

平成 15 年度

中城湾港泡瀬地区環境保全・創造検討委員会
人工海浜専門部会

第 2 回人工海浜専門部会資料（海浜安定検討）

平成 16 年 2 月 16 日

内閣府沖縄総合事務局開発建設部
沖縄県土木建築部
沖縄市東部海浜開発局
(財)港湾空間高度化環境研究センター

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 1 . 汀線変化解析 (航空写真) | 1 |
| 2 . 1-Line モデル解析 (再現計算) | 6 |
| 3 . 1-Line モデル解析 (予測計算) | 12 |
| 鯨観図 | 17 |
| 地形変化差分図 | 21 |

1. 汀線変化解析（航空写真）

中城湾の泡瀬周辺海域の汀線変化変形を解析する上で航空写真を用いた解析は有効である。本調査では、航空写真を併用し、汀線変化の経年的な砂州変化解析を行う。航空写真の汀線解析結果は、1-Lineモデルによる汀線変化予測の再現対象として用いるものである。

また、航空写真を用いた解析は汀線のみならず、砂州の変形過程の検討にも有効である。

中城周辺のより多年度の航空写真および衛星画像を入手、汀線変化および砂州の経年的な砂州変化解析を行い、人工島建設が砂州の変形に及ぼす影響について検討を今後実施する。

（1）航空写真による汀線読み取り

対象とする航空写真のモザイク図を図-1.2～1.3に示す。このモザイク図より汀線の判読を行った。読み取った汀線は、各領域（図-1.1）に分割し沿岸方向に100m毎に汀線変化図を作成するものとした。汀線変化図を図-1.4,1.5に示す。

デジタル化の条件を下記に示す。

- ・ 航空写真では、評定点（国土地理院1/25,000地形図）を用意し、評定点を設定し、航空写真と地形図が一致するように重ね合わせる。
- ・ 衛星画像の座標系および地形図を基にして評定点を 2点設定した。
- ・ 航空写真および衛星画像の汀線をデジタル ザーにより読み取る。読み取りは基本的に100mピッチとした。

収集空中写真： 1977年 2003年



図 - 1.1 汀線変化図の作成領域

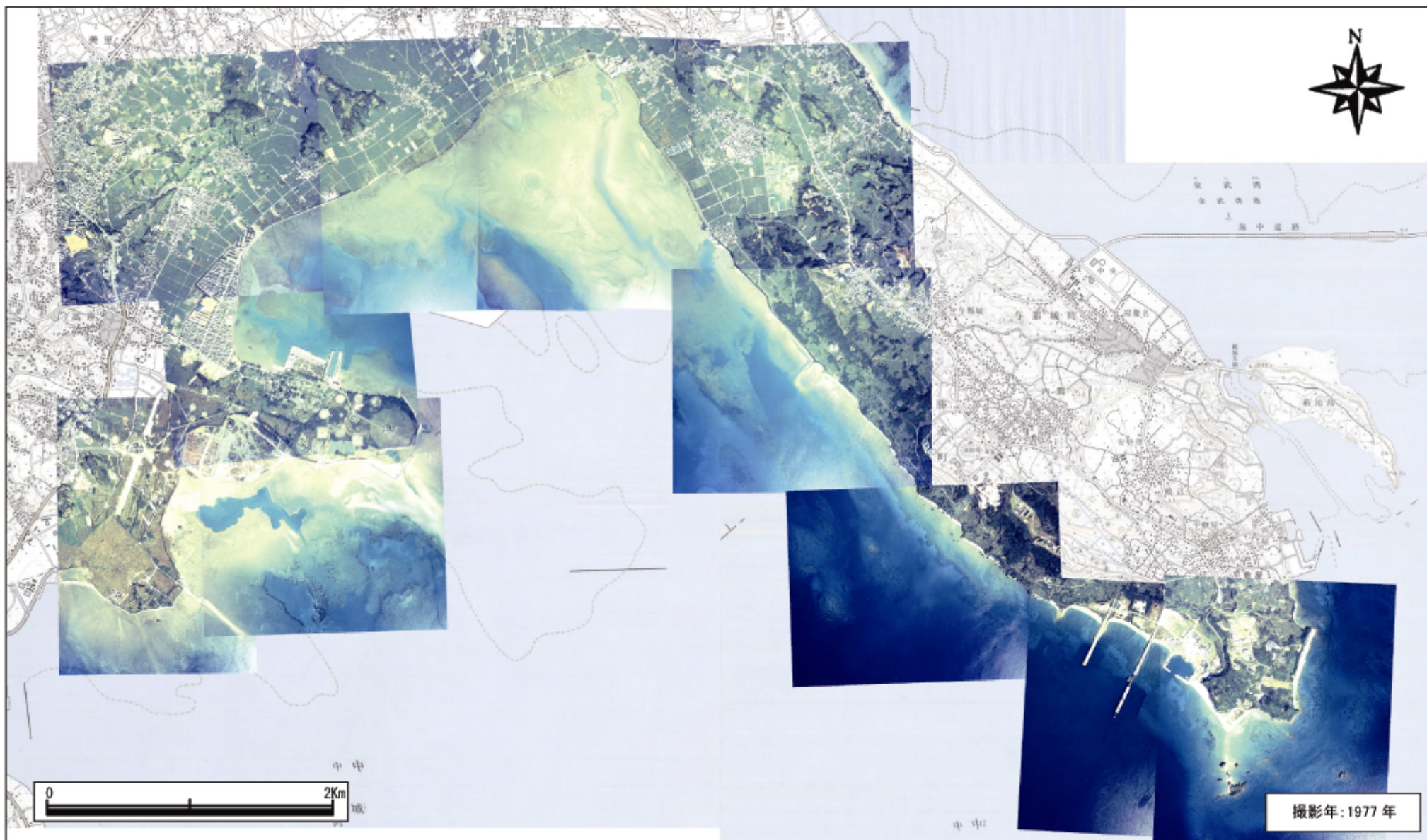


図 - 1.2 中城の空中写真モザイク図 (1977年)

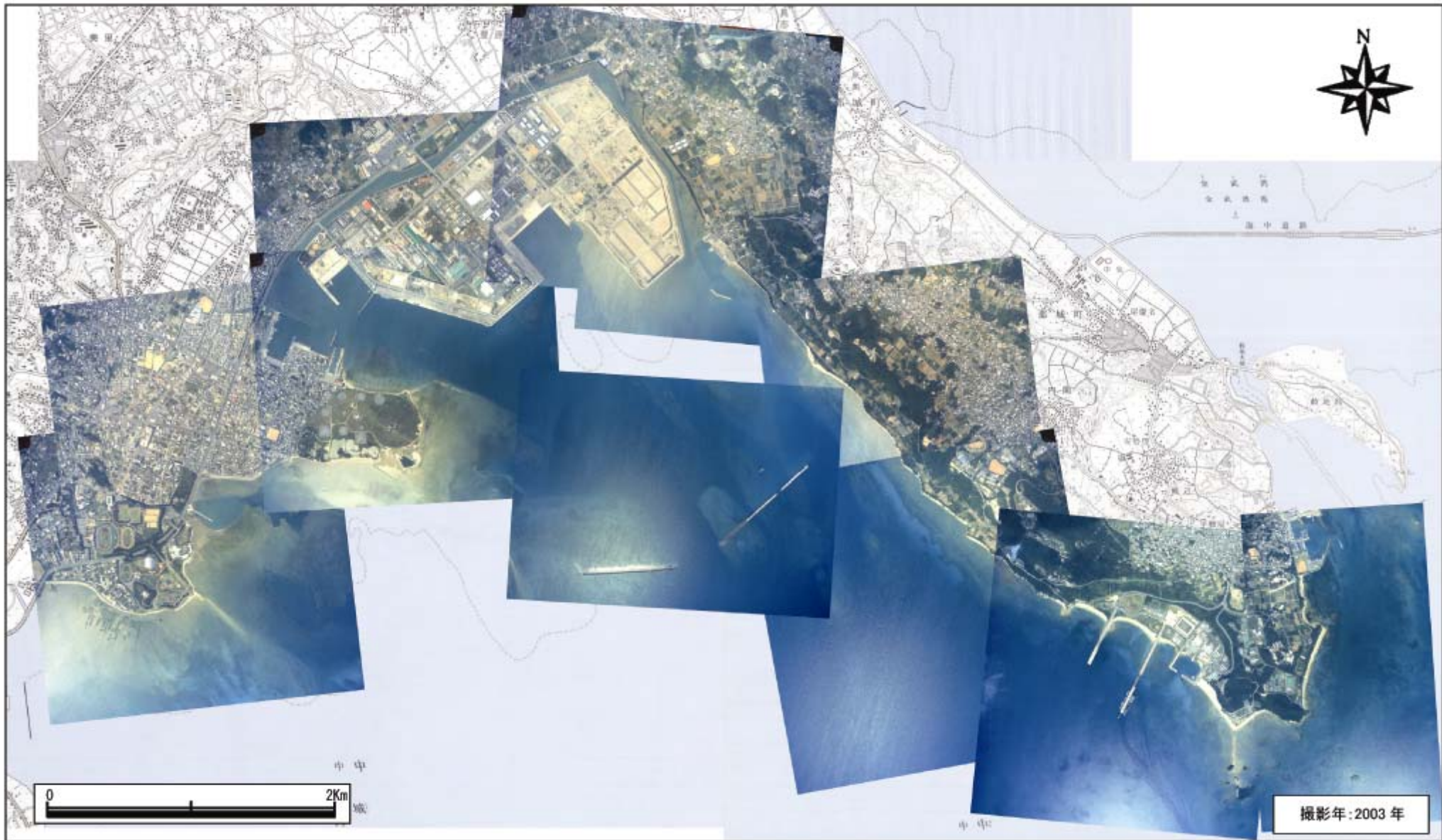
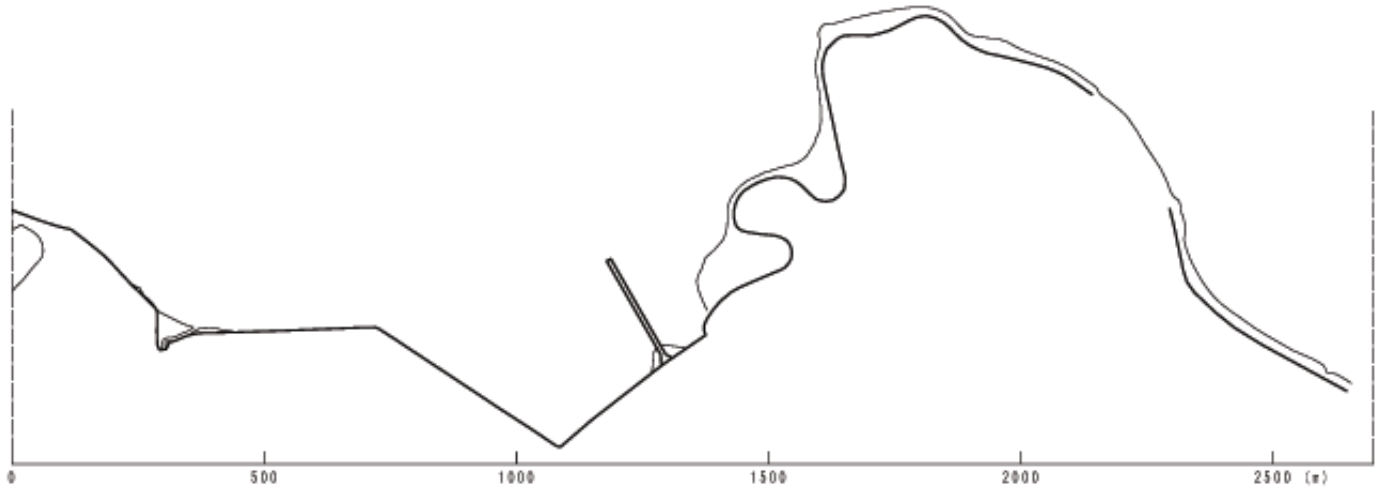
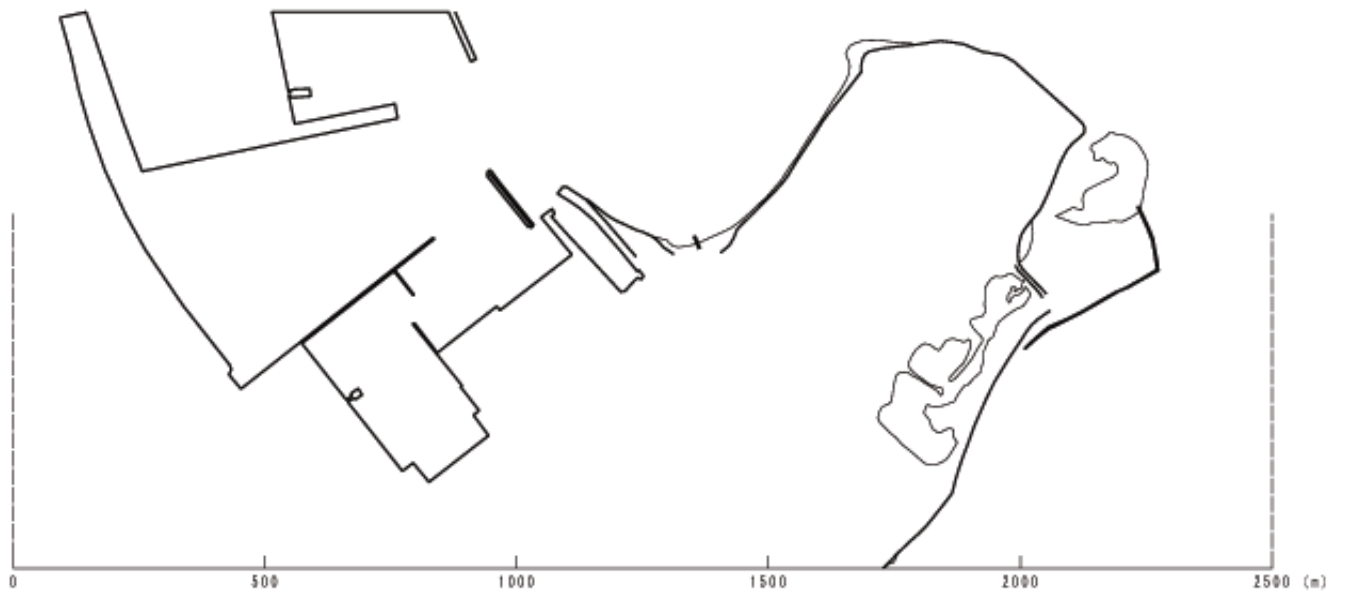


図 - 1.3 中城の空中写真モザイク図 (2003年)

| 凡 例 | |
|-------|--|
| 埋 積 | |
| 埋 査 | |
| ブロック | |
| 進捗・退潮 | |
| 崖 岸 | |



汀線変化量の沿岸分布 [基準年：1977年] 解析エリア①



汀線変化量の沿岸分布 [基準年：1977年] 解析エリア②

図 - 1.4 中城の空中写真の汀線読み取り結果 (1977・2003年の差分図)

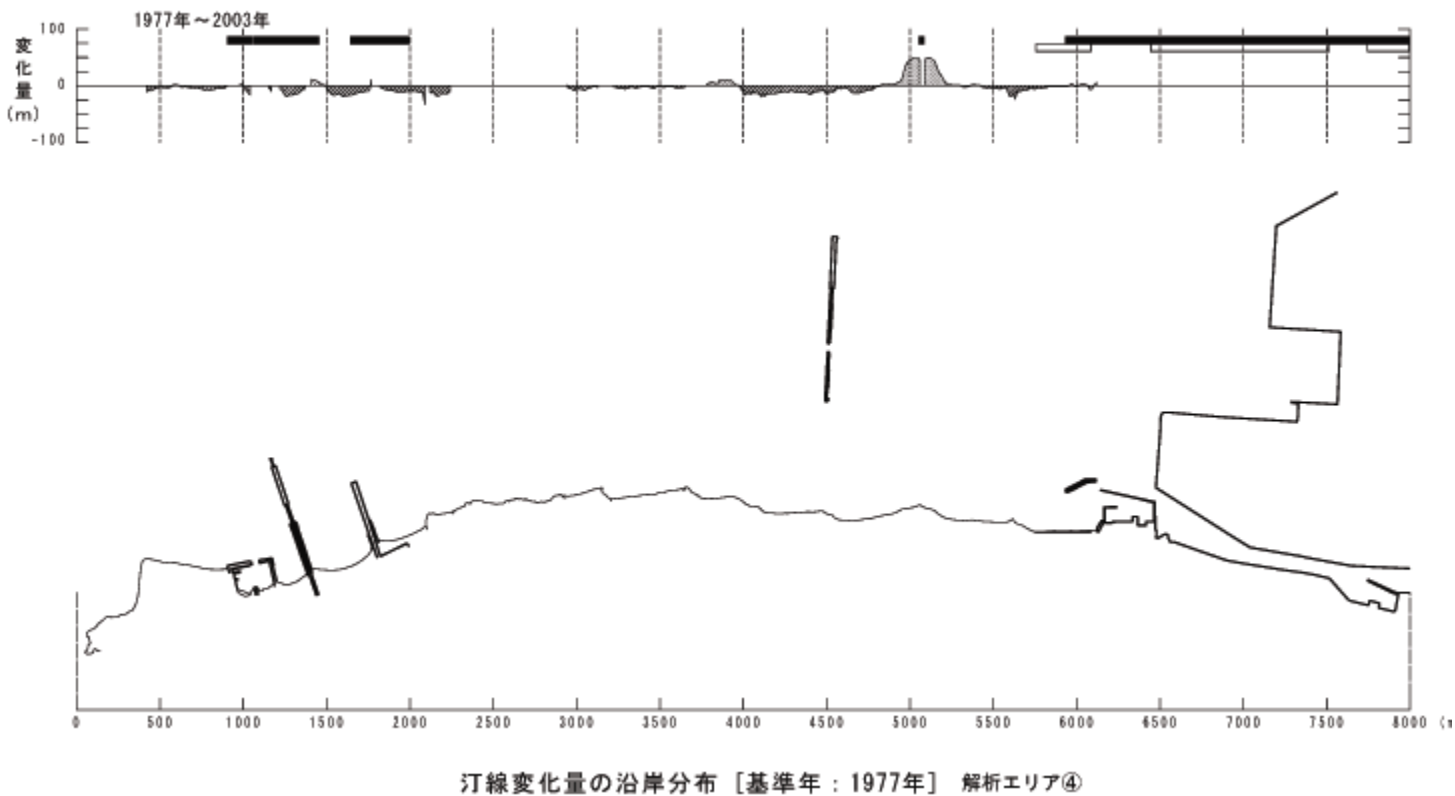
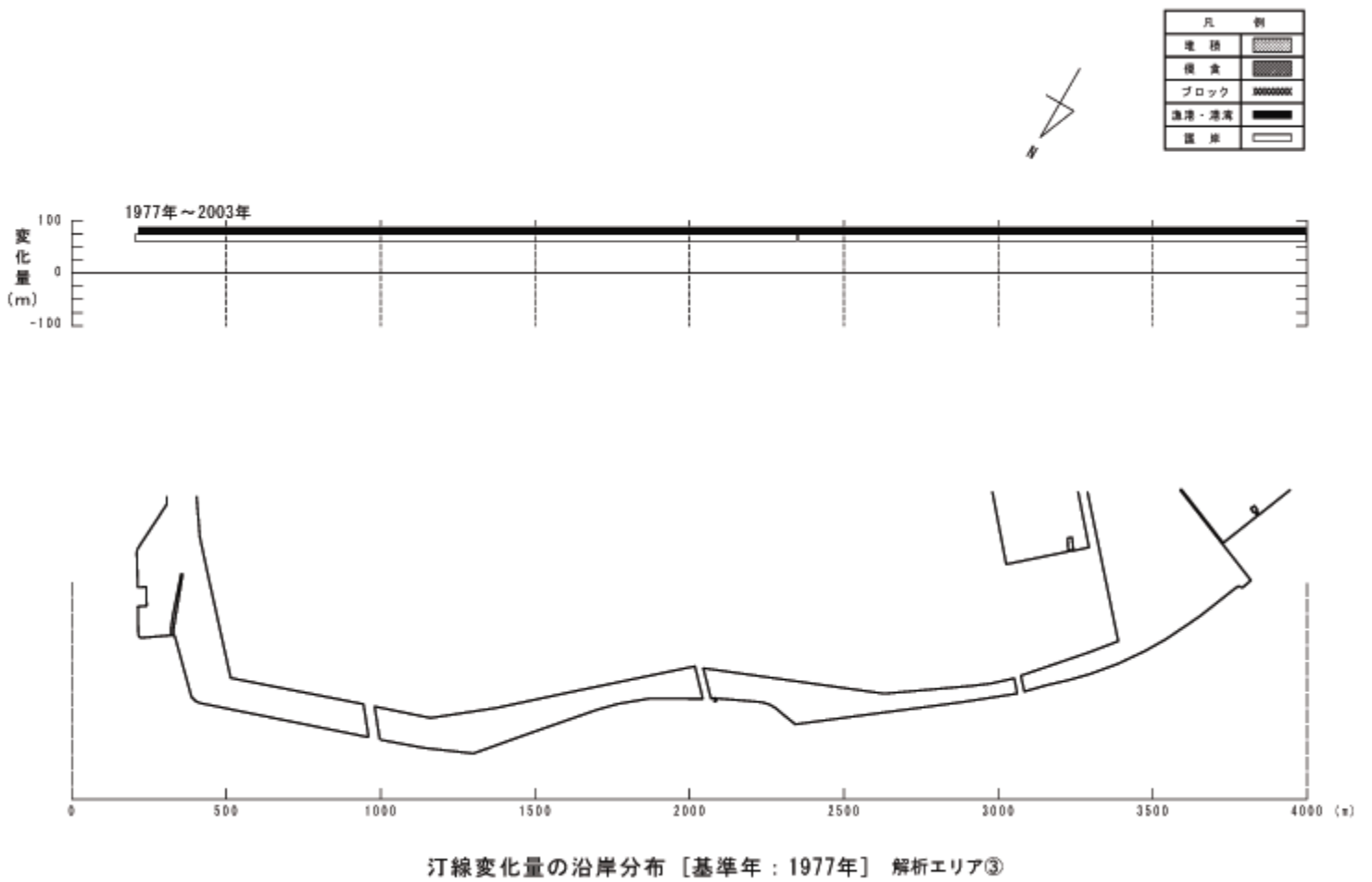


図 - 1.5 中城の空中写真の汀線読み取り結果 (1977・2003年の差分図)

2. 1-Lineモデル解析（再現計算）

汀線変化モデルは、波浪条件と海岸線形状のデータにより、沿岸方向の各点において沿岸漂砂量を算定し、海浜変形を一本の線の変化（前進，後退）で表現するモデルである。モデルの仮定は以下の通りである。

- ・ 海浜変化の要因としては沿岸漂砂を考える。
- ・ 砂の移動はある移動高さDの範囲内で生じる。
- ・ 海浜断面は岸沖方向に平行移動する。

モデルの概念を図-1.6に，基本式を式(1.1)に示す。

$$D \frac{\partial x_s}{\partial t} + \left[\frac{\partial Q}{\partial y} - q \right] = 0 \dots\dots\dots (1.1)$$

D：漂砂の移動高さ

$\frac{\partial x_s}{\partial t}$ ：t時間での汀線変化量

$\frac{\partial Q}{\partial y}$ ：沿岸漂砂量の増減

q：河川流出土砂，漂砂の損失等

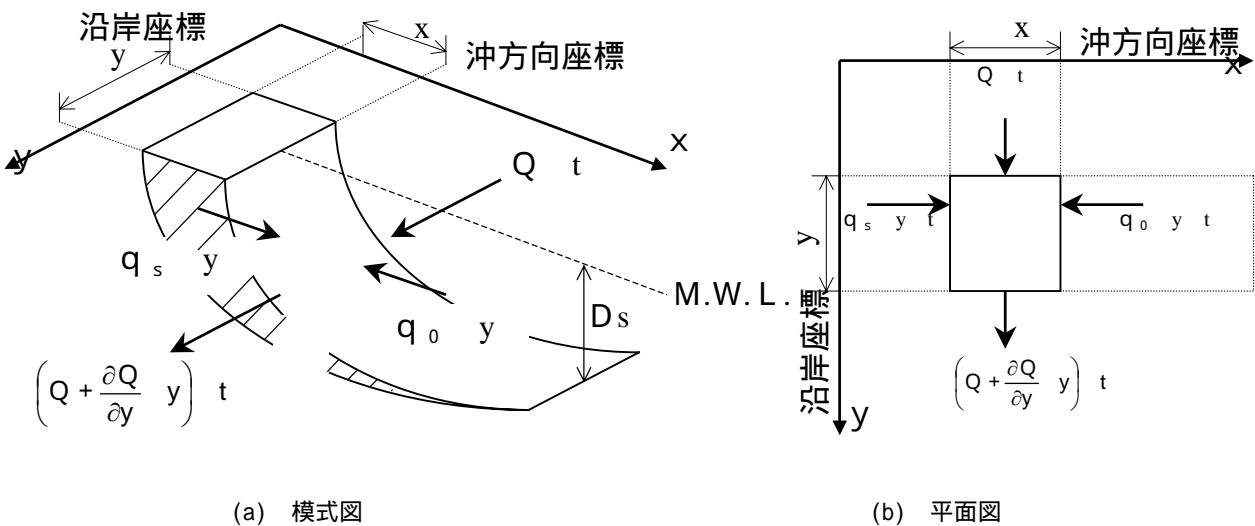


図 - 1.6 汀線変化モデルの概念

波浪変形計算の条件

波浪条件

汀線変化計算においては、年間の波浪エネルギーを代表するエネルギー平均波浪を用いた。ここでは中城港沖での波浪観測資料より、代表波向別のエネルギー平均波を用いる。まず、代表波向は、波向分布特性より、発生頻度を考慮してE系（N～E）、SE系（方向および対象海岸に対し北寄りの波向きとなるN系（ENE、NE、NNE）と対象海岸に対し南寄りの波向きとなるS系（ESE、SE、SSE）の3方向とした。さらに、当地点は、リーフ地形であることから、沖側のリーフを通過する波高（透過率）は、リーフ沖での波高に応じて変わることから、波高ランクを1m未満、1m以上2m未満、2m以上の3ランクでエネルギー平均波を算定して、波浪変形計算を行う。

表- 1-1 代表波向別波高ランク別のエネルギー平均波
(中城湾沖、2003年3月～2003年9月)

| 波高ランク | 波向範囲 | 発生回数 | 頻度(%) | 波高(m) | 周期(s) | 重心波向(N°E) |
|----------|---------|------|--------|-------|-------|-----------|
| 1m未満 | N～E | 536 | 23.67 | 0.74 | 7.3 | 80.3 |
| | ESE～SE | 458 | 20.23 | 0.68 | 7.0 | 118.2 |
| | SSE～SSW | 253 | 11.17 | 0.75 | 6.5 | 167.2 |
| | 全方向 | 1247 | 55.08 | 0.72 | 7.0 | 110.3 |
| 1m以上2m未満 | N～E | 338 | 14.93 | 1.38 | 7.5 | 76.7 |
| | ESE～SE | 266 | 11.75 | 1.44 | 7.2 | 124.3 |
| | SSE～SSW | 228 | 10.07 | 1.47 | 7.6 | 165.9 |
| | 全方向 | 832 | 36.75 | 1.43 | 7.4 | 118.2 |
| 2m以上 | N～E | 44 | 1.94 | 2.45 | 9.5 | 77.8 |
| | ESE～SE | 48 | 2.12 | 3.44 | 9.1 | 135.5 |
| | SSE～SSW | 93 | 4.11 | 3.05 | 8.8 | 166.6 |
| | 全方向 | 185 | 8.17 | 3.02 | 9.1 | 141.6 |
| 全データ | | 2264 | 100.00 | 1.40 | 7.3 | 128.1 |

エネルギー平均波の定義を次に示す。

$$\text{波高 } \bar{H} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (H_i^2 \cdot T_i)}{\sum_{i=1}^N T_i}} \quad \text{周期 } \bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^N (T_i)}{N} \quad \text{波向 } \bar{\theta} = \frac{\sum_{i=1}^N (\theta_i \cdot H_i^2 \cdot T_i)}{\sum_{i=1}^N (H_i^2 \cdot T_i)}$$

ここに、N：データ数である。

地形、構造物条件

海図、深浅図および地形図を用いて海底地形および構造物を設定した。計算潮位はM.W.L=D.L+1.2mとした。

汀線変化計算の条件

計算対象区域

汀線変化の再現計算では有意な砂浜が存在する勝連崎のホワイトビーチを対象とし、海浜を含む沿岸1200mを計算範囲とし、計算間隔は沿岸方向10m間隔とする。

入力波浪データ

汀線変化計算に用いる波浪は前記した波向別波高別エネルギー平均波を用いた波浪変形計算結果より、海岸前面での波向および波高を沿岸方向の各点で抽出して与える。

計算期間および汀線データ

図-1.7は既往の航空写真（1977年と2003年）による海岸地形と汀線変化量であり、当海岸は構造物および小岬に挟まれたポケットビーチであり、この1977年～2003年での汀線変化は比較的小さく安定している。

海底勾配

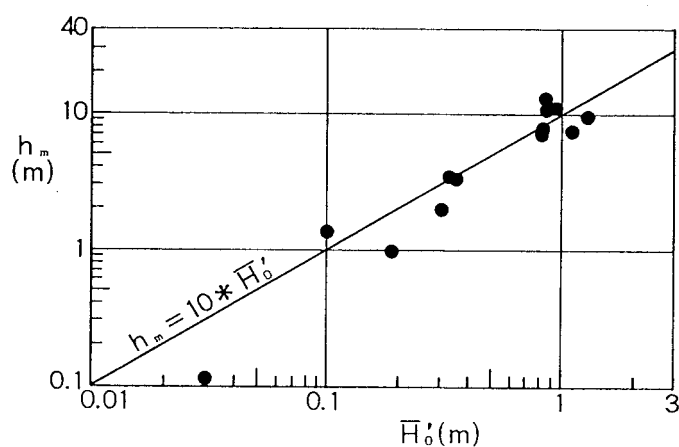
当海岸の岸付近（水深-5mまで）の平均的海底勾配1/80とする。

漂砂の移動高さ

後述するのエネルギー平均波を用いた波浪変形計算結果によると海浜前面の波高は0.2m前後であり、エネルギー平均波高と漂砂の移動高の関係では $D=2.0\text{m}$ となる。

表- 1 - 2 汀線変化再現計算の条件一覧表

| | | |
|---------|---|-----------------|
| 項目 | 条 件 | |
| 計算範囲 | 範 囲 : | 1200m |
| | 間 隔 : | $D X = 10m$ |
| | 計算点数 : | 121点 |
| 入力波浪データ | 表-A.2.2に示す条件での波浪変形計算結果による | |
| 砕波諸元の算出 | <ul style="list-style-type: none"> ・屈折はスネルの法則 ・離岸堤の構造物からの回折波浪を考慮した ・砕波については合田の砕波指標を用いた | |
| 計算期間 | 1977年1月～2003年3月（約27年間） | |
| 汀線データ | 初期データ | 1977年の航空写真による汀線 |
| | 再現計算データ | 2003年の航空写真による汀線 |
| 海底勾配 | 平均海底勾配 1/80 | |
| 漂砂の移動高さ | $D = 2.0m$ | |
| 漂砂量係数 | $K_1 = 0.077$ $K_2 = 0.81 K_1$ | |
| 境界条件 | 沿岸方向東側： 漂砂の出入り無し 沿岸方向西側： 漂砂の出入り無し | |



エネルギー平均波高と漂砂の移動高さ

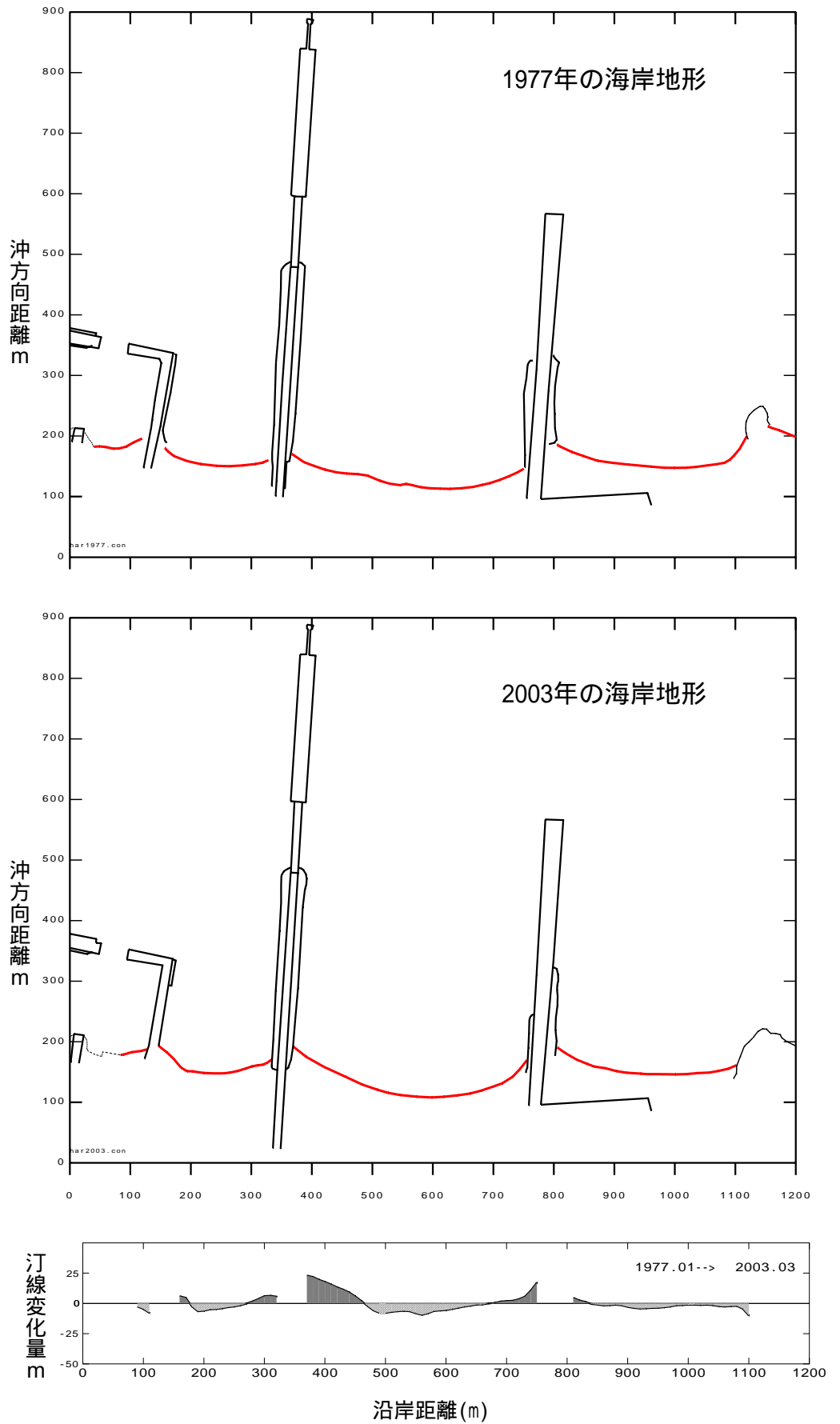


図 - 1.7 1977年及び2003年の航空写真による海岸地形と汀線変化量

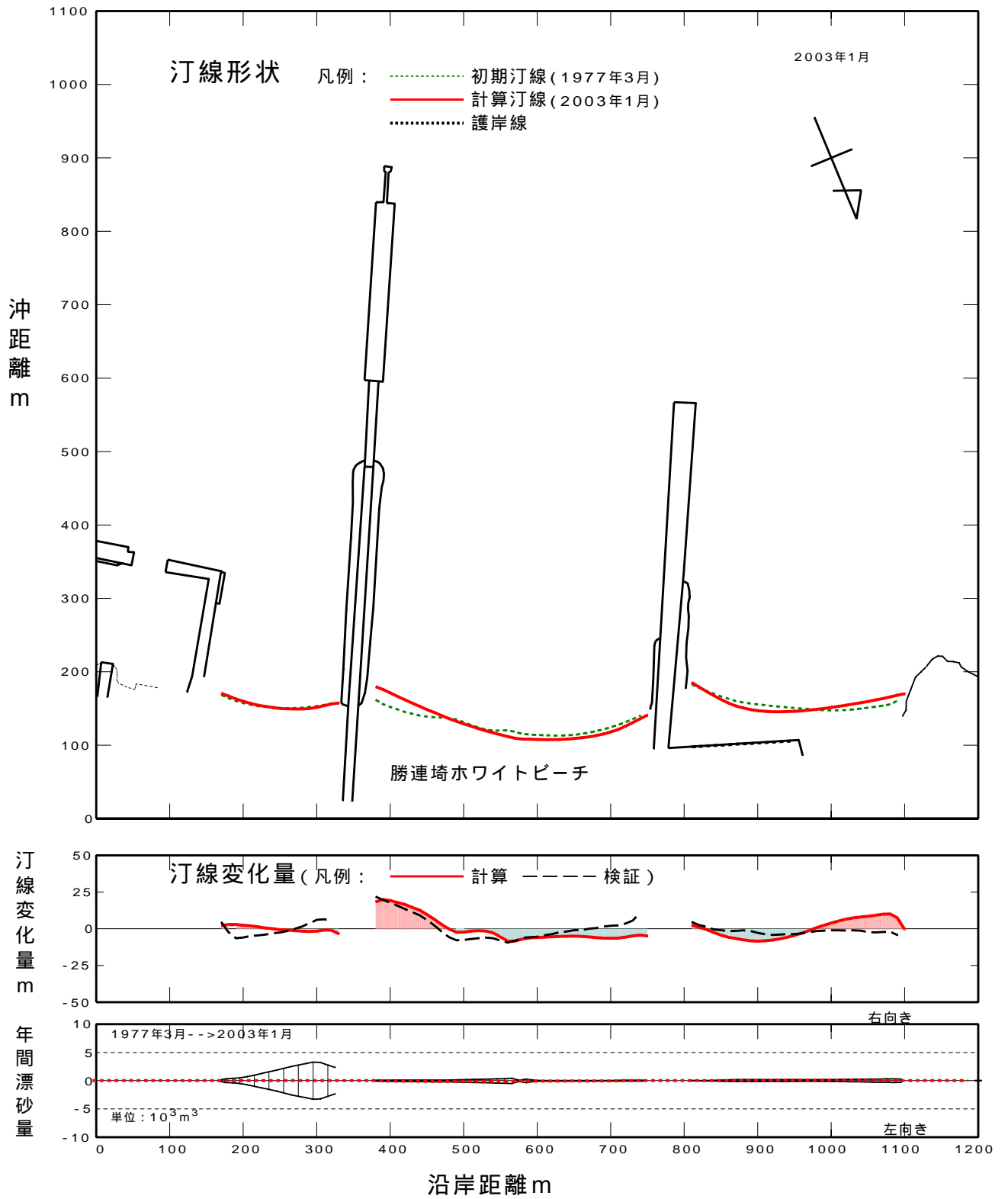


図 - 1.8 汀線変化計算結果

3.1-Lineモデル解析（予測計算）

汀線変化計算の条件

計算対象区域

港湾施設計画で予定されている人工海浜を対象とし、人工海浜を含む沿岸1100mを計算範囲とし、計算間隔は沿岸方向10m間隔とする。

入力波浪データ

汀線変化計算に用いる波浪は前記した波向別波高別エネルギー平均波を用いた波浪変形計算結果より、海岸前面での波向および波高を沿岸方向の各点で抽出して与える。

計算期間および汀線データ

予測期間は10年間とし、現計画の汀線形状を用いる。

海底勾配

人工海浜の一般的海浜勾配1/30とする。

漂砂の移動高さ

エネルギー平均波を用いた波浪変形計算結果によると、波向の中心方向であるSE系でさらに発生頻度の多い波高1m未満で人工海浜前面の波高は0.3m前後であり、次に頻度の高い1m以上2m未満で前面波高0.4m前後であり、平均的には波高0.35mである。これよりエネルギー平均波高と漂砂の移動高より $D=3.5m$ とする。

表-A.3.1 汀線変化予測計算の条件一覧表

| 項目 | 条件 | |
|---------|--|--------|
| 計算範囲 | 範囲： 1100m | |
| | 間隔： $DX = 10m$ | |
| | 計算点数： 111点 | |
| 入力波浪データ | 表-A.3.1に示す条件での波浪変形計算結果による | |
| 碎波諸元の算出 | <ul style="list-style-type: none"> ・屈折は スネルの法則 ・離岸堤 の構造物からの回折波浪を考慮した ・碎波に ついては合田の碎波指標を用いた | |
| 計算期間 | 10年間 | |
| 汀線データ | 初期データ | 計画養浜汀線 |
| 海底勾配 | 人工海浜の一般的海浜勾配 1/30 | |
| 漂砂の移動高さ | $D = 3.5m$ | |
| 漂砂量係数 | $K_1 = 0.77$ $K_2 = 0.81 K_1$ | |
| 境界条件 | 沿岸方向東側： 人工海浜の突堤条件 沿岸方向西側： 人工海浜の突堤条件 | |

汀線変化予測計算結果

図-1.9～1.12は、1年後、2年後、5年後、10年後での汀線変化予測計算結果を示す。なお、海浜変形速度に影響する漂砂量係数については、Komar（1970）の提案している $K1=0.77$ とした。

本予測計算では、 $K1=0.077$ では変形が遅いと判断し、 $K1=0.77$ （komarの提案値）とした。安定海浜形状を算定する観点からは $K1=0.77$ が良いが、 $K1$ の扱いについては今後検討が必要である。

計算結果によると、人工海浜では、東寄りの波浪の影響により西向きの沿岸漂砂が発生し、汀線は海浜の中央付近から東側で侵食、西側で堆積し、汀線形状の変形は少ない。汀線が前進する西側での汀線位置は4～5年で安定するが、漂砂量分布にも示されるように少しずつ海浜内の土砂が突堤を超えて流出する結果となっている。

対策案の一例

人工海浜東側での浸食を緩和するための対策案の一例を図-1.13～1.15に示す。

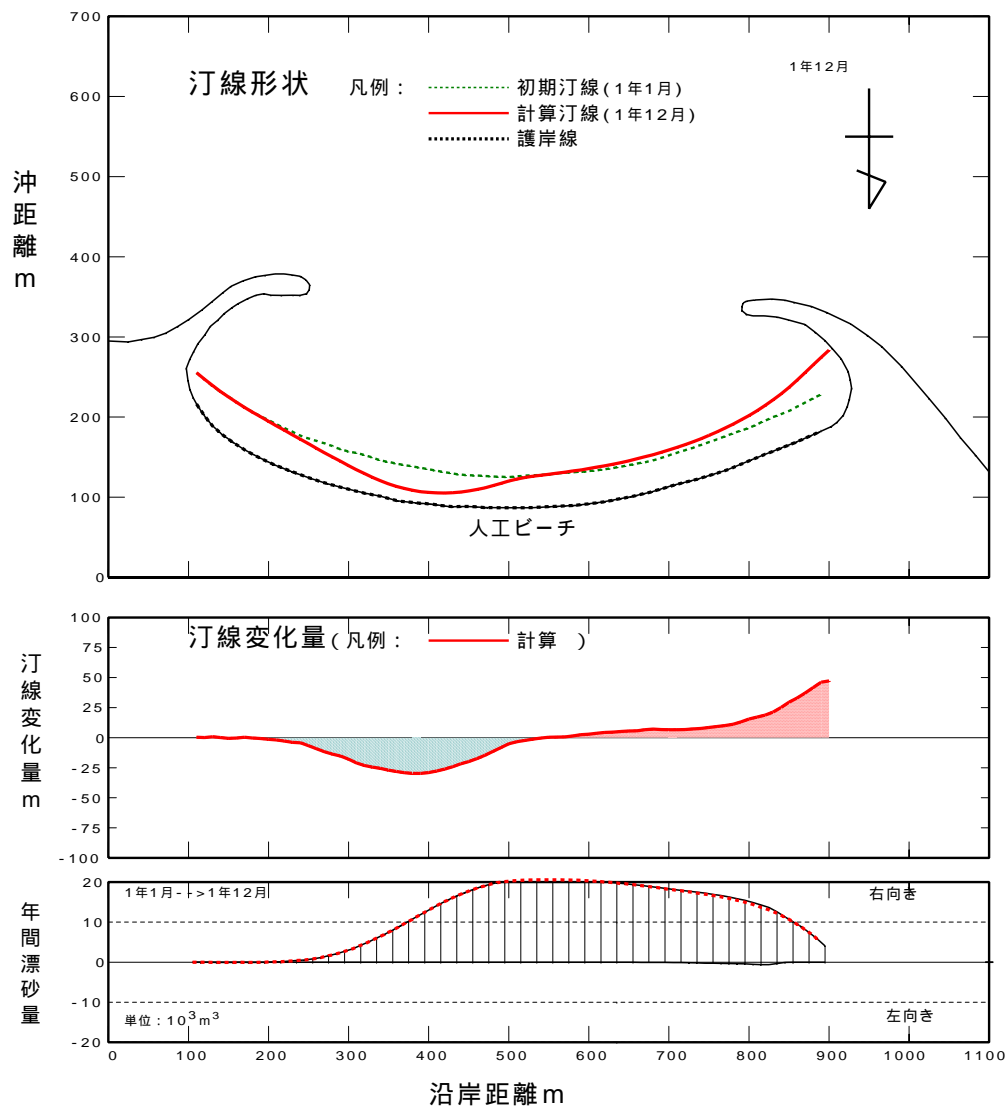


図 - 1.9 汀線変化予測計算結果 (1年後)

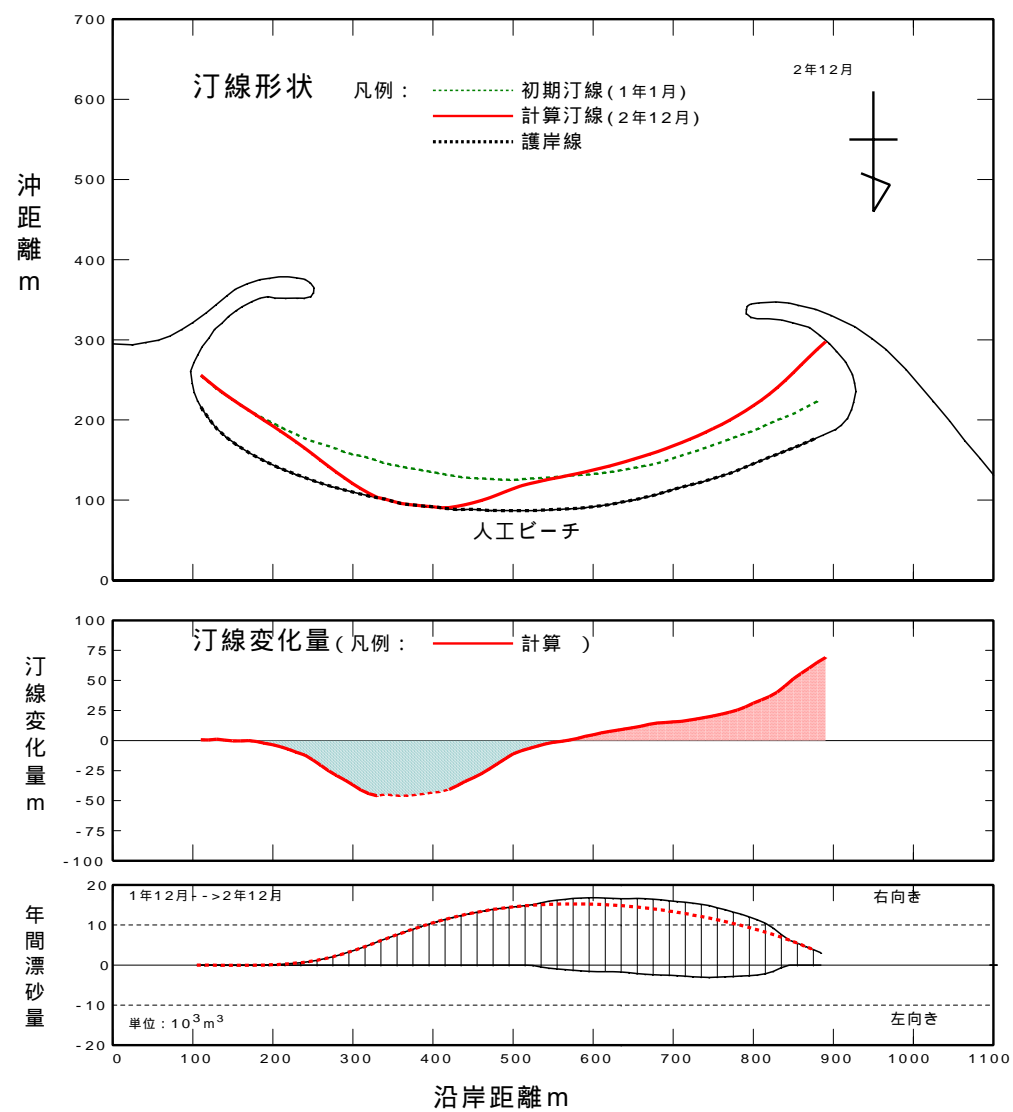


図 - 1.10 汀線変化予測計算結果 (2年後)

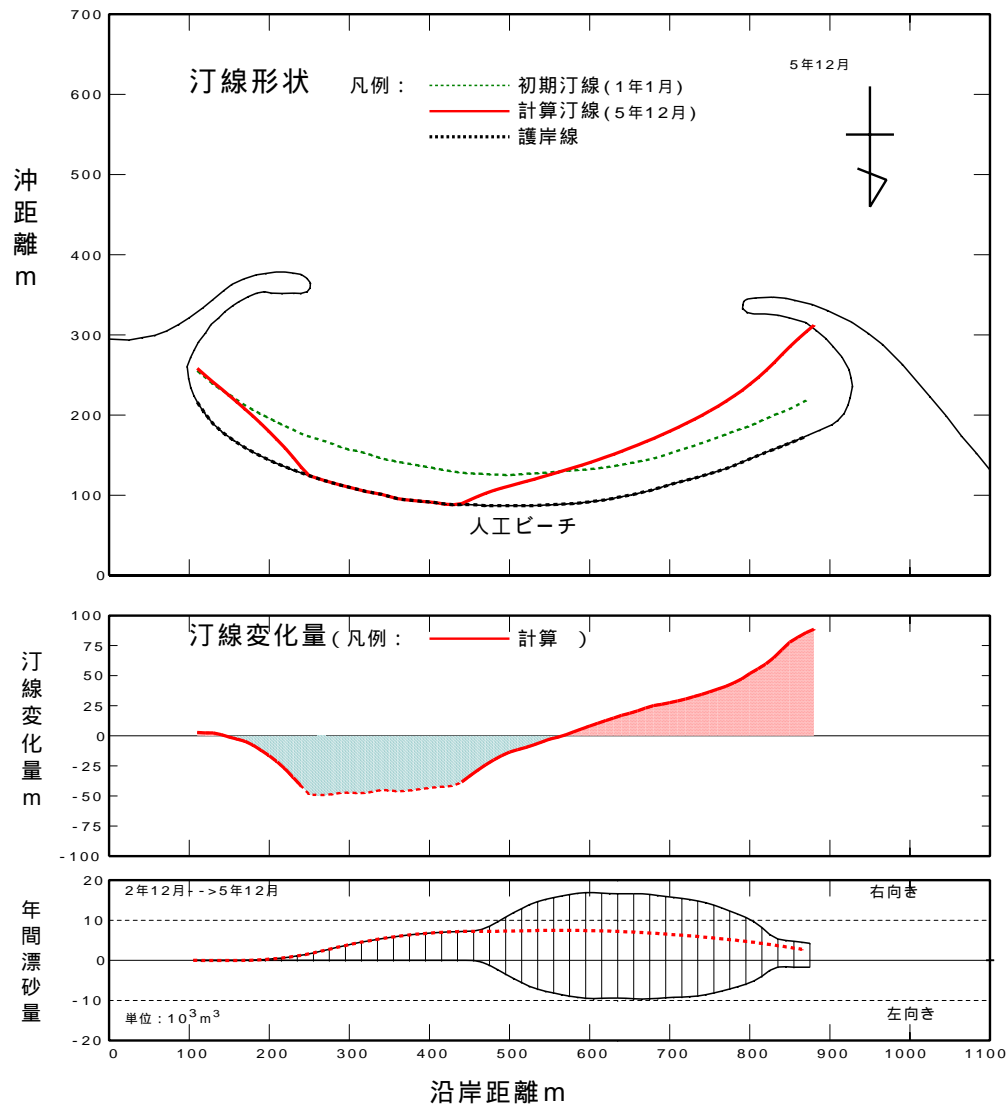


図 - 1.1.1 汀線変化予測計算結果 (5年後)

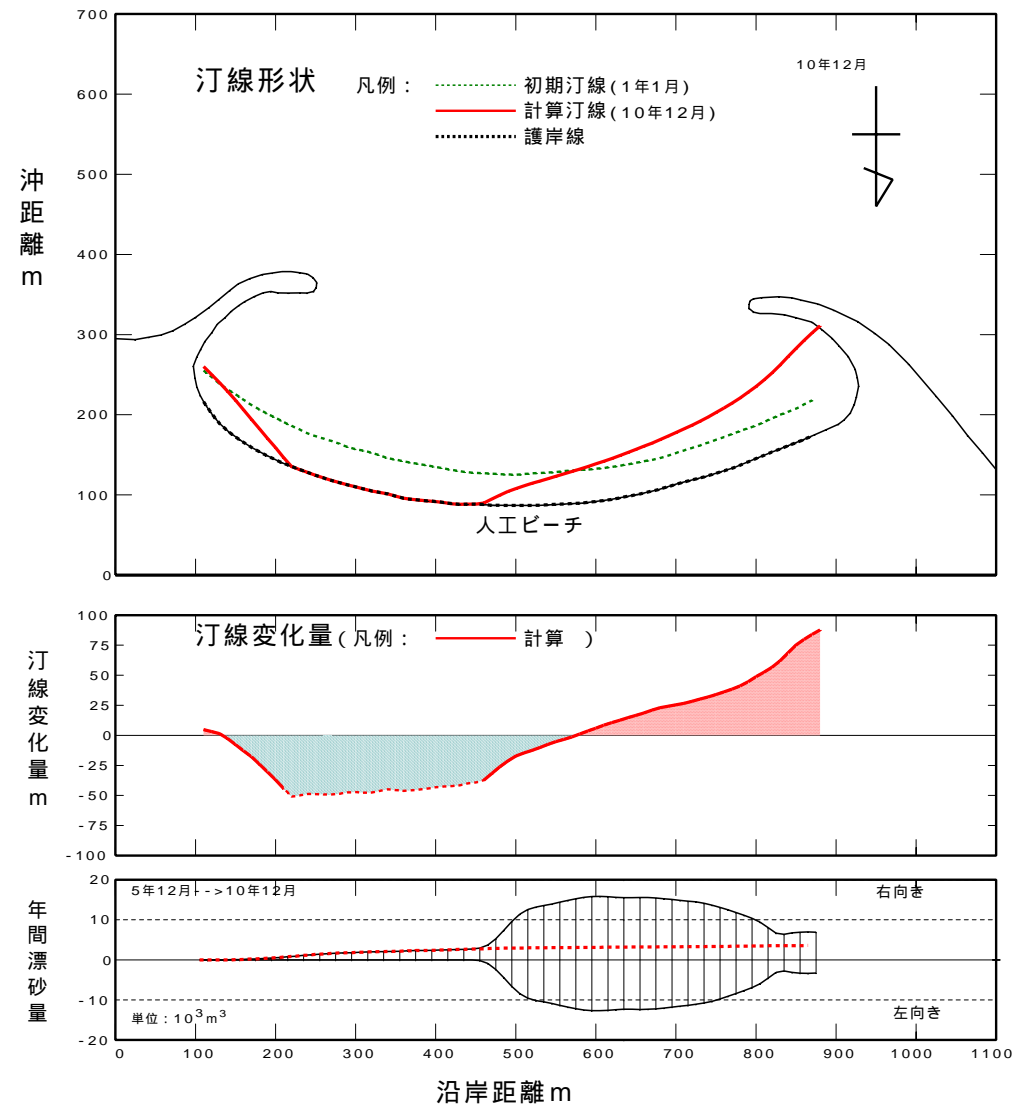


図 - 1.1.2 汀線変化予測計算結果 (10年後)

対策案の一例

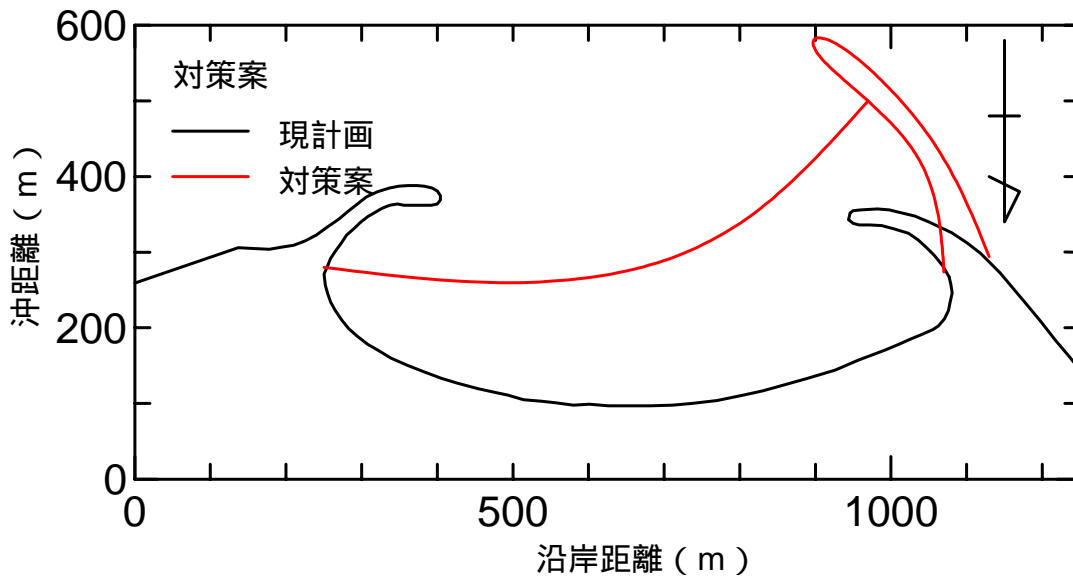


図 - 1.13 対策案 【西突堤延伸】

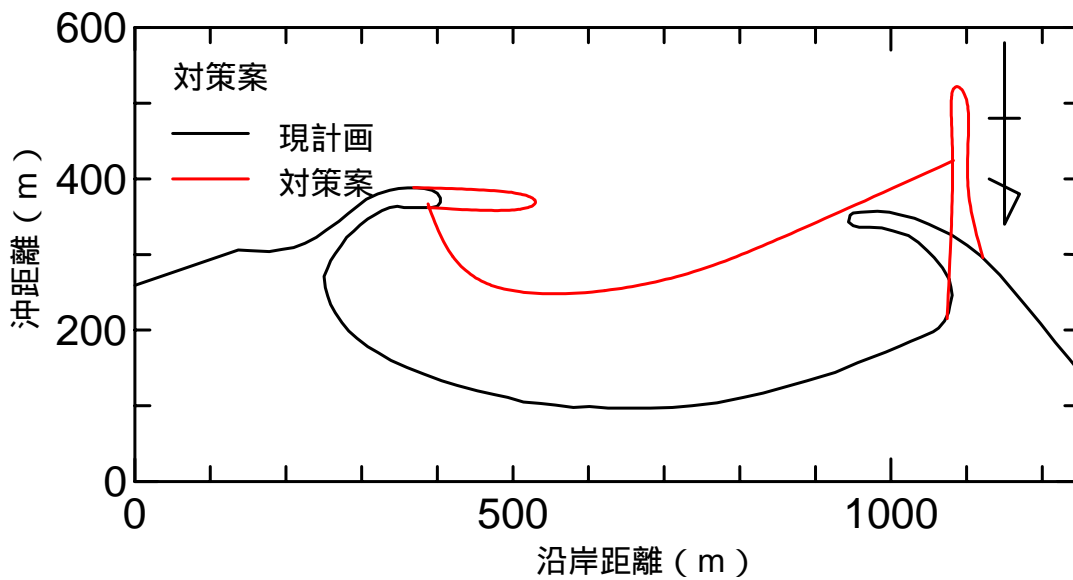


図 - 1.14 対策案 【東・西突堤延伸】

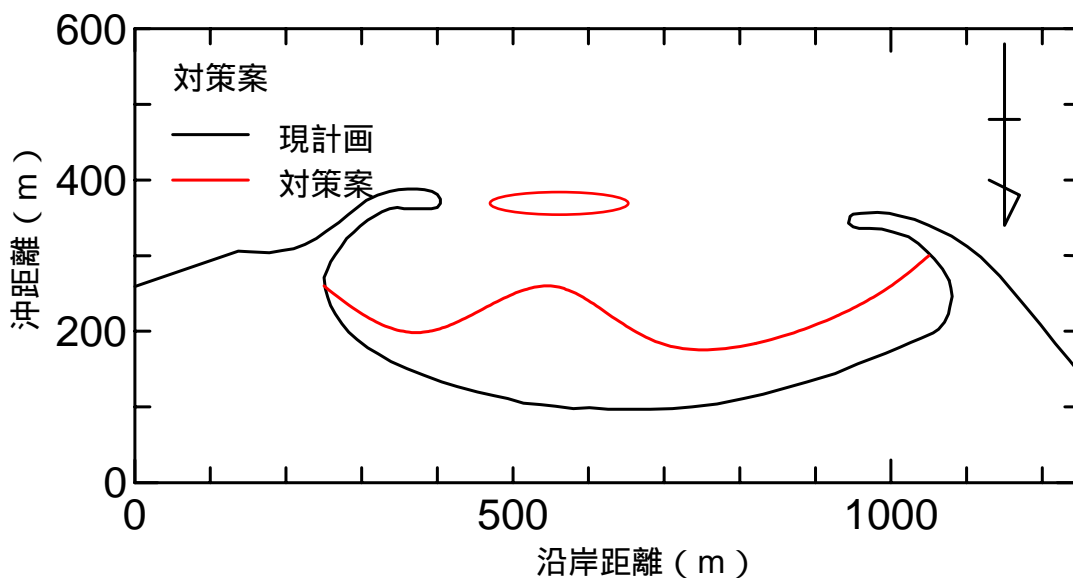


図 - 1.15 対策案 【島堤設置】

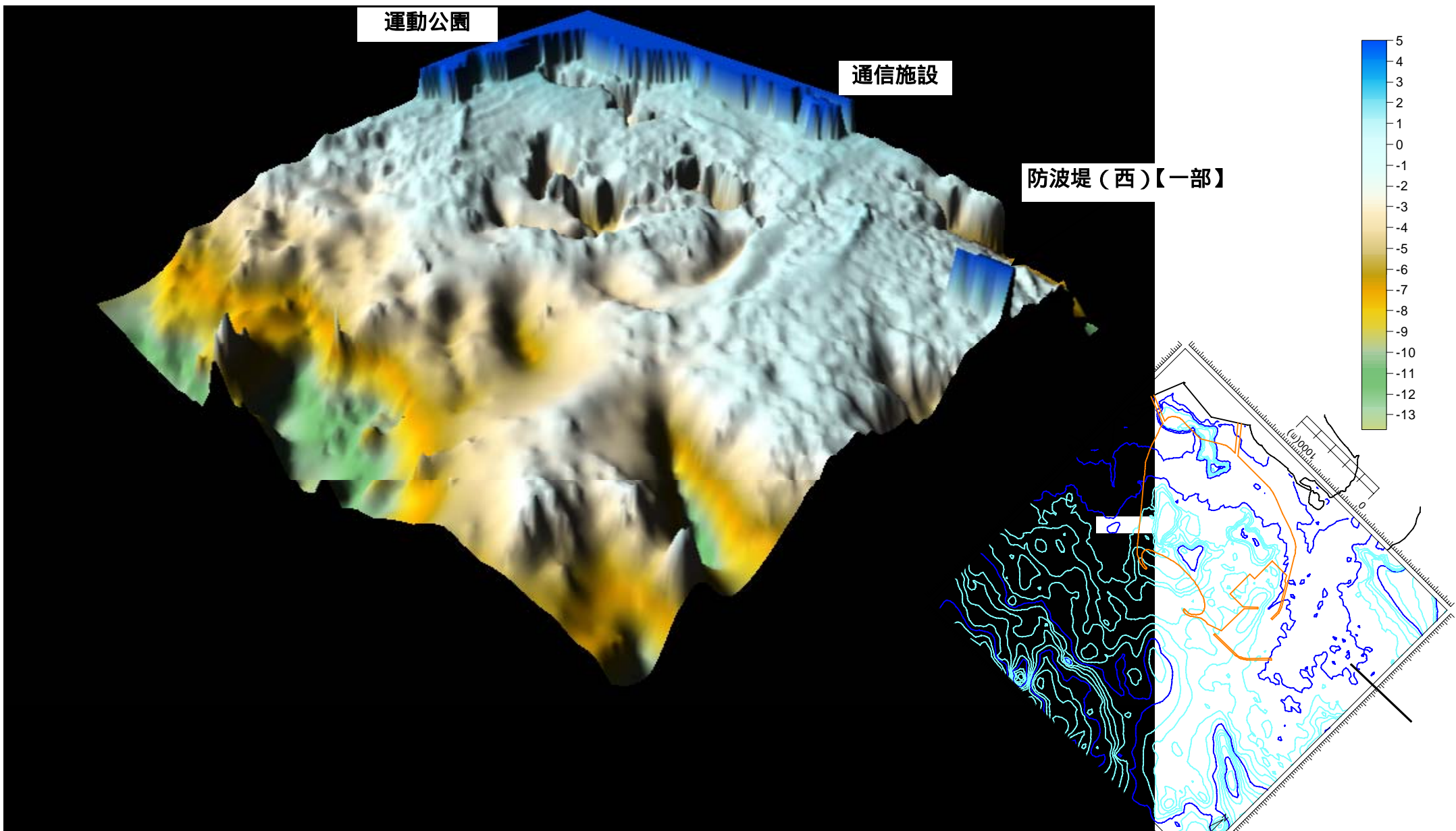


図-1 泡瀬海底地形：2003年7月（南東から）



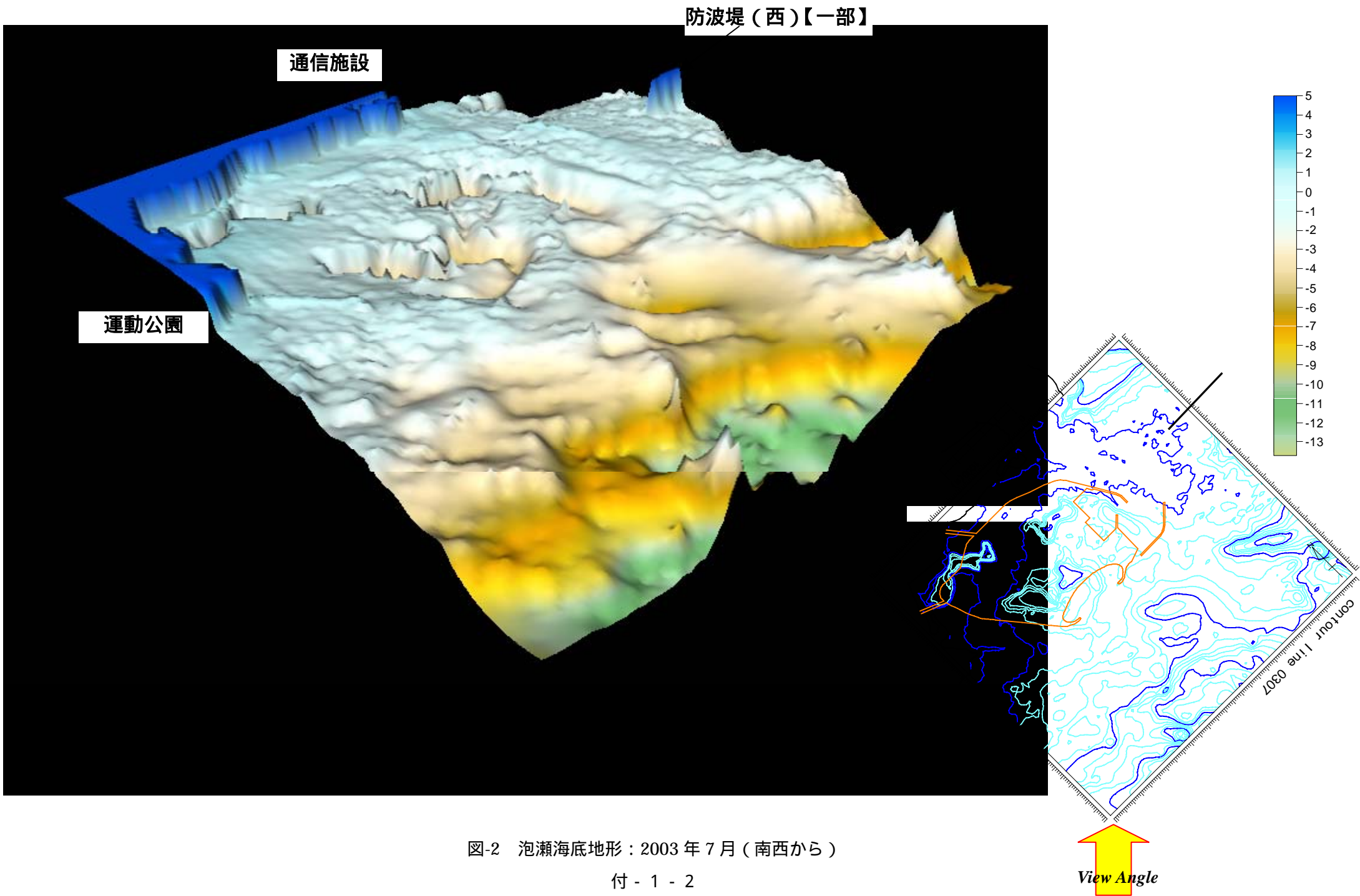


図-2 泡瀬海底地形：2003年7月（南西から）

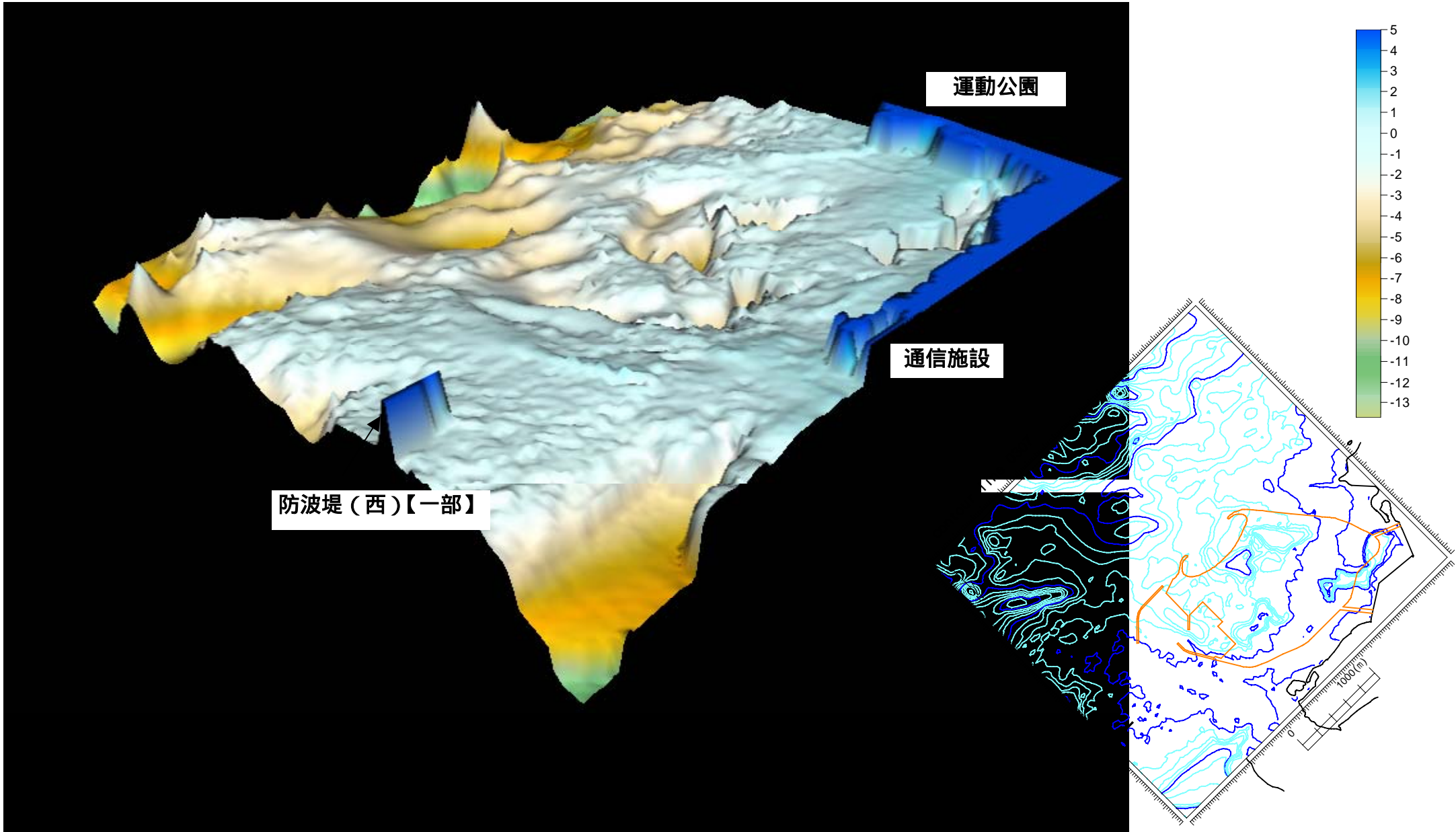


図-3 泡瀬海底地形：2003年7月（北西から）



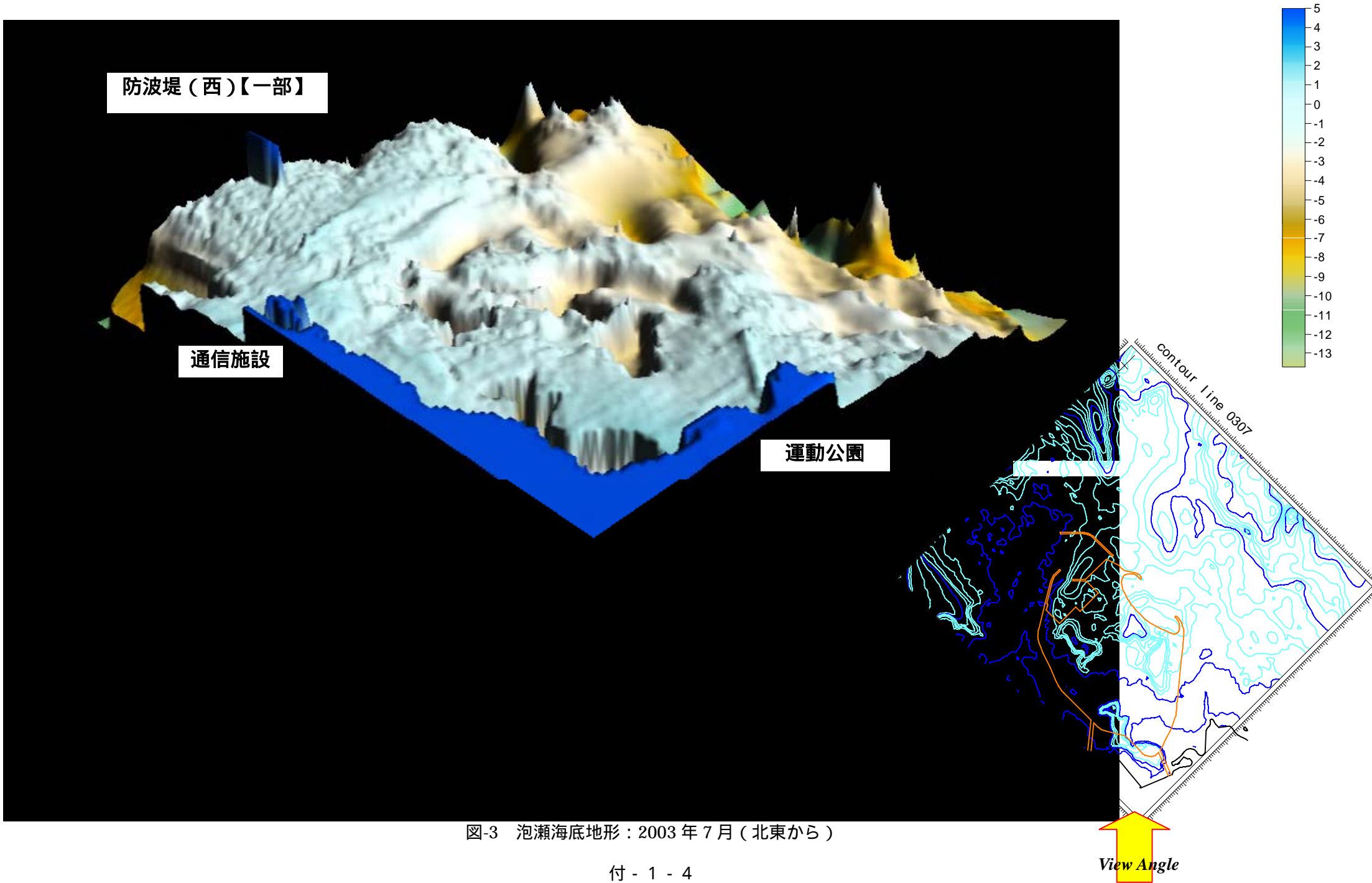


図-3 泡瀬海底地形：2003年7月（北東から）

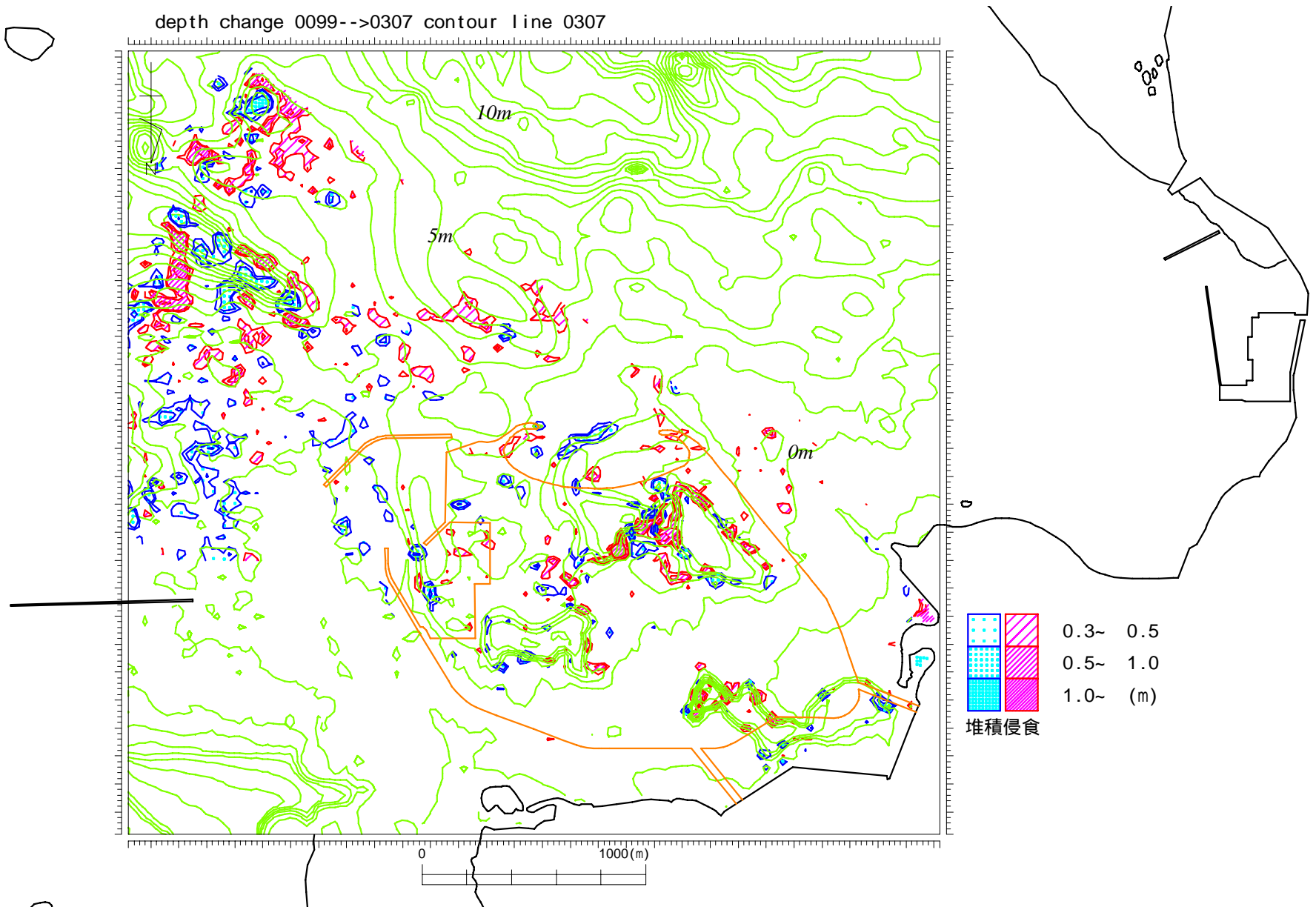


図-1 泡瀬地区の海底地形変化(2000年 2003年7月)