

電源開発株式会社  
大間原子力発電所

津波の検討

—津波来襲時の砂による取水設備への影響—

平成17年1月  
原子力発電安全審査課

## 目 次

1. 検討目的	1
2. 敷地前面海域における砂の分布状況	2
3. 数値シミュレーションによる検討	3
3.1 計算手法と条件	3
3.2 対象津波の選定	4
3.3 検討結果	5
4. 評価	6
5. 参考文献	7

## 1. 検討目的

申請者は、敷地前面の海域の砂の分布は一部に限られるため津波による砂の移動量は少ないと推定しているが、念のため数値シミュレーションを行い、津波来襲時に移動し取水設備へ影響を与える砂の有無について検討を行う。

## 2. 敷地前面海域における砂の分布状況

大間原子力発電所環境影響評価書（平成11年9月，電源開発株）では、敷地前面の海域における漂砂について、「調査海域には、大規模な漂砂の供給源となるような河川はなく、また沿岸部は、ほとんどが岩や礫からなり、海岸変形が問題となる漂砂現象は認められない。」とされている。

また、環境影響評価書では、図-1に示した「海底土質図」が記載されているとともに、敷地前面の海域における海底の表層の土質について、「調査海域の海底の表層の土質は、沖合1 km程度までは概ね岩、その沖合は礫となっている。」とされている。

（環境影響評価書の通商産業大臣による確定通知日：平成11年9月17日）

図-1に示すとおり、敷地前面の海域の砂の分布は一部の範囲に限られ、港湾付近では、北防波堤の先端付近及び西防波堤の北方沖側に分布している。

### 3. 数値シミュレーションによる検討

津波による砂移動の数値シミュレーションにより、津波来襲時の砂の移動について、以下のとおり検討している。

#### 3.1 解析手法と条件

数値シミュレーションは、高橋ほか(1992)<sup>(1)</sup>の手法に基づき、津波の挙動とそれに伴う砂移動を同時に計算し、その結果変化した地形を用いて次のステップの流れと水位を計算している。数値シミュレーションのフローを図-2に示す。

流砂量公式としては、高橋ほか(1992)<sup>(1)</sup>に従い、掃流砂と浮遊砂を加えた全流砂量を対象とする Brown 式に Manning 則による海底摩擦力を与えた次式を用いている。

$$Q_s = \frac{u_*^5}{(\sigma/\rho - 1)^2 g^2 d} \frac{10}{d}$$

$$u_* = \sqrt{\tau/\rho} \quad \tau = \rho g n^2 \sqrt{u^2 + v^2} u / D^{1/3}$$

ここに、 $Q_s$  : 流砂量  $D$  : 全水深  $u, v$  :  $x, y$  方向の流速

$n$  : Manning の粗度係数 (0.03 とした。)

$\rho$  : 水の密度 (海水として 1.03 とした。)

$\sigma$  : 砂の比重 (底質調査等より 2.77 とした。)

$d$  : 砂の粒径 (底質調査等より 0.485mm とした。)

また、砂の連続式としては、局所的な底面勾配を考慮した渡辺ほか(1984)<sup>(2)</sup>による次式を用いている。

$$\frac{\partial Z_B}{\partial t} = -\frac{1}{1-\lambda} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( Q_x - \varepsilon_s |Q_x| \frac{\partial Z_B}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( Q_y - \varepsilon_s |Q_y| \frac{\partial Z_B}{\partial y} \right) \right]$$

ここに、 $z_B$ ：基準面からの底面の高さ

$\varepsilon_s$ ：底面勾配の係数（田中ほか(1989)<sup>③</sup>に従い、2.0とした。）

$\lambda$ ：砂の空隙率（標準値として0.4とした。）

砂移動の数値シミュレーションの計算領域を図-3に示す。砂移動の検討範囲は、計算格子間隔約10mとし、図に示す領域としている。この領域の境界では、砂の出入りが自由な条件で計算を実施している。

また、図には砂の分布範囲及び砂層厚が示されており、敷地前面海域の砂の堆積量は、西防波堤沖で約19万 $m^3$ 、北防波堤周辺で約4万 $m^3$ であるとしている。

なお、岩礁及び構造物において移動可能な砂が存在しない場合には、高橋ほか(1993)<sup>④</sup>の条件を基に、流砂量を0とし、浸食を受けない条件としている。

### 3.2 対象津波の選定

数値シミュレーションの対象とする津波は、大間原子力発電所の「津波の検討」（04-大間設C-47）に基づき、流速が速いケースの代表として、土木学会(2002)<sup>⑤</sup>に基づき日本海東縁部に波源を設定した想定津波（04-大間設C-47、図-31参照）を選定している。

また、チリ沖の津波は周期が140～150分程度と長いことから、津波の継続時間が長いケースの代表として、チリ沖に波源を設定した想定津波（04-大間設C-47、図-34参照）についても検討を行っている。

### 3.3 検討結果

#### (1) 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

砂移動に伴う地形変化量, 最大侵食・堆積量, 最大流速, 最大水位変化量(上昇側, 下降側)の分布及び港湾内の各点における水位・流速・地形変化量の時系列変化を図-4に示す。

この結果より, 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波では, 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3,000m<sup>3</sup>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としている。

#### (2) チリ沖に想定される地震に伴う津波

砂移動に伴う地形変化量, 最大侵食・堆積量, 最大流速, 最大水位変化量(上昇側, 下降側)の分布及び港湾内の各点における水位・流速・地形変化量の時系列変化を図-5に示す。

この結果より, チリ沖に想定される地震に伴う津波では, 水位変動は大きく周期が140~150分程度と長いものの港湾内での最大流速が1.0m/s程度と小さいため, 港湾内においてはほとんど砂の侵食・堆積が認められず, 取水口及び取水口付近においても砂の侵食・堆積は認められないとしている。

#### 4. 評価

想定津波を対象とした砂移動の数値シミュレーションを実施した結果、取水口では浸食及び堆積は認められないことを確認したとしている。

このため、津波来襲時の砂による取水設備への影響はないと判断されることから、津波対策として港湾内に分布する砂を予め除去する必要はないとしている。

なお、図-6 に示すとおり、取水口カーテンウォール部に深さ約 4.5m、容量約 5,400m<sup>3</sup>の掘込部を設け、砂を堆積させることにより、取水設備に入る砂を抑制するとしている。

また、発電所運転開始後についても、実際に津波が来襲した際に砂が移動し原子炉補機冷却海水設備の取水に支障となる堆砂が認められた場合は、これらの砂を除去することにより取水の安全性を確保するとしている。

## 5. 参考文献

- (1) 高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫(1992)：土砂移動を伴う津波計算法の開発, 海岸工学論文集, 第 39 卷, pp. 231-235.
- (2) 渡辺晃・丸山康樹・清水隆夫・榊山勉(1984)：構造物設置に伴う三次元海浜変形の数値予測モデル, 第 31 回海岸工学講演会論文集, pp. 406-410.
- (3) 田中仁・吉竹豊尚・首藤伸夫(1989)：波・流れ共存場における底質分級の数値計算, 海岸工学論文集, 第 36 卷, pp. 264-268.
- (4) 高橋智幸・今村文彦・首藤伸夫(1993)：津波移動床モデルの適用性と再現性の検討, 海岸工学論文集, 第 40 卷, pp. 171-175.
- (5) 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.

調査者：電源開発(株)〔三洋水路測量(株)に委託〕  
 調査期間：昭和63年8月21日～10月3日  
 調査計器：サイドスキャンソナー

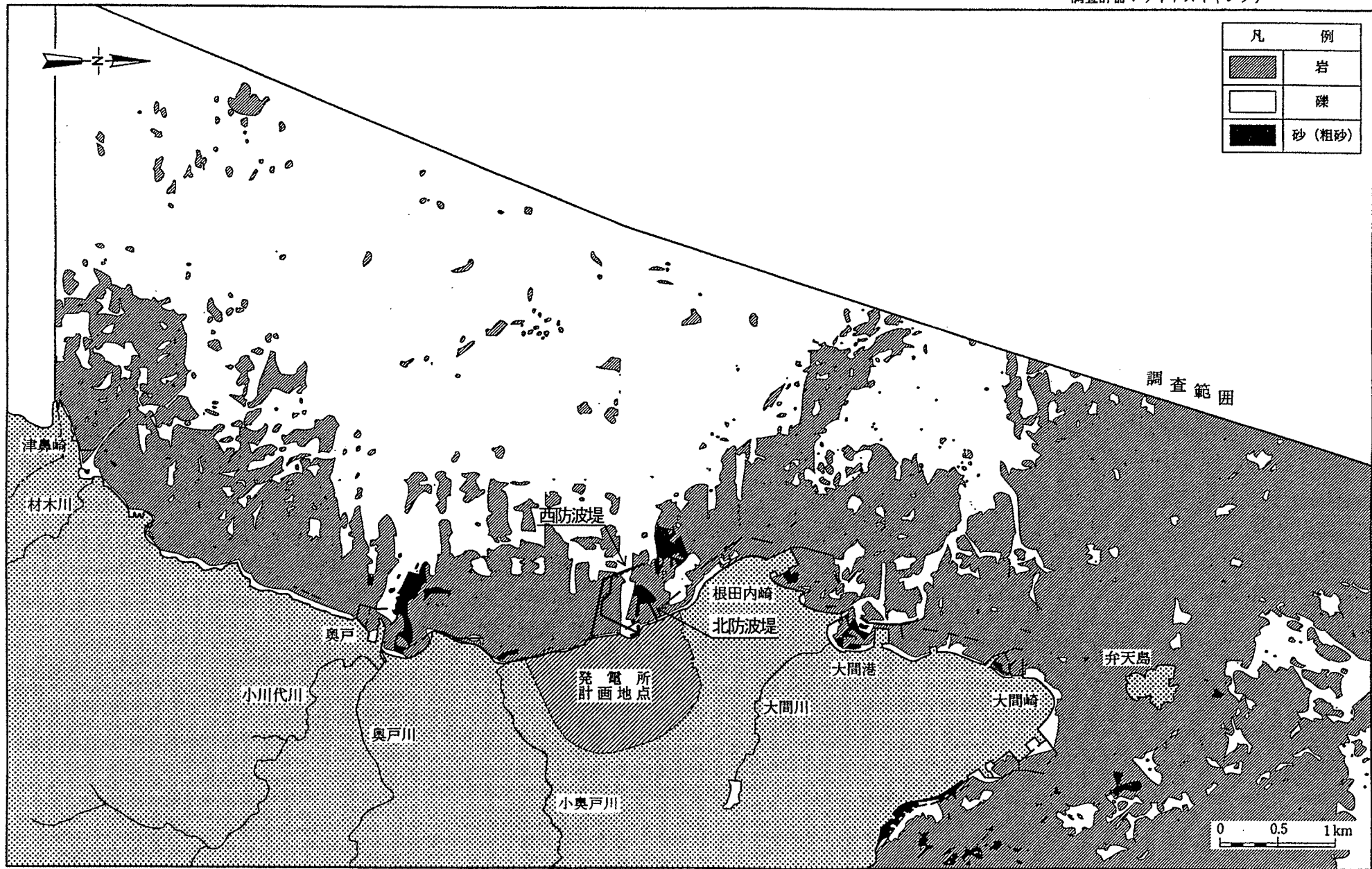


図-1 発電所計画地点周辺の海底土質

〔大間原子力発電所 環境影響評価書  
 平成11年9月〕に一部加筆

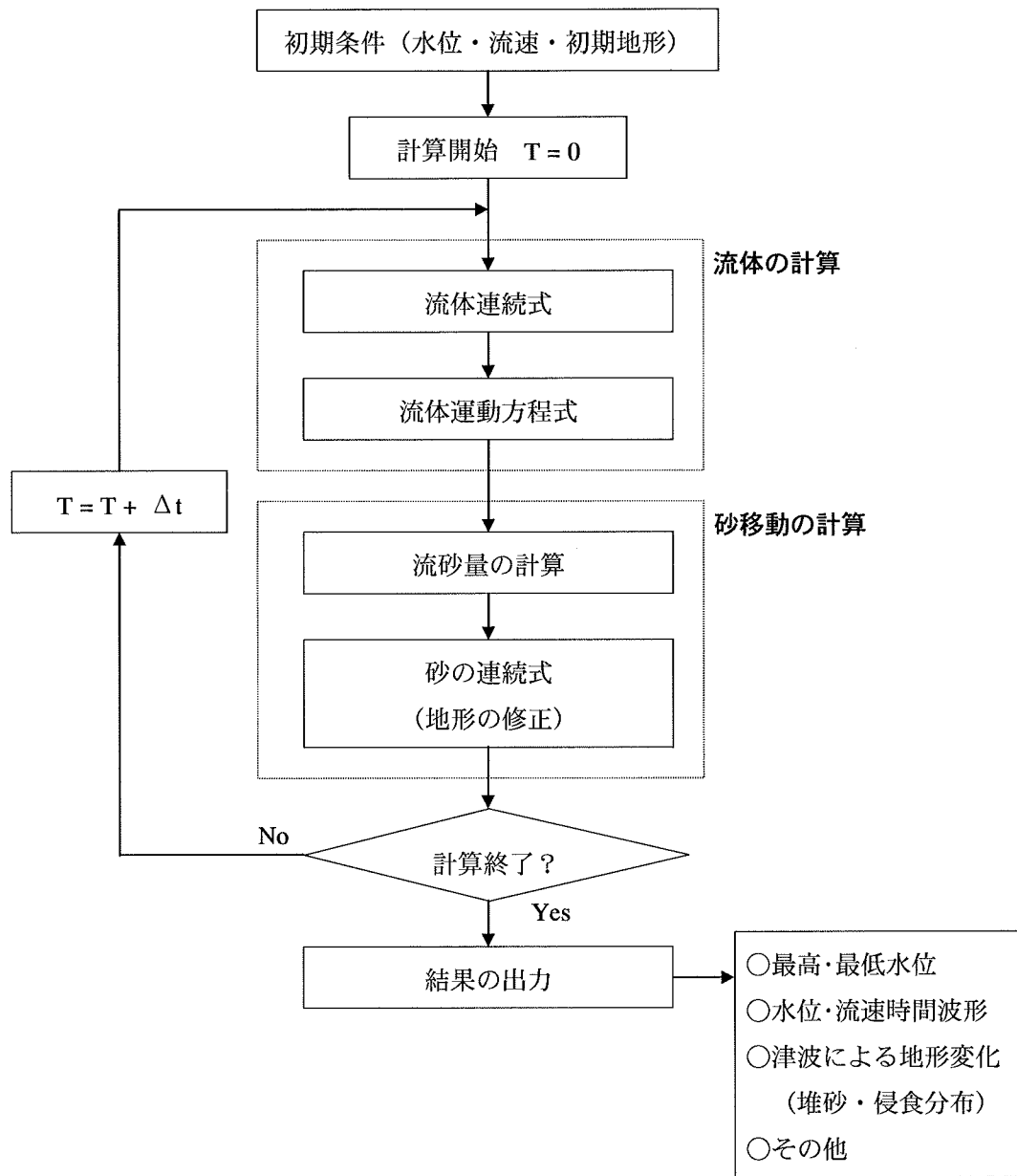


図-2 数値シミュレーションのフロー

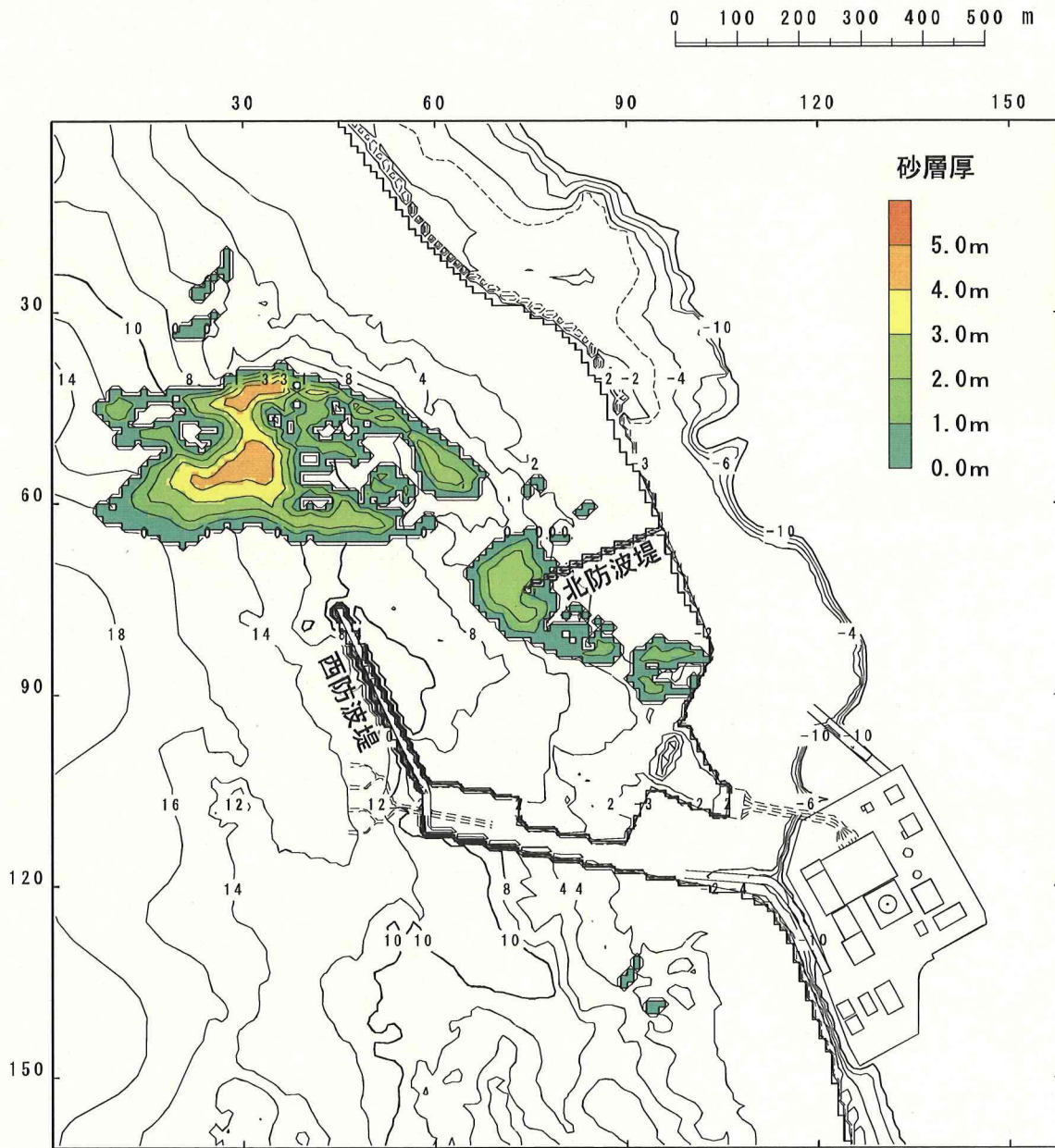


图-3 計算領域

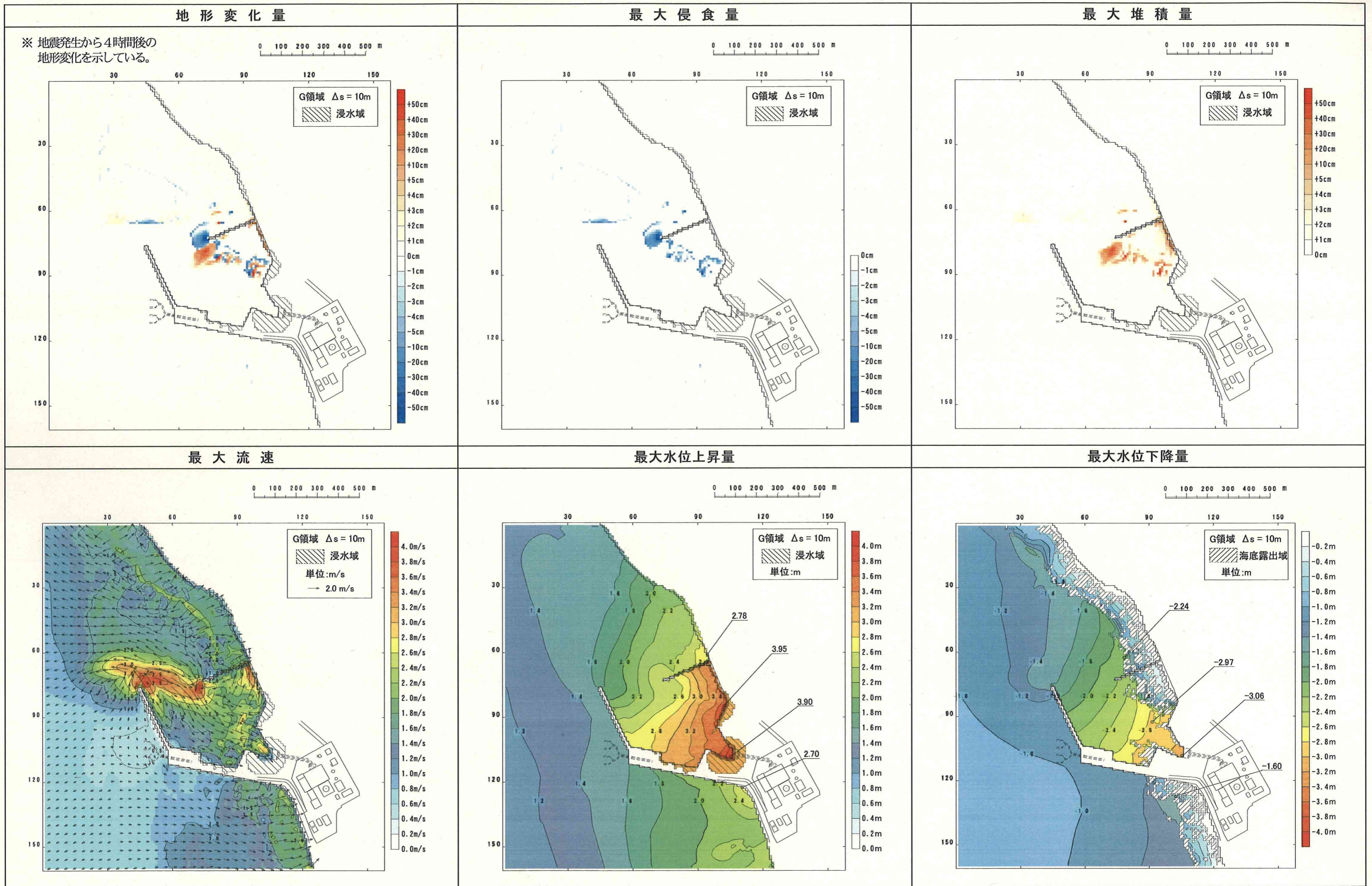


図-4(1) 砂移動の検討結果 (日本海東縁部)

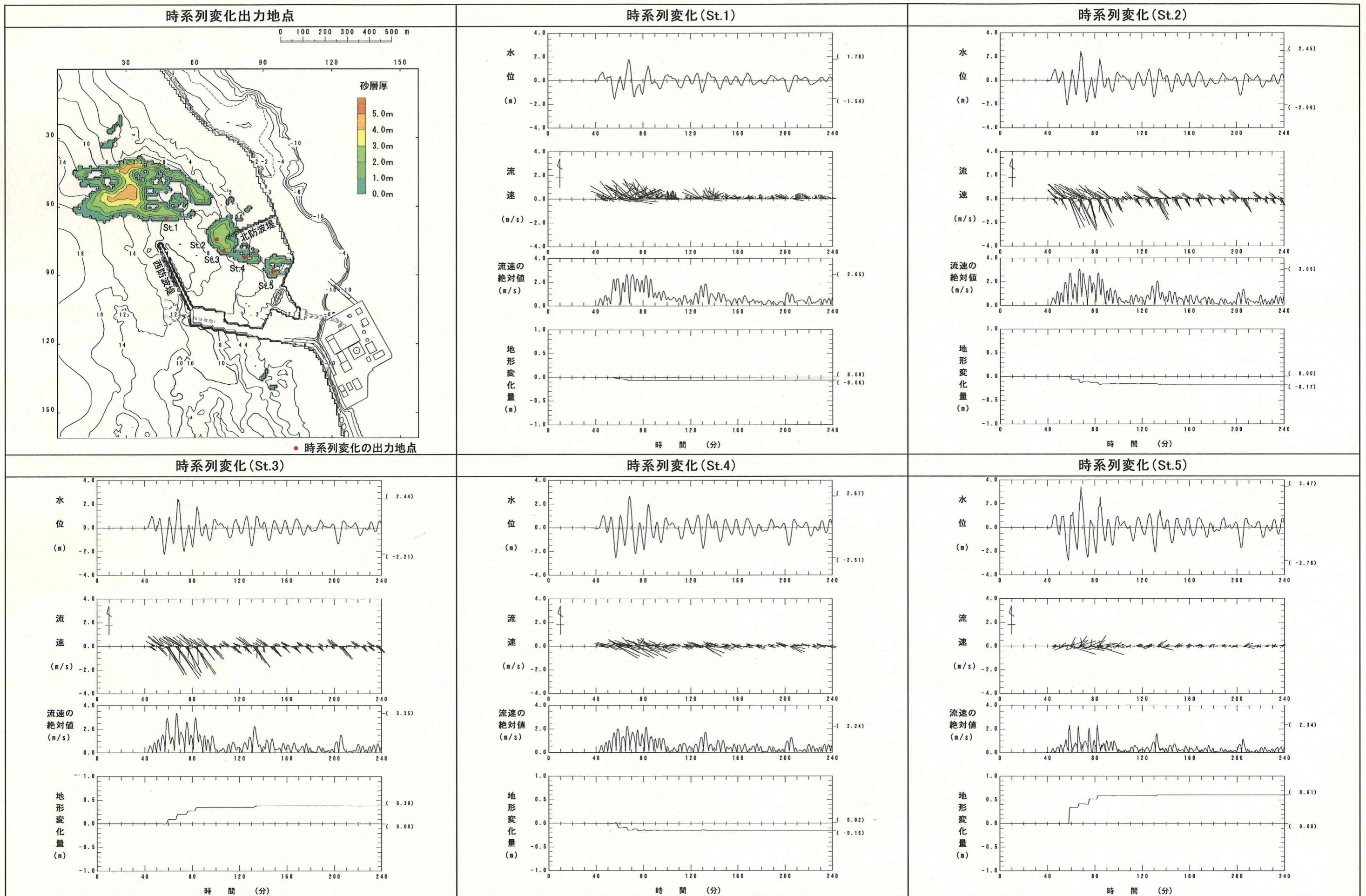


図-4(2) 砂移動の検討結果 (日本海東縁部)

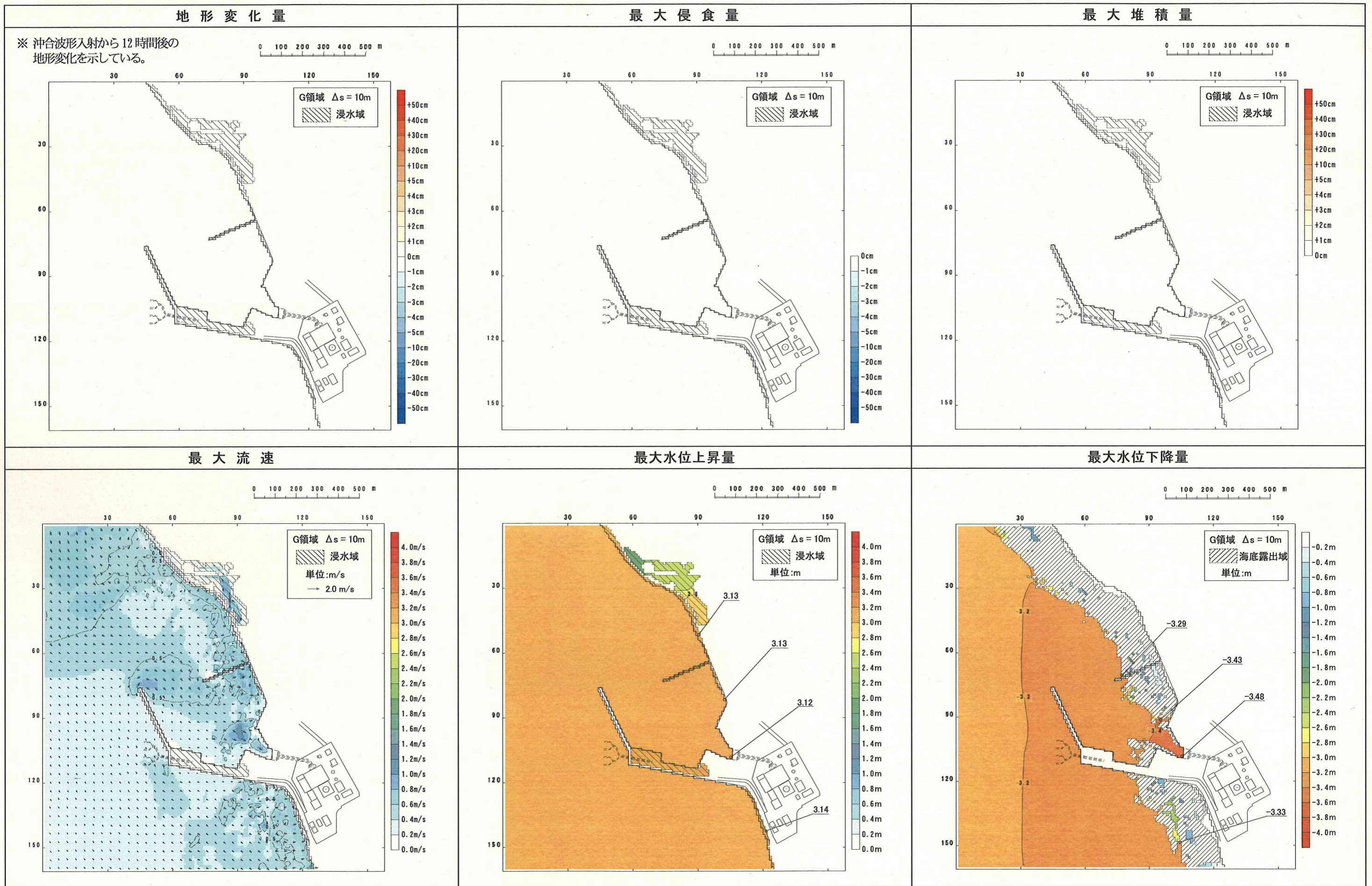


図-5(1) 砂移動の検討結果 (チリ沖)

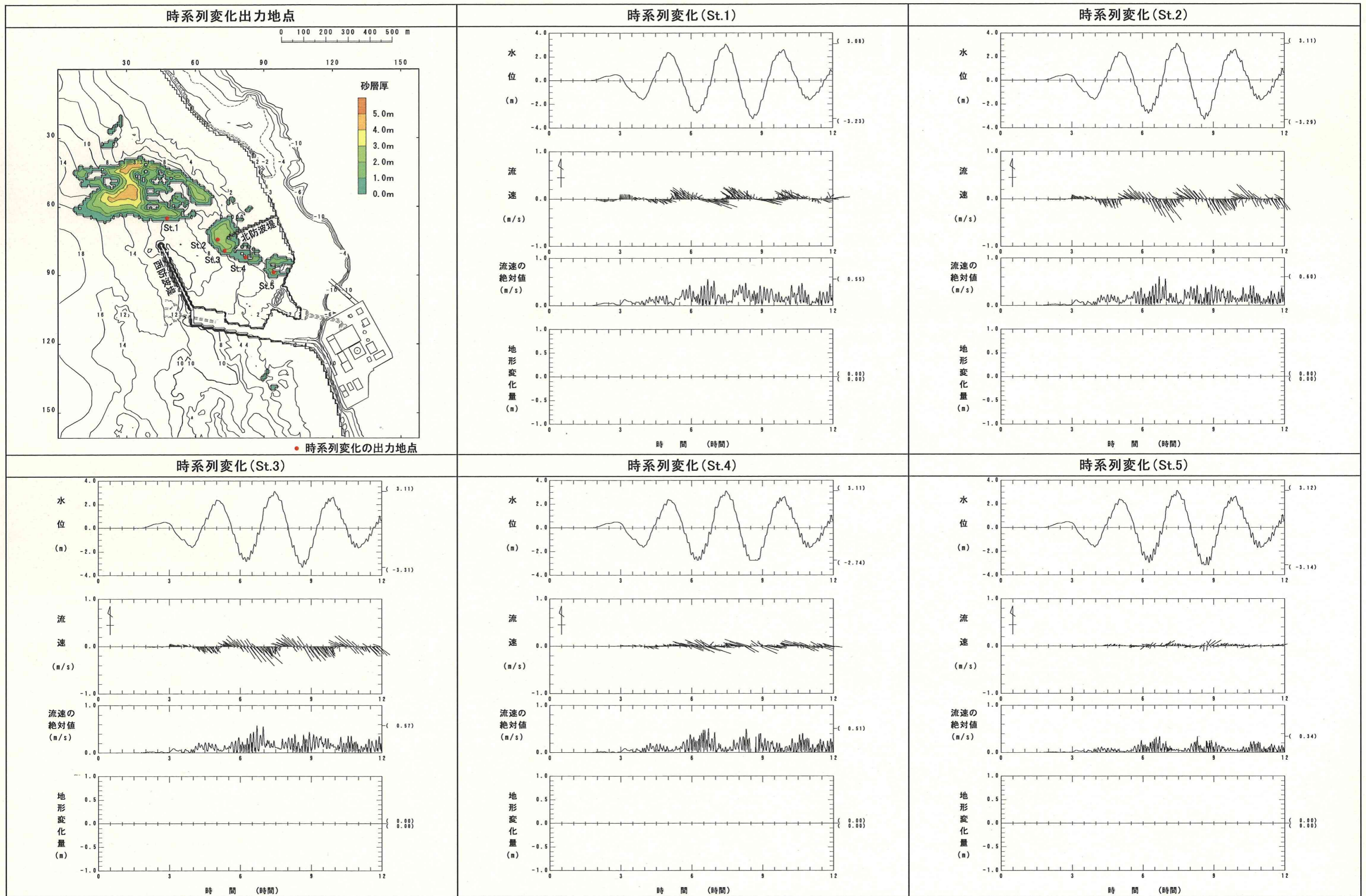


図-5(2) 砂移動の検討結果 (チリ沖)

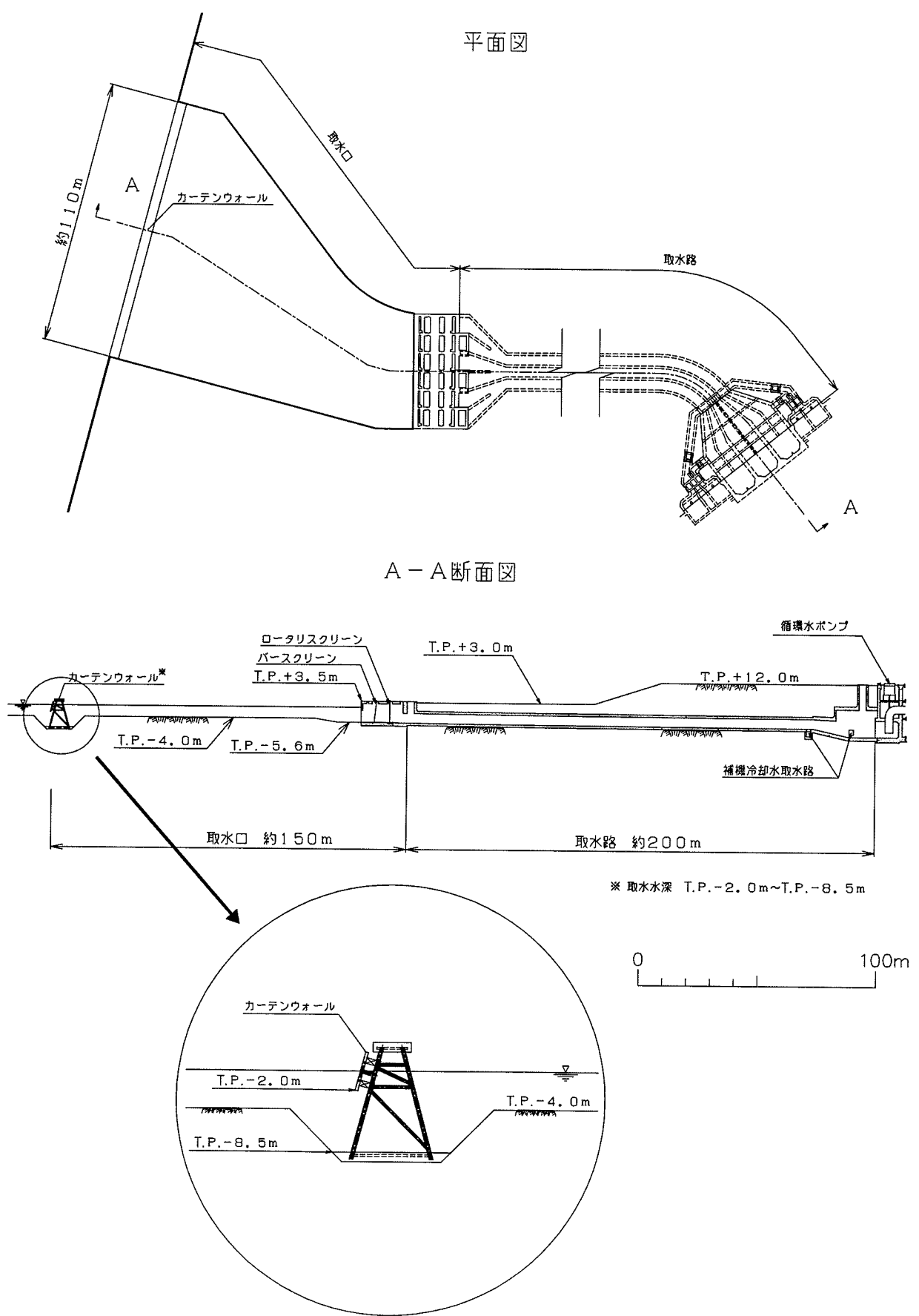


図-6 取水設備概要図