

出典：平成17年7月13日開催
第4回 福田漁港・浅羽海岸サンドバypass検討委員会（静岡県）
会議資料 資料-2 サンドバypass工法基本案の提案
https://www2.pref.shizuoka.jp/all/file_download1060.nsf/pages/6EE245C53D2292AA492573A30001D33C

2. サンドバypassシステムについて

2.1	基本条件	資料-2-1
2.2	漂砂解析	資料-2-3
2.3	ジェットポンプの設計および性能試験結果	資料-2-16
2.4	土木施設配置計画	資料-2-19
2.5	機械電気施設配置計画	資料-2-30
2.6	サンドバypass工法比較	資料-2-31

2.1 基本条件

2.1 基本条件

(1) サンドバイパスシステムの目的

サンドバイパスシステムは、福田漁港への港口埋没対策及び浅羽海岸への侵食対策を目的として、計画するものである。

(2) サンドバイパスの基本計画

第3回福田漁港・浅羽海岸サンドバイパス検討委員会における固定式ジェットポンプによる目標サンドバイパス量は、図-2.1(1)に示すように、**基本案として港外から60,000m³、港口航路部から20,000m³を採取する計画**としていた。後述するように、港口航路部からの20,000m³のサンドバイパスを期待せずに、**港外からの80,000m³のサンドバイパス**を行う図-2.1(2)に示す計画とした。



図-2.1(1) サンドバイパスの基本計画案
(第3回検討委員会)

図-2.1(2) サンドバイパスの基本計画案
(第4回検討委員会)

港口航路部からの採取方法として、図-2.1(3)に示すジェットポンプ及び給水管、排砂管を海底地盤中に埋設する案を提案したが、稼働中のジェットポンプは、年間数回地上に引揚げて維持管理を行うため、図-2.1(4)に示すように採取用棧橋の基礎杭を利用した昇降用施設を装備する必要がある。港口航路部では、航路障害となるため、港外側に同様な採取用棧橋等の設置は困難である。年間数回の移動が必要な給水管や排砂管を海底に敷設することは、**メンテナンス期間中に、航路を閉鎖することになり、漁港利用上からも好ましい状態ではない**と推察される。ジェットポンプ、給水管、排砂管を海底土中に埋設する案は、現状技術では国内外に事例がなく、開発費を含めたコスト面からも実現は困難であると考えられる。

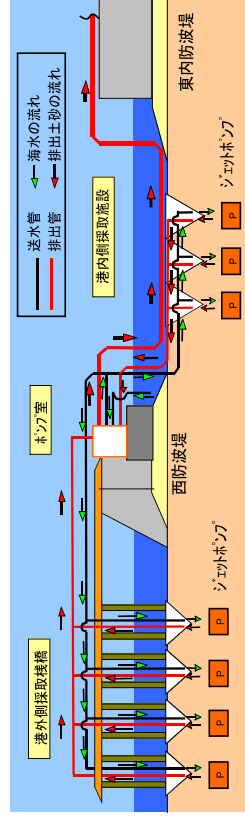


図-2.1(3) サンドバイパスシステム基本案 (第3回検討委員会)

陸上から土砂を採取する方法として、アメリカ合衆国フロリダ州の事例があり、図-2.1(5)に示すように固定旋回クレーンのブームに採取用ポンプを搭載する方法が考えられる。図-2.1(6)に示すように、港口航路部の幅員100mをカバーできるブームの設置は、ジブクレーンやタワークレーンの能力としては可能であるが、福田漁港港口への大規模ブームによる採取設備の設置は、困難であると考えられる。

海上から土砂を採取する方法として、従来からのグラブ浚渫船やポンプ浚渫船による方法がある。マイクログラブ船を常駐させておく方法も考えられるが、ポンプ船本体の転船は容易であり、航路障害となることはないが、排砂管ライン等が航路の障害となることが予測される。

海中において土砂を採取する方法として、図-2.1(7)、(8)に示すような浚渫ロボットや水中ブルドーザー、水中バックホウ等の水中作業機械による方法が考えられる。いずれも支援台船や交通船等が必要であり、水中で土砂を採取する機械設備だけでなく、これらの作業船団を常駐しての土砂採取は、**航路障害をきたさず実施することは困難である**と考えられる。

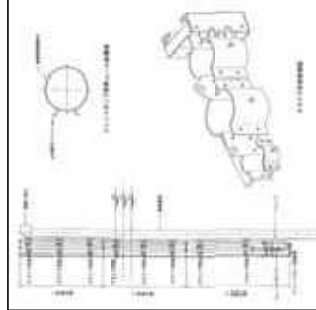


図-2.1(4) ジェットポンプ取付状況

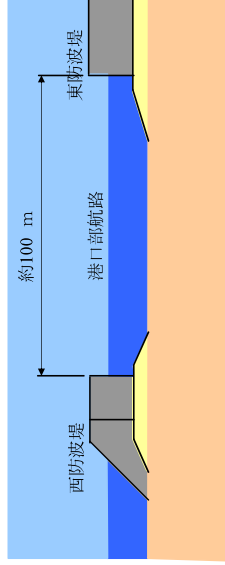


図-2.1(6) 福田漁港港口幅員

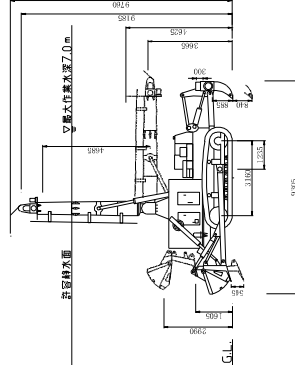


図-2.1(8) 水中ブルドーザー

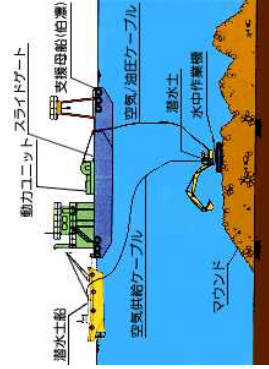


図-2.1(7) 水中バックホウ

(3) ジェットポンプ設置候補範囲

浸漬モニタリング調査結果を図-2.1(10)に示す。港外側の浸漬モニタリングの結果で、No.2測線とNo.3測線を比較すると、No.2測線の方では水深が急に深くなっていることがわかる。ジェットポンプの設置水深としては、ジェットポンプの稼働波高である $H_0=1.0\text{m} \sim 3.0\text{m}$ 程度の通常の波浪で、堆積が生じる水深 $-1.0\text{m} \sim -4.0\text{m}$ 範囲が適切であるため、No.3の周辺の方が適切となる。なお、水深 $-1.0\text{m} \sim -4.0\text{m}$ 範囲は、No.3測線では防波堤先端の約150mの区間に相当する。

さらには、配管などの施設規模を極力小さくする方が優位であるため、No.3測線周辺でサンドポンプの設置位置の検討を行うこととする。

(4) ジェットポンプの稼働期間

ジェットポンプの稼働期間は、アカウミガメの上陸・産卵時期である5月から8月までを除いた1月～4月まで及び9月～12月までの年間8ヶ月間とする。

(5) ジェットポンプの運転時間

ジェットポンプの運転時間は、平日に運転するものとして1週間5日間を運転日として、1日のうち屋間の8時間とする。

(6) 波浪条件

福田漁港設計沖波 $H_0=10.8\text{m}$ 、 $T_0=15.2\text{s}$ （「平成2年度〔第9000号〕福田漁港 漁港修築事業 西防波堤D新設工事設計委託 報告書」より準用）

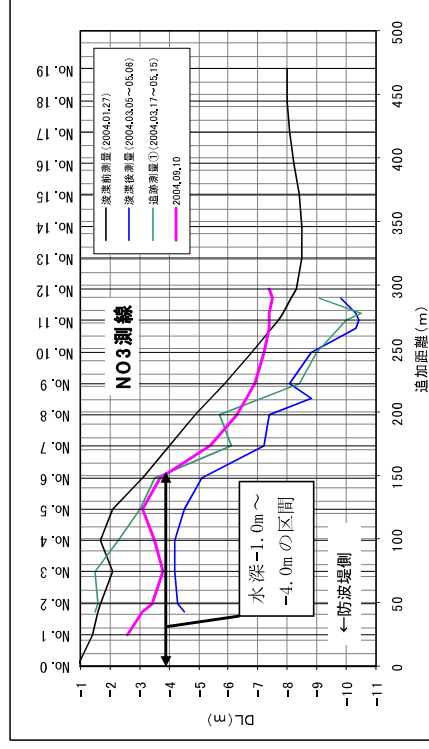
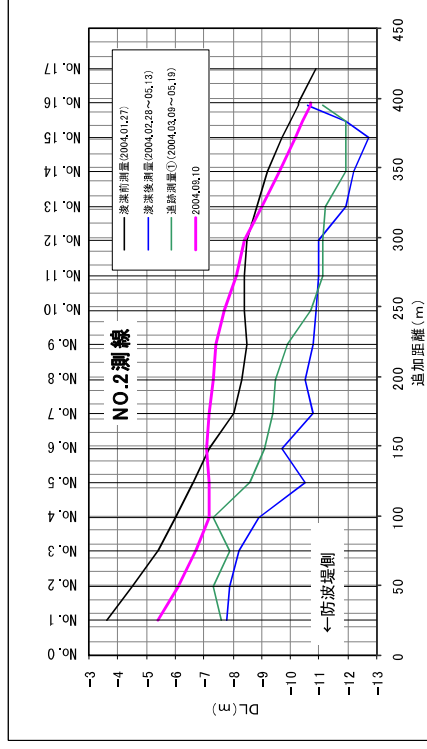


図-2.1(9) 浸漬モニタリング位置図

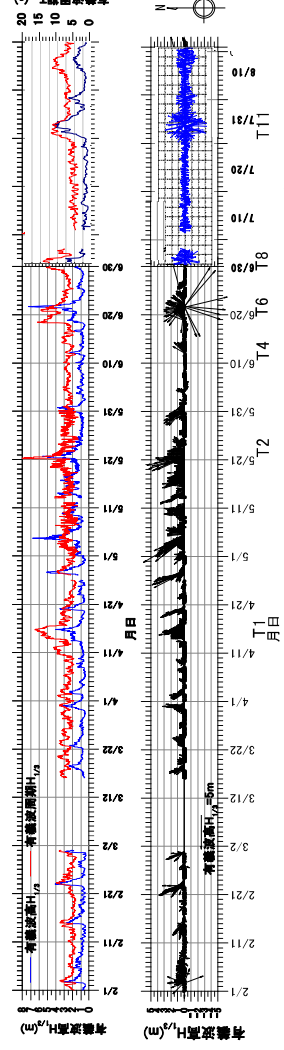


図-2.1(10) 西防波堤外側浸漬モニタリング結果

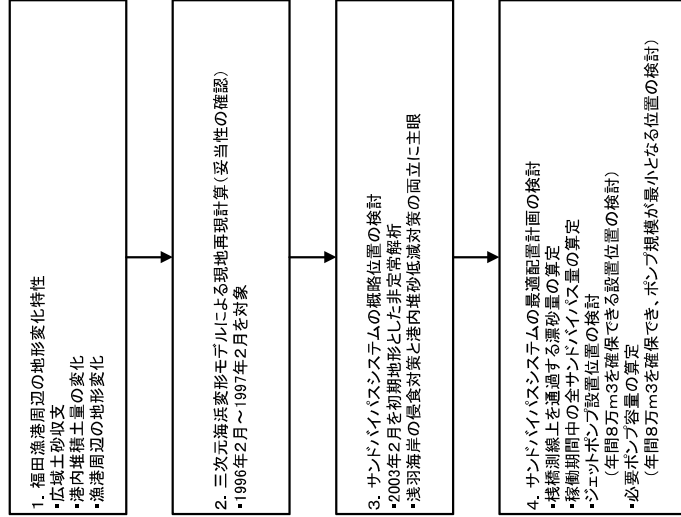
2.2 漂砂解析

2. 2 漂砂解析

2. 2. 1. 検討フロー

本検討では、漂砂解析モデルによりサンバドパイパスの最適配置計画の検討を行う。漂砂解析モデルとしては種々の手法が実用化されているが、サンバドパイパスシステムの設置位置において、**平面的に、漂砂量分布や地形変化分布を把握する必要**があることから、**三次元海浜変形モデルを用いることとする**。ただし、三次元海浜変形モデルは当地点に初めて適用することから、モデルの現地再現性を確認した上で、サンバドパイパスの配置計画の検討を行うこととする。

三次元海浜変形モデルによる漂砂解析の検討フローを下図に示す。

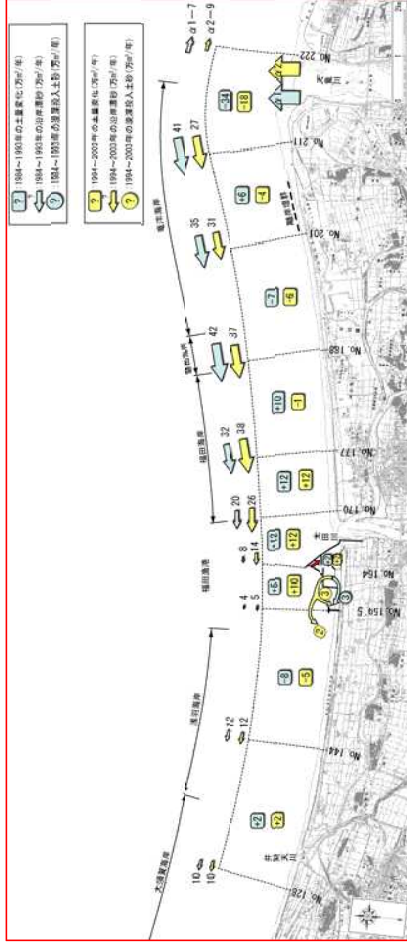


図・2.2.1(1) 検討フロー

2. 2. 2. 福田漁港周辺の地形変化特性

(1) 広域土砂収支

図・2.2.2(1)は、天竜川河口から浅羽海岸までの広域土砂収支図を整理したものである。福田漁港の西側では、東向きの沿岸漂砂量が $20 \sim 26 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ である。また、浅羽海岸においては、測量時期の違いはあるものの、**現状を維持するために必要な土量は $5 \sim 8 \text{ 万 m}^3/\text{年}$** と考えられる。

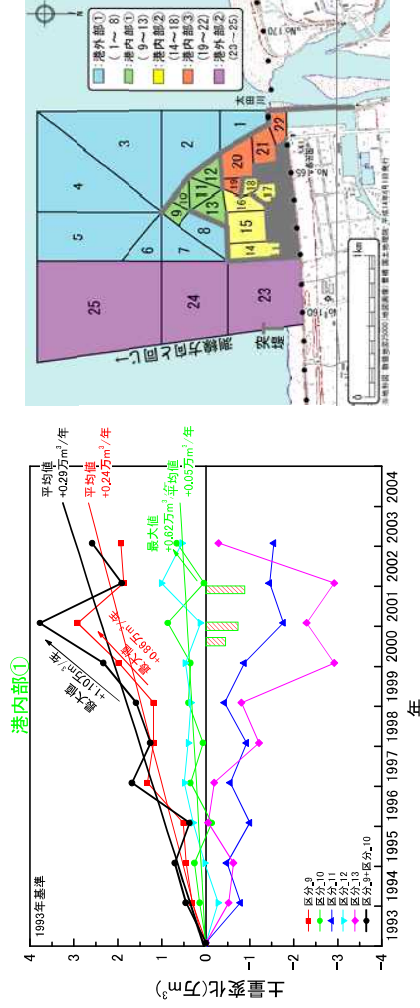


出典：第2回検討委員会資料

図・2.2.2(1) 広域土砂収支図 (天竜川河口～浅羽海岸)

(2) 港内堆積土量の変化

港口部の土量変化(領域9+10)に着目すると、**平均値は $0.29 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ 、最大値 $1.10 \text{ 万 m}^3/\text{年}$** である。したがって、**必要漂砂土量は、高波浪来襲の変動を考慮しても、 $1 \sim 2 \text{ 万 m}^3/\text{年}$ 程度** と考えられる。



出典：第2回検討委員会資料

図・2.2.2(2) 港内堆積土量の変化

(3) 福田漁港周辺の地形変化

福田漁港周辺の地形変化の年推移をみると、1998年以降は港口付近6m等深線の位置に大きな変化はなく、沿岸漂砂量はほぼ動的平衡状態に達している。また、修築工事完了後の現況における港内流入砂量は、前ページと同様に、浚渫実績から1万m³/年程度であったことが推察される。

したがって、港口での堆積が顕著な1996年2月から1997年2月までの期間を再現計算の対象とする。また、水没変化がほぼ動的平衡状態となった2003年2月の地形条件を将来予測計算に用いる。

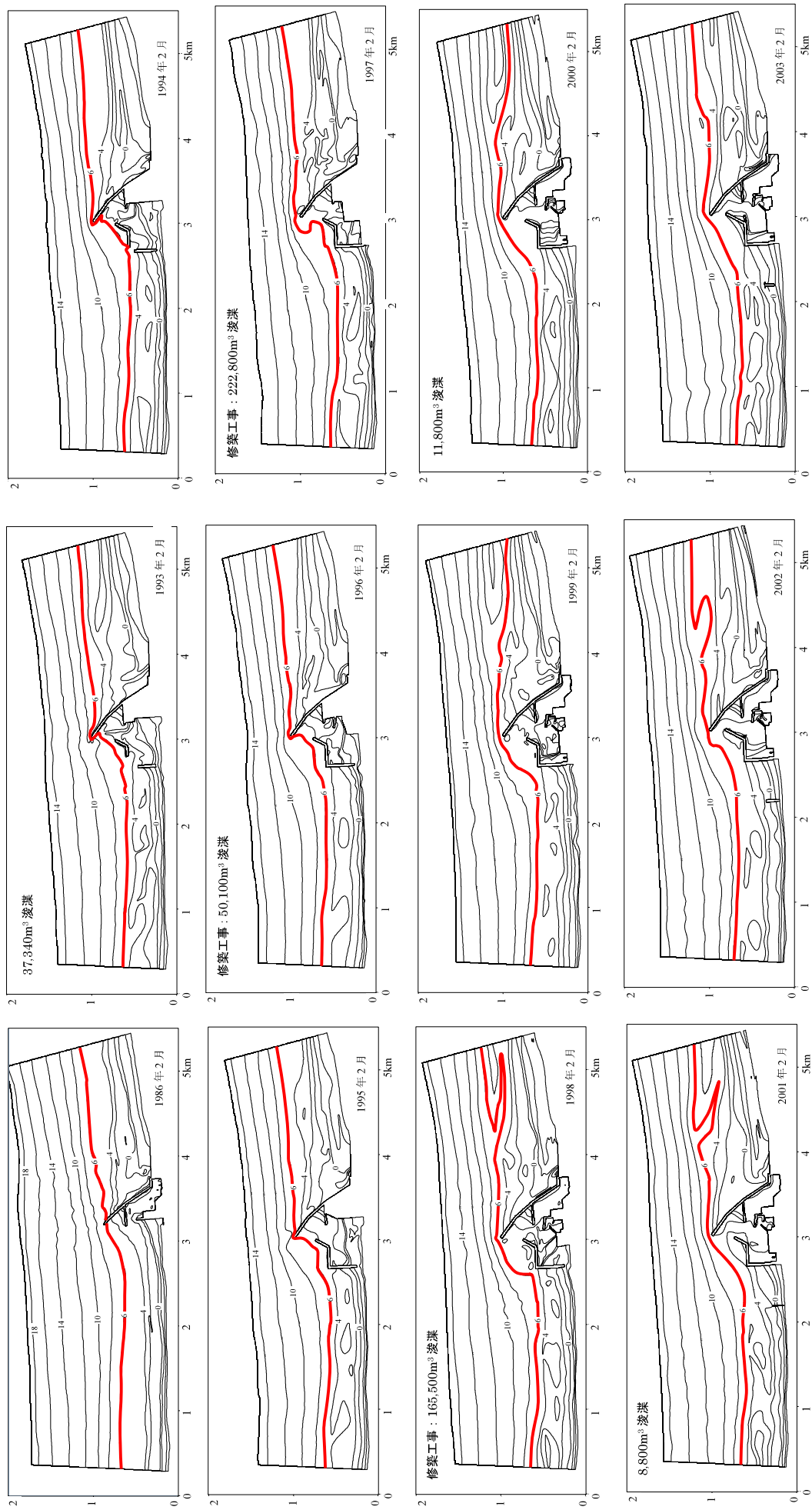


図-2.2.2(3) 福田漁港周辺の地形変化の推移

表・2.2.3(2) その他の計算条件

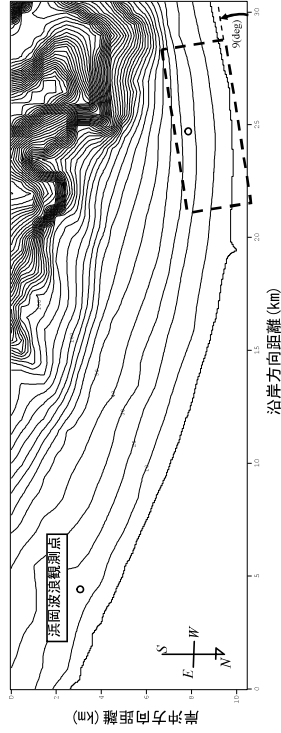
計算領域	
水深データ	1996年2月の深淺測量データ
計算領域(岸沖方向×沿岸方向)	2.5km×7.5km
格子間隔(岸沖方向×沿岸方向)	20m×20m
平面波浪場の計算(エネルギー平衡方程式)	
周波数分割	10等エネルギー分割
方向分割	ピーク波向き±90°を45分割
碎波減衰	磯部(1986)の碎波モデル
海浜流場の計算	
底面摩擦	田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定
底質中央粒径	$D_{50}=0.3\text{mm}$
水平拡散係数	Larson・Kraus(1991)のモデル、 $\lambda=12$.
境界条件	側方・沖側ともに閉境界条件
地形変化の計算	
局所漂砂量モデル	渡辺ら(1984)のハワーモデル、 $BW=5.0$, $A_c/A_{cp}=10.0$ 流れによる漂砂量 q_s のみを考慮
底面摩擦	田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦則から中央粒径 D_{50} を粗度として算定
急勾配地形条件での局所漂砂量の補正	海底勾配に応じて次式で局所漂砂量を補正($\epsilon=1.0$) $q_{cs} = q_{cs} - \epsilon q_{cs} \frac{\partial z_b}{\partial x}$

2. 2. 3. 三次元海浜変形モデルによる現地再現計算

(1) 計算条件(時化モデル)の設定

再現対象期間においては、童津海岸における波浪データが未取得であるため、浜岡原子力発電所における波浪データから地形変化計算沖側境界地点($h=25\text{m}$)における波浪条件をエネルギー平衡方程式で算定した。1995年から1997年に測定された波浪データ(1996年のデータは波向きデータが欠測)より**波高を5段階、波向きを2方向**に分割して、それぞれの領域における代表波高、波向きをエネルギー平均値として算定した。

さらに、E系、W系の時化が一年に2回ずつ複製した条件を想定して時化モデルを作成した。また、波高50cm以下の複製波条件を無視した。

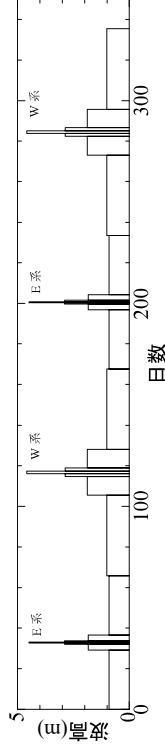


図・2.2.3(1) 三次元モデルによる計算領域(破線)と童津海岸波浪観測点の位置

表・2.2.3(1) 波高段階、波向別の代表波条件(S9°Eから反時計回りを正)

波高範囲	E系波浪			W系波浪		
	波高(m)	周期(s)	θ (deg)	波高(m)	周期(s)	θ (deg)
<H<0.5	0.43	6.02	14.10	0.43	5.89	-10.70
0.5<H<1.5	0.90	6.39	22.66	1.01	5.83	-24.82
1.5<H<2.5	1.85	8.41	20.85	1.88	7.95	-26.02
2.5<H<3.5	2.91	11.84	11.96	2.8	10.54	-19.22
3.5<H<	4.30	12.69	6.63	4.59	12.37	-14.00
			合計日数			合計日数
			148.5			216.5

ALL YEAR



図・2.2.3(2) 再現計算に用いた時化モデル

(2) 再現計算結果

再現計算の結果、予測値の方が実測値よりも港口での堆積域が狭くなり、その分局所的な堆積量は大きかった。これは、波による漂砂移動や浮遊砂の拡散の影響によるものであると考えられるが、モデルでは考慮できていない。

しかしながら、港口周辺における平均水深の増加量は、実測値で約80cm、計算値(図中赤枠内)で70cm程度となり、堆積領域に違いはあるものの、**平均水深変化量はほぼ一致した。**

また、 **$Bw=5.0$ とすることで、西側からの年間正味の沿岸漂砂量は約22万 m^3 、福田漁港を通過する正味の沿岸漂砂量は約9万 m^3 となり、実測結果(前出の図2.2.2(1)参照)とほぼ一致した。**

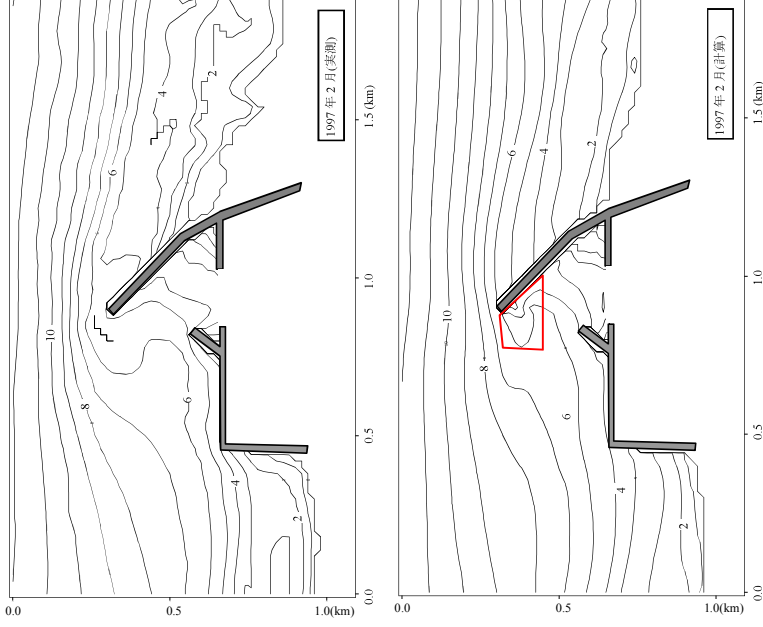
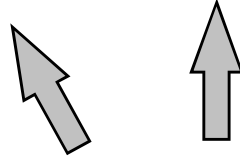
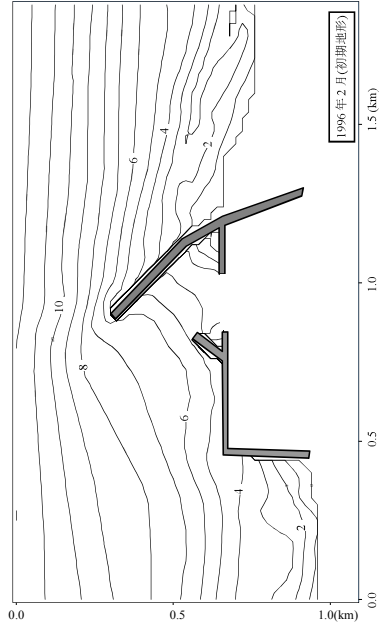


図2.2.3(3) 福田漁港周辺の地形変化の推移

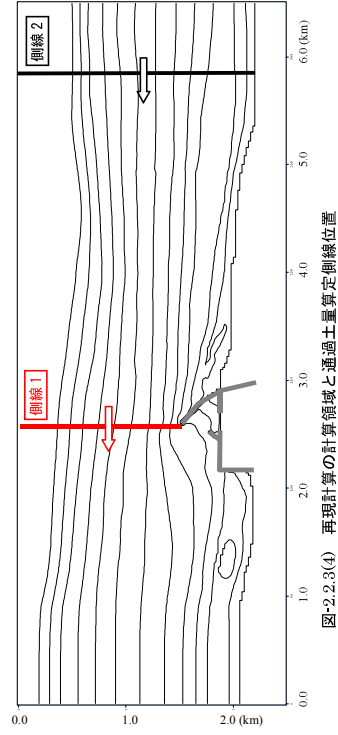


図2.2.3(4) 再現計算の計算領域と通過土量算定側線位置

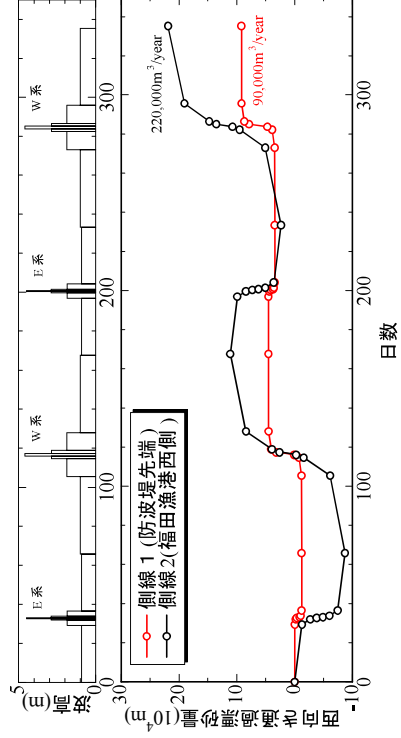


図2.2.3(5) 時化モデルと累積側線通過土量(東向きを正)の計算値

(2) 計算結果

図-2.2.4(7)および図-2.2.4(8)に示す計算結果より、時間の経過とともにサンドバイパスポンプによる影響範囲が拡大し、**5年後には港口周辺にも現況時とサンドバイパスポンプ設置時との有意な差が現れた。**

ただし、サンドバイパスポンプの設置に伴う港口における平均水深の変化量は、**5年後でも設置位置Aで11cm程度、BおよびCで18cm程度**となった(図-2.2.4(7)参照)。

また、一年間の時化モデルのうち、カマの産卵期間における代表波条件では東向きの漂砂移動を引き起こすW系の波高が他の期間に比べても大きかった(図-2.2.4(5))。

3年後および5年後における現況との水深差分を見ると、サンドバイパスポンプ設置地点の沖側、水深5m付近で堆積する傾向が見られた(図-2.2.4(8)参照)。これは、サンドバイパスポンプの設置などによって汀線付近の水深が大きくなることで、西側からの海浜流速が、この付近で急激に低減することによって考えられる。モデルでは、沖側の堆積砂が波によって汀線際に運ばれる効果が考慮されていないので、この堆積量については過大評価している可能性がある。

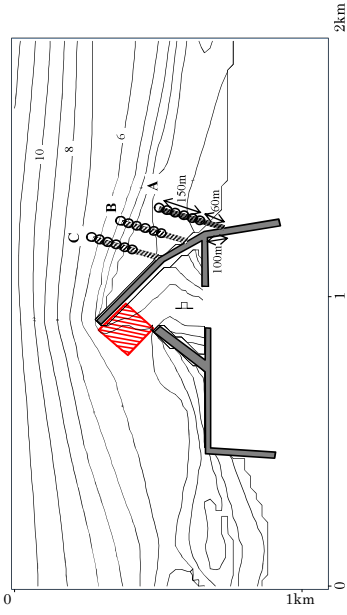


図-2.2.4(6) 港口平均水深の計算範囲

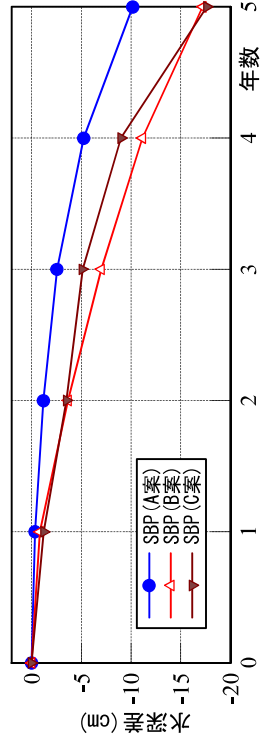


図-2.2.4(7) サンドバイパスポンプ設置時(case1, 2, 3)と現況時(case0)との港口平均水深差の年次変化

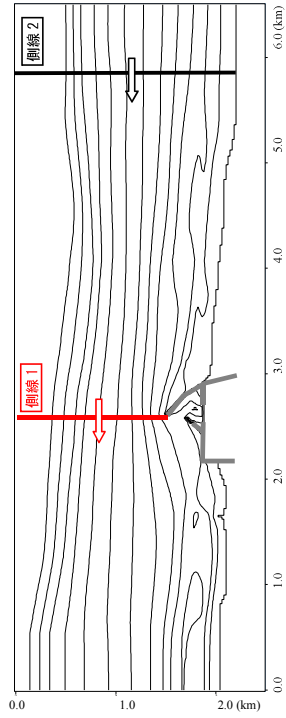


図-2.2.4(4) 将来予測計算の計算領域と通過土量算定側線位置

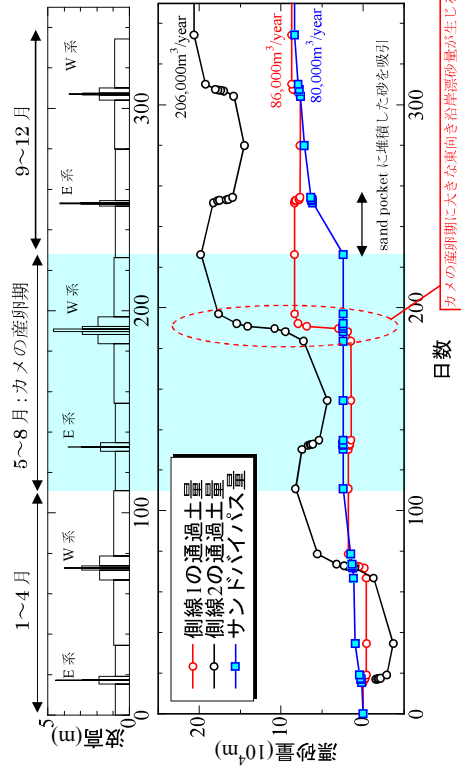


図-2.2.4(5) 1時化中に側線を通して東向きの累積漂砂量とサンドバイパス量の時間変化(case1)

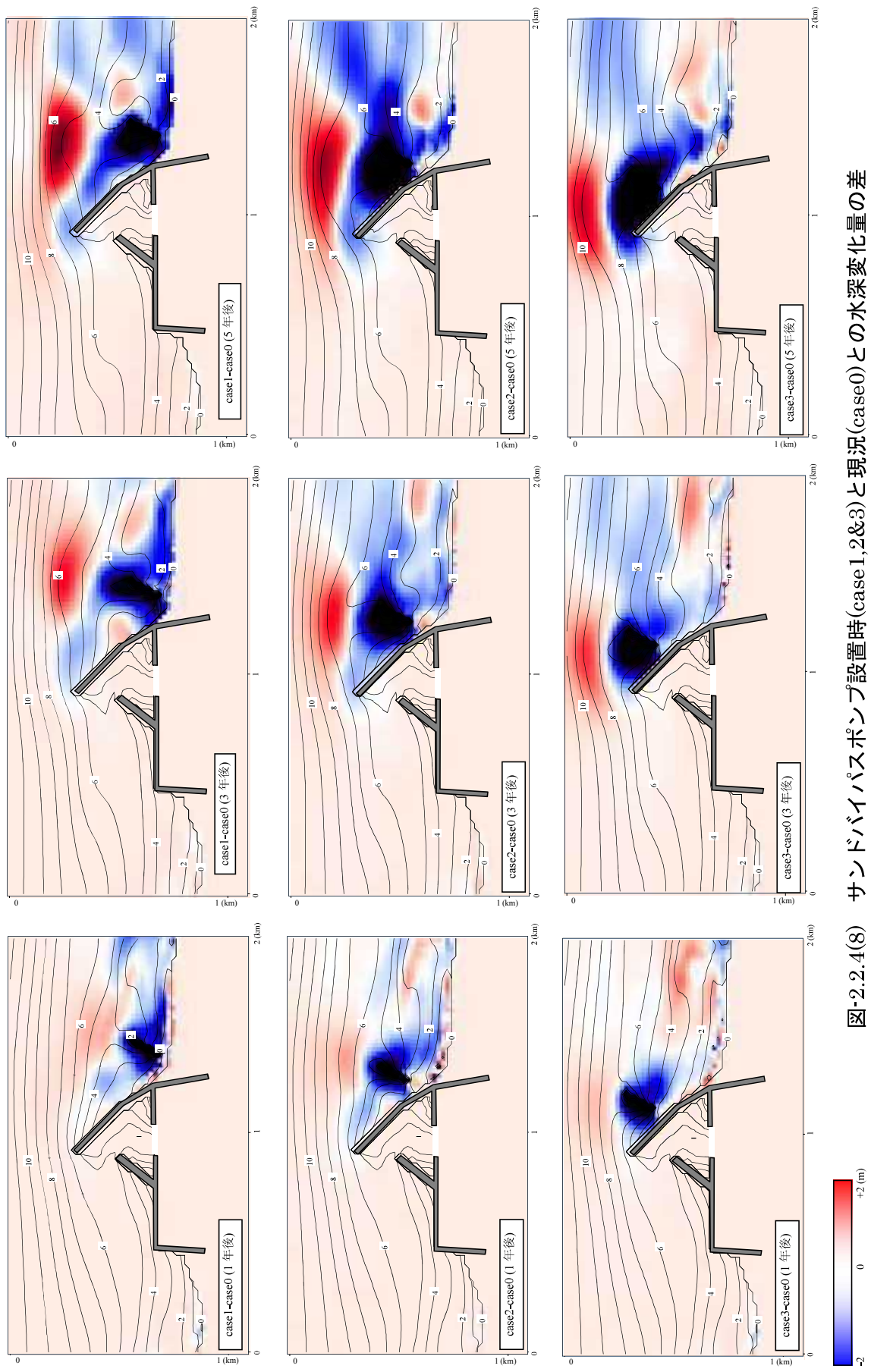


図-2.2.4(8) サンドバイパスポンプ設置時(case1,2&3)と現況(case0)との水深変化量の差

表-2.2.4(4) 計算条件

計算領域	
水深データ	2003年2月の水深測量データ
計算領域(岸沖方向×沿岸方向)	1.8km×4.3km (図)
格子間隔(岸沖方向×沿岸方向)	10m×10m
平面波浪場の計算(放物型波動方程式)	
周波数分割	10等エネルギー分割
方向分割	ピーク波向き±90°を45分割
破波減衰	磯部(1986)の破波モデル
地形変化の計算	
局所漂砂量モデル	渡辺ら(1984)のハリーモデル, Bw=5.0
底面摩擦	波による漂砂量 q_b のみを考慮
港内流入砂量の算定	田中・Sana(1996)の波・流れ共存場の底面摩擦係数から中央粒径 d_{50} を粗度として算定 波による漂砂量 q_b のうち、港口の側線上を通過する漂砂量成分を側線に沿って積分

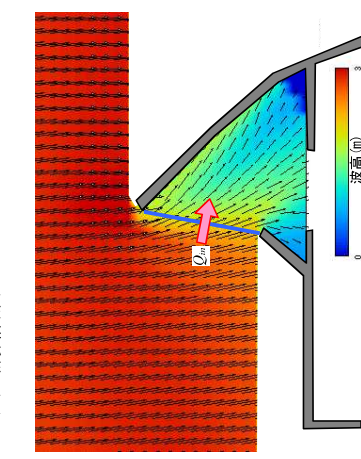
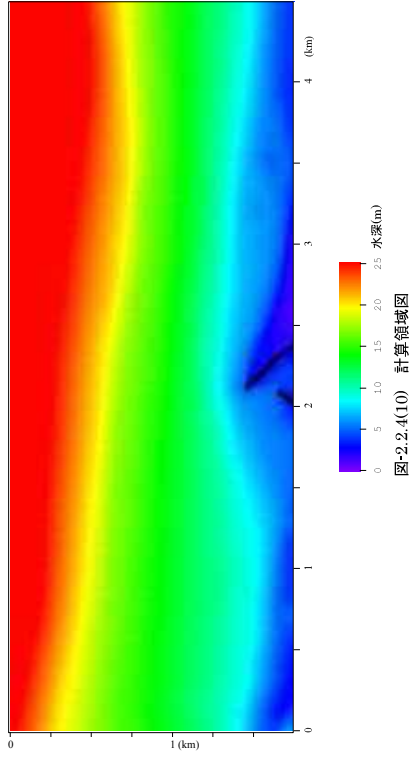


図-2.2.4(11) 波浪場計算による波向きベクトル (H=2.92m, T=9.4s)と港内流入砂量の算定側線位置(图中青線)

(3) 港内流入砂量の推定

1) 計算方法

防波堤背後での回折波を適切に算定できる放物型波動方程式を用いて、港口周辺の平面波浪場を算定した。入射波条件は、将来予測解析と同様に電洋海岸における1999年から2002年までの4年間の波浪データをを用いて推算した。

また、電洋海岸の波浪条件から福田漁港沖における波浪条件を推算し、得られた波浪データに対して波高を5段階、波向きを2方向に分割して、それぞれ代表波高、波向きをエネルギー平均値として算定した(表-2.2.4(3)参照)。

港内の堆積砂の粒径には、中央粒径で0.1~0.3mm程度と港外側の粒径と大きな差異はなかったため、港内流入砂量についても渡辺ら(1984)のパワーモデルを用いて概略算定した。ただし、波による漂砂移動量についても考慮した。港口の平均水深を増減させた条件で同様の計算を行い、港口の水深変化量に伴う港内流入砂量を比較した。

2) 計算結果

現況(港口の水深変化量ゼロ)における港内流入砂量は、Bw=5.0の条件では約10,000m³/年であった。現況とサンドパイプを設置した場合との5年後の港口の平均水深の差は、設置位置Aで11cm程度、設置位置BとCで18cm程度であった。このときの港内流入砂量の低減率は、設置位置Aで約18%、設置位置BとCで約26%であることが推定される。

これらのことから、漂砂解析の観点で、浅瀬海岸の海岸侵食対策と福田漁港の港内堆積砂低減対策を両立させるためには、設置位置Bの案が有利であると考えられる。

表-2.2.4(3) 波高段階、波向別の代表波条件(SBP-E)から反時計回りをE)

波高範囲	E系波浪			W系波浪		
	波高(m)	周期(s)	θ(deg)	波高(m)	周期(s)	θ(deg)
<H<0.5	0.43	6.08	14.90	18.5	0.44	5.59
0.5<H<1.5	0.87	6.53	18.92	119.7	0.95	5.67
1.5<H<2.5	1.83	8.55	14.91	9.4	1.87	7.68
2.5<H<3.5	2.92	9.94	9.36	1.4	2.90	9.76
3.5<H<	4.22	10.24	10.85	0.4	4.50	11.38
			合計日数	合計日数		
			149.3	215.7		

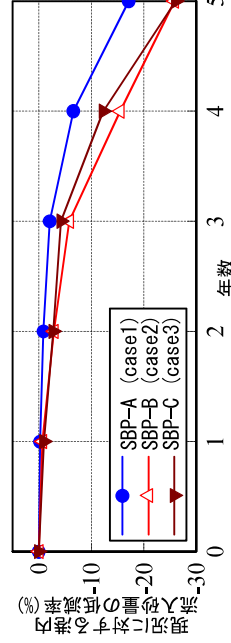


図-2.2.4(9) 現況時に対するSBP設置時の港内流入砂量の低減率推定値