# 平成 21 年度

# 竜串地区自然再生事業

竜串湾内濁り対策検討調査業務

# 報告書

平成 22 年 3 月

中国四国地方環境事務所

# 第1章 総 論

1.1	適 用	1-1-1
1.2	業務名	1-1-1
1.3	業務期間	1-1-1
1.4	業務目的	1-1-1

# 第2章 調査業務

2.1 泥	土除去工事(実証試験)評価のためのモニタリング調査	2-1-1
2.1.1	濁度計による連続測定	2-1-1
2.1.2	SPSS 法による評価	2-1-25
2.2 竜	串湾における長期モニタリング調査	2-2-1
2.2.1	濁度計による連続測定	2-2-1
2.2.2	浮泥堆積状況調査	2-2-12
2.3 竜	串湾内泥土堆積状況詳細調査	2-3-1
2.3.1	底質分布詳細調査	2-3-1

# 第3章 ライブカメラ導入検討

3.1	ラ	イブカメラシステムの検討	3-1-1
3.1.	1	ライブカメラシステムの現状把握	3-1-1
3.1.2	2	システムの設計	3-1-6
3.1.	3	設置工法の検討	-3-1-12
3.1.	4	維持・管理方法の検討	-3-1-16
3.2	ラ	イブカメラ設置場所の検討	3-2-1
3.3	ラ	イブカメラシステム設置のための試験	3-3-1

第4章 検討業務

4.1	泥土の移動・堆積メカニズムの解明	
4.1.	1 SPSS による底質調査	
4.1.	2 濁りの寄与度計算	
4.1.	3 泥土の移動・堆積メカニズムの解明	-4-1-25
4.2	長周期波の検討	
4.2.	1 竜串湾における長周期波の把握	
4.2.	2 竜串湾における長周期波の影響	-4-2-12
4.3	三崎川河口域における健全な海域環境の検討	4-3-1
4.3.	1 予測	4-3-1

### 第1章 総 論

### 1.1 適 用

本報告書は、平成21年度竜串地区自然再生事業のうち、竜串湾内濁り対策検討調査業務に関する内容及び結果などを記すものである。

### 1.2 業務名

平成21年度竜串地区自然再生事業竜串湾内濁り対策検討調査業務

### 1.3 業務期間

自 平成 21 年 6 月 26 日

至 平成 22 年 3 月 30 日

### 1.4 業務目的

本業務は、竜串地区自然再生事業の一環として平成18~20年度に実施された泥土除去 工事について、モニタリング調査を行い、工事効果を検証すると共に、今後の自然再生 事業における実施計画の作成に必要な情報収集及び解析・検討を行うものである。

自然再生事業では、「柔軟な事業の実施」が必要であり、事業後の自然再生状況を監視 しつつ、その結果を実施計画などへ反映させる順応的対応が必要とされる。しかしなが ら、自然再生事業における順応的対応の実施事例は少なく、モニタリングなどの監視手 法の構築や、その結果を事業計画にフィードバックさせるプロセスなどが確立されてお らず、今後、検討していく課題が多い。

本業務では平成18~20年度に泥土除去工事が実施された大碆東海域、弁天島東海域に おいて工事による事業効果を検証するためのモニタリング調査、竜串湾における長期モ ニタリング調査を実施すると共に、底質分布詳細調査を実施し、平成21年度の泥土除去 工事実施設計業務に必要な基礎資料を収集する。

また、濁りの原因となる泥土が流入、堆積するメカニズムを解析し、恒久的に泥土の 堆積を抑制する河口域の創出に向けた対策案の検討、及び今後の課題として持ち越され ていた長周期波の影響について検討する。

さらに、自然再生状況のモニタリング手法の一つとして、ライブカメラシステムの導 入に向けた設置場所などの検討を実施する。

以上の一連の調査、解析、検討、設計などを通して、竜串自然再生事業実施計画への 反映、事業実施への寄与を目的とする。

### 第2章 調査業務

### 2.1 泥土除去工事(実証試験)評価のためのモニタリング調査

本調査は、平成18~20年度に実施した大碆東工区の泥土除去工事について、工事後の モニタリング調査を実施し、工事の事業効果を評価するものである。

2.1.1 濁度計による連続測定

1)目的

濁度計による濁度の連続測定を行い、波浪が引き起こす泥土の巻き上がり量の推移を 監視し、工事の効果を評価することを目的とする。

2) 実施内容

(1)調査地点

調査点は、図 2-1-1 に示す「大碆」の1点(St.C)とした。調査点は大碆東工区に隣 接する海中公園3号地内にあり、平成18~20年度調査と同じ点である。なお、図には「2.2 竜串湾における長期モニタリング調査」における海中展望塔前面海域の調査点(St.II) も同時に示した。



図 2-1-1 調査点位置

(2)調査方法

①濁度計による連続測定

調査点にメモリー式の濁度計を設置し、濁度の連続測定を行った。濁度計の仕様を表 2-1-1 に、濁度計の測定モードを表 2-1-2 に、濁度計の設置状況を写真 2-1-1 に示した。 調査層は上層(D.L.下 2.7m)、下層(D.L.下 5.7m)の2層とした。

測器のデータ回収は1ヶ月毎に行い、測器の点検は2週間に1回の頻度で行った。な お、平成21年10月には定期的な点検の他に、台風接近後のデータ回収と点検を実施した。

また、測器の設置・撤去、データ回収、点検はダイバーが行った(表 2-1-3)。

製品名	COMPACT-CLW
メーカー	JFEアレック株式会社
測定項目	濁度
センサータイプ	赤外後方散乱
測定範囲	0~1000FTU
分解能	0.03FTU
精度	測定値の±2%
その他	ワイパー付き

表 2-1-1 濁度計の仕様

表 2-1-2 濁度計の測定モード

インターバル (分)	10
測定間隔(秒)	1.0
測定個数(個)	10

\*インターバル毎に測定値を平均し、解析データとした。



写真 2-1-1 濁度計の設置状況

②爪白沖の波高・周期の推定

竜串湾の代表点として爪白沖(図 2-1-1)での波浪を推算した。爪白沖は、平成 15 年 度及び平成 17 年度の調査で波浪の連続観測を行った地点である。

平成 17 年度の調査で、国土交通省が波浪の連続観測を行っている NOWPHAS (全国港湾 海洋波浪情報網)の高知地点(図 2-1-2)における

波高 $H_{K}$ と爪白沖の波高 $H_{T}$ の間に相関関係が認めら れた。両者の関係を示す相関式(1)を用いて $H_{K}$ から  $H_{T}$ を算出した。 $H_{K}$ の時間間隔は2時間である。

 $H_{\rm T} = 0.68 H_{\rm K}$  (R=0.87) (1)

なお、高知地点のデータが長期にわたり欠測した 場合は、同じ NOWPHAS の上川口地点における波高 $H_u$ を用いて次式(2)により $H_T$ を算出した。

 $H_{T} = 0.73 H_{U}$  (R=0.75) (2)

③海中展望塔の透視度



●は、NOWPHASの地点を示す。

図 2-1-2 NOWPHAS の高知地点位置

足摺海底館が海中展望塔(図 2-1-1)で実施している透視度データを入手し、参考デ ータとした。透視度は、1日3回程度測定し、1日の平均値が記録されている。

④三崎川流域の雨量

三崎川及び三崎川支流の西の川の2調査点で環境省が測定している日雨量を入手して 参考データとした。

### (3)調査期間

調査期間は、平成21年7月24日(測器の設置日)~平成22年3月19日(測器の撤 去日)であった。調査工程を表2-1-3に示した。

年	月	日	調査内容
	7	24	測器設置
	8	3	点検
	8	20	点検・データ回収
	9	3	点検
	9	17	点検・データ回収
H21	10	4	点検
	10	11	点検・データ回収
	10	20	点検・データ回収
	11	7	点検
	11	27	点検・データ回収
	12	9	点検
	12	21	点検・データ回収
	1	8	点検
	1	25	点検・データ回収
H22	2	11	点検
	2	28	点検・データ回収
	3	2	点検
	3	19	測器撤去

表 2-1-3 調査工程

3)調査結果・考察

(1) 竜串湾における濁り変動の概要

図 2-1-3 及び表 2-1-5 に、濁度、波高、透視度、日雨量の経時(日)変化を示した。 調査を開始した 7 月 24 日から 10 月にかけて 6 個の台風が接近した。濁度の連続測定 結果によると、台風接近時における泥土の連続した巻き上がり期間は 4~10 日程度であ った。

11月からは、比較的静穏な日が続き、月に2回程度、1~3日間程度の泥土の巻き上がりがあった。2月後半からは比較的波浪が発達することが多くなった。

表 2-1-4 に、泥土を巻き上げる限界波高と推定された波高 0.69m 以上(平成 15 年度竜 串地区自然再生推進計画調査(海域調査))の波浪の出現頻度を示した。

爪白沖における波高が 0.69m を超える波浪の出現頻度は、過去 4 カ年統計値を含めて 平成 19 年度までに、夏季に 13~37%、秋季に 11~20%、冬季に 6~11% であるの対し、 本年度は、夏季に 25%、秋季に 28%、冬季に 11% であり、秋季に波浪が発達していた。

なお、竜串湾は湾口を南に開き、北、東、西に海岸線があるため、南風の卓越する夏 季に波浪が大きく、北風が卓越する冬季に波浪が小さくなる特徴を持つ。

表 2-1-4 爪白沖において移動摩擦限界速度(波高 0.69m 以上)を超える条件を満たす波浪の出現頻度

				( .	単位%)
	春	夏	秋	冬	通年
平成21年度	-	25	28	11	-
平成20年度	-	13	11	9	_
平成19年度	-	33	18	7	-
平成18年度	-	37	20	10	_
平成17年度	-	30	20	11	-
過去4カ年統計値	17	28	17	6	17

注) 1. 過去4カ年統計値は、NOWPHAS高知地点の平成8年~11年のの波高統計値を用いて求めた。

2.季節の区分は、次の通りである。
春: 3, 4, 5月 夏: 6, 7, 8月
秋: 9,10,11月 冬:12, 1, 2月































# 図2-1-3(8) 透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化(2月)



図2-1-3(9) 透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化(3月)

### 表 2-1-5(1) 透視度・濁度・波高・日雨量の経日変化(7~10月)

平成21年7月

濁度(FTU) 日雨量 透視度 日 波高 海中展望塔 大 碆 (m) (mm/day) (m) 上層 下層 上層 下層 1.11 0.5 1.0 0.86 4.5 6.0 0.48 5.5 5.0 0.32 0.0 8.0 44.5 9.0 0.35 0.53 18.8 6.0 0.38 3.0 9.0 0.57 0.0 9.0 0.63 0.0 6.0 0.88 0.0 3.0 10 11 0.53 0.0 6.0 0.38 0.0 6.0 13 0.46 0.0 7.0 14 0.54 0.0 6.0 15 0.65 0.0 6.0 16 6.0 0.48 0.0 17 0.52 0.0 6.0 18 0.560.0 6.0 19 0.0 4.0 0.51 18.3 4.0 20 0.51 21 0.50 7.5 4.0 22 0.55 68.5 2.0 23 0.35 0.0 7.0 24 0.2 0.3 0.34 0.0 8.0 0.3 0.2 25 0.73 3.0 4.0 1.01.90.4 1.226 0.59 37.3 7.0 0.4 0.6 0.3 0.5 27 0.53 17.5 7.0 0.3 0.4 0.3 0.4 0.4 9.0 0.2 0.3 28 0.48 0.5 0.3 29 0.52 0.0 9.0 0.2 0.4 0.3 0.5 30 0.540.0 8.0 0.2 0.4 0.3 0.5 31 0.63 0.0 9.0 0.2 0.4 0.3 0.4 合計 229.9 0.5 平均 0.3 0,55 6.2 0.3 0,6

平成21年8月							
				濁度(FTU)			
日	波高	日雨量	透視度	海中周	展望塔	大	碆
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.49	0.0	9.0	0.2	0.4	0.3	0.4
2	0.42	0.0	10.0	0.1	0.3	0.2	0.3
3	0.58	1.5	8.0	0.4	0.5	0.2	0.4
4	0.79	0.3	5.0	0.6	1.0	0.3	0.6
5	1.08	12.3	5.0	0.8	1.4	0.4	1.9
6	1.74	61.0	1.0	7.0	11.6	2.1	6.5
7	1.23	0.5	1.0	10.7	22.9	2.2	7.2
8	0.83	29.5	4.0	5.9	12.7	0.7	2.5
9	1.06	235.8	4.0	1.6	3.2	2.1	9.8
10	1.23	50.5	4.0	2.3	3.8	2.6	7.8
11	0.60	0.0	4.0	1.3	2.0	1.0	1.9
12	0.59	0.0	4.0	1.1	2.3	0.8	4.0
13	0.64	0.0	4.0	1.7	3.7	0.9	4.2
14	0.30	0.0	8.0	0.4	0.4	0.4	0.5
15	0.23	0.0	8.0	0.3	0.3	0.3	0.4
16	0.46	80.8	12.0	0.3	0.3	0.2	0.3
17	0.49	0.0	12.0	0.3	0.3	0.3	0.3
18	0.79	0.0	10.0	0.3	0.3	0.3	0.3
19	0.74	1.0	10.0	0.3	0.3	0.3	0.3
20	0.60	12.0	8.0	0.4	0.4	0.2	0.3
21	0.59	1.3	7.0	0.4	0.5	0.2	0.4
22	0.42	0.0	10.0	0.4	0.3	0.2	0.4
23	0.31	0.0	12.0	0.3	0.2	0.1	0.3
24	0.35	0.0	12.0	0.3	0.3	0.2	0.4
25	0.40	0.0	12.0	0.3	0.3	0.1	0.4
26	0.34	0.0	12.0	0.3	0.2	0.1	0.3
27	0.60	4.3	10.0	0.3	0.3	0.1	0.3
28	0.49	0.3	10.0	0.4	0.3	0.2	0.5
29	0.35	13.0	10.0	0.3	0.3	0.2	0.4
30	0.36	1.8	12.0	0.3	0.3	0.1	0.4
31	0.69	0.5	10.0	0.3	0.3	0.2	0.5
合計	-	506.4	-	-	-	-	-
平均	0.64	- 1	8.0	1.3	2.3	0.6	17

平成21年9月

				濁度(FTU)			
日	波高	日雨量	透視度	海中展望塔		大	碆
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.46	7.5	10.0	0.2	0.3	0.2	0.4
2	0.57	13.5	8.0	0.3	0.4	0.2	0.4
3	0.83	30.5	8.0	0.4	0.7	0.3	0.8
4	1.11	0.0	6.0	1.0	1.4	0.4	1.7
5	0.95	0.0	5.0	0.6	1.0	0.5	1.3
6	0.89	0.3	6.0	0.6	0.9	0.4	1.0
7	1.07	0.0	6.0	1.0	1.8	0.7	2.4
8	0.94	0.0	4.0	0.9	1.3	0.8	2.2
9	0.52	0.0	9.0	0.4	0.5	0.2	0.5
10	0.46	0.0	12.0	0.3	0.6	0.3	0.4
11	0.40	0.0	9.0	0.3	0.5	0.3	0.5
12	0.48	0.0	6.0	0.6	0.8	0.8	2.2
13	0.50	0.0	9.0	0.4	0.6	0.4	0.9
14	0.41	0.0	7.0	0.4	0.7	0.2	0.5
15	0.47	0.0	7.0	0.4	0.6	0.3	0.6
16	0.46	0.0	10.0	0.5	0.7	0.6	1.3
17	0.56	0.0	5.0	1.1	1.9	1.7	4.7
18	1.49	0.0	1.0	6.5	11.4	5.4	13.3
19	1.61	0.0	0.0	15.1	26.3	13.7	33.1
20	0.77	0.0	4.0	1.5	2.8	2.5	5.5
21	0.56	0.0	6.0	0.5	0.7	0.8	1.3
22	0.57	4.3	7.0	0.5	0.6	0.5	0.6
23	0.59	7.0	8.0	0.5	0.6	0.4	0.6
24	0.67	0.8	10.0	0.4	0.5	0.3	0.4
25	0.57	0.0	10.0	0.3	0.4	0.3	0.4
26	0.39	0.0	10.0	0.3	0.4	0.3	0.3
27	0.38	28.8	12.0	0.2	0.3	0.3	0.2
28	0.62	2.5	9.0	0.3	0.4	0.3	0.4
29	0.54	18.8	9.0	0.3	0.5	0.4	0.6
30	0.46	4.3	10.0	0.3	0.4	0.4	0.6
31	-	-	-	-	-	-	-
合計	-	118.3	-	-	-	-	-
平均	0.68	-	7.4	1.2	2.0	1.1	2.6

平成21年10月							
				濁度 (FTU)			
日	日 波高		透視度	海中展望塔		大 碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.45	10.5	8.0	0.3	0.5	0.4	0.6
2	0.72	201.0	6.0	1.6	3.0	1.5	5.0
3	0.84	0.0	4.0	3.1	7.8	1.3	3.9
4	0.49	0.0	9.0	0.3	0.7	0.3	0.5
5	0.70	15.0	4.0	1.1	2.4	0.8	3.1
6	1.05	11.5	1.0	3.5	5.1	2.3	5.0
7	1.98	112.8	0.0	16.4	21.8	5.3	10.8
8	1.00	2.3	1.0	6.5	8.9	3.5	9.5
9	0.47	0.0	4.0	1.0	1.6	1.1	2.3
10	0.32	0.0	5.0	0.6	0.9	0.6	0.7
11	0.27	0.0	7.0	0.3	0.5	0.4	0.4
12	0.37	0.0	7.0	0.2	0.4	0.3	0.6
13	0.35	0.0	9.0	0.2	0.5	0.4	0.5
14	0.28	0.0	10.0	0.2	0.4	0.3	0.3
15	0.26	0.0	10.0	0.1	0.3	0.2	0.3
16	0.26	0.0	12.0	0.1	0.3	0.2	0.3
17	0.38	4.3	8.0	0.2	0.3	0.4	0.5
18	0.29	0.0	9.0	0.2	0.3	0.3	0.4
19	0.66	0.0	6.0	1.8	3.4	0.6	2.0
20	0.85	0.0	4.0	2.2	3.3	1.4	3.7
21	1.10	0.0	4.0	3.7	5.4	1.8	4.9
22	0.80	0.0	7.0	2.2	4.1	1.0	2.6
23	0.50	0.0	12.0	0.4	0.7	0.5	0.9
24	0.42	6.3	10.0	0.4	0.5	0.3	0.5
25	0.81	24.5	10.0	0.6	0.6	1.1	2.1
26	0.98	3.5	9.0	0.6	0.9	2.0	5.5
27	0.45	0.0	12.0	0.3	0.4	0.6	1.0
28	0.26	0.0	14.0	0.1	0.1	0.2	0.3
29	0.32	0.0	14.0	0.2	0.1	0.2	0.3
30	0.43	0.0	14.0	0.2	0.2	0.3	0.3
31	0.51	0.0	15.0	0.2	0.3	0.2	0.5
合計	-	391.7	-	-	-	-	-
平均	0.60	-	7.9	1.6	2.4	1.0	2.2

注) 1. 波高は、爪白沖の有義波高の日平均値で、NOWPHAS高知地点(7/1 0時~9/8 10時は上川口地点)のデータに換算係数を乗じて算出。

2. 日雨量は、三崎川流域2地点の平均値で、環境省が測定したデータ。

3. 透視度は、海中展望塔で足摺海底館が測定したデータ。

4. 濁度は、日平均値。

### 表 2-1-5(2) 透視度・濁度・波高・日雨量の経日変化(11~2月)

平成21年11月

平成21年12月

				濁度(FTU)			
日	波高	日雨量	透視度	海中原	展望塔	大	碆
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.58	46.8	14.0	0.2	0.4	0.3	0.5
2	0.39	3.5	12.0	0.3	0.2	0.5	0.9
3	0.23	0.3	11.0	0.2	0.2	0.5	0.5
4	0.26	0.0	13.0	0.2	0.1	0.2	0.2
5	0.25	0.0	14.0	0.1	0.1	0.2	0.2
6	0.36	0.0	15.0	0.1	0.1	0.2	0.2
7	0.47	3.0	16.0	0.2	0.1	0.2	0.5
8	0.44	0.0	13.0	0.2	0.1	0.2	0.6
9	0.55	0.5	16.0	0.1	0.1	0.1	0.4
10	0.81	69.8	16.0	0.6	1.2	0.3	0.9
11	1.34	53.3	1.0	7.1	12.0	4.2	10.8
12	0.40	0.8	6.0	0.7	0.8	0.6	1.2
13	1.11	108.0	6.0	0.7	1.0	0.5	1.5
14	0.67	0.0	6.0	0.5	0.7	0.3	1.1
15	0.26	0.0	12.0	0.3	0.3	0.1	0.3
16	0.17	2.0	12.0	0.2	0.1	0.1	0.2
17	0.32	23.8	10.0	0.2	0.3	0.1	0.2
18	0.32	0.0	12.0	0.2	0.2	0.1	0.2
19	0.26	0.0	12.0	0.2	0.1	0.1	0.2
20	0.32	0.0	12.0	0.2	0.2	0.1	0.2
21	0.26	0.0	12.0	0.2	0.1	0.1	0.2
22	0.25	8.8	13.0	0.2	0.1	0.1	0.2
23	0.30	0.3	14.0	0.2	0.1	0.1	0.2
24	0.51	29.8	12.0	0.2	0.2	0.1	0.4
25	0.52	4.5	10.0	0.3	0.3	0.1	0.4
26	0.35	0.0	12.0	0.2	0.2	0.1	0.2
27	0.47	0.0	12.0	0.3	0.3	0.1	0.4
28	0.73	0.3	7.0	1.4	1.9	1.5	3.5
29	0.82	0.0	1.0	4.2	6.6	2.8	6.7
30	0.75	0.0	4.0	1.7	2.3	2.0	5.3
-	-	-	-	-	-	-	-
合計	-	355.5	-	-	-	-	-
平均	0.48	-	10.9	0.7	1.0	0.5	1.3

1 // 201	110/1			濁度(FTU)				
日	波高	日雨量	透視度	海中原	展望塔	大	碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層	
1	0.61	0.0	6.0	0.7	1.0	1.3	4.2	
2	0.65	0.0	12.0	0.3	0.5	0.5	2.0	
3	0.76	11.0	12.0	0.3	0.5	0.3	1.2	
4	0.34	0.0	10.0	0.3	0.3	0.1	0.3	
5	0.36	0.0	12.0	0.3	0.3	0.4	0.7	
6	0.34	0.0	12.0	0.2	0.3	0.3	0.8	
7	0.27	0.0	14.0	0.2	0.2	0.1	0.3	
8	0.24	0.0	15.0	0.2	0.2	0.1	0.2	
9	0.27	0.0	15.0	0.1	0.1	0.1	0.1	
10	0.33	34.0	16.0	0.2	0.2	0.1	0.1	
11	1.04	16.0	3.0	1.6	2.5	0.4	1.1	
12	0.37	0.3	8.0	0.4	0.4	0.1	0.1	
13	0.23	0.0	14.0	0.2	0.2	0.2	0.1	
14	0.20	0.0	12.0	0.2	0.2	0.2	0.1	
15	0.21	1.8	12.0	0.2	0.1	0.1	0.1	
16	0.18	5.0	16.0	0.2	0.1	0.1	0.1	
17	0.22	0.0	16.0	0.1	0.1	0.2	0.1	
18	0.23	0.5	16.0	0.2	0.1	0.3	0.3	
19	0.28	0.3	14.0	0.2	0.2	0.6	0.8	
20	0.31	0.0	17.0	0.2	0.2	0.2	0.1	
21	0.29	0.3	17.0	0.1	0.1	0.2	0.2	
22	0.23	0.0	17.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
23	0.23	0.0	15.0	0.0	0.1	0.2	0.2	
24	0.25	0.0	15.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
25	0.26	2.5	18.0	0.0	0.1	0.1	0.0	
26	0.24	0.3	18.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
27	0.29	0.0	17.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
28	0.28	1.8	18.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
29	0.22	0.0	18.0	0.0	0.1	0.1	0.0	
30	0.22	0.0	16.0	0.0	0.1	0.1	0.1	
31	0.34	0.0	16.0	0.0	0.1	0.6	0.7	
合計	-	73.8	-	-	-	-	-	
平均	0.33	-	14.1	0.2	0.3	0.3	0.5	

平成22年1月

				濁度(FTU)			
日	波高	日雨量	透視度	海中原	展望塔	大	碆
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.25	2.3	16.0	-	-	-	-
2	0.20	0.0	17.0	-	-	-	-
3	0.34	0.0	12.0	-	-	-	-
4	0.18	0.0	14.0	-	-	-	-
5	0.55	0.0	5.0	-	-	-	-
6	0.26	0.0	15.0	-	-	-	-
7	0.22	0.0	16.0	-	-	-	-
8	0.23	0.0	14.0	0.1	0.2	0.2	0.1
9	0.25	0.0	16.0	0.2	0.2	0.2	0.1
10	0.24	0.0	17.0	0.2	0.2	0.2	0.1
11	0.18	0.0	17.0	0.2	0.2	0.2	0.1
12	0.18	8.8	16.0	0.2	0.2	0.2	0.1
13	0.32	0.8	16.0	0.2	0.3	0.5	0.6
14	0.39	2.5	16.0	0.2	0.3	0.5	0.6
15	0.22	1.8	16.0	0.1	0.2	0.2	0.1
16	0.18	0.0	16.0	0.1	0.2	0.1	0.1
17	0.23	0.0	17.0	0.1	0.2	0.1	0.1
18	0.30	0.0	16.0	0.2	0.2	0.1	0.1
19	0.30	0.0	18.0	0.1	0.2	0.1	0.1
20	0.44	0.3	10.0	0.6	0.9	0.6	1.1
21	1.26	7.0	1.0	4.2	7.1	4.0	7.2
22	0.48	0.0	4.0	0.8	1.1	0.9	1.1
23	0.31	0.0	9.0	0.3	0.4	0.4	0.5
24	0.25	0.0	9.0	0.2	0.3	0.2	0.2
25	0.24	0.0	16.0	0.1	0.1	0.2	0.1
26	0.18	0.0	16.0	0.0	0.1	0.2	0.2
27	0.21	0.0	18.0	0.0	0.1	0.2	0.2
28	1.14	49.5	1.0	4.5	7.1	3.4	7.3
29	0.43	0.0	10.0	0.3	0.4	0.6	0.8
30	0.22	0.0	15.0	0.1	0.2	0.3	0.3
31	0.23	9.8	15.0	0.0	0.2	0.2	0.2
合計	-	82.8	-	-	-	-	-
平均	0.34	-	13.4	0.5	0.9	0.6	0.9

平成224	年2月						
					濁度	(FTU)	
日	波高	日雨量	透視度	海中原	展望塔	大	碆
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.48	26.5	10.0	0.1	0.3	0.2	0.5
2	0.43	0.3	12.0	0.2	0.2	0.4	0.9
3	0.33	0.0	16.0	0.1	0.1	0.3	0.3
4	0.21	0.0	16.0	0.0	0.1	0.2	0.2
5	0.20	0.0	18.0	0.0	0.1	0.2	0.2
6	0.17	0.0	18.0	0.0	0.1	0.2	0.2
7	0.15	0.0	15.0	0.0	0.1	0.2	0.1
8	0.19	0.0	18.0	0.0	0.1	0.1	0.1
9	0.68	12.3	12.0	0.4	0.6	0.2	0.5
10	0.71	10.5	7.0	0.5	0.8	0.4	1.0
11	0.70	7.0	7.0	1.1	2.1	0.9	1.7
12	0.61	0.3	6.0	0.6	0.9	1.0	1.8
13	0.35	0.0	12.0	0.2	0.3	0.4	0.3
14	0.30	5.0	17.0	0.0	0.2	0.2	0.2
15	0.49	11.0	17.0	0.1	0.2	0.1	0.2
16	0.42	0.0	14.0	0.1	0.2	0.2	0.2
17	0.46	0.0	15.0	0.0	0.2	0.2	0.3
18	0.32	0.0	17.0	0.0	0.2	0.2	0.2
19	0.28	0.0	17.0	0.0	0.1	0.2	0.2
20	0.23	0.0	18.0	0.0	0.2	0.2	0.1
21	0.26	0.0	16.0	0.0	0.1	0.1	0.0
22	0.26	0.8	16.0	0.0	0.2	0.2	0.2
23	0.51	34.0	2.0	1.1	1.6	2.0	3.1
24	0.44	0.8	6.0	0.4	0.6	0.4	0.5
25	0.81	1.8	8.0	1.3	1.9	0.7	1.2
26	1.90	139.5	0.5	12.8	22.9	6.1	16.5
27	1.38	12.5	1.0	11.4	21.2	3.2	8.6
28	0.67	3.3	6.0	1.0	1.4	0.9	1.6
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-
合計	-	265.6	-	-	-	-	-
平均	0.50	-	12.1	1.1	2.0	0.7	1.5

注) 1. 波高は、爪白沖の有義波高の日平均値で、NOMPHAS高知地点(11/15 14時~11/24 12時は上川口地点)のデークに換算係数を乗じて算出。

2.日雨量は、三崎川流域2地点の平均値で、環境省が測定したデータ。

3. 透視度は、海中展望塔で足摺海底館が測定したデータ。

4. 濁度は、日平均値。

### 表 2-1-5(3) 透視度・濁度・波高・日雨量の経日変化(3月)

平成22年3月

				濁度 (FTU)				
日	波高	日雨量	透視度	海中原	展望塔	大	碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層	
1	0.57	33. 3	8.0	1.8	3.2	0.8	2.0	
2	0.84	0.0	2.0	1.6	3.2	0.8	2.2	
3	0.36	0.3	9.0	0.3	0.3	0.2	0.2	
4	0.52	35.3	9.0	0.3	0.4	0.2	0.2	
5	0.76	3.0	6.0	0.5	0.8	0.3	0.6	
6	0.54	19.3	9.0	0.3	0.4	0.2	0.3	
7	0.39	38.3	10.0	0.3	0.3	0.2	0.2	
8	0.49	-	12.0	0.2	0.3	0.2	0.2	
9	0.85	-	4.0	0.6	0.8	0.4	1.0	
10	0.59	-	7.0	1.6	2.4	1.5	3. 3	
11	0.34	-	7.0	0.6	0.7	0.9	1.6	
12	0.28	-	9.0	0.5	0.8	0.5	1.9	
13	0.72	-	4.0	1.8	2.6	1.0	4.1	
14	0.38	-	8.0	0.4	0.5	0.2	0.4	
15	0.89	-	6.0	6.2	10.0	1.7	5.4	
16	1.17	-	4.0	4.9	10.7	1.6	6.6	
17	0.34	-	8.0	0.3	0.4	0.3	0.4	
18	0.41	-	9.0	0.4	0.5	0.4	1.0	
19	0.42	-	4.0	0.4	0.4	0.3	0.5	
20	-	-	-	-	-	-	-	
21	-	-	-	-	-	-	-	
22	-	-	-	-	-	-	-	
23	-	-	-	-	-	-	-	
24	-	-	-	-	-	-	-	
25	-	-	-	-	-	-	-	
26	-	-	-	-	-	-	-	
27	-	-	-	-	-	-	-	
28	-	-	-	-	-	-	-	
29	-	-	-	-	-	-	-	
30	-	-	-	-	-	-	-	
31	-	-	-	-	-	-	-	
合計	-	129.5	-	-	-	-	-	
亚齿	0.57	-	7 1	1.2	2.0	0.6	1.7	

 平均
 0.57
 7.1
 1.2
 2.0
 0.6
 1.7

 注)
 1. 波高は、爪白沖の有義波高の日平均値で、NOWPHAS高知地点のデークに換算係数を乗じて算出。
 2.1
 1.
 2.1
 1.
 1.1
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2
 1.2

3. 透視度は、海中展望塔で足摺海底館が測定したデータ。
4. 濁度は、日平均値。

### (2)事業効果(波浪と濁度の関係)

大 婆東工区で 実施している 泥土除去工事の 効果を 評価 するため、 波浪が引き起こす 泥 土の 巻き上がり 状況の 推移を検証した。

①波高と濁度の比較(その1)

泥土除去工事の効果を評価するため、爪白沖の波高と大碆の濁度の関係を求め、平成 18~20 年度の泥土除去工事の前後のデータと比較した。比較に用いたデータの間隔は、 波高のデータに合わせて2時間とし、濁度のデータは1時間平均値を用いた。

波高と濁度の関係を示す相関図を図 2-1-4 に、波高の階級別濁度の頻度分布を図 2-1-5 及び表 2-1-6 に示した。

相関図から、波高が大きくなるに従い濁度が高くなること、上層よりも下層の方が波 浪との応答が高くなる傾向にあることが認められた。

波高の階級別濁度の頻度分布を見ると、全ての年度で波高が 0.5m 未満の場合は、 0.9FTU 未満の濁度が、上層、下層ともに概ね 90%より多くを占め、年度間の差は見られ なかった。これは、波高 0.5m 未満は泥土が巻き上がる条件にないためと推定された。

波高が 0.5m 以上 1.0m 未満の範囲では、上層、下層ともに平成 18 年度と比較すると、 平成 19 年度以降は濁度が低く推移しており、泥土の巻き上がり量は減少していた。

波高が1.0m以上1.5m未満の範囲では、上層、下層ともに平成18年度と平成20年度の傾向が良く似ており、平成19年度が最も泥土の巻き上がりが少ない傾向にあった。また、平成21年度は平成19年度の次に泥土の巻き上がりが少なくなっていた。

波高が 1.5m 以上の範囲では、データ数が年間を通して 4~68 個と少ないため、ここで は考察しなかった。

なお、表 2-1-7 に平成 18 年度と平成 21 年度の濁度の差の検定結果を示した。検定方法は、濁度が中央値に対して平均値が著しく高い上に散布図からも正規分布していないことが確認されたため、順位により平均値を比較する Mann-Whitney のU検定とした。

結果として、平成18年度と平成21年度の濁度の差は、上層の1.0m以上の範囲において て有意差が若干小さくなっていたものの、上層及び下層のいずれの波高範囲においても 有意な差が認められ、頻度分布で検討した傾向が実証された。

以上のように、泥土の巻き上がり量は、波高が 1.0m 未満の範囲においては、平成 18 年度と比較して平成19~21年度は少なくなっていた。波高1.0m以上の範囲においては、 平成 20年度は平成 18年度のレベルに戻っていたものの、平成 21年度は再びレベルが下 がっていた。



図 2-1-4(1) 波高(爪白沖)と濁度(大碆)の関係:上層



図 2-1-4(2) 波高(爪白沖)と濁度(大碆)の関係:下層



3. 濁度は1時間平均値

### 図 2-1-5 波高(爪白沖)別濁度(大碆)の出現頻度

### 表 2-1-6 波高(爪白沖)別濁度(大碆)の出現頻度

			波高(m)						
L	_ 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스키			
			$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		19 FT			
	10.0~	0.0	0.0	1.2	20.8	0.4			
	5.0~9.9	0.2	1.2	12.8	25.0	1.6			
	4.0~4.9	0.0	1.7	4.7	6.3	0.8			
濁度	3.0~3.9	0.3	1.9	9.3	16.7	1.5			
(FTU)	2.0~2.9	0.6	6.2	18.6	12.5	3.3			
	1.0~1.9	2.5	19.2	24.4	14.6	8.1			
	$\sim 0.9$	96.3	69.8	29.1	4.2	84.3			
	データ数	2004	725	172	48	2949			

【平成18年度(平成18年6月21日~平成19年3月21日)】

			波高(m)							
Ŧ	下層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	소리				
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$						
	10.0~	0.2	5.9	35.5	81.3	5.0				
	5.0~9.9	1.0	16.0	25.6	10.4	6.3				
	4.0~4.9	0.4	5.5	7.0	2.1	2.1				
濁度	3.0~3.9	0.8	10.2	13.4	4.2	3.9				
(FTU)	$2.0 \sim 2.9$	1.7	14.6	10.5	0.0	5.4				
	1.0~1.9	7.1	26.9	7.6	2.1	11.9				
	$\sim 0.9$	88.8	20.8	0.6	0.0	65.5				
	データ数	2004	725	172	48	2949				

【平成19年度(平成19年8月18日~平成20年3月26日)】

	上層		波高(m)						
F			0.51	1.01	$1.51 \sim$	스키			
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		19°ET			
	10.0~	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
	5.0~9.9	0.1	0.7	2.9	0.0	0.3			
	4.0~4.9	0.1	0.5	1.9	0.0	0.3			
濁度	3.0~3.9	0.4	1.1	1.9	50.0	0.7			
(FTU)	2.0~2.9	0.8	2.1	6.7	25.0	1.4			
	1.0~1.9	2.6	8.7	44.2	0.0	5.6			
	$\sim 0.9$	96.0	86.8	42.3	25.0	91.7			
	データ数	1885	561	104	4	2554			

			波高(m)							
Ŧ	、 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	∆ ⇒I				
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		合計				
	10.0~	0.0	1.1	2.9	0.0	0.4				
	5.0~9.9	1.0	4.6	35.6	75.0	3.3				
	4.0~4.9	0.8	2.9	16.3	0.0	1.9				
濁度	3.0∼3.9	0.9	3.2	11.5	0.0	1.8				
(FTU)	2.0~2.9	1.2	8.4	18.3	0.0	3.4				
	1.0~1.9	3.4	26.7	6.7	25.0	8.7				
	$\sim 0.9$	92.7	53.1	8.7	0.0	80.5				
	データ数	1885	561	104	4	2554				

【平成20年度(平成20年8月26日~平成21年3月27日)】

上層			波高(m)						
			0.51	1.01	$1.51 \sim$	스쿼			
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$					
	10.0~	0.0	0.2	5.7	62.1	0.9			
	5.0~9.9	0.0	0.9	17.0	13.8	0.7			
	4.0~4.9	0.0	1.2	5.7	6.9	0.4			
濁度	3.0~3.9	0.2	0.5	13. 2	3.4	0.6			
(FTU)	2.0~2.9	0.3	1.6	15.1	6.9	0.9			
	1.0~1.9	1.9	9.9	22.6	3.4	3.7			
	$\sim 0.9$	97.6	85.6	20.8	3.4	92.9			
	データ数	2033	425	53	29	2540			

下層			波高(m)							
			0.51	1.01	$1.51 \sim$	스키				
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		Tara				
	10.0~	0.0	2.8	41.7	96.2	2.5				
	5.0~9.9	0.6	6.5	22.9	3.8	2.0				
	4.0~4.9	0.2	2.2	12.5	0.0	0.7				
濁度	3.0~3.9	0.5	4.3	2.1	0.0	1.1				
(FTU)	2.0~2.9	1.1	10.6	8.3	0.0	2.6				
	1.0~1.9	4.7	20.2	6.3	0.0	7.0				
	$\sim$ 0.9	92.9	53.4	6.3	0.0	84.0				
	データ数	1755	322	48	26	2151				

【平成21年度(平成21年7月24日~平成22年3月19日)】

上層			波高(m)							
			0.51	1.01	$1.51 \sim$	∆ ⇒I				
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		合計				
	10.0~	0.0	0.0	2.3	16.2	0.5				
	5.0~9.9	0.0	0.7	6.9	25.0	1.3				
	4.0~4.9	0.0	0.2	6.9	19.1	1.0				
濁度	3.0~3.9	0.1	1.6	8.7	17.6	1.5				
(FTU)	2.0~2.9	0.2	5.1	17.9	10.3	3.0				
	1.0~1.9	2.1	15.7	20.2	8.8	7.3				
	$\sim 0.9$	97.6	76.6	37.0	2.9	85.4				
	データ数	1724	804	173	68	2769				

下層		波高(m)									
			0. 51	1.01	$1.51 \sim$	合計					
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$							
	10.0~	0.1	1.5	15.0	57.4	2.8					
濁度 (FTU)	5.0~9.9	0.5	8.1	28.9	32.4	5.2					
	4.0~4.9	0.3	4.9	9.2	4.4	2.3					
	3.0~3.9	0.5	5.1	14.5	2.9	2.8					
	2.0~2.9	0.8	9.6	9.2	1.5	3.9					
	1.0~1.9	4.7	18.4	15.0	1.5	9.2					
	$\sim 0.9$	93.2	52.5	8.1	0.0	73.8					
	データ数	1724	804	173	68	2769					

注1. 波高の階級毎に濁度の発生頻度を計算した。 2. データ間隔は2時間(波高データが2時間毎のため)。 3. 濁度は1時間平均値

### 表 2-1-7 U検定による波高(爪白沖)別濁度(大碆)の年度間比較結果

### 単位:FTU

		波高0.51	-1.00m		波高1.01-1.50m			
上眉	H18	H21	計	有意差	H18	H21	計	有意差
n	725	804	1529		172	173	345	
最大値	8.7	7.7	8.7		11.8	21.3	21.3	
最小值	0.1	0.0	0.0		0.1	0.1	0.1	
平均值	0.9	0.7	0.8		2.5	2.3	2.4	
中央値	0.6	0.4	0.5		1.6	1.5	1.5	
U			352495				16422	
Ζ			7.0814				1.6664	
Р			0.0000				0.0478	
5%有意水準				有				有
1%有意水準				有				無
0.1%有意水準				有				無
下屆		波高0.51	-1.00m			波高1.01	-1.50m	
下層	H18	波高0.51 H21	-1.00m 計	有意差	H18	波高1.01 H21	-1.50m 計	有意差
下層 n	H18 725	波高0.51 H21 804	-1.00m 計 1529	有意差	H18 172	波高1.01 H21 173	-1.50m 計 345	有意差
下層 n 最大値	H18 725 48.8	波高0.51 H21 804 22.6	-1.00m 計 1529 48.8	有意差	H18 172 59.8	波高1.01 H21 173 51.3	1.50m 計 345 59.8	有意差
下層 n 最大値 最小値	H18 725 48. 8 0. 2	波高0.51 H21 804 22.6 0.1	-1.00m 計 1529 48.8 0.1	有意差	H18 172 59.8 0.4	波高1.01 H21 173 51.3 0.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1	有意差
下層 n 最大値 最小値 平均値	H18 725 48. 8 0. 2 3. 4	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1	有意差
下層 n 最大値 最小値 平央値	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2	有意差
下層 n 最大値 最小値 中央値	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2	有意差
下層 n 最大値 中央値 U	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3 400959	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2 18980	有意差
下層 n 最大値 最小値 中央値 U Z	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3 400959 12.7029	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2 18980 4.4286	有意差
下層 n 最小値 中央値 U Z P	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3 400959 12.7029 0.0000	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2 18980 4.4286 0.0000	有意差
下層 n 最大小値 平央値 U Z P 5%有意水準	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3 400959 12.7029 0.0000	有意差	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2 18980 4.4286 0.0000	有意差
下層 n 最大小均値 中央 U Z P 5%有意水準 1%有意水準	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3 400959 12.7029 0.0000	有意差有	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2 18980 4.4286 0.0000	有意差
下層 n 最大小値 平中、 U Z P 5%有意意水準 1%有意水準 0.1%有意水準	H18 725 48.8 0.2 3.4 2.0	波高0.51 H21 804 22.6 0.1 1.8 0.9	-1.00m 計 1529 48.8 0.1 2.5 1.3 400959 12.7029 0.0000	有意差有有	H18 172 59.8 0.4 9.9 6.8	波高1.01 H21 173 51.3 0.1 6.4 4.1	-1.50m 計 345 59.8 0.1 8.1 5.2 18980 4.4286 0.0000	有意差有意差

②波高と濁度の比較(その2)

竜串湾における泥土の巻き上がりは、爪白沖地点において限界波高の0.69m以上(平 成15年度竜串地区自然再生推進計画調査(海域調査))で発生すると推定されている。 この波高を基準として、泥土の巻き上がりが発生する条件下の波高と濁度の代表値をそ れぞれ以下のように算出し、高波浪時の泥土巻き上げの状況を評価した。

先ず、爪白沖地点における波高(推算値)の12時間移動平均値を求め、値が0.69m 以上を占める連続した時間帯を高波浪期間とし、この期間における12時間移動平均波高 の最大値を「高波浪時の代表波高」とした。次に、取得した濁度の1時間平均値から12 時間移動平均値を求め、高波浪期間における最大値を「高波浪時の代表濁度」とした。 なお、解析には、「波高と濁度の比較(その1)」と同じデータを用いた。

算出した「高波浪時の代表波高」と「高波浪時の代表濁度」の相関図を図 2-1-6 に示した。

「高波浪時の代表波高」と「高波浪時の代表濁度」の間には大きなバラツキがあるものの、一定の相関関係が認められた。相関式の傾きの大小で、泥土の巻き上がり量を評価できる可能性が示唆された。

平成 19 年度は 1.5m を超える波高がないことから、高い波浪条件下での評価はできない。データもばらつきが多いことから、解析方法による評価は困難と考えられた。

平成 20 年度の相関式の傾きは、平成 18 年度に比べて上層で若干大きく、下層で若干 小さかった。平成 21 年度の相関式の傾きは、平成 18 年度に比べて上層で同レベルであ り、下層で小さかった。

③事業効果

「波高と濁度の比較(その1)」及び「波高と濁度の比較(その2)」の結果から評価すると、平成19年度以降の泥土の巻き上がり量は、平成18年度と比較して上層、下層ともに波高1.0m未満の範囲で抑えられていることが認められた。ただし、波高1.0m以上の範囲ではこの傾向が明らかではなかった。

事業効果に関して、竜串観光汽船の竹葉秀三氏から以下のコメントがあった。「泥土除 去工事が実施された後、海域の清澄度の回復が以前より早くなった。工事前は、一端濁 ると、海域が穏やかになっても3日以上濁った状況が継続したが、工事後は一端濁った としても1~2日程度で透明度が回復するようになった。工事の効果が確認できる。」

高波浪後の海中の濁りの回復が早くなった原因は、泥土除去工事後は、泥土の絶対量 が減少した他に、底質中の沈降速度が遅い(粒径の小さい)粒子の比率が少なくなった ためと推定される。このように、泥土除去工事の実施後には、低い波高の範囲で巻き上 がる泥土の絶対量は減少していることから、年間を通じた泥土の巻き上がり期間も減少 していると言える。

「2.2.2 浮泥堆積状況調査」の結果から推定された通り、大碆東工区で巻き上がった 泥土は大碆の東側で再堆積し易い傾向にあるものの、その堆積量は減少傾向にある。

また、サンゴの生育状況を調査している海域調査結果から、大碆におけるサンゴ群集 の生育状況は回復傾向にあることが分かっており、泥土の巻き上がり量及び泥土の巻き 上がりの原因となる底質の状況は泥土除去工事の効果を含めてサンゴ群集の生息環境と して良好な状況に向かっていると推定される。

2 - 1 - 23



図 2-1-6 高波浪時の波高(爪白沖)と濁度(大碆)の関係

### 2.1.2 SPSS 法による評価

### 1)目的

平成18年度から泥土除去工事を進めている大碆東工区及び平成18年度に泥土除去工 事を完了した弁天島東工区におけるSPSSの水平分布と経年変化の実態を調査し、泥土除 去工事の事業効果を確認することを目的とする。

### 2) 実施内容

### (1)調査地点

調査点は、図 2-1-7 に示す弁天島東工区内の9点、大碆東工区内の21 点とした。



図 2-1-7 調査点位置

(2) 調査方法

調査点において潜水士による柱状採泥を実施した。採泥は直径約6.5cmの小型の柱状 コア採泥器を用いて海底泥面から20cm程度の深さまでの底質試料を採取した。

底質試料は粒度組成が均一になるように全量を混合した後、4mm のふるいを通し、貝 殻や小石などの夾雑物を除去した。

ふるい通過後の底質試料の適量を採取し、水道水を加え 500mL 程度とした後よく混合し、1 分静置後の上澄み液を原液とした。

この原液を適量(50~250mL 程度)分取後、水道水で 500mL に定容し、懸濁液を作成 した(希釈倍率=500(mL)/分取量(mL))。懸濁液の透視度を測定し、(2)式を用いて SPSS 値を算出した。

なお、SPSSの調査方法は竜串再生事業で実施している泥土除去工事の泥土除去管理値 の算定法と同じである。

SPSS 値(kg/m<sup>3</sup>)=(1718÷透視度(cm)-17.8)÷S×D (2)

ここで、Sは底質試料の容量(mL)、Dは希釈倍率を示す。

(3)調査期間

調査工程は、表 2-1-8 に示す通りであり、計3回実施した。なお、「泥土の移動・堆積 メカニズムの解明」で実施した SPSS による底質調査の工程も同時に記載した。

旦	年月日	弁天島東工区	大碆東工区	弁天島周辺	
1回目	平成21年 8月 1~ 2日	0	0	_	
2回目	平成21年11月 5~ 6日	0	0		
3回目	平成22年 2月28日	0	0	—	

表 2-1-8 調査工程

凡 例(表中の○□は、以下に示す調査項目に基づき実施)

 ○:「泥土除去工事評価のためのモニタリング調査:SPSS法による評価」 (弁天島東工区(9点)、大碆東工区(21点))

□:「泥土の移動・堆積メカニズムの解明:SPSSによる底質調査」
(弁天島周辺(21点))

### 3)調査結果

SPSSの調査結果を図 2-1-8 に示した。概要は以下のとおりである。

### (1) 弁天島東工区

弁天島東工区においては、平成20年3月に泥土除去工事を実施した。

SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上を示す地点の出現率は、平成 21 年 8 月は 56%、11 月は 22%、 平成 22 年 2 月は 11%と徐々に減少していた。また、SPSS 値 100kg/m<sup>3</sup>以上を示す地点の 出現率も平成 21 年 8 月は 100%であったが、11 月は 78%、平成 22 年 2 月は 44%と徐々 に減少していた。

平面的に見ると SPSS 値は、北側の調査点 7、9 では期間を通して 301~788kg/m<sup>3</sup>と高く、SPSS 値が 100kg/m<sup>3</sup>を下回る調査点は中央から南側の調査点で出現した。

	— 凡	例 ———
<b>O</b> :	SPSS值	~49
• •	SPSS值	50 <b>~</b> 99
🔾 :	SPSS値	100~199
🔾 :	SPSS值	200~499
🔵 :	SPSS值	$500 \sim 999$
🔴 :	SPSS值	1000~



図 2-1-8(1) SPSS 値の水平分布(弁天島東エ区)

(2) 大碆東エ区

大碆東工区においては、平成18~21年度の冬季に泥土除去工事を実施した。

SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上を示す地点の出現率は、平成 21 年 8 月は 10%、11 月は 24%、 平成 22 年 2 月は 10%であり、比較的低いレベルで推移した。SPSS 値 100kg/m<sup>3</sup>以上を示 す地点の出現率は、平成 21 年 8 月は 81%、11 月は 90%、平成 22 年 2 月は 52%であり、 減少傾向にあるものの、いずれの期間も半数以上の調査点で SPSS 値は 100kg/m<sup>3</sup>を上回 っていた。

平面的に見ると泥土が多い場所としては北東の調査点20、南西の調査点2が挙げられ、 SPSS 値は期間を通して182~603kg/m<sup>3</sup>と高い範囲で推移していた。その他の調査点では、 8 月は SPSS 値 100 kg/m<sup>3</sup>台の地点が多くを占め、11 月になると、SPSS 値は全体的に高く なり 200~500 kg/m<sup>3</sup>台の地点が多くなった。2 月は SPSS 値が全体的に低下し、半数近く の調査点で SPSS 値 100kg/m<sup>3</sup>以下となった。

76	נימ							
O:SPSS值	~49							
🛛 🔵 : SPSS値	50 <b>~</b> 99							
🔾 :SPSS値	100~199							
│ 🔾 :SPSS値	200~499							
🧶 : SPSS値	500 <b>~</b> 999							
● :SPSS値	1000~							



図 2-1-8(2) SPSS 値の水平分布 (大碆東エ区)

(3) 事業効果

①弁天島東工区

弁天島東工区においては、SPSS 値を 100kg/m<sup>3</sup>以下に改善することを目標に平成 19 年 度の冬季に泥土除去工事を実施した。泥土の除去量は 4,300m<sup>2</sup>であった。

図 2-1-9(1)と表 2-1-9 に平成 20 年度から継続して実施している SPSS の本調査結果から、泥土除去工事以降の弁天島東工区における SPSS 値が 100kg/m<sup>3</sup>及び 500kg/m<sup>3</sup>以上の 地点の出現率の推移を示した。調査点数は 9 点である。

SPSS 値の経過を見ると、平成 19 年度(平成 18 年 3 月)工事後の平成 20 年 8 月には SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上の調査点が 44%、SPSS 値 100kg/m<sup>3</sup>以上の調査点が 89%を占め、短期間 で泥土が再堆積していた。その後の SPSS 値は、概ね夏季から秋季にかけて高く、冬季に 低くなる傾向を示し、その変動幅は大きかった。

平成19年度の工事以降の短い期間にSPSS値が高くなった理由としては、竜串湾内に 泥土の供給源があり弁天島東工区が泥土の堆積しやすい条件にあることが推定される (4.1 泥土の移動・堆積メカニズムの解明)。この解明業務では、泥土の供給源として弁 天島東工区の西側に位置する遠奈路川、北側に位置する井手ロ川及び弁天島の北東部に 堆積している泥土が示唆された。特に弁天島の北東部に堆積している泥土は SPSS値 500kg/m<sup>3</sup>を上回るレベルにあり、何らかの検討が必要と思われる。また、弁天島東工区 で SPSS値の変動が大きい理由としては、本海域では泥土が海底の砂や礫を覆うように薄 く広く広がっているため、少しの擾乱でも泥土が移動しやすいためと考えられる。

高波浪時の泥土の巻き上がり(濁度)に関しては、平成19年度の泥土除去工事以降も 改善していないと推定されている(2.2.1濁度計による連続測定)。これは、上記した泥 土の状況を反映しているものと考えられる。

サンゴの生育状況などを調査している海域調査結果からは、サンゴ群集が生育してい る弁天島東直近の SPSS は減少傾向にあるものの変動幅が大きく、サンゴの生育に適合し たレベル (SPSS 年間最高値 100kg/m<sup>3</sup>以下、年間平均値 50kg/m<sup>3</sup>以下) は平成 20 年度ま では満たしていない状況にあった。また、弁天島東工区で発生した泥土が竜串へ移動す ると推定されているが、竜串の西海域における SPSS もサンゴの生育に適したレベルを満 たさない場合が多く見られている。

以上のような状況から、弁天島東工区に堆積している泥土の対策を講じるためには、 それの発生源と考えられる河川や海域の泥土堆積域を含めて検討する必要があると考え られた。



図 2-1-9(1) SPSS 値が 100kg/m<sup>3</sup>及び 500kg/m<sup>3</sup>以上の地点の出現率(弁天島東エ区)

②大碆東工区

大碆東工区においては、SPSS 値を 500kg/m<sup>3</sup>以下に改善することを目標に平成 18 年度 以降に泥土除去工事を実施している。泥土除去工事は波浪が穏やかになる冬季に実施さ れ、平成 18 年度に 2,400m<sup>2</sup>、平成 19 年度に 1,200m<sup>2</sup>、平成 20 年度に 1,800m<sup>2</sup>の泥土を除 去し、平成 21 年度も未除去部分を継続して除去している。

図 2-1-9(2) と表 2-1-9 に平成 19 年度から継続して実施している SPSS の本調査結果から、泥土除去工事以降の大碆東工区における SPSS が 100kg/m<sup>3</sup>及び 500kg/m<sup>3</sup>以上の地点の出現率の推移を示した。調査点数は、年度毎に工事実施範囲が広がっているため、平成 19 年度が 15 点、平成 20 年度が 20 点、平成 21 年度が 21 点と増加している。

平成18年度工事以降(平成19年8月~平成20年3月)は、工事実施後の状態が概ね良 好に継続し、3月時点では殆どの調査点でSPSS値が100kg/m<sup>3</sup>を下回っていた。平成19 年度工事以降(平成20年8月~平成22年2月)になると、SPSS値が急激に高くなり、泥 土除去後の地点を泥土が再び覆う状況が見られた。期間を通してSPSS値の経過を見ると、 概ね夏季から秋季にかけて高く、冬季に低くなること、SPSS値500kg/m<sup>3</sup>以上の地点数は 平成20年10月をピークに60%を上回ったが、その後は変動しながらも減少傾向にあり、 平成22年2月には10%になったこと、SPSS値100kg/m<sup>3</sup>以上の地点数は夏季から秋季に かけて概ね80%以上、冬季は概ね50%の変動を繰り返していることが傾向として見られ る。

平成19年度工事以降にSPSS値が高くなった理由としては、泥土未除去部にある泥土 が波浪の作用で拡散して流入したこと、また、泥土除去後に出現した泥土除去部の窪地 に、砂で被覆されていた周辺の泥土が崩れて流入したこと(図 2-1-10)が原因と考えられ る。ただし、大碆東海域における未除去の泥土は泥土除去工事により年々減少している こと、波浪などの自然のクリーニング力により海底表層の泥土が除去されていることな どの理由で、SPSS値500kg/m<sup>3</sup>以上の地点が減少してきているものと推定される。

高波浪時の泥土の巻き上がり(濁度)に関しては、平成18年度の泥土除去工事以降、 波高が1.0m未満(爪白地点基準)の範囲で減少していることが認められている(2.1.1 濁度計による連続測定)。また、巻き上がった泥土がサンゴ群集へ再堆積する量も減少し ている傾向にある(2.2.2浮泥堆積状況調査)。さらに、サンゴの生育状況を調査してい る海域調査結果からは、サンゴ群集が生育している大碆直近のSPSSはサンゴの生育に適 合したレベル(SPSS年間最高値100kg/m<sup>3</sup>以下、年間平均値50kg/m<sup>3</sup>以下)にあり、大碆 におけるサンゴの生育環境は整い、エンタクミドリイシを中心とする卓上ミドリイシ群 集が回復しつつある状況にあるとされ、現在の大碆東海域における泥土堆積の状況はサ ンゴの生育にとって良好な条件に整いつつあると推定される。

このような状況を維持または更に改善するために、先に述べた泥土の再堆積や自然の クリーニングなどの現象を注意深くモニタリングし、今後の対応を講じていく必要があ ると考えられる。





表 2-1-9	調査工程 SPSS	値が100kg/m	<sup>3</sup> 及び 500kg/m	ぷ以上の地点の出現率
---------	-----------	-----------	-------------------------	------------

						肖	〔位:?	6(但	し、調	査点数	は個数	女を表っ	す。 )
	年	H	19		H20				H21			H22	
工区	月/日	8/22	11/20	1/22	3/6	8/30	10/6	11/8	12/20	3/9	8/1	11/5	2/8
弁天島	調査点数	-	-	-	-	9	9	9	9	9	9	9	9
東工区	SPSS100kg/m <sup>3</sup> 以上	-	-	-	-	89	100	78	100	78	100	78	44
	SPSS500kg/m <sup>3</sup> 以上	-	-	-	-	44	67	22	67	0	56	22	11
大碆東	調査点数	15	15	15	15	20	20	20	20	20	21	21	21
工区	SPSS100kg/m <sup>3</sup> 以上	27	20	53	7	90	85	75	80	45	81	90	52
	SPSS500kg/m <sup>3</sup> 以上	13	0	0	0	40	65	35	10	0	10	24	10



図 2-1-10 大碆東工区の泥土除去部に周辺の泥土が流入する状況のイメージ

### 2.2 竜串湾における長期モニタリング調査

透視度の観測が長期かつ継続的に実施されている海中展望塔の周辺、つまり弁天島東 工区周辺海域は、竜串湾の自然再生事業を評価する上での長期モニタリングを行う最適 な場所と判断される。ここでは、平成19、20年度に引き続きモニタリングデータの収集 を行う。その他、長期モニタリング調査の手法の一つとして浮泥堆積状況調査について も引続き実施した。



写真 2-2-1 海中展望塔の外観

\*海中展望塔の海中部分は、水深 7m の円形の海中展望室で、直径 60cm の円形ガラス窓 が 16 箇所設けられている(写真 2-2-1)。周辺には北北東から南南西にかけて岩が並列 に数列存在し、透視度の測定は、昭和 47 年からほぼ毎日、職員がガラス窓から見える岩 までの距離を目安に行っている。

### 2.2.1 濁度計による連続測定

1)目的

濁度計による濁度の連続測定を行い、波浪が引き起こす底泥の巻き上がり量の推移を 監視すること、また、工事の効果を評価することを目的とする。

2) 実施内容

(1) 調査地点

調査点は、「2.1.1 濁度計による連続測定」に示した通りである。

(2)調査方法

調査方法は、「2.1.1 濁度計による連続測定」に示した通りである。

(3)調査期間

調査期間は、「2.1.1 濁度計による連続測定」に示した通りである。
3)調査結果·考察

(1)濁り変動の概要

濁り変動の概要は、「2.1.1 濁度計による連続測定」に示した通りである。

### (2)事業効果(波浪と濁度の関係)

弁天島東工区で実施している泥土除去工事の効果を評価するため、波浪が引き起こす 泥土の巻き上がり状況の推移を検証した。

①波高と濁度の比較(その1)

泥土除去工事の効果を評価するため、爪白沖の波高と海中展望塔の濁度の関係を求め、 平成19年度、平成20年度の泥土除去工事の前後のデータと比較した。比較に用いたデ ータの間隔は、波高のデータに合わせて2時間とし、濁度のデータは1時間平均値を用 いた。

波高と濁度の関係を示す相関図を図 2-2-1 に、波高の階級別濁度の頻度分布を図 2-2-2 及び表 2-2-1 に示した。

相関図から、波高が大きくなるに従い濁度が高くなること、また、上層よりも下層の 方が波浪との応答が高くなっている傾向にあることが認められた。

波高の階級別濁度の頻度分布を見ると、平成19~21年度の全てで、波高が0.5m未満の場合は0.9FTU未満が上層と下層を合わせて96%以上を占め、年度間で顕著な差は見られなかった。これは、波高0.5m未満は泥土が巻き上がる条件にないためと推定された。

波高が 0.5m 以上 1.0m 未満の範囲では、上層、下層ともに平成 19~21 年度にかけて濁 度が若干増加しており、泥土の巻き上がり量は徐々に増加していた。

波高が 1.0m 以上 1.5m 未満の範囲では、平成 20 年度は、上層、下層ともに平成 19 年 度と比較すると高い濁度の出現が増えており、泥土の巻き上がりが増加している様子が 伺えた。平成 21 年度に関しては高波浪が多く記録されたものの、高い濁度の出現頻度に ついては平成 20 年度より減少していた。

波高が 1.5m 以上の範囲では、データ数が平成 19 年度に 4 個、平成 20 年度に 29 個、 平成 21 年度に 68 個と少ないため、ここでは考察しない。

なお、表 2-2-2 に平成 19 年度と平成 21 年度の濁度の差の検定結果を示した。検定方 法は、濁度が中央値に対して平均値が著しく高い上に散布図からも正規分布していない ことが確認されたため、順位により平均値を比較する Mann-Whitney のU検定とした。

結果として、平成 19 年度と平成 21 年度の濁度には、0.5m 以上 1.0m 未満の範囲においは上層、下層ともに有意な差が認められ、平成 21 年度は平成 19 年度と比較すると泥土の巻き上がりが増加していると推定された。1.0m 以上 1.5m 未満の範囲では上層、下層ともに有意な差が認められなかった。

以上のように、泥土の巻き上がり量を泥土除去工事前の平成19年度と比較すると、波高が0.5m未満の範囲では、平成19年度と平成20年度は同レベルであり、波高が0.5m 以上1.0m未満の範囲では平成21年度にかけて緩やかに増加し、波高1.0m以上の範囲では、平成20年度は多く、平成21年度は同レベルとなっていた。



図 2-2-1(1) 波高(爪白沖)と濁度(海中展望塔)の関係(上層)



図 2-2-1(2) 波高(爪白沖)と濁度(海中展望塔)の関係(下層)



【平成19年度(平成19年8月18日~平成20年3月26日)】

2. データ間隔は2時間(波高データが2時間毎のため)。

3. 濁度は1時間平均値

図 2-2-2 波高(爪白沖)別濁度(海中展望塔)の出現頻度

# 表 2-2-1 波高(爪白沖)別濁度(海中展望塔)の出現頻度

				波高(m)		
F	二層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스쾨
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		合計
	10.0 $\sim$		0.5	2.9	0.0	0.2
	5.0~9.9	0.0	1.1	19.2	75.0	1.1
	4.0~4.9	0.0	2.0	5.8	0.0	0.7
濁度	3.0~3.9	0.2	1.2	4.8	0.0	0.6
(FTU)	2.0~2.9	0.1	3.4	12.5	0.0	1.3
	1.0~1.9	1.4	8.6	24.0	25.0	3.9
	~0.9	98.4	83.2	30.8	0.0	92.2
	データ数	1885	561	104	4	2554

【亚成10年度	(亚成10年8日18日~亚成20年3日26日)	1
【十八13千反	(-101)	

				波高(m)		
Ţ	、 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스카
		$\sim 0.50$	$\sim 0.50$ $\sim 1.00$ $\sim 1.$			
10.0~		0.0	1.4	18.3	50.0	1.1
	5.0~9.9	0.0	3.4	15.4	25.0	1.4
	4.0~4.9	0.1	1.2	6.7	0.0	0.6
濁度	3.0~3.9	0.1	2.7	8.7	0.0	1.0
(FTU)	2.0~2.9	0.2	3.7	12.5	0.0	1.5
	1.0~1.9	1.9	13.9	22.1	25.0	5.4
	$\sim 0.9$	97.7	73.6	16.3	0.0	89.0
	データ数	1885	561	104	4	2554

【平成20年度(平成20年8月26日~平成21年3月27日)】

			波高(m)									
Ł	: 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스키						
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		合計						
	10.0~	0.0	0.5	22.6	86.2	1.6						
	5.0~9.9	0.0	2.4	34.0	6.9	1.2						
	4.0~4.9	0.0	2.6	3. 8	0.0	0.6						
濁度	3.0~3.9	0.1	2.8	9.4	3.4	0.8						
(FTU)	2.0~2.9	0.2	4.5	11. 3	3.4	1.2						
	1.0~1.9	1.0	10.6	7.5	0.0	2.7						
	$\sim 0.9$	98.6	76.7	11. 3	0.0	92.0						
	データ数	2033	425	53	29	2540						

				波高(m)		
Ŧ	、 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스러
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		合計
	10.0~	0.0	1.2	34.0	89.7	2.0
	5.0~9.9	0.2	5.9	30.2	6.9	1.9
	4.0~4.9	0.1	3.1	7.5	3.4	0.8
蜀度	3.0~3.9	0.3	2.1	11.3	0.0	0.8
FTU)	2.0~2.9	0.2	5.9	3.8	0.0	1.3
	1.0~1.9	2.6	17.6	3.8	0.0	5.1
	~0.9	96.5	64.2	9.4	0.0	88.2
	データ数	2033	425	53	29	2540

# 【平成21年度(平成21年7月24日~平成22年3月19日)】

			波高(m)										
F	: 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스키							
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$		合計							
	10.0~	0.0	0.6	8.7	64.7	2.3							
	5.0~9.9	0.0	2.1	16.8	23.5	2.2							
	4.0~4.9	0.0	0.7	6. 9	2.9	0.7							
濁度	3.0~3.9	0.0	3.0	8.1	0.0	1.4							
(FTU)	2.0~2.9	0.2	5.3	16.2	4.4	2.8							
	1.0~1.9	1.0	14.6	19.7	4.4	6.2							
	~0.9	98.8	73.6	23. 7	0.0	84.4							
	データ数	1724	804	173	68	2769							

			波高(m)									
Ŧ	、 層		0.51	1.01	$1.51 \sim$	스쿼						
		$\sim 0.50$	$\sim 1.00$	$\sim 1.50$								
	10.0~	0.0	2.2	23.1	80.9	4.1						
	5.0~9.9	0.0	4.0	15.6	10.3	2.4						
	4.0~4.9	0.0	2.0	6.9	1.5	1.0						
濁度	3.0~3.9	0.1	4.9	11.6	1.5	2.2						
(FTU)	2.0~2.9	0.6	8.8	11.0	4.4	3.8						
	1.0~1.9	2.6	16.7	20.2	1.5	7.8						
	$\sim 0.9$	96.6	61.4	11.6	0.0	78.7						
	データ数	1724	804	173	68	2769						

注1. 波高の階級毎に濁度の発生頻度を計算した。 2. データ間隔は2時間(波高データが2時間毎のため)。 3. 濁度は1時間平均値

# 表 2-2-2 U検定による波高(爪白沖)別濁度(海中展望塔)の年度間比較結果

224	1		DO	τт
<b>H</b>	$\overline{\mathbf{M}}$	•	ΗĽΓ	11
	1		1 1	U

		波高0.51	-1.00m		波高1.01-1.50m					
上眉	H19	H21	計	有意差	H19	H21	計	有意差		
n	561	804	1365		104	173	277			
最大値	13.2	19.4	19.4		11.9	24.0	24.0			
最小值	0.0	0.0	0.0		0.2	0.3	0.2			
平均值	0.7	1.0	0.7		2.9	3.8	3.5			
中央値	0.4	0.5	0.4		1.8	2.3	2.1			
U			178968				8088			
Ζ			6.4983				1.4064			
Р			0.0000				0.0798			
5%有意水準				有				無		
1%有意水準				有				無		
0.1%有意水準				有				無		
下屆		波高0.51	-1.00m			波高1.01	-1.50m			
下層	H19	波高0.51 H21	-1.00m 計	有意差	H19	波高1.01 H21	-1.50m 計	有意差		
下層 n	H19 561	波高0.51 H21 804	-1.00m 計 1365	有意差	H19 104	波高1.01 H21 173	-1.50m 計 277	有意差		
下層 n 最大値	H19 561 25.2	波高0.51 H21 804 49.1	-1.00m 計 1365 49.1	有意差	H19 104 26.4	波高1.01 H21 173 48.1	1.50m 計 277 48.1	有意差		
下層 n 最大値 最小値	H19 561 25. 2 0. 1	波高0.51 H21 804 49.1 0.0	-1.00m 計 1365 49.1 0.0	有意差	H19 104 26.4 0.3	波高1.01 H21 173 48.1 0.3	-1.50m 計 277 48.1 0.3	有意差		
下層 n 最大値 最小値 平均値	H19 561 25. 2 0. 1 1. 2	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7	-1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7	-1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1	有意差		
下層 n 最大値 最小値 平央値	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2	有意差		
下層 n 最大値 最小値 中央値	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	-1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2	有意差		
下層 n 最大小値 平央値 U	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	-1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5 187650	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2 7974	有意差		
下層 n 最大値 最小均値 中央値 U Z	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5 187650 5.2859	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2 7974 1.5830	有意差		
下層 n 最小値 中央 U Z P	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5 187650 5.2859 0.0000	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	-1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2 7974 1.5830 0.0567	有意差		
下層 n 最大小値 平央 U Z P 5%有意水準	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	-1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5 187650 5.2859 0.0000	有意差	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2 7974 1.5830 0.0567	有意差		
下層 n 最大小均 中央 U Z P 5%有意水準 1%有意水準	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	-1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5 187650 5.2859 0.0000	有意差有	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	-1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2 7974 1.5830 0.0567	有意差		
下層 n 最大値 最小均値 中央値 U Z P 5%有意水準 1%有意水準 0.1%有意水準	H19 561 25.2 0.1 1.2 0.5	波高0.51 H21 804 49.1 0.0 1.7 0.7	1.00m 計 1365 49.1 0.0 1.1 0.5 187650 5.2859 0.0000	有意差有意差有有有有	H19 104 26.4 0.3 5.1 2.8	波高1.01 H21 173 48.1 0.3 6.7 3.5	1.50m 計 277 48.1 0.3 6.1 3.2 7974 1.5830 0.0567	有意差		

②波高と濁度の比較(その2)

爪白沖における「高波浪時の代表波高」と海中展望塔調査点における「高波浪時の代 表濁度」を「2.1.1 濁度計による連続測定」に示した方法で算出した。

算出した「高波浪時の代表波高」と「高波浪時の代表濁度」の相関図を図 2-2-3 に示した。

平成 19 年度は、波高 1m 以上の範囲において、濁度が上層で 5FTU 以上、下層で 10FTU 以上を示す濁度が高いパターンと、濁度が上層、下層ともに 3FTU 未満を示す濁度が低い パターンに分けられた。このようなデータ間の差は、本海域の泥土移動変動の大きさを 示している可能性がある。

平成 20 年度は上層、下層ともに波高に対して濁度は良い相関で対応していた。平成 20 年度の波高に対する濁り状況を平成 19 年度と比較すると、上層においては濁度が高 いパターンと同レベル、下層においては濁度が高いパターンよりも若干低いレベルにあった。

平成 21 年度についても、上層、下層ともに波高に対して濁度は良い相関で対応していた。波高に対する濁り状況を過去 2 ヵ年と比較すると、平成 21 年度は上層、下層ともに 平成 20 年度と同じ傾向がみられた。また、平成 21 年度は、波高 2m 以上の高い代表波高 が記録され、上層、下層ともに高濁度が出現した。

### ③事業効果

以上の結果をまとめると、泥土の巻き上げに対する泥土除去工事の効果として、泥土 の巻き上げは抑えられていないと評価された。これは、「2.1.2 SPSS 法による評価」の 調査結果から、弁天島東工区における泥土除去後の SPSS が泥土除去前のレベルに戻って いることからも裏付けられる。本工区が泥土の集積しやすい条件にあることが原因と考 えられるが、泥土除去工で絶対的な泥土の量は減少しているため、泥土量は増減を繰り 返しながら最終的には減少していく可能性もあると考えられる。

「2.1.2 SPSS 法による評価」に記載したとおり、今後は本年度と同様のモニタリング を継続することで SPSS の変動の実態を把握するとともに、「4.1 泥土の移動・堆積メカ ニズムの解明」で行っている弁天島東工区の泥土に関わる泥土移動のメカニズムの解明 を進めることで適切な泥土対策を策定していくことが必要と考えられる。



図 2-2-3 高波浪時の波高(爪白沖)と濁度(海中展望塔)の関係

④海中展望塔の透視度データと濁りの関係

足摺海底館は、竜串湾内にある海中展望塔の窓から海中の透視度を昭和47年からほぼ 毎日記録している。

図 2-2-4 は海中展望塔で測定した透視度の経過を示したものである。月平均値を見る と、透視度は波浪が高く有機物の量が多くなる夏季に低く、逆の状況にある冬季に高く なる年変動を繰り返している。長期的な変動を示す 13 項移動平均値からは、平成 13 年 (2001 年)の高知西南豪雨災害以降、陸域からの泥土の流入により透視度が急激に低下 し、その後、自然の作用などによる湾内の泥土の除去が進み、透視度は徐々に回復して いる様子が伺える。このように、竜串湾の濁り状況を監視するのに貴重なデータを得て いる。今後もデータは蓄積される予定で、再生事業の効果のモニタリング、また、環境 教育に大いに活用できると考えられる。

そこで、海中展望塔の長期モニタリングポイントとしての妥当性を検討するため、海 中展望塔の透視度と海中展望塔(本調査)及び大碆(2.1.1 濁度計による連続測定)に おいて測定した濁度の関係を整理した。図 2-2-5 に両者の相関図を示した。用いた濁度 は1日平均値である。

海中展望塔の調査点においては、濁度が1FTUより低いと、透視度は4~18mの範囲に あった。この透視度のバラツキは、透視度が濁度計では感知できない海中の懸濁物質や 溶存物質の影響を捕らえている可能性の他に、測定時の潮位や天候の影響を受けること が原因と考えられる。濁度が高い範囲における透視度は、濁度が1FTUより高くなるに従 い低下し、濁度が概ね5~10FTUから高くなると1m以下になった。以上のように透視度 と濁度の間には一定の相関関係が見られた。

大碆の調査点においても海中展望塔の調査点のように透視度と濁度に相関関係が認め られるものの、両者の関係のバラツキは大きくなっていた。これは、両地点間で巻き上 がる泥土の発生源や巻き上がりの原因となる波浪の影響が異なることが主要な原因と推 定される。また、「4.1 泥土の移動・堆積メカニズムの解明」の結果から、大碆で巻き上 がった泥土が海中展望塔の濁りに与える影響は少ないと推定されていることからも、海 中展望塔の透視度データを用いて大碆海域の濁り環境を評価するには注意が必要である と考えられる。

以上のように、海中展望塔の透視度のデータは泥土除去工事の効果など、区域的な泥 土の巻き上がり状況を評価するには適していない可能性がある。ただし、泥土が除去さ れるスピードは区域で異なるものの、確実に湾全体で減少していると推定され、その傾 向を海中展望塔の透視度のデータはよく表していると考えられる。また、海中展望塔の 透視度の改善傾向は、地元関係者による近年の透視度が改善したという海域の観察結果 や、サンゴの生育状況などを調査している海域調査結果による近年のサンゴ群集の回復 傾向と長いトレンドで一致しており、海中展望塔の透視度データが竜串湾の長期モニタ リング調査の手段の妥当性を示している。







図 2-2-5 濁度と海中展望塔の透視度の関係

### 2.2.2 浮泥堆積状況調查

### 1) 目的

竜串湾におけるこれまでの調査結果から、巻き上がった泥土が生息基盤上に堆積する ことによるサンゴの生息阻害が推定されている。懸濁物質の堆積を嫌うタイプのサンゴ の場合、粘液を出して自ら堆積する懸濁物質を除去するが、能力を超える堆積条件にあ るとストレスにより生息が阻害される。また、堆積した底泥の影響でサンゴの新たな加 入を阻止されると考えられる。

本年度も引き続き浮泥堆積状況調査を実施し、サンゴの生息基盤における浮泥の堆積 状況を把握するとともに、本調査の長期モニタリング項目としての妥当性の検討を目的 とする。

### 2) 実施内容

### (1)調査地点

調査点は、図 2-2-6 に示す 9 点で、平成 18~19 年度に実施した「浮泥堆積調査(プレ ートを用いた調査)」から 3 点少ない。それぞれの調査点の水深の異なる 3 層(表 2-2-3: 上層、中層、下層)の岩盤上にプレートを設置し調査を行った。

調査点のうち数点は、環境省が別途実施しているサンゴの加入状況などの調査点に隣 接させ、互いに調査結果を関連づけられるよう配置した。



### 図 2-2-6 調査点位置

海域	爪白	弁天島	竜串		大婆							
調査点	А	1	В	С	5	6	7	8	9			
上層	2.7m	3.3m	2. Om	2.7m	1.6m	2.2m	2.7m	3.4m	0.8m			
中層	4.2m	4.9m	4.1m	5.2m	2.6m	4.4m	4.6m	4.6m	2.9m			
下層	6.4m	5.6m	6.1m	5.7m	3.6m	5.4m	6.4m	7.7m	4.1m			
		-						(D. L	基進下)			

表 2-2-3 プレートの設置水深

(2)調査方法

調査には、対象場所に沈降する浮泥の量ばかりでなく、海水の乱れによる掃泥効果も 含めた浮泥の堆積のし易さを評価することができるプレートを用いた。プレートの設置 状況を写真 2-2-2 に示した。

プレート(正方形、1辺 80mm、黒色アクリル製)は堆積面が水平になるよう強固に設置し、月に2回の頻度でプレートの観察を行った。観察は、プレート上の浮泥堆積物と 付着生物の被度(対象とする物質がプレートを覆う割合:%)の測定とした。また、浮 泥の堆積量を定量的に把握するため、2回の調査につき1回の割合でプレートを新しい ものと交換し、回収したプレートの堆積物重量と強熱残分重量を分析室で測定した。

測定方法は以下のとおりとした。

先ず、設置していたプレートを水中で密閉容器に入れ、堆積物の流出がないように分 析室に搬入した。分析室では、水流を与え、プレート上と容器に溜まった堆積物を水と ともに容器に集め、これを濾紙でろ過して乾燥させた後、堆積物重量 (SS) を測定した。 なお、プレートに付着した生物は、プレートに堆積した後に生長しているため浮泥堆積 物の対象から外すこととし、かき取って試料とすることはしなかった。次に堆積物中の 土粒子量を把握するため、乾燥させた堆積物をさらに 600℃で熱することにより生物起 源の有機物を取り除いた後、重量(強熱残分重量:SS から強熱減量を差し引いた値)を 測定した。



写真 2-2-2 プレートの設置状況

# (3)調査期間

調査期間は、平成 21 年 7 月 23 日~10 月 20 日であり、計 6 回の測定を行った。調査 工程を表 2-2-4 に示した。

			調	プレートを設置		調査項目	
年	月	日	查回	・ してからの 経過日数	プレートの 設置・回収	<ul><li>浮泥堆積物と</li><li>付着生物の</li><li>被度の測定</li></ul>	堆積物重量と 強熱残分重量 の測定
	7	23	0		設置		
	8	3	1	11		0	
	8	20	2	28	▼回収・設置	0	0
H21	9	3	3	14		0	
	9	17	4	28	▼回収・設置	0	0
	10	4	5	17		0	
	10	20	6	33	▼回収・設置	0	0

表 2-2-4 調査工程

3)調査結果

### (1) 浮泥堆積物被度の空間分布

表 2-2-5 に全ての調査結果を示し、図 2-2-7、図 2-2-8 に浮泥堆積物被度の水平分布 図を示した。

浮泥堆積物被度の状況を見ると、上層は全調査点で概ね全期間を通して被度が25%未 満であり、浮泥が堆積しにくい状況にあることが分かった。

中層も概ね全期間を通して多くの調査点で被度が25%未満であった。浮泥の被度(以下、被度という。)が25%を上回った調査点は、大碆の東側の調査点である大碆C、大碆5、大碆7であり、全6回のうちの被度25%以上の出現回数は大碆Cで5回、大碆5で2回、大碆7で5回であった。

下層において被度が25%を上回った調査点は、大碆の東側の調査点である大碆C、大 碆5、大碆7、大碆8であり、特に大碆Cの被度は全期間で60~100%の範囲にあり高か った。また、竜串B、見残し8においても被度が25%を上回る時期があった。

以上のように、上層では広い範囲で泥土が堆積しにくく、中層及び下層では大碆の東 側で泥土が堆積し易く、特に調査点 C ではその傾向が強かった。また、下層では竜串 B と見残しでも被度が高くなる傾向が見られた。

### (2) 事業効果

平成19年度の弁天島東工区における泥土除去工事及び平成18年度から継続して実施 されている大碆東工区における泥土除去工事以降、各工区における泥土の堆積状況及び 高波浪時の泥土の巻き上がり状況は、弁天島東工区では変化が見られず、大碆東工区で は改善傾向にある。

弁天島東工区で巻き上がった泥土は、近隣の弁天島東及び「4.1 泥土の移動・堆積メ カニズムの解明」の結果から、竜串のサンゴ群に影響を及ぼすと推定されているが、平 成19年度以降は、どちらの調査点においても浮泥は堆積しにくい状況が続いている。ま た、サンゴ群集の生育状況は、サンゴの生育状況などを調査している海域調査結果から、 弁天島東は濁度の高い内湾的な環境で形成されたと思われるサンゴ群集が順調に成育し、 竜串では海底に堆積している泥土がサンゴ群集へ与える影響が懸念されながらもサンゴ 群集の生育状況は改善に向かっている状況である。

大碆東工区で巻き上がった泥土は、近隣の大碆のサンゴ群に影響を及ぼすと推定され るが、浮泥の堆積は平成19年度の調査以降、大碆東工区側(東側)の調査点において高 く、西側や南側の調査点で低くなっており、地形の影響が示唆された。サンゴの生育状 況などを調査している海域調査の結果から、浮泥の堆積量が少なくなった調査点付近に おけるサンゴ群集の回復が認められており、海底の泥土の減少→泥土の巻き上がり量の 減少→巻き上がった泥土のサンゴ群集への再堆積量の減少→サンゴ群集の回復といった メカニズムが、大碆においては形成されつつあることが示唆された。

# 表 2-2-5 浮泥堆積状況調査の結果一覧

平成	之21年7月~10月										()	单位:9	~、堆	積物重	遺物重量と強熱残分重量はmg/cm <sup>2</sup> )					
		調杏			爪」	ίı	4				竜	事 I	3			_	大	碆	С	
	旦	<u>啊</u> 且. 月日	浮泥	コケム	サビ	珪藻	堆積	強熱	浮泥	コケム	サビ	珪藻	堆積	強熱	浮泥	コケム	ΨĽ	珪藻	堆積	強熱
	1	0/0	F	シ綱	亜科	綱	物	残分	0	シ綱	亜科	綱	物	残分	D	シ綱	亜科	綱	物	残分
F	2	8/20	<u>р</u> 5	R	<u>к</u> 5	25	0.6	0.4	0	R	R	R	-	-	<u> </u>	R	R	R	0.4	- 0.3
1	3	9/3	5	R	R	30	-	-	0	0	R	R	-	-	R	R	R	R	-	0.5
	4	9/17	R	R	25	R	1.8	1.4	0	R	R	R	0.0	0.0	40	R	R	40	3.4	3.0
層	5	10/4	20	5	R	40	-	-	0	0	R	R	-	-	5	R	R	5	-	-
	6	10/20	20	R	5	30	1.9	1.5	0	0	5	R	0.0	0.0	20	R	R	20	0.7	0.5
	1	8/3	0	R	R	R	-	-	R	R	R	R	-	-	25	R	R	R	-	-
4	2	9/3	<u>R</u>	<u>R</u>	D R	R	0.1	0.0	<u>R</u> 20	R	R	R 20	0.1	0.1	<u>50</u>	<u>к</u>	R	25 25	1.9	1.(
	4	9/17	0	R	25	R	0.1	0.1	15	R	R	15	1.1	1.0	50	R	R	25	25.0	24.0
層	5	10/4	20	R	R	40	-	-	5	R	R	R	-	-	50	R	R	R	-	-
	6	10/20	10	R	10	20	0.4	0.3	0	0	10	R	0.1	0.1	10	R	R	10	1.1	0.9
	1	8/3	R	R	R	R	-	-	0	R	R	R	-	-	100	R	0	R	-	-
下	2	8/20	R	R	R	R	0.1	0.0	R	R	R	R	0.1	0.0	95	R	R	R	10.5	9.9
	3	$\frac{9}{3}$	0	R	K 5	R	-	-	R D	R	K 5	R	-	-	100	0 P	0 D	10 10	- 	- 91.1
屆	4 5	$\frac{9/17}{10/4}$	R	R	R	R	-		10	R	R	10	- 0.2	- 0.2	90	0	0	0		
/8	6	10/20	R	0	10	R	0.2	0.1	30	5	5	30	1.3	1.1	60	0	0	40	21.8	15.7
_						-												_		
1		調査		-	弁 天	島	1	-			大	碆 :	5	-			大	碆	6	-
	凹	月日	浮泥	コケム ン網	サビ	珪藻	堆積	強熱	浮泥	コケム シ/紹	サビ	珪藻	堆積	強熱	浮泥	コケム シ/網	サビ	珪藻	堆積	強熱
	1	8/3	R	ン 和利 R	里科 R	<sub>柄</sub> 判 R	120	7文刀	R	ン 和叫 R	里科 R	<sup>兩</sup>	- 100	7文刀	0	ン 和叫 R	R	<sub>刑判</sub> R	120	7文刀
上	2	8/20	R	R	10	R	0.1	0.1	R	R	R	5	0.2	0.2	0	R	R	R	0.0	0.0
	3	9/3	5	0	R	5	-	-	5	0	R	5	-	-	R	R	R	R	-	-
	4	9/17	25	R	R	25	1.4	1.2	10	R	R	15	0.9	0.8	0	R	5	5	0.2	0.1
層	5	10/4	R	R	R	R	-	-	5	R	5	5	-	-	R	0	R	R	-	-
	6	$\frac{10}{20}$	R	R	5	R	0.3	0.2	R	R	25	R	0.2	0.1	R	R	40 D	R	0.1	0.0
山	2	8/3	R	R	R	R	-	-	20	R	R	R	-	- 0.2	0 R	R	<u>К</u> 5	R	- 0.1	-
.1.	3	9/3	5	R	R	5	-	-	40	R	R	40	-	-	R	R	R	R	-	-
	4	9/17	R	R	5	R	0.2	0.1	5	30	R	10	3.3	2.9	R	R	5	R	0.1	0.1
層	5	10/4	10	R	R	10	-	-	40	R	R	40	-	-	R	R	10	R	-	-
	6	10/20	15	R	5	15	0.5	0.4	R	R	10	R	0.5	0.4	R	R	50	R	0.1	0.1
-	1	8/3	0	R	0	R	-	-	5	R	R	R	-	-	0	R	R	R	-	-
r	2	9/20	<u>R</u>	R	R	R	- 0.1	0.0	20	R	R	R 20	0.3	0.2	<u>K</u> 15	<u>к</u>	D R	15 15	- 0.1	- 0.1
	4	9/17	0	R	5	R	0.1	0.1	40	R	R	40	2.9	2.5	0	R	5	R	0.1	0.0
層	5	10/4	R	R	R	R	-	-	30	R	5	30	-	-	R	R	10	R	-	-
	6	10/20	R	R	10	R	0.2	0.1	R	R	25	R	0.9	0.7	20	R	10	20	0.2	0.1
					+ :	波 ,	7				+ *	波(	2				日産	1	0	
	日	調査		コケト	八 : サビ	石	堆積	油埶		コケト	八 ; サビ	石 ( 荘 ぶ	, 堆積	油埶		コケト	元 7戊 サビ	し 荘ぶ	3 堆積	嶉埶
		月日	浮泥	シ綱	亜科	綱	物	残分	浮泥	シ綱	亜科	綱	物	残分	浮泥	シ綱	亜科	綱	物	残分
	1	8/3	R	R	R	R	-	-	0	R	0	R	-	-	5	R	R	5	-	-
上	2	8/20	10	R	R	5	0.7	0.6	R	R	R	R	0.2	0.1	R	5	5	R	0.7	0.5
	3	9/3	R	0	R	R	-	-	R	10 D	R	5	-	-	5	0	R	5	-	-
屈	4	9/1/	20 25	R	R	20	2.0	1.8	К Р	К Р	R	R	0.3	0.2	20 5	К 5	20 P	20 5	3.3	2.8
旧	6	$\frac{10}{4}$	30	R	10	30	1.1	1.0	R	R	5	R	0.2	0.2	25	R	5	25	2.1	1.8
	1	8/3	25	R	R	R	-	-	R	R	R	R	-	-	R	R	R	R	-	-
中	2	8/20	25	R	R	25	1.7	1.4	5	R	R	5	0.3	0.2	R	R	R	R	0.2	0.1
	3	9/3	25	R	R	25	_	-	5	R	R	5	-	_	R	R	R	R	-	<u>-</u>
	4	9/17	45	R	R	45	6.1	5.6	R	R	R	R	0.2	0.1	15	R	5	15	1.8	1.5
層	5 6	$\frac{10}{4}$	40	R	R 10	40	- ეე	-	5	R	R 10	R	-	-	5	5 P	R	5	- 1 0	-
	0 1	10/20 8/2	20 R	R	10 R	20 R	<u> </u>	∠.0 _	D R	R	10 R	0 5	0.4	U.3 -	20 R	R	90 R	_∠0 R	1.2	1.0
下	2	8/20	10	R	R	10	0.4	0.3	10	R	R	10	1.1	1.0	20	5	R	20	2.0	1.6
	3	9/3	5	R	R	5	_		15	R	R	15	-		25	0	R	25		-
	4	9/17	45	R	R	45	6.7	6.2	45	R	R	45	6.1	5.7	40	R	5	40	1.1	0.9
層	5	10/4	15	R	R	15	-	-	25	R	R	25	-	-	45	R	R	45	-	-
	6	10/20	35	R	5	35	3.6	3.2	5	R	10	5	0.4	0.3	25	R	R	25	1.1	0.9

注) Rは、被度5%未満を示す。



	几	191	
浮泥堆積物の被度			
	: : : : ! : '	0- 25- 50- 75-3	24% 49% 74% 100%

[中層]





図 2-2-7 浮泥堆積物被度の出現頻度の水平分布 全 6 回の調査結果(平成 21 年 7 月 23 日~10 月 20 日) 1回目調査(プレート設置期間:平成21年 7月23日~ 8月 3日(11日間)) 観察のみ実施





[中層]



[下層] 桜浜 海中展望塔 竜串 爪白 弁天島 大奖 見残し

図 2-2-8(1) 浮泥堆積物被度の水平分布(1回目調査)

2回目調査(プレート設置期間:平成21年7月23日~8月20日(28日間)) 観察と堆積物重量の測定(プレートの交換)を実施





 「下層」
 桜浜

 海中展望塔
 竜串

 「爪白
 弁天島

 大婆

図 2-2-8(2) 浮泥堆積物被度の水平分布(2回目調査)

3回目調査(プレート設置期間:平成21年 8月20日~ 9月 3日(14日間)) 観察のみ実施



[中層]



 「下層」
 桜浜

 一
 一

 一
 一

 一
 月残し

図 2-2-8(3) 浮泥堆積物被度の水平分布(3回目調査)

4回目調査(プレート設置期間:平成21年 8月20日~ 9月17日(28日間)) 観察と堆積物重量の測定(プレートの交換)を実施



[中層]



 「下層」
 桜浜

 海中展望塔
 竜串

 「爪白
 弁天島

 大碆
 し

図 2-2-8(4) 浮泥堆積物被度の水平分布(4回目調査)

5回目調査(プレート設置期間:平成21年 9月17日~10月 4日(17日間)) 観察のみ実施



[中層]





### 図 2-2-8(5) 浮泥堆積物被度の水平分布(5回目調査)

# 6回目調査(プレート設置期間:平成21年 9月17日~10月20日(33日間)) 観察と堆積物重量の測定(プレートの交換)を実施



[中層]



[下層]



図 2-2-8(6) 浮泥堆積物被度の水平分布(6回目調査)



# 図2-2-9 浮泥堆積物被度の出現頻度(平成18年度~平成21年度調査まとめ)

### (3) 浮泥堆積物被度の経過

調査点 A~C(爪白、竜串、大碆)における浮泥堆積物被度の経過と、海中展望塔調査 点の上層で測定した濁度の積算値を図 2-2-10 に示した。

爪白Aにおいては、全期間を通して浮泥堆積物被度は上層と中層で25%以下、下層で 概ね0%であり、浮泥が堆積しにくい条件にあることが分かった。本地区は、波当たり が他の調査点と比較して強いために、底泥の巻き上がり量は多い(平成17年度の調査結 果)ものの、適度な海水の乱れにより、掃泥の作用が大きく浮泥が堆積しにくいと考え られる。

竜串 B における浮泥堆積物の被度は、上層では全期間を通して 0%、中層と下層で若 干高くなる傾向が見られた。

大碆Cにおける浮泥堆積物の被度は、表層では4回目を除くと概ね25%以下、中層で は全期間を通して10~50%の範囲、下層では全期間を通して60~100%の範囲で推移し、 中層から下層にかけて高くなっていた。中層と下層における濁度と浮泥堆積物の関係に は相関関係が認められず、大碆Cにおいては一旦泥土が堆積すると除去されにくい条件 であることが分かった。



図 2-2-10 浮泥堆積物被度の経過(調査点 A~C)

### (4) 浮泥堆積状況調査の活用について

平成18年度からの実績に基づいて、プレートを用いた浮泥堆積状況調査の長期モニタ リング項目としての妥当性を検討した。先ず、利点と問題点を整理し、最後に適切な活 用法について検討した。

①利点

- ・対象場所に沈降する浮泥の量ばかりでなく、海水の乱れによる掃泥効果も含めた浮泥 堆積のし易さを捉えることができる。
- ・浮泥の堆積量とサンゴ群の生息状況には負の関係が認められるため、本調査手法は今後の底泥改善効果を判定するためのモニタリング項目となる可能性が高い。
- ・付着生物の生息状況から、サンゴの生息環境としての条件を推定可能と考えられる。
   特に、サビ亜科の付着量が多い場所は浮泥の堆積量が少なく、サンゴの生息も良い傾向がみられた。付着生物の生息状況は、調査期間中の生息環境を積算的に示していると考えられる。
- ・プレートは比較的どこにでも設置でき、広範囲での調査が可能である。
- ・調査の難易度が比較的低いため、環境学習などにも活用し易いと考えられる。 ②問題点
- 一過性の現象で調査時の浮泥堆積状況が大きく変わる。
- ・コケムシ綱や珪藻綱が付着すると付着の効果で浮泥がトラップされ易くなる。
- ・巻き貝がプレートを移動することで浮泥が部分的に除去されるなど、海水の乱れ以外の掃泥作用がノイズとして含まれることがある。
- ・目視観察による測定では、浮泥の堆積の厚さを反映しにくく、付着生物があった場合 は特に浮泥の堆積量の見分けが難しくなる。
- ・上記した問題点を総じて、調査結果の定量的な評価が困難である。

③適切な活用法

本調査からは、堆積物の定量的な評価は困難と考えられるが、浮泥が堆積し易い場所 を比較的容易かつ安価に実施する手法としては、モニタリング調査の一つとして妥当と 考えられる。

### 2.3 竜串湾内泥土堆積状況詳細調査

# 2.3.1 底質分布詳細調查

# 1)目的

平成20年度に実施した湾内濁り対策調査では、海底の堆積泥土が波浪により巻き上が り濁りが発生しているものの、泥土の絶対量は除去工事の効果と自然のクリーニング力 により確実に減少していることが報告されている。しかし、大碆東海域(東工区)には 海域への濁りの影響度が大きいSPSS値500kg/m<sup>3</sup>以上の泥土が堆積している箇所も確認さ れている。よって本調査では、大碆東海域において平成18~20年度に泥土除去工事を実 施した範囲に薄層に再堆積した泥土の堆積状況を把握し、今後のモニタリングデータの 一つとするとともに、未除去部と薄層堆積部の泥土除去工事の実施設計を行うために必 要な泥土堆積状況(広がり、深さ)、堆積量などのデータを収集することを目的とする。

# 2) 実施内容

# (1)期間

現地調査期間:7月27日~8月3日

# (2)調査地点(採泥点)

調査海域は図 2-3-1 青色部に示す大碆東海域である。調査地点の詳細位置を図 2-3-2 に示し、調査海域の写真を写真 2-3-1~写真 2-3-3 に示した。



調査区域 (大碆東海域)

図 2-3-1 泥土堆積状況詳細調査区域



図 2-3-2 大碆東海域 採泥点及び海底状況調査ライン



写真 2-3-1 大碆東海域全景



写真 2-3-2 大碆東海域(A 地点拡大)

写真 2-3-3

### (3)調査方法

①底質分布状況調查

図 2-3-2 に示す調査地点にて潜水士による柱状採泥を実施し、採取したサンプルは目 視観察した後、性状により鉛直方向に 1~3 層にコア分割し、濁りの原因となる泥(細か い粒子)の量を測定する SPSS 分析を行った。採泥の実施にあたり、混在物などの影響に より柱状コア採泥が困難な場所においては検土杖を併用し、近傍の柱状コア採泥可能地 点にて採泥を実施した。採泥作業の概略図を図 2-3-3 に、採泥状況及び採泥に用いた検 土杖の写真を写真 2-3-4~写真 2-3-7 に示した。また、業務フローを図 2-3-4 に示した。



図 2-3-3 採泥作業概略図



図 2-3-4 業務フロー



写真 2-3-4 柱状コア採泥状況

写真 2-3-6 検土杖 (2m 2 本継)



写真 2-3-5 検土杖採泥状況



写真 2-3-7 検土杖 (採土部 30cm)

図 2-3-2 に示す調査ラインにて、潜水士による目視及び水中ビデオ撮影を実施した。

②海底状況確認調査

調査結果・考察

(1) 底質分布状況調査

①外観観察結果

柱状コアの外観観察結果について、特徴的な事柄を以下に列挙した。採取した試料の 性状結果の一覧を資料 2-3-1 に、試料の写真を資料 2-3-2 に示した。

~柱状コア採泥~

- 調査海域北側(A-25、H-27、I-26、J-24 など)では上層に薄く泥土を中心とする堆積があり、下層に貝殻片・コーラル(サンゴの死骸)混じり砂が堆積している箇所が確認できた(写真 2-3-8、写真 2-3-9)。
- ・ 平成 20 年度泥土堆積状況詳細調査(以下、平成 20 年度調査と記す)で泥土が薄層 に堆積していた範囲の一部(I-23、J-23 周辺)において、コーラル混じり砂や、一 様に砂が堆積している箇所が確認できた(写真 2-3-10、写真 2-3-11)。
- ・ 調査海域東側岩礁付近(T-13、U-13周辺)では、貝殻片・コーラル混じり砂の堆積 が確認できた(写真 2-3-12、写真 2-3-13)。
- 泥土堆積が確認された多くの地点で、表層に数 cm~20cm 程度の厚さの砂を中心とした堆積が確認できた(写真 2-3-14)。また、N-20、S-10 周辺では上層に 30~50cm 程度の厚さで砂を中心とした堆積があり、下層に泥土を中心とした堆積が確認できた(写真 2-3-15)。
- 調査海域南側(S-12、T-12、R-11、S-11、T-11、Q-10、S-10、S-9、R-8、S-8、P-5、Q-5、R-5、R-4、S-4、R-3、S-3、P-2、R-2、P-1、R-1、P-0、Q-0)の泥土を中心とした堆積層には、木片やゴミが混在していた(写真 2-3-16、写真 2-3-17)。

~検土杖による採泥~

- ・ 一様に泥を中心とした堆積である個所が確認できた(写真 2-3-18、写真 2-3-19)。
- ・ 泥混じり砂や砂混じり泥など、泥土と砂が混在している底質が多く確認できた。



写真 2-3-8 H-27 柱状採泥資料



写真 2-3-9 H-27 上層に泥土の堆積 下層に貝殻片・コーラル混じり砂の堆積



写真 2-3-10 1-23 柱状採泥資料



写真 2-3-12 T-13 柱状採泥資料



写真 2-3-14 S-4 砂(数 cm)の下に 泥土を中心とする堆積



写真 2-3-16 S-11 柱状採泥資料



写真 2-3-11 1-23 コーラル混じり砂の堆積



写真 2-3-13 T-13 貝殻片・コーラル混じり砂の堆積



写真 2-3-15 S-10 砂 (40cm)の下に 泥土を中心とする堆積



写真 2-3-17 S-11 泥土と木片やゴミが混在する堆積



写真 2-3-18 R-3 検土杖採泥試料



写真 2-3-19 R-3 粘性のある泥土

②SPSS 試験結果

各調査地点の「SPSS 値の平面分布図」を、上層、中層、下層ごとに図 2-3-5~図 2-3-7 に示し、「SPSS 値の鉛直分布図」を図 2-3-8 に示した。SPSS 値は凡例に示すように 6 段 階に色分けして示した。

SPSS 試験はもともと、沖縄県において赤土により海域が濁る度合を定量的に表す手法 として開発されたものである。大見謝らは沖縄周辺のサンゴが健全に生育する環境条件 の SPSS 値を 30kg/m<sup>3</sup>以下と示している。ただし今回調査対象としている竜串湾は沖縄県 と異なるサンゴ生態系であり、四国沿岸のサンゴ生態のモニタリング (SPSS 調査を含む) を実施している財団法人黒潮生物研究所の岩瀬所長の見解によると、サンゴが比較的健 全な海域の SPSS 値は 100kg/m<sup>3</sup>以下程度としている。

SPSS 試験結果について、特徴的な事柄を以下に示した。

- 平成 20 年度調査で SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上を示した範囲の一部(I-23、J-23、M15、
  N15)において、SPSS 値が低い値を示す箇所が確認できた。
- 調査海域南側(N-20、S-10 周辺)において SPSS 値が上層で低い値を示し、中層と 下層では高い値(SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上)を示す箇所が確認できた。
- 調査海域北側(A-27、H-27、G-25 など)において SPSS 値が上層で高い値(SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>値以上)を示し、下層では低い値を示す箇所が確認できた。
- SPSS 値が上層から下層まで一様に高い値 (SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上)を示す箇所 (R-3、 Q-1) が確認できた。
- ・ 岩盤などの影響により採泥量が少なかった箇所では、SPSS 値が低い箇所(A-26、A-25、 I-24、I-23、J-23、M-15、U-13、U-12、S-2、T-1、T-0)が多いことが確認できた。



図 2-3-5 大碆東海域 SPSS 平面分布図 (上層)



図 2-3-6 大碆東海域 SPSS 平面分布図 (中層)



図 2-3-7 大碆東海域 SPSS 平面分布図 (下層)



F-25 G-25 H-25 I-25 J-25

GL 0.0

I-24 J-24 K-24

GL 0.0

I-23 J-23 K-23

M-22M-21M-20

GL 0.0

N-22 N-21 N

GL 0.0

A-27 A-26 A-25 A-24

GL 0.0

B-27 B-26 B-25 B-24

GL 0.0

H-271-27

GL 0.0

G-26H-26I-26

GL 0.0

L.16
## (2) 海底状況確認調査

大碆東海域の水中の映像について解析した結果を以下に示した。

- T-12、U-12付近では転石や岩が多く、その隙間には砂が堆積している箇所が確認された。また、周辺の転石にはサンゴの生息も確認できた(写真 2-3-20、写真 2-3-21)。
- R-2 付近では木片や海藻(流藻)、網(漁具)などが堆積していた(写真 2-3-22、写真 2-3-23)。
- N-20、S-10付近では柱状コアの外観観察で下層に泥土堆積が確認されたが、上層に 砂を中心とした堆積があり、底質からの濁りの発生が少ない地点が確認された(写 真 2-3-24)。
- 平成20年度調査時には泥土が薄層に堆積していた範囲の一部が、砂を中心とした堆積となっている箇所が確認できた(写真2-3-25)。しかし、平成20年度調査時と同様にS-4、F-25、R-11周辺などの上層において、依然として泥土堆積(手で掴むと濁りが発生)が確認される箇所があった(写真2-3-26)。
- ・ 平成 18、19 年度泥土除去範囲の一部(H-26、H-27 など)は周辺よりも地盤レベル が低く、窪地となっている範囲は海水の濁りも顕著であった(写真 2-3-27)。



写真 2-3-20 T-12 付近 転石が多く堆積

写真 2-3-21 U-12 付近 サンゴが生息



写真 2-3-22 R-2 付近 網(漁具)の堆積

写真 2-3-23 P-2 付近 木片やゴミの堆積



写真 2-3-24 S-10 上層に砂を中心とした堆積 その下に泥土の堆積



写真 2-3-25 1-23 付近 砂を中心とした堆積



写真 2-3-26 R-11 付近 上層に泥土の堆積 下層に砂の堆積



写真 2-3-27 H-26 付近 窪地の表層に泥土の堆積

## (3)考察

平成 20 年度調査で泥土が薄層に堆積していた範囲の一部(I-23、J-23、M-15、N-15 周辺)において、コーラル混じり砂や一様に砂の堆積が確認され、SPSS 値が改善されている箇所が確認できた。これらの箇所は自然のクリーニング力(波浪の作用)で泥土が移流 拡散するなどして海底表面の状況が変化したものと考えられる。

しかし、平成20年度調査時と同様に、調査海域北側(A-25、H-27、I-26、J-24など) では表層に薄く泥土が堆積し、中層と下層に貝殻片、コーラルが混在した堆積物が堆積し ている箇所が確認された。このうち、平成18、19年度に泥土除去を実施した範囲の一部 は窪地となっており、海水の濁りも顕著であったことから、この範囲へ移動してきた周辺 の未除去部の泥土が薄く堆積し、濁りの発生と再堆積を繰り返す状態が続いていると推定 される。また、調査海域南側で泥土堆積が確認された範囲の多くでは、表層に数 cm~20 cm 程度の厚さで砂を中心とした堆積物が堆積し、その下に泥土を中心とした堆積物が堆積し ていた。R-3 周辺では、一様に泥土を中心とした堆積に木片やゴミなどが混在していた箇 所があった。これらの泥土を中心とした堆積の SPSS 値は大きな値(SPSS 値 500kg/m<sup>3</sup>以上) を示した。SPSS 値が大きな値を示す場所は大碆東海域の濁りの発生原因となっていると 考えられる。

## 第3章 ライブカメラ導入検討

ライブカメラは、近年になって急速に普及し、様々な用途で利用されている。水中を 撮影するタイプのカメラも稼動しており、海中の濁りや生物の生息状況など様々な情報 を視覚的に捉えるのに有効な手法であると考えられる。

ここでは、現在進めている竜串地区自然再生事業における自然再生状況のモニタリン グ手法の一つとして、竜串湾でのライブカメラの導入に向けたシステムや設置場所など の検討を行った。

## 3.1 ライブカメラシステムの検討

現在国内で利用されている自然環境を対象とした代表的なライブカメラシステムの現 況を調べるとともに、システムの設計、設置工法の検討、維持・管理方法の検討を行っ た。

## 3.1.1 ライブカメラシステムの現状把握

ライブカメラを利用した情報発信の現状について、既存施設での運用状況、運用効果 (利点・実績)、運用上の問題点・課題点などを調査し、竜串湾への展開を検討する上で の基礎資料とした。調べた施設は以下の3機関である。

- ・環境省自然環境局生物多様性センター
- ・株式会社串本海中公園センター
- ・山陰海岸国立公園竹野スノーケルセンター・ビジターセンター

表 3-1-1 ライ	ブ映像を発信	している機関の例
------------	--------	----------

機関	環境省自然環境局生物多様性センター
住 所	山梨県富士吉田市上吉田剣丸尾5597-1
ホームページ	インターネット自然研究所(http://www.sizenken.biodic.go.jp/)
概要	全国43箇所(平成22年1月18日現在)の国立公園・野生生物のライブ映像を固定型の カメラなどを通じて発信している。

機関	株式会社 串本海中公園センター
住 所	和歌山県東牟婁郡串本町有田1157
ホームページ	串本海中公園ホームページ (http://www.kushimoto.co.jp/)
概要	水深6.3mにある海中展望塔内部の窓に設置した固定カメラで撮影した水中の映像を 発信している。運営は環境省自然環境局生物多様性センターが行い、映像はイン ターネット自然研究所のホームページで見られる。

機関	山陰海岸国立公園竹野スノーケルセンター・ビジターセンター
住 所	兵庫県豊岡市竹野町切浜大浦
ホームページ	竹野スノーケルセンター・ビジターセンター(http://www.takeno- scvc.jp/top.html)
概要	海中に水中カメラを設置し、リアルタイムで水中の映像を発信している。 映像は、竹野スノーケルセンター・ビジターセンターおよびインターネット自然研 究所のホームページで見られる。

#### 1) 環境省自然環境局生物多様性センター

環境省自然環境局生物多様性センターは、全国 43 箇所(平成 22 年 1 月 18 日現在)の国 立公園・野生生物のライブ映像を固定型のカメラなどを通じて発信している。

映像はインターネット自然研究所のホームページで見ることができる。

#### (1)運営の目的

環境省自然環境局生物多様性センターは、インターネット自然研究所のホームページ を通じて、国民に全国各地の様々な自然環境をより身近に感じてもらうこと、わが国の 自然環境の現状や自然環境を保全するための施策について十分に知ってもらうことを目 的として情報を整備している。特に、ライブカメラは重要な要素となっている。

#### (2) 運営方法

インターネット自然研究所ホームページのライブ映像システムは以下の方法で運営さ れている。

- ・提供する画像は、主に日中1時間に1回の頻度で撮影され、その都度更新された静止 画像となる。ただし、1日あたりの撮影頻度は季節や撮影対象の状況により大きく変 わることがある。
- ・提供する画像の収集は、生物多様性センターに設置したカメラ制御サーバーと各カメ ラシステムを、電話回線や衛星回線などで接続することにより行う。カメラシステム には、①遠隔操作用モニタリングカメラ(RCⅢ。全天候型デジタルカメラ)を使用して、 静止画撮影を行うものと、②各地のビジターセンターなどで館内上映用に使用されて いる他のカメラシステム(主にビデオカメラ)の映像を静止画電送装置(PW-2000)を用 いて静止画に加工するものの2通りに分けられる。後者については、カメラシステム の性能により良好な画質が取得できない場合がある。
- ・渡り鳥など野生動物を撮影の主対象とするものについては、対象となる野生動物が不 在の間は、撮影を行わない場合がある。また、悪天候、カメラの故障、カメラ設置施 設の閉館日などの理由により、撮影が行えない場合もある。これらの場合、画面で表 示される画像は、最後に撮影した画像が表示される。
- カメラは一般の人が立ち入ることのできない私有地内や建物の屋上部などに設置している場合がある。このため撮影地を訪れても、画像どおりの風景を見ることができない場合がある。
- ・撮影された画像は、データベースとして蓄積・管理されているが、画面上では、1カ メラにつき、1日1画像のみが提供されている。撮影日から30日を経過した画像については、他の記録媒体に保存される。
- ・撮影された画像の著作権は、環境省やその他の各カメラシステムの設置者に帰属する。

#### (3) ライブカメラのシステム

平成 13 年度に設置された完全なオリジナルカメラのため、初期投資から維持まで、現 在一般に出回っている Web カメラとは、費用の点を含めて大きく異なる。

水中を撮影しているカメラは、串本、竹野、上高地清水川の3箇所に設置しているが、 いずれも既設カメラのデータをサーバーに集積しているため、カメラ及びカメラのハウ ジングについては不明である。串本では、海中展望などの窓から外を普通のカメラで撮 影し、画像転送している。

#### (4) 運用体制

カメラ及びサーバーの保守は専門会社に依頼している。現在は、維持費がでないため、 カメラの保守はほとんど行っていない。故障したカメラを修理可能かどうか程度の検討 は行っている。

#### (5) 経費

43 箇所のカメラの設置・プログラム開発、サーバー設置などの初期投資は数億円である。年間維持費は約 5000 万円である。

## (6)運営の効果

観光などで大変良く使用されている。

各観光地案内 Web ページからのリンクの他、観光業、プロカメラマン、一般旅行者な どから、お天気情報などと同様に出かける前の確認に使用するとの意見もある。加えて、 定点観察という点から、気象庁、海上保安庁、その他各種研究者からの画像提供依頼並 びに研究成果がある。

#### (7) 運用上の問題点

老朽化に加え、市販品でない特注品やグローバル IP アドレスを使用しているため、作 成、維持・修繕に費用がかかる。これは、通信方法や通信費にも影響する。他地点にラ イブカメラを導入する場合は、可能な限り、市販品の使用、市販の通信・データ貯蓄サ ービスの利用を薦める。

## 2)株式会社串本海中公園センター

環境省自然環境局生物多様性センターが固定型カメラを設置・運営している。

沖合 140m、水深 6.3m にある海中展望塔の照明用窓にカメラを設置し、串本の海を代 表するクシハダミドリイシなどのテーブルサンゴやソラスズメダイ、メジナ、ブダイな どの魚類、熱帯・亜熱帯に生息する生物が観察できる。



写真 3-1-1 串本海中公園の海中展望塔



写真 3-1-2 ライブカメラ



写真 3-1-3 ライブカメラの映像

#### (1) ライブカメラのシステム

- ・カメラは展望塔内の照明用窓に設置している。
- ・タイマーにより、毎時の写真画像が携帯端末でインターネット配信されている。
- ・カメラの電源は展望塔内の電気を利用している。
- ・カメラの近くに携帯端末が付属しており、屋上に設置されているアンテナに繋がっている。

#### (2) 運用体制

カメラの維持管理はインターネット自然研究所が行い、串本海中公園が場所を提供している。 カメラの清掃や補修をしたことはなく、現在も正常に動作している。

## (3) 運営の効果

株式会社串本海中公園センターのホームページにインターネット自然研究所のホーム ページがリンクされ、海中映像は串本の観光PRに活用されている。

## 3)山陰海岸国立公園竹野スノーケルセンター・ビジターセンター

環境省自然環境局生物多様性センターが固定型カメラを設置・運営している。

沖合約 120m、水深約 4m の水中の岩礁に旋回が可能なカメラが設置されており、大浦 海岸の海を代表する海中林をはじめとする生物が観察できる。ただし、当公園は日本海 に位置するため、冬季は高波浪を避けるためカメラは撤去される。



写真 3-1-4 竹野スノーケルセンター・ビジターセンターのリアルタイム映像ホームページ



図 3-1-1 ライブカメラ

写真 3-1-5 ライブカメラの映像

(1) ライブカメラのシステム

- ・カメラは海中の岩礁に設置している。
- ・映像は、竹野スノーケルセンター・ビジターセンターのリアルタイム映像ホームページで見ることができる。また、インターネット自然研究所のホームページでも見られる。
- ・海中カメラの映像は、海中部約 150m、陸上部約 450m のケーブルで竹野スノーケルセンター・ビジターセンターに送られている。

#### (2) 運用体制

カメラの維持管理はインターネット自然研究所が行っている。冬季は日本海の高波浪 を避けてカメラを撤去している。

#### (3) 運営の効果

竹野スノーケルセンター・ビジターセンターのホームページにアップされ、海中映像 は竹野海中公園の観光PRに活用されている。

## 3.1.2 システムの設計

# 1) システムの構成

インターネットを通して水中に設置したビデオカメラを操作し、水中を監視(モニタ リング)するには、以下の図のようなシステムが必要となる。



図 3-1-2 ライブカメラシステム構成図

ライブカメラで撮影した映像データは、管理サーバーとする PC へ伝送され、インター ネットを経由して、個々の PC へ情報配信する。また、インターネット上でライブカメラ の操作を可能にする。

映像データ及び動作制御信号(カメラコントロール)を伝送するケーブルは、長距離 データ通信に適した光ファイバーケーブルを中継し、メディアコンバータなどのリピー ターを介して RS232C などのシリアルポートに接続したものを使用する。

カメラの電源供給に関しては、設置場所周辺に電源設備が存在しないため、電源ボッ クス(充電バッテリー)やソーラー及び風力発電による電源供給を行う。

## 2) カメラ(型式・性能など)

使用するカメラの選定については、その映像をリアルタイムで web 配信すること、カ メラをインターネット上で操作すること、広範囲を観察できること、海中に設置するこ となど、必要条件を満たすカメラを選定した。ライブカメラとして必要な条件を以下に 示す。

- ・インターネット接続、配信が可能
- ·有効画素 30 万画素程度
- ・低照度環境(海中)でのカラー撮影が可能
- ・防水または防滴対応
- ・軽量で人力による運搬、設置、撤去が可能

これらの条件を満たす代表的なカメラについて、その外観と仕様などの概要をまとめた。

	5 音声OUT×1 6 センサーIN×2/OUT×2	サーバー 機能	携帯電話での既 オンスクリーン プリセット プリセット巡回 インターネット計 可視範囲制限 動き検知 追尾機能 音声送受信*4 被写体距離:10 数値は参考値です。	]覧 表示 記信	
	<ol> <li>PoE対応LAN (100M)</li> <li>音声 IN × 1 (LINE IN/MIC IN 切換え可能)</li> </ol>		映像圧縮方式 ブラウザ対応		JPEG / MPEG-4
	(1) 電源	_	耐衝撃性 PoE 対応		•
	1 2 3 4 5 6	「能	赤外線照明内蔵 最低被写体照度 (1/30秒時)	だ デイモード ナイトモード	- 0.7Lux 0.2Lux
		メラ性	元子スーム ブレ補正		40倍 〇
Conon		, ,	パン・チルト		0
	All and a second s		最大水平画角		56°
		1	走査方式		プログレッシブ

表 3-1-2 キャノン(株) 製ライブカメラの外観と仕様

	カメラ部	
	過度意子	:1/3型CMOSイメージセンサー
	有效画意教	:約200万面羹
	レンズタイプ	: 10倍ズームオートフォーカスレンズ
	ズーム比	: 光堂10倍/デジタル12倍
	住心距離	: (-51~-51mm
	FIR	: F1.8(ワイド編)~F2.1(テレ編)
	水平面色	:50家(ワイド族):5.4家(テレ統)
	最短編影距離	: 10mm (ワイド線) 800mm (テレ線)
	Day & Night #	: #
	ライトファンネル機能	· #
	Dynal/Jew	* 270
	最任被定体密度	19世々ス(F18 AGC [ON] XONP [ON] VE [ON] スローシャッター [OFF] 50(PE時)
	40.15-10.17 PF ///.DE	0.17ルクス(Nightモード [ON] モノクロ XDNP [ON] XE [ON] スローシャッター [OE] 脚)
	种像SNH	1 SodRU/ E
1022.6	レンズアイリス	: *-
	動体給知識能	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
	バン野動範囲	- 18 1.360度エンドルス同転 最大速度…400度/秒
VJJEI	チルト駆動範囲	: -105~+105度,最大速度~400度/秒
A	ネットワーク部	
	汗酸方式	: JPEG./MPEG-4/H.264(圖路中傳訂修)
(	画像サイズ	: 1280×720, 1024×576, 800×480, 768×576, 640×480(VGA), 640×368,
	and a good	384×288, 320×240 (QVGA), 320×192
	最大フレームレート	: JPEGB:10fps(1.280×720) / 30fps(640×490)
		MPEG-48930fps (1.280×720)
		H.2649830fps (1.280×720)
		※シングルコーデック時
	同時アクセス数	:10
	音声圧縮	: G.711 (64kbps), G.726 (40, 32, 24, 16kbps)
	プロトコル	UDP, TCP/IP, ARP, ICMP, HTTP, FTP,
		SMTP, DHCP, DNS, NTP, SNMP (MIB-2), RTP/RTCP
	LAN编子	: 10BASE-T / 100BASE-TX (RJ-45)
	IPv6	;対応
a]54	ワイヤレスLAN	:2.4GHzワイヤレスLAN (SNCA-CFW5 (別売) が必要、IEEE802.11b/g準拠)
	インターフェース部	
	外部マイク入力端子	: ミニジャック〈モノラル〉
	and a second	プラグインパワー方式対応(基準電圧2.5V DC)
		推奨負荷インビーダンス…2.2kΩ
	ライン出力端子	: ミニジャック(モノラル)
		最大出力レベル… TVrms
	映像出力端子	:BNC(1Vp-p、75Ω、同期負)
	その他1/0	:センサーIN×4、アラームOUT×2
	シリアルルの	: RS-232C/RS-422/RS-485×1*1
	メモリーカードスロット	:CF力一ド対応
	PCカードスロット	:無
31 31		

# 表 3-1-3 ソニー(株) 製ライブカメラの外観と仕様

# 表 3-1-4 VIVOTEK 製ライブカメラの外観と仕様

				ネットワークカメラ SD7151 仕様
	(h)	システム	CPU	VVTK-1000SoC
			Flash	8MB
	1.11		RAM	64MB
			Embedded OS	Linux2.4
0		レンズ	・焦点距離:f=4. ・F値:F1.4~F22 ・フォーカスレンジ	1 mm∼73.8mm, 2 *10 mm∼∞0
			・IRカットフィルタ	ー:目動切探/スグシュール切探
420		イメージセンサ	SONY製 1/4イン 見が特定は開始	ノチブロクレッシフスキャンCCUセンザ 最大解像度640×480
	C RA		★14/10年1月	: 1.b1Lux(F1.4、1/3Us) U.38Lux(F1.4、1/3Us IR//ルター無し)
		÷	Ethernet	10/100 Mbps(RJ45コネクタ)(中他アタフタ付摘)
		イットワーク	プロトコル	JEV4, TOP/IP, HITP, HITPS, UPAP, RISP/RTP/RTCP, JGMP, SMTP, FTP, DHCP, NTP, DNS, DDNS, and PPPoE
			圧縮方式	MJPEG & MPEG-4 デュアルストリーミング
			フレームレート	MPEG-4:640×480 (30fps) MJPEG:640×480 (30fps)
& VIVOTEK		ビデオ	ストリーミング	・MPEG-4/MJPEG同時デュアルストリーミング ・UPP.TCP 又はHTTPIにおけるMPEG-4ストリーミング ・MPEG-4マルチキャストストリーミング ・HTTPIにおけるMJPEGストリーミング
0		イメージ設定	<ul> <li>・イメージサイズ、</li> <li>・タイムスタンブ、</li> <li>・上下反転、左右</li> <li>・ホワイトバランス</li> <li>・逆光補正(BLC)</li> <li>・プライバシーマフ</li> </ul>	画質、ビットレート調整 テキストオーバーレイ 反転 
			GSM-AMR	bit rate: 4.75kbps~12.2kbps
		and all the second	MPEG-4AAC	bit rate:16kbps~128kbps
水平:360°連續旋回	<b>垂直∙0°~90°</b> 反転	オーディオ	インターフェース	外部マイク入力(3.5mmミニシャック と^)ク)×1 外部オーディオ出力(3.5mmミニシャック ミトツ)×1
			SIPプロトコルに。	よる双方向音声、ミュート機能
$\square$	$\bigcirc$		温度:-20℃~+6	50°C
		動作環境	温度20%~80%RH以下(結露なき事)	
			防水・防塵構造ハウジング	
		<b>雷</b> 酒	消費電力	最大42W
		all way	24 VAC 2A 60 Hz/50 Hz (AC100 V用変換アダブタ付属)	
	· \	外形寸法	φ200×270(高)mm	
Relieves a	A DOMESTIC	質量	3,740g	
		認定	CE, LVD, FCC	VCCI, C - Tick
	7	アプリケーション	・インストールウィ ・16ch録画再生 ・ファームウエアフ ・アプリケーション	パザードver.2 ソフトウェア(ST3402) アップグレード ッ製作やシステムインテクレーションに利用可能なSDK(VIVOTEKサイトよりがウルー
			os	Microsoft Windows2000/XP/Vista
0000		閲覧環境	ブラウザ	Internet Explorer6 x b Firefox
360°	0°~90°		携帯電話3GPP I	Player、RealPlayer10.5、QuickTime6.5

		88 10.5 19 6 19 6		mm 12 15 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10
信号方式	NTSC			
	1/3" ExView CCD			
画素数	H768xV494			
スキャン方式	2:1 インターレース			
同期方式	内部			
ビデオ出力	1.0Vp-p コンボジット 75Ω	1.0Vp-p コンポジット 75Ω		
水平解像度	550本			
ガンマ補正	1			
最低照度	0.01lux(AGC On) / 0 lux(IR 0	Dn)		
S/N 比	50dB以上(AGC Off)			
電子シャッター	1/60~1/100,000秒			
光波長	400-850nm			
赤外線波長	750nm-1100nm		ケーブル仕様	RG-58U
デイナイト	2lux以下でデイナイト作動		中心導体幅(本/mm)	1/0.8
ホワイトバランス	ATW:2400° K~1000° K		特性インビーダンス	75Ω
電子アイリス	ON設定		仕上げ外形(mm)	6.0
オートアイリス	電子オートアイリス		箔保護物	アルミニウム箔
逆光補正	あり編み保護物			64/0.12mm
レンズ	固定焦点3.6mm(F2.0)ボードレンズ ジャケット PVC 21			PVC 2重
防水防塵保護等級	IP68			
使用電源	DC12V ※電源ユニットAC110V [電源ユニット寸法:W106xH44xD96mm]			
消費電力	3W ※同軸ケーブルに電源重畳 定格電流 200mA			
動作環境温度	-10°C~+50°C RH90%			
保管環境温度	-20°C~+70°C RH70%			
外形寸法	φ 70mm x L186.5mm (サンシェード長さ220mm)			
質量	約2.2kg ケーブル等含む			
付属品	海水対応ケーブル50m、電源ユニット、ステンレスミニブラケット、シェード			

# 表 3-1-5 (株)スリーディー製ライブカメラの外観と仕様

3) ケーブル(型式・用途など)

電源重畳ユニットを使用し、映像信号と電源(DC12V/500mA以下)、及び制御信号 (RS-485) を重畳して1本の同軸ケーブルで伝送する。

電源重畳ユニットは、映像信号と電源、及び制御信号(RS-485)は、最大1km(5C-2V 使用時)までの伝送に対応している。

電源重畳ユニット(SC-VTPD0601, SC-VRPD0601)は、本来のビデオ信号を雑音に強い 信号に変調して伝送しているため、雑音が多い環境でも映像信号を歪曲なく伝送するこ とができる。

スピードドームカメラなどの映像信号と RS-485 制御信号を同軸ケーブル1本で配線 可能なため、工事費用の削減が可能である。

映像信号の帯域 8MHz 仕様により、水平解像度 800TV 本級の高画質カメラでも信号の低 下なく伝送可能である。また、長距離配線に対応しており、同軸ケーブル(7C-2V)で最 大 2km まで対応する。



図 3-1-3 電源重畳ユニット (SC-VTPD0601, SC-VRPD0601) ケーブル (7C-2V) の外観

表 3-1-6 電源重畳ユニット (SC-VTPD0601, SC-VRPD0601) の外観と仕様及びケーブル (7C-2V)

		30-VRPD0001			
	映像信号入力	CVBS 1.0Vp-p, 75Ω		映像信号出力	CVBS 1.0Vp-p, 75Ω
電気的特性 映像信号帯域幅	映像信号帯域幅	8MHz	雪气的特性	映像信号帯域幅	8MHz
	出力電源	カメラ用電源出力 DC12V/500mA(最大)	电知道可可	入力電源	AC/DC アダプター48V
		DC プラグ		動作確認	DATA: 緑色:黄色/LED
		外形 5.5mm		映像出力	BNC(コード長 45cm)
	カメラ出力電源	内径 2.1mm		RF 入力端子	BNC
接続端子 映像入力端子 RF 出力端子 RS-485		極性(センタープラス)			DC ジャック
	映像入力端子	BNC (コード長 45cm)	接続端子	メイン電源	外形 5.5mm
	RF 出力端子	BNC			内径 2.1mm 極性(センタープラス)
	2P ターミナルブロック		RS-485	2P ターミナルブロック	
+继 +共 立7	外形サイズ	$75(W) \times 60(H) \times 25(D)mm$		動作確認	DATA: 緑色:黄色/LED
(機(構)部 重量	重量	130g	继基部	外形サイズ	$75(W) \times 60(H) \times 25(D)mm$
			1成1円口1	重量	230g
					SC-VTPD0601× 1 台
			t	セット内容 SC-VR	
					AC アダプター(DC48V) x 1 個



表 3-1-7	データ	送信ユニッ	トの外観	と仕様
---------	-----	-------	------	-----

チャンネル	CH1=2413MHz, CH2=2432MHz, CH3=2451MHz, CH4=2470MHz,
伝送出力	5W
ビデオ入力	RCA JACK,composite video 1 Vp-p,750
オーディオ入力	RCA JACK,2 Vp-p Max,
電源	DC12V
消費電力	2A
動作温度	0°C~45°C
寸法	60 × 120 × 38mm
重量	360g



## 表 3-1-8 受信ユニットの外観と仕様

送信チャンネル	CH1= 2413MHz , CH2=2432MHz , CH3=2451MHz , CH4= 2470MHz
	※CHは、DIPスイッチで設定
インピーダンス	50 Ω
アンテナコネクタ	SMAメス
ビデオ入力	RCA、1V p-p コンポジット、75Ω
オーディオ入力	RCA、2V p-p (max)
使用電源	DC12V
消費電力	280mA
外形寸法	115 x 80 x 23 mm
重量	220g
動作環境温度	-10°C~40°C
保管環境温度	-20°C~60°C
対応アンテナケーブル	TWC-03/TWC-05/TWC-09より、アンテナに応じて選定ください
オプション	DC12V電源アダプター(TY-S12-3800)

## 表 3-1-9 データ送受信アンテナの外観と仕様



利得	18dB
周波数帯域	2.4GHz
コネクタ	N XX
外形寸法	263x263x30mm
重量	900g
付属品	固定ブラケット
用途	屋外向き
材質	防水仕様プラスチックハウジング
オプション	アンテナサージプロテクターTY-SP03A(Nコネクタ)

## 3.1.3 設置工法の検討

設置場所の景観や管理制御施設までの距離を考慮した上で、竜串をライブカメラの設 置地点と想定し、水中カメラ(有線式)の設置方法を検討した。

また、モニタリングに適した場所を広範囲に撮影でき、小規模な設備で撮影を可能に することを考え、グラスボート内にライブカメラを設置する方法を検討した。

## 1)水中ライブカメラの設置

## (1) ケーブルの敷設

ケーブルは沿岸に沿って這わせる。エフレックス管や鋼管などをケーブルの保護管と して使用し、その管内にケーブルを挿入する。保護管は、岩の間を這わすように護岸に 沿って敷設する。

波浪に対する耐久性を考慮し、モルタルなどで保護管(ケーブル)を埋設するように 設置する。



図 3-1-4 保護管(ケーブル)の設置状況



#### 図 3-1-5 ケーブル設置ルート

沿岸部では、保護管(ケーブル)を敷設後、管を覆うようにしてモルタル打設し、ケ ーブルを埋設する。砂浜では、砂底を掘り起こし、砂浜内にケーブルを埋設する。

最寄りの電柱までケーブルを這わせた後、電線を利用して管理施設までケーブルを繋 げる。



図 3-1-6 モルタル打設部及び砂底内埋設部

#### (2) 水中カメラの設置

設置するカメラは、悪天候時に撤去できるように固定する。岩盤と架台をボルト・ナットで固定し、その架台にカメラを固定する。架台とカメラの接続部は、容易に取り外 すことができるように固定する。

施工はダイバーが行う。作業船に発電機及び潜水機材などを載せ、艤装を行った後、 竜串沿岸のカメラ設置場所へ移動する。

架台を設置するため、削岩機またはハンマードリルを使用して岩盤を削孔した後、ボ ルト・ナットを挿入して、パテ埋めまたはモルタル打設する。ボルト・ナット挿入後、 架台をボルトに固定する。

架台固定後、カメラを入れたハウジング(カメラハウジング)を架台に固定する。架 台とカメラハウジングは、取り外しが容易に行えるように、ボルト・ナットまたはワン タッチ式(カムロック)で固定する。



図 3-1-7 カメラ設置施工概要



図 3-1-8 カムロック (ハウジング基部と架台を接続する)

## (3) 電源供給方法

カメラの電源は、太陽光パネルを設置して自家発電により電源を供給する。竜串沿岸 の高所に、太陽光パネルとバッテリーを内蔵した電源ボックスを設置する。太陽光パネ ルで生成した電気をバッテリーに充電し、カメラへ電気を供給する。バッテリーは交換 可能なものを複数使用し、適時交換する。

また、電源ケーブルは映像ケーブルと同様に、保護管を取り付けた後、モルタルなど で埋設する。



図 3-1-9 太陽光パネル設置状況及びモルタル打設部



図 3-1-10 電源ケーブル設置ルート

2) グラスボートへのライブカメラの設置

## (1) 無線アンテナ・データ送信システムの設置及びケーブルの配線

ライブカメラ天井に無線アンテナ、操縦室にデータ送信サーバーを設置し、管理制 御施設(足摺海洋館)内に設置した管理サーバーへ無線式でデータを送信する。

カメラからのケーブルは船内のポール、壁面などに這わせ、操縦室の送信サーバー まで配線する。

また、カメラの電源は、船内の発電機または設置した小型発電機から供給する。



図 3-1-11 送信システム設置場所とケーブル配線

## (2) カメラの設置

カメラは、グラスボート船内にある水中観察用の窓(観察窓)に向けて、窓側面の 壁にボルト・ナットで固定して設置する。

ガラスの反射が映像に影響を与えるため、観察窓にレンズが密着するように設置す る。また、観光客の邪魔にならないよう、窓隅にカメラのみを設置する。



図 3-1-12 カメラ設置状況(船内)

また、船内に設置せずに船外に水中カメラを固定し、水中映像を撮影することも可 能である。船の甲板に取付金具を固定し、水中カメラを設置する。



図 3-1-13 撮影カメラ設置状況(船外)

## 3.1.4 維持・管理方法の検討

#### 1)維持管理マニュアル

(1)維持・管理者

自然再生事業におけるモニタリングは、竜串を生活の場とする人々の「地域の目」が 重要である。ライブカメラによる海域の日常的なモニタリングは地域内外への情報発信 としての活用も期待できることもあり、地域住民が主体となっての維持・管理が適切で あると考えられる。

## (2) ライブカメラの点検

ライブカメラの維持管理として、定期的な目視点検が必要となる。点検はダイバーに より行い、カメラハウジング及び周辺設備の付着物状況や破損状況などを点検する。

点検項目は以下の通り。

- ・付着状況(カメラハウジング及びカメラ架台接続部)
- ・カメラ架台接続部における破損の有無
- ・ケーブルとカメラ接続部(コネクター部)における破損の有無
- ・ケーブル敷設部における損傷の有無
- ・その他、カメラ周辺における異常箇所の有無

点検は1週間に一度は行い、状況によりカメラを交換、撤去する。

## (3)清掃方法

点検の都度、清掃を行う。

清掃は、主にハウジング面とハウジングと架台の接続部を行う。

ハウジング面に付着した珪藻類や石灰藻をふき取り、映像の妨げになるのを防止する。

ハウジング面は清掃時の傷を軽減させるため、食器洗い用スポンジや固形型超極細繊 維スポンジなどを使用する。



図 3-1-14 固形型超極細繊維スポンジ

	チェック項目			
点検・清掃場所	付着物の確認・除去	損傷の有無	その他・異常状況	
ハウジング面				
カメラ架台接続部				
   ケーブル接続部				

表 3-1-10 点検清掃のチェック表

# 3.2 ライブカメラ設置場所の検討

# 1)設置候補地

設置候補地は、竜串湾に指定された海中公園地区1号地~4号地内に5地点設定した (図 3-2-1)。



図 3-2-1 ライブカメラ設置候補地

## 2) 設置候補地の状況

設置候補地の地形・水深、水質(濁りの状況)、底質(堆積物の状況)、サンゴの分布 状況等を潜水作業で観察し、既存の海底地形図やサンゴの分布資料を参考に設置候補地 の状況を整理した。 (1) 爪白

海中公園地区1号地内に位置する。

婆の周辺は 2~3m 四方の岩が多くみられ、その間に転石や砂が分布する。

波浪の条件は、他の候補地と比較すると最もうねりが高い。

他の候補地と比較すると、造礁サンゴの分布被度が比較的高く、景観的に多種類の造 礁サンゴが見られる。

サンゴは概ね水深 6m 以浅に分布する。

透視度は高いが、悪天候時に濁りが発生する。



写真 3-2-1 爪白周辺の景観

## (2) 弁天島

海中公園地区1号地の東側に位置する。

婆の周辺の底質は転石と砂からなり、1~2m四方程度の岩が点在する。

波浪の条件は、弁天島の背後に位置するため他の候補地と比較するとうねりが低い。

造礁サンゴの分布被度は竜串湾において平均的で、多種多様に分布する。景観的に卓 状のミドリイシ属は少なく、キクメイシ属やカメノコキクメイシ属等の被覆状、塊状の 造礁サンゴが分布する。

サンゴは概ね水深 5m 以浅に分布する。

透視度は高いが、悪天候時に濁りが発生する。



写真 3-2-2 弁天島周辺の景観

(3) 竜串

海中公園地区2号地内に位置する。

碆は海岸から連続して存在する。海底には1~2m四方の岩盤の間に転石が分布する。 波浪の条件は、他の候補地と比較するとうねりが高い。

他の候補地と比較すると、造礁サンゴの分布被度は高く、景観的に卓状のミドリイシ 属が多く分布する。

サンゴは概ね水深 6m 以浅に分布する。

透視度は高いが、悪天候時に濁りが発生する。



写真 3-2-3 竜串周辺の景観

## (4)大碆

海中公園地区3号地内に位置する。

**碆の周辺の底質は砂と泥からなっている。** 

波浪の条件は他の候補地と比較するとうねりが低い。

造礁サンゴの分布被度は竜串湾内において平均的で、景観的に卓状のミドリイシ属が 多く分布する。

サンゴは概ね水深 6m 以浅に分布する。

透視度は高いが、悪天候時に濁りが発生する。



写真 3-2-4 大碆周辺の景観

## (5) 見残し

海中公園地区4号地内に位置する。

周囲を岩礁で囲まれ、底質は砂と転石からなる。

波浪の条件は、他の候補地と比較すると静かである。

景観的にシコロサンゴ属が群集で分布し、他の造礁サンゴ分布被度は低い。魚類の数 が多く、他の候補地に比べて特異的な景観をもつ。

サンゴは概ね水深 3m 以浅に分布する。

透視度は高い。



写真 3-2-5 見残し湾内の景観

## 3) ケーブルの敷設条件

ライブカメラを設置するに当たっては、水中カメラから陸上まで水中ケーブル(通信 ケーブルと電源ケーブル)を敷設可能であることが最低条件である。また、水中ケーブ ルは設置、メンテナンスともに労力を要するため、なるべく短いことが好ましい。

ここでは、海中展望塔または足摺海洋館を管理制御施設(管理サーバーの設置場所) と想定し、各候補地からの直線距離を比較するとともにケーブルを敷設するための適性 を検討した。



図 3-2-2 ライブカメラ設置候補地と管理制御施設の位置関係

(1) 爪白

爪白ー海中展望塔間の直線距離は 500m であり、底質は岩礁、砂、泥、転石である。最 も近い北側の海岸までは 290m であり、底質は岩礁である。本海域はうねりが高く、ケー ブルを含めカメラの設置には適していない。

## (2) 弁天島

弁天島-海中展望塔間の直線距離は250mであり、他の候補地に比較すると短い。ただし、途中の底質は転石、砂、泥であり、ケーブルの敷設には適していない。

#### (3) 竜串

竜串-足摺海洋館間の直線距離は370mであり、底質は岩礁、砂である。ただし、サン ゴ群が生息する碆は海岸から連続して存在しており、カメラの位置から海岸までの距離 は数十mと短い。直近の海岸までケーブルを敷設し、その後は足摺海底館まで陸上にケ ーブルを敷設することが考えられる。

#### (4)大碆

大碆-足摺海洋館間の直線距離は970mである。最も近い東側の海岸までは330mで、底 質は岩礁、砂、泥である。定置網が周囲に設置されており、ケーブルの敷設には適して いない。

(5) 見残し

見残し一海中展望塔間の直線距離は1470mであり、水中ケーブルの敷設は困難である。 ただし、周囲が陸域になっているため、海岸まで水中ケーブルを敷設し、海岸から無線 により映像データを発信することが考えられる。また、ソーラー及び風力発電により電 源を確保することが可能な条件にある。

## 4) ライブカメラの設置適正

以上のように、水中ケーブルの敷設上の制限から、ライブカメラの設置に適している 場所として、竜串と見残しが選定された。

竜串では、水中カメラから海岸まで水中ケーブルを敷設し、ここから管理制御施設ま で陸上にケーブルを敷設する方法がある。また、水中カメラ近隣の海岸から無線により 映像データを発信し、ソーラー及び風力発電により電源を確保する方法も選択できる。

見残しでは、基地局までの距離が長いため、水中カメラから直近の海岸まで水中ケー ブルを敷設し、海岸から無線による画像データの配信、自家発電による電源確保が必要 である。

候補地	底質	波浪	濁り (透明度)	生物分布	設 置 適正水深	ケーブルの 敷設条件
爪白	2・3m四方の岩 転石 砂	一同	悪天候時 有	多種多様な造成サンゴが分布 被度は比較的高い	6m以浅	×
弁天島 (東側)	1・2m四方の岩 転石 砂	中	悪天候時 有	被覆状・枝状の造成サンゴが優占	5m以浅	×
竜串	1・2m四方の岩 転石	福	悪天候時 有	卓上のミドリイシが優占 (水深3m付近の被度が高い)	6m以浅	0
大碆	碆の周りは砂底	中	悪天候時 有	卓上のミドリイシが優占 (南側は比較的被度が高い)	6m以浅	×
見残し	転石 砂	低	比較的無	シコロサンゴ群集 スズメダイやネンブツダイの仲間な ど、多種多様の魚類が群れている	3m以浅	0

表 3-2-1 ライブカメラを設置する候補地の適正

## 3.3 ライブカメラシステム設置のための試験

水中カメラと水中ケーブルを仮設置して、撮影状況(範囲、角度、画像)及び通信状況(Web 配信)についてのテスト等を行った。

## 1)水中カメラと水中ケーブルの仮設置

水中カメラと水中ケーブルを一定の期間仮設置し、定期的に清掃及び設置状況の確認 を行った。これにより、ライブカメラの耐久性やメンテナンス頻度などの検討を行った。 (1)調査点

調査点は、図 3-3-1 に示す爪白と弁天島とした。各地点の特徴は「3.2 ライブカメラ 設置場所の検討」に示したとおりである。波浪環境としては、爪白はうねりが高く、弁 天島は比較的穏やかである。



## 図 3-3-1 調査点位置

## (2)調査方法

調査地点に、写真 3-3-1 示す水中カメラと水中ケーブルを設置した。なお、水中カメ ラはアクリル製のハウジングの中に密閉した。

調査期間中は、1ヶ月に2回の頻度で水中カメラの清掃と設置状況の確認を行った。



写真 3-3-1(1) カメラとハウジング



## 写真 3-3-1(2) 水中ケーブル

## (3)調査期間

調査期間は、平成21年8月20日(設置日)~平成22年3月19日(撤去日)であった。調査工程を表 3-3-1 に示した。

年	月	日	調査内容	
H21	8	20	設置	
	9	3	清掃・状況確認	
	9	17	清掃・状況確認	
	10	4	清掃・状況確認	
	10	11	清掃・状況確認	
	10	20	清掃・状況確認	
	11	7	清掃・状況確認	
	11	27	清掃・状況確認	
	12	9	清掃・状況確認	
	12	21	清掃・状況確認	
H22	1	8	清掃・状況確認	
	1	25	清掃・状況確認	
	2	11	清掃・状況確認	
	2	28	清掃・状況確認	
	3	2	清掃・状況確認	
	3	19	撤去	

表 3-3-1 調査工程

## (4)設置状況

①爪白

爪白では、カメラを上向き配置とした。ハウジングの防護柵としてステンレス製の枠 を設け、寸切りボルト(M10)で岩盤に固定設置した。水深は 5m であった。



写真 3-3-2(1) 設置状況(全体)

図 3-3-2 設置状況



写真 3-3-2(2) カメラと防護柵



写真 3-3-2(3) 固定枠



写真 3-3-2(4) 防護柵と固定枠

写真 3-3-2(5) 固定枠

②弁天島

弁天島では、カメラを下向き配置とした。寸切りボルト(M10)で岩盤に固定設置し、 ハウジングの防護柵は設けなかった。水深は4mであった。



図 3-3-3 設置状況



写真 3-3-3(1) 設置状況(全体)

写真 3-3-3(2) ハウジング



写真 3-3-3(3) 固定枠

写真 3-3-3(4) 固定枠

③水中ケーブル

約 3m の通信ケーブルを、防護管としてプラスチック製パイプを使用し、岩盤部ではス テンレス製のサポートと寸切りボルト(M6)を用いて約 1m ピッチで固定した。 砂地部では、約 60cm の J 字鉄筋によりピン打ち固定した。





写真 3-3-4(1) 水中ケーブル(岩盤部)

写真 3-3-4(2) 水中ケーブル(岩盤部)



写真 3-3-4(3) 水中ケーブル(砂地部)

写真 3-3-4(4) 水中ケーブル (砂地部)

(5)結果

①爪白

設置 2 週間後の調査時には、珪藻や石灰藻がハウジングに付着し、1 ヶ月後には清掃 が困難になった。アクリル製のハウジングは清掃の際に傷がつき易いため、ガラス製の ものが適していると考えられる。

9月19日頃に接近した台風14号の通過後には、ハウジングを固定しているステーが 変形し、ハウジングが傾いた。ただし、ケーブルを含めそのほかの部分は、調査期間を 通して損傷はなかった。



設置直後(H21.8.20)

- 設置28日後(H21.9.17)
- 設置 52 日後(H21.10.11)



設置 79 日後(H21.11.7)



設置111日後(H21.12.17)



設置141日後(H22.1.8)



設置175日後(H22.2.11)

設置 194 日後(H22.3.2)

設置 211 日後(H22.3.19)

写真 3-3-5 仮設置した水中カメラの状況 (爪白)

②弁天島

設置 2 週間後の調査時には、珪藻や石灰藻がハウジングに付着し、1 ヶ月後には清掃が困難になった。アクリル製のハウジングは清掃の際に傷がつき易いため、ガラス製のものが適していると考えられる。

設置状況としては、調査期間を通して損傷はなかった。







設置直後(H21.8.20)

設置 28 日後(H21.9.17)

設置 52 日後(H21.10.11)



設置 79 日後(H21.11.7)

設置111日後(H21.12.17)

設置141日後(H22.1.8)



設置175日後(H22.2.11)

設置 194 日後(H22.3.2)

設置 211 日後(H22.3.19)

写真 3-3-6 仮設置した水中カメラの状況(弁天島)

③まとめ

ハウジングには2週間程度で珪藻や石灰藻が付着するため、短期間の清掃が必要である。ハウジングの素材は、アクリルは傷がつき易いことからガラスが適している。

今回の設置方法では、高波浪の条件において水中カメラの構造に若干の損傷が生じた ため、強固な設置方法の採用または台風接近時には水中カメラを回収するなどの対策が 必要である。

水中ケーブルは、調査期間を通して設置当初の状態を保ち、問題点はみられなかった。

#### 2) 撮影状況(範囲、角度、画像)及び通信状況(Web 配信)のテスト

水中カメラの設置候補地においてライブカメラ用のカメラを用いて周辺を撮影し、撮 影状況(範囲、角度、画像)の確認を行った。また、撮影した映像の Web 配信を行った。

(1)調査地点

調査地点は、図 3-2-1 に示す爪白、弁天島、竜串、大碆、見残しの5 点とした。各地 点の特徴は、「3.2 ライブカメラ設置場所の検討」に示したとおりである。

#### (2)調査方法

360 度回転が可能なキャノン(株) 製ライブカメラ(表 3-1-2) をハウジングに密封し、岩 盤に設置することを仮定した位置で約 10 分間のビデオ撮影を行った。撮影中はカメラを 回転させ、広い範囲の画像を得た。

#### (3)調査日

水中の撮影日は平成21年8月21~22日であった。

#### (4) 撮影した画像の状況

画像の状況



写真 3-3-7 撮影したライブカメラの画像

②意見収集

撮影した映像を、第6回竜串自然再生協議会(開催日:平成22年1月28日、場所: 土佐清水市社会福祉センター)でスライドを用いて公開した。

協議会では、内田委員(株式会社串本海中公園センター名誉館長)から、「サンゴの映 像の色彩が悪く、見ている人に悪い影響を与える。映像はライトを照らして撮影すべき である。」との意見を頂いた。ライトまたはこれに代わるレンズのフィルターの採用の検 討が必要と考えられた。

また、財団法人黒潮生物研究所職員の方々やワーキンググループの方々からは、「モニ タリングが目的であるならば、移植サンゴが観察できる映像や泥土流入状況の変化がわ かる映像なども撮影できれば良い。」、「動きのある映像の方が興味を持つため、サンゴだ けでなく魚類も多く見られる場所を撮影した方が良い。」などの意見を頂いた。

さらに、「これらの意見を踏まえると、グラスボートにカメラを設置することは非常に 有効だ。」という意見も頂いた。船にカメラを設置することで、複数地点(広範囲)を撮 影し、水の濁り状況やサンゴの分布状況、魚類の群れなどが容易に撮影することができ るため、様々な要望に応じた映像が配信できると思われる。

## (5) 撮影した画像の Web 配信

撮影した映像をWeb配信した。ホームページは、環境省中国四国地方環境事務所が運営 する「竜串自然再生プロジェクト・竜串ではじまる、はじめる、自然再生プロジェクト (<u>http://www.tatsukushi-saisei.com/top.html</u>)」であり、トップページにある「映像 で見る竜串」中に「竜串の海んなか(ちょっとのぞいてみませんか 2009)」のタイトル でアップした。



図 3-3-4 撮影した映像を掲載したホームページ

#### 3) ライブカメラシステムの提案

ライブカメラを使用して竜串湾をモニタリングする方法として、撮影方法や立地条件 を考慮し、以下の3通りの撮影方法が適正であると考えた。

カメラの設置場所は、管理サーバー(カメラサーバー)とカメラの距離、海中の景観 などを考慮し、竜串、海中展望塔の2地点が適していると思われる。また、グラスボー ト内にライブカメラを設置し、複数の地点をモニタリングする事も可能である。

竜串およびグラスボートにカメラを設置する場合は、無線通信により映像データを伝送する。海中展望塔に設置する場合は、有線通信により映像データを伝送する。

#### (1) 竜串設置案

竜串石畳前の岩盤に水中カメラを設置し、有線ケーブルを沿岸部まで敷設する。沿岸 部高所に無線アンテナ等の無線映像伝送システムを設置し、映像データを管理サーバー まで伝送する。電源は、ソーラーや風力によって電源ボックスへ供給し、使用する。

管理サーバーは足摺海洋館内に設置し、受信した映像データをインターネット上に配 信する。

ライブカメラの維持管理として、カメラ周辺の定期的な点検清掃および電源ボックス のバッテリー交換を行う。また、悪天候時にはカメラを撤去する必要がある。







図 3-3-5 ライブカメラシステム構成図(竜串設置)

## (2) 海中展望塔設置案

海中展望塔前の岩盤にカメラを設置し、海中展望塔前の景観をモニタリングする。海 中展望塔を管理制御塔として、管理サーバーを施設内に設置し、映像をインターネット で配信する。電源供給は施設内の電源を使用する。

カメラと管理サーバーの間は、有線ケーブル(映像伝達および電源供給)により接続 し、映像データを管理サーバーへ伝送する。

維持管理方法として、カメラ周辺の定期的な点検清掃を行う。また、悪天候時には海 中カメラを撤去することも検討する。



写真 3-3-9 ライブカメラの設置状況概略(海中展望塔設置)



図 3-3-6 ライブカメラシステム構成図(海中展望塔設置)

(3) グラスボート

グラスボート内の窓ガラスにカメラを設置し、船内から竜串湾各地の海中を撮影する。 船内に無線映像伝送システムを設置し、撮影した映像データを管理サーバーへ伝送す る。電源供給は船内に設置する発電機を使用する。

足摺海洋館または海中展望塔を管理制御塔として、施設内に管理サーバーを設置し、 映像をインターネット上に配信する。ただし、悪天候等により無線伝送が困難な場合は、 映像データは録画し、停船後に管理サーバーへ伝送する。

また、見残し湾内を撮影する場合は、中継として湾口に無線アンテナを設置し(風力 とソーラーにより電源供給)、映像データを管理サーバーへ伝送する。



発信側

受信側





図 3-3-7 ライブカメラシステム構成図(グラスボート内設置)
#### 第4章 検討業務

#### 4.1 泥土の移動・堆積メカニズムの解明

竜串海岸は西南豪雨以前からサンゴ群集の衰退が示唆されていた場所であり、現状で も竜串海岸のうち竜串西・下層部での浮泥の堆積傾向が強いことが指摘されている。

また、弁天島東海域に西南豪雨時に堆積した大量の泥土の多くは波浪の影響によりク リーニングされたが、一部においては堆積泥土が残り、濁りの発生源と考えられた。

この堆積泥土については、平成20年2月の「弁天島東工区泥土除去工事」で除去され たが、平成20年8月の工事後のモニタリング調査結果によると、除去部分に新たな泥土 の堆積が確認された。平成20年3月~8月の5ヶ月間に起こった降雨、波浪などにより 濁り成分の移動・堆積があったものと推定された。

ここでは、遠奈路川から爪白、弁天島そして竜串西海域にかけての恒常的な泥土の移 動・堆積メカニズムを解明し、弁天島東海域・竜串西海域に堆積する泥土あるいは発生 する濁りの低減策を検討するための知見を得ることを目的とする。将来的には海域から 遠奈路川流域の環境改善を念頭においている。

### 4.1.1 SPSS による底質調査

## 1)目的

弁天島東工区に流入する泥土の起源を推定するために、泥土の移動経路と推定される 弁天島周辺の SPSS の分布を調査した。

## 2)実施内容

(1)調査地点

調査点は弁天島周辺海域の22点とした。



#### 図 4-1-1 調査点位置

## (2)調査方法

調査方法は、「2.1.2 SPSS 法による評価」と同様の方法とした。

#### (3)調査期間

調査は1回実施し、調査日は平成21年11月5日、6日であった。

3) 調査結果

調査結果を図 4-1-2 に示した。

弁天島の西海域の調査点1~9は両側を岩礁で囲まれた水路状の場所に位置し、ここは 陸にかけて徐々に水深が浅くなっている。この範囲の SPSS 値は、調査点8で129kg/m<sup>3</sup> の最大値をとり、他の調査点では9~59kg/m<sup>3</sup>の範囲にあった。本海域は竜串湾の中でも 波当たりが強い条件にあることから泥土は堆積しにくく、存在する泥土は波の作用で複 雑に分布を変えていると推定された。

爪白海域と海中展望塔の海域の中間に位置する調査点 10 の SPSS は 50kg/m<sup>3</sup>であり、 周辺にも泥土の堆積はみられなかった。

井手口川河口域の調査点 11~16 における SPSS 値は、陸域の海岸線に沿った調査点 11,12,14 で 313~788kg/m<sup>3</sup>と高く、その他の調査点で 21~41kg/m<sup>3</sup>と低かった。泥土が 堆積している場所は波浪、流れともに弱く、泥土が堆積しやすい条件にあると推定され た。

弁天島と海中展望塔がある岩礁に囲まれた場所から南にかけての調査点 17~22 での SPSS 値は 11~86kg/m<sup>3</sup> と低かった。ただし、この海域に位置する弁天島東工区の SPSS 値は、11月5日に実施した「泥土除去工事評価のためのモニタリング調査」において 53 ~788kg/m<sup>3</sup>(9 調査点)であり、弁天島東工区から井手口側の河口部にかけて泥土のた まり易い場所となっていることが分かった。



注1 「泥土除去工事評価のためのモニタリング調査」において11月5日に測定した弁天島東工区全9調査点の平均値。

図 4-1-2 SPSS の水平分布(平成 21 年 11 月 5~6 日)

### 4.1.2 濁りの寄与度計算

1)目的

平成 20 年度の予測では、高波浪時の現地卓越波向き S 方向からの波浪を対象として濁 りの寄与度解析を行った。その結果、弁天島西海域に溜まった泥土が海浜流により弁天 島東側の海域に流され、さらに弁天島東側の海域から竜串西海域へと移流・拡散するも のの、遠奈路川から発生した泥土が直接的に竜串海域へ与える影響は小さいとされた。 しかし、波浪条件の変化で遠奈路川の影響が出る可能性が考えられるため、条件の設定 を変化させて、竜串地区や海中展望塔周辺への濁りの寄与を調査した。

### 2) 実施内容

ここでは濁り物質の表現にマルコフ過程を考慮した粒子追跡モデル(マルコフモデル) を用いた。マルコフモデルは、1地点に数個(100個程度)の粒子を投入し、個々の粒子 が所定の拡散係数に応じた分布になるように移動するのが特徴である。

濁りの寄与度の検討としては、環境改善重点エリアの設定メッシュに、投入したトレ ーサーが何個通過するかをカウントして、投入場所での濁りの寄与度を求めるものとし た。海域の流動は「平成15年度竜串地区再生推進計画調査(海域調査)」で明らかにな ったように、波浪による流れ(海浜流)が卓越していることから、海浜流を流動場とし た。

また、波浪場の算定に関しては、サンゴ群特有の複雑な地形から生じる波浪変形(砕 波、屈折、反射、非線形性)を考慮して、平成20年度の検討と同様に独立行政法人 港 湾空港技術研究所の開発したブシネスクモデル「NOWT-PARI」を用いて波浪変形計算を行 った。流れ場については、ブシネスクモデルから得られた波浪場を用いて、ラジエーシ ョンストレスを計算し海浜流の流れを予測している。なお、参考資料にブシネスクモデ ル、海浜流モデル、マルコフモデルの概要を示した。

本検討手順を図 4-1-3 に示した。



#### 図 4-1-3 検討手順

調査結果・考察

(1) 波浪場の算定

対象波浪の設定

1000年 1000年()新年)

評価に用いた高波浪時の波浪は、有義波の97%未超過確率として NOWPHAS 高知地点の 波浪より、有義波高 212cm、卓越波向き S とした。

本検討では、周期の長いうねり性の波浪に対して検討を行った。設定周期は、表 4-1-1 に示した NOWPHAS 高知地点における 30 カ年統計値から、設定波高 212cm の階級でうねり 性の周期帯(10~30s)においてピークがみられた周期 13s に着目し対象周期とした。対 象とする波向きは表 4-1-2 に示した 30 カ年の波向き別出現分布から、出現頻度の高い S、 SSE、SSW 方向からのうねりとした。

また、台風などの暴風時において大規模な底質移動が起こることが知られているため、 台風時の流れの状況を把握した。図 4-1-4 に 2003~2009 年の夏季において発生した台風 の経路を示した。これによると、近年は洋上を通過する台風が多く、外洋からのうねり 性の波浪が来襲していると考えられる。今年度は、後述する長周期波の観測において、 強い台風である台風 14 号時の波浪を捉える事が出来た。台風 14 号の進路(図 4-1-5) は、洋上を北上し直接的な影響は小さかったものの、最低気圧が 912hPa、最大風速が 54m と規模的には大きな台風であった。実際、高知港において有義波高 3.52m、竜串湾では 爪白海域で 2.5m (高知港からの換算)、大碆海域で 1.5m (観測値) であった。台風時の 波浪特性を調べるため、台風来襲時の波浪スペクトルを描くと、風波、うねり、長周期 波の 3 か所でピークが出ていた(図 4-1-6)。予測に関しては、風波・うねり成分を抽出 して計算を行うこととした。波向きは、外洋からの伝播を想定して S 方向とした。

		- 110	-1-7					52×1	HI /	17917.	11,22,332	22.014	-	7 475 12	~/		454	0020	1	10-0	/)#				10
周期	~,	3~	4~	5~	6~7	7~	8~	9~	10~	11~	2~	13~	14~	15~	16~	17~	18~	19~	合	計	未超過	110	生物深	110	モ2
1201~	3					<u> </u>		10		14	15	. 14	10	10	11	10	15	i	1.	0	13371		13376		133
	<u> </u>	<u> </u>		بمعسف		·		-				-							<u>  </u>	0)	(1000) 13371	$\vdash$	(1000)		133
101~1200		-	<u> </u>	12						1.1	19.2				·		<u> </u>		K	0)	(1000)	<u> </u>	(1000)		(100
001~1100	Ì.	<u> </u>			1													80°		0)	(1000)		(1000)		(100
901~1000	15																		k_	0)	13371 (1000)		(1000)		(100
801~ 900	9	1		ا ر مارد	$\sim \alpha$			S.						<b>N N</b>	5				C	0)	13371 (1000)	× .	13376		133
701~ 800			┦風	.波瓦	え分						· 1	うえ	ねり	成分	7				1	1	13371	( n)	13376		133
651~ 700									1			-	•						<u>)</u>	1	13370		13375		133
601~ 650	0		- e			1.			0	2			į.					8	Ľ	2	13369	2	13374	2	133
			-					1	2	( 0)	100					<del>(</del>			<u> (</u>	0) 4	(1000)	( 0)	(1000)	( 0)	133
551~ 600			<u> </u>		<u> </u>			( 0)	( 0)	( 0)				1		-		1	(	0)	(1000)	( 0)	(1000)	( 0)	(100
501~ 550								<u>( 0</u> )	( 0)	( 0)	0)	<u>( 0)</u>	3	(0)					(	i	( 999)	( 1)	(999)	(1)	( 99
451~ 500		3 20			12			( 0)	( 0)	$(0)^{3}$	0)	(0)	( 0)	$(0)^{2}$					$\langle $	25 2)	13353	(2)	(999)	( 2)	( 99
401~ 450	5	~				0)	( 0)	( 1) 8	( 0)	$\begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix}$	8	6 (`0)	$\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$	$\begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix}$				а. Э	(	36 3)	13328 (997)	(3)	13333 (997)	( <u>36</u> ( <u>3</u> )	133
351~ 400							( 1)	9	( 1)	( 1)	11	6 ( 0)	( 0)		en saare		2	2	1	54 4)	13292	( 4)	13297 (994)	( <u>54</u> ( <u>4</u> )	13:
301~ 350		-				/ 4	17	9	1 .7	6	ii ii	10		( 0)					ì	66	13238	66	13243	66	132
251~ 300					( 0)	24	$\begin{pmatrix} 1 \\ 42 \\ ( 3) \end{pmatrix}$	(1)		( 0)	6 0)	(1)		<u> </u>					(	23	13172	( 9)	13177	123	131
201~ 250			•		( 3)	70	( <u>43</u> ( <u>3</u> )	( 2)		( 1)	13	10	( 1)	$(0)^{4}$				2		42 8)	13049	( 18)	13054	( 18)	130
176~ 200			i	10 0	63	54	( 47	( 2)	1	14	0	( 1)		( 0)					1 2	10	12807	( 19)	12812	( 19)	122
151~ 175				28	119	84	53	43	23	15	11		14				120		4	107	12556	407	12561	407	12
126~ 150			3	64	183	98	83	40	35	22	6	10	11	3				1	. 5	648	12149	548	12154	12158	121
101- 105			18	161	314	139	159	78	58	35	12	( 1)							9	087	11601	987	11606	( 909)	( 90
101~ 125		4	( 1)	( 12)	( 23)	( 10)	( 12)	(6)	(4)	(3)	(1)	$\frac{(-1)}{3}$		( 0)	<u> </u>		28	<u> </u>	( 7	(4) (20)	(868)	(74)	(868)		
76~ 100		( 0)	( 5)	( 25)	( 35)	( 21)	( 19)	( 10)	(	( 1)		( 0)		-			- 11		( 12	21)	( 794) 8004	( 121)	( 794) 8900		
51~ 75		( 3)	( 18)	( 47)	( 62)	( 57)	( 41)	( 15)	( 5)	(1)	( 0)	<u>( 0)</u>	ļ						( 25	60)	( 673)	( 250)	( 673)	. (	
26~ 50		( 12)	( 41)	( 86)	( 113)	( 82)	( 36)	( 11)	( 3)	( 0)						1	- 1		( 38	35)	( 422)	( 385)	(422)		
~ . 25	(288)	( 0)	( 26	( 6)	( 5)	( 2)	( 0)	( 0)										5.000000000000000000000000000000000000	1 3	196 17)	( <u>37</u> )	( 37)	( 37)		
合計 (0.1%)	(288	( 16)	( 67)	2442	3611	(198)	(130)	( 57)	( 25)	165	102	( 7)	( 4)	( 1)	( 0)	(0)	( 0)	( 0)	133	371 30)		13376	( 0)	13380	K
未超過	288	506	1401	3843	7454	10096	11836	12593	12929	13094	13196	13296	13351	13371	13371	13371	13371	13371							
(山曲 N	IOWDI		* 4m 44	上二"	h . H	上亦亦	N 0007.	HETT !		1 JUN	0 100			市場に	たい中心	毎日 3日 4日	20 2	上分		(1)	270 -	1000)	ा जारे ।	÷ 14	上
(出典: ]	iOWPE	IAS 信	1加地	息ア ~ 注意での	-タ:液 やヨロン	18月2	花技	附册	元川道	€ 乔ት N	J. 103	5, 全	当 港 й	肖伊特	F波很	:観測	30 7)°	午杭	茚	(19	970-1	.999)	、平)	<u></u> лх 14	平、
(3	出ノ港	消空	(在1文)	ハレワリガシ	モドケノ																				

表 4-1-1 NOWPHAS 高知地点における波高・周期別度数分布 波高・周期別産数公在表(在差波) 知測地点・高知

		1		r	1		1960 - 9960 - 8969 M			(all states)					C. C. C. C.	a - 0
NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	ŞW	WSW	W	WNW	NŴ	NNW,	N.	合計
e							-	÷			· .			1		( 0.0
		1.	••	-	-		1	4			• •					( 0.0
	6 10				1	С.	3k		8						8	( 0.0
ĸ		58					(0,0)	5	1		14	31			10000	( 0 0
									*						İ -	0.0
1.62 3						( 0 m									8	
			-	1	( 0 )	$\begin{pmatrix} 0.0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0$	10	( 0.0)				<u> </u>	-			
-							20	3					•			( 0, 2)
			2				25					. l				( 0.3)
6 (A)	2					( 0, 1)	( 0.3)	( 0, 0)		s. +	192	(. 0. 0)				( 0.5)
	<u>i.</u>		( 0.0)		( 0.0)	( 0, 3)	(0.2)	( 0.0)	2							( 0.6)
				. 1	( 0, 1)	(0,4)	(0.5)	(0.1) 37	(0,0)				-			( 1.2)
				( 0.0).	( 0.2)	(0.8)	(0.9) 83	(0,4) 34	( 0.0)	1.1					R.	( 2.3)
					( 0.2)	( 0.8)	( 0.9)	( 0.4)	( 0.0)		1. 12		-			( 2.3)
				1	(0,4)	( 1.1)	( 1.3)	( 0, 5)	( 0.1)			9				( 3.4)
	<u>i</u>	9 - 6	-	( 0. 0)	( 0, 6)	( 1.5)	( 1.5)	( 0.7)	( 0, 1)							( 4, 4)
	(0,0)	-	<u> </u>	( 0.0)	( 1.6)	( 2, 1)	( 2.7)	( 1, 1)	( 0.2)	( 0.0)			8			( 7.9)
			C	( 0.0)	( 2.4)	( 3.8)	( 4.0)	( 2.0)	( 0.3)				( 0, 0)	( 0.0)	( 0.0)	( 12, 6)
	( 0. 0)	( 0.0)	( 0.1)	( 0.2)	( 6.0)	(10.2)	( 6, 6)	(248)	( 0.6)	( 0, 1)	( 0.0)	( 0, 0)	( 0.1)	( 0.1)	( 0, 1)	(2473)
0.1)	( 0, 1)	( 0, 1)	( 0.2)	( 0.9)	( 8.2)	1362 (14,7)	( 9, 1)	( 2.7)	( 0, 8)	( 0.2)	( 0, 1)	( 0.1)	( 0.1)	( 0, 1)	( 0, 1)	3458 (37.4)
0. 1)	( 0, 1)	( 0, 1)	( 0.3)	( 1.2)	(1825 (19.7)	3324 (36.0)	2639 (28,6)	988 (10.7)	(204)	( 0.2)	( 0.1)	( 0, 1)	( 0.2)	13	( 0.2)	9241 (100, 0)
	20 20		× .		•		•	2	10	13		9	有義波カ	\$25cm以下	の回数	( 0.0)
÷														合計	t i	9241
					$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	$\begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $

### 表 4-1-2 NOWPHAS 高知地点における波高・波向き別出現頻度

(出典:NOWPHAS 高知地点データ:港湾空港技術研究所資料 NO. 1035,全国港湾海洋波浪観測 30 か年統計(1970-1999)、 平成14年、(独)港湾空港技術研究所)



図 4-1-4 2003~2009 年の夏季に発生した台風経路



図 4-1-5 2009 年 9 月 12 日に発生した台風 14 号の経路図



図 4-1-6 台風来襲時のスペクトル形状

本検討においては、うねり性、台風性の波浪場の検討として、表 4-1-3 に示した 4 ケ ースを行う。

ケース	区分		波高	周期	波向き	備考
1	高波浪時	うねり性	145cm (爪白沖)	13s	S	BM 型スペクトル
2	高波浪時	うねり性	145cm (爪白沖)	13s	SSW	BM 型スペクトル
3	高波浪時	うねり性	145cm (爪白沖)	13s	SSE	BM 型スペクトル
4	台風時		120cm (大碆)	11.5s	S	観測スペクトル
			240cm (爪白沖)			

表 4-1-3 計算条件一覧

②波浪場の算定(ケース1、うねり時、波向きS)

S 方向からうねりが来襲した場合の有義波高分布(図 4-1-7)、波浪によって生じる底面のせん断力分布(中央粒径 0.392mm 時、図 4-1-8)及び海浜流分布(図 4-1-9、図 4-1-10)を示した。また、表 4-1-4 に計算の入力条件を示した。なお、波浪場については、爪白沖の有義波高が 1.4m 程度となるよう沖側の入射波高を調整して計算した。

うねりがS方向から来襲した場合は、爪白海域及び竜串西海域で波高が大きく、特に、 遠奈路川周辺、弁天島西側、弁天島南側で波高が増幅されており、海浜流においても、 比較的速い流れが生じていた。しかし、岩礁や岬の効果で波浪が遮られる弁天島北側、 竜串北側、大碆海域、見残し海域は50cm程度の波高となり、底面のせん断力も中央粒径 0.392mmにおける巻き上げ限界のせん断力2.826g/cm<sup>2</sup>以下のエリアであった。なお、こ の予測は中央粒径 0.392mm時の予測であるため、粒径の細かい砂質分は、これらのエリ アにおいても巻き上げが生じている可能性がある。

海浜流については、遠奈路川から北東へ向かう沿岸流が発達しており、その後、沖向 きの流れとなっている。また、波浪の影響が強い爪白海域は10~20cm/s、弁天島東海域 ~ 竜串海域は10cm/s 程度、大碆海域は5cm/s 程度の海浜流となっていた。

項目	設定値
沖側代表水深	45m
潮位	1.14m (M.S.L)
沖側入射波高	1.8m
成分波数	256
主波向	S
方向集中度パラメータ	75
計算格子数	岸沖方向:705 格子 (3525m)
	沿岸方向:579格子(2895m)
計算格子間隔	$5\text{m} \times 5\text{m}$
計算時間間隔	0.025s
計算時間	2600s

表 4-1-4 入力条件



図 4-1-7 有義波高分布 (ケース 1)



図 4-1-8 せん断力分布 (ケース 1、図中斜線部は中央粒径 0.392mm 時に巻き上げが生じないエリア)



図 4-1-9 湾内の海浜流分布(ケース 1)



図 4-1-10 爪白海域における海浜流分布 (ケース 1、爪白海域)

③波浪場の算定(ケース2、うねり時、波向き SSW)

SSW 方向からうねりが来襲した場合の有義波高分布(図 4-1-11)、波浪による底面のせん断力分布(中央粒径 0.392mm 時、図 4-1-12)及び海浜流分布(図 4-1-13、図 4-1-14)を示した。また、表 4-1-5 に計算の入力条件を示した。なお、波浪場については、爪白沖の有義波高が 1.4m 程度となるよう沖側の入射波高を調整して計算した。

うねりが SSW 方向から来襲した場合は、波浪が等深線に対しほぼ直角に進行するため、 爪白海域及び竜串海域の波高が大きく、通常は千尋岬の遮蔽効果で静穏な海域である大 碆海域においても波浪が直接来襲するため波浪の影響が大きくなっている。一方、弁天 島東海域及び北海域は、弁天島により波が遮蔽されるため、波浪の影響が小さく、底質 も巻き上がりにくい状況となっている。

海浜流については、遠奈路川河口付近から北東方向へ向かう沿岸流が発達し、その後 沖向きへと流れが変わっているが、S 方向のうねり時の海浜流と比較すると、沖向きの 流れが弱まり、弁天島北側の水路部を通して弁天島東海域への流れがみられた。さらに、 弁天島南側から三崎川河口方向へと流れが向かっており、全域を通して 10cm/s 程度の流 れとなっていた。

項目	設定値
沖側代表水深	40m
潮位	1.14m (M.S.L)
沖側入射波高	1.5m
成分波数	256
主波向	SSW
方向集中度パラメータ	75
計算格子数	岸沖方向:787格子(3935m)
	沿岸方向:579格子(2895m)
計算格子間隔	$5\text{m} \times 5\text{m}$
計算時間間隔	0.05s
計算時間	2600s

表 4-1-5 入力条件



図 4-1-11 有義波高分布 (ケース 2)



図 4-1-12 せん断力分布 (ケース 2、図中斜線部は中央粒径 0.392mm 時に巻き上げが生じないエリア)



図 4-1-13 湾内の海浜流分布 (ケース 2)



図 4-1-14 爪白海域における海浜流分布 (ケース 2、爪白海域)

④波浪場の算定(ケース3、うねり時、波向きSSE)

SSE 方向からうねりが来襲した場合の有義波高分布(図 4-1-15)、波浪による底面のせん断力分布(中央粒径 0.392mm 時、図 4-1-16)及び海浜流分布(図 4-1-17、図 4-1-18)を示した。また、表 4-1-6 に計算の入力条件を示した。なお、波浪場については、爪白沖の有義波高が 1.4m 程度となるよう沖側の入射波高を調整して計算した。

SSE 方向の場合は、千尋岬により波が遮蔽されるため、海中展望塔より東側の海域で は波高 1m 以下の領域となっていた。しかし、爪白海域においては、波浪が直接来襲する ため、波高分布が高くなっている。特に、屈折の効果で爪白海域の東側、遠奈路川北部、 城ノ岬周辺で波高が高くなっていた。

爪白海域の流れは、S 方向、SSW 方向の海浜流と似たような分布となっているが、弁天 島南側付近で循環する流れがみられた。また、弁天島〜大碆海域にかけては、波浪の影 響が小さいため、海浜流も比較的小さくなっていた。

項目	設定値
沖側代表水深	70m
潮位	1.14m (M.S.L)
沖側入射波高	2.5m
成分波数	256
主波向	SSE
方向集中度パラメータ	75
計算格子数	岸沖方向:860格子(4300m)
	沿岸方向:754 格子 (3770m)
計算格子間隔	$5\text{m} \times 5\text{m}$
計算時間間隔	0.025s
計算時間	2600s

表 4-1-6 入力条件



図 4-1-15 有義波高分布 (ケース 3)



図 4-1-16 せん断力分布 (ケース 3、図中斜線部は中央粒径 0.392mm 時に巻き上げが生じないエリア)



図 4-1-17 湾内の海浜流分布 (ケース 3)



図 4-1-18 爪白海域における海浜流分布 (ケース 3)

⑤波浪場の算定(ケース4、台風時、波向きS)

台風時の波浪場として 2009 年 9 月 12 日に発生した台風時における波浪場の状況を示 した。図 4-1-19 に有義波高分布、図 4-1-20 に波浪による底面のせん断力分布(中央粒 径 0.392mm 時)及び図 4-1-21、図 4-1-22 に海浜流分布を示した。また、表 4-1-7 に計 算の入力条件を示した。

台風時の波浪場は、後述する観測結果を基に、大碆海域の有義波高が約1.2m、爪白海域の有義波高が約2.4mとなるように計算した。なお、波向きは外洋からの来襲を想定してS方向としている。

台風時の波浪場は、ほとんどの海域で2m以上の波浪が来襲しており、静穏域とされる 大碆海域においても1.0~1.5mの波高分布となっている。しかし、弁天島北側海域や見 残し、三崎川河口付近は台風時においても波高1m程度であった。なお、台風時ではほぼ 全域で底質の巻き上げが生じていた。

台風時の海浜流は、ほとんどの領域で 30cm/s を超える流れとなっており、特に、大碆 海域では、沖向きの流れが発達していることから、台風期間は少なくとも泥土の堆積は 少ないと考えられる。さらに、S 方向、SSW 方向、SSE 方向からのうねり時の予測におい て海浜流が小さい弁天島北側の海域においても、台風時は比較的早い流れが生じている ことが分った。このことからも、台風時に大規模な底質移動が生じていることが考えら れる。

項目	設定値
沖側代表水深	45m
潮位	1.14m (M.S.L)
沖側入射波高	4.5m
成分波数	256
主波向	S
方向集中度パラメータ	25
計算格子数	岸沖方向:705 格子 (3525m)
	沿岸方向 : 579 格子(2895m)
計算格子間隔	$5\text{m} \times 5\text{m}$
計算時間間隔	0.02s
計算時間	2000s

表 4-1-7 入力条件



図 4-1-19 有義波高分布 (ケース 4)



図 4-1-20 せん断力分布 (ケース 4、図中斜線部は中央粒径 0.392mm 時に巻き上げが生じないエリア)



図 4-1-21 湾内の海浜流分布 (ケース 4)



図 4-1-22 爪白海域における海浜流分布 (ケース 4、爪白海域)

## (2) 濁りの寄与度計算

①計算条件

数値シミュレーションにより、遠奈路川や爪白海域で発生した泥土・濁りが竜串地区 や海中展望塔周辺に影響を与えているか否かを把握した。寄与度の評価対象エリアは、 図 4-1-23 に示した弁天島東海域、海中展望塔周辺、竜串西海域、竜串東海域の4地点と した。予測手法及び手順は平成20年度と同様に、計算領域の各計算格子内に100個の粒 子を配置し、海浜流による移流の効果と、粒子の拡散を考慮して予測を行った(図 4-1-24)。



図 4-1-23 寄与度評価点



図 4-1-24 寄与度予測手順

②うねり時の寄与度(ケース1、波向きS)

S 方向よりうねりが来襲した場合の弁天島東海域、海中展望塔、竜串西海域、竜串東 海域に対する濁りの寄与を調べた。図 4-1-25 に各評価点の寄与度を示した。

弁天島東海域へは、弁天島北部の海域からの寄与が大きい。さらに、弁天島西側の海 域や爪白海域沿岸部、遠奈路川周辺からも寄与がみられた。

海中展望塔へは弁天島東側の海域からの寄与が大きく、爪白海域からの寄与もみられた。

竜串西海域へは弁天島東海域からの寄与が大きい。また、海浜流の流れにより、遠奈 路川からの寄与も生じていた。

竜串東海域も、竜串西海域と同じく弁天島東海域からの寄与が大きく、遠奈路川から の寄与もみられた。



③うねり時の寄与度(ケース2、波向きSSW)

SSW 方向よりうねりが来襲した場合の弁天島東海域、海中展望塔、竜串西海域、竜串 東海域に対する濁りの寄与を調べた。図 4-1-26 に各評価点の寄与度を示した。

弁天島東海域へは、北部の海域からの寄与が大きい。さらに、弁天島西側周辺の海域 からも40~80%と大きく、遠奈路川からの流れが弁天島北側の水路部を通して直接寄与 していると考えられる。

海中展望塔へは、弁天島北側からの寄与が大きいものの40%程度しか寄与していない。 竜串西海域へは、桜浜、弁天島東海域からの寄与が大きく、爪白海域からの寄与も50% 近くと大きい。

竜串東海域も竜串西海域とほぼ同じ寄与度分布であるが、大碆海域からの寄与が10~50%みられた。



左下: 竜串西海域、右下: 竜串東海域)

④うねり時の寄与度(ケース3、波向きSSE)

SSE 方向よりうねりが来襲した場合の弁天島東海域、海中展望塔、竜串西海域、竜串 東海域に対する濁りの寄与を調べた。図 4-1-27 に各評価点の寄与度を示した。

弁天島東海域へは、弁天島北側、南側海域からの寄与が大きい。遠奈路川周辺からの 寄与もみられるが、他の波向きよりも寄与度は小さい。

海中展望塔へは、弁天島北側からの寄与が大きく、爪白海域からの寄与もみられた。 竜串西海域へは、桜浜からの寄与が大きい。竜串海域は千尋岬の効果で遮蔽域となる ため、海浜流の流れが弱く、全体的に寄与は小さくなっていた。

竜串東海域へは、竜串西海域の寄与度分布とほぼ同じであるが、大碆海域からの寄与 が数%出現していた。



図 4-1-27 SSE 方向からのうねり時における寄与度分布(左上:弁天東海域、右上:海中展望塔 左下:竜串西海域、右下:竜串東海域)

⑤台風時の寄与度(ケース4)

台風時における弁天島東海域、海中展望塔、竜串西海域、竜串東海域に対する濁りの 寄与を調べた。図 4-1-28 に各評価点の寄与度を示した。

弁天島東海域へは、弁天島北側〜西側海域からの寄与が大きく、遠奈路川周辺からも 50%近い寄与がみられた。

海中展望塔へは、弁天島北側~西側海域からの寄与が大きく、爪白海域からも他のケースよりも多く寄与していた。

竜串西海域へは、桜浜、弁天島東海域の寄与が大きい。さらに、爪白海域からも 50% 近い寄与がみられた。

竜串東海域へは、桜浜〜弁天島周辺海域への寄与が大きく、大碆海域からも10%近い 寄与がみられた。

台風時は、全体的に流れが速く、比較的静穏な海域に当たる竜串~大碆にかけても流 れの影響がみられることから、比較的広範囲の寄与度分布となっていた。



図 4-1-28 台風時の波浪場における寄与度分布(左上:弁天東海域、右上:海中展望塔 左下:竜串西海域、右下:竜串東海域)

## (3)まとめ

寄与度解析の結果、遠奈路川や爪白海域で発生した濁りは、波浪の向きに関わらず竜 串海域へと影響を与えていた。特に、弁天島周辺の海域からの寄与が大きく、また、SSW 方向、S 方向からのうねり時に濁りの影響が出やすい結果となった。



図 4-1-29 寄与度まとめ

## 4.1.3 泥土の移動・堆積メカニズムの解明

#### 1)目的

平成 20 年度の検討に引き続き遠奈路川から爪白、弁天島そして竜串西海域にかけての 恒常的な泥土の移動・堆積メカニズムを解明し、弁天島東海域・竜串西海域に堆積する 泥土あるいは発生する濁りの低減策を検討するための知見を得ることを目的とした。

### 2) 実施内容

マルコフモデルを用いて、濁りの発生源とされる遠奈路川河口や泥土堆積箇所に粒子 を投入し、移動経路を調べた。また、SPSS 調査結果及び寄与度調査結果を踏まえ、泥土 の移動メカニズムを検討した。

#### 3)調査結果・考察

### (1) 河川からの濁り拡散

「平成15年度竜串湾流況調査及び懸濁物質影響予測調査」での予測では、遠奈路川からの濁水は、河川からの密度流よりも海浜流によって拡散されていることが示唆された。 また、竜串湾は潮汐による流れよりも海浜流による流れの方が卓越することから、流れ 場に海浜流を使用して、河川からの濁り成分の拡散状況について検討を行った。

検討する河川は、平成20年度と同様に爪白海域から弁天島海域にかけて泥土の供給源 とされる遠奈路川及び井手口川の2河川とした。

粒子投入箇所は河口部とした、今回濁り成分が連続的に供給されることを再現するために、2時間ごとに河口部に粒子を投入した。

①遠奈路川からの濁り

図 4-1-30 に遠奈路川からの濁りの移動経路を示した。表示に関しては、計算格子の通 過数に対し投入粒子数で除して正規化している。また、図 4-1-31~図 4-1-34 に波向き S 方向、SSW 方向、SSE 方向、台風時における遠奈路川からの濁り拡散状況を示した。

遠奈路川起源の濁りは、海浜流の作用により爪白海域から大碆海域にまで及んでいた。 特に、S方向からのうねり時、SSW方向からのうねり時に流れの弱い桜浜海域、大碆海域 にまで移流・拡散していた。

一方、SSE からのうねり時には、大部分の濁りが爪白海域から沖側に拡散しており、 竜串海域や大碆海域にはほとんど影響が無かった。

台風時には、全体的に海浜流の流れが速くなるために、弁天島北部の海域や岩礁地帯 などの流れの弱い箇所、循環した流れが発生する箇所に濁りが集まりやすくなっていた。

爪白海域へと拡散した濁りは、S 方向からのうねりや SSE 方向からのうねりのように 弁天島を迂回して竜串海域方面へと拡散する場合と、SSW 方向からのうねりや台風時の ように弁天島北側の海域を通過して竜串海域へ拡散する場合の2パターンに分けられる。



(S方向からのうねり)





## (i)S方向からのうねり時

遠奈路川から発生した濁りは、岸沿いを北上後、爪白海域に拡散していた。爪白海域の濁りは、弁天島の南側を迂回後、竜串海域及び大碆海域全体に拡散していた。



図 4-1-31 遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果(S方向からのうねり時)

## (ii) SSW 方向からのうねり時

遠奈路川から発生した濁りは、岸沿いを北上後、爪白海域に拡散していた。爪白海域 に拡散した濁りは、弁天島北側の水路部及び弁天島の南側を迂回後、竜串海域へと拡散 していた。竜串沖では、沖へ流される濁りと、陸沿いを沿って大碆海域に流入する2パ ターンの濁りの移動がみられた。また、大碆海域へと流入した濁りは、湾外へ出にくい 状況となっていた。



図 4-1-32 遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果(SSW 方向からのうねり時)

## (iii) SSE 方向からのうねり時

遠奈路川から発生した濁りは、沿岸を北上後爪白海域に拡散していた。爪白海域に拡 散後は、一部弁天島海域へと拡散していたが、そのほとんどが爪白南西沖へと拡散して おり、竜串海域及び大碆海域への影響はほとんど見られない。また、城ノ岬方面へ拡散 した濁りは、海浜流の流れにより再び爪白海域へと拡散していた。



図 4-1-33 遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果(SSE 方向からのうねり時)

(iv) 台風時

遠奈路川から発生した濁りは、海浜流の流れにより爪白沿岸及び爪白沖に拡散していた。爪白沿岸に拡散した濁りは、弁天島北部の水路部を通して、弁天島北側海域へと運 ばれていた。また、爪白沖に運ばれた濁りは、弁天島南側で再び爪白海域へと拡散する 濁りと竜串海域へと拡散する2パターンの移動がみられ、爪白海域に再び拡散した濁り は、弁天島西側海域に収束していた。また、竜串海域へと運ばれた濁りは、桜浜西岸、 竜串東部、大碆海域の岩礁周辺へ流されていた。



図 4-1-34 遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果(台風時)

②井手口川からの濁り

図 4-1-35 に井手口川からの濁りの移動経路を示した。表示に関しては、計算格子の通 過数に対し投入粒子数で除して正規化している。図 4-1-36~図 4-1-39 に波向き S 方向、 SSW 方向、SSE 方向、台風時における遠奈路川からの濁り拡散状況を示した。なお、河川 からの濁りを想定して、2 時間置きに粒子を投入している。

井手口川起源の濁りは、弁天島北側海域、桜浜、大碆海域に影響を及ぼしていた。特に、S方向からのうねり時、SSW方向からのうねり時の影響が顕著である。

河口部に位置する弁天島北側の海域では、海浜流による流れが弱いため、海中展望塔 沖へと運ばれるのに2時間程度かかっており、波浪場の方向、強さに関わらず濁りが溜 まりやすい状況にあることが分った。





## (i)S方向からのうねり時

井手口川から発生した濁りは、海域へ流入後2時間で海中展望塔付近へと到達していた。その後、桜浜、竜串海域、大碆海域へと広く拡散していた。



図 4-1-36 井手口川からの濁り成分拡散予測結果(S方向からのうねり時)

(ii) SSW 方向からのうねり時

井手口から発生した濁りは、2時間後に沖へ拡散していた。その後は、桜浜、竜串海 域、大碆海域へと拡散していた。



図 4-1-37 井手口川からの濁り成分拡散予測結果(SSW 方向からのうねり時)

# (iii) SSE 方向からのうねり時

井手口川から発生した濁りは、主に桜浜方面へと拡散しており、大碆海域へはほとん ど拡散していなかった。



図 4-1-38 井手口川からの濁り成分拡散予測結果 (SSE 方向からのうねり時)

(iv) 台風時

台風時については、他のうねりのケースに比べると、比較的早く湾外へと流出していた。特に、弁天島北側の水路部に海浜流が流れ込むため、その周辺では濁りがほとんど 停滞しなかったが、井手口川河口部周辺では、台風時でも流れが弱いため、濁りが留ま りやすくなっている。



図 4-1-39 井手口川からの濁り成分拡散予測結果(台風時)

#### (2) 波浪による泥土巻き上げの影響

遠奈路川や井手口川を起源とする濁りは、爪白海域や大碆海域へと影響を与えている 結果となった。これらの海域において、地形の入り組んだところや流れが弱まる箇所に おいては、泥土が溜まりやすい状況が考えられる。そこで、弁天島西側の海域や大碆海 域において泥土が溜まり、波浪によって巻き上げられた場合を想定して濁り拡散の予測 を行うこととした。予測に関しては、投入地点に粒子を1回のみ投入した。 ①弁天島西海域からの濁り

遠奈路川から発生した濁りは、爪白海域の西側を経由して竜串海域、大碆海域に拡散 していた。特に、台風時は、弁天西側の海域で濁りが留まりやすくなっており、この海 域に溜まった泥土が徐々に、弁天島東海域、竜串海域に影響を与えていた可能性がある。

そこで、弁天島西側の海域に粒子を投入し、その拡散状況を調べた。

図 4-1-40 に弁天島西側海域からの濁りの移動経路を示した。表示に関しては、計算格 子の通過数に対し投入粒子数で除して正規化している。図 4-1-41~図 4-1-44 に波向き S 方向、SSW 方向、SSE 方向、台風時における遠奈路川からの濁り拡散状況を示した。

弁天島西側海域から発生した濁りは、弁天島北側の海域、東側の海域に影響を与え、 最終的に、桜浜、大碆海域まで到達している。



(S 方向うねり)

通過数/投入粒子数

(SSW 方向うねり)


## (i)S方向からのうねり時

弁天島西側の海域で発生した濁りは、北側の水路を通過する流れ及び弁天島南側を迂 回する流れにより弁天島東側の海域に運ばれている。その後は、桜浜、竜串海域、大碆 海域に拡散していた。



図 4-1-41 弁天島西側海域からの濁り成分拡散予測結果(S方向からのうねり時)

# (ii) SSW 方向からのうねり時

弁天島西側の海域で発生した濁りは、ほとんどが弁天島北側の水路部を通過している。 その後は、桜浜、竜串海域、大碆海域に拡散していた。



図 4-1-42 弁天島西側海域からの濁り成分拡散予測結果(SSW 方向からのうねり時)

## (iii) SSE 方向からのうねり時

弁天島西側で発生した濁りは、爪白海域の東側に拡散する濁りと弁天島北側の水路部 を通し弁天島東海域に拡散する濁りの2パターンであった。弁天島東側に運ばれた濁り は、桜浜方面へ拡散していたが、48時間後はほとんど粒子が残らない状況にあり、影響 は小さいと考えられる。



図 4-1-43 弁天島西側海域からの濁り成分拡散予測結果(SSE 方向からのうねり時)

## (iv) 台風時

弁天島西側の海域で発生した濁りは、弁天島北側の水路部を通過する濁りと、沖に運 ばれ弁天島南側で爪白海域に拡散する濁り及び竜串海域に拡散する濁りの3パターンの 拡散状況であった。特に、海浜流の流れが速いため、ほとんどの粒子は湾外へと排出さ れていたが、弁天島の南西側で濁りが留まりやすくなっていた。



















投入12時間後





図 4-1-44 弁天島西側海域からの濁り成分拡散予測結果(台風時)

②大碆海域からの濁り

図 4-1-45 に大碆海域からの濁りの移動経路を示した。表示に関しては、計算格子の通 過数に対し投入粒子数で除して正規化している。図 4-1-46~図 4-1-49 に波向き S 方向、 SSW 方向、SSE 方向、台風時における遠奈路川からの濁り拡散状況を示した。

大碆海域の濁りは、波浪の方向、強さにより粒子の拡散状況が異なっていた。SSE 方 向からのうねり時及び台風時には大碆海域で発生した濁りは湾外へと排出されるが、S 方向からのうねり時、SSW 方向からのうねり時には大碆海域で発生した濁りが湾外へと 排出されにくく、泥土として堆積されやすい状況にあると言える。特に、波浪の影響が 及ばない三崎川河口部、大碆海域南側の沿岸部に集まりやすい状況であった。





# (i)S方向からのうねり時

大碆海域で発生した濁りは、岸に沿って三崎川河ロ方面、見残し方面へと拡散していた。見残し方面に運ばれた濁りは、そのまま湾外へと排出されるが、一部は見残し湾内に流入していた。



図 4-1-46 大碆海域からの濁り成分拡散予測結果(S方向からのうねり時)

# (ii) SSW 方向からのうねり時



図 4-1-47 大碆海域からの濁り成分拡散予測結果(SSW 方向からのうねり時)

# (iii) SSE 方向からのうねり時

SSE からのうねり時には、海浜流の流れにより、大碆海域で発生した濁りが効果的に 湾外へと排出されていた。一部、排出しきれない濁りが三崎川河口域に残っていた。



図 4-1-48 大碆海域からの濁り成分拡散予測結果(SSE 方向からのうねり時)

(iv) 台風時

台風時は、岸沿い及び岩礁部周辺部に拡散しながら湾外へと排出されていた。粒子投入 24 時間後には、ほとんどの粒子が湾外へと排出されており、台風時に効果的に泥土 がクリーニングされていたと考えられる。



図 4-1-49 大碆海域からの濁り成分拡散予測結果(台風時)

### (3)移動メカニズムの考察

S、SSW、SSE 方向からのうねり時及び台風時の波浪場における寄与度解析結果、粒子 追跡結果より、遠奈路川~爪白海域~大碆海域にかけての移動メカニズムの解明を行った。

遠奈路川から流入した濁り成分は、爪白海域〜弁天島西側の海域に輸送される。弁天 島西側に輸送された濁り成分は、弁天島北側の水路部及び弁天島南側を迂回して、弁天 島東側の海域へと拡散される。特に、弁天島北側海域に流入した濁りは海浜流の流れが 弱いため他海域へと排出されにくく、濁りが溜まりやすい状況である。さらに、この海 域には井手口川からの土砂が流入することも海域を悪化させている要因だと考えられ る。

弁天島東海域へ拡散した濁りは、湾外へと排出されるが、一部の濁りは竜串海域〜大 碆海域へと拡散している。大碆海域には、最終的に遠奈路川を起源とする濁りと井手口 川を起源とする濁り、三崎川を起源とする濁りが集まるため徐々に泥土が蓄積されてい たと考えられる。なお、台風時にはある程度の土砂が湾外へと排出されているようであ った。



図 4-1-50 移動メカニズム

### 4.2 長周期波の検討

## 4.2.1 竜串湾における長周期波の把握

1)目的

竜串湾は、太平洋に面していることから、長周期波の影響がこれまでの協議会の中で も懸念されていた。平成20年度は、爪白沖にて長周期波の観測を行い、観測波浪を基に 長周期波の影響を調べた結果、通常は静穏域である大碆海域において長周期波高の増加 がみられ、さらに湾外へ向かう20cm/s以上の速い流れが予測された。その結果、長周期 波による自然のクリーニング作用が期待されることから、大碆海域にて長周期波の詳細 な観測を行い、その特性を把握することを目的とした。

2) 実施内容

#### (1)調査地点



調査点は、図 4-2-1 に示した大碆海域の1 点とした。

図 4-2-1 調査点位置

### (2) 調査方法

波浪及び流況の測定を行った。調査点の底面に超音波式波高計、ドップラー流速計を 設置し、波浪調査に関しては 1s 間隔の連続観測を行い、流況調査に関しては 2s 間隔の 連続観測を行った。なお、超音波式波高計とドップラー流速計の位置は、超音波の相互 干渉を避けるために約 16m 離して設置した。

長周期波の解析方法は、水位・流速変動データを数値フィルタ処理にて任意の周期帯 を取り出し、長周期波高は波高とスペクトル密度の関係式 H<sub>1/3</sub>=4√m₀により算定した。

## (3)調査期間

長周期波は台風や黒潮の影響で増幅されることが知られているため、台風通過時期に おいて長周期波の観測を行った。調査期間は、平成21年9月4日(測器の設置)~10 月5日(測器の撤去)とした。

### 3)調査結果·考察

#### (1) 波浪状況

長周期波浪の経時変化

波浪の連続観測により得られた観測データから2時間間隔で波高を算定した。

図 4-2-2 に波浪観測期間における有義波高、有義波周期の経時変化を示した。なお、 爪白沖の波高は NOWPHAS 高知の有義波高から換算係数 0.68 を乗じて推算した。

また、長周期波浪を 30~60s、60~300s、300~600s、600s 以上、30s 以上の 5 つの周 期帯で抽出した時の経時変化及び出現率を図 4-2-3、表 4-2-1 に示した。

今回の観測期間における長周期波は 30~60s で 2.0cm、60~300s で 2.2cm、300~600s で 3.3cm、600s 以上で 5.0cm、30s 以上の全周期帯では 7.0cm の長周期波が来襲していた。 なお、平成 20 年度の長周期波の観測でも同じように 600s 以上の周期帯で長周期波高が 増加していた。



図 4-2-3 大碆観測点における長周期波浪の経時変化

周波数帯		30~60s		60~300s		300~600s		600s以上		30s以上	
		観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
波高階級	$0 \sim 1$	124	34.4%	74	20.6%	1	0.3%	0	0.0%	0	0.0%
	$1 \sim 5$	210	58.3%	259	71.9%	313	86.9%	239	66.4%	122	33.9%
	$5 \sim 10$	14	3.9%	14	3.9%	39	10.8%	105	29.2%	191	53.1%
	$10 \sim 20$	12	3.3%	13	3.6%	7	1.9%	16	4.4%	34	9.4%
cm	$20 \sim 50$	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	13	3.6%
<u> </u>	$50\sim$	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
全観測										360	
			2.0		2.2		3.3		5.0		7.0

表 4-2-1 大碆観測点における長周期波浪出現率(2009.9.4~10.4)

今回の観測期間においては、台風の接近や地震津波の影響で 30cm もの長周期波が来襲 していた。特に、大碆海域は静穏な海域であるため、観測期間を通して 20cm 程度の有義 波高であり、擾乱時でも 1m 程度の有義波高であるが、長周期波高については 30cm 程度 まで増加していたことより、長周期波浪の影響が強い海域と考えられる。このことは、 平成 20 年度の予測結果でも示されていた。

②擾乱時における検討

今回の観測期間において大きな擾乱が発生していたのは計5回であった。今回の観測 期間における擾乱発生日時を表 4-2-2 に示した。

	発生日時	有義波高	長周期波高	発生要因
ピーク(1)	2009/9/7 20:51	34cm	7.1cm $(30 \le T)$	台風 12 号
ピーク2	2009/9/13 4:51	18cm	16.3cm (30≦T)	低気圧通過
ピーク③	2009/9/19 8:51	112cm	31.8cm (30≦T)	台風 14 号
ピーク④	2009/9/30 16:51	22cm	26.4cm (30≦T)	サモア地震津波
ピーク5	2009/10/2 18:51	46cm	14.0cm (30≦T)	台風 18 号うねり

表 4-2-2 擾乱発生日時(2009.9.4~10.4)

5回の擾乱のうち台風によるものは計3回であり、今回の観測期間においては、台風 14号の影響が最も大きかった。また、地震津波の影響を捉えた9月30日においては、 来襲後数時間経過しても長周期波高が高い状態が続いていた。今回は、5つの擾乱の中 で最も長周期波が発達していた台風14号時の擾乱期(ピーク③)に関して検討を行うこ ととした。



図 4-2-4 ピーク③擾乱時における長周期波高の経時変化

解析においては、図 4-2-4 のように長周期波を通常時、発達時、ピーク時、減衰時の 4 期間に分けて行った。

図 4-2-5~図 4-2-8 に長周期波の通常時、発達時、ピーク時、減衰時の期間における 水位変動を示した。また、図 4-2-9 にそれぞれのスペクトルを重ね合わせた結果を示し た。



## 図 4-2-5 長周期水位変動(通常時、30s≦T)



## 図 4-2-6 長周期水位変動(発達時、30s≦T)



# 図 4-2-7 長周期水位変動 (ピーク時、30s≦T)



## 図 4-2-8 長周期水位変動(減衰時、30s≦T)



図 4-2-9 通常、発達、ピーク、減衰時における長周期波浪のスペクトル形状

長周期波浪の水位変動をみると、通常時においては非常に長い変動成分が残っており、 長周期波が発達するにつれて、徐々に短い成分の水位変動が強くなっている。また、ス ペクトル形状から、風波・うねりの成分が上昇するに従って長周期波のエネルギーが増 加していることが分った。特に、80s 前後でエネルギーの増加が大きくなっている。こ のことから、竜串湾においては、通常時は 600s 以上の長周期波が発達し、風波やうねり などの擾乱時には 100s 以下の長周期成分が発達することが分った。

# (2)長周期波による流れ

長周期波による流れの方向性を調べるために、長周期波の通常時、発達時、ピーク時、 減衰時における流速成分のスキャタリングプロットを図 4-2-10 に示した。

長周期波を含めた全周期帯の流速成分では、どの時点においてもほぼ同心円上に分布 しており、水粒子の軌道を特定することはできなかった。しかし、長周期波の流れをみ ると、分布が統一され、図 4-2-11 に示したように南西~北東方向への軌道を描いている ことが分った。特に、ピーク時においては、流出方向となる南西方向への流速成分が比 較的早くなっており、30 cm/s 以上の流れが観測されていた。



4-2-6



図 4-2-11 長周期波の流れ

## (3) 長周期波と濁り

平成15年度の調査結果より、濁度と波高がある高さを超えたときに相関がみられ、爪 白海域においては、波高69cm以上の時に泥土が巻き上がるとされた。また、平成20年 度の長周期波の観測では、観測期間中に来襲した長周期波は周期100sを超える気象性の 長周期波で、気象性の長周期波が発達していた期間は濁りの発生がほとんど確認されず、 濁りの発生は風波、うねりなどの短周期波的な要因によるものとされた。

今回の観測期間においては、うねり時に長周期波高が増加する傾向にあり、長周期波 のエネルギーも 80s 前後でピークを示しており、比較的短い成分の長周期波が発達して いた。短い成分の長周期波は、うねりなどの波浪に拘束される場合が多く、泥土の巻き 上げに寄与している可能性がある。さらに、大碆海域は、湾奥に位置し長周期波の影響 が強く、波浪により巻き上げられた濁りの移動に関連している可能性が考えられるため、 長周期波と濁りの関連性について検討した。

図 4-2-12 に観測期間における有義波高と大碆海域の濁度の経時変化を、図 4-2-13~ 図 4-2-16 に長周期波の各周期帯成分と大碆海域における濁度の経時変化を示した。また、 図 4-2-17 に各周期帯における長周期波高と濁度の相関図を示した。



図 4-2-12 有義波高と濁度の経時変化



4-2-8



図 4-2-17 長周期波と濁度の相関

経時変化をみると、有義波高が増加している期間において濁度が上昇しており、泥土 巻き上げの要因となっている。長周期波においては30~60s、60~300sの周期帯で長周 期波高のピークと濁度のピーク及び波形がほぼ一致していたが、周期帯が長くなるにつ れ、濁度の観測波形とのずれが生じていた。なお、各周期帯と濁度の相関を調べたとこ ろ、30~60sの周期帯で最も濁度と相関が強くなり、周期が長くなるほど相関が悪くな っていた。

また、擾乱期の9月16日~23日の期間で2時間置きに長周期波による流れの有義流 速振幅を算定し、流れの振幅と濁度の関係を調べたところ、濁度が大きくなるにつれて、 長周期波による流れの振幅も大きくなっていることが分った。特に、風波・うねりなど で巻き上げられた濁り成分が長周期波による波動運動により輸送されている可能性が高 い結果となった。





4-2-10

(4) まとめ

台風接近時期における長周期波観測の結果、台風などの擾乱期において長周期波高が増加しており、その際、比較的短い 30~300s 程度の周期帯での長周期波高の増加が大きく、 波浪擾乱時に風波・うねりと共に長周期波も来襲していることが示唆された。特に、大碆 海域においては、千尋岬による遮蔽効果で通常の風波・うねりの影響が小さい海域のため、 湾奥部まで伝播する長周期波の方の影響が大きい。

また、流況観測の結果、長周期波により湾奥~湾外方向の速い流れが生じており、長周 期波のピーク時においては、湾外方向への流出時に速い流れが生じていた。

濁度観測との比較の結果、30~300s 程度の短い成分が発達する長周期波の場合は、濁度 との相関も良く、濁り発生に寄与している可能性がある。さらに、比較的長い成分の長周 期波が発達してくると、長周期波による往復運動も発達していくため、この往復運動によ り、湾奥の濁りを速やかに希釈させることから、長周期波は湾奥のクリーニング効果に寄 与していると考えられる。

#### 4.2.2 竜串湾における長周期波の影響

1)目的

台風により増幅された長周期波の影響について、現地観測結果を基に数値シミュレー ションを用いて検討した。

2) 実施内容

ブシネスクモデルを用いて、現地観測結果により長周期波浪場の再現を行い、長周期 波高の増幅箇所及び流れの影響、伝播特性を調べた。

3)調査結果・考察

(1) 予測条件の設定

台風により増幅された長周期波の影響を調べるために、台風通過期間である 9 月 12 日~20日において最も長周期波高の発達していた 9 月 19 日 8 時 50 分の長周期波浪を基 に予測を行った。この時刻における観測スペクトルは図 4-2-20 に示した。観測スペクト ルをみると、300s 以上でエネルギーが増幅している箇所があり、副振動の影響が懸念さ れるため、予測に用いるのは周期 30~300s の範囲のスペクトルを抽出した。この周期帯 における長周期波高は 25.8 cm、平均周期は 54.9 s であった。予測に関しては、大碆海域 における調査地点での長周期波高が 25.8 cm程度になるように沖での入射スペクトルの エネルギーを調整している。その他の計算条件については、表 4-2-3 に示した。また、 図 4-2-21 に計算に使用した海底地形を示した。計算領域の周囲には、無反射境界を実現 するため、1 波長分のエネルギー吸収帯を設定している。



図 4-2-20 観測スペクトル形状 (9/19 8:50~10:50)

項目	設定値
沖側代表水深	80m
潮位 1)	1.14m
成分波数 2)	512
主波向 1) 2)	S、一方向不規則波
計算格子間隔 3)	$20\text{m} \times 20\text{m}$
計算時間間隔	0.5s
計算時間	43200s
岸沖方向格子数	400 格子(8000m)
沿岸方向格子数	495 格子 (9900m)
陸域境界	全反射

表 4-2-3 入力条件

注)

1)「平成15年度竜串湾内流況状況及び懸濁物質影響予測調査報告書」より設定した。

 2)100(一方向不規則波)≦NS≦1000(多方向不規則波)より設定した。長周期波は、周期帯によって異なる方向を持つが、長周期波の方向性は現在解明されていないので、ここでは、 外洋からの来襲を想定して全て南方向からの入射波とした。

3) 波浪予測を精度よく行うためには波長の1/10~1/20程度を目安として設定する必要がある。沖波の波長はL=1.56\*T<sup>2</sup>≒1.56×54.9=4701mと非常に長くなるため、格子サイズは100mあれば十分精度よく計算できる。



### (2) 解析結果

(波高分布)

波高分布を図 4-2-22 に示した。長周期波は、波長が非常に長いため、比較的大水深で あっても地形の影響を受け、波の屈折が起こる。屈折の影響により、千尋岬、城ノ岬や 爪白海域、宗呂川河口部、城ノ岬西側海域などで長周期波高の増加がみられた。また、 長周期波の反射の影響で沿岸部及び湾奥部で長周期波高が増加している。

平成20年度の予測では、平均周期が175sと周期が非常に長い長周期波であったため、 三崎川河口の湾奥部で長周期波浪の影響が大きかったが、今年度は長周期波の屈折の影響で爪白海域、宗呂川河口で影響が大きく、長周期波浪の周期の違いで波高分布が異な ることが分った。

(最大流速分布)

最大流速分布を図 4-2-23 に示した。長周期波浪により、全域で最大 20cm/s 以上の流 速が生じており、長周期波浪の影響が大きい爪白海域、宗呂川河口では 100cm/s 以上の 流れが生じていた。また、普段は流れの弱い大碆海域においても最大 40cm/s~60cm/s の流速が生じていることが分った。前述したとおり、長周期波浪において 30~300s の周 期帯においては濁度発生と非常に良い相関が得られており、長周期波浪による濁りの輸 送が期待できる。

(長周期波の伝播)

長周期波浪の伝播図を図 4-2-24 に示した。長周期波の伝播に伴い、長周期波の影響が 大きい千尋岬、宗呂川河口で水位変動が激しくなっていた。特に、これらの海域では、 20cm/s 以上の速い流れが生じていることが分る。また、爪白海域や大碆海域でも早い流 れがみられた。また、三崎川河口部では、水位上昇後に速い流れがみられたが大碆海域 まで影響は見られなかった。

平成 20 年度の予測では、平均周期が 175s と長く、さらに 600s 付近で長周期波のエネ ルギーが大きく、波長も長いのが特徴であった。そのため、長周期波の伝播に伴い、地 形的に長周期波のエネルギーが集中しやすい湾奥部付近で、水位が徐々に上昇し、周辺 海域との水位差が生じやすい状況であった。今年度の予測は、平均周期が 55s、エネル ギーのピークが 77s と比較的短い成分の長周期波が発達している傾向にあった。そのた め、平成 20 年度の場合と比べると長周期波の波長が短く、湾奥部で水位は上昇するもの の、上昇範囲は河口部付近と、非常に限定的であった。



2000 2500 3000 (m/s) 0 2.0 図 4-2-23 最大流速分布



図 4-2-24(1) 長周期波浪伝播図(21600~21750s)



図 4-2-24(2) 長周期波浪伝播図(21780~21930s)

(3)まとめ

長周期波が増幅する台風時において、長周期波の影響を調べた結果、海底地形による 屈折の効果で、千尋岬、城ノ岬、爪白海域、宗呂川河口などで長周期波高及び流れが増 加していた。通常の風波・うねりでは、千尋岬による遮蔽効果で波浪の影響を受けにく い大碆海域であっても、20~40 cmの長周期波が来襲していた。

平成20年度の予測では、低気圧の通過時に発達する長い成分の長周期波の影響を調べた結果、湾奥などのエネルギーが集中しやすいところで長周期波浪の影響が大きくなっていた。今年度は、台風などに伴って伝播する短い成分の長周期波の影響を調べた結果、 湾の西側の海域での影響が大きくなることが分った。

特に、長周期波により水位が上昇しやすい湾奥部付近では、比較的流れが速くなる場合が多く、より濁りを希釈させるための外力が強くなると考えられる。



図 4-2-25 長周期波の影響域

## 4.3 三崎川河口域における健全な海域環境の検討

#### 4.3.1 予測

## 1)目的

「平成19年度竜串自然再生第1回専門家技術支援委員会」において、今後の対策に関 する検討の必要性が提言されたことを受け、その手法開発を目的とした検討業務を行っ た。これまでの調査結果により、濁水の発生は豪雨に伴う森林・山地の崩壊、土地改良 工事、河川改修工事などに起因していることが明らかになった。さらに、千尋岬西岸に は静穏な海域があり、ここに堆積した土砂は容易に移動しないこともわかった。この静 穏な海域に三崎川から濁質を含む河川水が流れ込むようになったことが、長期的にみて 海域全体の濁りの増加につながった可能性がある。

また、平成20年度の予測では、1946年、1966年、1975年、2003年の海岸地形を対象 に過去の地形改変が三崎川から流出する懸濁物質を含む濁水の挙動に与える影響につい て解析を行った。その結果、海岸構造物が築造されていない1946年には、河川から流出 した濁水は湾内の西側の陸地に沿って沖合に移流・拡散していた。しかしながら、徐々 に海岸構造物が築造されるに伴って、河川から流出した濁水は、徐々に湾の東側の陸地 に沿って沖合に移流・拡散するようになった。

ここでは、流入土砂の適切な排除を含めた環境改善促進手法検討するための基礎資料 として、三崎川河口地形の改変に伴う流入土砂の挙動状況(移動・堆積状況)について 検討を行った。

#### 2) 実施内容

平成 20 年度の予測結果から、現在、三崎川から流入する土砂は、大碆海域に移流・拡 散しやすい状況にあると言える。そこで、大碆海域への流入負荷を低減させるような施 策を、河口地形を改変させることで予測することとした。

また、三崎川河口部は湾奥部の静穏域であり、河川による密度流が最も卓越している と考えられることから、三崎川の出水時の状況を密度流の効果を考慮した3次元レベル モデル(Large Eddy Simulation)を用いて、濁り(SS)、堆積分布の予測を行った。

表 4-3-1 に計算における入力条件を示した。ここで、計算格子間隔は 10m、計算時間 ステップは 0.5s、鉛直方向はσ座標系を用い、分割数は 10 分割とした。また、水平拡 散係数、鉛直拡散係数、沈降速度は平成 20 年度の予測と同じ設定とした。予測モデルの 詳細は参考資料に示した。

項目	設定値			
水平格子間隔	10 (m)			
鉛直格子分割	10 層(σ座標系)			
計算時間間隔	0.5 (s)			
水平拡散係数	$1.0 \times 10^3 \text{ (cm}^2/\text{s})$			
鉛直拡散係数	10 (cm $^{2}/s$ )			
沈降速度	13.0 (cm/h)			

表 4-3-1 計算条件

調査結果・考察

(1) 予測条件の設定

①計算条件

昨年度の予測では、常時起こるような豊水流量及び平水流量で検討を行ったが、この 検討では災害時の様な出水状況は再現されていなかった。そこで、今回は流量の設定を、 過去の調査結果を基に、洪水時と出水時の2パターンに設定した。

(i) 洪水時設定

洪水時流量を確率雨量から推定した。

竜串地区近傍の雨量観測点は、足摺(清水)、宿毛、中村の3か所である。なお、高知 県では、高知県における降雨の実態を把握することを目的に、平成13年12月までに観 測された降雨データを収集整理・解析のうえ短時間降雨強度式の策定を行い、高知県に おける短時間降雨特性について、実態の解明を進めている。

対象となる竜串周辺の観測所は足摺観測所であるが、海に突き出した半島のため、短 時間降雨特性と同様に、近傍地域と日雨量特性が異なるものと考えられる。

図 4-3-1 に示した高知県が試算した高知県内の日雨量特性結果では、地形特性から見ると、加久見川および以布利川の流域を境界として、山地平地部と足摺岬に分けられ、山地平野部では宿毛観測所の降雨特性、足摺周辺では足摺観測所の降雨強度式を用いることとしている。

よって、竜串地区の降雨特性は宿毛地区の特性と近いとされることから、確率雨量を 宿毛観測所の雨量とした。



(出典:高知県 土木部 河川課 高知県の確率日雨量分布図と確率規模別の降雨強度算定について) 図 4-3-1 高知県内降雨強度式適用区分図

## 表 4-3-2 宿毛地区における確率雨量

								単	位:mm
	2年	5年	10年	20年	30年	50年	70年	100年	200年
日雨量	144.0	198.3	234.3	268.8	288.6	313.4	329.7	346.9	380.2
時間雨量	41.4	54.2	62.7	70.8	75.5	81.3	85.1	89.2	97.0

表 4-3-2 に示した宿毛観測所の確率日雨量より、竜串湾に流入する流量を以下式により推定した。

河川流量(m<sup>3</sup>/s) = 流域面積(Km<sup>2</sup>)×降水量(mm)×流出係数 なお、三崎川の流域面積は 25.0Km<sup>2</sup>、流出係数は比較的急峻な山地であり、また、災 害時の様な状況における流出係数は高いと推定されることから 0.9 を採用した。

竜串海中公園地区サンゴ群再生対策調査報告書(平成14年9月)によると、水害により堆積した土砂量は約13,200m<sup>3</sup>と推定されている。2日間の出水でこの土砂量が流出したと仮定すると、SS 濃度は約2,300mg/1であった。

 $x (g/m^3) \times ((6, 756+752) \times 10^3) (m^3/ \exists) \times 2(\exists)/(2.65 \times 10^6) (g/m^3) = 13,200 (m^3)$ 

 $x = 2,330 (g/m^3 = mg/1)$ 

湾外への流出なども考慮して、ここでは災害時の SS 濃度を 3,000mg/1 と仮定した。なお、SS 負荷は以下の式で計算した。

SS 負荷量 (Kg/s) =SS 濃度 (mg/1) /1000×流量 (m<sup>3</sup>/s)

宿毛地区における確率日雨量から、流量、SS 負荷量を推定したところ、表 4-3-3 のとおりとなる。

	2年	5年	10年	20年	30年	50年	70年	100年	200年
流量(m <sup>3</sup> /s)	37.5	51.6	61.0	70.0	75.2	81.6	85.9	90.3	99.0
SS負荷(Kg/s)	112.5	154.9	183.0	210.0	225.5	244.8	257.6	271.0	297.0

表 4-3-3 確率雨量から推定した流量、SS 負荷量

なお、「建設省河川砂防技術(案)同解説書 計画編」では河川の重要度により計画の 規模を表 4-3-4 のように記している。

河川の重要度	河川規模	超過確率年(1/年)
A級	1 33河川の土亜区間	1/200以上
B 級	1 减的川切土安区间	$1/100 \sim 1/200$
C 級	1級河川のその他、 2級河川の都市河川	1/50~1/100
D級	9 海河田の一	$1/10\sim 1/50$
E級	2 观何川(0)—7反何川	1/10以下

表 4-3-4 河川規模による超過確率年の設定

三崎川は2級河川であるため、10~50年に1回発生するような洪水を対象として設計 している。そこで、流量、SS負荷量の設定を50年確率の81.6m<sup>3</sup>/s、244.8kg/sとした。 (ii) 出水時の設定

平成 20 年度 竜串地区自然再生事業水質等調査業務報告書によると降雨の多い月に、 SS、COD、T-N、T-P などの負荷量が多くなっており、三崎川から流出する濁質・汚濁負 荷量は概ね雨量に左右されている。さらに、濁質(SS)負荷は月合計雨量が多い月より も大きな降雨(1 降雨の連続雨量が 250mm 以上)が生じた月に著しく多くなっていた(図 4-3-2)。なお、竜串地区において 250mm 以上の降雨が発生する頻度は、過去の流域調査 資料より年間1.6回程度となっている。(竜串地区の雨量観測期間は2006年以降である。 それ以前の降雨の状況を竜串地区の観測雨量と相関の高い宿毛観測所の雨量から、過去 10年間の降雨の発生頻度を調べている。)

全観測期間中(2005 年 8 月~2009 年 3 月)において 1 降雨の連続雨量が 250mm を観測 した期間は 5 回であった。この期間における流量、累加雨量、累加 SS 負荷量を表 4-3-5 に示した。また、各出水時における流量ハイドログラフを図 4-3-4 に示した。



図 4-3-2 雨量と負荷量の推移(2003 年~2009 年)



図 4-3-3 1 降雨の連続雨量 250mm 以上の発生回数

	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
平均流量(m3/s)	18.5	13.2	16.9	18.7	28.2
最大流量(m3/s)	59.3	44.5	73.9	90.1	91.4
累加雨量(mm)	447.0	267.5	334.5	258.0	322.0
累加SS負荷量(t)	1260	901	827	732	1446
(降雨期間)					
1回目	2005/9/4	20:00	~	2005/9/8	22:00
2回目	2006/4/10	17:00	~	2006/4/13	10:00
3回目	2006/8/17	13:00	~	2006/8/20	16:00
4回目	2007/7/6	4:00	~	2007/7/10	23:00
5回目	2007/7/12	23:00	~	2007/7/18	8:00

表 4-3-5 各出水における流量及び負荷量の記録



図 4-3-4 各出水の流量ハイドログラフ

流量の設定として、計5回にわたる出水時の平均流量20.19m<sup>3</sup>/sを用いた。 また、負荷量の設定として、出水時の平均流量と累加SS負荷量の相関(図4-3-5)から、平均流量20.19m<sup>3</sup>/sにおける累加負荷量を約1209tとした。





なお、これらの出水時の平均継続時間は 5792 分であることから、平均的な出水時の 負荷量は

SS=1209(t)\*1000/5792\*60(s) =3.48(kg/s) となる。

②計算地形

平成 20 年度の予測では、構造物が築造されるに従って、河川から流出した濁水は、徐々 に湾の東側に沿って沖合に移流・拡散するようになっていた。こうした、流況の変化が 大碆海域への土砂の堆積を加速させていき、湾内の水質悪化が進行したのではないかと 考えられる。そこで、予測地形に関しては、大碆海域への流入負荷が低減するような地 形とし、三崎川河口改変案として、比較的実現可能な突堤、導流堤、浚渫、海底地形の 改変の4パターンを設定した。(図 4-3-6)



左下:突堤+浚渫、右下:突堤+岩礁除去)

③検討ケース

洪水時は流量が非常に大きく、短時間で流入土砂が広範囲に拡散する恐れがある。そ こで、構造物により拡散範囲を抑制できるかどうかを確認するために、突堤を含んだ改 変地形に着目して検討を行った。出水時は、構造物による拡散範囲の違いをみるために、 突堤と導流堤の改変地形について検討した。表 4-3-6 に今回の検討ケースを示した。ま た、現況地形において通常流量時(1.61m<sup>3</sup>/s)、豊水流量時(2.93m<sup>3</sup>/s)、洪水流量時 (81.6m<sup>3</sup>/s)を対象とした場合の懸濁物質濃度の拡がりの様子についても参考資料に示 した。

計算範囲は図 4-3-7 に示した赤枠内とし、計算結果の表示範囲を青枠内とした。

	検討地形	流量設定	負荷量
ケース1	突堤	洪水時 81.6m <sup>3</sup> /s	244.8kg/s
ケース2	突堤+岩礁除去	洪水時 81.6m <sup>3</sup> /s	244.8kg/s
ケース3	突堤+浚渫	洪水時 81.6m <sup>3</sup> /s	244.8kg/s
ケース4	突堤	出水時 20.19m <sup>3</sup> /s	4.8kg/s
ケース5	突堤+岩礁除去	出水時 20.19m <sup>3</sup> /s	4.8kg/s
ケース6	導流堤	出水時 20.19m <sup>3</sup> /s	4.8kg/s

表 4-3-6 検討ケース一覧



図 4-3-7 解析範囲

(2) 洪水時計算結果

①ケース1(突堤、洪水時流量81.6m<sup>3</sup>/s)

計算開始0.5、1、1.5、2、4、6、8、12時間後の海面(図4-3-8)及び海底(図4-3-9) における懸濁物質濃度分布を示した。表示に関しては、河川流入部の懸濁物質濃度 C<sub>0</sub>=3000ppmで正規化し、等濃度線を10<sup>-4</sup>(0.3ppm)までとした。

検討地形は、三崎川河口の既存突堤の対岸に新たに突堤を配置した場合である。突堤 は、水深 2m まで長さ 150m で配置している。

海面および海底とも計算開始4時間後には、C/C<sub>0</sub>=10<sup>-4</sup>の等濃度線が大碆近傍にまで拡 がり、時間の経過とともに見残しおよび桜浜方向に拡がる傾向にあるが、大碆方面の拡 がり方は遅くなっていた。特に、計算開始6時間後からはその傾向が顕著であり、突堤 築造の効果が生じていた。さらに、海底における等濃度線の拡がりは海面におけるもの よりも遅い。また、現況地形に比べ拡散範囲は抑えられていた。


図 4-3-8 懸濁物質濃度分布 (ケース 1、海面)



図 4-3-9 懸濁物質濃度分布 (ケース 2、海底)

②ケース2(突堤+岩礁除去、洪水時流量81.6m<sup>3</sup>/s)

計算開始 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面 (図 4-3-10) 及び海底 (図 4-3-11) における懸濁物質濃度分布を示した。表示に関しては、河川流入部の懸濁物質濃度 C<sub>0</sub>=3000ppm で正規化し、等濃度線を 10<sup>-4</sup> (0.3ppm) までとした。

検討地形は河口に突堤を配置し、さらに、湾外への排出を目的に竜串湾南側の岩礁を 除去した場合である。

海面及び海底とも突堤のみの場合と比較すると、10<sup>-2</sup>より低い等濃度線は、岩礁の除 去によって障害物が無くなったため、竜串・桜浜側への濁りの拡がりが大きくなってい た。また、見残し方面へも拡がりが大きくなっていた。結果として、岩礁の除去により、 濁りが効果的に湾外へと排出されているものの、拡散範囲が広くなっていた。

なお、参考資料に岩礁を除去した場合の波浪場の状態を示した。



図 4-3-10 懸濁物質濃度分布 (ケース 2、海面)



図 4-3-11 懸濁物質濃度分布 (ケース 2、海底)

③ケース3(突堤+浚渫、洪水時流量81.6m<sup>3</sup>/s)

計算開始 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面 (図 4-3-12) 及び海底 (図 4-3-13) における懸濁物質濃度分布を示した。表示に関しては、河川流入部の懸濁物質濃度 C<sub>0</sub>=3000ppm で正規化し、等濃度線を 10<sup>-4</sup> (0.3ppm) までとした。

検討地形は、三崎川河口に突堤を配置し、さらに突堤周辺の水深 2m 以浅を 2m まで浚 渫した場合を示した。浚渫土量は、14650m<sup>3</sup>である。特に、突堤部では流れが滞留しやす くなるため、さらに浚渫した効果で泥土が溜まることが予想されるため、維持浚渫がし 易いと考えられる。

計算の結果、海面及び海底とも突堤のみの場合と比べ、ほぼ同じ拡散範囲となり浚渫 による効果は確認できなかった。拡散を抑制する目的での浚渫は難しいと考えられる。



図 4-3-12 懸濁物質濃度分布 (ケース 3、海面)



図 4-3-13 懸濁物質濃度分布 (ケース 3、海底)

(3) 出水時計算結果

①ケース4(突堤、出水時平均流量 20.19m<sup>3</sup>/s)

計算開始 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面(図 4-3-14)及び海底(図 4-3-15) における懸濁物質濃度分布を示した。表示に関しては、河川流入部の懸濁物質濃度 C<sub>0</sub>=3000ppm で正規化し、等濃度線を 10<sup>-4</sup> (0.3ppm) までとした。

検討流量は過去5カ年の累加雨量250mmを超える出水時の平均流量20.19m<sup>3</sup>/sであり、 検討地形は突堤を整備した場合を示した。

海面及び海底とも計算開始4時間後には10<sup>-4</sup>の等濃度線が大碆近傍にまで拡がり、時間の経過とともに見残しおよび桜浜方向に拡がる傾向は洪水時の拡がり方とほぼ同じであるが、等濃度線の拡がり方は遅くなっていた。特に、計算開始6時間後からはその傾向が顕著なようであり、突堤築造の効果は出ている。さらに、海底における等濃度線の拡がりは海面より遅くなっていた。



図 4-3-14 懸濁物質濃度分布 (ケース 4、海面)



図 4-3-15 懸濁物質濃度分布 (ケース 4、海底)

②ケース5(突堤+岩礁除去、出水時平均流量 20.19m<sup>3</sup>/s)

計算開始 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面 (図 4-3-16) 及び海底 (図 4-3-17) における懸濁物質濃度分布を示した。表示に関しては、河川流入部の懸濁物質濃度 C<sub>0</sub>=3000ppm で正規化し、等濃度線を 10<sup>-4</sup> (0.3ppm) までとした。

検討地形は、三崎川河口に突堤を配置し、竜串湾南側の岩礁を除去した場合である。 拡散範囲、拡がり方は、洪水時の場合とほぼ同じである。拡散範囲は突堤のみの場合 と比べ、非常に広範囲に拡がっていた。



図 4-3-16 懸濁物質濃度分布 (ケース 5、海面)



図 4-3-17 懸濁物質濃度分布 (ケース 5、海底)

③ケース6(導流堤、出水時平均流量 20.19m<sup>3</sup>/s)

計算開始 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面 (図 4-3-18) 及び海底 (図 4-3-19) における懸濁物質濃度分布を示した。表示に関しては、河川流入部の懸濁物質濃度 C<sub>0</sub>=3000ppm で正規化し、等濃度線を 10<sup>-4</sup> (0.3ppm) までとした。

検討地形は水深 2mから岩礁域にかけて導流堤を整備した場合である。

計算開始2時間後までは突堤の場合とほぼ同じ拡がり方を示したが、それ以後は見残 し側及び竜串・桜浜側への拡がりが抑制されており、サンゴ生息域への影響は見られな かった。特に12時間後の拡散範囲は他の検討ケースと比べかなり狭く、構造物による抑 制効果が最も表れていた。



図 4-3-18 懸濁物質濃度分布 (ケース 6、海面)



図 4-3-19 懸濁物質濃度分布 (ケース 6、海底)

#### (2)累積沈降フラックス

河川から流出した懸濁物質が海底に溜まる量を算定した。図 4-3-20~図 4-3-25 に計 算開始後 6 時間、12 時間の累積沈降フラックス分布を示した。

洪水時においては、開始後6時間の累積沈降フラックス分布について、10g/m<sup>2</sup>の等フ ラックス線の拡がり方はほぼ同じであったが、1g/m<sup>2</sup>の等フラックス線は岩礁を除去した 場合が最も広範囲に拡がっていた。12時間後の場合もほぼ同じ傾向であり、岩礁を除去 した場合は、広範囲に薄く堆積する傾向にあった。出水時の場合は、洪水時と比べ泥土 が堆積する範囲は狭くなり、構造物による拡散抑制効果がよく表れていた。また、導流 堤を築造した場合は、河川流の流れが分断されるため、突堤の場合に比べ、堆積範囲を 抑えることができた。

洪水時においては、構造物により拡散範囲を抑えることができるものの、堆積範囲は は現況地形の場合とあまり変化は無かった。このことからも、災害時の様な洪水時の場 合は、構造物により三崎川からの泥土流入を制御するのは難しいと言える。

#### (3)まとめ

災害時の様な出水状況を再現するため、50年に一度発生するような洪水時において、 構造物や地形改変策により大碆海域に対して濁質負荷が低減できるかどうか検討を行っ た。なお、本検討においては、費用対効果については考慮していない。

その結果、構造物により拡散範囲は抑えることができるものの、泥土の堆積範囲は構造物設置前と比べ、大きな変化は無かった。また、海底地形の改変により泥土を湾外へと効果的には排出できるものの、大碆海域への堆積域が拡がる結果となり広範囲にサンゴの生育環境を悪化させる恐れがある。さらに、泥土を効果的に溜めるため、河口域を 浚渫しても洪水時の様な流量においては、大きな効果が無かった。

以上のことから推察すると、洪水時の様な災害時の場合は、地形改変により海域の環 境改善を行うのは難しいと考えられる。



図 4-3-20 累積沈降フラックス分布 (ケース 1、左:計算開始 6 時間後、右:計算開始 12 時間後)



図 4-3-21 累積沈降フラックス分布 (ケース 2、左:計算開始 6 時間後、右:計算開始 12 時間後)



図 4-3-22 累積沈降フラックス分布 (ケース 3、左:計算開始 6 時間後、右:計算開始 12 時間後)



図 4-3-23 累積沈降フラックス分布 (ケース 4、左:計算開始 6 時間後、右:計算開始 12 時間後)



図 4-3-24 累積沈降フラックス分布 (ケース 5、左:計算開始 6 時間後、右:計算開始 12 時間後)



図 4-3-25 累積沈降フラックス分布 (ケース 6、左:計算開始 6 時間後、右:計算開始 12 時間後)

## 資料 調査点の位置(緯度・経度)一覧

1.	濁度言	トによ	る連続調査	

제배	左南	緯度			経度			水深m(D.L.基準下)			
地区	平度							上層	中層	下層	
爪白	平成17年	$32^{\circ}$	47'	04″	$132^{\circ}$	51'	19″	2.7	-	6.4	
大碆		$32^{\circ}$	46′	51″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	02″	2.7	-	6.4	
大碆	平成18年 ~ 平成21年	$32^{\circ}$	46′	52 <b>″</b>	$132^{\circ}$	52'	05″	2.7	-	5.7	
海中展望塔	平成19年 ~ 平成21年	$32^{\circ}$	47′	09″	$132^{\circ}$	51'	37″	2.7	-	5.7	

## 2. 浮泥堆積状況調查

배고	調本占	<b></b>				奴由		水深m(D.L.基準下)			
地区 网虽然		小平/文				枢皮		上層	中層	下層	
爪白	А	$32^{\circ}$	47′	04″	$132^{\circ}$	51'	19″	2.7	4.2	6.4	
竜串	В	$32^{\circ}$	47′	11″	$132^{\circ}$	51'	49″	2.0	4.1	6.1	
大碆	С	$32^{\circ}$	46′	52″	$132^{\circ}$	52'	05″	2.7	5.2	5.7	
弁天島	1	$32^{\circ}$	47'	07″	$132^{\circ}$	51'	29″	3.3	4.9	5.6	
大碆	5	$32^{\circ}$	47′	01″	$132^{\circ}$	52'	07″	1.6	2.6	3.6	
大碆	6	$32^{\circ}$	46′	54″	$132^{\circ}$	52'	03″	2.2	4.4	5.4	
大碆	7	$32^{\circ}$	46′	51″	$132^{\circ}$	52'	02″	2.7	4.6	6.4	
大碆	8	$32^{\circ}$	46'	51″	$132^{\circ}$	52'	00″	3.4	4.6	7.7	
見残し	9	$32^{\circ}$	46'	30″	$132^{\circ}$	52'	06″	0.8	2.9	4.1	

調査点		緯度			経度	
1	$32^{\circ}$	46'	54.4″	$132^{\circ}$	52'	13.5″
2	$32^{\circ}$	46'	55. 3″	$132^{\circ}$	52'	12.1″
3	$32^{\circ}$	46'	55. 2″	$132^{\circ}$	52'	10.6″
4	$32^{\circ}$	46'	55.7″	$132^{\circ}$	52'	10.6″
5	$32^{\circ}$	46'	56.1″	$132^{\circ}$	52'	10.6″
6	$32^{\circ}$	46'	56. 5″	$132^{\circ}$	52'	10.6″
7	$32^{\circ}$	46'	56.9″	$132^{\circ}$	52'	10.6″
8	$32^{\circ}$	46'	57.3″	$132^{\circ}$	52'	10.6″
9	$32^{\circ}$	46'	55. 2″	$132^{\circ}$	52'	10.2″
10	$32^{\circ}$	46'	55.7″	$132^{\circ}$	52'	10.2″
11	$32^{\circ}$	46'	56.1″	$132^{\circ}$	52'	10.1″
12	$32^{\circ}$	46'	56. 7 <i>"</i>	$132^{\circ}$	52'	10.1″
13	$32^{\circ}$	46'	55.6″	$132^{\circ}$	52'	08.7″
14	$32^{\circ}$	46'	56. 0″	$132^{\circ}$	52'	08.7″
15	$32^{\circ}$	47'	01.7″	$132^{\circ}$	52'	09.1″
16	$32^{\circ}$	47'	02.1″	$132^{\circ}$	52'	09.1″
17	$32^{\circ}$	47'	02.5″	$132^{\circ}$	52'	08.7″
18	$32^{\circ}$	47'	02.9″	$132^{\circ}$	52'	08.7″
19	$32^{\circ}$	47'	02.1"	$132^{\circ}$	52'	07.9″
20	$32^{\circ}$	47'	02.5 <sup>″</sup>	$132^{\circ}$	52'	07.9″
21	$32^{\circ}$	46'	53.2″	$132^{\circ}$	52'	12.6″
						-

3-1. SPS5	3-1. SPSS法による評価(大碆東工区)								による	底質調	査(弁天	島周辺	海域)	
調査点		緯度	F.		経度			調査点		緯度			経度	
1	$32^{\circ}$	46'	54.4″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	13.5″		1	$32^{\circ}$	46'	58.3″	$132^{\circ}$	51'	20.8″
2	$32^{\circ}$	46'	55. 3″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	12.1"		2	$32^{\circ}$	46'	59.8″	$132^{\circ}$	51'	22.4"
3	$32^{\circ}$	46'	55. 2″	$132^{\circ}$	52'	10.6″		3	$32^{\circ}$	47'	00.7″	$132^{\circ}$	51'	23.1"
4	$32^{\circ}$	46'	55. 7 <i>"</i>	$132^{\circ}$	52'	10.6″		4	$32^{\circ}$	47'	01.7″	$132^{\circ}$	51'	20.8″
5	$32^{\circ}$	46'	56.1″	$132^{\circ}$	52'	10.6″		5	$32^{\circ}$	47'	03.0″	$132^{\circ}$	51'	20. 2"
6	$32^{\circ}$	46'	56. 5″	$132^{\circ}$	52'	10.6″		6	$32^{\circ}$	47'	03.6″	$132^{\circ}$	51'	22. 0″
7	$32^{\circ}$	46'	56.9″	$132^{\circ}$	52'	10.6″		7	$32^{\circ}$	47'	04.9″	$132^{\circ}$	51'	21.7"
8	$32^{\circ}$	46'	57.3″	$132^{\circ}$	52'	10.6″		8	$32^{\circ}$	47'	04.9″	$132^{\circ}$	51'	20.0"
9	$32^{\circ}$	46'	55. 2″	$132^{\circ}$	52'	10.2″		9	$32^{\circ}$	47'	06.0″	$132^{\circ}$	51'	19.3″
10	$32^{\circ}$	46'	55.7″	$132^{\circ}$	52'	10.2″		10	$32^{\circ}$	47'	07.9″	$132^{\circ}$	51'	23.5"
11	$32^{\circ}$	46'	56.1″	$132^{\circ}$	52'	10.1″		11	$32^{\circ}$	47'	11.5"	$132^{\circ}$	51'	29.9″
12	$32^{\circ}$	46'	56.7″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	10.1″		12	$32^{\circ}$	47'	10.8″	$132^{\circ}$	51'	25.9″
13	$32^{\circ}$	46'	55.6″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	08.7″		13	$32^{\circ}$	47'	10.0"	$132^{\circ}$	51'	26.9″
14	$32^{\circ}$	46'	56.0″	$132^{\circ}$	52'	08.7″		14	$32^{\circ}$	47'	09.9″	$132^{\circ}$	51'	30.6″
15	$32^{\circ}$	47'	01.7″	$132^{\circ}$	52'	09.1″		15	$32^{\circ}$	47'	09.3″	$132^{\circ}$	51'	28.3"
16	$32^{\circ}$	47'	02.1″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	09.1″		16	$32^{\circ}$	47'	09.1″	$132^{\circ}$	51'	29.5″
17	$32^{\circ}$	47'	02.5″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	08.7″		17	$32^{\circ}$	47'	08.4″	$132^{\circ}$	51'	32.1"
18	$32^{\circ}$	47'	02.9″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	08.7″		18	$32^{\circ}$	47'	07.7″	$132^{\circ}$	51'	30. 5″
19	$32^{\circ}$	47'	02.1"	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	07.9″		19	$32^{\circ}$	47'	06.3″	$132^{\circ}$	51'	30.8″
20	$32^{\circ}$	47'	02.5″	$132^{\circ}$	52 <b>′</b>	07.9″		20	$32^{\circ}$	47'	02.7″	$132^{\circ}$	51'	32.7″
21	$32^{\circ}$	46'	53. 2″	$132^{\circ}$	52'	12.6″		21	$32^{\circ}$	47'	00.0″	$132^{\circ}$	51'	32. 2″
								22	$32^{\circ}$	46'	56.1″	$132^{\circ}$	51'	31.0"

3-2. SPSS法による評価(弁天島東工区)

調査点		緯度	Ē.		経度	
1	$32^{\circ}$	47'	04.0″	$132^{\circ}$	51'	33.0″
2	$32^{\circ}$	47'	04.8″	$132^{\circ}$	51'	32.6″
3	$32^{\circ}$	47'	05.6″	$132^{\circ}$	51'	32. 3″
4	$32^{\circ}$	47'	04. 3″	$132^{\circ}$	51'	33. 9″
5	$32^{\circ}$	47'	05.1″	$132^{\circ}$	51'	33.6″
6	$32^{\circ}$	47'	05.8″	$132^{\circ}$	51'	33. 2″
7	$32^{\circ}$	47'	04.9″	$132^{\circ}$	51'	34.6″
8	$32^{\circ}$	47'	06.5″	$132^{\circ}$	51'	33.5″
9	$32^{\circ}$	47'	07.3″	$132^{\circ}$	51'	33.1"

資料 濁度計による連続測定

平成1	8年度
-----	-----

	n+	高波浪時の 代表波高(m)	高波浪時の代表濁度(FTU)				
平.月.日	吁	可占法	海中風	展望塔	大碆		
		<b>川日沖</b>	上層	下層	上層	下層	
H18.7.2	12	0.91	-	-	1.5	7.0	
H18.7.13	2	1.36	-	-	5.9	23.3	
H18.7.19	8	1.07	-	-	6.2	28.7	
H18.7.21	10	0.83	-	-	1.5	8.2	
H18.7.23	8	0.71	-	-	0.6	3.0	
H18.7.23	20	0.69	-	-	0.6	1.8	
H18.7.24	4	0.70	-	-	0.4	1.5	
H18.7.25	6	0.92	-	-	0.5	2.6	
H18.8.8	4	1.40	-	-	0.6	2.4	
H18.8.10	2	1.49	-	-	1.9	9.1	
H18.8.13	0	0.69	-	-	0.3	1.0	
H18.8.18	12	2.28	-	-	11.1	58.4	
H18.9.23	20	1.57	-	-	1.9	11.6	
H18.10.6	6	1.26	-	-	5.3	20.7	
H18.10.15	20	1.35	-	-	3.2	11.5	
H18.11.19	20	1.10	-	-	1.9	4.9	
H18.11.26	18	1.39	-	-	1.9	5.4	
H18.12.8	10	0.85	-	-	0.6	2.9	
H18.12.27	2	1.12	-	-	2.3	6.1	
H19.1.6	8	0.76	-	-	0.2	0.4	
H19.1.27	4	0.71	-	-	4.8	10.0	
H19.2.14	14	2.05	-	-	10.8	29.2	
H19.2.18	6	1.00	-	-	1.3	4.4	
H19.2.23	6	0.95	-	-	0.5	2.7	
H19.2.26	16	1.09	-	-	0.7	2.2	
H19.3.5	12	1.94	-	-	8.1	18.5	
H19.3.11	10	0.70	-	-	0.6	1.2	

平成19年度								
	+	高波浪時の 代表波高(m)	高波浪時の代表濁度(FTU)					
平.月.日	吁	百百法	海中月	展望塔	大	碆		
		八日沖	上層	下層	上層	下層		
H19.8.18	20	0.85	0.7	1.2	0.5	1.6		
H19.8.24	20	0.77	0.6	1.1	0.4	2.0		
H19.9.6	4	1.26	1.6	2.2	1.5	5.8		
H19.9.16	16	1.28	8.7	16.7	1.4	6.3		
H19.10.5	14	1.00	6.2	12.8	0.9	2.9		
H19.10.14	16	0.74	0.2	0.3	0.3	0.6		
H19.10.16	8	0.72	0.3	0.4	0.3	0.9		
H19.10.26	0	1.14	0.7	0.9	1.1	2.8		
H19.10.28	10	0.95	3.1	6.8	2.5	8.7		
H19.11.29	18	0.79	0.3	0.5	0.6	1.1		
H19.12.3	16	0.71	0.3	0.4	0.8	1.0		
H19.12.23	0	1.43	7.8	13.0	3.0	7.9		
H19.12.26	18	0.96	0.3	0.7	0.6	1.7		
H19.12.28	22	0.95	1.0	1.4	0.6	2.5		
H20.1.12	10	0.69	3.1	4.1	4.3	7.8		
H20.2.26	20	1.21	7.5	14.1	5.9	10.4		
H20.3.10	10	0.91	2.2	3.0	2.2	3.6		
H20.3.14	2	1.06	0.6	0.8	0.6	1.6		
H20.3.19	20	1.41	1.2	2.5	1.1	3.9		

平成20年度

	時	高波浪時の 代表波高(m)	高波浪時の 代表波高(m) 高波浪時の代表濁度(FTU						
平.月.口	р <del>а</del> т	西古油	海中原	展望塔	大 碆				
		<b>川日沖</b>	上層	下層	上層	下層			
H20.9.19	8	1.57	6.4	11.9	1.6	-			
H20.9.23	16	0.89	4.7	7.1	0.5	-			
H20.9.29	2	0.93	5.1	8.6	0.4	1.4			
H20.10.19	18	1.01	0.5	0.6	0.3	0.9			
H20.10.24	4	0.98	2.3	4.4	1.0	4.5			
H20.11.12	4	0.71	0.2	0.4	1.0	2.3			
H20.11.13	18	0.90	0.7	1.0	1.7	4.7			
H20.11.25	2	0.89	1.0	2.2	1.0	2.0			
H20.12.5	6	1.06	3.3	4.3	2.4	4.5			
H20.12.17	22	0.78	0.2	0.5	0.3	0.5			
H20.12.21	22	1.13	4.9	6.8	8.5	13.5			
H21.1.19	2	0.95	1.9	2.8	2.1	4.1			
H21.1.31	4	0.94	0.2	0.7	0.6	1.2			
H21.2.14	2	2.01	15.1	21.9	14.9	23.7			
H21.2.20	10	1.96	13.4	21.3	11.0	18.7			
H21.2.23	6	1.56	8.9	14.2	5.5	14.4			
H21.3.6	8	0.73	0.6	1.0	0.5	1.4			
H21.3.14	0	1.87	16.1	26.1	8.2	27.3			
H21.3.20	4	0.77	3.3	4.3	0.9	4.1			
H21.3.22	18	1.22	19.1	37.9	2.1	9.9			

年.月.日	n+	高波浪時の 代表波高(m)	高波	寝浪時の代	代表濁度(FTU)			
平.月.日	吁	百古法	海中風	展望塔	大 碆			
		πнж	上層	下層	上層	下層		
H21.7.25	10-	0.81	1.4	2.4	0.5	1.6		
H21.8.6	14	1.85	13.8	25.6	3.9	17.5		
H21.8.13	4-6	0.73	2.2	4.7	1.1	7.6		
H21.8.18	8-1	0.84	0.4	0.3	0.3	0.4		
H21.8.27	16	0.70	0.4	0.4	0.1	0.3		
H21.8.31	12	0.74	0.3	0.3	0.2	0.5		
H21.9.7	22	1.21	1.7	2.9	1.2	4.4		
H21.9.12	22	0.69	0.6	0.9	0.7	2.8		
H21.9.19	2-4	1.76	19.1	33.9	20.3	44.0		
H21.9.28	8-1	0.70	0.3	0.4	0.4	0.4		
H21.10.3	0	1.09	6.3	16.3	3.2	9.8		
H21.10.7	20	2.24	19.1	23.7	7.8	16.0		
H21.10.21	20	1.22	5.7	9.2	2.1	5.7		
H21.10.26	6-8	1.05	1.0	1.2	3.0	7.0		
H21.11.11	6	1.67	9.6	17.0	6.4	14.5		
H21.11.13	20	1.27	0.8	1.2	0.5	2.0		
H21.11.29	18	0.84	5.0	8.3	3.2	7.1		
H21.12.3	10	0.84	0.4	0.7	0.4	1.6		
H21.12.11	8	1.19	2.3	3.8	0.5	1.9		
H22.1.21	10	1.48	5.4	9.0	4.6	8.1		
H22.1.28	12	1.46	6.6	10.8	5.1	11.3		
H22.2.9	20	0.93	0.6	0.8	0.3	1.1		
H22.2.11	8	0.72	0.6	0.9	0.5	0.8		
H22.2.11	20-	0.76	1.8	3.5	2.1	4.0		
H22.2.26	18	2.26	21.4	39.7	9.5	27.8		
H22.3.2	2	1.08	4.3	8.5	1.3	3.9		
H22.3.5	6-8	0.87	0.7	1.2	0.3	0.8		
H22.3.9	16	1.02	0.7	1.1	0.6	1.5		
H22.3.13	6	0.86	2.4	3.4	1.4	6.1		

1.77

13.8

24.8

4.1

12.7

平成21	年度

H22.3.16 0

# 資料 SPSS 法による評価

資料2-1-2(1) SPSS法による評価(弁天島東工区) 8月 柱状採泥試料(1)



写真 1 測点① 柱状採泥試料



写真 3 測点② 柱状採泥試料



写真 5 測点③ 柱状採泥試料



写真 7 測点④ 柱状採泥試料



写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態



写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態



写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料



写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料



写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料



写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料



写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態



写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態



写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態



写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-2(3) SPSS法による評価(弁天島東工区) 8月 柱状採泥試料(3)



写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料



写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-2(4) SPSS法による評価(大碆東工区) 8月 柱状採泥試料(1)



写真 1 測点① 柱状採泥試料



写真 3 測点② 柱状採泥試料



写真 5 測点③ 柱状採泥試料



写真 7 測点④ 柱状採泥試料



写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態



写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-2(5) SPSS法による評価(大碆東工区) 8月 柱状採泥試料(2)



写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料



写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料



写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料



写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料



写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態



写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態



写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態



写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態



写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料



写真 19 測点⑩ 柱状採泥試料



写真 21 測点① 柱状採泥試料



写真 23 測点① 柱状採泥試料



写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態



写真 20 測点⑩ 柱状採泥試料 状態



写真 22 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 24 測点1 柱状採泥試料 状態

資料2-1-2(7) SPSS法による評価(大碆東工区) 8月 柱状採泥試料(4)



写真 25 測点(13) 柱状採泥試料



写真 27 測点(4) 柱状採泥試料



写真 29 測点15 柱状採泥試料



写真 31 測点16 柱状採泥試料



写真 26 測点(13) 柱状採泥試料 状態



写真 28 測点(4) 柱状採泥試料 状態



写真 30 測点15 柱状採泥試料 状態



写真 32 測点16 柱状採泥試料 状態



写真 33 測点① 柱状採泥試料



写真 35 測点18 柱状採泥試料



写真 37 測点19 柱状採泥試料



写真 39 測点20 柱状採泥試料



写真 34 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 36 測点18 柱状採泥試料 状態



写真 38 測点(19) 柱状採泥試料 状態



写真 40 測点20 柱状採泥試料 状態



写真 41 測点21 柱状採泥試料



写真 42 測点21 柱状採泥試料 状態

### 資料2-1-3(1) SPSS法による評価(弁天島東工区) 11月 柱状採泥試料(1)



写真 1 測点① 柱状採泥試料



写真 3 測点② 柱状採泥試料



写真 5 測点③ 柱状採泥試料



写真 7 測点④ 柱状採泥試料



写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態



写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態


写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料



写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料



写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料



写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料



写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態



写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態



写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態



写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-3(3) SPSS法による評価(弁天島東工区) 11月 柱状採泥試料(3)



写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料



写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態



写真 1 測点① 柱状採泥試料



写真 3 測点② 柱状採泥試料



写真 5 測点③ 柱状採泥試料



写真 7 測点④ 柱状採泥試料



写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態



写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態



写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料



写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料



写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料



写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料



写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態



写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態



写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態



写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態



写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料



写真 19 測点⑩ 柱状採泥試料



写真 21 測点① 柱状採泥試料



写真 23 測点① 柱状採泥試料



写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態



写真 20 測点⑩ 柱状採泥試料 状態



写真 22 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 24 測点⑫ 柱状採泥試料 状態



写真 25 測点(13) 柱状採泥試料



写真 27 測点(4) 柱状採泥試料



写真 29 測点15 柱状採泥試料



写真 31 測点16 柱状採泥試料



写真 26 測点(13) 柱状採泥試料 状態



写真 28 測点⑭ 柱状採泥試料 状態



写真 30 測点15 柱状採泥試料 状態



写真 32 測点16 柱状採泥試料 状態



写真 33 測点① 柱状採泥試料



写真 35 測点18 柱状採泥試料



写真 37 測点19 柱状採泥試料



写真 39 測点20 柱状採泥試料



写真 34 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 36 測点18 柱状採泥試料 状態



写真 38 測点19 柱状採泥試料 状態



写真 40 測点20 柱状採泥試料 状態

資料2-1-3(9) SPSS法による評価(大碆東工区) 11月 柱状採泥試料(6)



写真 41 測点21 柱状採泥試料



写真 42 測点21 柱状採泥試料 状態



写真 1 測点① 柱状採泥試料



写真 3 測点② 柱状採泥試料



写真 5 測点③ 柱状採泥試料



写真 7 測点④ 柱状採泥試料



写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態



写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-4(2) SPSS法による評価(弁天島東工区) 2月 柱状採泥試料(2)



写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料



写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料



写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料



写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料



写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態



写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態



写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態



写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態



写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料



写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-4(4) SPSS法による評価(大碆東工区) 2月 柱状採泥試料(1)



写真 1 測点① 柱状採泥試料



写真 3 測点② 柱状採泥試料



写真 5 測点③ 柱状採泥試料



写真 7 測点④ 柱状採泥試料



写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態



写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-4(5) SPSS法による評価(大碆東工区) 2月 柱状採泥試料(2)



写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料



写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料



写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料



写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料



写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態



写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態



写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態



写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態



写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料



写真 19 測点⑩ 柱状採泥試料



写真 21 測点① 柱状採泥試料



写真 23 測点12 柱状採泥試料



写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態



写真 20 測点⑩ 柱状採泥試料 状態



写真 22 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 24 測点⑫ 柱状採泥試料 状態

資料2-1-4(7) SPSS法による評価(大碆東工区) 2月 柱状採泥試料(4)



写真 25 測点(13) 柱状採泥試料



写真 27 測点14 柱状採泥試料



写真 29 測点15 柱状採泥試料



写真 31 測点16 柱状採泥試料



写真 26 測点③ 柱状採泥試料 状態



写真 28 測点⑭ 柱状採泥試料 状態



写真 30 測点15 柱状採泥試料 状態



写真 32 測点16 柱状採泥試料 状態

資料2-1-4(8) SPSS法による評価(大碆東工区) 2月 柱状採泥試料(5)



写真 33 測点① 柱状採泥試料



写真 35 測点18 柱状採泥試料



写真 37 測点19 柱状採泥試料



写真 39 測点20 柱状採泥試料



写真 34 測点① 柱状採泥試料 状態



写真 36 測点18 柱状採泥試料 状態



写真 38 測点⑲ 柱状採泥試料 状態



写真 40 測点20 柱状採泥試料 状態

資料2-1-4(9) SPSS法による評価(大碆東工区) 2月 柱状採泥試料(6)



写真 41 測点21 柱状採泥試料



写真 42 測点21 柱状採泥試料 状態

## 資料 浮泥堆積状況調查

	設置期間 平成2	1年7月23日~8月 (11日間)	3日				
	爪 白	А	竜	串 B	大	客 C	
上層							
	浮 泥: コケムシ綱: 1 サビ <sup>*</sup> 亜科: 1 珪 藻 綱: 7	5 % R % S %	浮 泥: コケムシ綱: サビ <sup>*</sup> 亜科: 珪藻綱:	0 % 0 % R % R %	浮 泥: コケムシ綱: サビ <sup>*</sup> 亜科: 珪藻綱:	R % R % R %	
中層							
	<ul> <li>浮 泥:</li> <li>コケムシ綱:</li> <li>サビ*亜科:</li> <li>珪藻綱:</li> </ul>	0 % R % R % R %	浮 コケムシ綱: サビ <sup>。</sup> 亜科: 珪藻綱:	R % R % R %	<ul> <li>浮 泥:</li> <li>コケムシ綱:</li> <li>サビ<sup>*</sup>亜科:</li> <li>珪藻綱:</li> </ul>	25 % R % R % R %	
下層							
	<ul> <li>浮 泥 : 1</li> <li>コケムシ綱 : 1</li> <li>サビ<sup>*</sup>亜科 : 1</li> <li>珪 藻 綱 : 1</li> </ul>	R % R % R % R %	浮 泥: コケムシ綱: サビ <sup>*</sup> 亜科: 珪 藻 綱:	0 % R % R % R %	浮 泥: コケムシ綱: サビ <sup>*</sup> 亜科: 珪藻綱:	100 % R % 0 % R %	

	1回目調査			
	設置期間	平成21年7月23日~8	月3日	
		(11日間)		
			I	
	弁	・天島 1	大 碆 5	大 碆 6
上				
	浮 ル ジ ル ジ 縦 : ・ ・ ・ ・ サ ビ ・ 亜 科 : ・ 珪 藻 綱 : ・ 畦 科 : ・ 畦 科 : ・ ・ 正 科 : ・ ・ ・ 二 た シ 綱 ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・ ・	R % R % R % R %	浮 ル: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %	浮 近: 0 % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %
中				
	浮 泥: コケムシ綱: サビ <sup>*</sup> 亜科: 珪藻綱:	R % R % R %	浮 泥: 20 % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %	浮 泥 : の % コケムシ綱 : R % サビ <sup>*</sup> 亜科 : R % 珪 藻綱 : R %
下層				F
	浮 泥 : : : : : : : : : : : : :	0 % R % 0 % R %	浮    泥:    5 %      コケムシ綱:    R %      サビ*亜科:    R %      珪藻綱:    R %	<ul> <li>浮 泥: 0 %</li> <li>コケムシ綱: R %</li> <li>サビ*亜科: R %</li> <li>珪藻綱: R %</li> </ul>

	設置期間 平成21年7月23日~8月 (11日間)	33日	
	大 碆 7	大 碆 8	見残し 9
上層			E
	浮 泥: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %	浮 泥: 0 % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: 0 % 珪藻綱: R %	浮 泥: 5 % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: 5 %
中層			
	浮 泥: 25 % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %	浮 泥: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %	浮 泥: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %
下層			R o
	浮 泥: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %	浮 泥: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: 5 %	浮 泥: R % コケムシ綱: R % サビ <sup>*</sup> 亜科: R % 珪藻綱: R %

	2回目調査										
	設置期間 平成21年7月23日~8	3月20日									
	(28日間)										
	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C								
上層											
	浮 泥:       5 %         コケムシ綱:       R %         サビ*亜科:       5 %         珪藻綱:       25 %         堆積物重量:       0.6 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:       0.4 mg/cm <sup>2</sup>	浮 泥:       0 %         コケムシ綱:       R %         サビ*亜科:       R %         珪藻綱:       R %         堆積物重量:       0.0 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:       0.0 mg/cm <sup>2</sup>	浮       泥:       5 %         コケムシ綱:       R %         サビ*亜科:       R %         珪藻綱:       R %         堆積物重量:       0.4 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:       0.3 mg/cm <sup>2</sup>								
中											
	浮 泥:       R %         コケムシ綱:       R %         サビ*亜科:       5 %         珪藻綱:       R %         堆積物重量:       0.1 mg/cm²         強熱残分:       0.0 mg/cm²	浮       泥:       R       %         コケムシ綱:       R       %         サビ*亜科:       R       %         珪藻綱:       R       %         堆積物重量:       0.1 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:       0.1 mg/cm <sup>2</sup>	浮       泥:       50 %         コケムシ綱:       R %         サビ*亜科:       R %         珪藻綱:       R %         堆積物重量:       1.9 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:       1.7 mg/cm <sup>2</sup>								
下層											
	浮     泥:     R     %       コケムシ綱:     R     %       サビ*亜科:     R     %       珪藻綱:     R     %       堆積物重量:     0.1 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:     0.0 mg/cm <sup>2</sup>	浮     泥:     R     %       コケムシ綱:     R     %       サビ*亜科:     R     %       珪藻綱:     R     %       堆積物重量:     0.1 mg/cm <sup>2</sup> 強熱残分:     0.0 mg/cm <sup>2</sup>	浮 泥: 95 % コケムシ綱: R % サビ*亜科: R % 珪藻綱: R % 堆積物重量: 10.5 mg/cm <sup>2</sup> 強烈残分: 9.9 mg/cm <sup>2</sup>								

	2回目調査										
	設置期間	平成21年7月23日~8	月20日	]							
		(28日間)	• • •								
		(20 H [H])		_							
	=	牟天 良 1		大波 5	-+	上 波 6					
<u> </u>	,	一八 四 1									
上		٥									
	浮 泥:	R %	浮 泥:	R %	浮 泥 :	0 %					
	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %					
	サビ 亜科:	10 %	サビ亜科:	R %	サビ 亜科:	R %					
	「珪藻綱:	R %	珪藻 綱:	5 %	珪藻 緔:	R %					
	堆積物車重:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	堆積物里量:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	堆積物 車 重:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$					
	· 魚 然 残 分:	0.1 mg/cm <sup>2</sup>	强	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	强	0.0 mg/cm <sup>2</sup>					
中						0					
	浮 泥:	R %	浮 泥:	5 %	浮 泥:	R %					
	コケムシ綱 :	R %	コケムシ綱 :	R %	コケムシ綱:	R %					
	サビ亜科:	R %	サビ 亜科:	R %	サビ 亜科 :	5 %					
	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	R %					
	堆積物重量:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$1.3 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$					
	強熱残分:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$					
下層		.0	5	0		0					
	浮 泥:	R %	浮 泥:	5 %	浮 泥:	R %					
	コケムシ綱 :	R %	コケムシ綱 :	R %	コケムシ綱:	R %					
	サビ亜科:	R %	サビ亜科:	R %	サビ 亜科:	5 %					
	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	R %					
1	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.3 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$					
	強熱残分:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$					

	設置期間	平成21年7月23日~8	月20日		
		(28日間)			
		(==1+1)(4)			
		大 碆 7	-	大 碆 8	見残し 9
上層				0	
	浮 泥:	10 %	浮 泥:	R %	浮 泥: R %
	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱: 5%
	サビ 亜科:	R %	サビ 亜科:	R %	サビ 亜科: 5%
	珪藻綱:	5 %	珪藻綱:	R %	珪藻綱: R %
	堆積物重量:	$0.7 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量: 0.7 mg/cm <sup>2</sup>
	強熱残分:	$0.6 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分: 0.5 mg/cm <sup>2</sup>
中層		0		0.	
	浮 泥:	25 %	浮 泥:	5 %	浮 泥: R %
	コケムシ 綱 :	R %	コケムシ 綱 :	R %	$af \Delta ジ$ 綱: R %
	サビ 亜 科 :	R %	サビ亜科:	R %	
	生 凓 柳: ##:#:##:#:==:	25 %	生 澡 桐 : # 待她手具:		· 注 澡 裥 : K %
	堆積物里里:	$1.7 \text{ mg/cm}^2$	堆積初里里:	$0.3 \text{ mg/cm}^2$	堆積物里里: 0.2 mg/cm <sup>-</sup>
下 層	· 强 熟 残 分 ::		强烈残分:		· 强 烈 残 分 : 0.1 mg/cm <sup>2</sup>
	浮泥:	10 %	浮泥:	10 %	学派: 20 %
	コケムシ 綱 :	K %	コケムシ 綱:	K %	コ
	サビ 亜 科 :	R %	サビ 亜 科 :	R %	サビ 史 科 : R %
	「 撞 藻 綱 :	10 %	」 珪 藻 緔 :	10 %	<b>挂澡 綱:</b> 20 %
	堆積物重量:	$0.4 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$1.1 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量: 2.0 mg/cm <sup>2</sup>
1	强 烈 残 分:	$0.3 \text{ mg/cm}^2$	强 烈 残 分:	$1.0 \text{ mg/cm}^2$	围 烈 残 分 : 1.6 mg/cm <sup>2</sup>

	3回目調査										
	設置期間	平成21	年8月20日~9	月3日							
			(14日間)								
		爪白	А		竜	串	B		-	大 碆	С
上										0	
一	浮 泥:	5	%	浮	泥 :	0	%	浮	泥 :	R	%
	コケムシ綱:	R	%	コケムシ	綱:	0	%	コケム	シ綱:	R	%
	サビ 亜科:	R	%	サビ゛亜	科:	R	%	サヒ゛ョ	<b>王科</b> :	R	%
	珪藻綱:	30	%	珪 藻	綱 :	R	%	珪 藻	[綱]:	R	%
中層	<ul> <li>浮 泥:</li> <li>コケムシ綱</li> <li>サヒ<sup>*</sup>亜科</li> <li>珪 藻綱:</li> </ul>		%           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %	ジェクション       アクトシック       建	况 : 泥 :: : :	20 R R 20 20	%           %           %           %           %           %           %           %	浮 コケム " 弾 珪 藻		50 0 R 25	%           %           %           %           %           %
下層	浮 泥:         コケムシ湖         サビ、亜科	0 R R	% % %	デー デー アクトンシー サビ、一	尼 : 泥 : : :	R	%           %           %           %	浮 コケム、 モ サセン・	- ジェージー ジェージー ジェージー ジェージー ジェージー ジェージー ジェージー シェーション ショーション ショー	100 0	% %
	リビ 田 科 : 住	R R	% ℃	アビー里	///: 網	R	70 %	リビ 日 薄	ヒ科: : 綱・	0 R	70 %
	珪 澡 綱 :	R		珪 澡	和両 :	К	%	珪 瀨	2 前 :	R	%

	設置期間 平成21年8月20日~9月3日								
		(14	日間)						
	チ	下島 1			大 碆	5		大 碆	6
上層			S. MARINE S.						
	浮泥:	5 %	/ 0 /	浮 泥:	5	%	浮 泥	: R	%
	コゲムジ綱 : サド <sup>*</sup> 西 科 ·	0 % R %	0	コケムジ綱: サド <sup>*</sup> 西科・	0 R	%	コケムシ 縦 サト <sup>°</sup> 西 彩	¶: R ↓· R	%
	建藻綱:	5 %	0 / 0	建藻綱:	5	%	建藻綱	i : R	%
中層	译 泥 :	5 %		译 泥:	40	%	2011年1月1日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日日		%
	コケムシ綱:	S %	0 / 0	コケムシ綱:	R	%	コケムシ 綿	л. К П: R	%
	サビ 亜科:	R %	0	サビ亜科:	R	%	サビ亜彩	ł: R	%
	珪藻綱:	5 %	0	珪藻綱:	40	%	珪藻 縦	]: R	%
下層								Q	
	浮泥:	0 %	/ 0 /	浮泥:	20	%	浮 泥	: 15	%
	コケムシ綱 : サビ	R %	0	コケムシ綱: サビ 亜科・	R	%	コケムシ 縦 サヒ <sup>°</sup> 西 毛	¶: 0 ↓: ₽	%
	珪藻綱:	R %	~ 0	珪藻綱:	20	%	珪藻綱	: 15	%

	設置期間	平成21年	₣8月20日~9 〔14日間〕	)月3日						
		大 碆	7		大 碆	8		見多	残し	9
上層							と		0	
	浮泥:	R	%	浮 浙	E: R ≣ 10	%	浮	泥:	5	%
	-)」、 サビ <sup>*</sup> 亜科:	R	%	サヒ、亜利	₩. 10 ¥: R	%	ーノム サヒ * 亘	2 柄 : 重科 :	R	%
	珪藻綱:	R	%	珪藻斜	利: 5	%	珪藻	〔 綱 :	5	%
中層					•		Y		٥	
	浮 泥: コケムシ綱:	25 R	% %	浮 派 コケムシ 新	呈: 5 岡: R	% %	浮 コケム	泥 : シ綱 :	R R	% %
	サビ亜科:	R	%	サビ亜利	¥: R	%	サヒ 亘	E科:	R	%
下 層	珪 藻 綱:	25 5 R R 5	% % % % % %	珪藻 約 建藻 約 「 デ デ か が 新 サ た ・ 三 系 新 一 一 一 一 の の の の の の の の の の の の の	閘: 5 ●: 15 ■: R 単: R 単: R 単: R ■: 15	% <b>%</b> % % %	珪 藻	····································	R 25 0 R 25	%           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %           %

	4回目調査					
	設置期間	平成21年8月20日~9	)月17日			
		(28日間)				
	Л	へ 白 ろ		育 串 B	-	大 碆 C
<u> </u>	C. Canada			ALC: NO DECISION		
	-	A COLOR	200	2 - 24	C. Sport to	THAT WELL
		N 24 100	a statement	100 M 10 M 10		
上		-O* - 88			Print State State	16 19 1
				100		A PARK K
					A STATISTICS	Land Contract The
		S Barried				- 10 ja
		A	Conversion in		and the second second	
僧	<b>1</b> 11111111111111111111111111111111111	D 0/			100 MP	40 0/
	子 ル:	R %	子ル:	0 % D %	子 化:	40 % P %
	サビー利・	N /0	サビーの利・	R %	サムノ綱・	R %
	建藻綱:	25 % R %	建藻綱:	R %	建藻綱:	40 %
	堆積物重量:	$1.8 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$3.4 \text{ mg/cm}^2$
	強熱残分:	$1.4 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$3.0 \text{ mg/cm}^2$
	100 CA 100 TH	Contraction of		NUMBER OF BELLEVILLE		ALL STATE OF STATE
	-		A States	A CONTRACTOR OF THE	at the	State -
	1.2	2		a the second		14.1 Mg
l .	10 m					the second
中	100.24			O STATE		1 1 1 1 1 1
	Martin State	S			Contraction of the second	and the first
				No. of the second second		Constant of the
	the at				400	
屈			A DESCRIPTION OF THE PARTY OF T		1	
/8	浮 泥:	0 %	浮 泥 :	15 %	浮 泥:	50 %
	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %
	サビ 亜科:	25 %	サビ 亜科:	R %	サビ 亜科:	R %
	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	15 %	珪藻綱:	25 %
	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$1.1 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$25.0 \text{ mg/cm}^2$
	強熱残分:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$1.0 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$24.0 \text{ mg/cm}^2$
			2 TENE	and the second second		
	1				100	A later
	Bar Bar	And Later and	ALC: YE		17.2	and the state
下				· · · ·	19-23	and the second
'				1. 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Sand a 14	A LA PAR
			Sec		A too	and a second
				1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	Est	1 a sta
						The state
層	CONTRACTOR INCOME					Harrison 200 Section
	浮 泥:	0 %	浮 泥:	R %	浮 泥:	80 %
	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %	コケムシ綱:	R %
	サビ 亜科 :	5 %	サビ亜科:	5 % D %	サビ 亜科:	R %
	生 澡 緔: # 積 歩 香 具	K %	生 澡 緔 : 堆積版重具	K %	生 澡 緔 : # 1	10 %
	<sup>1</sup> 11 傾初里里: 強 埶 残 分・	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	<sup>-</sup> 堆頂初里里: 強	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	<sup>-</sup> 堆傾初里里:	$24.2 \text{ mg/cm}^2$
1	ゴボスル・	VIV IIIg/CIII	ふがスル・	Via mg/cm	ルバスル・	with HIG/CIII

	4回目調査		
	設置期間 平成21年8月20日~9月	月17日	
	(28日間)		
	弁天島 1	大 碆 5	大 碆 6
上			
僧	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	·····································	· 泥· 0.%
	子 $25 76$ 日本人 $34$ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	14 70 · 10 70	子 ル 0 %
	サビー 単 H 10 H	サビー 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	サビ 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一
	珪藻綱: 25 %	珪藻綱: 15 %	珪藻綱: 5 %
	堆積物重量: 1.4 mg/cm <sup>2</sup>	堆積物重量: 0.9 mg/cm <sup>2</sup>	堆積物重量: 0.2 mg/cm <sup>2</sup>
	強熱残分: 1.2 mg/cm <sup>2</sup>	強熱残分: 0.8 mg/cm <sup>2</sup>	強熱残分: 0.1 mg/cm <sup>2</sup>
中層			
	浮 泥: R %	浮泥: 5%	浮 泥: R %
	コケムシ綱: R %	コケムシ綱: 30 %	コケムシ綱: R %
	サビ 亜科: 5%	サビ 亜 科 : R %	サビ 亜科: 5%
	生澡 綱: R %	· 挂 澡 裥 : 10 %	· 注 澡 裥 : R %
	堆積物里里: $0.2 \text{ mg/cm}^2$ 論 執 碟 公 · 0.1 mg/cm <sup>2</sup>	堆積物里里: $3.3 \text{ mg/cm}^2$ 論 執 难 分 · 2 9 mg/cm <sup>2</sup>	堆積物重重: $0.1 \text{ mg/cm}^2$ 論 執 磋 分: $0.1 \text{ mg/cm}^2$
下層	Dia mi XA J . 0.1 mg/cm	DR 示 7A A A ・ 2・3 mg/Cm	JAK RE - 0.9/
	浮 泥 : 0 %   フケムシ網 · P %	浮 泥: 40 %	
	コクムン桐: К %。	コリムン 柳 : K % サレ* 西 利 ・ D 0/	コリムン柳: K %
	リレ 里 作 : う % う : う : う : う : う : う : う : う : う	ッレ 単 行 :   К ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	
	生液 //mg · パ /0 堆積物重量: 0.1 mg/am <sup>2</sup>	生 速 // / / / / / / / / / / / / / / / / /	华插物重量: 0.1 mg/cm <sup>2</sup>
	▲ 熱 残 分: 0.1 mg/cm <sup>2</sup>	·····································	強熱残分: 0.0 mg/cm <sup>2</sup>

	4回目調査									
	設置期間	平成21	年8月20日~9月	月17日	]					
			(28日間)							
					1					
		大 婆	7		大婆	8		見残し	9	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			the second						
		and all	Automa 25	City and	(Carlos	and a series of the series of	the said	Arable	a all the second	
		Ser an			W. Shee	· 10- 2/189	A. 200		C. C. S.	
	Stalling.		and the	ALL STATES			34	- Aller and	王王には、	
F		1.60		12	1		the P	and the second	Sanda Market	
		12				* . · 🥂	1.1	1000	A Contraction	
		and the second				1			RE See B	
		See. 1		12 . 6		52		and the stand	and the second second	
		State Car	Contraction of the second	4		N. 1 3	1			
層	Three and the second	and a		<b>*</b> ^ *	<u> </u>	TEL S		WING PROPERTY		
	浮 泥:	20	%	浮 泥:	R	%	浮 泥	: 20	%	
	コケムシ綱 :	R	%	コケムシ綱 :	R	%	コケムシ 縦	1: R	%	
	サビ 亜科:	R	%	サビ亜科:	R	%	サヒ 亜 科	: 25	%	
	珪藻綱:	20	%	珪藻綱:	R	%	珪藻綱	: 20	%	
	堆積物重量:	2.0	mg/cm <sup>2</sup>	堆積物重量:	0.3	mg/cm <sup>2</sup>	堆積物重加	量: 3.3	mg/cm <sup>2</sup>	
	强 烈 残 分:	1.8	mg/cm <sup>2</sup>	<b>強 烈 残 分</b> :	0.2	mg/cm <sup>2</sup>	<u> </u>	}: 2.8	mg/cm <sup>2</sup>	
	The Manuff	1	a the set	14	7.2.2		"Matter	CHANNE ST	STERIO DE	
	1 and a	A MAR	a Training			5 10		a the		
	1 1 1 1	· · · ·				11 1 A.		NO.		
山		Kaa	1 Martine		-				TOWNED	
'	1_94_83	A.A.								
			14- 1- NO.	2 . 19 19					Carl Card	
	- 三月 日		A CONTRACTOR	Sector 1			Contraction of the			
						1201		No.		
層		Constanting of the					1	ansail an		
	浮 泥:	45	%	浮 泥:	R	%	浮 泥	: 15	%	
	コケムシ綱:	R	%	コケムシ綱:	R	%	コケムシ 編	]: R	%	
	サビ亜科:	R	%	サビ 亜科:	R	%	サビ亜科	•: 5	%	
	「注澡 綱 :	45	%	「注澡 綱 :	R	%	± 澡 褝	: 15	%	
	堆積物里重: 砂 劫 母 八	6.1 5.0	mg/cm <sup>2</sup>	唯 項 物 里 重:	0.2	mg/cm <sup>2</sup>	唯 領 物 里 1	重: 1.8	mg/cm <sup>2</sup>	
	蚀 좠 残 分:	5.6	mg/cm <sup>-</sup>	蚀 熱 残 分:	0.1	mg/cm <sup>-</sup>	蚀烈残欠	f: 1.5	mg/cm <sup>-</sup>	
			Walls .		1	REPAIR + -		Carl States	· 校小四人之子	
			1 C C C	A State		AN AL	A STATE	State -		
	2 1 a		124		C.A.	R. C.				
下			1 22		1	1. 1. 1. 1. 1.		Saltar To	States	
'		1				and the second		A State	The second	
				Mar 1		Contraction of		a they		
		1		A LA						
	and the second sec		Subarra Land							
層			120	Contraction of the						
	浮 泥:	45	%	浮 泥:	45	%	浮 泥	: 40	%	
	コケムシ綱:	R	%	コケムシ綱 :	R	%	コケムシ 縦	]: R	%	
	サビ 亜科:	R	%	サビ 亜科:	R	%	サビ亜科	·: 5	%	
	「 撞 藻 綱 :	45	%	「 撞 藻 綱 :	45	%	■ 珪 藻 綱	: 40	%	
	堆積物 車重:	6.7	mg/cm <sup>2</sup>	堆積物 車重:	6.1	mg/cm <sup>2</sup>	堆積物重加	重: 1.1	mg/cm <sup>2</sup>	
1	�� �� �� 方:	b.2	mg/cm	四 恐 煖 分:	5.7	mg/cm	四款残欠	J: 0.9	mg/cm <sup>-</sup>	

	5回目調査									
	設置期間	平成21年	∓9月17日~10	月4日						
			(17日間)							
		rrt	•		* +			L 3	tt a	
		<u> </u>	A		电 甲	B		天 系	§ C	
	and supported in		scondorts."	100	A CONTRACTOR					- Alter and
	12 3 3 3									
			Start 1				1			
上		1.			0					
					100				Carlor and	
						E. Th				1.5
	199	and the second				1372	- Constant			7 10
層			A MARCH		a strand	and the second				
	浮 泥:	: 20	%	浮 泥	: 0	%	浮	泥 :	5 %	
	コケムシ綱:	: 5	%	コケムシ 綱	1: 0	%	コケムシ	綱 :	R %	
	サビ 亜科:	: R	%	サビ亜科	·: R	%	サビ 亜	科:	R %	
	生 澡 綱 :	: 40	%	珪 澡 綱	: R	%	珪 澡	利阿 :	5 %	
		Charles .	and Marine		CASE 7		Section 2	alla -	and a state	and a
				196 200	Contraction of the		10	5.03A .	And S	38 1
	1							1 60	100	
山		the stre	1					diane -		
1		0				3 - CE	1, 2	active -	1 Action	
	Sec.			C. Galler			and the second		and the second	
							and a			
E.					14 1			R. J. R.	ALL REAL	S. 2
眉	浮 泥 ·	: 20	%	浮泥	: 5	%	淫	泥 :	50 %	
	コケムシ綱	: R	%	コケムシ綱	l: R	%	コケムシ	綱:	R %	
	サビ亜科:	: R	%	サヒ 亜科	·: R	%	サビ亜	科:	R %	
	珪藻綱:	: 40	%	珪藻綱	: R	%	珪 藻	綱 :	R %	
	<u> </u>			-				The states of the		
			Cardinatia (			and the first		and the second		
		Lee Pril		1456			See. 1			
<b>T</b>			SALE V.							S
r		199						-	S les	
					No.	Aller V				
						Street State	and the second			39
			LUSE GO		I Y	, DI				No.
層	这 阳	. P	0/2	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~	. 10		运	泥	QA 0/	
	コケムシ綱:	. к : R	%	ロケムシ編	. 10  : R	/o %	ゴケムシ	綱:	0 %	
	サビ亜科	: R	%	サビ亜科	·: R	%	サヒ`亜	科:	0 %	
	珪藻綱:	: R	%	珪藻綱	: 10	%	珪 藻	綱 :	0 %	
1	1			1			1			

	設置期間	平成21年	∓9月17日~ (17日間)	10月4日	1月4日								
	Í	产天 島	1		大 碆 5				大 碆 6				
F		~				•		and the second second			2		and the second second
層	浮 泥 :	R	%	22	泥	: 5	%		浮步	Ē :	R	%	a mile
	コケムシ綱:	R	%	コケ	ムシ綱	: R	%		コケムシ糸	岡 :	0	%	
	サビ 亜科: 珪藻綱:	R R	%	サヒ 日 日	* 亜 科 藻 綱	: 5 : 5	%		サビ 亜利 珪 藻 絲	斗 : 岡 :	R R	%	
			70	~			70	64 S.C		. ניו	R	70	110
中		0								<b>大</b>	9 2	/.	F
旧	浮 泥 :	10	%	浮	泥	: 40	%		浮涉	Ē :	R	%	
	コケムシ綱:	R	%	コケ	ムシ綱	: R	%		コケムシ糸	綱 :	R	%	
	サビ 亜科 : 珪 藻 綱 :	R 10	%	ッピ 建	亜 科 藻 綱	: R : 40	%		サビ 亜オ 珪 藻 糸	斗 : 岡 :	10 R	% %	
	~ ///		25/26	8	~~~				A.F			2	100
下											2		
層						h	and the second				-		
	浮泥:	R	%	浮	泥	: 30	%		浮》	Ē :	R	%	
	コケムシ綱: サビ <sup>*</sup> 亜科:	R R	% %	コケサヒ	ムシ綱 *亜科	: R : 5	% %		コケムシ ff サヒ ゙ 亜 利	啊 : 斗 :	К 10	% %	
	珪藻綱:	R	%	珪	藻 綱	: 30	%		珪藻絲	岡 :	R	%	

	設置期間	平成214	年9月17日~10 (17日間)	月4日					
Ŀ		大 落 ()	7		大 碆 〇〇	8		見残し	9
層	浮 ポ コケムシ綱 サビ <sup>*</sup> 亜科 珪藻綱:	25 R R 25	% % % %	浮	: R : R : R : R	% % % %	浮	: 5 ]: 5 -: R ]: 5	% % % %
中	译 泥 :	40	96	浮 泥	: 5		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	<u>г</u> %
т	コケムシ綱:         サビ'亜科:         珪藻綱:	R R 40	% % %	コケムシ綱 サビ <sup>*</sup> 亜科 珪 藻 綱	: R : R : R	% % %	コケムシ編 サビ <sup>*</sup> 亜科 珪 藻 綱	I : 5 - R I : 5	% % %
層	<ul> <li>浮泥:</li> <li>コケムシ綱:</li> <li>サビ<sup>*</sup>亜科:</li> <li>珪藻綱:</li> </ul>	15 R R 15	% % % %	浮	: 25 : R : R : 25	% % %	浮 泥 コケムシ編 サビ <sup>*</sup> 亜科 珪 藻 綱	: 45  : R  : R  : 45	% % % %

	6回目調査							
	設置期間	平成21年9月17日~	~10月20日					
		(33日間)						
				-				
		爪白A		竜 串 B	5	大 碆 C		
		and the second second						
			2. 10 4.		-	The state of the		
	1 1 2 3		12					
上		the spectrum		1				
		Louis M.						
				1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1. 1	5 . NO .			
		1		· · · · · · ·	B BRANN			
屆	a Kike		S. S. Carle		AND LI COM			
	浮 泥 :	20 %	浮 泥 :	0 %	浮 泥 :	20 %		
	コケムシ綱 :	R %	コケムシ綱:	0 %	コケムシ綱:	R %		
	サビ亜科:	5 %	サビ 亜科:	5 %	サビ 亜科:	R %		
	珪藻綱:	30 %	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	20 %		
	堆積物重量:	$1.9 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.7 \text{ mg/cm}^2$		
<u> </u>	強熱残分:	$1.5 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.5 \text{ mg/cm}^2$		
	1 de la					- T		
	COPY L		1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		A Contraction	Carrier Carrier		
		and the second						
中		a Simstein	16 / Cor	e san an in the	SCAF	14 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		
'		0	S Carrol 2	· • • • •	10 2 20.20	6		
		- 41	1			and the state		
			Contraction of the		No. Constant			
			1 3 5 1		1 1 1 1 1	the state of the		
層	12 VI	10 0/		0.0/		10 0/		
	浮 泥:	10 %	浮 泥:	0 %	浮 泥:	10 %		
	サレ、西利・	R 70	サビーの利・	10 %	コケムシ 綱 :	R %		
	建藻綱:	20 %	建藻綱:	R %	建藻綱:	10 %		
	堆積物重量:	$0.4 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	堆積物重量:	$1.1 \text{ mg/cm}^2$		
	強熱残分:	$0.3 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	強熱残分:	$0.9 \text{ mg/cm}^2$		
	2 657	the states	1			507		
	a hite	all all	1 200 202	AN LOW LAND	-	and the second		
	1 1 1 1	1.1.1.1.1.	A. COM	per ter an		and the second second		
	A. 19 6.			· · ·				
Г	Sec. March	1.200		6.	S. Carlos			
		1.87 6 60				Real Constant		
	1.1.19	1991		A DE REAL OF				
		CI GE LO M				and the second second		
層	10 / 59.60	dist i service i	1					
	浮 泥:	R %	浮 泥:	30 %	浮 泥:	60 %		
	コケムシ綱:	0 %	コケムシ綱:	5 %	コケムシ綱:	0 %		
	サビ 亜科:	10 %	サビ亜科:	5 %	サビ 亜科:	0 %		
	珪藻綱:	R %	珪藻綱:	30 %	珪藻綱:	40 %		
	堆恒物 里重:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	堆積物 里重:	$1.3 \text{ mg/cm}^2$	堆積物 里重:	$21.8 \text{ mg/cm}^{2}$		
I.	エポルアノ	U.I mg/cm	瓦尔汉 刀 .	1.1 mg/cm	コエ ボ クス ノノ ・	10.1 mg/cm		

	設置期間	平成21年	≤9月17日~10	月20日					
		(	(33日間)						
-	1								
	チ	产天 島	1	-	大 碆 5		大 碆 6		
上		0						0	
	浮 泥:	R	%	浮 泥:	R %		浮 泥:	R %	
	コケムシ綱 :	R	%	コケムシ綱 :	R %		コケムシ綱 :	R %	
	サビ 亜科:	5	%	サビ 亜科:	25 %		サビ亜科:	40 %	
	珪藻綱:	R	%	珪藻綱:	R %		珪藻綱:	R %	
	堆積物重量:	0.3 <sub>I</sub>	ng/cm <sup>2</sup>	堆積物重量:	0.2 mg/c	em <sup>2</sup>	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	
	強熱残分:	0.2 I	ng/cm <sup>2</sup>	強熱残分:	0.1 mg/c	em <sup>2</sup>	強熱残分:	$0.0 \text{ mg/cm}^2$	
中層		0			0				J
	浮 泥:	15	%	浮 泥:	R %		浮 泥:	R %	
	コケムシ綱:	R	%	コケムシ綱:	R %		コケムシ綱:	R %	
	サビ 亜科:	5	%	サビ 亜科:	10 %		サビ 亜科:	50 %	
	珪藻綱:	15	%	珪藻綱:	R %	0	珪藻綱:	R %	
	堆積物重量:	0.5 I	ng/cm <sup>2</sup>	堆積物重量:	0.5  mg/c	em <sup>2</sup>	堆積物重量:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	
	强 煭 残 分:	0.4 r	ng/cmĩ	蚀 煭 残 分:	0.4 mg/c	emĩ	强	0.1 mg/cm <sup>2</sup>	
下層		•			đ				
	浮 泥:	R	%	浮 泥:	R %		浮 泥 :	20 %	
	コケムシ綱 :	R	%	コケムシ綱 :	R %		コケムシ綱:	R %	
	サビ亜科:	10	%	サビ亜科:	25 %		サビ 亜科:	10 %	
	珪藻綱:	R	%	珪藻綱:	R %		珪藻綱:	20 %	
	堆積物重量:	0.2 <sub>I</sub>	ng/cm <sup>2</sup>	堆積物重量:	0.9 mg/c	em <sup>2</sup>	堆積物重量:	$0.2 \text{ mg/cm}^2$	
1	強熱残分:	0.1 I	ng/cm <sup>2</sup>	強熱残分:	0.7  mg/c	cm <sup>2</sup>	強熱残分:	$0.1 \text{ mg/cm}^2$	

		6回目調査									
		設置期間	平成21	年9月17日~10	)月20日						
				(33日間)							
Г			十波	7	-	₩ 波	0	目産」の			
			八名	1	-	八名	0	見残し 9			
		(ADDEDITE)	Same Nice	States into			100	-		State of the second	Se.
			1572-			Q	BERING THE	all to			
			and a		1 10 2	5 17 233			神子学	* 79	
		A PART	the in			an state		A States	P. Santa	12 12	
	Ŀ		O			. 0	N 89	学。	W.T.L	A CAR	
					1	1		See.	新代		2
		and the second			A start	8.	3. 3.	- Alaks	at the		
		1 States			State State			8.18	and the second	a torna	5
	_	1 March 1	and the Co	S SEE THE		r 647.50			A. Martin	Man Market	
	層			Sen 27 60 th To 1		A			distant of the second		
		浮 泥:	: 30	· %	浮 泥:	R	%	浮 浙	Ē: 28	» %	
		コクムン桐:	. K	. %	コクムン神:	K –	%	コクムンポ	啊: 1	< % - 0/	
		サビ 亜 科 :	: 10	· %	サビ 亜 科 :	5	%	アビ亜オ	우: : : [	) % - 0/	
		注 凓 桐 :	: 30	· %	庄 凓 桐 :	K	% 2	庄 凓 ⋔ ₩ 種 悔 重	网: 28 □■- 01	) %	
		堆 惧 彻 里 里: 逊 劫 难 八 .	1.1	mg/cm <sup>2</sup>	堆積初里里:	0.2	mg/cm	堆積物里	.里: 2.1 八. 10	mg/cm <sup>-</sup>	
⊢		强热残万:		mg/cm	强熬残刀:	0.2	mg/cm	蚀 熬 残 )	ர: 1.8	mg/cm	
			<b>Paper</b>	Constant of the second	Sugar.	15 - 41	internet	· star			
			32			1.1	All the second		1.32		
			1.80		<b>F</b> 1 1	1.12	Contraction				
	щ		200			8 200		14		and interior	- Al
	Т	at the second	a contraction		and the second		1.1			6. A.S. C.	
				CONTRACTOR IN	and the	4.5	1.1	0		- Participation	
			6 3	Sale Parts			and the second			1 2 2.	10
			-	and a fail me	1000			- 2	ATR I	and the second	-
	困		110Ax	Contraction (				Carlo and	al and a	1000	
		浮 泥 :	20	%	浮泥:	5	%	浮浙	Ē: 2(	) %	
		コケムシ綱:	: R	2 %	コケムシ綱:	R	%	コケムシ糸	圖: F	8 %	
		サビ 亜科:	: 10	) %	サビ 亜科:	10	%	サヒ、亜利	의 ····································	) %	
		珪藻綱:	: 20	) %	珪藻綱:	5	%	珪藻絲	圖: 20	) %	
		堆積物重量:	: 2.2	$mg/cm^2$	堆積物重量:	0.4	$mg/cm^2$	堆積物重	量: 1.2	$mg/cm^2$	
		強熱残分:	: 2.0	$mg/cm^2$	強熱残分:	0.3	$mg/cm^2$	強熱残	分: 1.0	$mg/cm^2$	
					VL	$\sim$		1.1.1	141		
		33	10.00	TANK							
		Share a		7	101 0 0	and the	La Carro			San and the	
					200 (M <sup>a</sup> 6.)	and the	Kelk 2	2051			
	下		6	Provide State			A CARE				
						6 SE					
			A Part				6 N 4 C	100 C	Con Star V		
						1 .	Sec. 1			an of the A	
		L H H	Ser works			un litte	a la				L.,
	層	1 A. 18			11. 18		A AND ANY	and the second			
		浮 泥:	: 35	%	浮 泥:	5	%	浮浙	Ē: 25	5 %	
		コケムシ綱:	: R	%	コケムシ綱 :	R	%	コケムシ糸	阙: F	R %	
		サビ 亜科:	: 5	%	サビ 亜科 :	10	%	サヒ、亜利	작: F	R %	
		珪藻綱:	: 35	%	珪藻綱:	5	%	珪藻絲	岡: 25	5 %	
		堆積物重量:	3.6	$mg/cm^2$	堆積物重量:	0.4	$mg/cm^2$	堆積物重	量: 1.1	$mg/cm^2$	
1		強熱残分:	3.2	$mg/cm^2$	強熱残分:	0.3	$mg/cm^2$	強熱残?	分: 0.9	$mg/cm^2$	
資料 竜串湾内泥土堆積状況詳細調查

# 資料 2-3-1(1) 大碆東海域 底質分布詳細調査結果表(1)

採泥点	採泥量		11	アの	地盤レ	ベル	/		SPSS	備考		
									C(kg/m <sup>3</sup> )			
		上	GL.	0	cm	~	3	cm	547.9	貝殻混じり泥		
A-27	10 cm											
		下	GL.	3	cm	~	10	cm	268.5	泥混じり貝殻		
		上	GL.	0	cm	~	5	cm	209.3	泥混じり砂		
A-26	13 cm											
		下	GL.	5	cm	~	13	cm	163.0	砂(少量泥)		
		Ŀ	GL.	0	cm	~	18	cm	121.9	砂(少量泥)		
A-25	45 cm											
		下	GL.	18	cm	~	45	cm	80.4	コーラル混じり砂		
			GI	0	cm	~	12	cm	149.0	心		
A-24	46 cm	 	GI	12	cm	~	35	cm	197.0			
<u>, , , , , , , , , , , , , , , , , , , </u>		<u>ہ</u>	GI	35	cm	~	46	cm	78.2	コーラル混じり砂		
			GI	00	cm	~	18	cm	46.8			
B-27	67 cm	 	GL.	18	cm	~	40	cm	86.3	小量泥混じり細砂		
0 27		т Т		40		~	67	cm	182.0			
				0	om	~	10	om	60.6			
P-26	60 om	 		10		~	40	om	00.0			
D-20	09 011	<u>म</u> रू		40	0111		40 60	cm	145.0			
				40	Cm	~	10	Cm	145.0			
	<b>E4</b>			10	Cm	~	19 51	Cm	70.0			
B-20	94 cm	++ 		- 19 1	cm	~	51	cm	809.8 500.0			
			GL.	51	cm	~	54	cm	289.0			
5.44			GL.	0	cm	~	12	cm	/3.1			
B-24	55 cm	ー 中 一 一	GL.	12	cm	~	41	cm	/8/.8			
			GL.	41	cm	~	55	cm	90.9	貝殻・コーフル混しり細砂		
		<u> </u>	GL.	0	cm	~	15	cm	565.1	砂泥しり粘土		
H-2/	3/ cm	· 平	GL.	15	cm	~	25	cm	257.6			
		<u>۱</u>	GL.	25	cm	~	37	cm	145.8	貝殻・コーフル混じり細砂		
			GL.	0	cm	~	19	cm	47.0			
I-27	64 cm	<u> 甲</u>	GL.	19	cm	~	32	cm	553.5	粘土混じり砂		
		<u>下</u>	GL.	32	cm	~	64	cm	302.3	細砂(少量泥混じり)		
		Ŀ	GL.	0	cm	~	16	cm	68.5	砂		
G-26	58 cm	中	GL.	16	cm	~	40	cm	186.7			
		下	GL.	40	cm	~	58	cm	457.4	少量泥混じり細砂 		
		Ŀ	GL.	0	cm	~	8	cm	589.6			
H-26	34 cm	中	GL.	8	cm	~	20	cm	667.7	砂混じり泥		
		<u>下</u>	GL.	20	cm	~	34	cm	193.1	貝殻、コーラル混じり泥		
		上	GL.	0	cm	~	10	cm	465.7	泥混じり砂		
I-26	35 cm	中	GL.	10	cm	~	21	cm	630.0	泥		
		下	GL.	21	cm	~	35	cm	238.6	コーラル混じり砂		
		上	GL.	0	cm	~	7	cm	596.0	泥(シルト)		
F-25	31 cm	中	GL.	7	cm	~	17	cm	1113.6	砂混じり泥		
		下	GL.	17	cm	~	31	cm	390.0	コーラル混じり砂		
		上	GL.	0	cm	~	5	cm	559.3	ゴミ混じり泥		
G-25	31 cm	中	GL.	5	cm	~	20	cm	559.3	コーラル混じり泥		
		下	GL.	20	cm	~	31	cm	259.3	貝殻、コーラル混じり砂		
		上	GL.	0	cm	~	5	cm	511.2	泥(シルト)		
H-25	16 cm	Ŧ	0	E			1.0		A10 F	小泪心儿况		
			GL.	0 0	<u>cm</u>	$\frac{\sim}{\sim}$	<u>9</u>	cm	418.0 176.0	119元し9ル  泥混じり砂		
I-25	40 cm	中	GL.	9	cm	~	25	cm	47.5	コーラル混じり砂		
		下	GL.	25	cm	~	40	cm	526.4	貝殻、コーラル混じり砂(少量泥混じり)		
		上	GL.	0	cm	~	12	cm	145.8			
J-25	51 cm	中 - 〒	GL.	12	cm	~	35	cm	845.1	砂混じり泥(不片、ゴミあり)   細辺		
L			GL.	კე	cm	~	51	cm	00.1	和179		

## 資料 2-3-1(2) 大碆東海域 底質分布詳細調査結果表(2)

採泥点	採泥量		11	アの	地盤レベ	ル		SPSS	備考
								$C(kg/m^3)$	
			CI	0		. 5		112.2	シルト決じれか
1-24	11 om	<u> </u>	GL.	0	CIII ···	, <u> </u>	CIII	113.5	フルドルビジャラ
1 24		<b></b>	GL	5		. 11		154.0	ㅋ
				0		· 10	000	2113	
1-24	20			10	000 0	· 10	000	112.2	
0 24				20		× 20	000	173.1	日報 コーラル混じいか
		<u> </u>		<u>20</u>		· 12	000	80.4	
K-24	60 cm		GL.	12		· 20	cm	1066.9	记
		一 下	GI	20	cm <b>^</b>	× 60		114.4	
			GI	0	cm ~	· 2	cm	278.4	シルト混じり砂
I-23	22 cm	- <u>+</u> -			0111	<b>L</b>	UIII	270.4	
1 20		<b>ہ</b>	GI	2	cm 🗢	· 22	cm	87.6	コーラル混じり砂
		<u> </u>	<u>ас.</u>	-	0111		UIII	07.0	
J-23	8 cm	F	GL	0	cm 🔷	, 8	cm	112.4	砂
0 20		-	GE.	Ũ	0111	Ũ	0111		~
		F	GL	0	cm ~	· 13	cm	104.0	砂
K-23	55 cm		GI	13	cm ~	· 33	cm	1843.2	22(粘土)
		下	GL.	33	cm ~	· 55	cm	57.2	見設、コーラル混じり砂
		Ŀ	GL.	0	cm ~	· 9	cm	59.6	砂
M-22	54 cm	中	GL.	9	cm ~	· 28	cm	578.0	砂混じり泥
		下	GL.	28	cm ~	· 54	cm	89.6	細砂
		Ŀ	GL.	0	cm ~	· 33	cm	48.3	砂
M-21	59 cm	中	GL.	33	cm ~	· 40	cm	315.0	砂混じり泥
		下	GL.	40	cm ~	· 59	cm	179.6	砂
		Ŀ	GL.	0	cm ~	· 15	cm	34.2	砂
M-20	58 cm	中	GL.	15	cm ~	· 35	cm	125.4	少量泥混じり砂
		下	GL.	35	cm ~	· 58	cm	79.8	
		Ŀ	GL.	0	cm ~	· 48	cm	48.3	砂
N-22	75 cm	中	GL.	48	cm ~	· 60	cm	449.4	泥混じり砂
		下	GL.	60	cm ~	· 75	cm	73.7	砂
		上	GL.	0	cm ~	· 18	cm	36.4	砂
N-21	64 cm	中	GL.	18	cm 🔷	· 43	cm	559.3	砂混じり泥
		下	GL.	43	cm 🔷	· 64	cm	64.8	砂
		上	GL.	0	cm 🔷	· 30	cm	34.5	砂
N-20	60 cm	中	GL.	30	cm ~	<u> </u>	cm	1113.6	砂混じり泥(粘性あり)
		下	GL.	55	cm 🔷	· 60	cm	81.0	砂
		<u>上</u>	GL.	0	cm 🔷	<u>· 11</u>	cm	50.6	砂
M-15	45 cm								
	<u> </u>	下	GL.	11	cm 🔷	· 45	cm	109.5	黒い砂
		Ŀ	GL.	0	cm ~	· 13	cm	48.7	砂
N-15	73 cm	中	GL.	13	cm ~	<u> </u>	cm	358.3	砂混じり泥
		<u>下</u>	GL.	40	cm 🔷	· 73	cm	46.6	砂
		L L	GL.	0	cm ~	<u> </u>	cm	56.5	
T-13	19 cm	<u>中</u>	GL.	3	cm ~	<u>· 12</u>	cm	112.4	
			GL.	12	cm ົ	• 19	cm	/6.6	貝蔵、コーフル混しり砂
	10		~	~				40.0	
0-13	10 cm		GL.	U	cm ~	· 10	cm	46.8	貝蔵、コーフル混しり砂
		L.	01	^		. 10		100.0	
	75	<u> </u>		10	cm ~	<u>r 12</u>	cm	103.0	199
R-12	/5 cm			12	cm ~	<u>20</u>	cm	114.4	ルルしりゆ
		17		20	<u> </u>	<u>, 20</u>	cm	<u> </u>	砂斑しり泥(50~/5cm砂)    砂泪ド()泥(50~75-m秒)
		<u> ۲∠</u> ⊾		00		· /0	cm		<u>119/18し9/18(30~~/3Cmfy)</u> 万小
S_10	82			0 0 0		. 60	cm	09.9 200 F	か現じけ泥
3-12				<u>20</u>		, 00 , 00	<u>cm</u>	599.0	119/18-09/18
		<u> </u>		00	<u>om</u> -	0 <u>/</u>	0.00	531.0	「小」、コミルビッルと
T_10	52			12		· 13	<u>cm</u>	67.0	₩
' '2				13		, 50	000	358.3	10/11/10/11/11/11/11/11/11/11/11/11/11/1
			GL.	40		JZ	GIII	000.0	
11-12	5 cm	F	GI	Ω		. 5	cm	79.8	石少
		<u> </u>	GL.	v	UIII /	5	GIII	70.0	
<u> </u>		F	GI	0		<i>,</i> 26	cm	36.9	
P-11	69 cm	<u></u> 一 一 一 一	GI	26	cm ~	. 58	 cm	406.0	- ジー
		<u>-</u>	GI	58	cm ~	· 69	cm	52 1	砂

### 資料 2-3-1(3) 大碆東海域 底質分布詳細調査結果表 (3)

採泥点	採泥量			アの	地盤レイ	ベル	/		SPSS	備考
									$C(ka/m^3)$	
		F	CI	0		~	15		10 Kg/ III /	
0 11	70	<u> </u>		15	CIII		57	CIII	40.0	
Q-11	/0 cm			57	CIII		- 37	CIII	63.7	
				0/	cm	~	2	cm	J/./	
					cm	~	3	cm	<u> </u>	ゆりにに
D 11	07	<u> </u>		<u> </u>	cm	~	50	cm	<u> </u>	11711日(北十月11日)
R-11	0 / CM			50	cm	~	07	cm	084.0	小力池しり池(柏工池しり)
				08	cm	~	0/	cm	419.7	
				14	cm	~	14	cm	441.0	本月、本の限定しりル
S_11	70			14	cm	~	40	cm	1807.2	本片、只成ルしりル(柏工)
3-11		<u><u></u><u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u><u></u></u></u>		14	CIII	~	40	CIII	540.9	小月、小の板
				40	CIII	~	70 25	CIII	01.5	
T_11	70	<u>⊢</u>		25	000	~	65	000	202.2	だんにしりゆ
	/9 011	- <del>T</del> -		65	000	~	70	0111	600.2	
		<u> </u>		00	0111	~	13	0.00	62.5	
D_10	76	┝╧		22	000	~	20	000	1774	
				40	000	~	76	0111	124.2	》 記录にしみ
				40 0	000	~	15	000	1721	記録にいか
0-10	83 om			15	om	~	55	000	516.2	
Q IU		<u> 一 下 </u>	GL.	55	cm	~	83	cm	214.4	
				0	cm	~	30	cm	51.1	泥泥じりゆ
R-10	80 cm		GI	30	cm	~	55	cm	330.7	
				55	000	~	<u> </u>	000	644.6	小月、小の12/2019(11/209)
				0	om	~	15	000	53.7	
S-10	78 cm			15	cm	~	40	cm	353.0	砂泥ドり泥
0 10		<u>下</u> 下1	GI	40	cm	~	70	cm	1740 3	本片 木の根 ゴミ混じり泥
		下2	GI	70	cm	~	78	cm	375.0	小川、小の根、コミルしりル
		<u> 12</u>		0	cm	~	53		67.6	
T-10	87 cm		GI	52	cm	~	65	cm	1066.9	
1 10	07 011	一 一 一 一 一 一 一	GI	65	cm	~	87	cm	1540.0	
		F	GI	0	cm	~	9	cm	49.0	心
P-9	78 cm		GI	<u> </u>	cm	~	47	cm	553 5	砂湿  り泥(粘性あり)
	, , , , ,		GI	47	cm	~	78	cm	692.4	砂泥じり泥(粘性あり)
		i i	GI	0	cm	~	17	cm	72.6	砂泥。砂泥、白土、砂、
Q-9	74 cm	中	GL.	17	cm	~	50	cm	58.2	<u>に</u> 泥混じり砂
		<u>۲</u>	GL	50	cm	~	74	cm	161.2	砂混じり泥
		Ŀ	GL.	0	cm	~	31	cm	49.3	
R-9	76 cm		GL.	31	cm	~	57	cm	64.8	砂混じり泥
		下 下	GL.	57	cm	~	76	cm	625.2	
		Ŀ	GL.	0	cm	~	16	cm	55.0	泥混じり砂
S-9	82 cm	中	GL.	16	cm	~	35	cm	393.9	砂混じり泥
		下	GL.	35	cm	~	82	cm	441.6	木片、木の根混じり泥(粘性あり)
		上	GL.	0	cm	~	12	cm	63.0	砂
R-8	77 cm	中	GL.	12	cm	~	52	cm	542.4	砂混じり泥(木片、ゴミあり)
		下	GL.	52	cm	~	77	cm	137.0	砂
		上	GL.	0	cm	~	11	cm	117.5	泥混じり砂
S-8	76 cm	中	GL.	11	cm	~	50	cm	542.4	木片、木の根混じり泥
		<u>下</u>	GL.	50	cm	~	76	cm	602.5	砂混じり泥
		上	GL.	0	cm	~	13	cm	47.9	泥混じり砂
P-5	60 cm	中	GL.	13	cm	~	45	cm	333.0	木片混じり泥(粘性あり)
		<u>下</u>	GL.	45	cm	~	60	cm	49.2	砂
		<u> </u>	GL.	0	cm	~	11	cm	57.8	砂
Q-5	67 cm	中	GL.	11	cm	~	37	cm	526.4	木片、ゴミ混じり泥
		下	GL.	37	cm	~	67	cm	191.7	泥混じり砂
		上	GL.	0	cm	~	15	cm	71.7	泥混じり砂
R-5	78 cm	中	GL.	15	cm	~	45	cm	547.9	木片、木の根混じり泥(粘性あり)
		下	GL.	45	cm	~	78	cm	217.5	泥混じり細砂
		<u> </u>	GL.	0	cm	~	30	cm	41.7	泥混じり砂
S-5	79 cm	中	GL.	30	cm	~	67	cm	154.0	砂混じり泥
	<u> </u>	<u>下</u>	GL.	67	cm	~	79	cm	217.5	泥混じり砂
		<u> </u>	GL.	0	cm	~	35	cm	89.7	泥混じり砂
T-5	81 cm	中	GL.	35	cm	~	55	cm	496.7	砂混じり泥
		一下	GL.	55	cm	~	81	cm	134.2	泥混じり砂

# 資料 2-3-1(4) 大碆東海域 底質分布詳細調査結果表(4)

採泥点	採泥量		1	アの	地盤レ	ベル	/		SPSS	備考
									$C(kg/m^3)$	
			GI	0	cm	~	30	cm	57.8	
P-4	70 cm		GI	30	cm	~	45	cm	77.6	2   2   2   2   2   2   2   2   2
			GI	45		~	70		132.9	
			GI	0	cm	~	27	cm	57.6	泥混じり砂
Q-4	81 cm		GL.	27	cm	~	54	cm	42.0	泥混じり砂
		- -	GI	54	cm	~	81	cm	177.4	泥泥じり砂
			GI	0	cm	~	12	cm	79.3	泥泥じり砂
R-4	79 cm		GL	12	cm	~	45	cm	667.7	木の根混じり泥(粘性あり)
		下	GL.	54	cm	~	79	cm	746.9	砂混じり泥(粘性あり)
		Ŀ	GL.	0	cm	~	7	cm	478.6	砂混じり泥
S-4	81 cm	中	GL.	7	cm	~	55	cm	1143.5	木の根混じり泥(粘土)
		下	GL.	55	cm	~	81	cm	197.0	砂
		上	GL.	0	cm	٢	9	cm	62.5	砂
P-3	78 cm	中	GL.	9	cm	~	53	cm	165.0	泥混じり砂
		下	GL.	53	cm	~	78	cm	166.9	砂
		上	GL.	0	cm	~	15	cm	89.7	泥混じり砂
Q-3	73 cm		GL.	15	cm	~	30	cm	157.5	砂混じり泥
		<u>下</u>	GL.	30	cm	~	73	cm	857.4	砂混じり泥(粘性あり)
			GL.	0	cm	~	26	cm	521.2	砂混じり泥(粘性あり)
R-3	78 cm		GL.	26	cm	~	67	cm	766.8	ゴミ、木片混じり泥(粘性あり)
		<u>下</u>	GL.	67	cm	~	78	cm	692.4	砂混じり泥(粘性あり)
		<u> </u>	GL.	0	cm	~	14	cm	399.5	木の根、木片混じり泥(粘性あり)
S-3	62 cm		GL.	14	cm	~	45	cm	423.2	木片混じり泥
		<u>下</u>	GL.	45	cm	~	62	cm	166.9	砂混じり泥
		<u> </u>	GL.	0	cm	~	20	cm	406.0	木片、ゴミ混じり泥(粘性あり)
P-2	68 cm		GL.	20	cm	~	40	cm	242.5	貝殻、コーラル、砂混じり泥(粘性あり)
			GL.	40	cm	~	68	cm	92.3	貝殻、コーラル混じり細砂
			GL.	0	cm	~	23	cm	202.5	砂混じり泥(粘性あり)
Q-2	70 cm	<u> </u>	GL.	23	cm	~	42	cm	173.1	貝殻、コーフル、細砂混じり泥
			GL.	42	cm	~	/0	cm	306.4	日間、コーフル泥泥しり細砂
	74	<u> </u>	GL.	0	cm	~	23	cm	/3.1	
R-2	/4 cm		GL.	23	cm	~	45	cm	358.3	
			GL.	40	cm	~	/4	cm	1/3.1	一形にしり切
S-2	6 cm	⊢	GI	0	cm	~	6	cm	33.8	
			GL.	Ŭ	om		Ū	0111	00.0	
		F	GI	0	cm	~	13	cm	55.6	泥混じり砂
P-1	83 cm	<u></u> 一 一 一 一	GL.	13	cm	~	55	cm	565.1	<u>泥泥(</u> お性あり)
		 下	GL.	55	cm	~	83	cm	583.3	木片、砂混じり泥
		Ŀ	GL.	0	cm	~	7	cm	577.1	砂混じり泥
Q-1	63 cm	中	GL.	7	cm	~	45	cm	869.6	泥(粘土)
		下	GL.	45	cm	~	63	cm	668.3	貝殻、コーラル混じり泥
		上	GL.	0	cm	~	17	cm	75.1	泥混じり砂
R-1	57 cm	中	GL.	17	cm	~	50	cm	457.4	木片混じり泥
		下	GL.	50	cm	~	57	cm	328.3	貝殻、コーラル、泥混じり粗砂
		上	GL.	0	cm	~	25	cm	130.3	粗砂、貝殻混じり砂
S-1	68 cm		GL.	25	cm	~	50	cm	97.5	砂
		下	GL.	50	cm	~	68	cm	67.7	貝殻混じり砂
T-1	7 cm	上	GL.	0	cm	~	7	cm	77.7	貝殻、礫混じり砂
<b>I</b> .		<u>⊢</u> <u>⊢</u>	GL.	0	cm	~	12	cm	102.3	泥、木片、ゴミ混じり砂
P-0	58 cm		GL.	12	cm	~	40	cm	1155.9	不方、コミ混じり粘土
			GL.	40	cm	~	58	cm	163.0	 
			GL.	0	cm	~	15	cm	91.1	 一 派 に り の し い つ
Q-0	48 cm	<u>⊢</u> ₽	GL.	15	cm	~	33	cm	108.5	砂泥しり泥
			GL.	33	cm	~	48	cm	82.7	ヘロ、コミルしりル
т_0	12	⊢	СI	Δ	<b>~</b>	~	10	<b>~</b>	15.6	
			GL.	U	GIII		12	GIII	13.0	

採泥点		コアの	り地盤	どく	ミノレ		SPSS	備考
							$C(kg/m^3)$	
Q-11	GL.	70	cm	~	100	cm	197.0	砂
	GL.	100	cm	~	130	cm	268.5	砂
R-11	GL.	90	cm	~	120	cm	531.6	砂混じり泥
	GL.	120	cm	~	150	cm	453.4	砂混じり泥
S-11	GL.	80	cm	~	110	cm	220.8	泥混じり砂
	GL.	110	cm	~	140	cm	684.0	泥(粘性有)
P-10	GL.	80	cm	~	110	cm	246.5	砂
	GL.	110	cm	~	140	cm	238.6	砂
Q-10	GL.	90	cm	~	120	cm	441.6	少量泥混じり砂
	GL.	120	cm	~	150	cm	630.0	砂混じり泥
R-10	GL.	90	cm	~	120	cm	426.8	少量泥混じり砂
	GL.	120	cm	~	150	cm	589.6	少量泥混じり砂
S-10	GL.	80	cm	~	110	cm	565.1	少量泥混じり砂
	GL.	110	cm	~	140	cm	465.7	少量泥混じり砂
P-9	GL.	80	cm	~	110	cm	312.6	泥混じり砂
	GL.	110	cm	~	140	cm	416.2	泥混じり砂
Q-9	GL.	80	cm	~	110	cm	283.0	泥混じり砂
R-9	GL.	80	cm	~	110	cm	353.0	泥混じり砂
S-9	GL.	80	cm	~	110	cm	369.3	砂混じり泥
<u> </u>	0	00			110		202.0	小泪诊儿记
3-0		110	cm	~	140	cm	303.9	小月にした
0.5		70	cm	~	140	cm	620.0	小月にした
Q=5		100	cm	~	120	cm	030.0	ににいた
		00	cm	~	110	cm	207.0	に追いいか
R-J	GL.	80	CIII		110	CIII	209.0	ルル化しの物
Q-4	GL.	80	cm	~	110	cm	278.4	泥混じり砂
R-4	GL.	80	cm	~	110	cm	259.3	砂混じり泥
S-4	GL.	80	cm	~	110	cm	474.2	砂混じり泥
	GL	110	cm	~	140	cm	347.8	砂混じり泥
Q-3	GL	80	cm	~	110	cm	419.7	砂混じり泥
R-3	GL.	80	cm	~	110	cm	798.7	泥(粘土)
	GL.	110	cm	~	140	cm	798.7	泥(粘性有)
S-3	GL.	70	cm	~	100	cm	441.6	砂混じり泥(粘性少有)
Q-1	GL.	80	cm	~	110	cm	766.8	少量砂混じり泥

# 資料 2-3-1(5) 大碆東海域 底質分布詳細調査結果表(5)

資料 2-3-2(1) 大碆東海域 柱状採泥試料 (1)



写真1 大碆 A-27 柱状採泥試料



写真3 大碆 A-26 柱状採泥試料



写真5 大碆 A-25 柱状採泥試料



写真7 大碆 A-24 柱状採泥試料



写真 2 大碆 A-27 柱状採泥試料 状態



写真4 大碆 A-26 柱状採泥試料 状態



写真6 大碆 A-25 柱状採泥試料 状態



写真 8 大碆 A-24 柱状採泥試料 状態



写真9 大碆 B-27 柱状採泥試料 状態



写真 11 大碆 B-26 柱状採泥試料



写真 13 大碆 B-25 柱状採泥試料



写真 15 大碆 B-24 柱状採泥試料



写真 10 大碆 B-27 柱状採泥試料 状態



写真 12 大碆 B-26 柱状採泥試料 状態



写真 25 大碆 B-25 柱状採泥試料 状態



写真 16 大碆 B-24 柱状採泥試料 状態



写真 17 大碆 H-27 柱状採泥試料



写真 19 大碆 I-27 柱状採泥試料



写真 18 大碆 H-27 柱状採泥試料 状態



写真 20 大碆 I-27 柱状採泥試料 状態



写真 22 大碆 G-26 柱状採泥試料 状態



写真 24 大碆 H-26 柱状採泥試料 状態



写真 21 大碆 G-26 柱状採泥試料



写真 23 大碆 H-26 柱状採泥試料

資料 2-3-2(4) 大碆東海域 柱状採泥試料(4)



写真 25 大碆 I-26 柱状採泥試料



写真 27 大碆 F-25 柱状採泥試料



写真 26 大碆 I-26 柱状採泥試料 状態



写真 28 大碆 F-25 柱状採泥試料 状態



写真 29 大碆 G-25 柱状採泥試料



写真 31 大碆 H-25 柱状採泥試料 状態



写真 30 大碆 G-25 柱状採泥試料 状態



写真 32 大碆 H-25 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(5) 大碆東海域 柱状採泥試料(5)



写真 33 大碆 I-25 柱状採泥試料



写真 35 大碆 J-25 柱状採泥試料



写真 37 大碆 1-24 柱状採泥試料



写真 39 大碆 J-24 柱状採泥試料



写真 34 大碆 1-25 柱状採泥試料 状態



写真 36 大碆 J-25 柱状採泥試料 状態



写真 38 大碆 I-24 柱状採泥試料 状態



写真 40 大碆 J-24 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(6) 大碆東海域 柱状採泥試料(6)



写真 41 大碆 K-24 柱状採泥試料



写真 43 大碆 1-23 柱状採泥試料



写真 45 大碆 J-23 柱状採泥試料



写真 47 大碆 K-23 柱状採泥試料



写真 42 大碆 K-24 柱状採泥試料 状態



写真 44 大碆 I-23 柱状採泥試料 状態



写真 46 大碆 J-23 柱状採泥試料 状態



写真 48 大碆 K-23 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(7) 大碆東海域 柱状採泥試料(7)



写真 49 大碆 M-22 柱状採泥試料



写真 51 大碆 M-21 柱状採泥試料



写真 53 大碆 M-20 柱状採泥試料



写真 55 大碆 N-22 柱状採泥試料



写真 50 大碆 M-22 柱状採泥試料 状態



写真 52 大碆 M-21 柱状採泥試料 状態



写真 54 大碆 M-20 柱状採泥試料 状態



写真 56 大碆 N-22 柱状採泥試料 状態



写真 57 大碆 N-21 柱状採泥試料



写真 59 大碆 N-20 柱状採泥試料



写真 61 大碆 M-15 柱状採泥試料



写真 63 大碆 N-15 柱状採泥試料



写真 58 大碆 N-21 柱状採泥試料 状態



写真 60 大碆 N-20 柱状採泥試料 状態



写真 62 大碆 M-15 柱状採泥試料 状態



写真 64 大碆 N-15 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(9) 大碆東海域 柱状採泥試料(9)



写真 65 大碆 T-13 柱状採泥試料



写真 67 大碆 U-13 柱状採泥試料



写真 69 大碆 R-12 柱状採泥試料



写真 71 大碆 S-12 柱状採泥試料



写真 66 大碆 T-13 柱状採泥試料 状態



写真 68 大碆 U-13 柱状採泥試料 状態



写真 70 大碆 R-12 柱状採泥試料 状態



写真 72 大碆 S-12 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(10) 大碆東海域 柱状採泥試料(10)



写真 73 大碆 T-12 柱状採泥試料



写真 75 大碆 U-12 柱状採泥試料



写真 77 大碆 P-11 柱状採泥試料



写真 79 大碆 Q-11 柱状採泥試料



写真 74 大碆 T-12 柱状採泥試料 状態



写真 76 大碆 U-12 柱状採泥試料 状態



写真 78 大碆 P-11 柱状採泥試料 状態



写真 80 大碆 Q-11 柱状採泥試料 状態



写真 81 大碆 R-11 柱状採泥試料



写真 83 大碆 S-11 柱状採泥試料



写真 85 大碆 T-11 柱状採泥試料



写真 87 大碆 P-10 柱状採泥試料



写真 82 大碆 R-11 柱状採泥試料 状態



写真 84 大碆 S-11 柱状採泥試料 状態



写真 86 大碆 T-11 柱状採泥試料 状態



写真 88 大碆 P-10 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(12) 大碆東海域 柱状採泥試料(12)



写真 89 大碆 Q-10 柱状採泥試料



写真 91 大碆 R-10 柱状採泥試料



写真 93 大碆 S-10 柱状採泥試料



写真 95 大碆 T-10 柱状採泥試料



写真 90 大碆 0-10 柱状採泥試料 状態



写真 92 大碆 R-10 柱状採泥試料 状態



写真 94 大碆 S-10 柱状採泥試料 状態



写真 96 大碆 T-10 柱状採泥試料 状態



写真 97 大碆 P-9 柱状採泥試料



写真 99 大碆 Q-9 柱状採泥試料



写真 98 大碆 P-8 柱状採泥試料 状態



写真 100 大碆 Q-9 柱状採泥試料 状態



写真 102 大碆 R-9 柱状採泥試料 状態



写真 104 大碆 S-9 柱状採泥試料 状態



写真 101 大碆 R-9 柱状採泥試料



写真 103 大碆 S-9 柱状採泥試料

資料 2-3-2(14) 大碆東海域 柱状採泥試料(14)



写真 105 大碆 R-8 柱状採泥試料



写真 106 大碆 R-8 柱状採泥試料 状態

ERROR

写真 107 大碆 S-8 柱状採泥試料



写真 109 大碆 P-5 柱状採泥試料



写真 111 大碆 Q-5 柱状採泥試料

写真 108 大碆 S-8 柱状採泥試料 状態



写真 110 大碆 P-5 柱状採泥試料 状態



写真 112 大碆 Q-5 柱状採泥試料 状態



写真 113 大碆 R-5 柱状採泥試料



写真 115 大碆 S-5 柱状採泥試料



写真 117 大碆 T-5 柱状採泥試料



写真 119 大碆 P-4 柱状採泥試料



写真 114 大碆 R-5 柱状採泥試料 状態



写真 116 大碆 S-5 柱状採泥試料 状態



写真 118 大碆 T-5 柱状採泥試料 状態



写真 120 大碆 P-4 柱状採泥試料 状態



写真 121 大碆 Q-4 柱状採泥試料



写真 123 大碆 R-4 柱状採泥試料



写真 122 大碆 Q-4 柱状採泥試料 状態



写真 124 大碆 R-4 柱状採泥試料 状態



写真 125 大碆 S-4 柱状採泥試料



写真 127 大碆 P-3 柱状採泥試料



写真 126 大碆 S-4 柱状採泥試料 状態



写真 128 大碆 P-3 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(17) 大碆東海域 柱状採泥試料(17)

![](_page_274_Picture_1.jpeg)

写真 129 大碆 Q-3 柱状採泥試料

![](_page_274_Picture_3.jpeg)

写真 131 大碆 R-3 柱状採泥試料

![](_page_274_Picture_5.jpeg)

写真 133 大碆 S-3 柱状採泥試料

![](_page_274_Picture_7.jpeg)

写真 133 大碆 P-2 柱状採泥試料

![](_page_274_Picture_9.jpeg)

写真 130 大碆 Q-3 柱状採泥試料 状態

![](_page_274_Picture_11.jpeg)

写真 132 大碆 R-3 柱状採泥試料 状態

![](_page_274_Picture_13.jpeg)

写真 134 大碆 S-3 柱状採泥試料 状態

![](_page_274_Picture_15.jpeg)

写真 134 大碆 P-2 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(18) 大碆東海域 柱状採泥試料(18)

![](_page_275_Picture_1.jpeg)

写真 135 大碆 Q-2 柱状採泥試料

![](_page_275_Picture_3.jpeg)

写真 137 大碆 R-2 柱状採泥試料

![](_page_275_Picture_5.jpeg)

写真 139 大碆 S-2 柱状採泥試料

![](_page_275_Picture_7.jpeg)

写真 141 大碆 P-1 柱状採泥試料

![](_page_275_Picture_9.jpeg)

写真 136 大碆 Q-2 柱状採泥試料 状態

![](_page_275_Picture_11.jpeg)

写真 138 大碆 R-2 柱状採泥試料 状態

![](_page_275_Picture_13.jpeg)

写真 140 大碆 S-2 柱状採泥試料 状態

![](_page_275_Picture_15.jpeg)

写真 142 大碆 P-1 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(19) 大碆東海域 柱状採泥試料(19)

![](_page_276_Picture_1.jpeg)

写真 143 大碆 Q-1 柱状採泥試料

![](_page_276_Picture_3.jpeg)

写真 145 大碆 R-1 柱状採泥試料

![](_page_276_Picture_5.jpeg)

写真 147 大碆 S-1 柱状採泥試料

![](_page_276_Picture_7.jpeg)

写真 149 大碆 T-1 柱状採泥試料

![](_page_276_Picture_9.jpeg)

写真 144 大碆 Q-1 柱状採泥試料 状態

![](_page_276_Picture_11.jpeg)

写真 146 大碆 R-1 柱状採泥試料 状態

![](_page_276_Picture_13.jpeg)

写真 148 大碆 S-1 柱状採泥試料 状態

![](_page_276_Picture_15.jpeg)

写真 150 大碆 T-1 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-2(20) 大碆東海域 柱状採泥試料(20)

![](_page_277_Picture_1.jpeg)

写真 151 大碆 P-0 柱状採泥試料

![](_page_277_Picture_3.jpeg)

写真 153 大碆 Q-0 柱状採泥試料

![](_page_277_Picture_5.jpeg)

写真 155 大碆 T-0 柱状採泥試料

![](_page_277_Picture_7.jpeg)

写真 152 大碆 P-0 柱状採泥試料 状態

![](_page_277_Picture_9.jpeg)

写真 154 大碆 Q-0 柱状採泥試料 状態

![](_page_277_Picture_11.jpeg)

写真 156 大碆 T-0 柱状採泥試料 状態

資料 泥土の移動・堆積メカニズムの解明

資料4-1-1(1) SPSS法による底質調査(弁天島周辺) 11月 柱状採泥試料(1)

![](_page_279_Picture_1.jpeg)

写真 1 測点① 柱状採泥試料

![](_page_279_Picture_3.jpeg)

写真 3 測点② 柱状採泥試料

![](_page_279_Picture_5.jpeg)

写真 5 測点③ 柱状採泥試料

![](_page_279_Picture_7.jpeg)

写真 7 測点④ 柱状採泥試料

![](_page_279_Picture_9.jpeg)

写真 2 測点① 柱状採泥試料 状態

![](_page_279_Picture_11.jpeg)

写真 4 測点② 柱状採泥試料 状態

![](_page_279_Picture_13.jpeg)

写真 6 測点③ 柱状採泥試料 状態

![](_page_279_Picture_15.jpeg)

写真 8 測点④ 柱状採泥試料 状態

![](_page_280_Picture_1.jpeg)

写真 9 測点⑤ 柱状採泥試料

![](_page_280_Picture_3.jpeg)

写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料

![](_page_280_Picture_5.jpeg)

写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料

![](_page_280_Picture_7.jpeg)

写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料

![](_page_280_Picture_9.jpeg)

写真 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態

![](_page_280_Picture_11.jpeg)

写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態

![](_page_280_Picture_13.jpeg)

写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態

![](_page_280_Picture_15.jpeg)

写真 16 測点⑧ 柱状採泥試料 状態

### 資料4-1-1(3) SPSS法による底質調査(弁天島周辺) 11月 柱状採泥試料(3)

![](_page_281_Picture_1.jpeg)

写真 17 測点⑨ 柱状採泥試料

![](_page_281_Picture_3.jpeg)

写真 19 測点⑩ 柱状採泥試料

![](_page_281_Picture_5.jpeg)

写真 21 測点① 柱状採泥試料

![](_page_281_Picture_7.jpeg)

写真 23 測点12 柱状採泥試料

![](_page_281_Picture_9.jpeg)

写真 18 測点⑨ 柱状採泥試料 状態

![](_page_281_Picture_11.jpeg)

写真 20 測点⑩ 柱状採泥試料 状態

![](_page_281_Picture_13.jpeg)

写真 22 測点① 柱状採泥試料 状態

![](_page_281_Picture_15.jpeg)

写真 24 測点 ⑫ 柱状採泥試料 状態

資料4-1-1(4) SPSS法による底質調査(弁天島周辺) 11月 柱状採泥試料(4)

![](_page_282_Picture_1.jpeg)

写真 25 測点(13) 柱状採泥試料

![](_page_282_Picture_3.jpeg)

写真 27 測点(4) 柱状採泥試料

![](_page_282_Picture_5.jpeg)

写真 29 測点15 柱状採泥試料

![](_page_282_Picture_7.jpeg)

写真 31 測点16 柱状採泥試料

![](_page_282_Picture_9.jpeg)

写真 26 測点③ 柱状採泥試料 状態

![](_page_282_Picture_11.jpeg)

写真 28 測点⑭ 柱状採泥試料 状態

![](_page_282_Picture_13.jpeg)

写真 30 測点15 柱状採泥試料 状態

![](_page_282_Picture_15.jpeg)

写真 32 測点16 柱状採泥試料 状態

資料4-1-1(5) SPSS法による底質調査(弁天島周辺) 11月 柱状採泥試料(5)

![](_page_283_Picture_1.jpeg)

写真 33 測点① 柱状採泥試料

![](_page_283_Picture_3.jpeg)

写真 35 測点18 柱状採泥試料

![](_page_283_Picture_5.jpeg)

写真 37 測点19 柱状採泥試料

![](_page_283_Picture_7.jpeg)

写真 39 測点20 柱状採泥試料

![](_page_283_Picture_9.jpeg)

写真 34 測点① 柱状採泥試料 状態

![](_page_283_Picture_11.jpeg)

写真 36 測点18 柱状採泥試料 状態

![](_page_283_Picture_13.jpeg)

写真 38 測点⑲ 柱状採泥試料 状態

![](_page_283_Picture_15.jpeg)

写真 40 測点20 柱状採泥試料 状態

### 資料4-1-1(6) SPSS法による底質調査(弁天島周辺) 11月 柱状採泥試料(6)

![](_page_284_Picture_1.jpeg)

写真 41 測点21 柱状採泥試料

![](_page_284_Picture_3.jpeg)

写真 43 測点22 柱状採泥試料

![](_page_284_Picture_5.jpeg)

写真 42 測点21 柱状採泥試料 状態

![](_page_284_Picture_7.jpeg)

写真 44 測点22 柱状採泥試料 状態

#### 資料 4-1-2 濁りの寄与度計算

#### (1) 波浪変形計算概要

浅海域における波の変形としては、地形変化による浅水変形、屈折、構造物等による 反射、回折、及び、波の波形が保たれなくなる砕波現象があり、実際の海域においては これらの現象が相互に発生、干渉し合う。

近年コンピュターの性能が向上したおかげで、これらの現象を種々の波の基礎方程式 系から直接的に解くことができるようになり、以前から確立されていたものを含め様々 なモデルで波の変形を解くことができるようになった。

これらのモデルは大きく屈折系、回折系、屈折・回折系の3つに分類される。屈折系 に代表されるものとしては、波向き線法、エネルギー平衡方程式法がある。回折系には Helmholtz 方程式、高山法がある。屈折・回折系のモデルについては、波の非線形性を 考慮できるかによって、さらに2種に分けられる。非線形性を考慮していないものにつ いては、緩勾配方程式、比定常緩勾配方程式等があり、考慮しているものとしては、非 線形長波方程式、Boussinesg 方程式等がある。

1. E				砕	-	流	_		Ē	†昇領1	或	
<u></u> 人水変形	屈 折	回 折	反 射	波モデル	任 意 水深	れの影響	个規則性	<b></b> 彩 形 性	×	<del>u</del>	狭	備考
O	O	×			0	0	0	Δ	0	0	0	波速に非線形性を含められる
O	O	•	Δ	0	0	0	0	×	0	0	0	
0	0	0	0	×	0	×	0	×			0	領域ごとに一様水深のみ
		Ø	Ø	×	O	×	Ø	×		0	0	ー様水深のみ
O	O	0	0	0	0	0	0	Δ			0	
O	0	0	0	0	0	0		×			0	砕波モデル・境界条件処理が容易
0	O	0	0		O			×			0	
O	O	0	O	0	O		Ø	×			0	
0	O	0	Δ	0	O	0	0	$\triangle$		0	0	
Ô	O	0	O	0	×		O	0			0	極浅海域に限定される
O	O	0	O	0	0	0	Ø	0			0	原方程式は浅海域に限定される
O	0	0	0		0		0	0			0	
		基本	形で適用	可能								
)		応用形	で一般適	<b>i</b> 用可能								
	モデル	ノにより通	適用できれ	ないもの	もある							
7	٦	芯用形で	部分的	適用可能	00							
白	研究	により通	随用できる	る可能性	あり							
(		遃	间不可	能								
	広	深海	から浅緒	毎を含む	程度							
算領域	中	構造	<b>造物周辺</b>	の海域和	呈度							
	狭		湾内	程度								
	水変形 ◎ ◎ ○ ○ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎	水変形 ◎ ◎ ◎ ◎ ○ ◎ ◎ ◎ ○ ○ ○ ◎ ○ ○ ◎ ○ ○ ◎ ○	水変形 ◎ ◎ ◎ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○	水     屈     回     反       ※     折     折     射       ◎     ○     ×     ○       ○     ○     ●     △       ○     ○     ●     △       ○     ○     ●     △       ○     ○     ●     △       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○       ○     ○	水     屈     回     反     ☆       変     折     折     射     デ       ⑦     ○     ×     ●       ○     ○     ●     △     ○       ○     ○     ●     △     ○       ○     ○     ●     △     ○       ○     ○     ○     ○     ×       ○     ○     ○     ○     ×       ○     ○     ○     ○     ×       ○     ○     ○     ○     ×       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○     ○       ○     ○     ○     ○	水         屈         回         反 $\stackrel{\pi}{\tau}$	水         屈         回         反         流         意 $n$ 変         折         折         折         射         ギ         ボ         次         影           ①         〇         ×         ○ <td>水         屈         回         反         流モ         意         ハ         規則           変         折         折         折         射         <math>\hat{r}</math> /td> <td>水         屈         回         反         流         元         規         線形           変         折         折         射         射         中         市         九         次         影         則         形         形         形         形         形         別         形         ボ         次         次         影         則         形         形         形         形         形         別         形         形         形         別         形         別         形         パ         次         別         ド          ビ         (          N         別         N</td> <td><math>\frac{\pi}{2}</math> <math>\frac{\pi}{11}</math> td><math>\frac{R}{2}</math> <math>\frac{R}{11}</math> td><math>\frac{\pi}{2}</math> <math>\frac{\pi}{11}</math> /td></td></td>	水         屈         回         反         流モ         意         ハ         規則           変         折         折         折         射 $\hat{r}$	水         屈         回         反         流         元         規         線形           変         折         折         射         射         中         市         九         次         影         則         形         形         形         形         形         別         形         ボ         次         次         影         則         形         形         形         形         形         別         形         形         形         別         形         別         形         パ         次         別         ド          ビ         (          N         別         N	$\frac{\pi}{2}$ $\frac{\pi}{11}$ <td><math>\frac{R}{2}</math> <math>\frac{R}{11}</math> td><math>\frac{\pi}{2}</math> <math>\frac{\pi}{11}</math> /td></td>	$\frac{R}{2}$ $\frac{R}{11}$ <td><math>\frac{\pi}{2}</math> <math>\frac{\pi}{11}</math> /td>	$\frac{\pi}{2}$ $\frac{\pi}{11}$

表 4-1-1 波浪変形モデル方程式の理論的適用範囲(海岸施設設計便覧、2000)

計符手法	海底勾配	局所的進行波性	有限振幅波	相対水深
前昇于法	$L \nabla h/h$	aexp(i(kx-ot))	H/L,H/h	$(h/L)^{2}$
波向き線法(屈折図法)	1次	仮定する	微小5)	任意
エネルギー平衡方程式	1次	仮定する	微小	任意
Helmholts方程式	0	仮定しない	微小	任意
簡便法(高山法)	0	仮定しない	微小	任意
緩勾配方程式	1次	仮定しない	微小5)	任意
比定常緩勾配方程式	1次	仮定しない	微小	任意
数值波動解析法	1次 <sup>1)</sup>	仮定しない	微小	任意
緩勾配不規則波動方程式	1次	仮定しない	微小	任意
放物型波動波動方程式	1次	仮定する <sup>4)</sup>	微小6)	任意
非線形長波方程式	任意 <sup>2)</sup>	仮定しない	任意	微小(0次)
Boussinesq方程式	任意 <sup>2)</sup>	仮定しない	2次	1次
強非線形分散性波動方程式	任意3)	仮定しない	任意	任意

表 4-1-2 波浪変形モデル方程式における仮定(海岸施設設計便覧、2000)

1) 浅水係数の補正が必要

2) 水深そのものが小さいと仮定されている

3) 流速場の鉛直方向の仮定による

4) 回折効果は入る

5) 流速の計算に有限振幅性を取り入れることは可能

6)有限振幅波を取り入れた方程式も導かれている

## (2) ブシネスクモデル概要

### ①計算モデル 基礎方程式

港研版ブシネスクモデル NOWT-PARI の基礎方程式は水深を場所の関数とした修正ブシ ネスク方程式(Madsen and Sorensen, 1992)である。数値計算は、ADI 法を使用してお り、1回の計算ループが前半及び後半の2段階に分かれている。前半のタイムステップ においては、連続式及びx方向運動量方程式を、後半のタイムステップでは連続式及び y方向の運動量方程式を計算している。

以下に連続式、x 方向運動量方程式、y 方向運動量方程式を示した。

連続式:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} = 0 \tag{4.1.1}$$

x 方向運動量方程式

$$\frac{\partial P}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{P^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{PQ}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - \nu \left( \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} \right) + \frac{f}{2D^2} P \sqrt{P^2 + Q^2} \\ + \sigma(x) \left\{ P - \mu^2 \left[ \left( B + \frac{1}{3} \right) h^2 \left\{ \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial x \partial y} \right\} + \left\{ \frac{h}{6} \frac{\partial h}{\partial x} \left( 2 \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial Q}{\partial y} \right) + \frac{h}{6} \frac{\partial h}{\partial y} \frac{\partial Q}{\partial x} \right\} \right] \right\}$$
(4.1.2)  
$$= \left( B + \frac{1}{3} \right) h^2 \left( \frac{\partial^3 P}{\partial x^2 \partial t} + \frac{\partial^3 Q}{\partial x \partial y \partial t} \right) + Bgh^3 \left( \frac{\partial^3 \eta}{\partial x^3} + \frac{\partial^3 \eta}{\partial x \partial y^2} \right) \\ + h \frac{\partial h}{\partial y} \left( \frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q}{\partial x \partial t} + Bgh \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \right) + h \frac{\partial h}{\partial x} \left\{ \frac{1}{3} \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial t} + \frac{1}{6} \frac{\partial^2 Q}{\partial y \partial t} + 2Bgh \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + Bgh \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right\}$$

y 方向運動量方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{Q^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{PQ}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - v \left( \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right) + \frac{f}{2D^2} Q \sqrt{P^2 + Q^2} \\ + \sigma(y) \left\{ Q - \mu^2 \left[ \left( B + \frac{1}{3} \right) h^2 \left\{ \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right\} + \left\{ \frac{h}{6} \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{h}{6} \frac{\partial h}{\partial y} \left( \frac{\partial P}{\partial x} + 2 \frac{\partial Q}{\partial y} \right) \right\} \right] \right\}$$
(4.1.3)  
$$= \left( B + \frac{1}{3} \right) h^2 \left( \frac{\partial^3 Q}{\partial y^2 \partial t} + \frac{\partial^3 P}{\partial x \partial y \partial t} \right) + Bgh^3 \left( \frac{\partial^3 \eta}{\partial y^3} + \frac{\partial^3 \eta}{\partial x^2 \partial y} \right) \\ + h \frac{\partial h}{\partial x} \left( \frac{1}{6} \frac{\partial^2 P}{\partial y \partial t} + Bgh \frac{\partial^2 \eta}{\partial x \partial y} \right) + h \frac{\partial h}{\partial y} \left\{ \frac{1}{6} \frac{\partial^2 P}{\partial x \partial t} + \frac{1}{3} \frac{\partial^2 Q}{\partial y \partial t} + Bgh \frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2} + 2Bgh \frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2} \right\}$$

ここで、x, yは平面座標、tは時間、 $\eta$ は水位、Pはx方向線流量、Qはy方向線流量、 hは静水深、Dは全水深( $D=h+\eta$ )、fは底面摩擦係数、vは砕波によって生じる乱れに よる運動の混合を表す渦動粘性係数、 $\sigma$ はエネルギー吸収帯の吸収係数である。

(4.1.2)、(4.1.3) 式の左辺第5項は砕波現象による減衰項、第6項はエネルギー減 衰項、第7項は底面摩擦による減衰項を表し、右辺は分散項を表している。また、左辺 第1~4項において0としたものは、津波の計算でよく用いられる、非線形長波方程式と なっている。

#### ②砕波モデル

現在公開されている NOWT-PARI Ver4.6c における砕波の判定は以下の流速波速比に よるものである。

《砕波判定指標》

砕波判定は以下の流速波速比を基に判定する。

・水表面の水粒子速度と波速の比

$$\frac{\sqrt{u_s^2 + v_s^2}}{\sqrt{gh}} \ge \gamma_b \quad and \quad \eta > 0 \qquad (4.1.4)$$

ここで、水表面の水粒子速度は

$$\begin{cases} u_s = u - \left(\frac{D^2}{2} - \frac{h^2}{6}\right) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \\ v_s = v - \left(\frac{D^2}{2} - \frac{h^2}{6}\right) \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \end{cases}$$
(4. 1. 5)

である。
# ③砕波によるエネルギー逸散

砕波による波高減衰は以下の運動量拡散項によって表現した。

·運動量拡散項

$$\begin{cases} \nu \left( \frac{\partial^2 P}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2} \right) \\ \nu \left( \frac{\partial^2 P}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} \right) \end{cases}$$
(4. 1. 6)

上式の渦動粘性係数vは

$$v = \frac{\alpha_D sgd}{\sigma^2} \sqrt{\frac{g}{d} \cdot \frac{\hat{Q} - Q_r}{Q_s - Q_r}}$$
(4.1.7)

$$\Box \Box \heartsuit, \quad Q_s = 0.4 (0.57 + 5.3s) \sqrt{gd^3}, \quad Q_r = 0.135 \sqrt{gd^3}, \quad s = \frac{u_s s_s + v_s s_y}{\sqrt{u_s^2 + v_s^2}} \heartsuit \varnothing \Im_o$$

# ④エネルギー吸収

NOWT-PARI のような数値モデルでは、反無限上の領域を再現することはできず、有限 の範囲内で計算しなければならないため、計算領域の4方は壁に囲まれた状態となりこ れらの反射波の影響で正確な計算結果が得られなくなる。そこで、NOWT-PARIでは計算 領域外周にエネルギー吸収帯(スポンジ層)を設け反射を吸収するようにしている。な お、エネルギー吸収帯の吸収係数 ε は以下の式である。

$$\varepsilon(l) = \frac{\gamma \varepsilon_m}{2(\sinh \gamma - \gamma)} \left[ \cosh\left(\frac{\gamma l}{F}\right) - 1 \right], \quad \varepsilon_m = \theta \times \sqrt{g/h}$$
(4.1.8)

ここで、*I*はエネルギー吸収帯の計算領域境界からの距離、*F*はエネルギー吸収帯の幅、 *L*はエネルギー吸収帯における水に対する有義波周期の波の波長、θはエネルギー吸収 帯の強度を表し、γは3としている。エネルギー吸収帯の幅*F*については計算領域外縁 では1波長分を設定する。



### 図 4-1-1 計算領域概要

⑤入射境界

沖側エネルギー吸収帯内縁より進行波を発生させる。

入射波には標準スペクトルとして、Bretschneider-光易型のスペクトル、方向スペク トルとして合田らが改良した光易型の方向スペクトルを用いた。標準スペクトルは以下 のとおりである。

$$E(f) = 0.257 H_{1/3}^{2} T_{1/3}(T_{1/3}f)^{-5} \exp\{-1.03(T_{1/3}f)^{-4}\}$$
(4.1.9)

*H*<sub>1/3</sub>、*T*<sub>1/3</sub>、*f*はそれぞれ有義波高、有義波周期、周波数である。 方向スペクトルは以下のとおりである。

$$G(f;\theta) = G_0 \cos^{2S}\left(\frac{\theta}{2}\right) \qquad (4.1.10), \ G_0 = \left[\int_{\theta\min}^{\theta\max} \cos^{2S}\left(\frac{\theta}{2}\right) d\theta\right]^{-1} \qquad (4.1.11)$$

$$S = \begin{cases} S_{\max} \cdot (f/f_p)^5 & f \le f_p \\ S_{\max} \cdot (f/f_p)^{-2.5} & f \ge f_p \end{cases}$$
(4.1.12)

 $S_{max}$ は方向集中度パラメータ、 $f_p$ はピーク周波数である。 また、入射波の時間波形は以下のシングルサンメーションにより作成した。  $\eta = \sum_{n=0}^{N_s} a_n \sin(k_n x \cos \theta_n + k_n y \sin \theta_n - 2\pi f_n t + \varepsilon_n)$ (4.1.13)

ここで、添え字のnはn番目の成分波のk(= $2\pi/L$ )、fならびに $\theta$ は、それぞれ成分 波の波数、周波数、波向を示し、 $N_s$ は成分波の総数、tは時間であり、n番目の成分波の 振幅 $a_n$ は以下の式で表せる。

$$a_n = \sqrt{2S(f_n)df_n} \qquad (4.\ 1.\ 14)$$

ここで、 $S(f_n)$ 及び $df_n$ はそれぞれ、n番目の周波数スペクトルとスペクトル幅を表す。 また、 $\varepsilon_n$ はn番目の成分波の位相差で、 $0 \sim 2\pi$ の値をとる一様乱数として与えられる。

また、不規則波形を作成する場合には、上記周波数スペクトルを成分波に分割する際、 エネルギー等分割を採用した。以下にエネルギー等分割をする際の成分波の代表周期を 示した。

$$f_m = \frac{1.007}{T} \left[ \ln \left( \frac{2N_s}{2n-1} \right) \right]^{-1/4}$$
(4.1.15)



図 4-1-2 入射波形 (不規則波)

入射波に関しては、所定の波高が得られるまで波高を線形に増加させる緩和時間を設 けている。この緩和時間や計算の助走期間が十分では無い場合、急激なラジエーション ストレスの増加により、計算領域に大きな長周期振動が生じる恐れがあるので注意が必 要である。

## ⑥部分反射境界

構造物や海浜などの反射を再現するために、構造物前面にスポンジ層を設定すること で構造物等による反射を調整した。

以下に、部分反射境界に用いられている高次型エネルギー減衰項を示した。 x 方向

$$\sigma(x)\left\{P-\mu^{2}\left[\left(B+\frac{1}{3}\right)h^{2}\left\{\frac{\partial^{2}P}{\partial x^{2}}+\frac{\partial^{2}Q}{\partial x\partial y}\right\}+\left\{\frac{h}{6}\frac{\partial h}{\partial x}\left(2\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial y}\right)+\frac{h}{6}\frac{\partial h}{\partial y}\frac{\partial Q}{\partial x}\right\}\right]\right\} \quad (4.\ 1.\ 16)$$

y 方向

$$\sigma(y)\left\{Q-\mu^{2}\left[\left(B+\frac{1}{3}\right)h^{2}\left\{\frac{\partial^{2}P}{\partial x\partial y}+\frac{\partial^{2}Q}{\partial y^{2}}\right\}+\left\{\frac{h}{6}\frac{\partial h}{\partial x}\frac{\partial P}{\partial y}+\frac{h}{6}\frac{\partial h}{\partial y}\left(\frac{\partial P}{\partial x}+2\frac{\partial Q}{\partial y}\right)\right\}\right\}\right\} (4.1.17)$$

ここで、µは水深波長比を表す摂動パラメータであり、分散項の補正係数 B=1/15 である。

上式の第1項は、従来のエネルギー減衰項(*oP*)であり、第2項は圧力分布の補正項 として残された補正項であり、分散項と同じオーダーで運動方程式に作用する。

開境界や海浜などに設定されたスポンジ層における反射率を0とするためには、スポ ンジ層の相対幅 F/L (F:スポンジ層幅、L:波長)を十分長くとればよいが、計算時間 の増大を防ぐためにも最適なスポンジ層の幅Fを知る必要がある。また、入射波条件や、 防波堤や護岸の構造形式に応じた反射率を再現するためには、スポンジ層の幅や強度を 適切に設定する必要がある。 高次型スポンジ層にて部分反射領域を再現するためには、スポンジ層の強度  $\theta \in \theta = 2.0$  と設定し、スポンジ層幅 *F* を調整すればよい。また、所定の反射率を再現するためには、以下の簡易式を用いスポンジ層の幅 *F* を決定する。

$$F = aL \cdot \ln\left(1/Kr + \sqrt{(1/Kr)^2 - 1}\right)$$
(4. 1. 18)

Kr: 反射率、a: 0.2、F: エネルギー吸収帯の幅、L: 水深hにおける代表波周期の波長

なお、標準的な反射率の目安としては、直立護岸 0.9、消波護岸 0.4~0.6(構造による)、 消波ブロック 0.4、岩礁 0.4、傾斜路 0.2、砂浜 0.1 である。

# (2) 海浜流モデル

海浜流の基礎方程式は、海水の連続方程式(保存則)と運動方程式に基づくもので次 式で示される。

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \qquad (4.1.19) \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{S+H}\right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{S+H}\right) \\ &= -g\left(S+H\right) \frac{\partial S}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} - \tau_{bx} + R_x \qquad (4.1.20) \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{S+H}\right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{S+H}\right) \\ &= -g\left(S+H\right) \frac{\partial S}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} - \tau_{by} + R_y \qquad (4.1.21) \\ \vdots \\ \vdots \\ \zeta \\ \zeta \\ M, N : x, y \\ \beta \\ n \\ on \\ m \\ r_{bx}, \tau_{by} : \\ m \\ m \\ k \\ m \\ R_x = \frac{1}{\rho\left(S+H\right)} \left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right), \\ R_y = \frac{1}{\rho\left(S+H\right)} \left(\frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y}\right) \\ S_{xx}, \\ S_{yy}, \\ S_{yx}, \\ S_{yy}, \\ \\ S_{yy}, \\ \\ S_{yy}, \\ S_{yy}, \\ S_{yy}, \\ \\ S_{yy$$

## (3) 粒子追跡条件設定

## ①粒子の投入個数の検討

原点に配置された粒子群は時間の経過に伴い分散し、その分布は理論的には正規分布 となる。角湯ら(冷却水取水に伴い取り込まれる浮遊体の確率的検討、昭和54年8月、 電力中央研究所報告 研究報告:378027)は粒子の投入個数の検証のため、粒子の投入 個数を100個、200個、300個における粒子群分布の正規性を検証した。その結果、100 個でも十分正規分布に近い分布形状を示しており、3次モーメント(歪度)、4次モーメ ント(尖度)ともに 5%の危険率の信頼限界を超えることはほとんど無く、正規分布の 適合性が確認されている。以上のことから、1地点に投入する粒子数は100個とした。

# ②拡散分布の検証

図 4-1-3 に流れの無い場の1 地点に100 個の粒子を投入した時の拡散状況を示した。 拡散係数が 0.5m<sup>2</sup>/s の場合、48 時間目の拡散スケールは半径 166m となり、概ね 48 時間 目に示した拡散半径とマルコフモデルによる粒子の拡散状況は概ね合致した。(図内の 1 メッシュは 25m である。)



図 4-1-3 マルコフモデルの粒子拡散状況

## ③流動場

竜串湾の流れは、「平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査(海域調査)」で明らか になったとおり、潮流及び恒流の流れは微弱であるが、波浪による海浜流が支配的であ った。したがって、濁りの拡散予測に用いる流動場は海浜流を採用した。海浜流は、波 浪が通常時では竜串湾内で濁りの発生はないと判断されることから、高波浪時の海浜流 と設定した。

なお、出水時には三崎川からの河川流が河口域の表層を流れるが、波浪により堆積土 の巻き上げられた濁りが、密度成層した上層の河川流層に入り込むことは考えにくいこ とから、ここでは、河川流は考慮しないものとした。

# ④計算時間

粒子の追跡を計算する計算時間の設定を行なった。今回の予測対象の現象は、波浪に より巻き上げられた堆積土の濁りが、海浜流(波浪による流れ)に流されて拡散する状 況である。海浜流は波浪により生じる流れであることから、波浪の継続時間が海浜流の 継続時間と考えられる。本予測では爪白地区で濁りが生じる波高(有義波高約70cm)を 対象として海浜流予測を行なった。図4-1-4に平成15年度の波浪・濁度調査結果を示し た。これによると、波高70cm以上の継続時間は平均で2日間程度であった。したがって、 粒子の追跡予測の計算時間を2日間(48時間)とした。



図 4-1-4 波高と濁度の経時変化

#### (4) 波浪場の検証(SSW方向、風波)

SSW 方向からのうねりについては、遠奈路川から発生した濁りが弁天島北部の水路部 を通して弁天島東側の海域に影響を与えている結果となった。そこで、この SSW 方向か らの波浪に着目して、周期の短い風波が発達した場合について検討を行った。なお、波 高等の条件は、平成 20 年度の予測と同様に爪白沖で波高 1.45m、周期 8s とした。

うねりと比べると、波浪場は若干弱くなっている。特に、岸に近づくにつれ波浪が減 衰していた。波浪の影響が強い爪白海域では 1~1.5m 程度、弁天島北部~弁天島東側の 海域は 0.5m 以下、竜串海域は 1.0~2.0m、大碆海域は 0.5~1.0m 程度の有義波高であっ た。特に、地形による屈折の効果で、弁天島西側、弁天島南側、竜串西側で波高が増加 していた。

海浜流は、全体的な流れはうねり時とほぼ同じであったが、弁天島北側の水路を抜け る流れが大きくなっていた。

また、遠奈路川河口に粒子を投入し移動経路を調べたところ、うねり時とほぼ同じ拡 散状況だったが、若干、桜浜方面、大碆方面への拡がりはうねりの方が大きかった。



図 4-1-5 SSW 風波時における波高分布



図 4-1-6 SSW 方向からの風波時における海浜流(湾内)



図 4-1-7 SSW 方向からの風波時における海浜流(爪白海域)



図 4-1-8 遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果(SSW 方向からの風波)



図 4-1-9 遠奈路川からの濁り成分移動経路

# 資料 長周期波の検討

## (1) 2008 年観測結果

①調査地点

図 4-2-1 に示す爪白沖の1点に波高計を設置し、調査期間は、2008 年 10 月 9 日~11 月 8 日の1ヶ月間とした。



図 4-2-1 波浪の調査位置

①波浪観測結果

波浪の連続観測により得られた観測データから2時間間隔で波高を算定した。

表 4-2-1 に各周期帯別の長周期波の出現頻度を、図 4-2-2~図 4-2-6 に長周期波高の 経時変化を示した。なお、周波数帯の区分は 30~60s、60~300s、300~600s、600s 以上、 30 秒以上とした。

今回、スペクトル法とゼロアップクロス法により波高の算定を行ったが、通常厳密に 波浪を算定するには 100 波以上の波を対象にゼロアップクロス法などを用いて波浪統計 解析を行う。今回、周期帯が大きくなるに従って、算定波数が 100 波以下となる場合が あった。よって、統計的に精度の低下が考えられたため、後述する波浪変形計算の設定 にはスペクトル法による波高を基に解析を行った。

今回の観測期間における長周期波は、30~60s で約1 cm、60~300s で約1.5cm、300~600s で約3 cm、600s 以上で5cm であり、30 秒以上の全周期帯では6cm 程度の長周期波が 来襲しており、比較的周期が長い波が発達していることになる。これは、波群と共に来 襲する数十秒の長周期成分よりも、気象によって引き起こされる、比較的長い周期成分 をもつ波のほうが大きくなったためと考えられる。

また、頻度分布をみても、30s 以上の周波数帯において 1~10cm 程度の長周期波が卓 越していた。

周波数带		30~60s		60~300s		300~600s		600s以上		30s以上	
		観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
波高階級(凹)	$0 \sim 1$	173	47.0%	53	14.4%	1	0.3%	0	0.0%	0	0.0%
	$1 \sim 5$	195	53.0%	315	85.6%	340	92.4%	221	60.1%	159	43.2%
	$5 \sim 10$	0	0.0%	0	0.0%	27	7.3%	133	36.1%	182	49.5%
	$10 \sim 20$	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	14	3.8%	25	6.8%
	$20 \sim 50$	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.5%
	$50\sim$	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
全観測										368	
平均值 (cm)			1.1		1.4		2.7		5.0		6.1

# 表 4-2-1 爪白観測点における長周期波出現頻度



## 図 4-2-2 30s≦T<60sの波高



# 図 4-2-3 60s≦T<300sの波高



図 4-2-4 300s≦T<600sの波高





図 4-2-6 30s≦Tの波高

②気象・海象条件との比較

長周期波の発生要因には、前述の通り沖合の低気圧により海面が吸い上げられ発生す る場合がある。そこで、過去の天気図との比較を行い、観測期間に来襲した長周期波の 発生要因を調べた。

高知県付近を通過した低気圧は、10月1日~2日、10月6日~8日、10月14日、10月23日~24日、10月31日~11月1日、11月3日、11月7日~8日、11月10日~13日(沖合を熱帯低気圧が通過)であった。

そこで、観測された長周期波と低気圧通過期間を比較した結果(図 3-2-7)、低気圧通 過時に長周期波高のピークを迎えていることがわかった。これは、他の周期帯でもみら れたが、周期帯が比較的短くなる 30s≦T<300sでは、短周期波の影響が強くなる 10 月 18日~24日(図中点線部内)で前後の観測結果に比べ、長周期波の波高が大きくなって いた。この原因としては、高波浪時の波群によって長周期波成分が増幅されたためと考 えられる。



図 4-2-7 長周期波と低気圧との比較

# (2) 2009 年観測結果

以下に、長周期波の通常時、発達時、ピーク時、減衰時における長周期波形、及び流 況結果を示す。

①通常時(2009/9/15 0:51~2:51)



図 4-2-8 長周期変動波形 (通常時)



図 4-2-9 長周期変動流速 (通常時、30~600s)

②発達時(2009/9/18 20:51~22:51)



図 4-2-10 長周期変動波形 (発達時)



図 4-2-11 長周期変動流速(発達時、30~600s)



③ピーク時(2009/9/19 8:51~10:51)

図 4-2-12 長周期変動波形 (ピーク時)



図 4-2-13 長周期変動流速 (ピーク時、30~600s)











図 4-2-15 長周期変動流速(減衰時、30~600s)

⑤流況観測

長周期波の流況観測結果を基にスペクトルを描き、卓越周期を調べた。

図 4-2-16、図 4-2-17 に長周期波の通常時、発達時、ピーク時、減衰時における東方 成分流速、北方成分流速のスペクトルを示す。

東方成分の流れは、ほぼ風波、うねり成分に左右されており、長周期波が発達するに つれて 60s、180s、600sの流速成分が卓越していた。

南北成分の流れは、風波、うねり成分のエネルギーが減少しており、特に、長周期の 発達~ピークにかけて長周期波側のエネルギーが大きくなっていることから、長周期波 が南北方向の流れに影響を与えていることが分った。



図 4-2-16 東方成分流速スペクトル



図 4-2-17 北方成分流速スペクトル

## (3) 長周期波による泥土拡散予測

大碆海域における観測結果より、30~300sの長周期波浪が発達する時に濁りが生じや すいことが分った。特に、30~60sの長周期波浪との相関が良く、長周期波による濁り の巻き上げが生じている可能性が考えられる。

ここでは、長周期波浪によって巻き上げられた濁りの拡散状況を検討した。

検討においては、長周期波の波浪変形を行うブシネスクモデル中に、粒子の移動を調 べる粒子追跡モデルを組み込み、長周期波の流れの影響を調べた。また、長周期波によ る往復運動を考慮するために、計算時間ステップ毎に粒子の移動経路を判定し、質量輸 送の効果を取り入れている。

検討条件は、「3.2.2 竜串湾における長周期波の把握」において示した表 4-2-3 の条件に加え、粒子の拡散係数を 1.0×10<sup>4</sup>cm<sup>2</sup>/s と設定した。また、長周期波の周期帯を濁りとの相関が高い 30~60s で計算した。計算に使用した入力スペクトル形状は図 4-2-18 に示した観測スペクトルから 30~60s の成分のみを抽出した。図 4-2-19 に、30~60s の周期帯における長周期波高分布を示す。なお、計算においては大碆海域の長周期波高が約 17cm となるように入射時のスペクトルを調整している。波高分布の傾向は、30~300s での計算結果とほぼ同じであり、三崎川河口部では 30cm 以上の長周期波高が生じていた。

粒子投入地点は、長周期波浪の影響が大きい大碆海域とした。図 4-2-20、図 4-2-21 に粒子投入 1~24 時間後の拡散状況を示す。

大碆海域に投入した粒子は、長周期波浪の流れで徐々に竜串海域、見残し方面へと拡 散していた。うねりの場合は、三崎川河口域に粒子が溜まりやすかったが、長周期波浪 の場合は三崎川河口への拡散はあまりみられなかった。また、竜串海域方面への拡がり が大きい傾向にあった。一部の粒子は、竜串西海域へと運ばれていた。しかし、うねり などの短周期成分と比べると、粒子の拡がり方は小さい結果となった。



図 4-2-19 長周期波高分布 (30~60s)



図 4-2-20 長周期波による泥土拡散状況(投入開始 1~12 時間後)





資料 三崎川河口域における健全な海域環境の検討

## (1) 基礎方程式(LES モデル)

三崎川からの出水時の状況を3次元のLES (Large Eddy Simulation)を用い解析を行った。以下に本モデルの特徴を示した。

# ①運動方程式及び連続の式

x方向、y方向及びz方向の運動方程式はx軸を水平な基準面にとり、y軸及びz軸 を、それぞれ横断方向及び基準面より鉛直上向きにとると次式で与えられる。(図 4-3-1)

$$\frac{Du}{Dt} = -\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left[ \frac{\partial}{\partial x} \left( \tau_{xx} - \frac{2}{3}K_G \right) + \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z} \right]$$
(4.3.1)

$$\frac{Dv}{Dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left[ \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \left( \tau_{yy} - \frac{2}{3} K_G \right) + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z} \right]$$
(4.3.2)

ここに、

$$\frac{D}{Dt} \equiv \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial x} + v \frac{\partial}{\partial y} + w \frac{\partial}{\partial z}$$
(4.3.3)

*t*は時間、*u*、*v*及び*w*は、それぞれ*x*方向、*y*方向及び*z*方向の流速成分、*g*は重力 加速度、*p*は圧力、*p*は流体の密度、 $\tau_{xx}$ 、 $\tau_{yx}$ 、 $\tau_{zx}$ 、 $\tau_{xy}$ 、 $\tau_{yy}$ 、 $\tau_{zy}$ 及び $\tau_{xz}$ は Reynolds 応力である。



図 4-3-1 数値モデルの座標系

浅水近似を適用すると、鉛直方向の運動方程式は静水圧近似に帰着する。

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \tag{4.3.4}$$

Reynolds 応力はテンソル表示すると以下のように表される。

$$\frac{\tau_{ji}}{\rho} = \left(\nu + \nu_i\right) \left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i} + \frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)$$
(4.3.5)

ここに、レは動粘性係数である。

また、 $\nu_t$ は SGS (subgrid-scale)の渦動粘性係数であり、次式で与えられる<sup>1)</sup>。

$$\boldsymbol{v}_{t} = \left(\boldsymbol{c}_{s}\Delta\right)^{2} \left[ \left(\frac{\partial \boldsymbol{u}_{j}}{\partial \boldsymbol{x}_{i}} + \frac{\partial \boldsymbol{u}_{i}}{\partial \boldsymbol{x}_{j}}\right) \frac{\partial \boldsymbol{u}_{j}}{\partial \boldsymbol{x}_{i}} \right]^{\frac{1}{2}}$$
(4.3.6)

ここに、 $c_s$ は Smagorinsky 定数、 $\Delta = (\Delta x \cdot \Delta y \cdot \Delta z)^{1/3}$ 、 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ 及び $\Delta z$ は、それぞ

hx、y及びz方向の格子間隔である。

さらに、 $K_G$ は SGS の乱流エネルギーであり、次式で与えられる<sup>2)</sup>。

$$K_G = \left(\frac{v_t}{c_m \Delta}\right)^2 \tag{4.3.7}$$

ここに、 $c_m$ はモデル定数 ( $c_m$ =0.094) である。

また、連続の式は次式で与えられる。

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$
(4.3.8)

## ②水面形の方程式

水面形の方程式は連続の式を底面から水面まで積分して、次式のように与えられる。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \int_{z_b}^{\xi} u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{z_b}^{\xi} v dz = 0$$
(4.3.9)

# ③塩分保存式

塩分保存式は、以下のように表される。

$$\frac{DS}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial S}{\partial z} \right)$$
(4.3.10)

ここに、Sは塩分、 $K_x$ 、 $K_y$ 及び $K_z$ は、それぞれx、y及びz方向の乱流拡散係数である。

## ④ 圧力と状態方程式

淡水と塩水が混合した場合、式(4.3.4)を鉛直方向に積分すると、圧力及び状態方程式 は以下のように表される。

$$p = \rho_f g(\xi - z) + \beta g \int_{z_b}^{\xi} S dz$$
  

$$\beta = \rho_f (\rho_s - \rho_f) / \rho_f$$
  

$$\rho = \rho_f + \beta S$$
(4.3.11)

ここに、 $\rho_f$ は淡水の密度、 $\rho_s$ は海水の密度である。

## ⑤濁水の拡散方程式

濁水の挙動は、物質の沈降を考慮した乱流拡散方程式を用いる。

$$\frac{DC}{Dt} = w_0 \frac{\partial C}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x} \left( K_x \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_y \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( K_z \frac{\partial C}{\partial z} \right)$$
(4.3.12)

ここに、Cは濁水の濃度、woは物質の沈降速度である。

# (2) 座標変換及び変数変換

自由水面の時空間的変動や水路床の空間的変化のため、対象とする数値解析領域は必ずしも直方体ではない。解析対象領域を直方体として取り扱うと、境界における取り扱いが容易になり、領域内の流れ場をうまく記述するのに好都合である。そこで、Jametらの座標変換の方法<sup>3)</sup>を若干修正し、以下のような座標変換を行った。

図 4-3-2 のような物理座標において次式のような座標変換を行った。

$$z' = (z - z_b)f_b(x, y, t) , \qquad f_b(x, y, t) = \frac{1}{\xi(x, y, t) - z_b(x, y, t)}$$
(4.3.13)

式(4.3.13)の座標変換は、変数(*x*, *y*, *z*, *t*)を(*x*, *y*, *z*', *t*)に変換するものであった。 式(4.3.13)の変換を図 4-3-3 に対して行うと、次式を得た。

z'=0 (水路床), z'=1 (自由水面) (4.3.14) すなわち、図 4-3-2 のような物理座標は、図 4-3-3 のような計算座標に変換される。 座標変換によると従属変数が(x, y, z, t)から(x, y, z', t)に変わる。この場合、座標によ る微分は以下のようになった。

$$\frac{\partial}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial t} + F_1 \frac{\partial}{\partial z'}$$

$$\frac{\partial}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} + F_2 \frac{\partial}{\partial z'}$$

$$\frac{\partial}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial y} + F_3 \frac{\partial}{\partial z'}$$

$$\frac{\partial}{\partial z} = F_4 \frac{\partial}{\partial z'}$$
(4. 3. 15)

なお、 $F_1$ 、 $F_2$ 、 $F_3$ 及び $F_4$ は、それぞれ次式のように表される。

$$F_{1} \equiv \frac{z'}{f_{b}} \frac{\partial f_{b}}{\partial t} - f_{b} \frac{\partial z_{b}}{\partial t}$$

$$F_{2} \equiv \frac{z'}{f_{b}} \frac{\partial f_{b}}{\partial t} - f_{b} \frac{\partial z_{b}}{\partial x}$$

$$F_{3} \equiv \frac{z'}{f_{b}} \frac{\partial f_{b}}{\partial t} - f_{b} \frac{\partial z_{b}}{\partial y}$$

$$F_{4} \equiv f_{b}$$

$$(4.3.16)$$



図 4-3-2 物理座標



図 4-3-3 計算座標

### (3) 初期条件及び境界条件

初期条件は、静水状態とした。基礎方程式に対して以下のような境界条件を設定した。 (**①流入境界** 

流入境界においては、流速分布は次式で表す対数則分布を仮定した。

$$u = u_{\xi} \left[ \ln \left\{ \frac{z - z_b}{\xi - z_b} (e - 1) + 1 \right\} \right]$$

$$v = w = 0$$

$$(4.3.17)$$

ここに、 $u_{\xi}$ は水面におけるx方向の流速成分、eは自然対数の底である。

上流境界においては流量を与え、非線形浅水方程式を用いて水深と断面平均流速を特 性曲線法によって求めた。

式(4.3.17)を水深方向に積分し平均すると、平均流速、*u* と水面での流速、*u<sub>ξ</sub>*との関係は次式のようになった。

$$\frac{\overline{u}}{u_{\scriptscriptstyle F}} = \frac{1}{e-1} \tag{4.3.18}$$

特性曲線法によって求めた断面平均流速と式(4.3.18)中の*ū*を等しいとすると、流速 分布が決定される。

$$\begin{array}{c}
S = 0 \\
C = C_0
\end{array}$$

$$(4. 3. 19)$$

ここに、 $C_0$ は任意の濁水濃度である。

# ②流出境界

流出境界においては、水位及び流速の物理量 Fには Sommerfeld の放射条件を課す。

$$\frac{\partial F}{\partial t} + c_x \frac{\partial F}{\partial x} + c_y \frac{\partial F}{\partial y} = 0$$

$$S = S_0$$
(4. 3. 20)

ここに、 $c_x$ 及び $c_y$ はx及びy方向の波速、 $S_0$ は海水の塩分(35psu)である。

## ③側方境界

側方境界のうち開境界では式(4.3.20)の Sommerfeld の放射条件を課す。一方、陸地は 以下の境界条件を課す。

$$u = v = w = 0 \tag{4.3.21}$$

# (4) 現況地形による検討

現況地形による地形において、通常流量時、豊水流量時、洪水流量時の懸濁濃度の拡がりについて検討を行った。

	流量 (m <sup>3</sup> /s)	SS 負荷量(kg/s)
通常時	1.61 (平水流量)	4.65 $\times 10^{-3}$
豊水時	2.93 (豊水流量)	$11.29 \times 10^{-3}$
洪水時	81.6(50年確率流量)	244.8

表 4-3-1 SS 負荷量

①通常時(平水流量1.61m<sup>3</sup>/s)

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間の海面(図 4-3-4)及び海底(図 4-3-5) における懸濁物質濃度分布を示した。なお、懸濁物質濃度は、河川流入部の懸濁物質濃 度で正規化した。

河川の流量及び濁水の濃度は、それぞれ豊水流量の約55%及び約75%であった。河川 流量が少ないこともあって、移流による濁水の東西方向への広がりは小さい。また、三 崎漁港内への濁水の流入も小さい。



図 4-3-4 懸濁物質濃度分布 (通常時、海面)



図 4-3-5 懸濁物質濃度分布 (通常時、海面)
②豊水流量時(Q=2.93m<sup>3</sup>/s)

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間の海面(図 4-3-6)及び海底(図 4-3-7) における懸濁物質濃度分布を示した。なお、懸濁物質濃度は、河川流入部の懸濁物質濃 度で正規化した。

懸濁物質は三崎川を出た後、導流堤の影響を受け、湾の東側陸上部に沿って拡散して いた。



図 4-3-6 懸濁物質濃度分布 (豊水時、海面)



図 4-3-7 懸濁物質濃度分布 (豊水時、海底)

③洪水流量時(81.6m<sup>3</sup>/s)

2003年の海岸形状に基づき三崎川からの流量を 81.6m<sup>3</sup>/s、負荷量を 244.8kg/s とした 計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間の海面(図 4-3-8)及び海底(図 4-3-9) における懸濁物質濃度分布を示す。なお、懸濁物質濃度は、河川流入部の懸濁物質濃度 (C<sub>0</sub>=3000ppm)で正規化している。

海面及び海底とも計算開始4時間後には等濃度線が大碆近傍にまで拡がり、時間の経 過とともに見残しおよび桜浜方向に拡がっている。なお、海底における等濃度線の拡が りは海面におけるものよりも遅い。三崎川からの流量が豊水流量(Q=2.97m<sup>3</sup>/s)の場合 と比較すると、濁水は、かなり速くかつ広範囲に拡がっている。



図 4-3-8 懸濁物質濃度分布 (洪水時、海面)



図 4-3-9 懸濁物質濃度分布 (洪水時、海底)

## (5) 岩礁除去時の波浪場の検討

三崎川河口地形の改変効果をみるために河口域に存在する岩礁を除去した濁りの拡散 予測を検討した。検討の結果、濁りの拡散において障害物が無くなったため、竜串海域 方面への拡散範囲が拡がる結果となった。

大碆海域は、点在する岩礁の効果で波浪が遮蔽されている海域である。そのため、岩 礁を除去することで、海域の波浪場が変化することが予想される。

以下に、岩礁を除去した場合の波高、海浜流の計算結果を示す。計算条件は、大碆海 域に最も影響がある波向き SSW 方向からのうねりが来襲した場合の条件(3.1.2 濁りの 寄与度計算参照)とした。

計算の結果、岩礁を除去したことで三崎川河口域は波高 0.5~1.0m 程度の分布になり、 波浪の影響で泥土が溜まりにくくなると考えられる。また、海浜流は、岩礁を除去する ことで大碆海域の流れが全体的に速くなっていた。三崎川河口においても 10cm/s 程度の 流れがみられた。



図 4-3-10 岩礁除去時の波浪場(SSW 方向からのうねり時)



## 参考文献

- 1) 大宮司久明・三宅 裕・吉澤 徴: 乱流の数値流体力学-モデルと計算法,東京大学出版 会, pp. 276-277, 1998.
- 2)藤田一郎・神田 徹・河村三郎・矢野芳広・森田卓光:高速度ビデオカメラを用いた用水路凹 部流れの画像解析とLESによる数値解析,水工学論文集,第37巻, pp.481-486, 1993.
- Jamet, P., Lascaux, P. and Raviart, D.A.: Une méthode de résolution numérique des équations de Navier-Stokes, Num. Math. 16, Springer-Verlag, 1970.