県の 日本海側 沿岸	油川		1.75		2	1.88	0.86	2.18
		三厩		2.75			2.75	1.67	1.65
		小泊		4.75		7	5.88	7.16	0.82
		鱒ヶ沢		4.05		4	4.03	7.41	0.54
		嶋		3.95			3.95	5.72	0.69
		関		4.25			4.25	6.56	0.65
		金ヶ沢		5.50		5	5.25	6.22	0.84
広戸		2.95			2.95	7.59	0.39		
							K =	0.88	
							κ =	1.44	
							n =	37	

※1) 既往津波高の信頼性を吟味している。なお、都司ほか(2002)⁽²⁶⁾の既往津波高は、今村・松本(1998)⁽²⁷⁾による郡司Iの値を参考としている。

※2) 今村ほか(2002)⁽²⁸⁾及び羽鳥(1984)⁽²⁵⁾で、既往津波高に幅が示されている場合は、中央値を示している。

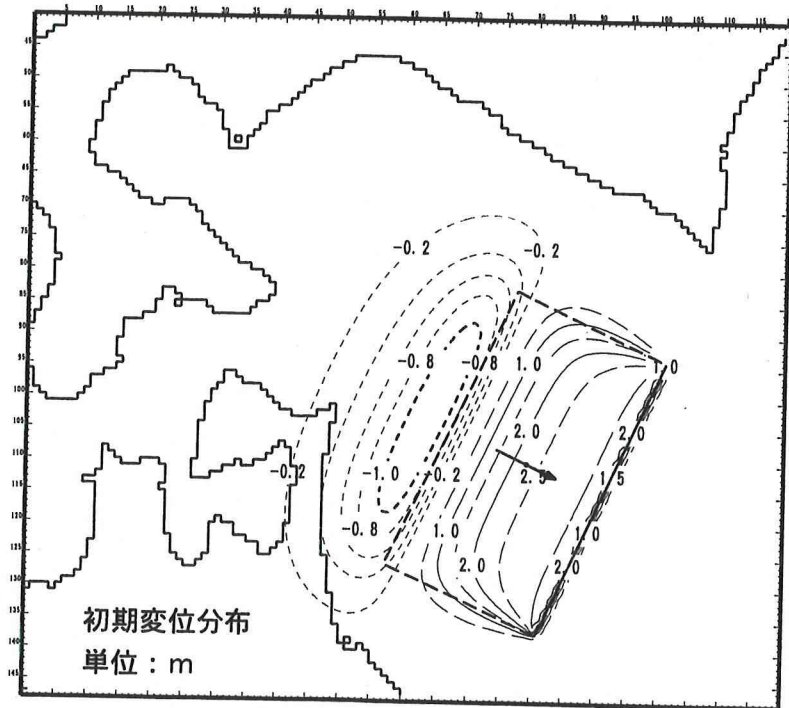
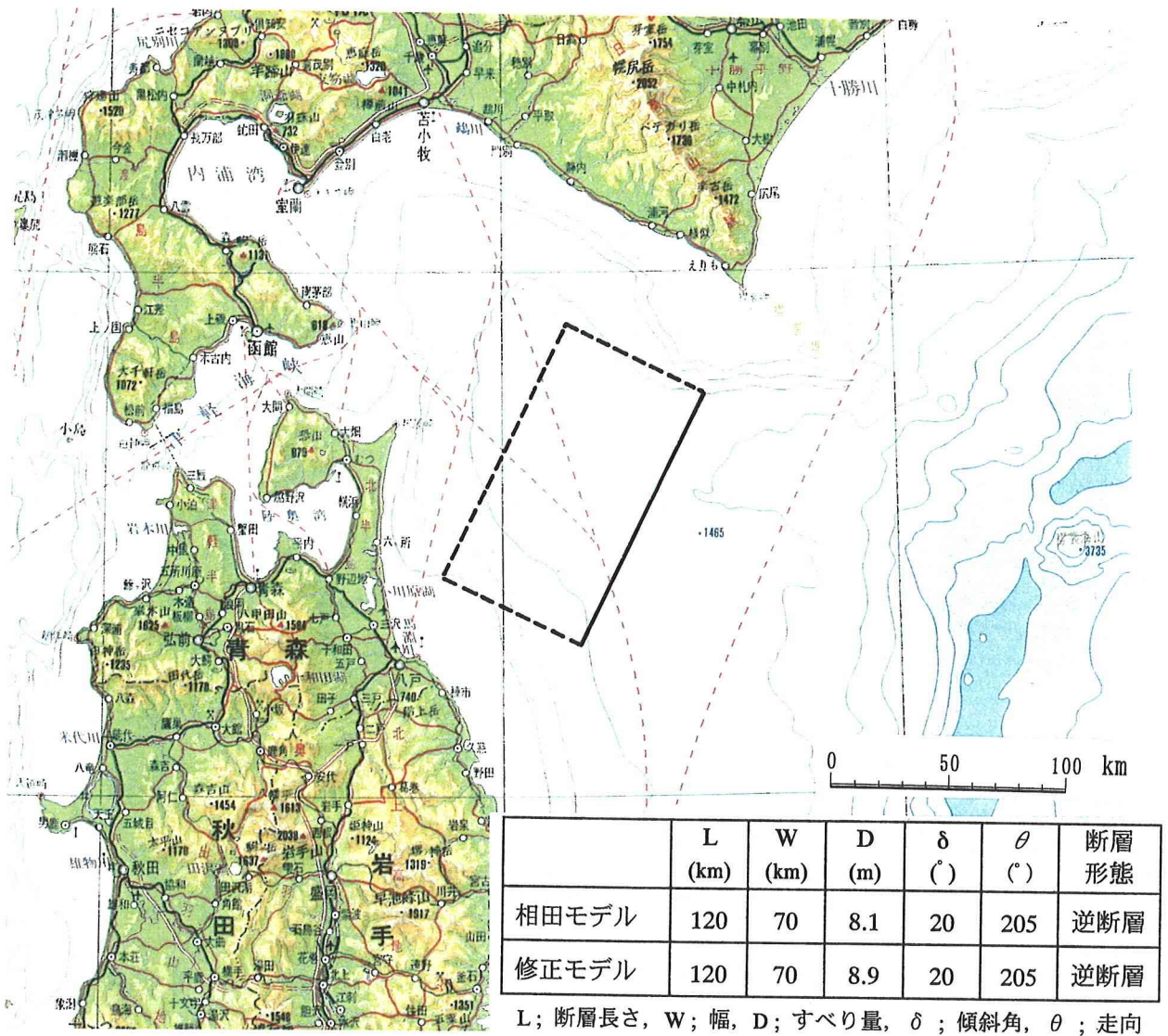


図-14 1856年津波の断層モデルと初期変位分布

表-11 既往津波高と計算津波高との比較 (1856年津波)

計算領域	地点名	既往津波高 (m)			計算津波高 H(m)	R/H
		羽鳥 (1973) ⁽¹⁴⁾	相田 (1977) ⁽²¹⁾	平均 R		
E	浦河	2	2.5	2.25	2.79	0.81
D	八雲	3		3.00	2.25	1.34
	白尻	1.8		1.80	3.25	0.55
E	函館	3	3.5	3.25	2.73	1.19
	市川	3		3.00	5.12	0.59
	八戸	3	4	3.50	6.21	0.56
D	侍浜	3	3	3.00	3.74	0.80
E	野田	6	6	6.00	4.45	1.35
	宮古	3.7		3.70	2.82	1.31
D	織笠	2.5	2.5	2.50	2.16	1.16
	田の浜	5	5.1	5.05	3.37	1.50
E	大槌	3.7	4	3.85	3.13	1.23
	室浜		2.7	2.70	3.27	0.83
D	桑浜	3	3	3.00	2.01	1.49
	両石	3	3	3.00	4.01	0.75
E	釜石	3	3	3.00	2.89	1.04
D	吉浜	3	3	3.00	4.36	0.69
	綾里	3	3	3.00	2.42	1.24
	高田	1.8	2	1.90	3.04	0.63
	長部		3	3.00	2.62	1.15
	雄勝	1.6	3	2.30	3.23	0.71
					K=	0.94
					κ =	1.39
					n=	21

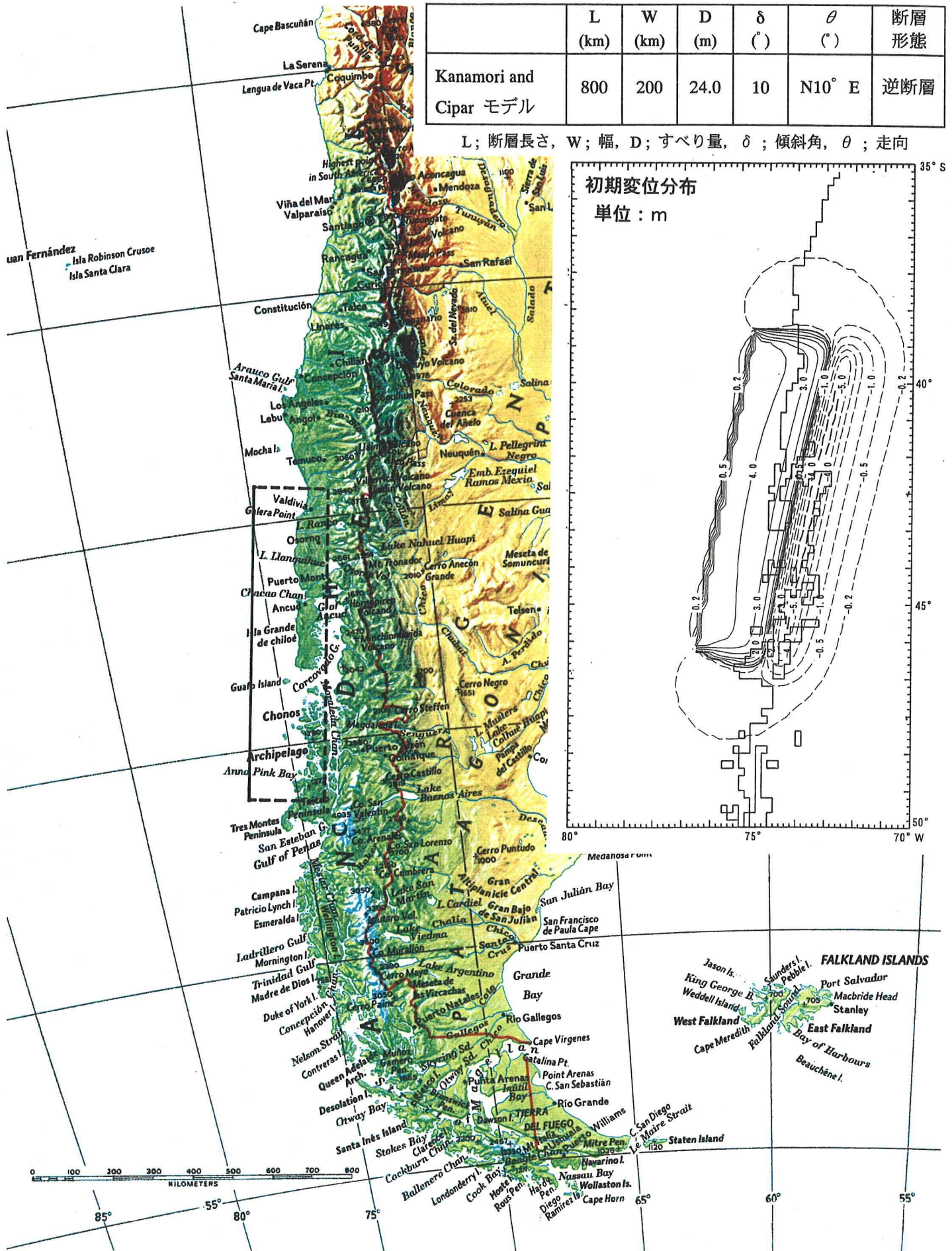


図-16 1960年津波の断層モデルと初期変位分布

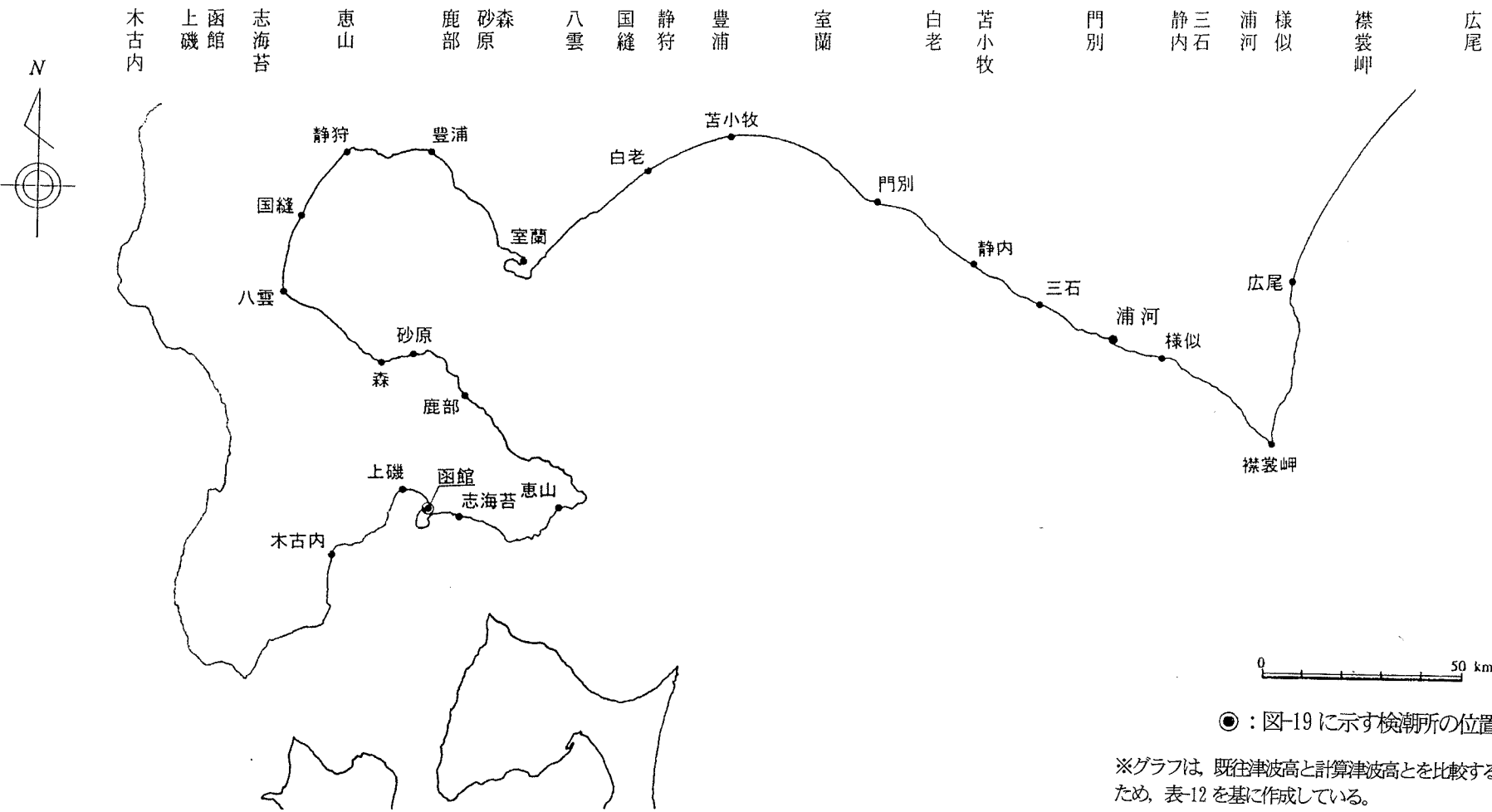
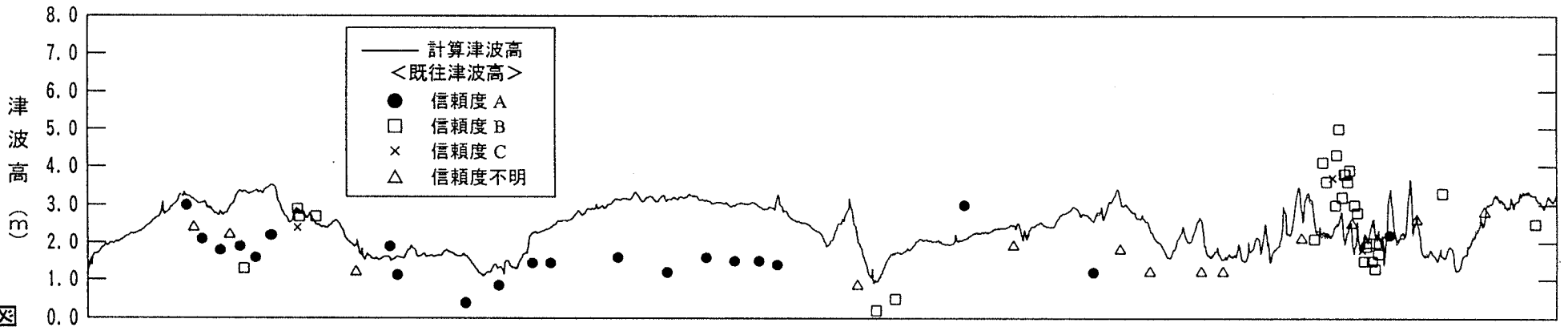
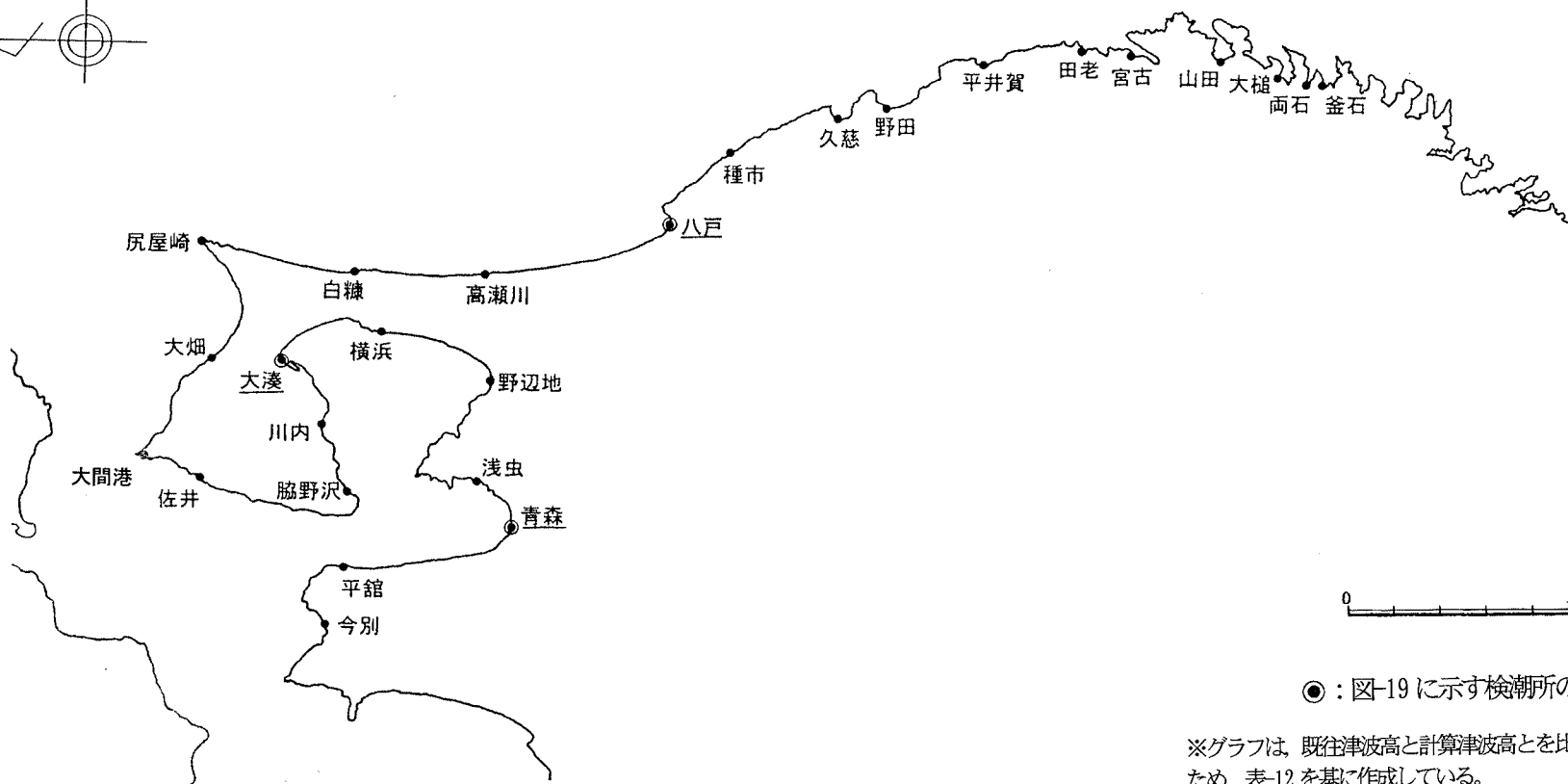
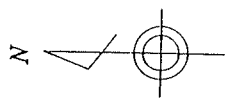
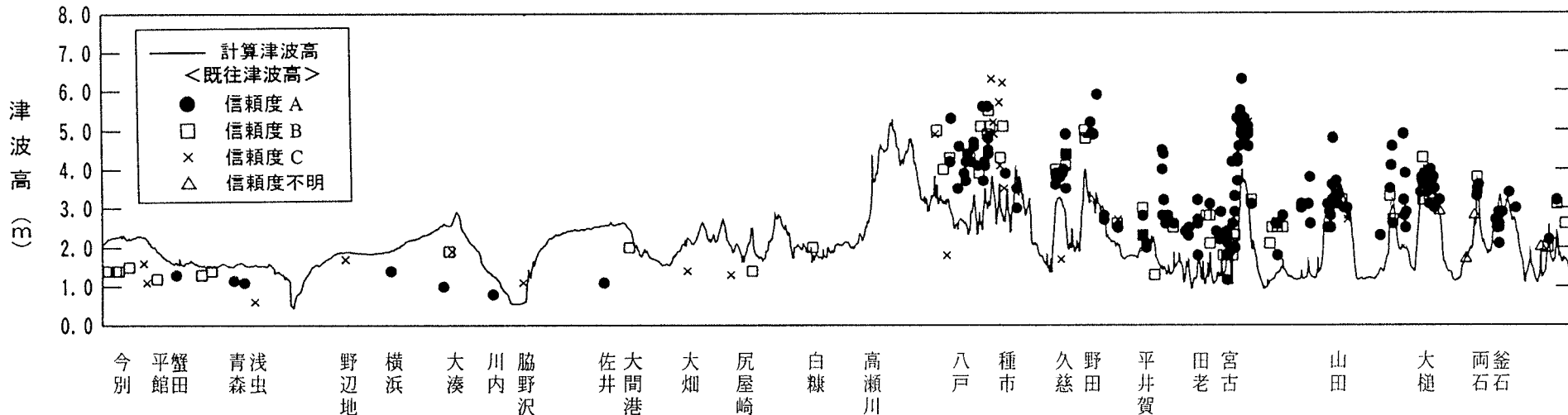


図-17(1) 既往津波高と計算津波高との比較 (1960年津波)

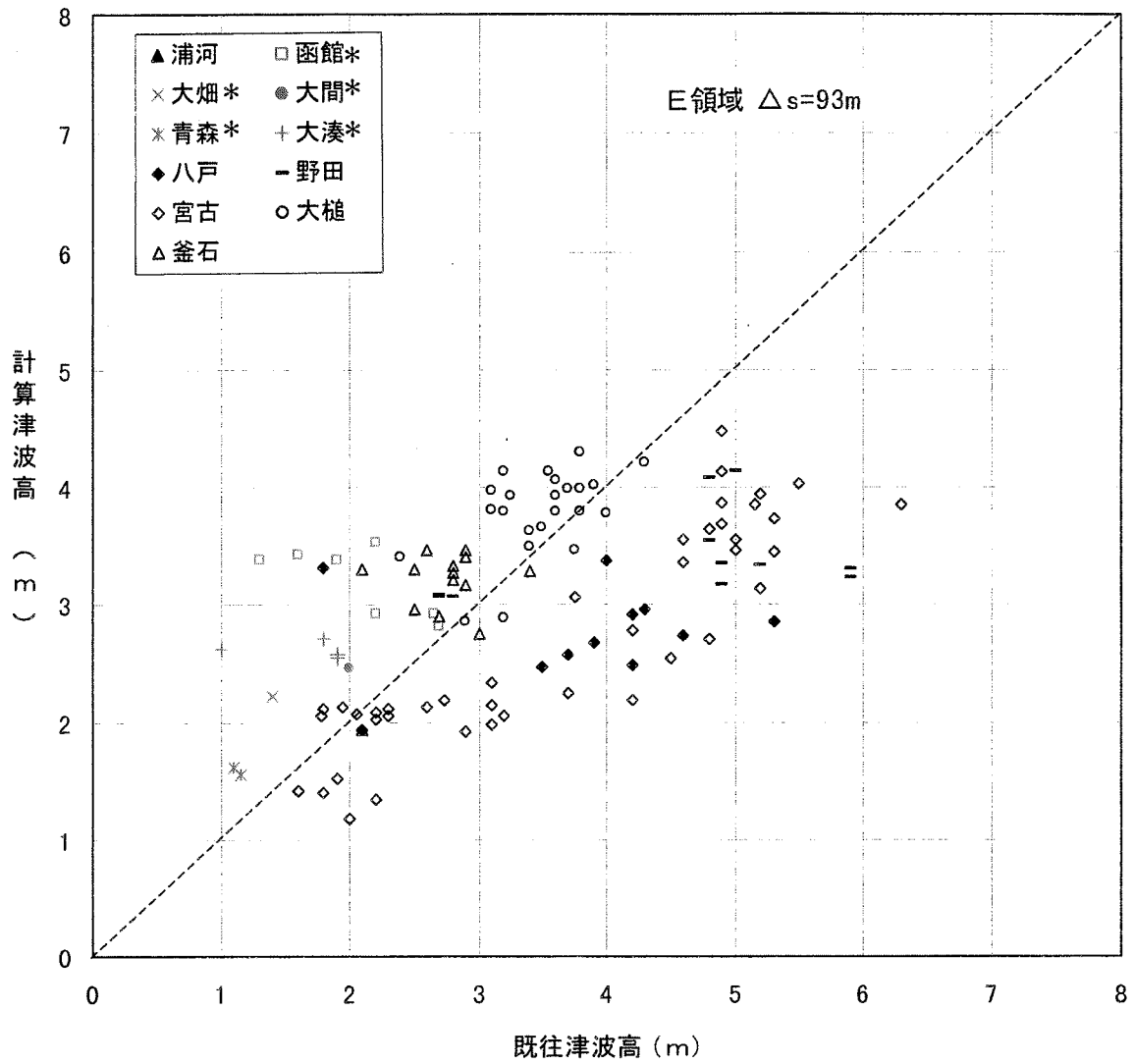
◎ : 図-19 に示す検潮所の位置
 ※グラフは、既往津波高と計算津波高とを比較するため、表-12 を基に作成している。



◎：図-19 に示す検潮所の位置

※グラフは、既往津波高と計算津波高とを比較するため、表-12 を基に作成している。

図-17(2) 既往津波高と計算津波高との比較 (1960年津波)



注) *は、津軽海峡及び陸奥湾沿岸のE領域を表す。
 なお、図中の大間のデータは大間港で得られたものを用いている。

図-18 既往津波高と計算津波高との相関 (1960年津波)

表-12 既往津波高と計算津波高との比較 (1960年津波)

領域	地点または地域名	K値	κ 値	データ数
E	浦河	1.09	—	1
	函館	0.63	1.34	8
	大畑	0.63	—	1
	大間	0.81	—	1
	青森	0.71	1.05	2
	大湊	0.61	1.32	4
	八戸	1.36	1.39	10
	野田	1.28	1.30	11
	宮古	1.32	1.21	43
	大槌	0.92	1.12	23
	釜石	0.86	1.14	13
E領域全体 (浦河～釜石)		1.06	1.40	117

注) 上表の値は、チリ津波合同調査班(1961)⁽³⁹⁾による既往津波高を用いて算出している。
 なお、表中の大間のデータは、大間港で得られたものを用いている。

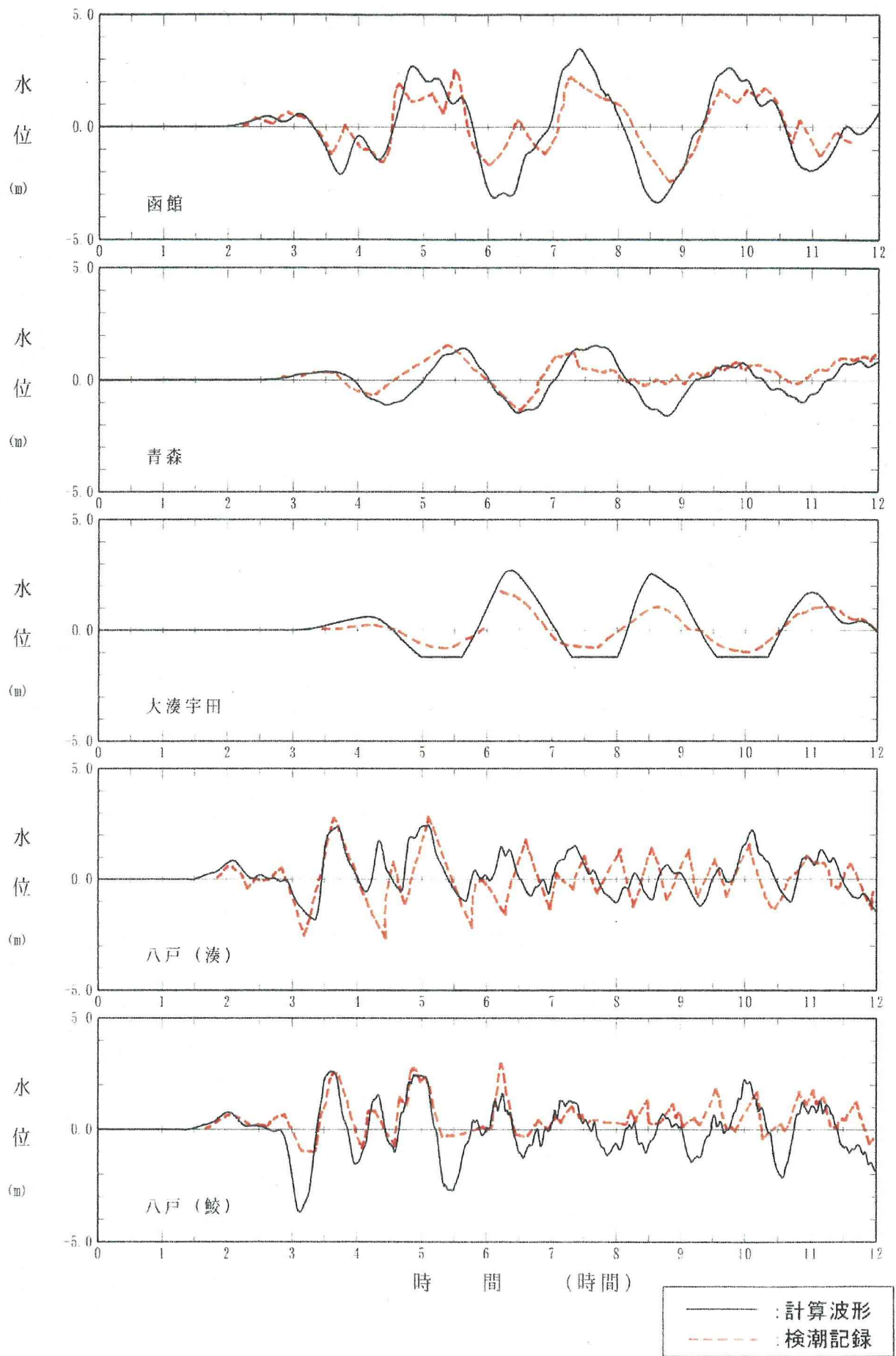
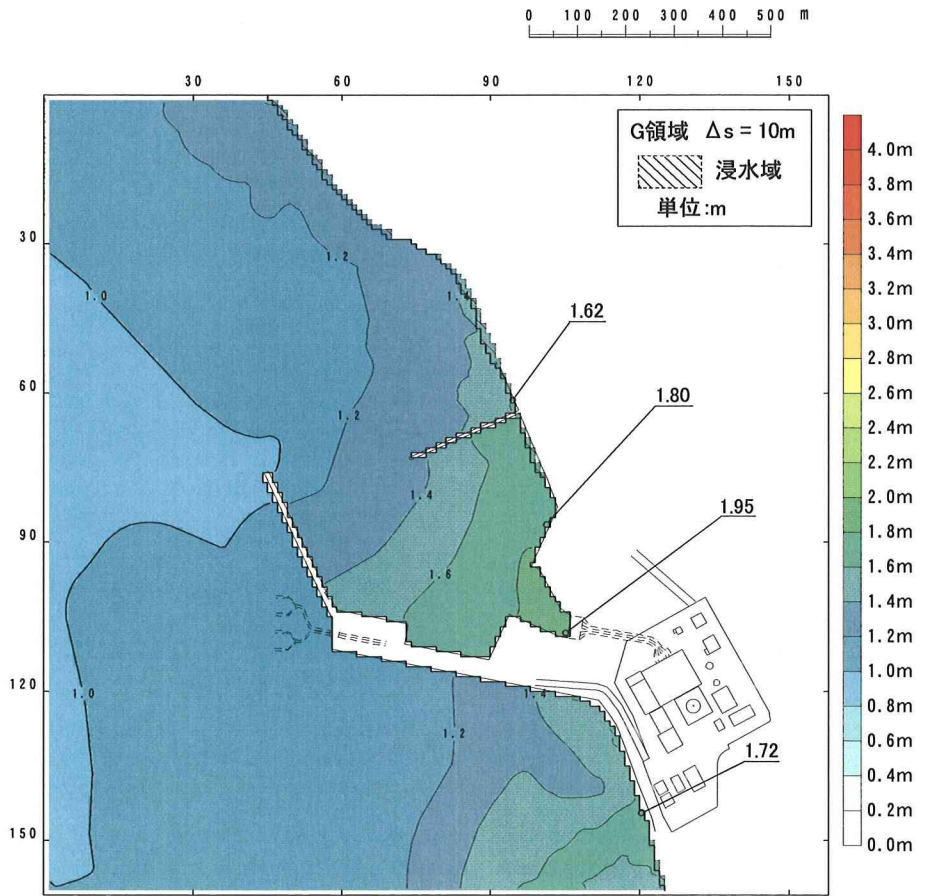


図-19 検潮記録と計算波形の比較 (1960年津波)

最大水位上昇量



最大水位下降量

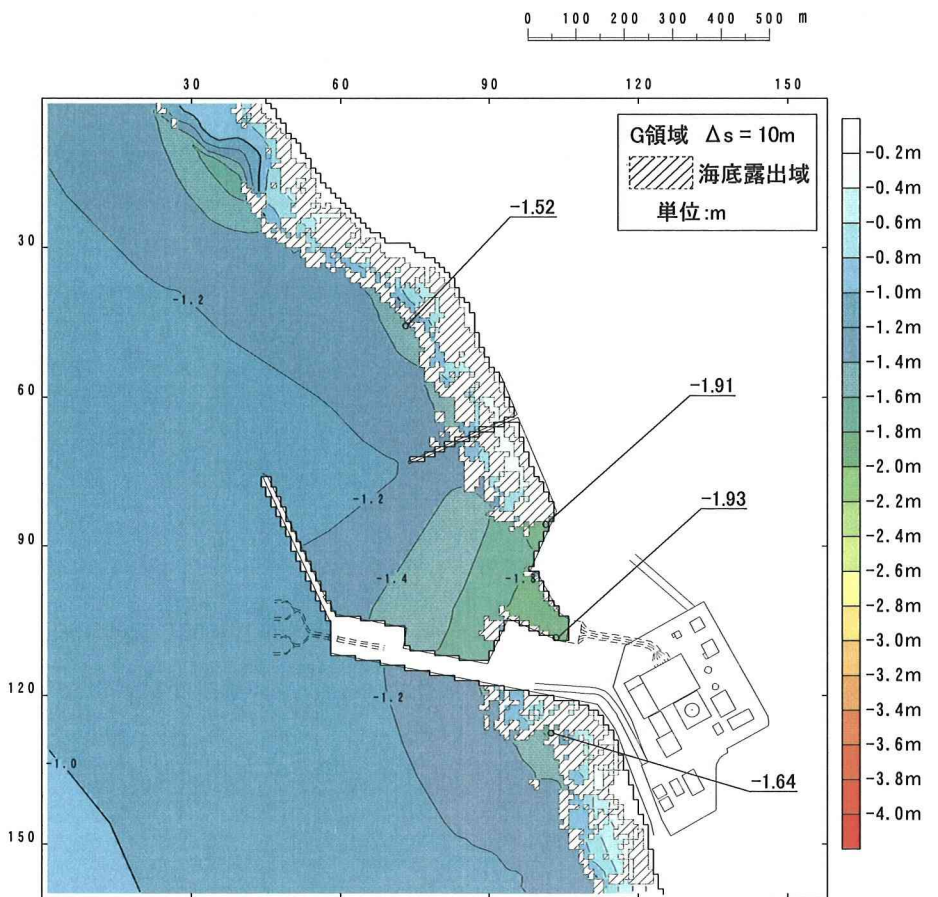


図-20 最大水位上昇量及び下降量の分布 (1741年津波)

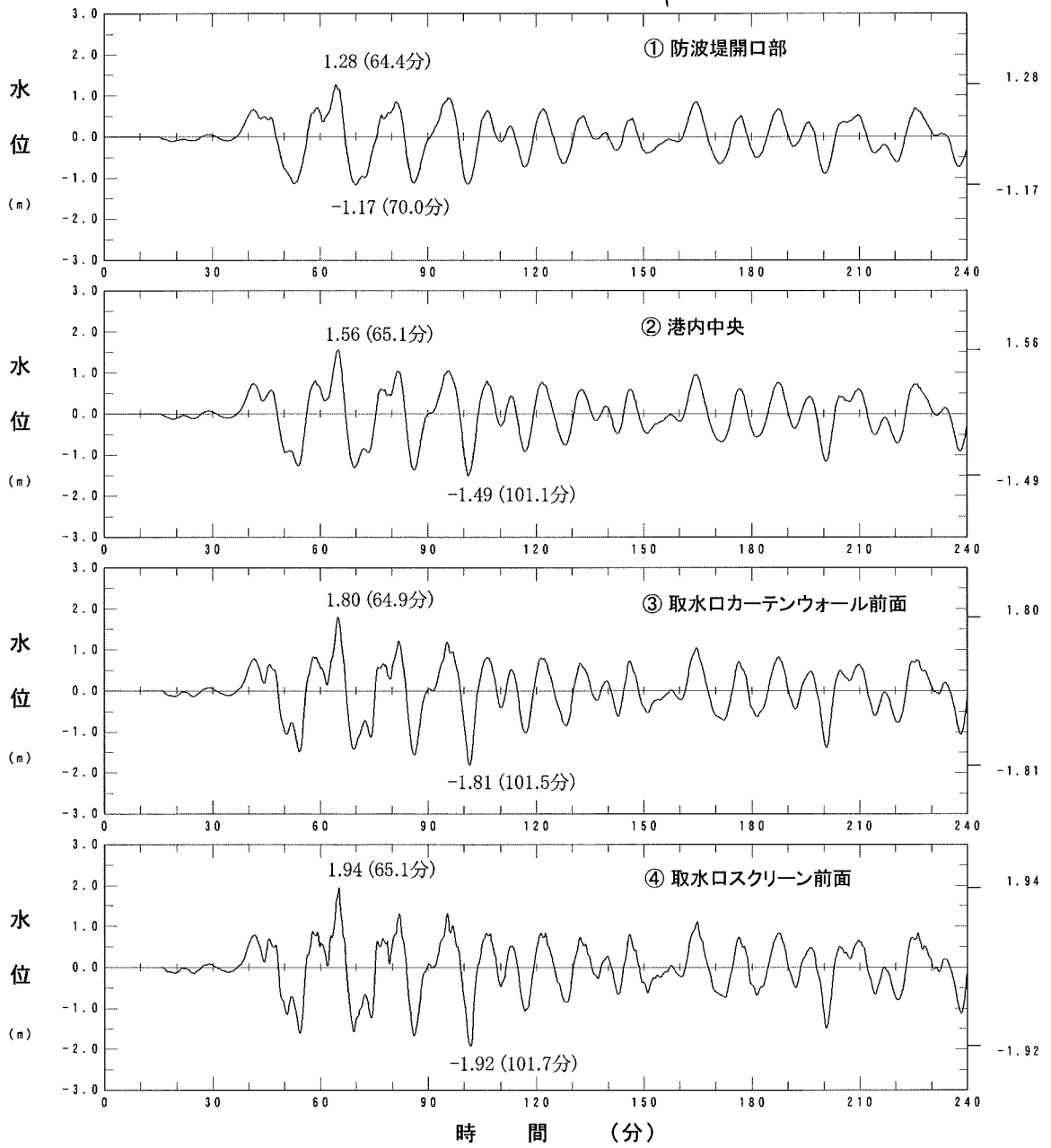
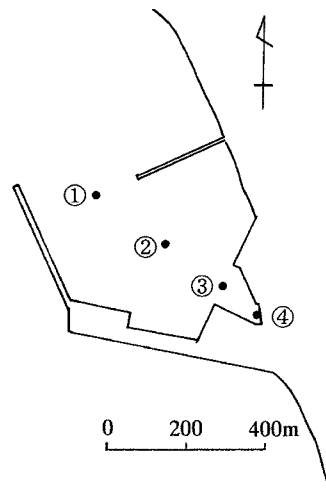
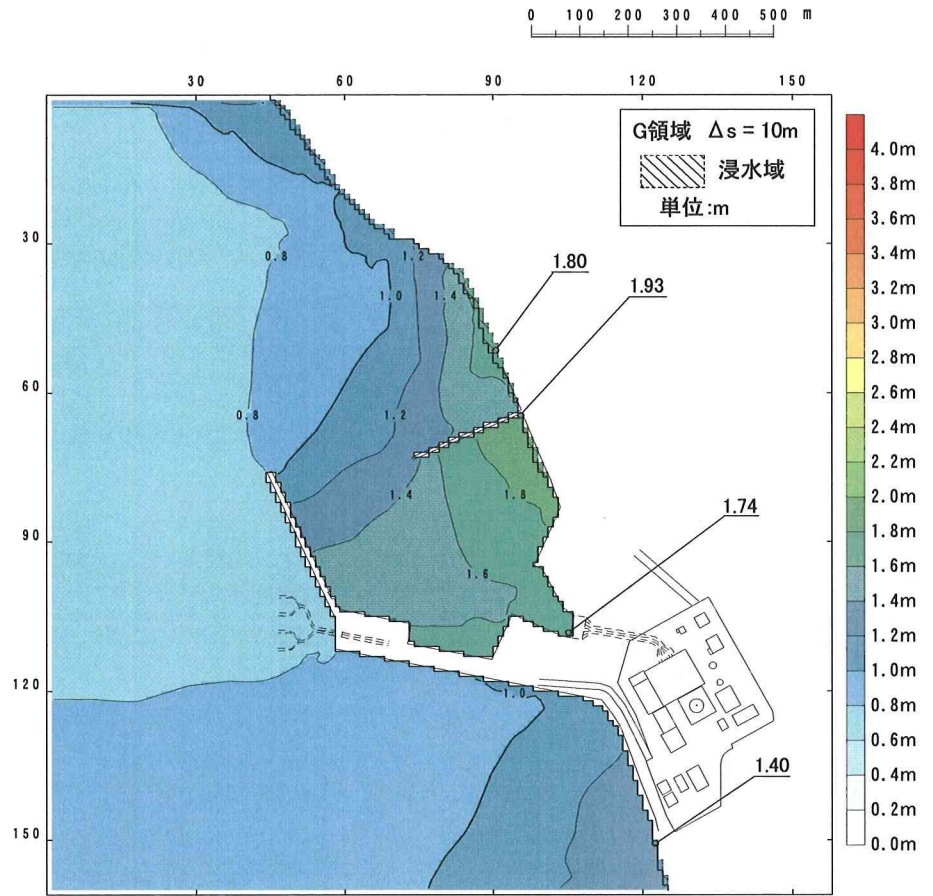


図-21 水位時間波形 (1741年津波)

最大水位上昇量



最大水位下降量

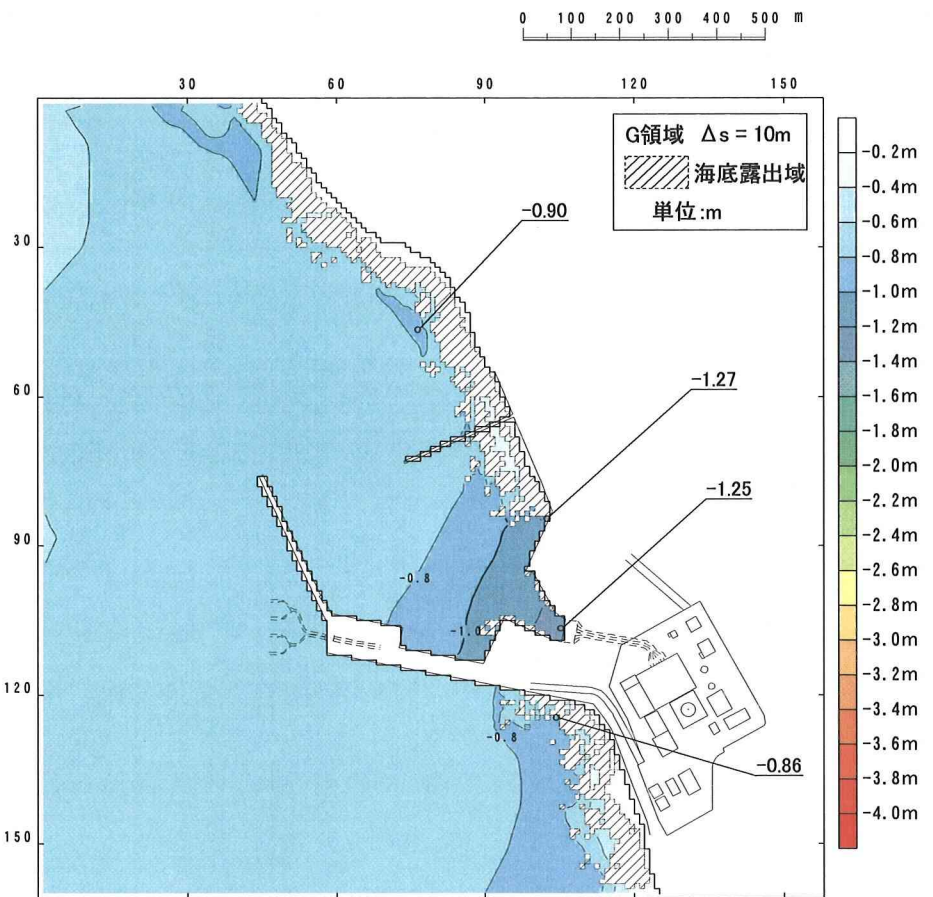


図-22 最大水位上昇量及び下降量の分布 (1856年津波)

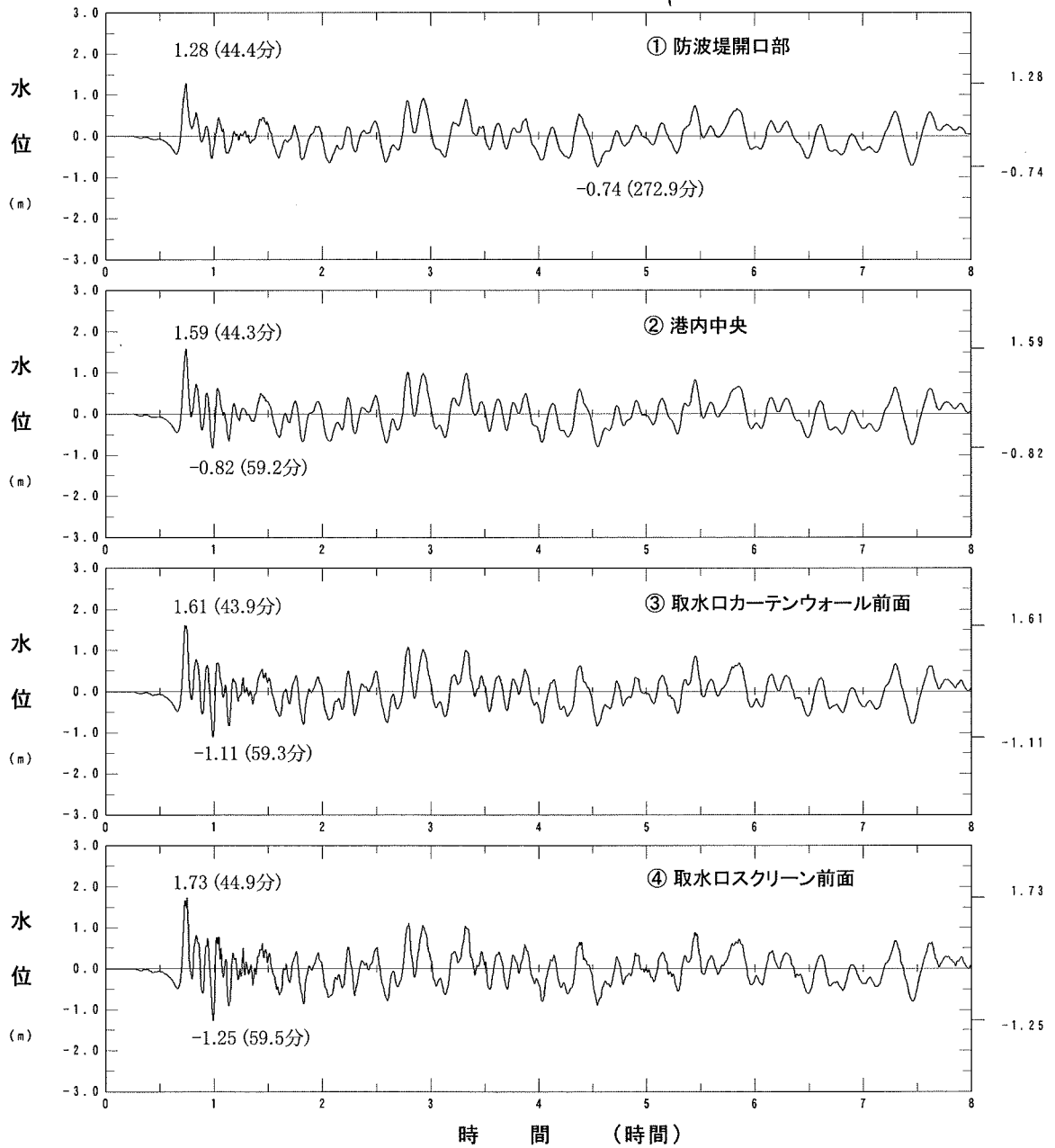
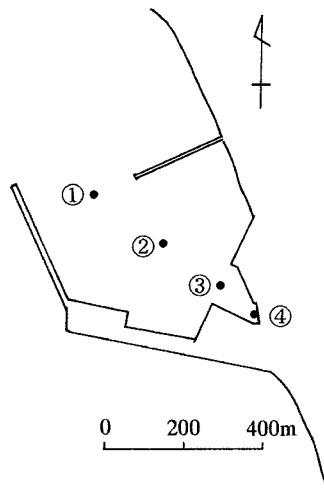
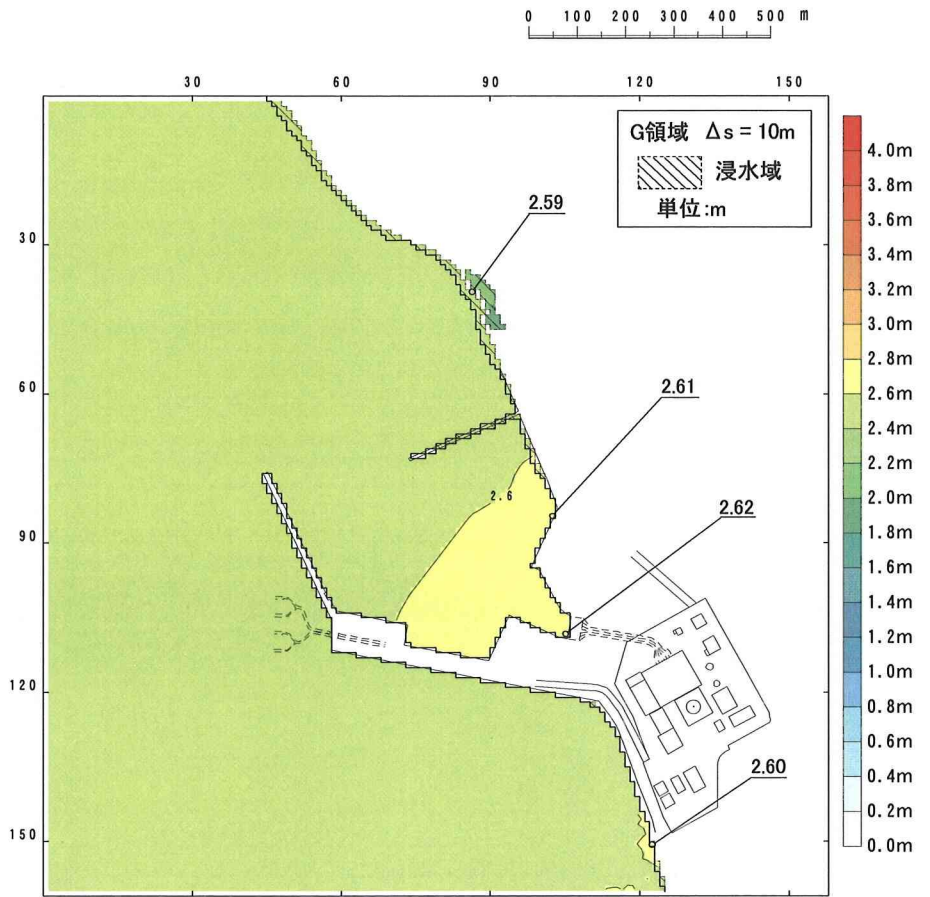


図-23 水位時間波形 (1856年津波)

最大水位上昇量



最大水位下降量

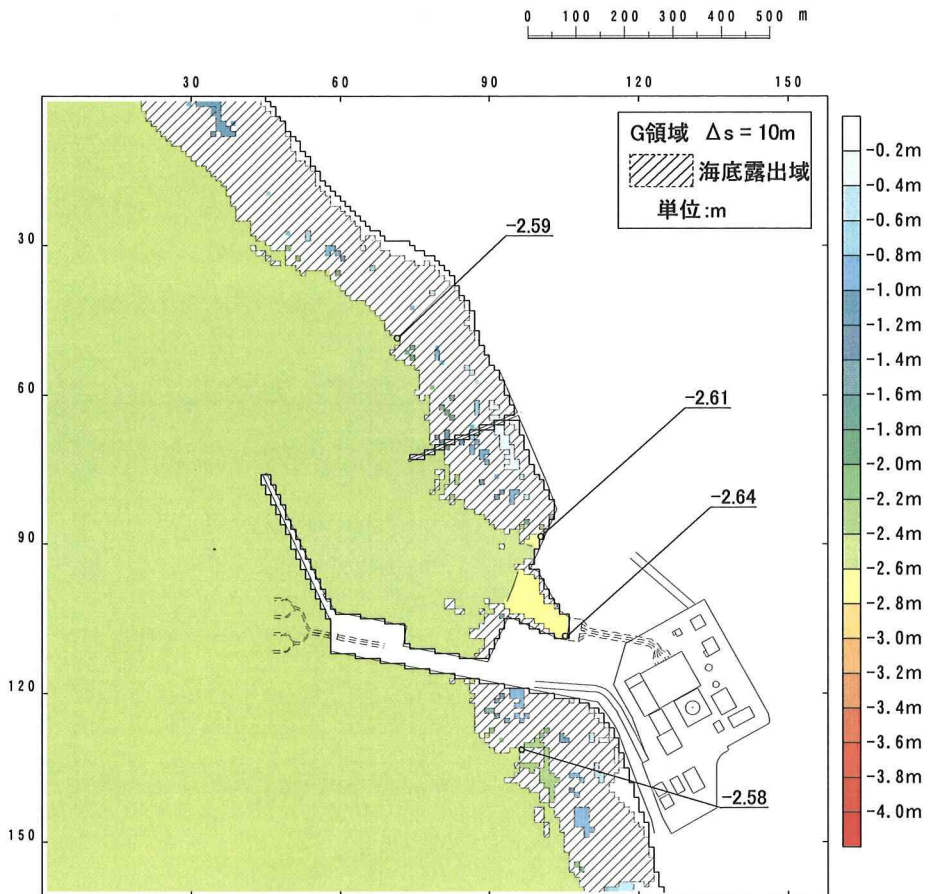


図-24 最大水位上昇量及び下降量の分布 (1960年津波)

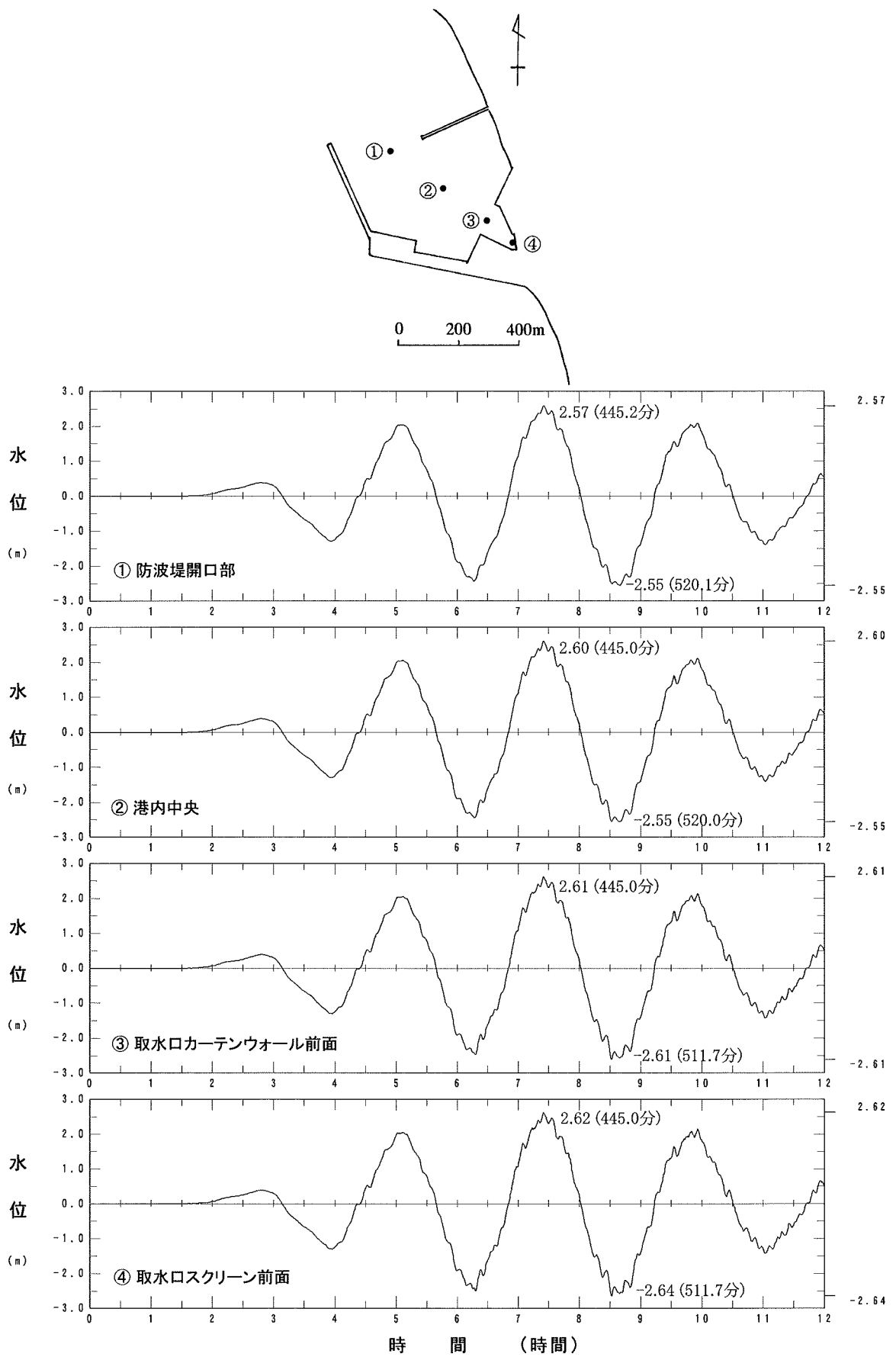


図-25 水位時間波形 (1960年津波)

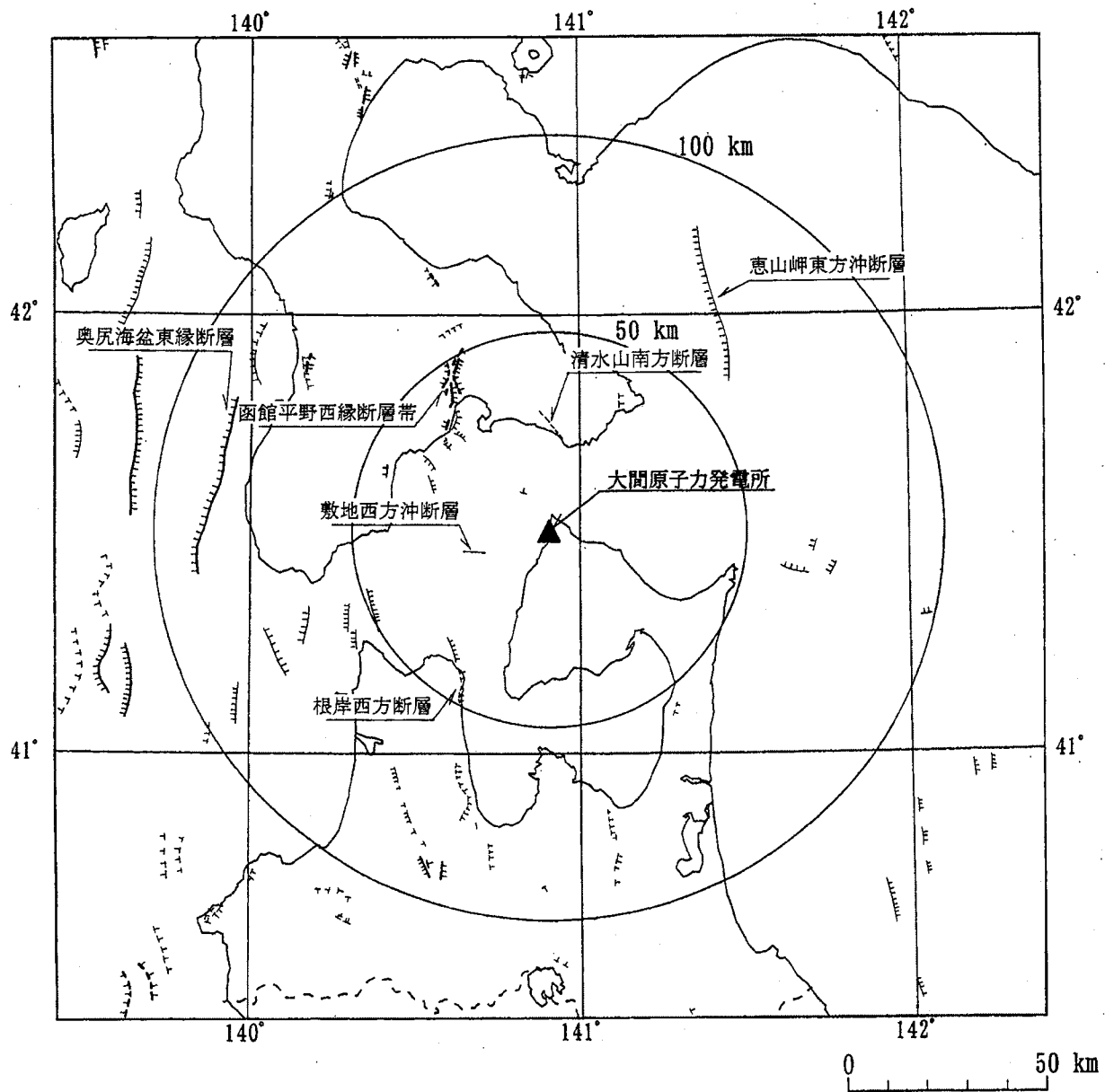
3. 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討

海域活断層に想定される地震に伴う津波について、以下のとおり検討している。

海域活断層に想定される津波については、敷地周辺の地質・地質構造において、第四紀後期の活動を考慮している断層のうち主要なものを対象として、阿部(1989)⁽⁴²⁾の簡易予測式により推定津波高を検討している。

活断層分布を図-26に、簡易予測式による推定津波高の算定フローを図-27に、推定津波高を表-13に示す。

表-13に示すとおり、海域活断層に想定される地震に伴う津波の推定津波高は最大でも約0.9mであり、既往津波の推定津波高の最大値約3.7m(表-7を参照)を上回るものではなく、大きな被害を生じさせる津波高でないことから、敷地への影響は殆どないと考えられるとしている。

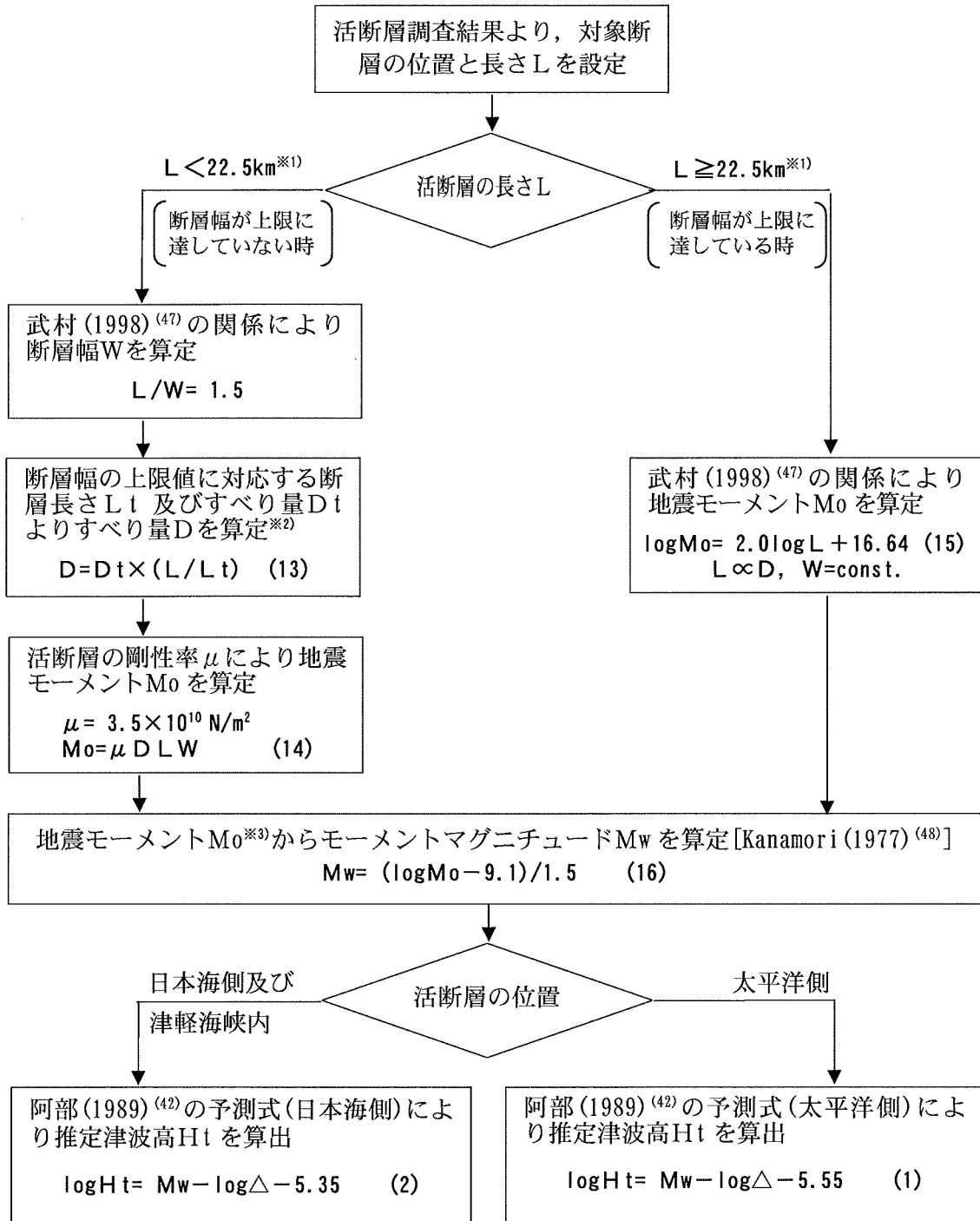


凡例

陸域		海域	
确实度 I		崖高 > 200m	
确实度 II		崖高 < 200m	
确实度 III		确实	推定
(清水山南方断層のみ表示)			

(「[新編]日本の活断層」に、一部加筆)

図-26 活断層分布



- ※1) 断層幅の上限W_tは，地震発生層の厚さH_eを15kmとし，傾斜角 δ を90° (45° ~ 90°のうちM_wが最大となる値)とした際には， $W_t = H_e / \sin \delta = 15 \text{ km}$ となる。
 また，断層幅の上限に対応する断層長さL_tは， $L_t = 1.5W_t = 22.5 \text{ km}$ となる。
- ※2) 断層幅の上限に対応するすべり量D_tは，モーメントマグニチュードをM_w_t = (log L_t + 3.77) / 0.75 = 6.83，地震モーメントをM₀_t = 10⁷ (1.5M_w_t + 9.1) = 2.21 × 10¹⁹ Nm，剛性率を $\mu = 3.50 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$ とした際には， $D_t = M_{0t} / (\mu L_t W_t) = 1.87 \text{ m}$ となる。
- ※3) 対象となる活断層が海域と陸域に連続して分布する場合には，M₀を海域部の断層長さL_sと全体の断層長さLとの比で按分した値を用いている。

[土木学会 (2002) ⁽¹⁾ を参考に作成]

図-27 海域の活断層による推定津波高の算定フロー

表-13 簡易予測式による推定津波高の算定結果（海域の活断層による津波）

場所	名称	断層長さ	断層幅	すべり量	地震モーメント	海域部の断層長さ	海域部の地震モーメント	津波の伝播距離	海域部のモーメントマグニチュード	推定津波高	
		L (km)	W (km)	D (m)	Mo (N・m)	L' (km)	Mo' (N・m)	Δ (km)	Mw	Ht (m)	
津軽海峡内	敷地西方沖断層	7.2	4.8	0.60	7.26×10^{17}	7.2	7.26×10^{17}	20	5.8	0.1	
	函館平野 西縁断層帯	海域南西延長部を含む	28	15	2.33	3.42×10^{19}	15	1.83×10^{19}	36	6.8	0.8
		海域南東延長部を含む	26	15	2.16	2.95×10^{19}	14	1.59×10^{19}	33	6.7	0.7
	根岸西方断層	22	14.7	1.83	2.07×10^{19}	14	1.32×10^{19}	38	6.7	0.6	
太平洋側	恵山岬東方沖断層	42.5	15.0	3.53	7.88×10^{19}	42.5	7.88×10^{19}	71	7.2	0.6	
日本海側	奥尻海盆東縁断層	50	15.0	4.16	1.09×10^{20}	50	1.09×10^{20}	97	7.3	0.9	

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

土木学会(2002)⁽¹⁾を参考に、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について、以下のとおり検討している。

4.1 対象津波の選定

既往津波の検討結果等を基に、近地津波として日本海側の日本海東縁部(津軽海峡西方沖)、太平洋側の日本海溝沿い(青森県東方沖及び三陸沖)に想定される地震に伴う津波を検討対象としている。

また、同様に、遠地津波としてチリ沖に想定される地震に伴う津波を検討対象としている。

なお、河田ほか(1998)⁽⁵⁶⁾は、環太平洋地震帯上の各地に波源モデルを系統的に想定した数値シミュレーションを行い、日本沿岸の津波高について検討している。河田ほか(1998)⁽⁵⁶⁾によれば、「釧路、宮古などの北海道・東北では、チリからの津波がもっとも大きくなる傾向があり、次いで千島・カムチャッカ、ニューギニア・フィリピンからの津波が大きくなる」とされている。

4.2 数値シミュレーションによる津波高の検討

検討対象として選定した領域で想定される地震に伴う津波について、各海域に波源を設定した数値シミュレーションを行い、津波高の検討を実施している。なお、数値シミュレーションの条件は、既往津波の予測計算と同様であるとしている。

以下では、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、想定する地震規模に応じて設定した波源の基準断層モデル、基準断層モデルの諸条件を合理的と考えられる範囲内で変化させた数値シミュレーションを多数実施するパラメータスタディの方法及び数値シミュレーション結果について検討している。

なお、基準断層モデルを基にしたパラメータスタディは、まず、より支配的と考えられる因子である位置、走向等を対象（以下「概略パラメータスタディ」という。）に行い、続いて、その他の従属的な因子である上縁深さ、傾斜角及びすべり角を組合せて（以下「詳細パラメータスタディ」という。）行っている。

4.2.1 日本海東縁部

(1) 基準断層モデルの設定

図-28 に示すように、日本海東縁部の想定津波として、津軽海峡西方の発生海域を想定し、モーメントマグニチュード $M_w=7.85$ の基準断層モデルを設定している。

(2) 概略パラメータスタディ

(1)に示した基準断層モデルを用いて、位置、走向及び傾斜角を組合せた合計120ケースの数値シミュレーションを実施し、最大水位上昇量及び最大水位下降量に関して、最大ケースを抽出している。

(3) 詳細パラメータスタディ

(2)における最大水位上昇ケース及び下降ケースの2ケースについて、断層面上縁深さ及び傾斜角を組合せた合計18ケースの数値シミュレーションを実施している。

図-28 に示すとおり、詳細パラメータスタディ結果によると、敷地における最大水位上昇量は約3.8m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約3.2mであるとしている。

4.2.2 日本海溝沿い

(1) 基準断層モデルの設定

図-29 に示すように、日本海溝沿いの想定津波として、太平洋沿岸に位置するプレート境界付近の発生海域を想定し、既往津波の痕跡高を説明できる波源モデルの M_w と同等以上の値を用いて、領域2～4について基準断層モデルを設定している。

(2) 概略パラメータスタディ

(1)に示した基準断層モデルを用いて、位置及び走向を組合せた合計48ケースの数値シミュレーションを実施し、最大水位上昇量及び最大水位下降量に関して、最大ケースを抽出している。

(3) 詳細パラメータスタディ

(2)における最大水位上昇ケース及び下降ケースの2ケースについて、断層面上縁深さ、傾斜角及びすべり角を組合せた合計18ケースの数値シミュレーションを実施している。

図-29 に示すとおり、詳細パラメータスタディ結果によると、敷地における最大水位上昇量は約3.1m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約2.4mであるとしている。

4.2.3 チリ沖

(1) 基準断層モデルの設定

図-30 に示すように、チリ沖の想定津波として、チリ沖に東西幅 200 km、南北幅 800 kmの帯状の発生海域を想定し、1960 年チリ地震津波の断層モデルを基準断層モデルとして設定している。

(2) 概略パラメータスタディ

(1)に示した基準断層モデルを用いて、位置及び走向を組合せた合計9ケースの数値シミュレーションを実施し、最大水位上昇量及び最大水位下降量に関して、最大ケースを抽出している。

(3) 詳細パラメータスタディ

(2)における最大水位上昇ケース及び下降ケースの2ケースについて、断層面上縁深さ及び傾斜角を組合せた合計18ケースの数値シミュレーションを実施している。

図-30 に示すとおり、詳細パラメータスタディ結果によると、敷地における最大水位上昇量は約 3.3m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 3.5mであるとしている。

4.2.4 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最大水位変動量

以上の土木学会(2002)⁽¹⁾を参考とした検討結果から、敷地における最大水位上昇量は、日本海東縁部に波源を設定したケースで約3.8mであり、周期は7～10分程度であるとしている。

敷地における最大水位上昇量を与える津波の断層モデルと初期変位断面を図-31に、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布並びに計算水位の時系列変化を図-32～図-33に示す。

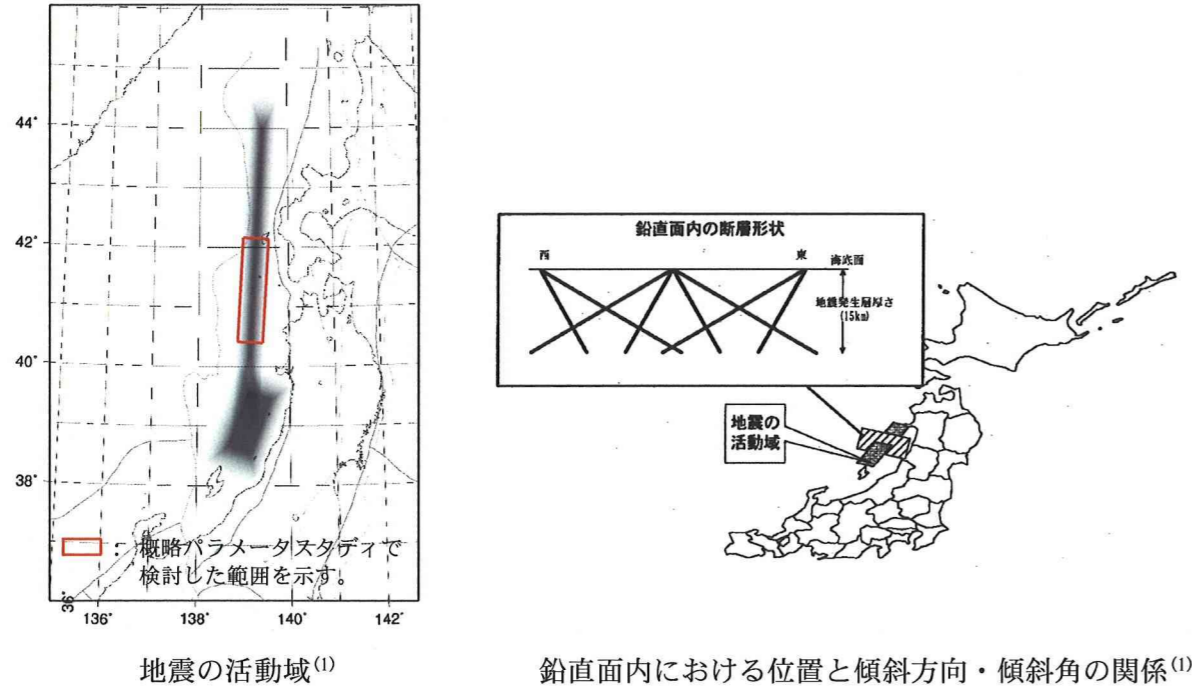
また、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は、チリ沖に波源を設定したケースで約3.5mであり、周期は140～150分程度であるとしている。

取水口スクリーン前面における最大水位下降量を与える津波の断層モデルと初期変位断面を図-34に、敷地における最大水位上昇量及び下降量の分布並びに計算水位の時系列変化を図-35～図-36に示す。

なお、図-37に示すとおり、敷地周辺における想定津波群の計算津波高は、既往津波高を上回っていることを確認したとしている。

① 基準断層モデルの設定

- (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を再現する断層モデルの M_w が 7.84 であることから、これを下回らないように $M_w=7.85$ に設定している。
- (2) 波源位置 : 日本海東縁部に位置する東西幅 50km の帯状の発生海域を想定し、東西方向位置と傾斜角及び傾斜方向によって 8 つのパターンを設定している。南北方向の位置については、断層中心が津軽海峡の西方となる位置を基準としている。



(3) 基準断層モデル

断層パラメータ	日本海東縁部	備考
モーメントマグニチュード M_w	7.85	1993 年北海道南西沖地震の津波を再現するモデルの M_w (7.84) を下回らないように設定
断層長さ L	131.1km	$\log L$ (km) = $0.75M_w - 3.77$ ⁽⁴⁷⁾ により設定
断層幅 W	30.0, 17.3km	地震発生層の厚さ(15km)と傾斜角により設定
すべり量 D	5.45, 9.45m	M_w, L, W により設定
断層面上縁深さ d	0km	上記鉛直面内の断層形状に基づき設定
走向 θ	$3^\circ, 183^\circ$	上記地震の活動域及び海底地形の特徴により設定
傾斜角 δ	$30^\circ, 60^\circ$	上記の鉛直面内の断層形状に基づき西傾斜と東傾斜の 2 通りを設定
すべり角 λ	90°	既往津波の断層モデルのすべり角 ⁽¹⁾ を参考に設定

② パラメータスタディ

- (1) はじめに、位置（傾斜パターン含む）と走向とを組合せた 120 ケースの数値シミュレーションを行い、最高水位及び最低水位に関しての各々の最大ケースを抽出している。

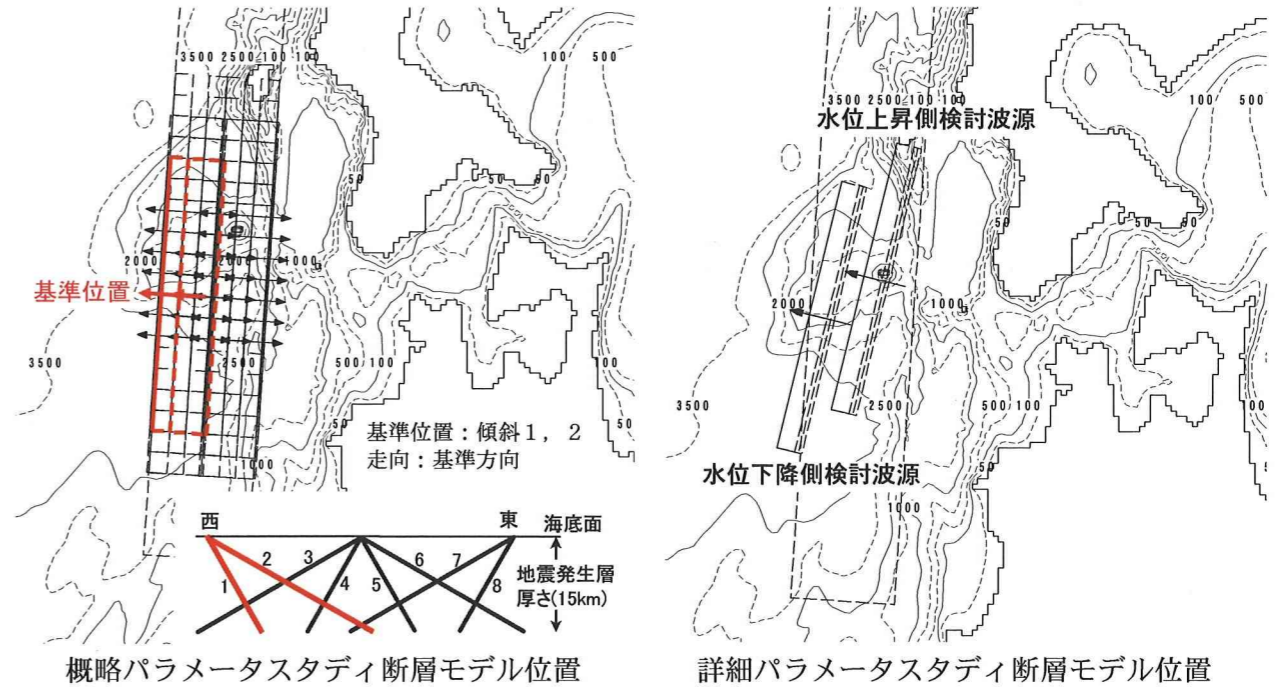
概略パラメータスタディ実施内容

パラメータ	変動範囲	ケース数	特記事項
南北方向位置	南北方向に 10km ずつ	7	計 120 断層長さの 1/10 程度を移動(但し一部 20km ずつ) 傾斜方向・角度と組合せた 8 パターン 標準偏差程度 ⁽¹⁾
東西方向位置	東西幅 50km の中で 8 通り ⁽¹⁾	8	
走向(θ)	基準, $\pm 10^\circ$	3	

- (2) 次に、(1) で得られた最大ケースについて、傾斜角と断層面上縁深さとを組合せた 18 ケースの数値シミュレーションを実施している。

詳細パラメータスタディ実施内容

パラメータ	変動範囲	ケース数	特記事項
傾斜角(δ)	$45, 52.5, 60^\circ$	3	計 18 既往津波の断層モデルの傾斜角を考慮して設定 ⁽¹⁾ 地震発生層の厚さを考慮して設定 ⁽¹⁾
上縁深さ(d)	0, 2.5, 5km	3	



③ 計算結果

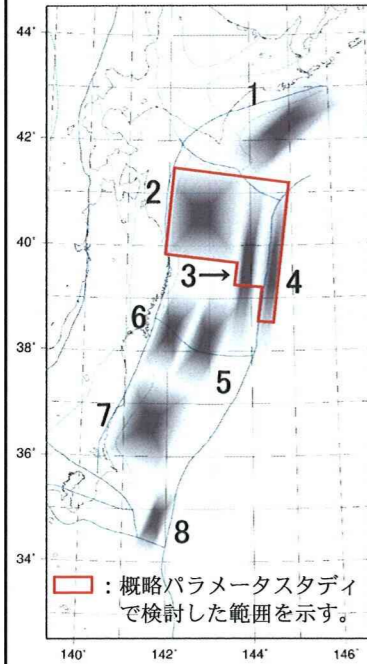
日本海東縁部に波源を設定したケースにおける想定津波の計算結果を以下に示す。

区分	断層パラメータの概要	水位変動量 (m)
最大水位上昇量	東西方向中央, 東傾斜の $W=17.3$ km の断層を北へ 30km 移動, 走向 $+10^\circ$ とし, さらに傾斜角 $\delta=52.5^\circ$, 断層面上縁深さ $d=5$ km としたケース	+3.77
最大水位下降量	東西方向西端, 東傾斜の $W=17.3$ km の断層を北へ 10km 移動, 走向 $+10^\circ$ とし, さらに傾斜角 $\delta=52.5^\circ$, 断層面上縁深さ $d=5$ km としたケース	-3.19

図-28 想定津波の検討結果 (日本海東縁部)

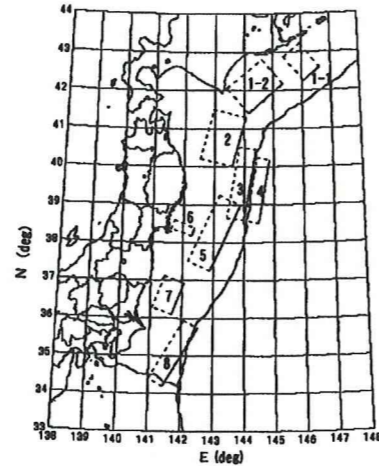
① 基準断層モデルの設定

- (1) モーメントマグニチュード M_w : 青森県東方沖及び三陸沖の津波発生海域を想定し、既往津波高を説明できる断層モデルの M_w と同等以上の値を既往最大 M_w として設定している。
- (2) 波源位置 : 基準断層モデルの波源位置は、過去の地震の発生状況等の地震学的知見等を踏まえ、合理的と考えられる位置に津波の発生様式に応じて設定している。



領域	既往最大 M_w	対応する既往津波
1	8.2	1952年
2	8.4	1968年
3	8.3	1896年
4	8.6	1611年
5	8.2	1793年
6	7.7	1978年
7	7.9	1938年
8	8.2	1677年

地震発生の想定海域と既往最大 M_w ⁽¹⁾



番号	L (km)	W (km)	D (m)	δ (°)	λ (°)	μ ($\times 10^{10}$)	M_0 ($\times 10^{20}$)	M_w モデル	対応する既往津波
1-1	60	100	2.2	27	115	5.0	6.6	7.81	1973年
1-2	130	100	3.5	20	115	5.0	22.8	8.17	1952年
2	150	100	6.0	20	80	5.0	45.0	8.37	1968年
3	210	50	9.7	20	75	3.5	35.6	8.30	1896年
4	185	50	6.6	45	270	7.0	42.7	8.354	1933年
5	210	70	4.0	15	85	5.0	29.4	8.246	1793年
6	26	65	2.0	20	85	7.0	2.4	7.52	1978年
7	100	60	2.3	10	85	5.0	6.9	7.83	1938年
8	200	50	6.5	20	95	3.5	22.8	8.17	1677年

剛性率 μ の単位は N/m^2 、地震モーメント M_0 の単位は $N\cdot m$ である。

既往津波高を説明できる断層モデル⁽¹⁾

(3) 基準断層モデル

断層パラメータ	領域2 (1968年 津波タイプ)	領域3 (1896年 津波タイプ)	領域4 (1933年 津波タイプ)	備考
モーメントマグニチュード M_w	8.4	8.3	8.6	既往津波高を説明できる断層モデルの既往最大 M_w を設定
断層長さ L	155km	210km	283km	領域2: M_w と L, W, D との関係から設定 ⁽¹⁾
断層幅 W	104km	50km	50km	領域3: $M_w=8.3$ である 1896 年津波の L, W, D をそのまま適用 ⁽¹⁾
すべり量 D	6.21m	9.7m	10.1m	領域4: M_w と L, D との関係から設定(但し, W の上限は 50km) ⁽¹⁾
断層面上縁深さ d	12, 21, 29km	1km	1km	太平洋プレートの上面の深さに基づき, 水深を考慮して設定
走向 θ	190°	190°	190°	太平洋プレート上面(海溝)の等深線の走向に基づき設定(数値は代表値)
傾斜角 δ	20°	20°	45°	既往津波高を説明できる断層モデルと同様に設定
すべり角 λ	80°	75°	270°	既往津波高を説明できる断層モデルと同様に設定

② パラメータスタディ

- (1) はじめに、位置と走向とを組合せた 48 ケースの数値シミュレーションを行い、最高水位及び最低水位に関しての各々の最大ケースを抽出している。

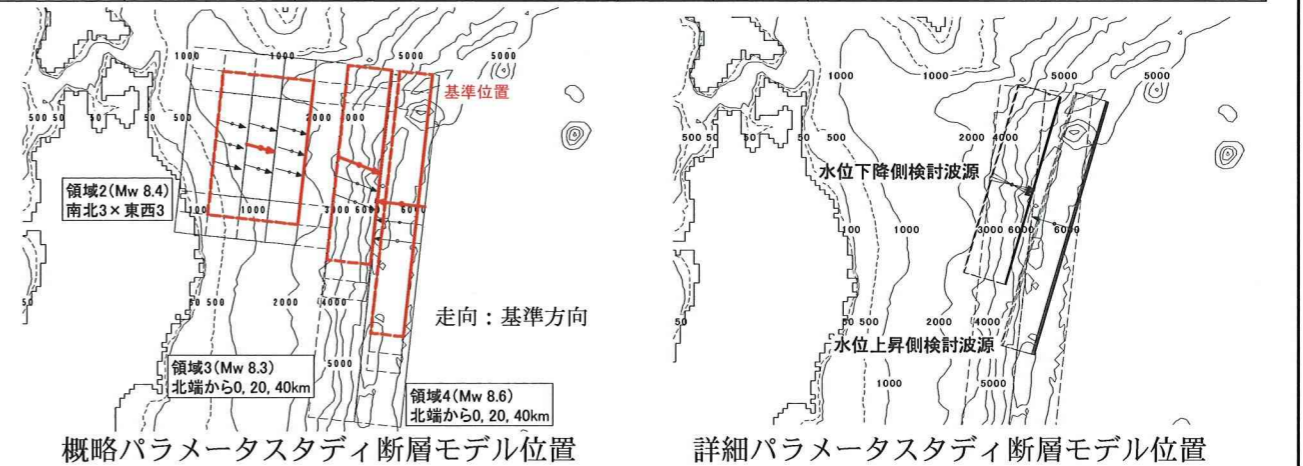
概略パラメータスタディ実施内容

対象領域	パラメータ	変動範囲	ケース数	特記事項	
領域2	位置	南北約 20km×東西約 30km	9	計 27	断層長さの 1/10~1/5 程度を移動 標準偏差程度 ⁽¹⁾
	走向(θ)	基準, $\pm 10^\circ$	3		
領域3	位置	南方向へ 20km ずつ	3	計 12	断層長さの 1/10 程度を移動 標準偏差程度 ⁽¹⁾ (海溝軸と交差ししない範囲を設定)
	走向(θ)	基準, $\pm 5^\circ$ $+10^\circ$ (北側のみ)	4		
領域4	位置	南方向へ 20km ずつ	3	計 9	断層長さの 1/10 程度を移動 標準偏差程度 ⁽¹⁾
	走向(θ)	基準, $\pm 10^\circ$	3		

- (2) 次に、(1)で得られた最大ケースについて、傾斜角と断層面上縁深さ、あるいはすべり角とを組合せた 18 ケースの数値シミュレーションを実施している。

詳細パラメータスタディ実施内容

対象領域	パラメータ	変動範囲	ケース数	特記事項	
領域3	傾斜角(δ)	基準, $\pm 5^\circ$	3	計 9	標準偏差程度 ⁽¹⁾ 標準偏差程度 ⁽¹⁾
	すべり角(λ)	基準, $\pm 10^\circ$	3		
領域4	傾斜角(δ)	基準, $\pm 5^\circ$	3	計 9	標準偏差程度 ⁽¹⁾ 基準断層モデルの上縁深さを考慮して設定 ⁽¹⁾
	上縁深さ(d)	0, 1, 2km	3		



③ 計算結果

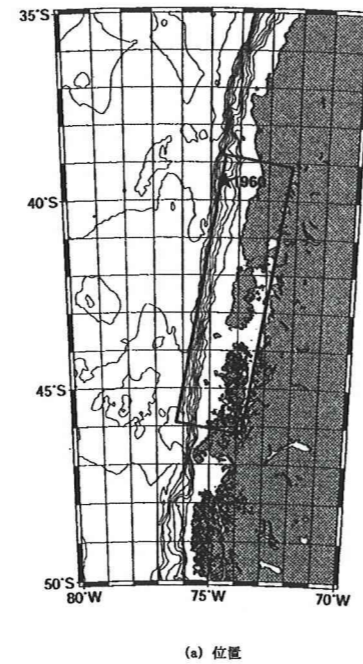
日本海溝沿いに波源を設定したケースにおける想定津波の計算結果を以下に示す。

区分	断層パラメータの概要	水位変動量(m)
最大水位 上昇量	領域4の北端で、走向 $+10^\circ$ とし、さらに傾斜角 $\delta=40^\circ$ 、断層面上縁深さ $d=2\text{km}$ としたケース	+3.06
最大水位 下降量	領域3の北端で、走向 $+10^\circ$ とし、さらに傾斜角 $\delta=25^\circ$ 、すべり角 $\lambda=+10^\circ$ としたケース	-2.36

図-29 想定津波の検討結果(日本海溝沿い)

① 基準断層モデルの設定

- (1) モーメントマグニチュード M_w : Kanamori and Cipar (1974)⁽⁵³⁾ を基にした 1960 年チリ地震津波を再現する断層モデルの地震規模を既往最大 $M_w=9.5$ として設定している。
- (2) 波源位置 : チリ沖に位置する東西幅 200km, 南北幅 1,000km の帯状の発生海域を想定し, 敷地近傍での既往津波高を良好に再現することを確認した上で, 1960 年チリ地震津波の断層モデル (高岡ほか, 2001) を基準断層モデルとして設定している。



チリ沖の想定海域と 1960 年チリ地震津波の断層モデル位置

(3) 基準断層モデル

断層パラメータ	チリ沖	備考
モーメントマグニチュード M_w	9.5	Kanamori and Cipar(1974) ⁽⁵³⁾ を基に, 既往最大 $M_w=9.5$ を設定
断層長さ L	800km	
断層幅 W	200km	
すべり量 D	24.0m	
断層面上縁深さ d	1km	海溝軸近傍であることを考慮して設定
走向 θ	N10° E	
傾斜角 δ	10°	
すべり角 λ	90°	

② パラメータスタディ

- (1) はじめに, 位置と走向とを組合せた 9 ケースの数値シミュレーションを行い, 最高水位及び最低水位に関しての各々の最大ケースを抽出している。

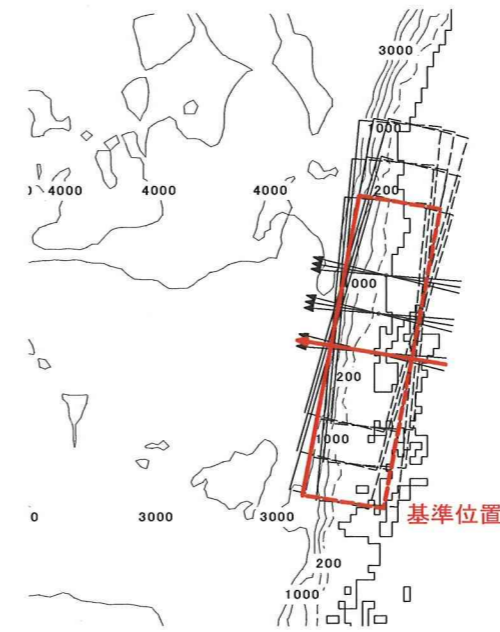
概略パラメータスタディ実施内容

パラメータ	変動範囲	ケース数	特記事項
位置	北方向に 100km ずつ	3	断層長さの 1/10 程度を移動 海溝軸と交差しないように $\pm 5^\circ$
走向 (θ)	基準, $\pm 5^\circ$	3	
		計 9	

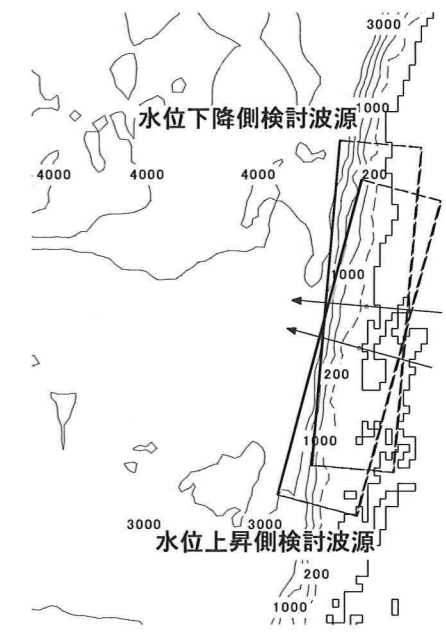
- (2) 次に, (1) で得られた最大ケースについて, 傾斜角と断層面上縁深さとを組合せた 18 ケースの数値シミュレーションを実施している。

詳細パラメータスタディ実施内容

パラメータ	変動範囲	ケース数	特記事項
傾斜角 (δ)	基準, $\pm 5^\circ$	3	プレート境界地震の標準偏差 ⁽¹⁾ を参考に設定 浅い地震と考えられるため, 基準 ± 1 km
上縁深さ (d)	0, 1, 2km	3	
		計 18	



概略パラメータスタディ断層モデル位置



詳細パラメータスタディ断層モデル位置

③ 計算結果

チリ沖に波源を設定したケースにおける想定津波の計算結果を以下に示す。

区分	断層パラメータの概要	水位変動量 (m)
最大水位 上昇量	基準断層モデルの位置で, 走向 $+5^\circ$ とし, さらに傾斜角 $\delta=15^\circ$, 断層面上縁深さ $d=0$ km としたケース	+3.33
最大水位 下降量	基準断層モデルを北へ 100km 移動, 走向 -5° とし, さらに傾斜角 $\delta=15^\circ$, 断層面上縁深さ $d=2$ km としたケース	-3.48

図-30 想定津波の検討結果 (チリ沖)

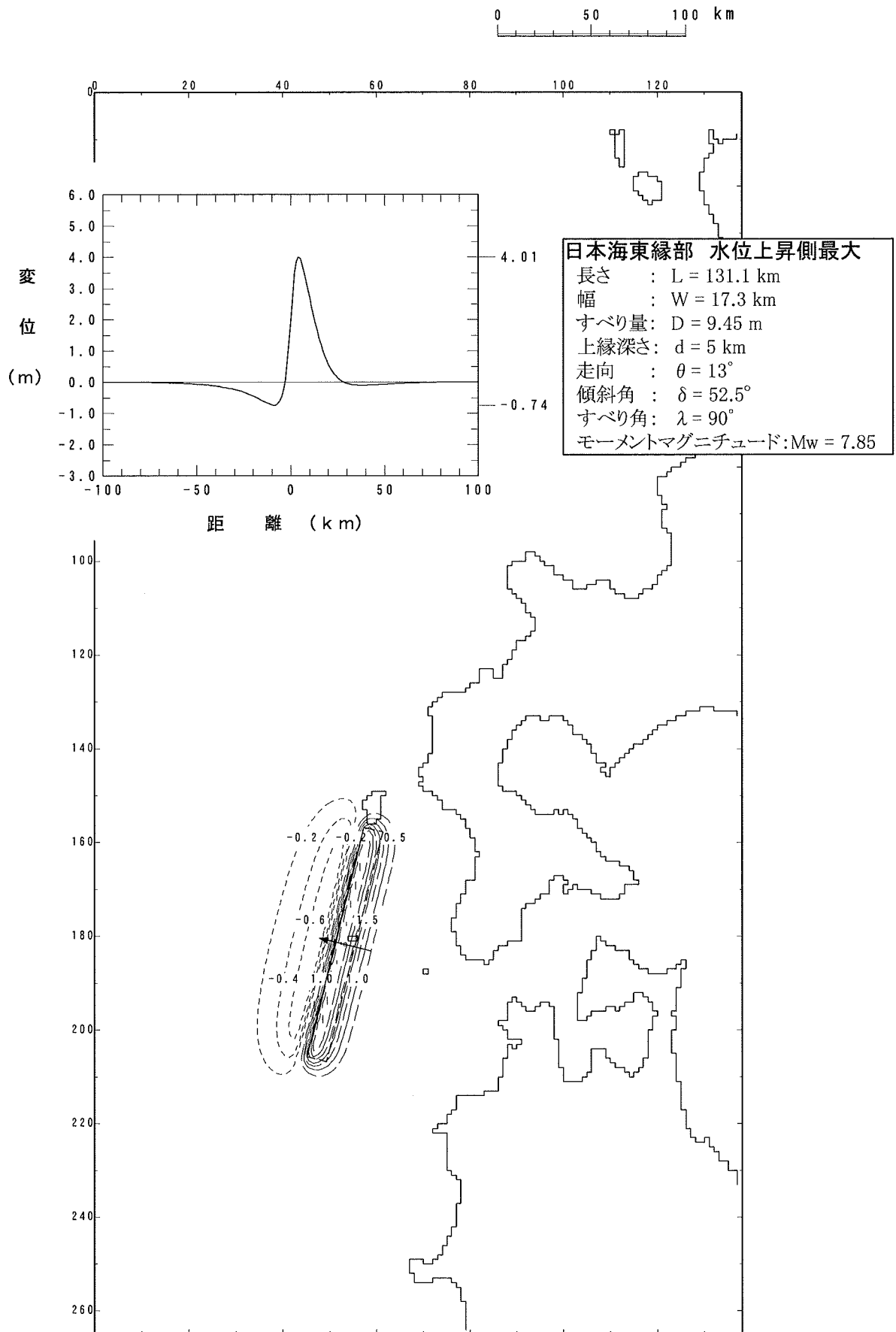
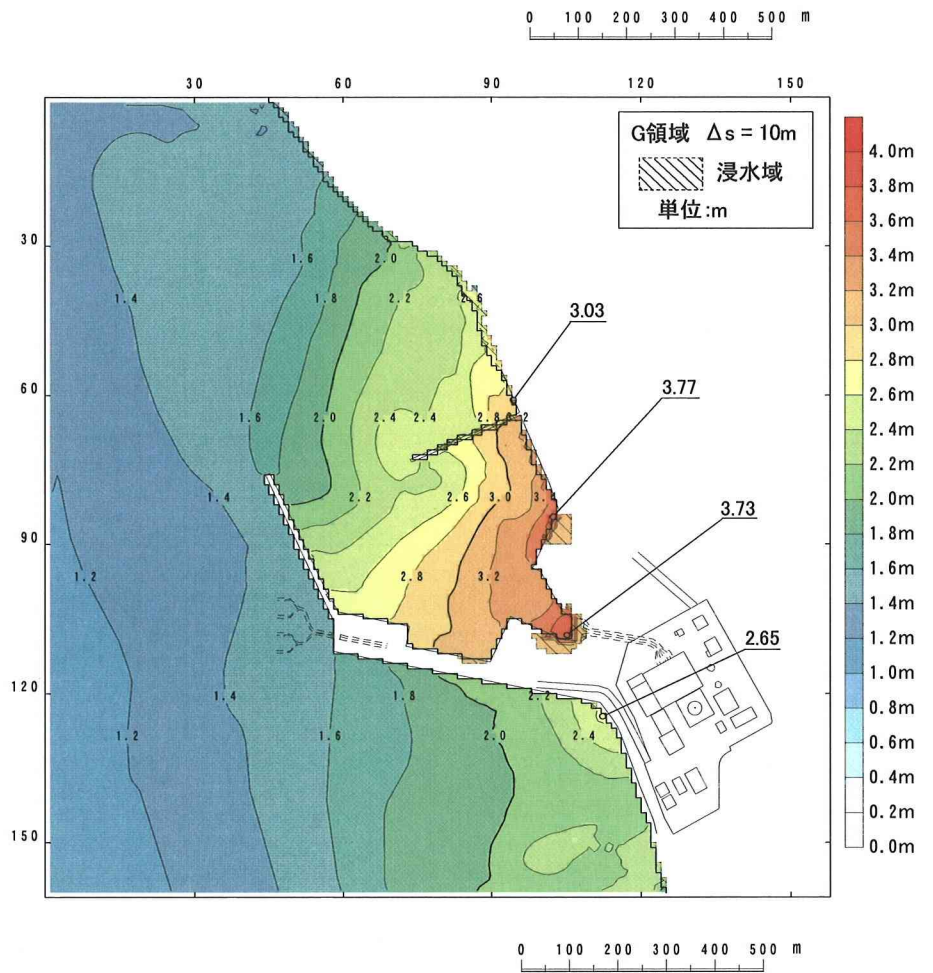


図-31 断層モデルと初期変位分布（日本海東縁部，水位上昇側想定津波）

最大水位上昇量



最大水位下降量

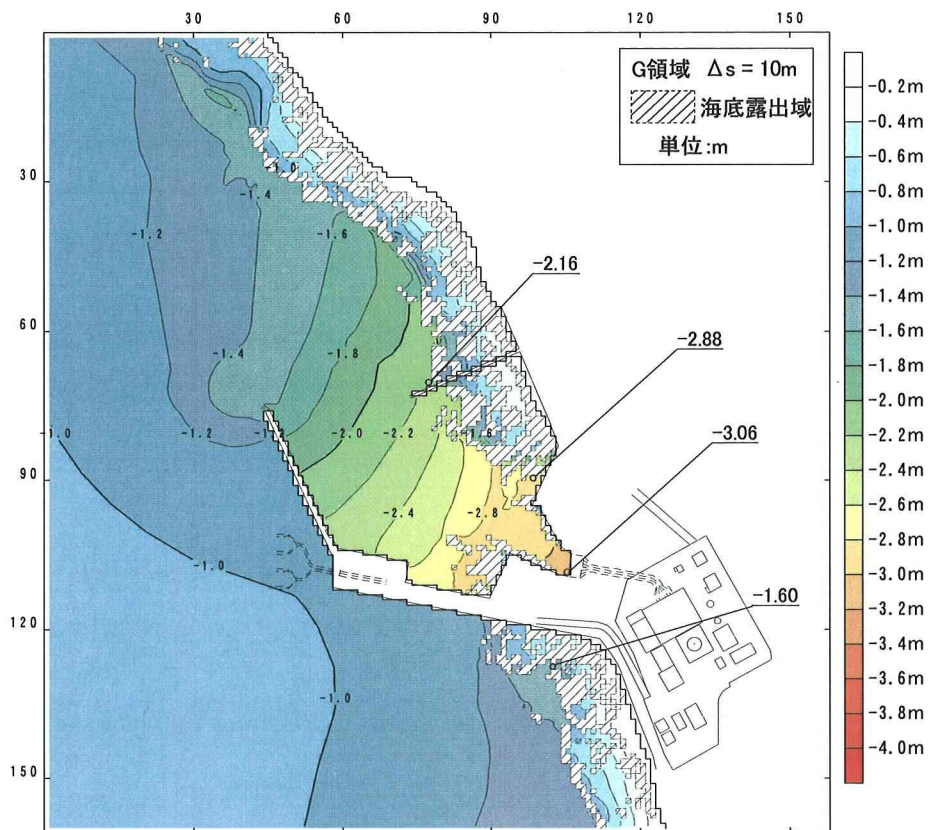


図-32 最大水位上昇量及び下降量の分布（日本海東縁部，水位上昇側想定津波）

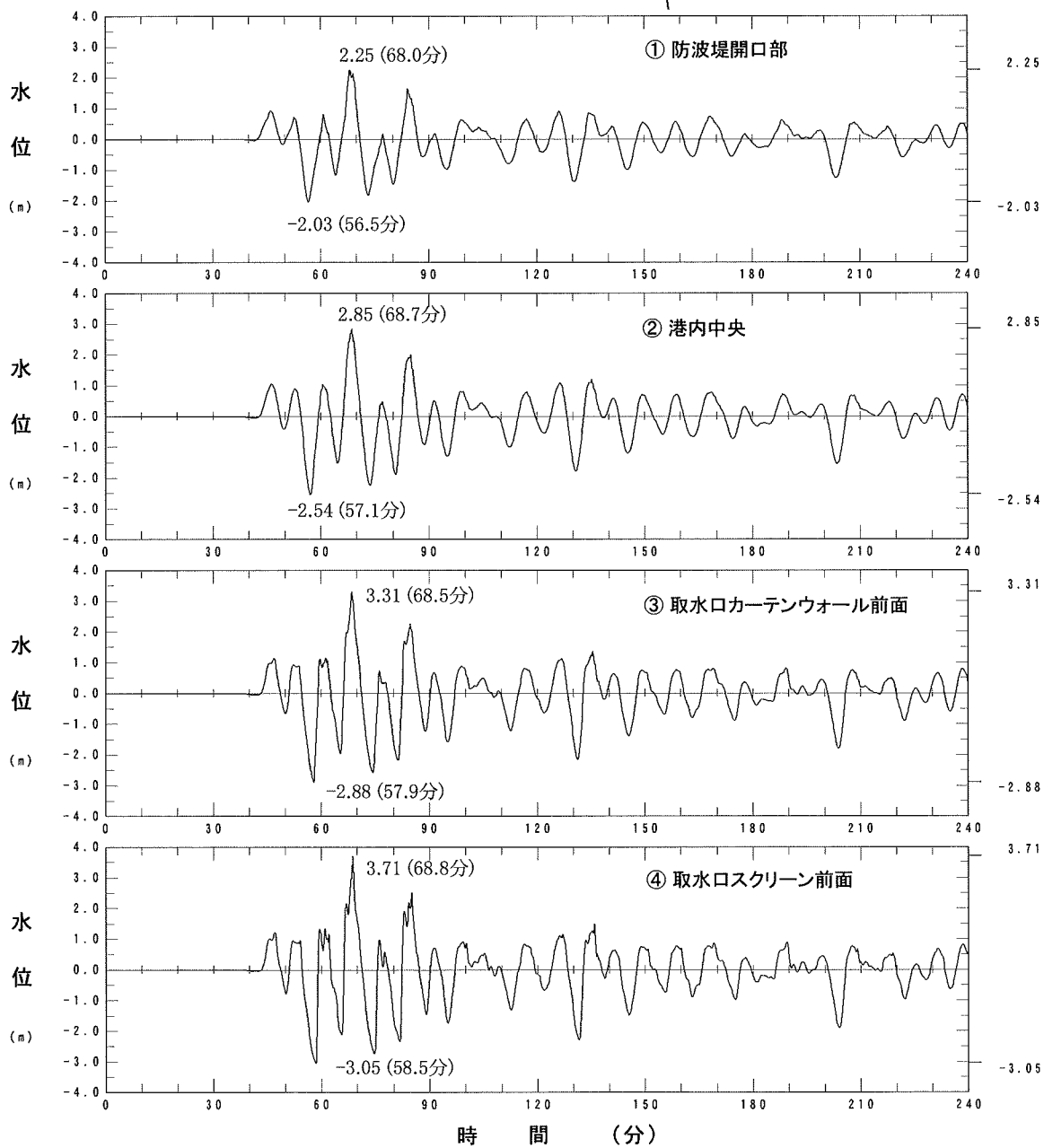
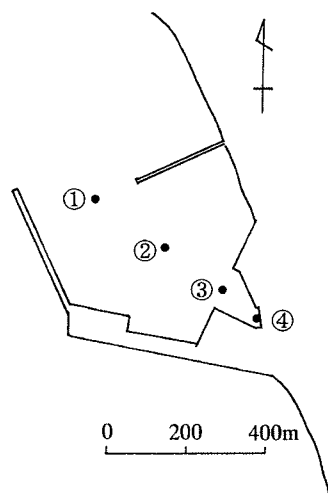
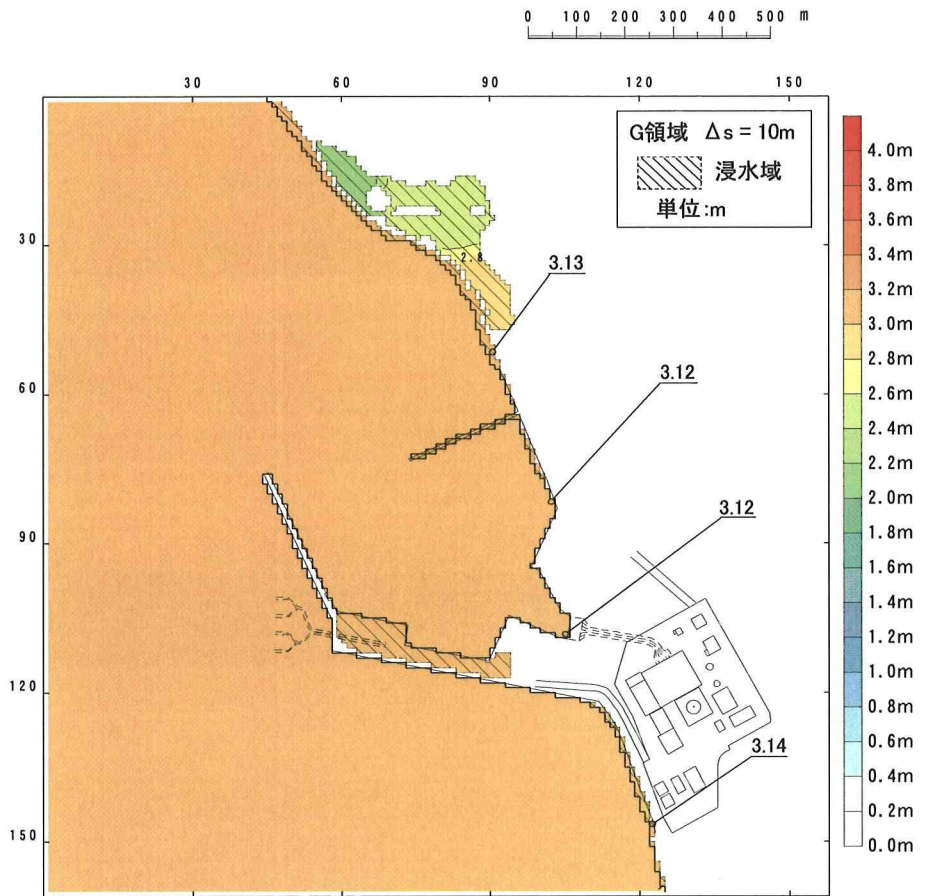


図-33 水位時間波形（日本海東縁部，水位上昇側想定津波）

最大水位上昇量



最大水位下降量

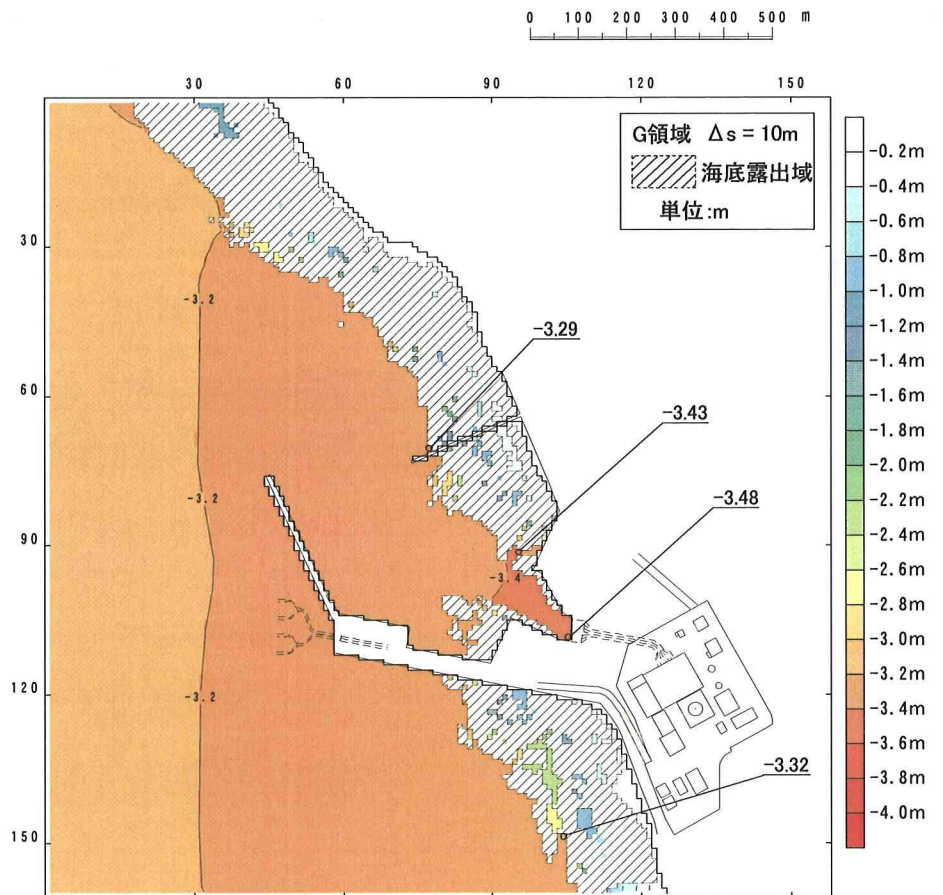


図-35 最大水位上昇量及び下降量の分布（チリ沖，水位下降側想定津波）

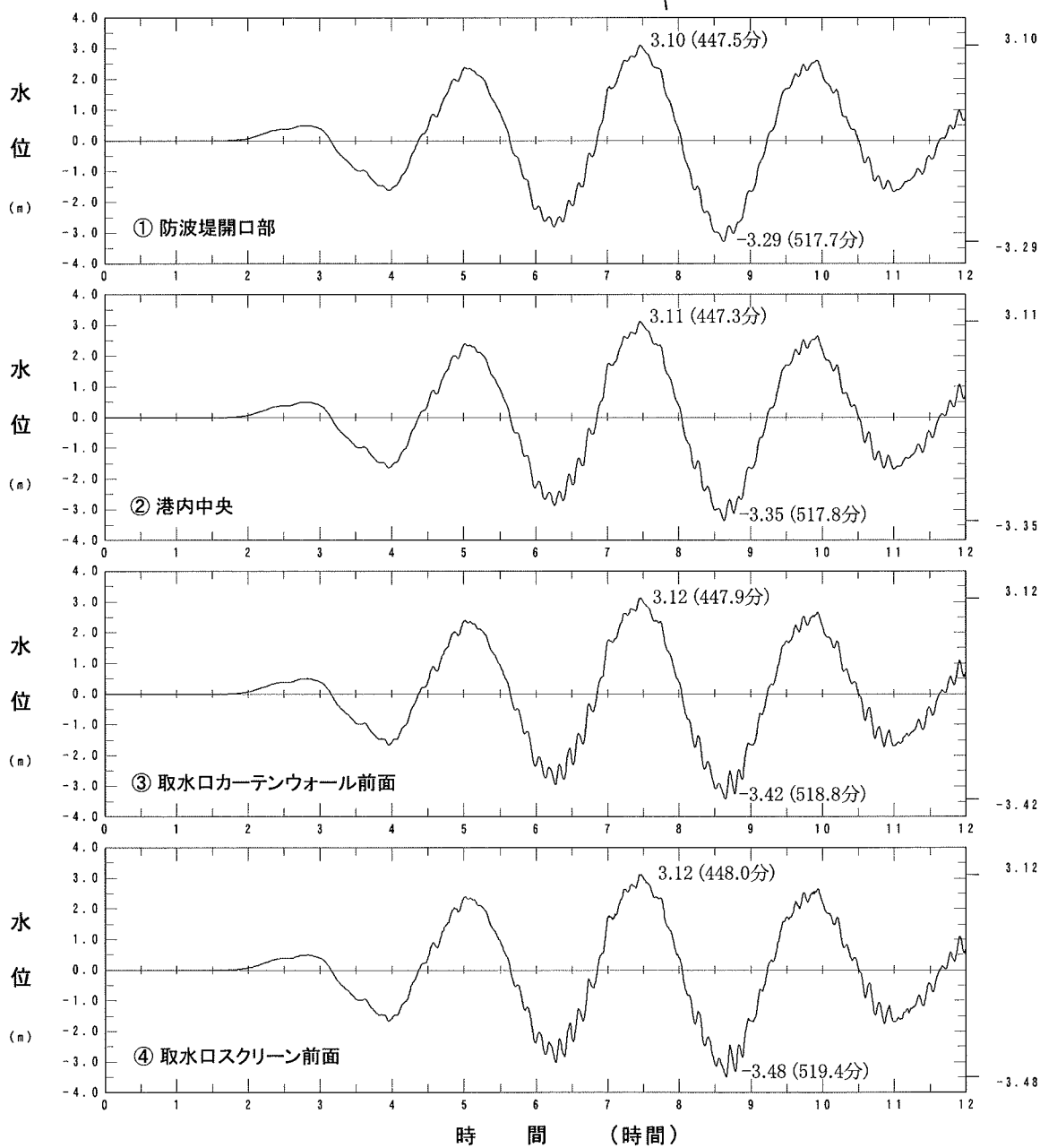
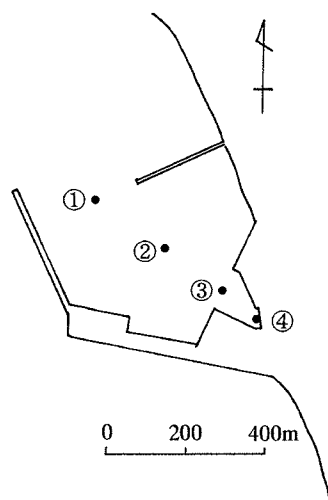


図-36 水位時間波形 (チリ沖, 水位下降側想定津波)

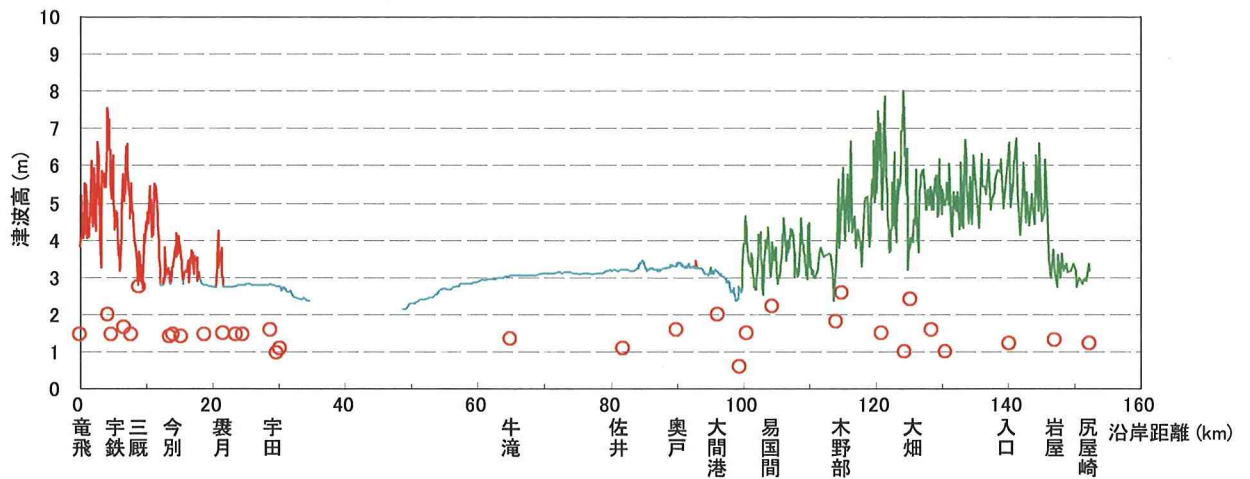
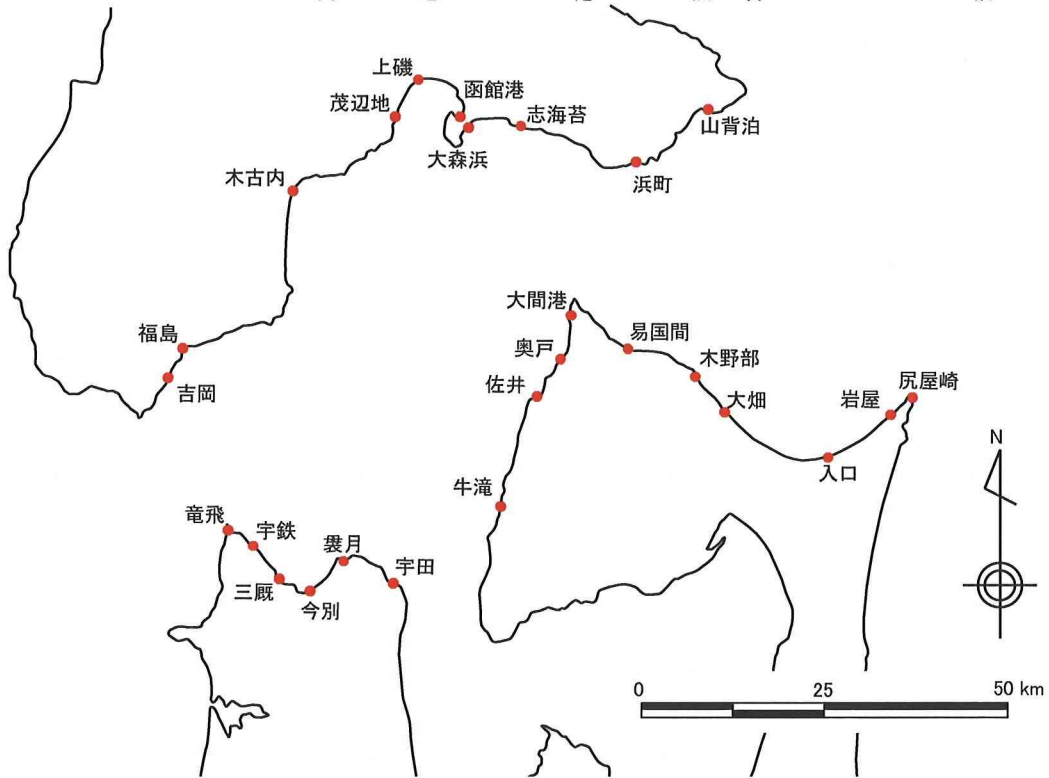
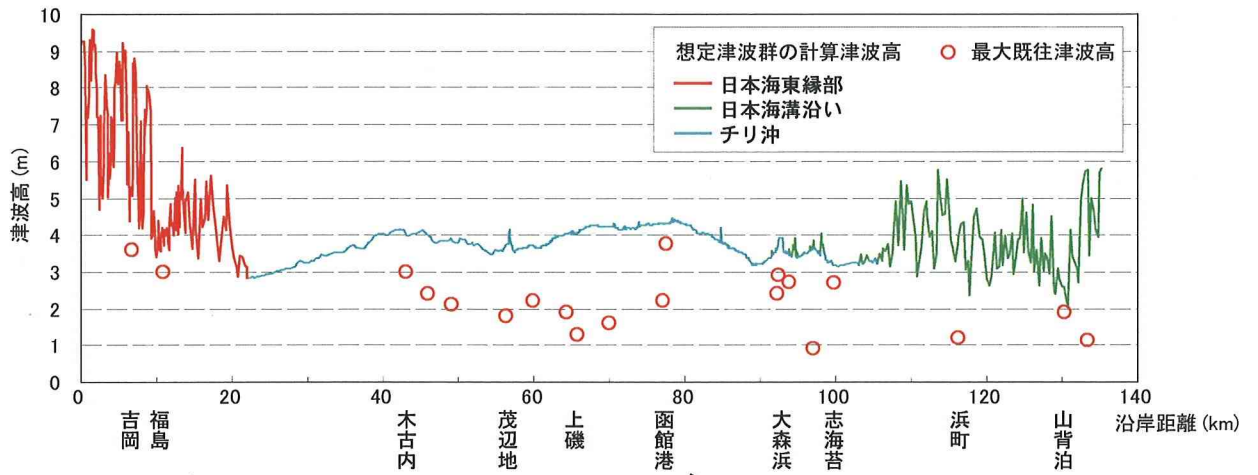


図-37 想定津波群と既往津波高との比較

5. 4省庁による検討を参考に想定した地震に伴う津波の検討

海岸保全事業を実施している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[※]（以下「4省庁」という。）により検討されている地震地体構造上想定される地震に伴う津波について，以下のとおり検討している。

※) 各省庁の名称は，津波に係る防災計画が検討された当時（1996年，1997年）のものを記載している。

5.1 検討対象とする海域

4省庁による検討は，日本海側の日本海東縁部を対象に行ったもの（以下「4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾」という。）と，太平洋側の日本海溝沿い及び南海トラフ沿いのプレート境界を対象に行ったもの（以下「4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾」という。）とがある。これらの海域のうち，敷地に与える影響が大きいと考えられる津軽海峡西方沖の日本海東縁部と，襟裳岬沖から青森県東方沖を経て三陸沖に至る日本海溝沿いの海域とを選定し検討対象としている。

5.2 断層モデルの設定

4省庁による検討を参考に想定した地震に伴う津波の断層モデルについて、以下のとおり検討している。

5.2.1 太平洋側の断層モデル

(1) 4省庁による断層モデル

4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾においては、萩原編(1991)⁽⁵⁸⁾による地震地体構造区分に基づく最大規模の地震から想定される津波が検討されている。萩原編(1991)⁽⁵⁸⁾による地震地体構造区分を図-38に示す。

4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾によれば、津軽海峡付近の断層モデルとして萩原編(1991)⁽⁵⁸⁾に示された G_2 領域において、プレート境界に発生する地震として想定される襟裳岬沖のG2-1モデルと三陸沖のG2-2モデルとが示されている。これら2つの断層モデルの位置を図-39に示す。

4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾では、 G_2 領域における地震の最大規模は、既往最大地震を考慮して $M=8.5$ が想定されており、震源断層相似則を用いて、表-15に示す断層パラメータが設定されている。

(2) 想定津波の断層モデル

これらのことから、太平洋側の想定津波の検討に関しては、4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾による襟裳岬沖のG2-1モデルと三陸沖のG2-2モデルとの2つの断層モデルを用いることとしている。

5.2.2 日本海側の断層モデル

(1) 4省庁による断層モデル

日本海側においては、4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾が実施されているが、4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾では地震地体構造区分に基づく最大規模の地震から想定される津波が検討されているのに対して、4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾では地震の空白域の観点から想定津波が検討されており、両者の考え方には違いが認められる。

ここで、4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾の内容を、以下に示す。

- ① 日本海東縁部における震源断層相似則は、表-15のように示されている。
- ② 日本海東縁部における地震の想定域は、図-40に示すように想定域A～Eの5海域とされている。
- ③ 図-40に示すように、想定域B, C, Dにおいては、断層の長さが100 km, M 7.7の地震が想定されている。
- ④ 津軽海峡西方沖の想定域Aにおいては、地震空白域の長さから、断層の長さが70 km, M 7.3の地震が想定されている。

(2) 想定津波の断層モデル

日本海側の想定津波に関しては、位置は4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾の考え方を基本とし、規模については地震地体構造に基づく最大規模の地震を想定している4省庁太平洋調査(1997)⁽⁶⁰⁾の考え方を考慮して、断層モデルを設定している。

津軽海峡西方沖に位置する想定域Aの位置は、図-38に示す萩原編

(1991)⁽⁵⁸⁾の地震地体構造区分に従うとF領域に相当し、その領域におけるMの最大値は $M_{\max}=7.7$ ($7\frac{3}{4}$)とされている。F領域では、1993年にM 7.8の北海道南西沖地震が発生していることから、想定津波の断層モデルの規模としてM 7.8を採用している。

断層パラメータは、表-15に示す4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾による震源断層相似則を用いて設定している。日本海側の想定津波の断層パラメータを表-16に示す。

なお、表-16には参考のため、4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾に示される日本海東縁部におけるM 7.7の断層パラメータを合わせて示している。

断層モデルの位置は、図-40に示す4省庁日本海調査(1996)⁽⁵⁹⁾に示されている想定域Aの位置、並びに図-41に示す1983年日本海中部地震のSatake(1985)⁽⁶¹⁾による断層モデルと、1993年北海道南西沖地震の高橋ほか(1994)⁽⁶²⁾による断層モデルとの位置等を考慮し、その中心を津軽海峡内に最も津波が伝播し易いと推定される津軽海峡西方に設定している。

5.3 数値シミュレーションによる津波高の検討

既往津波の検討により再現性が確認された数値計算モデルを用いた数値シミュレーションを行い、敷地前面に建設予定の港湾施設等の地形条件を考慮して、敷地における想定津波による水位変動等について、以下のとおり検討している。

5.3.1 太平洋側の想定津波

襟裳岬沖のG2-1 モデル及び三陸沖のG2-2 モデルを用いた数値シミュレーションにより得られた、港湾付近の海域における最大水位上昇量及び最大水位下降量の分布を図-42 及び図-44 に、港湾内の各点における津波の水位時間波形を図-43 及び図-45 に示す。

(1) G2-1 モデル (襟裳岬沖)

図-42 及び図-43 に示すとおり、敷地における最大水位上昇量は約 2.0m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 1.4m、また、津波の周期は7～11 分程度を算出している。

(2) G2-2 モデル (三陸沖)

図-44 及び図-45 に示すとおり、敷地における最大水位上昇量は約 1.1m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 0.9m、また、津波の周期は7～11 分程度を算出している。

5.3.2 日本海側の想定津波

数値シミュレーションにより得られた港湾付近の海域における最大水位上昇量及び最大水位下降量の分布を図-46 に、港湾内の各点における津波の

水位時間波形を図-47 に示す。

これらの図に示すとおり、敷地における最大水位上昇量は約 3.4m、取水口スクリーン前面における最大水位下降量は約 2.5m、また、津波の周期は 7～10 分程度を算出している。

5.3.3 4省庁による検討を参考に想定した地震に伴う津波の最大水位変動量

以上の4省庁による検討を参考とした検討結果から、敷地における水位変動量（最大水位上昇量、最大水位下降量）が最大となるケースは、日本海側の想定津波であるとしている。

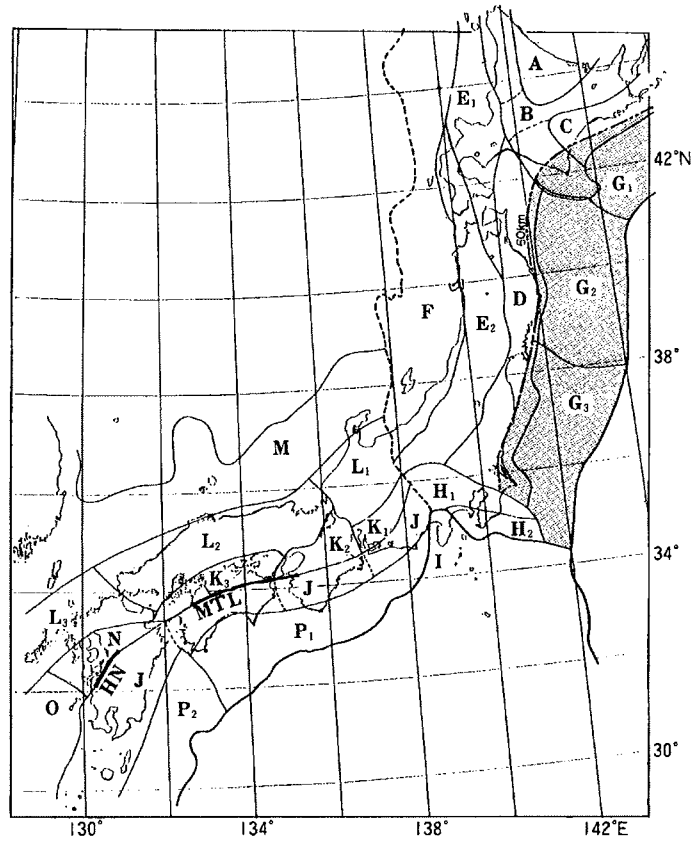


図-38 萩原編(1991)⁽⁵⁸⁾による地震地体構造区分

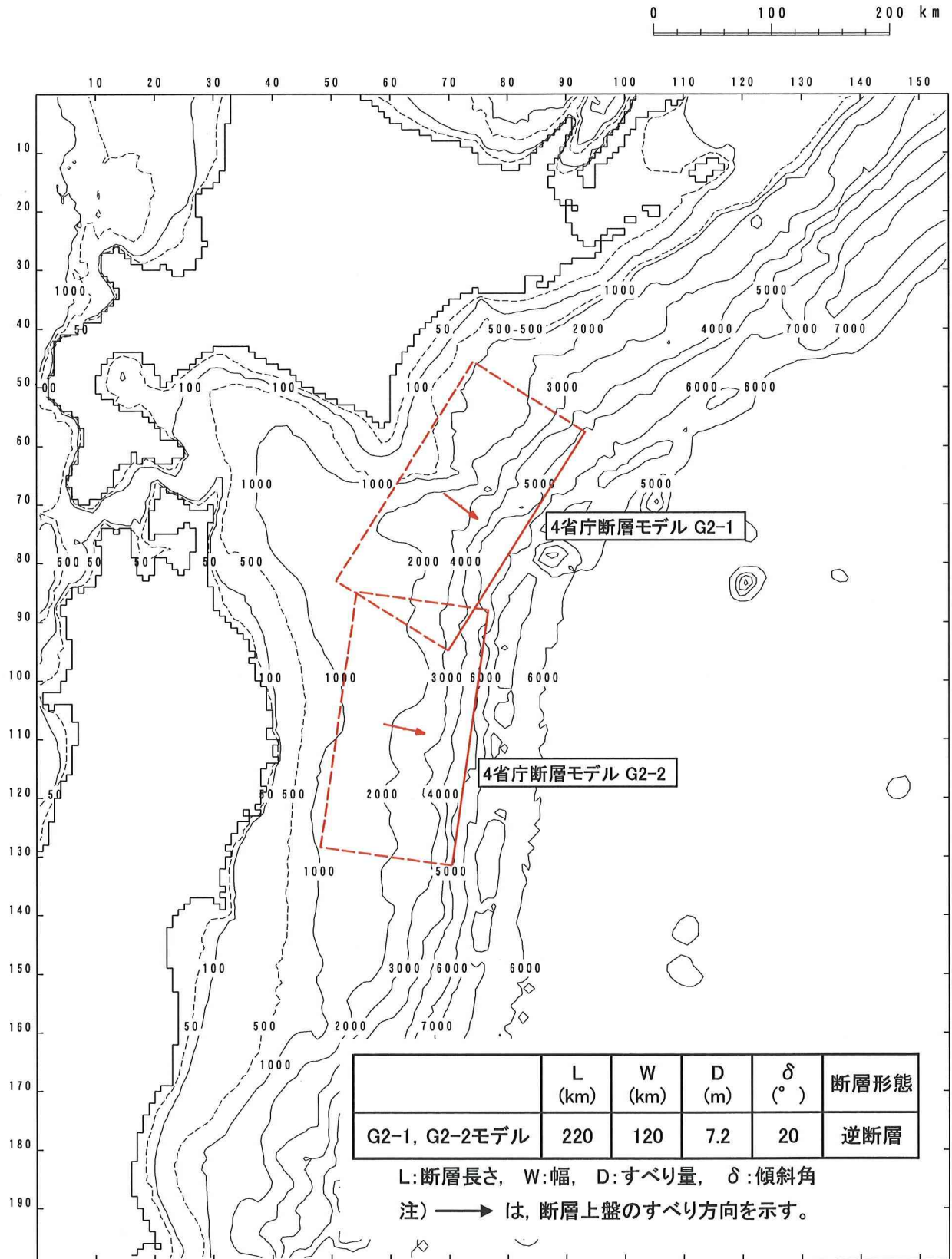


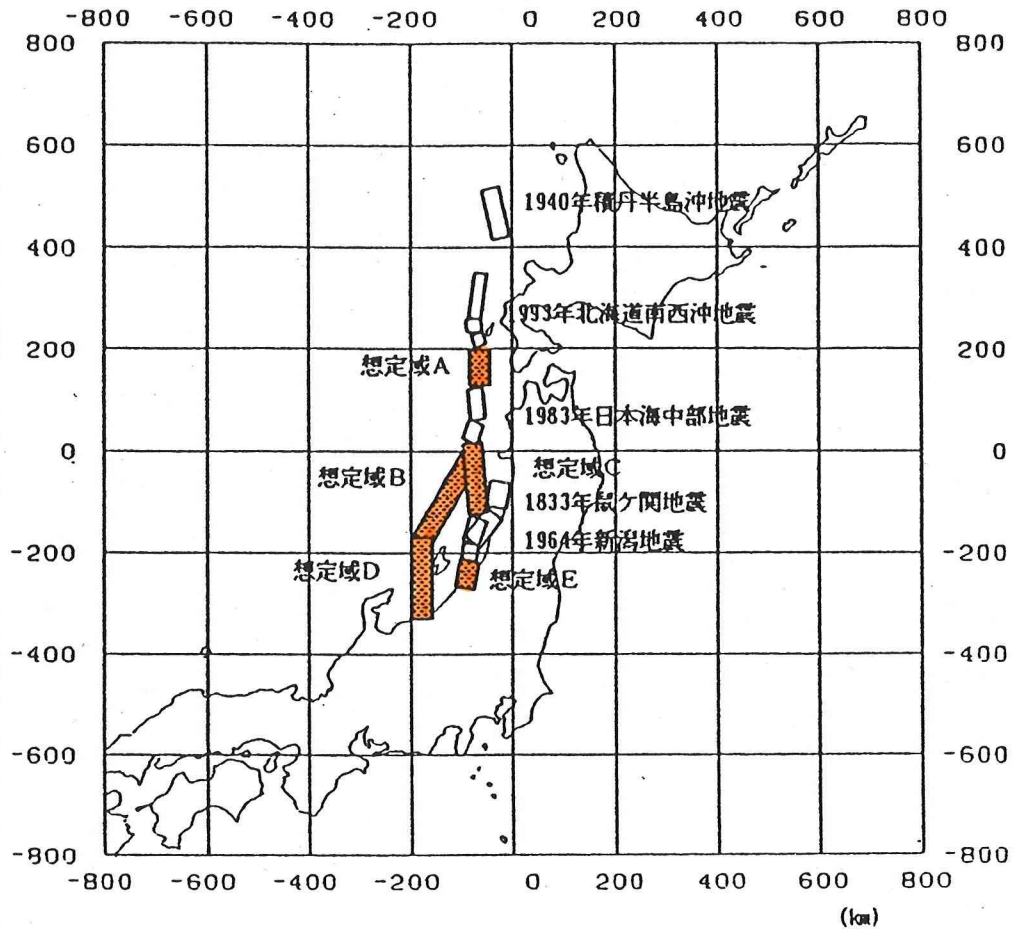
図-39 太平洋側の想定地震断層の位置

表-14 G₂領域における想定地震の断層パラメータ〔4省庁(1997)⁽⁶⁰⁾〕

	パラメータ値
マグニチュード M_{max}	8.5
断層長さ L (km)	220
断層幅 W (km)	120
すべり量 D (cm)	720
断層上縁の深さ d (km)	1
傾斜角 δ (°)	20
すべり角 λ (°)	85

表-15 日本海東縁部の震源断層相似則〔4省庁(1996)⁽⁵⁹⁾〕

$L = 2.63W,$	$D = 4.00L$
$M_0 = 2.05 \times 10^{22} S^{3/2},$	$\log_{10} M_0 = 1.431 M + 16.72$
ここに、 L : 断層長さ (km) , W : 断層の幅 (km) , D : 断層のすべり量 (cm)	
S : 断層面積 (km ²) , M ₀ : 地震モーメント (dyne・cm)	
M : 気象庁地震マグニチュード	



〔4省庁(1996)⁽⁵⁹⁾に一部加筆〕

図-40 日本海東縁部における地震の想定域

表-16 日本海東縁部の想定地震の断層パラメータ

	想定地震 断層モデル	(参考) 4省庁(1996) ⁽⁵⁹⁾ の M7.7地震
マグニチュード M_{max}	7.8	7.7
断層長さ L (km)	120	100
断層幅 W (km)	46	38
すべり量 D (cm)	480	400
断層上縁の深さ d (km)	2	2
傾斜角 δ (°)	35	35
すべり角 λ (°)	90	90

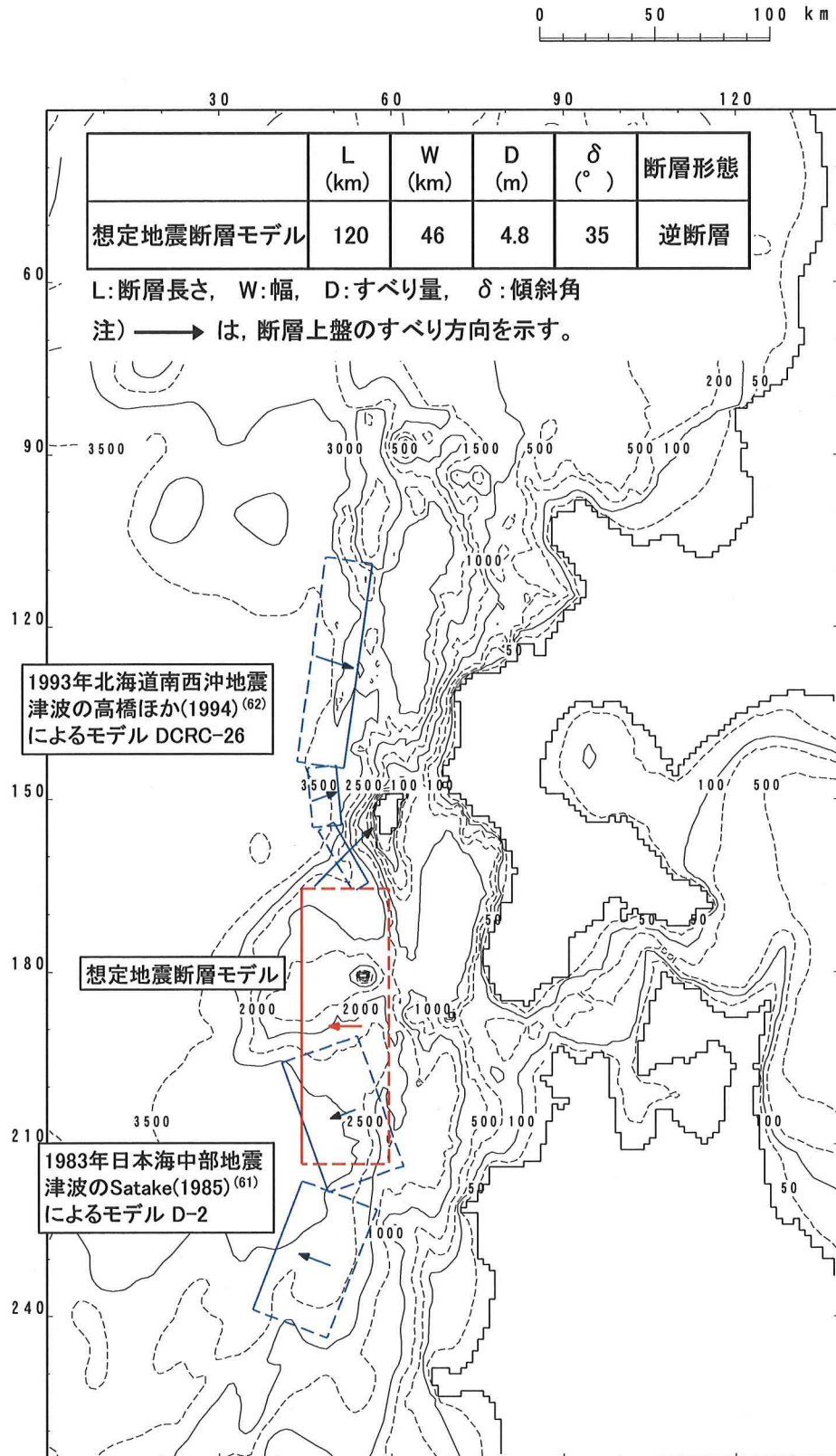
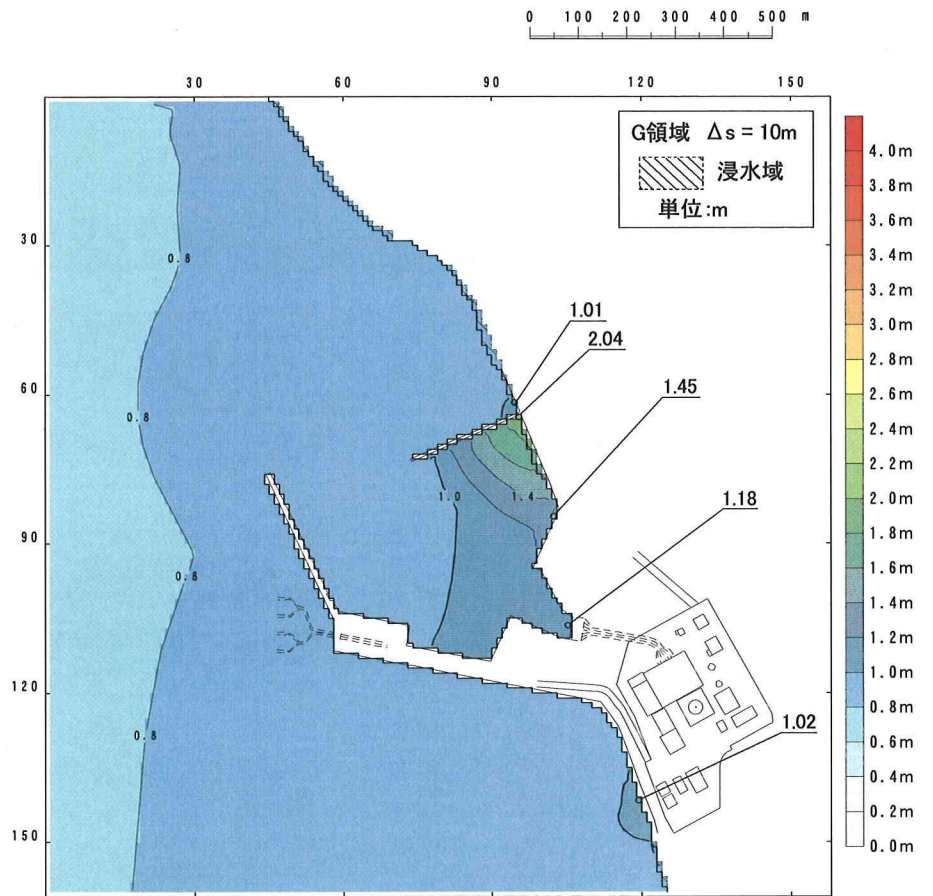


図-41 日本海側の想定地震断層の位置

最大水位上昇量



最大水位下降量

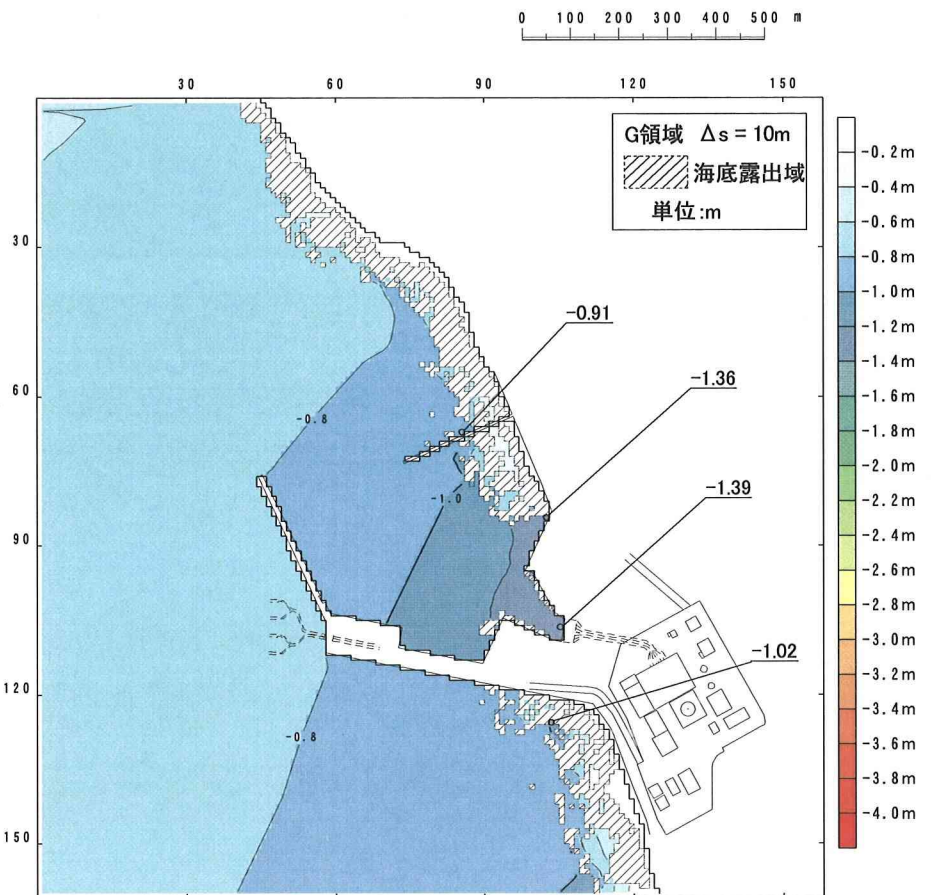


図-42 最大水位上昇量及び下降量の分布（太平洋側，G2-1）

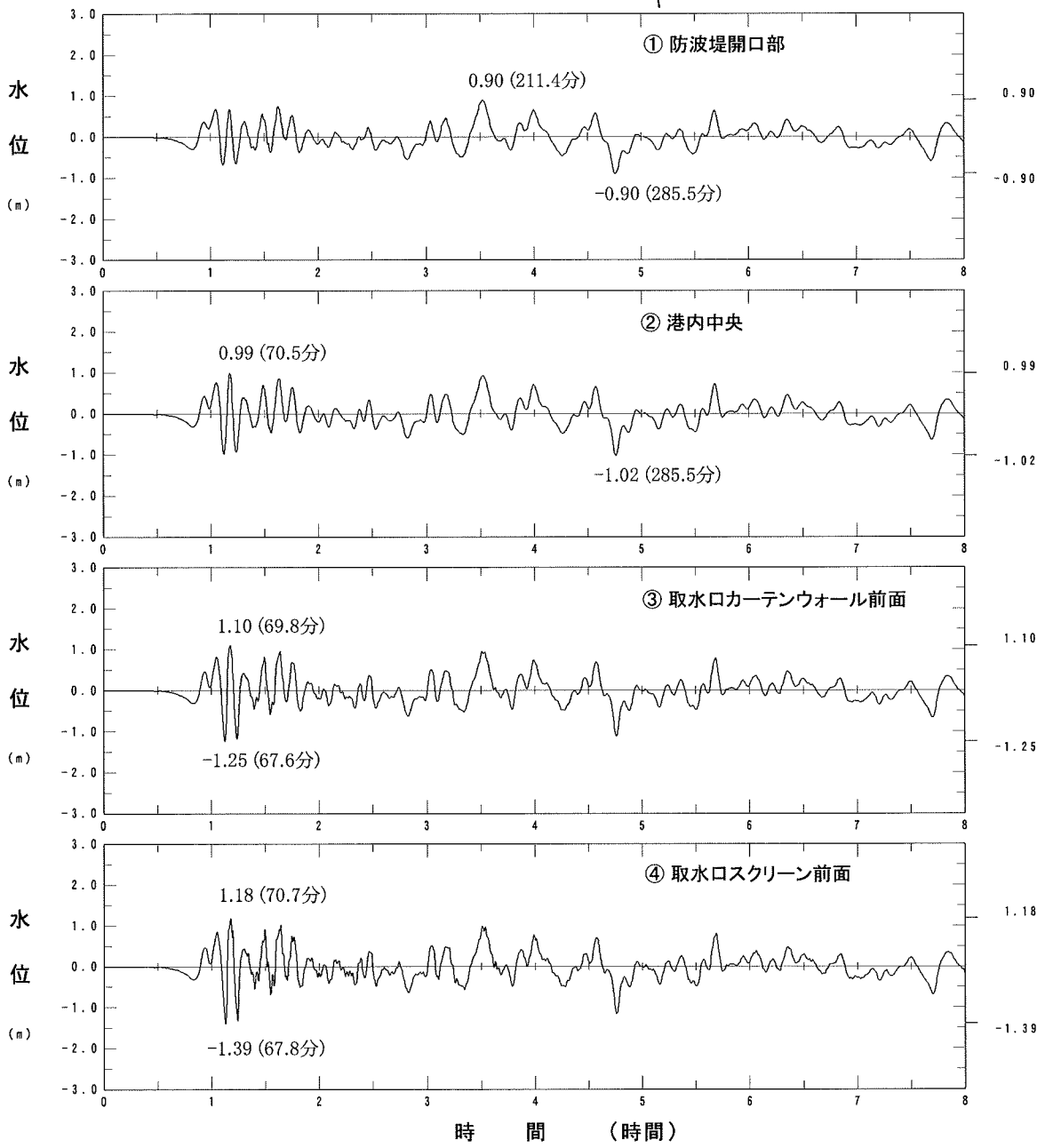
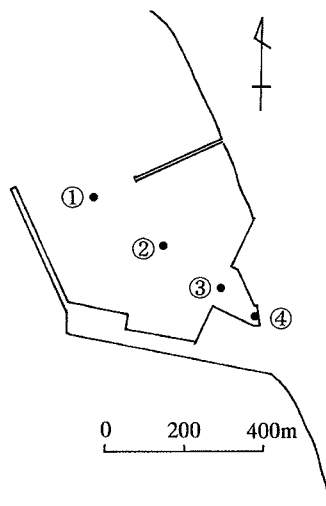
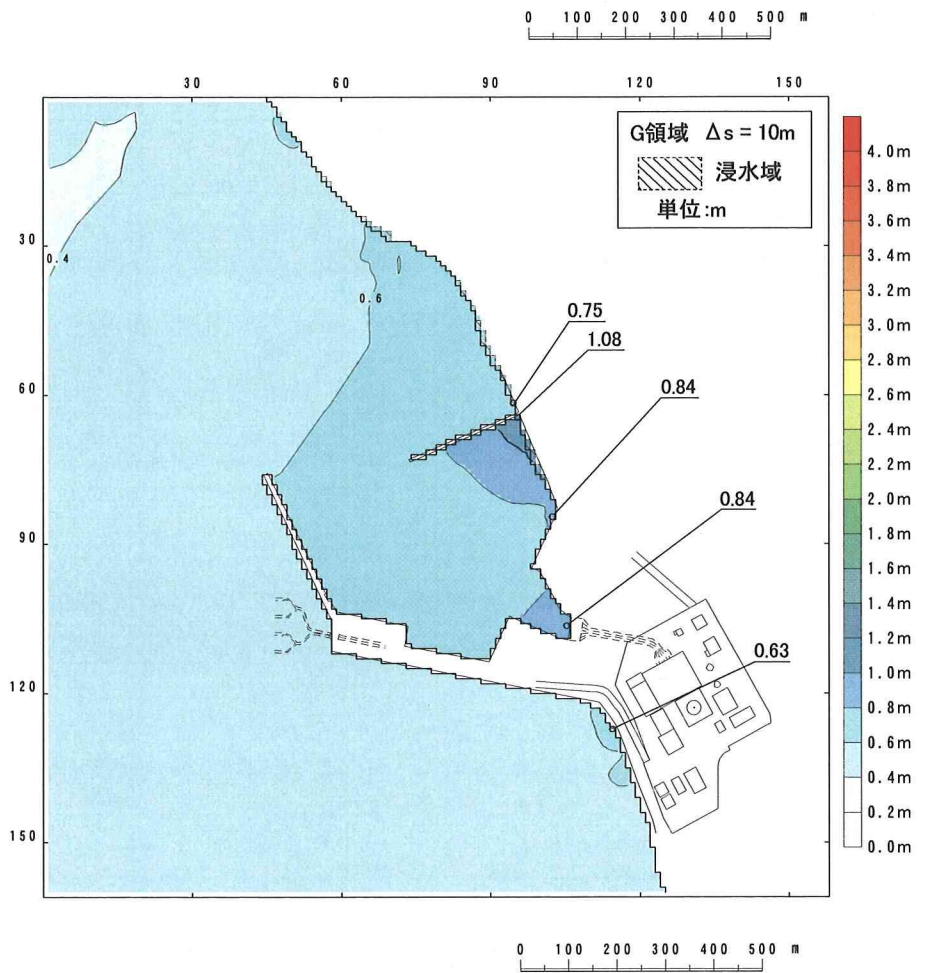


図-43 水位時間波形 (太平洋側, G2-1)

最大水位上昇量



最大水位下降量

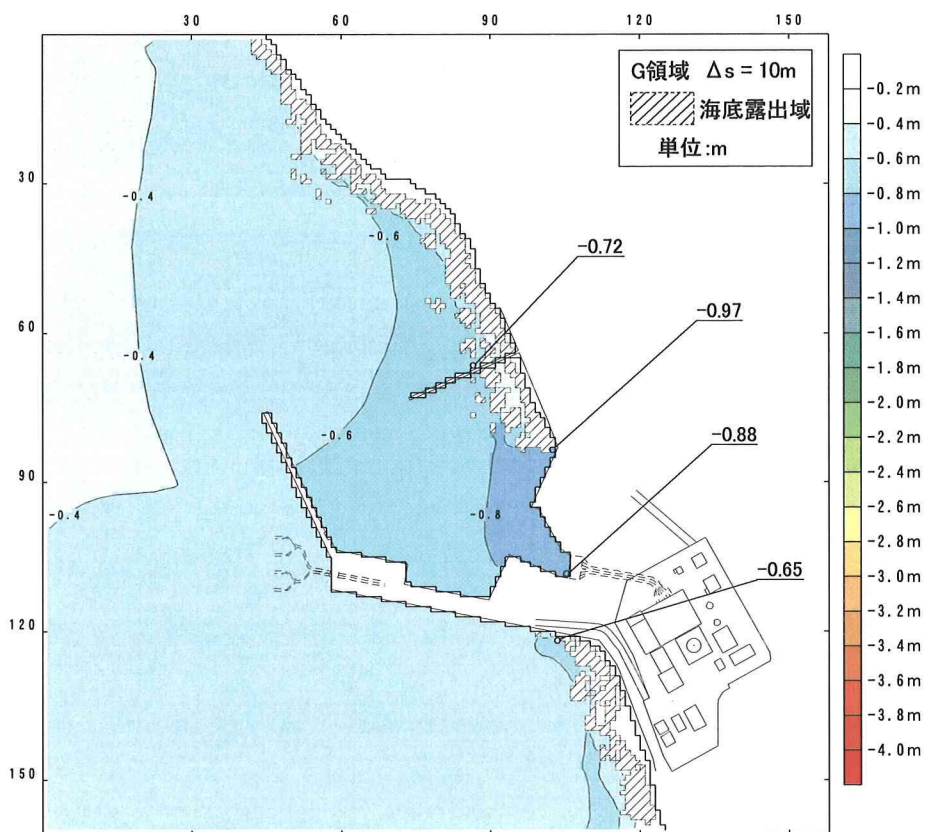


図-44 最大水位上昇量及び下降量の分布 (太平洋側, G2-2)

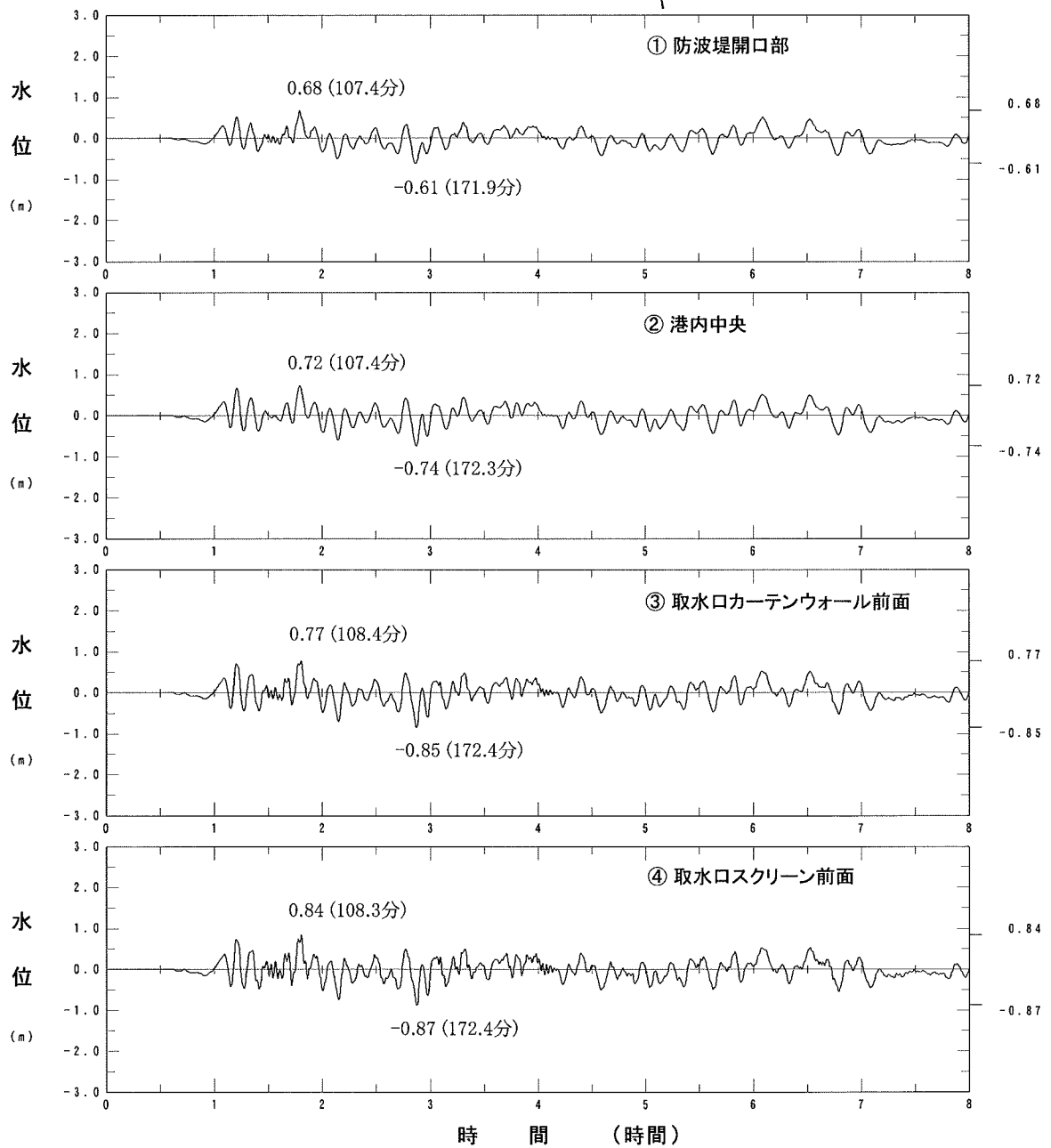
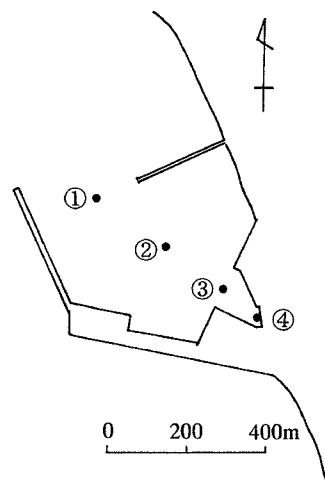
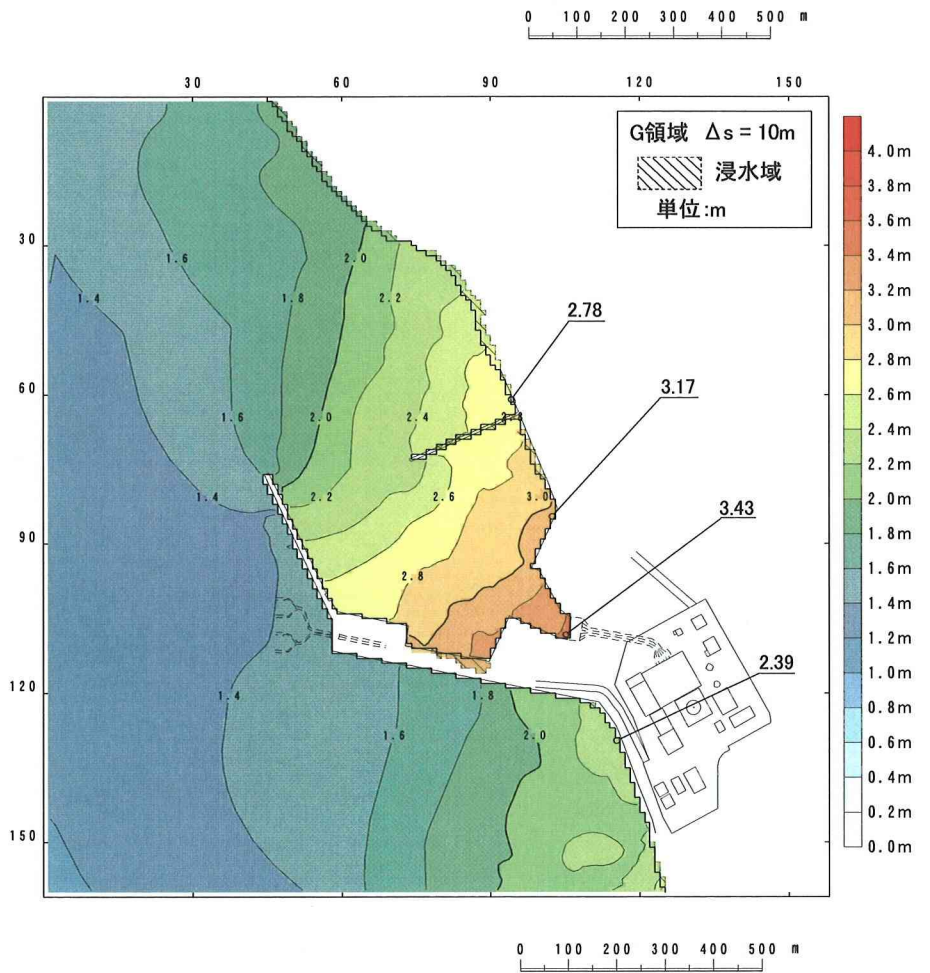


図-45 水位時間波形 (太平洋側, G2-2)

最大水位上昇量



最大水位下降量

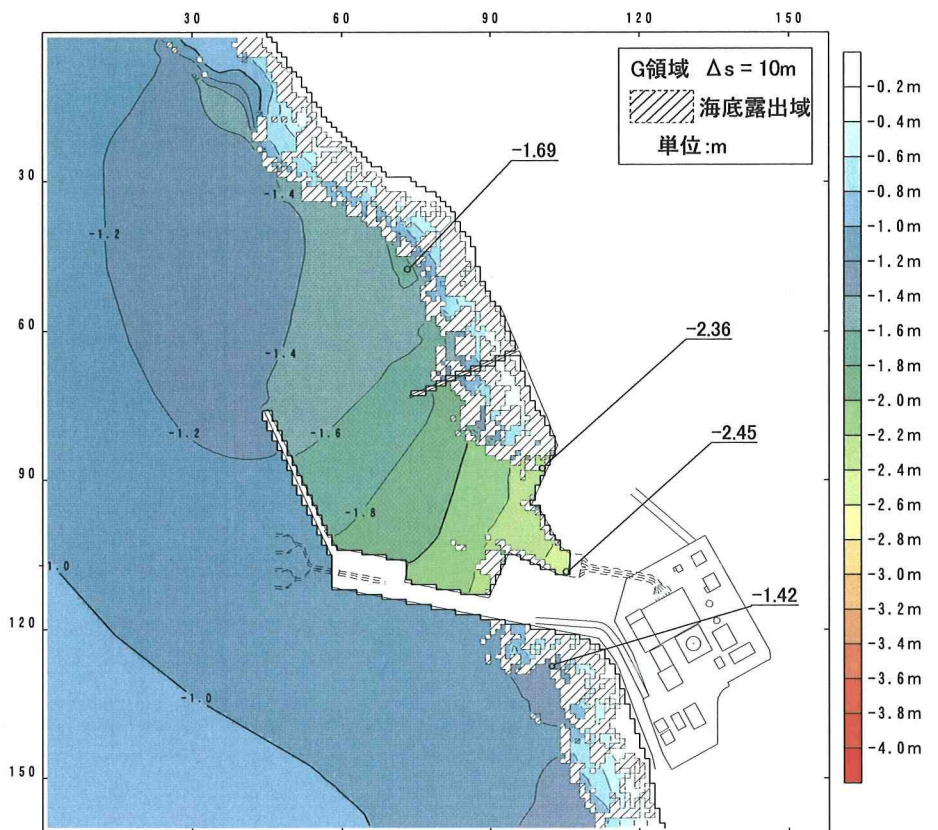


図-46 最大水位上昇量及び下降量の分布（日本海側）

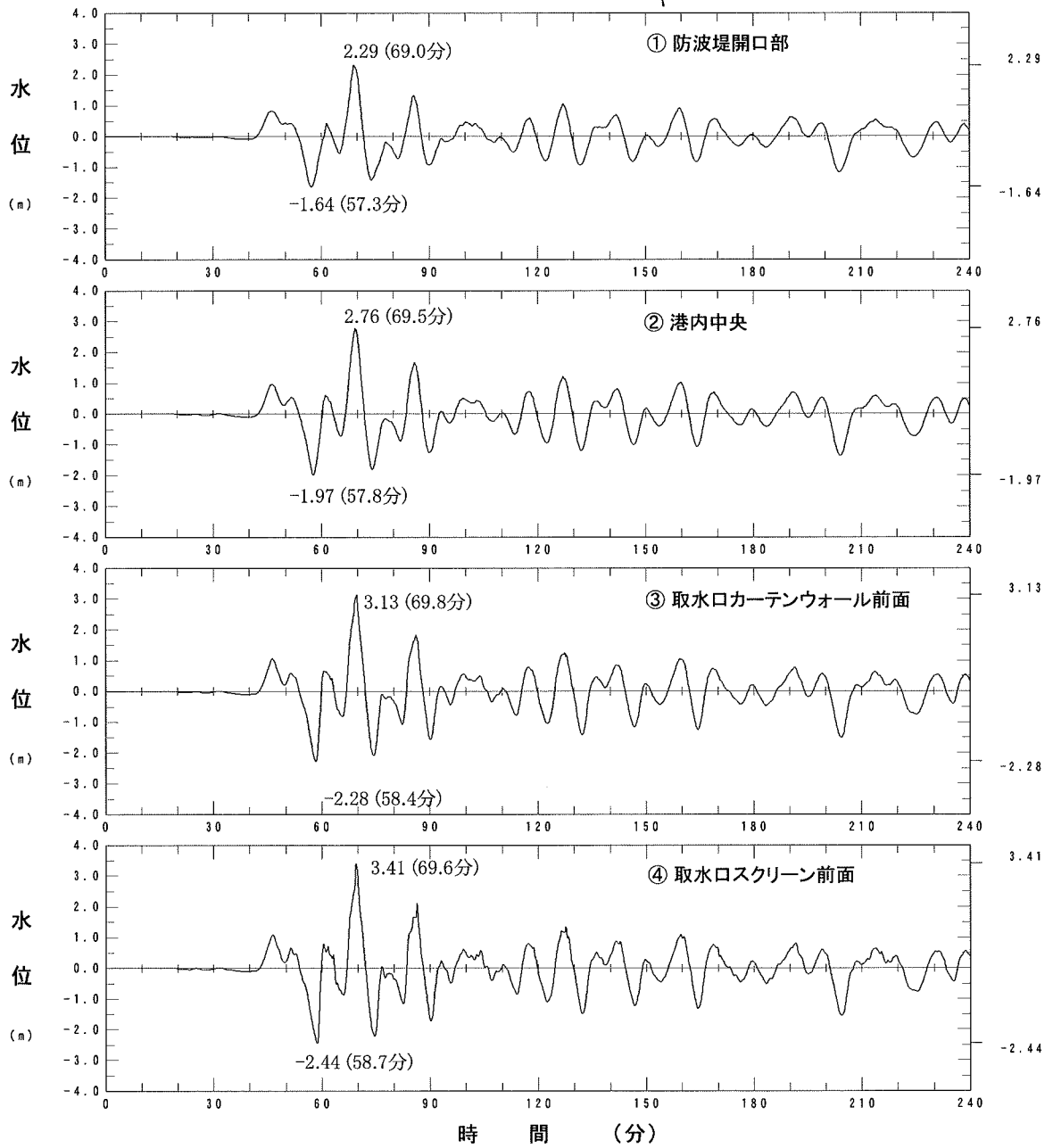
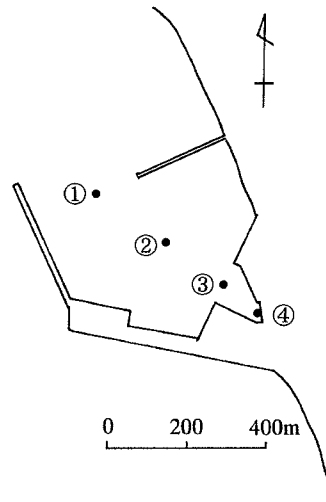


図-47 水位時間波形 (日本海側)

6. 津波に対する安全性の評価

6.1 津波水位の評価

以上の検討結果から、敷地における最高水位を与える津波は、土木学会(2002)⁽¹⁾を参考に日本海東縁部に波源を設定したケースで、最大水位上昇量は約3.8mであり、津波水位(上昇側)は、朔望平均満潮位(T.P.+0.63m)を考慮するとT.P.+4.4m程度、また、周期は7~10分程度であるとしている。

また、取水口スクリーン前面における最低水位を与える津波は、土木学会(2002)⁽¹⁾を参考にチリ沖に波源を設定したケースで、最大水位下降量は約3.5mであり、津波水位(下降側)は、朔望平均干潮位(T.P.-0.29m)を考慮するとT.P.-3.8m程度、また、周期は140~150分程度であるとしている。

6.2 津波に対する安全性の評価

想定津波による水位変動に対する原子炉施設の安全性について、数値シミュレーションの結果を考慮して、以下のとおり検討している。

数値シミュレーションにより得られた既往津波及び想定津波の水位と設備の設置高との関係を図-48に、発電所の一般配置を図-49に、取水設備の概要を図-50に、また、原子炉補機冷却海水ポンプ等の設置標高を図-51に示す。

(1) 津波に対する敷地の安全性

数値シミュレーション結果によれば、敷地における最高水位は、土木学会(2002)⁽¹⁾を参考に日本海東縁部に波源を設定したケースで、朔望平均満潮位を考慮するとT.P.+4.4m程度となっている。

原子炉施設は、図-49 に示すとおり、T.P.+12.0mの敷地に設置することから、原子炉施設が津波による被害を受けるおそれはないとしている。

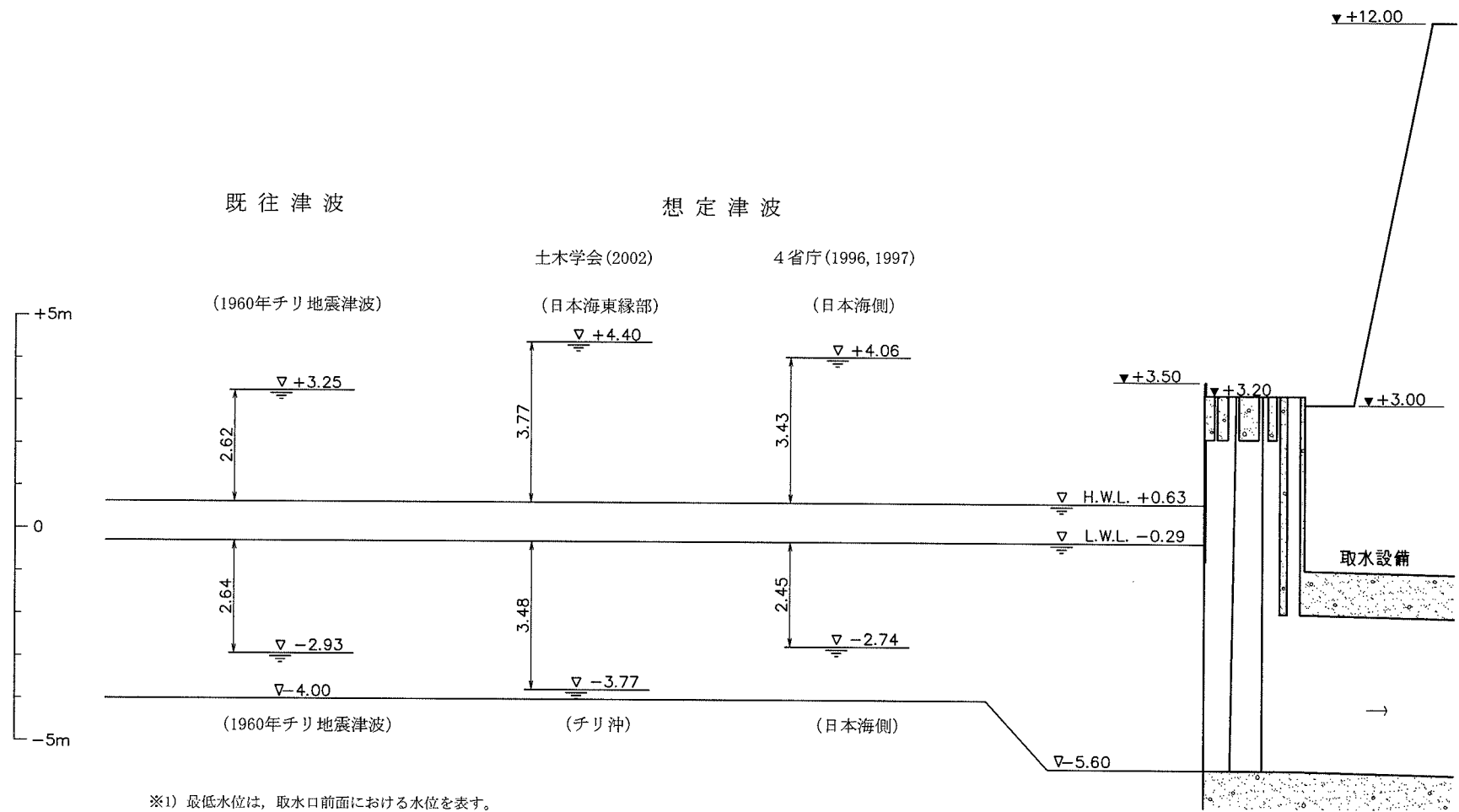
(2) 津波に対する取水の安全性

数値シミュレーション結果によれば、取水口スクリーン前面における最低水位は、土木学会(2002)⁽¹⁾を参考にチリ沖に波源を設定したケースで、朔望平均干潮位を考慮するとT.P.-3.8m程度となっている。

取水口スクリーン前面の敷高は、図-50 に示すとおり、T.P.-4.0mであることから、津波により水位が低下した場合でも原子炉補機冷却系の海水を取水することは可能であるとしている。

なお、図-51 に示すとおり、原子炉補機冷却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を施すため、建屋内に海水が漏れることはないとしている。

図-48 想定津波の水位と設備の設置高との関係



※1) 最低水位は、取水口前面における水位を表す。
 ※2) 潮位及び構造物の標高は、東京湾平均海面(T.P.)を表す。

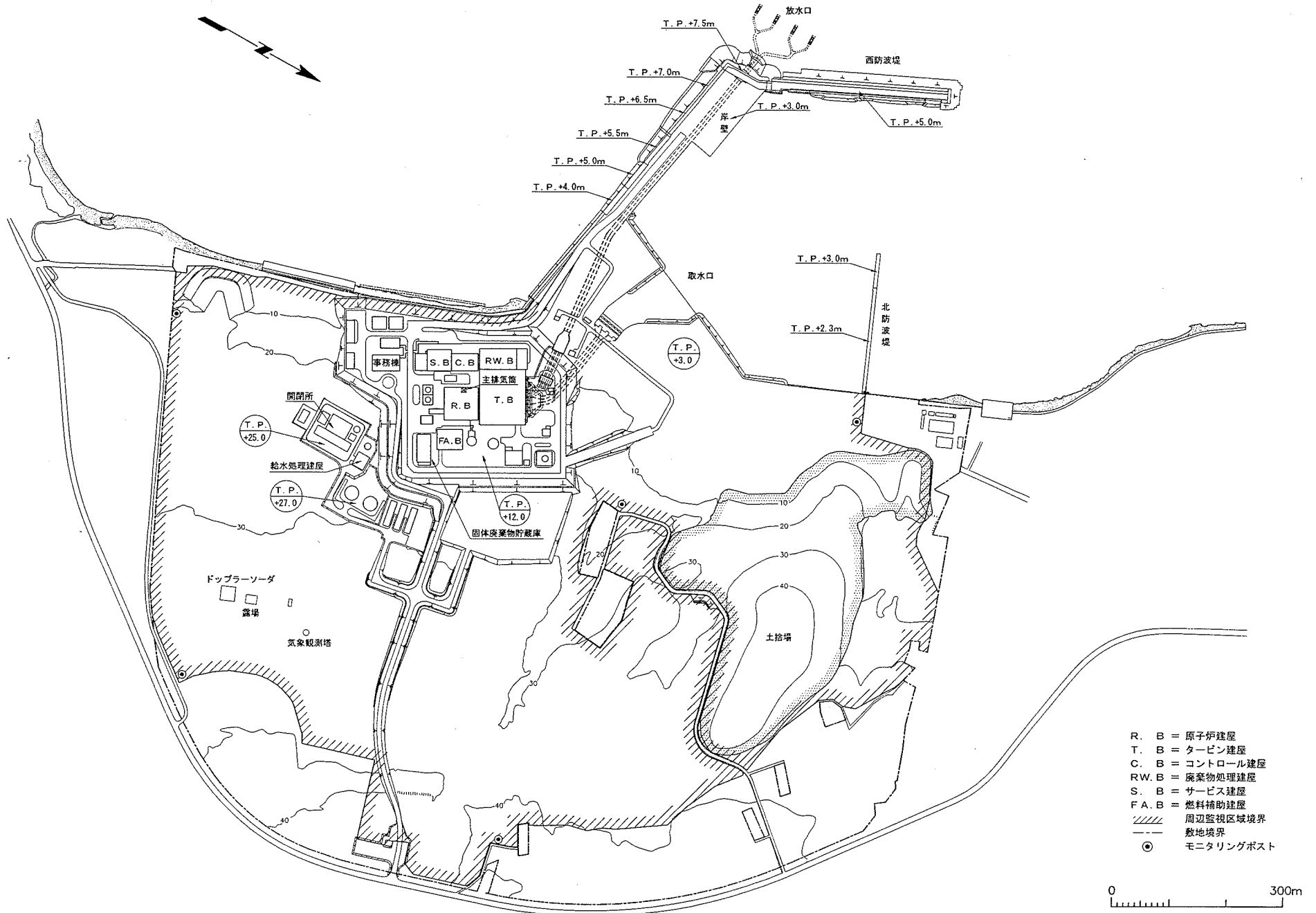


図-49 発電所一般配置図

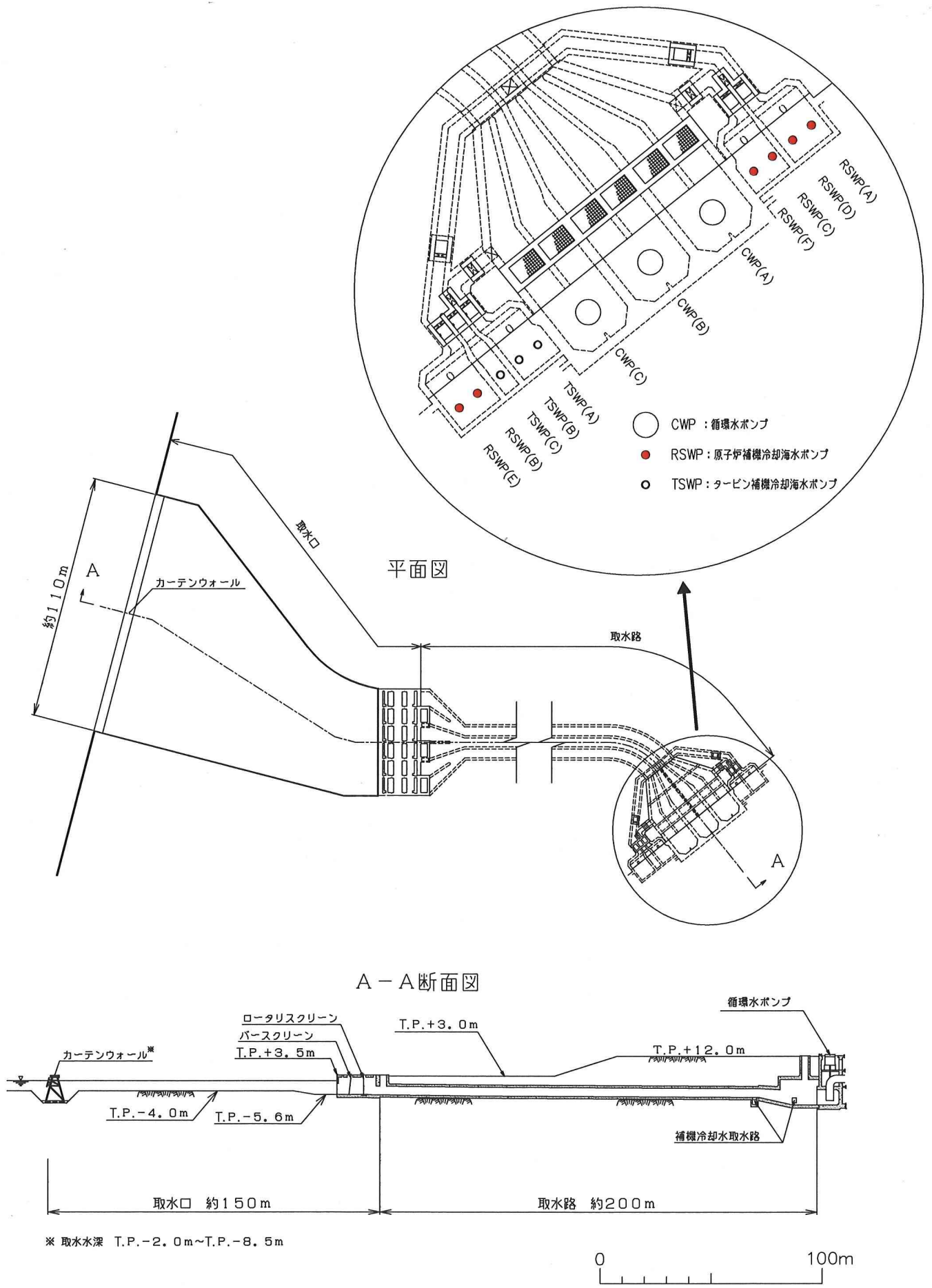


図-50 取水路概要図

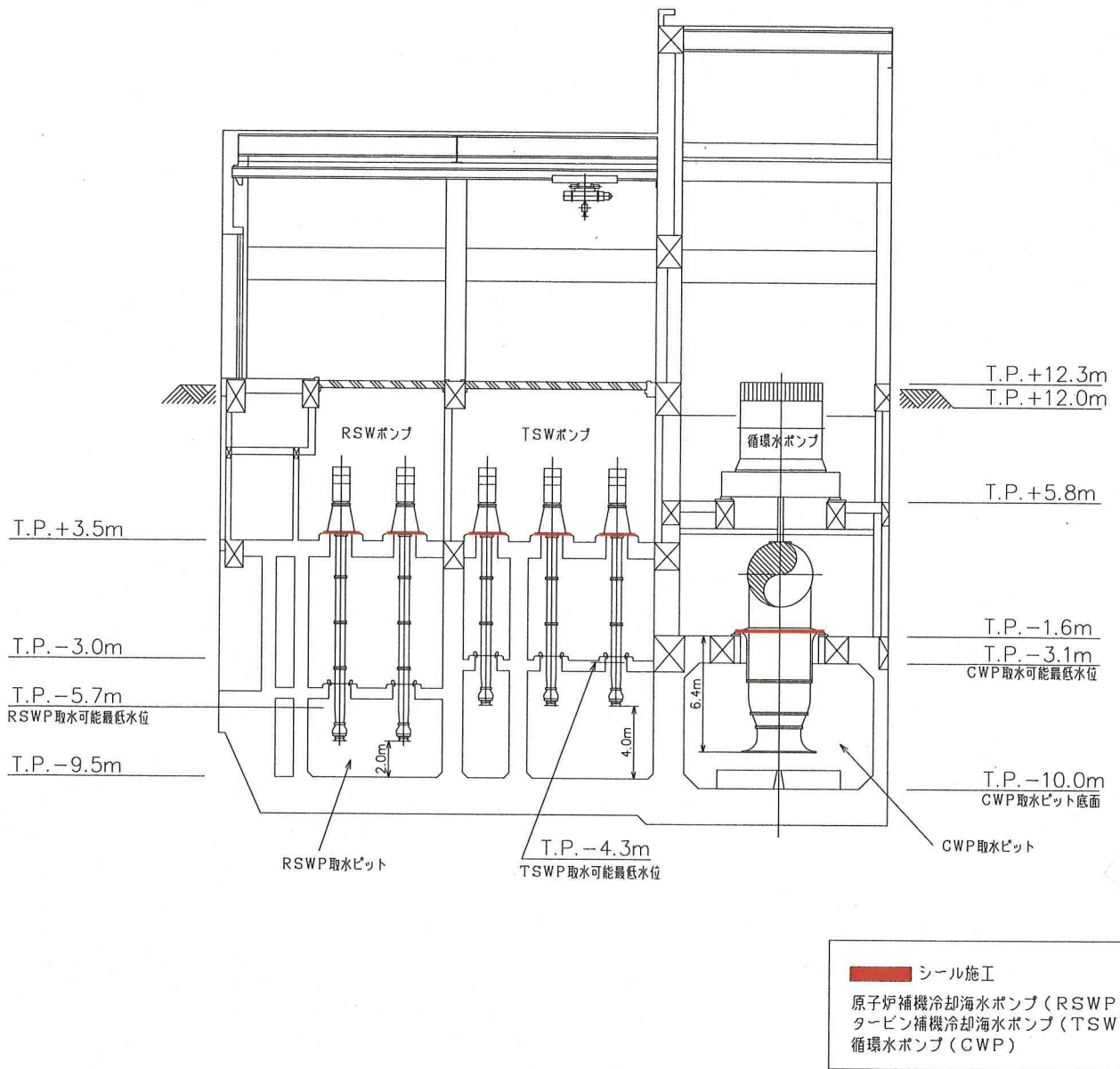


図-51 原子炉補機冷却海水ポンプ等の設置標高

7. 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) 宇佐美龍夫(2003)：最新版 日本被害地震総覧 [416] - 2001, 東京大学出版会, 605p.
- (3) 渡辺偉夫(1998)：日本被害津波総覧【第2版】, 東京大学出版会, 238p.
- (4) 渡辺偉夫(1985)：日本被害津波総覧, 東京大学出版会, 206p.
- (5) 国立天文台編(2004)：理科年表 平成17年, 丸善, 1015p.
- (6) 宇津徳治(1982)：日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 57, pp. 401-463.
- (7) Abe, K. (1979)：Size of great earthquakes of 1837-1974 inferred from tsunami data, J. Geophys. Res., Vol. 84, No. B4, pp. 1561-1568.
- (8) 阿部勝征(1988)：津波マグニチュードによる日本付近の地震津波の定量化, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 63, pp. 289-303.
- (9) 阿部勝征 (1999)：遡上高を用いた津波マグニチュード M_t の決定—歴史津波への応用—, 地震第2輯, 第52巻, pp. 369 - 377.
- (10) 羽鳥徳太郎(1984)：日本海の歴史津波, 月刊海洋科学, Vol. 16, pp. 538-545.
- (11) 羽鳥徳太郎(1989)：日本沿岸における遠地津波のエネルギー分布, 地震第2輯, 第42巻, pp. 467-473.
- (12) 羽鳥徳太郎(1975)：三陸沖歴史津波の規模と推定波源域, 東京大学地

震研究所彙報, Vol.50, pp.397-414.

- (13) 羽鳥徳太郎 (1987) : 寛政5年(1793)宮城県沖地震における震度・津波分布, 東京大学地震研究所彙報, Vol.62, pp.297-309.
- (14) 羽鳥徳太郎(1973) : 安政3年(1856年8月23日)八戸沖津波の規模と波源域の推定, 地震第2輯, 第26巻, pp.204-205.
- (15) 宇佐美龍夫・史料編さん所(1978) : 江戸時代における三陸地方の地震活動, 東京大学地震研究所彙報, Vol.53, pp.379-406.
- (16) 中央気象台(1933) : 昭和八年三月三日三陸沖強震及津浪報告, 驗震時報, 第7巻, 2号別刷, 260p.
- (17) 地震研究所(1934) : 昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告, 東京帝国大学地震研究所彙報別冊, 第1号.
- (18) 松尾春雄(1933) : 三陸津浪調査報告, 内務省土木研究所報告, 第24号, pp.83-112.
- (19) 松尾春雄(1934) : 三陸津浪調査報告(追加), 内務省土木研究所報告, 第27号, pp.93-94.
- (20) 岸力(1969) : 1968年十勝沖地震調査報告 津波 -北海道東北沿岸-, 1968年十勝沖地震調査委員会編「1968年十勝沖地震調査報告」, pp.207-256.
- (21) 相田勇(1977) : 三陸沖の古い津波の数値シミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, pp.71-101.
- (22) 阿部壽・菅野喜貞・千釜章(1990) : 仙台平野における貞観11年(869

- 年) 三陸津波の痕跡高の推定, 地震第2輯, 第43巻, pp.513-525.
- (23) 羽鳥徳太郎・片山通子(1977) : 日本海沿岸における歴史津波の挙動とその波源域, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, pp.49-70.
- (24) 羽鳥徳太郎 (1979) : 北海道の歴史津波, 月刊海洋科学, Vol.11, No.1, pp.13-22.
- (25) 羽鳥徳太郎(1984) : 北海道渡島沖津波 (1741年) の挙動の再検討—1983年日本海中部地震津波との比較—, 東京大学地震研究所彙報, Vol.59, pp.115-125.
- (26) 都司嘉宣・西畑剛・佐藤貴史・佐藤一敏 (2002) : 寛保元年 (1741) 渡島大島噴火津波による北海道沿岸での浸水高さ, 月刊海洋, 号外 No.28, pp.15-44.
- (27) 今村文彦・松本智裕(1998) : 1741年渡島大島火山津波の痕跡調査, 津波工学研究報告, 第15号, pp.85-105.
- (28) 今村文彦・大窪慈生・伴一彦・高岡一章・三宮明・山木滋・小林英次 (2002) : 『津軽藩御国日記』の追加による寛保渡島沖津波 (1741) の詳細調査, 歴史地震, 第18号, pp.166-175.
- (29) 羽鳥徳太郎(1990) : 天保4年 (1833) 山形沖地震とその津波の規模, 地震第2輯, 第43巻, pp.227-232.
- (30) 東北大学工学部津波防災実験所(1984) : 昭和58年5月26日日本海中部地震津波に関する論文及び調査報告, 東北大学工学部津波防災実験所研究報告, 第1号, 267p.

- (31) 気象庁 (1984) : 昭和 58 年 (1983 年) 日本海中部地震調査報告—災害時自然現象報告書—, 気象庁技術報告, 第 106 号, 254p.
- (32) 東北大学工学部災害制御研究センター(1994) : 1993 年北海道南西沖地震津波の痕跡高調査資料, 津波工学研究報告, 第 11 号, 第 2 編, 120p.
- (33) 気象庁 (1995) : 平成 5 年 (1993) 北海道南西沖地震調査報告—災害時自然現象報告書—, 気象庁技術報告, 第 117 号, 281p.
- (34) 羽鳥徳太郎(1994) : 1993 年北海道南西沖地震津波の規模および波源域, 地震第 2 輯, 第 47 卷, pp. 1-9.
- (35) 阿部勝征・吉田康宏・井出哲 (1994) : 1993 年北海道南西沖地震と津波の地震学的考察, 文部省科学研究費突発災害調査研究成果 平成 5 年北海道南西沖地震・津波とその被害に関する調査研究, pp. 51-58.
- (36) 阿部勝征(1997) : 地震・地殻変動, 1993 年北海道南西沖地震震害調査報告, 土木学会, pp. 6-18.
- (37) 中央气象台 (1953) : 昭和 27 年 11 月カムチャツカ地震調査報告, 驗震時報, 第 18 卷, 第 1 号, pp. 1-48.
- (38) Hatori, T. (1982) : Wave magnitudes of the Kurile-Kamchatka Tsunami, 地震研究所彙報, Vol. 57, pp. 687-699.
- (39) チリ津波合同調査班(1961) : 1960 年 5 月 24 日チリ地震津波に関する論文及び報告, 丸善, 397p.
- (40) 気象庁(1961) : 昭和 35 年 5 月 24 日チリ地震津波調査報告, 気象庁技術報告, 第 8 号, 389p.

- (41) Abe, K. (1981) : Physical size of tsunamigenic earthquakes of the northwestern Pacific, Phys. Earth Planet. Interiors, Vol. 27, pp. 194-205.
- (42) 阿部勝征(1989) : 地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 64, pp. 51-69.
- (43) 佐藤良輔編著(1989) : 日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会, 390p.
- (44) 宇津徳治総編集, 嶋悦三・吉井敏剋・山科健一郎編(1987) : 地震の事典, 朝倉書店, 568p.
- (45) 活断層研究会編(1991) : [新編] 日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会, 437p.
- (46) 松田時彦(1975) : 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震第2輯, 第28巻, pp. 269-283.
- (47) 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. 221-228.
- (48) Kanamori, H. (1977) : The energy release in great earthquakes, J. Geophys. Res., Vol. 82, No. 20, pp. 2981-2987.
- (49) 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.
- (50) 後藤智明・佐藤一央(1993) : 三陸沿岸を対象とした津波数値計算シス

- テムの開発, 港湾技術研究所報告, 第32巻, 第2号, pp.3-44.
- (51) 伴一彦・高岡一章・山木滋(2001) : 数値シミュレーションによる1741年(寛保元年)津波の波源モデルに関する考察, 津波工学研究報告, 第18号, pp.131-140.
- (52) 相田勇(1986) : 津波波源の推定, 水工学シリーズ 86-B-2, 土木学会水理委員会, pp.1-17.
- (53) Kanamori, H. and Cipar, J.J. (1974) : Focal process of the great Chilean earthquake May 22, 1960, Phys. Earth Planet. Interiors, Vol.9, pp.128-136.
- (54) 高岡一章・伴一彦・山木滋(2001) : 数値シミュレーションによる遠地津波予報の可能性—1960年チリ地震津波の例—, 津波工学研究報告, 第18号, pp.113-130.
- (55) Mansinha, L. and Smylie, D.E. (1971) : The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- (56) 河田恵昭・小池信昭・嘉戸重仁・井上雅夫(1998) : わが国沿岸部における遠地津波の伝播特性について, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.336-340.
- (57) National Oceanic and Atmospheric Administration / National Geophysical Data Center (1994) : 5-minute global DTM (TerrainBase).
- (58) 萩原尊禮編 (1991) : 日本列島の地震—地震工学と地震地体構造—, 鹿

- 島出版会, 215p.
- (59) 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.
- (60) 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.
- (61) Satake, K. (1985) : The mechanism of the 1983 Japan Sea earthquake as inferred from long-period surface waves and tsunamis, *Phys. Earth Planet. Interiors*, Vol.37, pp.249-260.
- (62) 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・Modesto Ortiz (1994) : 津波を説明するための北海道南西沖地震断層モデル, *海岸工学論文集*, 土木学会, 第41巻, pp.251-255.
- (63) 海上保安庁水路部(1980) : 大陸棚の海の基本図「北海道」第6311号.
- (64) 海上保安庁水路部(1980) : 大陸棚の海の基本図「東北日本」第6312号.
- (65) 海上保安庁水路部(1995) : 大陸棚の海の基本図「奥尻島付近」第6658号.
- (66) 海上保安庁水路部(1995) : 大陸棚の海の基本図「男鹿半島西方」第6659号.
- (67) 海上保安庁水路部(1973) : 沿岸の海の基本図「尻屋埼北東方」第6372号².
- (68) 海上保安庁水路部(1998) : 沿岸の海の基本図「尻屋埼」第6372号³.
- (69) 海上保安庁水路部(1996) : 海図「津軽海峡」No.10.
- (70) 海上保安庁水路部(1989) : 海図「陸奥湾」No.143.