平成 20 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 21 年 3 月

中国四国地方環境事務所

目　　次

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　平成18、19年度泥土除去工事評価(実証試験)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----------2-1-23

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 ----------2-2-10

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

2.4　弁天島・大碆・見残しにおける泥土のモニタリング ----------2-4-1

2.5　竜串湾におけるSPSS値の検討調査 ----------2-5-1

2.6　泥土の移動・堆積メカニズムの解明（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域）--2-6-1

2.6.1　流況調査 ----------2-6-3

2.6.2　濁度調査 ----------2-6-4

2.6.3　波高観測 ----------2-6-4

2.6.4　SPSSによる底質調査----------2-6-9

2.6.5　濁りの寄与度計算 ----------2-6-11

2.6.6　泥土の移動・堆積メカニズムの解明 ----------2-6-29

第３章　検討業務

3.1　竜串湾における長周期波の影響把握 ----------3-1-1

3.1.1　竜串湾における長周期波の把握 ----------3-1-1

3.1.2　竜串湾における長周期波の影響 ----------3-1-18

3.2　三崎川河口域における健全な海域環境の検討 ----------3-2-1

3.2.1　予測 ----------3-2-1

第１章　総　論

1.1　適　用

本報告書は、平成 20 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および結果等を記すものである。

1.2　業務名

平成 20 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 20 年 8 月　4 日

至　平成 21 年 3 月 30 日

1.4　業務目的

本業務は、竜串自然再生の一環として、平成 18 年度、平成 19 年度に実施された泥土除去の評価モニタリングを行うと共に今後の竜串自然再生事業における実施計画作成に必要な情報収集および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」が基本理念のひとつに挙げられ、事業後の自然再生状況を監視し、その結果を実施計画等へ反映させる順応的管理が必要とされる。しかし、自然再生事業における順応的管理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、またその結果を事業計画にフィードバックするプロセス等、検討課題は多い。

本業務では平成 18 年度、平成 19 年度に泥土除去が実施された大碆東海域、弁天島東海域において工事評価の為のモニタリング調査を実施すると共に、竜串湾における長期モニタリング調査、また底質分布詳細調査を実施し竜串湾の濁り環境等についてのデータ収集等を行い、自然再生状況について把握する。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、およ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。

以上の一連の調査および検討により、竜串自然再生事業実施計画に反映する情報を取りまとめることを目的とする。

第２章　調査業務

2.1　平成 18、19 年度泥土除去工事評価(実証試験)のためのモニタリング調査

本調査は、平成 18、19 年度に大塘東工区、弁天島東工区で実施した泥土除去工事の工事評価の為のモニタリング調査を実施し、加えて今後のモニタリング手法の構築を行うものである。

2.1.1　濁度計による連続測定

1)目的

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して、濁度計による濁度の連続測定を行った。

2)実施内容

(1)調査地点

調査点は、図 2-1-1 に示す「大塘」の 1 点(St.C)とした。同調査点は大塘東工区に隣接する海中公園 3 号地内にあり、平成 18 年度及び平成 19 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。

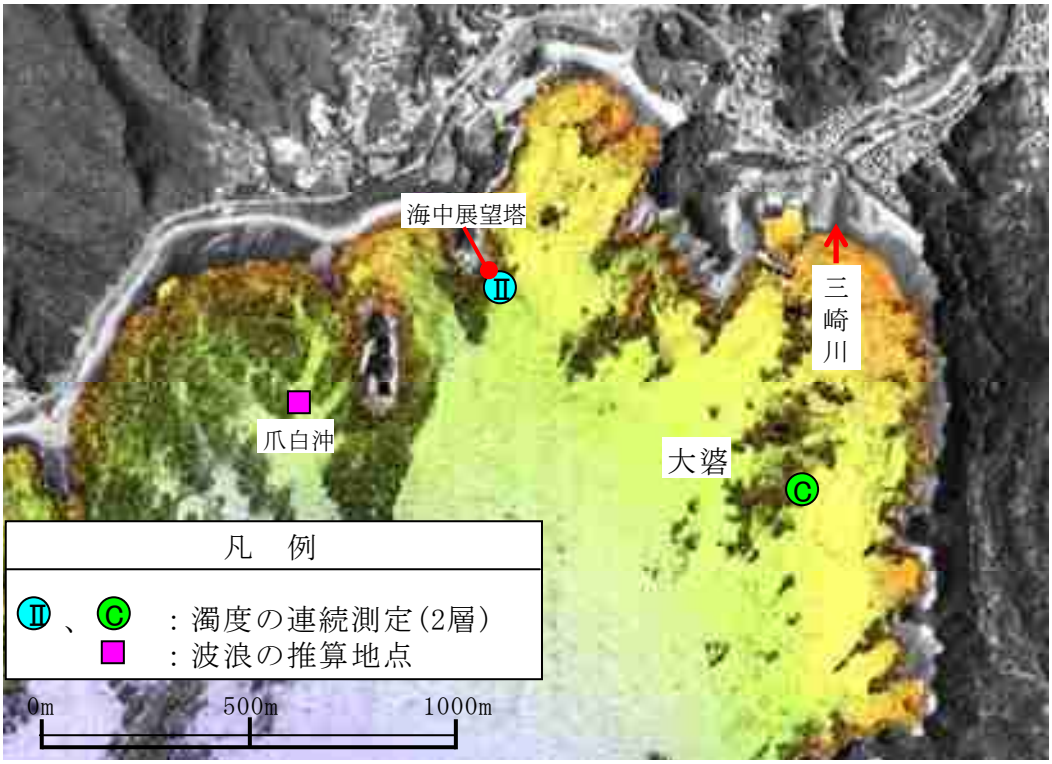


図 2-1-1　調査点位置

(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、測器の点検は2週間に1回の頻度で行った。なお、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)。

表2-1-1　濁度計の仕様

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2-1-2　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。

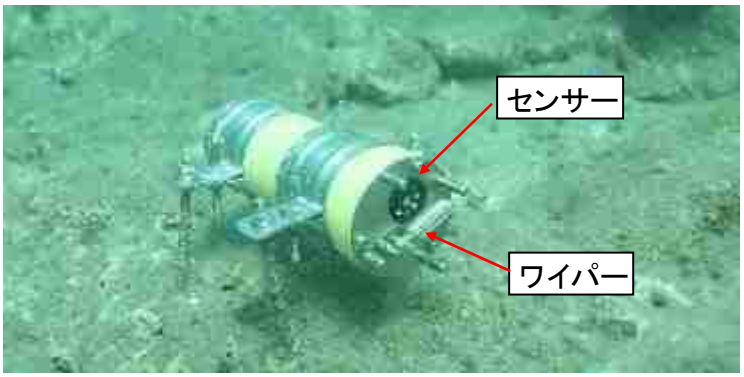


写真2-1-1　濁度計の設置状況

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。

$$H_T = 0.68 H_K \quad (R=0.87) \quad (1)$$

図 2-1-2　NOWPHAS の高知地点位置

③海中展望塔の透視度

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

三崎川及び三崎側支流の西の川の 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 20 年 8 月 25 日（測器の設置日）～平成 21 年 3 月 27 日（測器の撤去日）であった。調査工程を表 2-1-3 に示した。

表 2-1-3　調査工程

年	月	日	調査内容
H20	8	25	測器設置
	9	7	点検
	9	27	点検・データ回収
	10	8	点検
	10	24	点検・データ回収
	11	9	点検
	11	29	点検・データ回収
	12	9	点検
	12	22	点検・データ回収
H21	1	10	点検
	1	23	点検・データ回収
	2	6	点検
	2	25	点検・データ回収
	3	10	点検
	3	27	測器撤去

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 8 月 25 日から全期間を通して平穏な日が多くを占めた。濁度の結果によると、泥土の巻き上がりが見られるのは月に 1～3 回程度であり、その継続時間は 1～3 日程度であった。大きく波浪が発達したのは台風 13 号が接近した 9 月 19 日頃と、春の嵐が発達した 2 月 13、20、23 日及び 3 月 13、22 日頃であり、波高は 2～3m のレベルであった。

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 28～37%、秋季に 17～20%、冬季に 6～11%であるの対し、本年度は、夏季に 13%、秋季に 11%、冬季に 9%であり、台風の接近数が少なかったことなどの影響を受けて発達した波浪の出現が少ない年であった。

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

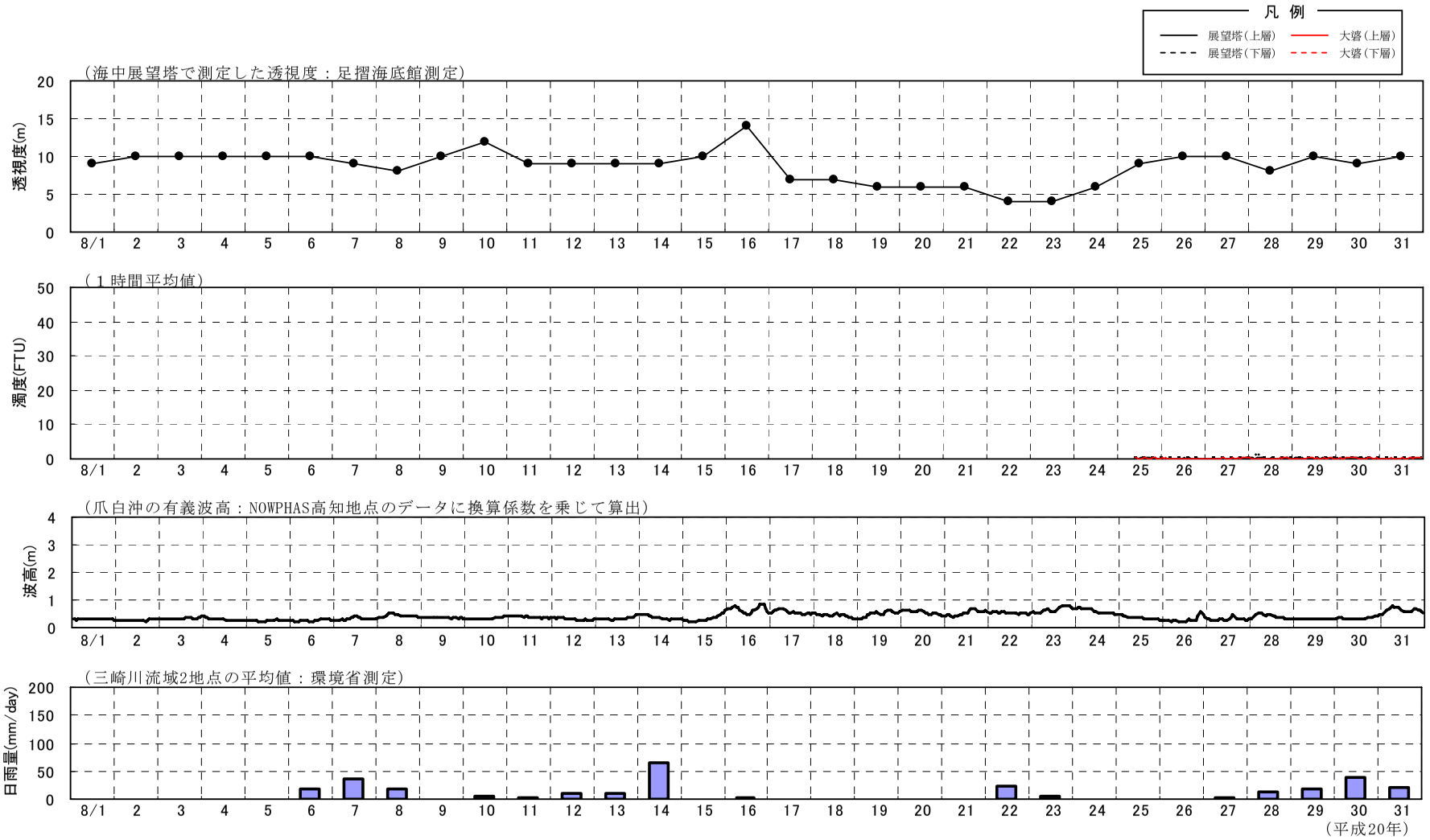


図2-1-3(1)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（8月）

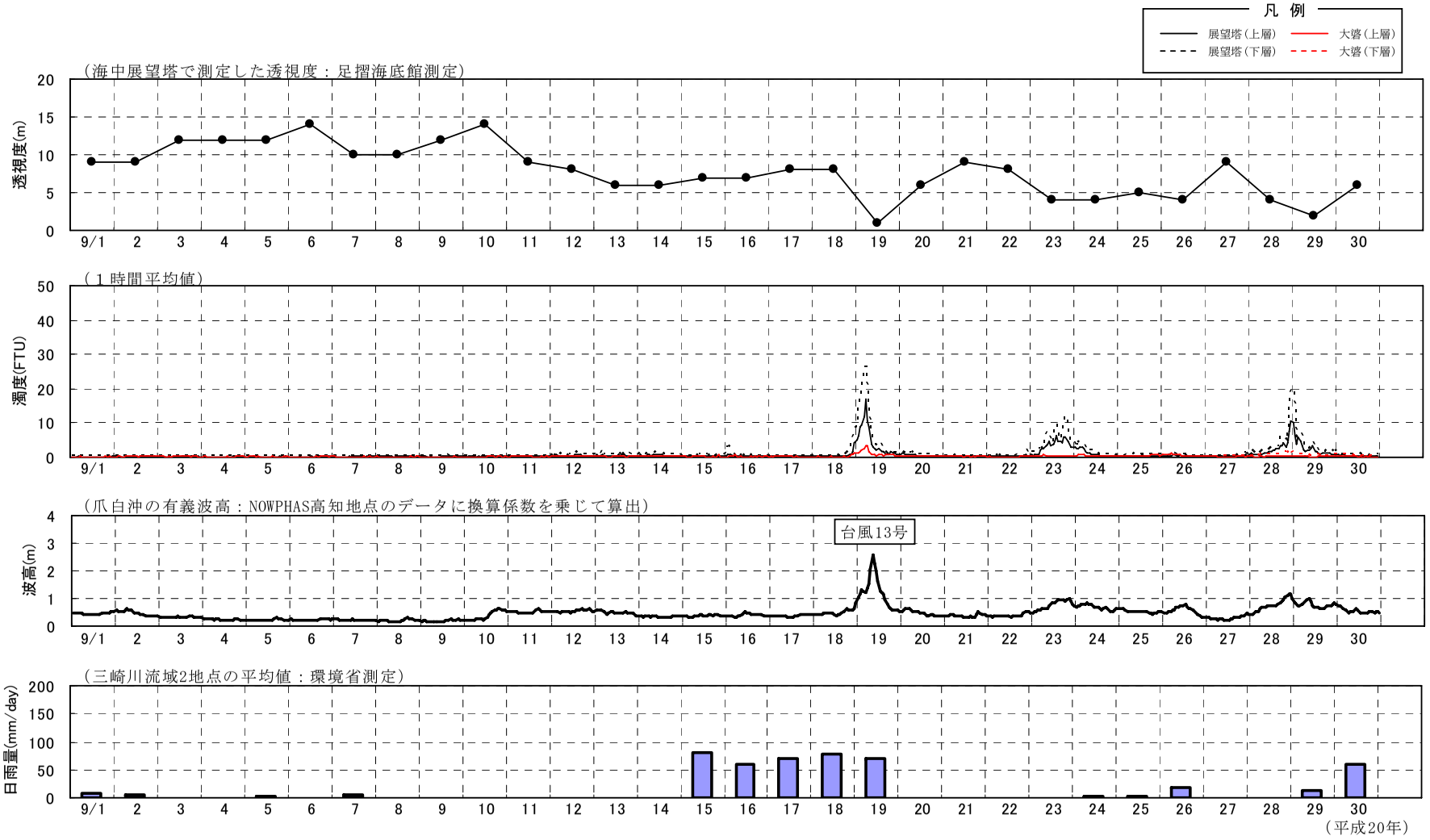


図2-1-3(2)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（9月）

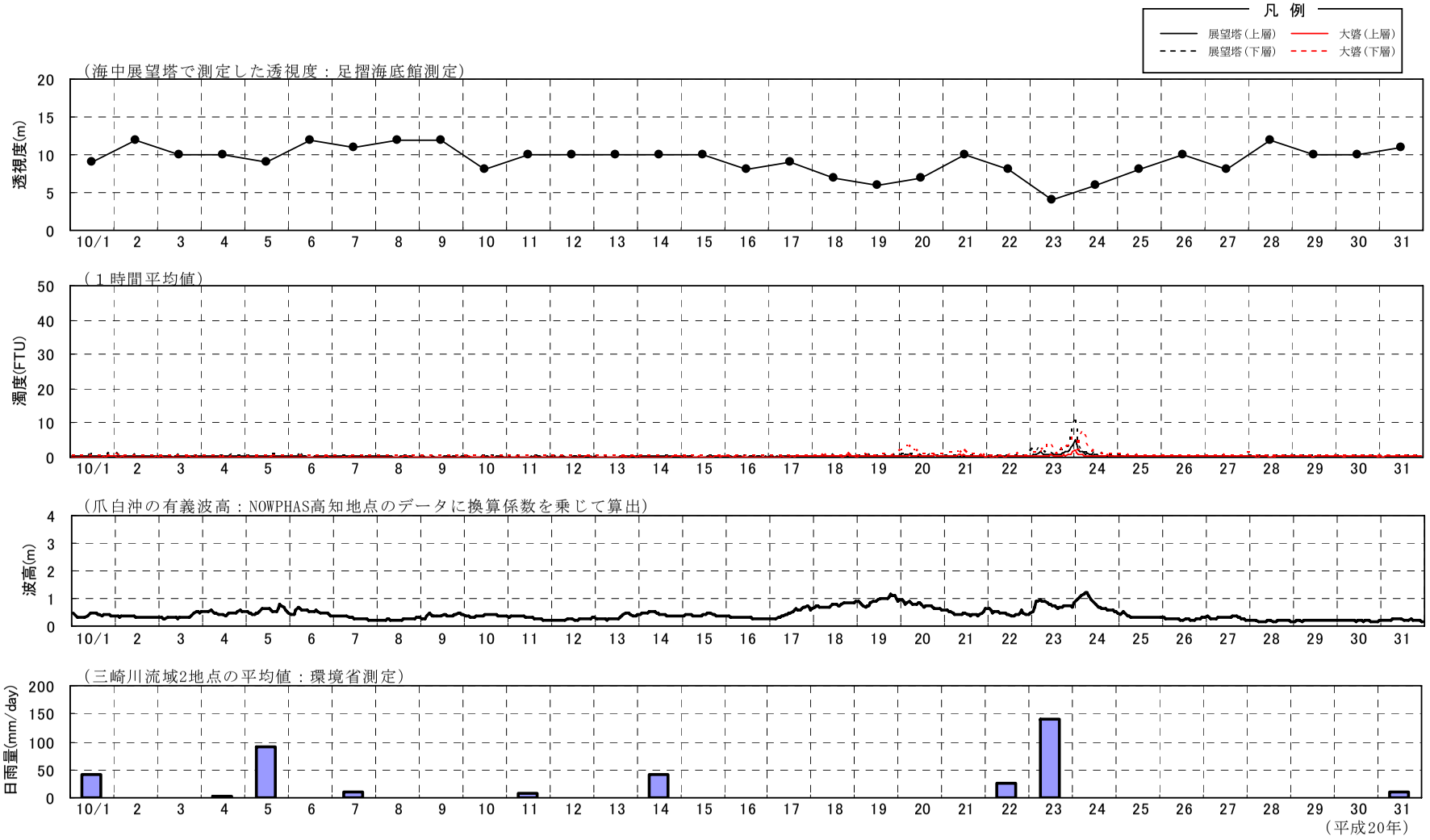


図2-1-3(3)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（10月）

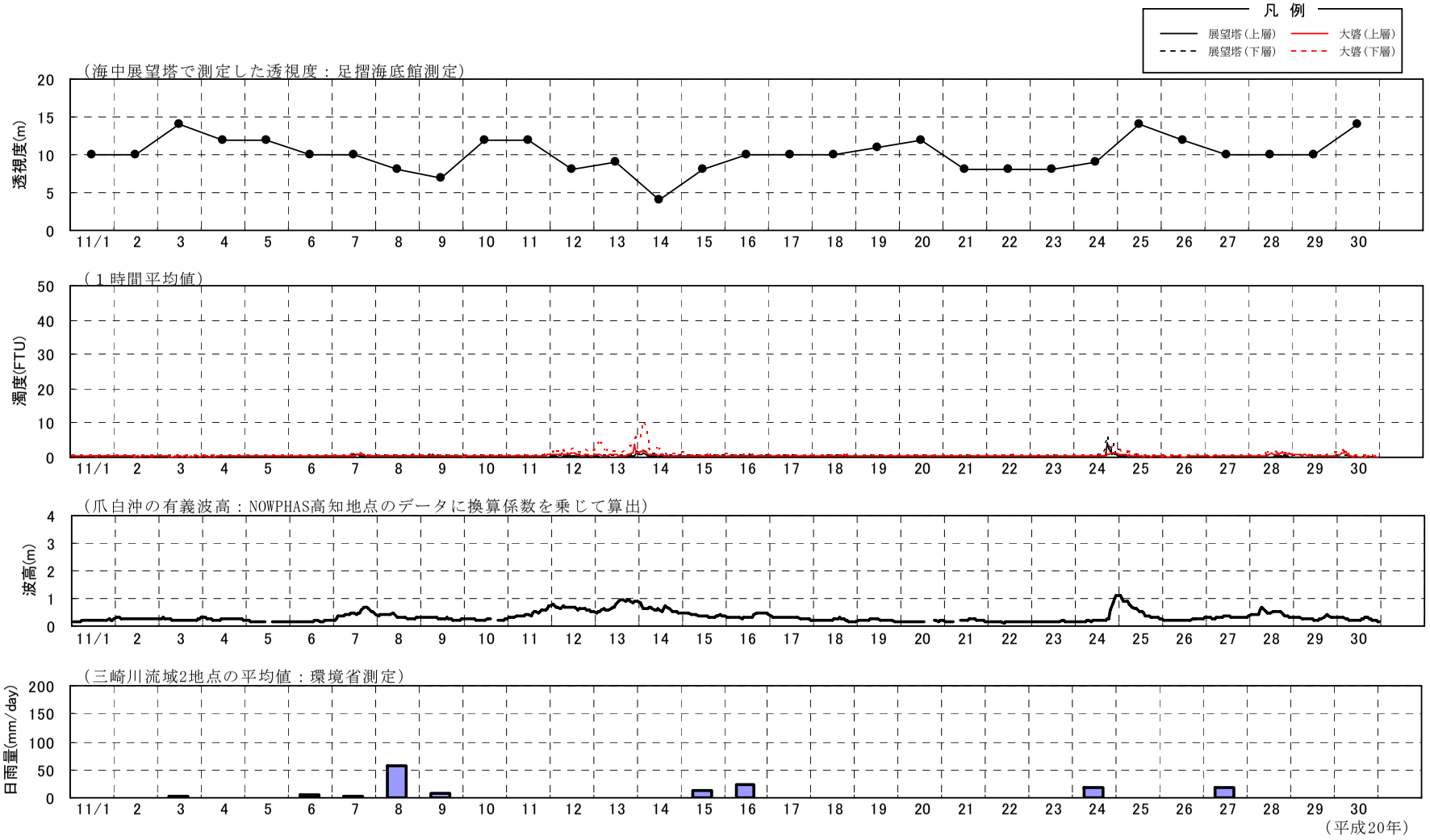


図2-1-3(4)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（11月）

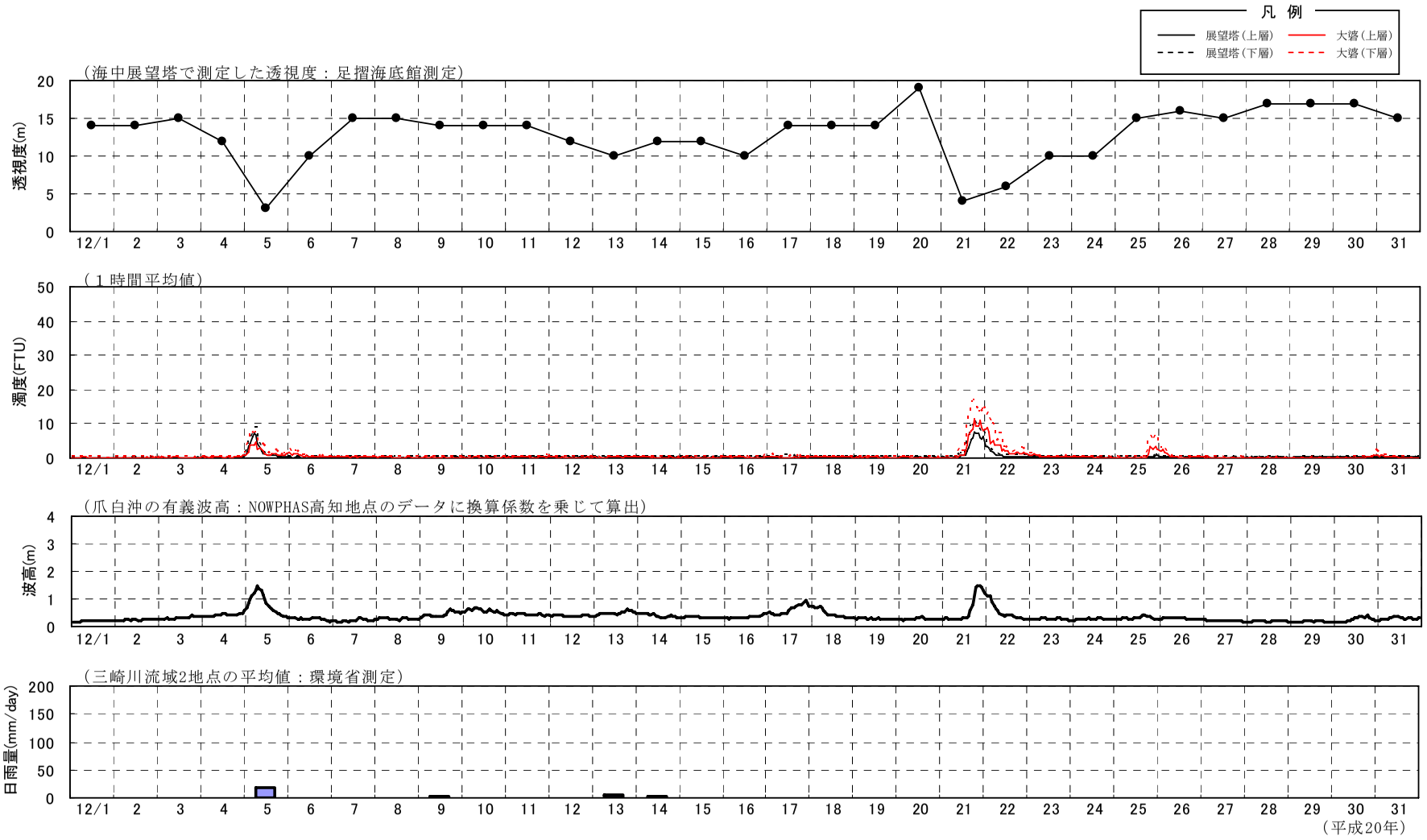


図2-1-3(5)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（12月）

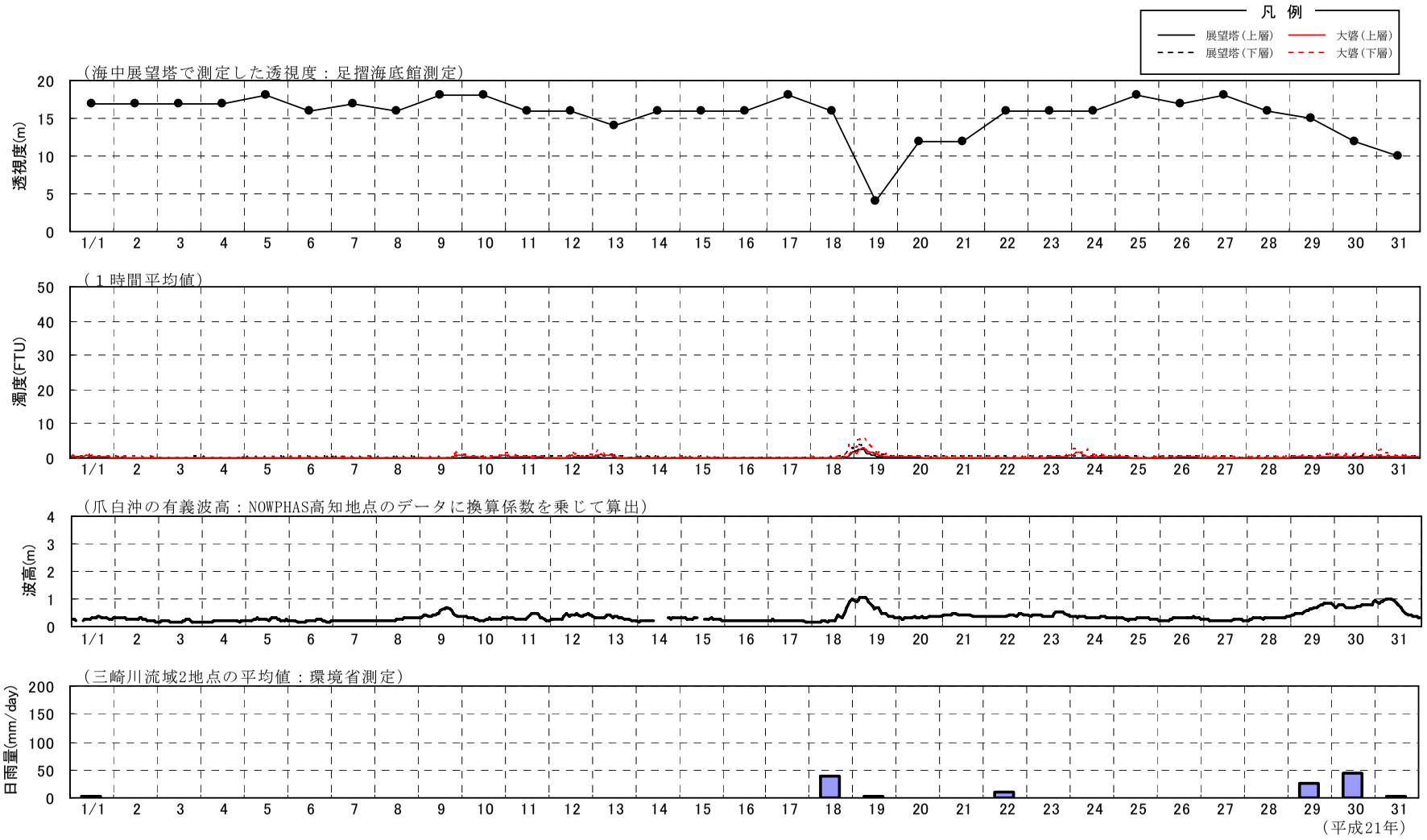


図2-1-3(6)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（1月）

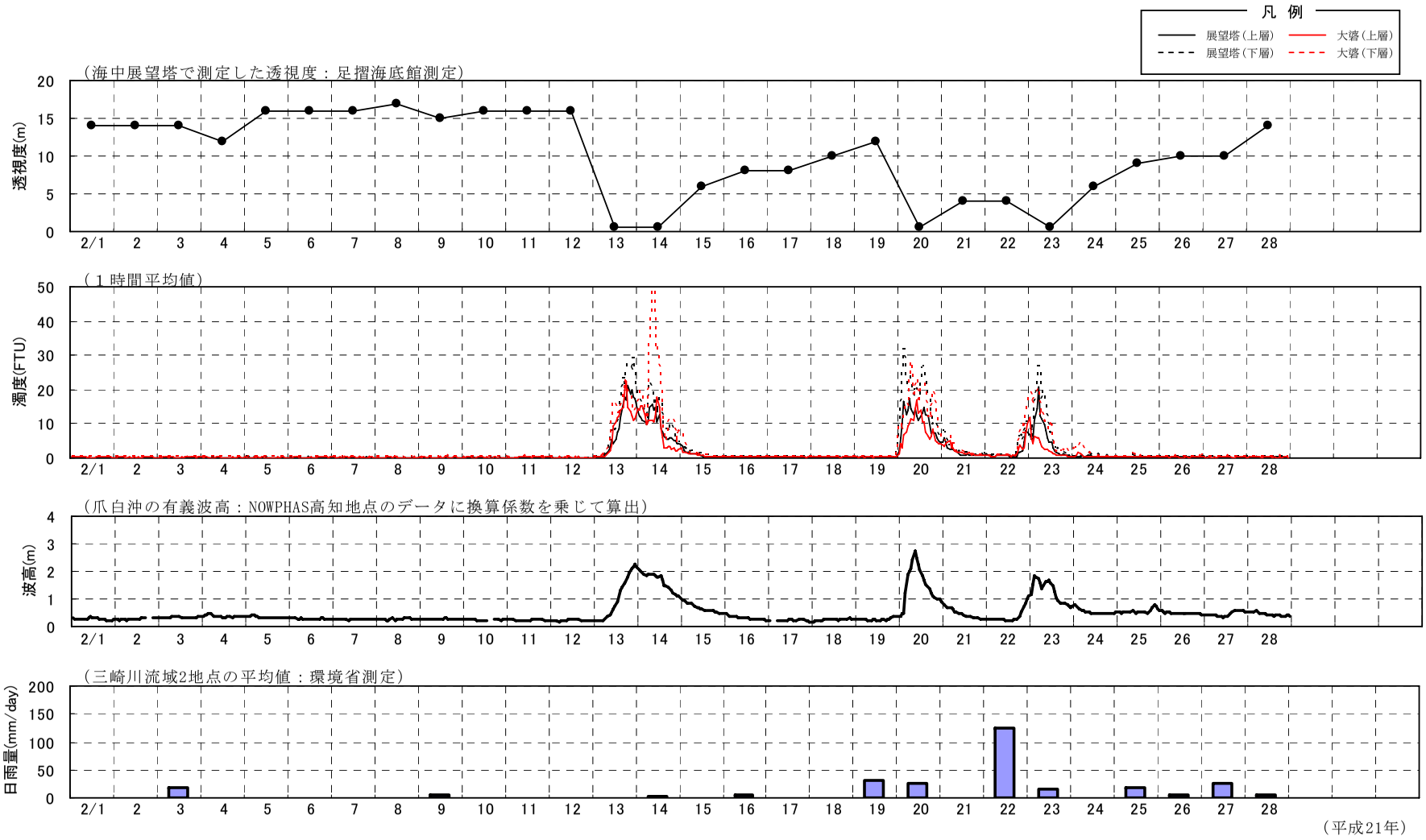


図2-1-3(7)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（2月）

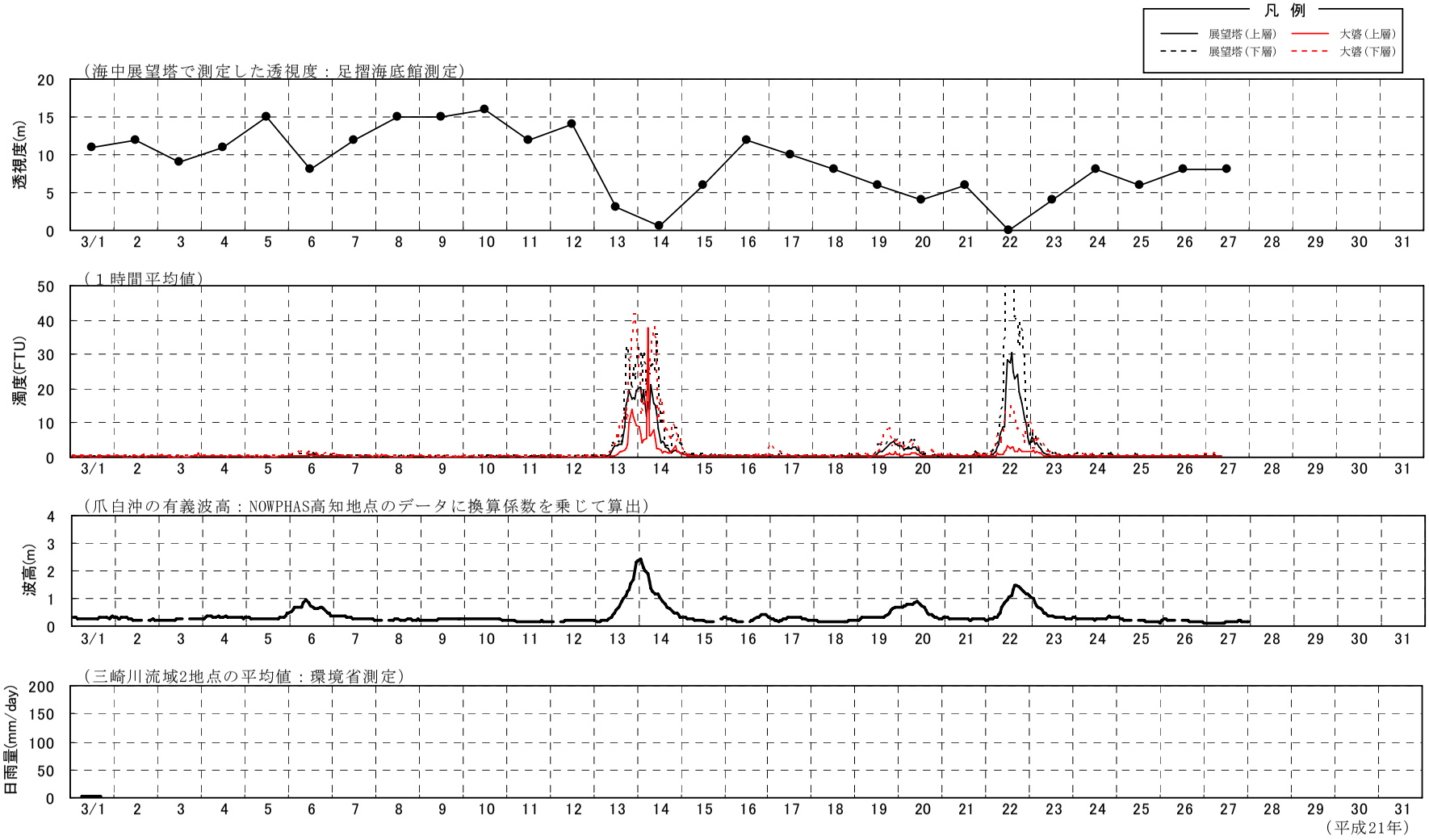


図2-1-3(8)　透視度・濁度・波高・日雨量の経時変化（3月）

表 2-1-5(1)　透視度・濁度・波高・日雨量の経日変化（8～11 月）

平成20年8月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.31	0.0	9.0	－	－	－	－
2	0.26	0.0	10.0	－	－	－	－
3	0.33	0.0	10.0	－	－	－	－
4	0.30	0.0	10.0	－	－	－	－
5	0.25	0.0	10.0	－	－	－	－
6	0.26	19.3	10.0	－	－	－	－
7	0.32	37.5	9.0	－	－	－	－
8	0.43	18.5	8.0	－	－	－	－
9	0.36	0.0	10.0	－	－	－	－
10	0.34	4.3	12.0	－	－	－	－
11	0.39	1.8	9.0	－	－	－	－
12	0.31	11.5	9.0	－	－	－	－
13	0.33	10.8	9.0	－	－	－	－
14	0.36	64.5	9.0	－	－	－	－
15	0.32	0.3	10.0	－	－	－	－
16	0.66	2.5	14.0	－	－	－	－
17	0.56	0.3	7.0	－	－	－	－
18	0.44	0.0	7.0	－	－	－	－
19	0.49	0.0	6.0	－	－	－	－
20	0.56	0.0	6.0	－	－	－	－
21	0.53	0.0	6.0	－	－	－	－
22	0.53	24.3	4.0	－	－	－	－
23	0.65	6.0	4.0	－	－	－	－
24	0.60	0.0	6.0	－	－	－	－
25	0.36	0.0	9.0	0.2	0.3	0.2	－
26	0.30	0.0	10.0	0.2	0.3	0.1	－
27	0.30	2.3	10.0	0.2	0.3	0.2	－
28	0.41	12.5	8.0	0.2	0.4	0.2	－
29	0.32	18.5	10.0	0.2	0.3	0.2	－
30	0.35	40.3	9.0	0.2	0.3	0.2	－
31	0.63	20.50	10.00	0.2	0.4	0.2	－
合計	－	295.3	－	－	－	－	－
平均	0.41	－	8.7	0.2	0.3	0.2	－

平成20年9月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.46	6.8	9.0	0.2	0.3	0.2	－
2	0.47	6.0	9.0	0.2	0.3	0.2	－
3	0.32	0.3	12.0	0.2	0.4	0.2	－
4	0.23	1.3	12.0	0.2	0.3	0.2	－
5	0.23	1.8	12.0	0.2	0.3	0.2	－
6	0.22	0.3	14.0	0.2	0.3	0.2	－
7	0.22	4.8	10.0	0.2	0.4	0.2	－
8	0.20	0.0	10.0	0.3	0.4	0.2	－
9	0.19	0.0	12.0	0.3	0.4	0.2	－
10	0.37	0.3	14.0	0.3	0.4	0.2	－
11	0.51	0.0	9.0	0.4	0.5	0.2	－
12	0.54	0.0	8.0	0.6	0.9	0.3	－
13	0.50	0.0	6.0	0.6	1.0	0.2	－
14	0.35	0.3	6.0	0.6	1.1	0.3	－
15	0.38	81.8	7.0	0.4	0.6	0.2	－
16	0.41	60.3	7.0	0.4	0.9	0.2	－
17	0.37	70.3	8.0	0.3	0.5	0.2	－
18	0.49	77.0	8.0	0.6	1.3	0.3	－
19	1.22	70.5	1.0	4.4	7.5	1.2	－
20	0.47	0.0	6.0	0.6	0.9	0.4	－
21	0.38	0.0	9.0	0.4	0.5	0.3	－
22	0.38	0.0	8.0	0.4	0.7	0.2	－
23	0.76	0.0	4.0	3.4	5.3	0.5	－
24	0.69	2.3	4.0	1.2	2.0	0.5	－
25	0.53	3.3	5.0	0.5	0.8	0.5	－
26	0.56	18.8	4.0	0.5	0.7	0.5	－
27	0.30	0.0	9.0	0.4	0.6	0.2	0.4
28	0.76	0.0	4.0	2.5	4.0	0.3	1.0
29	0.77	12.0	2.0	2.7	4.3	0.3	0.8
30	0.56	59.5	6.0	0.5	0.9	0.2	0.6
－	－	－	－	－	－	－	－
合計	－	477.0	－	－	－	－	－
平均	0.46	－	7.8	0.8	1.3	0.3	0.7

平成20年10月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.40	40.5	9.0	0.3	0.6	0.1	0.4
2	0.34	0.0	12.0	0.3	0.5	0.2	0.4
3	0.35	0.0	10.0	0.3	0.4	0.2	0.2
4	0.48	2.3	10.0	0.3	0.5	0.1	0.2
5	0.56	91.0	9.0	0.4	0.5	0.2	0.3
6	0.51	0.0	12.0	0.3	0.5	0.1	0.3
7	0.30	9.3	11.0	0.3	0.4	0.1	0.3
8	0.24	0.0	12.0	0.2	0.4	0.2	0.3
9	0.38	0.0	12.0	0.2	0.3	0.1	0.3
10	0.38	1.3	8.0	0.2	0.3	0.1	0.3
11	0.31	8.8	10.0	0.2	0.3	0.1	0.3
12	0.24	0.0	10.0	0.2	0.3	0.2	0.3
13	0.32	0.0	10.0	0.2	0.4	0.2	0.3
14	0.43	41.8	10.0	0.3	0.4	0.2	0.3
15	0.40	0.0	10.0	0.2	0.3	0.2	0.3
16	0.29	0.0	8.0	0.2	0.3	0.2	0.3
17	0.48	1.0	9.0	0.3	0.3	0.2	0.3
18	0.76	0.0	7.0	0.3	0.5	0.4	0.6
19	0.92	0.8	6.0	0.4	0.5	0.3	0.7
20	0.76	0.0	7.0	0.4	0.6	0.4	1.5
21	0.47	0.0	10.0	0.3	0.4	0.4	1.0
22	0.47	26.3	8.0	0.3	0.5	0.3	0.5
23	0.76	140.8	4.0	1.2	2.5	0.5	2.4
24	0.82	0.3	6.0	1.1	1.8	0.6	2.6
25	0.35	0.0	8.0	0.2	0.4	0.3	0.5
26	0.25	0.8	10.0	0.3	0.3	0.3	0.4
27	0.30	0.0	8.0	0.3	0.4	0.3	0.4
28	0.19	0.0	12.0	0.2	0.3	0.3	0.4
29	0.20	0.0	10.0	0.2	0.3	0.3	0.3
30	0.19	0.0	10.0	0.2	0.3	0.3	0.3
31	0.22	9.50	11.00	0.2	0.2	0.3	0.4
合計	－	374.0	－	－	－	－	－
平均	0.42	－	9.3	0.3	0.5	0.2	0.6

平成20年11月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　碆	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.20	0.3	10.0	0.2	0.3	0.3	0.3
2	0.26	0.0	10.0	0.2	0.3	0.3	0.3
3	0.23	2.8	14.0	0.1	0.2	0.2	0.4
4	0.25	0.0	12.0	0.1	0.2	0.3	0.3
5	0.17	0.0	12.0	0.2	0.3	0.3	0.3
6	0.18	4.8	10.0	0.2	0.2	0.3	0.4
7	0.46	1.8	10.0	0.4	0.5	0.5	0.6
8	0.35	56.8	8.0	0.3	0.4	0.4	0.4
9	0.27	7.5	7.0	0.3	0.4	0.3	0.5
10	0.23	0.0	12.0	0.1	0.2	0.3	0.4
11	0.45	0.3	12.0	0.1	0.2	0.4	0.5
12	0.66	0.0	8.0	0.2	0.5	0.8	1.9
13	0.75	0.0	9.0	0.3	0.5	0.9	2.6
14	0.62	0.0	4.0	0.5	0.7	0.9	2.8
15	0.39	14.3	8.0	0.2	0.3	0.4	0.6
16	0.36	23.8	10.0	0.2	0.4	0.4	0.5
17	0.30	0.0	10.0	0.1	0.2	0.3	0.4
18	0.22	0.0	10.0	0.2	0.2	0.4	0.4
19	0.21	0.3	11.0	0.1	0.2	0.4	0.4
20	0.18	0.0	12.0	0.1	0.2	0.4	0.4
21	0.20	0.0	8.0	0.1	0.2	0.4	0.4
22	0.15	0.0	8.0	0.1	0.2	0.5	0.4
23	0.17	0.0	8.0	0.1	0.2	0.4	0.4
24	0.33	19.3	9.0	0.6	1.1	0.7	1.0
25	0.58	0.3	14.0	0.2	0.9	0.5	0.8
26	0.23	0.0	12.0	0.1	0.2	0.2	0.4
27	0.32	19.3	10.0	0.1	0.2	0.3	0.4
28	0.47	0.3	10.0	0.2	0.3	0.7	0.9
29	0.29	0.0	10.0	0.1	0.3	0.3	0.5
30	0.25	0.0	14.0	0.1	0.2	0.4	0.6
－	－	－	－	－	－	－	－
合計	－	151.3	－	－	－	－	－
平均	0.32	－	10.1	0.2	0.3	0.4	0.7

注)　1.波高は、爪白沖の有義波高の日平均値で、NOWPHAS高知地点のﾃﾞ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（12～3 月）

平成20年12月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　瀞	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.20	0.0	14.0	0.1	0.2	0.2	0.3
2	0.24	0.0	14.0	0.0	0.2	0.2	0.3
3	0.32	0.0	15.0	0.1	0.2	0.2	0.3
4	0.42	0.0	12.0	0.1	0.3	0.3	0.4
5	0.81	18.0	3.0	2.0	2.6	1.8	3.3
6	0.27	0.0	10.0	0.2	0.3	0.7	1.0
7	0.22	0.0	15.0	0.1	0.2	0.3	0.3
8	0.28	1.0	15.0	0.1	0.2	0.2	0.3
9	0.44	3.3	14.0	0.2	0.3	0.2	0.4
10	0.57	0.0	14.0	0.2	0.3	0.2	0.4
11	0.44	0.0	14.0	0.2	0.4	0.2	0.4
12	0.39	0.0	12.0	0.2	0.3	0.2	0.3
13	0.49	6.0	10.0	0.2	0.3	0.3	0.3
14	0.40	2.8	12.0	0.2	0.3	0.2	0.3
15	0.33	0.3	12.0	0.2	0.3	0.2	0.3
16	0.35	0.8	10.0	0.2	0.3	0.2	0.4
17	0.62	0.0	14.0	0.2	0.5	0.3	0.7
18	0.48	0.0	14.0	0.2	0.3	0.3	0.4
19	0.28	0.0	14.0	0.2	0.3	0.2	0.3
20	0.27	0.0	19.0	0.2	0.2	0.2	0.3
21	0.60	1.3	4.0	2.6	3.7	3.8	6.5
22	0.52	0.0	6.0	1.0	1.5	3.1	5.1
23	0.26	0.0	10.0	0.3	0.4	0.5	0.6
24	0.27	0.0	10.0	0.2	0.3	0.2	0.3
25	0.31	0.0	15.0	0.3	0.4	0.8	1.6
26	0.29	0.0	16.0	0.3	0.3	0.6	0.9
27	0.21	0.0	15.0	0.2	0.2	0.1	0.2
28	0.19	0.0	17.0	0.2	0.2	0.1	0.2
29	0.19	1.0	17.0	0.2	0.2	0.1	0.2
30	0.26	0.0	17.0	0.3	0.2	0.2	0.4
31	0.29	0.0	15.0	0.3	0.3	0.3	0.5
合計	－	34.3	－	－	－	－	－
平均	0.36	－	12.9	0.4	0.5	0.5	0.9

平成21年1月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　瀞	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.28	3.3	17.0	0.2	0.3	0.4	0.5
2	0.26	0.8	17.0	0.1	0.2	0.1	0.2
3	0.19	0.0	17.0	0.1	0.2	0.1	0.1
4	0.19	0.0	17.0	0.1	0.2	0.1	0.1
5	0.25	0.0	18.0	0.1	0.2	0.1	0.2
6	0.20	0.0	16.0	0.1	0.2	0.1	0.2
7	0.21	0.0	17.0	0.1	0.2	0.1	0.2
8	0.25	0.5	16.0	0.1	0.2	0.1	0.2
9	0.47	0.0	18.0	0.1	0.2	0.2	0.4
10	0.28	0.5	18.0	0.1	0.2	0.4	0.6
11	0.32	0.0	16.0	0.1	0.3	0.3	0.5
12	0.37	0.0	16.0	0.1	0.3	0.4	0.6
13	0.31	1.0	14.0	0.1	0.4	0.5	0.8
14	0.25	0.0	16.0	0.0	0.2	0.1	0.2
15	0.27	0.0	16.0	0.0	0.2	0.1	0.2
16	0.22	0.0	16.0	0.0	0.2	0.1	0.2
17	0.21	0.0	18.0	0.0	0.2	0.1	0.1
18	0.37	39.0	16.0	0.2	0.7	0.3	0.8
19	0.68	3.3	4.0	1.1	1.5	1.4	2.4
20	0.33	0.0	12.0	0.1	0.3	0.2	0.4
21	0.41	0.8	12.0	0.1	0.2	0.1	0.2
22	0.40	9.3	16.0	0.1	0.2	0.1	0.2
23	0.43	0.5	16.0	0.1	0.3	0.3	0.5
24	0.34	0.0	16.0	0.1	0.3	0.7	1.4
25	0.28	0.0	18.0	0.0	0.3	0.2	0.3
26	0.28	0.0	17.0	0.0	0.3	0.3	0.4
27	0.23	0.0	18.0	0.0	0.2	0.1	0.2
28	0.30	0.0	16.0	0.0	0.2	0.2	0.2
29	0.63	25.8	15.0	0.1	0.4	0.3	0.5
30	0.76	43.0	12.0	0.1	0.5	0.3	0.9
31	0.69	2.0	10.0	0.2	0.4	0.5	0.9
合計	－	129.5	－	－	－	－	－
平均	0.34	－	15.5	0.1	0.3	0.3	0.5

平成21年2月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　瀞	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.27	0.0	14.0	0.1	0.2	0.2	0.3
2	0.27	0.0	14.0	0.1	0.2	0.2	0.3
3	0.33	17.5	14.0	0.1	0.2	0.2	0.3
4	0.38	0.0	12.0	0.1	0.2	0.2	0.3
5	0.34	0.0	16.0	0.1	0.2	0.2	0.2
6	0.27	0.0	16.0	0.1	0.2	0.2	0.3
7	0.26	0.0	16.0	0.1	0.1	0.2	0.2
8	0.26	0.0	17.0	0.1	0.2	0.2	0.2
9	0.26	4.0	15.0	0.1	0.2	0.2	0.3
10	0.24	0.0	16.0	0.1	0.2	0.2	0.3
11	0.24	0.0	16.0	0.1	0.1	0.2	0.3
12	0.22	0.0	16.0	0.1	0.1	0.2	0.2
13	0.99	0.8	0.5	8.3	11.6	7.9	9.8
14	1.65	2.5	0.5	9.4	12.8	8.7	17.7
15	0.67	0.0	6.0	1.1	1.6	0.9	1.8
16	0.31	4.5	8.0	0.3	0.4	0.4	0.4
17	0.22	0.0	8.0	0.2	0.3	0.3	0.3
18	0.24	0.0	10.0	0.1	0.2	0.3	0.3
19	0.26	30.5	12.0	0.1	0.2	0.3	0.4
20	1.48	26.0	0.5	10.7	17.5	8.2	15.5
21	0.47	0.0	4.0	1.8	2.5	2.1	2.5
22	0.36	124.8	4.0	1.6	2.5	1.7	2.9
23	1.26	14.5	0.5	5.6	8.5	2.8	8.8
24	0.53	1.3	6.0	0.5	0.8	0.5	1.5
25	0.56	18.8	9.0	0.3	0.5	0.3	0.6
26	0.48	6.0	10.0	0.2	0.4	0.2	0.6
27	0.46	26.0	10.0	0.2	0.3	0.2	0.5
28	0.45	5.0	14.0	0.2	0.3	0.2	0.5
－	－	－	－	－	－	－	－
－	－	－	－	－	－	－	－
－	－	－	－	－	－	－	－
合計	－	282.0	－	－	－	－	－
平均	0.49	－	10.2	1.5	2.2	1.3	2.4

平成21年3月

日	波高	日雨量	透視度	濁度(FTU)			
				海中展望塔		大　瀞	
	(m)	(mm/day)	(m)	上層	下層	上層	下層
1	0.28	1.8	11.0	0.2	0.3	0.2	0.3
2	0.25	0.0	12.0	0.2	0.3	0.2	0.4
3	0.24	－	9.0	0.2	0.2	0.3	0.4
4	0.32	－	11.0	0.1	0.2	0.3	0.4
5	0.29	－	15.0	0.1	0.2	0.2	0.3
6	0.65	－	8.0	0.5	0.8	0.5	1.2
7	0.30	－	12.0	0.2	0.3	0.3	0.4
8	0.23	－	15.0	0.1	0.2	0.2	0.3
9	0.24	－	15.0	0.1	0.2	0.2	0.2
10	0.26	－	16.0	0.2	0.2	0.2	0.3
11	0.17	－	12.0	0.2	0.2	0.2	0.3
12	0.20	－	14.0	0.1	0.2	0.2	0.3
13	0.80	－	3.0	6.5	9.4	3.0	10.3
14	1.14	－	0.5	9.2	15.8	5.0	14.7
15	0.23	－	6.0	0.6	0.8	0.5	0.6
16	0.26	－	12.0	0.3	0.4	0.3	0.5
17	0.26	－	10.0	0.4	0.4	0.4	1.1
18	0.17	－	8.0	0.3	0.3	0.2	0.3
19	0.40	－	6.0	1.8	2.5	0.6	3.0
20	0.59	－	4.0	1.5	2.0	0.7	2.2
21	0.25	－	6.0	0.5	0.7	0.4	0.6
22	0.89	－	0.0	12.4	24.0	1.6	7.6
23	0.45	－	4.0	1.5	2.1	0.7	2.1
24	0.27	－	8.0	0.5	0.8	0.3	0.6
25	0.19	－	6.0	0.4	0.5	0.3	0.5
26	0.19	－	8.0	0.3	0.4	0.3	0.5
27	0.14	－	8.0	0.4	0.4	0.5	1.1
28	－	－	－	－	－	－	－
29	－	－	－	－	－	－	－
30	－	－	－	－	－	－	－
31	－	－	－	－	－	－	－
合計	－	1.8	－	－	－	－	－
平均	0.36	－	8.9	1.4	2.4	0.7	1.9

注)　1.波高は、爪白沖の有義波高の日平均値で、NOWPHAS高知地点のﾃﾞ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。

(2)事業効果（波浪と濁度の関係）

大塔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、爪白沖の波高と大塔の濁度の関係を求め、平成 18 年度、19 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 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 年度と平成 20 年度の傾向が良く似ており、平成 18 年度と比較すると泥土の巻き上がり量が少なくなる傾向にあった。

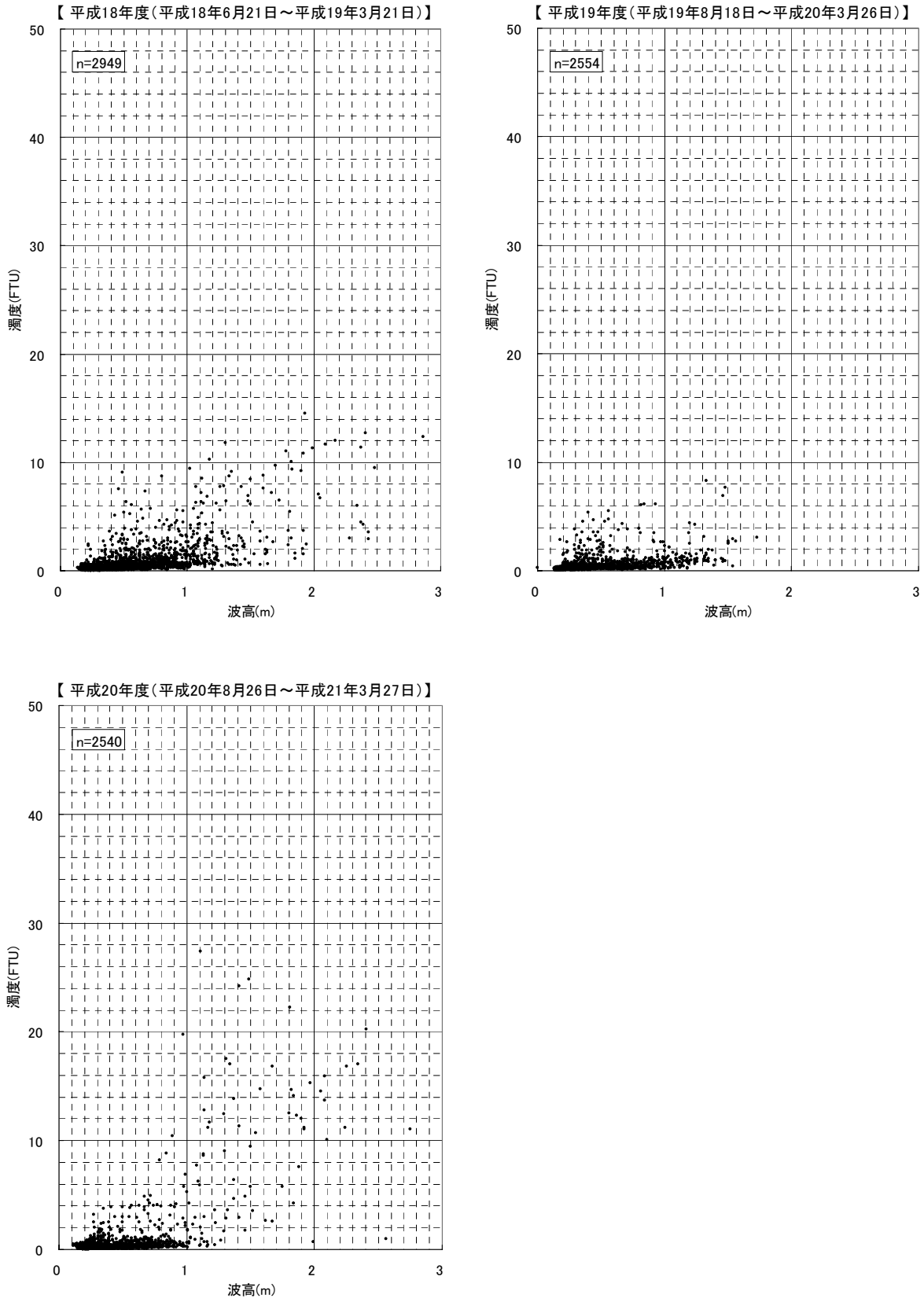
波高が 1.0m 以上～1.5m 未満の範囲では、上層、下層ともに平成 18 年度と平成 20 年度の傾向が良く似ており、平成 19 年度が最も泥土の巻き上がりが少ない傾向にあった。

波高が 1.5m 以上の範囲では、データ数が年間を通して 4～48 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 20 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。

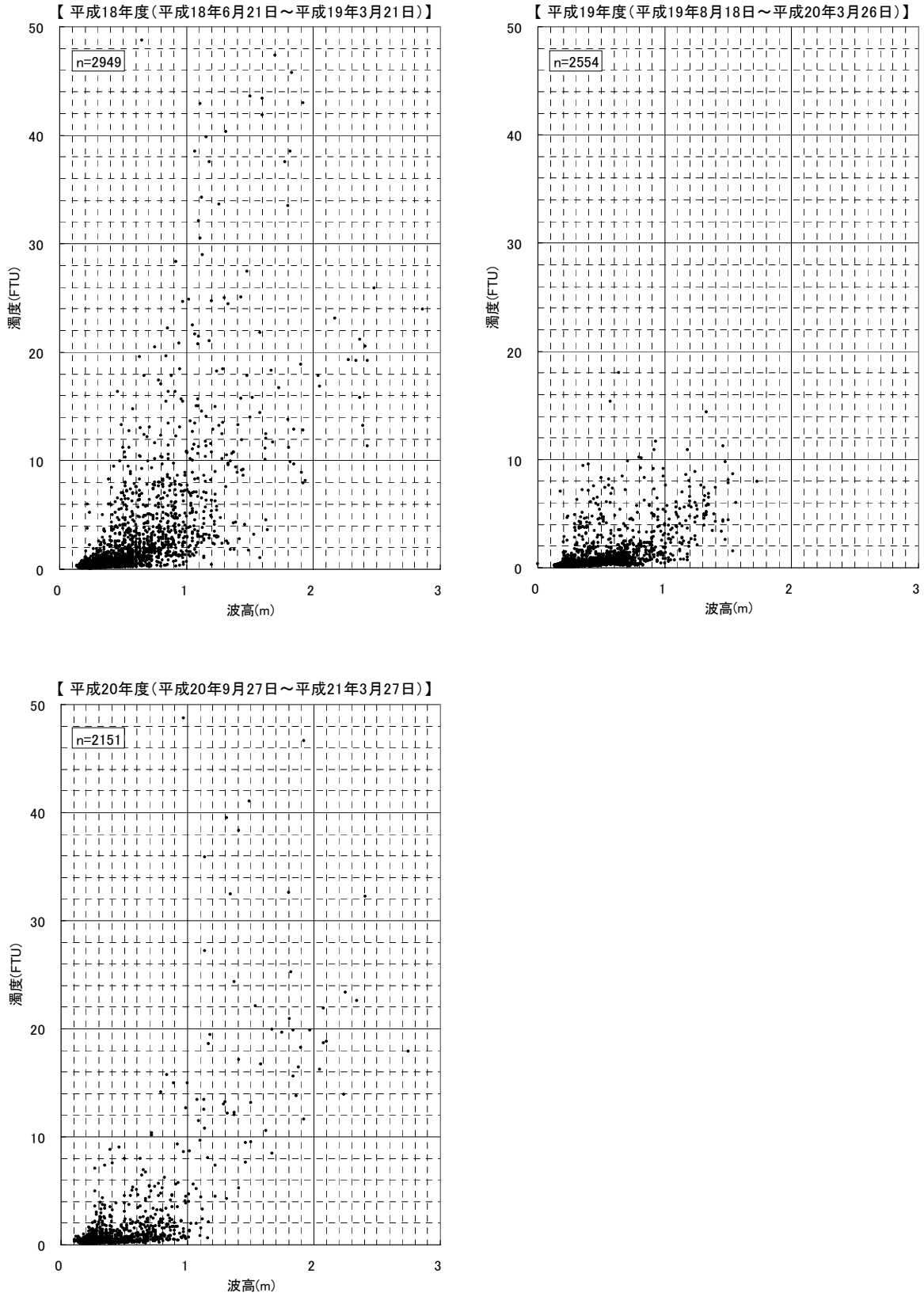
結果として、平成 18 年度と平成 20 年度の濁度には、0.5m 以上～1.0m 未満の範囲においは有意な差があり、1.0m 以上～1.5m 未満の範囲では上層において 5%有意水準で差が見られた以外は有意な差は認められず、頻度分布で検討した傾向が実証された。

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 年度、平成 20 年度は少なくなっていたが、波高 1.0m 以上の範囲においては、平成 19 年度は少なくなっていたものの、平成 20 年度は平成 18 年度のレベルに戻っていた。



注1. データ間隔は2時間（波高データが2時間毎のため）。
2. 濁度は1時間平均値。

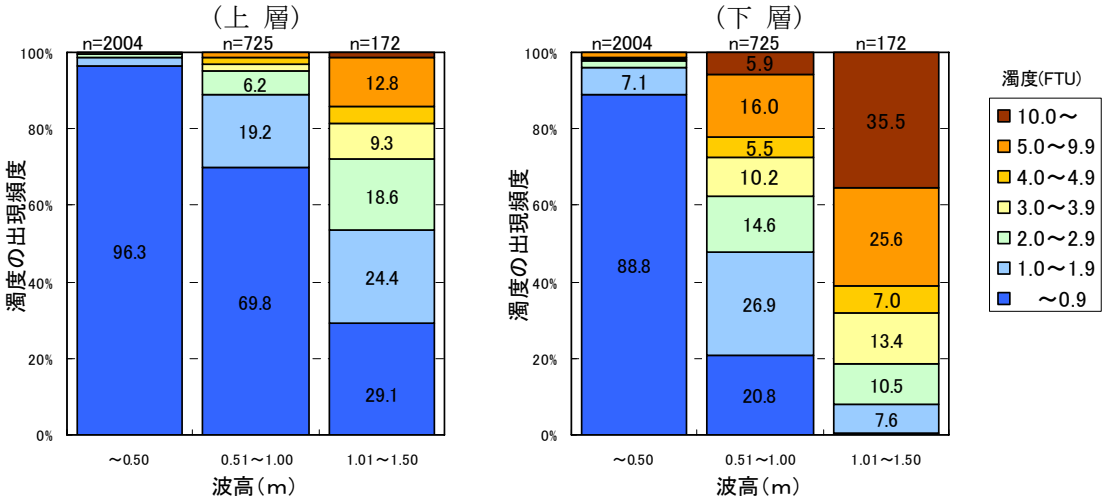
図 2-1-4(1)　波高(爪白沖)と濁度(大潟)の関係：上層



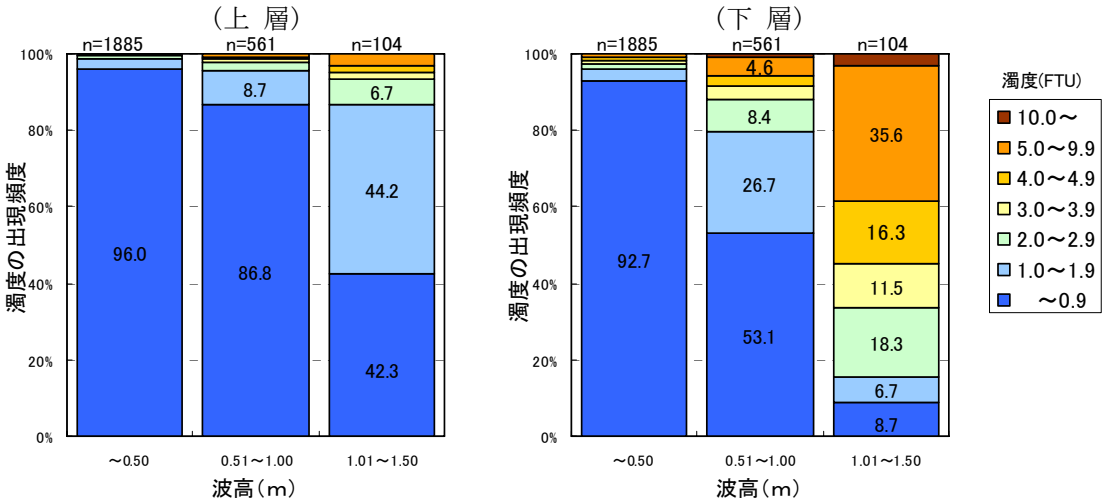
注1. データ間隔は2時間（波高データが2時間毎のため）。
2. 濁度は1時間平均値。

図 2-1-4(2)　波高(爪白沖)と濁度(大碆)の関係：下層

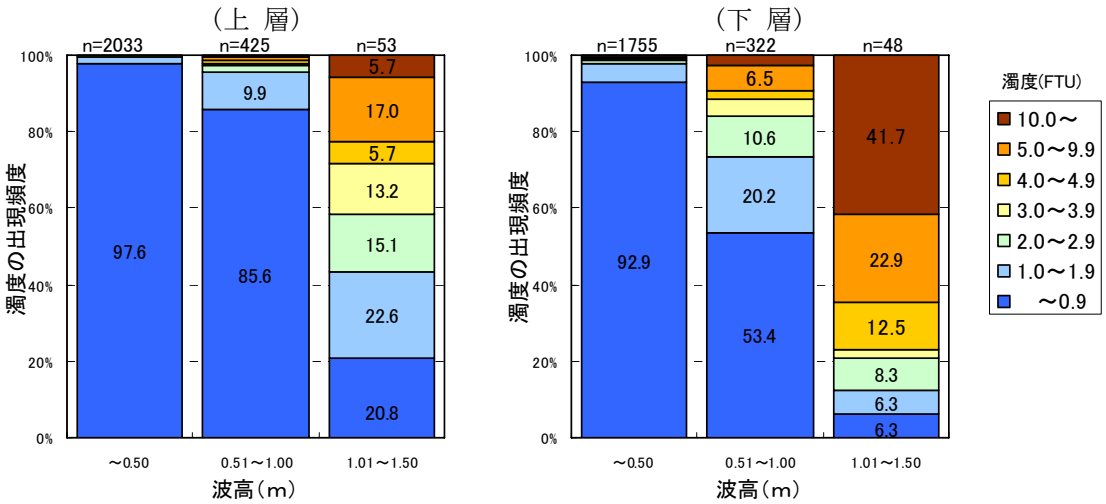
【平成18年度（平成18年6月21日～平成19年3月21日）】



【平成19年度（平成19年8月18日～平成20年3月26日）】



【平成20年度（平成20年8月26日～平成21年3月27日）】



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

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(大婆)の出現頻度

【平成18年度（平成18年6月21日～平成19年3月21日）】

上　層		波高(m)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.3	1.9	9.3	16.7	1.5
	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
	～0.9	96.3	69.8	29.1	4.2	84.3
	データ数	2004	725	172	48	2949

下　層		波高(m)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.8	10.2	13.4	4.2	3.9
	2.0～2.9	1.7	14.6	10.5	0.0	5.4
	1.0～1.9	7.1	26.9	7.6	2.1	11.9
	～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)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.4	1.1	1.9	50.0	0.7
	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
	～0.9	96.0	86.8	42.3	25.0	91.7
	データ数	1885	561	104	4	2554

下　層		波高(m)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.9	3.2	11.5	0.0	1.8
	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
	～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)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.2	0.5	13.2	3.4	0.6
	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
	～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)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.5	4.3	2.1	0.0	1.1
	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
	～0.9	92.9	53.4	6.3	0.0	84.0
	データ数	1755	322	48	26	2151

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(大瀞)の年度間比較結果

単位：FTU

上層	波高0.51-1.00m				波高1.01-1.50m			
	H18	H20	計	有意差	H18	H20	計	有意差
n	725	425	1150		172	53	225	
最大値	8.7	10.4	10.4		11.8	12.5	12.5	
最小値	0.1	0.1	0.1		0.1	0.2	0.1	
平均値	0.9	0.6	0.8		2.5	3.4	2.7	
中央値	0.6	0.4	0.5		1.6	2.3	1.8	
U			202177				3813	
Z			8.8509				1.7980	
P			0.0000				0.0361	
5%有意水準				有				有
1%有意水準				有				無
0.1%有意水準				有				無

下層	波高0.51-1.00m				波高1.01-1.50m			
	H18	H20	計	有意差	H18	H20	計	有意差
n	725	322	1047		172	48	220	
最大値	48.8	17.3	48.8		59.8	38.2	59.8	
最小値	0.2	0.2	0.2		0.4	0.6	0.4	
平均値	3.4	1.8	2.9		9.9	8.9	9.7	
中央値	2.0	0.9	1.6		6.8	8.1	7.1	
U			162143				4030	
Z			10.0587				0.2526	
P			0.0000				0.4003	
5%有意水準				有				無
1%有意水準				有				無
0.1%有意水準				有				無

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 年度は平成 18 年度に比べて上層、下層ともに波浪に対する濁度の巻き上がり量は少なくなっていた。1.5m を超える波高がないことから、相関係数は小さかった。また、個々のデータを比較した場合でも濁度は低い範囲に分布していた。

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、下層で若干小さい程度であり、両年度の波浪による泥土の巻き上がり状況は同レベルと考えられる。

③事業効果

以上の結果から、平成 19 年度は，平成 18 年度の泥土除去工事により泥土の巻き上げが抑制されたものと評価できる。また、平成 20 年度については、波高が低い範囲では抑えられているが、高い範囲では泥土除去工事前の状況にあると言える。

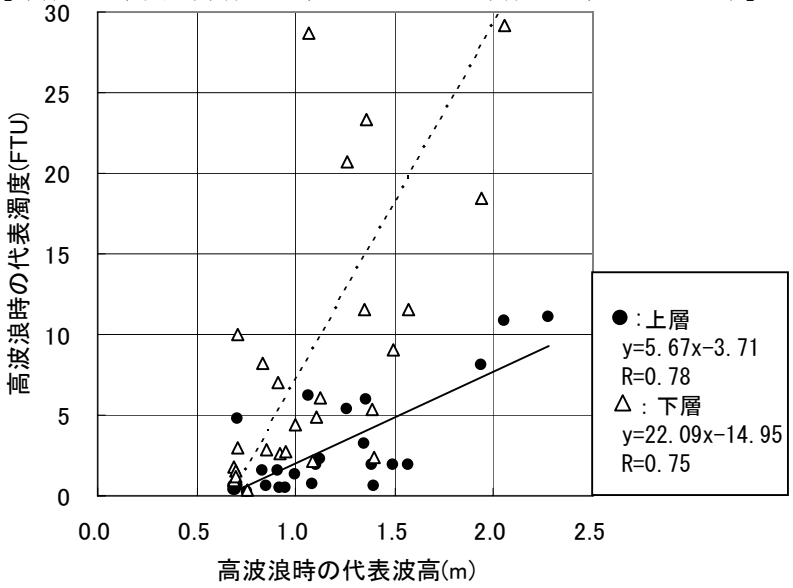
平成 20 年度に見られる波高が高い範囲における濁度上昇の原因は、「2.1.1 SPSS による評価」で示すように、未除去の泥土がいくつかの原因で水平的に広がったためと考えられる。

事業効果に関して、竜串観光汽船・竹葉秀三氏から以下のコメントがあった。

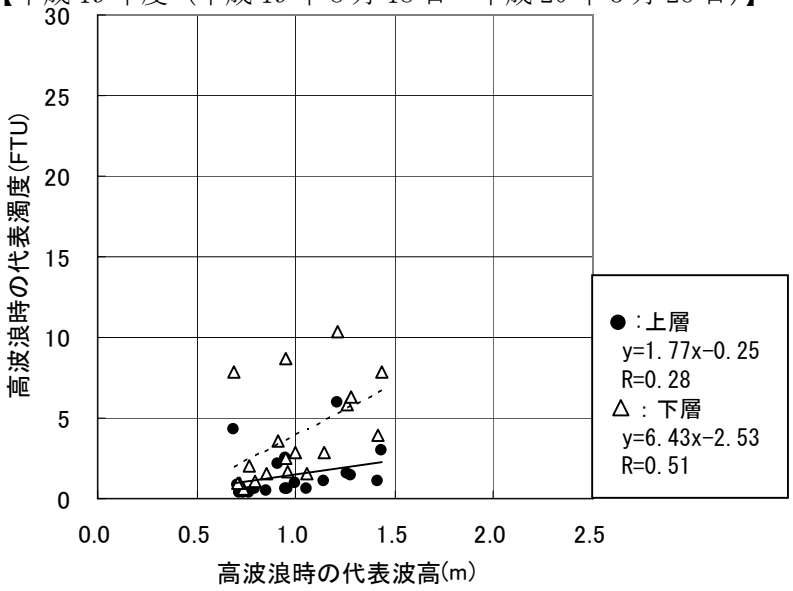
「泥土除去工事が実施された後、海域の清澄度の回復が以前より早くなった。工事前は、一端濁ると、海域が穏やかになっても３日以上濁った状況が継続したが、工事後は一端濁ったとしても１～２日程度で透明度が回復するようになった。工事の効果が確認できる」

このように、泥土除去工事により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量は減少していると言える。また、高波浪時に巻き上がる泥土には泥土除去工事前よりも沈降速度が速い粒径の大きな粒子の比率が多く含まれると推定され、高波浪後の海中の濁りの回復が早くなっているものと考えられる。

【平成 18 年度（平成 18 年 6 月 21 日～平成 19 年 3 月 21 日）】



【平成 19 年度（平成 19 年 8 月 18 日～平成 20 年 3 月 26 日）】



【平成 20 年度（平成 20 年 8 月 26 日～平成 21 年 3 月 27 日）】

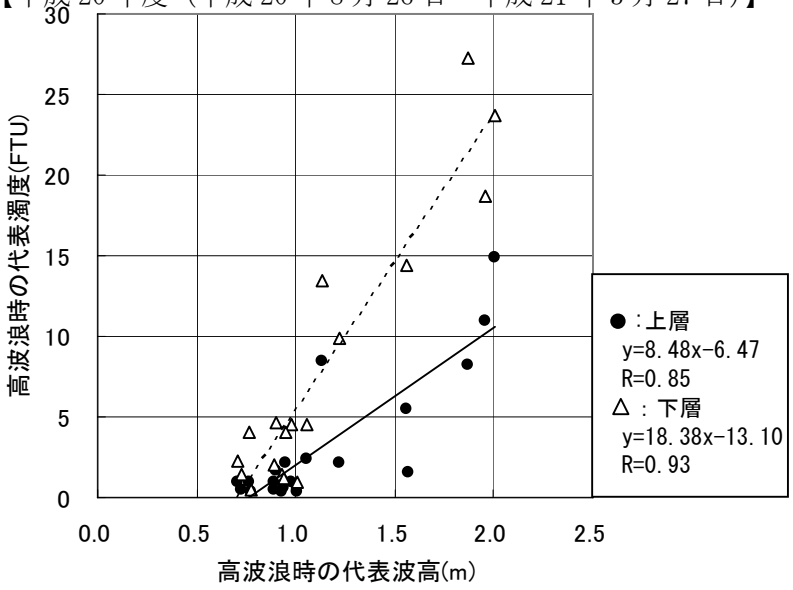


図 2-1-6　高波浪時の波高（爪白沖）と濁度（大碆）の関係

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潜東工区における 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した。

なお、平成 18 年度に泥土除去工事を完了した弁天島東工区を図 2-1-7 に示した。

また、見残しでは環境省モニタリングで高い SPSS を維持しているため、「2.4 弁天島・大潜・見残しにおける泥土のモニタリング」の内容も同時に示した。

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、大潜東工区内の 20 点、見残しの 10 点とした。

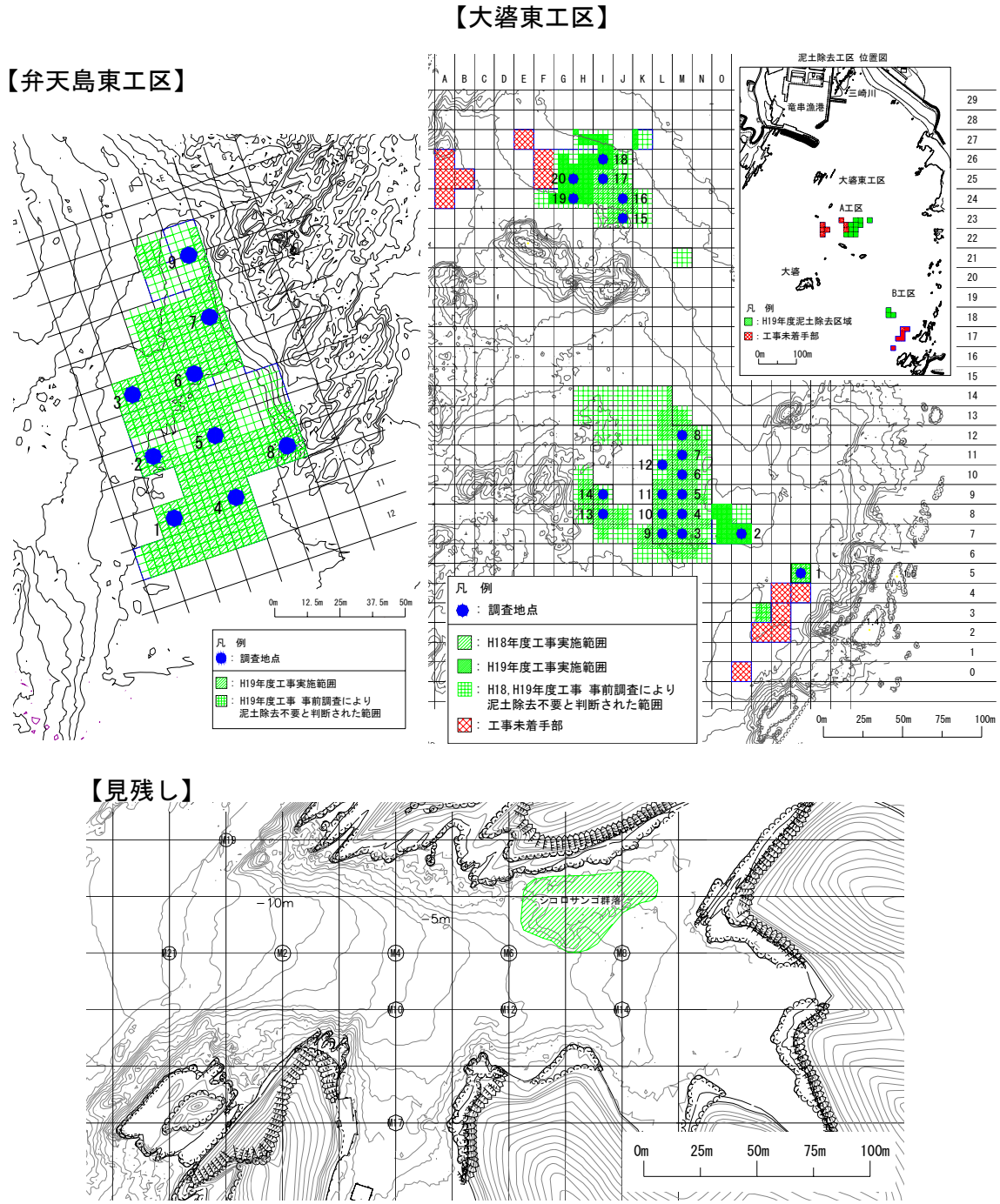


図 2-1-7　調査点位置

(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。

ふるい通過後の試料の適量(底質の試料の容量(mL))を採取し、水道水により 500mL 程度にメスアップした後よく混合し、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(希釈倍率=500(mL)/分取量(mL))後、水道水で 500mL に定容し、懸濁液を作成した。懸濁液の透視度を測定し(2)式を用いて SPSS 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。

$$SPSS=(1718\div 透視度(cm)-17.8)\div S\times D \quad (2)$$

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 5 回実施した。

表 2-1-8　調査工程

回	年月日	弁天島東工区	大碆東工区	見残し
1回目	平成20年 8 月30日	○	○	－
2回目	平成20年10月 6 ～ 7日	△	△	△
3回目	平成20年11月 8 ～ 9日	○△	○△	△
4回目	平成20年12月20 ～22日	△	△	△
5回目	平成21年 3月 9 ～10日	○△	○△	△

凡　例（表中の○△は、以下に示す調査項目に基づき実施）
○：「SPSS法による評価」
△：「弁天島・大碆・見残しにおける泥土のモニタリング」

3)調査結果

SPSS の調査結果を図 2-1-8 に示した。結果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竣工したが、調査開始から SPSS は全域に渡って高くなっていた。500kg/m^3 以上の SPSS を示す地点の出現率は、平成 20 年 8 月は 44%、10 月は 67%、11 月は 22%、12 月は 67%と変動を繰り返した。一方、春の嵐に伴う高波浪が発生した後の平成 21 年 3 月の SPSS は 38～485kg/m^3 の範囲にあり、全域で減少していた。

(2)大潜東工区

大潜東工区においては、平成 18 年度と平成 19 年度の冬季に泥土除去工事を実施したが、調査開始から SPSS は全域に渡って高くなっていた。500kg/m^3 以上の SPSS を示す地点の出現率は、平成 20 年 8 月は 40%、10 月は 65%であった。それ以降 SPSS は減少し、平成 20 年 11 月は 35%、12 月は 10%となり、平成 20 年度の泥土除去工実施後の平成 21 年 3 月は 0%であった。

(3)見残し

見残しの入り江の外の調査点 M19、M21 においては、期間をとおして SPSS は 122～572kg/m^3 の範囲にあり高い傾向にあった。入り江内の調査点においては、期間を通して 9～128kg/m^3 の範囲にあり低い状態が続いた。

現在のところ、見残しの泥土量はサンゴ群の生育を阻害するレベルではないが、入り江外にある泥土の流入状況を監視する必要があると思われる。

(4)事業効果

①弁天島東工区

弁天島東工区における SPSS は、工事竣工時と比較して高くなっていた。また、SPSS は大きく変動を繰り返しながら推移していることから、本地点は、泥土が堆積し易い条件にありながらも、条件によってはまとまった泥土の流出もある海域であることが分かった。

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、「2.6 泥土の移動・堆積メカニズムの解明（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域）」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。

②大潜東工区

大潜東工区における SPSS は、工事竣工時と比較して高くなっていた。ただし、調査後半の SPSS は低下傾向にあり、除去工の効果で泥土の絶対量が減少した効果が伺える。

大潜東工区には未除去の泥土が堆積しており、砂で被覆されていた周辺の泥土が、泥土を除去した窪みに流入したり、波浪の作用で周辺の泥土が移動するなどの現象で海底表面の泥土の状況は変化していると考えられる。弁天島東工区と同様に今後も SPSS の推移のモニタリングを実施し、結果に基づく適切な泥土対策の策定が必要と考えられる。

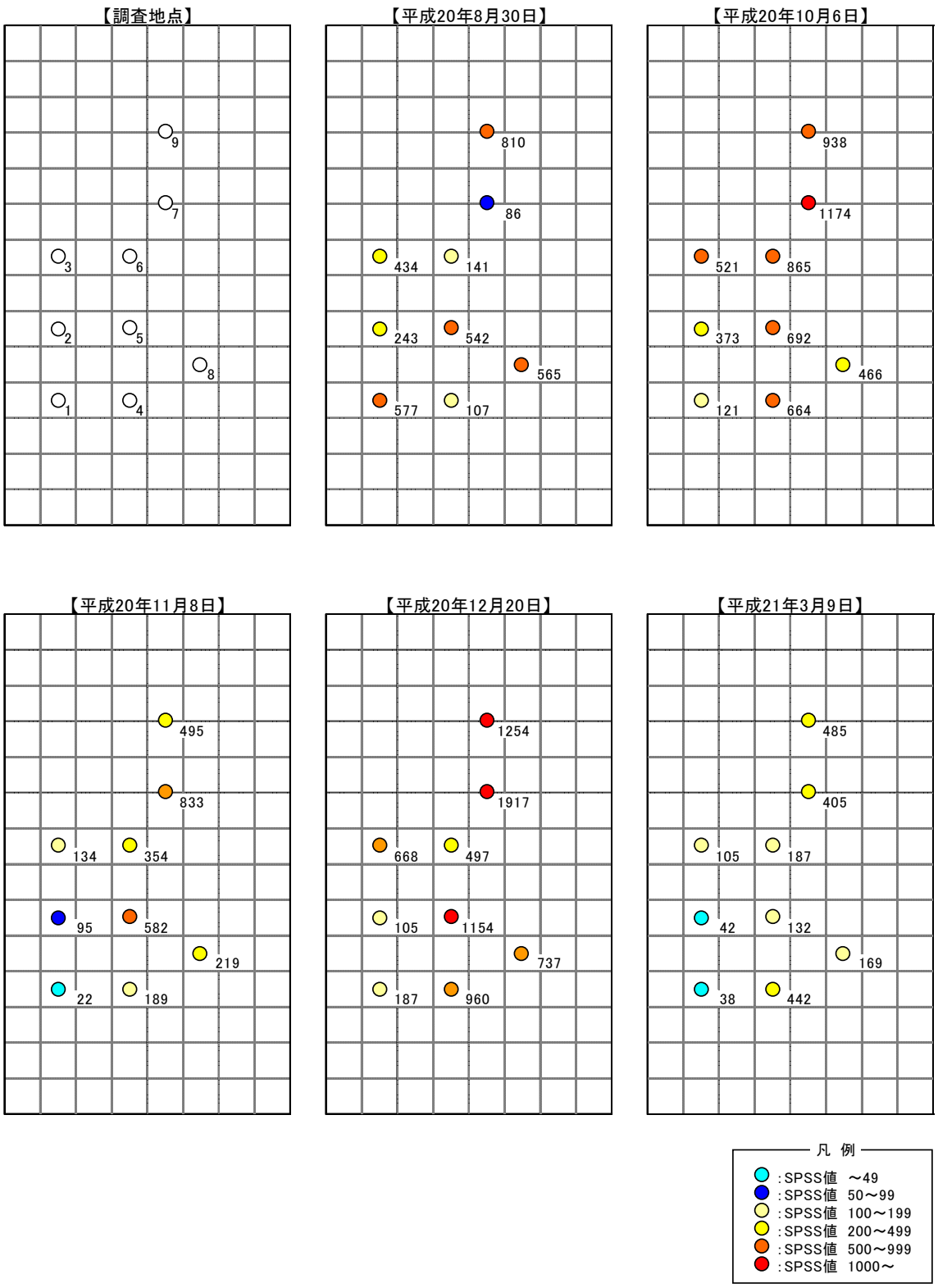


図 2-1-8(1)　SPSS の水平分布(弁天島東工区)

泥土除去工の実施状況は以下の通り。
○：平成19年1～4月に実施
●：平成20年1～3月に実施

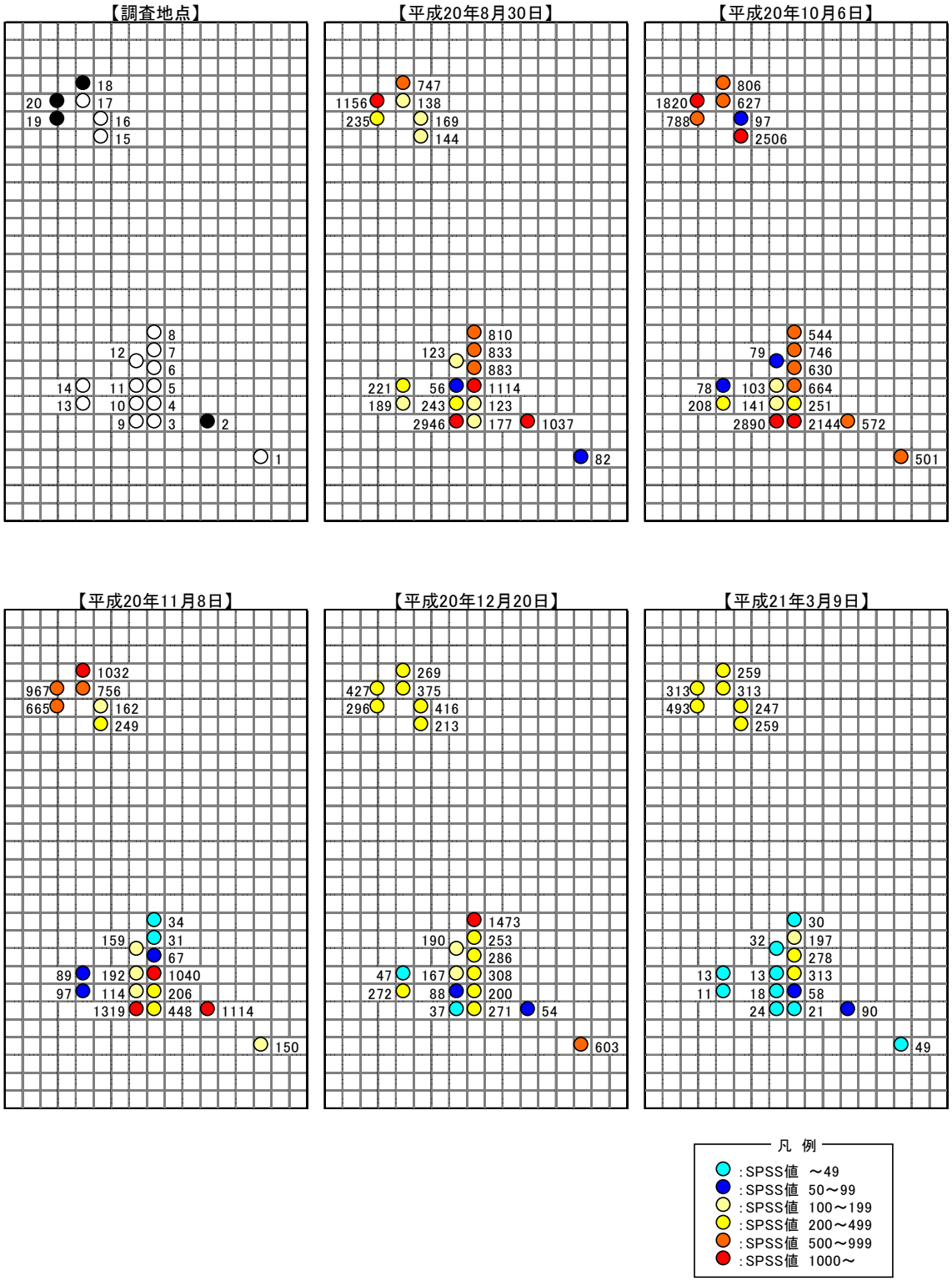


図 2-1-8(2)　SPSS の水平分布(大潜東工区)

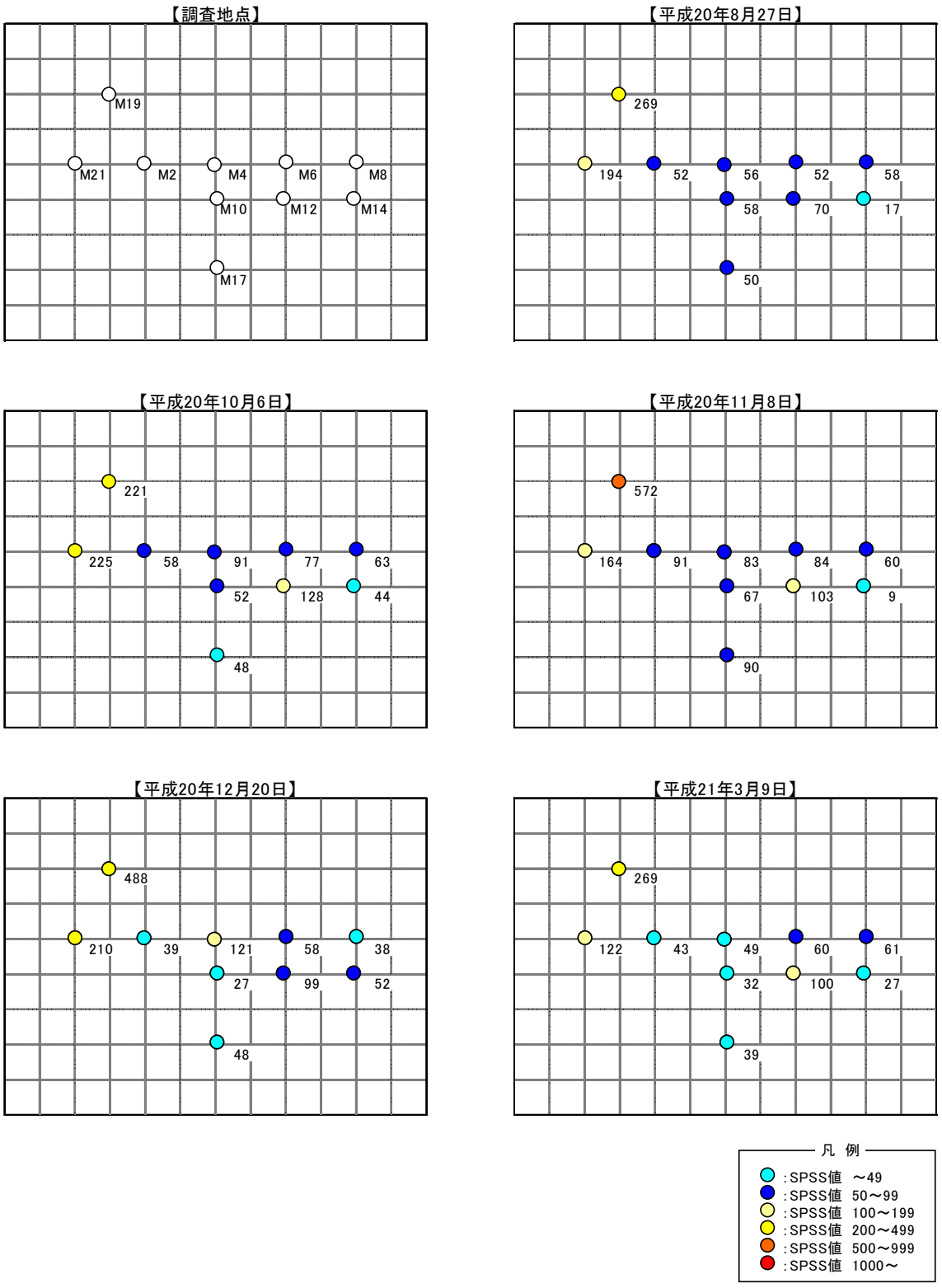


図 2-1-8(3)　SPSS の水平分布(見残し)

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 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。

2.2.1　濁度計による連続測定

1)目的

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して、濁度計による濁度の連続測定を行った。

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 年度、20 年度ともに、波高が 0.5m 未満の場合の、0.9FTU 未満が上層と下層を合わせて 97%以上を占め、年度間で差が見られなかった。これは、波高 0.5m は泥土が巻き上がる条件には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 年度と平成 20 年度の傾向が良く似ており、年度間で泥土の巻き上がり量の変化は認められなかった。

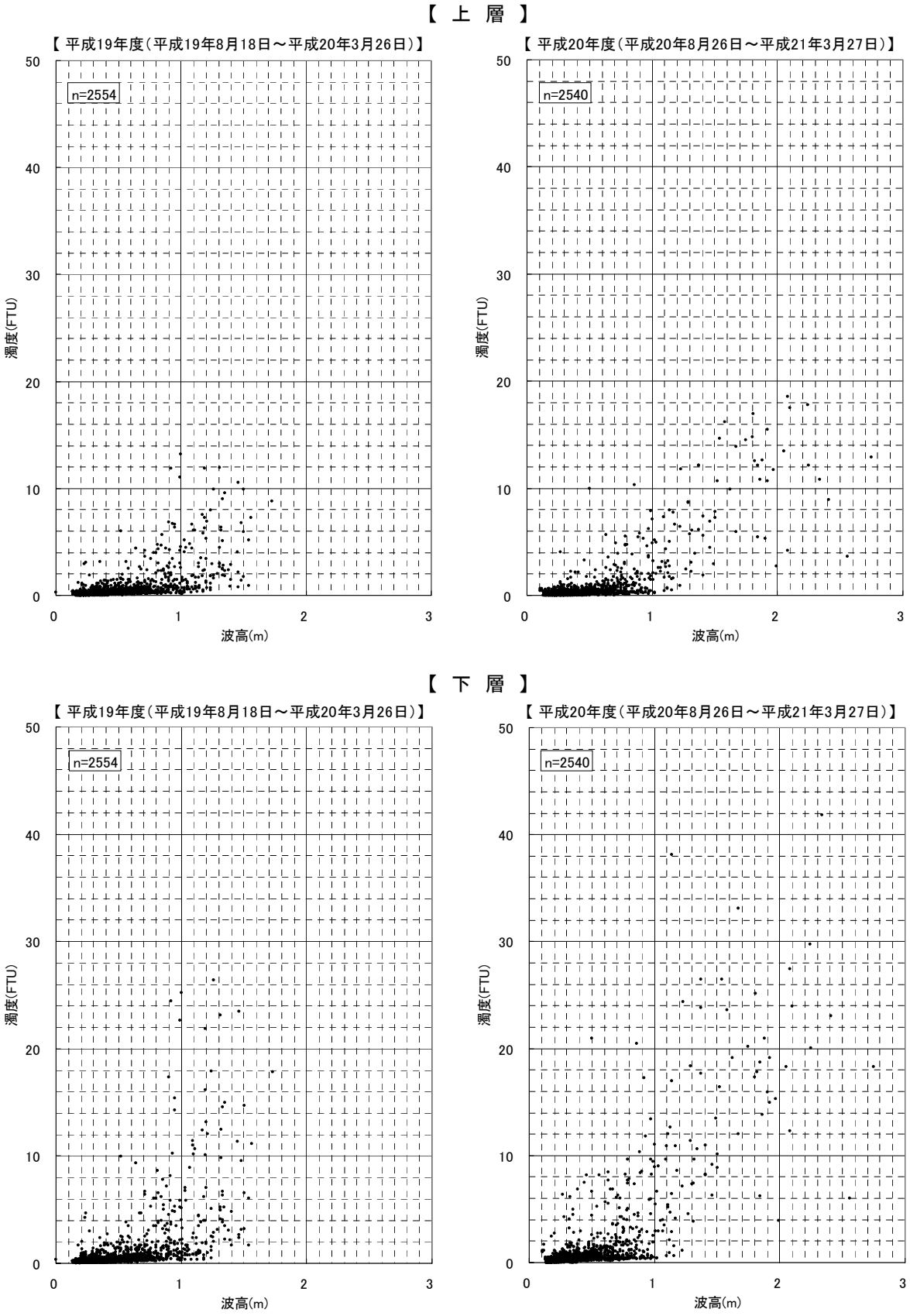
波高が 1.0m 以上～1.5m 未満の範囲では、上層、下層ともに平成 19 年度と比較して平成 20 年度は高い濁度の出現が増えており､泥土の巻き上がりが増加している様子が伺えた。

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 個と少ないため、ここでは考察しなかった。

なお、表 2-2-2 に平成 19 年度と平成 20 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 20 年度の濁度には、0.5m 以上～1.0m 未満の範囲においは有意な差は上層で無く下層で認められた。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、平成 20 年度は平成 19 年度と比較して泥土の巻き上がりが増加していることが分かった。

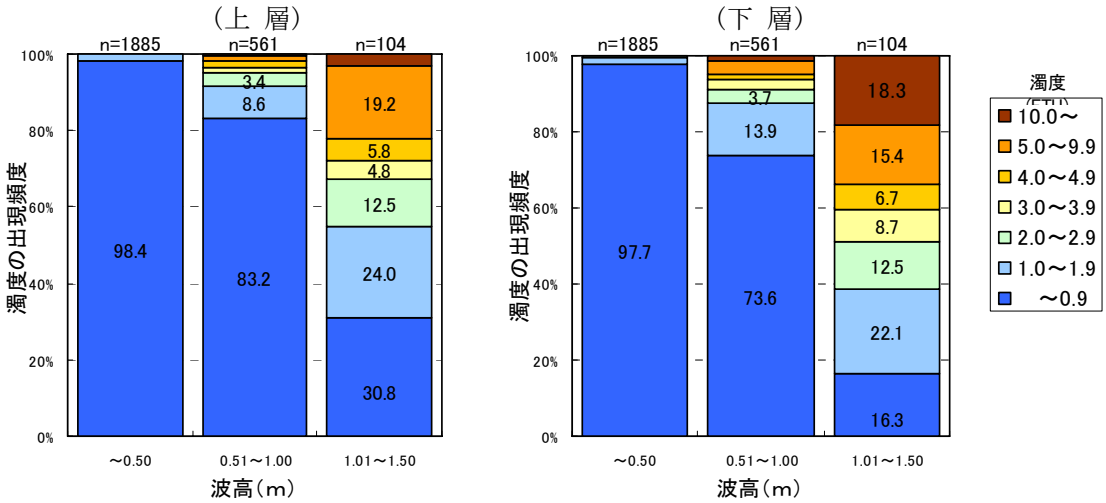
以上のように、泥土の巻き上がり量は、波高が 1.0m 未満の範囲においては、平成 19 年度と比較して平成 20 年度は同レベルであったが、波高 1.0m 以上の範囲においては、平成 20 年度は多くなっていた。



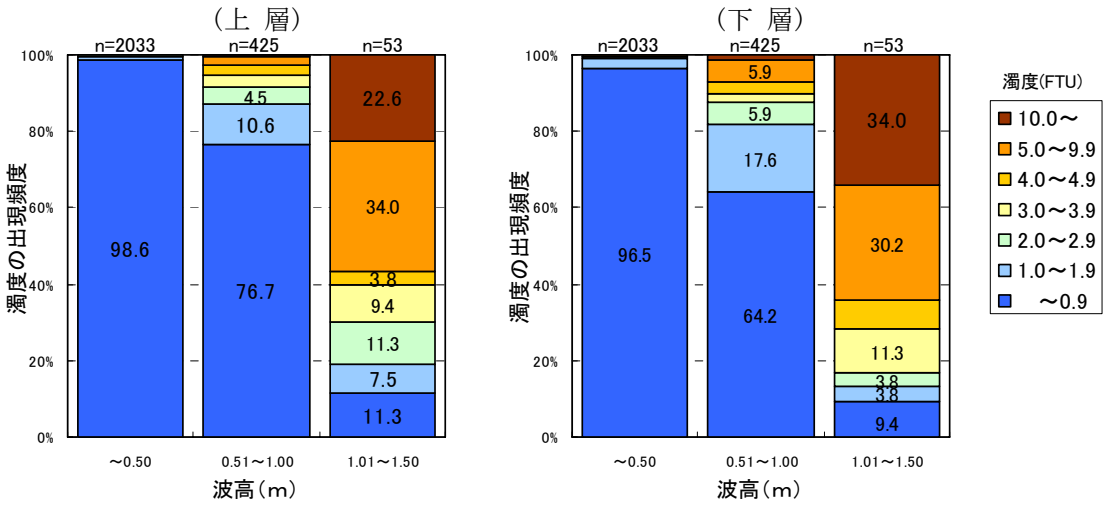
注1. データ間隔は2時間（波高データが2時間毎のため）。
2. 濁度は1時間平均値。

図 2-2-1　波高(爪白沖)と濁度(海中展望塔)の関係（上段：上層、下段：下層）

【平成19年度（平成19年8月18日～平成20年3月26日）】



【平成20年度（平成20年8月26日～平成21年3月27日）】



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

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

【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)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	10.0～	0.0	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
	3.0～3.9	0.2	1.2	4.8	0.0	0.6
	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

下　層		波高(m)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.1	2.7	8.7	0.0	1.0
	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
	～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）】

上　層		波高(m)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.1	2.8	9.4	3.4	0.8
	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
	～0.9	98.6	76.7	11.3	0.0	92.0
	データ数	2033	425	53	29	2540

下　層		波高(m)				
		～0.50	0.51～1.00	1.01～1.50	1.51～	合計
濁度(FTU)	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
	3.0～3.9	0.3	2.1	11.3	0.0	0.8
	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

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

単位：FTU

上層	波高0.51-1.00m				波高1.01-1.50m			
	H19	H20	計	有意差	H19	H20	計	有意差
n	561	425	986		104	53	157	
最大値	13.2	19.7	19.7		11.9	27.4	27.4	
最小値	0.0	0.0	0.0		0.2	0.2	0.2	
平均値	0.7	0.9	0.8		2.9	7.0	4.3	
中央値	0.4	0.4	0.4		1.8	5.6	2.5	
U			115296				1538	
Z			0.8848				4.5232	
P			0.1881				0.0000	
5%有意水準				無				有
1%有意水準				無				有
0.1%有意水準				無				有

下層	波高0.51-1.00m				波高1.01-1.50m			
	H19	H20	計	有意差	H19	H20	計	有意差
n	561	425	986		104	53	157	
最大値	25.2	48.7	48.7		26.4	63.2	63.2	
最小値	0.1	0.2	0.1		0.3	0.4	0.3	
平均値	1.2	1.5	1.3		5.1	11.9	7.4	
中央値	0.5	0.6	0.5		2.8	7.3	4.0	
U			99870				1667	
Z			4.3685				4.0443	
P			0.0000				0.0000	
5%有意水準				有				有
1%有意水準				有				有
0.1%有意水準				有				有

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。

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 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があると考えられる。

「2.1.2 SPSS 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、「2.6 泥土の移動・堆積メカニズムの解明（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域）」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。

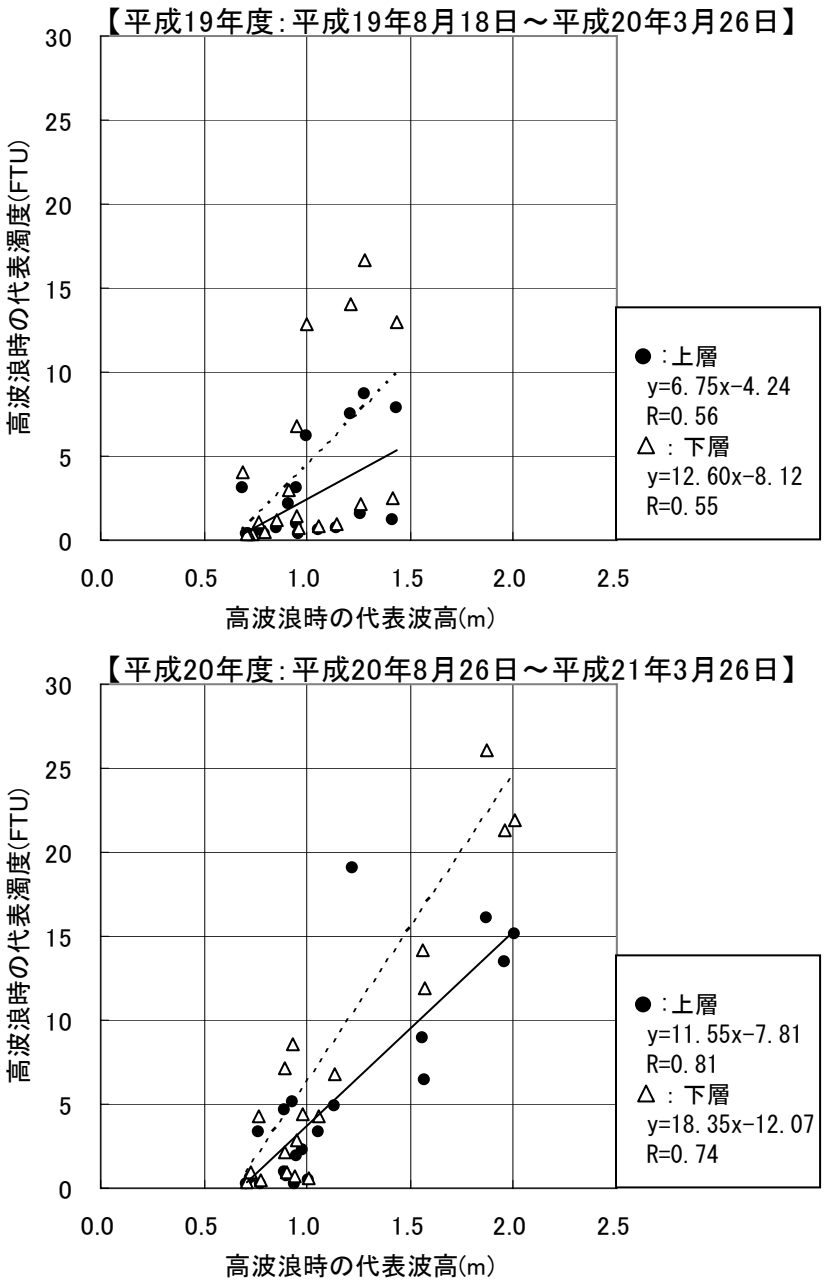


図 2-2-3　高波浪時の波高(爪白沖)と濁度(海中展望塔)の関係

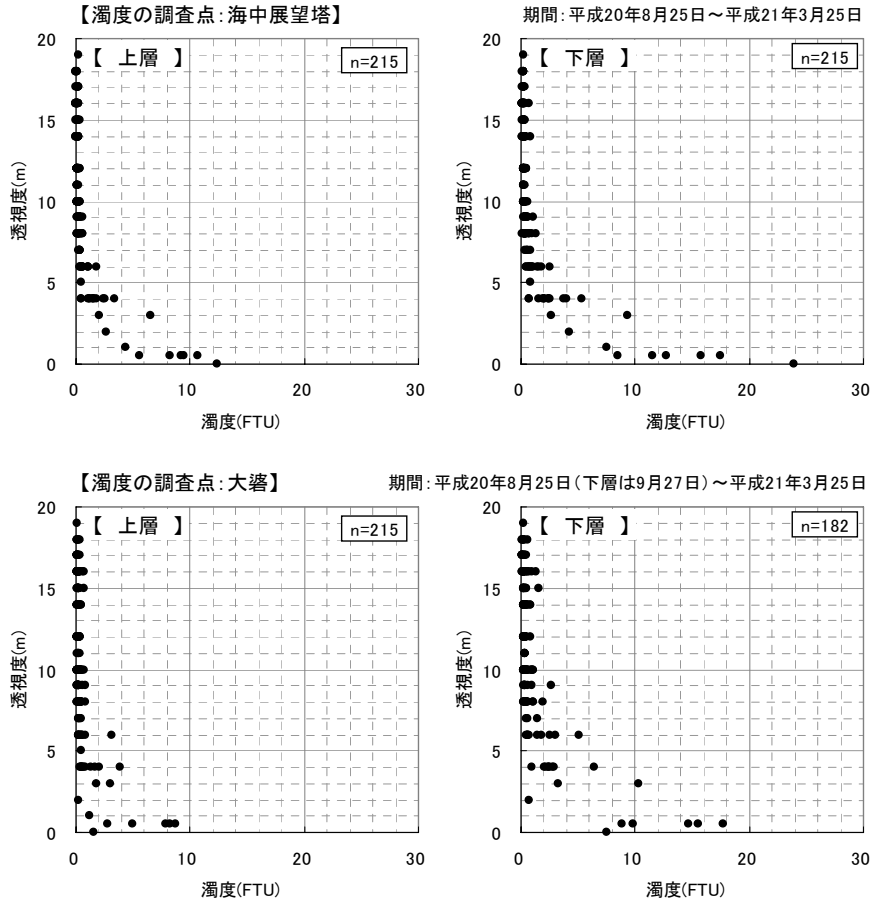
④海中展望塔の透視度データと濁りの関係

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おり、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及び大碆において測定した濁度の関係を整理した。図 2-2-4 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、透視度は、濁度が 1FTU より低いと 4～19 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 1 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考えられる。従って、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ことが分かった。



注1. 透視度は、海中展望台で足摺海底館が測定したデータ。
2. 濁度は、日平均値

図 2-2-4　濁度と海中展望塔の透視度の関係

2.2.2　浮泥堆積状況調査

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を検討した。

2)実施内容

(1)調査地点

調査点は、図 2-2-5 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。それぞれの地点の水深の異なる 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等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。

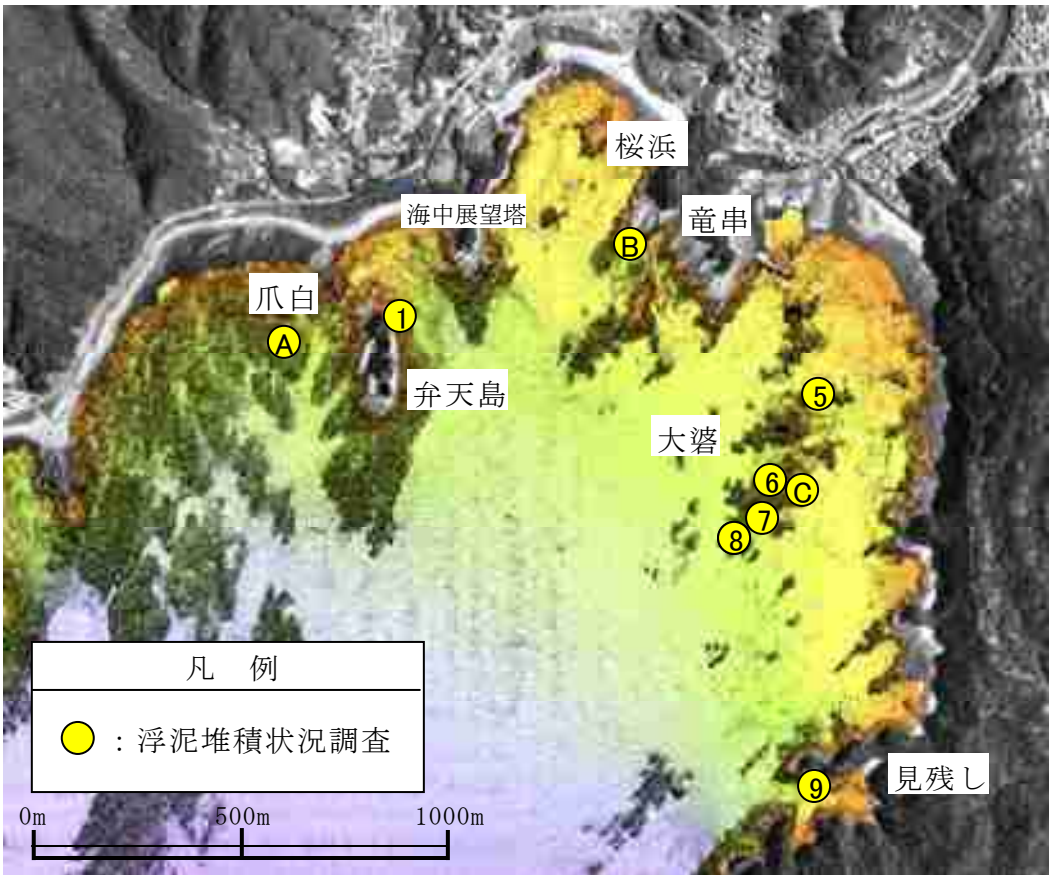


図 2-2-5　調査点位置

表 2-2-3　プレートの設置水深

海域	爪白	弁天島	竜串	大碆					見残し
調査点	A	1	B	C	5	6	7	8	9
上層	2.7m	3.3m	2.0m	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.基準下)

(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（正方形、1辺80㎜、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 2-2-1　プレートの設置状況

(3)調査期間

調査期間は、平成 20 年 8 月 25 日～11 月 29 日であり、計 6 回の測定を行った。

表 2-2-4　調査工程

年	月	日	調査回	プレートを設置してからの経過日数	調査項目		
					プレートの設置・回収	浮泥堆積物と付着生物の被度の測定	堆積物重量と強熱残分重量の測定
H20	8	25	0	－	設置		
	9	7	1	11		○	
	9	27	2	31	回収・設置	○	○
	10	8	3	10		○	
	10	24	4	26	回収・設置	○	○
	11	9	5	15		○	
	11	29	6	35	回収・設置	○	○

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 2-2-6～7 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、上層は全期間を通して全調査点で被度が 30%以下であり、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全調査点で被度が 30%以下であった。被度が 30%を上回った調査点は、大瀞 C、大瀞 6、見残し 9 であったが、出現回数は全 6 調査の内、1～2 回と少なかった。

下層は概ね全期間を通して被度が 30%以下の調査点が多かった。被度が 30%を上回った調査点は、中層で被度が高い傾向にあった大瀞 C、大瀞 6 に加えて大瀞 7 であった。この内、大瀞 C は 1 回の調査日を除いて被度が 50～95%であり、浮泥が非常に堆積し易いことが分かった。大瀞 6、見残し 9 における 30%を上回る調査の出現回数は全 6 調査の内、1～2 回と少なかった。

(2)事業効果

本年度の浮泥堆積状況は、大瀞東工区に最も近い調査点 C の中層と下層は、前年に引き続き浮泥の堆積し易い状況にあったものの、その他の浮泥の堆積量が比較的多かった大瀞地区の調査点では、若干、堆積量が減少する傾向が見られた。サンゴの生育状況は竜串湾全体で改善傾向にあり、堆積量が減少したことが原因である可能性が示唆された。

ただし、本年度は例年と比較して高波浪の発生が少なく、単純には前年度と調査結果を比較できないことに注意が必要である。

表 2-2-5　浮泥堆積状況調査の結果一覧

平成20年8月～11月　　（単位:%、堆積物重量と強熱残分重量はmg/cm^2）

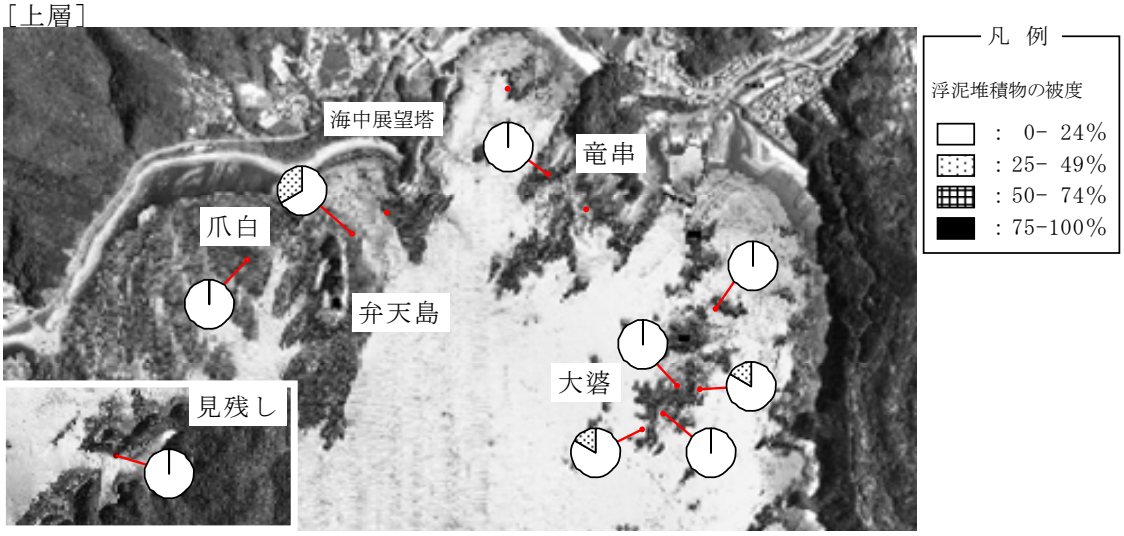
	回	調査月日	爪白 A						竜串 B						大碆 C					
			浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分	浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分	浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分
上層	1	9/ 7	5	R	R	50	－	－	0	0	R	R	－	－	0	R	R	R	－	－
	2	9/27	10	25	25	15	1.7	1.4	0	R	5	R	0.0	0.0	R	R	25	5	0.3	0.3
	3	10/ 8	R	R	0	20	－	－	0	R	R	R	－	－	R	R	0	R	－	－
	4	10/24	10	R	5	40	1.5	1.3	0	R	10	R	0.0	0.0	5	R	R	15	0.5	0.4
	5	11/ 9	R	R	R	25	－	－	0	R	R	R	－	－	0	R	R	R	－	－
	6	11/29	10	20	R	30	1.7	1.3	0	0	5	R	0.0	0.0	25	R	5	25	0.6	0.5
中層	1	9/ 7	R	R	R	10	－	－	R	R	R	R	－	－	50	0	R	R	－	－
	2	9/27	R	R	60	R	0.1	0.1	R	R	5	R	0.1	0.1	5	R	R	R	0.5	0.4
	3	10/ 8	0	R	0	R	－	－	R	R	R	R	－	－	5	R	R	R	－	－
	4	10/24	0	R	5	R	0.1	0.0	25	R	R	20	0.3	0.2	30	R	R	20	3.4	3.2
	5	11/ 9	0	R	R	5	－	－	10	R	R	15	－	－	R	R	R	R	－	－
	6	11/29	R	R	20	R	0.1	0.0	5	R	5	20	0.1	0.1	15	R	R	10	0.8	0.7
下層	1	9/ 7	0	R	R	R	－	－	5	R	R	5	－	－	80	0	R	R	－	－
	2	9/27	0	R	75	R	0.0	0.0	R	R	5	R	0.1	0.0	95	R	R	R	4.7	4.6
	3	10/ 8	5	R	0	R	－	－	5	R	R	5	－	－	90	0	0	R	－	－
	4	10/24	0	R	5	R	0.1	0.1	R	R	R	5	0.3	0.2	75	R	R	10	3.9	3.7
	5	11/ 9	R	R	R	5	－	－	R	R	R	10	－	－	R	R	R	5	－	－
	6	11/29	0	R	15	R	0.1	0.0	R	R	5	5	0.1	0.1	50	R	R	20	3.6	3.4

	回	調査月日	弁天島 1						大碆 5						大碆 6					
			浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分	浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分	浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分
上層	1	9/ 7	5	R	R	R	－	－	5	R	R	5	－	－	R	R	R	R	－	－
	2	9/27	5	R	15	5	0.2	0.1	5	R	5	5	0.9	0.8	R	R	60	R	0.2	0.1
	3	10/ 8	5	R	R	5	－	－	0	R	R	R	－	－	R	R	R	5	－	－
	4	10/24	30	R	R	20	0.3	0.3	15	R	R	10	0.7	0.6	R	R	5	5	0.1	0.0
	5	11/ 9	15	R	R	15	－	－	0	R	R	5	－	－	0	R	R	R	－	－
	6	11/29	25	R	5	25	0.3	0.3	10	R	5	15	0.1	0.1	R	R	5	R	0.1	0.0
中層	1	9/ 7	R	0	R	R	－	－	15	R	R	15	－	－	R	R	R	R	－	－
	2	9/27	R	R	25	5	0.2	0.2	25	R	5	25	2.1	1.8	R	R	49	5	0.5	0.4
	3	10/ 8	5	R	R	5	－	－	R	R	R	R	－	－	0	R	R	R	－	－
	4	10/24	R	R	5	R	0.1	0.1	10	R	R	10	0.9	0.8	R	R	5	5	0.0	0.0
	5	11/ 9	R	R	R	5	－	－	0	R	R	R	－	－	40	R	R	30	－	－
	6	11/29	25	R	5	25	0.1	0.1	10	R	5	15	0.4	0.3	R	R	R	15	0.1	0.1
下層	1	9/ 7	R	0	R	R	－	－	R	R	R	R	－	－	R	R	R	R	－	－
	2	9/27	0	R	5	R	0.1	0.0	R	R	15	5	0.4	0.2	0	R	20	R	0.1	0.0
	3	10/ 8	5	R	0	5	－	－	R	R	R	R	－	－	R	R	R	R	－	－
	4	10/24	R	R	5	R	0.1	0.1	5	R	R	10	0.4	0.3	30	R	R	50	0.3	0.2
	5	11/ 9	R	R	R	5	－	－	0	R	R	5	－	－	20	R	R	10	－	－
	6	11/29	0	R	R	R	0.1	0.0	R	R	5	10	0.3	0.3	R	R	R	R	0.1	0.0

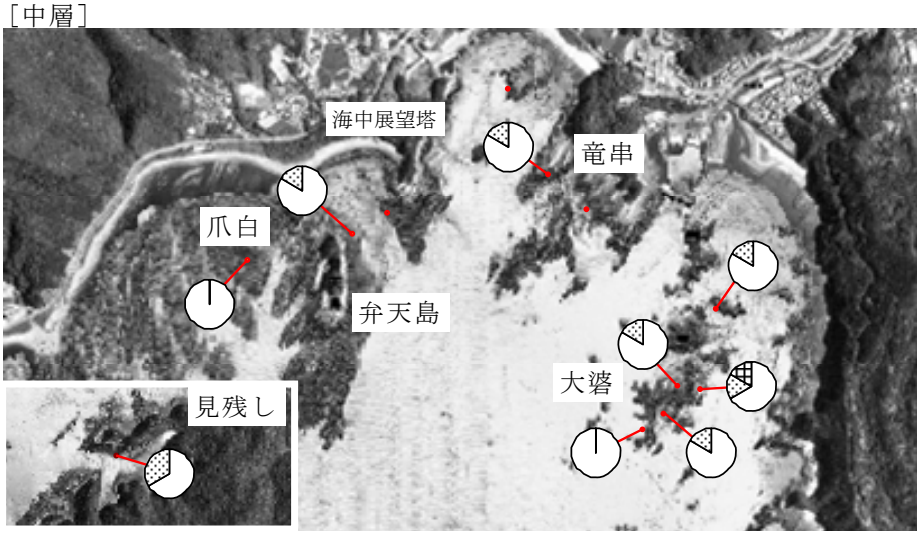
	回	調査月日	大碆 7						大碆 8						見残し 9					
			浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分	浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分	浮泥	ｺｹﾑｼ綱	ｻﾋﾞ亜科	珪藻綱	堆積物	強熱残分
上層	1	9/ 7	R	R	R	R	－	－	R	R	R	R	－	－	R	R	R	R	－	－
	2	9/27	10	R	10	15	0.6	0.5	R	R	5	R	0.2	0.1	10	R	25	15	0.3	0.2
	3	10/ 8	5	R	R	5	－	－	R	5	R	5	－	－	5	R	R	10	－	－
	4	10/24	R	R	5	5	0.3	0.3	30	R	5	50	0.6	0.5	15	R	5	15	0.2	0.1
	5	11/ 9	R	R	R	5	－	－	0	R	R	R	－	－	5	R	R	10	－	－
	6	11/29	0	0	10	R	0.0	0.0	R	R	10	5	0.3	0.2	5	R	5	20	0.5	0.4
中層	1	9/ 7	5	R	R	5	－	－	R	R	R	R	－	－	R	R	R	5	－	－
	2	9/27	R	R	10	5	0.1	0.1	R	R	R	5	0.2	0.2	25	R	R	15	0.6	0.5
	3	10/ 8	5	R	R	10	－	－	0	R	R	R	－	－	5	R	R	10	－	－
	4	10/24	25	R	5	25	0.3	0.2	R	R	R	5	0.1	0.1	40	5	R	40	0.7	0.6
	5	11/ 9	5	R	R	10	－	－	R	R	R	R	－	－	10	R	R	15	－	－
	6	11/29	5	R	5	5	0.3	0.2	10	R	5	25	0.6	0.5	5	R	5	20	0.3	0.2
下層	1	9/ 7	15	R	R	25	－	－	R	R	R	R	－	－	R	R	R	R	－	－
	2	9/27	15	R	5	10	0.2	0.2	25	R	5	30	1.0	0.8	25	R	R	40	0.4	0.4
	3	10/ 8	5	R	R	5	－	－	20	R	R	10	－	－	10	R	R	15	－	－
	4	10/24	5	R	5	5	0.2	0.2	R	R	R	5	0.2	0.2	30	R	R	20	1.0	0.9
	5	11/ 9	40	R	R	40	－	－	5	R	R	5	－	－	10	R	R	10	－	－
	6	11/29	5	R	5	5	0.2	0.2	5	0	10	10	0.3	0.2	10	R	R	10	0.7	0.6

注）Rは、被度5%未満を示す。

［上層］



［中層］



［下層］

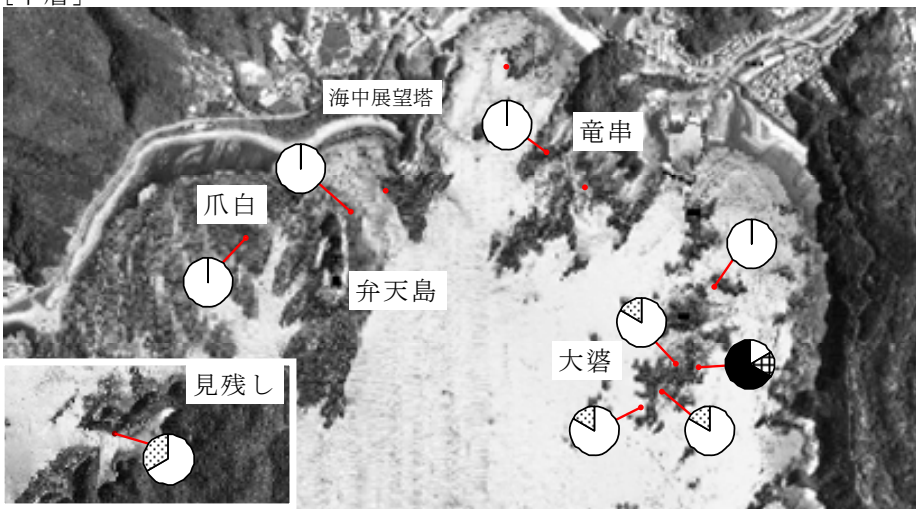


図 2-2-6　浮泥堆積物被度の出現頻度の水平分布

全 6 回の調査結果（平成 20 年 8 月 25 日～11 月 29 日）

1回目調査（プレート設置期間：平成20年 8月25日～　9月 7日（11日間））
　観察のみ実施

［上層］　　（単位：%）

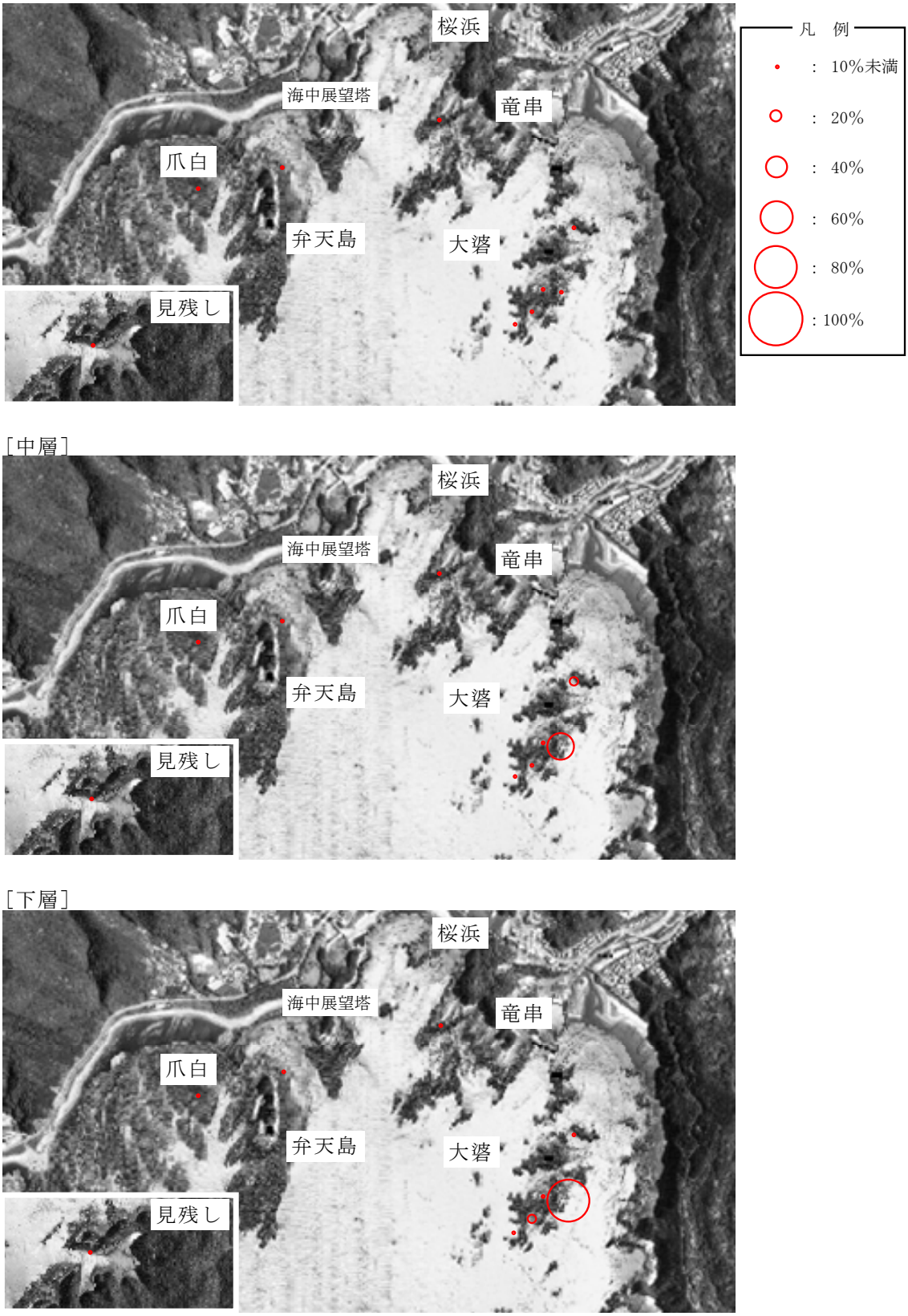
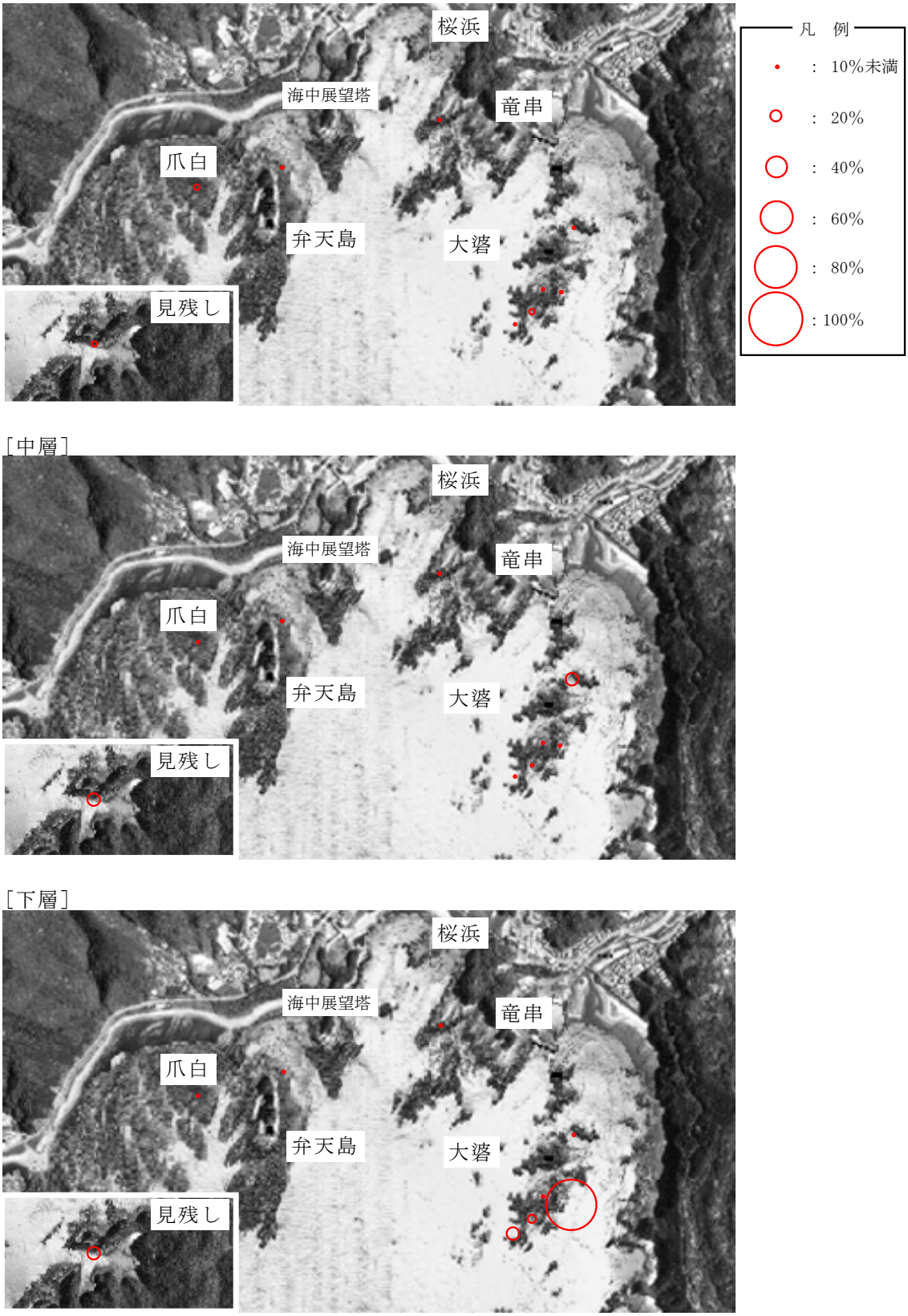


図 2-2-7(1)　浮泥堆積物被度の水平分布(1 回目調査)

2回目調査（プレート設置期間：平成20年 8月25日～　9月27日（31日間））
　観察のみ実施

［上層］　　（単位：%）



［中層］

［下層］

図 2-2-7(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20年 9月27日～　10月 8日（10日間））
　観察のみ実施

［上層］　　（単位：%）

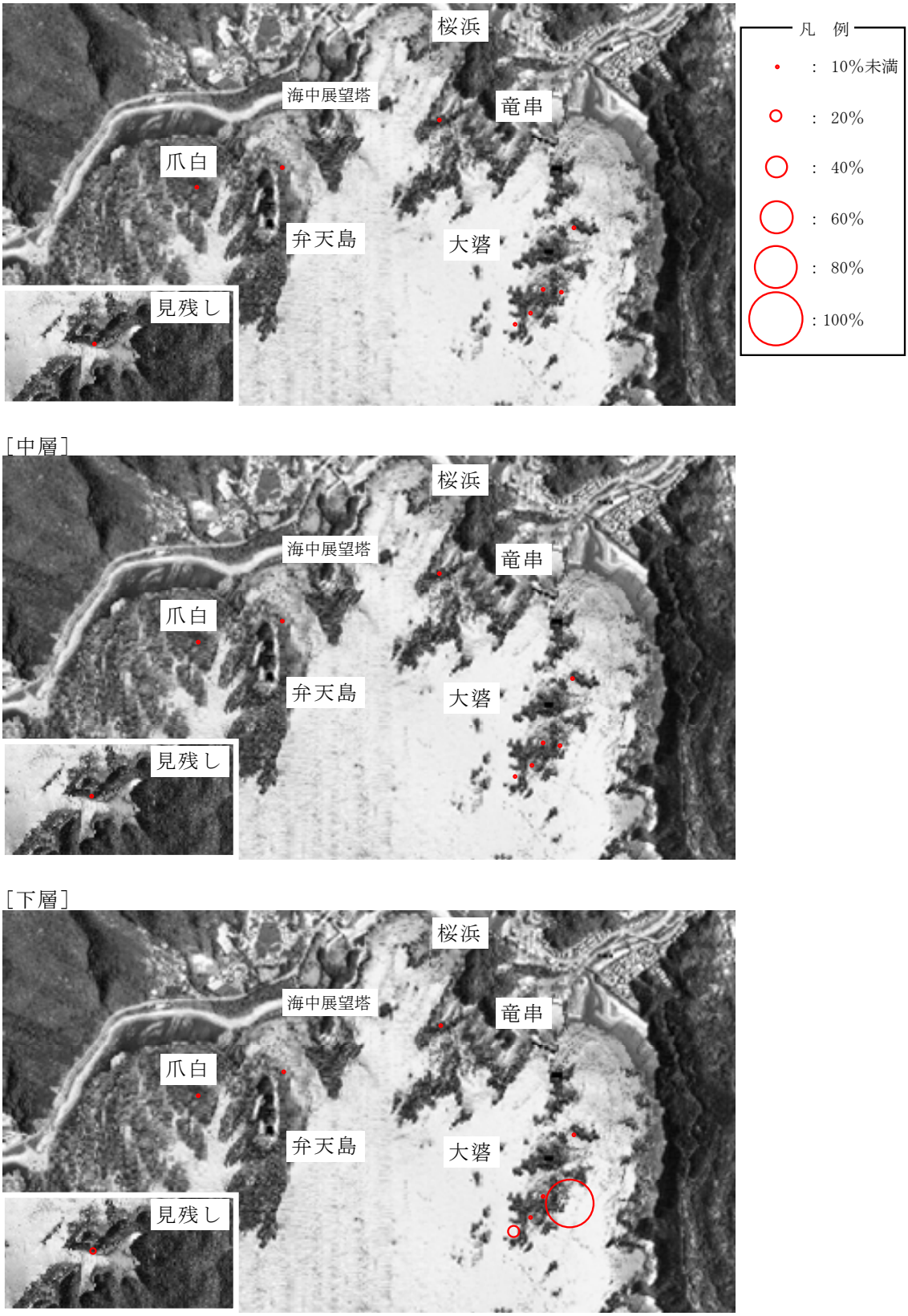
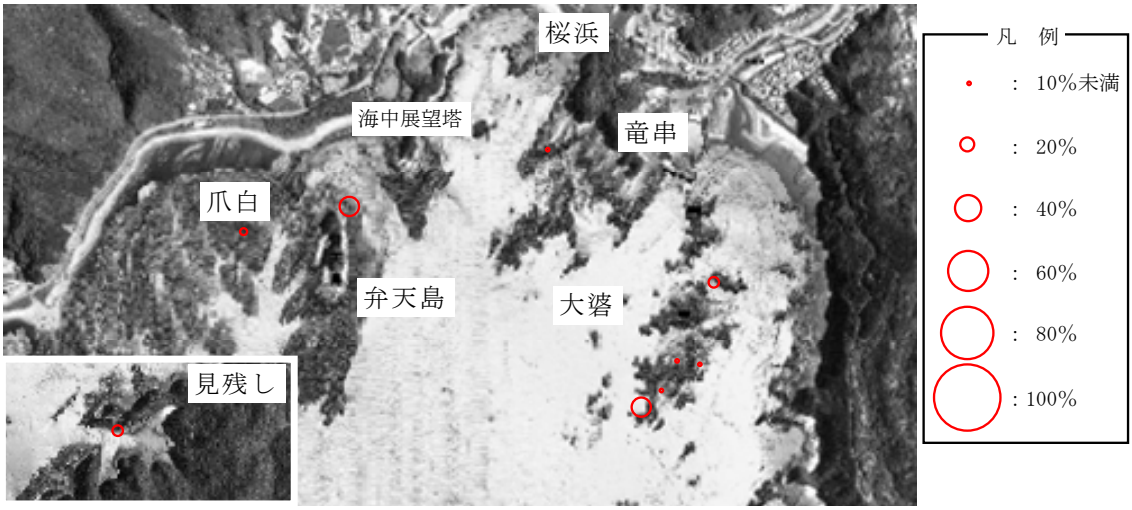


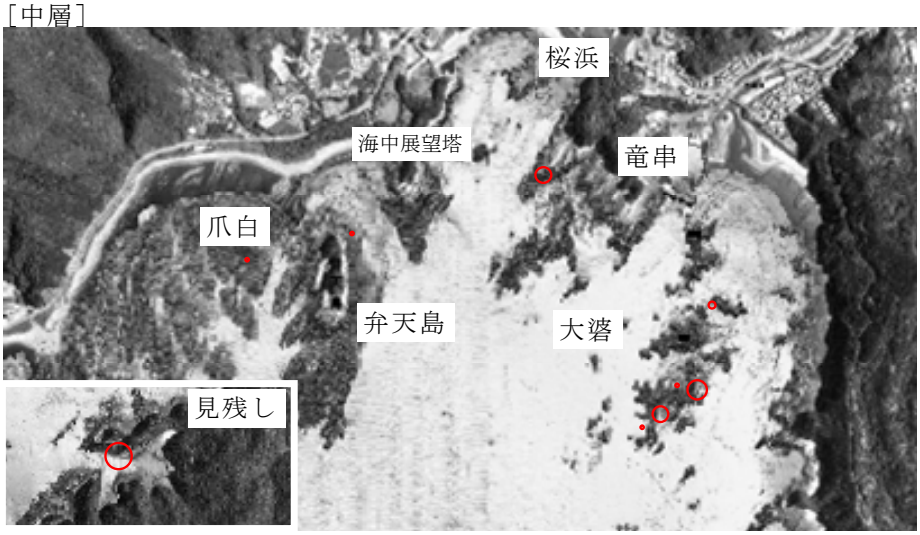
図 2-2-7(3)　浮泥堆積物被度の水平分布(3 回目調査)

4回目調査（プレート設置期間：平成20年 9月27日～　10月24日（26日間））
　観察のみ実施

［上層］　（単位：%）



［中層］



［下層］

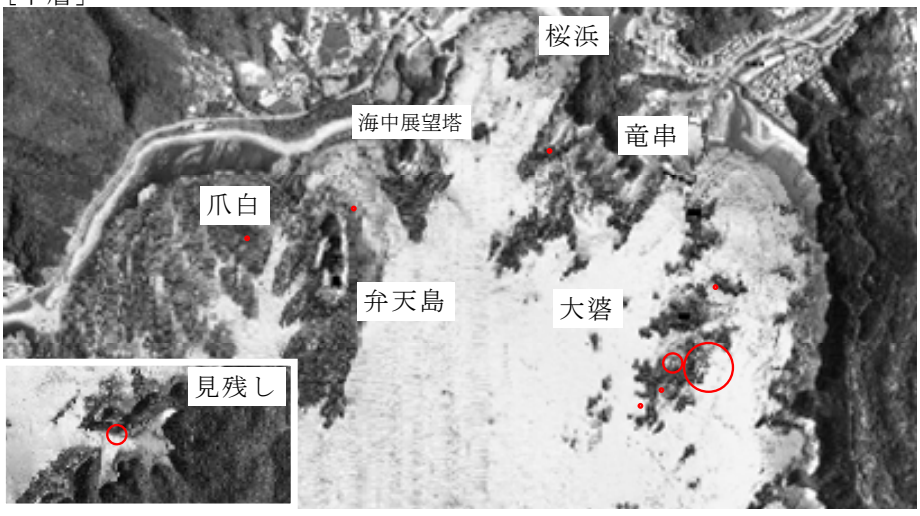
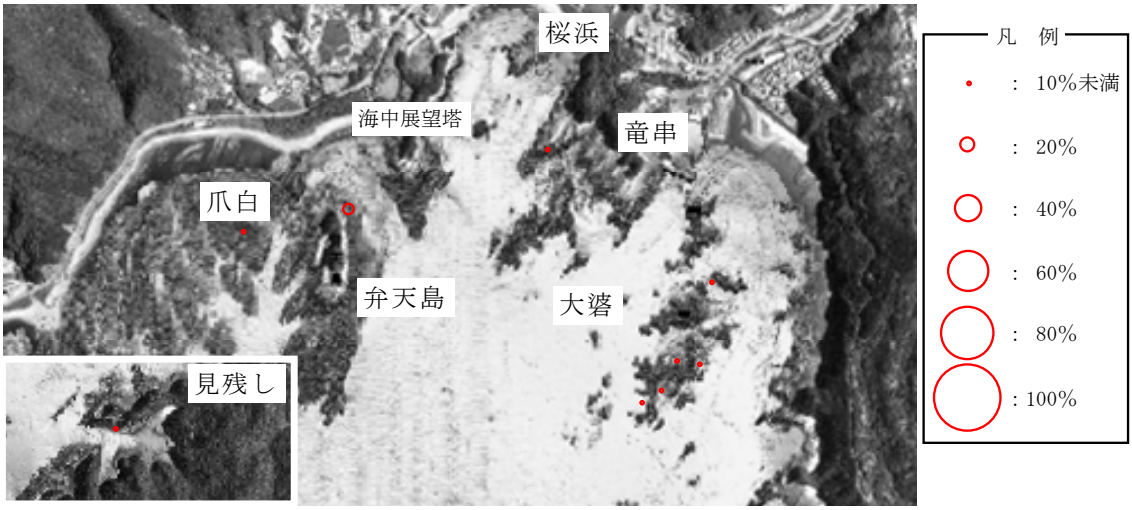


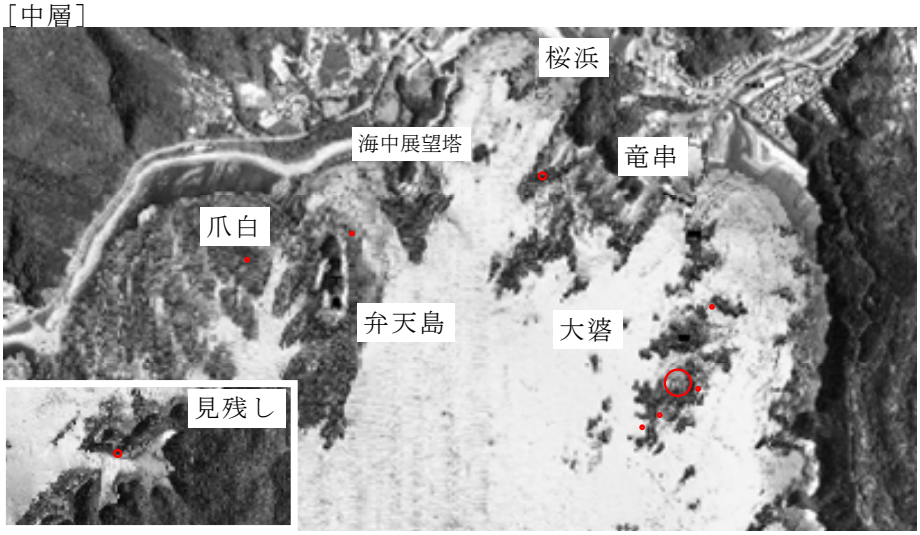
図 2-2-7(4)　浮泥堆積物被度の水平分布(4 回目調査)

5回目調査（プレート設置期間：平成20年10月24日～　11月　9日（15日間））
　観察のみ実施

［上層］　　（単位：%）



［中層］



［下層］

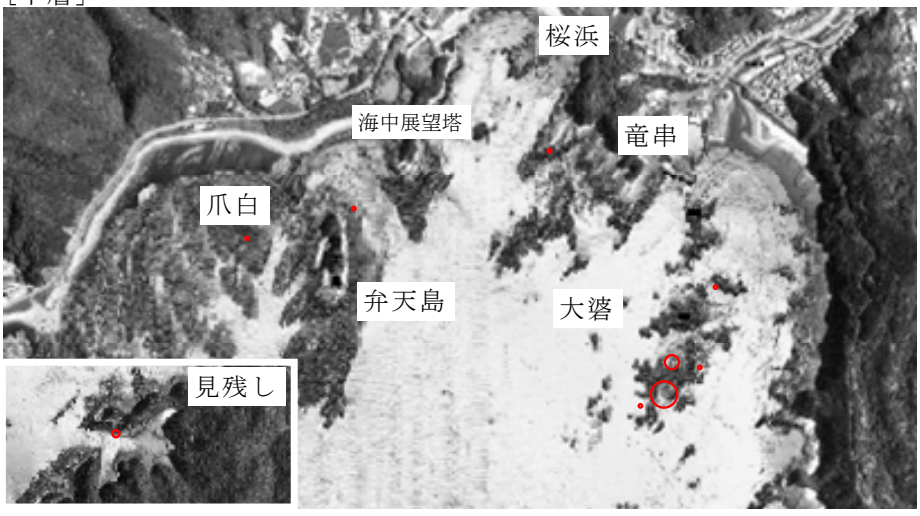
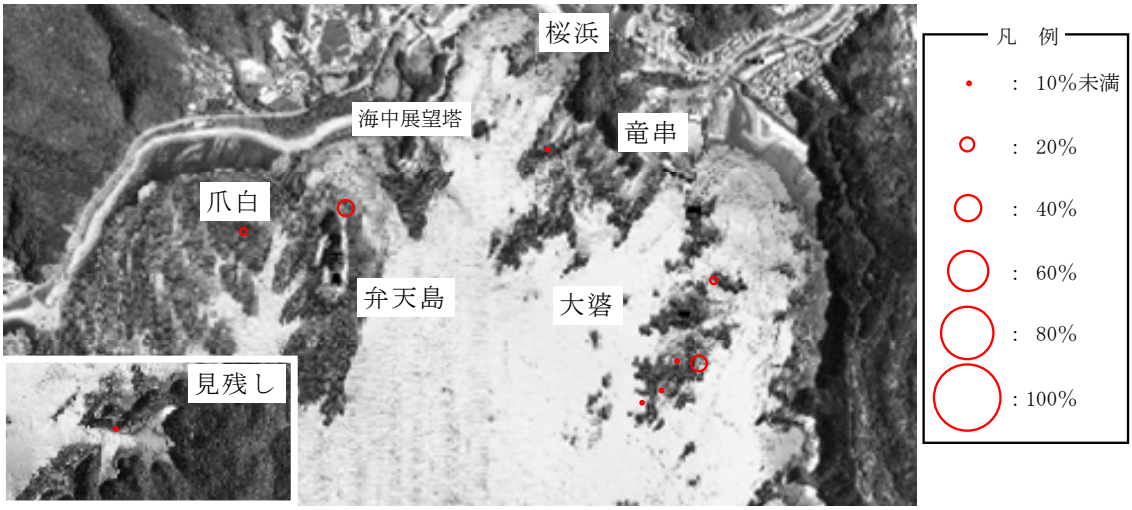


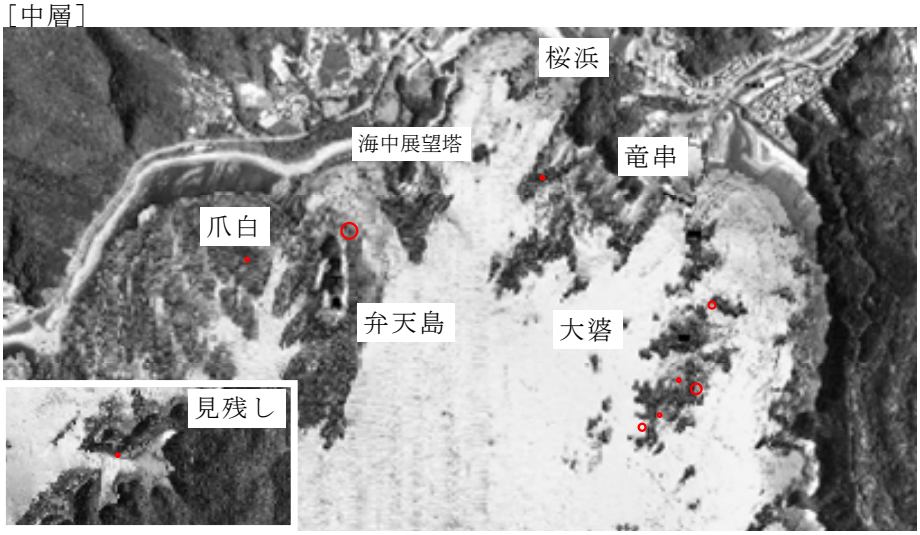
図 2-2-7(5)　浮泥堆積物被度の水平分布(5 回目調査)

6回目調査（プレート設置期間：平成20年10月24日～　11月29日（35日間））
　観察のみ実施

［上層］　（単位：%）



［中層］



［下層］

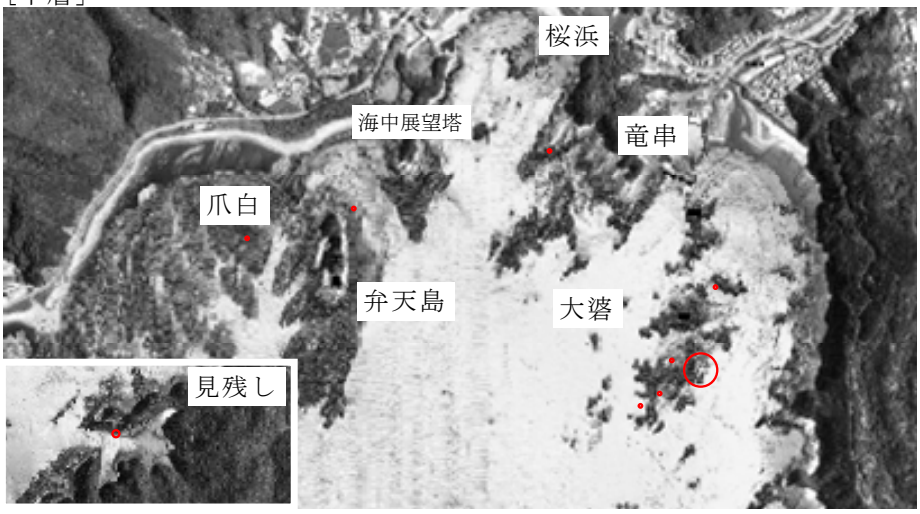


図 2-2-7(6)　浮泥堆積物被度の水平分布(6 回目調査)

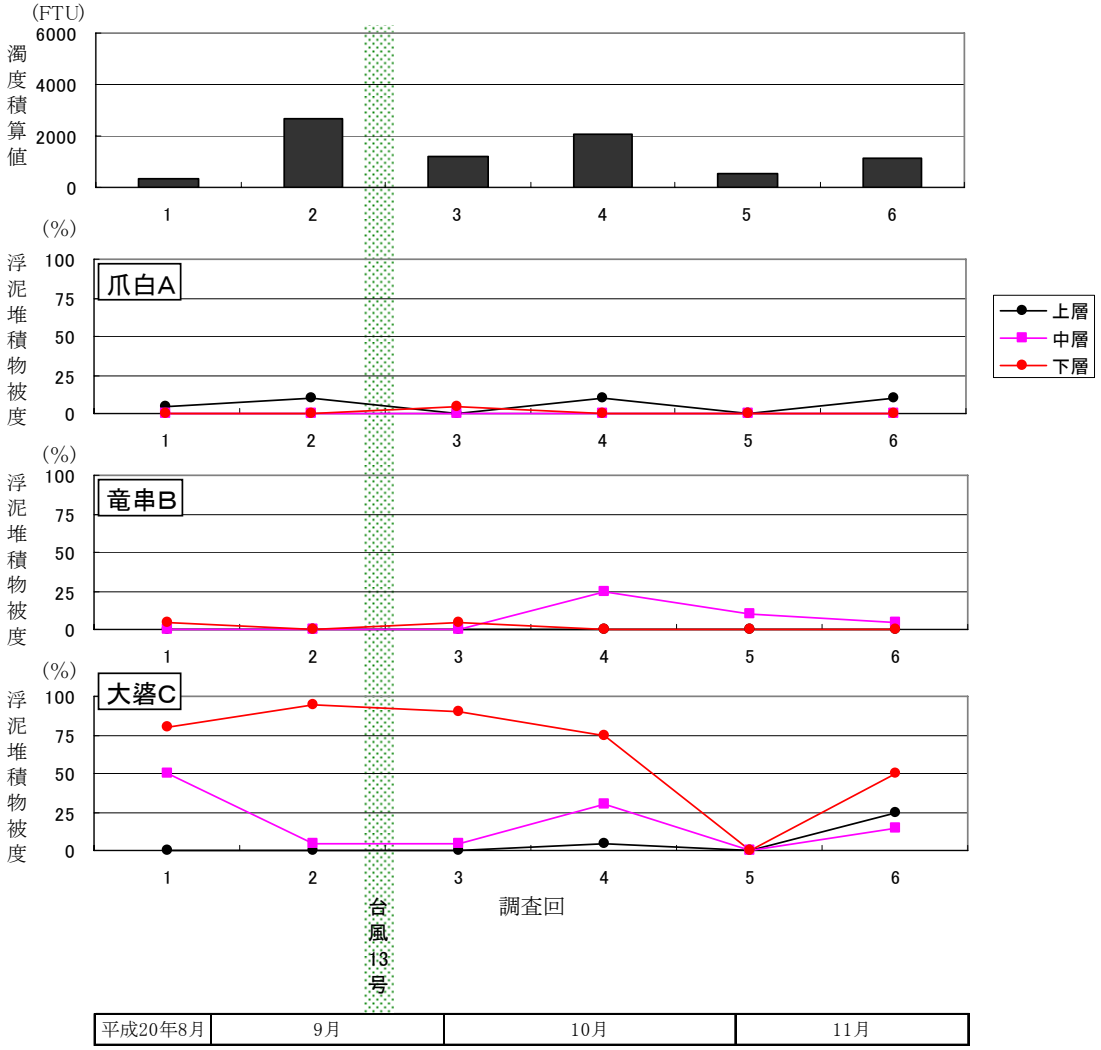
(3)浮泥堆積物被度の経過

図 2-2-8 に、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を海中展望塔調査点の上層で測定した濁度の積算値と同時に示した。

爪白Ａにおいては、全期間を通して浮泥堆積物被度は全層で概ね 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、波当たりが他の地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、表層と下層では全期間を通して概ね 0%、中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、表層では全期間を通して概ね 0%、中層では、全期間を通して R～50%の範囲、下層では全期間を通して R～95%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。



濁度積算値は、海中展望塔上層の濁度計で測定した10分間隔のデータをプレートの設置日から測定日までの期間積算した値である。

図 2-2-8　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が推定できそうである。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が含まれて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、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　底質分布詳細調査

1)目的

平成 19 年度に実施した濁り対策調査における工事後の評価モニタリングの結果では、泥土除去の効果・自然のクリーニング力から濁り環境が改善傾向にあることが報告されている。平成 20 年度は、これまでの実証的対策およびその評価を踏まえ、基本計画を見直し現状の自然再生状況を把握したうえで竜串自然再生事業の目標に沿った計画を再考することが必要である。よって、本調査では 2 ヵ年の泥土除去後における大碆東海域（東工区）底質の SPSS ゾーニングを実施し、対策状況および今後の実施計画を検討するデータを作成するための調査を行うことを目的とする。

平成 19 年度竜串湾自然再生第 1 回専門家技術支援委員会における報告の中では、他地点は SPSS 値が低い値へと改善傾向にあるものの見残し湾の SPSS は依然高い値を維持していることから、湾内の底質分布状況を把握し、今後のモニタリングデータの一つとする。また今後サンゴの成育に影響が及ぶ可能性がある場合はその対策の方向性を基本計画見直し業務にて検討する。よって本調査では見残し湾内の底質分布詳細調査を実施することも目的とする。

2)実施内容

(1)期間

現地調査期間：8 月 26 日～9 月 9 日

(2)調査地点（採泥点）

調査海域は大碆東海域及び見残し湾である（図 2-3-1 青色部参照）。調査地点の詳細位置を図 2-3-2、図 2-3-3 に示し、調査海域の写真を写真 2-3-1～写真 2-3-6 に示した。

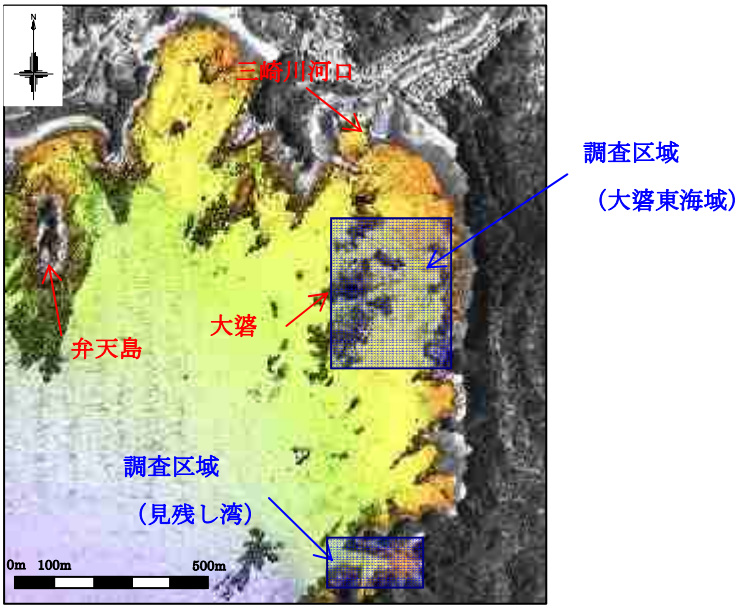


図 2-3-1　泥土堆積状況詳細調査区域

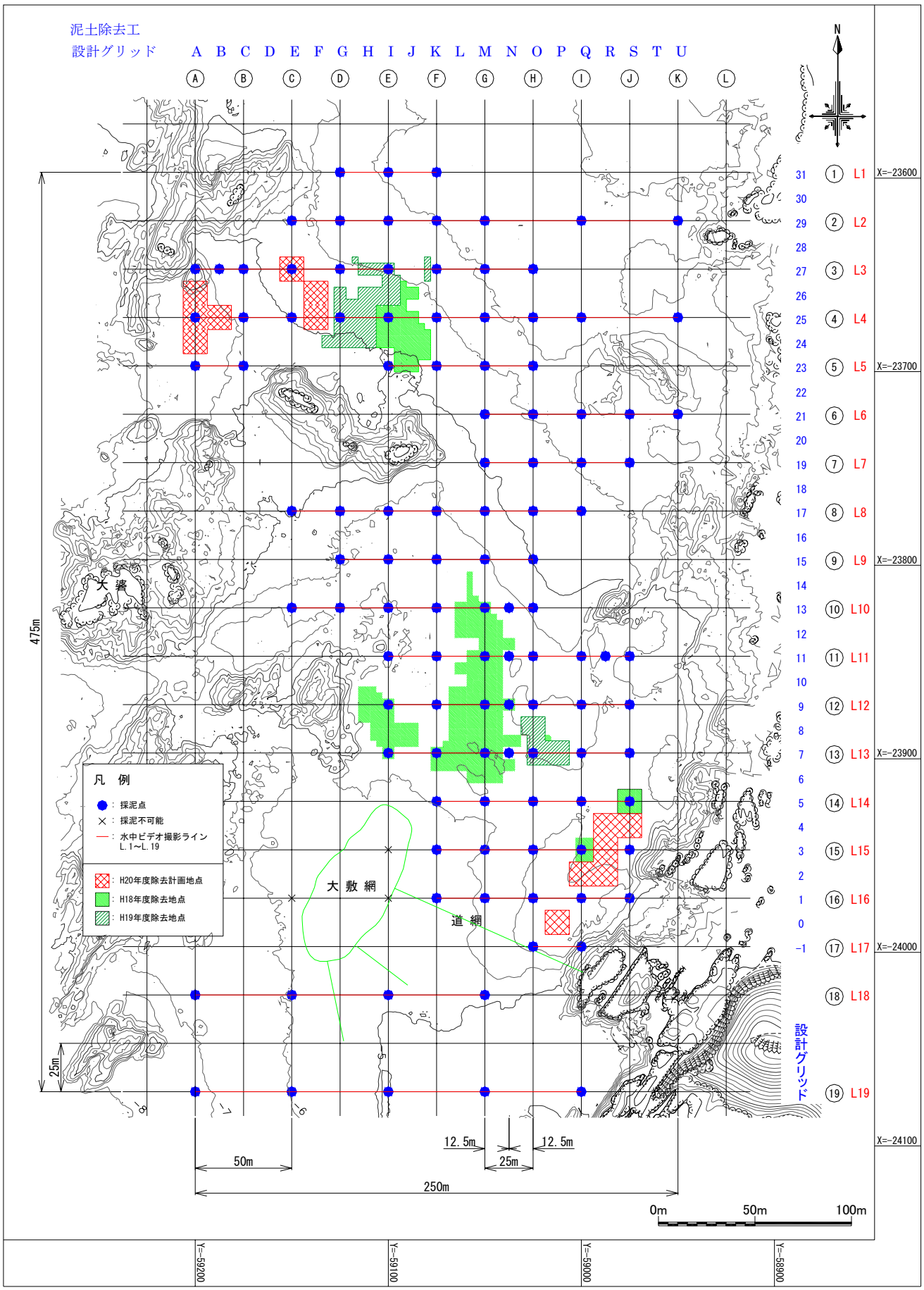


図 2-3-2　大婆東海域　採泥点及び海底状況調査ライン

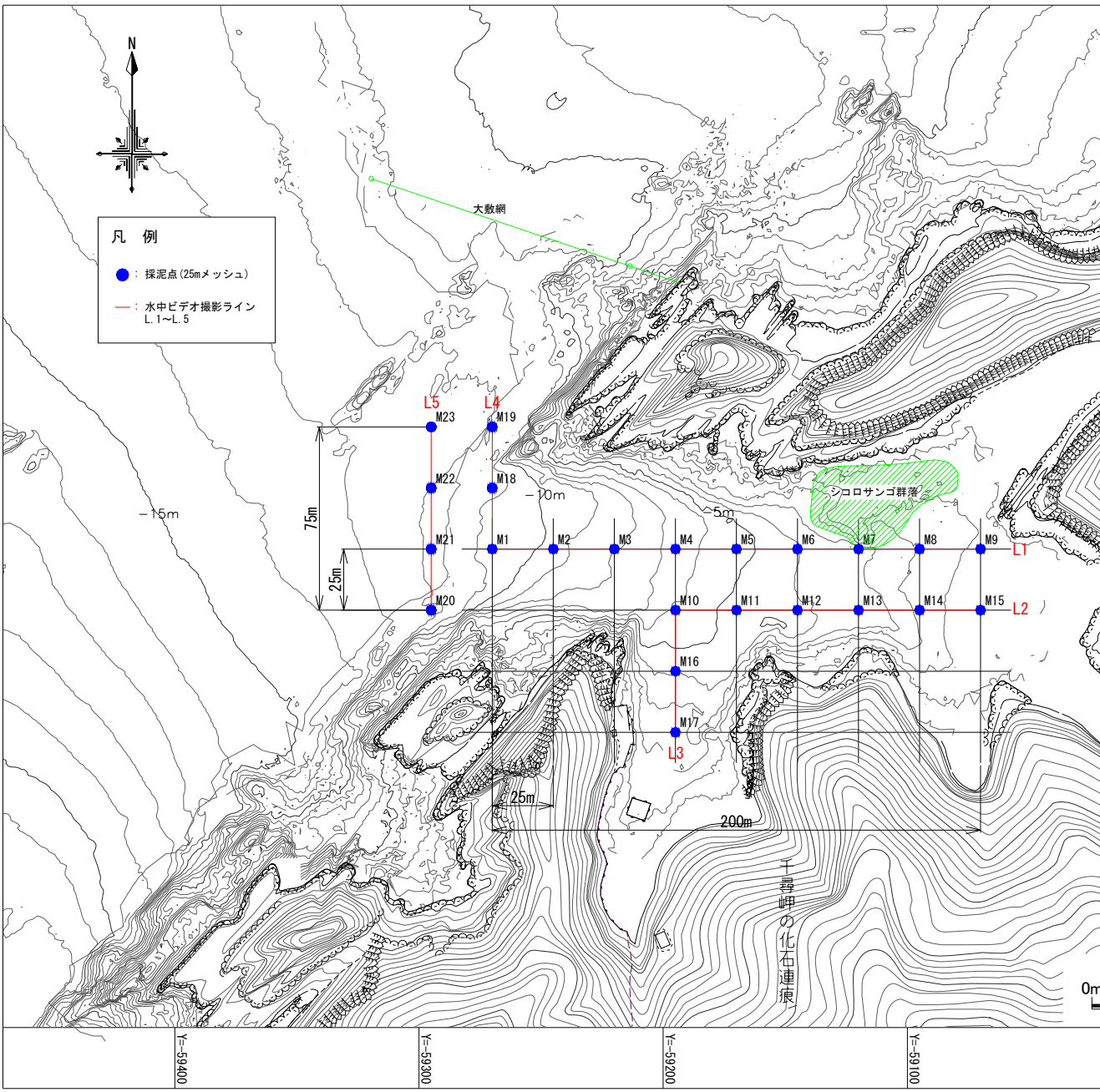


図 2-3-3　見残し湾　採泥点及び海底状況調査ライン

写真 2-3-1　大碆東海域全景

写真 2-3-2　大碆東海域（大敷網）

写真 2-3-3　大碆東

写真 2-3-4　見残し湾全景

写真 2-3-5　見残し湾（A地点

(3)調査方法

①底質分布状況調査

図 2-3-2、図 2-3-3 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。採泥作業の概略図を図 2-3-4 に、採泥状況を写真 2-3-7 に示す。また見残し湾で採泥した 51 検体については分析室（㈱東京久栄技術センター）にて各試料の粒度分析を実施した。業務フローを図 2-3-5 に示す。

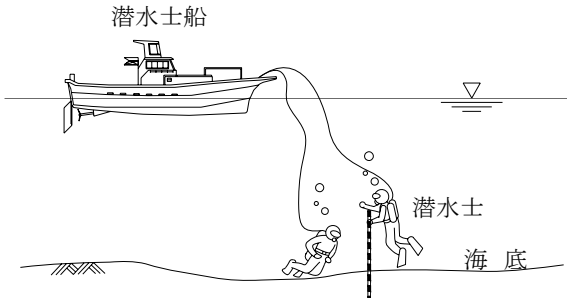


図 2-3-4　採泥作業概略図

写真 2-3-7　柱状コア採泥状況写真

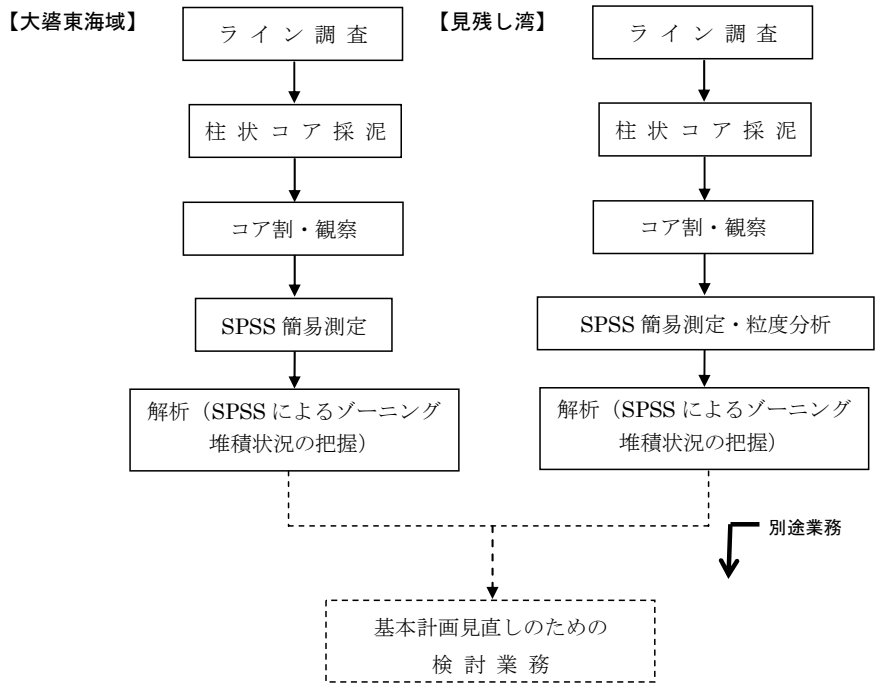


図 2-3-5　業務フロー

②海底状況確認調査

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

3)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～資料 2-3-2 に、試料の写真を資料 2-3-3～資料 2-3-4 に示した。

(ⅰ)大婆東海域

- 岩礁付近（A-5、C-8、D-8、E-8、F-8、C-10、D-10、E-10、E-11、F-11、E-13）では貝殻片・コーラル（サンゴの死骸）混じり粗砂の堆積が確認できた（写真 2-3-8、写真 2-3-9)。
- 調査海域南側（大敷網の南側 I-19 等）と調査海域北東側（G-3、G-4、H-4、H-5、K-2、K-4、K-6）では、上層から下層まで一様に砂を中心とした堆積であることが確認できた（写真 2-3-10、写真 2-3-11)。
- 表層に数 cm～20cm 程度の砂層があり、その下に泥土が堆積している箇所(F-5、G-6、J-11、F-13、GH-13)が確認できた（写真 2-3-12、写真 2-3-13)。
- 平成 18、19 年度泥土除去工事範囲では貝殻片・コーラル混じり粗砂層の上に泥土が薄層に堆積している箇所や上層に泥土が堆積している箇所が確認できた（写真 2-3-14～写真 2-3-17)。
- I-15、I-16、J-15 では砂混じりの泥や一様に泥土を中心とする堆積に、ゴミや木片が混じっており、底質からは硫化物臭が確認できた（写真 2-3-18～写真 2-3-19)。

写真 2-3-8　A-5　柱状採泥試料

写真 2-3-9　A-5　貝殻片・コーラル混じり粗砂の堆積

写真 2-3-10　I-19　柱状採泥試料

写真 2-3-11　I-19　一様に砂を中心とした堆積

写真 2-3-12　G-6　柱状採泥試料

写真 2-3-13　G-6　表層数 cm 砂の堆積、
その下に泥土の堆積

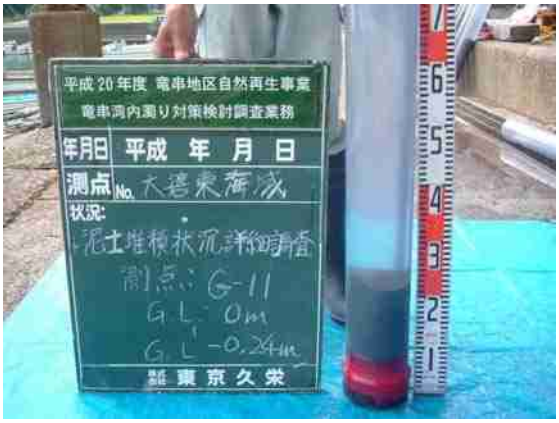


写真 2-3-14　G-11　柱状採泥試料

写真 2-3-15　G-11　上層に泥土を中心とする堆積
下層に貝殻片・コーラル混じりの泥土の堆積

写真 2-3-16　F-13　柱状採泥試料

写真 2-3-17　F-13　上層に泥土の堆積
下層に貝殻・コーラル混じり粗砂

写真 2-3-18　J-15　柱状採泥試料

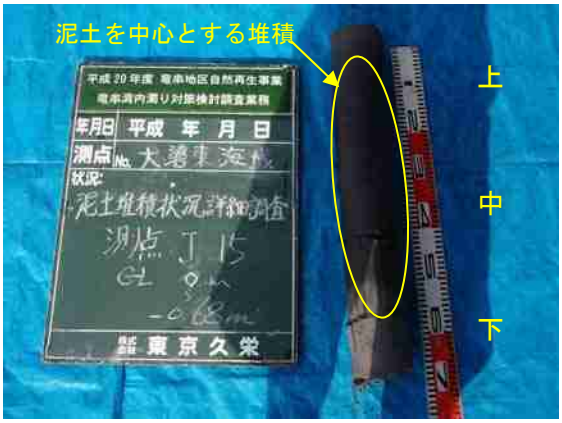


写真 2-3-19　J-15　ゴミや木片混じりの泥土の堆積

（Ⅱ）見残し湾

- 貝殻・コーラル混じり粗砂が堆積している箇所（M1、M2、M18、M20）が確認できた（写真 2-3-20～写真 2-3-21）。
- 見残し湾内では上層から下層まで砂を中心とした堆積である箇所が多く確認できた（写真 2-3-22～写真 2-3-23）。
- 砂を中心とした堆積の下に写真 2-3-24 に示すようなゴロタ石が堆積している箇所（M15、M16）が確認できた。
- 表層に砂が堆積し、下層に数 cm 泥混じり砂が堆積している箇所（M14）が確認できた（写真 2-3-25～写真 2-3-26）。
- 見残し湾入り口の北側（M19、M22、M23）は泥を中心とした堆積であることが確認できた（写真 2-3-27～写真 2-3-28）。
- 弱い硫化物臭がある底質（M3、M4、M5、M8、M10、M12、M14）が確認できた。

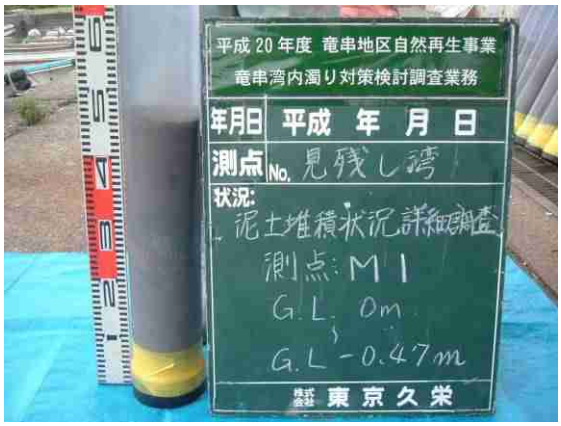


写真 2-3-20　M1　柱状採泥試料

写真 2-3-21　M1　貝殻・コーラル混じり粗砂の堆積

写真 2-3-22　M17　柱状採泥試料

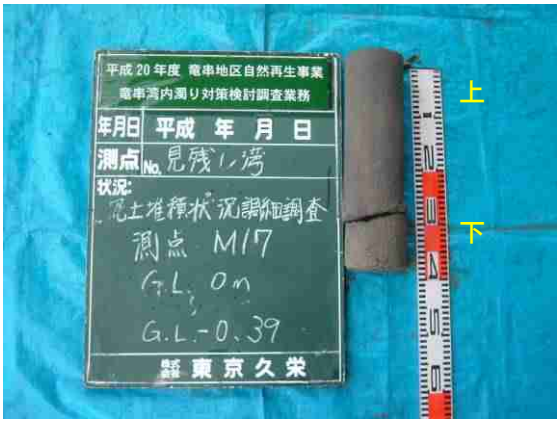


写真 2-3-23　M17　一様に砂を中心とした堆積

写真 2-3-24　砂の堆積の下にゴロタ石
（M15、M16 で採取）

写真 2-3-25　M14　柱状採泥試料

写真 2-3-26　M14　表層に砂の堆積、
下層に泥混じり砂の堆積

写真 2-3-27　M19　柱状採泥試料

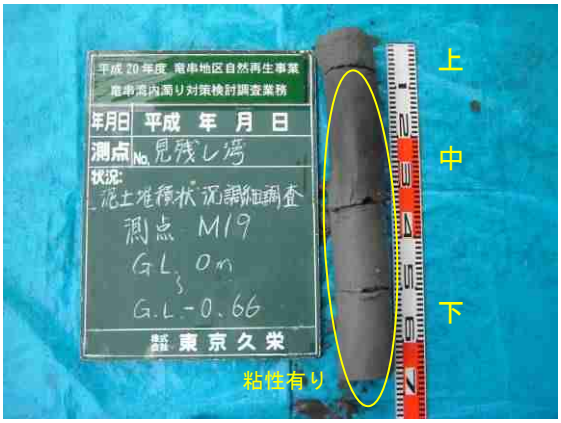


写真 2-3-28　M19　泥を中心とした堆積

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 2-3-6～図 2-3-11 に示し、「SPSS 値の鉛直分布図」を図 2-3-12、図 2-3-13 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。また、SPSS 値の一覧を資料 2-3-1～資料 2-3-2 に示した。

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^{3}以下と示している。但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）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 値を 100kg/m^{3}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列挙した。

（ⅰ）大碆東海域

- 平成 18､19 年度泥土除去実施範囲内でも SPSS 値が高い値を示す地点が確認された。
- 上層に数 cm～20cm 程度 SPSS 値が低い値を示し、その下に高い値を示す地点があった。
- 調査海域南側（大敷網の南側）と調査海域北東側（G-3、G-4、H-4、H-5、K-2、K-4、K-6）では、SPSS 値は低い値を示した。

（ⅱ）見残し湾

- 見残し湾内は SPSS 値が低い値を示す地点が多かった。
- M14 の下層数 cm、SPSS 値が比較的高い値(200kg/m^3)を示す底質が確認された。
- 見残し湾湾口北側（M19、M22、M23）で SPSS 値は高い値を示した。

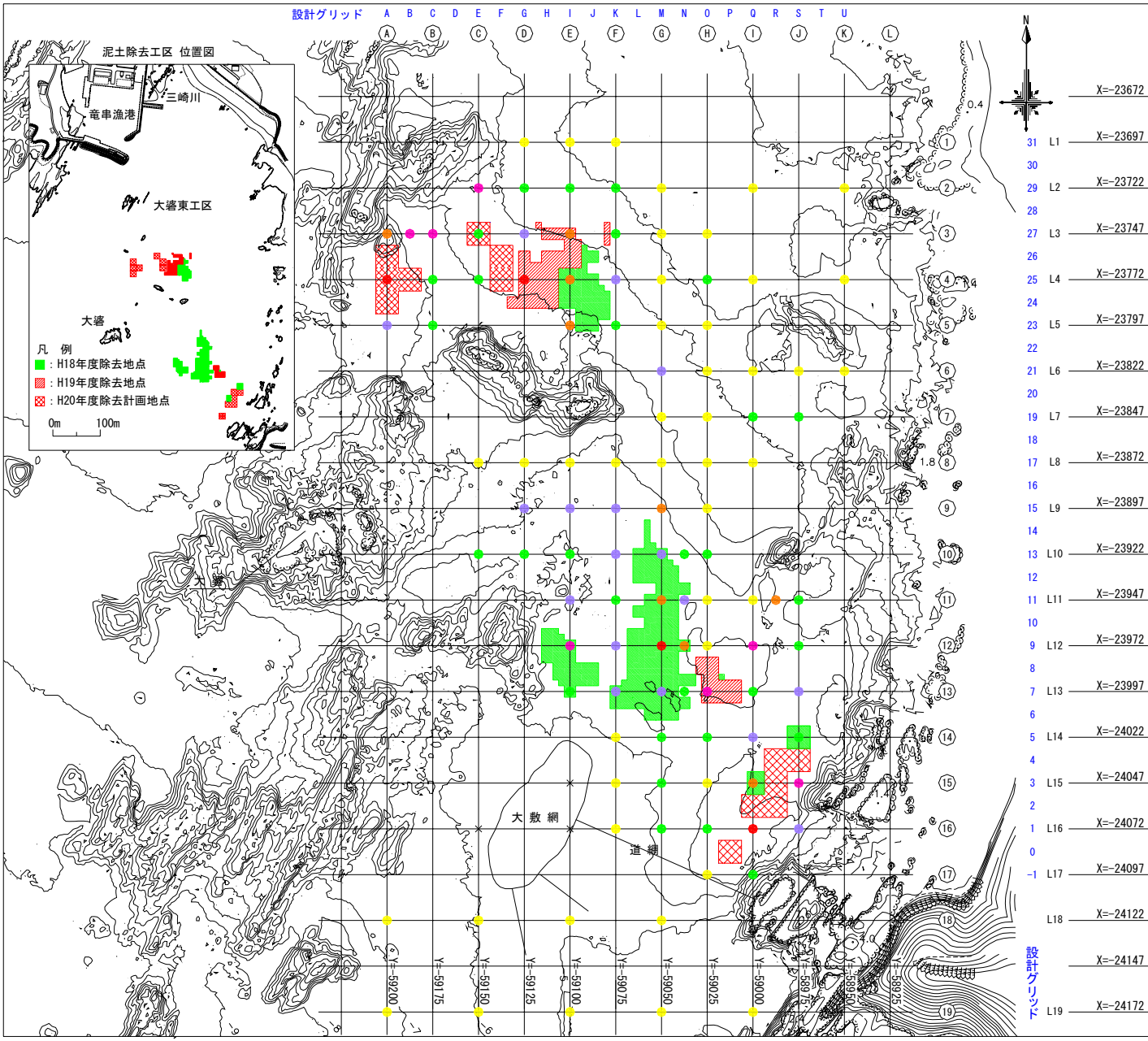


図 2-3-6　大碆東海域　SPSS 平面分布図（上層）

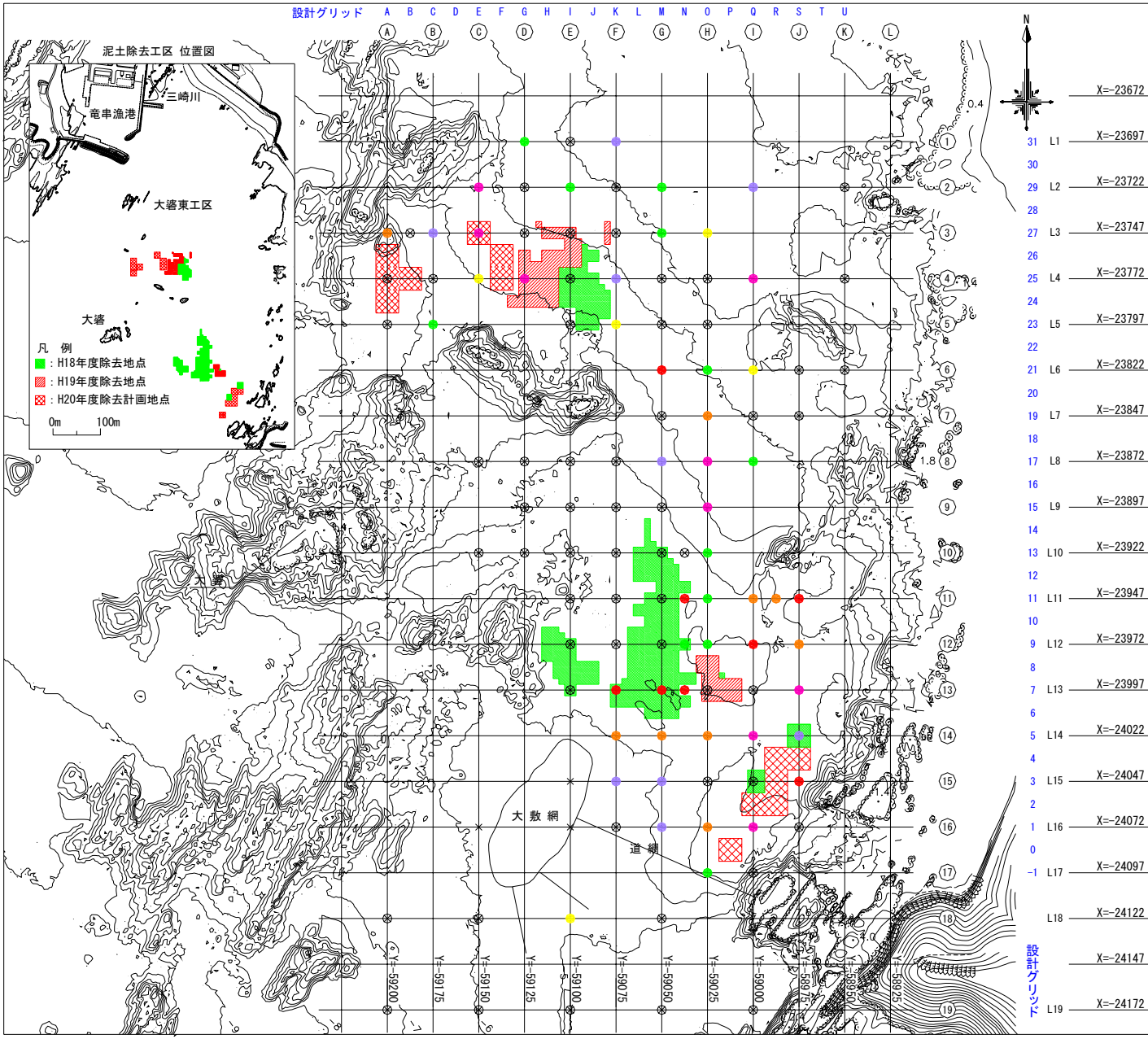


図 2-3-7　大碆東海域　SPSS 平面分布図（中層）

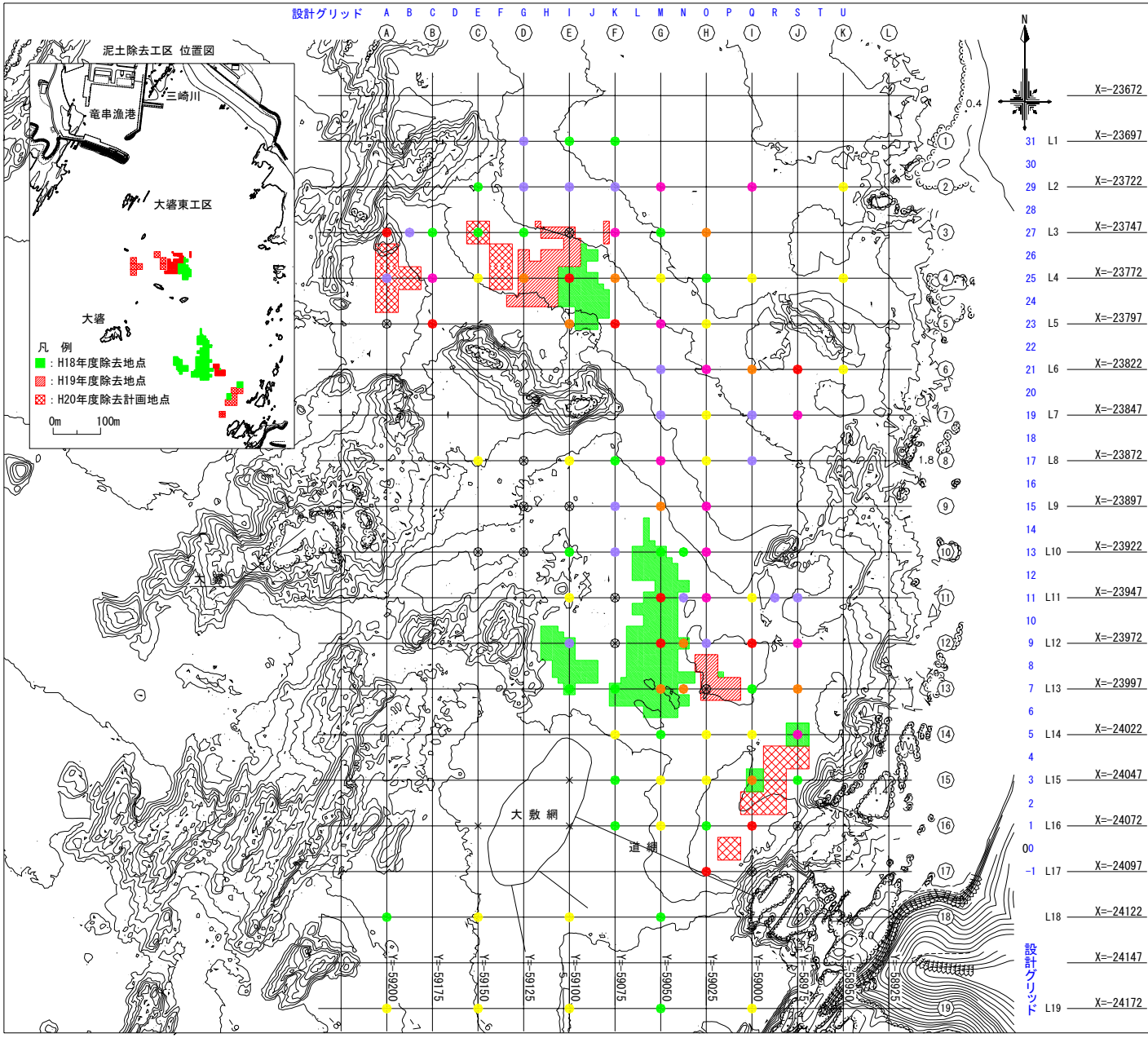


図 2-3-8　大碆東海域　SPSS 平面分布図（下層）

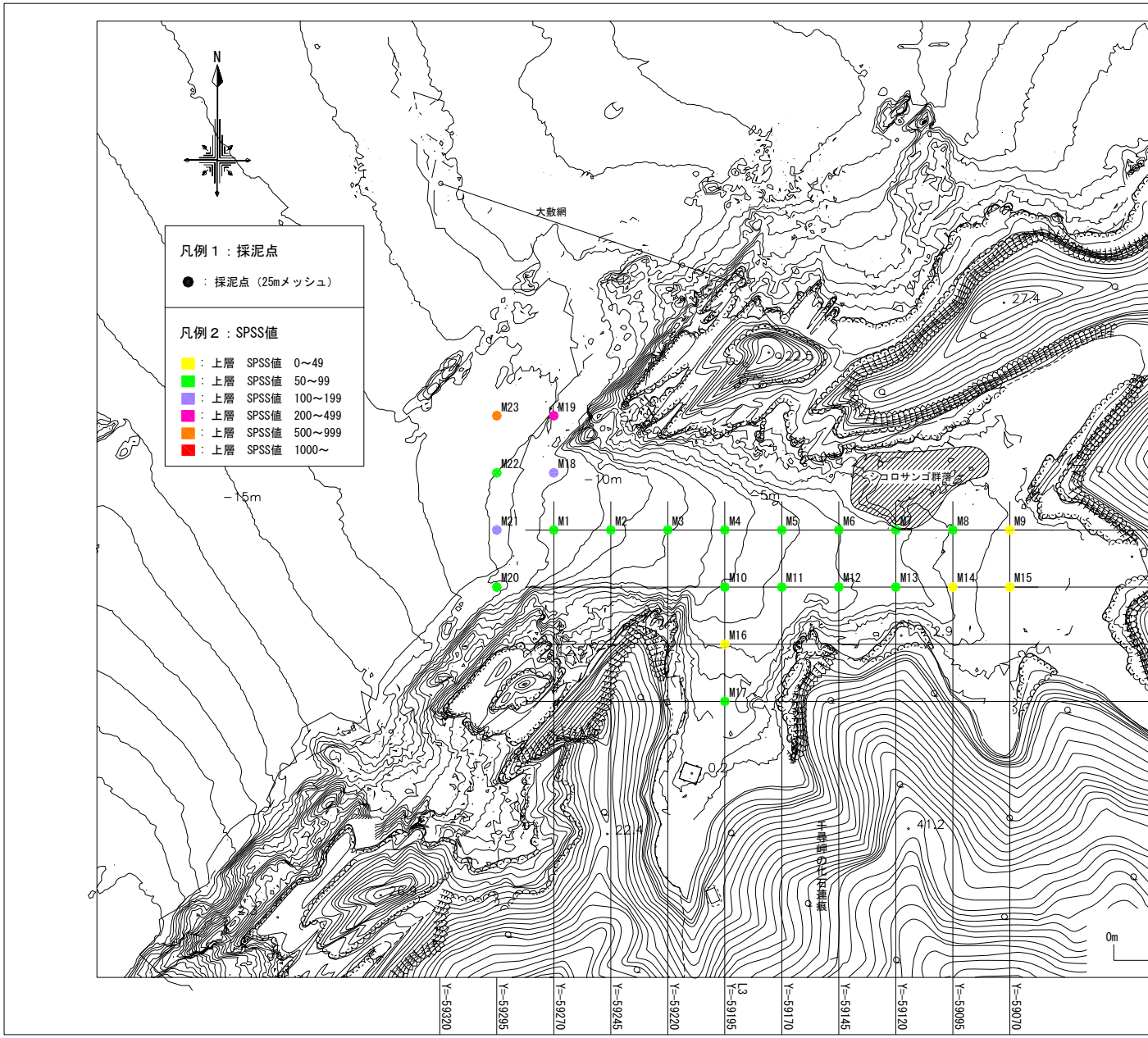


図 2-3-9　見残し湾　SPSS 平面分布図（上層）

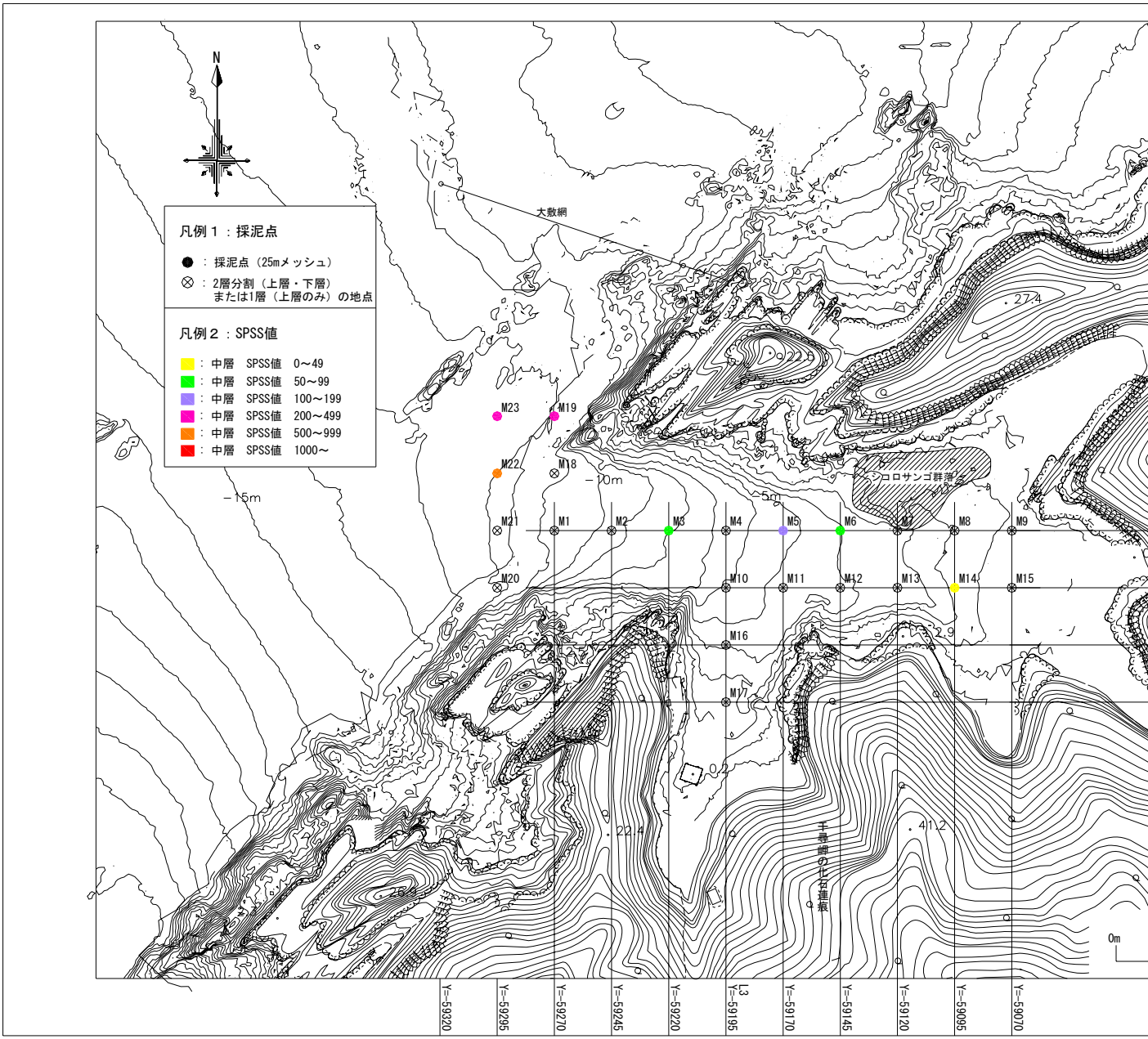


図 2-3-10　見残し湾　SPSS 平面分布図（中層）

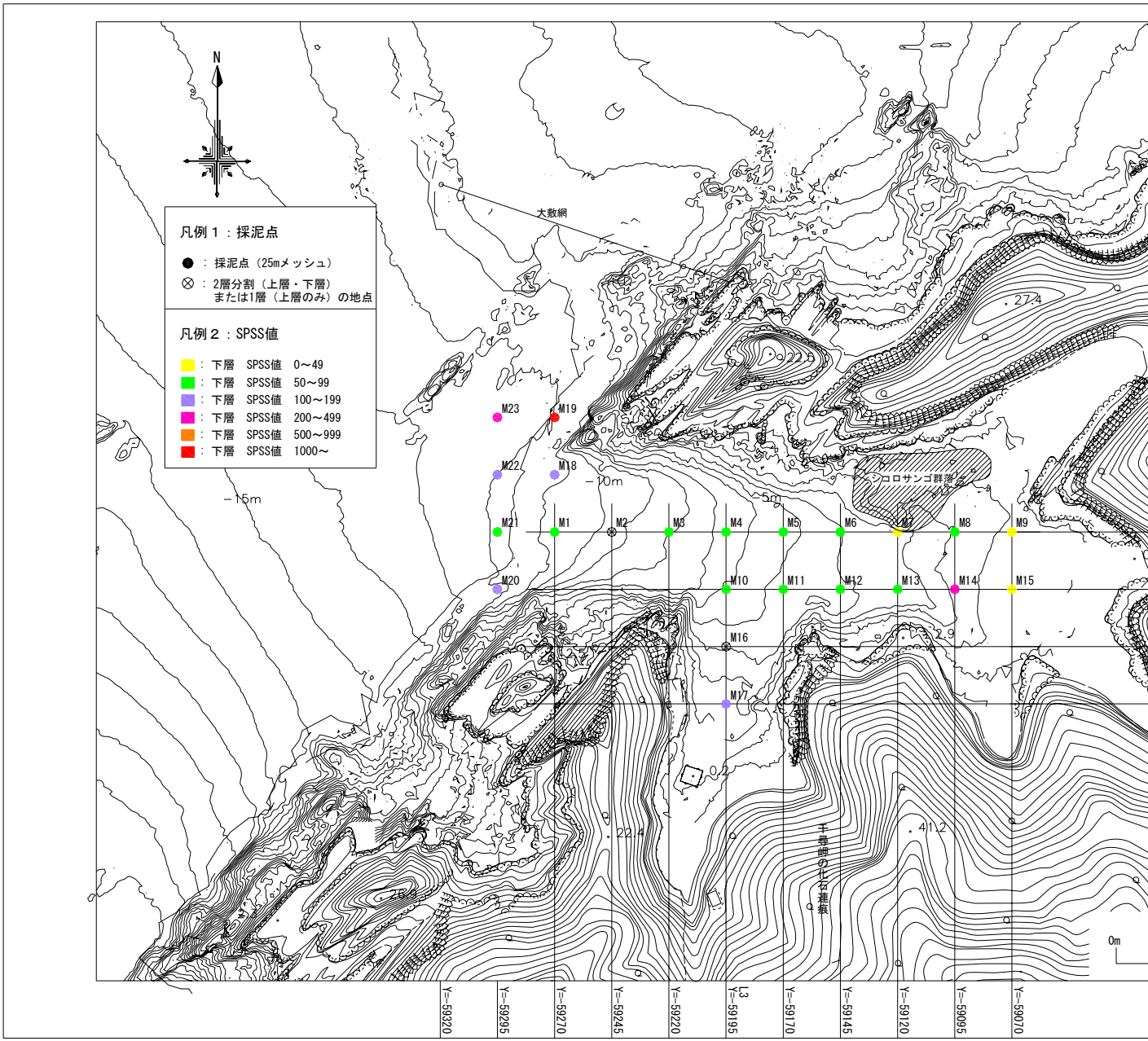


図 2-3-11　見残し湾　SPSS 平面分布図（下層）

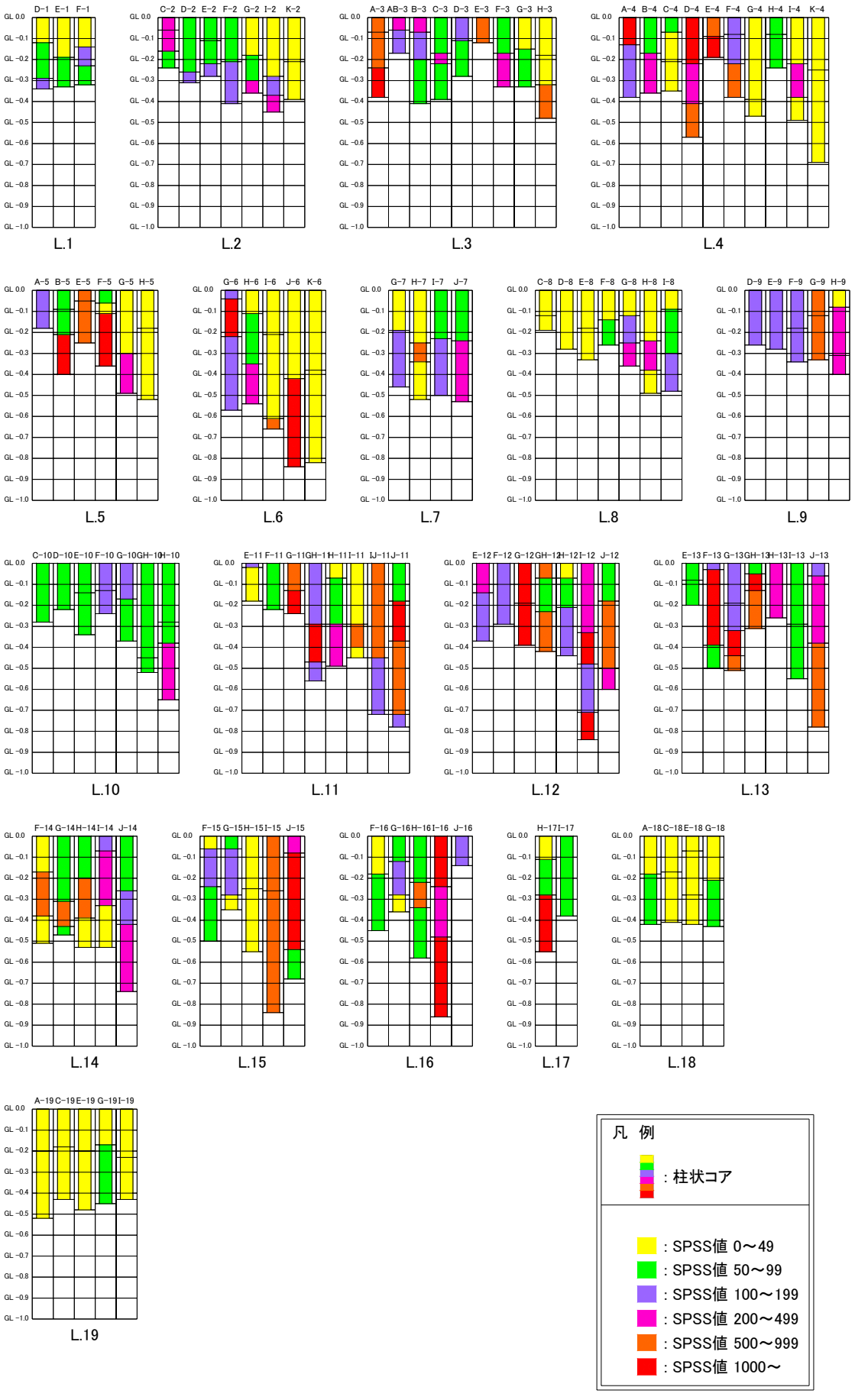
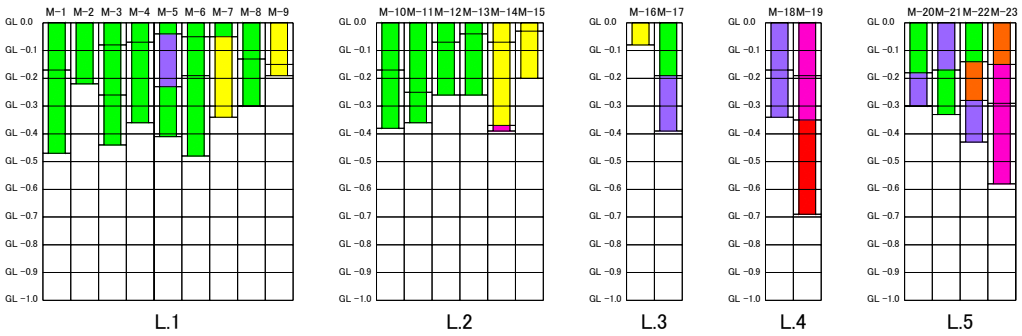


図 2-3-12　大磯東海域　SPSS 鉛直分布図



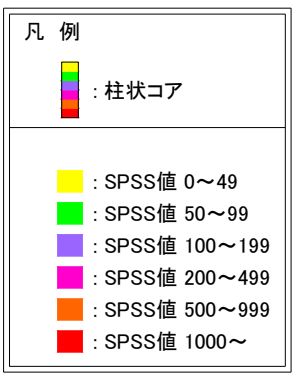


図 2-3-13　見残し湾　SPSS 鉛直分布図

③粒度分析結果（見残し湾）

各調査地点の粒度分析結果を円グラフで表した「粒度の分布図」を図 2-3-14～図 2-3-16 に示した。円グラフは礫、粗砂、中砂、細砂、シルト、粘土の割合を凡例に示す色分けで示した。また、粒度分析の結果表を資料 2-3-5 に示した。

日本統一土質分類法（工学的分類）では礫分、砂分、細粒分（粒径 0.075mm 未満のもの）の割合によって、そのおおまかな分類名称がつけられている。この分類では砂と細粒分の関係について、表 2-3-1 に示すような分類名称が与えられている。

表 2-3-1　細粒分と砂の関係（日本統一土質分類法 中分類）

分 類 名 称	細粒分の割合
細粒土	50%以上
細粒土混じり砂	15%以上50%未満
砂	15%未満

粒度分析結果を以下に列挙した。

- 試料の平均密度は 2.70g/cm^3 であった。
- 見残し湾内は全体的に砂分、礫分の割合が高かった。
- 細粒分の割合が 50%以上を示したのは M19、M22、M23 であった。

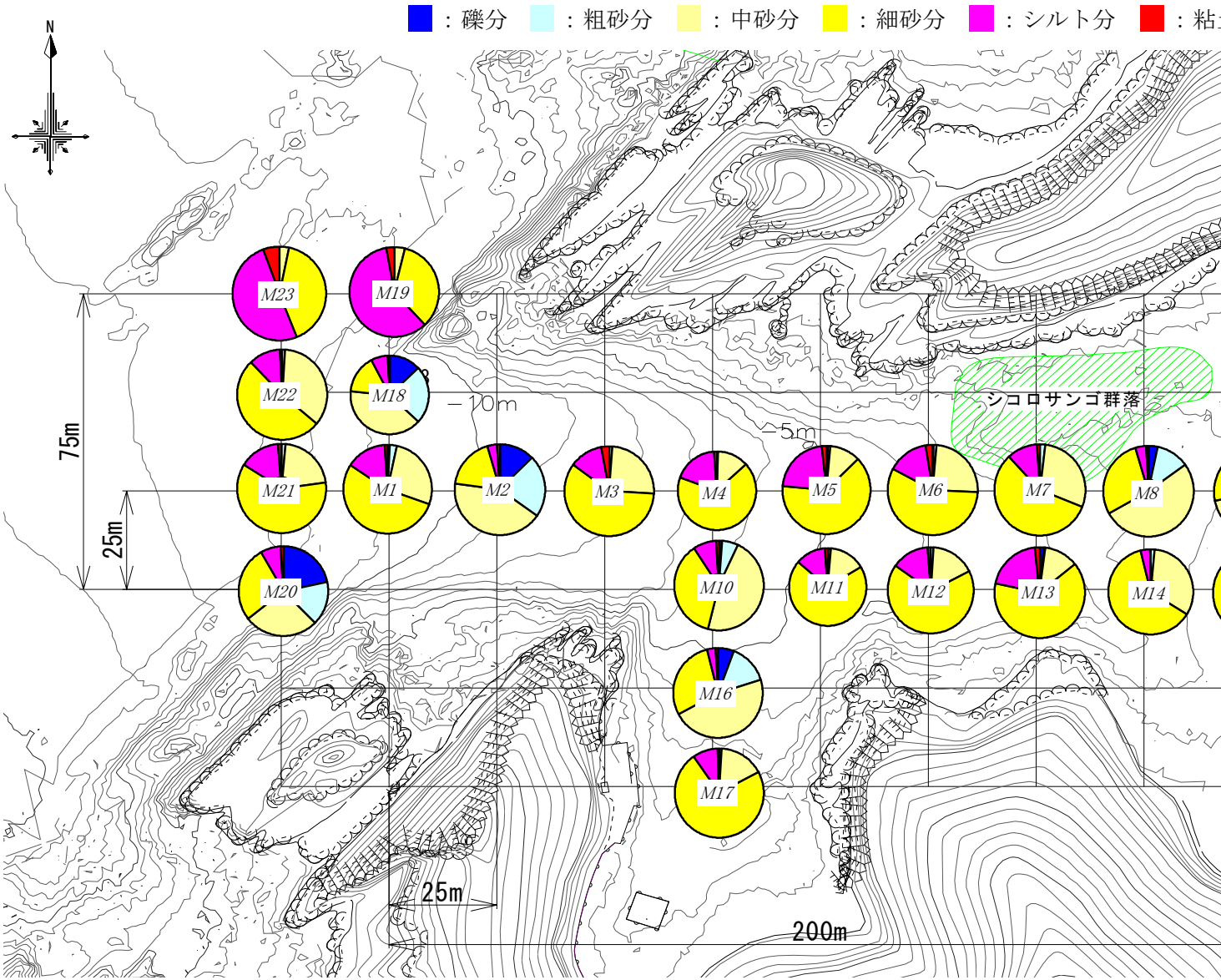


図 2-3-14　見残し湾　粒度の分布図（上層）

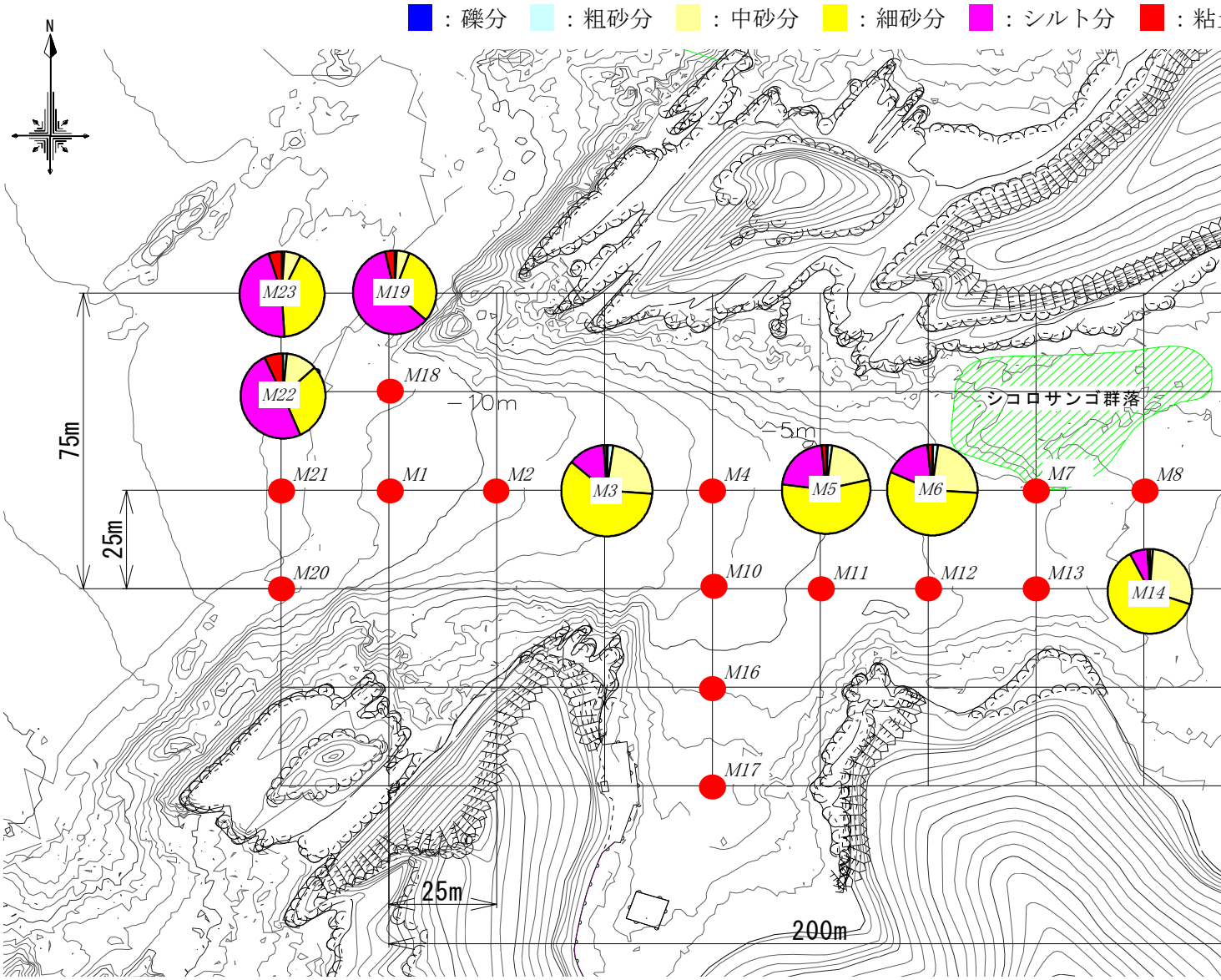


図 2-3-15　見残し湾　粒度の分布図（中層）

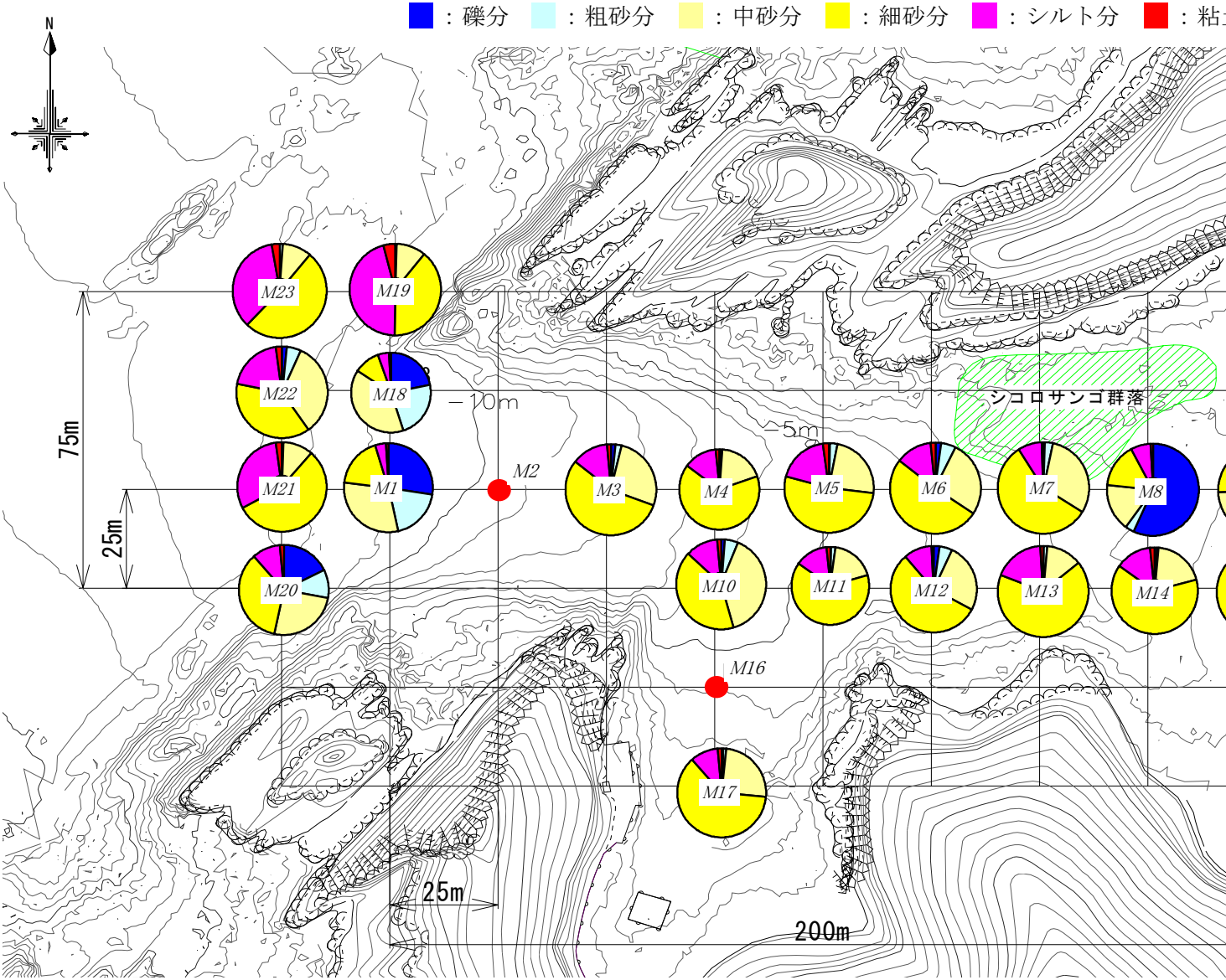


図 2-3-16　見残し湾　粒度の分布図（下層）

(2)海底状況確認調査

大碆東海域及び見残し湾の水中の映像について解析した結果を以下に列挙した。

①大碆東海域

- G-6 周辺では表層に薄く（数 cm 程度）砂の堆積があり、その下に泥土が堆積している箇所が確認できた（写真 2-3-29）。
- A-3、G-9 周辺では貝殻片やコーラルと泥土が混在して堆積していた（写真 2-3-30、写真 2-3-31）。
- J-15、I-16、I-17 周辺は特に海水の濁りが激しく、底質を手で掴むと濁りの発生も顕著であった（写真 2-3-32）。また沈木や木片、葉片などが密集して堆積している箇所が確認できた（写真 2-3-33、写真 2-3-34）。
- 平成 18 年度泥土除去工事範囲では貝殻片･コーラル混じり粗砂層の上に泥土が薄層に堆積している箇所や上層に泥土が堆積している箇所が確認できた（写真 2-3-35、写真 2-3-36）。
- 平成 19 年度泥土除去工事範囲は周辺よりも地盤レベルが低くなっており、段差が残っていた（写真 2-3-37）。除去実施範囲内とその周辺でも泥土が堆積している箇所が確認できた（写真 2-3-38）。
- 岩礁付近では貝殻片・コーラル混じりの粗砂の堆積が確認できた（写真 2-3-39）。
- 調査海域南側（大敷網の南側）は海域の濁りも少なく、底質も砂を中心とする堆積であることが確認できた（写真 2-3-40）。

写真 2-3-29　G-6 付近　表層数 cm 砂の堆積
その下に泥土の堆積

写真 2-3-30　A-3　上層に泥土の堆積

写真 2-3-31　G-9 付近
貝殻片や粗砂と泥土が混在して堆積

写真 2-3-32　J-15 付近　泥土の堆積

写真 2-3-33　J-15 付近　沈木、木片が密集して堆積

写真 2-3-34　I-17 付近　木片、葉片が密集して堆積

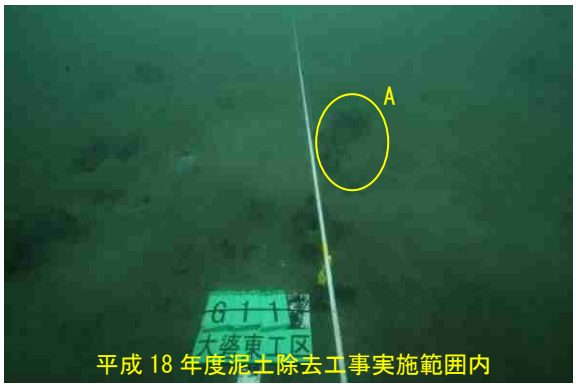


写真 2-3-35　G-11　コーラル層の上に泥土が薄く堆積

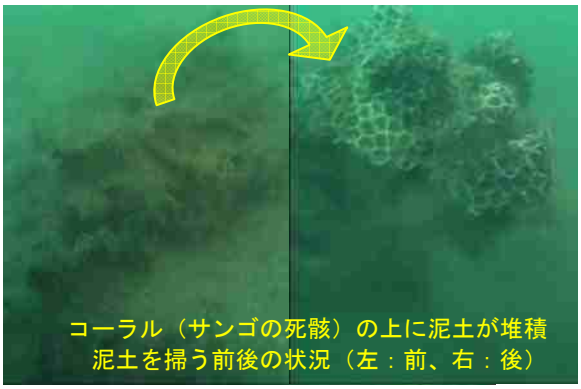


写真 2-3-36　写真 35 の A 部拡大

写真 2-3-37　D-4　段差有り

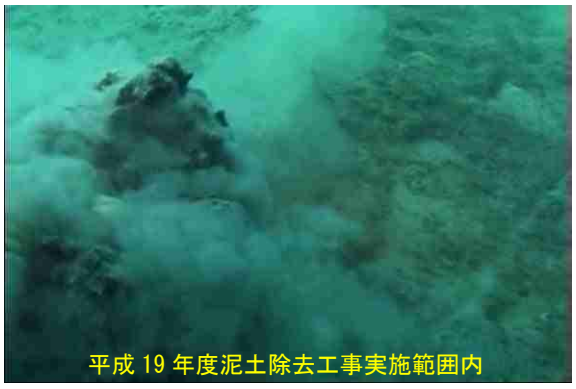


写真 2-3-38　D-4 付近　上層に泥土の堆積

写真 2-3-39　岩礁付近（E-8）
貝殻片・コーラル混じり粗砂の堆積

写真 2-3-40　E-18　砂を中心とした堆積

②見残し湾

- 見残し湾内の海底の濁りは比較的少なかった。
- 見残し湾内の底質は砂を中心とした堆積で、手で掴むと濁りは発生するがすぐに濁り成分は沈降した（写真 2-3-41～写真 2-3-43)。
- 見残し湾の湾口北側（M19 周辺）は、泥土を中心とした堆積で、底質を手で掴むと濁りが発生し、しばらく濁りが残っていた（写真 2-3-44)。また表層にゴミや木片、葉片の堆積が確認できた（写真 2-3-45、写真 2-3-46)。
- M18 と M19 の中間を通っている海底の根（岩）を境として、北側（M19 側）が泥土を中心とした堆積、南側（M18 側）が砂を中心とした堆積に分かれていた。

写真 2-3-41　M1　粗砂を中心とする堆積

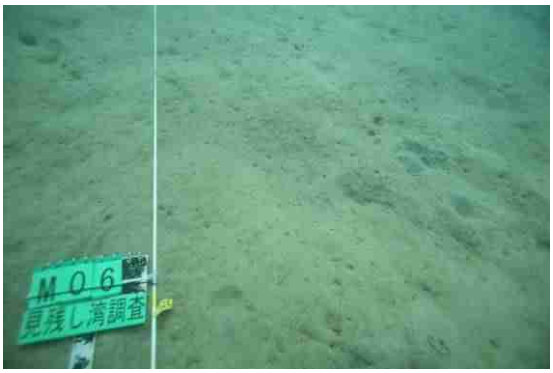


写真 2-3-42　M6　砂を中心とする堆積

写真 2-3-43　M17　砂を中心とする堆積

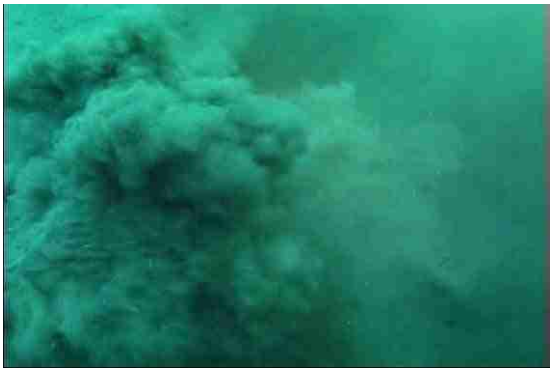


写真 2-3-44　M19　手で掴むと濁りが発生

写真 2-3-45　湾口北側　木片やゴミの堆積

写真 2-3-46　湾口北側　木片や葉片の堆積

(3)考察

①大碆東海域

底質分布状況調査の柱状コア採泥の結果、表層に数 cm～20cm 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る箇所があった。また一様に泥土を中心とした堆積である箇所があった。これらの泥土を中心とした堆積には粘性が有り、SPSS 値も大きな値を示した。SPSS 値が大きな値を示す場所はライン⑮、⑯の東側岸近くに分布していた。また A-3、A-4、I-11、J-11 周辺でも SPSS 値が大きな値を示す泥土が堆積していた。平成 18、19 年度泥土除去工事範囲の一部において貝殻片・コーラル混じり粗砂層の上に泥土が薄層に堆積している箇所や上層に泥土が堆積している箇所が確認された。これらは大碆東側海域の濁りの発生原因となっているといえる。

柱状採泥試料で木片や木の根、葉片などの有機物が混在していた場所は、底質が嫌気化した状態であるものが多く、一部の試料からは硫化物臭が確認された。平成 18、19 年度実施の泥土除去工事の状況から、有機物の混在が確認された場所では沈木や木片などの海底障害物が埋まっていることが推定される。

②見残し湾

見残し湾の湾口北側（M19 周辺）は、泥土を中心とした堆積で、底質を手で掴むと濁りが発生し、しばらく濁りが残っていた。また表層にゴミや木片、葉片の堆積が確認できた。このような堆積は M19 周辺で顕著であり、集積しやすい場所であると考えられる。また、濁りの影響が波浪の条件によっては湾内へ入ってくる可能性も考えられる。見残し湾内の海底底質は砂を中心とした堆積が多く、手で掴むと濁りは発生するもののすぐに濁り成分は沈降した。また見残し湾内の SPSS 値は全体的に低い値を示していた。見残し湾には天然記念物であるシコロサンゴ群があり、その保全を考慮すると、見残し湾における継続監視の必要があると考えられる。

2.4　弁天島・大瀞・見残しにおける泥土のモニタリング

1)目的

弁天島東工区及び大瀞東工区においては平成 19 年に実施された泥土除去工事以降、SPSS は低レベルで推移していたものの、平成 20 年 3 月から同年 8 月の短期間で急速に上昇した。本海域における SPSS 調査は泥土除去後のモニタリング項目として継続実施されているが、このような状況を受け、調査の頻度を増やした詳細調査が必要となった。

また、見残し湾については、「平成 20 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、竜串湾全体で見ると平成 13 年 9 月の高知県西南豪雨の影響はほぼ拭われ改善傾向にある。しかし、「竜串海岸（海中公園地区 2 号地、以下竜串海岸とする）の地先」「見残し湾」における濁り環境の改善が他地点に比べ遅いことが挙げられたことから、今後、継続的なモニタリングが必要と判断された。

ここでは、弁天島・大瀞地区における泥土除去後の効果評価、見残し湾における継続監視を目的とした泥土のモニタリング調査を実施した。

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

調査は、SPSS による調査とし、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

調査結果は、「2.1.1 濁度計による連続測定」に示した通りである。

2.5　竜串湾における SPSS 値の検討調査

1)目的

平成 19 年度竜串濁り対策調査の結果より、竜串湾における SPSS 調査に大見謝により導かれた計算式を適用しても、概ね問題にはならないことが導かれた。しかし、その検討に用いた試料は、平成 18 年度、平成 19 年度調査併せて 6 地点であり、データ数が少ない。

また、平成 19 年度竜串湾自然再生第 1 回専門家技術支援委員会における報告の中で、大見謝による簡易分析法では､実際に計測する懸濁物質量と SPSS 簡易分析法により求められる懸濁物質量に 3 倍程度の差が生じる可能性が指摘された。SPSS 値は底質中に含まれる懸濁物質量を表すものであり、竜串自然再生全体構想の中においても管理目標とされる値としてモニタリングが続けられている重要なものである。SPSS 値が示す値に関して SPSS 簡易分析法の原理より科学的に検討し明らかにする必要がある。

よって本検討調査では竜串湾内において採取した試料をもとに、大見謝と同様の手法を用いて SPSS 算定のための検量線を作成し、竜串湾において最適な SPSS 簡易分析法の検討及び精度向上に努める。

また、検量線作成時に供する懸濁液及び実試料計測時に作成する懸濁液について粒度組成を分析し、両者の差異について解明を行うことを目的とする。

2)実施内容

(1)試料採取地点

試料の採取は、図 2-5-1 に示す「見残し湾」の 1 点、図 2-5-2 に示す「大碆付近」の 14 点、図 5-5-3 に示す「弁天島周辺」の 5 点で行った。試料はアクリルコアにより不攪乱試料を採取した。

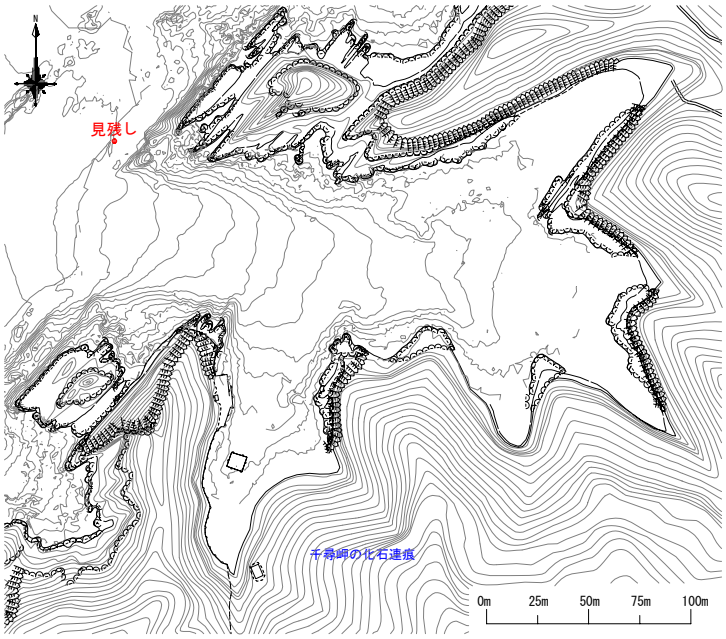


図 2-5-1　調査点位置（見残し湾）

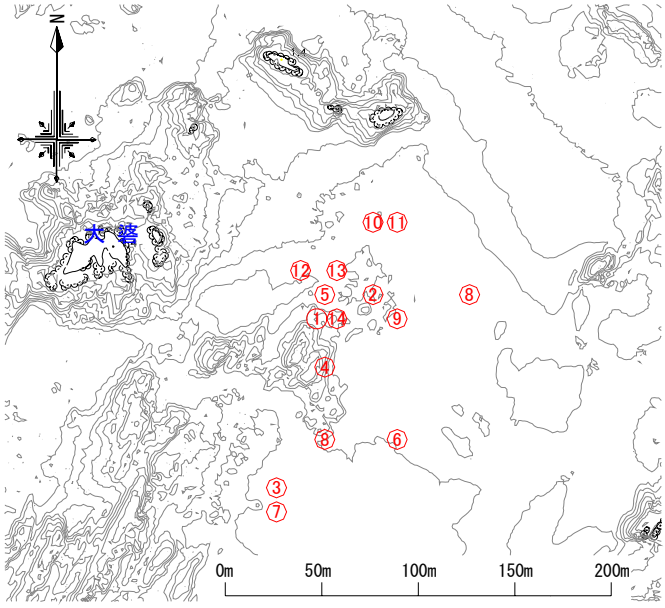


図 2-5-2　調査点位置（大碆付近）

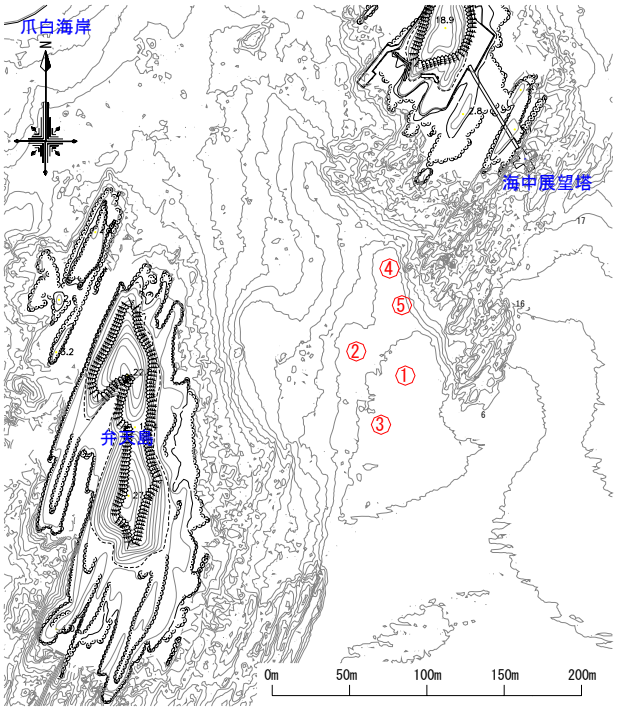


図 2-5-3　調査点位置（弁天島周辺）

(2)検討方法

①大見謝の方法による SPSS 検量線作成

大見謝と同様の方法を用いて、それぞれの試料について SPSS 検量線を作成し、検討を行った。

試料は 105～110℃にて一晩乾燥し、水分を完全に除去した。乾燥試料を乳鉢により破砕した後、75μm のふるいを用いて分級した。分級後さらに 105～110℃で 2 時間乾燥し、標準試料とした。

それぞれの標準試料を 0.02g、0.03g、0.05g、0.1g、0.15g、0.2g、0.3g 採取し、水道水により 500mL に定容し、懸濁水を作成した。

それぞれの懸濁液について、透視度及び濁度の測定を実施し、標準品の添加量と透視度の逆数及び濁度の相関図から SPSS 検量線を作成し、算出式を求めた。

また、懸濁液のうち 3 試料について、懸濁液中の粒度組成（レーザー回折）及び、元試料の粒度組成を測定した。

②実試料測定時に準じた SPSS 検量線作成

試料の SPSS 測定と同様の方法用いて、それぞれの試料について SPSS 検量線を作成し、検討を行った（以下、濁水とする）。

試料は 4mm のふるいを通し、貝殻や小石などの夾雑物を除去した。ふるい通過後の試料の適量を採取し、水道水により 500mL 程度にメスアップした後によく混合し、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）分取して水道水で 500mL に定容し、懸濁液を作成した。懸濁液は、透視度、濁度及び SS の測定を実施した。SS 測定結果より懸濁液中の懸濁物質量を求め、透視度の逆数及び濁度との相関図を作成し、SPSS 検量線を作成し、算出式を求めた。

また、前項と同一地点の懸濁液 3 試料について、懸濁液中の粒度組成（レーザー回折）を測定した。

3)結果

(1)標準品を用いた SPSS 検量線と算出式

図 2-5-4 に標準品による透視度と懸濁物質量より求めた SPSS 検量線、濁度と懸濁物質量より求めた SPSS 検量線を、表 2-5-1 にそれぞれの SPSS 検量線より求めた算出式を示した。なお、図中には参考として大見謝による算出式（図中赤実線；透視度のみ）も示した。また、表 2-5-2 に透視度測定結果を、表 2-5-3 に濁度測定結果を示した。

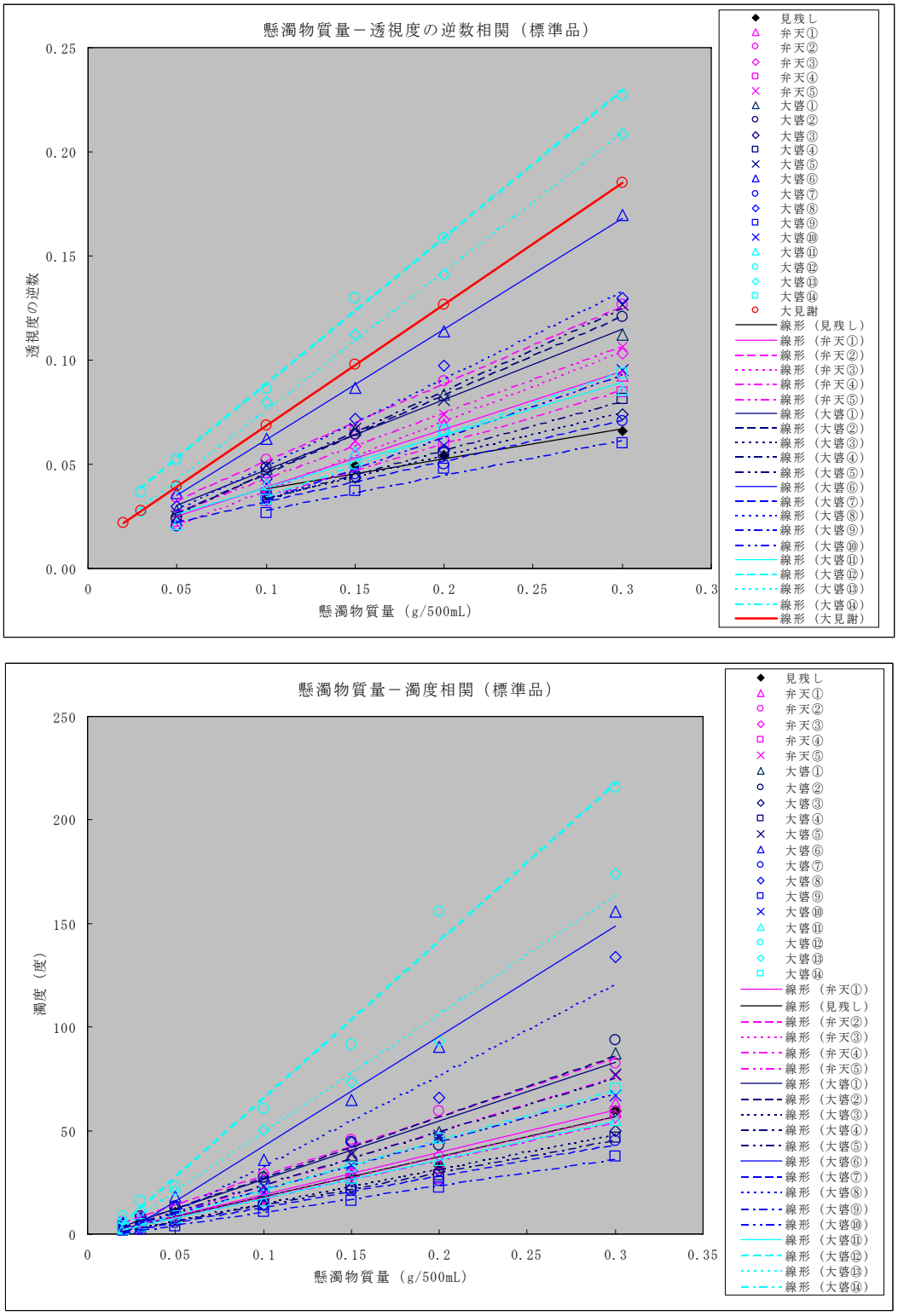


図 2-5-4　SPSS 検量線【標準品】（上段；透視度、下段；濁度）

表 2-5-1　SPSS 検量線より求めた算出式【標準品】

試料名	SPSS算出式	
	透視度	濁度
大見謝	(1718÷透視度－17.8) ÷S×D	－
見残し	(6555÷透視度－147.33) ÷S×D	(5.12×濁度＋11.18) ÷S×D
弁天①	(3556÷透視度－38.32) ÷S×D	(4.79×濁度＋20.54) ÷S×D
弁天②	(2677÷透視度－37.79) ÷S×D	(3.52×濁度－5.15) ÷S×D
弁天③	(2962÷透視度－10.38) ÷S×D	(5.2×濁度＋9.54) ÷S×D
弁天④	(3889÷透視度－34) ÷S×D	(5.17×濁度＋23.44) ÷S×D
弁天⑤	(3137÷透視度－34.85) ÷S×D	(3.82×濁度＋13.34) ÷S×D
大嵜①	(2935÷透視度－38.07) ÷S×D	(3.49×濁度＋13.86) ÷S×D
大嵜②	(2663÷透視度－19.65) ÷S×D	(3.23×濁度＋24.16) ÷S×D
大嵜③	(4800÷透視度－61.69) ÷S×D	(6.02×濁度＋17.58) ÷S×D
大嵜④	(4250÷透視度－41.91) ÷S×D	(6.36×濁度＋13.64) ÷S×D
大嵜⑤	(2518÷透視度－15.47) ÷S×D	(3.84×濁度＋11.99) ÷S×D
大嵜⑥	(1877÷透視度－15.91) ÷S×D	(1.86×濁度＋30.71) ÷S×D
大嵜⑦	(5046÷透視度－62.34) ÷S×D	(6.61×濁度＋16.92) ÷S×D
大嵜⑧	(2361÷透視度－15.68) ÷S×D	(2.17×濁度＋48.06) ÷S×D
大嵜⑨	(5863÷透視度－64.3) ÷S×D	(7.84×濁度＋24.3) ÷S×D
大嵜⑩	(3272÷透視度－5.94) ÷S×D	(4.33×濁度＋8.1) ÷S×D
大嵜⑪	(3856÷透視度－47.96) ÷S×D	(5.35×濁度＋10.49) ÷S×D
大嵜⑫	(1423÷透視度－26.22) ÷S×D	(1.3×濁度＋24.15) ÷S×D
大嵜⑬	(1500÷透視度－14.17) ÷S×D	(1.72×濁度＋24.62) ÷S×D
大嵜⑭	(3319÷透視度－14.42) ÷S×D	(4.12×濁度＋16.79) ÷S×D

S：底質試料の容量（mL）、D：希釈倍率を示す

表 2-5-2　透視度測定結果【標準品】

単位：cm

標準添加量	見残し	弁天①	弁天②	弁天③	弁天④	弁天⑤
0.02	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上
0.03	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上
0.05	50以上	43.5	29.3	48.5	51以上	37.7
0.1	28.4	26	19.1	29.4	30.8	23.5
0.15	20.3	17.9	15.1	17.1	20	16.4
0.2	18.5	14.5	11.1	14	16.5	13.5
0.3	15.2	10.8	7.9	9.7	11.8	9.4

標準添加量	大濬①	大濬②	大濬③	大濬④	大濬⑤	大濬⑥	大濬⑦
0.02	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上
0.03	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上
0.05	36.5	41.4	50以上	50以上	40.3	27.8	49.5
0.1	21	20.7	30.4	28.4	20.3	16	29.5
0.15	15	15.5	22.8	22.8	14.9	11.5	22.2
0.2	12	14.5	17.6	18	12.4	8.8	19.9
0.3	8.9	8.3	13.5	12.3	7.9	5.9	14.1

標準添加量	大濬⑧	大濬⑨	大濬⑩	大濬⑪	大濬⑫	大濬⑬	大濬⑭
0.02	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上	50以上
0.03	50以上	50以上	50以上	50以上	27.4	37	50以上
0.05	33.5	50以上	50以上	47.3	19.1	25.7	50以上
0.1	23.1	37.5	27.8	24.7	11.6	12.5	30.1
0.15	13.9	27	21.7	17.9	7.7	8.9	20
0.2	10.3	20.9	16.9	15	6.3	7.1	15
0.3	7.7	16.6	10.5	11.7	4.4	4.8	10.7

表 2-5-3　濁度測定結果【標準品】

単位：度

標準添加量	見残し	弁天①	弁天②	弁天③	弁天④	弁天⑤
0.02	3.5	4.1	5.9	3.3	3.8	3.8
0.03	5.0	5.4	7.5	5.1	5.2	5.9
0.05	10.2	8.9	13.6	8.0	8.3	10.0
0.1	17.1	17.3	28.9	17.2	17.7	21.8
0.15	28.6	29.9	45.5	27.8	28.7	39.6
0.2	33.2	33.6	59.6	37.8	26.8	47.9
0.3	59.6	63.5	82.3	56.6	58.9	76.5

標準添加量	大潽①	大潽②	大潽③	大潽④	大潽⑤	大潽⑥	大潽⑦
0.02	4.8	4.4	2.6	2.3	3.8	5.1	2.2
0.03	7.2	8.3	4.4	3.6	6.1	8.2	2.6
0.05	13.2	13.6	6.8	6.3	10.8	18.0	5.4
0.1	27.8	27.5	13.8	14.1	22.9	35.8	13.8
0.15	37.8	44.7	22.3	21.8	38.3	64.6	21.1
0.2	49.2	42.7	30.3	28.6	46.7	90.4	25.6
0.3	87.4	93.9	49.6	46.7	77.3	156.0	44.8

標準添加量	大潽⑧	大潽⑨	大潽⑩	大潽⑪	大潽⑫	大潽⑬	大潽⑭
0.02	4.5	1.7	3.9	2.8	8.5	6.6	2.9
0.03	6.4	2.3	6.0	4.5	16.2	11.3	4.9
0.05	12.7	3.6	9.9	8.0	23.2	20.7	8.4
0.1	25.7	10.8	20.2	15.9	60.5	50.5	20.8
0.15	44.6	16.3	33.4	27.3	91.6	73.4	32.2
0.2	65.9	22.3	47.4	35.7	156.0	93.2	46.2
0.3	134.0	37.3	66.8	54.9	216.0	174.0	70.2

(2) 濁水を用いた SPSS 検量線と算出式

図 2-5-5 に濁水による透視度と懸濁物質量より求めた SPSS 検量線、濁度と懸濁物質量より求めた SPSS 検量線を、表 2-5-4 にそれぞれの SPSS 検量線より求めた算出式を示した。なお、図中には参考として大見謝による算出式（図中赤実線；透視度のみ）も示した。また、表 2-5-5～2-5-7 に SS、透視度、濁度の測定結果を示した。

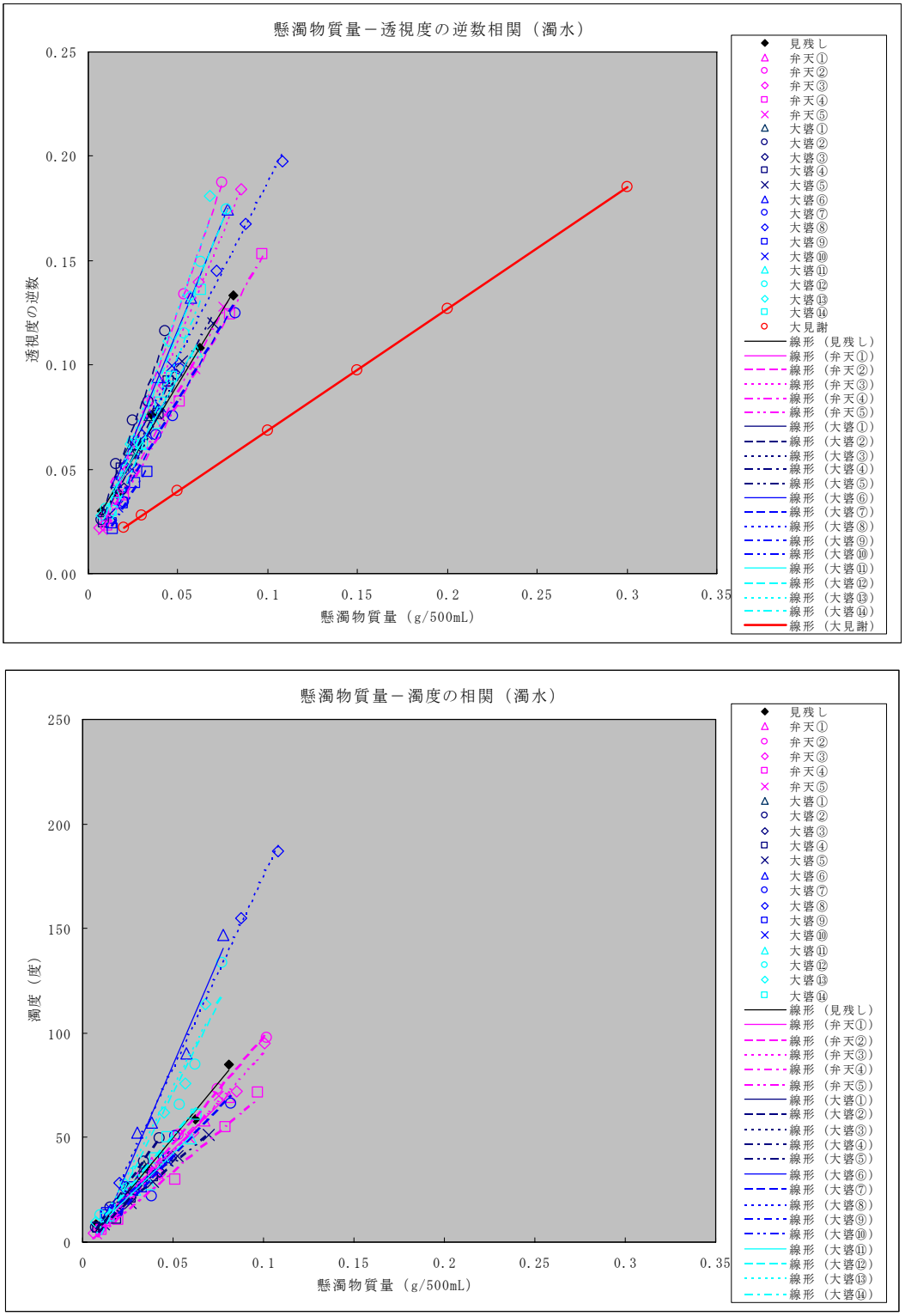


図 2-5-5　SPSS 検量線【濁水】（上段；透視度、下段；濁度）

表 2-5-4　SPSS 検量線より求めた算出式【濁水】

試料名	SPSS算出式	
	透視度	濁度
大見謝	―	―
見残し	(693.3÷透視度－12.94) ÷S×D	(0.94×濁度＋2.9) ÷S×D
弁天①	(556.2÷透視度－7.36) ÷S×D	(1.17×濁度－2.1) ÷S×D
弁天②	(403.6÷透視度－0.76) ÷S×D	(0.99×濁度＋3.6) ÷S×D
弁天③	(482.9÷透視度－4.14) ÷S×D	(1.06×濁度＋4.47) ÷S×D
弁天④	(672.8÷透視度－5.08) ÷S×D	(1.31×濁度＋6.29) ÷S×D
弁天⑤	(647.7÷透視度－6.44) ÷S×D	(1.04×濁度＋5.59) ÷S×D
大嵜①	(661.9÷透視度－16.02) ÷S×D	(0.8×濁度＋5.32) ÷S×D
大嵜②	(407.4÷透視度－3.71) ÷S×D	(0.82×濁度＋2.35) ÷S×D
大嵜③	(532.1÷透視度－1.77) ÷S×D	(1.45×濁度－7.61) ÷S×D
大嵜④	(562.1÷透視度－6.73) ÷S×D	(1.05×濁度＋4.21) ÷S×D
大嵜⑤	(621.5÷透視度－8.11) ÷S×D	(1.31×濁度＋0.93) ÷S×D
大嵜⑥	(474.5÷透視度－5.5) ÷S×D	(0.48×濁度＋8.71) ÷S×D
大嵜⑦	(653.4÷透視度－4.3) ÷S×D	(0.48×濁度＋8.71) ÷S×D
大嵜⑧	(592.7÷透視度－11.25) ÷S×D	(0.55×濁度＋30.83) ÷S×D
大嵜⑨	(705.3÷透視度－3.32) ÷S×D	(1.21×濁度－1.85) ÷S×D
大嵜⑩	(469.5÷透視度＋1.23) ÷S×D	(1.32×濁度－5.06) ÷S×D
大嵜⑪	(639.2÷透視度－10.45) ÷S×D	(1.16×濁度＋0.91) ÷S×D
大嵜⑫	(463.8÷透視度－3.92) ÷S×D	(0.55×濁度＋9.81) ÷S×D
大嵜⑬	(405.8÷透視度－1.55) ÷S×D	(0.59×濁度＋6.26) ÷S×D
大嵜⑭	(471.2÷透視度＋0.69) ÷S×D	(0.97×濁度＋0.57) ÷S×D

S：底質試料の容量（mL)、D：希釈倍率を示す

表 2-5-5　SS 測定結果【濁水】

SS値（mg/L）

試料	見残し	弁天①	弁天②	弁天③	弁天④	弁天⑤
No.1	15	－	20	13	21	16
No.2	33	25	33	31	39	32
No.3	－	－	－	－	－	－
No.4	71	51	67	85	102	85
No.5	－	－	－	－	－	－
No.6	125	77	107	123	158	119
No.7	162	134	149	170	194	150
No.8	－	162	204	201	－	－
No.9	－	－	－	－	－	－

試料	大瀞①	大瀞②	大瀞③	大瀞④	大瀞⑤	大瀞⑥	大瀞⑦
No.1	－	－	－	－	－	－	－
No.2	33	15	－	18	24	31	40
No.3	－	－	－	－	－	－	－
No.4	47	31	－	37	53	77	76
No.5	－	－	－	－	－	60	95
No.6	69	49	40	53	78	115	103
No.7	103	67	86	78	105	155	164
No.8	－	85	－	90	139	－	－
No.9	－	－	98	－	－	－	－

試料	大瀞⑧	大瀞⑨	大瀞⑩	大瀞⑪	大瀞⑫	大瀞⑬	大瀞⑭
No.1	41	－	－	－	19	15	－
No.2	－	－	－	－	50	47	26
No.3	144	－	－	－	－	－	－
No.4	175	27	32	30	107	90	61
No.5	216	26	－	－	125	113	81
No.6	－	39	48	58	154	136	94
No.7	－	53	65	74	－	－	126
No.8	－	65	81	89	－	－	－
No.9	－	－	94	120	－	－	－

表 2-5-6　透視度測定結果【濁水】

透視度（度）

試料	見残し	弁天①	弁天②	弁天③	弁天④	弁天⑤
No.1	34	－	37	45	43	48
No.2	26	33	23	23	27	27
No.3	－	－	－	－	－	－
No.4	13	15	12	11	12	13
No.5	－	－	－	－	－	－
No.6	9	10	7	7	8	10
No.7	8	8	5	5	7	8
No.8	－	6	－	－	－	－
No.9	－	－	－	－	－	－

試料	大潽①	大潽②	大潽③	大潽④	大潽⑤	大潽⑥	大潽⑦
No.1	－	－	－	－	－	－	－
No.2	32	39	－	41	35	23	29
No.3	－	－	－	－	－	－	－
No.4	17	19	－	20	16	11	15
No.5	－	－	－	－	－	9	13
No.6	13	14	25	16	13	8	10
No.7	10	12	19	13	10	6	8
No.8	－	9	－	11	8	－	－
No.9	－	－	11	－	－	－	－

試料	大潽⑧	大潽⑨	大潽⑩	大潽⑪	大潽⑫	大潽⑬	大潽⑭
No.1	19	－	－	－	32	36	－
No.2	－	－	－	－	16	16	33
No.3	7	－	－	－	－	－	－
No.4	6	47	31	26	9	9	16
No.5	5	41	－	－	7	8	12
No.6	－	30	20	16	6	6	11
No.7	－	23	15	14	－	－	7
No.8	－	21	13	11	－	－	－
No.9	－	－	10	9	－	－	－

表 2-5-7　濁度測定結果【濁水】

濁度（度）

名称	見残し	弁天①	弁天②	弁天③	弁天④	弁天⑤
No.1	9	－	6	4	6	4
No.2	11	11	11	12	11	12
No.3	－	－	－	－	－	－
No.4	35	23	32	32	30	32
No.5	－	－	－	－	－	－
No.6	59	38	51	52	55	50
No.7	85	58	73	72	72	70
No.8	－	70	98	95	－	－
No.9	－	－	－	－	－	－

名称	大潜①	大潜②	大潜③	大潜④	大潜⑤	大潜⑥	大潜⑦
No.1	－	－	－	－	－	－	－
No.2	14	7	－	7	9	16	14
No.3	－	－	－	－	－	－	－
No.4	23	17	－	11	19	57	22
No.5	－	－	－	－	－	52	41
No.6	36	26	19	21	29	90	51
No.7	58	38	34	32	41	147	66
No.8	－	50	－	40	51	－	－
No.9	－	－	40	－	－	－	－

名称	大潜⑧	大潜⑨	大潜⑩	大潜⑪	大潜⑫	大潜⑬	大潜⑭
No.1	29	－	－	－	13	10	－
No.2	－	－	－	－	26	28	11
No.3	41	－	－	－	－	－	－
No.4	155	14	16	13	66	62	33
No.5	187	13	－	－	85	76	40
No.6	－	15	23	25	134	114	50
No.7	－	26	29	28	－	－	61
No.8	－	26	34	41	－	－	－
No.9	－	－	39	50	－	－	－

(3)懸濁液の粒度組成測定結果（レーザー回折）

図2-5-6にSPSS検量線作成に供した標準品及び濁水の懸濁液中の粒度組成測定結果を示した。なお、図2-5-4及び2-5-5の相関図より、大磉⑫（最も傾きが急）、弁天⑤（概ね中位）、大磉⑨（最も傾きが緩慢）のそれぞれ3試料について実施した。

大磉⑫（標準品）		弁天⑤（標準品）		大磉⑨（標準品）		大磉⑫（濁水）		弁天⑤（濁水）		大磉⑨（濁水）	
粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）	粒径（μm）	累積（%）
0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00
0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00	0.14	0.00
0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00	0.20	0.00
0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00	0.28	0.00
0.39	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00	0.39	0.00
0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00	0.55	0.00
0.77	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00	0.77	0.00
1.09	0.19	1.09	0.00	1.09	0.01	1.09	0.15	1.09	0.00	1.09	0.00
1.53	0.93	1.53	0.00	1.53	0.10	1.53	1.43	1.53	0.00	1.53	0.11
2.15	2.28	2.15	0.03	2.15	0.32	2.15	3.88	2.15	0.09	2.15	0.62
3.02	4.87	3.02	0.89	3.02	0.80	3.02	9.15	3.02	2.51	3.02	1.98
4.24	10.05	4.24	2.65	4.24	1.65	4.24	19.47	4.24	7.61	4.24	4.94
5.97	18.47	5.97	5.23	5.97	2.97	5.97	34.51	5.97	15.61	5.97	9.95
8.39	29.77	8.39	9.18	8.39	5.00	8.39	53.16	8.39	27.45	8.39	18.04
11.79	41.95	11.79	14.81	11.79	7.87	11.79	71.01	11.79	42.04	11.79	29.08
16.58	53.59	16.58	22.74	16.58	12.22	16.58	83.42	16.58	56.41	16.58	40.86
23.31	66.51	23.31	33.51	23.31	18.80	23.31	91.40	23.31	69.61	23.31	52.62
32.78	80.86	32.78	47.04	32.78	29.32	32.78	97.23	32.78	81.47	32.78	65.34
46.08	90.29	46.08	64.33	46.08	48.59	46.08	99.91	46.08	89.45	46.08	77.35
64.79	94.00	64.79	82.71	64.79	74.23	64.79	100.00	64.79	92.54	64.79	85.35
91.09	97.51	91.09	94.78	91.09	92.90	91.09	100.00	91.09	95.19	91.09	90.61
128.10	99.97	128.10	99.17	128.10	99.24	128.10	100.00	128.10	98.64	128.10	95.88
180.00	100.00	180.00	99.99	180.00	100.00	180.00	100.00	180.00	99.99	180.00	99.51
253.20	100.00	253.20	100.00	253.20	100.00	253.20	100.00	253.20	100.00	253.20	100.00
356.00	100.00	356.00	100.00	356.00	100.00	356.00	100.00	356.00	100.00	356.00	100.00
500.50	100.00	500.50	100.00	500.50	100.00	500.50	100.00	500.50	100.00	500.50	100.00
703.60	100.00	703.60	100.00	703.60	100.00	703.60	100.00	703.60	100.00	703.60	100.00

50%粒径（μm）	15.1	50%粒径（μm）	35.1	50%粒径（μm）	47.1	50%粒径（μm）	8.0	50%粒径（μm）	14.4	50%粒径（μm）	21.8

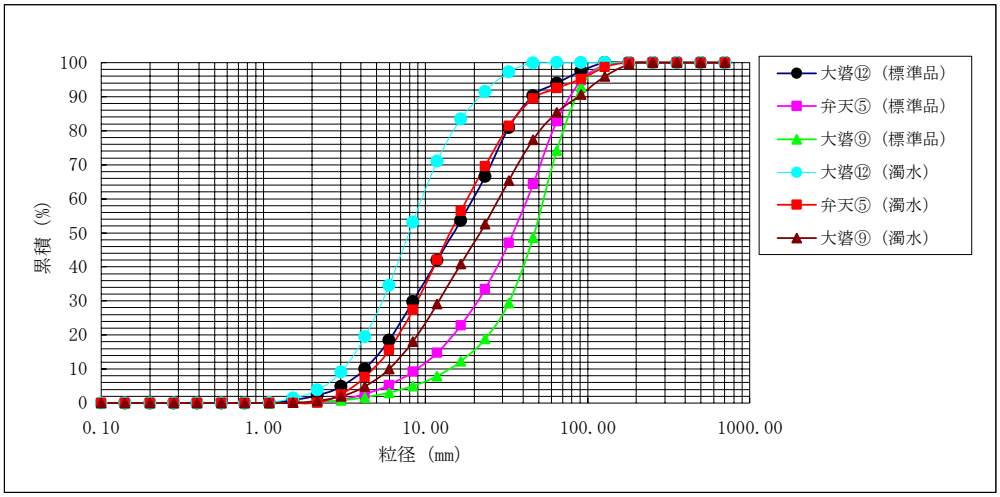


図2-5-6　懸濁液の粒度組成測定結果（レーザー回折）

(4) 底質試料の粒度組成測定結果

図 2-5-7 に底質試料の粒度組成測定結果を示した。測定は懸濁液中の粒度組成測定を行った大瀞⑫、弁天⑤、大瀞⑨の 3 試料について実施した。

大瀞⑫		弁天⑤		大瀞⑨	
粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
9.5		9.5	100.0	9.5	
4.75	100.0	4.75	97.9	4.75	
2.00	99.9	2.00	88.7	2.00	100.0
0.850	99.0	0.850	70.2	0.850	99.7
0.425	96.6	0.425	57.0	0.425	99.2
0.250	93.3	0.250	47.7	0.250	96.9
0.106	77.9	0.106	37.8	0.106	78.4
0.075	72.7	0.075	35.0	0.075	68.0
0.049	66.6	0.054	31.4	0.051	55.6
0.035	62.2	0.039	27.7	0.037	44.1
0.023	55.9	0.025	22.5	0.024	33.3
0.013	47.0	0.015	18.0	0.014	27.1
0.0096	41.5	0.010	15.1	0.010	24.0
0.0069	36.1	0.0073	13.2	0.0072	21.0
0.0035	26.3	0.0037	9.9	0.0037	16.2
0.0015	15.4	0.0015	6.2	0.0015	10.2
50%粒径 (mm)	0.0158	50%粒径 (mm)	0.285	50%粒径 (mm)	0.0436

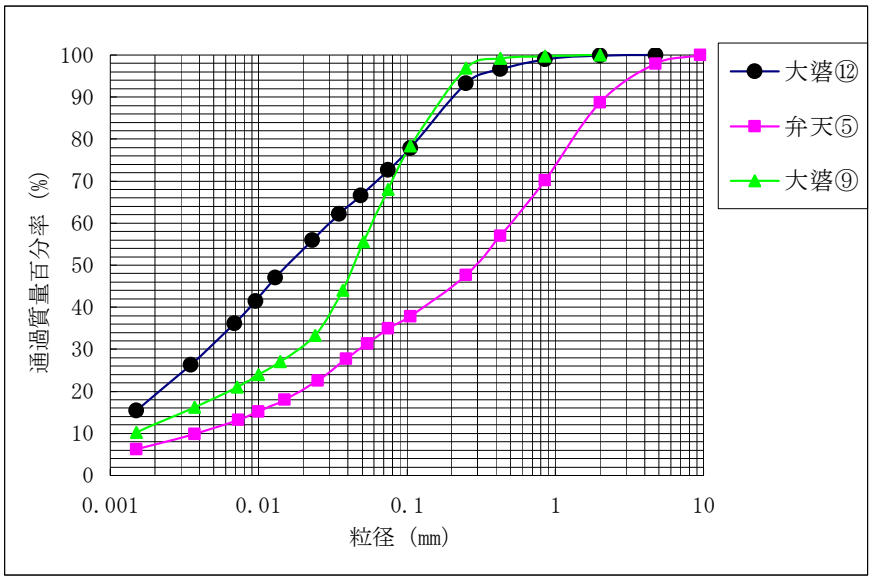


図 2-5-7　底質試料の粒度組成測定結果

4)考察

(1)竜串湾における SPSS 算出式

竜串湾における SPSS 算出式の決定にあたり、大見謝の方法と同一の方法で SPSS 算出式を求めた。

図 2-5-5 上段及び表 2-5-1 左欄より、大見謝（赤土）に近似した竜串湾の底質は大碆⑥、⑫及び⑬の 3 試料で、それ以外は総じて緩やかな傾きとなり、竜串湾における平均的な SPSS 算出式の係数は、大見謝に比して大きかった。

図 2-5-8 に、SPSS 算出式の係数のヒストグラムを示した。竜串湾における最頻値は 3,000～3,500 にあり、平均値は 3,423 と、大見謝の係数の 2 倍となった。大見謝は算出式の決定にあたり、沖縄東北部の 10 地点で採取した赤土について SPSS 検量線を作成し、その平均的な値から求めている。同様の手法で竜串湾における算出式を求めると、係数の平均値に最も近いのは弁天①であった。

よって、竜串湾の SPSS 算出式は弁天①の

SPSS 値（kg/m³）＝（3,556÷透視度－38.32）÷底質試料の容量（mL）×希釈倍率

となった。

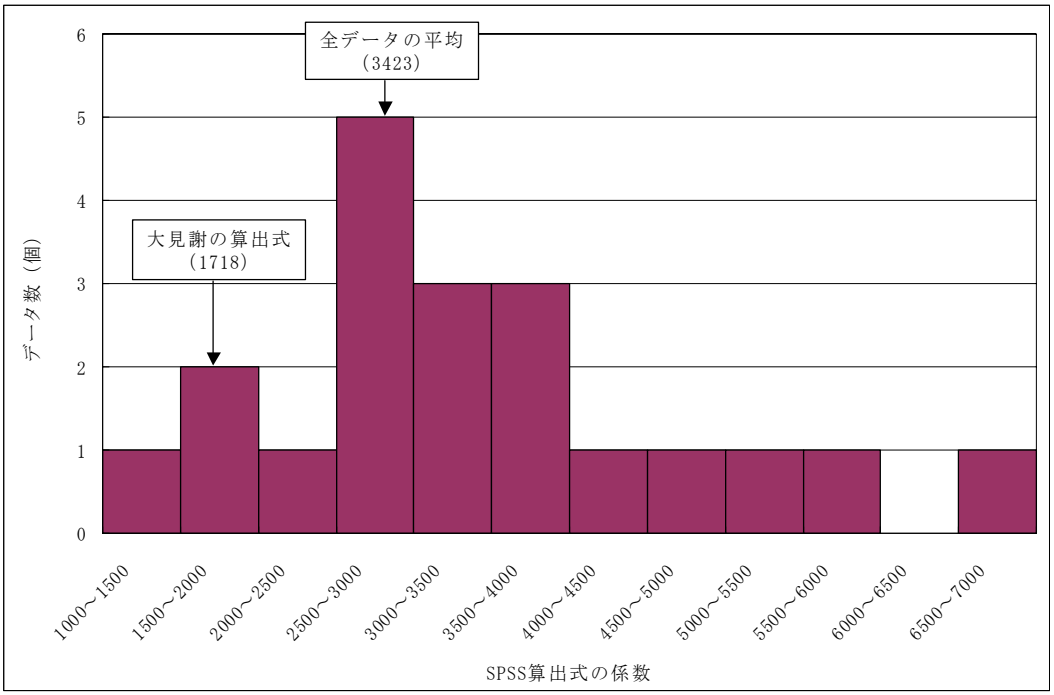


図 2-5-8　SPSS 算出式の係数のヒストグラム【標準品、透視度】

(2)SPSS 簡易分析法の精度について

①大見謝による SPSS 値と今回作成した検量線による SPSS 値の差

図 2-5-9 に通常 SPSS 測定に用いている大見謝による SPSS 値と、今回作成した SPSS 算出式による SPSS 値の差を示した。グラフは X 軸に大見謝による SPSS 換算式の値と Y 軸に大見謝による SPSS 換算式の値と各 SPSS 換算式の差（絶対値）を示している。なお、対象としては竜串において平均的な結果であった弁天①、大見謝による算出式に最も近かった大碆⑥（差が最小となると想定）と、最も大きかった見残し（差が最大になると想定）を示した。

通常の SPSS の観測において対象とする値はほぼ 100kg/m^3 前後かそれ以下の値である。大見謝による SPSS 値が 100kg/m^3 程度では、竜串湾内の試料の SPSS 値との差は概ね 100 程度（弁天①）で、10～200 程度の範囲であった。平成 19 年度の結果では竜串試料において差が数 10～50 程度となっており、今回の結果はこれに比すとやや大きくなっているものの、SPSS の値が小さくなるに従いその差も小さくなる傾向は同一であり、それぞれの算出式による値のばらつきを問題とする程度の大きさではないことが追認できたと思われる。

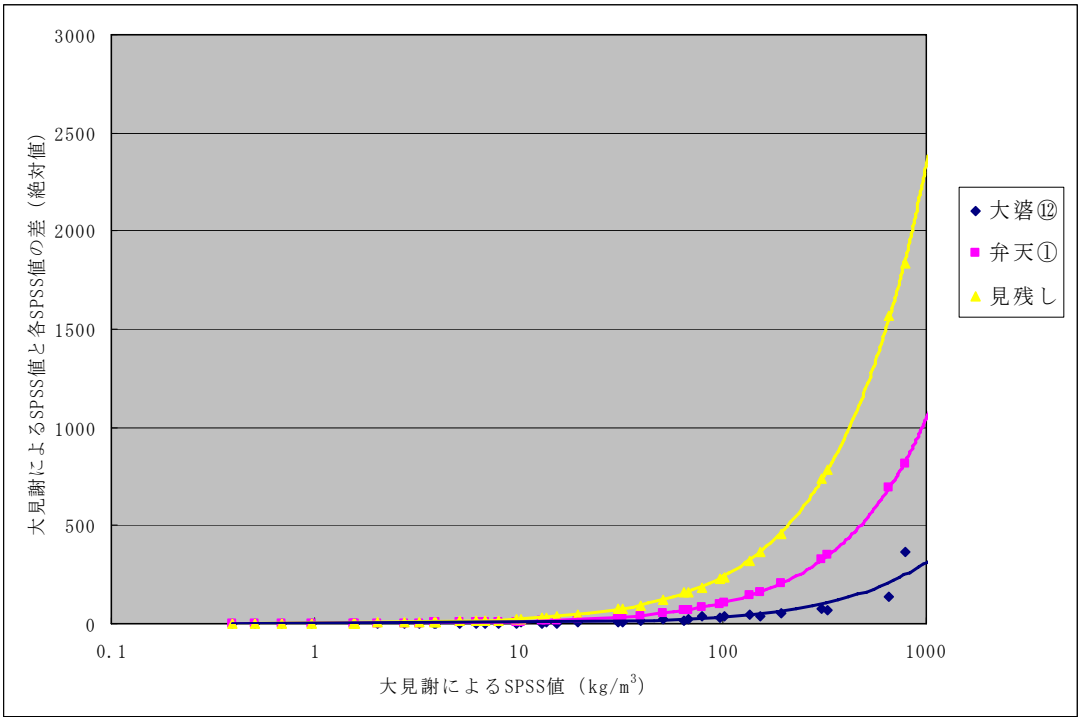


図 2-5-9　大見謝による SPSS 値と今回求めた算出式による SPSS 値の差

表 2-5-8　SPSS 値一覧表

想定する透視度	算定したSPSS値 (kg/m^3)				底質試料の容量	希釈倍率
	大見謝	標準品		濁水		
(cm)	データ	弁天①	大碆⑨	弁天①	S (mL)	D
5	3.3	3.6	6.7	11.6	100	1
10	1.5	1.7	3.2	5.1	100	1
15	1.0	1.1	2.0	2.9	100	1
20	0.7	0.8	1.4	1.8	100	1
25	0.5	0.6	1.0	1.1	100	1
30	<0.4	0.5	0.8	0.7	100	1
5	13.0	14.4	26.9	46.5	25	1
10	6.2	6.9	12.7	20.3	25	1
15	3.9	4.4	7.9	11.6	25	1
20	2.7	3.1	5.6	7.2	25	1
25	2.0	2.4	4.2	4.6	25	1
30	1.6	1.9	3.2	2.8	25	1
5	32.6	35.9	67.3	116.4	10	1
10	15.4	17.2	31.7	50.8	10	1
15	9.7	10.9	19.9	29.0	10	1
20	6.8	7.8	13.9	18.0	10	1
25	5.1	5.9	10.4	11.5	10	1
30	3.9	4.7	8.0	7.1	10	1
5	65.2	71.9	134.6	232.7	5	1
10	30.8	34.4	63.5	101.6	5	1
15	19.3	21.8	39.7	57.9	5	1
20	13.6	15.6	27.9	36.1	5	1
25	10.2	11.8	20.8	23.0	5	1
30	7.9	9.3	16.0	14.2	5	1
5	325.8	359.5	672.9	1163.7	5	5
10	154.0	171.8	317.3	508.2	5	5
15	96.7	109.2	198.7	289.7	5	5
20	68.1	77.9	139.5	180.4	5	5
25	50.9	59.2	103.9	114.9	5	5
30	39.5	46.7	80.2	71.2	5	5
5	651.6	719.0	1345.8	2327.3	5	10
10	308.0	343.6	634.6	1016.3	5	10
15	193.5	218.4	397.5	579.3	5	10
20	136.2	155.9	279.0	360.8	5	10
25	101.8	118.3	207.8	229.7	5	10
30	78.9	93.3	160.4	142.3	5	10
5	6516.0	7189.8	13457.6	23273.4	5	100
10	3080.0	3435.8	6345.6	10163.4	5	100
15	1934.7	2184.5	3974.9	5793.4	5	100
20	1362.0	1558.8	2789.6	3608.4	5	100
25	1018.4	1183.4	2078.4	2297.4	5	100
30	789.3	933.1	1604.3	1423.4	5	100

②試料による算出式のばらつきについて

今回懸濁液中の粒度組成は大潽⑫、弁天⑤、大潽⑨について実施した。図 2-5-4 の傾きから、大潽⑨が最も粗で、次いで弁天⑤、大潽⑫となると想定された。また、標準品と濁水を比較すると、標準品が粗である事が考えられた。そこで、図 2-5-6 の懸濁液中の粒度組成測定結果をみると、この傾向と合致しており、懸濁液中の粒度組成が SPSS 算出式に大きく寄与する事が示唆された。

次に底質試料との検証を行った。図 2-5-7 をみると、底質の粒度組成は懸濁液中の傾向とは異なり、弁天⑤が最も粗であり、次いで大潽⑨、大潽⑫となった。そこで底質試料のうち、250μm 以下について粒度組成をもとめたものを図 2-5-10 に示した。その結果、懸濁液中の粒度組成を同様に、大潽⑨が最も粗で、次いで弁天⑤、大潽⑫となり、底質の中でも 250μm 以下の細粒分が SPSS 算出式の大きく寄与することが示唆された。

大潽⑫		弁天⑤		大潽⑨	
粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)	粒径 (mm)	通過質量百分率 (%)
0.250	100.0	0.250	100.0	0.250	100.0
0.106	83.5	0.106	79.2	0.106	80.9
0.075	77.9	0.075	73.4	0.075	70.2
0.049	71.4	0.054	65.8	0.051	57.4
0.035	66.7	0.039	58.1	0.037	45.5
0.023	59.9	0.025	47.2	0.024	34.4
0.013	50.4	0.015	37.7	0.014	28.0
0.0096	44.5	0.010	31.7	0.010	24.8
0.0069	38.7	0.0073	27.7	0.0072	21.7
0.0035	28.2	0.0037	20.8	0.0037	16.7
0.0015	16.5	0.0015	13.0	0.0015	10.5

50%粒径 (mm)	0.0128	50%粒径 (mm)	0.0286	50%粒径 (mm)	0.0423

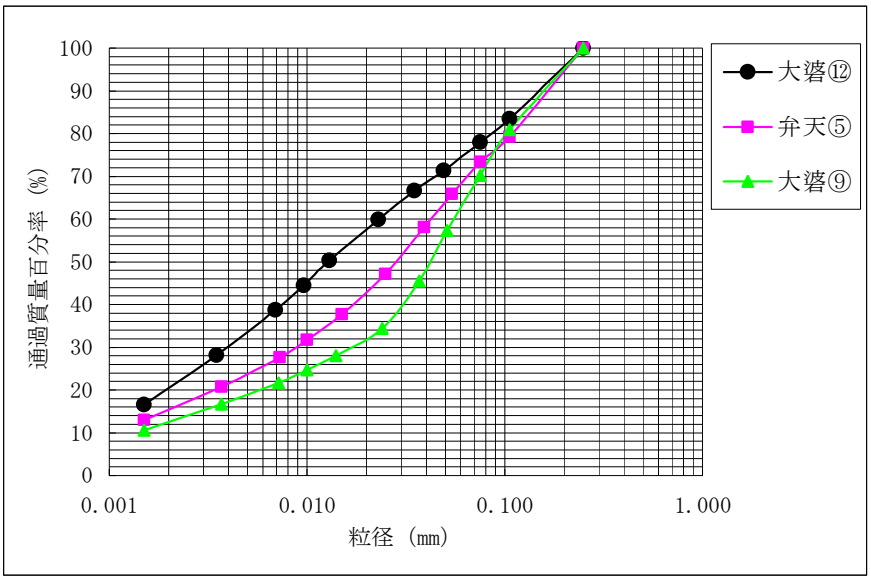


図 2-5-10　250μm 以下の底質試料の粒度組成測定結果

③標準品と濁水の算出式の差について

今回の検討では、標準品による算出式と濁水による算出式については大きな差が認められた。これは昨年度までの検討においても見られた傾向であり、差の要員は地点間の違い（赤土と竜串水底土砂）ではなく、検討方法の違いであることが考えられる。また今年度も同様な結果が得られ再現性があることも確認できた。

実際、SPSS 簡易測定法では現地で採取した水底土と水道水を適量にメスアップし攪拌後、1 分静置したものの透視度より SPSS 値を求めている。一方で、大見謝による SPSS 算出式は、標準品により求めていることから、標準品と濁水の違いは実際の SPSS 値の誤差と考えられる。

(3)濁度計を用いた SPSS 測定

今回も濁度計を用いた SPSS 測定法の検討を行ったが、透視度計と同一の手法で算出式の算定を行えることがわかった。濁度計は透視度計に比べて測定誤差が少ないことや測定範囲が広いこと、希釈の手間を省力化できることから、SPSS 監視に有用であると思われる。但し、濁度の測定方法は透過光法や積分球法など数種あることや多少の機差もあることから、実際に使用する濁度計にて算出式を求めるべきであると考えられる。

5)まとめ

竜串湾の平均的な SPSS 算出式は弁天①の

SPSS 値（kg/m^3）＝（3,556÷透視度－38.32）÷底質試料の容量（mL）×希釈倍率

であった。

また、大見謝による SPSS 値と竜串試料による SPSS 値の差は、平均的には 100 程度であり、引き続き算出式による差は問題にならない事が示唆された。

SPSS 算出式のばらつきは、底質試料中 250μm 以下の成分が大きく寄与していることが考えられ、底質の変動状況によっては算出式も変動する可能性が示唆された。

SPSS 算定にあたり、濁度計を用いても問題ない事がわかった。但し、実際に用いる測器にて SPSS 算出式を求める必要がある。

2.6　泥土の移動・堆積メカニズムの解明（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域）

竜串海岸は平成 13 年の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。

本業務は、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。

1) 過去の調査結果に基づき推定した、遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域における泥土の移動形態

弁天島東工区に堆積する泥土の起源は「遠奈路川から流入した土砂」及び「高波浪で巻き上がった爪白又はその沖側の泥土」と考えられ、これが移流・拡散により弁天島の北側水路を移動し、弁天島東工区周辺で沈降・堆積したものと推定される。この推定を模式的に示した（図 2-6-1）。

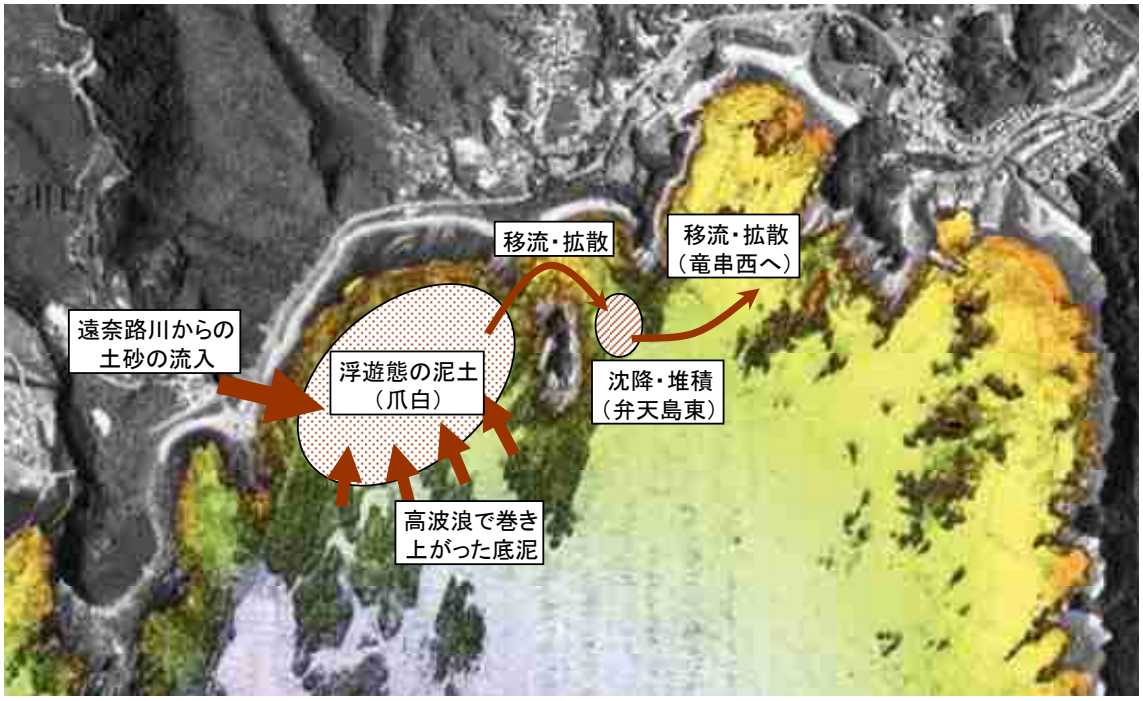


図 2-6-1　調査開始時に推定した泥土の移動形態（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域）

各現象の様子は次の通りである。

①遠奈路川からの土砂の流入

遠奈路川から流入するSSの流入量は、環境省が平成15年10月～平成16年3月に実施した調査の結果、条件によっては三崎川よりも多くなることが分かった。また、平成13年の西南豪雨時には大量の土砂が流入したことが明らかになっており、一旦河口部に堆積した泥土が沿岸流により弁天島東工区に移動して堆積したと推定されている。

②高波浪で巻き上がった泥土

過去の調査結果から、爪白周辺には高波浪時に巻き上がる泥土が存在すると推定されており、平成17年度に実施した濁度計を用いた調査でも、高波浪時には泥土の堆積が顕著な大瀞地区よりも濁りが高くなることが分かっている。

③浮遊態の泥土

爪白地区では高波浪時に濁りが発生するが、顕著に泥土が堆積している状況ではない。これは、平成18年度から実施している平面板を用いた泥土の堆積調査結果が示すとおり、海水の攪乱のために泥土が堆積しにくいためと推定される。

④移流・拡散

平成15年度に予測した高波浪時の海浜流分布によると、爪白地区から弁天島北の水路を通過して弁天島東工区に向かう顕著な流れが認められた。ただし、平成17年に、より詳しい地形の情報に基づき同じ予測を実施した結果、この流れが小さくなる結果が得られた。これは、詳細な地形が予測に考慮されたため水路の断面が小さくなり流れが妨げられたと考えられる。

⑤沈降・堆積

弁天島東工区に底泥が堆積する現状は前記した通りである。また、海浜流予測結果によると本地区には循環流が形成され、泥土が堆積しやすい場所であると推定された。

⑥移流・拡散（弁天島東工区から竜串西）

海浜流予測結果によると、弁天島東工区付近から竜串西に向かう顕著な流れが認められ、これにより移動した泥土が竜串西の濁りの原因となっていると推定された。

以上のような泥土移動の実態を把握するため、いくつかの調査と数値計算を実施した。

2.6.1　流況調査

1)目的

爪白から弁天島東海域に移動する泥土の主な流路は弁天島北側の水路と考えられることから、本水路の流況特性の把握を目的とする。

2)実施内容

(1)調査地点

調査点は、図 2-6-2 に示した通りである。

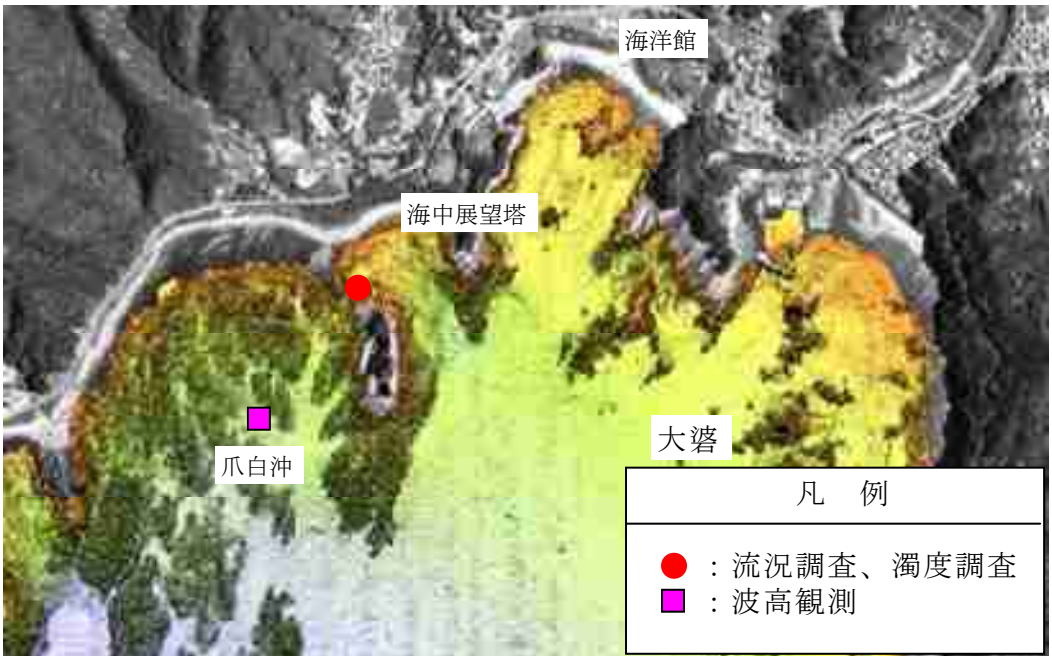


図 2-6-2　調査点位置

(2)調査方法

調査点の底面にドップラー流速計(RD Instruments 社:ワークホース ADCP)を設置し、10 分間隔で流向・流速を連続測定した。

測定層は 0.5m 間隔とした。

(3)調査期間

調査期間は、平成 20 年 10 月 9 日（測器の設置）～11 月 9 日（測器の撤去）で、設置期間中の 10 月 24 日に測器の点検を行った。(「2.6.2 濁度調査」、「2.6.3 波高観測」と同じ)

3)調査結果・考察

調査結果・考察は、「2.6.3 波高観測」に示した。

2.6.2　濁度調査

1)目的

弁天島北側水路における濁度調査を行い、濁度の経時的な変動実態及び泥土の移動量把握を目的とする。

2)実施内容

(1)調査地点

調査点は、図 2-6-2 に示した通りである。

(2)調査方法

流況調査で設置しているドップラー流速計に濁度計(JFE アレック㈱:COMPACT-CLW)を固定し、濁度を 10 分間隔で連続測定した。濁度計の仕様と測定モードは「2.1.1 濁度計による連続測定」と同じある。

(3)調査期間

調査期間は、「2.6.1 流況調査」に示した流況調査と同じであった。

3)調査結果・考察

調査結果・考察は、「2.6.3 波高観測」に示した。

2.6.3　波高観測

1)目的

波浪は、海底泥を巻き上げ、巻き上がった泥を移動させる海浜流発生の要因となっている。そこで、流況・濁度調査と同時に波浪を観測し、得られた因子間の関係を明らかにすることを目的とした。なお、観測では潮位の変動と長周期波も測定した（3.1 竜串湾における長周期波の影響把握)。

2)実施内容

(1)調査地点

調査点は、図 2-6-2 に示した通りである。

(2)調査方法

調査点の底面に超音波式波高計(協和商工株式会社:DL-3)を設置し、1 時間間隔で 0.5 秒 20 分間の波高と波向の連続測定を行った。

(3)調査期間

調査期間は、「2.6.1 流況調査」に示した流況調査と同じであった。

3)調査結果・考察

(1)流況の概要

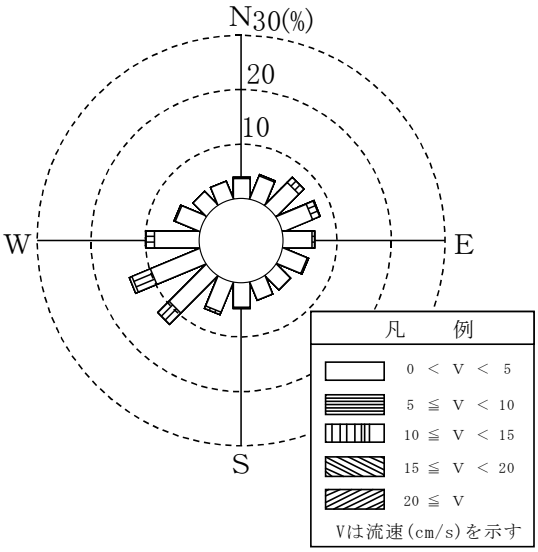
流況の概要を見るため、図 2-6-3 に方向別頻度分布と調和解析の結果を示した。流向は弁天島北の水路に沿った概ね北東～南西の流れであり、最多頻度は西北西であった。流速は 10cm/s 未満が 86%を占め、20cm/s を超える流速は 1%に満たなかった。

潮流解析の結果では主要 4 分潮(M2、S2、K1、O1)の流速も微弱で、いずれも 1cm/s 未満であった。

【方向別頻度分布】

方向＼cm/s	0～	10～	20～	合計
－	0 0.0			
N	159 3.7	3 0.1	0 －	162 3.8
NNE	189 4.4	12 0.3	0 －	201 4.7
NE	252 5.8	47 1.1	0 －	299 6.9
ENE	247 5.7	64 1.5	3 0.1	314 7.3
E	229 5.3	23 0.5	0 －	252 5.8
ESE	202 4.7	10 0.2	0 －	212 4.9
SE	145 3.4	3 0.1	0 －	148 3.4
SSE	155 3.6	1 0.0	0 －	156 3.6
S	196 4.5	5 0.1	0 －	201 4.7
SSW	260 6.0	18 0.4	1 0.0	279 6.5
SW	421 9.8	125 2.9	2 0.0	548 12.7
WSW	428 9.9	166 3.8	13 0.3	607 14.1
W	357 8.3	75 1.7	2 0.0	434 10.0
WNW	209 4.8	7 0.2	0 －	216 5.0
NW	146 3.4	6 0.1	0 －	152 3.5
NNW	138 3.2	1 0.0	0 －	139 3.2
合計	3733 86.4	566 13.1	21 0.5	4320 100.0

期間：平成20年10月10日～11月8日



●：調査点位置

【調和解析結果】

分潮	北方成分		東方成分		楕円要素 長軸			楕円要素 短軸			主流向 68°	
	流速(cm/s)	遅角(°)	流速(cm/s)	遅角(°)	方向(°)	流速(cm/s)	遅角(°)	方向(°)	流速(cm/s)	遅角(°)	流速(cm/s)	遅角(°)
M_2	0.2	153	0.4	178	59	0.4	171	149	0.1	261	0.4	173
S_2	0.1	96	0.3	49	66	0.3	57	156	0.1	327	0.3	57
K_2	0.0	96	0.1	49	66	0.1	57	156	0.0	327	0.1	57
N_2	0.1	183	0.1	247	69	0.1	236	159	0.0	326	0.1	236
K_1	0.1	296	0.5	318	77	0.5	317	167	0.1	47	0.5	316
O_1	0.3	24	0.6	20	67	0.7	21	157	0.0	291	0.7	21
P_1	0.0	296	0.2	318	77	0.2	317	167	0.0	47	0.2	316
Q_1	0.1	250	0.1	233	68	0.1	235	158	0.0	145	0.1	235
M_4	0.1	291	0.2	288	57	0.2	289	147	0.0	199	0.2	288
MS_4	0.1	283	0.0	334	4	0.1	284	94	0.0	14	0.1	293
U_0	-0.4cm/s		-0.7cm/s		0.8cm/s			240°			-0.8cm/s	

図 2-6-3　流況調査結果(海底面上 3m 層)

(2)流況、濁度、波高の関係

高波浪時において爪白で巻き上がった底泥が、弁天島北の水路を流れる海浜流により海中展望塔方面へ移動する実態を、流況、濁度、波高の調査結果を用いて考察した。

①流況、濁度、波高の経時変化

図 2-6-4 に、測定した波高、周期、流速(水路に沿った、爪白から海中展望塔方向(65°)の流速)、濁度の経時変化を示した。なお、海中展望塔前面、大碆で測定している濁度のデータも同時に示した。

波高は、10 月 17 日～24 日にかけては泥土巻き上がりの基準となる限界波高の 0.69m を超えるレベルで推移し、23 日、24 日にかけては 1m 以上を記録して期間中最大となった。濁度は波高と連動して変化しており、概ね波高が限界波高の条件以上で高くなっていた。

流速は概ね-5～5cm/s の範囲で変動し、波高との関係は明瞭には見られなかった。

②流況、濁度、波高の関係

図 2-6-5 に、波高が 1m を超えた時間帯を含めた 10 月 22 日～25 日の流況、濁度、波高の経時変化を示し、図 2-6-6 にはこの期間の波高と流速及び流速と濁度の相関図を示した。

波高と流速の関係を見ると、波高が概ね限界波高の 0.69m までは流速の方向は一定しないが、限界波高を超えると爪白から海中展望塔に向かう流れが殆どを占め、海浜流の存在が伺えた。ただし流速は小さく、最大でも 5cm/s 未満であった。

流速と濁度の関係を見ると、泥土が明らかに巻き上がっている濁度 2FUT より高い範囲における流れの多くは爪白から海中展望塔に向かっていた。泥土が巻き上がる条件にあっても濁度が 2FTU 低い場合の流れの方向は一定でなかった。

(3)まとめ

弁天島北における流れは潮流も含めて小さく、10cm/s 未満の流速が 86%を占めていた。

爪白沖における波高が概ね限界波高 0.69m を超えると、海浜流と推定される爪白から海中展望塔に向かう流れが発生し、巻き上がった泥土がこの方向に移動する様子が伺えた。ただし、今回観測した流速は 5cm/s に満たず小さかった。

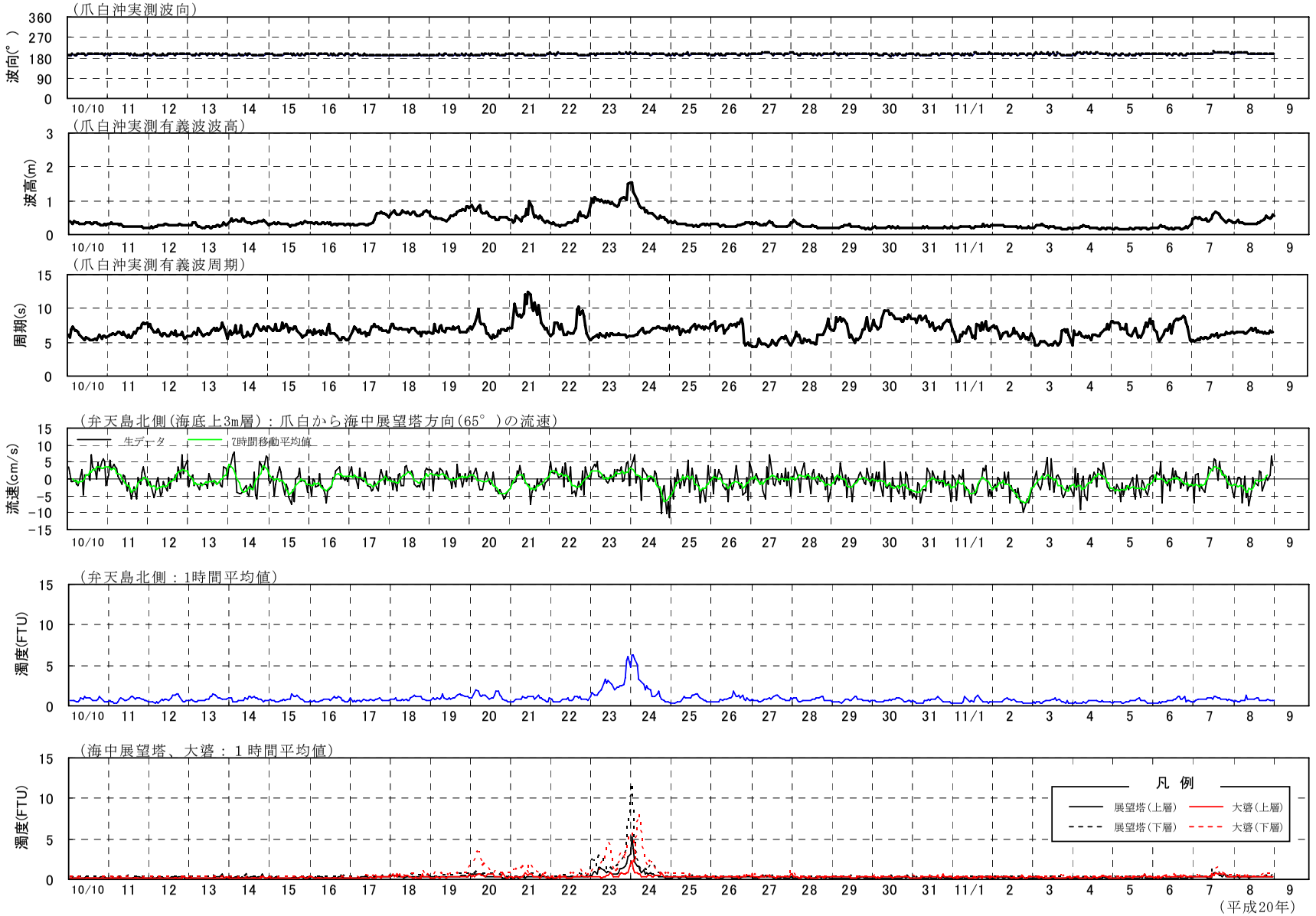


図2-6-4　波高・流速・濁度の経時変化（10～11月）

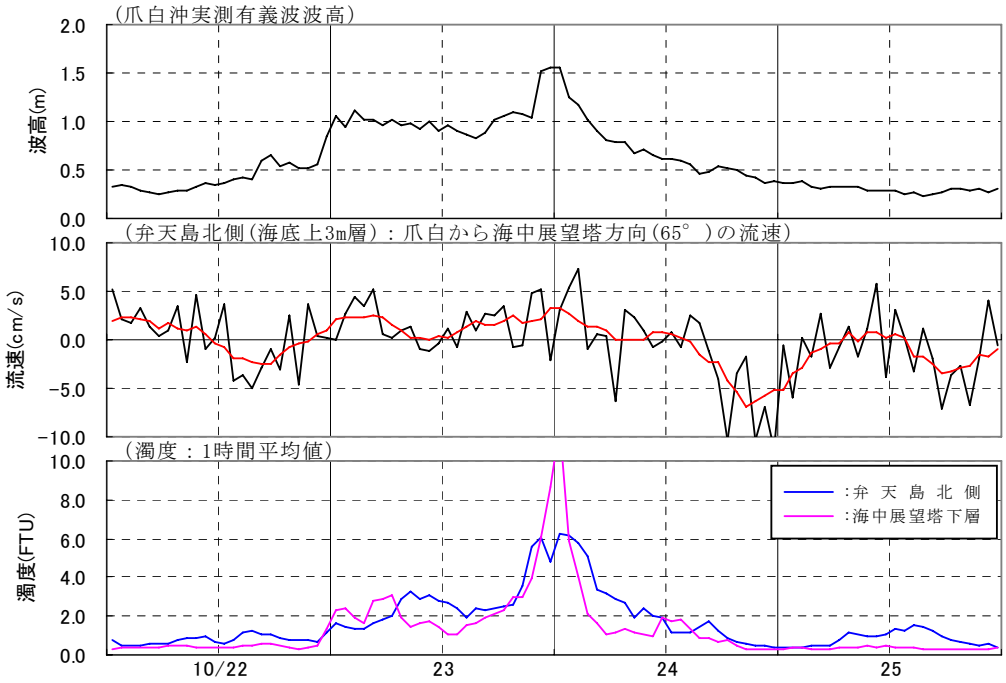
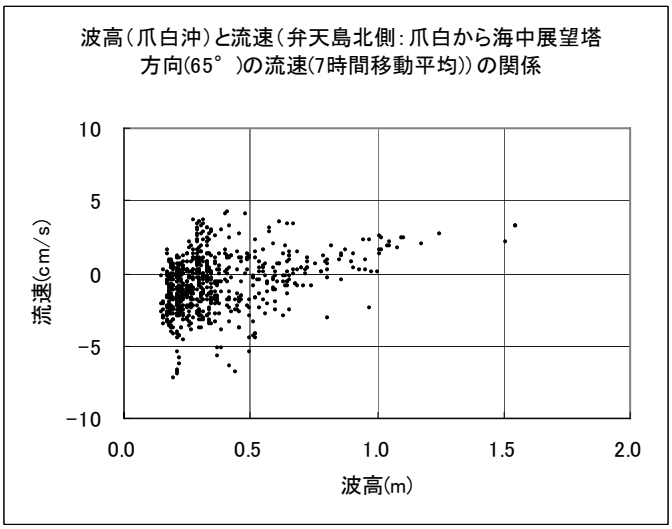


図 2-6-5　波高・流速・濁度の経時変化（10～11 月の高波浪時）



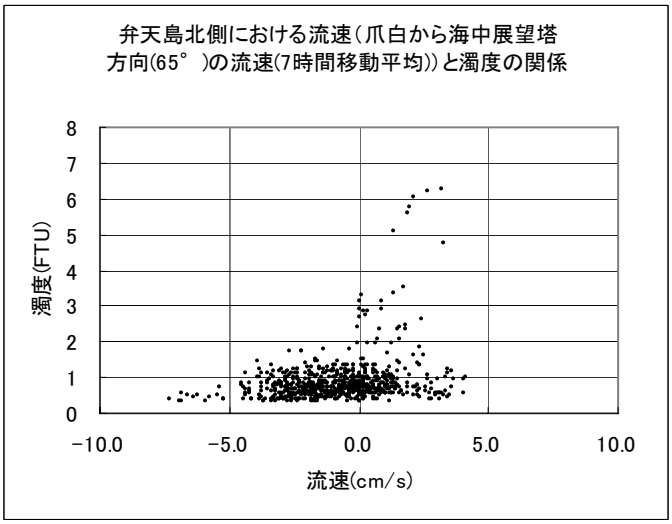


図 2-6-6　波高・流速・濁度の関係（10～11 月の高波浪時）

2.6.4 SPSS による底質調査

1)目的

実態の把握が不十分である遠奈路川河口域を含む爪白海域から、桜浜を含む竜串西海域における泥土の堆積状況を調査することを目的とする。

2)実施内容

(1)調査地点

調査点は遠奈路川河口域を含む爪白海域から桜浜を含む竜串西海域の 21 点とした。

(2)調査方法

調査方法は、「2.1.2 SPSS 法による評価」に示した通りである。

(3)調査期間

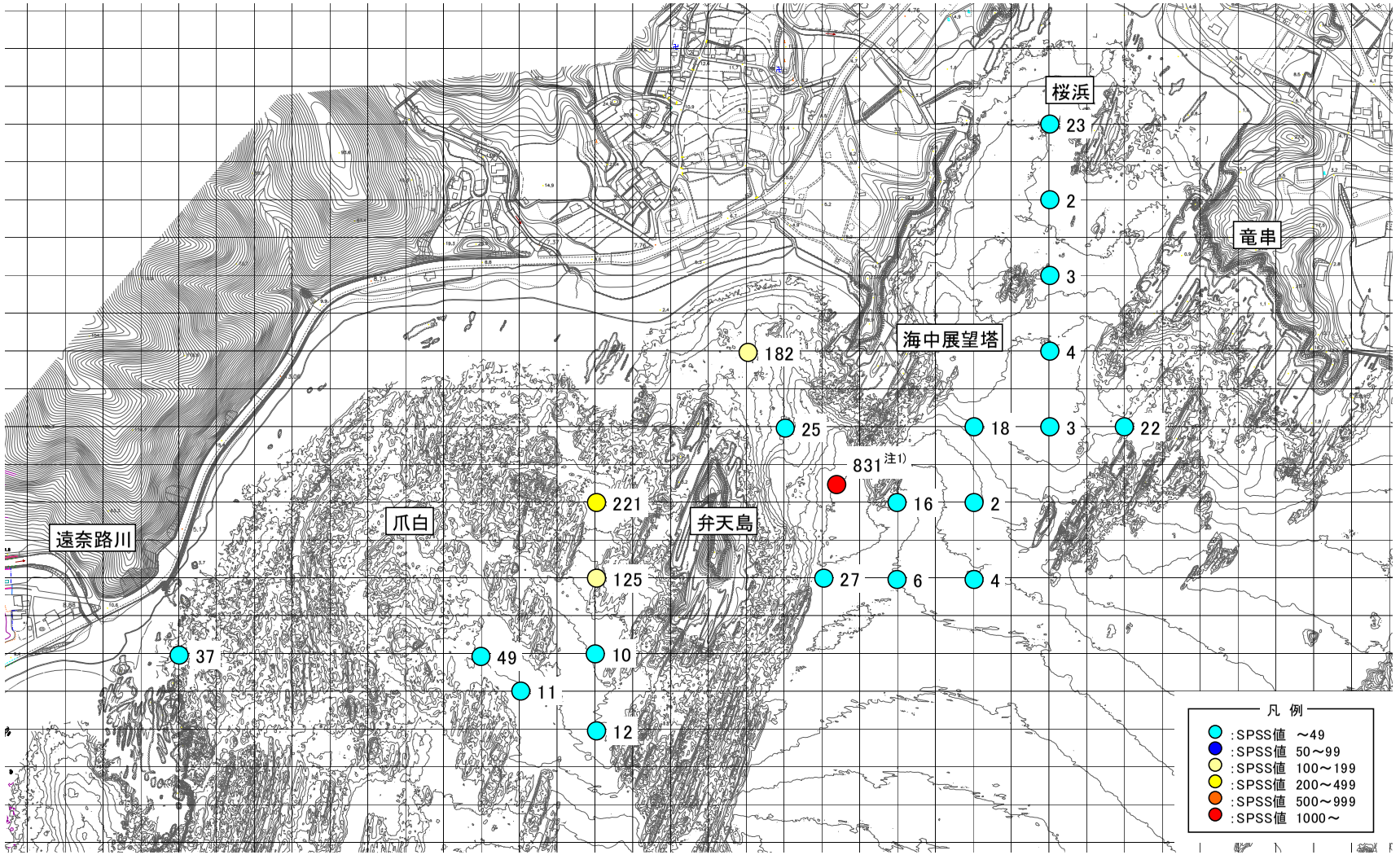
調査は 1 回実施し、調査日は平成 20 年 12 月 20 日～21 日であった。

3)調査結果

SPSS 値の結果を図 2-6-7 に示した。なお、「弁天島・大碆・見残しにおける泥土のモニタリング」において 12 月 20 日に測定した弁天島東工区全 9 調査点の平均値も同時に示した。

遠奈路川河口域及び弁天島南東部から桜浜を含めた竜串西海域の SPSS 値は 50kg/m^3 未満であり、特に桜浜の中央付近から南のラインに沿った地点の SPSS 値は 10kg/m^3 未満と低かった。弁天島西に位置する爪白海域の SPSS 値は 10～221kg/m^3 の範囲にあり、北側の地点で高かった。また、弁天島の北側及び弁天時島東工区の SPSS 値も 182kg/m^3 と 831kg/m^3 と高くなっていた。

まとめとして対象海域の SPSS 値の分布を概観すると、弁天島周辺海域では、南側除いて弁天島を囲むように他地点と比較して高い SPSS 値を示す泥土が分布し、弁天島の東で最も高くなっていた。これ以外の海域の SPSS 値は低レベルで、特に特に桜浜の中央付近から南のラインに沿った地点は低くかった。



注1 「弁天島・大碆・見残しにおける泥土のモニタリング」において12月20日に測定した弁天島東工区全9調査点の平均値。

図2-6-7　SPSSの水平分布（平成20年12月21～22日）

2.6.5　濁りの寄与度計算

1)目的

弁天島北側水路の流況を調査した結果、爪白海域から海中展望塔へ向かう流れが観測された。その結果、爪白海域から土砂の供給が予想されるため、粒子追跡モデルを利用して、竜串海域、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。

なお、流れ場は平均水位の変化を考慮できるブシネスクモデルを使用して、「平成 17 年度竜串地区自然再生推進計画調査（湾内濁り対策検討調査・基本計画検討)」の波浪設定を基に、新たに計算し直した結果を用いた。

図 2-6-8 に拡散予測の概要を示した。今回は、図中赤枠内を想定して拡散予測を行った。

また、図 2-6-9 に検討手順を示した。

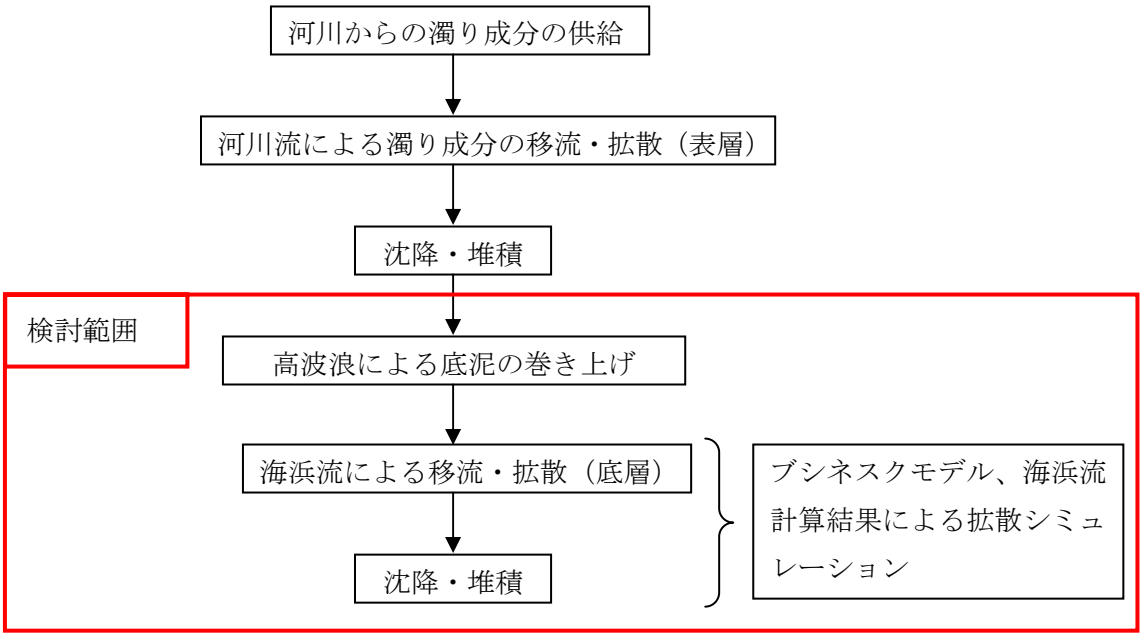


図 2-6-8　拡散予測概要

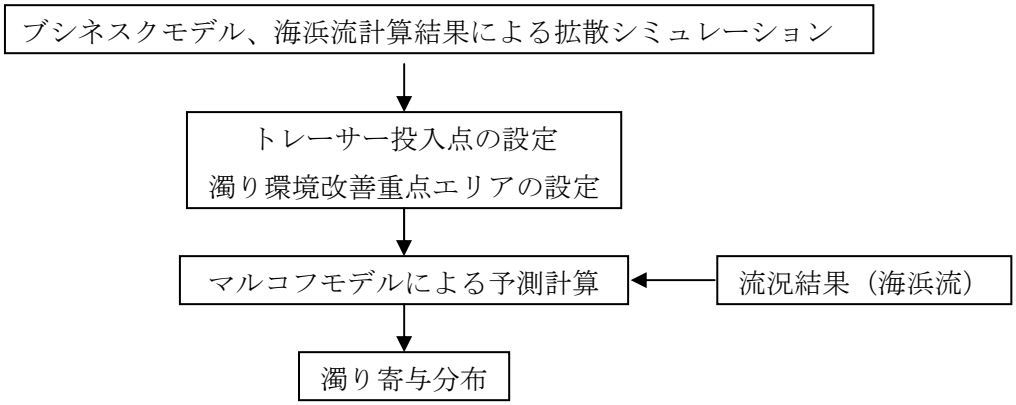


図 2-6-9　検討手順

3)調査結果・考察

(1)波浪場の算定

①条件設定概要

「平成 17 年度　竜串地区自然再生推進計画調査」において、エネルギー平衡方程式による波浪場から、ラジエーションストレスを計算して海浜流の流れ場を予測した。しかし、このモデルでは平均水位の変動を考慮されていないため、水位差による流れがうまく再現されなかった。近年、水位差を考慮できる予測モデルが開発されたことから、平成 17 年度の予測では考慮できなかった、水位差を流れ場に考慮できるようになった。

今回の検討では、（独）港湾空港技術研究所の開発したブシネスクモデル「NOWT-PARI」（Nonlinear Wave Transformation model by PARI）を用いて波浪変形計算を行った。

今回使用したモデルの特徴は、時系列で水位変動と水平流速を同時に与えて計算を行うため、エネルギー平衡方程式では考慮されなかった水位差を流れ場の中に考慮することができる。また、ブシネスクモデルでは波の屈折、回折、反射、砕波などといった波浪場の基本的な現象に加え、非線形性（波の急峻にする効果）、分散性（波をなだらかにする効果）を考慮できる。よって、複雑な海底地形を有する海岸や砕波、屈折などの現象が同時に起こるような浅海域では非常に有効な計算手法であるといえる。

竜串海域は、サンゴや岩礁域が点在していることから、非常に入り組んだ海底地形を有しているため、ブシネスクモデルを用いた波浪変形計算を行うことは最適と判断される。参考資料にブシネスクモデルの概要を示した。

図 2-6-10 に波浪場予測手順を示した。

なお、平成 17 年度調査からの大きな変更点は次のとおりである。

○波浪予測モデルの変更：エネルギー平衡方程式より非線形波浪変形モデル（ブシネスクモデル）に変更

○流れ場の変更：ブシネスクモデルの流れ場を使用

○メッシュサイズの変更：10m メッシュより 5m メッシュに変更

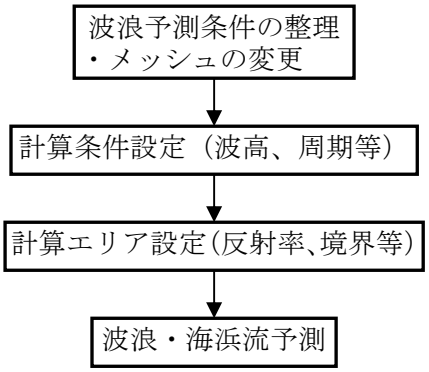


図 2-6-10　ブシネスクモデルによる波浪、流動場予測手順

②対象波浪の設定

「平成 17 年度　竜串地区自然再生推進計画調査（湾内濁り対策検討調査・基本計画検討）業務報告書」では、ナウファス高知地点における有義波高の結果から、通常時を有義波の 75%未超過確率、高波浪時を 97%未超過確率として、竜串湾における通常時と異常時の波浪を設定しており、この設定を基に波浪変形計算を行い、流れ場を算定した。

表 2-6-1 に竜串湾における波浪調査点（爪白沖）での通常時及び高波浪時の波浪条件を示した。

表 2-6-1　波浪の計算条件（爪白沖における波高と周期）

通常時	$H_{1/3}$ (cm)	53
	$T_{1/3}$ (s)	7.0
高波浪時	$H_{1/3}$ (cm)	145
	$T_{1/3}$ (s)	8.0

注）通常時：有義波の 75%未超過確率（1 年を通じて 95 日発生）

高波浪時：有義波の 97%未超過確率（1 年を通じて 10 日発生）

その他の入力条件を表 2-6-2 に示した。

表 2-6-2　入力条件

項目	設定値
沖側代表水深	40m
潮位 [1)]	1.14m
沖側入射波高 [2)]	通常時：0.75m 高波浪時：2.08m
成分波数 [3)]	512
主波向 [1)]	S
方向集中度パラメータ [4)]	通常時：75 高波浪時：25
計算格子数	岸沖方向：711 格子（3555m） 沿岸方向：718 格子（3590m）
計算格子間隔 [5)]	5m×5m
計算時間間隔	0.04s
計算時間 [6)]	2400s

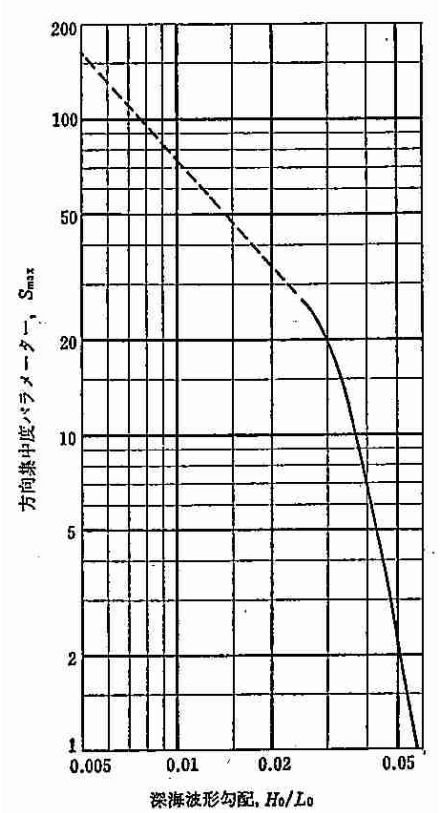
注）

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）爪白沖での条件値（表 2-6-1）となるよう試行錯誤繰り返して設定した。

3）多方向不規則波を生成するため、周波数及び方向に分割された成分波の重ね合わせにより入射波の時間波形を作成。通常　100（一方向波）≦NS≦1000（多方向波）の範囲内で設定する。

4）方向集中度パラメータの設定値に従い、多方向波の方向集中度を設定。Smax の値としては沖波の波長を基に波形勾配を計算後、下図を基に Smax を推定し、下表に示す値を目安として用いた。



風波	Smax=10
減衰距離の短いうねり（波形勾配が比較的大）	Smax=25
減衰距離の長いうねり（波形勾配が比較的小）	Smax=75

5）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 $L=1.56*T^2 \fallingdotseq 100m$ となり、浅海域で波長が小さくなることを考慮して 5m と設定した。

6）入射波高が岸に到着し、波浪場が安定したであろう時間からデータ収録を開始する。収録開始時間の目安は規則波では 10 波程度、不規則波の場合は 100～200 波程度通過した時間を目安として使用する。データ収録期間は波浪統計解析が十分にできる 100 波以上を確保する。今回の計算では、計算開始後 1600s からデータ収録を開始、100 波（$T_{1/3}$×100）経過した 2400s を収録終了時間とした。

③波浪、海浜流予測結果

設定された通常時と高波浪時における波浪予測及び海浜流予測を行った。参考資料にH17年度予測結果との比較を記した。

（波高分布）

波高分布を図2-6-11に示した。通常時は、大塔東海域は波高50cm以下、爪白海域は波高50cm程度となっていた。

一方、高波浪時は大塔東海域で50～100cm、爪白海域では100～150cmの波高となっていた。また、桜浜でも100cm以上の波高が出現していた。

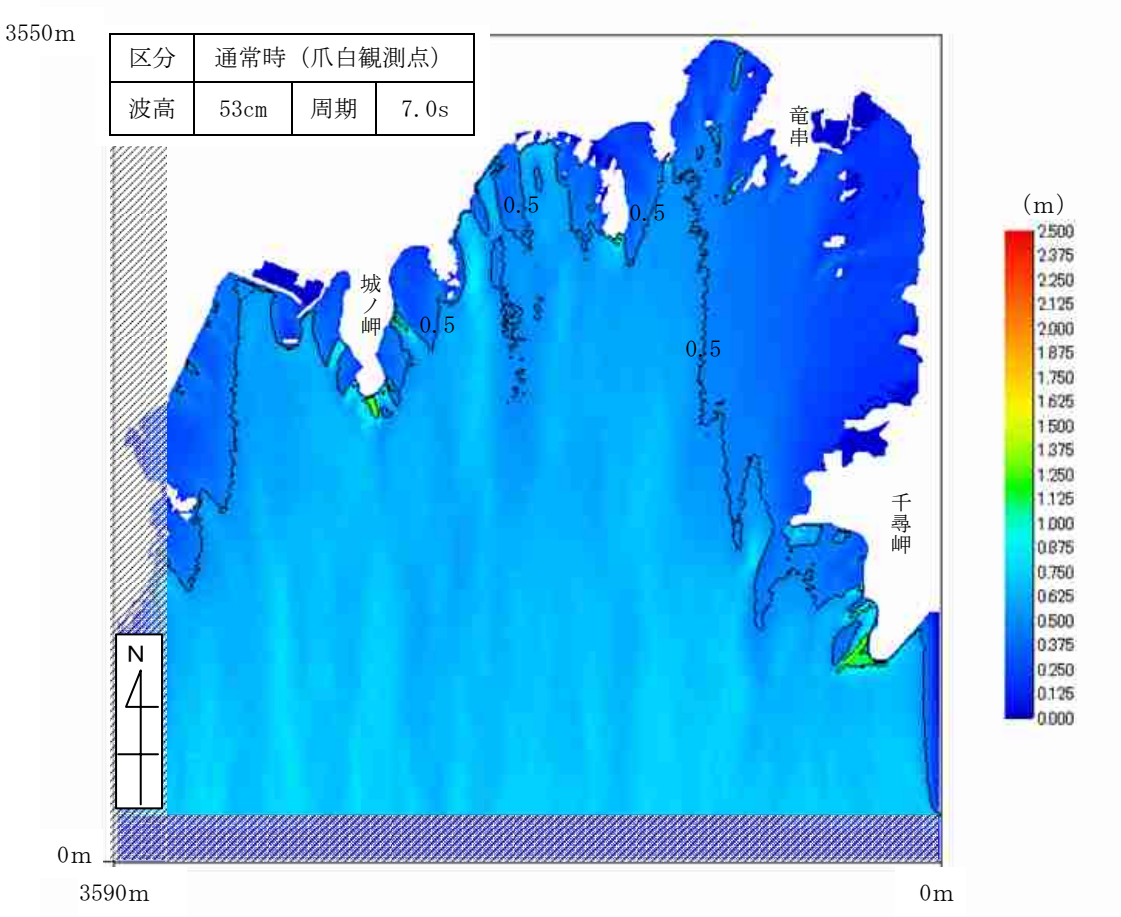
「平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査（海域調査）」では、砂の粒径を中央粒径である0.0392cmとした場合、底泥を巻き上げる限界せん断力が2.826g/cm^{2}であり、この条件での爪白沖での波高は69cmとなった。

そこで、せん断力を計算し、巻き上げ判定を行ったところ（図2-6-12)、通常時では、海岸付近以外はほとんどが限界せん断力以下であった。高波浪時は、見残しや岩礁で波が遮蔽されるところを除いて、ほとんどのエリアで限界せん断力以上となり、巻き上げが生じていると考えられる。

（海浜流）

海浜流分布を図2-6-13、図2-6-14に示した。通常時の海浜流は、ほとんどのエリアで1cm/s以下の弱い流れであり、沖側では1mm/s程度の非常に弱い流れであった。高波浪時は2～3cm/s程度の流れが卓越し、波当たりの激しい岸近くや、流れが集中する弁天島北側の水路部では数十cm/sの非常に速い流れとなっていた。高波浪時では、ほとんどのエリアで底泥の巻き上げが発生することが予想されるので、巻き上げられた泥分は海浜流によって他の海域へと輸送されることが考えられる。

なお、通常時、高波浪時共に流れの強弱はあるものの、その流向に違いは見られなかった。図2-6-15に竜串湾の海浜流の概要を示した。岸近くは、沿岸流が発達し、その後沖側への流れへと変化していた。大塔東海域では、循環する流れが発生しており、この周辺に泥分が集まりやすいと考えられる。また、高波浪時において弁天島北側の水路部の流向を調べたところ、北東方向への流れが卓越しており、流況調査結果と一致が見られた。



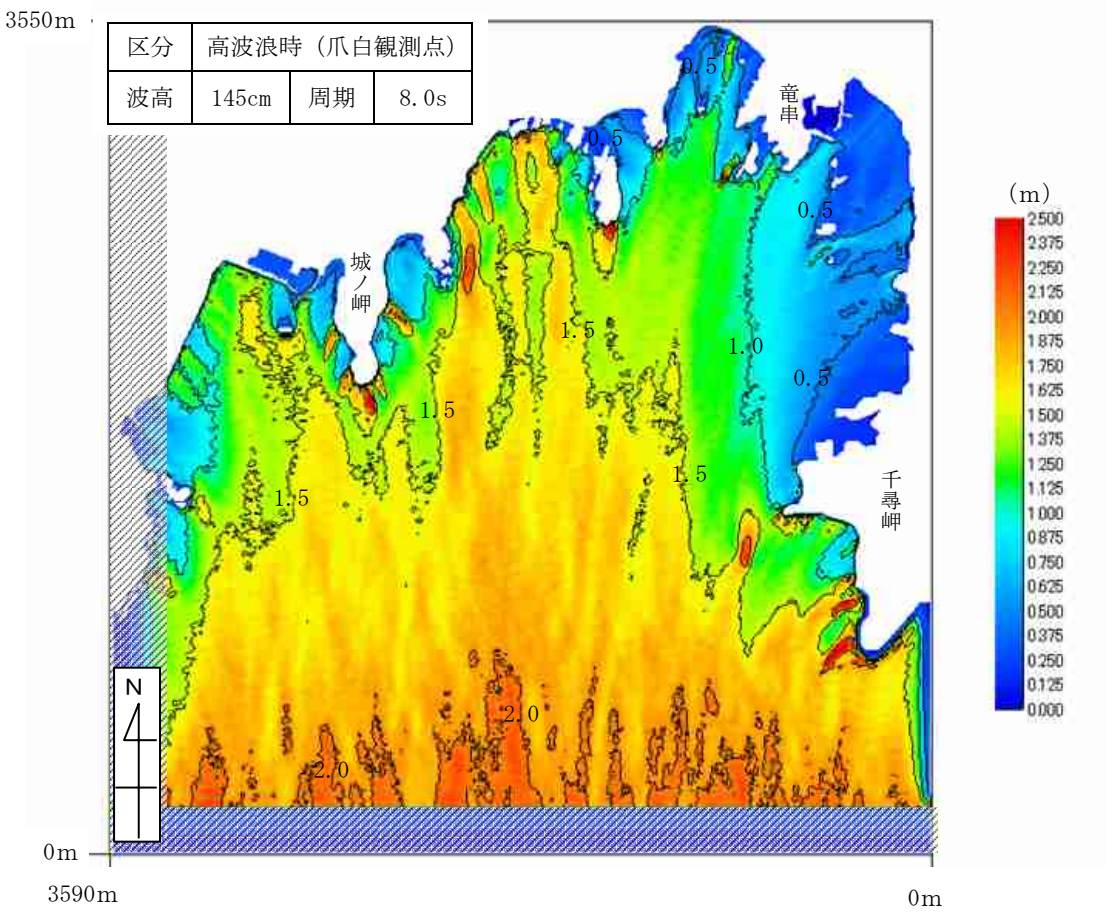
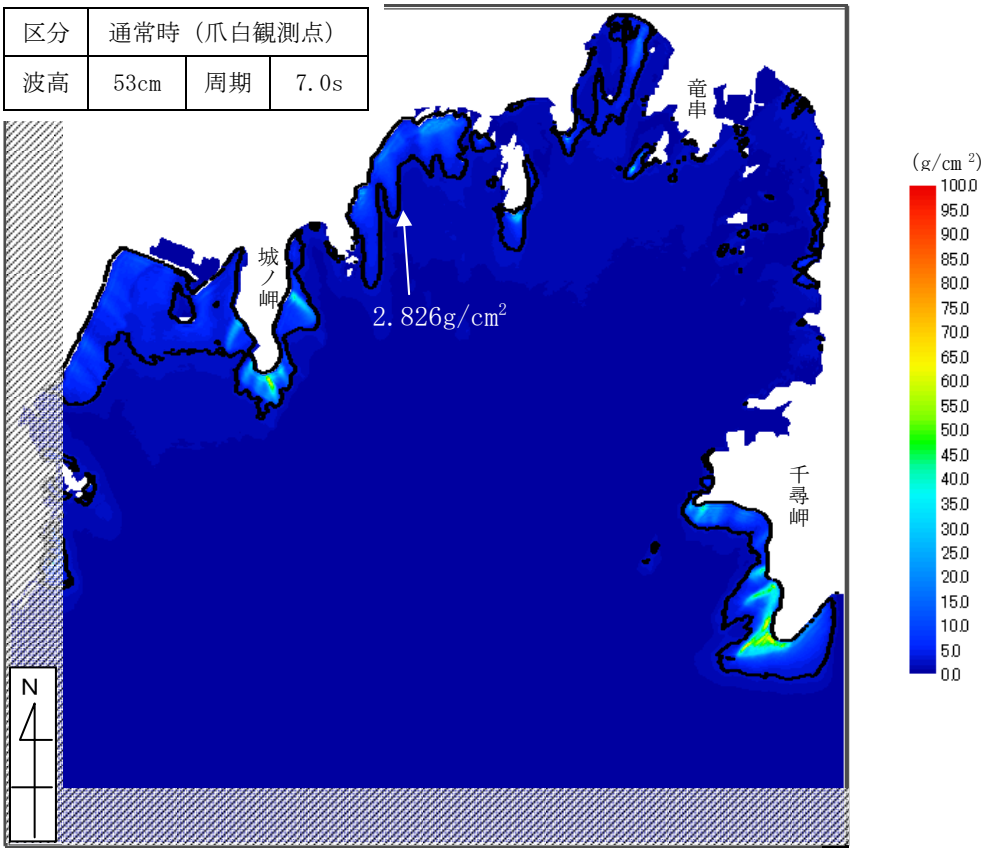


図 2-6-11　波高分布（上段：通常時、下段：高波浪時）



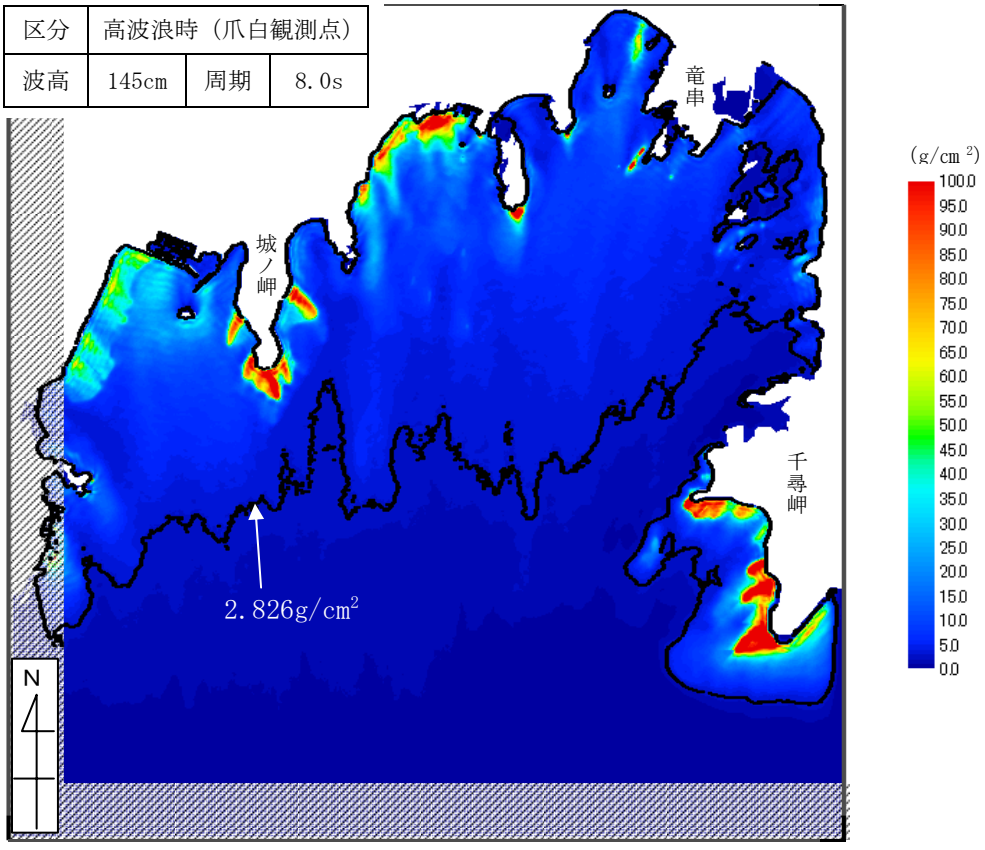


図 2-6-12　せん断力結果（上段：通常時、下段：高波浪時）

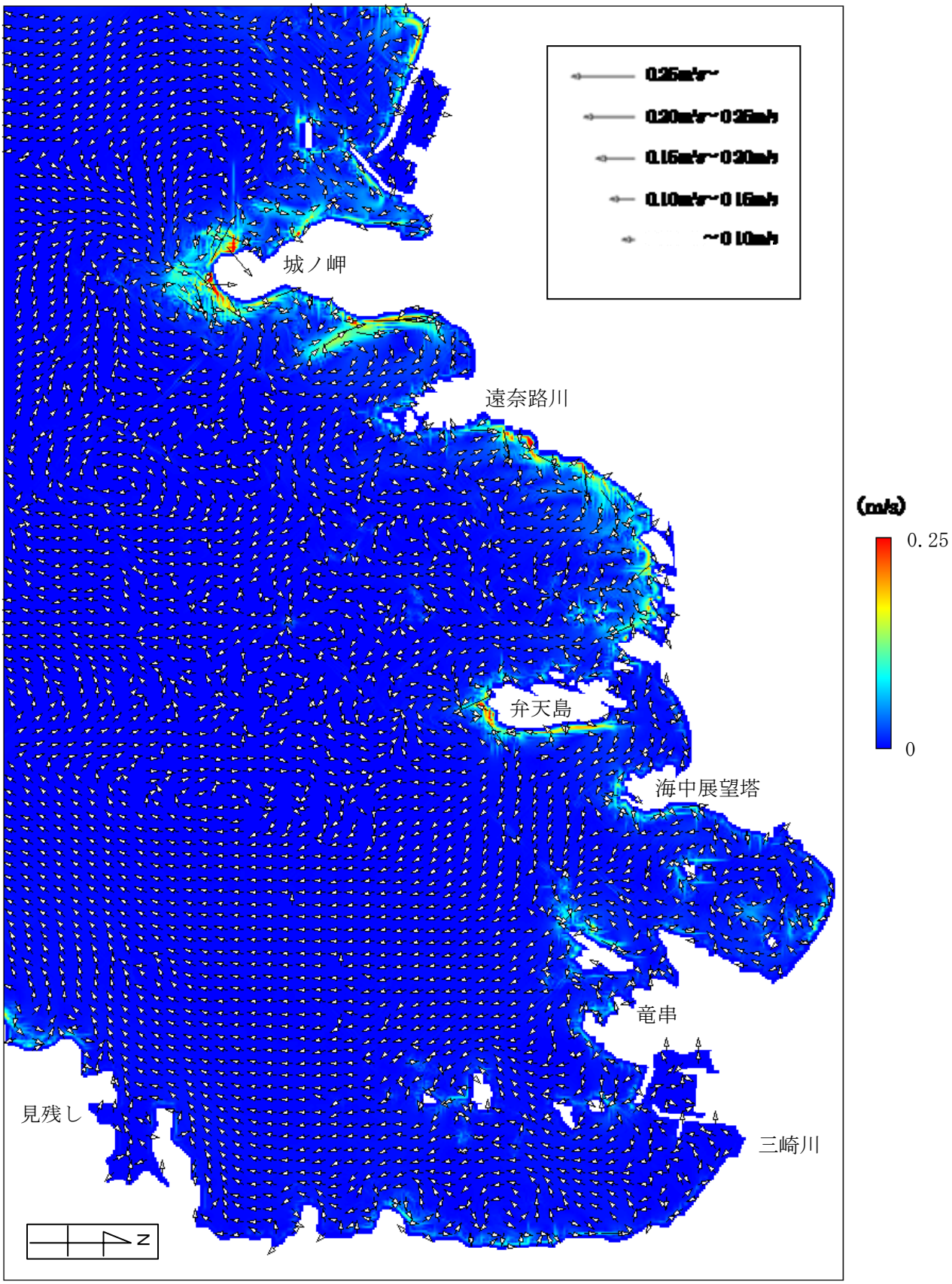


図 2-6-13（1）　海浜流結果（通常時）

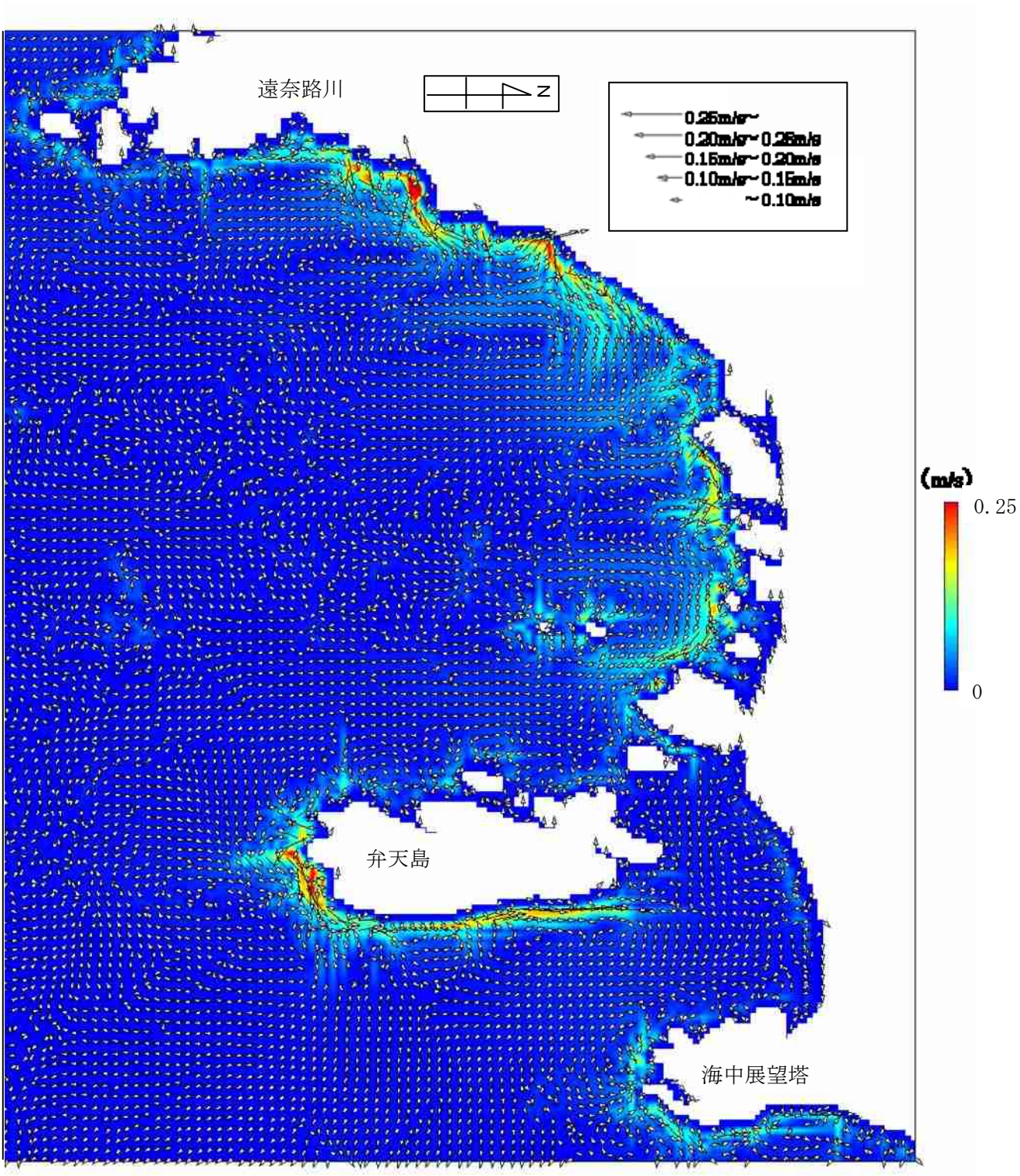


図 2-6-13 (2)　海浜流結果（通常時、爪白海域詳細）

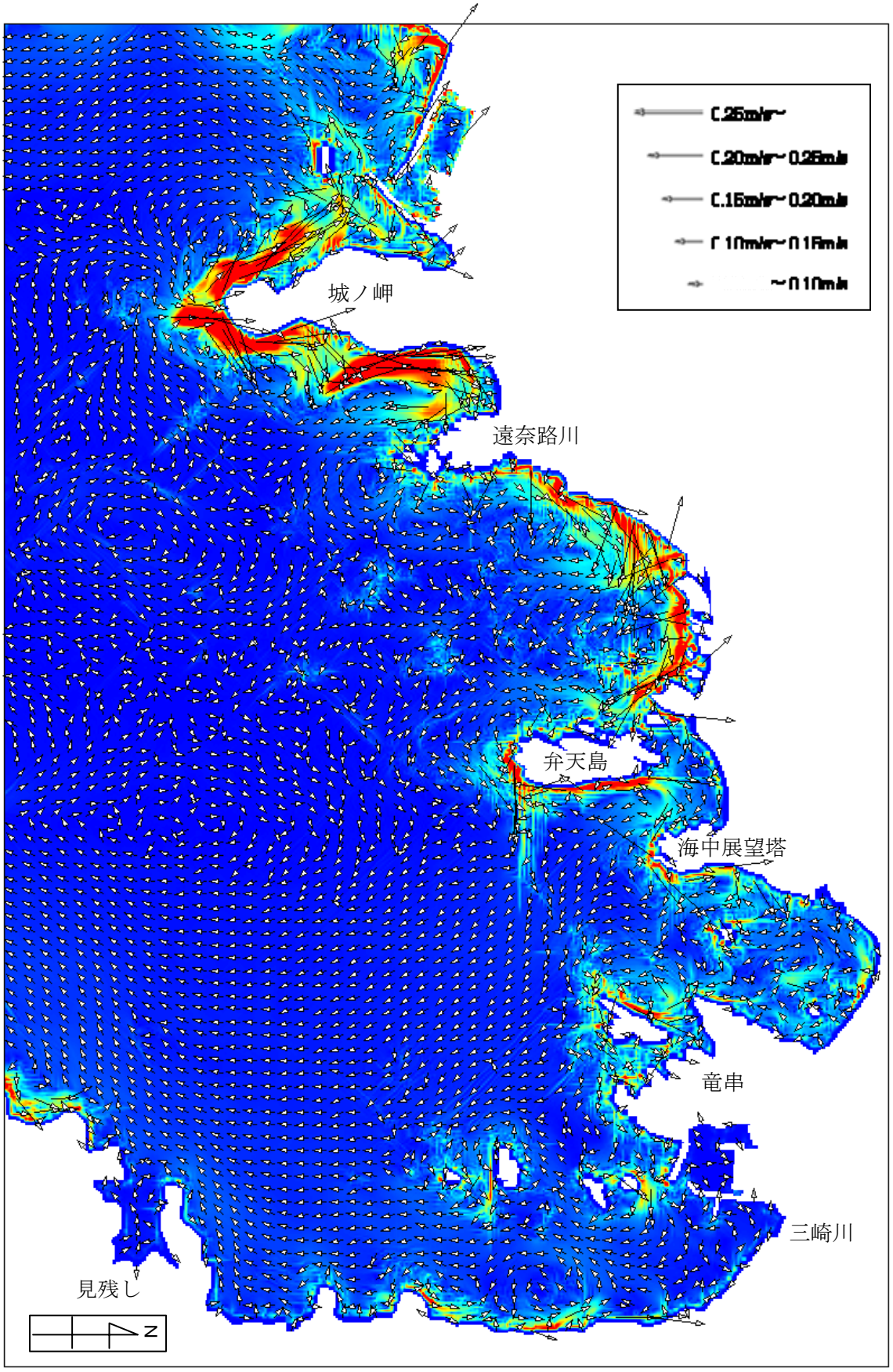


図 2-6-14（1）　海浜流結果（高波浪時）

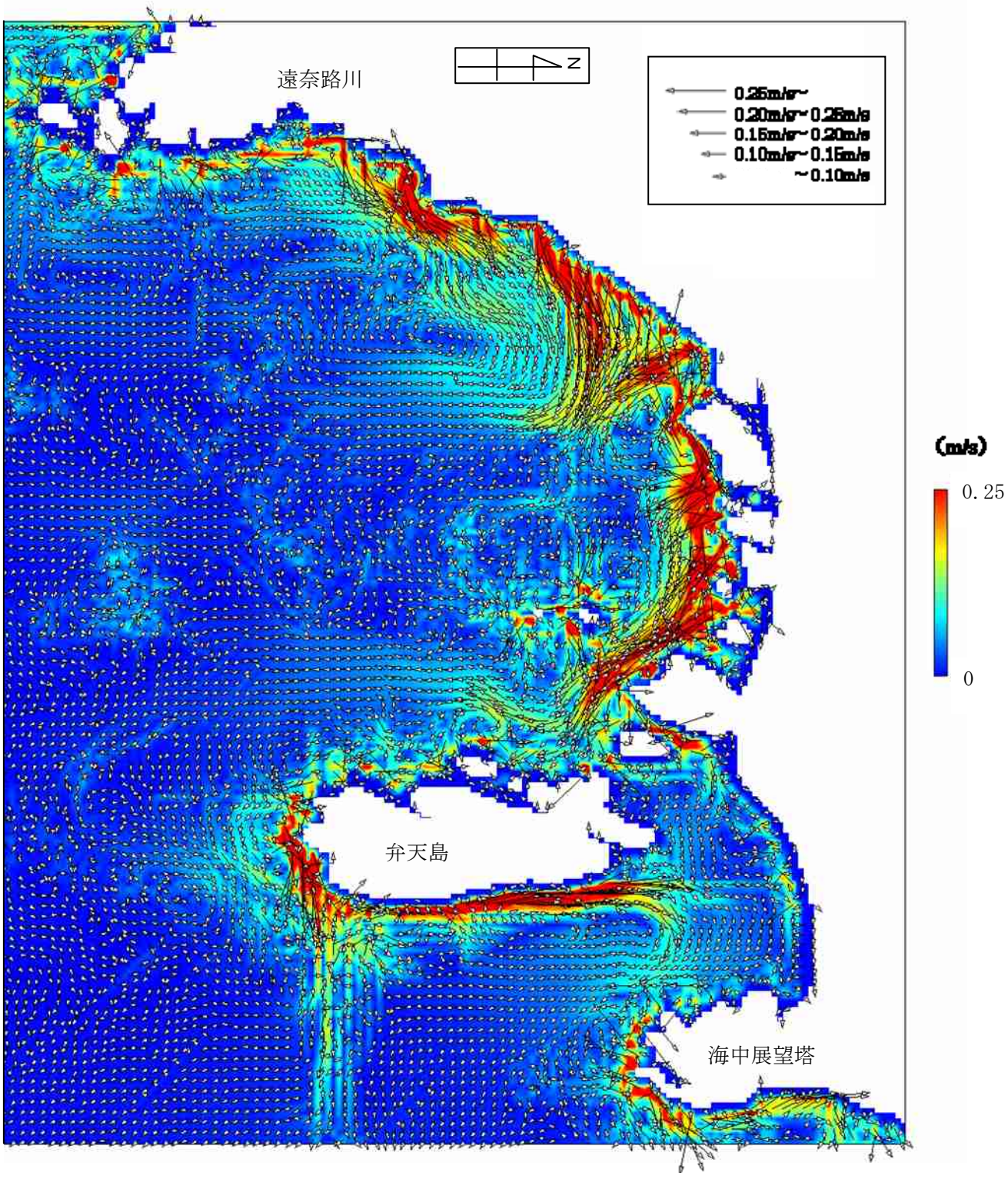


図 2-6-14（2）　海浜流結果（高波浪時、爪白海域詳細）

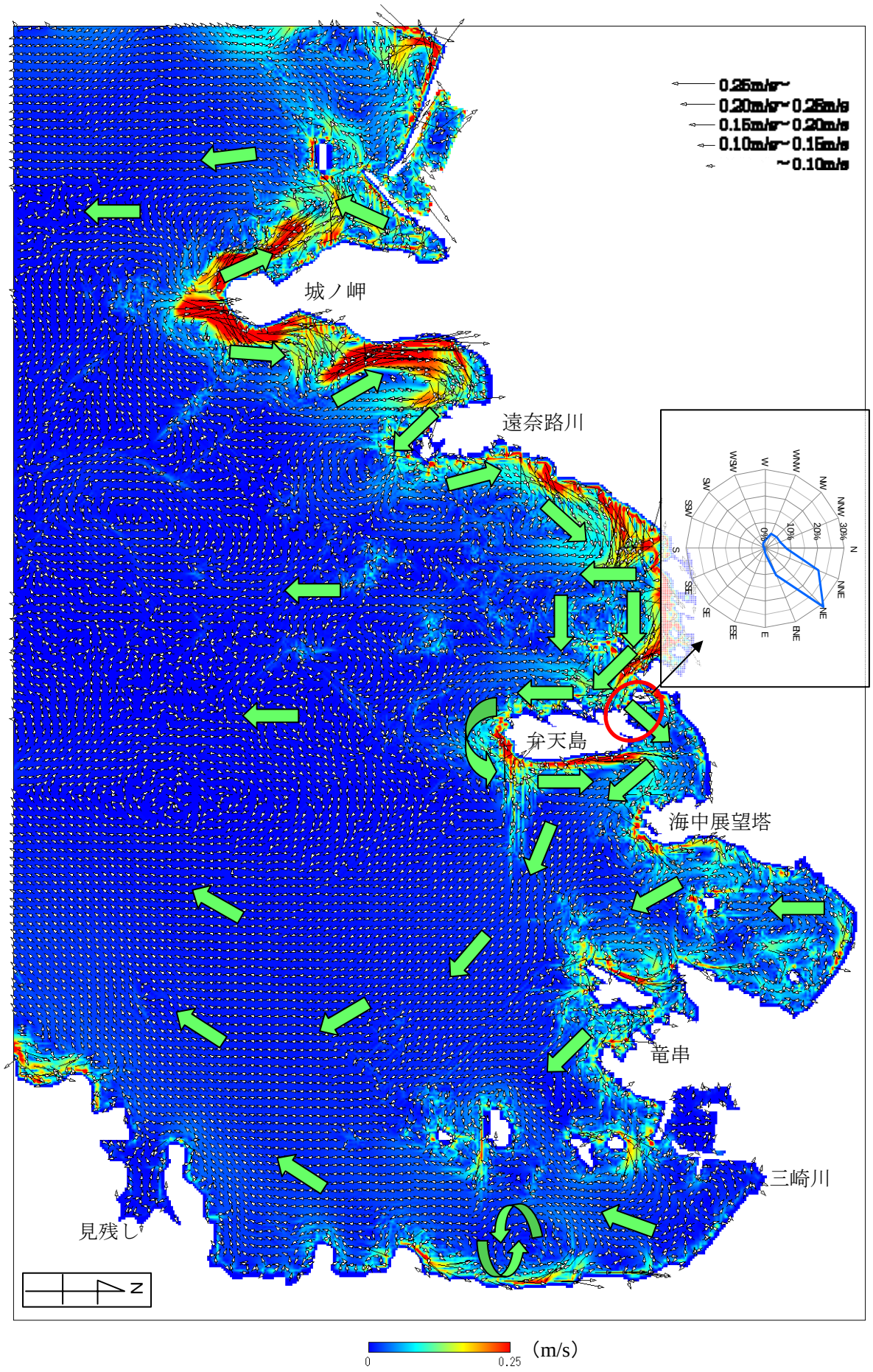


図 2-6-15　竜串湾海浜流概要（高波浪時）

(2)寄与度計算結果

①濁り粒子追跡予測条件

濁り粒子追跡予測の予測条件の手順を図 2-6-16 に示した。なお、計算手順は「平成 17 年度　竜串地区自然再生推進計画調査」と同様の手順で行った。

濁り粒子追跡予測及び寄与度調査では濁り発生地点から 1 回だけ濁り粒子を発生させて、最終的な堆積位置を特定した。実際の現象では連続して濁りが発生しており、粒子の移動経路は常に濁りが生じる。(条件設定の詳細は参考資料に示した。)

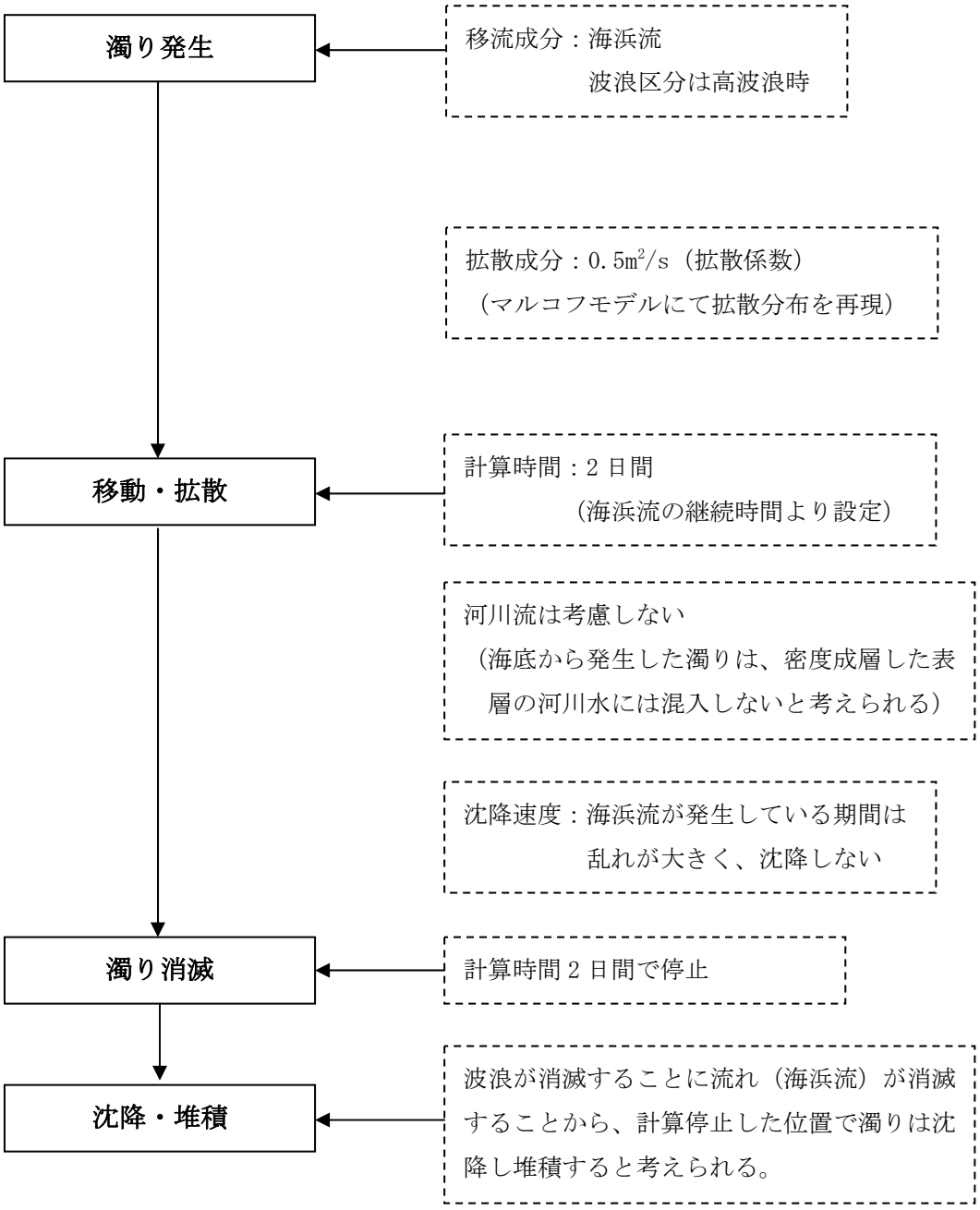


図 2-6-16　濁り粒子追跡予測手順

②寄与度計算結果

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、竜串海域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。H17 年度は弁天島～大碆海域を対象としたが、今回は、爪白地区や宗呂川の影響を把握するため、計算領域を西側に拡張し、図 2-6-17 に示した領域内を 5m×5m の格子に分割し、各格子内に 100 個の粒子を投入した。

寄与度評価点は、弁天島東海域、海中展望塔、竜串海域の 3 地点とした（図 2-6-18）。

図 2-6-19～図 2-6-21 に上記 3 地点の寄与度計算結果を示した。

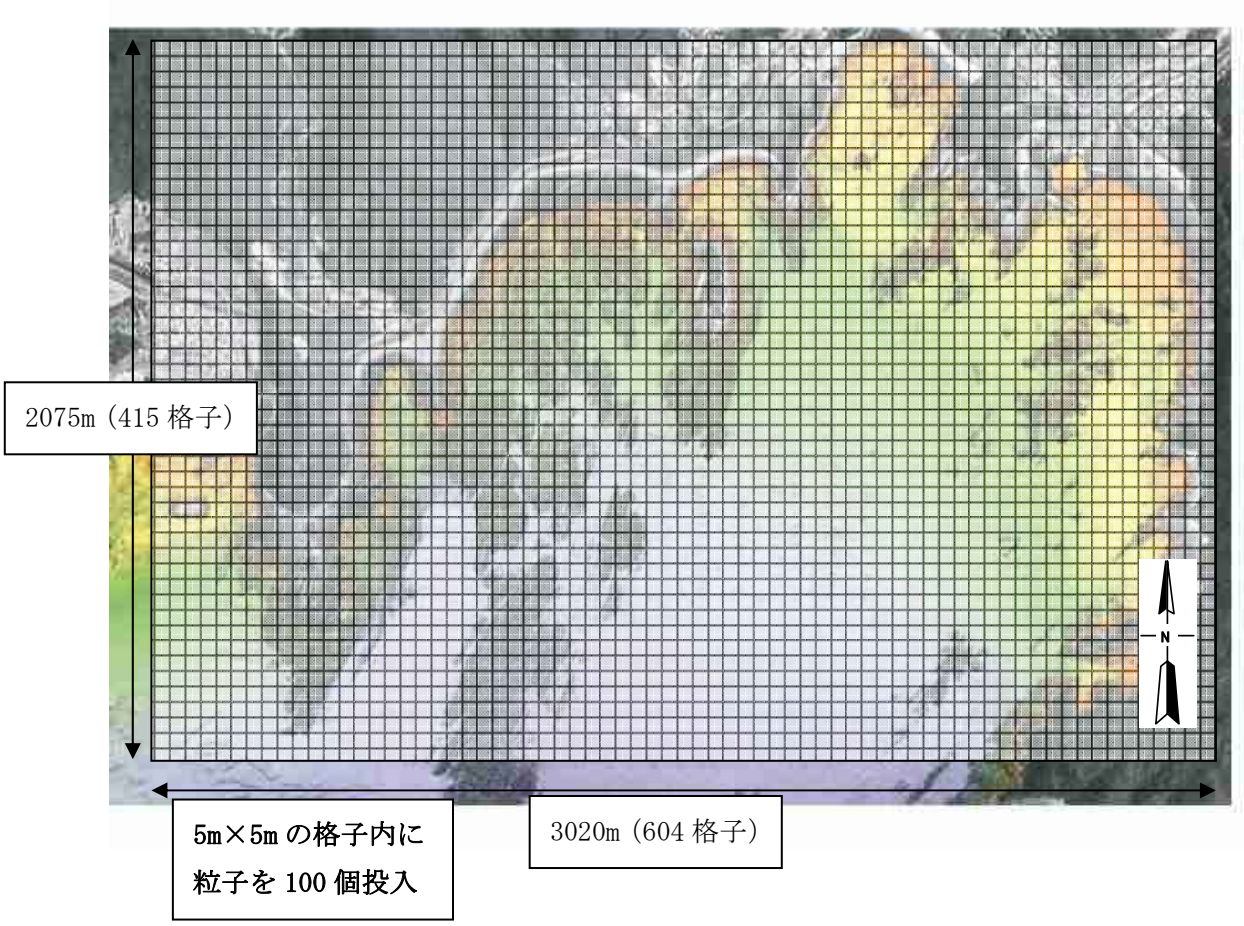


図 2-6-17　寄与度計算粒子投入エリア

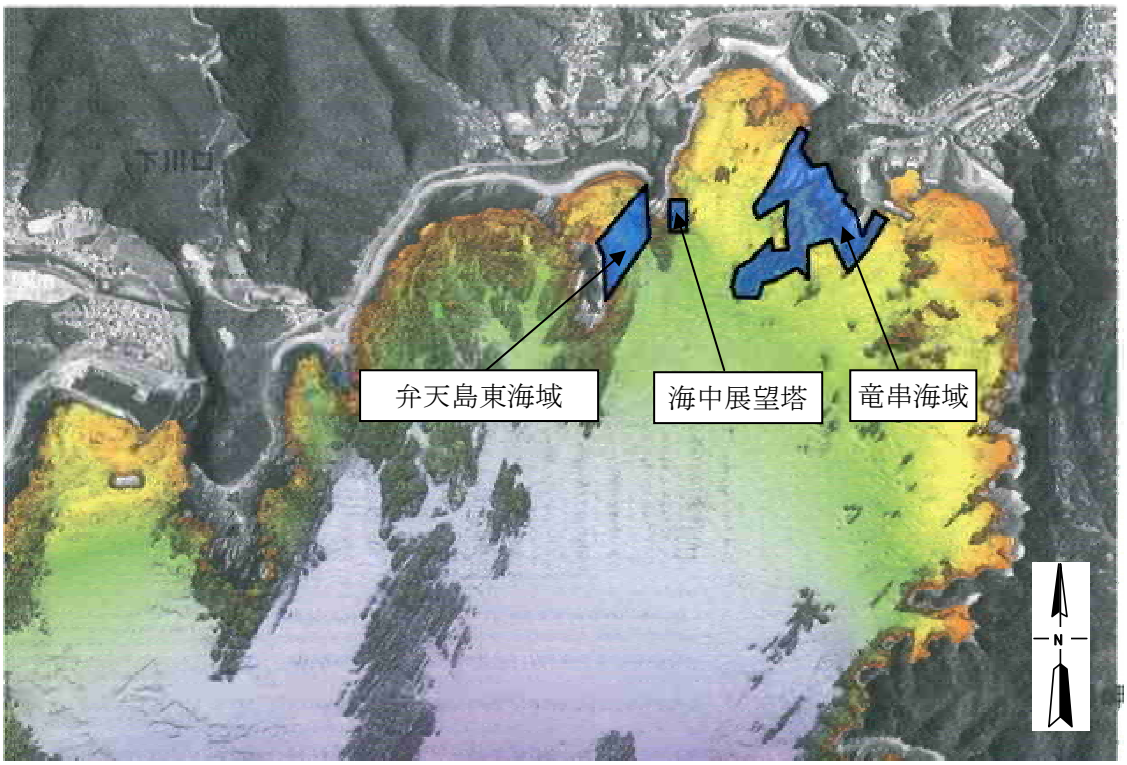


図 2-6-18　寄与度評価点

（ｉ）弁天島東海域

弁天島東海域への寄与は北部の海岸域からが大きかった。また、弁天島南部の沿岸域からの寄与も大きく、爪白海域からの寄与もみられた。

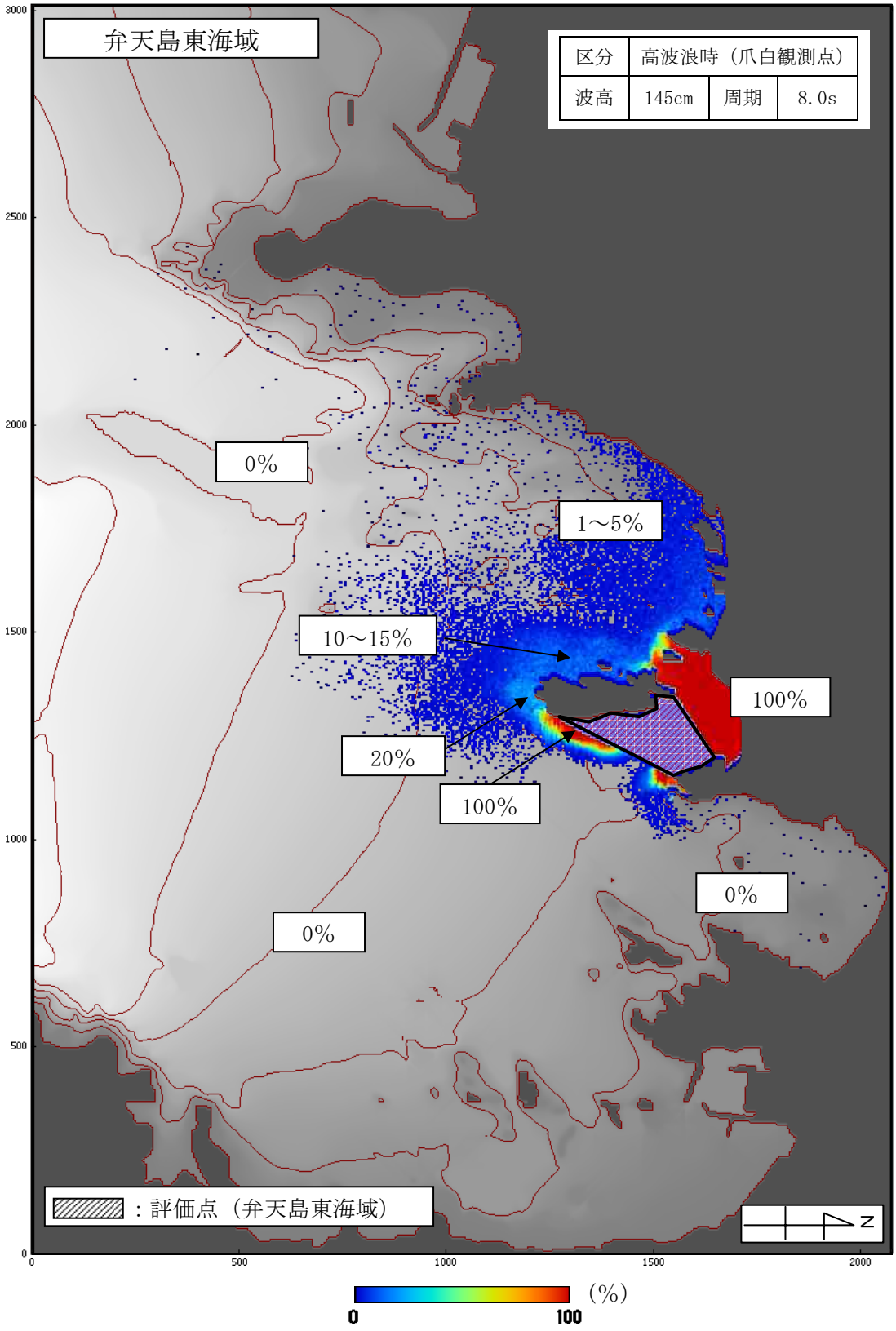


図 2-6-19　濁り寄与分布（弁天島東海域）

（ⅱ）海中展望塔周辺

海中展望塔への濁りは、弁天島北側海岸部からの寄与が大きかった。弁天島北海域には、平成 15 年度の調査結果で遠奈路川に次いで SS の供給が高かった井手口川が流入するため、海中展望塔の濁り発生源の一つとして考えられる。

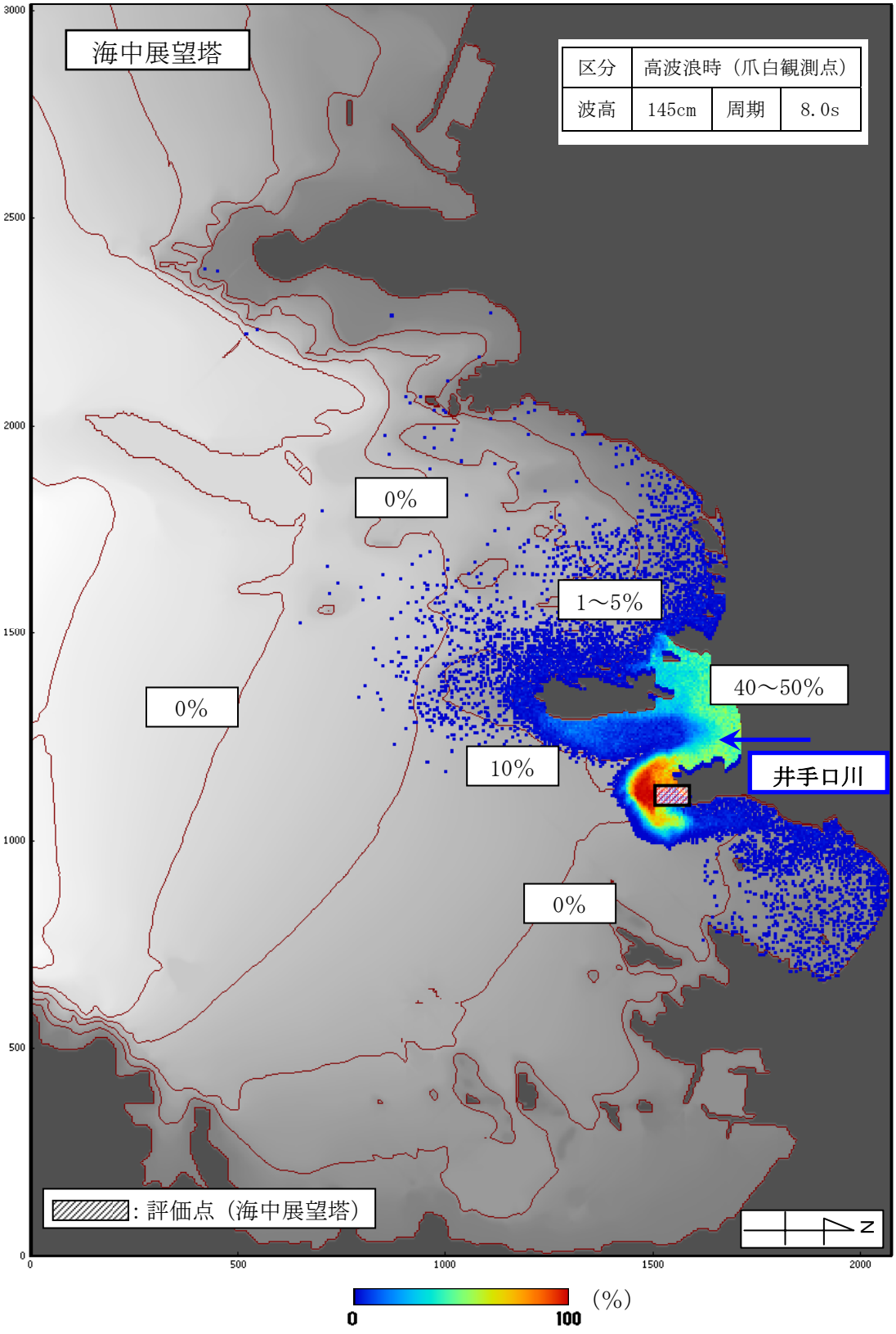


図 2-6-20　濁り寄与分布（海中展望塔）

（iii）竜串海域

竜串海域への濁りは、桜浜と弁天島沿岸域、及び弁天島北側海域からの濁りの寄与度が高かった。僅かであるが、爪白海域からの寄与もみられた。

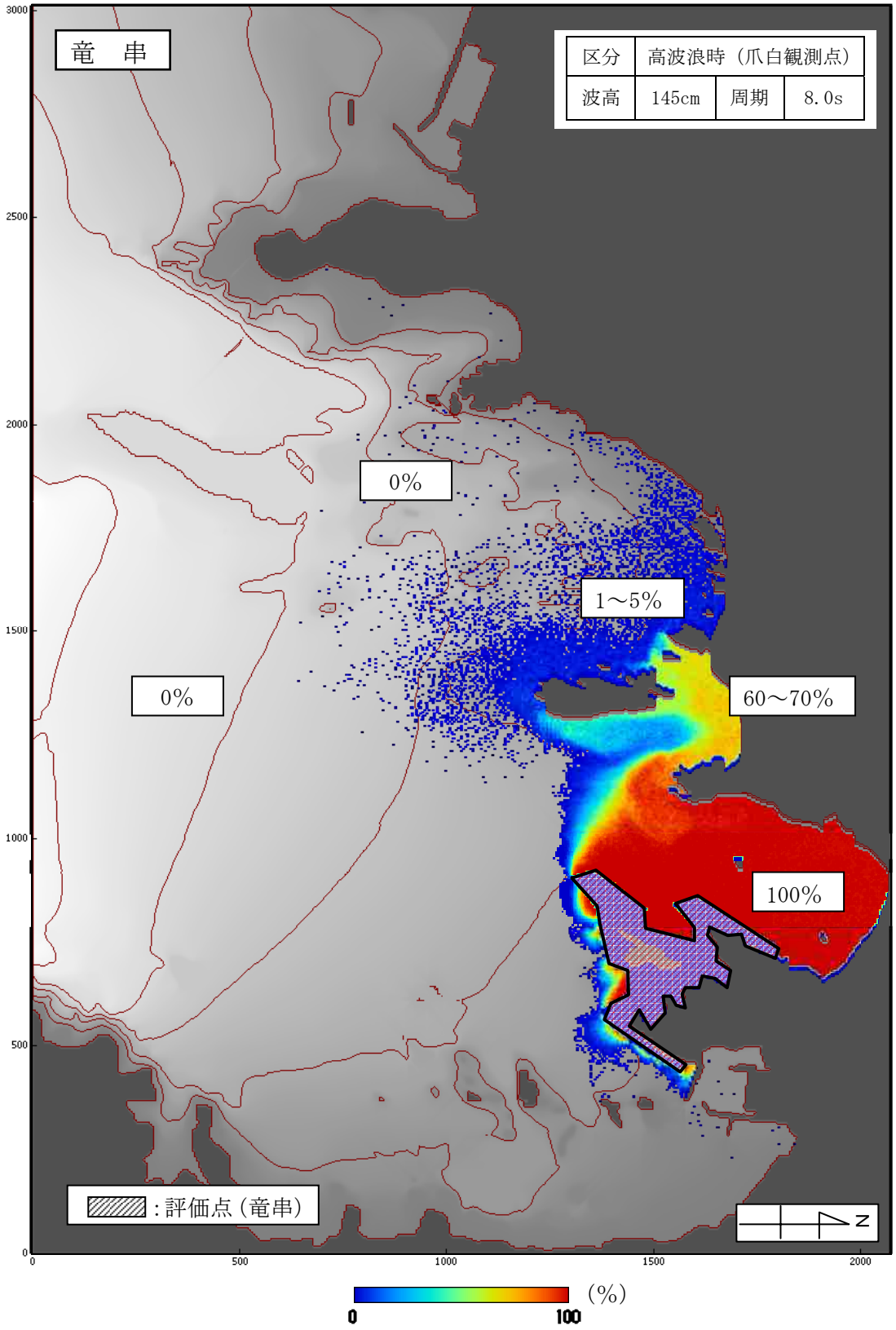


図 2-6-21　濁り寄与分布（竜串海域）

2.6.6　泥土の移動・堆積メカニズムの解明

1)目的

寄与度調査の結果、爪白海域から僅かながら濁り成分の寄与がみられた。そこで、遠奈路川や爪白海域で発生した泥土・濁りがどのようなメカニズム（流入、移動、沈降、堆積）で竜串海域や海中展望塔に影響を与えているか、寄与度調査結果ならびに粒子追跡計算結果から解明した。

2)実施内容

マルコフモデルを用いて、波浪解析結果から予測される泥土巻き上がりエリアを中心に粒子を投入した。また、河川からの濁水の拡散を把握するために、遠奈路川や宗呂川河口域に粒子を投入し、移動メカニズムの解明を行った。

3)調査結果・考察

(1)河川からの濁り成分拡散

「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による密度流より海浜流による流れ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。

そこで、河川からの濁水を想定して、粒子を河口部に投入し、遠奈路川からの濁水の拡散状況の把握を行った。同様に、宗呂川からの濁りが海浜流によって運ばれ、爪白海域に影響を与えることが考えられたため、宗呂川河口にも粒子を配置した。また、寄与度解析結果より、海中展望塔への濁りは井手口川からの濁り成分の供給の可能性が考えられるため、井手口川からの濁り成分の拡散状況についても検討を行った。

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

図 2-6-22 に遠奈路川からの濁り拡散予測結果を示した。遠奈路川からの濁水は、海域への流入後、数十分の間は岸に沿って流され、約 1 時間後に沖側の流れに乗り、爪白南西沖へと拡散した。その後、海浜流により沖側へと流出することから、海中展望塔への直接的な影響は小さいと考えられる。

今回の高波浪時の結果では、弁天島北側の水路部を通り、海中展望塔方面へ移流・拡散はしなかった。この原因としては、高波浪時の強い沖向きの流れによって、岸方向への粒子の拡散が阻害されたためと考えられる。しかし、一般的に砕波帯付近では波が崩れる作用で強い乱れが生じることから、岸よりの海域については今回設定している以上の拡散が生じていると考えられる。また、周期や波向きの違いで遠奈路川からの濁りが弁天島東海域に直接流入することが考えられる。そのため、遠奈路川からの泥土の移動・堆積メカニズムを解明するためには、周期や波向きを変えて同様の解析を行う必要がある。

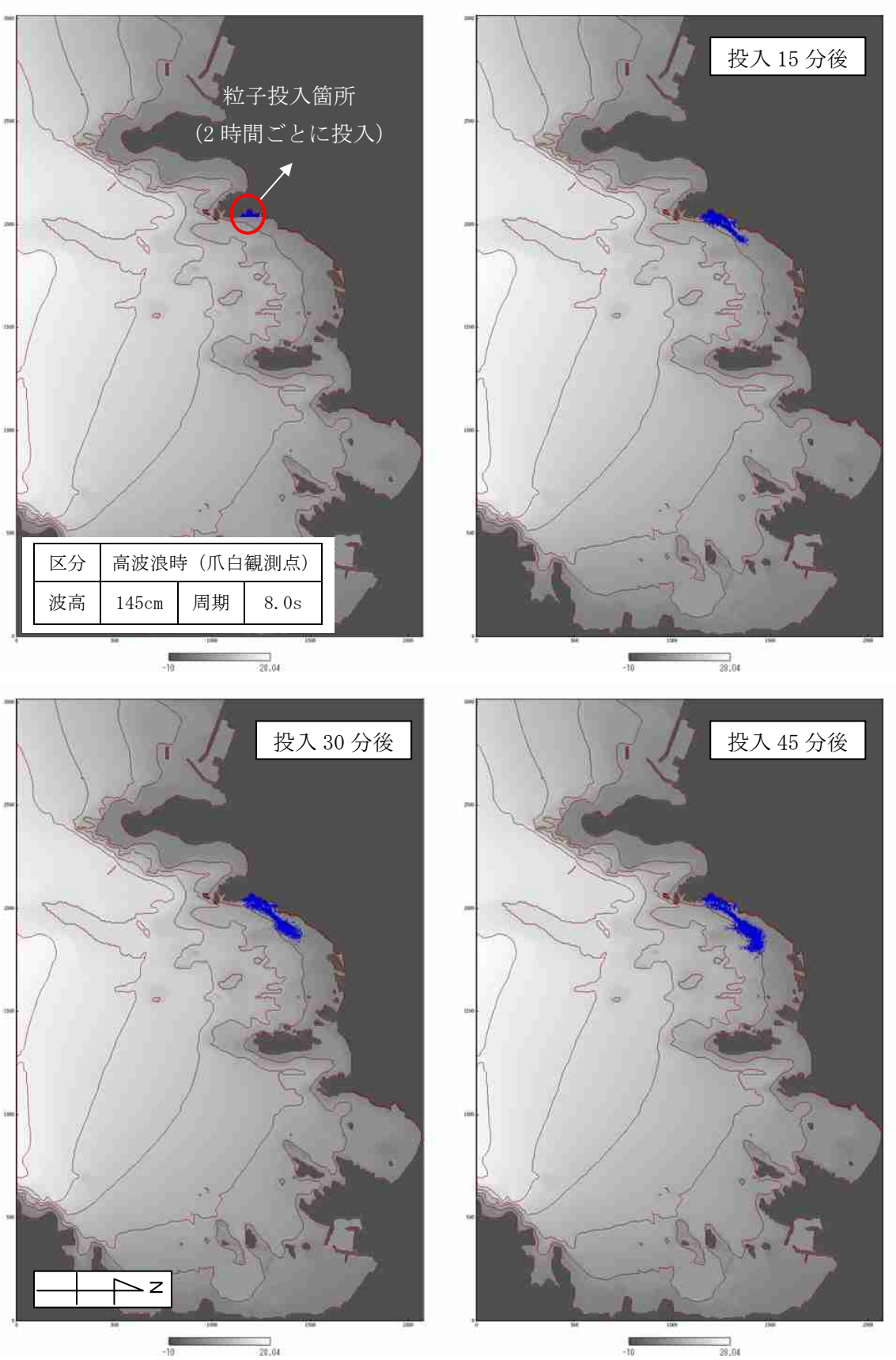


図 2-6-22（1）　遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果（15 分～45 分）

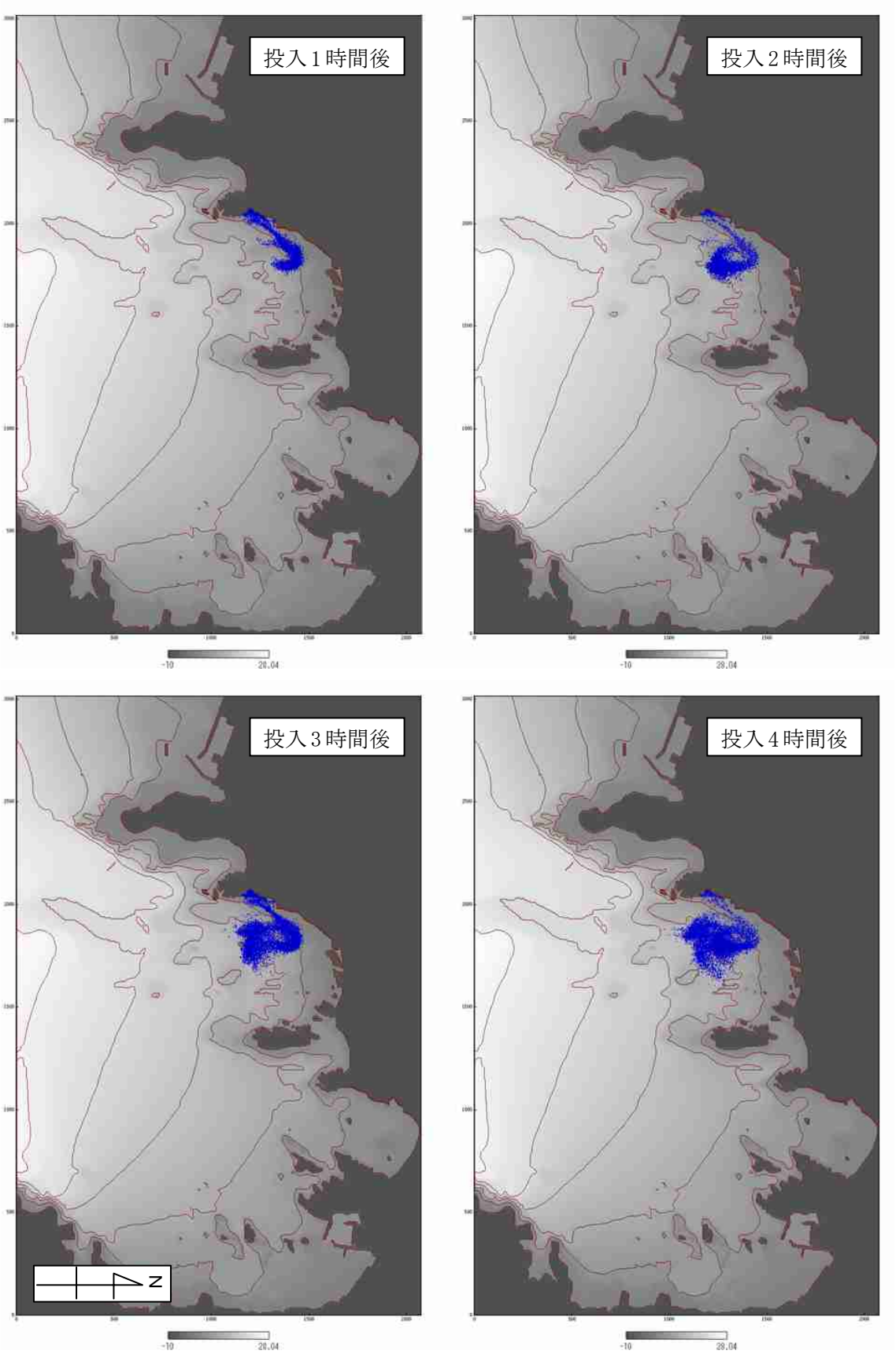


図 2-6-22（2）　遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果（1 時間～4 時間）

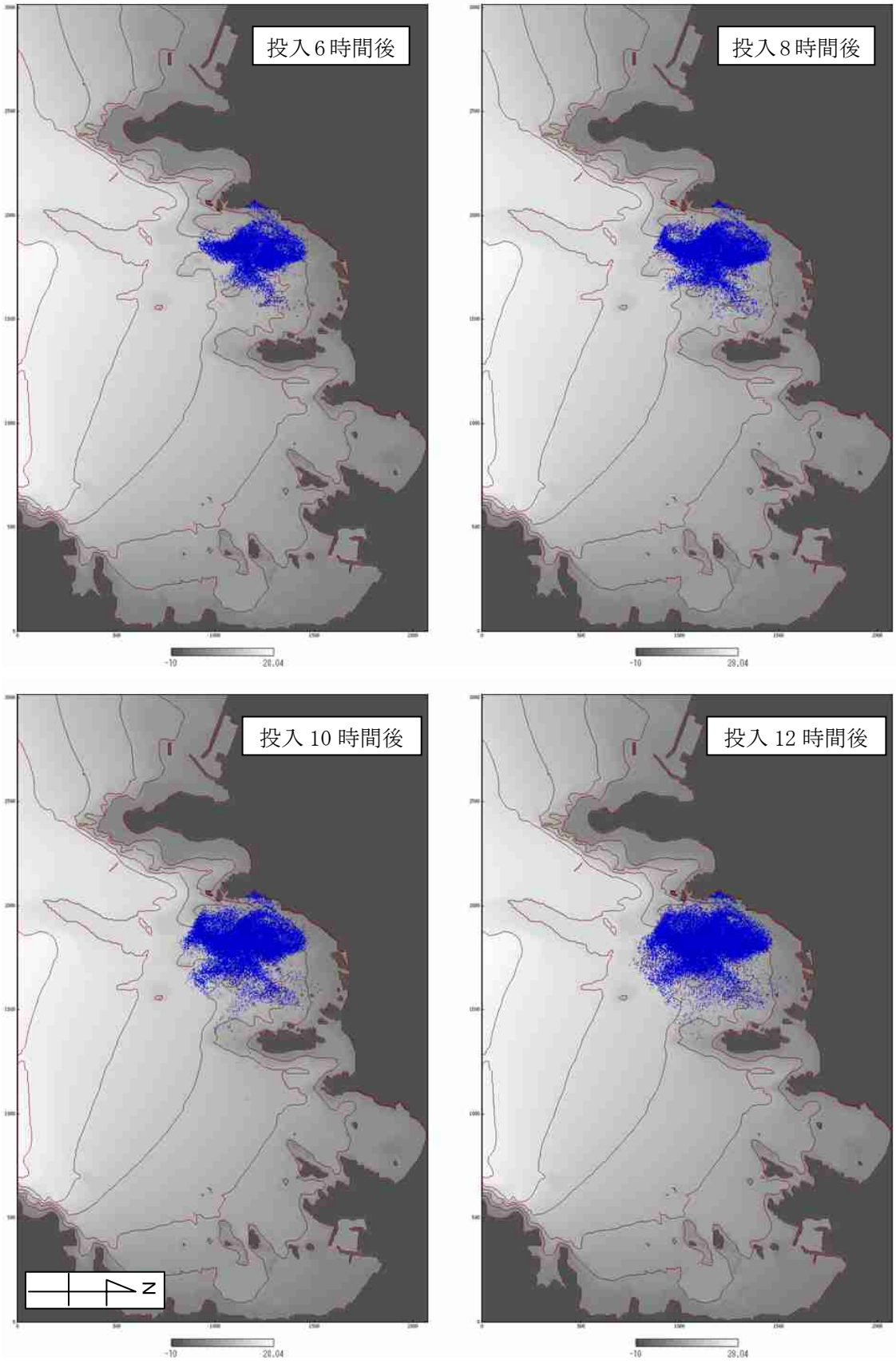


図 2-6-22（3）　遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果（6 時間～12 時間）

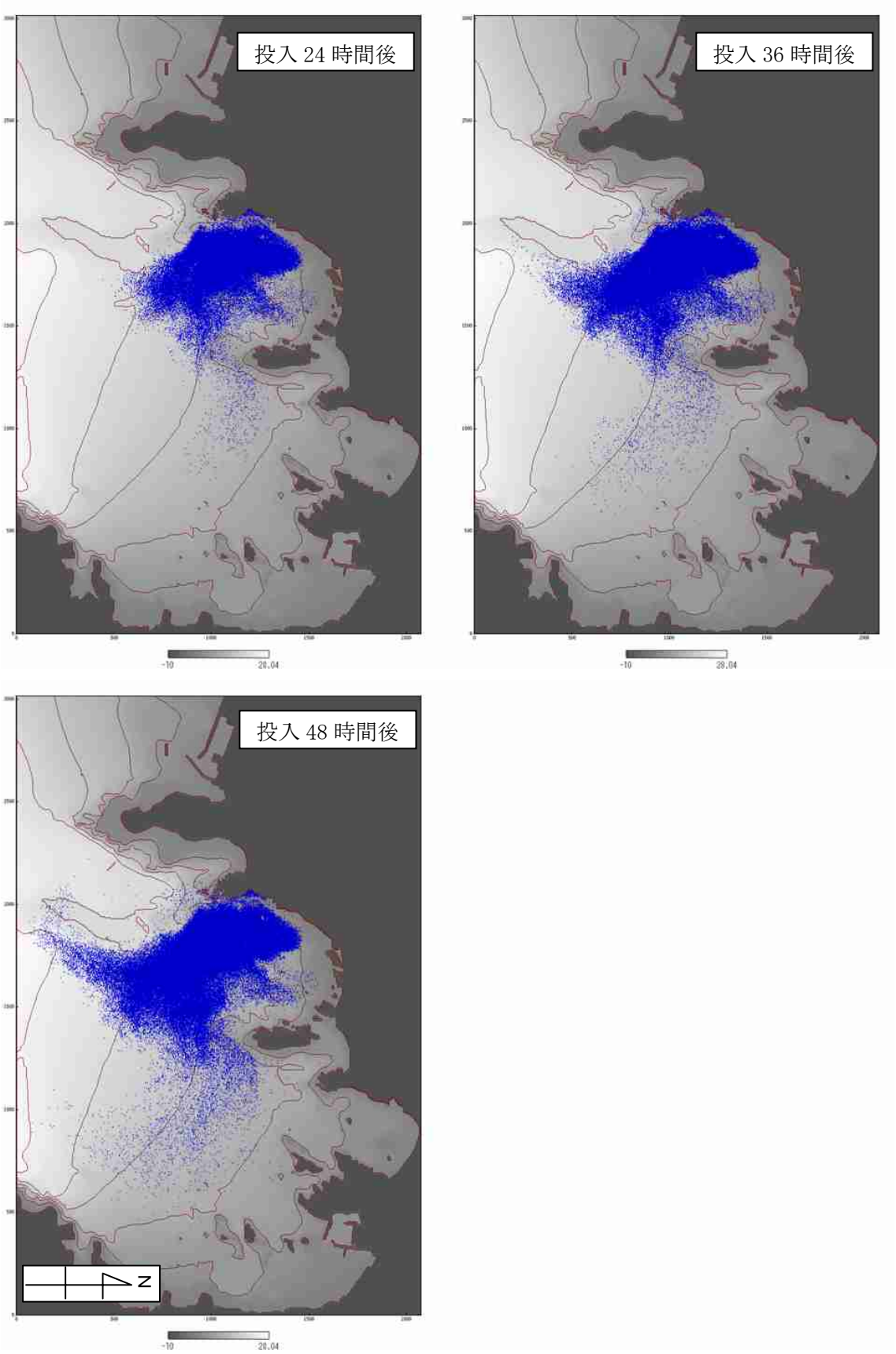


図 2-6-22（4）　遠奈路川からの濁り成分拡散予測結果（24 時間～48 時間）

②井手口川

図 2-6-23 に井手口川からの濁り拡散予測結果を示した。高波浪時においては、井手口川からの濁りは、岸沿いを海中展望塔方面へ南下し、そのまま海中展望塔へ拡散しており、展望塔の濁り原因の一つとして考えられる。しかし、現在、井手口川流域の詳細調査は行われていないため、田畑の利用状況や山間部の崩壊などによって、どの程度濁り成分が発生するか不明であることから、実態調査が必要となる。

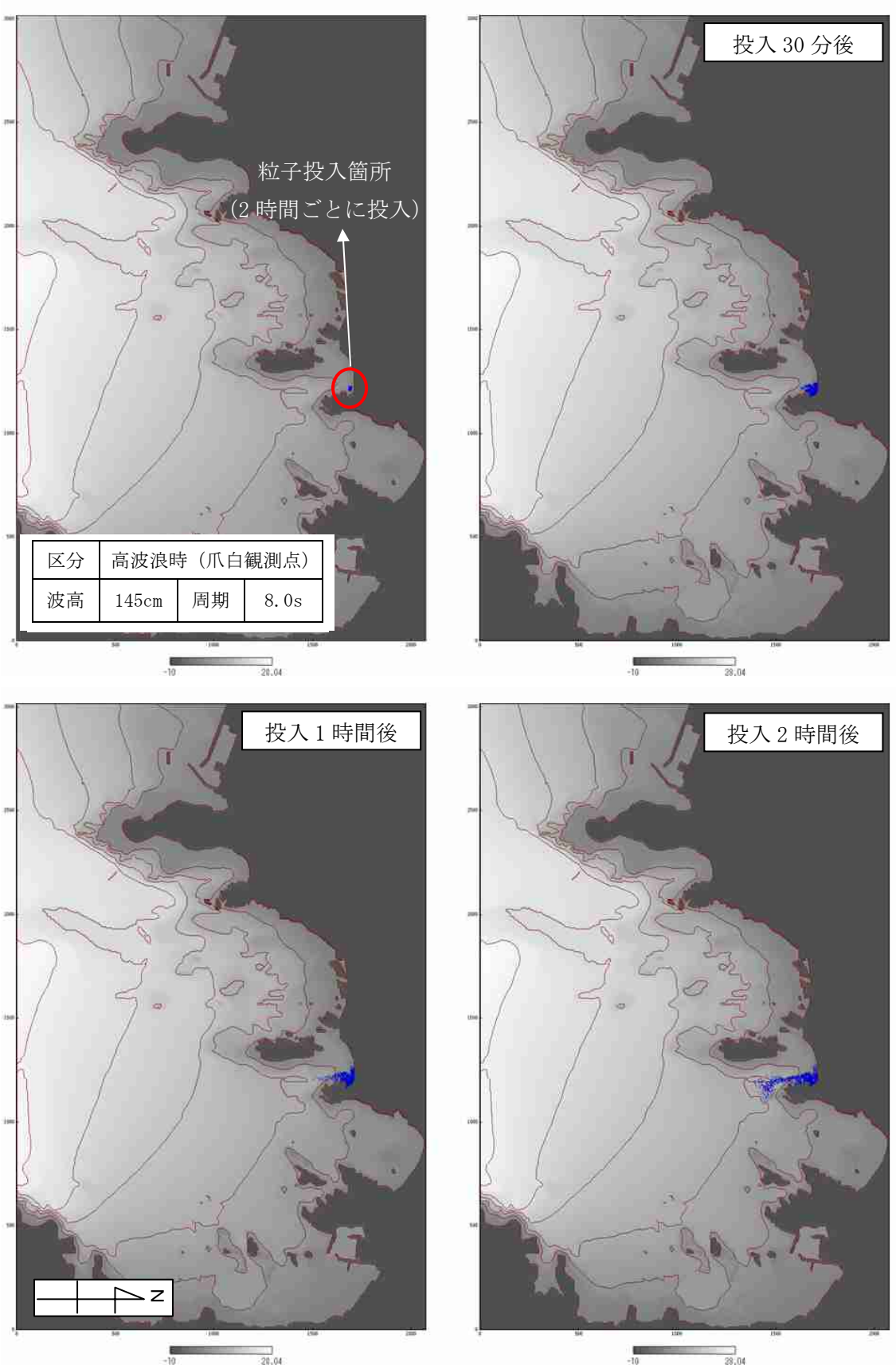


図 2-6-23 (1)　井手口川からの濁り成分拡散予測結果（投入後 30 分～2 時間）

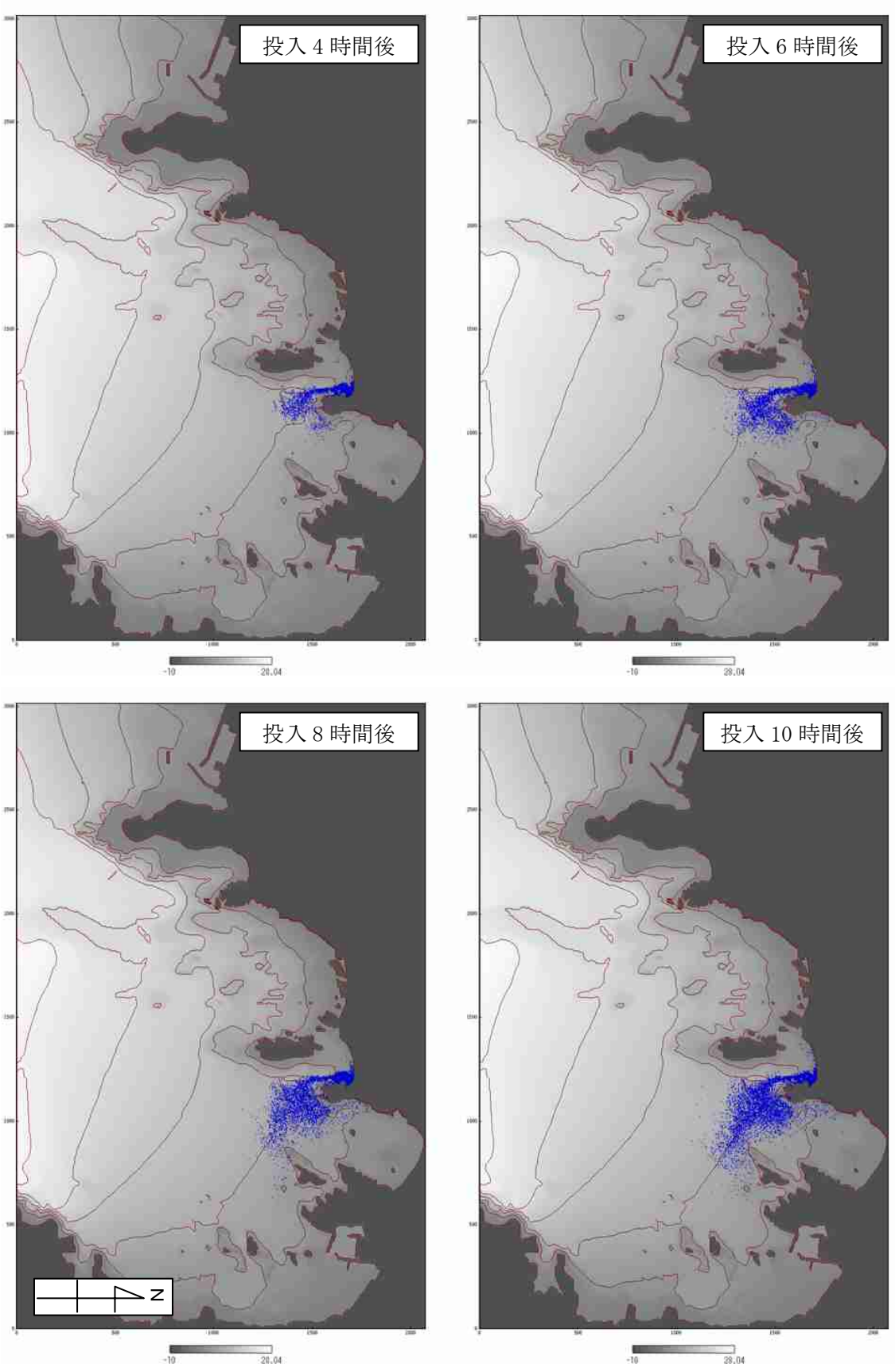


図 2-6-23（2）　井手口川からの濁り成分拡散予測結果（投入後 4 時間～10 時間）

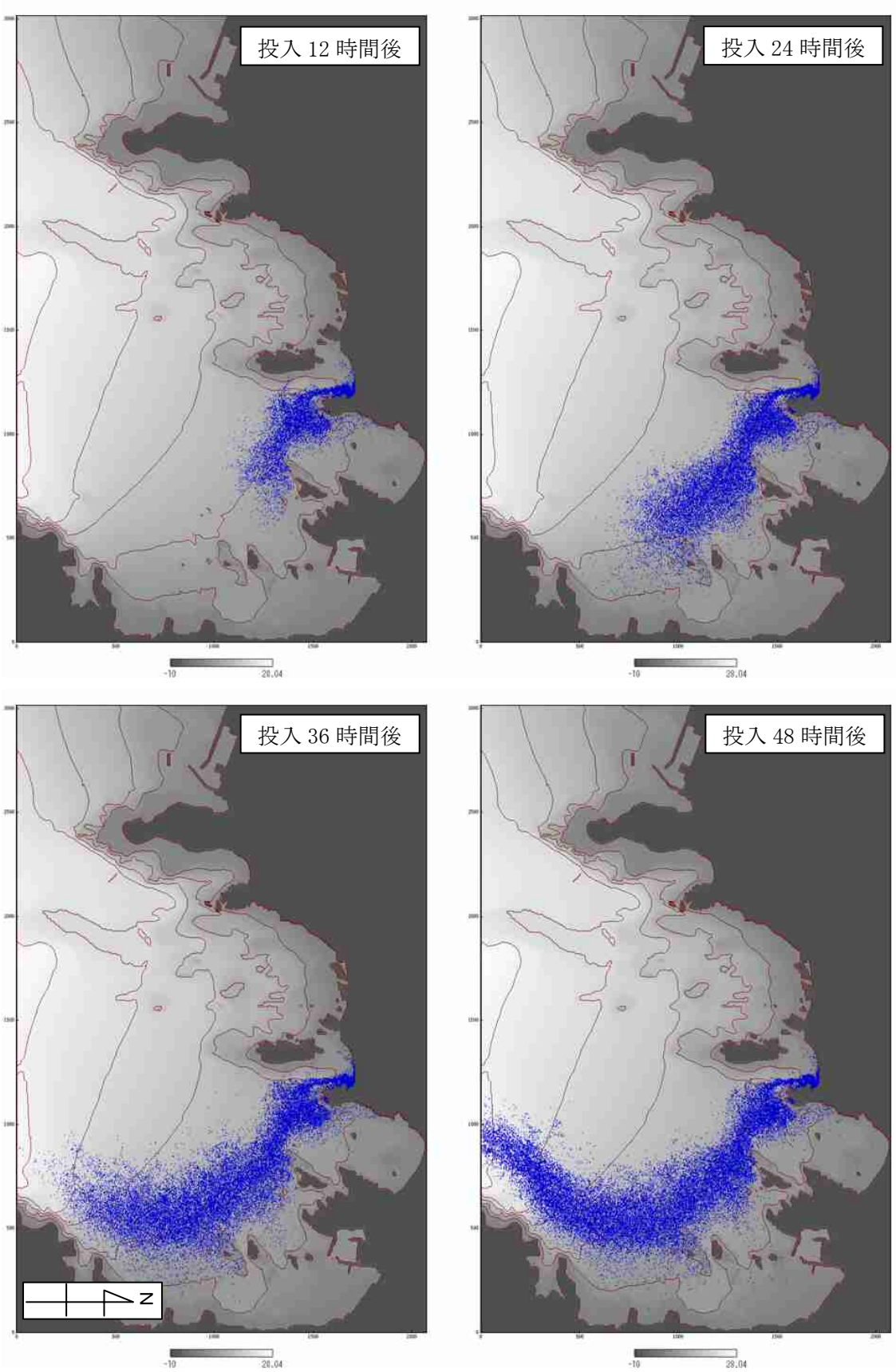


図 2-6-23（3）　井手口川からの濁り成分拡散予測結果（投入後 12 時間～48 時間）

③宗呂川

図 2-6-24 に宗呂川からの濁り拡散予測結果を示した。宗呂川の濁りは、高波浪時においては、城ノ岬西側の海域を通って、沖側へと拡散される。城ノ岬の沿岸の海浜流は北西方向の流れで非常に大きいため、城ノ岬を迂回して爪白海域に濁り成分が供給されることは無いと考えられる。

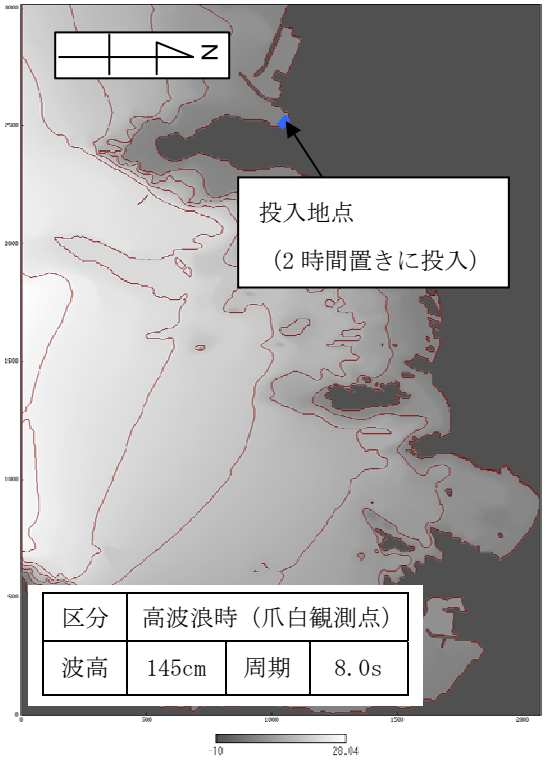


図 2-6-24（1）　宗呂川からの濁り成分拡散予測結果（粒子投入地点）

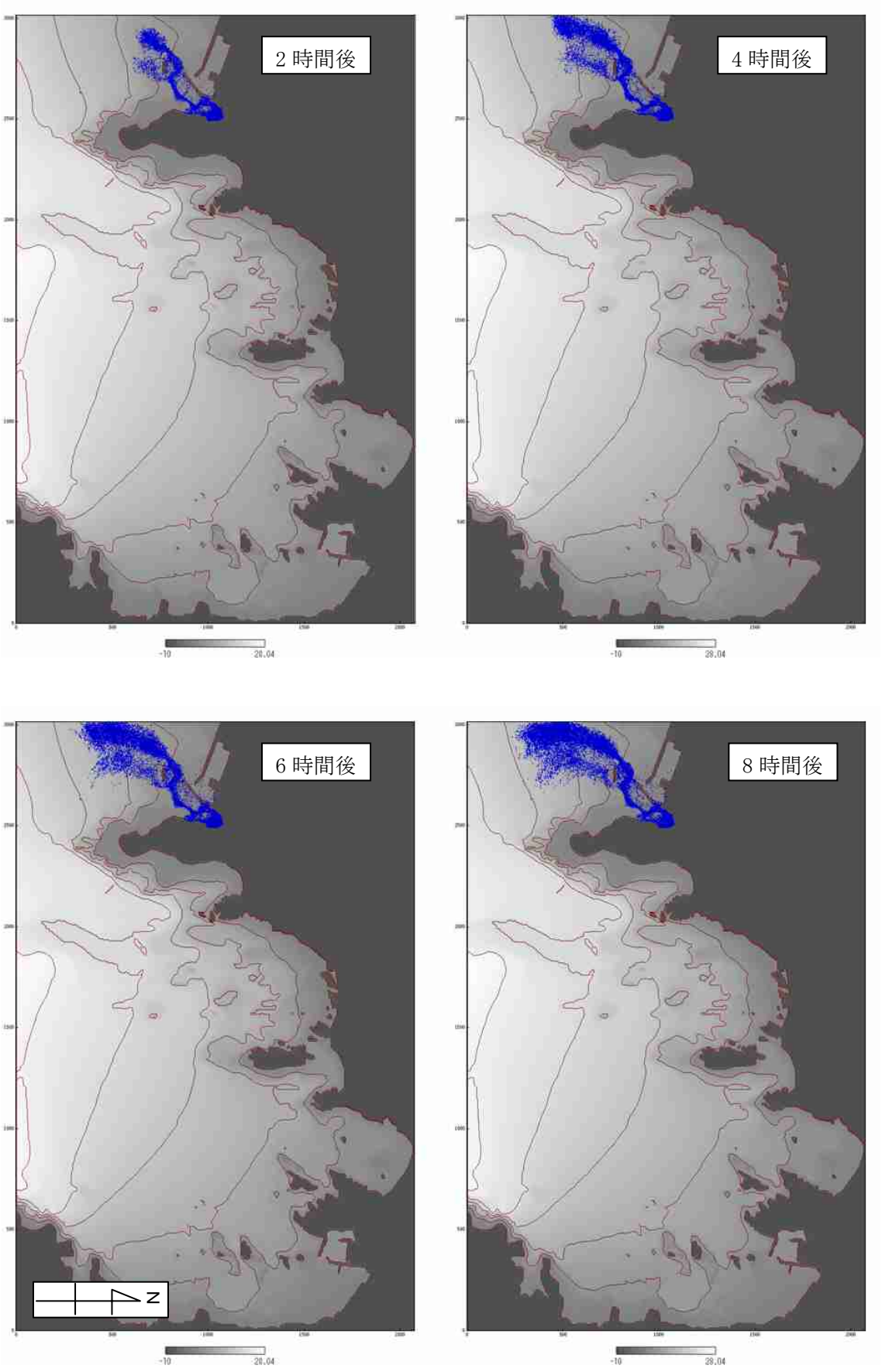


図 2-6-24（2）　宗呂川からの濁り成分拡散予測結果（投入後 2 時間～8 時間）

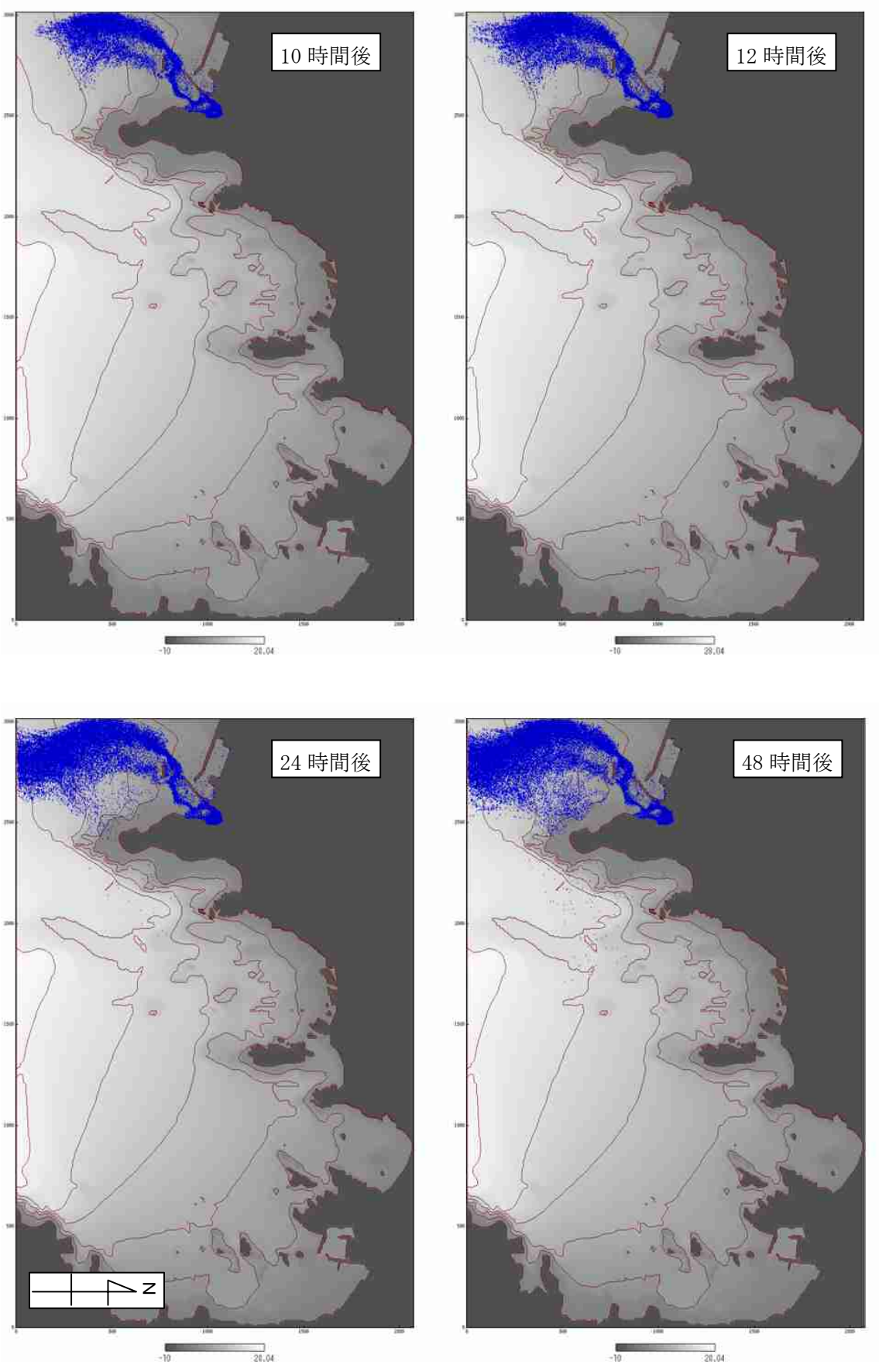


図 2-6-24（3）　宗呂川からの濁り成分拡散予測結果（投入後 10 時間～48 時間）

(2)高波浪での巻き上がりによる濁り成分拡散

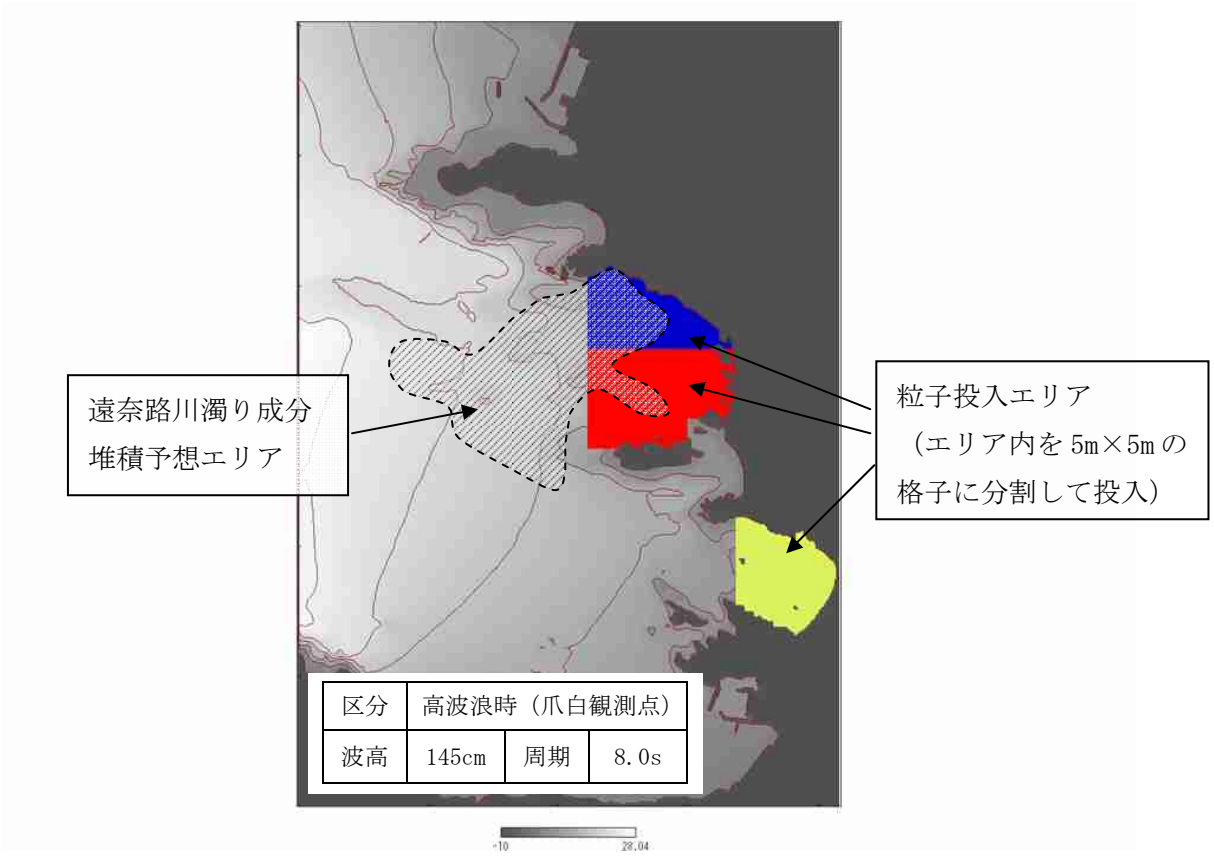
上記解析結果より遠奈路川からの濁りは、爪白南西沖に堆積することが判明した。爪白沖に堆積した土砂は、通常の潮流、波浪、漂砂等の現象によって、岸側へと押し寄せられ、再び高波浪によって巻き上げられ拡散することが予想される。特に、爪白海域は底質を巻き上げる掃流力（せん断力）が強く、寄与度解析の結果僅かであるが、海中展望塔、竜串海域などへ寄与する可能性があるため、爪白海域に溜まった泥土がどのように拡散していくかを把握する必要がある。また、桜浜に関しては、海中展望塔、竜串海域に最も近いことから、拡散の状況を把握することとした。

そこで、爪白海域及び桜浜に粒子を投入して、粒子追跡予測を行った。なお、爪白海域については、遠奈路川付近と弁天島付近の 2 エリアに分け粒子を投入した。また、水深の深いところは、沖向きへの流れが卓越することから、水深 10m 程度までの海域に粒子を投入することとした。

図 2-6-25 に粒子投入後から高波浪消滅時間である 48 時間後までの粒子追跡結果を示した。

解析の結果、弁天島北側の水路部周辺で発生した濁り成分が、水路部を通って弁天島北側の海域に拡散し、さらに、海中展望塔方向へと拡散しており、弁天島周辺に堆積していた泥分が高波浪により巻き上げられ海中展望塔に影響を与えていた。また、弁天島西側で発生した濁りは弁天島を迂回して、弁天島東側へと拡散しており、今回 SPSS の値が高い弁天島西側や北側の泥分が高波浪によって巻き上げられ、今後弁天島東側の海域へと堆積することが考えられる。

桜浜においては、48 時間経過後ほとんど粒子の残留がみられないことから、泥土として堆積することは考えにくく、SPSS との調査結果とよく一致していた。仮に、濁り成分が流入したとしても、比較的短時間で当海域から流出することが推定される。



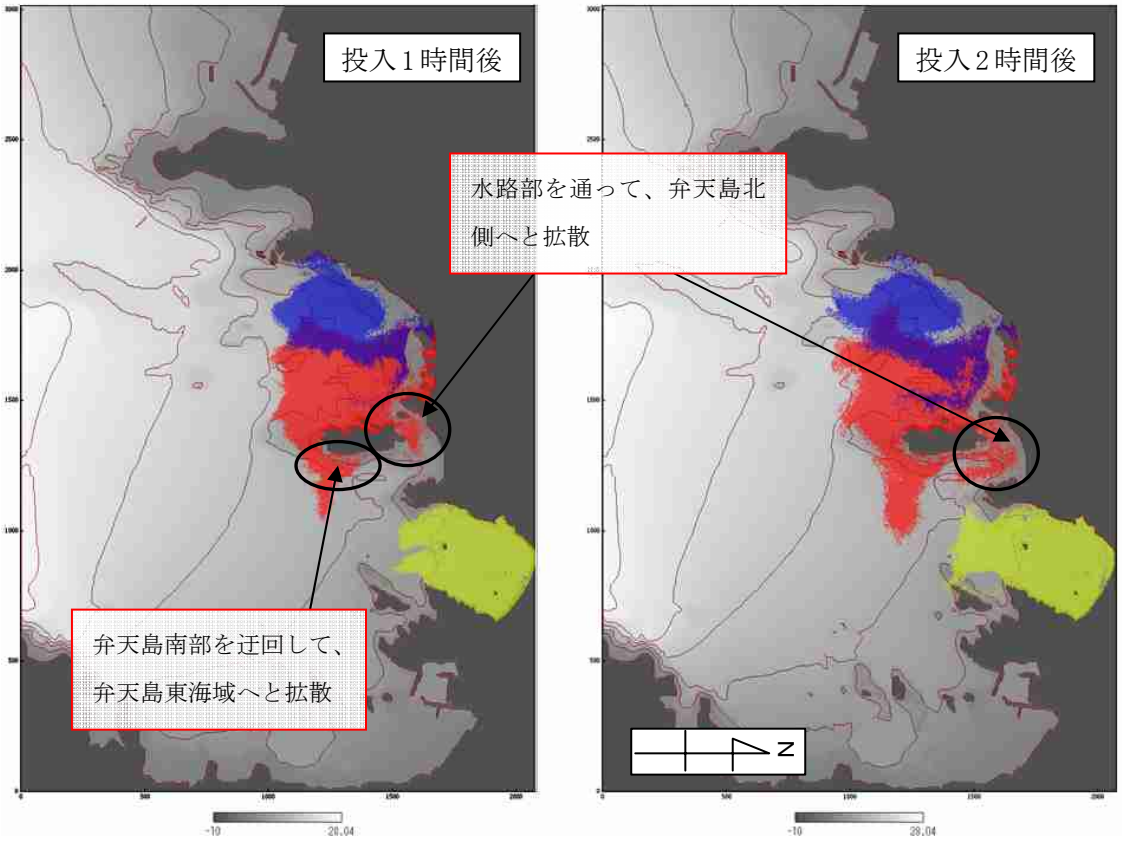


図 2-6-25（1）　粒子追跡結果（投入後 1 時間～2 時間）

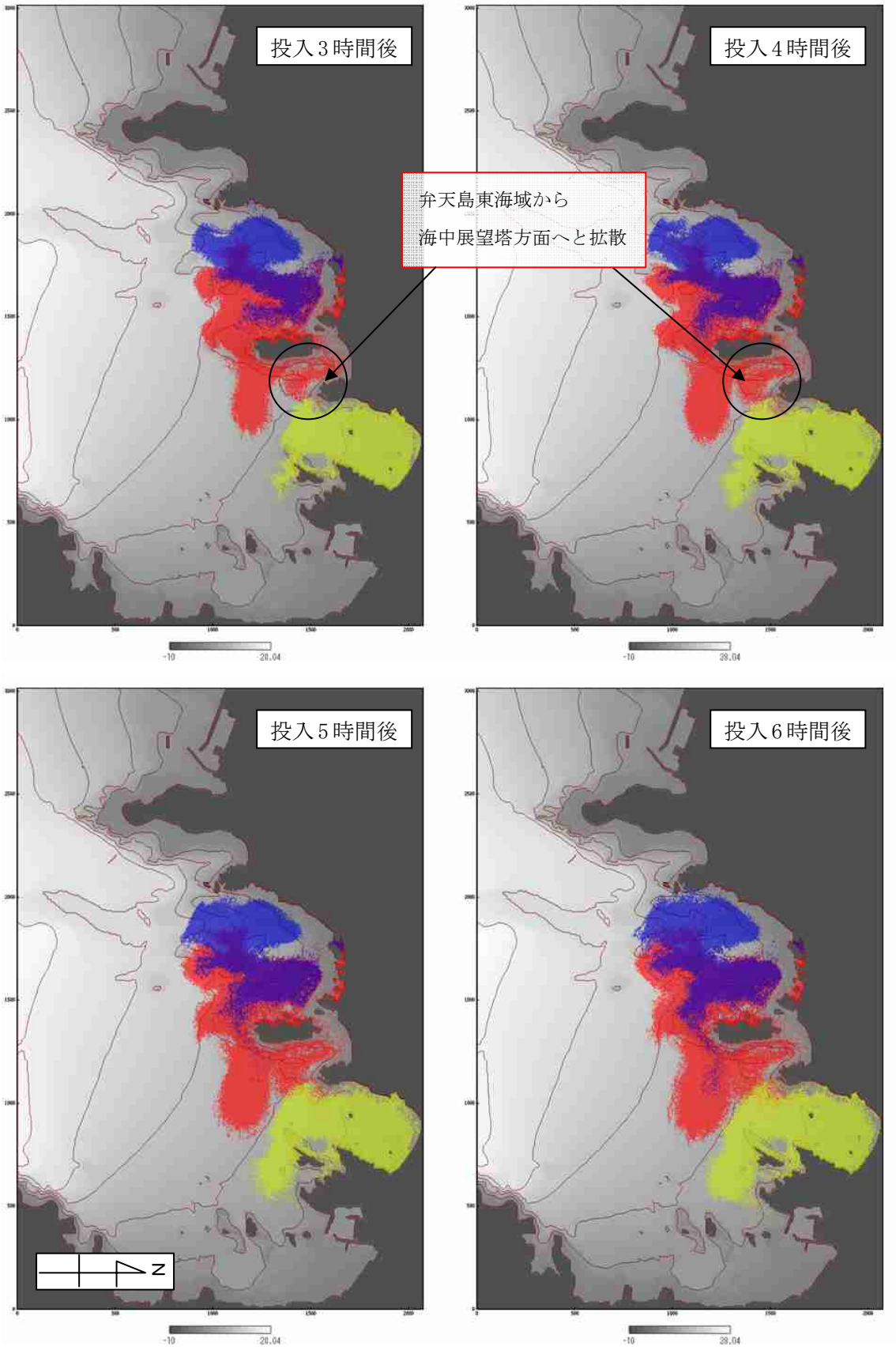


図 2-6-25（2）　粒子追跡結果（投入後 3 時間～6 時間）

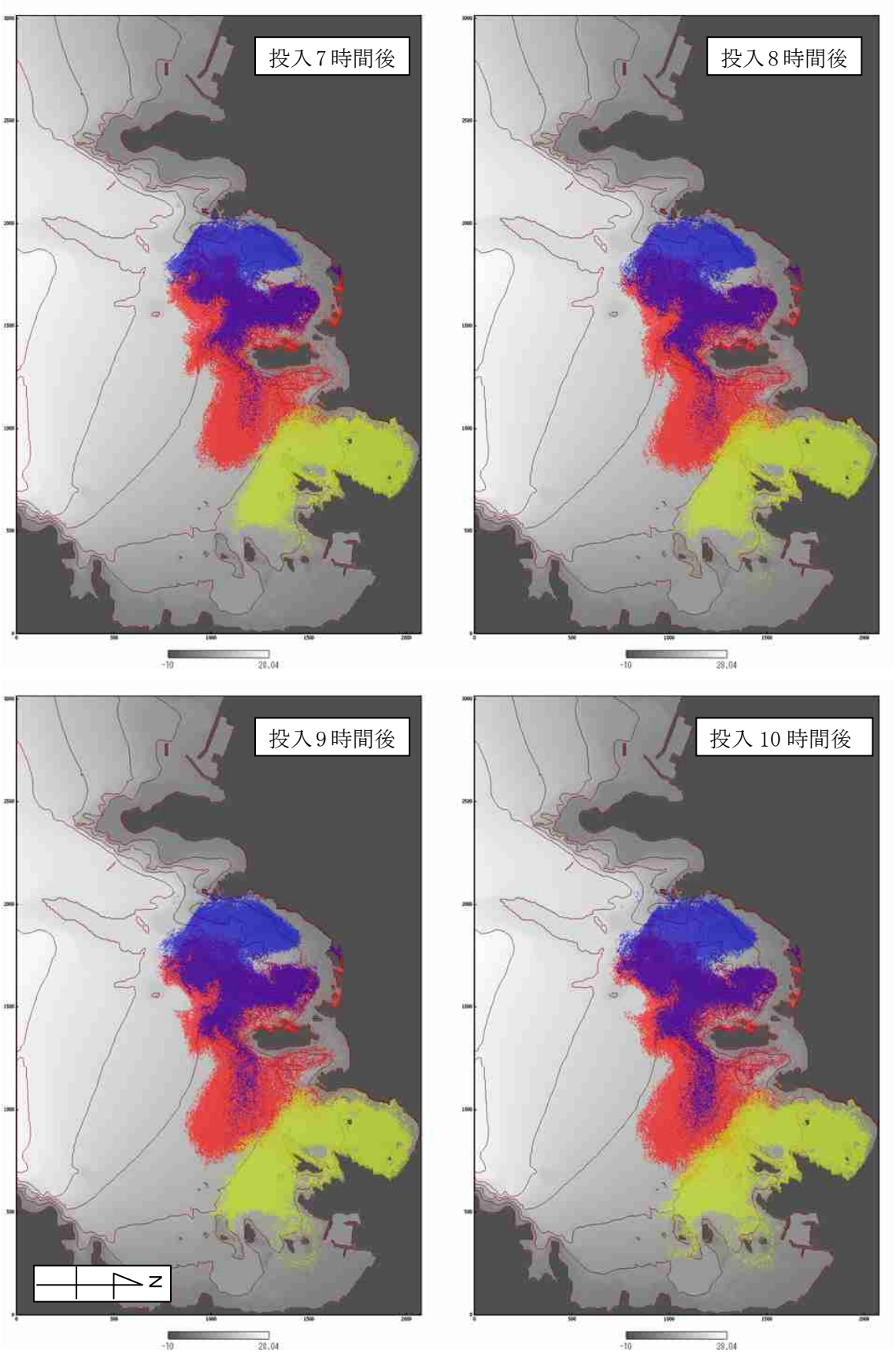


図 2-6-25 (3)　粒子追跡結果（投入後 7 時間～10 時間）

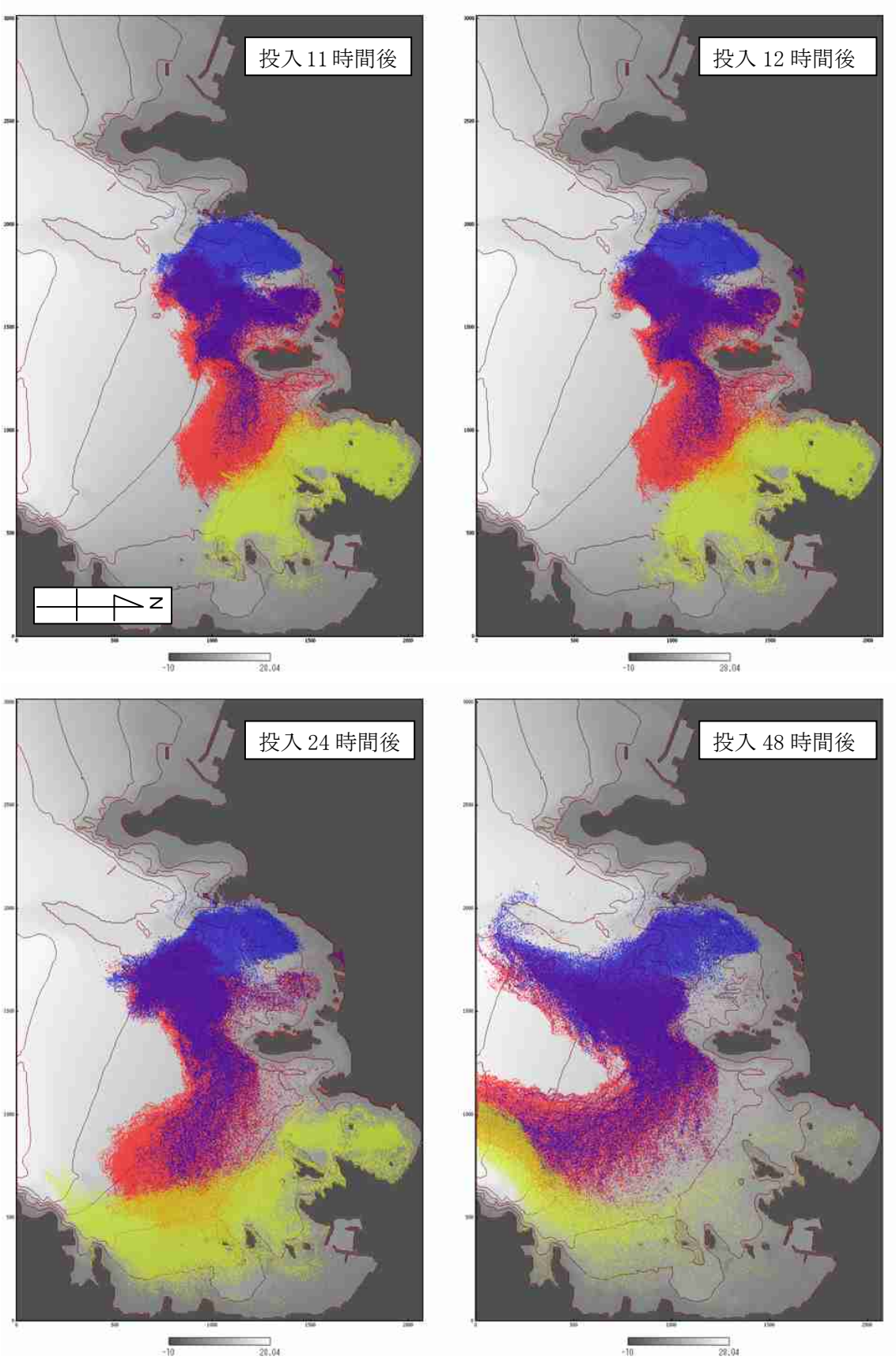


図 2-6-25（4）　粒子追跡結果（投入後 11 時間～48 時間）

(3)海中展望塔の濁り追跡

図 2-6-26 に海中展望塔で生じている濁りの拡散結果を示した。

海中展望塔で生じている濁りは、高波浪時においては桜浜及び竜串西海域、大碆方面へと拡散するが、これらの海域に残留する粒子はほとんどみられなかった。このことから、海中展望塔に生じている濁りは、泥土として他海域に堆積することはほとんど無いと考えられる。

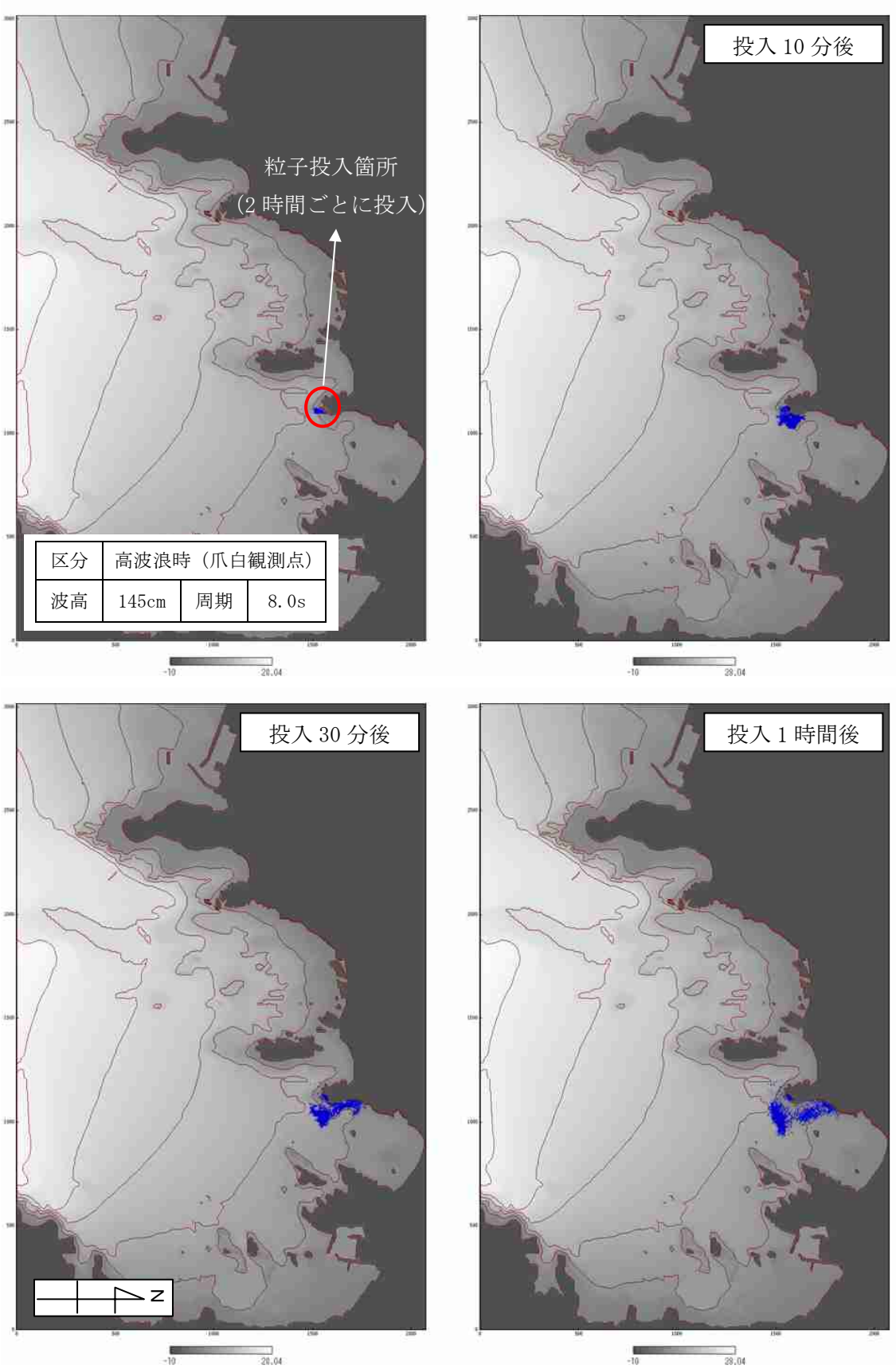


図 2-6-26（1）　海中展望塔の濁り成分拡散予測結果（投入後 10 分～1 時間）

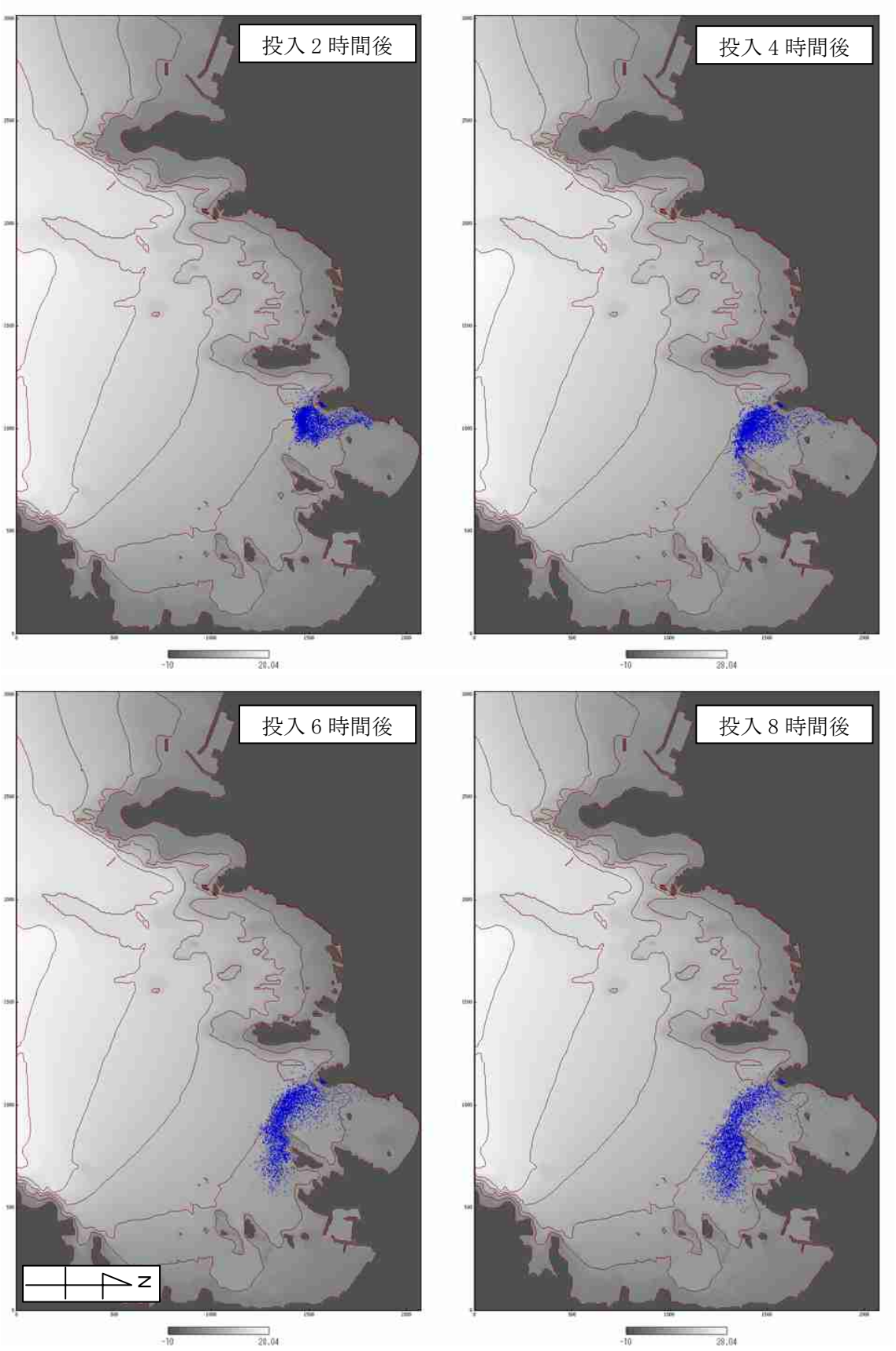


図 2-6-26（2）　海中展望塔の濁り成分拡散予測結果（投入後 2 時間～8 時間）

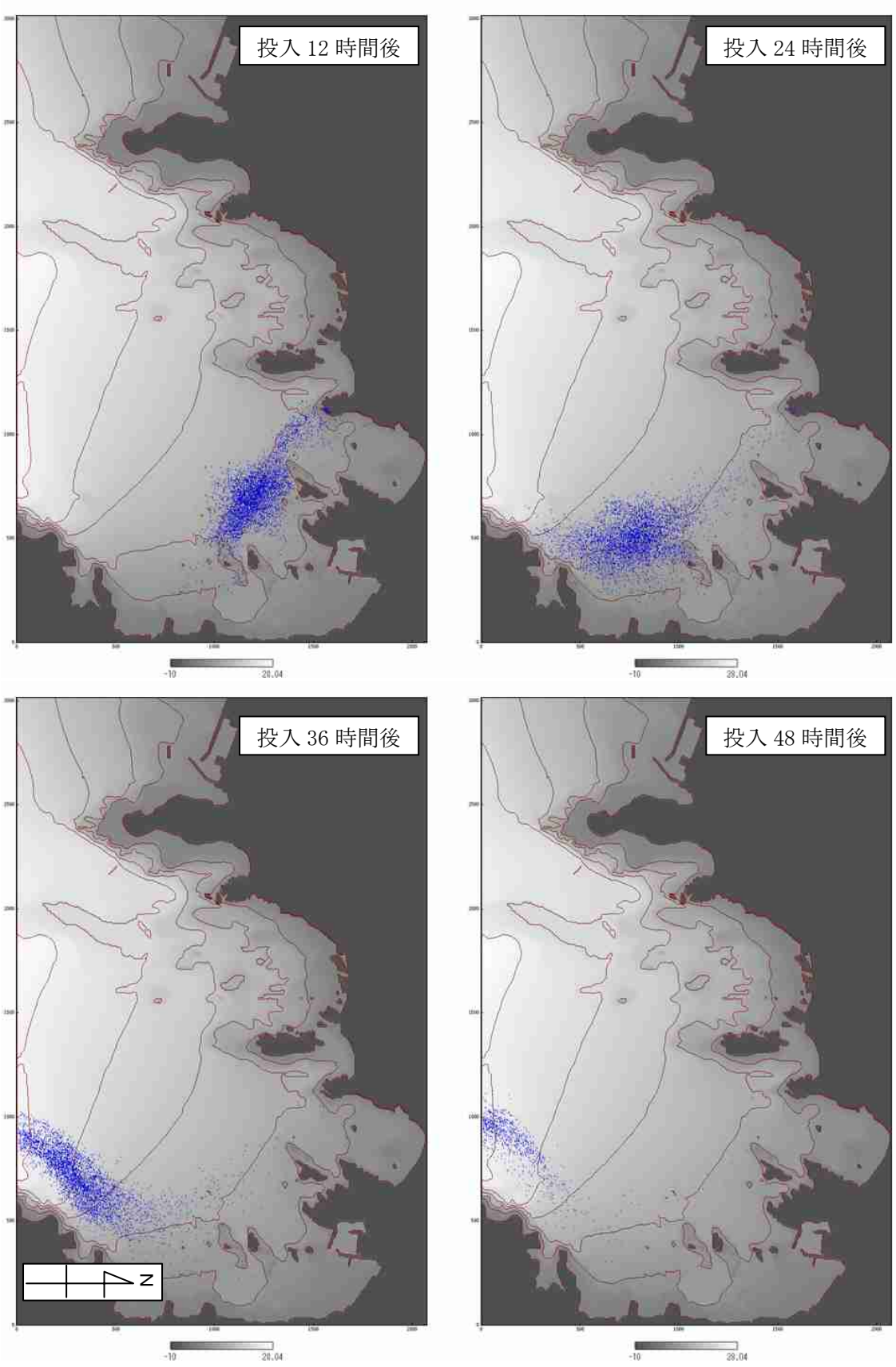


図 2-6-26（3）　海中展望塔の濁り成分拡散予測結果（投入後 12 時間～48 時間）

(4) 移動メカニズムの解明（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域）

高波浪時における寄与度解析結果及び粒子追跡結果より遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域にかけての移動メカニズムの解明を行った（図 2-6-27）。

遠奈路川から流入した濁り成分は、爪白南西沖に移動しその後沖側へと拡散した。また、弁天島東海域への濁り成分は、弁天島周辺の海域からの寄与が高かった。高波浪により、これらのエリアに堆積していた泥土が巻き上げられ、海浜流によって展望塔、竜串周辺へと移流・拡散される。

また、弁天島北側海域には井手口川が存在しており、井手口川は遠奈路川に次いで SS の供給量が多いことから主要な泥土の供給源となっている可能性がある。

今回の解析結果は、高波浪時（波高 145cm、周期 8s）の結果であり、また、粒子の拡散係数は砕波帯、静穏域に関わらず一定の値を用いての結果であった。通常の波浪は様々な波高、周期、波向きで発生するため、今後は波浪場を数パターンに分けて解析することが必要となる。

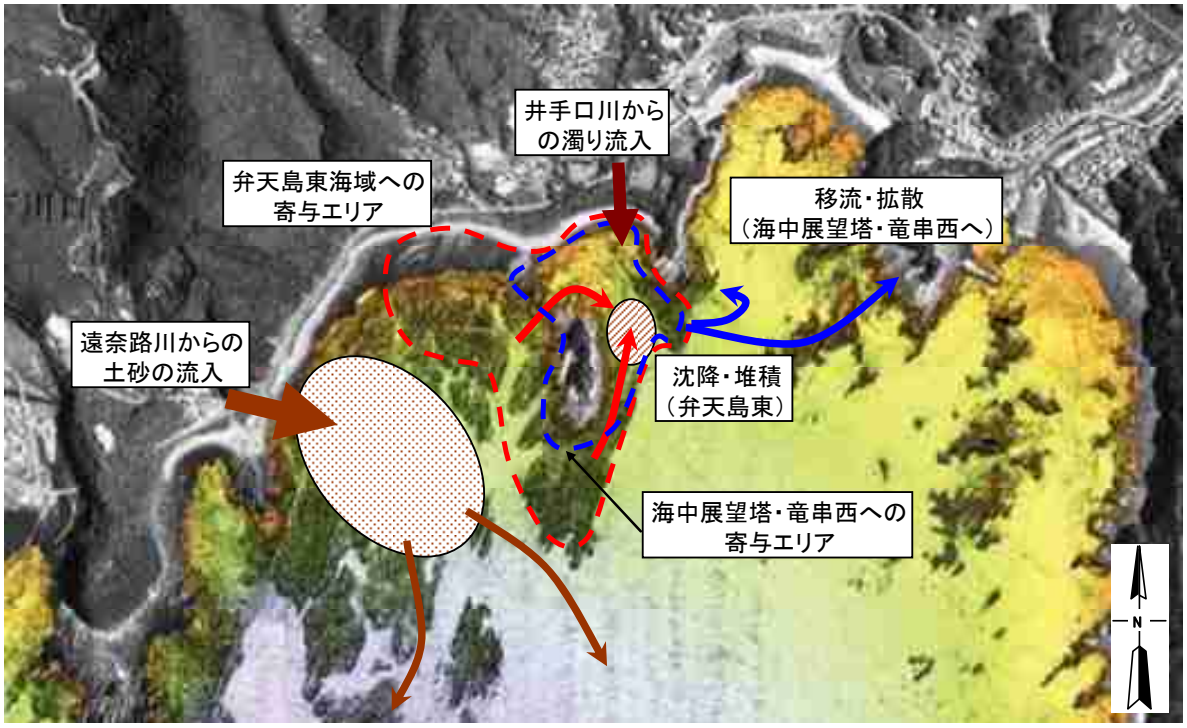


図 2-6-27　高波浪時における泥土の移動メカニズム（遠奈呂川～爪白～弁天島～竜串西海域）

第３章　検討業務

3.1　竜串湾における長周期波の影響把握

3.1.1　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 17 年度には長周期波の影響の検討を試みたが、当時の予測手法(エネルギー平衡法）では幅広い周期帯を有する長周期波を再現するのは困難であり、今後の課題とされた。近年、予測手法の高度化（ブシネスク波浪モデル）により、長周期波の予測も可能となったことから、ここでは竜串湾における長周期波の観測とともに、長周期波の影響を検討した。

2)実施内容

竜串湾で、どのような長周期波が発生しているのかを把握するために、波浪調査を実施し、ナウファスなどの既存資料の整理とともに、観測された長周期波のデータと既存の気象・海象条件などと比較し、竜串湾に発生する長周期波の特徴を整理した。

竜串湾における長周期波の影響を把握するために、数理モデルを用いた解析を行なった。なお、数理モデルは、波浪の非線形性により生じる諸現象を解析することが可能であり、海浜流、平均水位量を波浪場と同時に計算することが出来るブシネスク波浪モデルを用いた。

(1)調査地点

図 3-1-1 に示す爪白沖の 1 点に波高計を設置した。

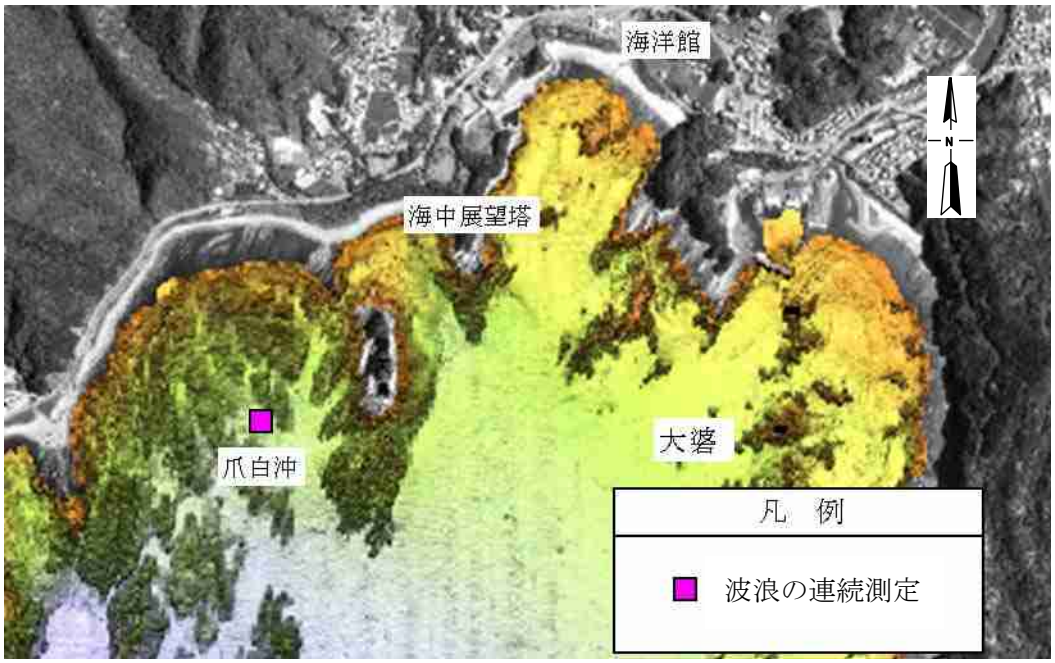


図 3-1-1　波浪の調査位置

(2)調査方法

通常の波浪観測と同時に測定を行った。

長周期波の観測は「2.6 泥土の移動・堆積メカニズムの解明（遠奈路川～爪白～弁天島～竜串西海域)」に用いた波高計で同時に行い、1 秒毎に水圧を測定した。

データ解析は、ナウファスと同様の処理手法とし、2 時間を 1 単位として周波数帯別の波高を抽出した。波高抽出方法は、スペクトル法及びゼロアップクロス法により波高を算定した。

(3)調査期間

調査期間は、平成 20 年 10 月 9 日～11 月 8 日の 1 ヶ月間とした。

3)調査結果・考察

(1)既存資料による長周期波の把握

①長周期波の発生要因

近年、長周期波に対する研究も進み、その発生要因もある程度推測されてきた。しかし、その発生を予測することは非常に難しく、さらなる研究が期待されている分野である。

以下にその発生要因について記した。

・不規則な波群中のラディエーション応力の変化で発生（拘束波、Set-down 波）
・沖合の低気圧の吸い上げ効果によってできる長周期の水面変動（気圧波）
・不規則波を構成する成分波相互の非線形干渉によって生じる汀線と平行の波（エッジ波）
・風波中の成分波が 3 次あるいは 4 次の非線形共鳴を起こして、周波数のスペクトルが徐々に長周期化することによって生じる波
・波群性の強い波の連なりが浅海域で砕波する場合に、砕波点が移動することによって発生

（(社) 日本造船学会・海洋工学委員会ホームページより抜粋）
（http://www.ocean.jks.ynu.ac.jp/~OHN/panel/fieldexp.htm）

②長周期波による被害

長周期波は、波の高さは小さいものの、いわば海面全体がゆっくりと上下する現象であるため、目で見ただけでは把握することは不可能である。長周期波も、普通の波と同様、地形による影響を受けるため、湾奥部や地形の狭まる所では波のエネルギーが集中し、その影響が増大する。特に、港内では長周期波によって係留索が分断されるといった事例が多々報告されていた。

以下に長周期波によって被害が発生した事例を示した。

＜大きな損害額が出た事例 ― 志布志港（鹿児島県）―＞

鹿児島県の志布志港では、沖縄本島付近の台風から発生した長周期波の影響を受け、2つの岸壁で船舶と岸壁が接触することにより、岸壁損傷分だけでも約 6 億 5 千万円の損害が生じた。船舶損傷分については記録がないが、これを含めるとかなりの損害額になる。

＜人身事故が起こった事例 ― 苫小牧港（北海道）―＞

北海道の苫小牧港では、船舶の揺れ抑えるためのロープを増設作業中や、ロープの切断により、手指の裂傷や顔面を 3 針縫合するような人身事故が起こっている。なお、ヒアリングによると、切断したロープの直撃を受けた場合にはひとたまりもなく、死亡事故に至っても不思議ではないとのことである。

＜荷役中断が頻繁している事例 ― 小名浜港（福島県）―＞

福島県の小名浜港では、平成 13 年 1 月～11 月だけでも、100 隻を超える船が荷役の中断を余儀なくされている。これらの船は重油、ガス等の危険物積載船であり、万が一、油漏れ、ガス漏れが起こると、大変な被害になることが想定される。

＜その他の長周期波によって生じる問題＞

以上のような例のとおり、岸壁や船舶の損傷、ロープの切断、人身被害、荷役中断をはじめとして、この他にも、タグボートを使って船舶の揺れを抑えたり、緊急に岸壁を離れて沖で停泊・待機したりといったように、余分な燃料、時間、労働力の増加が生じている。

（港湾局計画課企画調査室ホームページより抜粋）

（http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha02/11/110325_.html）

②ナウファスによる長周期波の把握

全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）では、切れ目ない連続的な観測により、長周期波の観測を行っており、長周期波を把握するうえでは非常に有効である。

竜串湾は、太平洋に面しているため、沖合の低気圧で発生した長周期波が非常に来襲しやすい湾だと考えられる。

そこで、竜串湾と同様の地形条件である高知港に来襲する長周期波の特性を把握し、竜串湾にどのような長周期波が来襲するか調べた。

図 3-1-2～図 3-1-5 にナウファス高知における 2002 年、2004 年、2006 年の観測結果及び 2004 年における長周期波高の経時変化を示した。

ナウファス高知の観測結果より、30～60s の周期帯、60～300s の周期帯で卓越する波高は 1～5cm となった。30s 以上の周波数帯で見ると 5～10 ㎝が一番卓越するという結果になり、高知港においては通年を通して 7～8 ㎝程度の長周期波が常時発生していることがわかった。よって、同様の地形条件である竜串湾においても、波高 7～8cm 程度の長周期波が一年を通して来襲していると考えられる。

また、季節別にみると、長周期波は冬季よりも夏季に発達しており、50cm を超える長周期波が観測されている。これは、台風による影響と推察される。実際に 2004 年度の経時変化をみると、台風が接近している期間は長周期波が非常に高くなっている。

また、短周期の波がそれほど発達していない時に、突然長周期の波高が高くなっていることがあった（図中赤枠）。このような現象が起こるため、長周期波の予報が難しい点だといえる。

高知　　冬季:'05/12～'06/ 2

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	4√m0L30-60 出現率	4√m0L60-300 観測数	4√m0L60-300 出現率	4√m0L30- 観測数	4√m0L30- 出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	15	1.4	0	0.0	0	0.0
5－10	110	10.2	83	7.7	1	0.1
10－20	9	0.8	50	4.6	113	10.5
20－50	0	0.0	1	0.1	20	1.9
50－	0	0.0	0	0.0	0	0.0
欠測					946	87.6
全観測					1080	
平均値		6.7		10.1		15.7

高知　　春季:'06/ 3～'06/ 5

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	4√m0L30-60 出現率	4√m0L60-300 観測数	4√m0L60-300 出現率	4√m0L30- 観測数	4√m0L30- 出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	747	67.7	677	61.3	288	26.1
5－10	189	17.1	147	13.3	436	39.5
10－20	17	1.5	124	11.2	202	18.3
20－50	2	0.2	7	0.6	28	2.5
50－	0	0.0	0	0.0	1	0.1
欠測					149	13.5
全観測					1104	
平均値		3.6		5.0		8.1

高知　　夏季:'06/ 6～'06/ 8

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	4√m0L30-60 出現率	4√m0L60-300 観測数	4√m0L60-300 出現率	4√m0L30- 観測数	4√m0L30- 出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	846	76.6	760	68.8	364	33.0
5－10	179	16.2	201	18.2	516	46.7
10－20	7	0.6	69	6.2	143	13.0
20－50	0	0.0	2	0.2	9	0.8
50－	0	0.0	0	0.0	0	0.0
欠測					72	6.5
全観測					1104	
平均値		3.4		4.4		6.8

高知　　秋季:'06/ 9～'06/11

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	4√m0L30-60 出現率	4√m0L60-300 観測数	4√m0L60-300 出現率	4√m0L30- 観測数	4√m0L30- 出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	684	62.6	623	57.1	373	34.2
5－10	65	6.0	94	8.6	305	27.9
10－20	11	1.0	45	4.1	75	6.9
20－50	2	0.2	0	0.0	9	0.8
50－	0	0.0	0	0.0	0	0.0
欠測					330	30.2
全観測					1092	
平均値		3.0		3.8		6.3

高知　　通年:'06/ 1～'06/12

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	4√m0L30-60 出現率	4√m0L60-300 観測数	4√m0L60-300 出現率	4√m0L30- 観測数	4√m0L30- 出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	2614	59.7	2367	54.0	1184	27.0
5－10	552	12.6	548	12.5	1392	31.8
10－20	44	1.0	289	6.6	568	13.0
20－50	4	0.1	10	0.2	69	1.6
50－	0	0.0	0	0.0	1	0.0
欠測					1166	26.6
全観測					4380	
平均値		3.4		4.6		7.4

（資料：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2006））

図 3-1-2　2006 年ナウファス高知地点における長周期解析結果

高知　　冬季:'03/12～'04/ 2

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	出現率	4√m0L60-300 観測数	出現率	4√m0L30- 観測数	出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	678	62.8	660	61.1	277	25.6
5－10	14	1.3	26	2.4	392	36.3
10－20	0	0.0	6	0.6	23	2.1
20－50	0	0.0	0	0.0	0	0.0
50－	0	0.0	0	0.0	0	0.0
欠測					388	35.9
全観測					1080	
平均値		2.5		3.3		5.8

高知　　春季:'04/ 3～'04/ 5

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	出現率	4√m0L60-300 観測数	出現率	4√m0L30- 観測数	出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	955	86.5	860	77.9	341	30.9
5－10	98	8.9	182	16.5	618	56.0
10－20	16	1.4	30	2.7	97	8.8
20－50	8	0.7	5	0.5	20	1.8
50－	0	0.0	0	0.0	1	0.1
欠測					27	2.4
全観測					1104	
平均値		3.5		4.2		6.9

高知　　夏季:'04/ 6～'04/ 8

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	出現率	4√m0L60-300 観測数	出現率	4√m0L30- 観測数	出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	804	72.8	700	63.4	305	27.6
5－10	138	12.5	183	16.6	506	45.8
10－20	65	5.9	93	8.4	137	12.4
20－50	59	5.3	81	7.3	84	7.6
50－	1	0.1	10	0.9	35	3.2
欠測					37	3.4
全観測					1104	
平均値		5.4		7.5		10.7

高知　　秋季:'04/ 9～'04/11

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	出現率	4√m0L60-300 観測数	出現率	4√m0L30- 観測数	出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	670	61.4	556	50.9	301	27.6
5－10	144	13.2	192	17.6	369	33.8
10－20	70	6.4	95	8.7	127	11.6
20－50	25	2.3	64	5.9	105	9.6
50－	0	0.0	2	0.2	7	0.6
欠測					183	16.8
全観測					1092	
平均値		4.9		6.9		9.9

高知　　通年:'04/ 1～'04/12

波高階級（cm）	4√m0L30-60 観測数	出現率	4√m0L60-300 観測数	出現率	4√m0L30- 観測数	出現率
－1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1－5	3458	78.9	3092	70.6	1301	29.7
5－10	413	9.4	630	14.4	2148	49.0
10－20	152	3.5	232	5.3	410	9.4
20－50	92	2.1	150	3.4	214	4.9
50－	1	0.0	12	0.3	43	1.0
欠測					264	6.0
全観測					4380	
平均値		4.1		5.5		8.4

（資料：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2004））

図 3-1-3　2004 年ナウファス高知地点における長周期解析結果

高知　　冬季:'01/12～'02/ 2

波高階級(cm)	4√m0L30-60		4√m0L60-300		4√m0L30-	
	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
－ 1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1 － 5	541	50.1	510	47.2	187	17.3
5 －10	19	1.8	38	3.5	348	32.2
10 －20	0	0.0	12	1.1	25	2.3
20 －50	0	0.0	0	0.0	0	0.0
50 －	0	0.0	0	0.0	0	0.0
欠　測					520	48.1
全観測					1080	
平均値		2.5		3.5		6.0

高知　　冬季:'01/12～'02/ 2

波高階級(cm)	4√m0L30-60		4√m0L60-300		4√m0L30-	
	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
－ 1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1 － 5	541	50.1	510	47.2	187	17.3
5 －10	19	1.8	38	3.5	348	32.2
10 －20	0	0.0	12	1.1	25	2.3
20 －50	0	0.0	0	0.0	0	0.0
50 －	0	0.0	0	0.0	0	0.0
欠　測					520	48.1
全観測					1080	
平均値		2.5		3.5		6.0

高知　　夏季:'02/ 6～'02/ 8

波高階級(cm)	4√m0L30-60		4√m0L60-300		4√m0L30-	
	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
－ 1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1 － 5	764	69.2	730	66.1	348	31.5
5 －10	151	13.7	132	12.0	456	41.3
10 －20	112	10.1	89	8.1	114	10.3
20 －50	33	3.0	109	9.9	140	12.7
50 －	0	0.0	0	0.0	2	0.2
欠　測					44	4.0
全観測					1104	
平均値		5.2		7.1		10.1

高知　　秋季:'02/ 9～'02/11

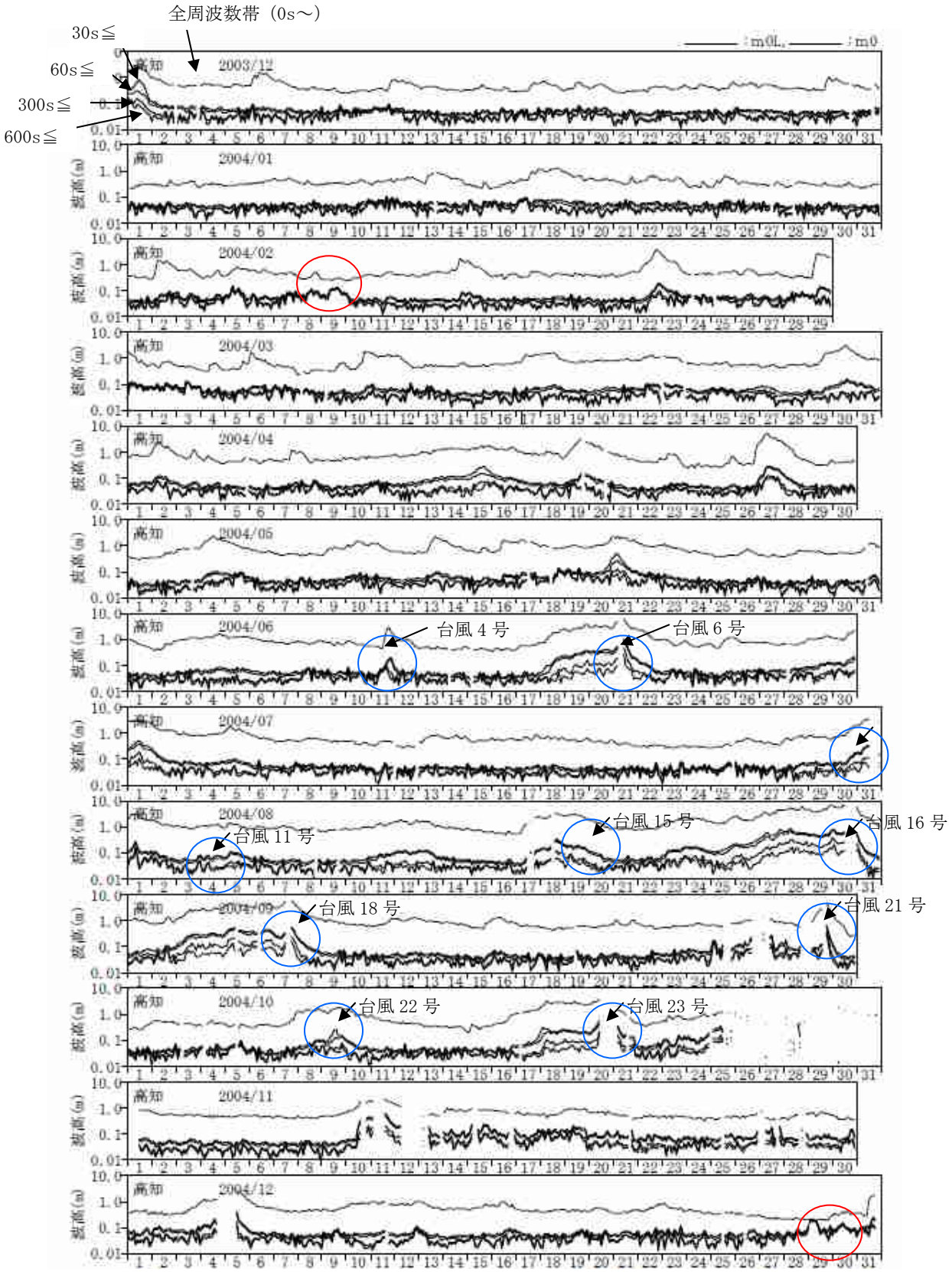
波高階級(cm)	4√m0L30-60		4√m0L60-300		4√m0L30-	
	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
－ 1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1 － 5	916	83.9	857	78.5	401	36.7
5 －10	95	8.7	110	10.1	519	47.5
10 －20	33	3.0	77	7.1	103	9.4
20 －50	2	0.2	2	0.2	21	1.9
50 －	0	0.0	0	0.0	2	0.2
欠　測					46	4.2
全観測					1092	
平均値		3.3		4.2		6.8

高知　　通年:'02/ 1～'02/12

波高階級(cm)	4√m0L30-60		4√m0L60-300		4√m0L30-	
	観測数	出現率	観測数	出現率	観測数	出現率
－ 1	0	0.0	0	0.0	0	0.0
1 － 5	3469	79.2	3238	73.9	1330	30.4
5 －10	328	7.5	439	10.0	2161	49.3
10 －20	149	3.4	193	4.4	325	7.4
20 －50	35	0.8	111	2.5	161	3.7
50 －	0	0.0	0	0.0	4	0.1
欠　測					399	9.1
全観測					4380	
平均値		3.6		4.7		7.4

（資料：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2002））

図 3-1-4　2002 年ナウファス高知地点における長周期解析結果



（資料：全国港湾海洋波浪観測年報（NOWPHAS 2004））

図 3-1-5　2004 年ナウファス高知地点における長周期波の時系列波高

(2) 波浪観測結果による長周期波の把握

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 3-1-1 に各周期帯別の長周期波の出現頻度を、図 3-1-6～図 3-1-10 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 ㎝、60～300s で約 1.5㎝、300～600s で約 3㎝、600s 以上で 5㎝ であり、30 秒以上の全周期帯では 6㎝ 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 1～10㎝ 程度の長周期波が卓越しており、過去のナウファスの結果を見ても 1～10 ㎝程度の波が卓越していることから、妥当な観測結果だといえる。

今回の観測期間では台風の通過がみられなかったため、50㎝ を超えるような長周期波は観測されなかった。特に、台風の場合は、長周期波が増幅されやすく、遠くで発生したとしても、台風に伴う長周期波は沿岸付近まで来襲する。さらに、台風の移動経路によっては長周期波の入射角度が異なるため、沖から来襲した長周期波が陸によって反射され、さらに別の地点でも影響を与える恐れがある。そのため、台風時の長周期波を捉える事が今後の課題である。

表 3-1-1　爪白観測点における長周期波出現頻度

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（cm）	0～1	173	47.0%	53	14.4%	1	0.3%	0	0.0%	0	0.0%
	1～5	195	53.0%	315	85.6%	340	92.4%	221	60.1%	159	43.2%
	5～10	0	0.0%	0	0.0%	27	7.3%	133	36.1%	182	49.5%
	10～20	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	14	3.8%	25	6.8%
	20～50	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	2	0.5%
	50～	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%	0	0.0%
全観測										368	
平均値（cm）		1.1		1.4		2.7		5.0		6.1	

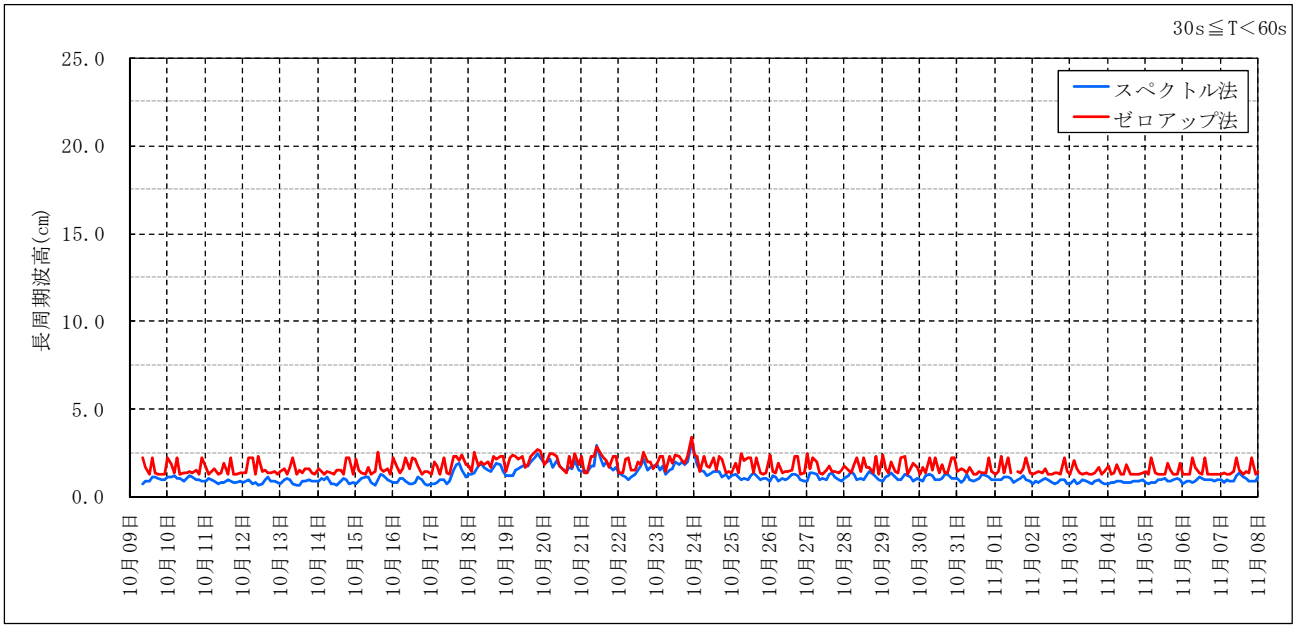


図 3-1-6　30s≦T＜60s の波高

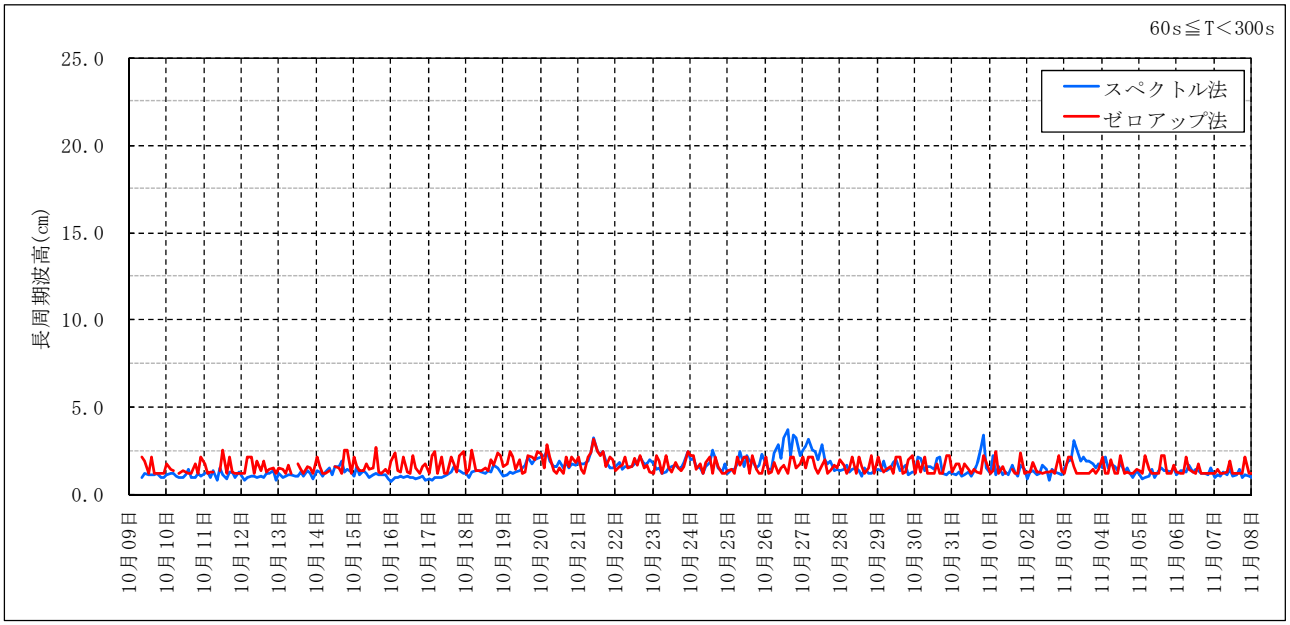


図 3-1-7　60s≦T＜300s の波高

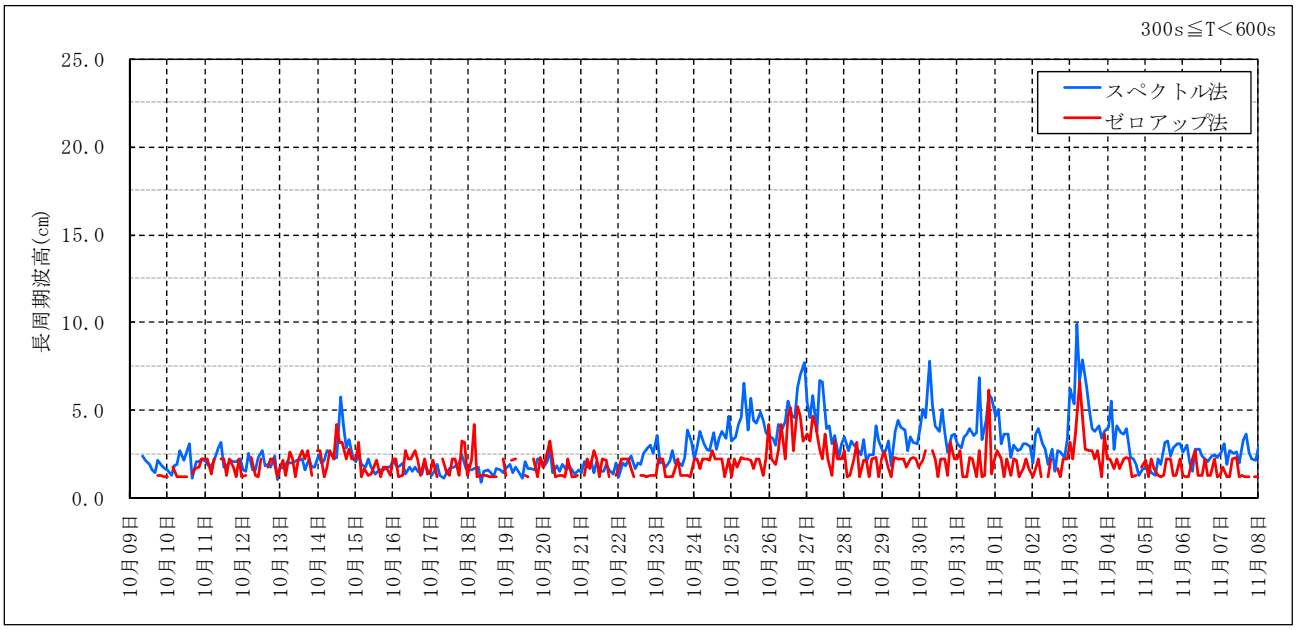


図 3-1-8　300s≦T＜600s の波高

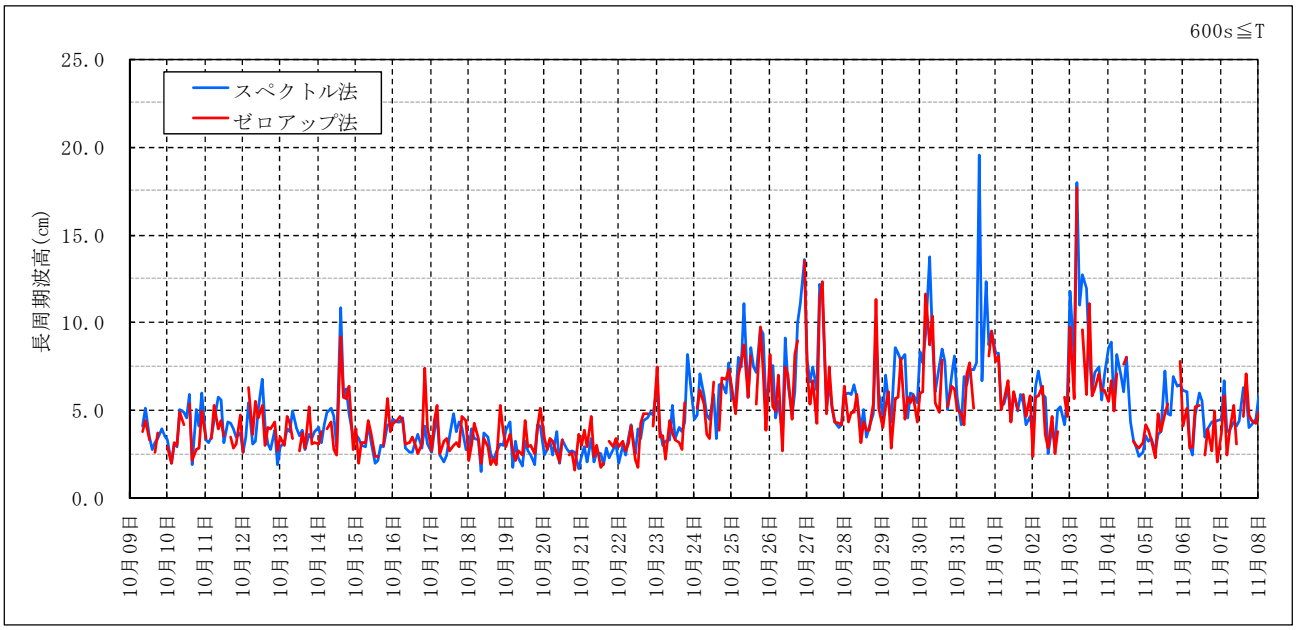


図 3-1-9　600s≦T の波高

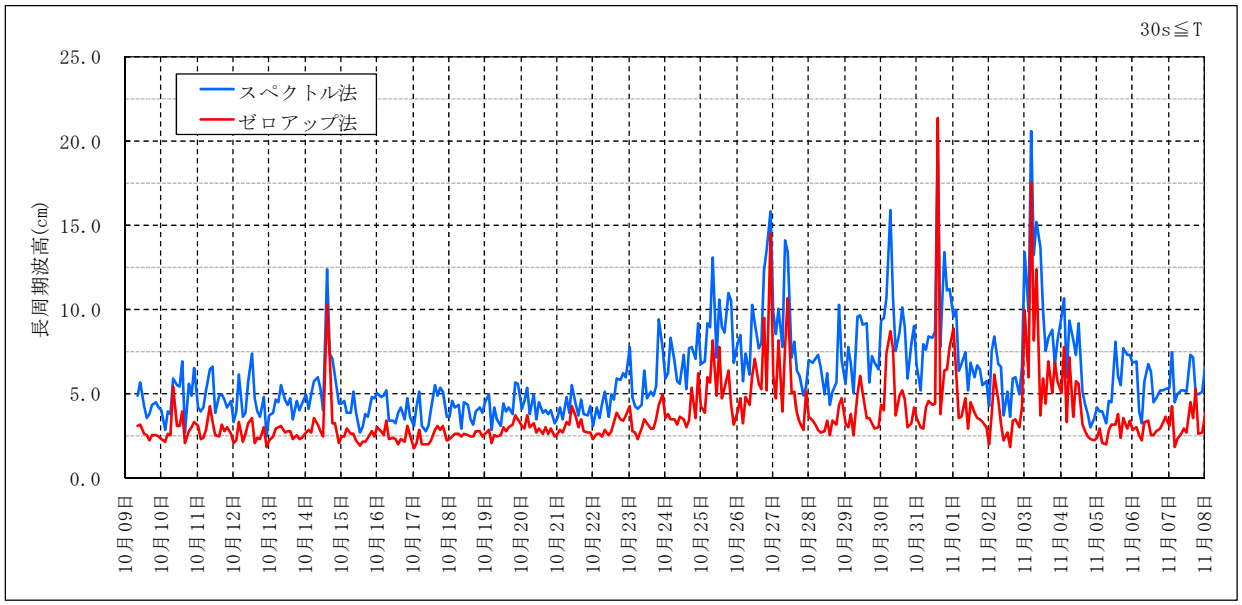


図 3-1-10　30s≦T の波高

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。

長周期波の調査期間である 10 月 9 日～11 月 8 日を含む過去の天気図を図 3-1-11～図 3-1-13 に示した。

過去天気図を見ると、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 3-1-14)、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。

よって、今回竜串湾で発生した長周期波は、低気圧によるもの、短周期波の波群によるものの 2 パターンであるといえる。

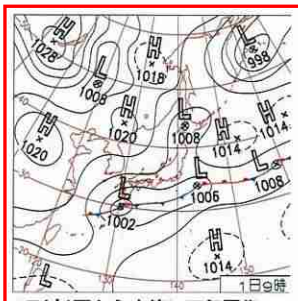
日々の天気図

No. 81

2008年 10月

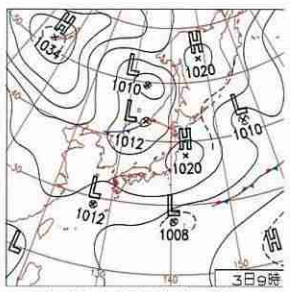
・９日、北海道で局地的に大雨。千歳市支笏湖畔185mm、白老郡白老町森野177.5mmの日降水量。
・22日～24日、南北に連なる気圧の谷が通過。各地で日降水量が100mmを越す大雨。24時間で三重県大台町215.5mm、千葉県君津市191.5mm、和歌山県串本町180mmの降水。

（気象庁予報部予報課）

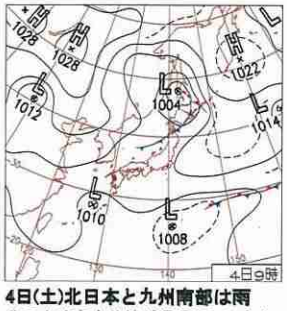


1日(水)西から次第に天気回復
台風第15号は九州の南海上で温帯低気圧に。九州や西～東日本太平洋側の雨も昼に止み、西側の地域から晴れ間が広がる。北日本は寒気を伴った気圧の谷が通過し、雨や雷雨。

2日(木)東京の空にアキアカネ
日本付近は高気圧に覆われる。北海道東部では所々で曇り。他は全国的に晴れで、朝方は冷え込んだが日中は暖かい一日。稚内市沼川で最低気温－0.6℃。南シナ海で台風17号発生。

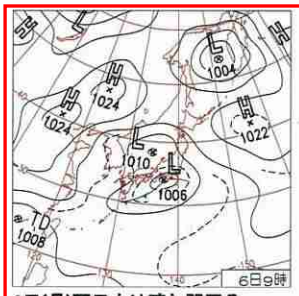


3日(金)本州付近は概ね晴れ
高気圧に覆われた東北～九州北部は概ね晴れ。温暖前線が通過した北海道と低気圧に近い奄美や九州南部・四国の太平洋沿岸は曇りや雨。台風17号は熱帯低気圧に変わる。



4日(土)北日本と九州南部は雨
北日本は寒冷前線が通過し、にわか雨や雷雨。新潟県で海上竜巻。奄美近海で低気圧がほぼ停滞。周辺の暖湿気の影響で九州南部は所々雨。その他は東海上の高気圧に覆われ晴れ。

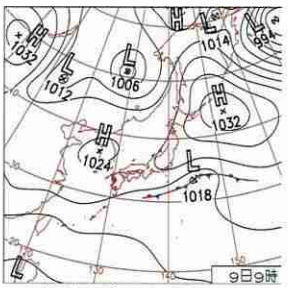
5日(日)雨域ゆっくり東へ
東シナ海に発生した低気圧はゆっくり東進。雨の地域は西日本から東日本まで広がる。北日本も徐々に雲が広がり天気は下り坂。南西諸島は晴れで南大東島の最高気温31.7℃



6日(月)西日本は晴れ間戻る
低気圧は本州南岸を東進。午前中は東日本、午後は北日本中心に雨。西日本は日中晴れて暖か。北海道は放射冷却により、朝の最低気温は平年より3～5℃低い。

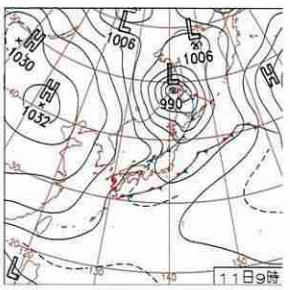
7日(火)伊豆大島で激しい雨
本州の南に前線停滞、夜にかけ活動は活発化。北日本の一部で晴れた他は概ね曇り。前線近傍の太平洋側中心に雨。沖縄県で竜巻。伊豆諸島の大島70mm/1hの非常に激しい雨。

8日(水)関東気温上がらず
日本の南の前線上を低気圧が東進。南西諸島は所々で雨。北日本太平洋側～関東は北海道付近の高気圧から湿った東よりの風が入って曇りや雨。他は高気圧に覆われて概ね晴れ。

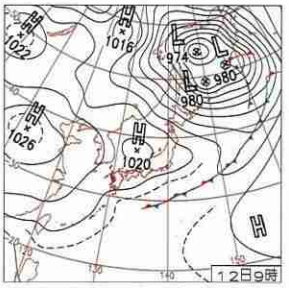


9日(木)北海道で局地的大雨
移動性高気圧が北海道の東海上へ去り北日本は曇り一部で雨。北海道千歳市支笏湖畔64.5mm/1hは観測史上1位。朝鮮半島に高気圧。東西日本は概ね晴れて9月中～下旬の気温。

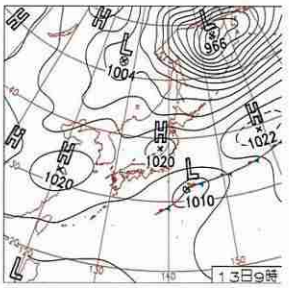
10日(金)天気ゆっくり下り坂
日本の南海上には前線が停滞。南北に連なる大きな気圧の谷が西から接近し、北日本は暖かく湿った空気が流入し大気の状態が不安定。秋田市沖の海上で竜巻が発生。



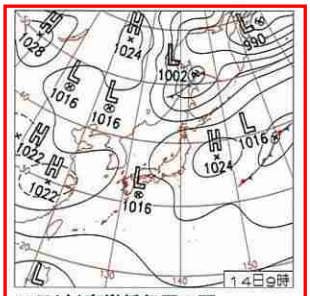
11日(土)北日本　冬型強まる
北～東日本を寒冷前線が通過し、北日本中心に冬型の気圧配置に。日本海側は寒気に伴う筋状の雲が広がる。前線通過後は強い北西風が吹き込み、各地で気温低下。



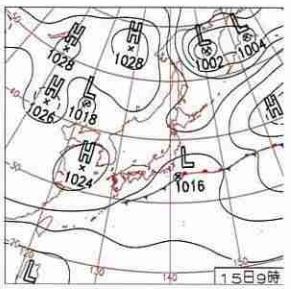
12日(日)四国以北で秋の深まり
冬型の気圧配置の残る北日本の一部や前線近傍の小笠原諸島は雨。列島は高気圧に覆われ晴れや曇り。最高気温は、北海道～四国にかけて平年以下で、長野県諏訪市で3.2℃低い。



13日(月)穏やかな行楽日和
本州付近は移動性高気圧の通り道。相対的に気圧の谷となった東海～関東や九州南部で午前中曇った他は概ね穏やかな晴天の体育の日。北海道帯広市東４条で初霜・初氷を観測。



14日(火)南岸低気圧の雨
高気圧の中心が日本の東へ抜け、本州の南海上を低気圧が東進、このため東日本から西日本は雨。沿岸部で雷雨となり、高知県黒潮町佐賀で89mm/24hを観測。

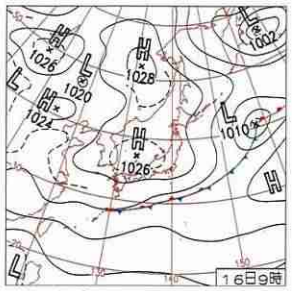


15日(水)山形県で海上竜巻
南海上の低気圧による雨は朝まで。黄海の高気圧に覆われ概ね晴れ。北陸～東北は寒気を伴った気圧の谷が通過、所々で雨や雷雨。北海道の最高気温は平年より3～6℃高い。

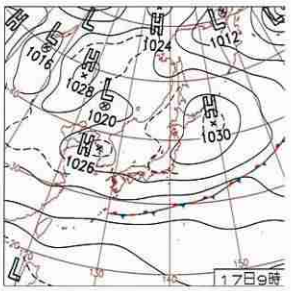
（資料：気象庁ホームページより抜粋）

（http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/hibiten/2008/0810.pdf）

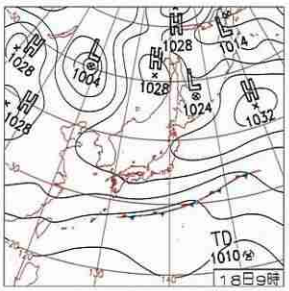
図 3-1-11　2008 年 10 月前半天気図（赤枠内：低気圧接近時）



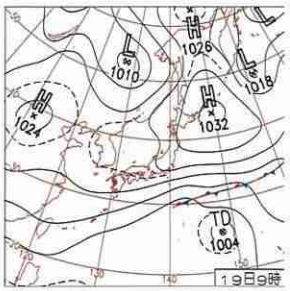
16日(木)さわやかな秋晴れ
九州～北海道は高気圧に覆われ、乾燥した晴天が広がる。一方、前線に近い南西諸島は一部で激しい雨や雷雨。沖縄県国頭村奥で50mm/1h。北海道旭川市で初霜を観測。



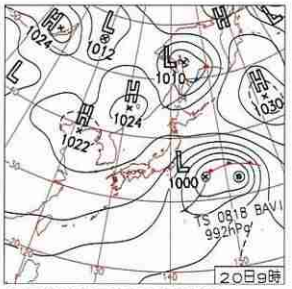
17日(金)北海道旭川市で初氷
日本付近は高気圧に覆われ概ね晴れたが、北海道南部は気圧の谷の通過時に所々雨。近畿太平洋側や四国は湿った空気の流入で曇り。晴れていた東日本以北で夕方から曇り。



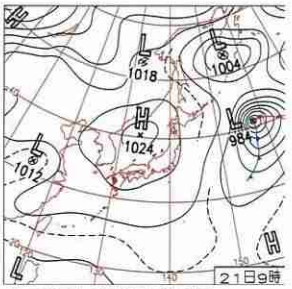
18日(土)本州付近は概ね晴れ
高気圧の南縁に沿う湿った空気が流入した関東や九州南部・奄美の所々で曇りや雨となった他は、引き続き高気圧圏内で概ね晴れ。北海道は気圧の谷が通過して各地で一時雨。



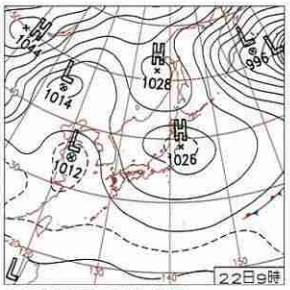
19日(日)台風18号発生
日本列島は引き続き北海道東海上の高気圧に広く覆われ晴れ、湿った空気の流入した関東地方の一部で曇り。日本の南海上では気圧の傾きが大きく、北東の風が強く波が高い。



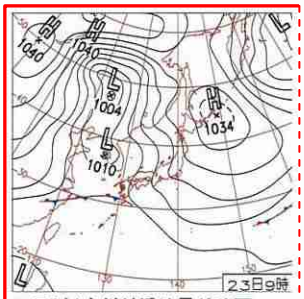
20日(月)台風第18号温低化
本州の東海上を低気圧と台風第18号が北東進。台風は21時に温帯低気圧に変わった。東北、関東の太平洋沿岸にはうねりが到達。九州地方から南西諸島にかけては所々で雷雨。



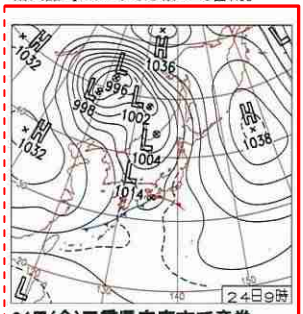
21日(火)九州は汗ばむ陽気
日本付近は移動性高気圧に覆われ、沖縄本島や大東島で雨があった他は全国的に晴れ。九州北部を中心に9月中旬並の陽気で、福岡市の最高気温は平年より6.1℃高い28.2℃。



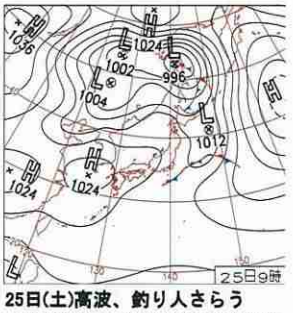
22日(水)西日本から雨
東北に中心を持つ高気圧に覆われた北日本や関東では概ね晴れたが、その他は曇りで、西日本から所々雨となる。長崎県新上五島町有川では63.5mm/1hの非常に激しい雨。



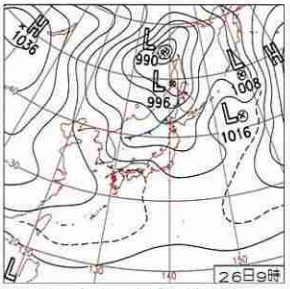
23日(木)本州付近は曇りや雨
千島近海の高気圧に覆われた北海道は概ね晴れ。上空の気圧の谷が通過し、湿った空気が流入した西～東日本や東北は曇りや雨。高知県黒潮町佐賀の75mm/1hは観測史上1位。



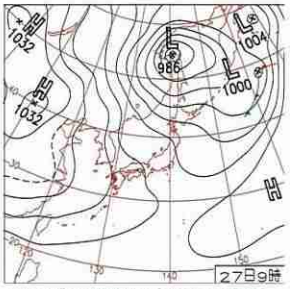
24日(金)三重県志摩市で竜巻
前線を伴った低気圧が本州南岸を通過。一方、日本海北部の低気圧の温暖前線が北海道を通過。北海道や本州で日降水量100mmを超えた所も。茨城県北茨城市花園142.5mm/日。



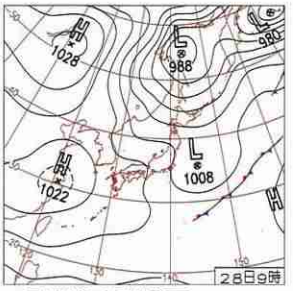
25日(土)高波、釣り人さらう
気圧の谷は東へ抜け北海道は晴れたほかは上中層雲に覆われ概ね曇り。新潟県柏崎市で釣り人11名が高波を受け海に転落。救助の消防隊員５名も転落。その後全員救助された。



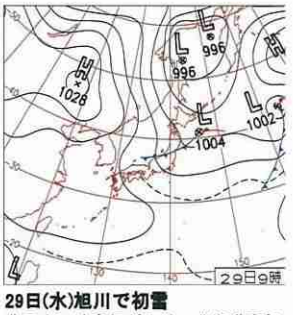
26日(日)東北、北陸で突風害
北日本を寒冷前線が通過。前線や気圧の谷の影響で全国的に雨の地域が多く、北海道や本州の日本海側では雷を伴って強く降る。南西諸島は概ね晴れ。稚内市で初雪を観測。



27日(月)千葉県いすみ市で竜巻
寒気流入、北日本～中国でしぐれ。北陸や関東は所により雷雨となり、千葉市で直径5ミリのひょうを観測。北海道手稲山、福島県吾妻山、長野県甲斐駒ヶ岳で初冠雪観測。

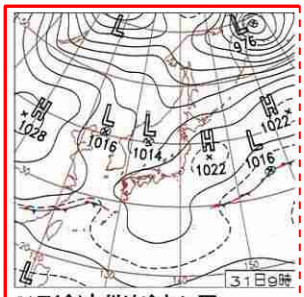


28日(火)冬の便り南下
本州以南は日本海側が寒気の影響でしぐれた他は、西から高気圧に覆われて概ね晴れ。北海道は気圧の谷が通過して曇りや雨または雪。北海道函館市で横津岳の初冠雪を観測。



29日(水)旭川で初雪
北日本には寒気が入り、北海道東部の広い範囲で最低気温が氷点下となった。旭川では平年より6日遅い初雪。一方、寒冷前線が本州を通過し、関東の一部でにわか雨。

30日(木)冬の訪れ関東北部まで
冬型の気圧配置は緩んだが、北日本の日本海側は曇りや雨の天気。標高の高い所は雪。その他の地方は高気圧に覆われる。群馬県の千ノ倉山、白砂山で初冠雪を観測。



31日(金)九州は冷たい雨
高気圧が東に抜け、日本付近は日中にかけ寒が広がる。北日本日本海側や九州は、低気圧や前線の接近による雨。熊本県人吉市の最高気温は、平年より8.7℃低い12.1℃。

（資料：気象庁ホームページより抜粋）

（http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/hibiten/2008/0810.pdf）

図 3-1-12　2008 年 10 月後半天気図（赤枠内：低気圧接近時）

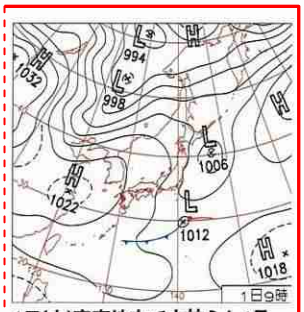
日々の天気図

No. 82

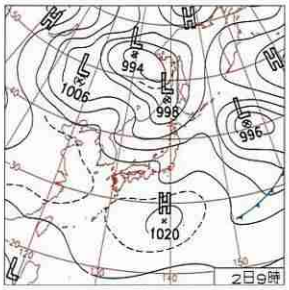
2008年 11月

・6日、前線と低気圧の影響で鹿児島県南さつま市加世田82mm/1h。
・7日～8日、発達した低気圧により、北海道稚内市宗谷岬で最大風速26.7m/s、最大瞬間風速35.7m/s。
・30日、冬型の気圧配置となり山形県酒田市飛島で最大風速26.7m/s、最大瞬間風速36.8m/sを記録。

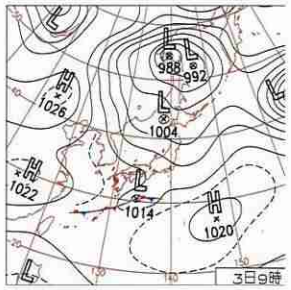
（気象庁予報部予報課）



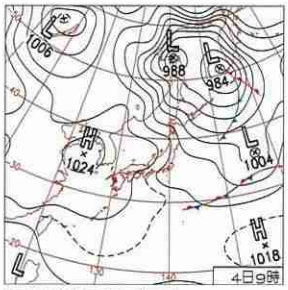
1日(土)東京地方で木枯らし1号
北～東日本は一時弱い冬型の気圧配置となり日本海側と北海道は朝のうち雨、午後は回復して晴れ。その他は終日晴れ。東京地方は昨年より17日早い「木枯らし1号」が吹く。



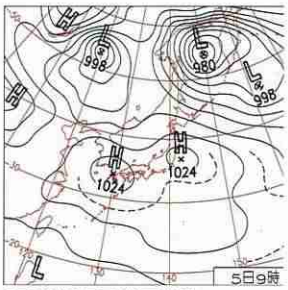
2日(日)山形市　初氷
南西諸島～九州と東～西日本の日本海側や北日本は気圧の谷や寒気の影響で曇りや雨。秋田県で竜巻発生。他は所々で薄雲が広がったものの、南海上の高気圧に覆われて概ね晴れ。



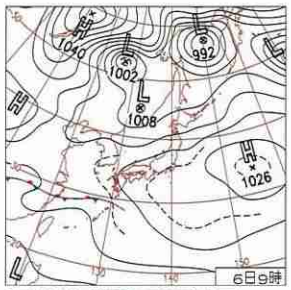
3日(月)文化の日
日本海北部と日本の南海上に低気圧があって東進。全国的に曇りで北海道～東北の所々と東海の一部及び四国～九州南部では雨が降り、東北地方では雷雨となった所も。



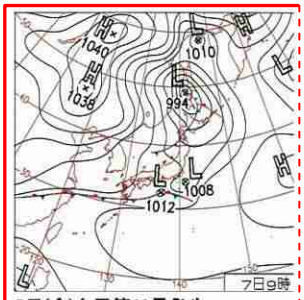
4日(火)北日本に初雪
北日本に寒気が流入し札幌をはじめとする北海道の広い範囲で初雪を観測し一面銀世界へ。この雪は東北にも訪れ青森で昨年より11日早い初雪を観測。



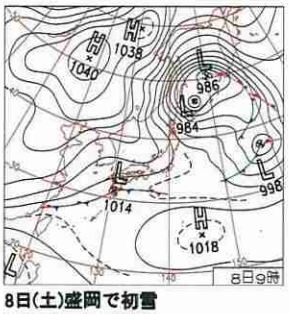
5日(水)北日本は不安定
西～東日本は高気圧に覆われ概ね晴れるが、北日本は気圧の谷が通過、所々で雨や雷雨。秋田市で15mmのひょう。先島諸島も朝までに激しい雨。北海道標茶町最低気温-8.8℃。



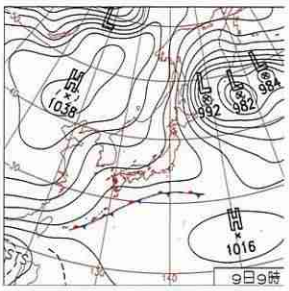
6日(木)九州南部で猛烈な雨
高気圧が東に抜け次第に気圧の谷に入る。東～北日本太平洋側は概ね晴れ、日本海側は曇りや雨。西日本は前線の影響で所々雨。鹿児島県南さつま市加世田82mm/1hの猛烈な雨。



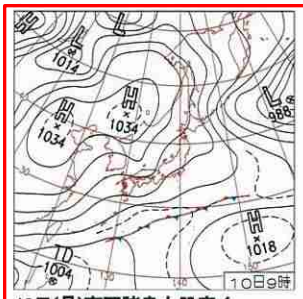
7日(金)台風第19号発生
寒冷前線が通過し北日本～北陸は雨。北海道は次第に雪に変わり大荒れ。日高支庁様似町で竜巻発生。南海上の前線上を低気圧が東進。太平洋側は午後一時晴れたが朝晩は曇りや雨。



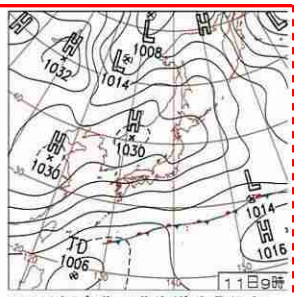
8日(土)盛岡で初雪
北海道は12月並の寒気が入り、日本海側中心に24時間で10～20cmの降雪。盛岡で平年と同日の初雪を観測。本州南岸に停滞する前線の影響で東～西日本は南部を中心に雨。



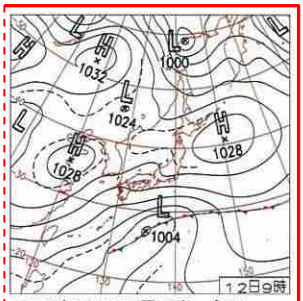
9日(日)季節を分ける雲
日本付近は冬型の気圧配置が続いているが、本州は大陸と南海上の高気圧の境目にあたり雲が多く所々で雨を観測。北海道東部は千島近海の低気圧の影響で暴風が続く。



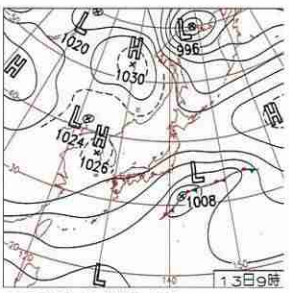
10日(月)南西諸島も肌寒く
本州付近は太平洋側の雨が収まるも、依然雲が多く肌寒い。南西諸島は終日雨で日中も気温が上がらず、那覇市桶川の最高気温は22.8℃。6月以降、初めて夏日が途切れる。



11日(火)東北～北海道冷え込む
東北以北は放射冷却で最低気温が多くの所で平年並以下、北海道富良野市麓郷では-10.3℃。北海道室蘭市や青森市等で初霜や初氷。福島県吾妻山で高さ300m程度の噴気を観測。

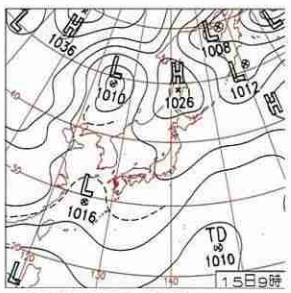


12日(水)山形県酒田市　初氷
日本の南の前線上を低気圧が東進し、八丈島の南の海上は大しけ。東北南部の一部と関東甲信で雲りや雨となった他は、三陸沖や黄海の移動性高気圧に覆われて概ね晴れ。



13日(木)全国的に晴れ
日本の東海上と朝鮮半島の高気圧に覆われて全国的に晴れたが、南西諸島は高気圧の縁で初めは雨の所も。気温は10月下旬～11月上旬並で、東海から西の太平洋側で20℃超の所も。

14日(金)穏やかな晴れ
日本付近は低気圧の接近する北海道や南西諸島を除き、昨日に続き広く高気圧に覆われ晴天。このため各地で最高気温は10月中旬から下旬並みの穏やかな１日。



15日(土)天気は下り坂
高気圧の勢力が弱まり、大陸から低気圧や気圧の谷が接近。九州は昼頃から、四国、中国も夜には雨。東海や関東の一部でも南からの湿った気流による弱い雨。

（資料：気象庁ホームページより抜粋）

（http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/data/hibiten/2008/0811.pdf）

図 3-1-13　2008 年 11 月前半天気図（赤枠内：低気圧接近時）

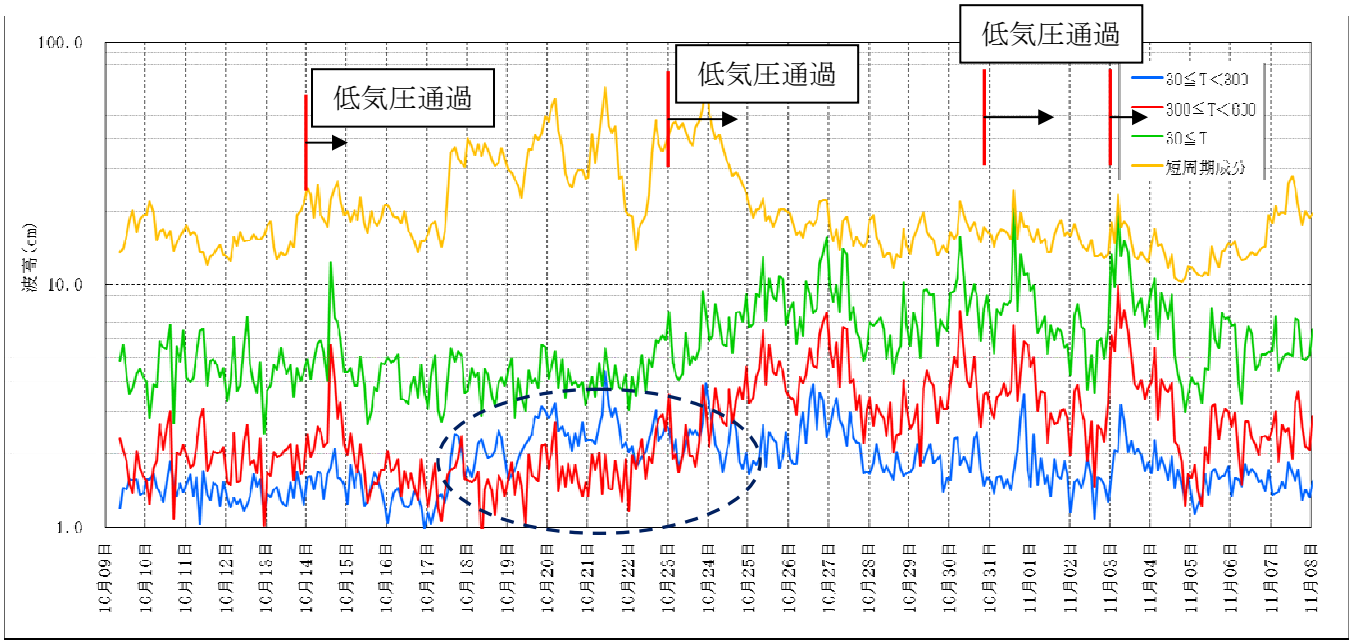


図 3-1-14　長周期波と低気圧との比較

3.1.2　竜串湾における長周期波の影響

1)目的

上記現地観測及び既存資料による検討の結果、竜串湾においても長周期波が来襲することが判明した。そこで、長周期波の影響を把握するために、現地観測結果を基にブシネスクモデルを用い長周期波の影響把握を行った。

2)実施内容

(1)予測手法

エネルギー平衡方程式では、風波のスペクトル（Bretschneider-光易型）を用いて計算を行うため、長周期波が有する周波数帯を再現することができなかった。また、水位変動を直接解くわけではないので、長周期波の反射などに伴うウェーブ・セットアップの効果を考慮できなかった。

しかし、ブシネスクモデルでは、沖合でスペクトル形状から水位変動を与えて計算を行うため、スペクトル形状が特定できれば、比較的長い周波数帯を有する長周期波でも再現が可能であり、水位を時系列に解くため、ウェーブ・セットアップの効果も考慮することができる。また、各種港湾でも、ブシネスクモデルを利用した長周期波の計算を行っている事例が増えてきていることから、長周期波に対してこのモデルの有用性が伺える。

(2)予測条件の設定

長周期波の計算は、観測結果から明らかになったように、比較的周波数帯の短い波群性による長周期波（CASE-1）と、周波数帯の長い気象性による長周期波（CASE-2）の 2 ケースを対象に行った（表 3-1-2)。

検討ケースの設定に関しては、より危険側を考慮するため観測波高のピーク値を用いた。波群性の長周期波（30s≦T＜300s）に関しては、10 月 23 日　22：50 にピークを迎え、その時の波高は 3.9cm であった。また、気象性の長周期波（30s≦T＜600s）は 11 月 3 日　4：50 にピークを迎え波高は 10.1 cmであった。

この期間における観測波浪のスペクトル形状は図 3-1-15 となった。計算においては、観測スペクトルを基に沖合で、水位変動を与える。なお、計算には該当周波数内の波のみを発生させるようにするため、CASE-1 において青色の範囲内、CASE-2 においては赤色の範囲内のスペクトルのみを抽出した。また、この範囲内で平均波周期を算定したところ CASE-1 では 61.2s、CASE-2 では 175.6s であった。

その他の計算条件については、表 3-1-3 に示した。

表 3-1-2　条件ケース設定

	波高（cm）	周期（s）	周波数帯	備考
CASE-1	3.9	61.2	30-300	波群性、10/23　22：50 の観測波高
CASE-2	10.1	175.6	30-600	気象性、11/3　4：50 の観測波高

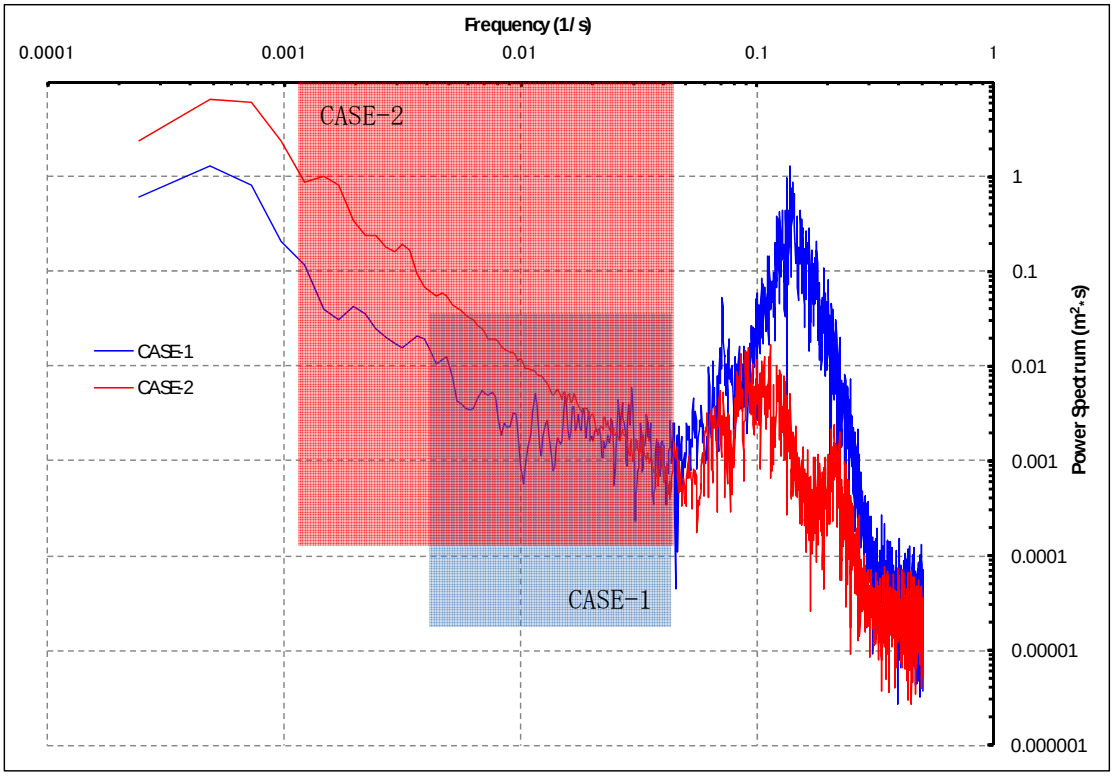


図 3-1-15　観測スペクトル形状

表 3-1-3　入力条件

項目	設定値
沖側代表水深	40m
潮位 1)	1.14m
成分波数 2)	256
主波向 1) 2)	S、一方向不規則波
計算格子間隔 3)	CASE-1：10m×10m CASE-2：20m×20m
計算時間間隔	CASE-1:0.2s CASE-2:0.5s
計算時間	CASE-1：14400s CASE-2：36000s

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 CASE-1 では $L=1.56*T^2 \fallingdotseq 1.56\times 61.2^2 = 5842$m、CASE-2 では $L=1.56*T^2 \fallingdotseq 1.56\times 175.6^2 = 48103$m 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。今回のモデルでは、反射による影響を考慮するため、岸沿いにエネルギー吸収帯を設定する必要がある。この、エネルギー吸収帯の幅が、CASE-1 ではおよそ 20～30m、CASE-2 では 50～60m 程度必要である。よって、エネルギー吸収帯の幅を考慮して、格子サイズを、CASE-1 では 10m、CASE-2 では 20m と設定した。

3)調査結果・考察

(1)解析結果

（波高分布）

波高分布を図 3-1-16、図 3-1-17 に示した。CASE-1 では沖合で約 4cm、CASE-2 では約 10cm の波を入射させたが、ともに減衰せずに沿岸域まで来襲していることがわかった。特に、湾奥に位置する三崎川や宗呂川河口、桜浜、爪白海岸で波高の増加が顕著であった。この原因としては、長周期波のエネルギーが地形の効果により集中したため、波高が高くなったと考えられる。また、通常の波浪では静穏域とされる大潟でも、長周期波の場合では減衰せずに来襲するため注意が必要である。

全体的に、CASE-1 では爪白海域、CASE-2 では三崎川河口から大潟、桜浜海域で影響が顕著であり、波群性、気象性の長周期波で波高分布に違いがみられた。

（最大流速分布）

最大流速分布を図 3-1-18、図 3-1-19 に示す。CASE-1、CASE-2 共に長周期波の影響が強くなる湾奥付近で最大流速が大きくなっていた。特に、CASE-2 では 0.5m/s 以上の領域が増え、さらに、大潟海域で 0.3m/s 程度、海中展望塔付近で 0.2m/s 程度の流速が出現していた。

（伝播）

図 3-1-20 に CASE-1 における長周期波の伝播図を、図 3-1-21 に CASE-2 における伝播図を示した。伝播図を見ると、CASE-1、CASE-2 共に千尋岬による回折により、大碆海域へと流入していることがわかった。また、通常の波では、城ノ岬や弁天島南で屈折の効果により水位が増加するが、長周期では、波長が長いため、屈折の効果を受けにくく水位の上昇はそれほどみられなかった。

流速をみると、湾奥に侵入するに従って、その値が大きくなっており、気象性の長周期波を考慮した、CASE-2 では 25cm/s を超える流速が発生していた。特に、三崎川河口では水位が増加しやすいため、三崎川河口と大碆海域で水位差が生じ、それにより長周期波の流入時よりも、沖への流出時の方が流れは速くなっている。このことは、通常は静穏域である大碆海域においては、溜まった泥土を沖側に移動させるクリーニング作用の可能性を示唆している。

（留意点）

ナウファスの観測結果によると、台風の通過に伴い長周期波高が増大していた。今回の観測期間においては台風の通過がみられなかったため、全体的にピーク時の波高は低めに観測されていた。そのため、危険側での長周期波の影響を見るためには、台風の通過を挟んだ観測結果を用いて予測を行う必要がある。

また、長周期波は、周期帯によって波向きが異なる可能性があるため、今後は、長周期波の周期帯別の方向性について検討を行う必要がある。

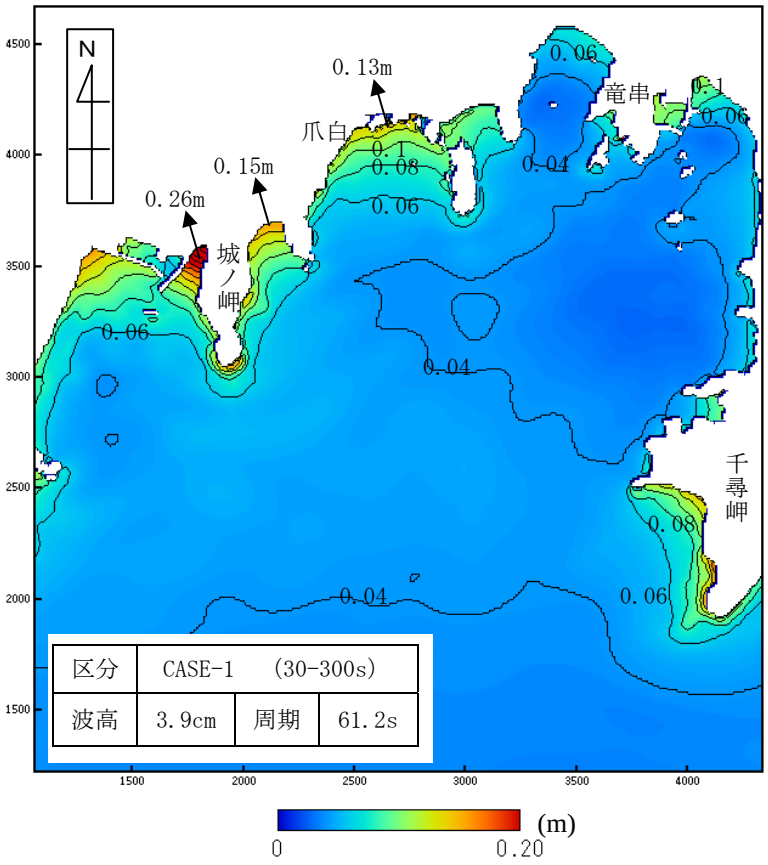


図 3-1-16　波高分布（CASE-1）

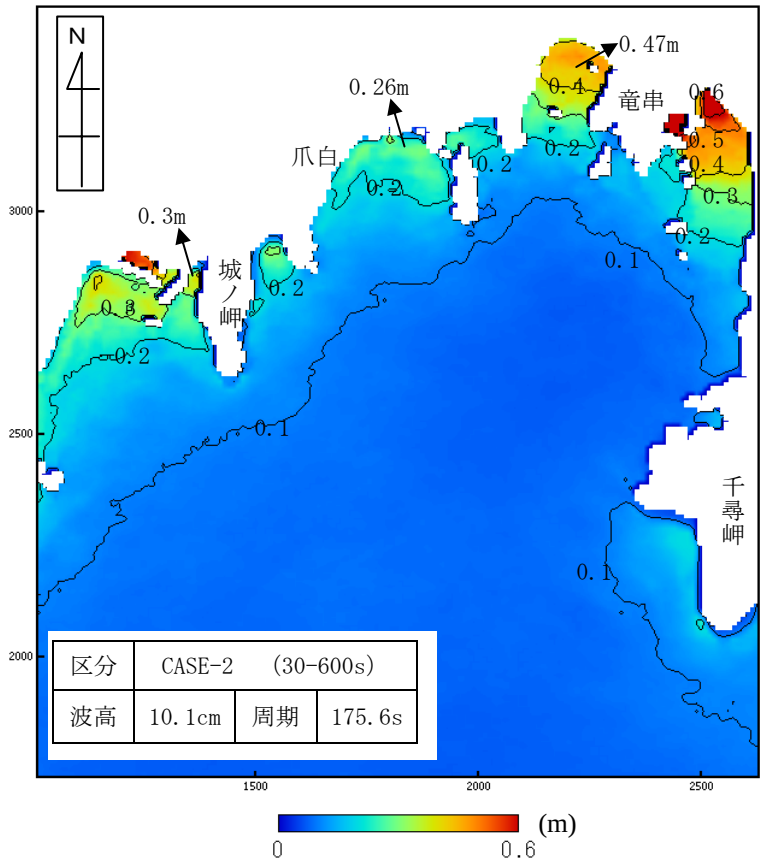


図 3-1-17　波高分布（CASE-2）

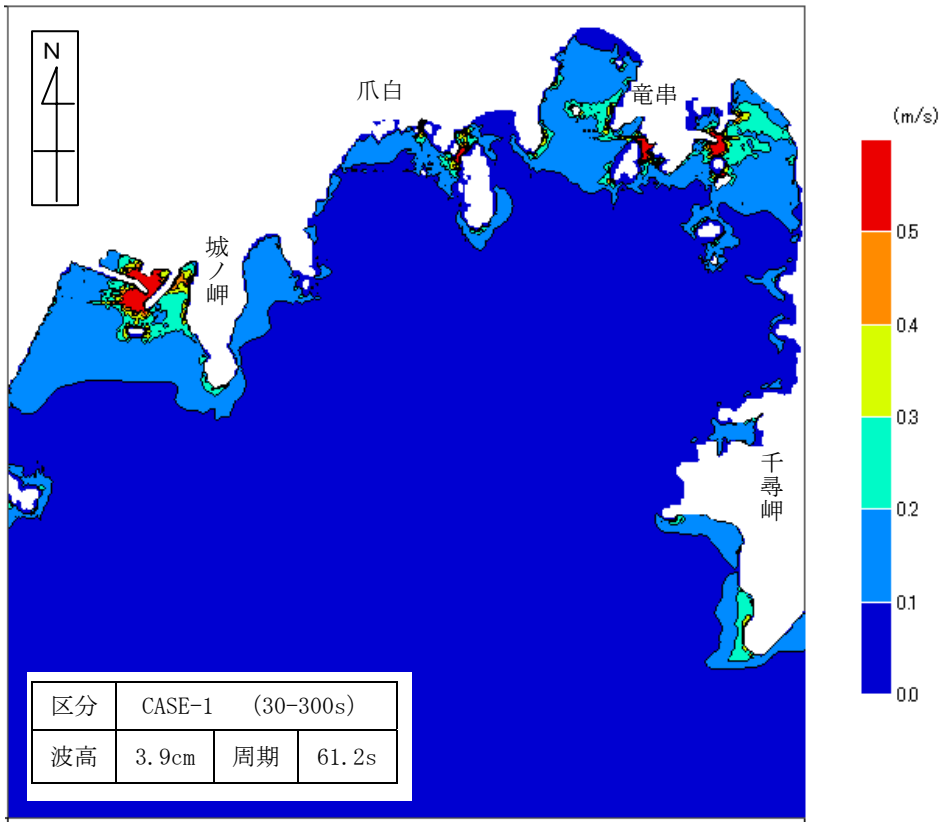


図 3-1-18　最大流速分布（CASE-1）

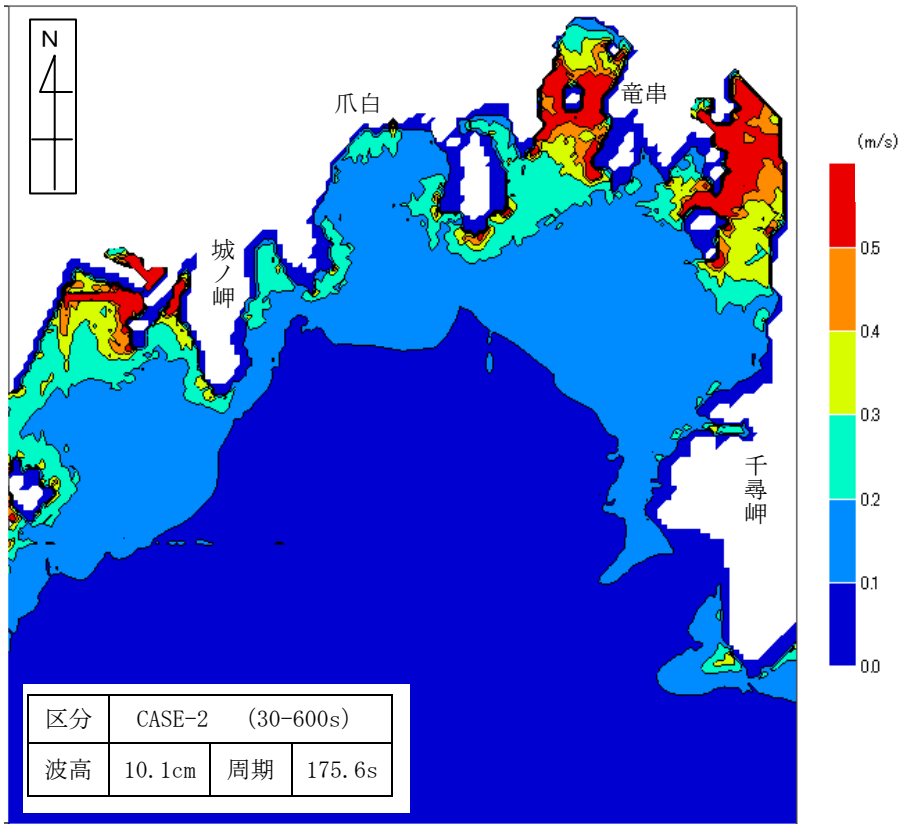


図 3-1-19　最大流速分布（CASE-2）

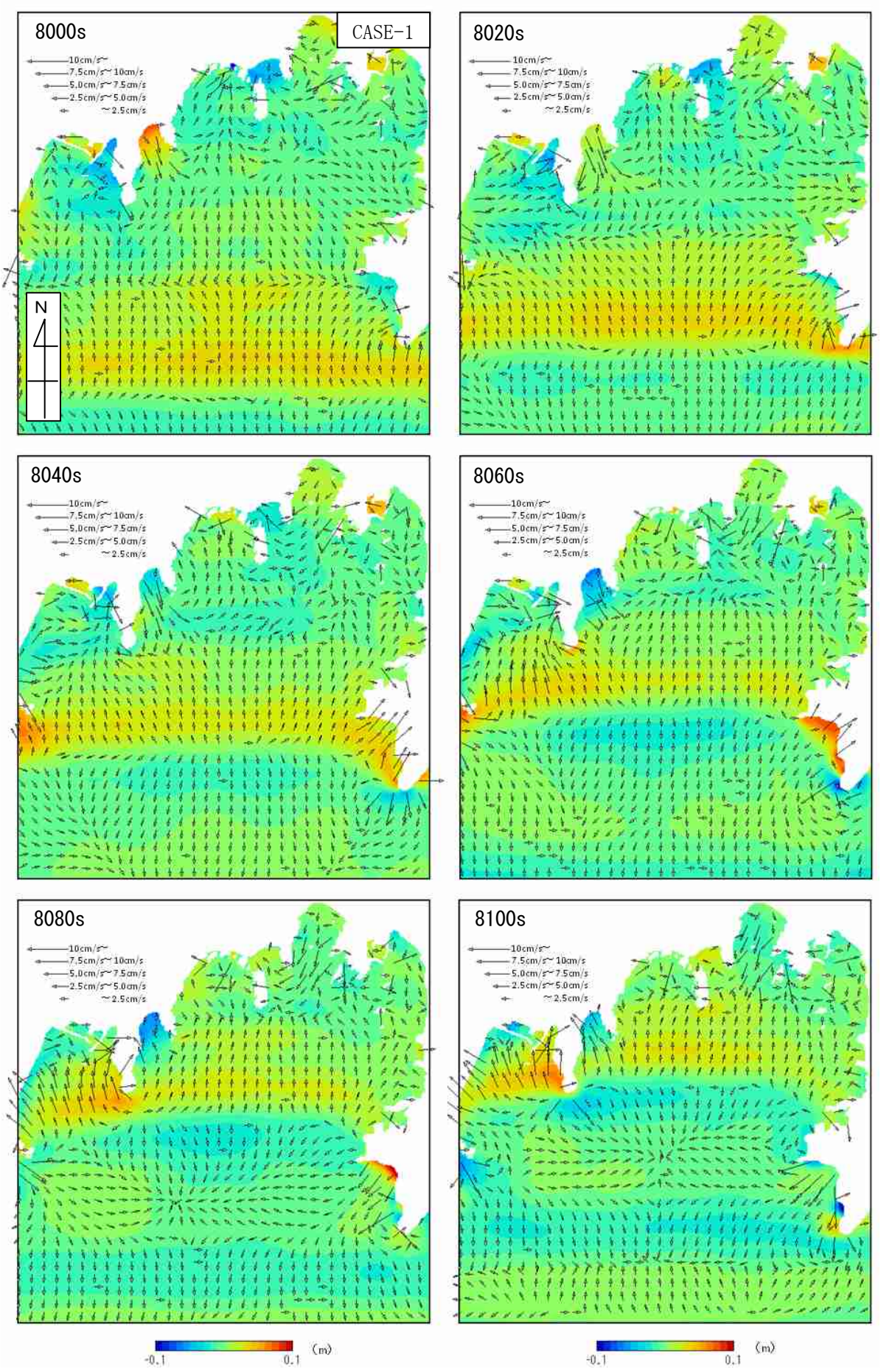


図 3-1-20（1）　CASE-1　長周期波伝播図（8000s～8100s）

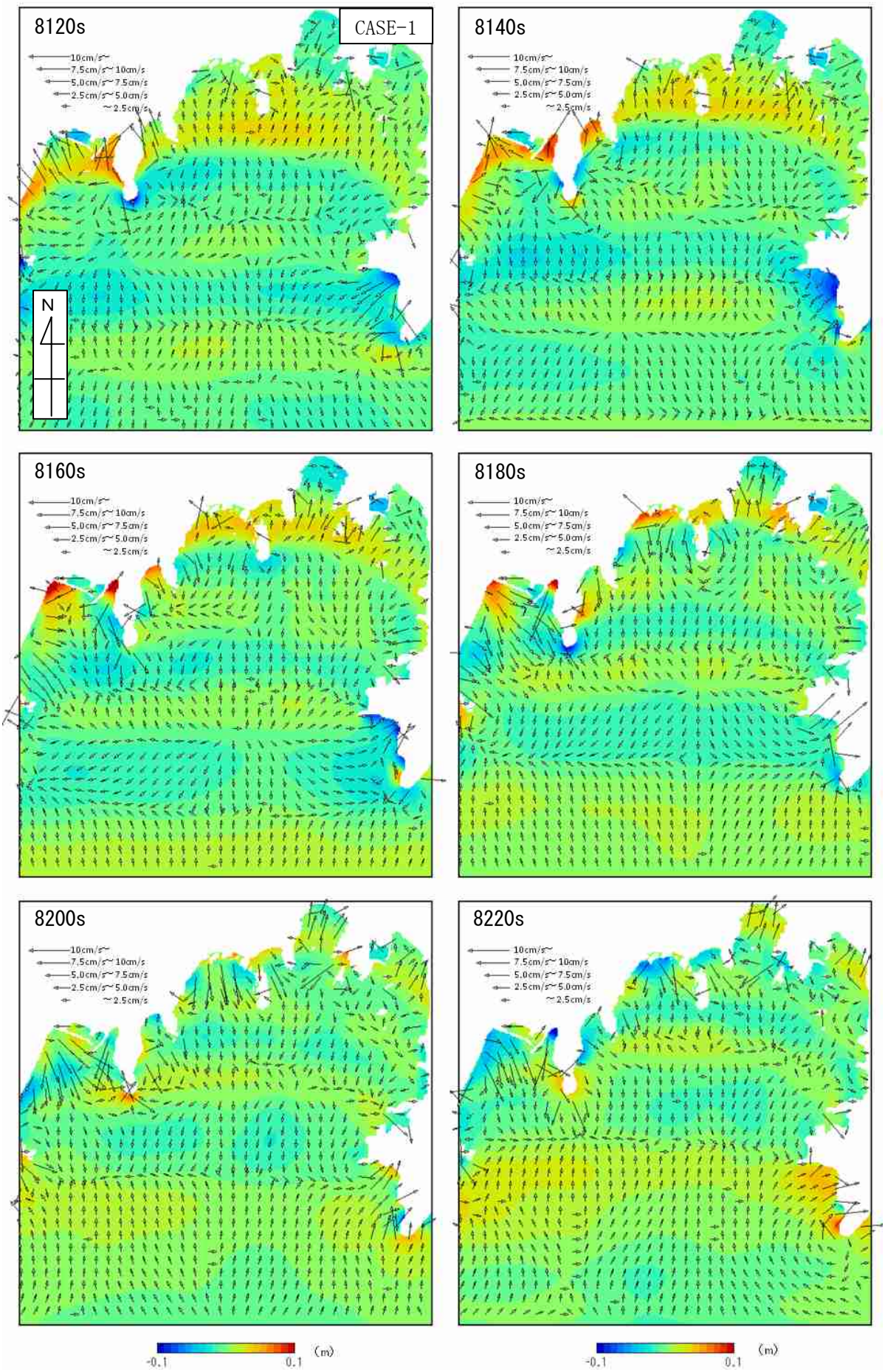


図 3-1-20 (2)　CASE-1　長周期波伝播図（8120s～8220s）

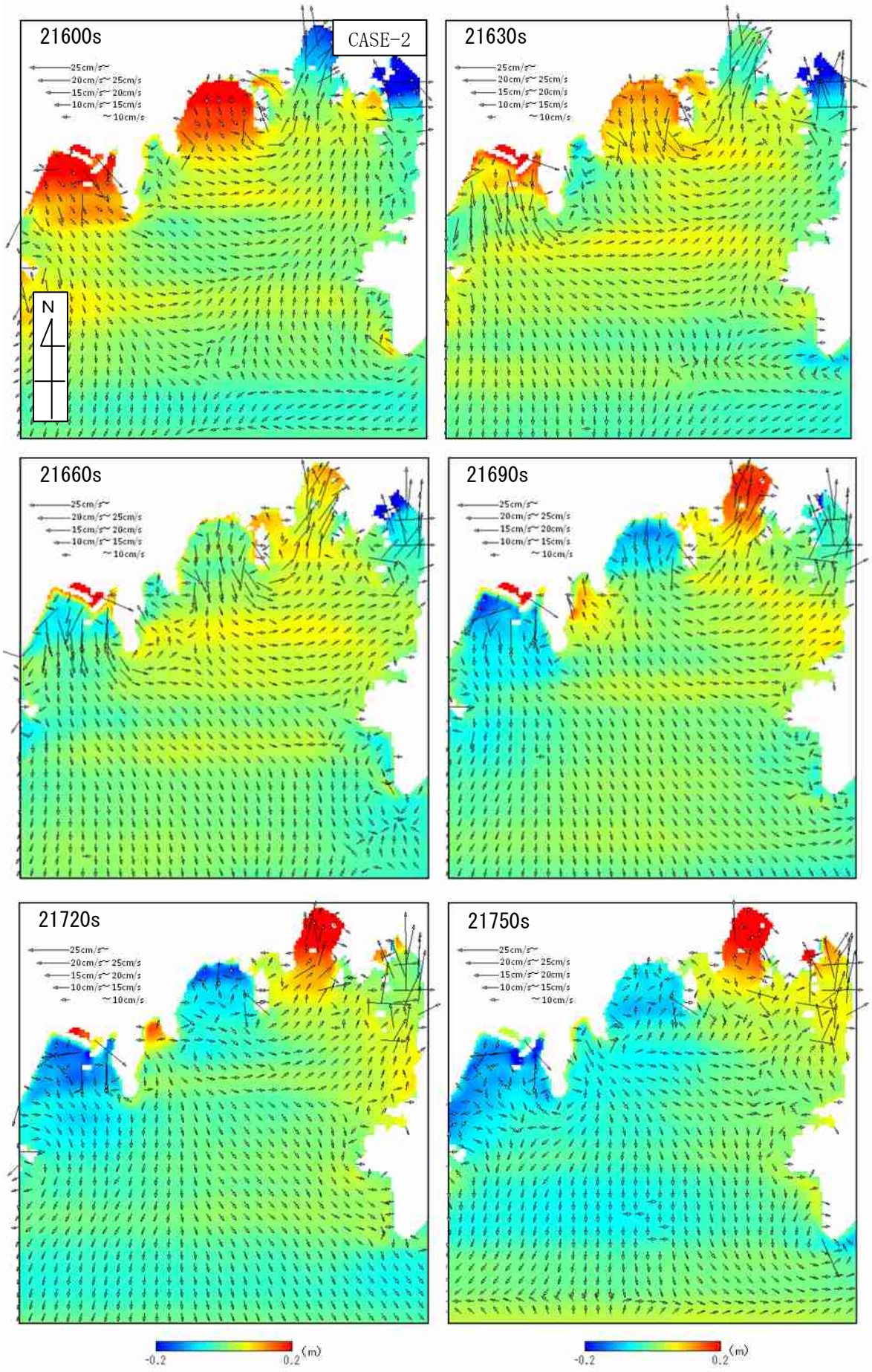


図 3-1-21 (1)　CASE-2　長周期波伝播図（21600s～21750s）

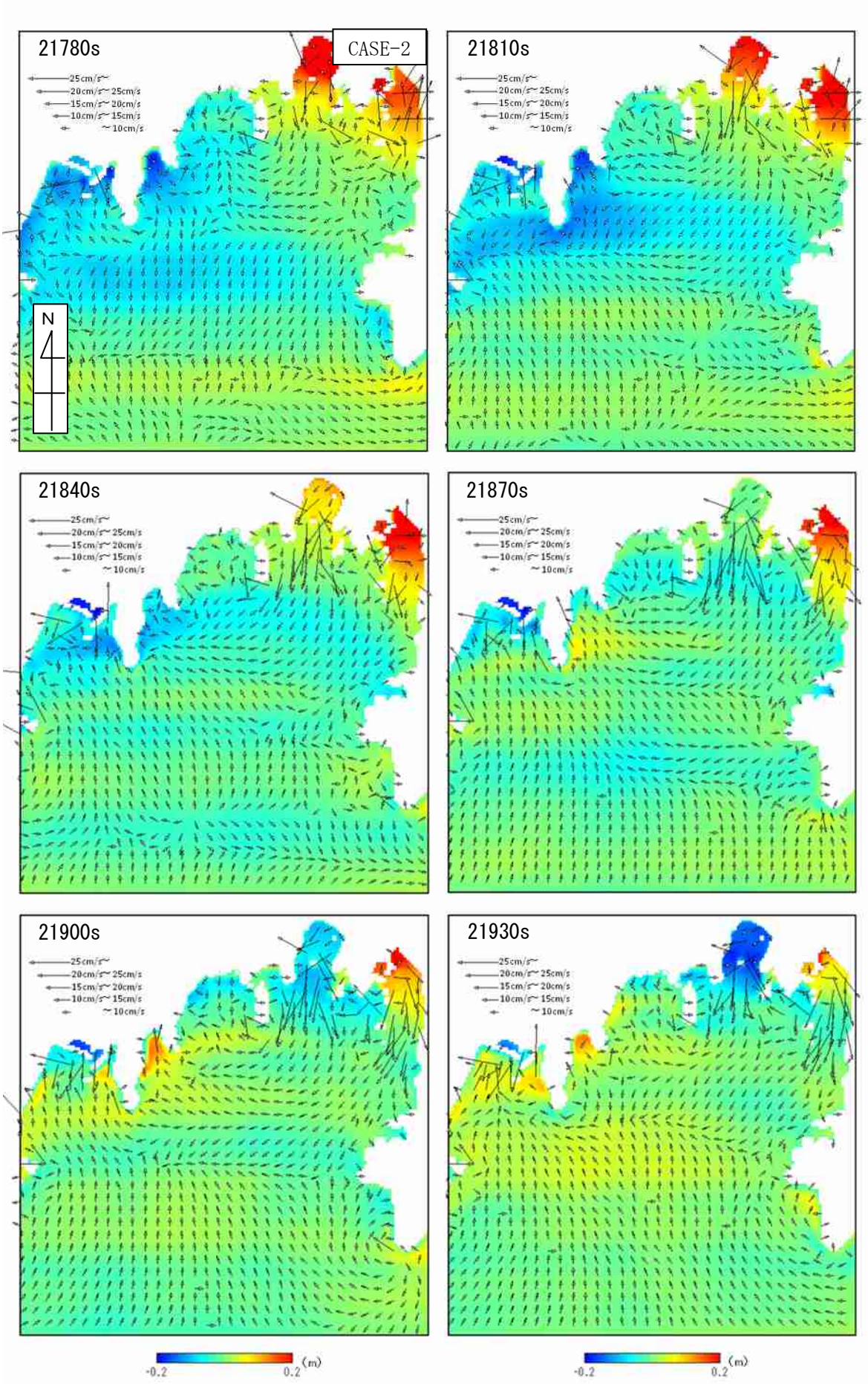


図 3-1-21 (2)　CASE-2　長周期波伝播図（21780s～21930s）

(2) 濁度観測結果との比較

今期間の濁度観測結果と長周期波高観測結果との比較を行った結果（図 3-1-22)、今期間で最も長周期波が卓越していた 11 月 3 日～4 日にかけては濁りの発生は確認されなかった。

濁度発生期間である 10 月 20 日～24 日にかけては、通常の周期の短い波が卓越しており、濁りの発生に関しては、長周期波よりも周期の短い風波やうねりなどの短周期の波のほうが起因していた。なお、この期間においては、沖合の低気圧で発生した周期の比較的長い長周期波よりも、波群に伴う周期の比較的短い長周期波の方が発達していることから、濁り成分発生後の現象に比較的周期の短い長周期波が影響を与えている可能性はある。特に、長周期波は、図 3-1-23 に示したように流速的には短周期の波と比べ小さいが、流れの継続時間が非常に長くなるため、高波浪により巻き上げられた泥分が、長周期波により輸送されることが考えられる。今後、濁度発生時における長周期波の特性を調べていく必要がある。

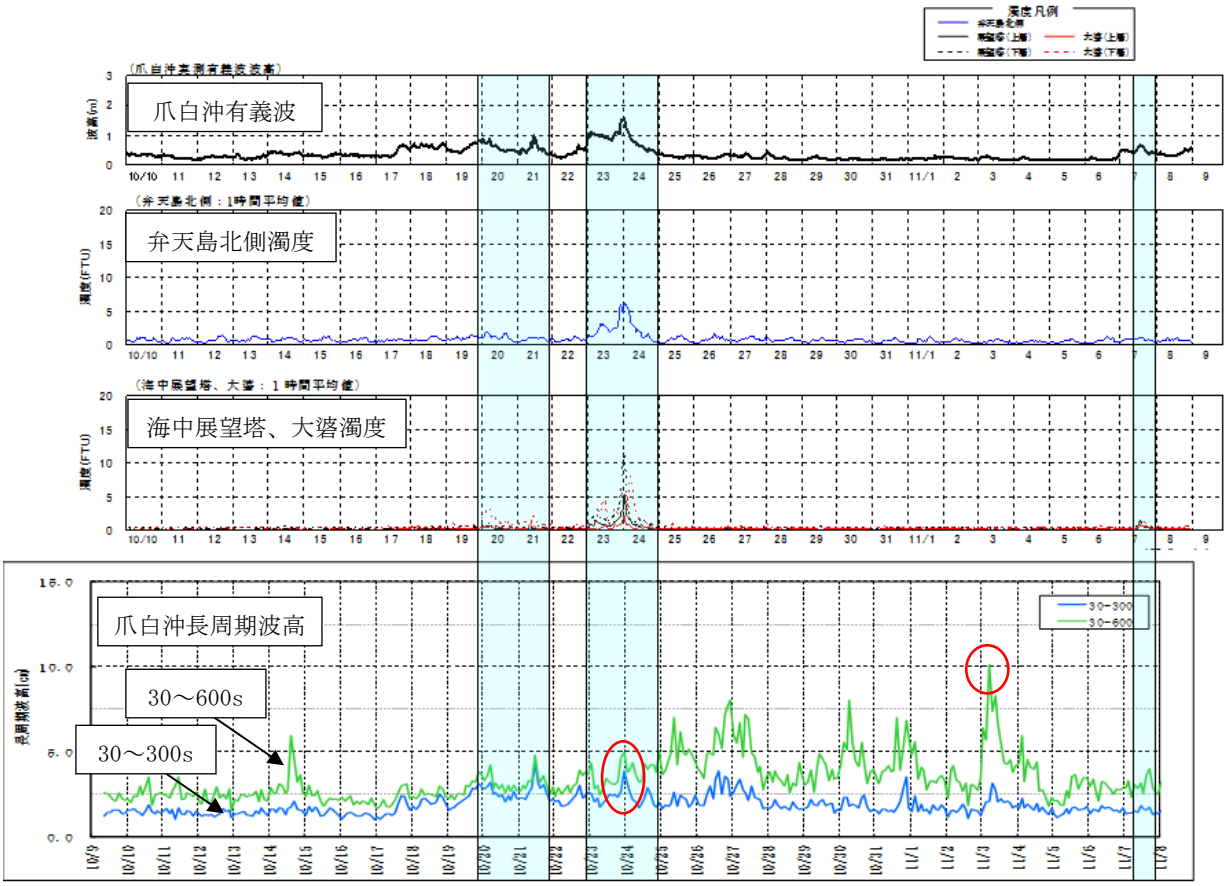


図 3-1-22　濁度観測結果との比較（長周期波観測期間）

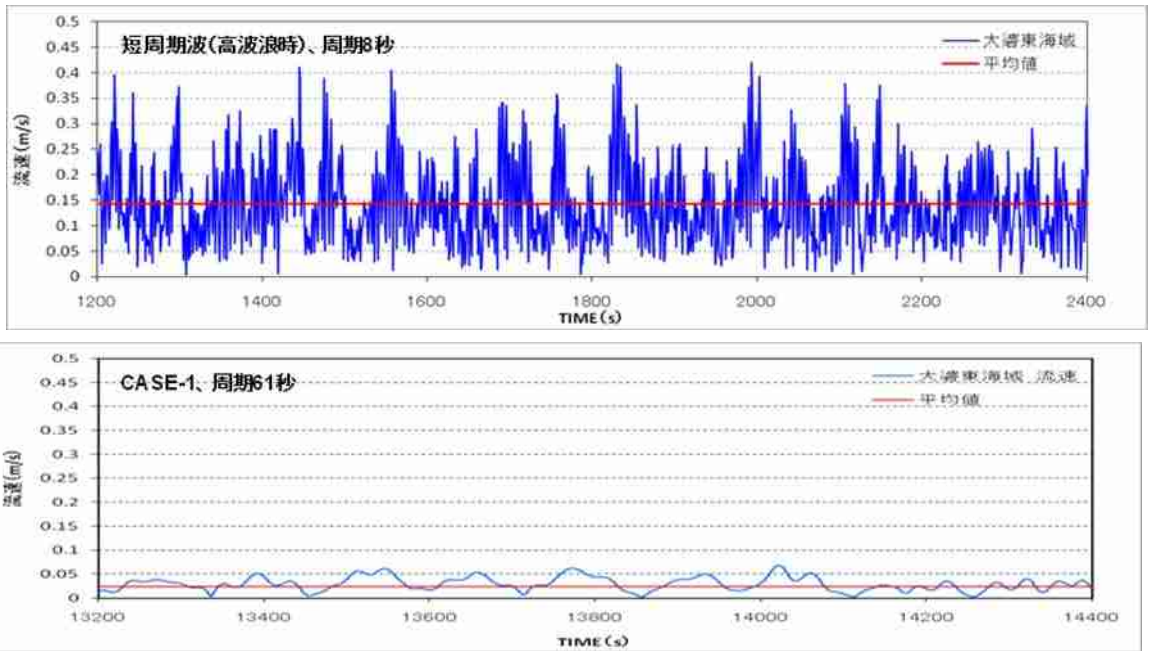


図 3-1-23　短周期波と長周期波の流速比較イメージ（1200s 間）

（大碆東海域　上段：短周期波　T=8s、下段：長周期波　T=61s）

3.2　三崎川河口域における健全な海域環境の検討

3.2.1　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、河川改修工事等に起因していることが明らかになった。さらに、千尋崎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。

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を検討するための基礎資料として、三崎川河口部の変遷（防波堤、竜串漁港整備等）に伴って、竜串湾に流入する土砂の挙動状況（移動・堆積状況）を数値計算で再現した。

2)実施内容

竜串湾は、これまでの調査により海浜流が卓越している海域であることが明らかになった。しかし、三崎川河口域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、三崎川からの出水時の状況を密度流の効果を考慮した 3 次元レベルモデルを用いて、濁り (SS)、堆積分布の予測を行った。

(1)予測モデル

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。詳細は参考資料に示した。

(2)計算条件

①河川流量

河川流量は、平成 19 年度の三崎川の流量観測結果より設定した。

通常時：1.61m^3/s（平水流量）

出水時：2.93m^3/s（豊水流量）

②SS 負荷量

SS 負荷量は、三崎川の観測結果より設定された L-Q 式より設定した。

SS：$LSS=2.30\times10^{-3}\times Q^{1.48}$（三崎川河口）

表 3-2-1　SS 負荷量

	流量（m^3/s）	SS 負荷量（kg/s）
通常時	1.61（平水流量）	4.65×10^{-3}
出水時	2.93（豊水流量）	11.29×10^{-3}

③沈降速度

沈降速度は、平成 15 年度に実施した沈降速度試験より設定した。

沈降速度：13cm/h（3.611×10^{-5}m/s）

・試験方法：三崎川中流域の泥を純水に懸濁させて、攪拌後 5 分間静置し、粗粒子を除いた懸濁液を模擬懸濁水原水として、100mg/l の濃度に調整して実験に使用した。

・試験結果：以下の表に試験結果を示した。これによると、海水と淡水の混合条件に顕著な差はみられなかった。

表 3-2-2　沈降速度試験結果

混合条件（%）		沈降速度（cm/h）
海水	淡水	
100	0	12.2
50	50	13.3
0	100	13.6

④拡散係数

拡散係数は、平成 15 年度に実施した流況調査より解析した拡散係数より設定した。図 3-2-1 に竜串湾の拡散係数を示した。これによると、今回の予測範囲に含まれる調査測点は st.1、st.5 であった。この 2 点の拡散係数より、計算に用いる水平拡散係数は次のように設定した。

水平拡散係数：1×10^{3}cm/s^{2}

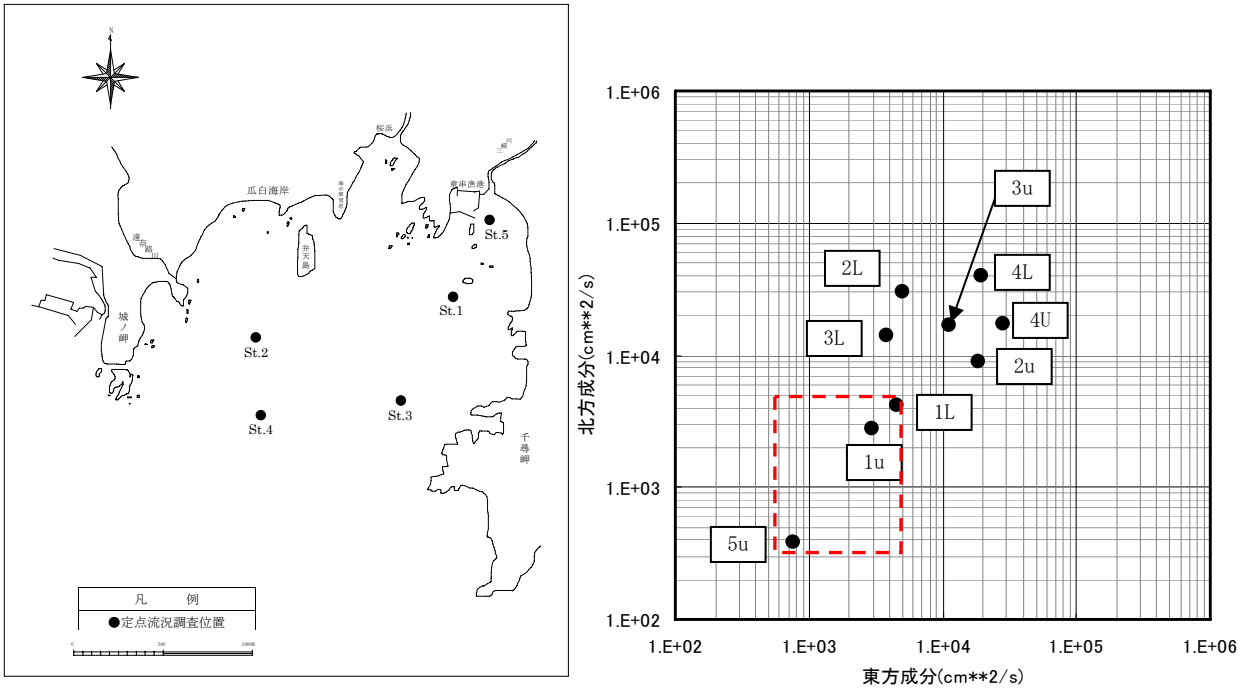


図 3-2-1　拡散係数

なお、鉛直拡散係数は水平拡散係数の 1/1000～1/100 であるので、本解析では水平拡散係数の 1/100 とした。

(3) 予測ケース

三崎川河口域の地形の変遷は、図 3-2-2 より以下の 4 パターンを設定した

第 1 パターン（1940 年代）・・・自然海岸（人工構造物が無い状態）

第 2 パターン（1960 年代）・・・竜串港南沖防波堤建設後

第 3 パターン（1970 年代）・・・竜串港建設後

第 4 パターン（2000 年代）・・・導流提建設後（現状地形）

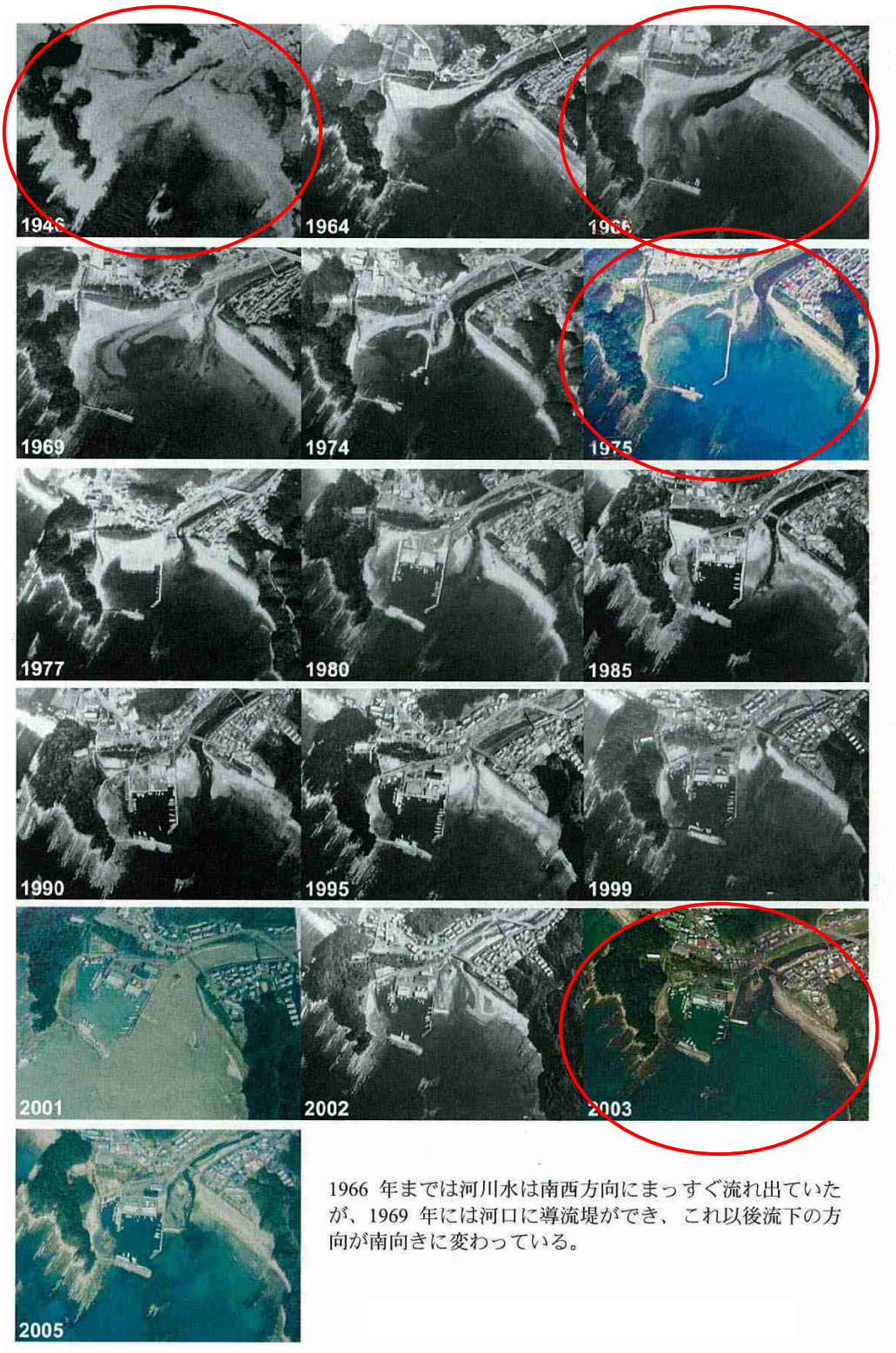


図 3-2-2　三崎川河口の変遷

そこで、以下の 5 ケースを対象に予測を行った。

表 3-2-3　検討ケース

	地形	河川流量	
		通常時	出水時
CASE-1	第 1 パターン（1946 年）		○
CASE-2	第 2 パターン（1966 年）		○
CASE-3	第 3 パターン（1975 年）		○
CASE-4	第 4 パターン（2003 年）		○
CASE-5	第 4 パターン（2003 年）	○	

3)調査結果・考察

(1)計算地形

解析範囲は、図 3-2-3 に示す赤破線で示した範囲とした。なお、解析範囲の西側及び南側に幅 100m の緩衝領域を設けた。

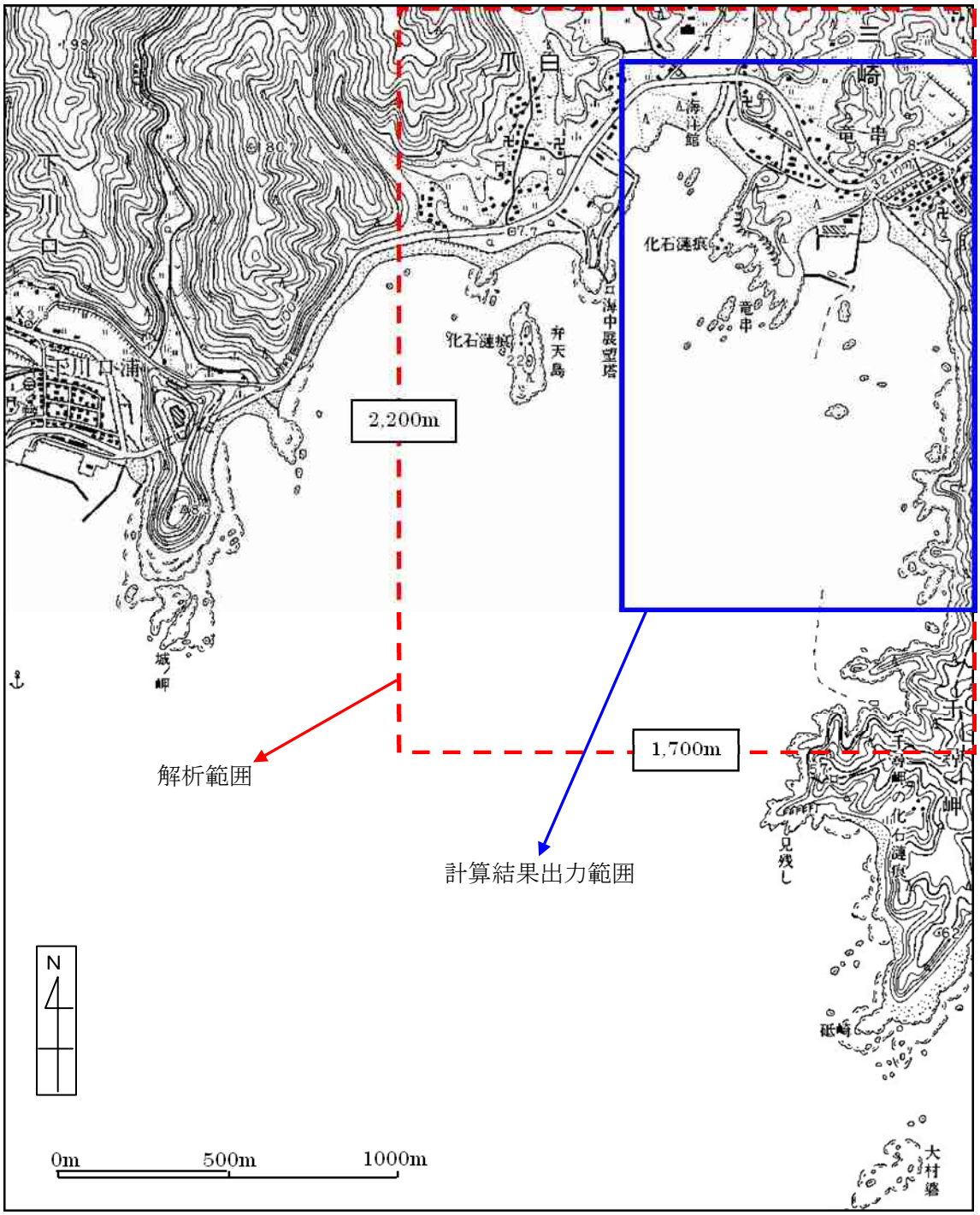


図 3-2-3　解析範囲（図中赤破線）

図 3-2-4 に解析に用いた 1946 年、1966 年、1975 年、2003 年における海底地形を示した。

1946 年は、当時の自然海岸を再現しており、1966 年は竜串港南防波堤建設時（図中黒で囲んだ範囲）の地形を、1975 年は竜串港建設時（図中青で囲んだ範囲）の地形を、2003 年は導流堤建設後（図中緑で囲んだ範囲）の地形を表現した。

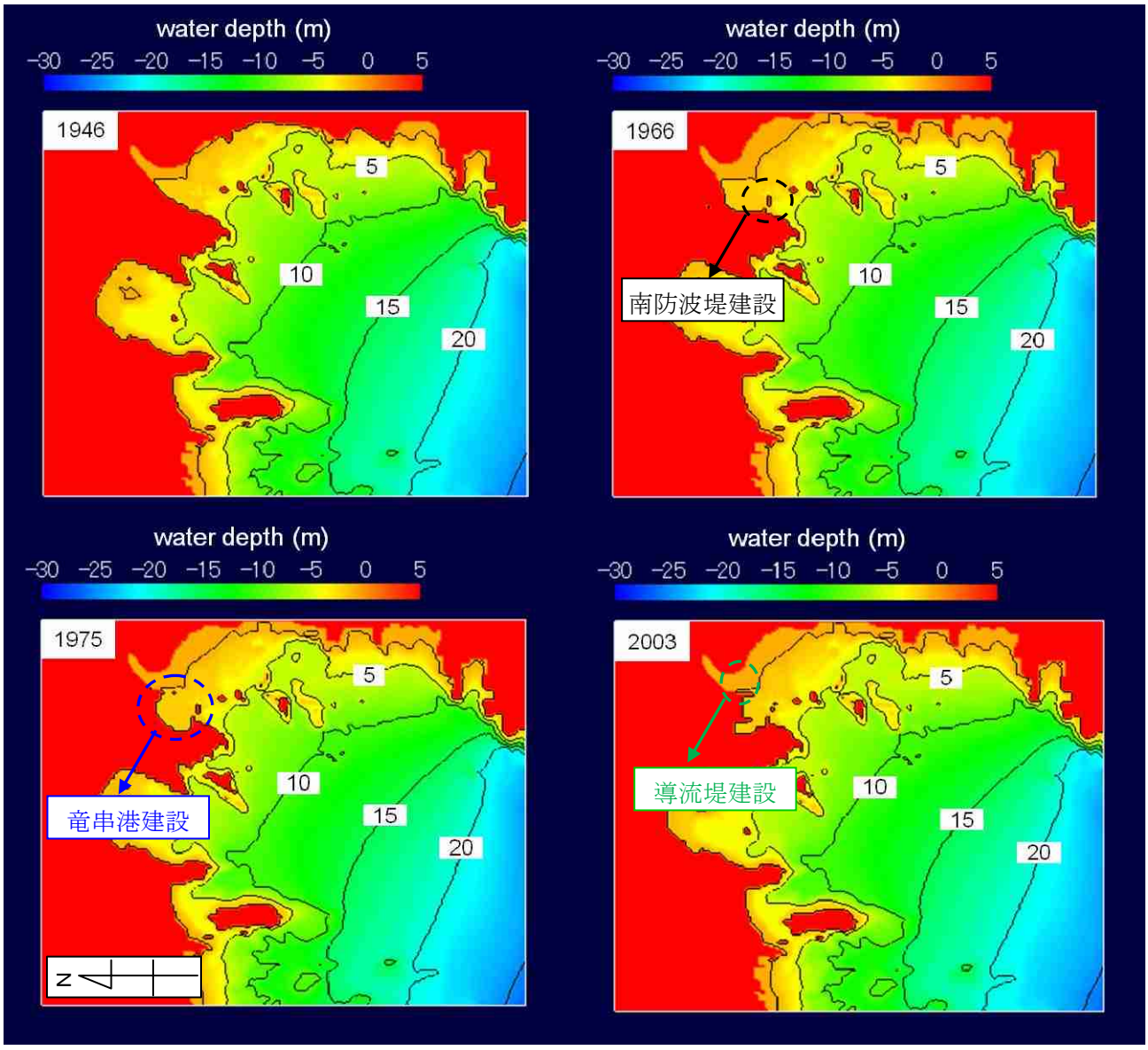


図 3-2-4　海底地形（左上：1946 年、右上：1966 年、左下：1975 年、右下：2003 年）

(2)懸濁物質濃度計算結果

①CASE-1（1946 年、豊水流量時）

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面（図 3-2-5）及び海底（図 3-2-6）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、湾の西側の陸上部に沿って拡散していた。湾の東側については、計算開始後 4 時間程度までは徐々に拡散していく様子がうかがえるものの、それ以降は殆ど濃度分布に変化は無かった。一方、湾の西側は計算開始後 4 時間以降も比較的低い濃度の領域が広がっていた。

なお、海面と海底との濃度差はほとんど生じていなかった。

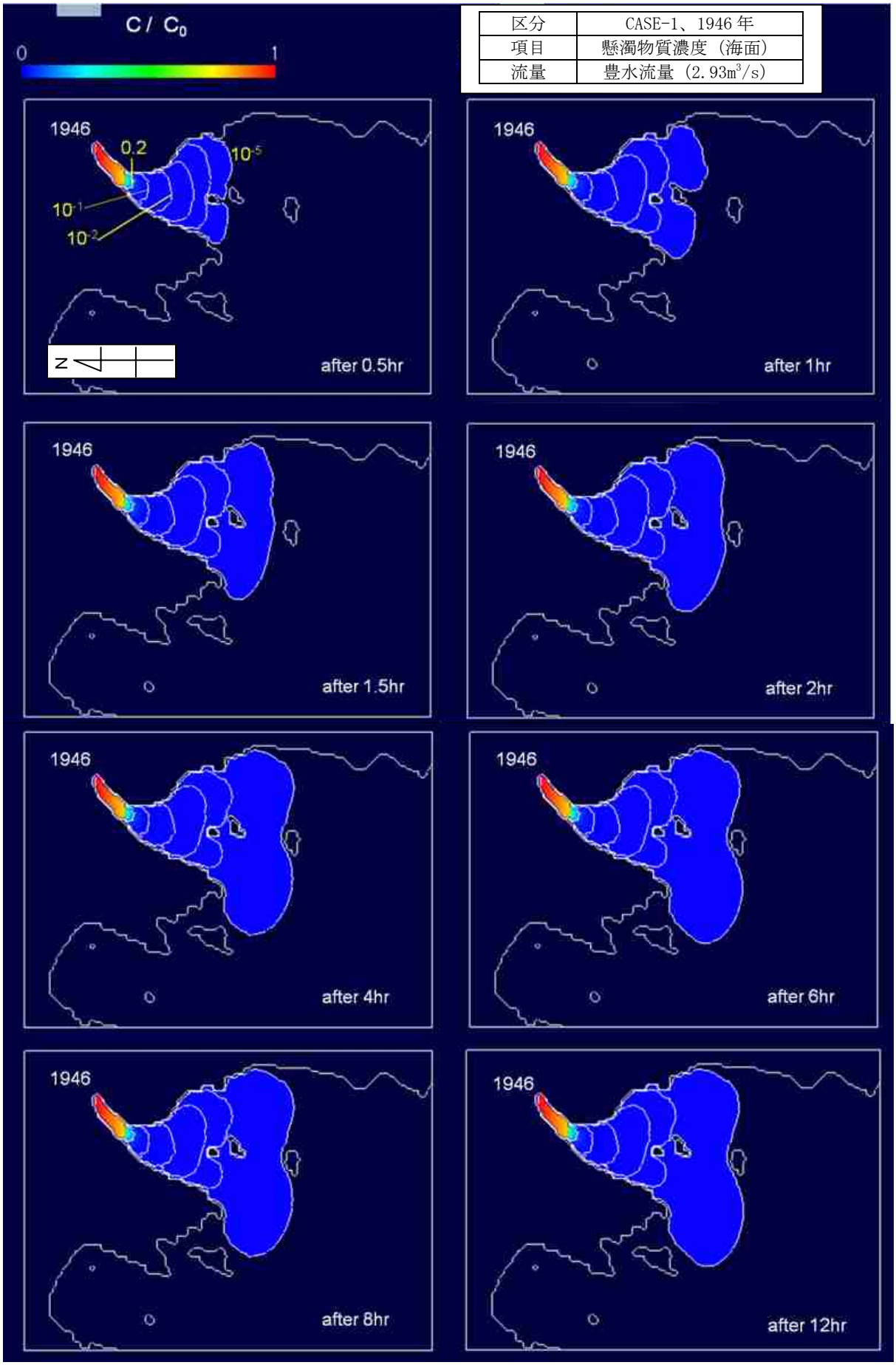


図 3-2-5　懸濁物質濃度分布（CASE-1、海面）

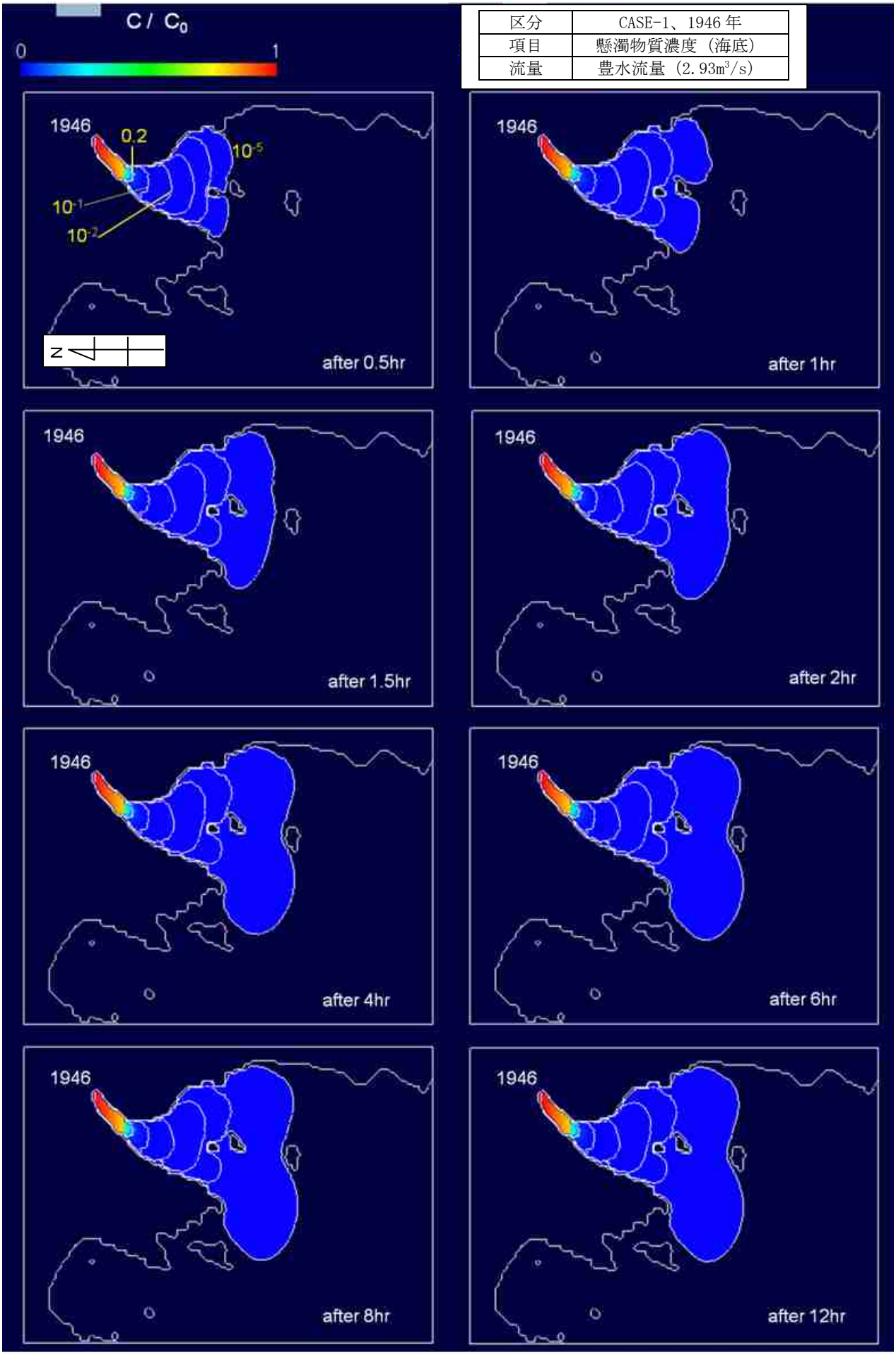


図 3-2-6　懸濁物質濃度分布（CASE-1、海底）

②CASE-2（1966 年、豊水流量時）

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面（図 3-2-7）及び海底（図 3-2-8）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。漁港は、南側の防波堤が建設され、東側防波堤及び導流堤は未整備の状態である。

漁港整備に伴って、三崎川河口の右岸側の陸側が 10,000㎡程度掘り切られ、海岸線が大幅に後退して、三崎川河口の水域が拡がっていた。なお、西側陸上部から防波堤が延伸している。

防波堤の隅角部に比較的高濃度の濁水が停滞しており、防波堤と岩礁部との間から西側の陸上部に沿って濁水が移流・拡散していた。1946 年の結果と比較すると、等濃度線は僅かながら沖合に拡がっており、特に東側海域の拡がりが顕著であった。また、湾の東側においては、計算開始後 6 時間までは徐々に拡散しているが、それ以降は殆ど濃度分布に変化は無かった。一方、湾の西側においては、東側海域において移流・拡散がほぼ収まる 6 時間以降も比較的低い濃度の領域は僅かではあるが拡がっていた。

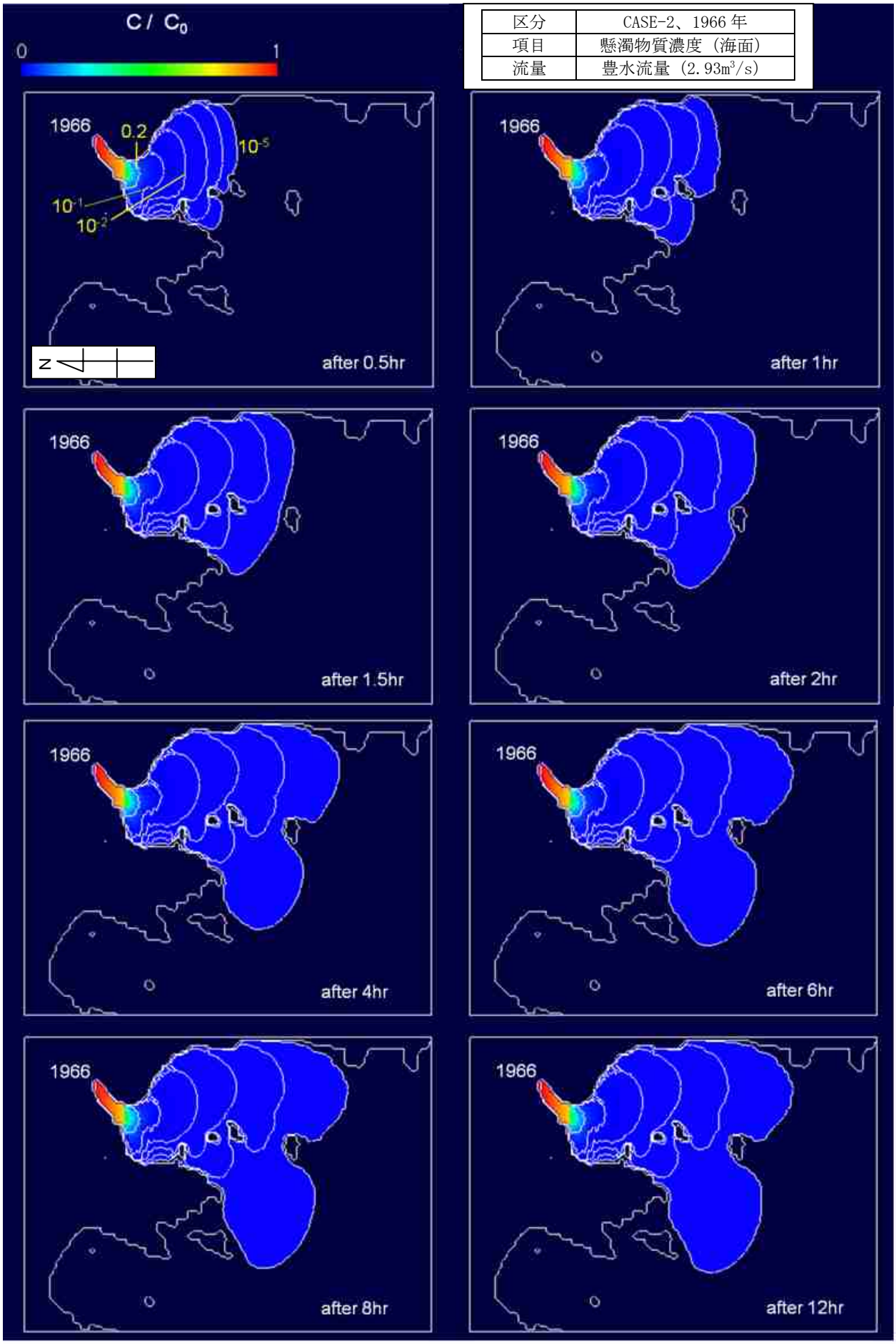


図 3-2-7　懸濁物質濃度分布（CASE-2、海面）

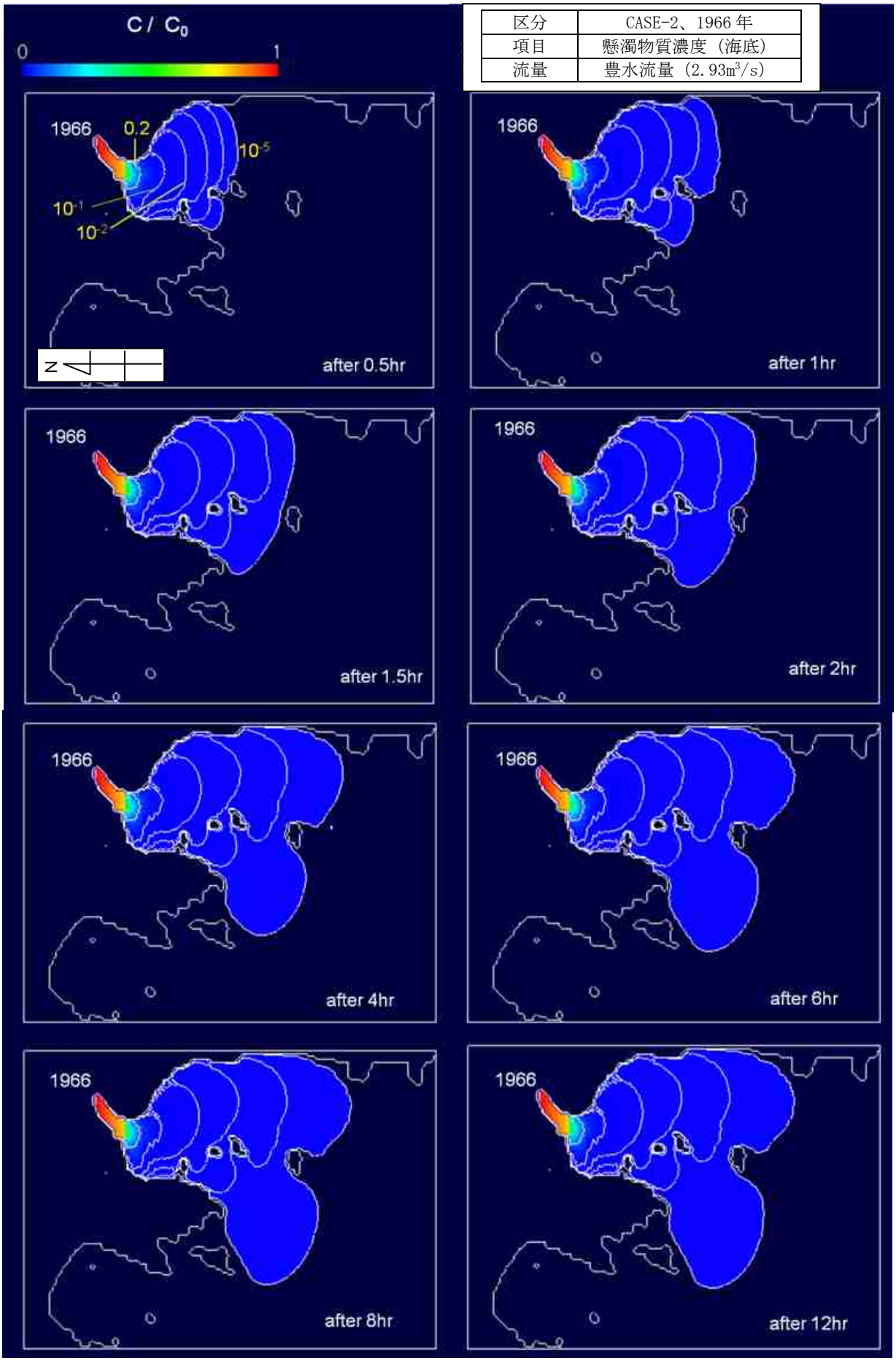


図 3-2-8　懸濁物質濃度分布（CASE-2、海底）

③CASE-3（1975 年、豊水流量）

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面（図 3-2-9）及び海底（図 3-2-10）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。漁港はほぼ 2003 年の形状にまで整備されており、東側の導流堤部分が未整備である。

1966 年と比較すると、いずれの時間とも濁水の拡散領域は狭くなっていた。また、湾の西側においては、計算開始後 4 時間程度までは徐々に濁水が拡がっているが、それ以降は濁水の移流・拡散速度はかなり遅くなっていた。一方、湾の東側では、計算開始後 4 時間以降も濁水は徐々に移流・拡散していた。なお、僅かであるが濁水が港内に流入していた。

濁水の濃度分布は 1966 年とほぼ同一であった。このことから、1966 年以降の漁港整備に伴った地形改変によって濁水の移流・拡散の状況が変化し、それに伴って堆積環境に変化が生じたと考えられる。

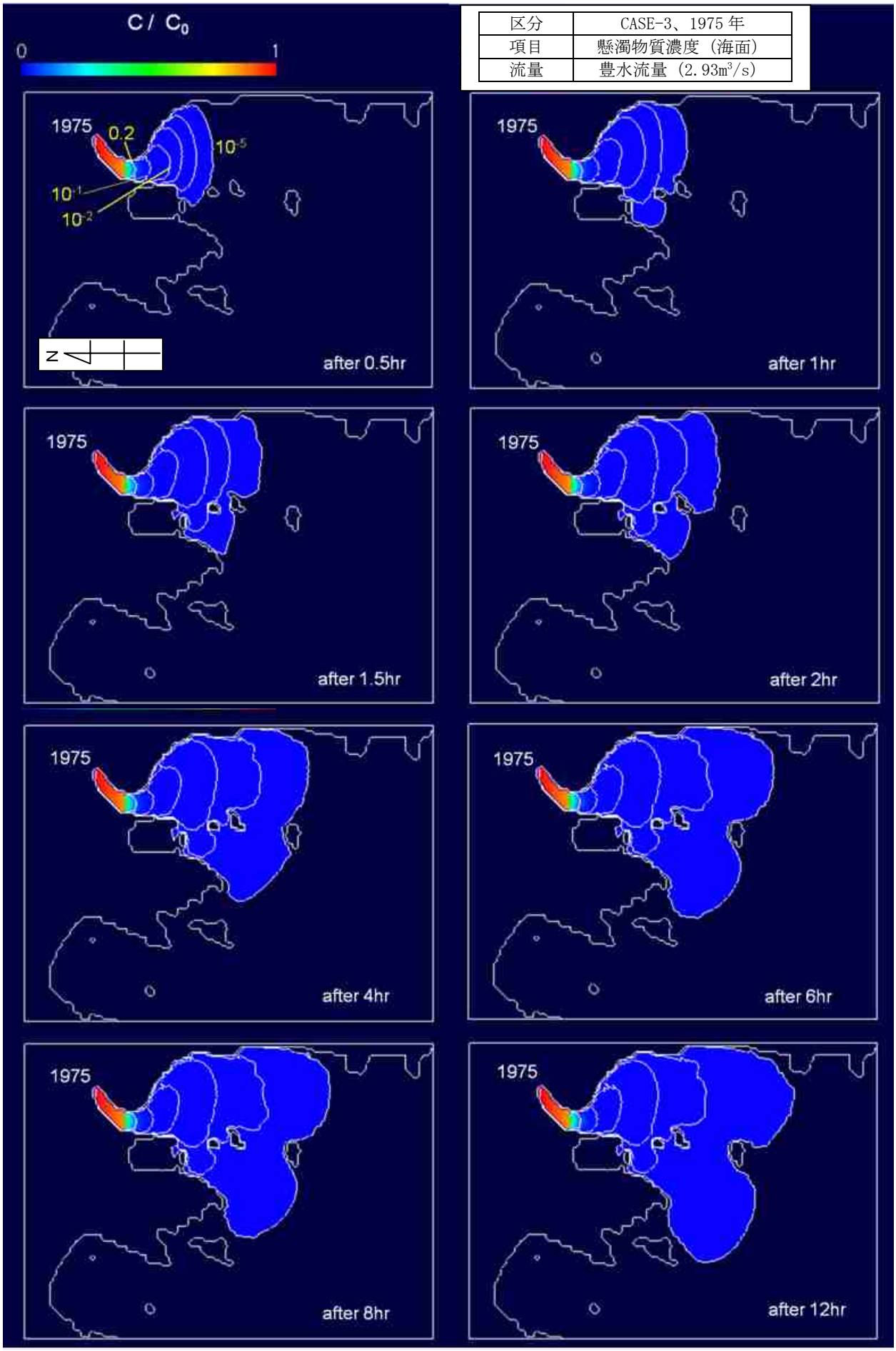


図 3-2-9　懸濁物質濃度分布（CASE-3、海面）

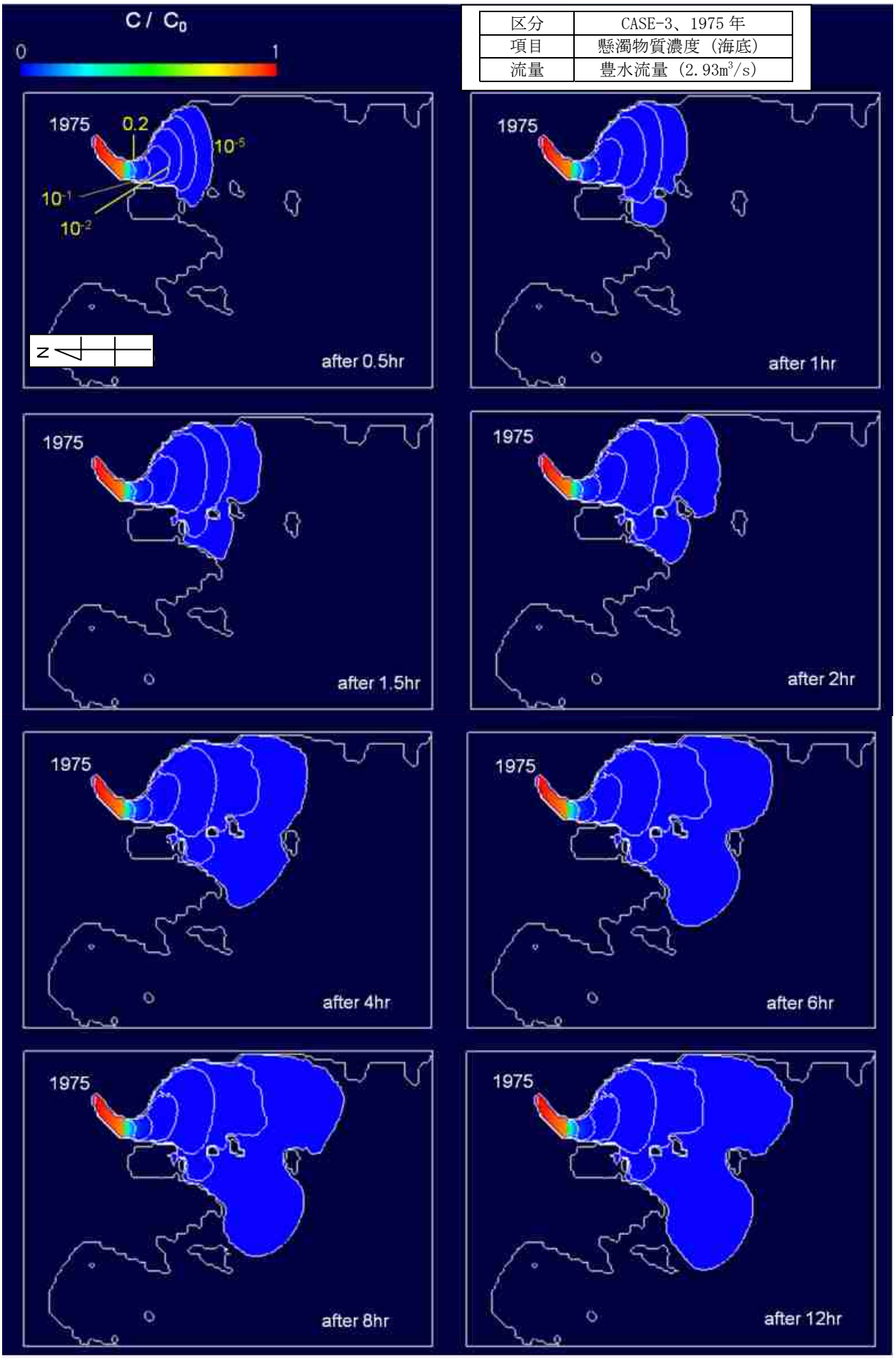


図 3-2-10　懸濁物質濃度分布（CASE-3、海底）

④CASE-4（2003 年、豊水流量）

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面（図 3-2-11）及び海底（図 3-2-12）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。2000 年代に入ると三崎川から漁港内への土砂の流入を防ぐために、東側防波堤に導流堤が建設されている。

懸濁物質は、三崎川を出た後、導流堤の影響を受け、1946 年とは異なり、湾の東側陸上部に沿って拡散していた。1946 年と比較すると、計算開始後 2 時間程度までは、等濃度領域は 1946 年よりも沖側に位置するものの、それ以降では、移流・拡散が進み等濃度の領域は大碆地区の方へと拡がっていた。

こうした海岸構造物の築造に伴い、流況が変化して三崎川から流出した土砂が大碆地区の方に移流拡散し、堆積するようになったと考えられる。なお、1975 年よりも漁港内部への濁水の拡散が大きいようであり、港内の堆積環境ひいては水質も徐々に悪化していたことが推察される。

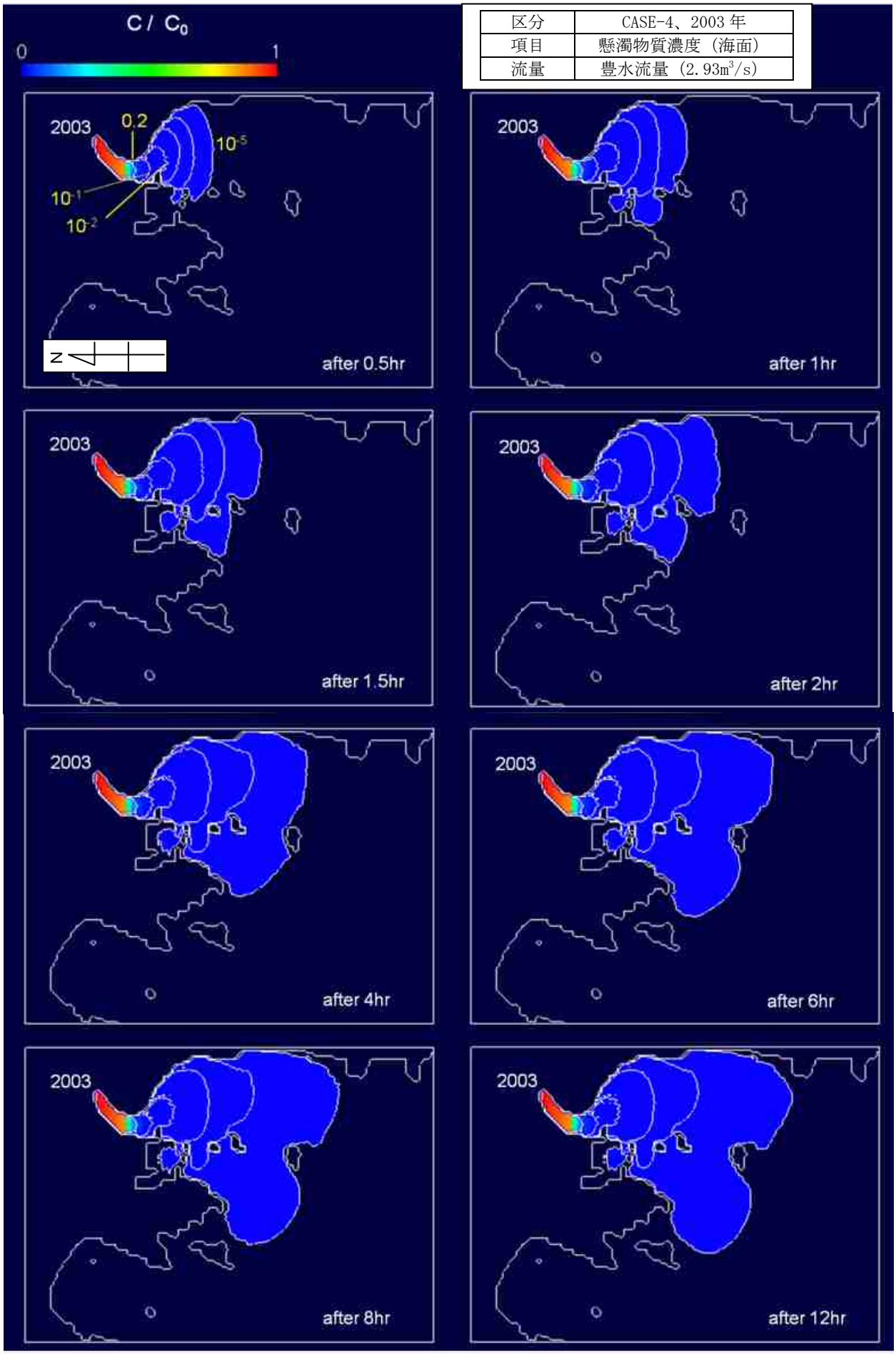


図 3-2-11　懸濁物質濃度分布（CASE-4,海面）

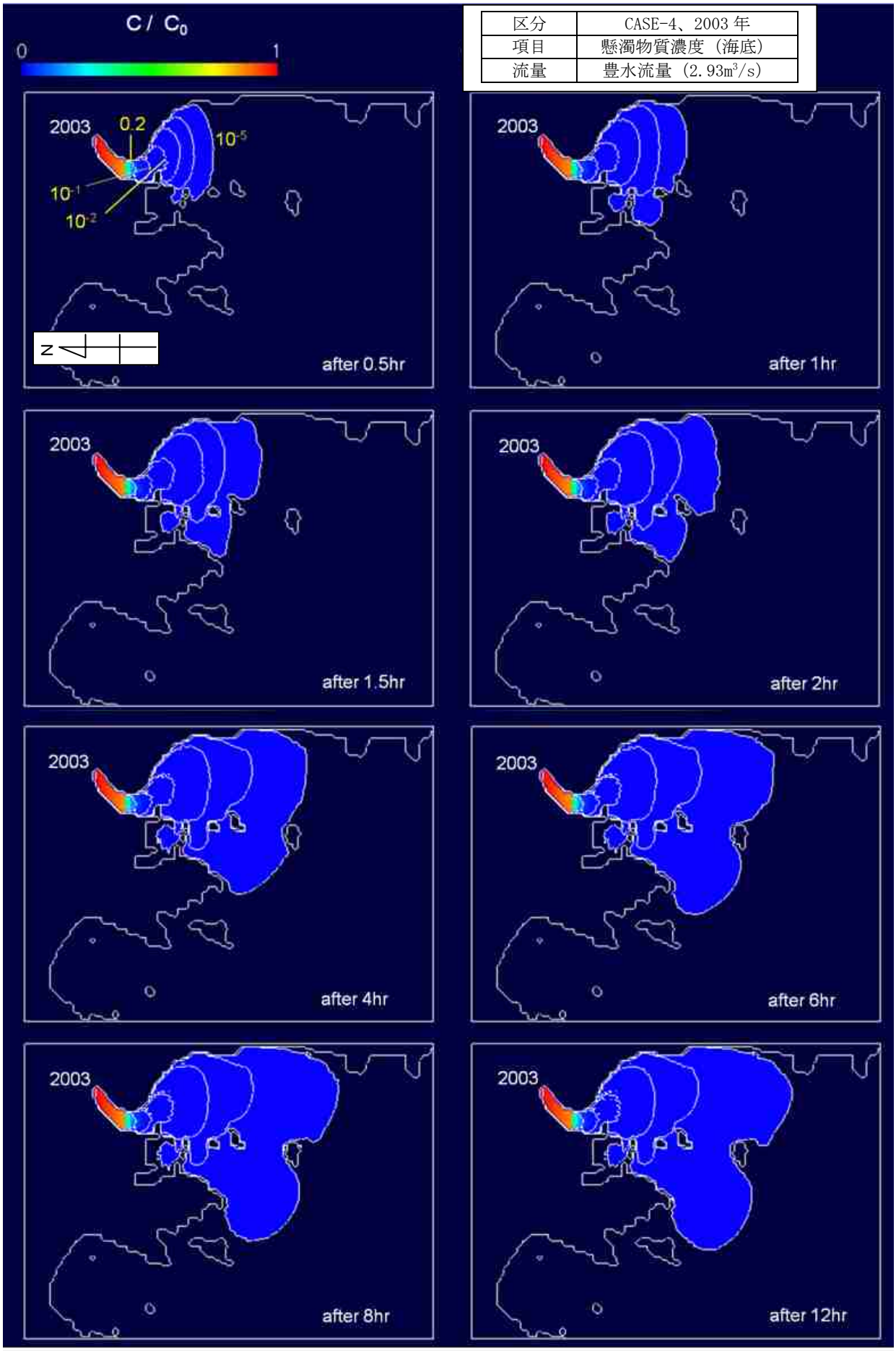


図 3-2-12　懸濁物質濃度分布（CASE-4、海底）

⑤CASE-5（2003 年、平水流量）

計算開始後 0.5、1、1.5、2、4、6、8、12 時間後の海面（図 3-2-13）及び海底（図 3-2-14）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 CASE-4 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。

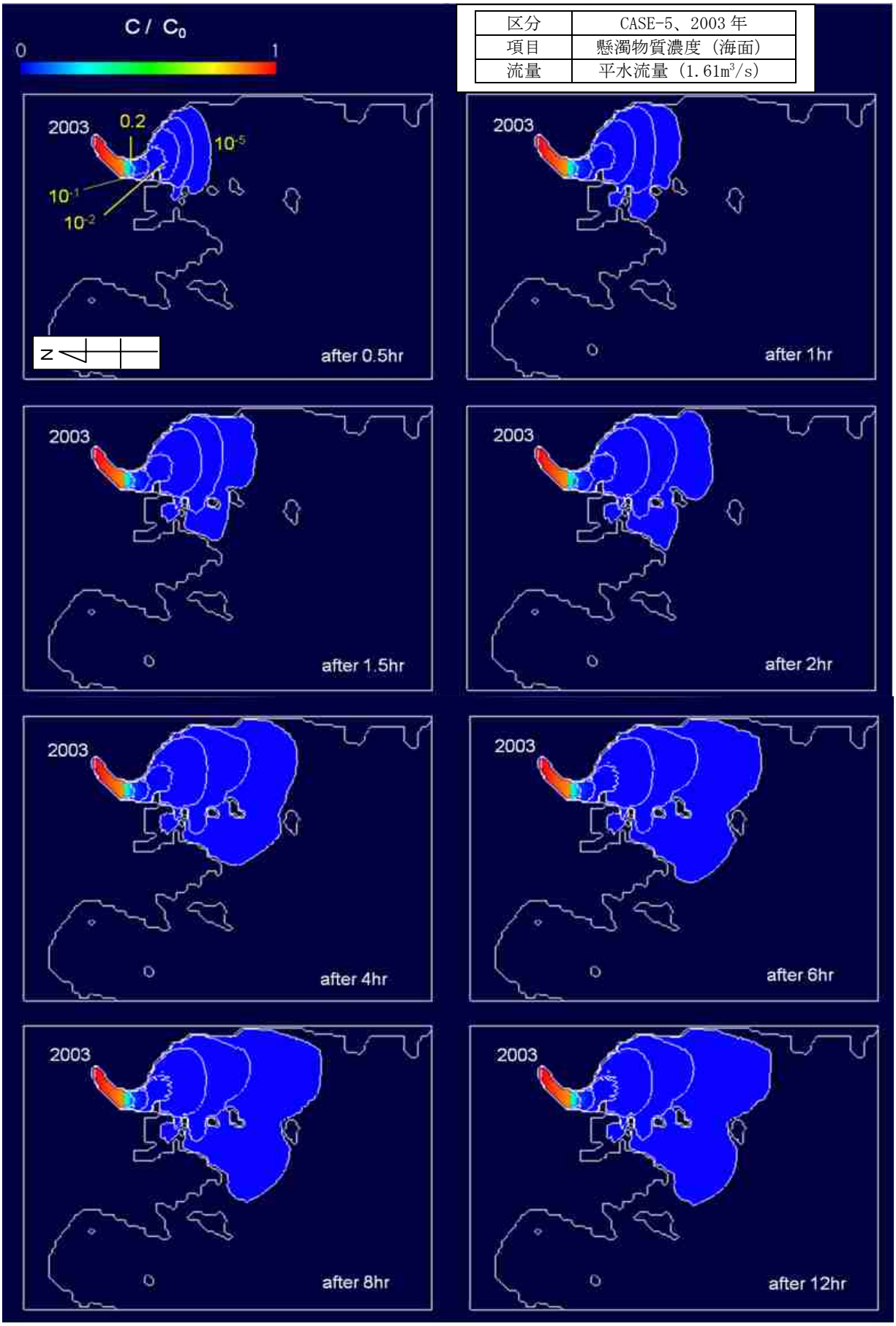


図 3-2-13　懸濁物質濃度分布（CASE-5、海面）

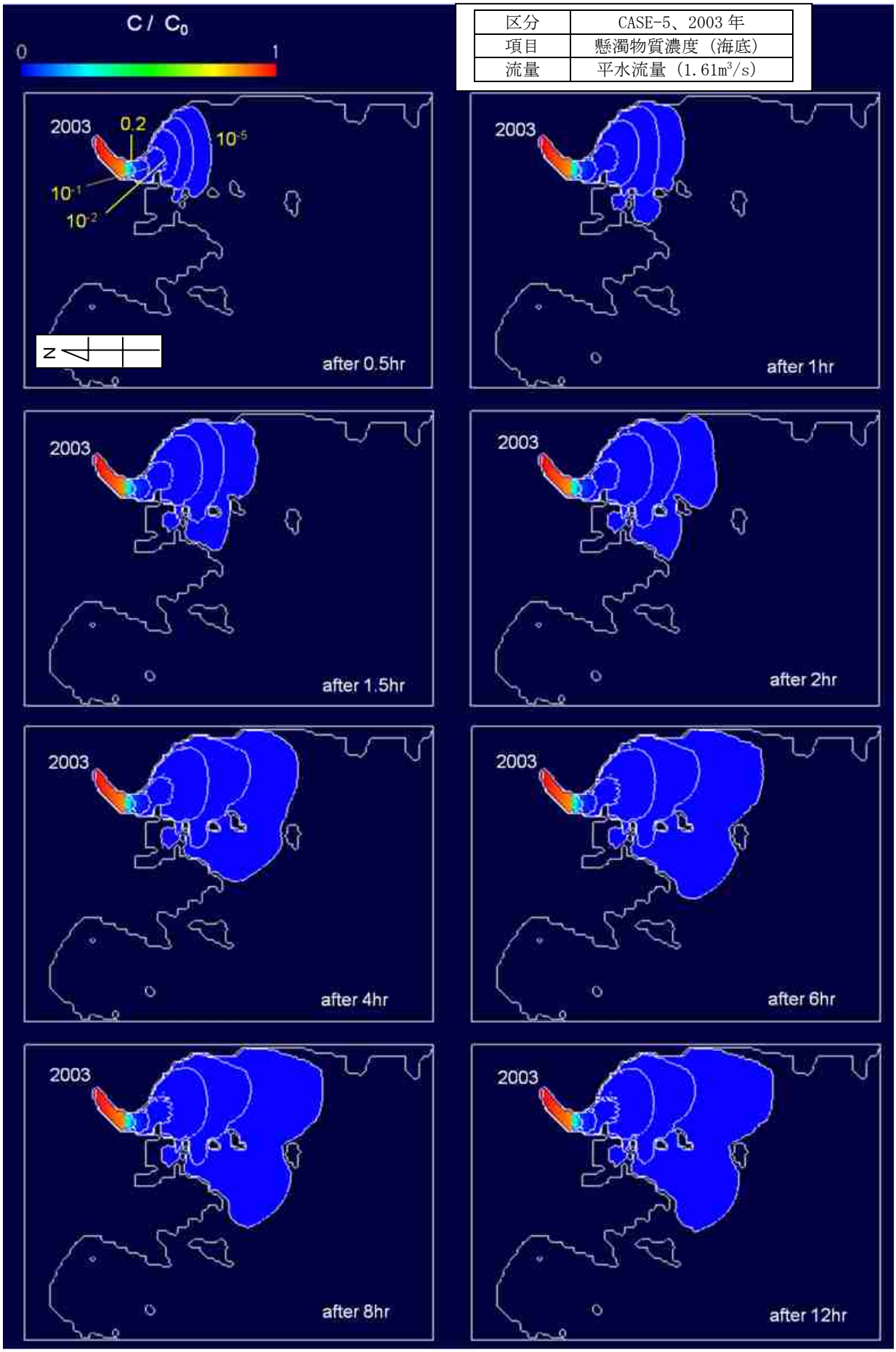


図 3-2-14　懸濁物質濃度分布（CASE-5、海底）

⑥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3-2-15～図3-2-19に1946年、1966年、1975年、2003年における計算開始後1、2、6、12時間の累積沈降フラックス分布を示した。なお、本解析は、潮流や波浪による流れは考慮していない。

豊水時の再現計算である1946年（CASE-1）と1966年（CASE-2)、1975年（CASE-3)、2003年（CASE-5）を比較すると、計算開始後2時間程度までは、累積沈降フラックス量が沖合で確認されるものの、漁港の整備が徐々に進むにつれて、6時間後及び12時間後では等沈降フラックスの領域が大嵜地区の方へ拡がり、構造物の築造に伴って流況が変化し、濁水が大嵜沖へ拡がることが明らかとなった。

また、平水流量を対象とした場合（CASE-5）は、濁水の移流・拡散が小さいことから等フラックス領域の拡がりは非常に小さい。

今回の計算結果は12時間の計算であり定量的な評価をするのには十分ではないが､海底に堆積した懸濁物質は潮汐や波浪によって巻き上がることで、湾内に移流・拡散していくものと思われる。

また、現況地形である2003年豊水流量時の再現計算の結果（CASE-4、図3-2-18）より、竜串湾内に堆積した土砂量を推定したところ（図 3-2-20)、年間で豊水流量時（年間95日発生）に竜串湾内におよそ95000kgの土砂が堆積していることが推察され、災害時でなくても泥土は徐々に堆積していたことが推測される。なお、海域に流入した土砂の大部分は三崎川河口部周辺に堆積しており、図中の緑と黄色の領域内に直接堆積する土砂は$1m^2$あたり35g程度と非常に少なかった。

（参考）

（＊）河川流量の区分では次の区分がされている。

・豊水流量：1年を通じて95日はこれを下らない日流量（未超過確率：26%）
・平水流量：1年を通じて185日はこれを下らない日流量（未超過確率：51%）
・低水流量：1年を通じて275日はこれを下らない日流量（未超過確率：75%）
・渇水流量：1年を通じて355日はこれを下らない日流量（未超過確率：97%）

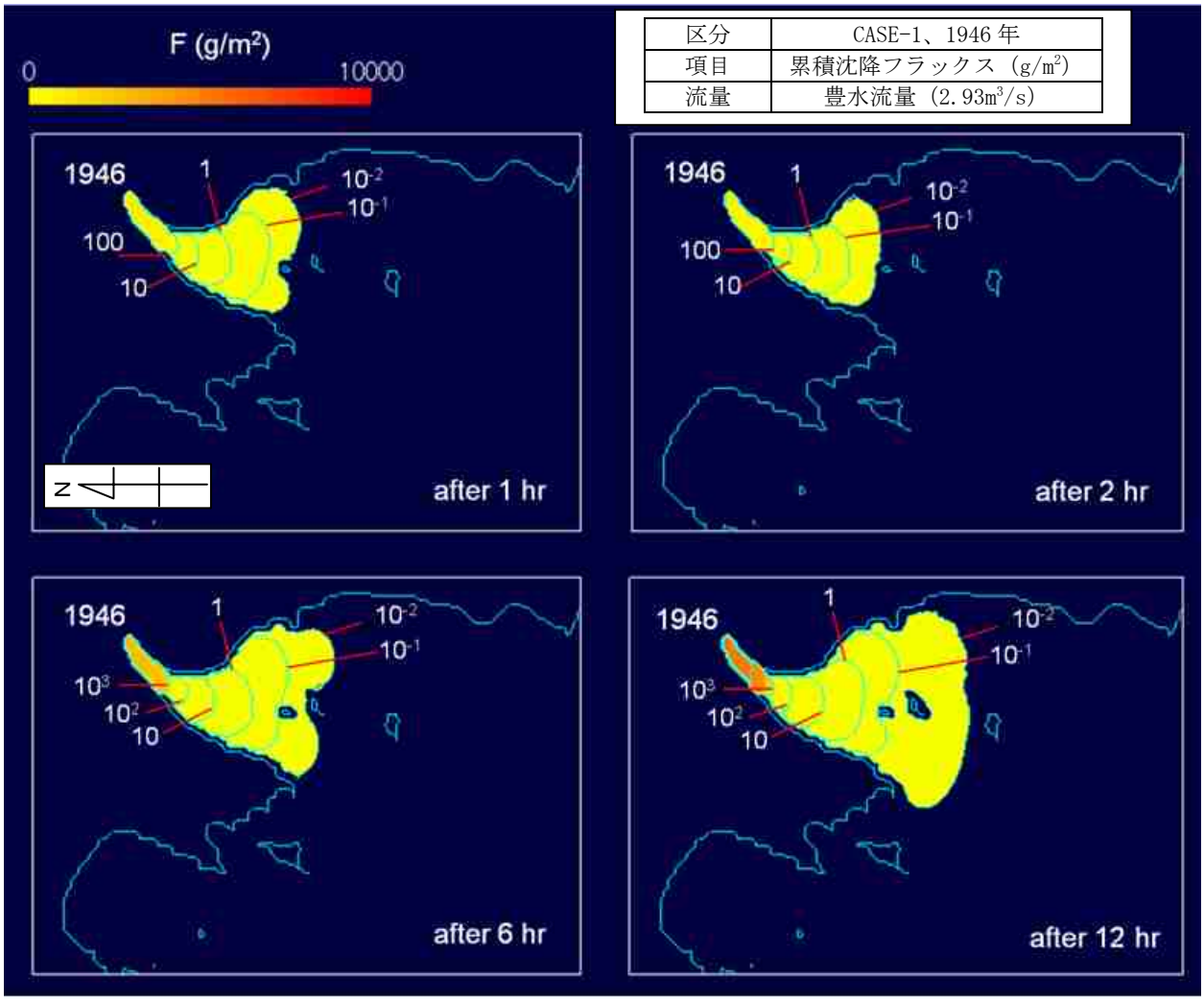


図 3-2-15　累積沈降フラックス分布（CASE-1）

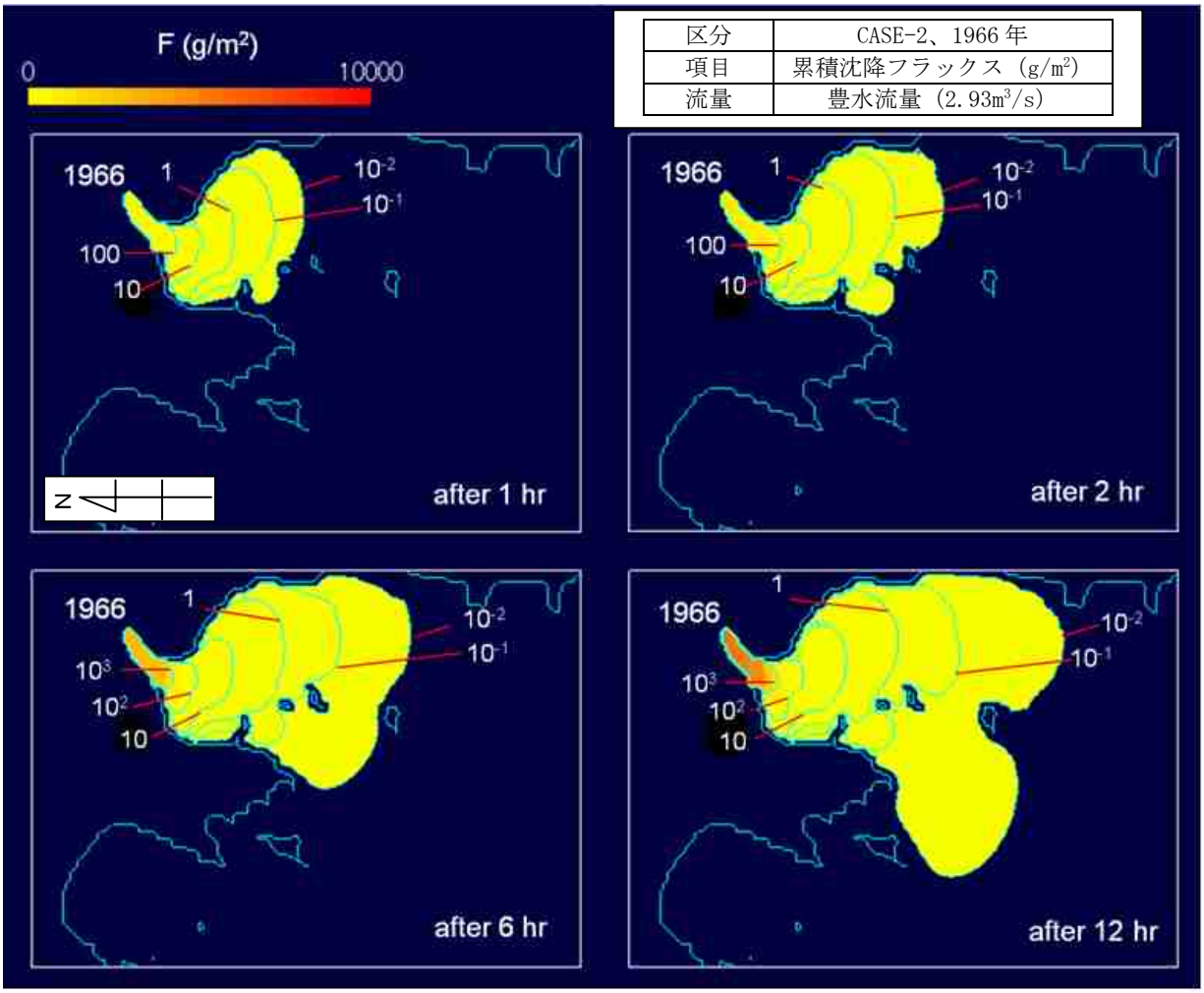


図 3-2-16　累積沈降フラックス分布（CASE-2）

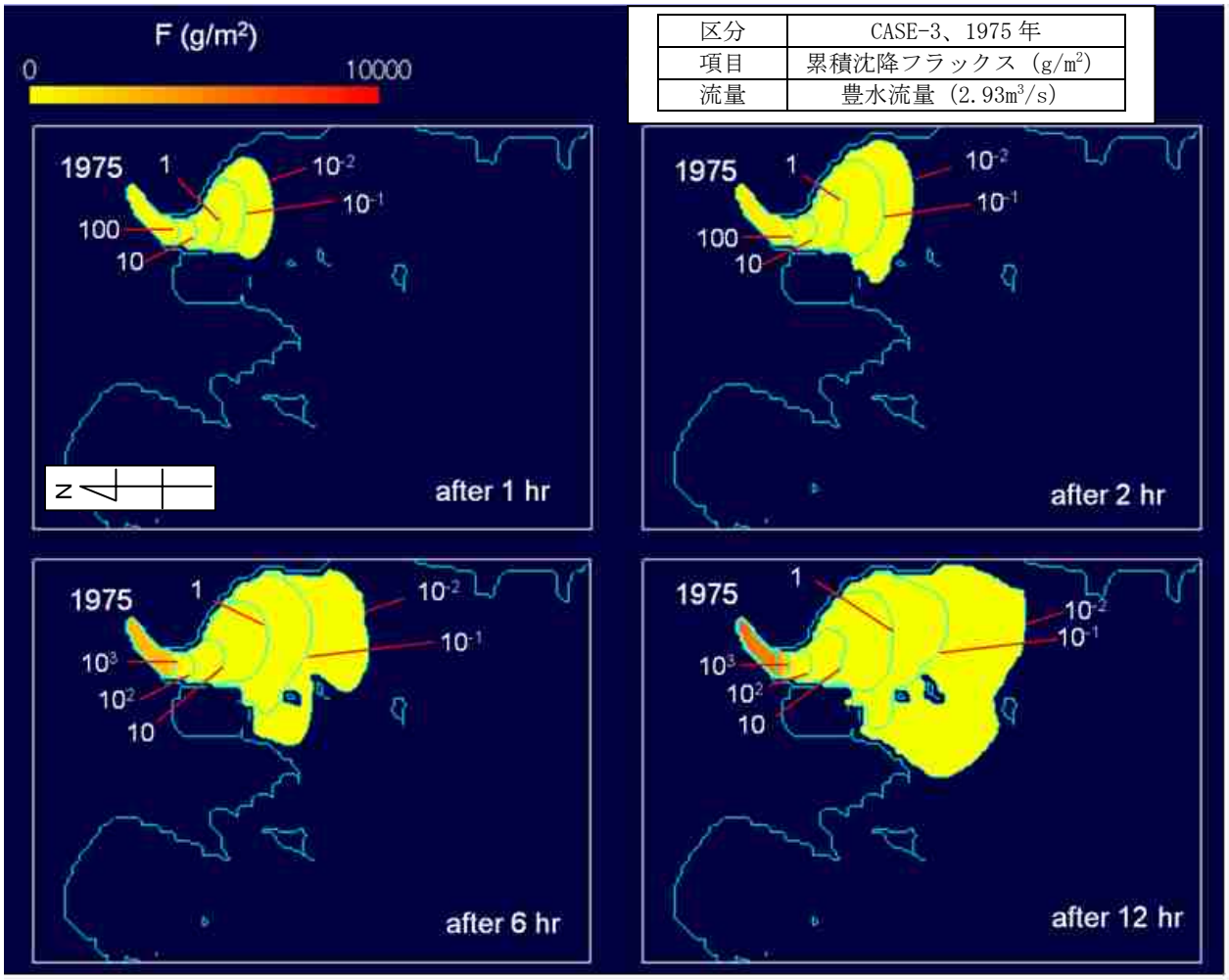


図 3-2-17　累積沈降フラックス分布（CASE-3）

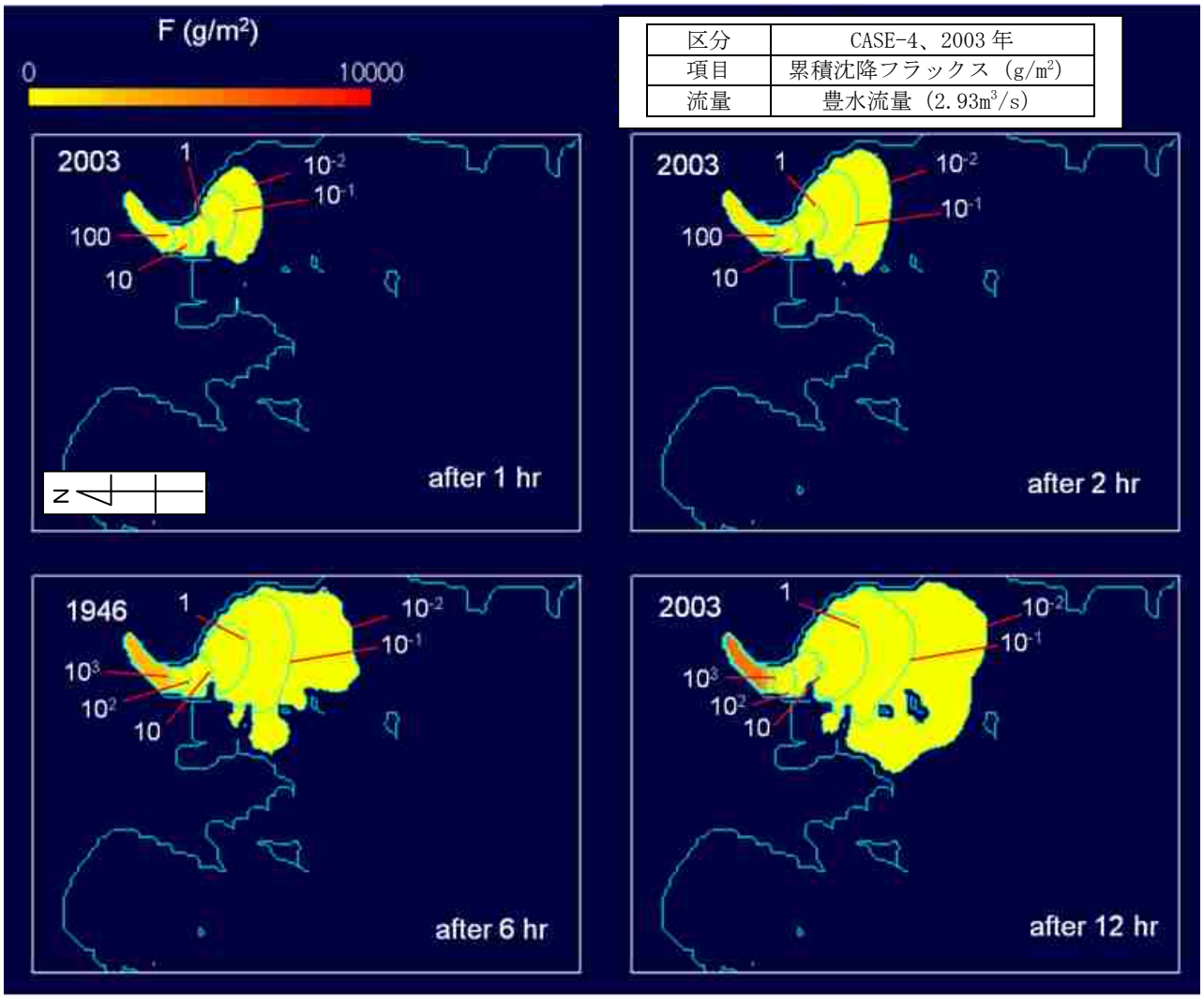


図 3-2-18　累積沈降フラックス分布（CASE-4）

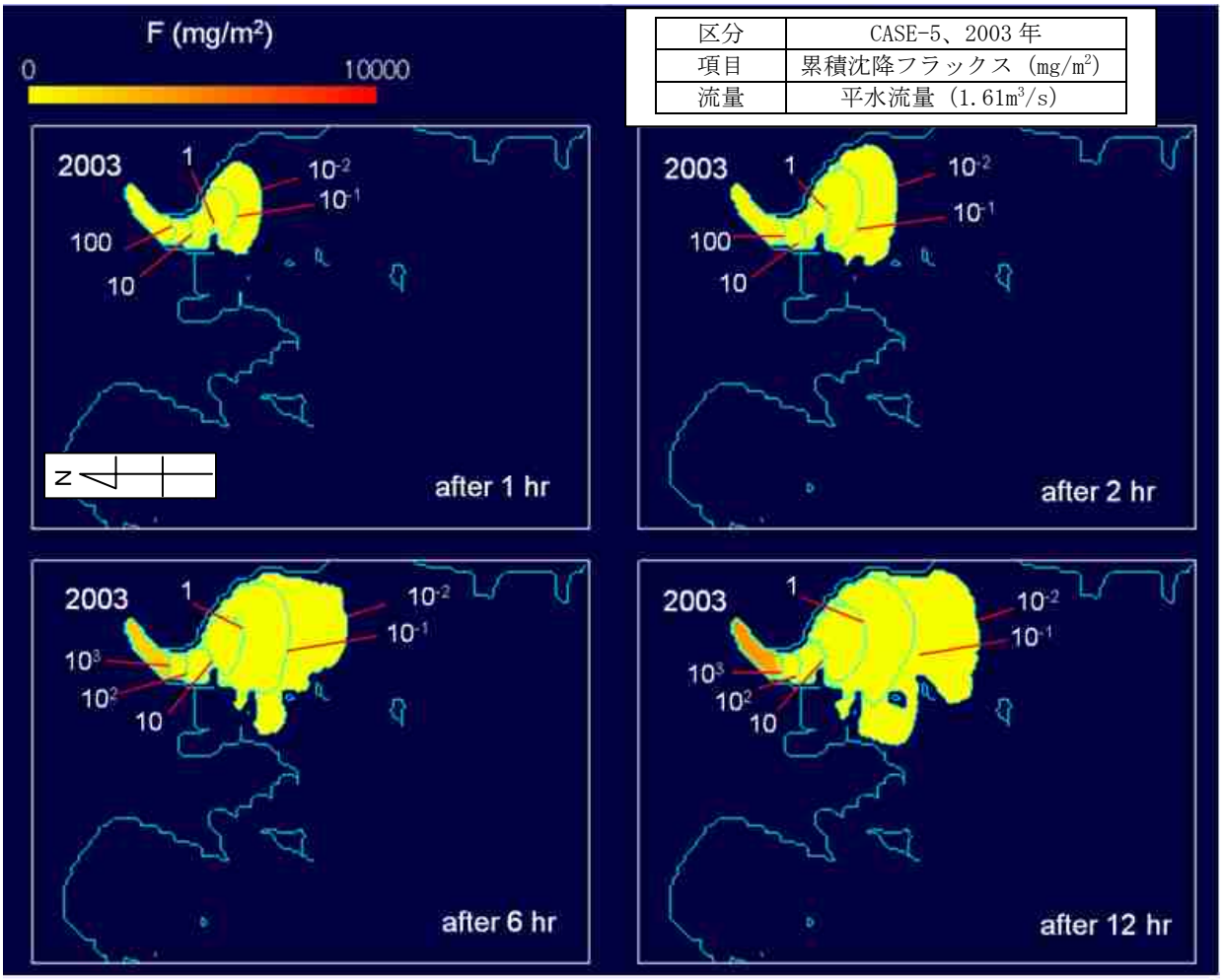
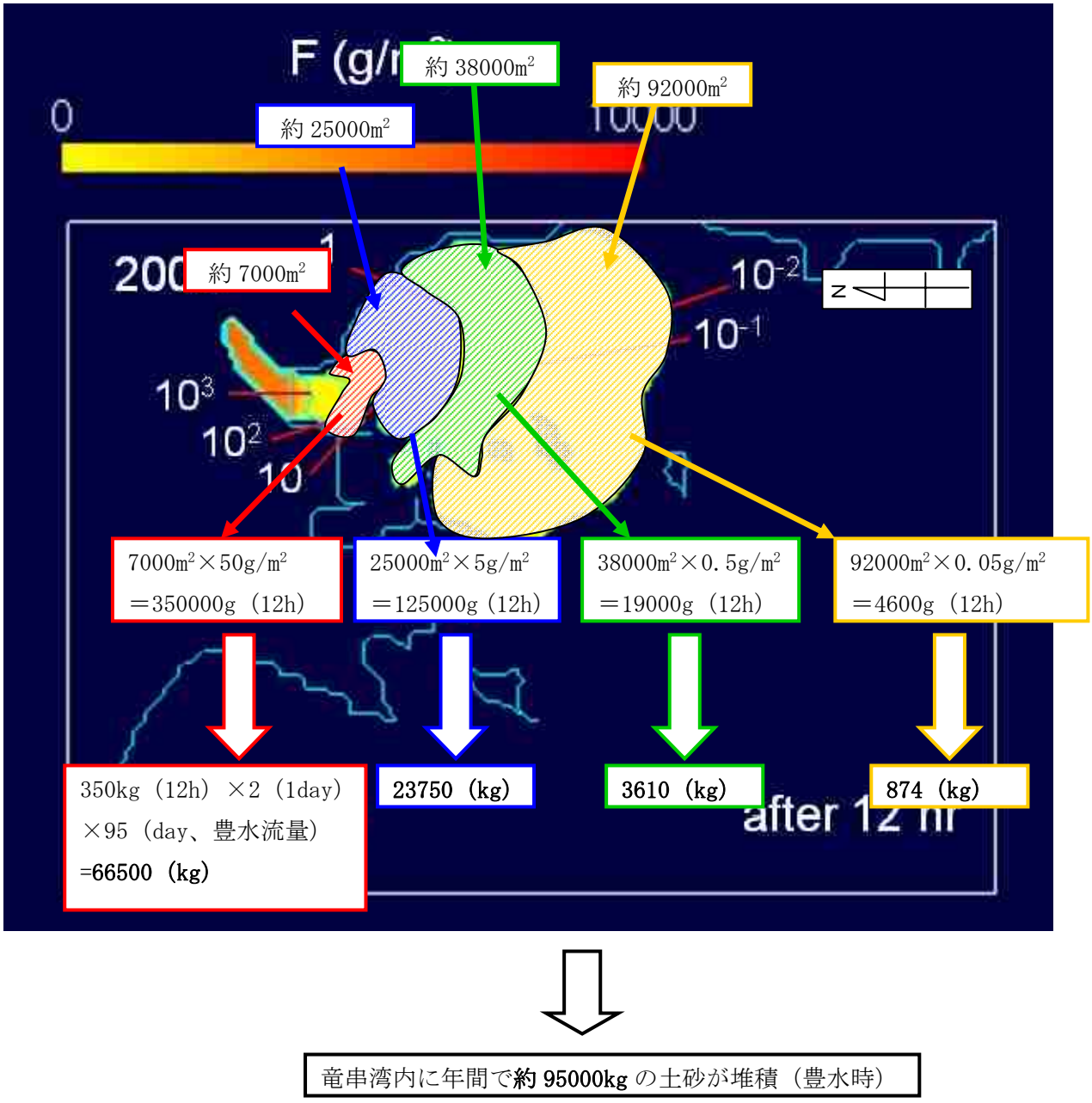


図 3-2-19　累積沈降フラックス分布（CASE-5）



注）計算では、各等値線間の中間値を使用して、12 時間における堆積量を計算。この値を 2 倍することによって 1 日の堆積量に換算した。

また、豊水流量は年間で 95 日間は発生するため、1 日あたりの堆積量を 95 倍することによって年間の堆積量を計算した。（豊水流量は、年間の日流量の最大値から数えて 95 番目の値となる。そのため、少なくともこの 95 日間は豊水流量以上の流量が発生している。）

図 3-2-20　竜串湾に対する堆積量の推定（2003 年、豊水流量時）

(3)まとめ

1946年、1966年、1975年、2003年の海岸地形を対象とし、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ついて解析した。

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、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。

こうした流況の変化が大塘周辺への土砂の堆積を加速させていき、海底の堆積環境が徐々に劣化し、ひいては湾内の水質環境の悪化が進行したのではないかと考えられる。

今回は、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い。今後は、土砂流入の影響が大きい年間の最大流量における検討も必要となる。

資料　調査点の位置（緯度・経度)、水深

資料 1-1　調査点の位置(緯度・経度)・水深一覧

1.濁度計による連続調査

地区	年度	緯度			経度			水深m(D.L.基準下)		
								上層	中層	下層
爪白	平成17年	32°	47′	04″	132°	51′	19″	2.7	-	6.4
大瀞		32°	46′	51″	132°	52′	02″	2.7	-	6.4
大瀞	平成18年 ～ 平成20年	32°	46′	52″	132°	52′	05″	2.7	-	5.7
海中展望塔	平成19年 平成20年	32°	47′	09″	132°	51′	37″	2.7	-	5.7

2.浮泥堆積状況調査

地区	調査点No	緯度			経度			水深m(D.L.基準下)		
								上層	中層	下層
爪白	A	32°	47′	04″	132°	51′	19″	2.7	4.2	6.4
竜串	B	32°	47′	11″	132°	51′	49″	2.0	4.1	6.1
大瀞	C	32°	46′	52″	132°	52′	05″	2.7	5.2	5.7
弁天島	1	32°	47′	07″	132°	51′	29″	3.3	4.9	5.6
大瀞	5	32°	47′	01″	132°	52′	07″	1.6	2.6	3.6
大瀞	6	32°	46′	54″	132°	52′	03″	2.2	4.4	5.4
大瀞	7	32°	46′	51″	132°	52′	02″	2.7	4.6	6.4
大瀞	8	32°	46′	51″	132°	52′	00″	3.4	4.6	7.7
見残し	9	32°	46′	30″	132°	52′	06″	0.8	2.9	4.1

資料　濁度計による連続測定

資料 2-1-1　波高と濁度の比較(その 2)の解析結果（海中展望塔、大瀞）

平成18年度

年.月.日	時	高波浪時の代表波高(m)	高波浪時の代表濁度(FTU)			
		爪白沖	海中展望塔		大　瀞	
			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

年.月.日	時	高波浪時の代表波高(m)	高波浪時の代表濁度(FTU)			
		爪白沖	海中展望塔		大　瀞	
			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

年.月.日	時	高波浪時の代表波高(m)	高波浪時の代表濁度(FTU)			
		爪白沖	海中展望塔		大　瀞	
			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

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

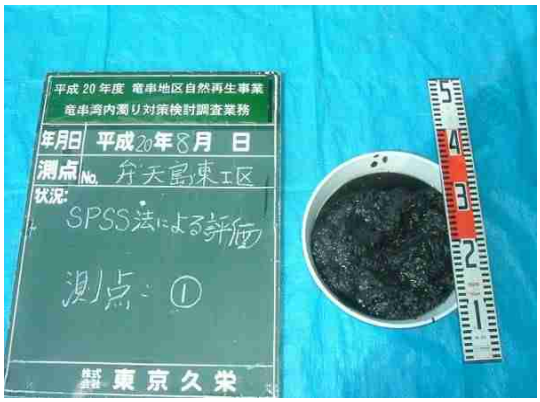


写真　2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真　3　　測点②　柱状採泥試料

写真　4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点③　柱状採泥試料

写真　6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真　7　　測点④　柱状採泥試料

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 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

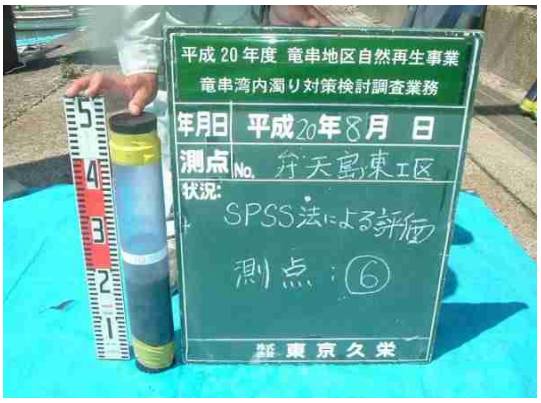


写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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）

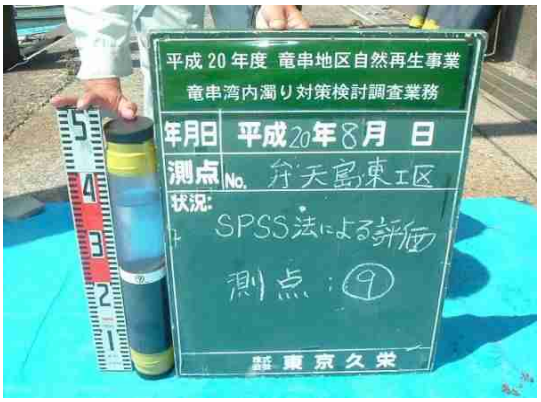


写真 17　　測点⑨ 柱状採泥試料

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（大瀞東工区）　８月　柱状採泥試料（１）

写真 1　測点①　柱状採泥試料

写真 2　測点①　柱状採泥試料　状態

写真 3　測点②　柱状採泥試料

写真 4　測点②　柱状採泥試料　状態

写真 5　測点③　柱状採泥試料

写真 6　測点③　柱状採泥試料　状態

写真 7　測点④　柱状採泥試料

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 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

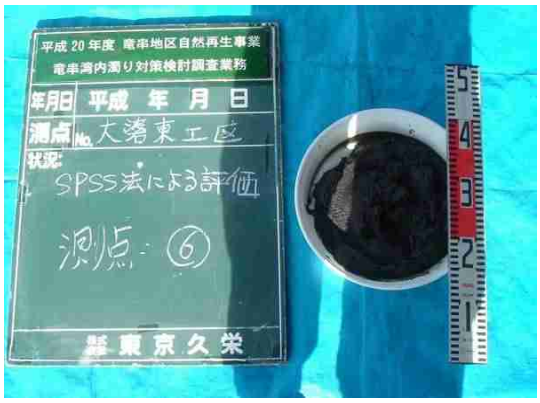


写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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

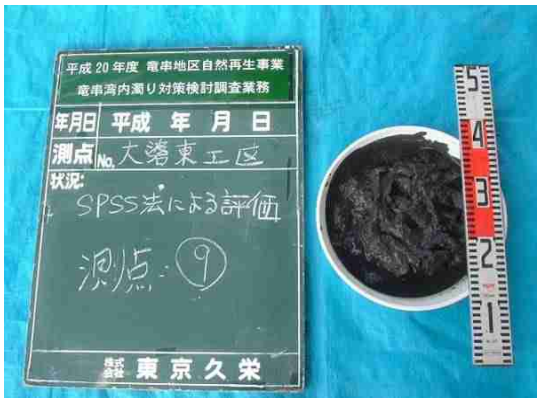


写真 18　測点⑨ 柱状採泥試料 状態

写真 19　測点⑩ 柱状採泥試料

写真 20　測点⑩ 柱状採泥試料 状態

写真 21　測点⑪ 柱状採泥試料

写真 22　測点⑪ 柱状採泥試料 状態

写真 23　測点⑫ 柱状採泥試料

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 26　測点⑬ 柱状採泥試料 状態

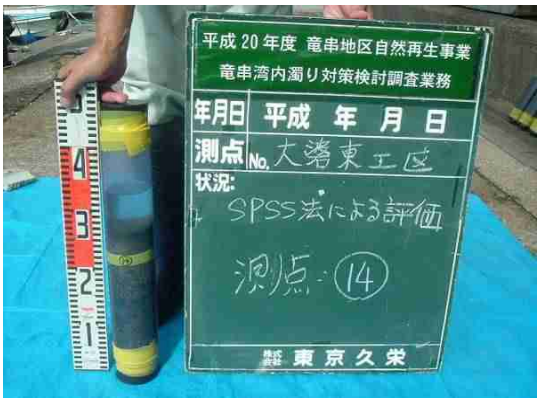


写真 27　測点⑭ 柱状採泥試料

写真 28　測点⑭ 柱状採泥試料 状態

写真 29　測点⑮ 柱状採泥試料

写真 30　測点⑮ 柱状採泥試料 状態

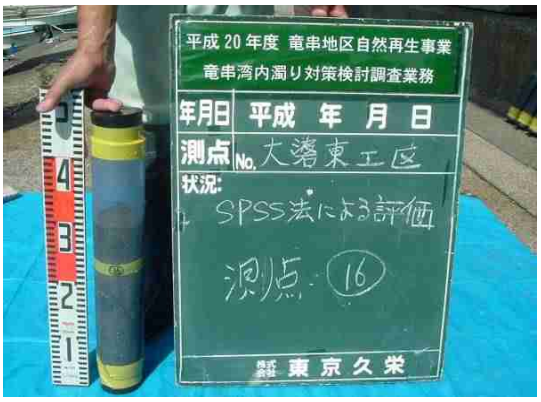


写真 31　測点⑯ 柱状採泥試料

写真 32　測点⑯ 柱状採泥試料 状態

写真 33　測点⑰ 柱状採泥試料

写真 34　測点⑰ 柱状採泥試料 状態

写真 35　測点⑱ 柱状採泥試料

写真 36　測点⑱ 柱状採泥試料 状態

写真 37　測点⑲ 柱状採泥試料

写真 38　測点⑲ 柱状採泥試料 状態

写真 39　測点⑳ 柱状採泥試料

写真 40　測点⑳ 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）　10月　柱状採泥試料（１）

写真　1　　測点①　柱状採泥試料

写真　2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真　3　　測点②　柱状採泥試料

写真　4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点③　柱状採泥試料

写真　6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真　7　　測点④　柱状採泥試料

写真　8　　測点④　柱状採泥試料　状態

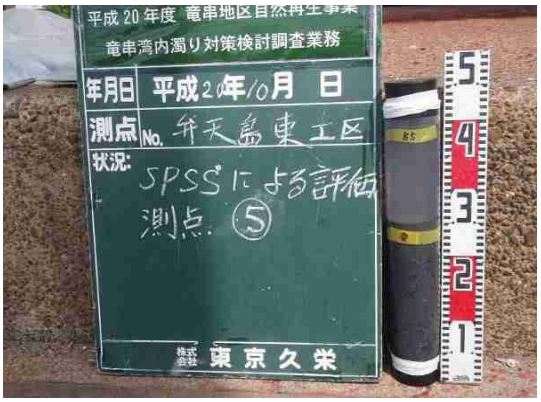


写真 9　　測点⑤ 柱状採泥試料

写真 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

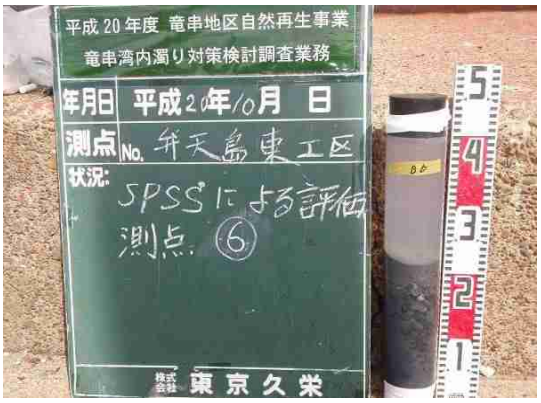


写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

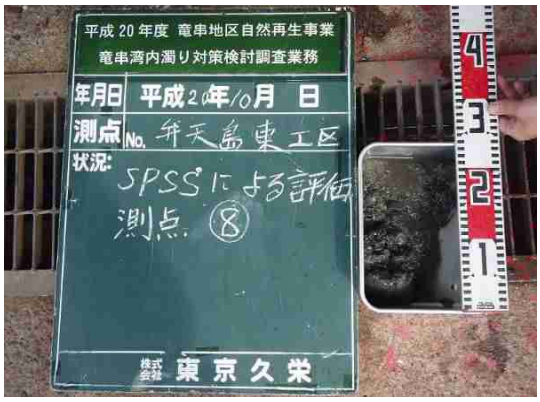


写真 16　　測点⑧ 柱状採泥試料 状態

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

写真　1　　測点①　柱状採泥試料

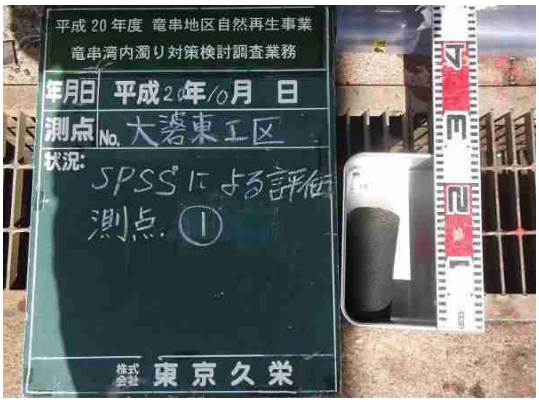


写真　2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真　3　　測点②　柱状採泥試料

写真　4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点③　柱状採泥試料

写真　6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真　7　　測点④　柱状採泥試料

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 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

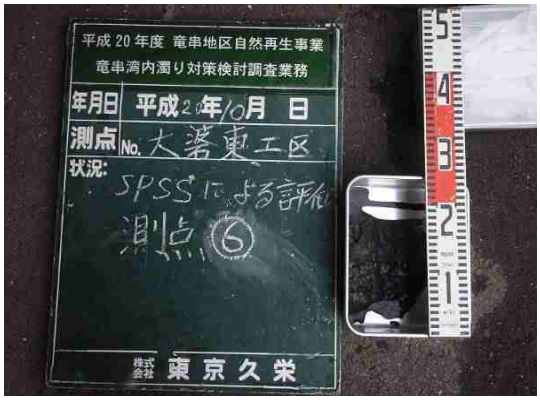


写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

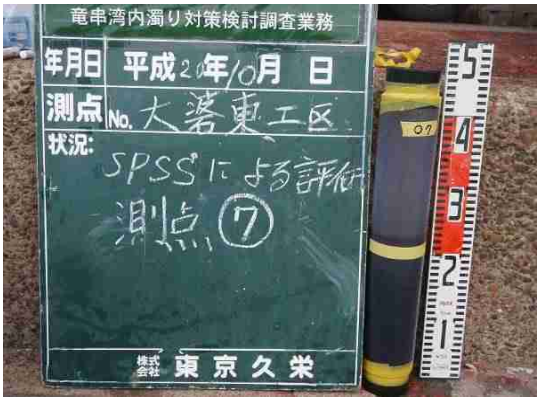


写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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

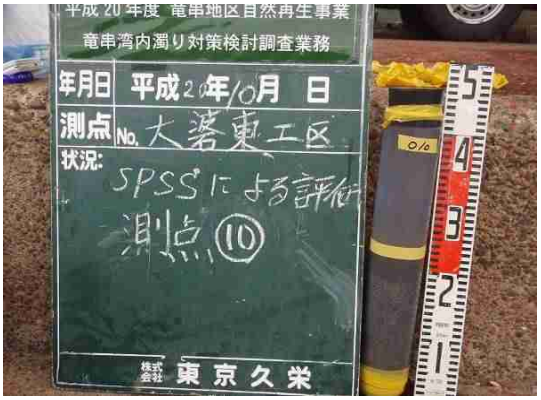


写真 19　測点⑩ 柱状採泥試料

写真 20　測点⑩ 柱状採泥試料 状態

写真 21　測点⑪ 柱状採泥試料

写真 22　測点⑪ 柱状採泥試料 状態

写真 23　測点⑫ 柱状採泥試料

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 26　測点⑬ 柱状採泥試料 状態

写真 27　測点⑭ 柱状採泥試料

写真 28　測点⑭ 柱状採泥試料 状態

写真 29　測点⑮ 柱状採泥試料

写真 30　測点⑮ 柱状採泥試料 状態

写真 31　測点⑯ 柱状採泥試料

写真 32　測点⑯ 柱状採泥試料 状態

写真 33 測点⑰ 柱状採泥試料

写真 34 測点⑰ 柱状採泥試料 状態

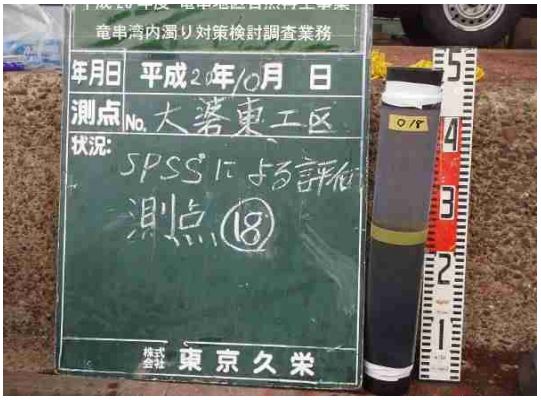


写真 35 測点⑱ 柱状採泥試料

写真 36 測点⑱ 柱状採泥試料 状態

写真 37 測点⑲ 柱状採泥試料

写真 38 測点⑲ 柱状採泥試料 状態

写真 39 測点⑳ 柱状採泥試料

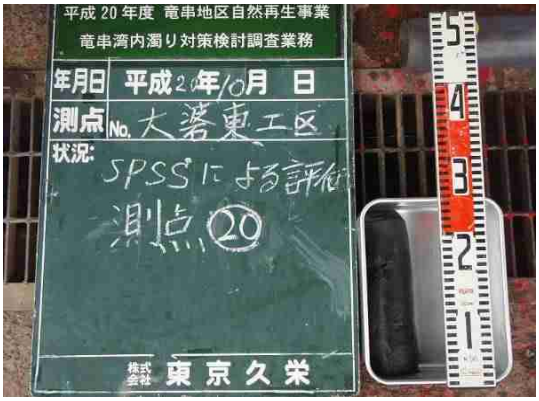


写真 40 測点⑳ 柱状採泥試料 状態

写真　1　　測点2　柱状採泥試料

写真　2　　測点2　柱状採泥試料　状態

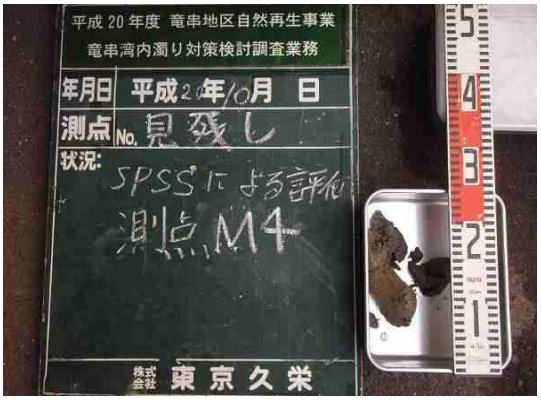


写真　3　　測点4　柱状採泥試料

写真　4　　測点4　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点6　柱状採泥試料

写真　6　　測点6　柱状採泥試料　状態

写真　7　　測点8　柱状採泥試料

写真　8　　測点8　柱状採泥試料　状態

写真 9　　測点10 柱状採泥試料

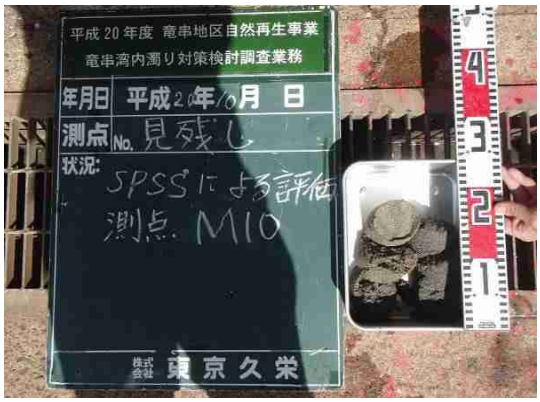


写真 10　　測点10 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点12 柱状採泥試料

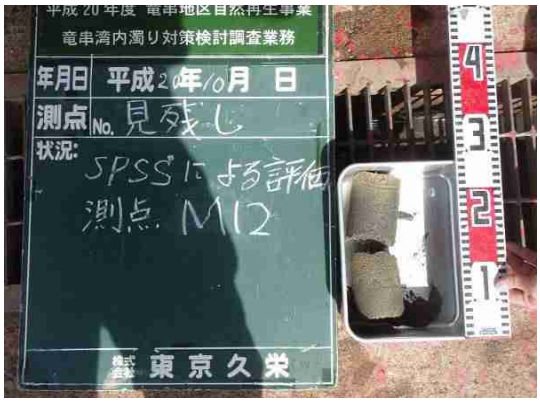


写真 12　　測点12 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点14 柱状採泥試料

写真 14　　測点14 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点17 柱状採泥試料

写真 16　　測点17 柱状採泥試料 状態

写真 17　　測点19　柱状採泥試料

写真 18　　測点19　柱状採泥試料　状態

写真 19　　測点21　柱状採泥試料

写真 20　　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 2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真 3　　測点②　柱状採泥試料

写真 4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真 5　　測点③　柱状採泥試料

写真 6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真 7　　測点④　柱状採泥試料

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 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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

写真 1　測点① 柱状採泥試料

写真 2　測点① 柱状採泥試料 状態

写真 3　測点② 柱状採泥試料

写真 4　測点② 柱状採泥試料 状態

写真 5　測点③ 柱状採泥試料

写真 6　測点③ 柱状採泥試料 状態

写真 7　測点④ 柱状採泥試料

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 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

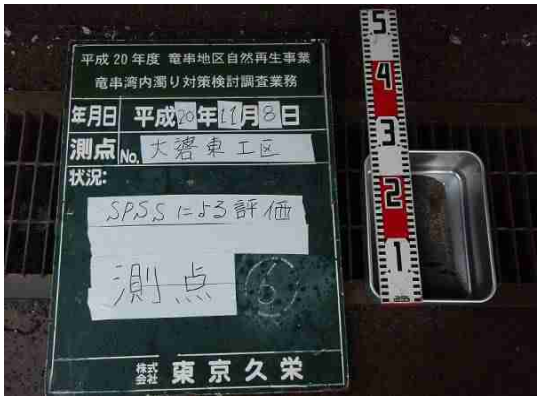


写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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

写真 19　測点⑩ 柱状採泥試料

写真 20　測点⑩ 柱状採泥試料 状態

写真 21　測点⑪ 柱状採泥試料

写真 22　測点⑪ 柱状採泥試料 状態

写真 23　測点⑫ 柱状採泥試料

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 26　測点⑬ 柱状採泥試料 状態

写真 27　測点⑭ 柱状採泥試料

写真 28　測点⑭ 柱状採泥試料 状態

写真 29　測点⑮ 柱状採泥試料

写真 30　測点⑮ 柱状採泥試料 状態

写真 31　測点⑯ 柱状採泥試料

写真 32　測点⑯ 柱状採泥試料 状態

写真 33 測点⑰ 柱状採泥試料

写真 34 測点⑰ 柱状採泥試料 状態

写真 35 測点⑱ 柱状採泥試料

写真 36 測点⑱ 柱状採泥試料 状態

写真 37 測点⑲ 柱状採泥試料

写真 38 測点⑲ 柱状採泥試料 状態

写真 39 測点⑳ 柱状採泥試料

写真 40 測点⑳ 柱状採泥試料 状態

写真 1　　測点2 柱状採泥試料

写真 2　　測点2 柱状採泥試料 状態

写真 3　　測点4 柱状採泥試料

写真 4　　測点4 柱状採泥試料 状態

写真 5　　測点6 柱状採泥試料

写真 6　　測点6 柱状採泥試料 状態

写真 7　　測点8 柱状採泥試料

写真 8　　測点8 柱状採泥試料 状態

写真 9　　測点10 柱状採泥試料

写真 10　　測点10 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点12 柱状採泥試料

写真 12　　測点12 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点14 柱状採泥試料

写真 14　　測点14 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点17 柱状採泥試料

写真 16　　測点17 柱状採泥試料 状態

写真 17　　測点19　柱状採泥試料

写真 18　　測点19　柱状採泥試料　状態

写真 19　　測点21　柱状採泥試料

写真 20　　測点21　柱状採泥試料　状態

写真　1　　測点①　柱状採泥試料

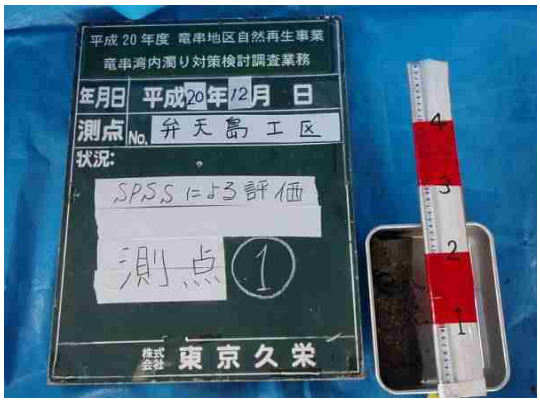


写真　2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真　3　　測点②　柱状採泥試料

写真　4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点③　柱状採泥試料

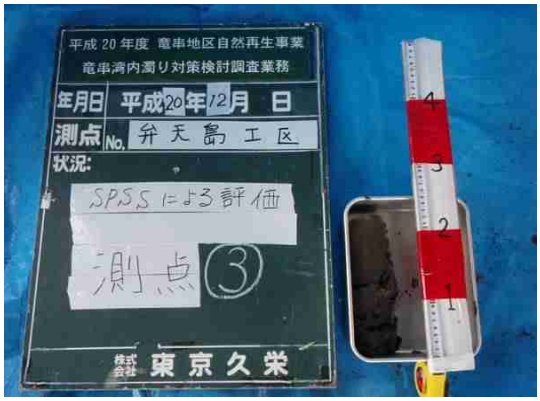


写真　6　　測点③　柱状採泥試料　状態

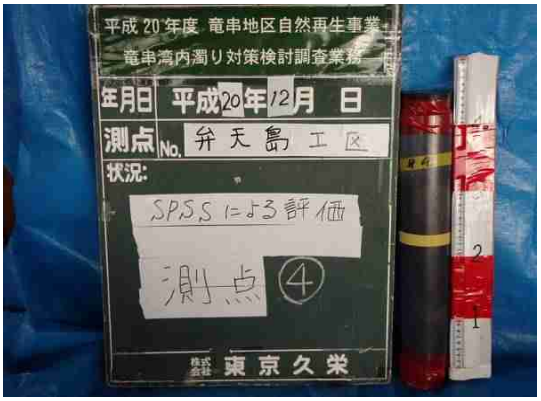


写真　7　　測点④　柱状採泥試料

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 10 測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11 測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12 測点⑥ 柱状採泥試料 状態

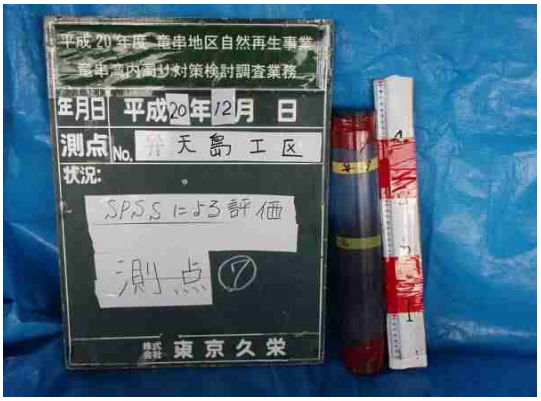


写真 13 測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14 測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15 測点⑧ 柱状採泥試料

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2-1-5(4)　ＳＰＳＳ法による評価（大瀞東工区）　12月　柱状採泥試料（１）

写真　1　　測点①　柱状採泥試料

写真　2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真　3　　測点②　柱状採泥試料

写真　4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点③　柱状採泥試料

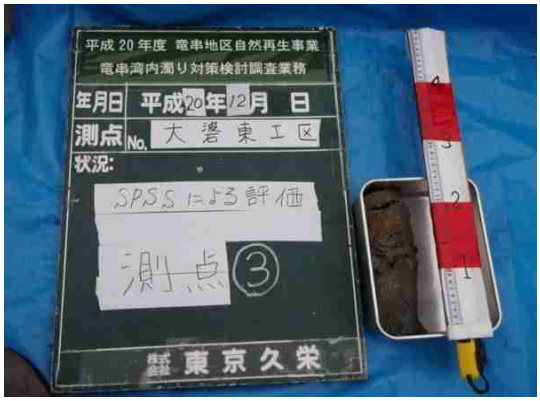


写真　6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真　7　　測点④　柱状採泥試料

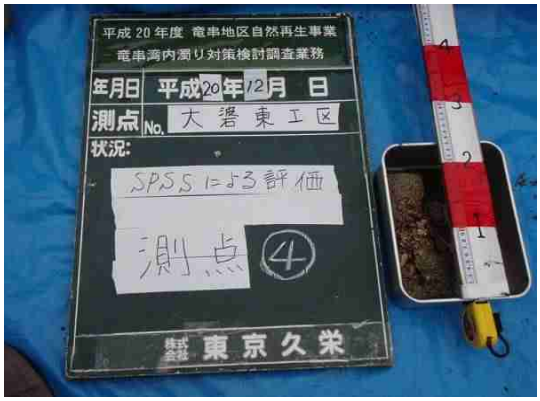


写真　8　　測点④　柱状採泥試料　状態

写真 9　　測点⑤ 柱状採泥試料

写真 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

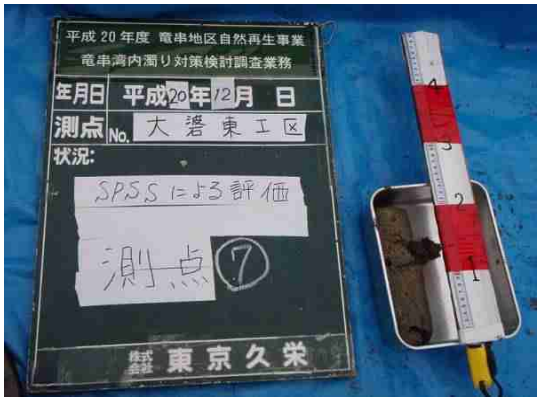


写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

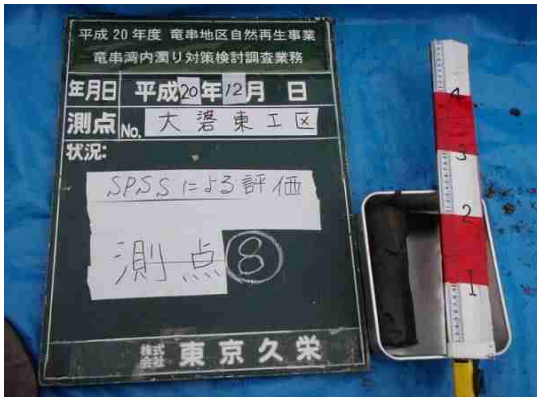


写真 16　　測点⑧ 柱状採泥試料 状態

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

写真 19　測点⑩ 柱状採泥試料

写真 20　測点⑩ 柱状採泥試料 状態

写真 21　測点⑪ 柱状採泥試料

写真 22　測点⑪ 柱状採泥試料 状態

写真 23　測点⑫ 柱状採泥試料

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

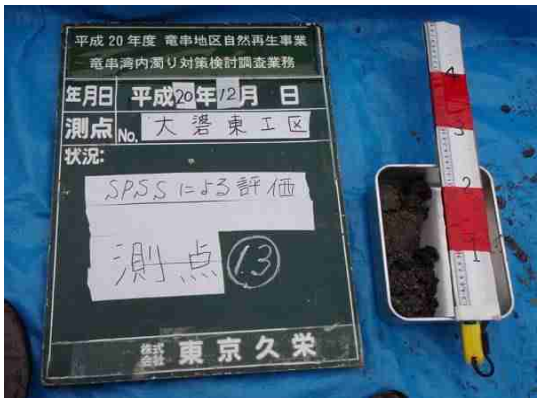


写真 26　測点⑬ 柱状採泥試料 状態

写真 27　測点⑭ 柱状採泥試料

写真 28　測点⑭ 柱状採泥試料 状態

写真 29　測点⑮ 柱状採泥試料

写真 30　測点⑮ 柱状採泥試料 状態

写真 31　測点⑯ 柱状採泥試料

写真 32　測点⑯ 柱状採泥試料 状態

写真 33 測点⑰ 柱状採泥試料

写真 34 測点⑰ 柱状採泥試料 状態

写真 35 測点⑱ 柱状採泥試料

写真 36 測点⑱ 柱状採泥試料 状態

写真 37 測点⑲ 柱状採泥試料

写真 38 測点⑲ 柱状採泥試料 状態

写真 39 測点⑳ 柱状採泥試料

写真 40 測点⑳ 柱状採泥試料 状態

写真 1　　測点2 柱状採泥試料

写真 2　　測点2 柱状採泥試料 状態

写真 3　　測点4 柱状採泥試料

写真 4　　測点4 柱状採泥試料 状態

写真 5　　測点6 柱状採泥試料

写真 6　　測点6 柱状採泥試料 状態

写真 7　　測点8 柱状採泥試料

写真 8　　測点8 柱状採泥試料 状態

写真 9　　測点10 柱状採泥試料

写真 10　　測点10 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点12 柱状採泥試料

写真 12　　測点12 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点14 柱状採泥試料

写真 14　　測点14 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点17 柱状採泥試料

写真 16　　測点17 柱状採泥試料 状態

写真 17　　測点19　柱状採泥試料

写真 18　　測点19　柱状採泥試料　状態

写真 19　　測点21　柱状採泥試料

写真 20　　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 2　　測点①　柱状採泥試料　状態

写真 3　　測点②　柱状採泥試料

写真 4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真 5　　測点③　柱状採泥試料

写真 6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真 7　　測点④　柱状採泥試料

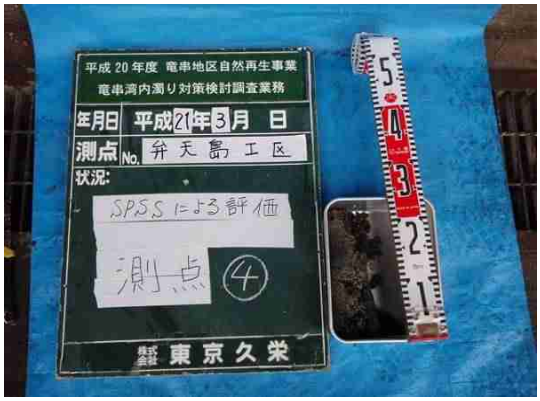


写真 8　　測点④　柱状採泥試料　状態

写真 9　　測点⑤ 柱状採泥試料

写真 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

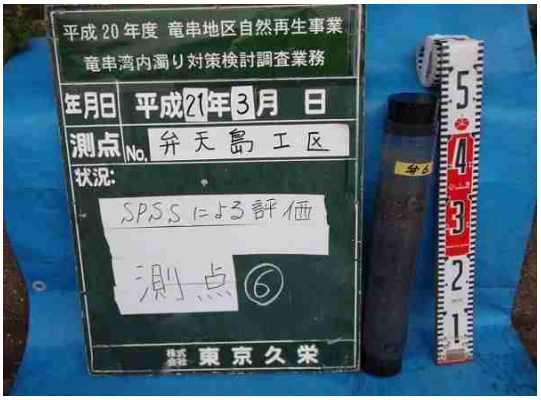


写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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

写真　1　　測点①　柱状採泥試料

写真　2　　測点①　柱状採泥試料　状態

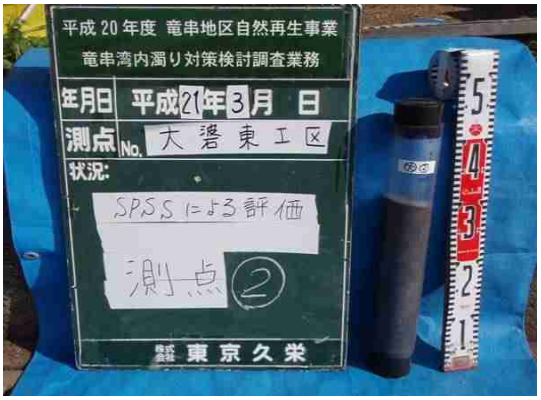


写真　3　　測点②　柱状採泥試料

写真　4　　測点②　柱状採泥試料　状態

写真　5　　測点③　柱状採泥試料

写真　6　　測点③　柱状採泥試料　状態

写真　7　　測点④　柱状採泥試料

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 10　　測点⑤ 柱状採泥試料 状態

写真 11　　測点⑥ 柱状採泥試料

写真 12　　測点⑥ 柱状採泥試料 状態

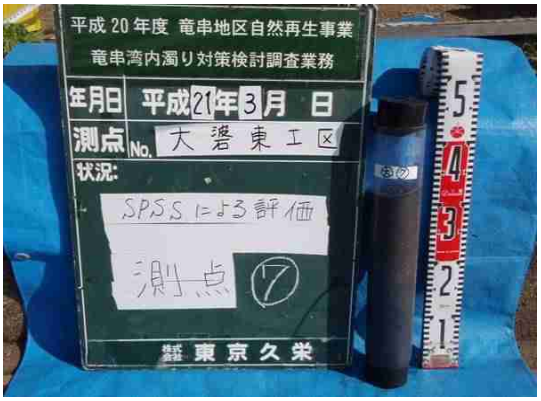


写真 13　　測点⑦ 柱状採泥試料

写真 14　　測点⑦ 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点⑧ 柱状採泥試料

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

写真 19　測点⑩ 柱状採泥試料

写真 20　測点⑩ 柱状採泥試料 状態

写真 21　測点⑪ 柱状採泥試料

写真 22　測点⑪ 柱状採泥試料 状態

写真 23　測点⑫ 柱状採泥試料

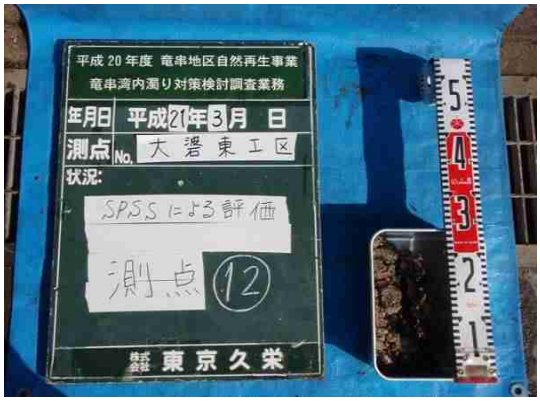


写真 24　測点⑫ 柱状採泥試料 状態

写真 25　測点⑬ 柱状採泥試料

写真 26　測点⑬ 柱状採泥試料 状態

写真 27　測点⑭ 柱状採泥試料

写真 28　測点⑭ 柱状採泥試料 状態

写真 29　測点⑮ 柱状採泥試料

写真 30　測点⑮ 柱状採泥試料 状態

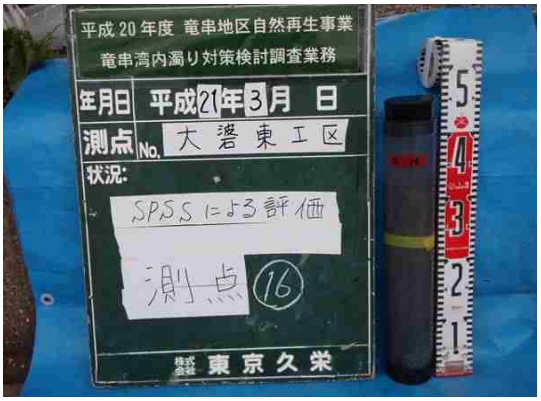


写真 31　測点⑯ 柱状採泥試料

写真 32　測点⑯ 柱状採泥試料 状態

写真 33　測点⑰ 柱状採泥試料

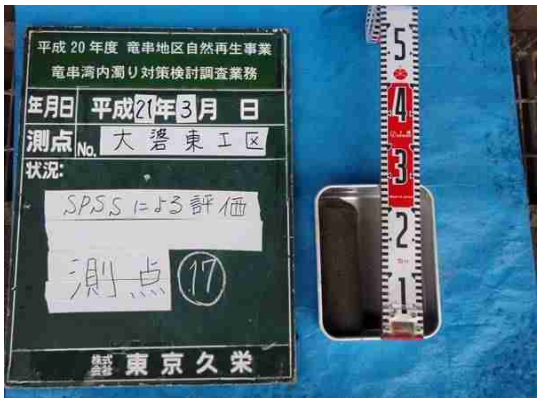


写真 34　測点⑰ 柱状採泥試料 状態

写真 35　測点⑱ 柱状採泥試料

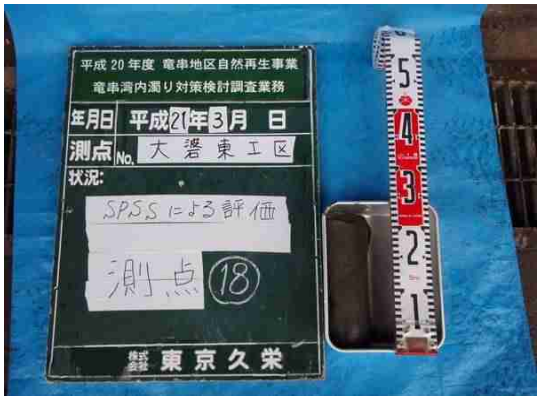


写真 36　測点⑱ 柱状採泥試料 状態

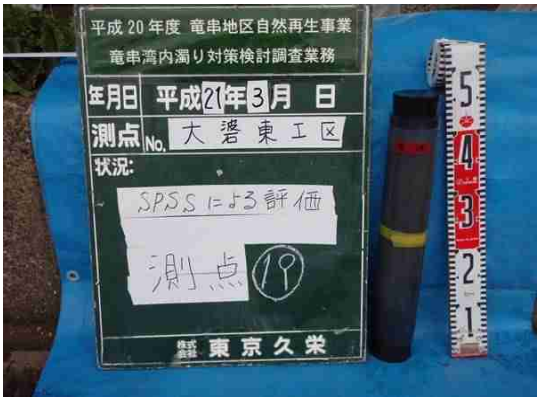


写真 37　測点⑲ 柱状採泥試料

写真 38　測点⑲ 柱状採泥試料 状態

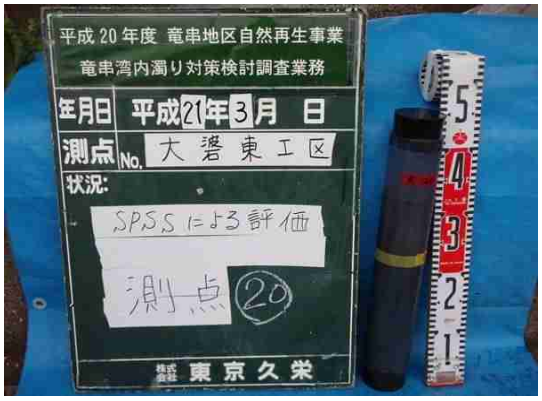


写真 39　測点⑳ 柱状採泥試料

写真 40　測点⑳ 柱状採泥試料 状態

写真 1　　測点2 柱状採泥試料

写真 2　　測点2 柱状採泥試料 状態

写真 3　　測点4 柱状採泥試料

写真 4　　測点4 柱状採泥試料 状態

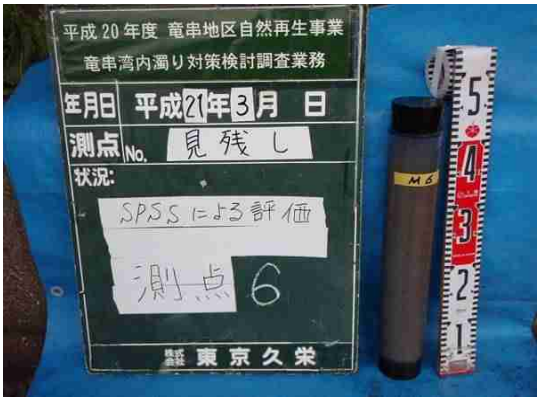


写真 5　　測点6 柱状採泥試料

写真 6　　測点6 柱状採泥試料 状態

写真 7　　測点8 柱状採泥試料

写真 8　　測点8 柱状採泥試料 状態

写真 9　　測点10 柱状採泥試料

写真 10　　測点10 柱状採泥試料 状態

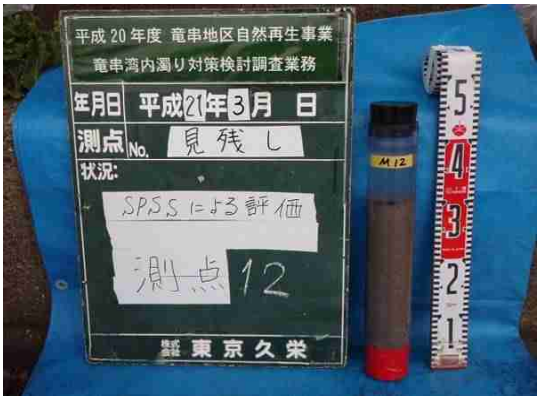


写真 11　　測点12 柱状採泥試料

写真 12　　測点12 柱状採泥試料 状態

写真 13　　測点14 柱状採泥試料

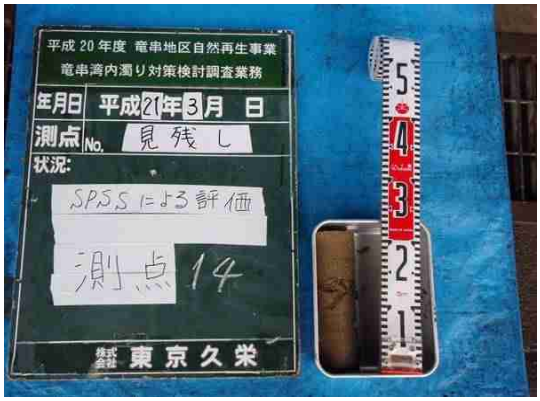


写真 14　　測点14 柱状採泥試料 状態

写真 15　　測点17 柱状採泥試料

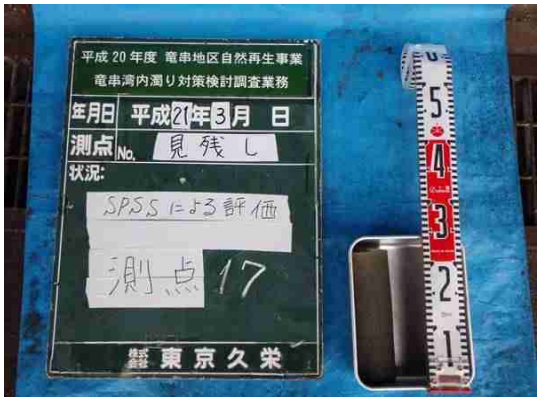


写真 16　　測点17 柱状採泥試料 状態

写真 17　　測点19　柱状採泥試料

写真 18　　測点19　柱状採泥試料　状態

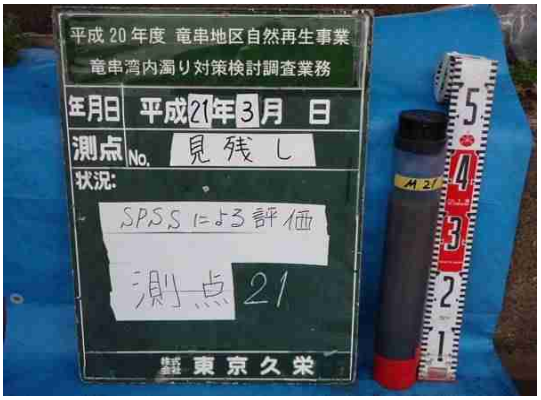


写真 19　　測点21　柱状採泥試料

写真 20　　測点21　柱状採泥試料　状態

資料　浮泥堆積状況調査

資料 2-2-1(1)　浮泥堆積状況調査の状況写真

1回目調査

設置期間	平成20年8月25日～9月7日 (11日間)

	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C
上層	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　50 %	 浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %
中層	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　10 %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　50 % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %
下層	 浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %	 浮　泥 :　80 % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %

資料 2-2-1(2)　浮泥堆積状況調査の状況写真

1回目調査

設置期間	平成20年8月25日～9月7日 (11日間)

	弁天島 1	大 潽 5	大 潽 6
上層	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %
中層	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　15 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　15 %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %
下層	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %

資料 2-2-1(3)　浮泥堆積状況調査の状況写真

1回目調査

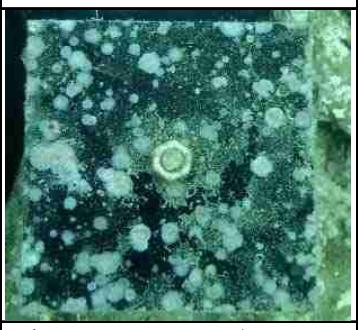
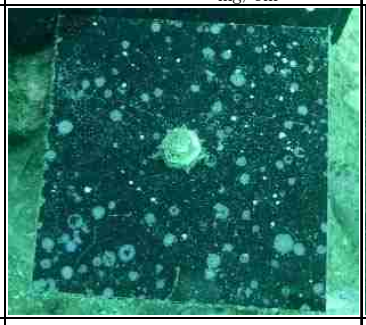
設置期間	平成20年8月25日～9月7日 (11日間)

	大 潽 7	大 潽 8	見 残し 9
上層			
	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %
中層			
	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %
下層			
	浮　泥 :　15 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　25 %	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %

資料 2-2-2(1)　浮泥堆積状況調査の状況写真

2回目調査

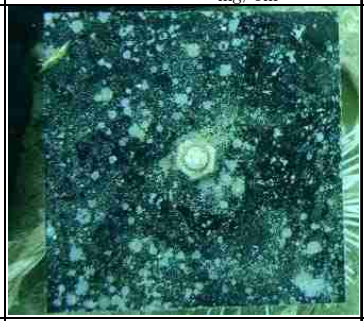
設置期間	平成20年8月25日～9月27日 (31日間)

	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C
上層			
	浮　泥：10 % ｺｹﾑｼ綱：25 % ｻﾋﾞ亜科：25 % 珪藻綱：15 % 堆積物重量: 1.7 mg/cm^2 強熱残分：1.4 mg/cm^2	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.0 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：25 % 珪藻綱：5 % 堆積物重量: 0.3 mg/cm^2 強熱残分：0.3 mg/cm^2
中層			
	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：60 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.1 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.1 mg/cm^2	浮　泥：5 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.5 mg/cm^2 強熱残分：0.4 mg/cm^2
下層			
	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：75 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.0 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2	浮　泥：95 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 4.7 mg/cm^2 強熱残分：4.6 mg/cm^2

資料 2-2-2(2)　浮泥堆積状況調査の状況写真

2回目調査

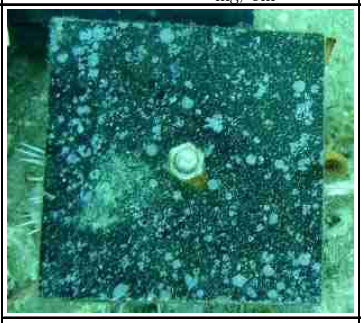
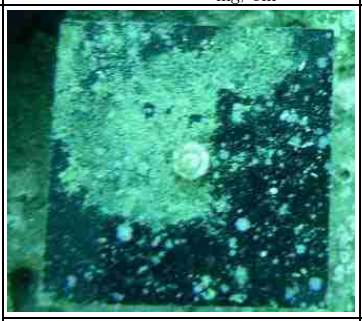
設置期間	平成20年8月25日～9月27日 (31日間)

	弁天島 1	大 潽 5	大 潽 6
上層			
	浮　泥：5 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：15 % 珪藻綱：5 % 堆積物重量: 0.2 mg/cm^2 強熱残分：0.1 mg/cm^2	浮　泥：5 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：5 % 堆積物重量: 0.9 mg/cm^2 強熱残分：0.8 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：60 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.2 mg/cm^2 強熱残分：0.1 mg/cm^2
中層			
	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：25 % 珪藻綱：5 % 堆積物重量: 0.2 mg/cm^2 強熱残分：0.2 mg/cm^2	浮　泥：25 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：25 % 堆積物重量: 2.1 mg/cm^2 強熱残分：1.8 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：49 % 珪藻綱：5 % 堆積物重量: 0.5 mg/cm^2 強熱残分：0.4 mg/cm^2
下層			
	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：15 % 珪藻綱：5 % 堆積物重量: 0.4 mg/cm^2 強熱残分：0.2 mg/cm^2	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：20 % 珪藻綱：R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2

資料 2-2-2(3)　浮泥堆積状況調査の状況写真

2回目調査

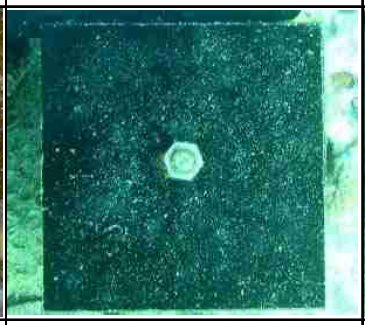
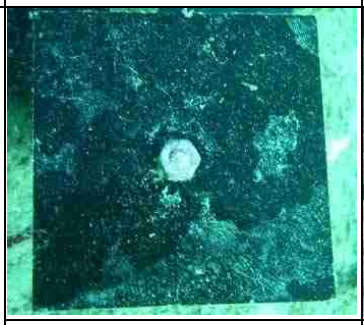
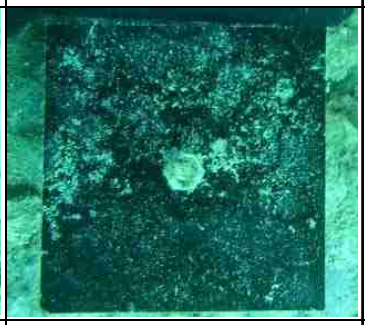
設置期間	平成20年8月25日～9月27日 (31日間)

	大 潽 7	大 潽 8	見 残し 9
上層			
	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　10 % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.6 mg/cm^2 強熱残分 :　0.5 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　25 % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2
中層			
	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　10 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.6 mg/cm^2 強熱残分 :　0.5 mg/cm^2
下層			
	浮　泥 :　15 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　10 % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　30 % 堆積物重量:　1.0 mg/cm^2 強熱残分 :　0.8 mg/cm^2	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　40 % 堆積物重量:　0.4 mg/cm^2 強熱残分 :　0.4 mg/cm^2

資料 2-2-3(1)　浮泥堆積状況調査の状況写真

3回目調査

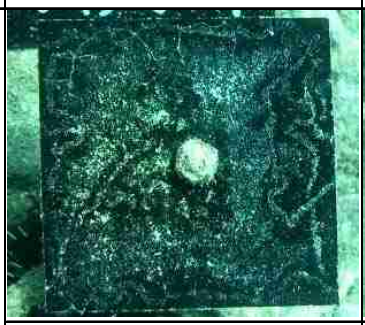
設置期間	平成20年9月27日～10月8日 (10日間)

	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C
上層	 浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 0 % 珪藻綱 ： 20 %	 浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %	 浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 0 % 珪藻綱 ： R %
中層	 浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 0 % 珪藻綱 ： R %	 浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %
下層	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 0 % 珪藻綱 ： R %	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 5 %	 浮　泥 ： 90 % ｺｹﾑｼ綱 ： 0 % ｻﾋﾞ亜科 ： 0 % 珪藻綱 ： R %

資料 2-2-3(2)　浮泥堆積状況調査の状況写真

3回目調査

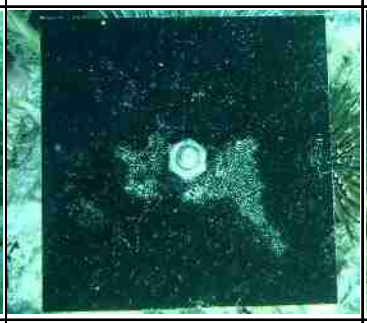
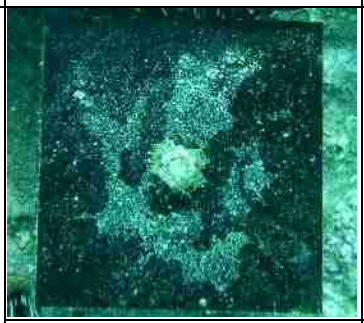
設置期間	平成20年9月27日～10月8日 (10日間)

	弁天島 1	大 潽 5	大 潽 6
上層	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %	 浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %
中層	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %
下層	 浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　0 % 珪藻綱 :　5 %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %	 浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R %

資料 2-2-3(3)　浮泥堆積状況調査の状況写真

3回目調査

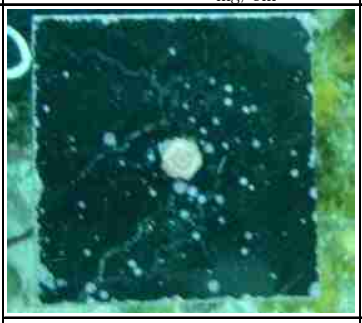
設置期間	平成20年9月27日～10月8日 (10日間)

	大 塘 7	大 塘 8	見 残 し 9
上層	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 5 %	 浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： 5 % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 5 %	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 10 %
中層	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 10 %	 浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： R %	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 10 %
下層	 浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 5 %	 浮　泥 ： 20 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 10 %	 浮　泥 ： 10 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪 藻 綱 ： 15 %

資料 2-2-4(1)　浮泥堆積状況調査の状況写真

4回目調査

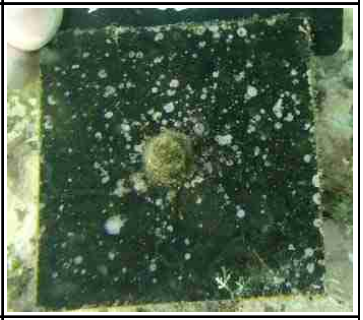
設置期間	平成20年9月27日～10月24日 (26日間)

	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C
上層			
	浮　泥：10 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：40 % 堆積物重量：1.5 mg/cm^2 強熱残分：1.3 mg/cm^2	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：10 % 珪藻綱：R % 堆積物重量：0.0 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2	浮　泥：5 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：15 % 堆積物重量：0.5 mg/cm^2 強熱残分：0.4 mg/cm^2
中層			
	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：R % 堆積物重量：0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.0 mg/cm^2	浮　泥：25 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：20 % 堆積物重量：0.3 mg/cm^2 強熱残分：0.2 mg/cm^2	浮　泥：30 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：20 % 堆積物重量：3.4 mg/cm^2 強熱残分：3.2 mg/cm^2
下層			
	浮　泥：0 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：5 % 珪藻綱：R % 堆積物重量：0.1 mg/cm^2 強熱残分：0.1 mg/cm^2	浮　泥：R % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：5 % 堆積物重量：0.3 mg/cm^2 強熱残分：0.2 mg/cm^2	浮　泥：75 % ｺｹﾑｼ綱：R % ｻﾋﾞ亜科：R % 珪藻綱：10 % 堆積物重量：3.9 mg/cm^2 強熱残分：3.7 mg/cm^2

資料 2-2-4(2)　浮泥堆積状況調査の状況写真

4回目調査

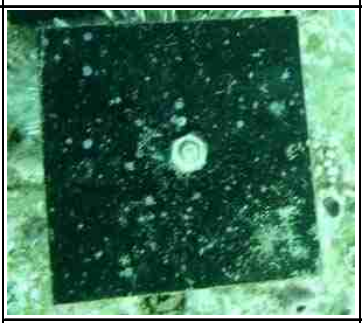
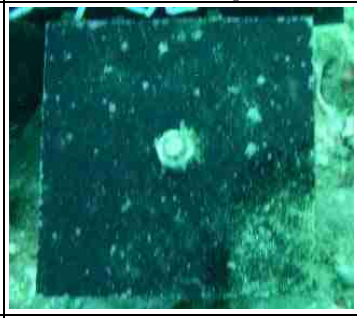
設置期間	平成20年9月27日～10月24日 (26日間)

	弁天島 1	大 潽 5	大 潽 6
上層			
	浮　泥 ： 30 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 20 % 堆積物重量: 0.3 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.3 mg/cm^2	浮　泥 ： 15 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 % 堆積物重量: 0.7 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.6 mg/cm^2	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 5 % 珪藻綱 ： 5 % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.0 mg/cm^2
中層			
	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 5 % 珪藻綱 ： R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.1 mg/cm^2	浮　泥 ： 10 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 % 堆積物重量: 0.9 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.8 mg/cm^2	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 5 % 珪藻綱 ： 5 % 堆積物重量: 0.0 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.0 mg/cm^2
下層			
	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： 5 % 珪藻綱 ： R % 堆積物重量: 0.1 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.1 mg/cm^2	浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 % 堆積物重量: 0.4 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.3 mg/cm^2	浮　泥 ： 30 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 50 % 堆積物重量: 0.3 mg/cm^2 強熱残分 ： 0.2 mg/cm^2

資料 2-2-4(3)　浮泥堆積状況調査の状況写真

4回目調査

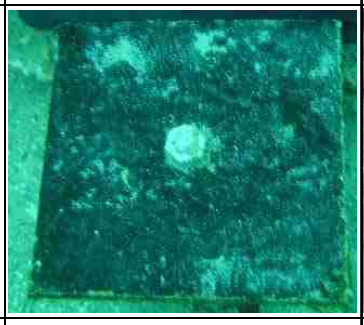
設置期間	平成20年9月27日～10月24日 (26日間)

	大 潽 7	大 潽 8	見 残し 9
上層			
	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.3 mg/cm^2	浮　泥 :　30 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　50 % 堆積物重量:　0.6 mg/cm^2 強熱残分 :　0.5 mg/cm^2	浮　泥 :　15 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2
中層			
	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　25 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　40 % ｺｹﾑｼ綱 :　5 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　40 % 堆積物重量:　0.7 mg/cm^2 強熱残分 :　0.6 mg/cm^2
下層			
	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　30 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　20 % 堆積物重量:　1.0 mg/cm^2 強熱残分 :　0.9 mg/cm^2

資料 2-2-5(1)　浮泥堆積状況調査の状況写真

5回目調査

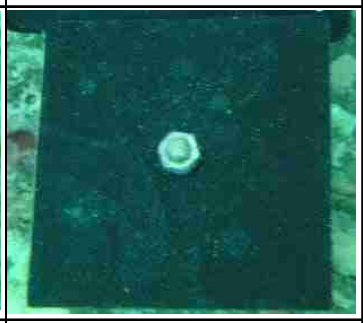
設置期間	平成20年10月24日～11月9日 (15日間)

	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C
上層			
	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 25 %	浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %	浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %
中層			
	浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 5 %	浮　泥 ： 10 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 15 %	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %
下層			
	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 5 %	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 %	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 5 %

資料 2-2-5(2)　浮泥堆積状況調査の状況写真

5回目調査

設置期間	平成20年10月24日～11月9日 (15日間)

	弁天島 1	大 潽 5	大 潽 6
上層	 浮　泥 : 15 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 15 %	 浮　泥 : 0 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 5 %	 浮　泥 : 0 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : R %
中層	 浮　泥 : R % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 5 %	 浮　泥 : 0 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : R %	 浮　泥 : 40 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 30 %
下層	 浮　泥 : R % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 5 %	 浮　泥 : 0 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 5 %	 浮　泥 : 20 % ｺｹﾑｼ綱 : R % ｻﾋﾞ亜科 : R % 珪藻綱 : 10 %

資料 2-2-5(3)　浮泥堆積状況調査の状況写真

5回目調査

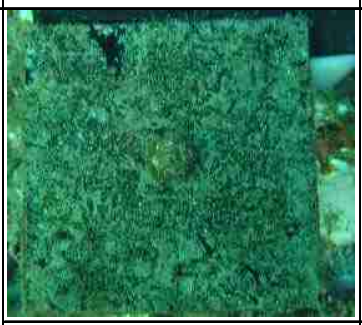
設置期間	平成20年10月24日～11月9日 (15日間)

	大 潽 7	大 潽 8	見 残し 9
上層			
	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 5 %	浮　泥 ： 0 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %	浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 %
中層			
	浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 %	浮　泥 ： R % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： R %	浮　泥 ： 10 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 15 %
下層			
	浮　泥 ： 40 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 40 %	浮　泥 ： 5 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 5 %	浮　泥 ： 10 % ｺｹﾑｼ綱 ： R % ｻﾋﾞ亜科 ： R % 珪藻綱 ： 10 %

資料 2-2-6(1)　浮泥堆積状況調査の状況写真

6回目調査

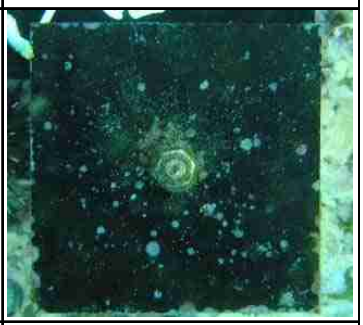
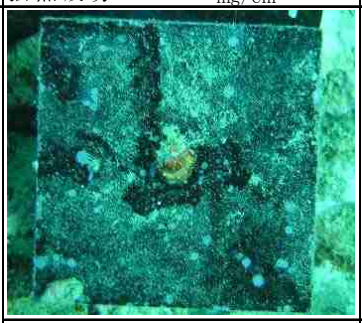
設置期間	平成20年10月24日～11月29日 (35日間)

	爪 白 A	竜 串 B	大 碆 C
上層			
	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　20 % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　30 % 堆積物重量:　1.7 mg/cm^2 強熱残分 :　1.3 mg/cm^2	浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.0 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　25 % 堆積物重量:　0.6 mg/cm^2 強熱残分 :　0.5 mg/cm^2
中層			
	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　20 % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　20 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　15 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　10 % 堆積物重量:　0.8 mg/cm^2 強熱残分 :　0.7 mg/cm^2
下層			
	浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　15 % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　50 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　20 % 堆積物重量:　3.6 mg/cm^2 強熱残分 :　3.4 mg/cm^2

資料 2-2-6(2)　浮泥堆積状況調査の状況写真

6回目調査

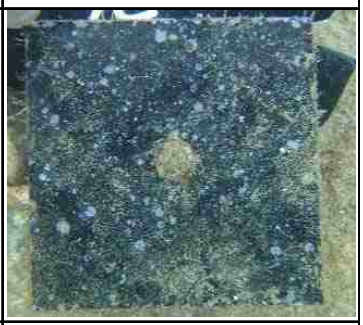
設置期間	平成20年10月24日～11月29日 (35日間)

	弁天島 1	大 潽 5	大 潽 6
上層			
	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　25 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.3 mg/cm^2	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2
中層			
	浮　泥 :　25 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　25 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.4 mg/cm^2 強熱残分 :　0.3 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　15 % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.1 mg/cm^2
下層			
	浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　10 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.3 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.1 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2

資料 2-2-6(3)　浮泥堆積状況調査の状況写真

6回目調査

設置期間	平成20年10月24日～11月29日 (35日間)

	大 潽 7	大 潽 8	見 残し 9
上層			
	浮　泥 :　0 % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　10 % 珪藻綱 :　R % 堆積物重量:　0.0 mg/cm^2 強熱残分 :　0.0 mg/cm^2	浮　泥 :　R % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　10 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　20 % 堆積物重量:　0.5 mg/cm^2 強熱残分 :　0.4 mg/cm^2
中層			
	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　25 % 堆積物重量:　0.6 mg/cm^2 強熱残分 :　0.5 mg/cm^2	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　20 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2
下層			
	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　5 % 珪藻綱 :　5 % 堆積物重量:　0.2 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　5 % ｺｹﾑｼ綱 :　0 % ｻﾋﾞ亜科 :　10 % 珪藻綱 :　10 % 堆積物重量:　0.3 mg/cm^2 強熱残分 :　0.2 mg/cm^2	浮　泥 :　10 % ｺｹﾑｼ綱 :　R % ｻﾋﾞ亜科 :　R % 珪藻綱 :　10 % 堆積物重量:　0.7 mg/cm^2 強熱残分 :　0.6 mg/cm^2

資料　竜串湾内泥土堆積状況詳細調査

資料 2-3-1(1)　大潽東海域 底質分布詳細調査結果表 (1)

採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
D-1	G31	34 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.12 m	24	上:砂
			中　GL. -0.12 m　～ -0.29 m	95	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.29 m　～ -0.34 m	180	下:砂混じり泥
E-1	I31	33 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.19 m	34	上:砂
			下　GL. -0.19 m　～ -0.33 m	97	下:泥混じり砂(少し粘性有り)
F-1	K31	32 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.14 m	42	上:砂
			中　GL. -0.14 m　～ -0.23 m	101	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.23 m　～ -0.32 m	87	下:泥混じり砂
C-2	E29	24 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.06 m	278	上:泥混じり砂
			中　GL. -0.06 m　～ -0.16 m	241	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.16 m　～ -0.24 m	75	下:砂
D-2	G29	31 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.26 m	73	上:泥混じり砂
			下　GL. -0.26 m　～ -0.31 m	158	下:泥混じり砂
E-2	I29	28 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.11 m	63	上:砂
			中　GL. -0.11 m　～ -0.22 m	72	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.22 m　～ -0.28 m	130	下:泥混じり砂
F-2	K29	41 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.21 m	54	上:砂
			下　GL. -0.21 m　～ -0.41 m	141	下:泥混じり砂
G-2	M29	36 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	36	上:砂
			中　GL. -0.18 m　～ -0.30 m	98	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.30 m　～ -0.36 m	202	下:泥混じり砂
I-2	-	45 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.28 m	32	上:砂
			中　GL. -0.28 m　～ -0.37 m	192	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.37 m　～ -0.45 m	224	下:泥混じり砂
K-2	-	39 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.21 m	21	上:砂
			下　GL. -0.21 m　～ -0.39 m	25	下:泥混じり砂
A-3	A27	38 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	645	上:泥
			中　GL. -0.07 m　～ -0.24 m	728	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.24 m　～ -0.38 m	1037	下:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり泥
AB-3	B27	17 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.06 m	221	上:泥混じり砂、上層3mm泥
			下　GL. -0.06 m　～ -0.17 m	138	下:泥混じり砂
B-3	C27	41 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	255	上:砂、上層3mm泥
			中　GL. -0.07 m　～ -0.20 m	103	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.20 m　～ -0.41 m	82	下:泥混じり砂
C-3	E27	39 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	79	上:砂
			中　GL. -0.17 m　～ -0.22 m	228	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.22 m　～ -0.39 m	94	下:泥混じり砂
D-3	G27	28 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.11 m	165	上:砂、上層2mm泥
			下　GL. -0.11 m　～ -0.28 m	62	下:泥混じり砂
E-3	I27	12 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.12 m	911	上:砂混じり泥
F-3	K27	33 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	52	上:砂
			下　GL. -0.17 m　～ -0.33 m	251	下:泥混じり砂
G-3	M27	33 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.15 m	39	上:砂
			中　GL. -0.15 m　～ -0.30 m	52	中:貝殻混じり砂
			下　GL. -0.30 m　～ -0.33 m	74	下:泥混じり砂
H-3	O27	48 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	32	上:泥混じり砂
			中　GL. -0.18 m　～ -0.32 m	44	中:砂
			下　GL. -0.32 m　～ -0.48 m	645	下:泥、硫化物臭有り
A-4	A25	38 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.13 m	1225	上:砂混じり泥
			下　GL. -0.13 m　～ -0.38 m	151	下:砂
B-4	C25	36 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	72	上:砂
			下　GL. -0.17 m　～ -0.36 m	333	下:砂混じり泥、硫化物臭有り

資料 2-3-1(2)　大潟東海域 底質分布詳細調査結果表 (2)

採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
C-4	E25	35 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	56	上:砂
			中　GL. -0.07 m　～ -0.21 m	42	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.21 m　～ -0.35 m	44	下:泥混じり砂
D-4	G25	57 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.22 m	1003	上:砂混じり泥
			中　GL. -0.22 m　～ -0.41 m	289	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.41 m　～ -0.57 m	542	下:砂混じり泥
E-4	I25	19 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.09 m	883	上:砂混じり泥
			下　GL. -0.09 m　～ -0.19 m	1114	下:砂混じり泥
F-4	K25	38 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.08 m	119	上:砂
			中　GL. -0.08 m　～ -0.22 m	101	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.22 m　～ -0.38 m	511	下:砂混じり泥
G-4	M25	47 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.39 m	43	上:砂
			下　GL. -0.39 m　～ -0.47 m	48	下:泥混じり砂
H-4	O25	24 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.08 m	62	上:砂
			下　GL. -0.08 m　～ -0.24 m	77	下:泥混じり砂
I-4	-	49 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.22 m	17	上:砂
			中　GL. -0.22 m　～ -0.38 m	235	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.38 m　～ -0.49 m	32	下:泥混じり砂
K-4	-	69 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.25 m	20	上:砂
			下　GL. -0.25 m　～ -0.69 m	44	下:泥混じり砂、硫化物臭有り
A-5	A23	18 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	107	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂
B-5	C23	40 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.09 m	50	上:砂
			中　GL. -0.09 m　～ -0.21 m	79	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.21 m　～ -0.40 m	2784	下:砂混じり泥
E-5	I23	25 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.05 m	577	上:泥・貝殻混じり砂
			下　GL. -0.05 m　～ -0.25 m	554	下:砂混じり泥
F-5	K23	36 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.06 m	94	上:砂
			中　GL. -0.06 m　～ -0.11 m	40	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.11 m　～ -0.36 m	1329	下:砂混じり泥、硫化物臭有り
G-5	M23	49 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.30 m	47	上:砂
			下　GL. -0.30 m　～ -0.49 m	387	下:砂混じり泥
H-5	O23	52 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	15	上:砂
			下　GL. -0.18 m　～ -0.52 m	33	下:砂
G-6	M21	57 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.04 m	154	上:砂
			中　GL. -0.04 m　～ -0.22 m	2506	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.22 m　～ -0.57 m	151	下:泥混じり砂
H-6	O21	54 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.11 m	28	上:砂
			中　GL. -0.11 m　～ -0.35 m	68	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.35 m　～ -0.54 m	259	下:泥混じり砂(粘性有り)
I-6	Q21	66 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.21 m	20	上:砂
			中　GL. -0.21 m　～ -0.61 m	38	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.61 m　～ -0.66 m	577	下:砂混じり泥
J-6	S21	84 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.42 m	27	上:砂
			下　GL. -0.42 m　～ -0.84 m	2025	下:砂混じり泥
K-6	U21	82 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.38 m	33	上:砂
			下　GL. -0.38 m　～ -0.82 m	34	下:砂
G-7	M19	46 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.19 m	36	上:砂
			下　GL. -0.19 m　～ -0.46 m	125	下:泥混じり砂
H-7	O19	52 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.25 m	36	上:砂
			中　GL. -0.25 m　～ -0.34 m	577	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.34 m　～ -0.52 m	42	下:泥混じり砂

資料 2-3-1(3)　大瀞東海域 底質分布詳細調査結果表 (3)

採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
I-7	Q19	50 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.23 m	52	上:砂
			下　GL. -0.23 m　～ -0.50 m	121	下:泥混じり砂
J-7	S19	53 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.24 m	91	上:砂混じり泥
			下　GL. -0.24 m　～ -0.53 m	369	下:砂混じり泥
C-8	E17	19 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.12 m	26	上:貝殻混じり砂
			下　GL. -0.12 m　～ -0.19 m	21	下:砂
D-8	G17	28 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.28 m	47	上:貝殻混じり砂
E-8	I17	33 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	25	上:貝殻混じり粗砂
			下　GL. -0.18 m　～ -0.33 m	35	下:貝殻混じり砂
F-8	K17	26 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.14 m	43	上:貝殻混じり砂、上層2mm泥
			下　GL. -0.14 m　～ -0.26 m	59	下:貝殻混じり砂
G-8	M17	36 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.12 m	48	上:砂
			中　GL. -0.12 m　～ -0.25 m	114	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.25 m　～ -0.36 m	283	下:泥混じり砂
H-8	O17	49 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.24 m	28	上:砂
			中　GL. -0.24 m　～ -0.38 m	243	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.38 m　～ -0.49 m	26	下:泥混じり砂
I-8	Q17	48 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.09 m	18	上:砂
			中　GL. -0.09 m　～ -0.30 m	94	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.30 m　～ -0.48 m	189	下:泥混じり砂
D-9	G15	26 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.26 m	165	上:貝殻混じり粗砂
E-9	I15	28 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.28 m	163	上:貝殻混じり粗砂
F-9	K15	34 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	197	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂
			下　GL. -0.18 m　～ -0.34 m	103	下:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり粗砂
G-9	M15	33 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.12 m	767	上:砂混じり粘土(粘性有り)
			下　GL. -0.12 m　～ -0.33 m	833	下:貝殻・砂混じり泥(粘性有り)
H-9	O15	40 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.08 m	34	上:砂
			中　GL. -0.08 m　～ -0.31 m	235	中:泥(少量)混じり砂
			下　GL. -0.31 m　～ -0.40 m	474	下:砂混じり泥
C-10	E13	28 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.28 m	52	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり粗砂
D-10	G13	22 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.22 m	50	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり粗砂
E-10	I13	34 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.14 m	60	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂
			下　GL. -0.14 m　～ -0.34 m	65	下:貝殻(少量)混じり粗砂
F-10	K13	24 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.13 m	138	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂、上層2mm泥
			下　GL. -0.13 m　～ -0.24 m	121	下:泥混じり砂
G-10	M13	37 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	147	上:砂
			下　GL. -0.17 m　～ -0.37 m	81	下:泥(少量)混じり砂
H-10	O13	65 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.28 m	55	上:砂
			中　GL. -0.28 m　～ -0.38 m	98	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.38 m　～ -0.65 m	251	下:砂混じり泥
E-11	I11	18 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.02 m	161	上:砂、上層2mm泥
			中　GL. m　～ m		
			下　GL. -0.02 m　～ -0.18 m	44	下:貝殻混じり粗砂

資料 2-3-1(4)　大潽東海域 底質分布詳細調査結果表 (4)

採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
F-11	K11	22 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.22 m	65	上:貝殻混じり粗砂
G-11	M11	24 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.13 m	833	上:砂混じり泥、硫化物臭有り
			下　GL. -0.13 m　～ -0.24 m	1178	下:砂混じり泥
H-11	O11	49 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	43	上:砂
			中　GL. -0.07 m　～ -0.29 m	56	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.29 m　～ -0.49 m	381	下:砂混じり泥
I-11	Q11	45 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.29 m	32	上:砂
			中　GL. -0.29 m　～ -0.40 m	833	中:泥
			下　GL. -0.40 m　～ -0.45 m	47	下:泥混じり砂
IJ-11	R11	72 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.20 m	554	上:泥
			中　GL. -0.20 m　～ -0.45 m	710	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.45 m　～ -0.72 m	122	下:泥混じり砂
J-11	S11	78 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	51	上:泥混じり砂
			中1　GL. -0.18 m　～ -0.37 m	3003	中:泥(少量木片混じり)
			中2　GL. -0.37 m　～ -0.72 m	970	下:泥(少量木片混じり)
			下　GL. -0.72 m　～ -0.78 m	165	下:砂混じり泥
E-12	I9	37 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.14 m	259	上:貝殻混じり砂、上層5mm泥
			下　GL. -0.14 m　～ -0.37 m	169	下:泥・貝殻混じり砂
F-12	K9	29 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.29 m	158	上:泥・貝殻混じり砂
G-12	M9	39 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.19 m	1575	上:泥(粘性有り)、硫化物臭有り
			下　GL. -0.19 m　～ -0.39 m	2348	下:砂混じり泥
GH-12	N9	42 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	692	上:砂混じり泥
			中　GL. -0.07 m　～ -0.23 m	78	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.23 m　～ -0.42 m	590	下:砂混じり泥
H-12	O9	44 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	35	上:砂
			中　GL. -0.07 m　～ -0.21 m	87	中:砂・細砂
			下　GL. -0.21 m　～ -0.44 m	136	下:泥混じり砂
I-12	Q9	84 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.33 m	214	上:泥混じり砂
			中1　GL. -0.33 m　～ -0.48 m	1114	中:砂混じり泥(木片、木根混じり)
			中2　GL. -0.48 m　～ -0.71 m	197	下:泥混じり砂
			下　GL. -0.71 m　～ -0.84 m	2025	下:砂混じり泥(粘性有り)
J-12	S9	66 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	58	上:泥混じり砂
			中　GL. -0.18 m　～ -0.50 m	845	中:砂混じり泥(木片混じり)、硫化物臭有り
			下　GL. -0.50 m　～ -0.60 m	278	下:泥混じり砂(漁具混じり)
E-13	I7	20 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.08 m	91	上:砂
			下　GL. -0.08 m　～ -0.20 m	74	下:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり粗砂
採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
F-13	K7	50 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.03 m	107	上:砂
			中　GL. -0.03 m　～ -0.39 m	1144	中:粘土(木片混じり)
			下　GL. -0.39 m　～ -0.50 m	98	下:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり粗砂
G-13	M7	51 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.19 m	103	上:泥混じり砂
			中1　GL. -0.19 m　～ -0.32 m	134	中:粗砂
			中2　GL. -0.32 m　～ -0.44 m	2425	下:砂混じり泥
			下　GL. -0.44 m　～ -0.51 m	596	下:泥・貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂
H-13	O7	26 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.26 m	434	上:細砂、上層3mm泥
I-13	Q7	55 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.29 m	78	上:泥混じり砂
			下　GL. -0.29 m　～ -0.55 m	68	下:砂・細砂
J-13	S7	78 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.06 m	138	上:砂
			中　GL. -0.06 m　～ -0.38 m	462	中:砂混じり泥、硫化物臭有り
			下　GL. -0.38 m　～ -0.78 m	883	下:砂混じり泥(木片混じり)

資料 2-3-1(5)　大潽東海域 底質分布詳細調査結果表 (5)

採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
F-14	K5	51 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	35	上:砂
			中　GL. -0.17 m　～ -0.38 m	833	中:砂混じり泥(粘性有り)
			下　GL. -0.38 m　～ -0.51 m	47	下:砂混じり泥
G-14	M5	47 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.31 m	62	上:砂
			中　GL. -0.31 m　～ -0.43 m	767	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.43 m　～ -0.47 m	63	下:砂
H-14	O5	53 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.20 m	65	上:砂
			中　GL. -0.20 m　～ -0.39 m	767	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.39 m　～ -0.53 m	28	下:貝殻混じり砂
I-14	Q5	53 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	108	上:砂
			中　GL. -0.07 m　～ -0.33 m	221	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.33 m　～ -0.53 m	47	下:砂
J-14	S5	74 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.26 m	82	上:砂
			中　GL. -0.26 m　～ -0.42 m	141	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.42 m　～ -0.74 m	413	下:砂混じり泥(木片混じり)
F-15	K3	50 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.06 m	36	上:砂
			中　GL. -0.06 m　～ -0.24 m	158	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.24 m　～ -0.50 m	58	下:泥混じり砂
G-15	M3	35 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.06 m	62	上:砂
			中　GL. -0.06 m　～ -0.28 m	154	中:泥混じり砂(木片混じり、硫化物臭有り)
			下　GL. -0.28 m　～ -0.35 m	43	下:砂
H-15	O3	55 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.25 m	44	上:砂・細砂
			下　GL. -0.25 m　～ -0.55 m	49	下:砂・細砂
I-15	Q3	84 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.26 m	857	上:粘土(硫化物臭有り)
			下　GL. -0.26 m　～ -0.84 m	833	下:砂混じり泥(ゴミ混じり)
J-15	S3	68 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.08 m	300	上:泥混じり砂
			中　GL. -0.08 m　～ -0.54 m	3064	中:砂混じり粘土
			下　GL. -0.54 m　～ -0.68 m	52	下:泥混じり砂
F-16	K1	45 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	28	上:砂
			下　GL. -0.18 m　～ -0.45 m	69	下:泥混じり砂
G-16	M1	36 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.12 m	63	上:砂
			中　GL. -0.12 m　～ -0.28 m	197	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.28 m　～ -0.36 m	42	下:砂
H-16	O1	58 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.22 m	50	上:泥混じり砂
			中　GL. -0.22 m　～ -0.34 m	676	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.34 m　～ -0.58 m	98	下:砂
I-16	Q1	86 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.24 m	1575	上:砂混じり粘土(木片混じり、硫化物臭有り)
			中　GL. -0.24 m　～ -0.48 m	218	中:砂混じり泥
			下　GL. -0.48 m　～ -0.86 m	2208	下:粘土
J-16	S1	14 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.14 m	187	上:石、砂
H-17	O-1	55 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.11 m	38	上:砂
			中　GL. -0.11 m　～ -0.28 m	84	中:泥混じり砂
			下　GL. -0.28 m　～ -0.55 m	1114	下:砂混じり泥
I-17	Q-1	38 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.38 m	54	上:砂
A-18	-	42 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m	36	上:砂
			下　GL. -0.18 m　～ -0.42 m	54	下:貝殻(少量)混じり砂
C-18	-	41 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	25	上:砂
			下　GL. -0.17 m　～ -0.41 m	19	下:細砂
E-18	-	42 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.07 m	17	上:砂
			中　GL. -0.07 m　～ -0.28 m	38	中:細砂
			下　GL. -0.28 m　～ -0.42 m	28	下:砂
G-18	-	43 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.21 m	21	上:細砂
			下　GL. -0.21 m　～ -0.43 m	61	下:砂

資料 2-3-1(6)　大潽東海域 底質分布詳細調査結果表 (6)

採泥点	設計グリッド	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
A-19	-	52 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.20 m 下　GL. -0.20 m　～ -0.52 m	21 42	上:砂 下:細砂
C-19	-	43 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.18 m 下　GL. -0.18 m　～ -0.43 m	19 34	上:砂 下:細砂
E-19	-	48 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.20 m 下　GL. -0.20 m　～ -0.48 m	15 46	上:砂 下:細砂
G-19	-	45 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m 下　GL. -0.17 m　～ -0.45 m	12 52	上:砂 下:細砂
I-19	-	43 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.23 m 下　GL. -0.23 m　～ -0.43 m	46 40	上:細砂 下:砂
GH-10	N13	52 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.45 m 下　GL. -0.45 m　～ -0.52 m	79 50	上:砂 下:貝殻・コーラル混じり砂
GH-11	N11	56 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.29 m 中　GL. -0.29 m　～ -0.47 m 下　GL. -0.47 m　～ -0.56 m	105 1413 173	上:砂 中:砂混じり泥(粘性有り) 下:砂
GH-13	N7	31 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.05 m 中　GL. -0.05 m　～ -0.13 m 下　GL. -0.13 m　～ -0.31 m	62 2276 810	上:砂 中:粘土 下:木片混じり泥 (硫化物臭有り)

資料 2-3-2(1)　見残し湾底質分布詳細調査結果表（1）

採泥点	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
M1	47 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.17 m	57	上:砂
		下　GL. -0.17 m ～ -0.47 m	65	下:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり粗砂
M2	22 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.22 m	52	上:粗砂
M3	44 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.08 m	51	上:砂
		中　GL. -0.08 m ～ -0.26 m	60	中:泥混じり砂、硫化物臭有り
		下　GL. -0.26 m ～ -0.44 m	64	下:泥混じり砂、硫化物臭有り
M4	36 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.07 m	56	上:砂
		下　GL. -0.07 m ～ -0.36 m	61	下:泥混じり砂、硫化物臭有り
M5	41 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.04 m	54	上:泥混じり砂
		中　GL. -0.04 m ～ -0.23 m	115	中:泥
		下　GL. -0.23 m ～ -0.41 m	69	下:泥混じり砂、硫化物臭有り
M6	48 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.05 m	52	上:泥混じり砂
		中　GL. -0.05 m ～ -0.19 m	91	中:砂混じり泥
		下　GL. -0.19 m ～ -0.48 m	60	下:泥混じり砂
M7	34 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.05 m	50	上:砂
		下　GL. -0.05 m ～ -0.34 m	42	下:泥混じり砂
M8	30 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.13 m	58	上:貝殻混じり砂、硫化物臭有り
		下　GL. -0.13 m ～ -0.30 m	92	下:泥混じり砂
M9	19 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.15 m	49	上:泥混じり砂、上層5mm浮泥
		下　GL. -0.15 m ～ -0.19 m	42	下:礫
M10	38 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.17 m	58	上:砂、硫化物臭有り
		下　GL. -0.17 m ～ -0.38 m	72	下:泥混じり砂
M11	36 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.25 m	58	上:砂、海藻
		下　GL. -0.25 m ～ -0.36 m	62	下:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂
M12	26 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.07 m	70	上:砂
		下　GL. -0.07 m ～ -0.26 m	74	下:泥混じり砂、硫化物臭有り
M13	26 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.04 m	75	上:砂
		下　GL. -0.04 m ～ -0.26 m	84	下:泥混じり砂
M14	39 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.07 m	17	上:砂
		中　GL. -0.07 m ～ -0.37 m	27	中:泥混じり砂
		下　GL. -0.37 m ～ -0.39 m	221	下:泥、硫化物臭有り
M15	20 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.03 m	29	上:貝殻・ｺｰﾗﾙ混じり砂
		下　GL. -0.03 m ～ -0.20 m	32	下:泥混じり砂
M16	8 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.08 m	34	上:貝殻混じり粗砂
M17	39 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.19 m	50	上:砂
		下　GL. -0.19 m ～ -0.39 m	100	下:泥混じり砂
M18	34 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.17 m	115	上:貝殻混じり粗砂
		下　GL. -0.17 m ～ -0.34 m	125	下:貝殻混じり粗砂
M19	69 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.19 m	269	上:泥混じり砂(少し粘性有り)
		中　GL. -0.19 m ～ -0.35 m	427	中:砂混じり泥(少し粘性有り)
		下　GL. -0.35 m ～ -0.69 m	1225	下:砂混じり泥(粘土混じり)
M20	30 cm	上　GL. 0.00 m ～ -0.18 m	63	上:貝殻混じり粗砂
		下　GL. -0.18 m ～ -0.30 m	130	下:貝殻混じり砂

資料 2-3-2(2)　見残し湾　底質分布詳細調査結果表 (2)

採泥点	採泥量	コアの地盤レベル	SPSS	備考
M21	33 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.17 m	194	上:泥混じり砂(少し粘性有り)
		下　GL. -0.17 m　～ -0.33 m	58	下:泥混じり砂
M22	43 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.14 m	52	上:泥混じり砂
		中　GL. -0.14 m　～ -0.28 m	883	中:泥混じり砂(少し粘性有り)
		下　GL. -0.28 m　～ -0.43 m	151	下:泥混じり砂
M23	58 cm	上　GL. 0.00 m　～ -0.15 m	565	上:砂混じり泥、硫化物臭有り
		中　GL. -0.15 m　～ -0.29 m	442	中:砂混じり泥
		下　GL. -0.29 m　～ -0.58 m	247	下:砂

資料 2-3-3(1)　大碆東海域 柱状採泥試料 (1)

※（　）：設計グリッド

写真 1　大碆 D-1（G-31）柱状採泥試料

写真 2　大碆 D-1（G-31）柱状採泥試料 状態

写真 3　大碆 E-1（I-31）柱状採泥試料

写真 4　大碆 E-1（I-31）柱状採泥試料 状態

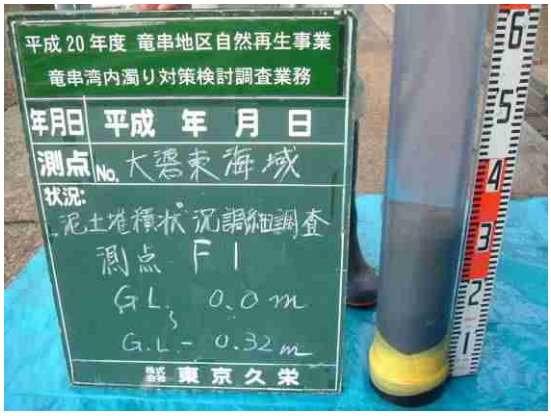


写真 5　大碆 F-1（K-31）柱状採泥試料

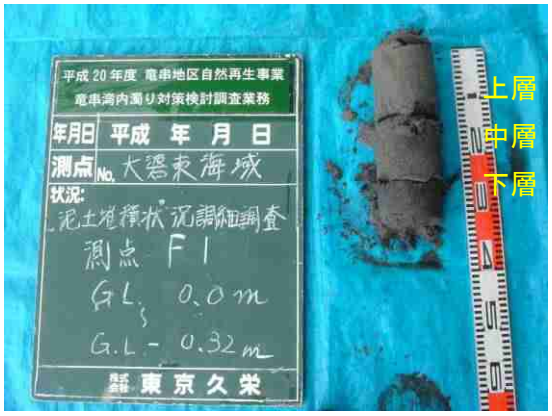


写真 6　大碆 F-1（K-31）柱状採泥試料 状態

写真 7　大碆 C-2（E-29）柱状採泥試料

写真 8　大碆 C-2（E-29）柱状採泥試料 状態

資料 2-3-3(2)　大碆東海域 柱状採泥試料 (2)

※（　）：設計グリッド

写真 9　大碆 D-2（G-29）柱状採泥試料 状態

写真 10　大碆 D-2（G-29）柱状採泥試料 状態

写真 11　大碆 E-2（I-29）柱状採泥試料

写真 12　大碆 E-2（I-29）柱状採泥試料 状態

写真 13　大碆 F-2（K-29）柱状採泥試料

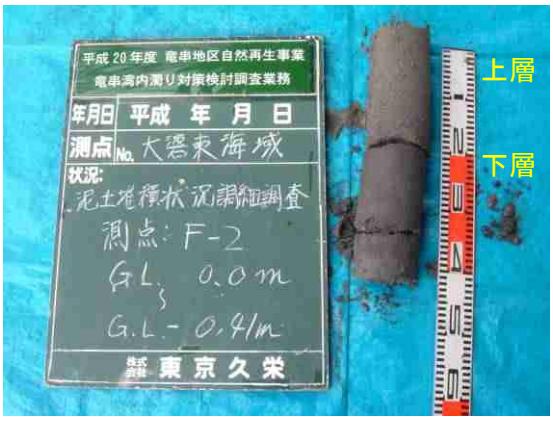


写真 14　大碆 F-2（K-29）柱状採泥試料 状態

写真 15　大碆 G-2（M-29）柱状採泥試料

写真 16　大碆 G-2（M-29）柱状採泥試料 状態

資料 2-3-3(3)　大磯東海域 柱状採泥試料 (3)

※（ ）：設計グリッド

写真 17　大磯 I-2（Q-29）柱状採泥試料

写真 18　大磯 I-2（Q-29）柱状採泥試料 状態

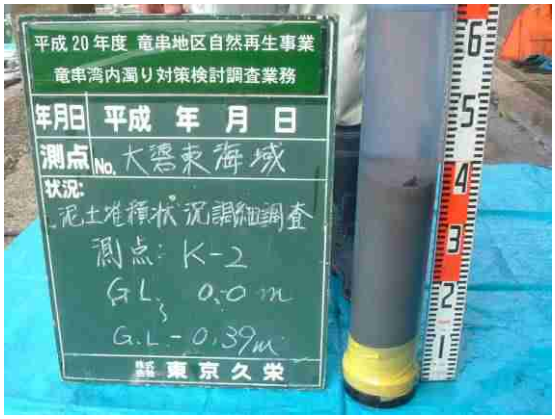


写真 19　大磯 K-2（U-29）柱状採泥試料

写真 20　大磯 K-2（U-29）柱状採泥試料 状態

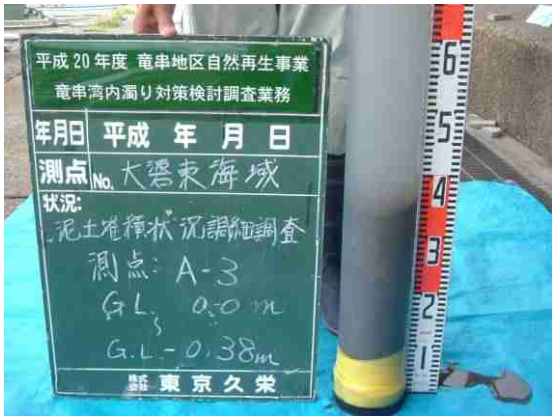


写真 21　大磯 A-3（A-27）柱状採泥試料

写真 22　大磯 A-3（A-27）柱状採泥試料 状態

写真 23　大磯 AB-3（B-27）柱状採泥試

写真 24　大磯 AB-3（B-27）柱状採泥試料 状態

資料 2-3-3(4)　　大碆東海域 柱状採泥試料 (4)

※（　）：設計グリッド

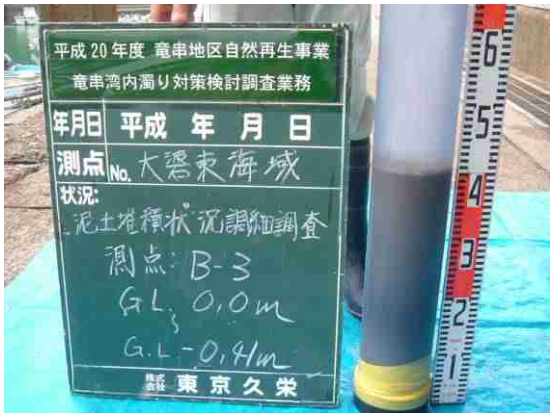


写真 25　大碆 B-3（C-27）柱状採泥試料

写真 26　大碆 B-3（C-27）柱状採泥試料 状態

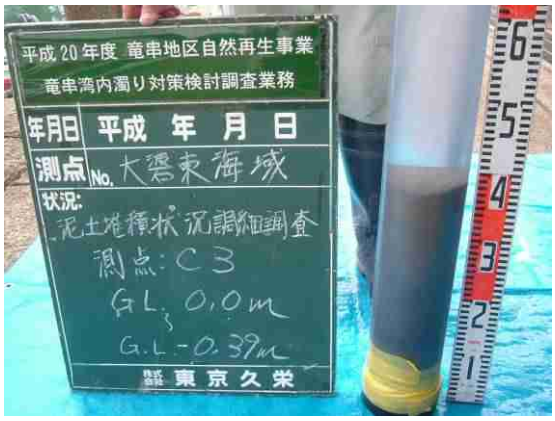


写真 27　大碆 C-3（E-27）柱状採泥試料

写真 28　大碆 C-3（E-27）柱状採泥試料 状態

写真 29　大碆 D-3（G-27）柱状採泥試料

写真 30　大碆 D-3（G-27）柱状採泥試料 状態

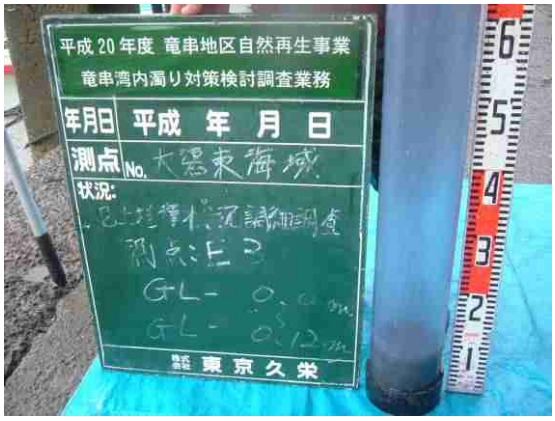


写真 31　大碆 E-3（I-27）柱状採泥試料 状態

写真 32　大碆 E-3（I-27）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 33　大碆 F-3（K-27）柱状採泥試料

写真 34　大碆 F-3（K-27）柱状採泥試料 状態

写真 35　大碆 G-3（M-27）柱状採泥試料

写真 36　大碆 G-3（M-27）柱状採泥試料 状態

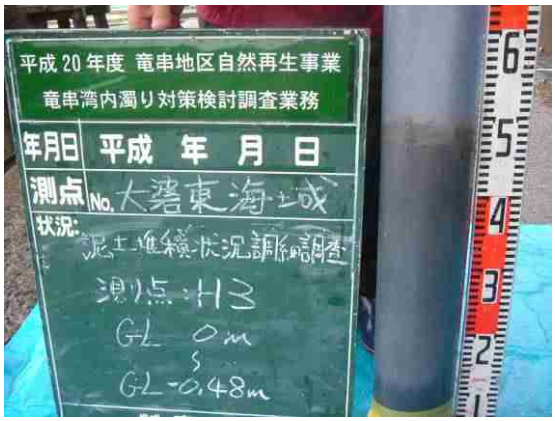


写真 37　大碆 H-3（O-27）柱状採泥試料

写真 38　大碆 H-3（O-27）柱状採泥試料 状態

写真 39　大碆 A-4（A-25）柱状採泥試料

写真 40　大碆 A-4（A-25）柱状採泥試料 状態

資料 2-3-3(6)　大碆東海域 柱状採泥試料 (6)

※（　）：設計グリッド

写真 41　大碆 B-4（C-25）柱状採泥試料

写真 42　大碆 B-4（C-25）柱状採泥試料 状態

写真 43　大碆 C-4（E-25）柱状採泥試料

写真 44　大碆 C-4（E-25）柱状採泥試料 状態

写真 45　大碆 D-4（G-25）柱状採泥試料

写真 46　大碆 D-4（G-25）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 47　大碆 E-4（I-25）柱状採泥試料

写真 48　大碆 E-4（I-25）柱状採泥試料 状態

写真 49　大碆 F-4（K-25）柱状採泥試料

写真 50　大碆 F-4（K-25）柱状採泥試料 状態

写真 51　大碆 G-4（M-25）柱状採泥試料

写真 52　大碆 G-4（M-25）柱状採泥試料 状態

写真 53　大碆 H-4（O-25）柱状採泥試料

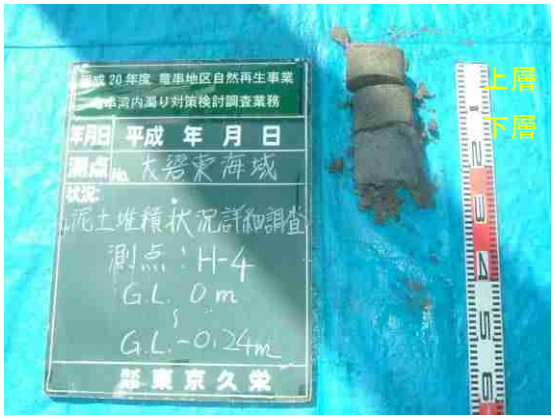


写真 54　大碆 H-4（O-25）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 55　大碆 I-4（Q-25）柱状採泥試料

写真 56　大碆 I-4（Q-25）柱状採泥試料 状態

写真 57　大碆 K-4（U-25）柱状採泥試料

写真 58　大碆 K-4（U-25）柱状採泥試料 状態

写真 59　大碆 A-5（A-23）柱状採泥試料

写真 60　大碆 A-5（A-23）柱状採泥試料 状態

写真 61　大碆 B-5（C-23）柱状採泥試料

写真 62　大碆 B-5（C-23）柱状採泥試料 状態

※（ ）：設計グリッド

写真 63　大碆 E-5（I-23）柱状採泥試料

写真 64　大碆 E-5（I-23）柱状採泥試料 状態

写真 65　大碆 F-5（K-23）柱状採泥試料

写真 66　大碆 F-5（K-23）柱状採泥試料 状態

写真 67　大碆 G-5（M-23）柱状採泥試料

写真 68　大碆 G-5（M-23）柱状採泥試料 状態

写真 69　大碆 H-5（O-23）柱状採泥試料

写真 70　大碆 H-5（O-23）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 71　大碆 G-6（M-21）柱状採泥試料

写真 72　大碆 G-6（M-21）柱状採泥試料 状態

写真 73　大碆 H-6（O-21）柱状採泥試料

写真 74　大碆 H-6（O-21）柱状採泥試料 状態

写真 75　大碆 I-6（Q-21）柱状採泥試料

写真 76　大碆 I-6（Q-21）柱状採泥試料 状態

写真 77　大碆 J-6（S-21）柱状採泥試料

写真 78　大碆 J-6（S-21）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 79　大瀞 K-6（U-21）柱状採泥試料

写真 80　大瀞 K-6（U-21）柱状採泥試料 状態

写真 81　大瀞 G-7（M-19）柱状採泥試料

写真 82　大瀞 G-7（M-19）柱状採泥試料 状態

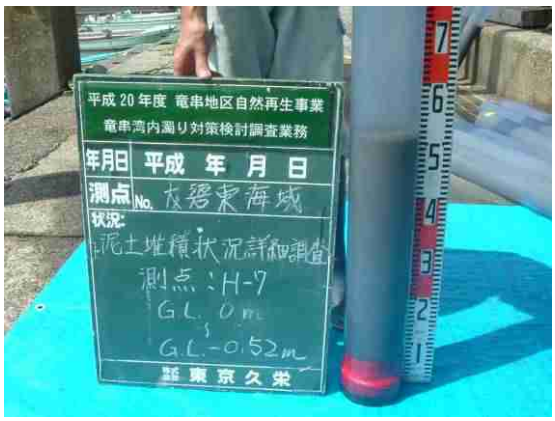


写真 83　大瀞 H-7（O-19）柱状採泥試料

写真 84　大瀞 H-7（O-19）柱状採泥試料 状態

写真 85　大瀞 I-7（Q-19）柱状採泥試料

写真 86　大瀞 I-7（Q-19）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 87　大碆 J-7（S-19）柱状採泥試料

写真 88　大碆 J-7（S-19）柱状採泥試料 状態

写真 89　大碆 C-8（E-17）柱状採泥試料

写真 90　大碆 C-8（E-17）柱状採泥試料 状態

写真 91　大碆 D-8（G-17）柱状採泥試料

写真 92　大碆 D-8（G-17）柱状採泥試料 状態

写真 93　大碆 E-8（I-17）柱状採泥試料

写真 94　大碆 E-8（I-17）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 95　大碆 F-8（K-17）柱状採泥試料

写真 96　大碆 F-8（K-17）柱状採泥試料 状態

写真 97　大碆 G-8（M-17）柱状採泥試料

写真 98　大碆 G-8（M-17）柱状採泥試料 状態

写真 99　大碆 H-8（O-17）柱状採泥試料

写真 100　大碆 H-8（O-17）柱状採泥試料 状態

写真 101　大碆 I-8（Q-17）柱状採泥試料

写真 102　大碆 I-8（Q-17）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 103　大碆 D-9（G-15）柱状採泥試料

写真 104　大碆 D-9（G-15）柱状採泥試料 状態

写真 105　大碆 E-9（I-15）柱状採泥試料

写真 106　大碆 E-9（I-15）柱状採泥試料 状態

写真 107　大碆 F-9（K-15）柱状採泥試料

写真 108　大碆 F-9（K-15）柱状採泥試料 状態

写真 109　大碆 G-9（M-15）柱状採泥試料

写真 110　大碆 G-9（M-15）柱状採泥試料　状態

資料 2-3-3(15)　大碆東海域 柱状採泥試料（15）

※（　）：設計グリッド

写真 111　大碆 H-9（O-15）柱状採泥試

写真 112　大碆 H-9（O-15）柱状採泥試料 状態

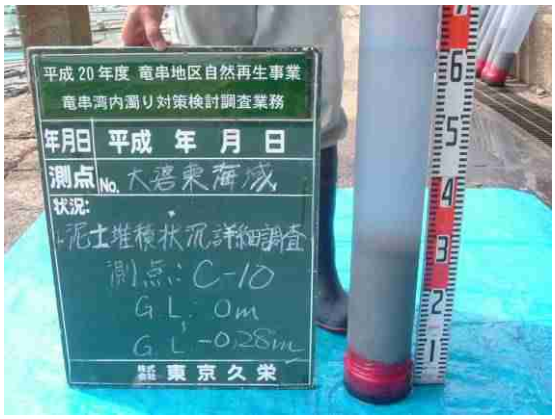


写真 113　大碆 C-10（E-13）柱状採泥試

写真 114　大碆 C-10（E-13）柱状採泥試料 状態

写真 115　大碆 D-10（G-13）柱状採泥試

写真 116　大碆 D-10（G-13）柱状採泥試料 状態

写真 117　大碆 E-10（I-13）柱状採泥試

写真 118　大碆 E-10（I-13）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 119　大碆 F-10（K-13）柱状採泥試料

写真 120　大碆 F-10（K-13）柱状採泥試料 状態

写真 121　大碆 G-10（M-13）柱状採泥試料

写真 122　大碆 G-10（M-13）柱状採泥試料 状態

写真 123　大碆 H-10（O-13）柱状採泥試料

写真 124　大碆 H-10（O-13）柱状採泥試料 状態

写真 125　大碆 E-11（I-11）柱状採泥試料

写真 126　大碆 E-11（I-11）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 127　大碆 F-11（K-11）柱状採泥試料

写真 128　大碆 F-11（K-11）柱状採泥試料 状態

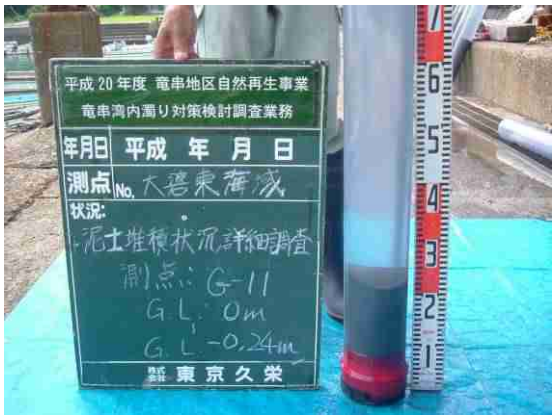


写真 129　大碆 G-11（M-11）柱状採泥試料

写真 130　大碆 G-11（M-11）柱状採泥試料 状態

写真 131　大碆 H-11（O-11）柱状採泥試料

写真 132　大碆 H-11（O-11）柱状採泥試料 状態

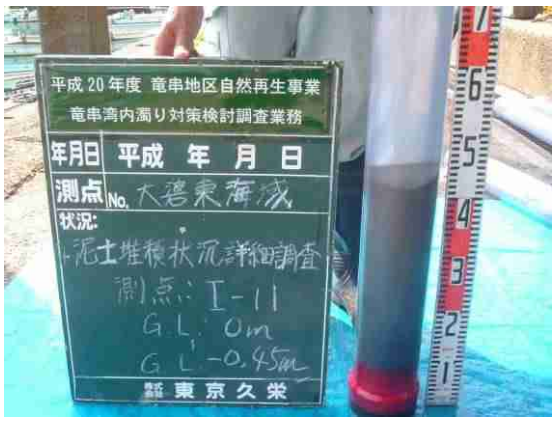


写真 133　大碆 I-11（Q-11）柱状採泥試料

写真 134　大碆 I-11（Q-11）柱状採泥試料　状態

※（　）：設計グリッド

写真 135　大碆 IJ-11（R-11）柱状採泥試料

写真 136　大碆 IJ-11（R-11）柱状採泥試料 状態

写真 137　大碆 J-11（S-11）柱状採泥試料

写真 138　大碆 J-11（S-11）柱状採泥試料 状態

写真 139　大碆 E-12（I-9）柱状採泥試料

写真 140　大碆 E-12（I-9）柱状採泥試料 状態

写真 141　大碆 F-12（K-9）柱状採泥試料

写真 142　大碆 F-12（K-9）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 143　大瀞 G-12（M-9）柱状採泥試料

写真 144　大瀞 G-12（M-9）柱状採泥試料 状態

写真 145　大瀞 GH-12（N-9）柱状採泥試料

写真 146　大瀞 GH-12（N-9）柱状採泥試料 状態

写真 147　大瀞 H-12（O-9）柱状採泥試料

写真 148　大瀞 H-12（O-9）柱状採泥試料 状態

写真 149　大瀞 I-12（Q-9）柱状採泥試料

写真 150　大瀞 I-12（Q-9）柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 151　大碆 J-12（S-9）柱状採泥試料

写真 152　大碆 J-12（S-9）柱状採泥試料 状態

写真 153　大碆 E-13（I-7）柱状採泥試料

写真 154　大碆 E-13（I-7）柱状採泥試料 状態

写真 155　大碆 F-13（K-7）柱状採泥試料

写真 156　大碆 F-13（K-7）柱状採泥試料 状態

写真 157　大碆 G-13（M-7）柱状採泥試料

写真 158　大碆 G-13（M-7）柱状採泥試料　状態

※（　）：設計グリッド

写真 159　大遊 H-13 (O-7) 柱状採泥試料

写真 160　大遊 H-13 (O-7) 柱状採泥試料 状態

写真 161　大遊 I-13 (Q-7) 柱状採泥試料

写真 162　大遊 I-13 (Q-7) 柱状採泥試料 状態

写真 163　大遊 J-13 (S-7) 柱状採泥試料

写真 164　大遊 J-13 (S-7) 柱状採泥試料 状態

写真 165　大遊 F-14 (K-5) 柱状採泥試料

写真 166　大遊 F-14 (K-5) 柱状採泥試料 状態

※（ ）：設計グリッド

写真 167　大碆 G-14 (M-5) 柱状採泥試料

写真 168　大碆 G-14 (M-5) 柱状採泥試料 状態

写真 169　大碆 H-14 (O-5) 柱状採泥試料

写真 170　大碆 H-14 (O-5) 柱状採泥試料 状態

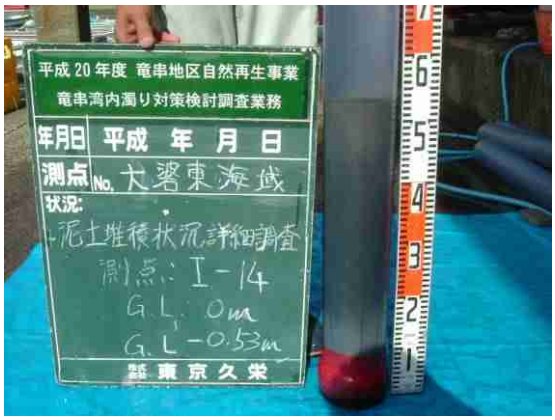


写真 171　大碆 I-14 (Q-5) 柱状採泥試料

写真 172　大碆 I-14 (Q-5) 柱状採泥試料 状態

写真 173　大碆 J-14 (S-5) 柱状採泥試料

写真 174　大碆 J-14 (S-5) 柱状採泥試料 状態

※（ ）：設計グリッド

写真 175　大碆 F-15（K-3）柱状採泥試料

写真 176　大碆 F-15（K-3）柱状採泥試料 状態

写真 177　大碆 G-15（M-3）柱状採泥試料

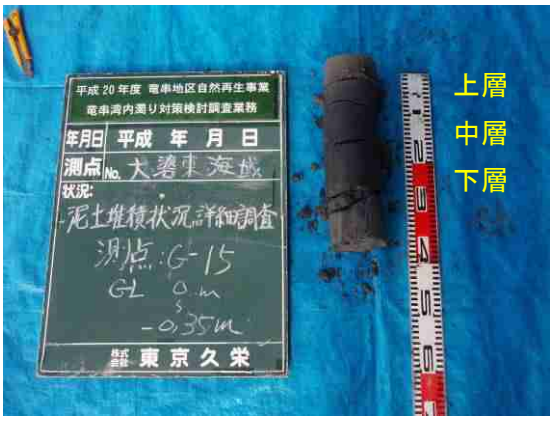


写真 178　大碆 G-15（M-3）柱状採泥試料 状態

写真 179　大碆 H-15（O-3）柱状採泥試料

写真 180　大碆 H-15（O-3）柱状採泥試料 状態

写真 181　大碆 I-15（Q-3）柱状採泥試料

写真 182　大碆 I-15（Q-3）柱状採泥試料　状態

※（ ）：設計グリッド

写真 183　大碆 J-15（S-3）柱状採泥試料

写真 184　大碆 J-15（S-3）柱状採泥試料 状態

写真 185　大碆 F-16（K-1）柱状採泥試料

写真 186　大碆 F-16（K-1）柱状採泥試料 状態

写真 187　大碆 G-16（M-1）柱状採泥試料

写真 188　大碆 G-16（M-1）柱状採泥試料 状態

写真 189　大碆 H-16（O-1）柱状採泥試料

写真 190　大碆 H-16（O-1）柱状採泥試料 状態

※（ ）：設計グリッド

写真 191　大碆 I-16（Q-1）柱状採泥試

写真 192　大碆 I-16（Q-1）柱状採泥試料 状態

写真 193　大碆 J-16（S-1）柱状採泥試

写真 194　大碆 J-16（S-1）柱状採泥試料 状態

写真 195　大碆 H-17（Q-1）柱状採泥試

写真 196　大碆 H-17（Q-1）柱状採泥試料 状態

写真 197　大碆 I-17（Q-1）柱状採泥試

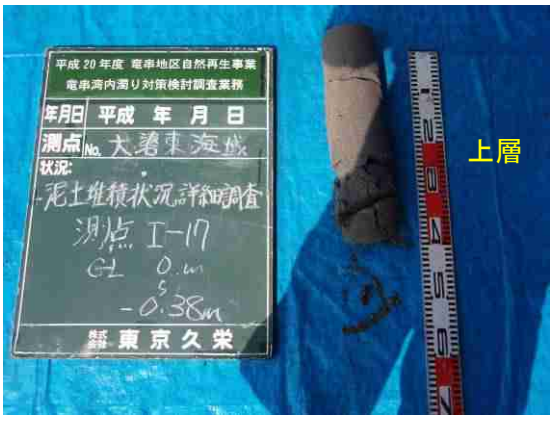


写真 198　大碆 I-17（Q-1）柱状採泥試料 状態

※（ ）：設計グリッド

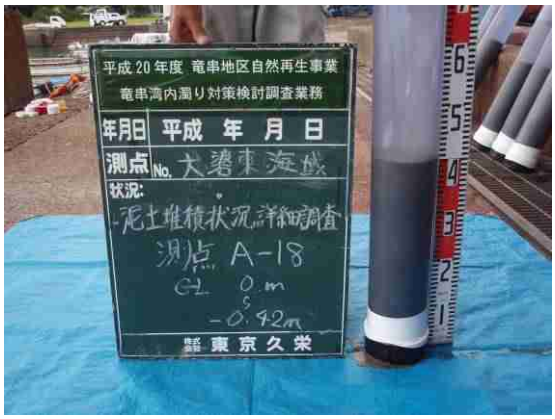


写真 199　大碆 A-18 (-) 柱状採泥試料

写真 200　大碆 A-18 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 201　大碆 C-18 (-) 柱状採泥試料

写真 202　大碆 C-18 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 203　大碆 E-18 (-) 柱状採泥試料

写真 204　大碆 E-18 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 205　大碆 G-18 (-) 柱状採泥試料

写真 206　大碆 G-18 (-) 柱状採泥試料 状態

※（　）：設計グリッド

写真 207　大碆 A-19 (-) 柱状採泥試料

写真 208　大碆 A-19 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 209　大碆 C-19 (-) 柱状採泥試料

写真 210　大碆 C-19 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 211　大碆 E-19 (-) 柱状採泥試料

写真 212　大碆 E-19 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 213　大碆 G-19 (-) 柱状採泥試料

写真 214　大碆 G-19 (-) 柱状採泥試料 状態

※（ ）：設計グリッド

写真 215　大碆 I-19 (-) 柱状採泥試料

写真 216　大碆 I-19 (-) 柱状採泥試料 状態

写真 217　大碆 GH-10 (N-13) 柱状採泥試料

写真 218　大碆 GH-10 (N-13) 柱状採泥試料 状態

写真 219　大碆 GH-11 (N-11) 柱状採泥試料

写真 220　大碆 GH-11 (N-11) 柱状採泥試料 状態

写真 221　大碆 GH-13 (N-7) 柱状採泥試料

写真 222　大碆 GH-13 (N-7) 柱状採泥試料 状態

資料 2-3-4(1)　見残し湾 柱状採泥試料 (1)

写真 1　見残し湾 M1　柱状採泥試料

写真 2　見残し湾 M1　柱状採泥試料 状態

写真 3　見残し湾 M2　柱状採泥試料

写真 4　見残し湾 M2　柱状採泥試料 状態

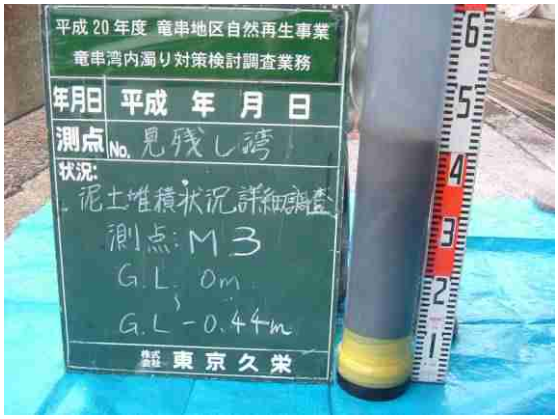


写真 5　見残し湾 M3　柱状採泥試料

写真 6　見残し湾 M3　柱状採泥試料 状態

写真 7　見残し湾 M4　柱状採泥試料

写真 8　見残し湾 M4　柱状採泥試料 状態

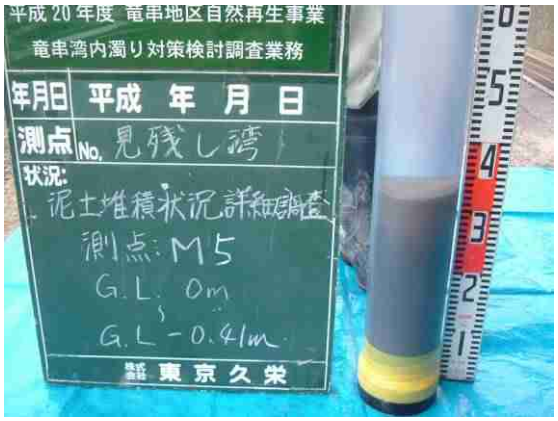


写真 9　見残し湾 M5　柱状採泥試料 状態

写真 10　見残し湾 M5　柱状採泥試料 状態

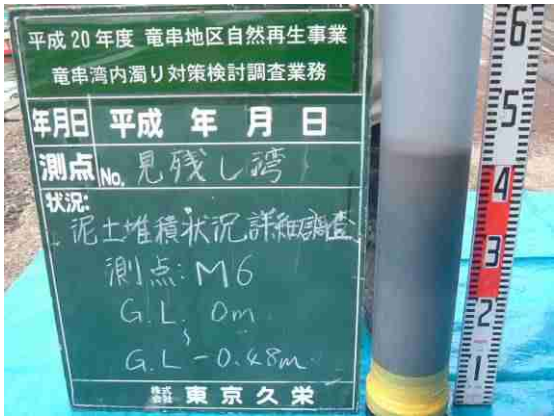


写真 11　見残し湾 M6　柱状採泥試料

写真 12　見残し湾 M6　柱状採泥試料 状態

写真 13　見残し湾 M7　柱状採泥試料

写真 14　見残し湾 M7　柱状採泥試料 状態

写真 15　見残し湾 M8　柱状採泥試料

写真 16　見残し湾 M8　柱状採泥試料 状態

写真 17　見残し湾 M9　柱状採泥試料

写真 18　見残し湾 M9　柱状採泥試料 状態

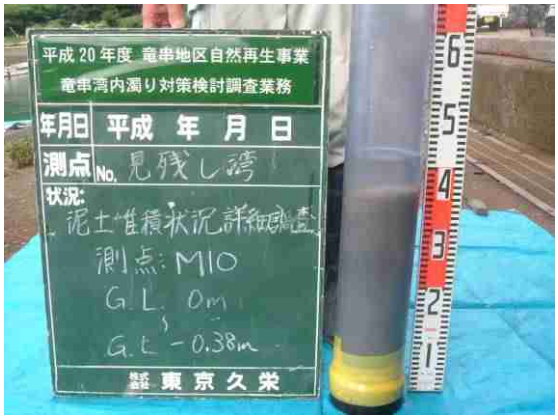


写真 19　見残し湾 M10　柱状採泥試料

写真 20　見残し湾 M10　柱状採泥試料 状態

写真 21　見残し湾 M11　柱状採泥試料

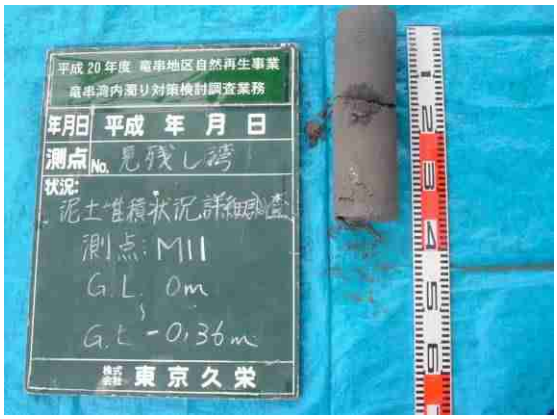


写真 22　見残し湾 M11　柱状採泥試料 状態

写真 23　見残し湾 M12　柱状採泥試料

写真 24　見残し湾 M12　柱状採泥試料 状態

写真 25　見残し湾 M13　柱状採泥試料

写真 26　見残し湾 M13　柱状採泥試料 状態

写真 27　見残し湾 M14　柱状採泥試料

写真 28　見残し湾 M14　柱状採泥試料 状態

写真 29　見残し湾 M15　柱状採泥試料

写真 30　見残し湾 M15　柱状採泥試料 状態

写真 31　見残し湾 M16　柱状採泥試料

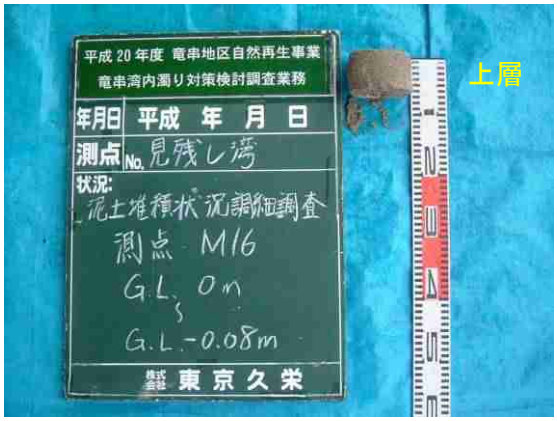


写真 32　見残し湾 M16　柱状採泥試料 状態

写真 33　見残し湾 M17　柱状採泥試料 状態

写真 34　見残し湾 M17　柱状採泥試料 状態

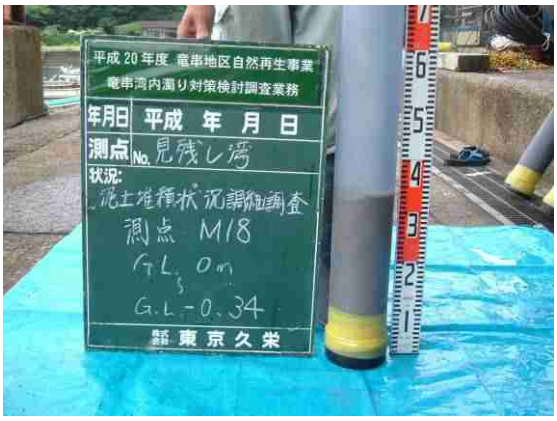


写真 35　見残し湾 M18　柱状採泥試料

写真 36　見残し湾 M18　柱状採泥試料 状態

写真 37　見残し湾 M19　柱状採泥試料

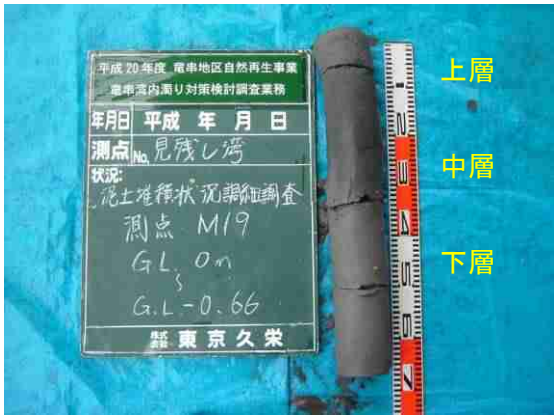


写真 38　見残し湾 M19　柱状採泥試料 状態

写真 39　見残し湾 M20　柱状採泥試料

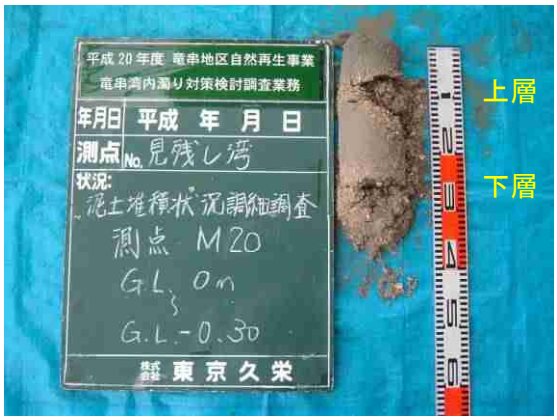


写真 40　見残し湾 M20　柱状採泥試料 状態

写真 41　見残し湾 M21　柱状採泥試料

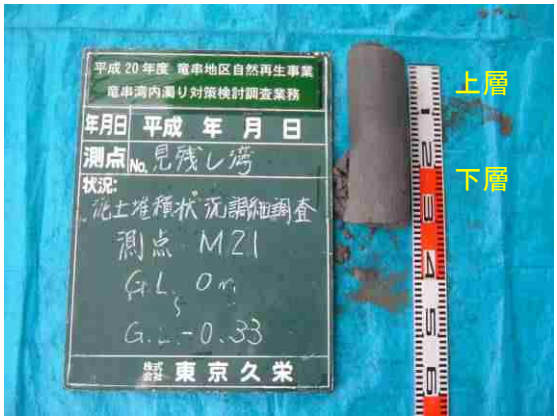


写真 42　見残し湾 M21　柱状採泥試料 状態

写真 43　見残し湾 M22　柱状採泥試料

写真 44　見残し湾 M22　柱状採泥試料 状態

写真 45　見残し湾 M23　柱状採泥試料

写真 46　見残し湾 M23　柱状採泥試料 状態

資料 2-3-5(1)　見残し湾　底質分布詳細調査粒度分析結果（1）

調査点	層	粒度組成							密度
		礫　分	粗砂分	中砂分	細砂分	シルト分	粘土分	50%粒径	
		2mm以上	2～0.850mm	0.850～0.250mm	0.250～0.075mm	0.075～0.005mm	0.005mm未満		
		%	%	%	%	%	%	mm	g/cm^3
M1	上	0.9	2.4	27.3	53.6	14.6	1.2	0.169	2.70
	下	27.5	18.9	30.6	18.2	4.1	0.7	0.729	2.76
M2	中	12.6	22.0	42.6	18.3	3.5	1.0	0.555	2.71
M3	上	0.0	1.1	24.8	59.1	12.3	2.7	0.200	2.71
	中	0.4	1.7	23.9	59.8	13.0	1.2	0.174	2.71
	下	1.8	2.2	26.5	55.1	12.9	1.5	0.205	2.69
M4	上	0.0	0.5	12.9	67.2	18.3	1.1	0.136	2.70
	下	0.2	0.9	18.6	65.3	13.5	1.5	0.156	2.71
M5	上	0.5	0.9	11.4	63.7	21.8	1.7	0.116	2.69
	中	0.5	1.7	19.2	55.5	21.5	1.6	0.136	2.70
	下	0.4	2.6	23.9	52.4	18.5	2.2	0.152	2.70
M6	上	0.2	1.2	24.5	57.0	14.5	2.6	0.161	2.70
	中	0.4	1.5	24.3	55.2	17.0	1.6	0.163	2.71
	下	1.9	5.2	27.3	51.0	13.0	1.6	0.185	2.70
M7	上	0.0	1.9	29.1	57.0	10.8	1.2	0.204	2.71
	下	0.5	2.9	30.6	56.8	8.6	0.6	0.205	2.69
M8	上	3.3	11.8	52.1	28.3	4.1	0.4	0.353	2.73
	下	56.9	3.0	16.9	15.4	6.9	0.9	15.4	2.71
M9	上	9.6	17.8	44.6	23.3	4.4	0.3	0.450	2.73
	下	17.3	16.5	40.6	20.9	3.9	0.8	0.517	2.71
M10	上	1.1	5.8	47.0	36.6	8.5	1.0	0.270	2.70
	下	1.3	4.8	39.4	41.4	11.8	1.3	0.229	2.71
M11	上	0.2	1.2	15.0	69.7	12.8	1.1	0.158	2.70
	下	0.4	1.8	18.3	64.3	13.6	1.6	0.161	2.70
M12	上	0.0	1.1	16.8	66.8	14.3	1.0	0.157	2.71
	下	2.3	4.7	25.8	55.8	10.7	0.7	0.194	2.70

資料 2-3-5(2)　見残し湾　底質分布詳細調査粒度分析結果 (2)

調査点	層	粒度組成							密度
		礫　分	粗砂分	中砂分	細砂分	シルト分	粘土分	50%粒径	
		2mm以上	2～0.850mm	0.850～0.250mm	0.250～0.075mm	0.075～0.005mm	0.005mm未満		
		%	%	%	%	%	%	mm	g/cm^3
M13	上	1.5	0.5	12.2	64.2	19.8	1.8	0.136	2.69
	下	0.3	1.0	13.0	66.5	18.2	1.0	0.138	2.69
M14	上	0.0	1.4	32.6	62.0	3.6	0.4	0.219	2.69
	中	0.0	1.2	28.7	62.2	7.0	0.9	0.213	2.70
	下	0.7	0.6	19.5	63.9	13.7	1.6	0.175	2.71
M15	上	2.4	2.8	26.3	63.7	4.4	0.4	0.213	2.68
	下	1.2	2.1	32.7	58.4	4.6	1.0	0.218	2.69
M16	中	5.8	14.6	46.8	28.9	3.2	0.7	0.369	2.74
M17	上	0.0	0.8	16.5	73.0	9.1	0.6	0.170	2.70
	下	0.5	1.2	24.8	61.8	10.3	1.4	0.184	2.71
M18	上	13.0	23.9	39.4	15.9	7.1	0.7	0.580	2.74
	下	22.0	22.9	39.2	10.6	4.5	0.8	0.736	2.74
M19	上	0.0	0.1	3.7	34.3	59.2	2.7	0.0589	2.68
	中	0.3	0.6	5.0	30.9	59.7	3.5	0.0530	2.69
	下	0.0	0.5	10.2	39.7	45.3	4.3	0.0759	2.70
M20	上	21.8	15.6	27.1	27.2	7.3	1.0	0.457	2.68
	下	17.9	10.0	25.5	34.8	10.3	1.5	0.282	2.69
M21	上	0.0	1.4	21.4	61.1	14.8	1.3	0.164	2.70
	下	0.0	0.5	10.9	55.8	30.7	2.1	0.115	2.70
M22	上	0.0	1.1	35.1	51.5	11.4	0.9	0.207	2.71
	中	0.0	1.3	11.9	30.1	49.6	7.1	0.0639	2.69
	下	1.6	5.0	33.7	37.7	19.7	2.3	0.198	2.69
M23	上	0.0	0.0	3.3	40.5	50.6	5.6	0.0644	2.71
	中	0.0	0.9	6.3	42.0	45.9	4.9	0.0738	2.70
	下	0.0	1.2	9.9	51.2	35.0	2.7	0.0974	2.69

資料　泥土の移動・堆積メカニズムの解明

資料2-6-1(1) ＳＰＳＳ法による底質調査　12月　柱状採泥試料（１）

写真 1　　測点3 柱状採泥試料

写真 2　　測点3 柱状採泥試料 状態

写真 3　　測点4 柱状採泥試料

写真 4　　測点4 柱状採泥試料 状態

写真 5　　測点5 柱状採泥試料

写真 6　　測点5 柱状採泥試料 状態

写真 7　　測点6 柱状採泥試料

写真 8　　測点6 柱状採泥試料 状態

写真 9　　測点7　柱状採泥試料

写真 10　　測点7　柱状採泥試料　状態

写真 11　　測点8　柱状採泥試料

写真 12　　測点8　柱状採泥試料　状態

写真 13　　測点13　柱状採泥試料

写真 14　　測点13　柱状採泥試料　状態

写真 15　　測点14　柱状採泥試料

写真 16　　測点14　柱状採泥試料　状態

写真 17　測点15 柱状採泥試料

写真 18　測点15 柱状採泥試料 状態

写真 19　測点16 柱状採泥試料

写真 20　測点16 柱状採泥試料 状態

写真 21　測点17 柱状採泥試料

写真 22　測点17 柱状採泥試料 状態

写真 23　測点26 柱状採泥試料

写真 24　測点26 柱状採泥試料 状態

写真 25　　測点27　柱状採泥試料

写真 26　　測点27　柱状採泥試料　状態

写真 27　　測点28　柱状採泥試料

写真 28　　測点28　柱状採泥試料　状態

写真 29　　測点30　柱状採泥試料

写真 30　　測点30　柱状採泥試料　状態

写真 31　　測点31　柱状採泥試料

写真 32　　測点31　柱状採泥試料　状態

写真 33　　測点32　柱状採泥試料

写真 34　　測点32　柱状採泥試料　状態

写真 35　　測点33　柱状採泥試料

写真 36　　測点33　柱状採泥試料　状態

写真 37　　測点35　柱状採泥試料

写真 38　　測点35　柱状採泥試料　状態

写真 39　　測点36　柱状採泥試料

写真 40　　測点36　柱状採泥試料　状態

写真 41　　測点39　柱状採泥試料

写真 42　　測点39　柱状採泥試料　状態

写真 43　　測点40　柱状採泥試料

写真 44　　測点40　柱状採泥試料　状態

資料 2-6-2　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、Boussinesq 方程式等がある。

表 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）

計算手法	浅水変形	屈折	回折	反射	砕波モデル	任意水深	流れの影響	不規則性	非線形性	計算領域			備考
										大	中	狭	
波向き線法(屈折図法)	◎	◎	×			◎	○	○	△	○	○	○	波速に非線形性を含められる
エネルギー平衡方程式	◎	◎	●	△	○	◎	○	◎	×	○	○	○	
Helmholts方程式	○	○	◎	◎	×	◎	×	○	×			○	領域ごとに一様水深のみ
簡便法(高山法)			◎	◎	×	◎	×	◎	×		○	○	一様水深のみ
緩勾配方程式	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	○	△			○	
比定常緩勾配方程式	◎	◎	◎	◎	○	◎	○		×			○	砕波モデル・境界条件処理が容易
数値波動解析法	○	◎	◎	◎		◎			×			○	
緩勾配不規則波動方程式	◎	◎	◎	◎	○	◎		◎	×			○	
放物型波動波動方程式	◎	◎	◎	△	○	◎	○	○	△		○	○	
非線形長波方程式	◎	◎	◎	◎	○	×		◎	◎			○	極浅海域に限定される
Boussinesq方程式	◎	◎	◎	◎	○	○	○	◎	◎			○	原方程式は浅海域に限定される
強非線形分散性波動方程式	◎	◎	◎	◎		◎		◎	◎			○	

◎	基本形で適用可能	
○	応用形で一般適用可能	
●	モデルにより適用できないものもある	
△	応用形で部分的適用可能	
空白	研究により適用できる可能性あり	
×	適用不可能	
計算領域	広	深海から浅海を含む程度
	中	構造物周辺の海域程度
	狭	湾内程度

表 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）

計算手法	海底勾配 $L\ \nabla h/h$	局所的進行波性 $aexp(i(kx-\sigma t))$	有限振幅波 $H/L, H/h$	相対水深 $(h/L)^2$
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
数値波動解析法	1次[1)]	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[4)]	微小[6)]	任意
非線形長波方程式	任意[2)]	仮定しない	任意	微小（0次）
Boussinesq方程式	任意[2)]	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

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：

$$\frac{\partial \eta}{\partial t}+\frac{\partial P}{\partial x}+\frac{\partial Q}{\partial y}=0 \qquad (1)$$

X 方向運動量方程式

$$\begin{aligned}&\frac{\partial P}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{P^2}{D}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{PQ}{D}\right)+gD\frac{\partial \eta}{\partial x}-\nu\left(\frac{\partial^2 P}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 P}{\partial y^2}\right)+\varepsilon P+\frac{f}{2D^2}P\sqrt{P^2+Q^2}\\&=\left(B+\frac{1}{3}\right)h^2\left(\frac{\partial^3 P}{\partial x^2\partial t}+\frac{\partial^3 Q}{\partial x\partial y\partial t}\right)+Bgh^3\left(\frac{\partial^3 \eta}{\partial x^3}+\frac{\partial^3 \eta}{\partial x\partial y^2}\right)\\&+h\frac{\partial h}{\partial x}\left(\frac{1}{3}\frac{\partial^2 P}{\partial x\partial t}+\frac{1}{6}\frac{\partial^2 Q}{\partial y\partial t}\right)+h\frac{\partial h}{\partial y}\left(\frac{1}{6}\frac{\partial^2 Q}{\partial x\partial t}\right)+Bgh^2\left\{\frac{\partial h}{\partial x}\left(2\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2}\right)+\frac{\partial h}{\partial y}\frac{\partial^2 \eta}{\partial x\partial y}\right\}\end{aligned} \qquad (2)$$

Y 方向運動量方程式

$$\begin{aligned}&\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\frac{Q^2}{D}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{PQ}{D}\right)+gD\frac{\partial \eta}{\partial y}-\nu\left(\frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}+\frac{\partial^2 Q}{\partial y^2}\right)+\varepsilon Q+\frac{f}{2D^2}Q\sqrt{P^2+Q^2}\\&=\left(B+\frac{1}{3}\right)h^2\left(\frac{\partial^3 Q}{\partial y^2\partial t}+\frac{\partial^3 P}{\partial x\partial y\partial t}\right)+Bgh^3\left(\frac{\partial^3 \eta}{\partial y^3}+\frac{\partial^3 \eta}{\partial x^2\partial y}\right)\\&+h\frac{\partial h}{\partial y}\left(\frac{1}{3}\frac{\partial^2 Q}{\partial y\partial t}+\frac{1}{6}\frac{\partial^2 P}{\partial x\partial t}\right)+h\frac{\partial h}{\partial x}\left(\frac{1}{6}\frac{\partial^2 P}{\partial y\partial t}\right)+Bgh^2\left\{\frac{\partial h}{\partial y}\left(2\frac{\partial^2 \eta}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 \eta}{\partial x^2}\right)+\frac{\partial h}{\partial x}\frac{\partial^2 \eta}{\partial x\partial y}\right\}\end{aligned} \qquad (3)$$

ここで、x、y は平面座標、t は時間、η 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、ν 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、ε はエネルギー吸収帯の吸収係数である。

(2)、(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　Ver4.6c5a 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

$$\frac{\sqrt{u_s^2+v_s^2}}{\sqrt{gh}} \geq \gamma_b \quad and \quad \eta > 0$$

ここで、水表面の水粒子速度は

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

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

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

上式の渦動粘性係数 ν は

$$\nu = \frac{\alpha_D s g d}{\sigma^2}\sqrt{\frac{g}{d}\cdot\frac{\hat{Q}-Q_r}{Q_s-Q_r}}$$

ここで、$Q_s = 0.4(0.57+5.3s)\sqrt{gd^3}$

$$Q_r = 0.135\sqrt{gd^3}$$

$$s = \frac{u_s s_x + v_s s_y}{\sqrt{u_s^2+v_s^2}}$$

上記の砕波モデルは、一様斜面勾配の進行波の砕波現象に対して適用される。

また、上記モデルでは設定した流速波速比のしきい値を境に一斉に砕波が生じるため

に極端に偏った波高頻度分布が得られる傾向がある。

現在公開されている NOWT-PARI においては、砕波の判定、及び砕波減衰を生じさせる渦動粘性係数の算定において、砕波位置の海底勾配は正であることが想定されているため、水平床上や逆勾配斜面上で生じる砕波は取り扱えない。ところが、浅瀬等の砕波位置が背後の逆勾配斜面上で生じる場合は、実際は砕波が起こっているのに計算上では非砕波の条件で計算するため、実際の波高より高くなる問題が起こる。

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。

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

ここで、l 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 2～3 波長分を設定する。

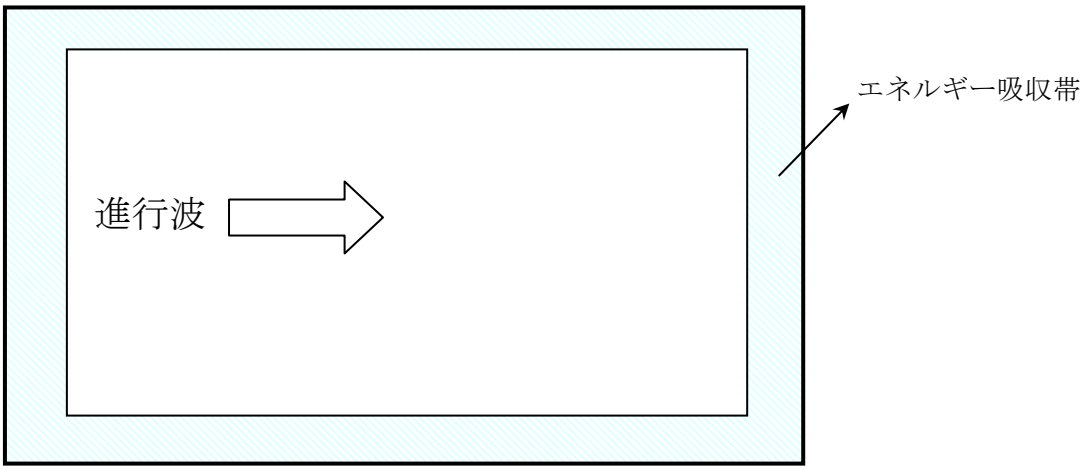


図 1　計算領域概要

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。

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

$H_{1/3}$、$T_{1/3}$、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。

$$G(f;\theta) = G_0 \cos^{2S}\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

$$G_0 = \left[\int_{\theta\min}^{\theta\max} \cos^{2S}\left(\frac{\theta}{2}\right) d\theta\right]^{-1}$$

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

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。

$$\eta = \sum_{n=1}^{N_s} a_n \sin\left(k_n x \cos\theta_n + k_n y \sin\theta_n - 2\pi f_n t + \varepsilon_n\right)$$

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 θ 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。

$$a_n = \sqrt{2S(f_n)df_n}$$

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、ε_n は n 番目の成分波の位相差で、0～2π 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。

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

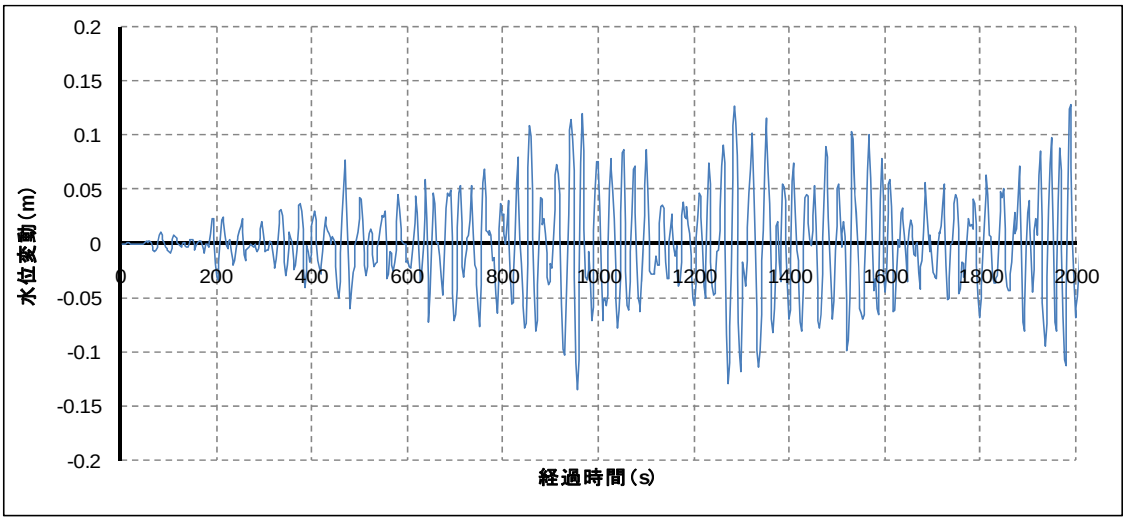


図 2　入射波形（不規則波）

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

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

Y 方向

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

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（εP）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 θ を θ＝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。

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

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。

(3)「平成 17 年度　竜串地区自然再生推進計画調査（竜串濁り対策検討調査・基本計画検討）」における波浪条件設定

①対象波浪の設定

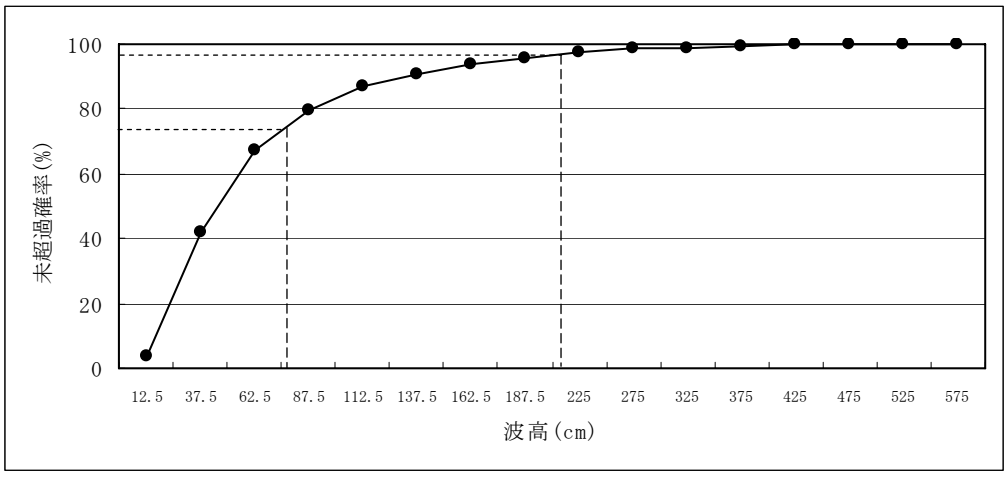
竜串湾における通常時と異常時の波浪を設定した。波浪の解析においては、長期の観測結果が必要であるが、竜串湾内には観測点が無いことから、NOWPHAS（全国港湾海洋波浪情報網）の高知地点のデータを用いて設定した。なお、竜串への NOWPHAS データの換算は、平成17年に実施した竜串湾での波浪調査結果とNOWPHAS高知地点の関係より行う。

また、波浪解析において、通常時または高波浪時の定義は無いことから、河川流量区分*を参考に次のように設定した。

○通常時　　：有義波の 75%未超過確率（１年を通じて 274 日はこれ以下の波）

○高波浪時　：有義波の 97%未超過確率（１年を通じて 355 日はこれ以下の波）

図に NOWPHAS 高知地点の波高別未超過確率（４ヵ年統計（1996～1999 年））を示した。これによると、NOWPHAS 高知地点での通常時は 78cm、高波浪時は 212cm であった。



（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 3　NOWPHAS 高知地点の波高別未超過確率

（参考）

（＊）河川流量の区分では次の区分がされている。

・豊水流量：１年を通じて 95 日はこれを下らない日流量（未超過確率：26%）

・平水流量：１年を通じて 185 日はこれを下らない日流量（未超過確率：51%）

・低水流量：１年を通じて 275 日はこれを下らない日流量（未超過確率：75%）

・渇水流量：１年を通じて 355 日はこれを下らない日流量（未超過確率：97%）

NOWPHAS 高知地点から竜串湾（正確には爪白沖）への変換係数は、0.68 倍であることから、高知の設定波高に 0.68 を乗じて竜串湾における波高を設定した。なお、周期は大きく変化しないことが想定されることから、NOWPHAS 高知地点の周期を採用した。

表に竜串湾における波浪調査点での通常時及び高波浪時の波浪条件を示した。

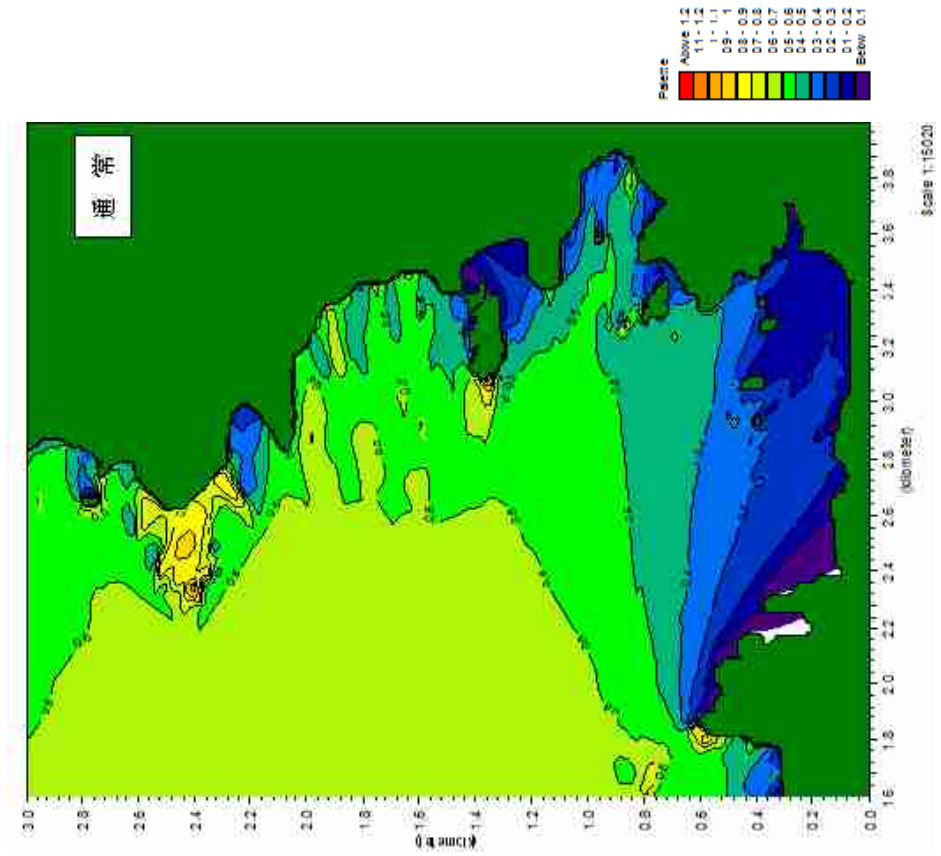
表 3　竜串湾における通常時及び高波浪時の波浪条件

通常時	$H_{1/3}$(cm)	53
	$T_{1/3}$(s)	7.0
高波浪時	$H_{1/3}$(cm)	145
	$T_{1/3}$(s)	8.0

②平成 17 年度予測結果との比較

平成 17 年度解析結果との比較を以下に示した。

波高分布に関しては、ほぼ同じ分布となり、静穏域も共に再現されていた。海浜流については、沿岸域はほぼ似たような流速分布、流れとなっていた。しかし、沖合については平成 17 年度解析結果の方が高波浪時で特に流れが大きくなっていた。また、平成 17 年度で見られた海中展望塔付近の対流する流れが、ブシネスクモデルによる結果では解消されていた。


Above 1.2
1.1 - 1.2
1 - 1.1
0.9 - 1
0.8 - 0.9
0.7 - 0.8
0.6 - 0.7
0.5 - 0.6
0.4 - 0.5
0.3 - 0.4
0.2 - 0.3
0.1 - 0.2
Below 0.1
Scale 1:15020
(kilometer)

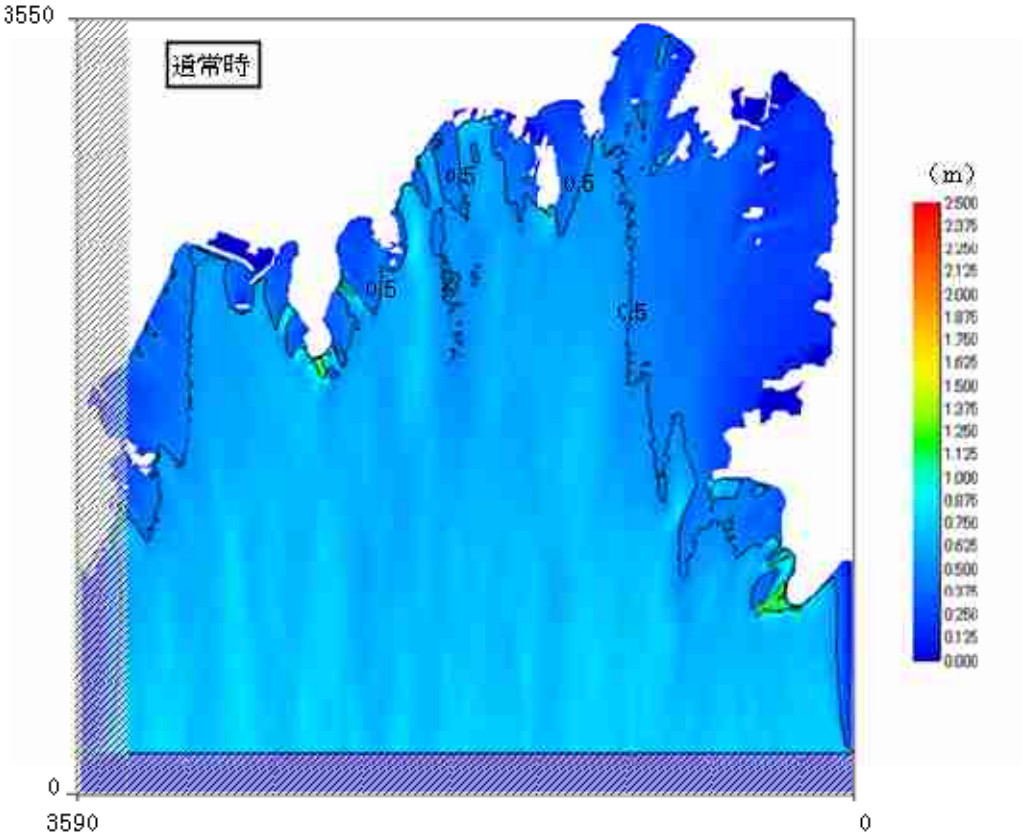
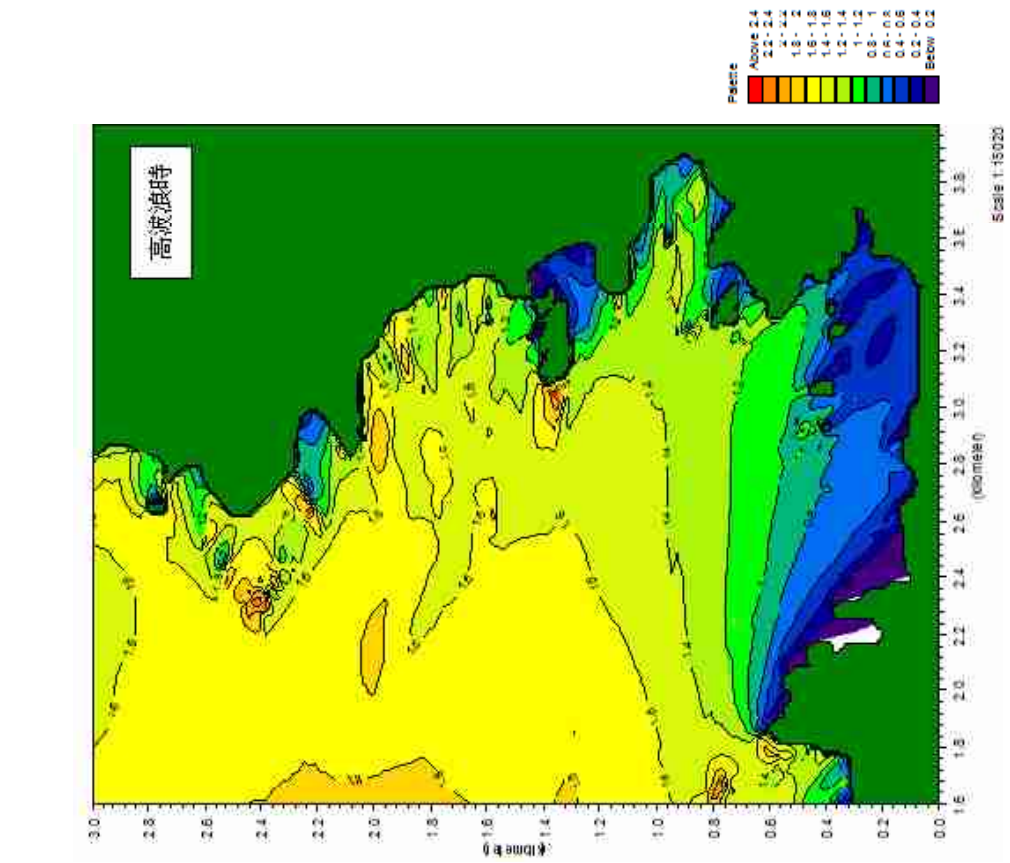

3550
通常時
0.5
0.5
0.5
(m)
2.500
2.375
2.250
2.125
2.000
1.875
1.750
1.625
1.500
1.375
1.250
1.125
1.000
0.875
0.750
0.625
0.500
0.375
0.250
0.125
0.000
0
3590
0

図 4　波浪比較（通常時）



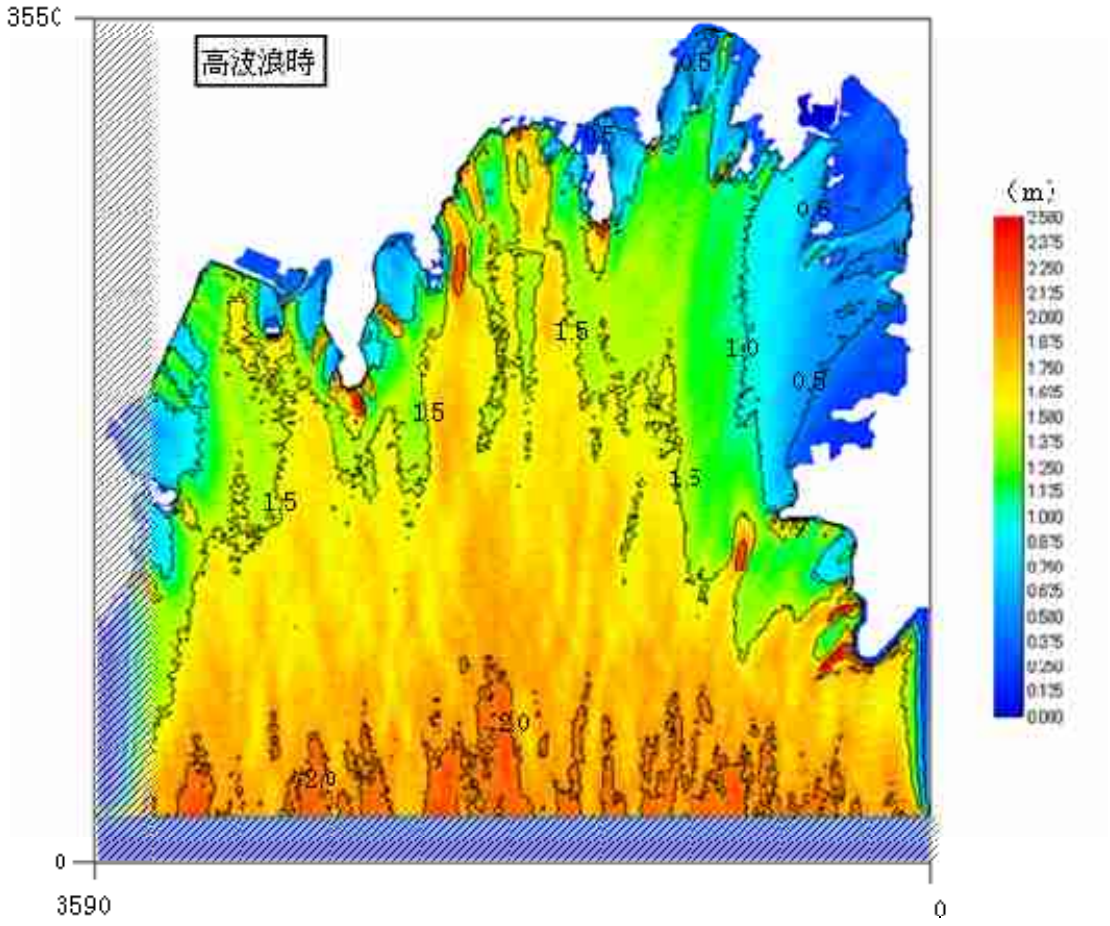
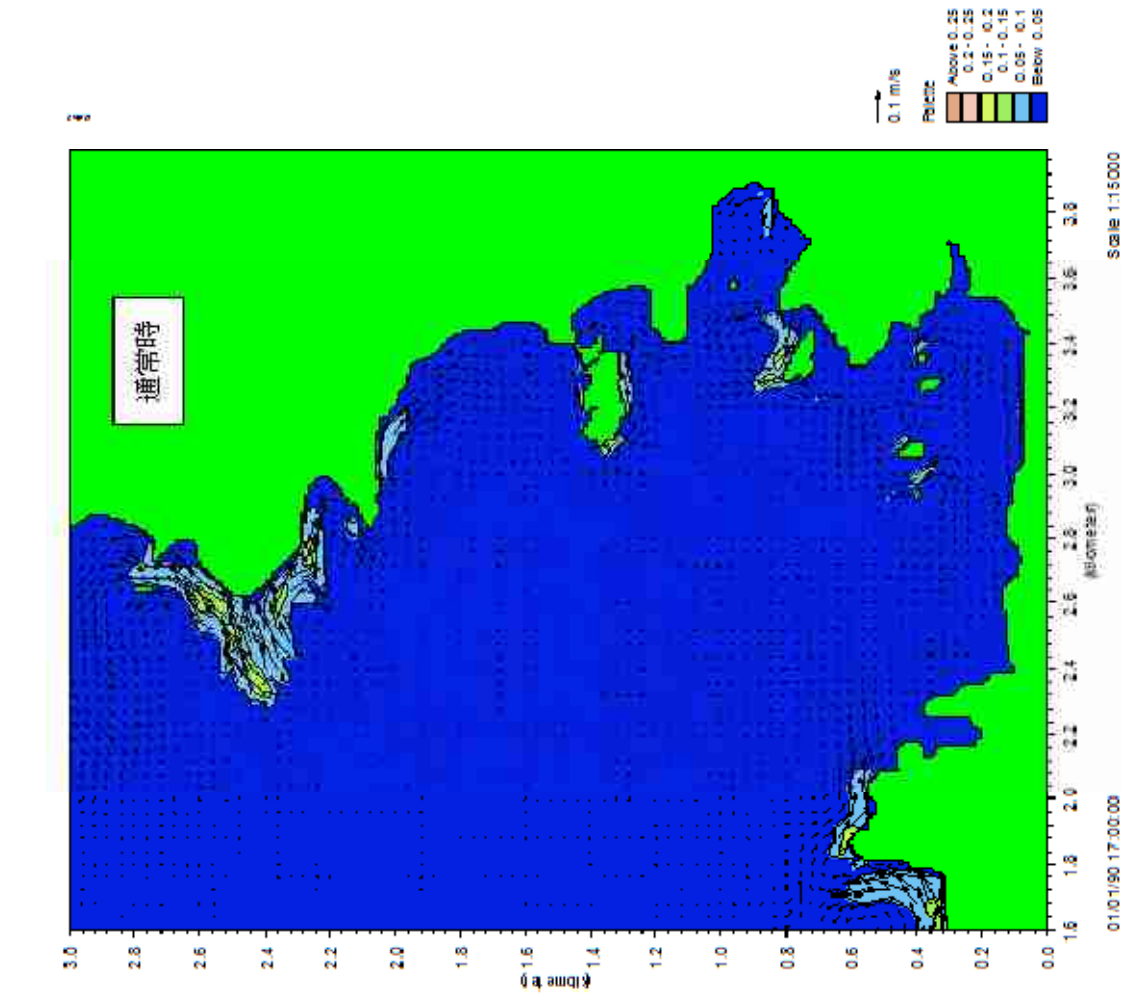


図 5　波浪比較（高波浪時）


通常時
0.1 m/s
Above 0.25
0.2 - 0.25
0.15 - 0.2
0.1 - 0.15
0.05 - 0.1
Below 0.05
Scale 1:15000
01/01/90 17:00:00

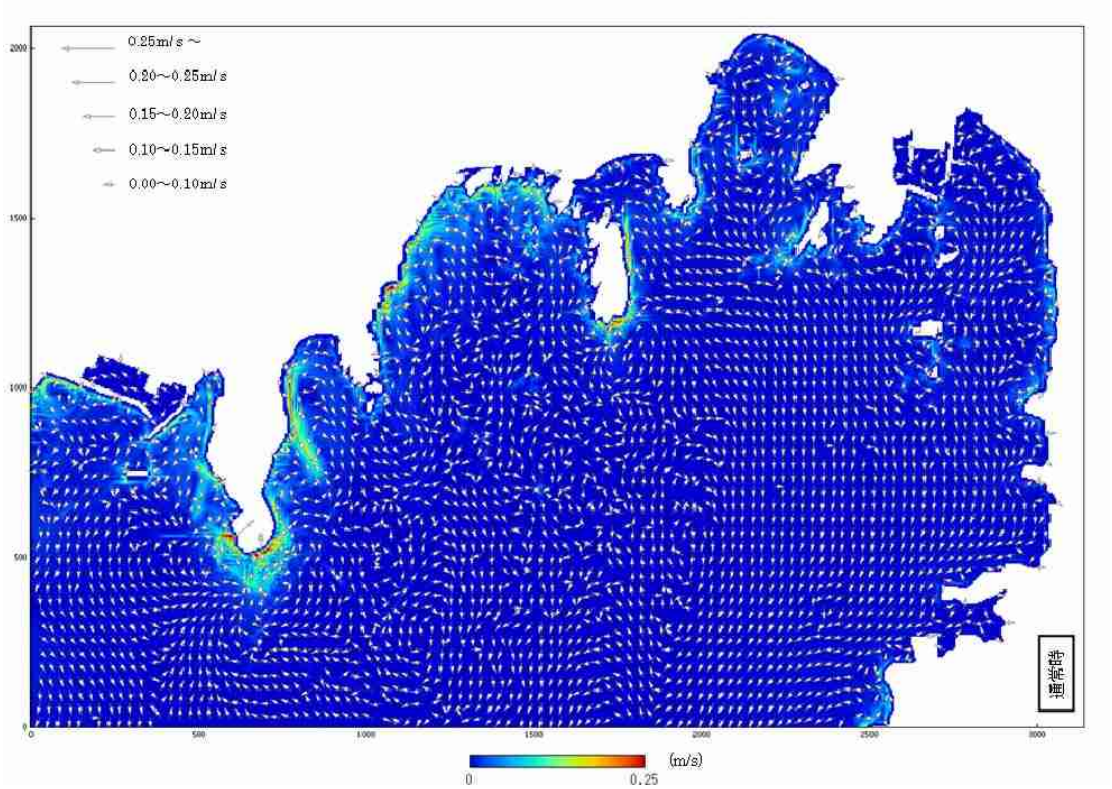

0.25m/s ～
0.20～0.25m/s
0.15～0.20m/s
0.10～0.15m/s
0.00～0.10m/s
通常時
(m/s)
0
0.25

図 6　海浜流比較（通常時）

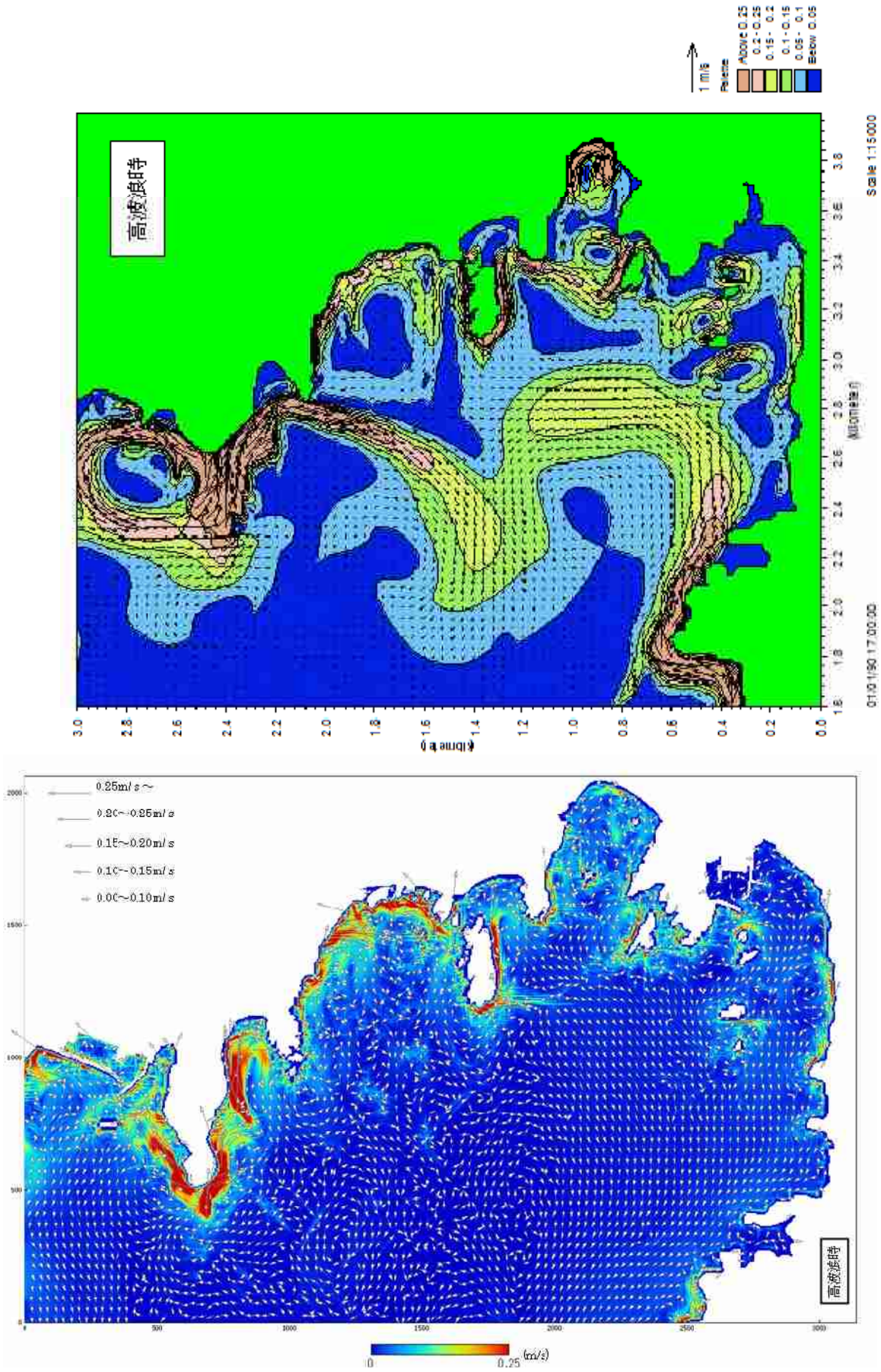


図 7　海浜流比較（高波浪時）

(5) 底泥の巻き上がりに関する解析

H15 年度の調査では、調査結果より底泥を巻き上げる限界波高を 69cm、限界せん断力を 2.826g/cm^2、限界シールズ数を 0.02 と設定していた。

以下に算定方法を示した。

①底泥を巻き上げる限界波高

図 8 に波高と濁度の経時変化を示した。また、表-4 に濁り発生限界波高、図 9 に濁度と波高・流速の関係を示した。

濁度と波高は波高がある高さを越えた時に相関が見られ、波高が高くなるときには濁度も高くなっていた。その限界波高は62～78cmで平均は69cmあった。また、周期は平均で 8 秒であった。

表 4　限界波高と周期

番号	波高(cm)	周期(s)
①	83.3	10.6
②	62.1	6.5
③	74.1	7.3
④	78.0	8.6
⑤	66.1	8.2
⑥	65.5	9.2
平均*	69.1	8.0

*：①は急激な波浪変化のため濁り始めの波高を捉えることは困難であったことから平均から削除した。

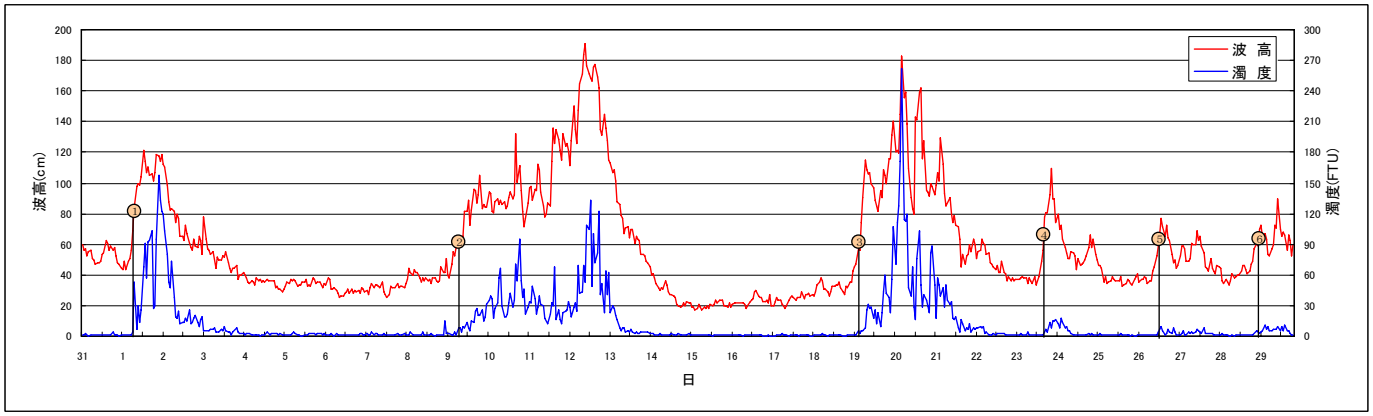


図 8　波高と濁度の経時変化

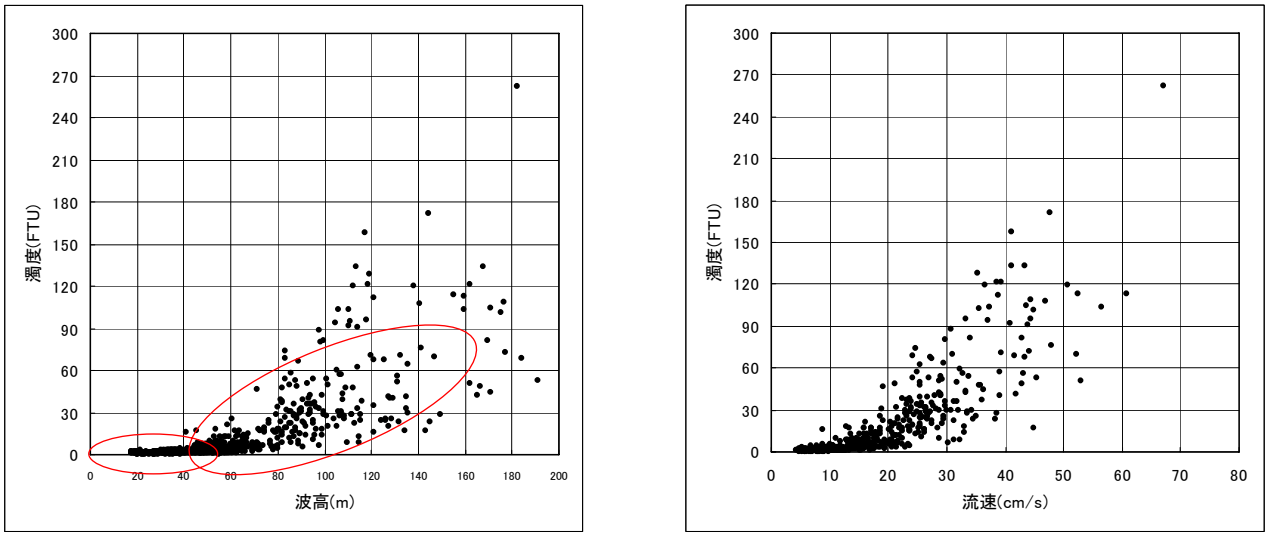


図 9　濁度と波高（有義波）・流速（有義波相当）の関係

②巻き上がり限界波高の検証

（ｉ）底泥の巻き上げ現象の考え方

底泥の巻き上げ現象は、底泥に作用する外力（掃流力）とこれに対する底泥の抵抗力（限界剪断力）の力学的関係により決定される。掃流力が限界剪断力よりも大きければ底泥は巻き上げられ、限界剪断力よりも小さければ底泥は巻き上げられないと考えられる。（図 10 に概念を示す。）

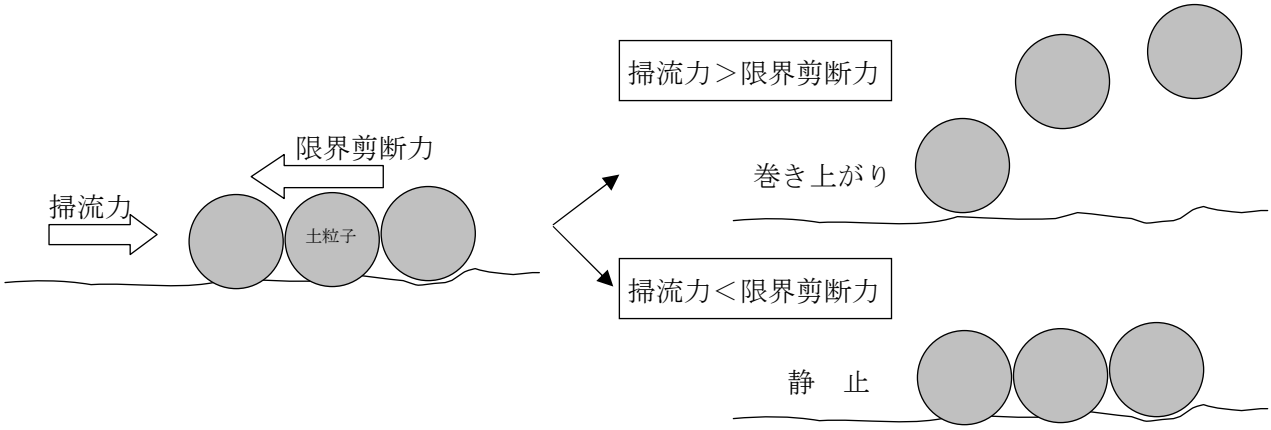


図 10　底泥の巻き上がり現象の考え方

（ⅱ）底泥の限界せん断力

限界剪断力は、重力や摩擦力が支配的（粒度、比重など）な砂質土等の非粘性土と、底泥粒子間に作用する物理･化学的結合力が支配的なシルト･粘土等の粘性土で異なる。波浪観測が実施された爪白沖の底質調査結果は、シルト質以下が３％程度であり、砂質土と判断されることから、岩垣公式の砂質土の移動限界摩擦速度から、限界剪断力を算定した。

〈底質土の移動限界摩擦速度の算定〉

〔岩垣公式〕

$0.3030 \leqq d$ ：$u_*^2 = 80.9\,d$

$0.1180 \leqq d \leqq 0.3030$ ：$u_*^2 = 134.6\,d^{31/22}$

$0.0565 \leqq d \leqq 0.1180$ ：$u_*^2 = 55.0\,d$

$0.0065 \leqq d \leqq 0.0565$ ：$u_*^2 = 8.41\,d^{11/32}$

$d \leqq 0.0065$ ：$u_*^2 = 226\,d$

ここに、u_*：限界摩擦速度(cm/s)

表 5　移動限界摩擦速度

中央粒径	限界摩擦速度
0.0392cm	1.66 cm/s

〈限界せん断力の算定〉

掃流力が限界剪断力を超えた場合に生じるとされる底泥の巻き上げ限界時の摩擦速度と限界剪断力の関係は以下で表される。

$\tau c = \rho u^2_*$　　ρ ：海水密度（1.023　g/cm3）

これから底泥の巻き上げ限界時の限界剪断力は、τc＝2.826g/cm2 の結果を得た。

（iii）巻き上がり限界波高の算定

爪白沖における濁り発生の限界摩擦速度より、限界波高を算定した。波高と摩擦速度の関係は次式に示すとおりである。

$$u_*^2 = 0.5 * f_w \hat{u}_b^2$$

ここに、f_w ：jonsson の摩擦係数

$a_{bm} / D < 1.57$ の時： $f_w = 0.30$

$$a_{bm} / D \geq 1.57 \text{ の時：} f_w = \frac{1}{4\sqrt{f_w}} + \log_{10} \frac{1}{4\sqrt{f_w}} = -0.8 + \log_{10} \frac{a_{bm}}{D}$$

ここに、a_{bm} は底面における水粒子の最大半径で、波高Hと波数k を用いて次式で求める。

$$a_{bm} = \frac{H}{2\sinh(kh)}$$

周期Tは濁度と波高の関係と同様に濁度発生時の波高を調べた結果、平均で 8 秒であった。また、波長Lは水深と波長の関係式より算定した結果 76mであった。表-6 に算定結果を示した。

これによると、底泥を巻き上げる限界波高は 0.69mである結果が得られた。波高と濁度の経時変化から検討した平均の限界波高は 0.69mであり、よく実測値と一致していた。

表 6　限界波高の算定結果

限界摩擦速度 (u_*)	周期 (T)	水深 (h)	波長 (L)	波高 (H)
m/s	s	m	m	m
0.0166	8	12	76	0.69

（iv）巻き上がり限界シールズ数の算定

底質の安定性を表す指標として、シールズ数（Ψ）が用いられる。シーズ数は以下の式に示す底質を動かそうとする流体力と底質の抵抗力の比で表される。当概海域の底泥巻き上げに関する限界シールズ数は、前ページで岩垣公式から求めた移動限界摩擦速度及び爪白沖の底質調査結果を用いて算定を行った。表-7 に限界シールズ数の算定結果を示した。

以上の結果より、当概海域では限界シールズ数より大きい条件下では、底泥が巻き上

がり濁りが生じることが考えられる。

$$\overline{\psi} = 0.5\psi$$

$$\psi = u_*^2 \Big/ (S-1)gD$$

ここに、u_*：限界摩擦速度(cm/s)

S　：砂の比重

g　：重力加速度（980cm/s^2）

D　：粒径(cm)

表 7　限界シールズ数の算定結果

限界摩擦速度 (u_*)	中央粒径 (D)	限界シールズ数 ($\overline{\psi}$)
cm/s	cm	―
1.66	0.0392	0.02

(5) 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 11 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^2/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。）

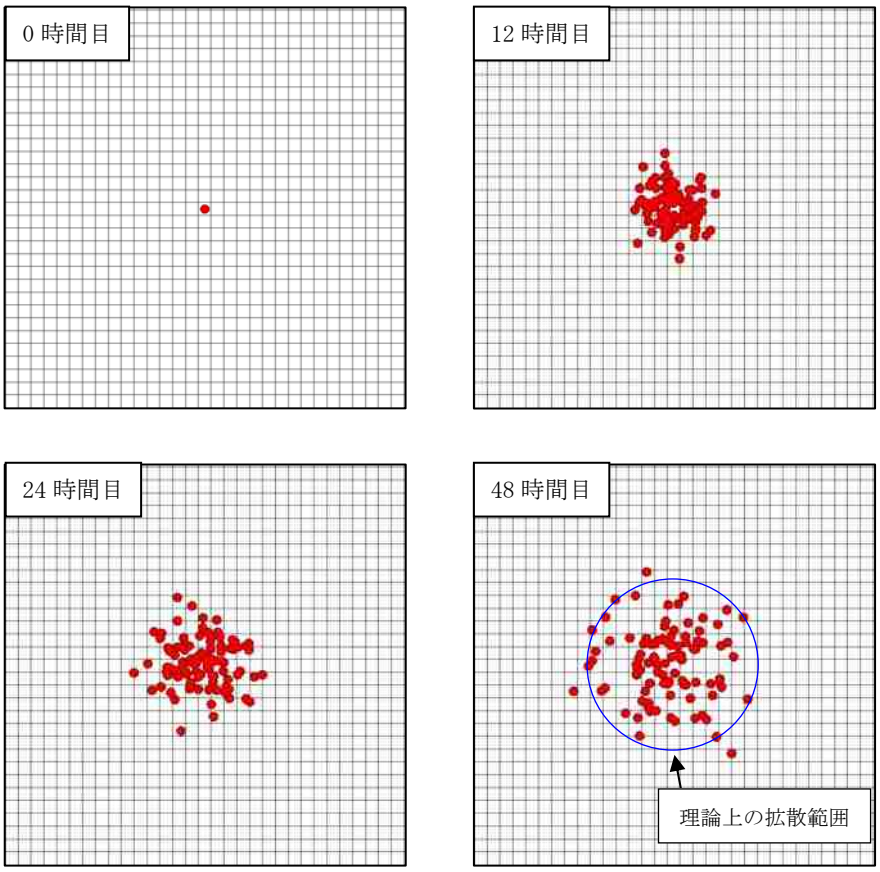


図 11　マルコフモデルの粒子拡散状況

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。

⑤拡散係数

図 12 に「平成 15 年度竜串地区自然再生推進計画調査（海域調査）」の拡散係数分布を示す。今回対象とする海域の St.5 及び St. 1 の拡散係数分布より 0.5m^2/s(5.0×$10^3cm^2/s$)と設定した。

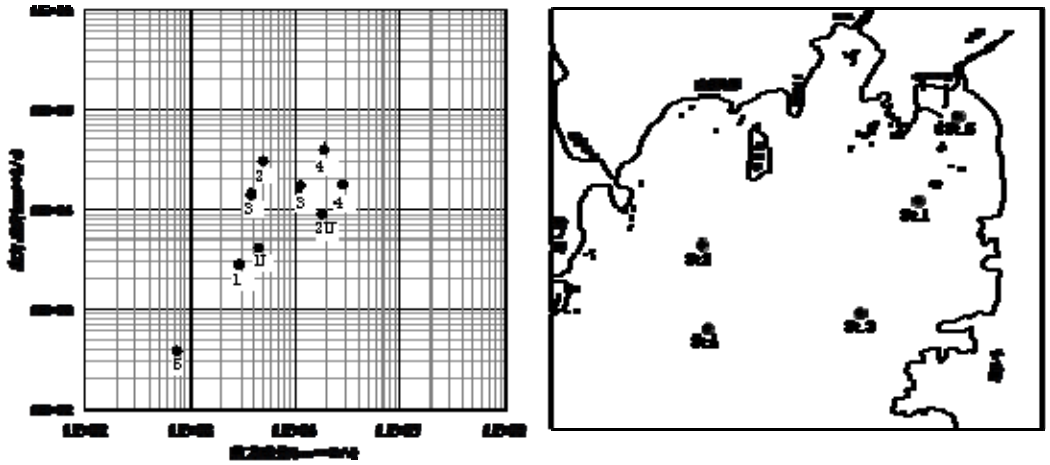


図 12　拡散係数の設定

⑥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-17 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。

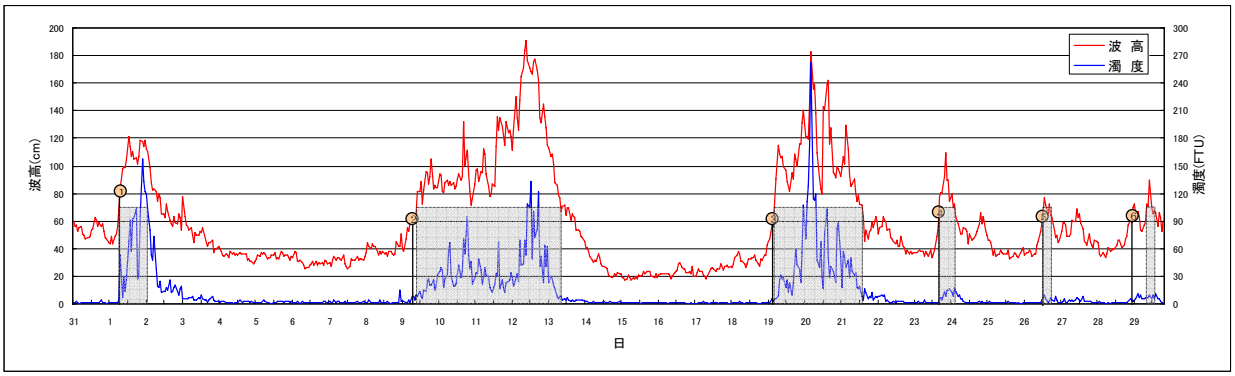


図 13　波高と濁度の経時変化

⑦遠奈路川からの拡散（平成 15 年度解析）

図に災害時の SS 水平分布を示した。なお、図の表層は濁りの拡散状況を捉えた空中写真と重ねた図である。以下にまとめを示した。

・三崎川からの濁水の広がり状況は、空中写真と計算結果は概ね一致していた。

・三崎川からの濁水は、河口から約 500m までは南下しているが、その後は湾央部に向か広がっており、最終的には湾外の黒潮の流れに吸収されていた。

・遠奈路川からの濁水は、計算結果では概ね同心円状に広がっているが、空中写真では、岸沿いに爪白海岸、弁天島に向かって拡散している。別途実施した海浜流の予測結果では、岸沿いに東に向かう流れが計算されており、この結果からも海浜流の存在が明らかになったと考えられる。

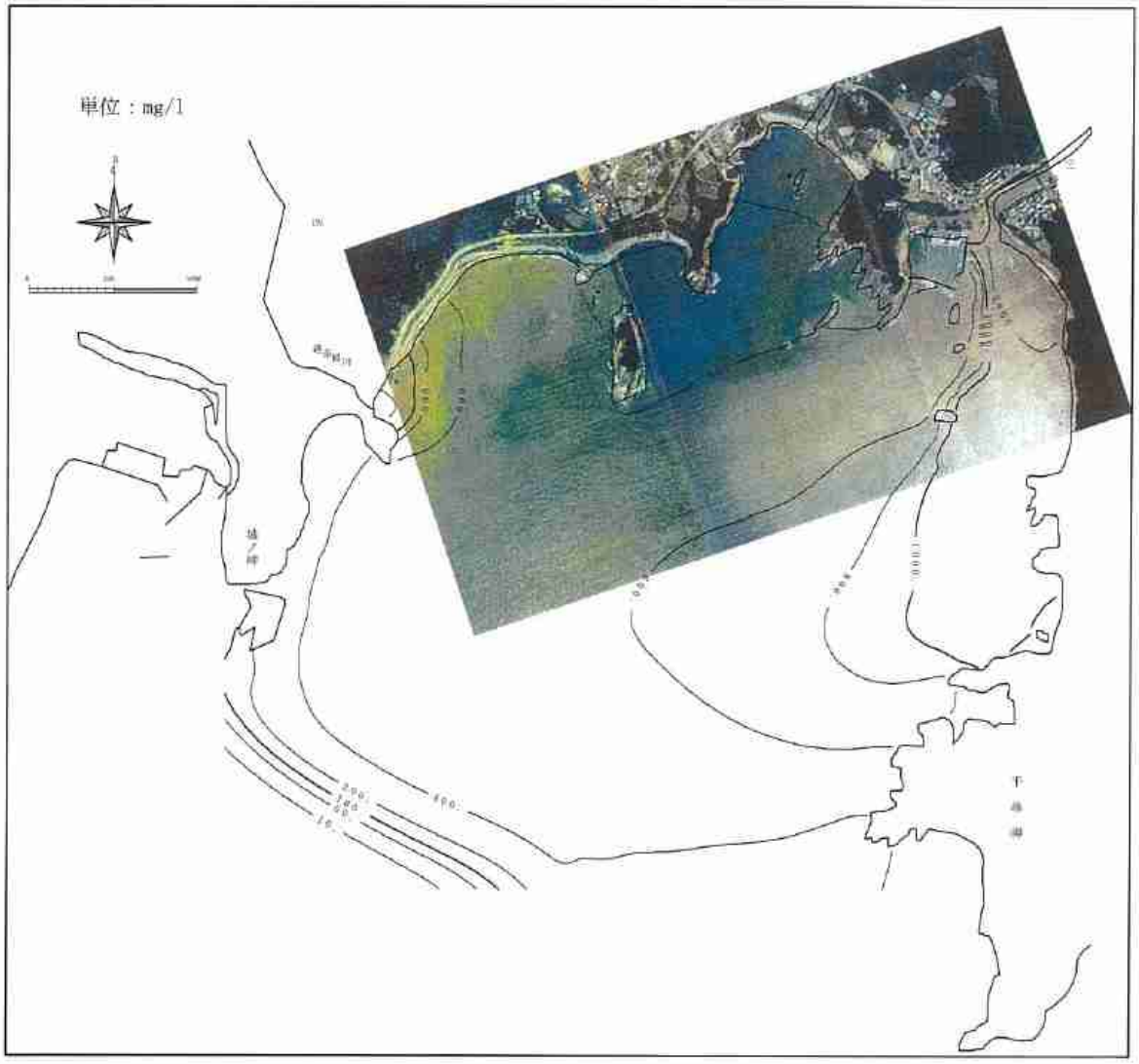


図 14　遠奈路川 SS 拡散

(5) 平成 17 年度　寄与度調査結果

平成 17 年度に実施した寄与度解析結果を示す。平成 17 年度の結果では、弁天島～竜串地区にかけて、渦を巻くような分布になっており、不自然さが指摘されていた。今回の解析結果では、渦を巻くような流れが改善されていた。

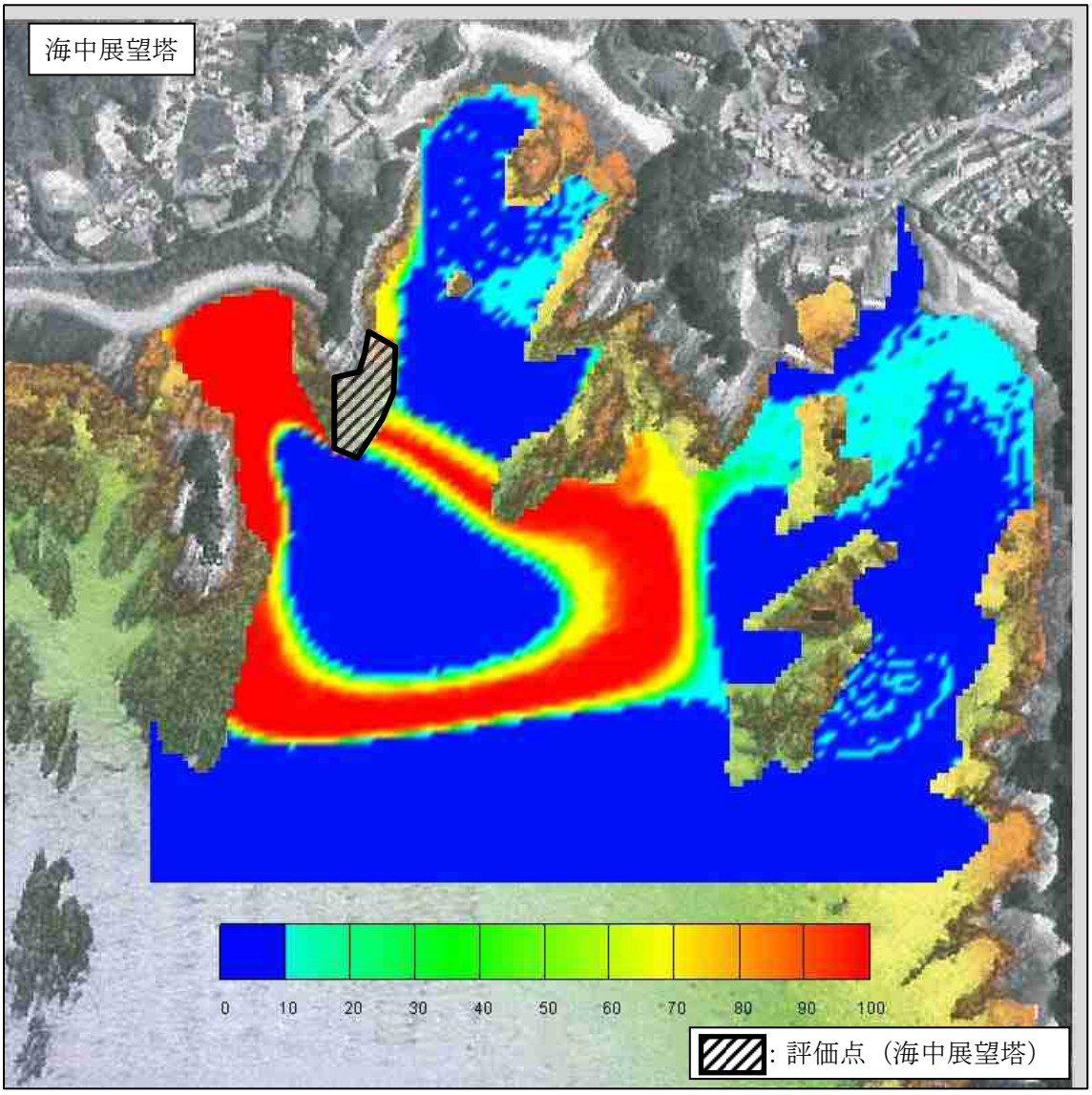


図 15　H17 年度寄与度結果（海中展望塔）

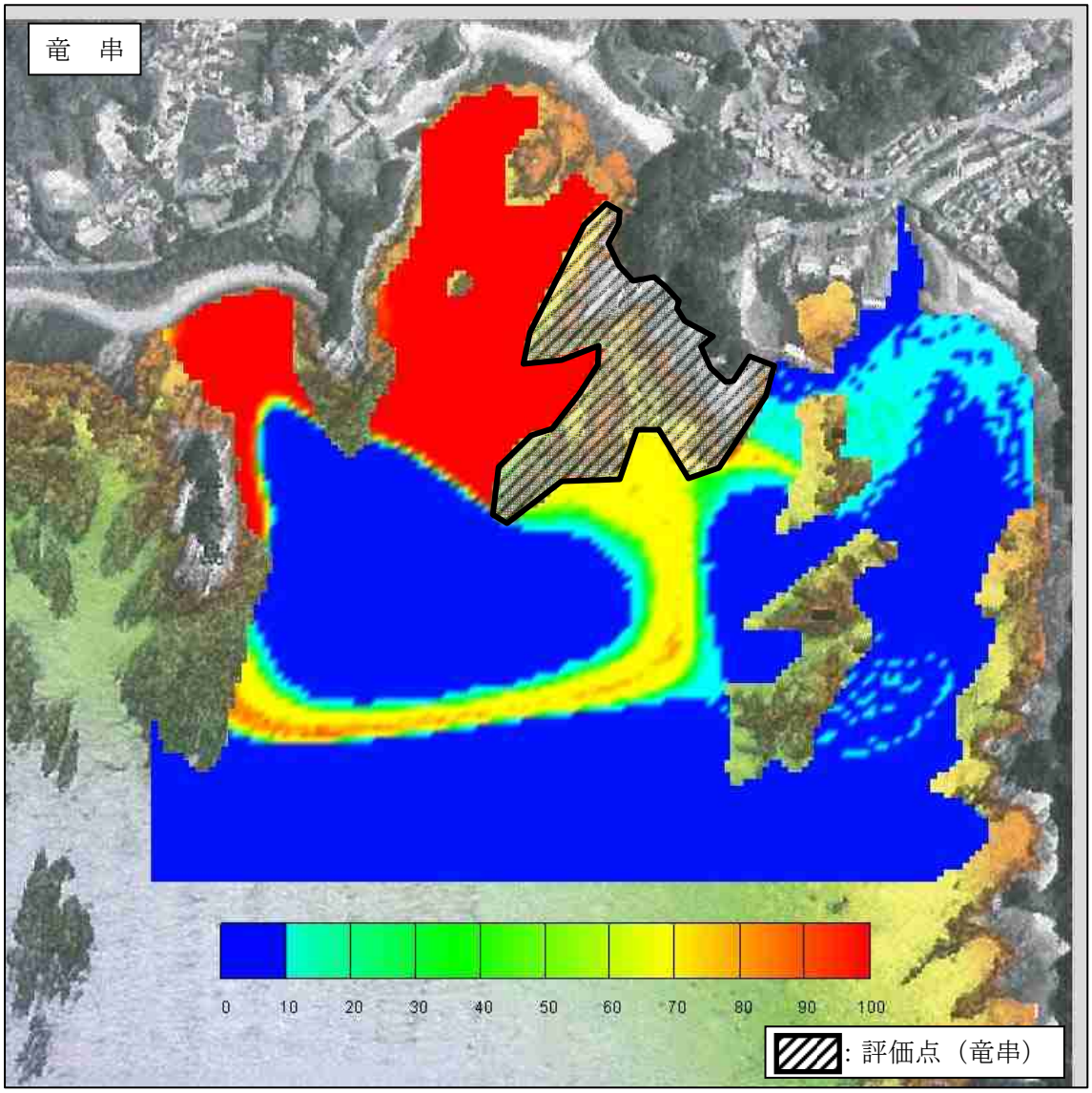


図 16　H17 年度寄与度結果（竜串地区）

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 1)

$$\frac{Du}{Dt}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial x}+\frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial}{\partial x}\left(\tau_{xx}-\frac{2}{3}K_G\right)+\frac{\partial \tau_{yx}}{\partial y}+\frac{\partial \tau_{zx}}{\partial z}\right] \tag{2.1}$$

$$\frac{Dv}{Dt}=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial y}+\frac{1}{\rho}\left[\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x}+\frac{\partial}{\partial y}\left(\tau_{yy}-\frac{2}{3}K_G\right)+\frac{\partial \tau_{zy}}{\partial z}\right] \tag{2.2}$$

ここに、

$$\frac{D}{Dt}\equiv\frac{\partial}{\partial t}+u\frac{\partial}{\partial x}+v\frac{\partial}{\partial y}+w\frac{\partial}{\partial z} \tag{2.3}$$

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、ρ は流体の密度、τ_{xx}、τ_{yx}、τ_{zx}、τ_{xy}、τ_{yy}、τ_{zy} 及び τ_{xz} は Reynolds 応力である。

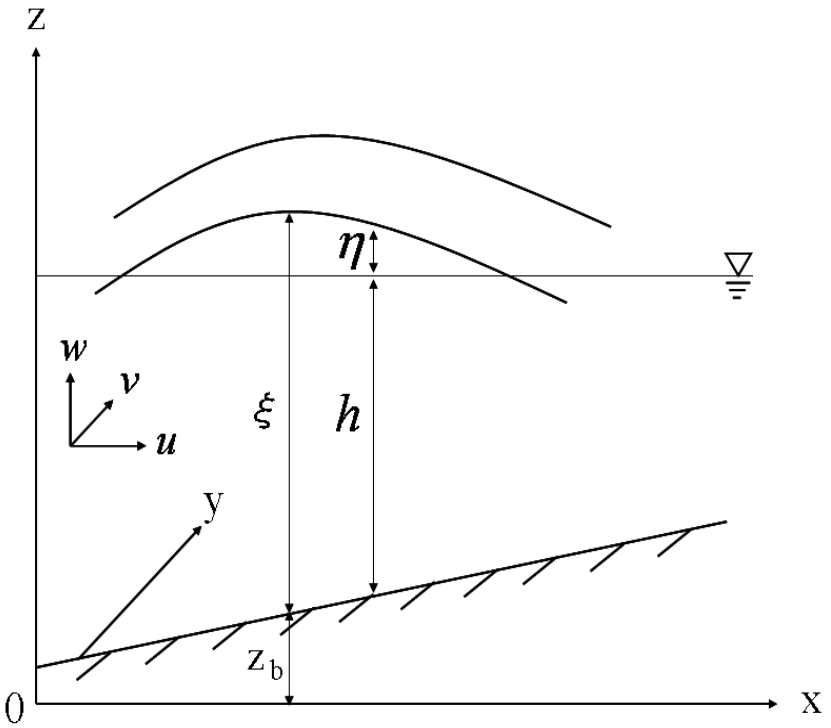


図 1　数値モデルの座標系

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。

$$\frac{\partial p}{\partial z}=-\rho g \tag{2.4}$$

Reynolds 応力はテンソル表示すると以下のように表される。

$$\frac{\tau_{ji}}{\rho}=\left(\nu+\nu_t\right)\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}+\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right) \tag{2.5}$$

ここに、ν は動粘性係数である。

また、ν_t は SGS(subgrid-scale)の渦動粘性係数であり、次式で与えられる [1)]。

$$\nu_t=\left(c_s\Delta\right)^2\left[\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}+\frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right)\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right]^{1/2} \tag{2.6}$$

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 Δz は、それぞれ x、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 [2)]。

$$K_G=\left(\frac{\nu_t}{c_m\Delta}\right)^2 \tag{2.7}$$

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。

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=0 \tag{2.8}$$

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。

$$\frac{\partial \xi}{\partial t}+\frac{\partial}{\partial x}\int_{z_b}^{\xi}u dz+\frac{\partial}{\partial y}\int_{z_b}^{\xi}v dz=0 \tag{2.9}$$

ここに、ξ は基準面から自由水面までの高さ、z_b は基準面から水路床までの高さである。

③塩分保存式

塩分保存式は、以下のように表される。

$$\frac{DS}{Dt}=\frac{\partial}{\partial x}\left(K_x\frac{\partial S}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(K_y\frac{\partial S}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(K_z\frac{\partial S}{\partial z}\right) \tag{2.10}$$

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(2.4)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。

$$\left.\begin{aligned} p &= \rho_f\, g(\xi - z) + \beta g \int_{z_b}^{\xi} S\, dz \\ \beta &= \rho_f\,(\rho_s - \rho_f)/\rho_f \\ \rho &= \rho_f + \beta S \end{aligned}\right\} \qquad (2.11)$$

ここに、ρ_f は淡水の密度、ρ_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。

$$\frac{DC}{Dt} = w_0 \frac{\partial C}{\partial z} + \frac{\partial}{\partial x}\left(K_x \frac{\partial C}{\partial x}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(K_y \frac{\partial C}{\partial y}\right) + \frac{\partial}{\partial z}\left(K_z \frac{\partial C}{\partial z}\right) \qquad (2.12)$$

ここに、C は濁水の濃度、w_0 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[3)]を若干修正し、以下のような座標変換を行った。

図 2.2 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。

$$z' = (z - z_b) f_b(x,y,t) \quad , \quad f_b(x,y,t) = \frac{1}{\xi(x,y,t) - z_b(x,y,t)} \qquad (2.13)$$

式(2.13)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(2.13)の変換を図 2.2 に対して行うと、次式を得た。

$$z' = 0 \quad \text{（水路床）}, \quad z' = 1 \quad \text{（自由水面）} \qquad (2.14)$$

すなわち、図 2 のような物理座標は、図 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。

$$\left.\begin{aligned}\frac{\partial}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial t} + F_1 \frac{\partial}{\partial z'} \\ \frac{\partial}{\partial x} &= \frac{\partial}{\partial x} + F_2 \frac{\partial}{\partial z'} \\ \frac{\partial}{\partial y} &= \frac{\partial}{\partial y} + F_3 \frac{\partial}{\partial z'} \\ \frac{\partial}{\partial z} &= F_4 \frac{\partial}{\partial z'}\end{aligned}\right\} \qquad (2.15)$$

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。

$$\left.\begin{aligned}F_1 &\equiv \frac{z'}{f_b}\frac{\partial f_b}{\partial t} - f_b \frac{\partial z_b}{\partial t} \\ F_2 &\equiv \frac{z'}{f_b}\frac{\partial f_b}{\partial t} - f_b \frac{\partial z_b}{\partial x} \\ F_3 &\equiv \frac{z'}{f_b}\frac{\partial f_b}{\partial t} - f_b \frac{\partial z_b}{\partial y} \\ F_4 &\equiv f_b\end{aligned}\right\} \qquad (2.16)$$

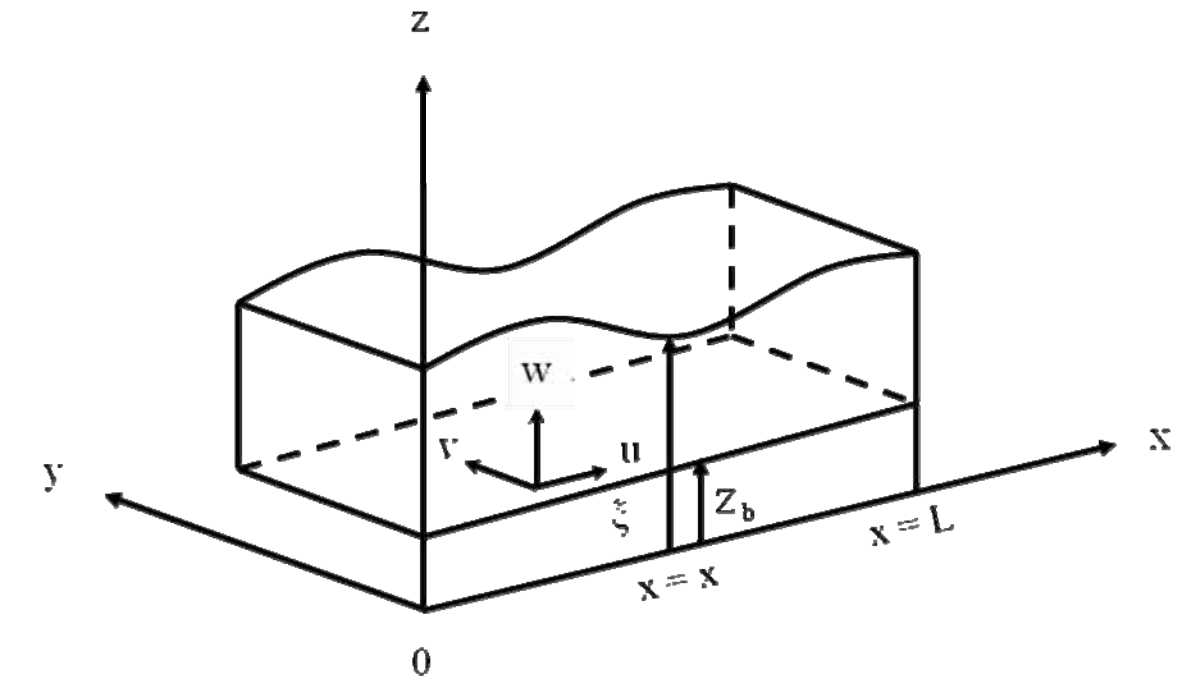


図 2　物理座標

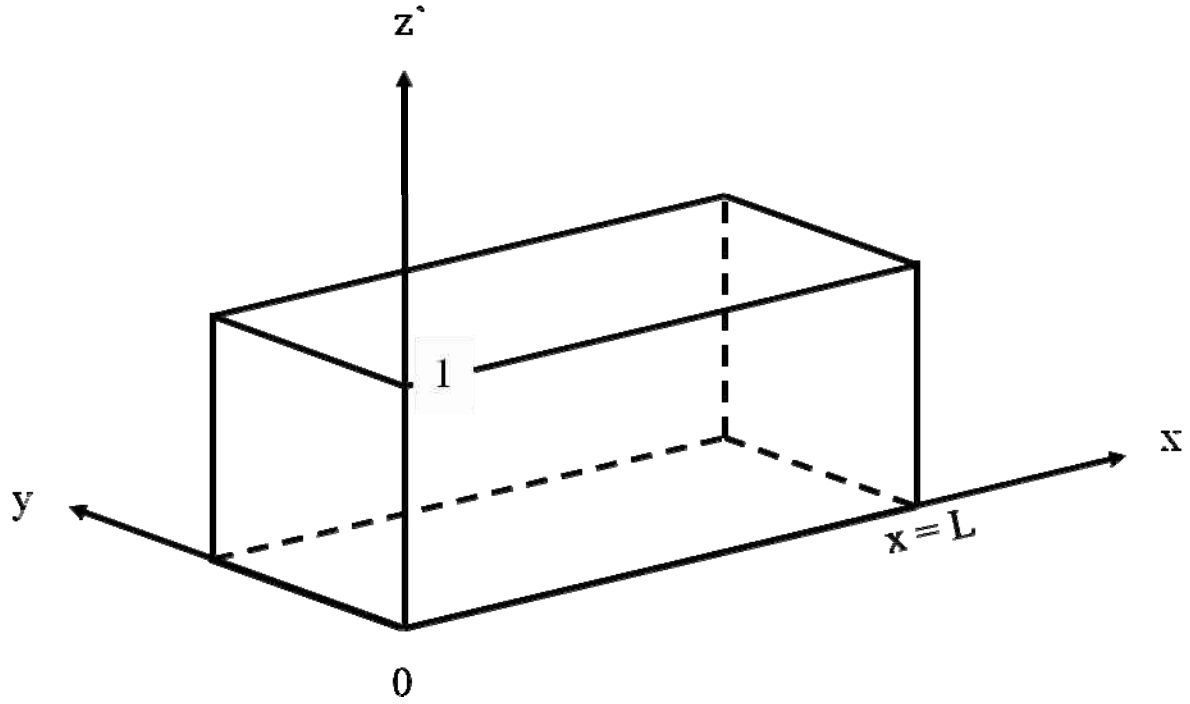


図 3　計算座標

(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。

$$\left.\begin{aligned} u &= u_\xi \left[\ln\left\{ \frac{z - z_b}{\xi - z_b}(e-1)+1 \right\} \right] \\ v &= w = 0 \end{aligned}\right\} \qquad (2.17)$$

ここに、u_ξ 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(2.17)を水深方向に積分し平均すると、平均流速、$\overline{u}$ と水面での流速、u_ξ との関係は次式のようになった。

$$\frac{\overline{u}}{u_\xi} = \frac{1}{e-1} \qquad (2.18)$$

特性曲線法によって求めた断面平均流速と式(2.18)中の $\overline{u}$ を等しいとすると、流速分布が決定される。

$$\left.\begin{aligned} S &= 0 \\ C &= C_0 \end{aligned}\right\} \qquad (2.19)$$

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。

$$\left.\begin{aligned} &\frac{\partial F}{\partial t} + c_x \frac{\partial F}{\partial x} + c_y \frac{\partial F}{\partial y} = 0 \\ &S = S_0 \end{aligned}\right. \qquad (2.20)$$

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(2.24)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。

$$u = v = w = 0 \qquad (2.21)$$

参考文献

1)大宮司久明・三宅　裕・吉澤　徹：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.
3) Jamet, P., Lascaux, P. and Raviart, D.A.:Une méthode de résolution numérique des équations de Navier-Stokes, Num.Math.16, Springer-Verlag, 1970.