

平成15年度  
竜串地区自然再生推進計画調査  
(海域調査) 報告書

平成16年3月

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所

## はじめに

足摺宇和海国立公園は、「四国の西南端、愛媛県から高知県にかけての海岸沿いに位置し、南部の足摺岬を中心とする地域では隆起海岸の豪壮な断崖の連なる男性的な景観が、北部の宇和海を中心とする地域では沈水海岸の繊細な入江と島嶼が造り上げる女性的な景観が特色となっている。（中略）本公園の見所は海中の生物で、イシサンゴ類、ヤギ類、ウミトサカ類などが群生する。ソラスズメダイ、チョウチョウウオなどの熱帯魚類が豊富で、色彩豊かな海中景観を形成している。（環境省自然環境局のホームページより抜粋）」とあるように、サンゴ類を基礎とした亜熱帯性の海中生物群集による景観は公園指定の主要な要素である。

なかでも竜串・見残し地域にはサンゴ群集の景観が特に優れた海域として4ヶ所の海中公園地区が指定されており、海中展望塔やグラスボート、陸域には水族館を建設するなどの方法により利用が行われてきた。しかし近年サンゴ群集が衰退傾向にあるという指摘があり、平成13、14年度には環境省・(財)海中公園センター・(財)国立公園協会によって「足摺宇和海国立公園竜串地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査」が行われた。

ところが調査が開始されて間もない平成13年9月6日に高知県西南部をおそった集中豪雨によって竜串湾に多量の土砂が流入・堆積し、多くのサンゴが土砂に覆われて斃死するなどの被害が発生した。管理方針検討調査は水害の影響を評価する必要性に迫られ、急遽これらの項目を調査内容に加えることとなった。水害がサンゴに与えた影響の評価は、平成14年度に高知県・(財)黒潮生物研究財団によって「竜串海中公園地区サンゴ群再生対策調査」でも行われ、いずれの調査報告書においても海底に堆積した土砂の影響が長期にわたって継続する可能性が指摘された。

折しも過去に損なわれた自然環境を取り戻すことを目的とした自然再生推進法が平成15年1月1日に施行され、環境省が中心となり、自然再生推進法に則って竜串湾のサンゴ群集を中心とする生態系の回復を図るプログラムが開始された。

本調査は、竜串湾の自然再生推進計画策定の資料を得る目的で平成15年度に環境省からの請負事業として行われた調査で、海域部分を財団法人黒潮生物研究財団が実施したものである。陸域（流域）部分については、財団法人自然環境研究センターが実施しているので、併せて検討資料としていただきたい。

調査を実施するに際し、終始指導と協力を賜った環境省本省、山陽四国地区自然保護事務所、土佐清水自然保護官事務所の各位、調査の内容について常に適切な助言をいただいたのみならず、場合によっては実際に調査にも携わっていただいた技術支援委員の各位、調査に協力と支援をおしまれなかった竜串地区住民はじめすべての方々に心からお礼申し上げます。

平成16年3月

財団法人黒潮生物研究財団 専務理事  
黒潮生物研究所 所長 岩瀬 文人

## 目 次

I	調査概要	1
	はじめに	1
	調査期間	1
	調査対象区域	1
	調査項目	1
	1. サンゴ群集の現況と動態の把握	1
	2. 健全なサンゴ群集を維持するために必要な環境に関する知見の収集・整理	2
	3. 竜串湾の環境に関する既存の資料の収集・整理	2
	4. 竜串湾の水質及び底質環境の現況	3
	5. 河川からの濁水の拡散及び堆積土砂の移動機構の解明	3
	調査担当者	
II	調査結果	4
	1. サンゴ群集の現況と動態の把握	4
	A. サンゴの分布状況	4
	a) 拡張区域（宗呂川河口域）を含む調査海域全体の海底地形図作成	4
	b) 拡張区域（宗呂川河口域）を含む調査海域全体のサンゴ分布概況	6
	c) 空中写真によるサンゴ分布状況の経時的な変化の把握	10
	B. サンゴの加入状況	16
	C. 移植サンゴの成長状況	19
	2. 健全なサンゴ群集を維持するために必要な環境に関する知見の収集・整理	26
	A. 水温	26
	B. 清澄度	26
	C. 塩分濃度	28
	D. 栄養塩	28
	E. 光環境	28
	F. 流速	29
	G. 引用文献	29
	3. 竜串湾の環境に関する既存の資料の収集・整理	31
	A. 湾内の水質の長期的な変化	31
	B. 斧積地区農地造成による影響	38
	C. 足摺海底館の観測資料	42
	D. 平成 14 年度の水質測定結果	44
	E. 竜串湾内の環境悪化を示唆する既存の資料	47

F. 竜串湾内の環境の推移	まとめ	51
G. 平成13年9月高知県西南部豪雨災害		53
a) 経緯		53
b) 水害後の調査及び対策		54
4. 竜串湾の水質及び底質環境の現況		57
A. 物理的環境		57
a) 定点連続流況調査		58
b) ADCPによる補完流況調査		74
c) 測流板による補完流況調査		79
d) 波浪・濁度調査		83
e) 底質粒度組成調査		94
f) 海底堆積土及び流入河川上流の土の性状調査		99
B. 水質の現況		124
C. 生物相を指標とした環境の把握		135
a) 潮間帯坪刈り調査		135
b) 魚類相調査		145
c) 海藻相調査		161
5. 河川からの濁水の拡散及び堆積土砂の移動機構の解明		165
A. 河川からの濁水の拡散		165
a) 予測ケース及び仮定の整理		164
b) 流況予測		166
c) SS拡散予測		177
d) 河川からの濁水拡散のまとめ		185
B. 堆積泥の移動		187
a) 底泥の巻き上がりに関する解析		188
b) 波浪予測		191
c) 堆積泥の移動に関する検討		200
d) 堆積泥の移動のまとめ		207
III  まとめ		210
卷末資料		
資料1. 足摺海中公園海域測定結果		
	(高知県公共用水域及び地下水の水質測定結果より)	資料 1
資料2. 足摺海底館の観測データ		資料 17
資料3. 高知新聞1972年11月16日  国立公園あしずり総点検(11)		資料 20

資料4. 国土交通省四国地方整備局 防災情報ホームページ	資料 21
資料5. 高知県河川整備課治水班のホームページ	資料 28
資料6. 竜串海域水害対策緊急調査報告書	資料 39
資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中 (8月30日～9月30日)の気象観測結果及び天気図	資料 42
資料8. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中 (8月30日～9月30日)の推算潮位	資料 48
資料9. 流況出現頻度	資料 51
資料10. 潮流30日間調和分解結果	資料 56
資料11. 流況水平分布(上げ潮時)	資料 65
資料12. 流況水平分布(下げ潮時)	資料 75
資料13. 波高別頻度分布	資料 85
資料14. 波高・周期出現頻度分布	資料 87
資料15. 波向別波高出現頻度分布表	資料 89
資料16. 波高・周期出現頻度表(有義波)	資料 93
資料17. 波浪経時変化図	資料 95
資料18. 堆積土の粒度組成	資料 99
資料19. 蛍光X線分析について	資料 104
資料20. 竜串周辺の陸上地質図	資料 110
資料21. 潮間帯坪刈り調査結果	資料 111
資料22. 魚類相調査結果	資料 117
資料23. 波浪の方向・周波数スペクトル	資料 127

## I 調査概要

### はじめに

高知県土佐清水市の竜串海中公園地区は、昭和 45 年の足摺国立公園時代に我が国最初の海中公園地区のひとつとして指定されたもので、1～4 号地の 4 地区、21.9 ha からなり、イシサンゴ類をはじめ多くの海中生物が生息し、特に 4 号地のシコロサンゴ群集は見事な海中景観であり学術的にも評価が高く、グラスボート、スキューバダイビング、スノーケル等海洋レジャーの拠点として多くの利用者が訪れている。

近年になりサンゴ群集の衰退傾向が見られる様になった。特に 2・3 号地ではサンゴを食害するヒメシロレイシガイダマシ等の大発生により壊滅的な被害を受けたが、数年を経た今日に至っても自然状態における再生の兆しは見られていない。

また、平成 13 年 9 月には高知県西南地域で局部的な集中豪雨が発生し、上流域から大量の泥土等が竜串湾内に流れ込み、残されていたサンゴ群集の多くが死滅するなど、更に大きな打撃を与えている。しかし、その一方では、1 号地の西海域においてサンゴ群集の分布域が広がりつつあることが分かっている。

この様な中、環境省では、サンゴ生息分布域及びサンゴ群集の衰退原因等を明確にするために、平成 13・14 年度の 2 ヶ年を掛けて竜串海中公園地区において管理方針検討調査を実施した。この調査において、サンゴ群集の分布域が整理され、新たなサンゴ群集の生息範囲は明らかになってきたものの、サンゴ群集の衰退原因を究明するに至っていない。

これらから、これまでに損なわれたり劣化した生態系を回復させるための有効な方策を検討することは、当該地域の自然が健全な状態で次の世代に継承され、自然と共生する社会を実現するために非常に重要である。

このような状況を踏まえ、本調査では竜串地区におけるサンゴ群集を主体とした海域の自然再生を展開するうえで必要な基礎的情報の収集、整理、分析及び調査することを目的として竜串湾内の調査業務を実施した。

### 調査期間

調査は平成 15 年 5 月～平成 16 年 3 月にかけて行った。

### 調査対象区域

次ページ、調査対象区域位置図に示した足摺宇和海国立公園海中公園地区（1～4 号地）とその周辺海域を調査対象区域とした。

### 調査項目

#### 1. サンゴ群集の現況と動態の把握

調査海域全体における現在のサンゴ分布状況を調査し、図化（縮尺 1/15,000 図）

すると共に、過去の資料が得られる地域では、サンゴ分布の変化の把握を行う。

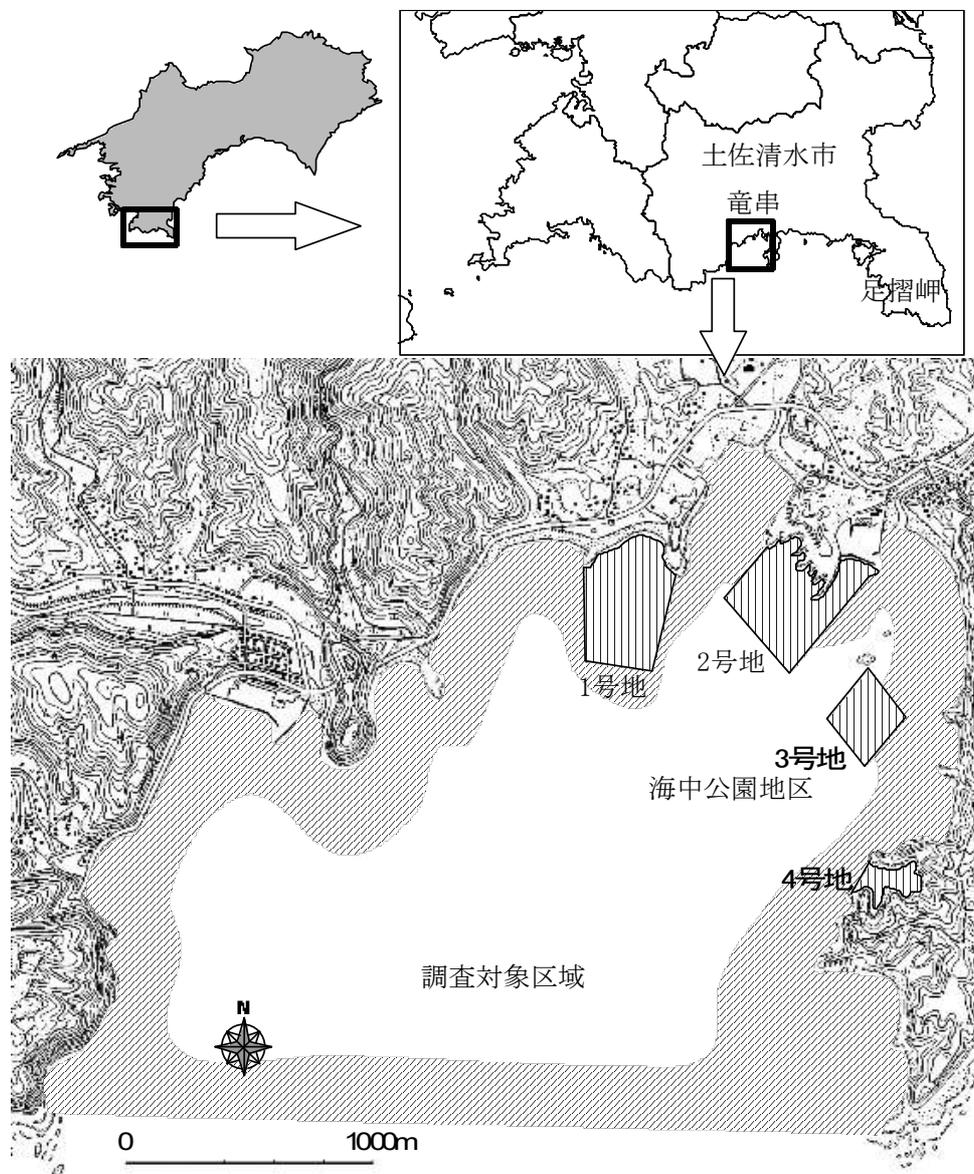
また、移植されたサンゴの成長状況や幼生の着生状況などを調査し、調査海域内の場所によるサンゴ生息環境の良・不良を把握する。

## 2. 健全なサンゴ群集を維持するために必要な環境に関する知見の収集・整理

水質悪化、濁度の増加に対するサンゴの生理的反応、土砂被覆に対するサンゴの耐性に関する既存の調査・研究等、健全なサンゴ群集を維持するために必要な環境に関する情報を既存事例及び文献等により収集・整理する。

## 3. 竜串湾の環境に関する既存の資料の収集・整理

竜串湾内の水質をはじめとする自然環境に関する既存の資料を収集・整理し、過去の環境の推移に関する資料を得る。



調査対象区域位置図

#### 4. 竜串湾の水質及び底質環境の現況

水質及び底質、堆積土砂の現況について調査を行い、図化（縮尺 1/15,000 図）して調査海域の環境の現況を把握する。堆積土砂の性状や土砂堆積地点周辺の水質を調査し、堆積土砂が水質環境に与える影響等について検討する。潮間帯底生生物相、魚類相、海藻相の現況を調査し、生物相から調査海域の環境の動態を推察するための資料を得る。

#### 5. 河川からの濁水の拡散及び堆積土砂の移動機構の解明

流況、波浪、濁度等について調査を行い、シミュレーションの手法を用いることによって、平成 13 年 9 月の高知県西南部豪雨時に河川から流入した濁水がどのように拡散し、時間の経過と共に堆積物がどのように移動したのかについて、そのメカニズムを明らかにすると共に、既に堆積している土砂および引き続き河川から流入する土砂の拡散、堆積、移動の状況を予測する。

#### 調査担当者

岩瀬文人（黒潮生物研究所 所長）

総括・調査計画・資料収集・資料解析・潮間帯坪刈り調査・空中写真解析・サンゴの加入状況調査・移植サンゴの生育状況調査

林 徹（黒潮生物研究所 研究員）

現地調査準備・現地調査・潮間帯坪刈り調査

中地シュウ（黒潮生物研究所 研究員）

資料収集・資料解析・水質調査・潮間帯坪刈り調査・海底地形図作成・サンゴ分布図作成・サンゴの加入状況調査・移植サンゴの生育状況調査

田中幸記（黒潮生物研究所 研究員）

現地調査補助・潮間帯坪刈り調査

株式会社東京久栄

河川からの濁水の拡散調査・堆積泥の移動メカニズム調査・シミュレーション

小野正順（高知工業高等専門学校建設システム工学科 助教授）

河川からの濁水の拡散調査・堆積泥の移動メカニズム調査・シミュレーション

多賀谷宏三（高知工業高等専門学校建設システム工学科 教授）

竜串湾海底堆積土及び流入河川上流の土の性状調査

神田 優（NPO 法人黒潮実感センター センター長理事）

魚類相調査

大野正夫（高知大学海洋生物教育研究センター 教授）

海藻相調査

## II 調査結果

### 1. サンゴ群集の現況と動態の把握

#### 1-A. サンゴの分布状況

##### a) 拡張区域（宗呂川河口域）を含む調査海域全体の海底地形図作成

竜串湾のサンゴ分布状況を調べるにあたり、その基礎資料とするため、平成14年度管理方針検討調査で得られた海底地形図に加え、新たに宗呂川河口域（大礮－砥崎－城ノ崎結んだ内側の範囲）の調査を行い、調査海域全体の海底地形図を作成した。

#### 方 法

ディファレンシャルGPS魚群探知機を搭載した船舶で調査範囲を3～5ノットの微速で航行し、GPS魚群探知機に接続したコンピュータで船の位置と水深を連続的に記録した。水深の値は潮汐の影響を除くため、(財)日本水路協会発行・日本沿岸潮汐調和定数表に記載されている土佐清水の定数から算出した潮位により補正した。調査日程は以下の通りである。

平成15年8月31日 宗呂川河口付近水深計測（1日目）

平成15年9月1日 宗呂川河口付近水深計測（2日目）

#### 結 果

得られた位置情報と水深を地図上にプロットし、図1-1に示す海底地形図を作成した。

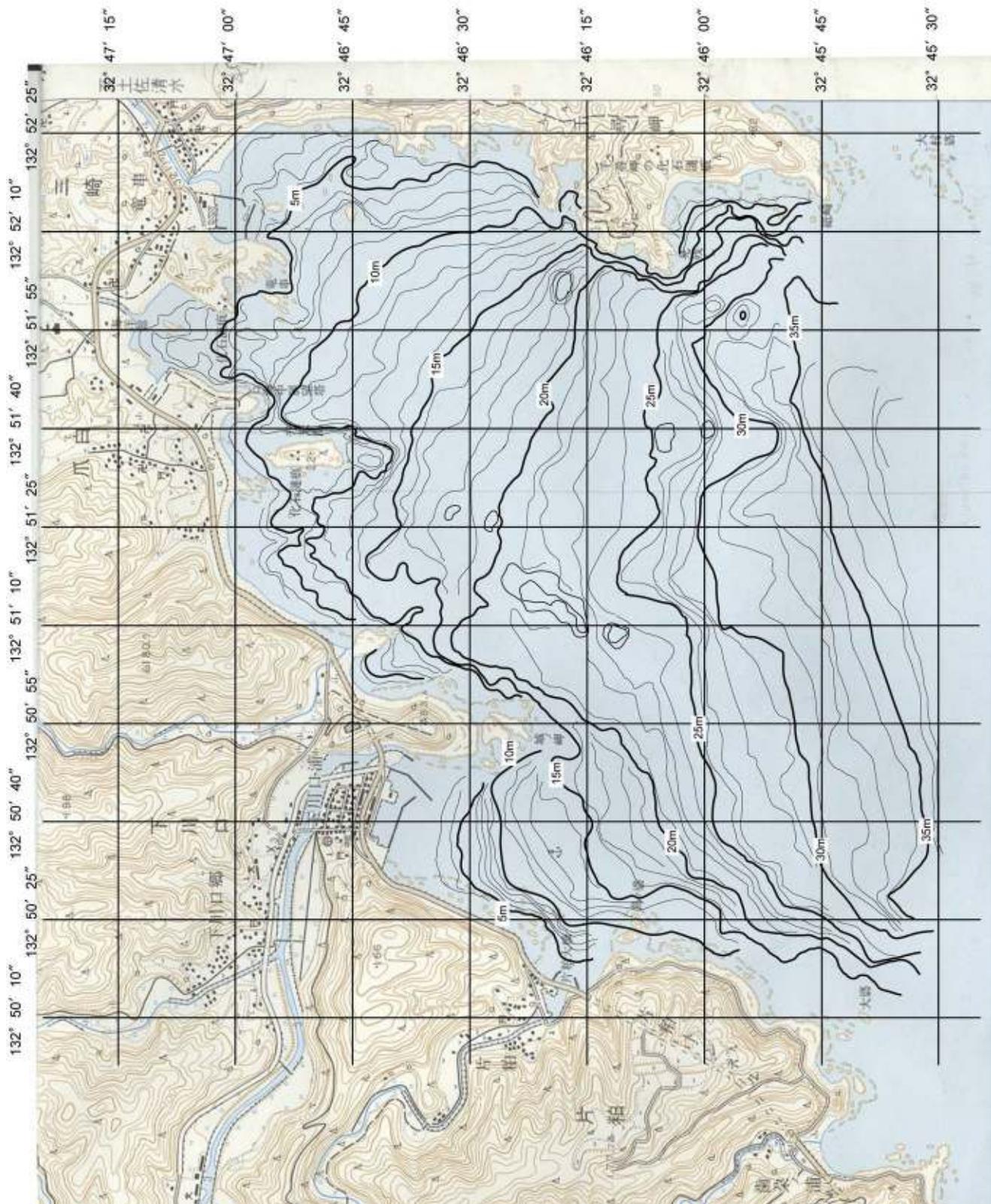


図 1 - 1. 作成した竜串湾の海底地形図 (1/15000)

## b) 拡張区域（宗呂川河口域）を含む調査海域全体のサンゴ分布概況

平成 14 年度管理方針検討調査で得られたサンゴ分布図に加え、新たに城ノ岬から宗呂川河口を経て大濬に至る区域についてマンタ法によりサンゴ類分布状況を調べて分布図の範囲を拡張し、調査海域全体のサンゴ分布図を作成した。

### 方 法

「マンタ法」とは、調査船の後方にマンタボードと呼ばれる板を曳航し、観察者がこの板につかまって海底を目視観察する方法で、海底を透視できる浅い海域を広く観察するのに有効な調査法である。マンタ調査の項目はサンゴ類の生育型及び被度階級で、それぞれ以下に示す 6 段階の階級に分けて記録した。

#### サンゴ類生育型

- I 枝状ミドリイシ型（枝状ミドリイシ類の割合が 60%以上）
- II 枝状・卓状ミドリイシ混成型
- III 卓状ミドリイシ型（卓状ミドリイシ類の割合が 60%以上）
- IV 特定種優占型（ミドリイシ類以外の特定のサンゴ類が優占する）
- V 多種混成型（多種のサンゴ類が混在し、特定の種が優占しない）
- VI ソフトコーラル型（ソフトコーラル類が最も優占する）

#### 被度階級（サンゴ類が生育可能な底質に対してサンゴ類が占める投影面積の割合）

- 0 5%未満
- 1 5～9%
- 2 10～29%
- 3 30～49%
- 4 50～69%
- 5 70%以上

マンタ法による調査の航跡及び調査結果を図 1-2 に示す。

得られた観察結果とコンピューターで連続的に記録した調査船の GPS データをあわせ、調査範囲のサンゴ類の分布図を作成した。なお、マンタ法による調査は 2003 年 9 月 4 日に行った。



図1-2. マンタ法による調査の航跡及び調査結果

結果

今回行った調査範囲では全般的にサンゴ類の被度が低く、30%を超えるところはなかった。城ノ岬から片粕大橋周辺にかけてはサンゴ類の被度は特に低く、宗呂川河口周辺には

泥や砂の堆積が目立ち、河口部の西側にある岩礁周辺では死亡したサンゴが目立った。鳥簗周辺から大簗にかけては比較的被度が高く卓状ミドリイシを主体としたサンゴ類が散在していた。

平成14年度管理方針検討調査で行われたマンタ法による調査、目視遊泳調査、コドラート法による調査、今回のマンタ法による調査の結果などによって得られた全てのサンゴ生育状況に関する情報を地図上に書き込むと図1-3になる。

これらの情報を元に1/15000地形図上に竜串湾のサンゴの分布状況をまとめたものが、図1-4である。

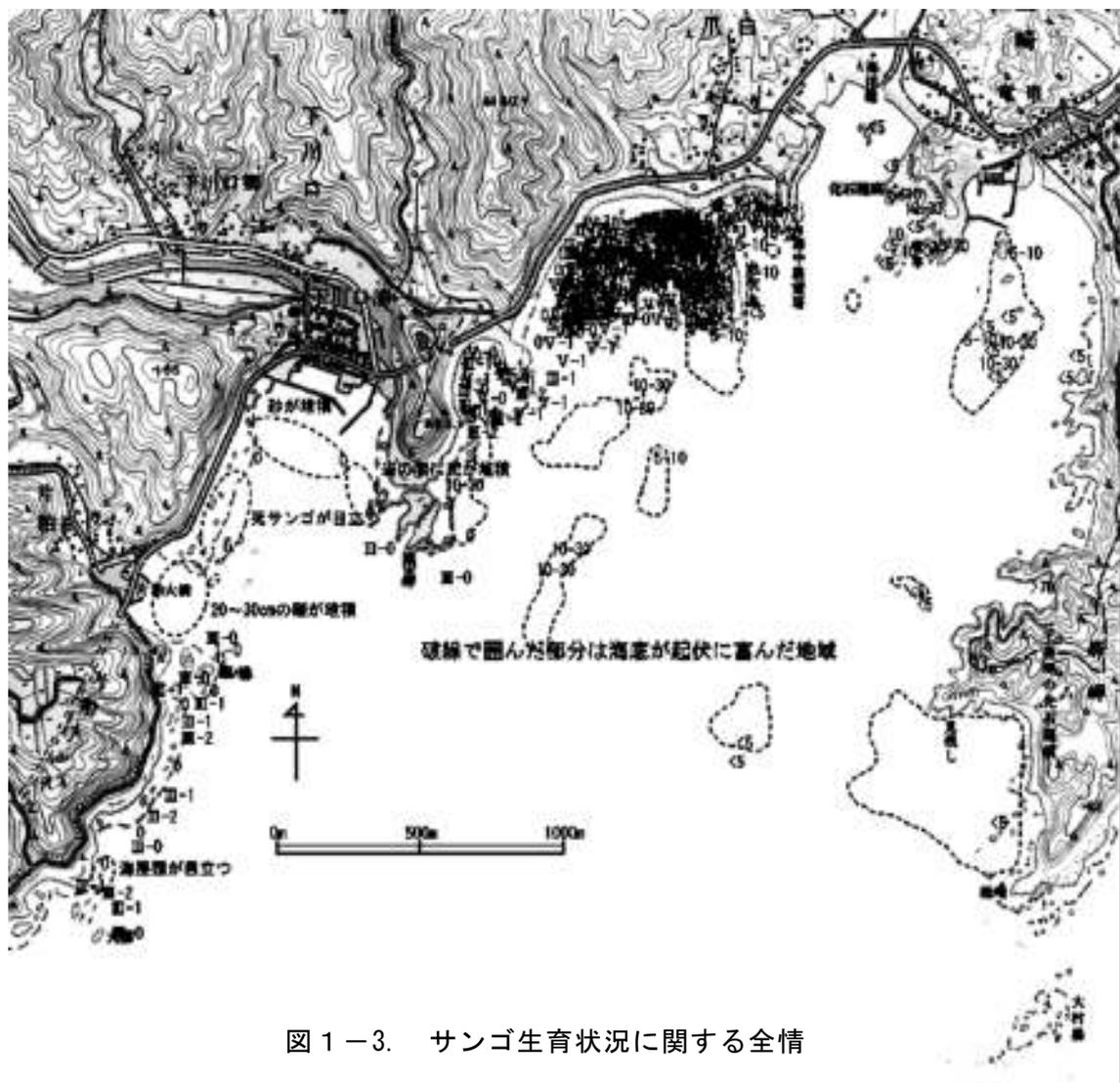


図1-3. サンゴ生育状況に関する全情

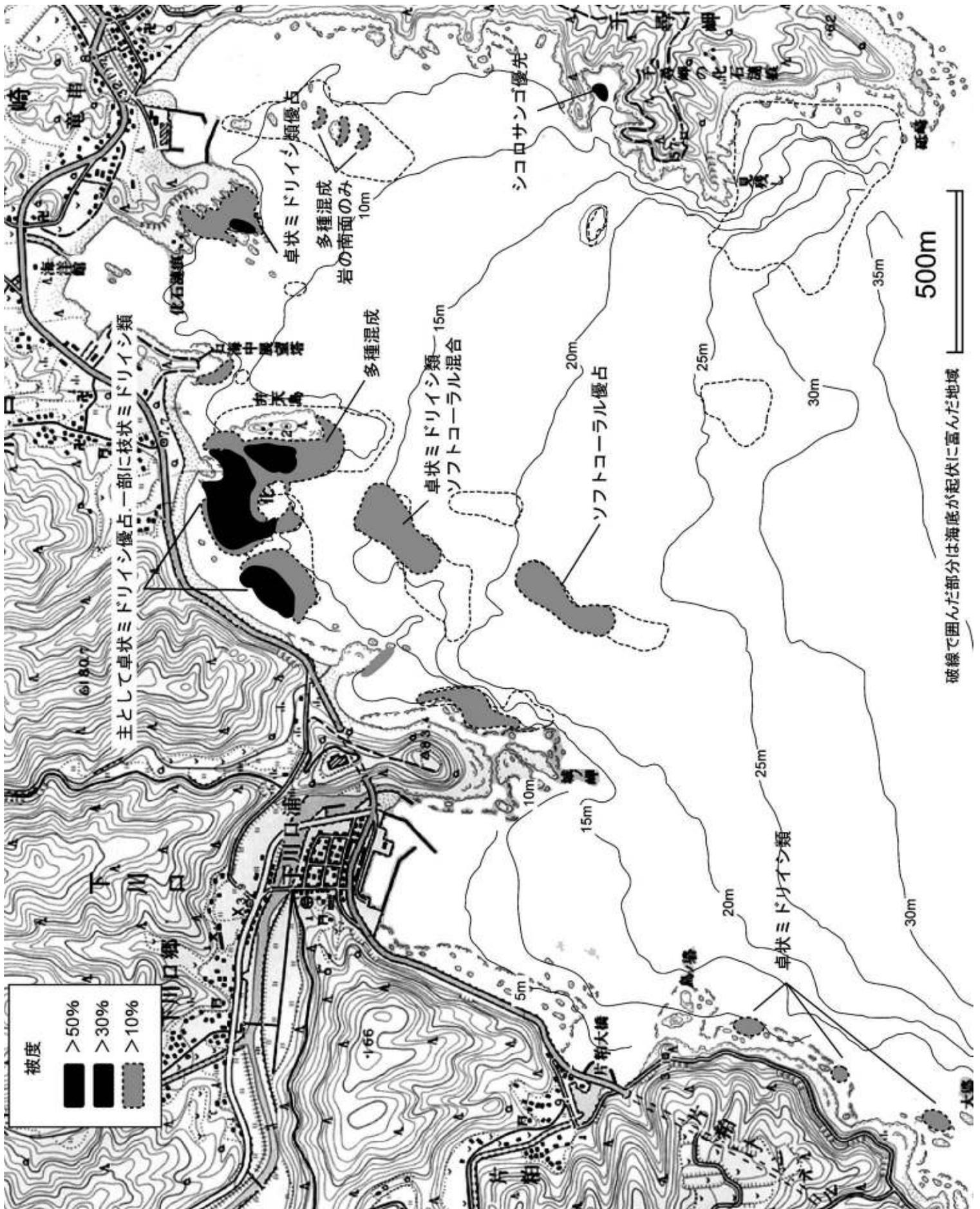


図1-4. 竜串湾のサンゴ類分布状況 (1/15000)

### c) 空中写真によるサンゴ分布状況の経時的な変化の把握

サンゴは浅海に平面的な広がりをもって成育する生物であることから、十分な解像度をもって鮮明に撮影されたカラー空中写真からサンゴ群集を識別し、図化する事が可能である。この方法は写真があれば調査に多大な労力を必要とせず、調査が行われていない地点でも過去の写真から判読が可能のため、サンゴ礁海域でサンゴの分布の経時的な変化を知る手法として近年盛んに使われている。しかし海藻草群集との判別が難しく、水深数m以浅の浅海でなければ判読できない事、写真撮影時に波浪があつたり海水が濁っていたりすると判読できない等の欠点もある。

今回の調査地域である竜串湾については、過去にサンゴの分布の定量的な調査が行われておらず、サンゴ群集がどのような広がりをもって分布していたのか、それがどのように衰退していったのかがわかっていない。そこで国土地理院が撮影した空中写真を用いて竜串湾の過去のサンゴ分布状況を把握する事を試みた。

#### 方 法

国土地理院で撮影し、(財)日本地図センターで購入可能な空中写真の内、竜串湾が写っているものは、1964, 1966, 1969, 1974, 1975, 1977, 1980, 1985, 1990, 1995, 1999, 2002年のものがあるが、このうちカラー写真は1975年に1度撮影されているのみであった。空中写真からサンゴの分布域を読み取ることはカラー写真でないと極めて困難なので、モノクロ写真からはカラー写真で判別したサンゴ分布域の変化を読み取る事を目的として、以下の写真を使って解析を試みた。

写真番号	撮影年月日	カラー／モノクロ
MSI-64-6Y-647	S39(1964).09.26	モノクロ
MSI-66-4X-C3B-14	S41(1966).04	モノクロ
MSI-66-4X-C3B-15	S41(1966).04	モノクロ
MSI-69-4-C3-7	S44(1969).04	モノクロ
MSI-69-4-C3-8	S44(1969).04	モノクロ
MSI-69-4-C4-5	S44(1969).04	モノクロ
MSI-69-4-C4-7	S44(1969).04	モノクロ
MSI-74-5X-C12-14	S49(1974).05	モノクロ
CSI-75-11-C18A-22	S50(1975).11.07	カラー
CSI-75-11-C18B-1	S50(1975).11.07	カラー
MSI-77-1Y-C6-10	S52(1977).12.06	モノクロ
MSI-80-1X-C3-7	S55(1980).07.21	モノクロ
MSI-80-1X-C3-8	S55(1980).07.21	モノクロ
MSI-85-2X-C22B-14	S60(1985).04.25	モノクロ

MSI-90-1X-C25-10	H02(1990).05.09	モノクロ
MSI-90-1X-C25-11	H02(1990).05.09	モノクロ
MSI-95-1X-C34B-7	H08(1995).04.09	モノクロ
MSI-95-1X-C34B-8	H08(1995).04.09	モノクロ
MSI-95-1X-C36-13	H08(1995).03.16	モノクロ
MSI-99-2Y-C14-13	H12(1999).01.01	モノクロ
MSI-2002-1X-C12-15	H14(2002).05-25	モノクロ

また、自然環境研究センターより 1946 年、1966 年、1985 年、2002 年のオルソ化したモノクロ空中写真のデジタル画像の提供を受けたので、これらの画像も解析に供した。

## 結 果

国土地理院 1975 年 11 月 7 日撮影のカラー空中写真から読み取ったサンゴの高被度分布域を図 1-5 に示す。

1975 年当時には、被度 30～50%程度のサンゴ群集は、

見残し湾（海中公園 4 号地）	0.1 ha
大濠南（海中公園 3 号地）	0.4 ha
竜串（海中公園 2 号地）	0.3 ha
弁天島（海中公園 1 号地）西岸	0.9 ha
爪白地先	0.2 ha

合計 1.9 ha ほどあったものと思われる。

モノクロ写真の解析は①見残し湾、②竜串、③弁天島西岸の 3ヶ所について行った。他の地域については、水深が深い、底質が起伏の多い岩礁である等の理由により、モノクロ写真ではサンゴ群集の判別ができなかった。また、入手した空中写真の内、1969 年、1977 年、1980 年、1990 年、1995 年 1999 年のものについては、海面の波浪、海水の濁り、写真のブレ、フィルム或いは印画の不良などの理由で解析に適さなかった。



図 1 - 5. 1975 年 11 月撮影のカラー空中写真と高被度サンゴ分布域  
赤色の部分に被度 30-50%程度以上のサンゴ群集があったと思われる

(1) 見残し湾：見残し湾のシコロサンゴ群落の変遷を図 1-6 に示す。

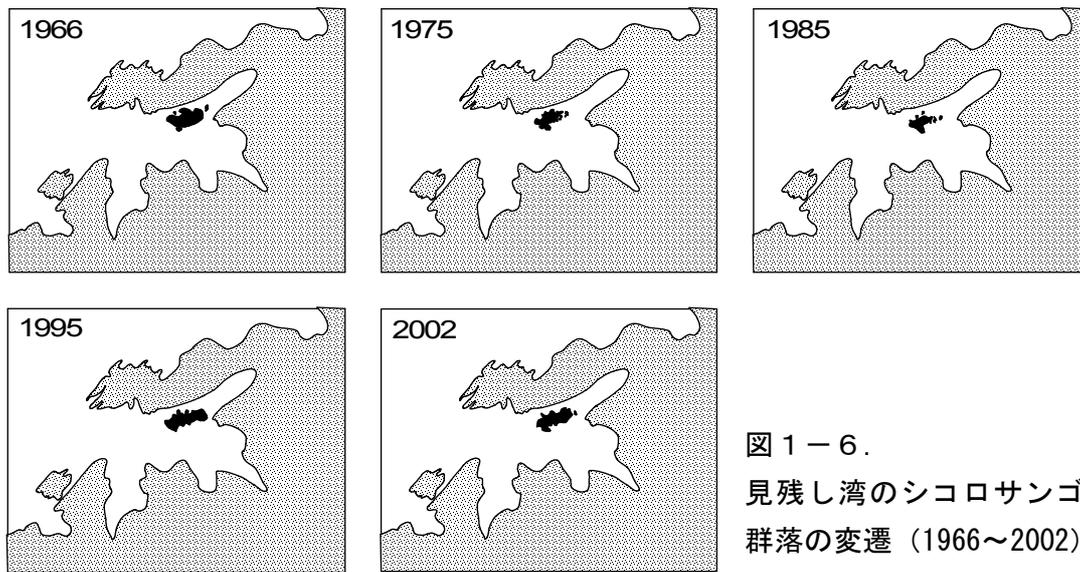


図 1-6.  
見残し湾のシコロサンゴ  
群落の変遷 (1966~2002)

図では見残し湾のシコロサンゴ群落が年により多少変形しているように見えるが、空中写真の周辺部に写っている場合には写真の画像に収差がある事が主な原因で、実際には 1966 年から 2002 年までの 36 年間に殆ど形や規模が変わっていない。

(2) 竜串：竜串付近のサンゴ群落の変遷を図 1-7 に示す。

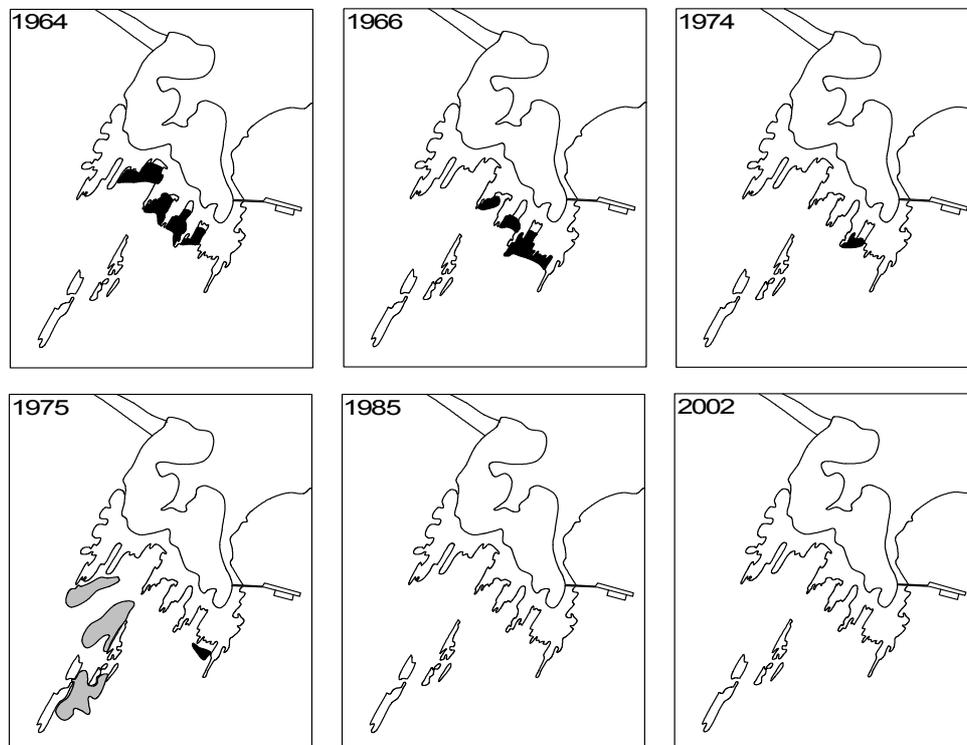


図 1-7. 竜串のサンゴ群落の変遷

1964年には竜串の櫛の歯状になった小湾内に卓状ミドリイシ群集が形成されていたが、時間の経過とともに西から減少して行き、1985年には消滅している。潜水調査では現在も東端付近には直径30cm程度の卓状ミドリイシが散見されるが、被度は5%以下である。カラー写真のある1975年の写真では、地域の南西部に図で灰色に示したサンゴ群集が認められる。平成14年度管理方針検討調査ではこの海域にはムカシサンゴ、ミドリイシ類、キクメイシ類、カメノコキクメイシ類を中心とした被度5%未満の群集が存在しているが、塊状、被覆状のサンゴが中心である上、被度が低いためモノクロ写真から判別する事はできなかった。

(3) 弁天島西岸：弁天島西岸のサンゴ群落の変遷を図1-8に示す。

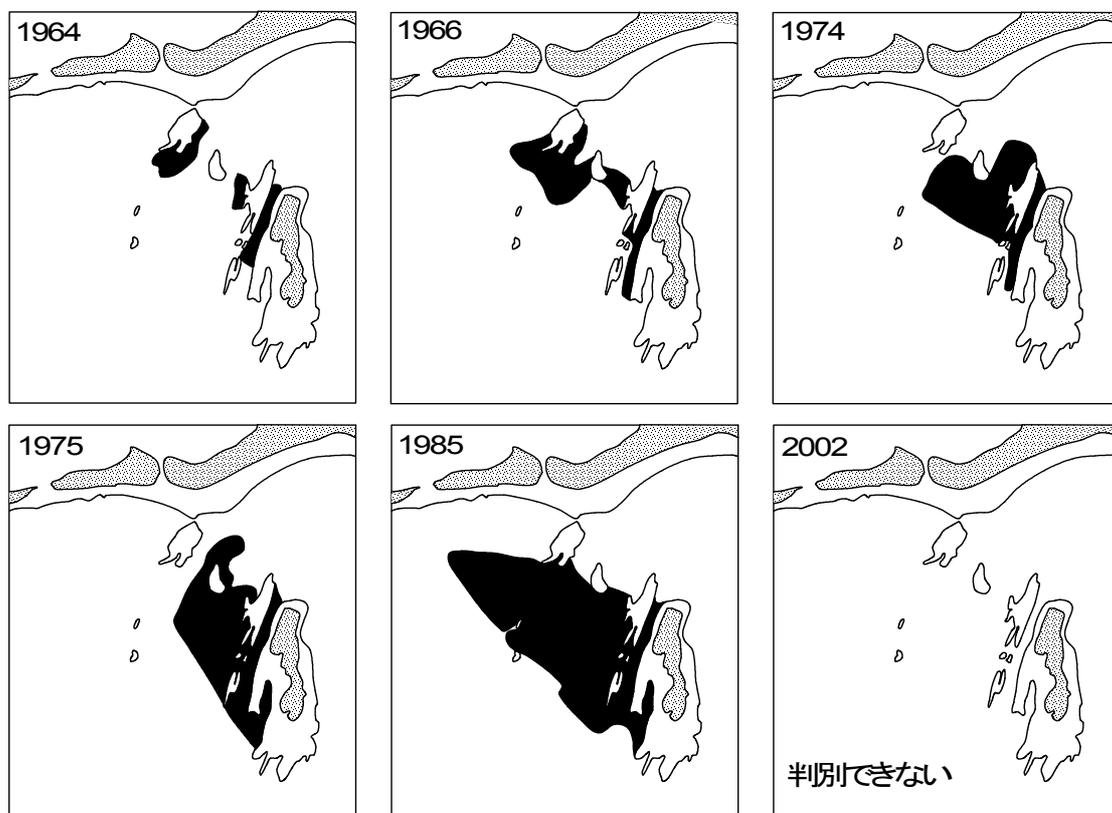


図1-8. 弁天島西岸のサンゴ群落の変遷

弁天島の西岸では、1964年にはわずかにサンゴ高被度域が認められるに過ぎないが、年を追って増加してきているが、2002年5月に撮影された写真では、2001年9月の水害の影響であると思われる濁り及び泥質が海域を覆っていてサンゴの判別ができない。

- 以上のように、空中写真から判別したサンゴの分布状況は、1964年から40年の間に、
- ・見残しのシコロサンゴの分布状況はほとんど変わらない。
  - ・竜串ではサンゴが次第に衰退してきており、近年高被度な群落は見られない。

・弁天島西岸ではサンゴの分布域が増加している。

という、これまで伝えられている地元住民の話を確認する形となった。

なお、沿岸陸域は時代とともに様々な改変をうけている様子が見られるが、竜串湾で1964年からこれまでになされた海域の改変は、竜串漁港の整備、下川口の漁港整備、足摺海底館横グラスボート棧橋建設、見残し湾船着き場改築、定置網の設置くらいのもので、海岸線は大変自然度が高いまま保全されていることがわかった。

## 1-B. サンゴの加入状況

荒廃したサンゴ群集が回復し、あるいは健全なサンゴ群集が長期間にわたって存続し続けるためには、有性生殖によるサンゴの加入が行われている必要がある。そこで、調査海域におけるサンゴの加入状況の現状を知るために、サンゴ幼生定着版を用いて加入量の調査を行った。

### 方法

図1-9に示した爪白、竜串、大濬、および桜浜（2003年11月より新設）の4カ所の海底にサンゴの幼生が定着する基盤を設置し、稚サンゴの定着量を調べた。これらの調査地点のうち、爪白は近年ミドリイシ類を中心とするサンゴの増殖が著しい地点、桜浜は調査海域中で最も内湾性が強く、富栄養化が懸念される地点、竜串は水害以前からサンゴの衰退が懸念されていた海中公園2号地、大濬は水害以前からサンゴの衰退が懸念されており、水害時には三崎川からの多量の土砂の流入により、サンゴが大きな被害を受けた海中公園3号地である。

定着板には厚さ5mmの石綿セメント板（フレキシブルボード）を100×100mmにカットしたものを、あらかじめ岩盤に取り付けておいたステンレスボルトにナットで2枚ずつ固定した。その際、上下2枚の定着板の間隔が約15mmになるように設置した（図1-10）。これを各地点に5組ずつ設置し、原則として1ヶ月間ごとに回収と交換を行った。回収した定着板は付着生物やサンゴの軟体部を除去するため淡水に24時間程度浸漬し、乾燥させたのち、双眼実体顕微鏡下で観察し、稚サンゴの定着数を計数した。調査実施期日は以下の通り。

- 2003/ 7/ 9 第1回分設置（爪白・竜串・大濬）
- 2003/ 9/17 第1回分回収・第2回分設置  
（爪白・竜串・大濬）
- 2003/11/ 8 第2回分回収・第3回分設置  
（爪白・竜串・大濬・桜浜新設）
- 2003/12/ 8 第3回分回収・第4回分設置  
（爪白・竜串・大濬・桜浜）



①爪白 ②桜浜  
③竜串 ④大濬

図1-9. サンゴ加入量調査地点

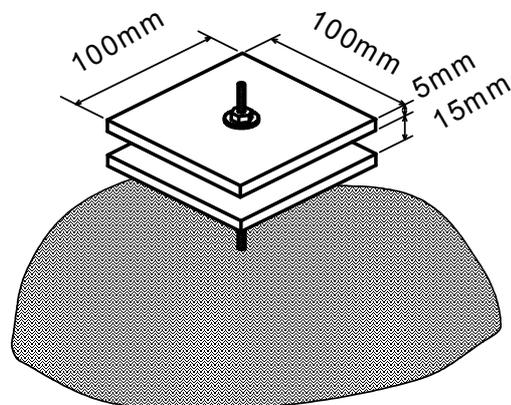


図1-10. サンゴ幼生定着板

このセットを1地点に5個設置する

2004/ 1/16 第4回分回収・第5回分設置（爪白・竜串・大濬・桜浜）  
 2004/ 2/18 第5回分回収・第6回分設置（爪白・竜串・大濬・桜浜）  
 2004/ 3/20 第6回分回収・第7回分設置（爪白・竜串・大濬・桜浜）

結 果

サンゴ幼生加入状況調査の結果を表1-1に示す。2003年7月設置分は襲来した台風の影響と、定着板の材質不良のため、回収できなかった。2004年3月までの調査では、いずれの地点でも稚サンゴの定着は認められなかった。

表1-1. サンゴ幼生の定着量

地点名	板番号	定着数					
		2003/9/17	2003/11/8	2003/12/8	2004/1/16	2004/2/18	2004/3/20
爪白	1	回収不能	0	0	0	0	0
	2	回収不能	0	0	0	0	0
	3	回収不能	0	0	0	0	0
	4	回収不能	0	0	0	0	0
	5	回収不能	0	0	0	0	0
桜浜	1	-	-	0	0	0	0
	2	-	-	0	0	0	0
	3	-	-	0	0	0	0
	4	-	-	0	0	0	0
	5	-	-	0	0	0	0
竜串	1	回収不能	0	0	0	0	0
	2	回収不能	0	0	0	0	0
	3	回収不能	0	0	0	0	0
	4	回収不能	0	0	0	0	0
	5	回収不能	0	0	0	0	0
大濬	1	回収不能	0	0	0	0	0
	2	回収不能	0	0	0	0	0
	3	回収不能	0	0	0	0	0
	4	回収不能	0	0	0	0	0
	5	回収不能	0	0	0	0	0

7～8月は竜串湾でもっとも現存量の多いミドリイシ類の産卵期にあたり、この時期の定着板が台風等の影響によって回収できなかったためにミドリイシ類の加入量を知る事ができなかった。また、竜串湾には秋季に産卵する種や保育型で周年幼生を放出する種も分布しており、これらの種の加入がまったく認められなかった理由は不明である。近隣の大

月町海域では6月から8月にかけてミドリイシ類を主体とする数種のサンゴの産卵を確認しているが、産卵が行われれば必ず加入があるとは限らず、調査を行った4地点にはサンゴの加入がほとんどない可能性もある。

四国沿岸でこれまでにサンゴの加入量に関する調査が行われた事はなく、サンゴの主要な産卵期に調査が行われなかった今回の調査結果から竜串湾のサンゴの加入状況について論じる事はできない。平成16年度も調査を継続してサンゴの加入量に関する資料の収集を行い、近隣の海域と比較を行う事が望まれる。

### 1-C. 移植サンゴの成長状況

荒廃したサンゴ群集の回復を図るためには、自然の加入による回復を待つだけでなく、移植や種苗放流など人為的に回復の促進を図る事が考えられる。その場合、移植/放流されたサンゴが順調に生育することができなければ回復の促進に結びつかない。そこで、竜串湾がサンゴにとってどの程度の生息環境を有しているか、また、湾内の海域による生息環境の違いを知るため、移植サンゴの成長状況調査を行った。

#### 方 法

移植は竜串観光振興協議会の事業として行われたもので、2003年7月2日に大濬で、2003年10月31日に竜串で実施された。図1-11に移植地点を示す。

大濬では水深約7mに移植された卓状ミドリイシ55群体について、竜串では水深約5mに移植された卓状ミドリイシ54群体について黒潮生物研究財団が追跡調査を行い、成長状況を調べた。

調査は移植1週間後から原則として毎月1回行った。調査員は移植群体を個別に識別し、10×10cmの方形枠と共にデジタルカメラで撮影した。撮影した移植群体の画像はコンピュータに取り込んで方形枠を目安に縮尺とゆがみを修正し、各群体の輪郭をトレースし、画像処理ソフトを用いて面積を算出し、各回の調査時の間の移植片の投影面積の比較を行った。

調査日程は以下の通りである。

大濬：移植日	2003/ 7/ 2
調査日	2004/ 2/18、3/20
竜串：移植日	2003/10/31
調査日	2003/11/ 8、12/ 8 2004/1/16、2/18、3/20

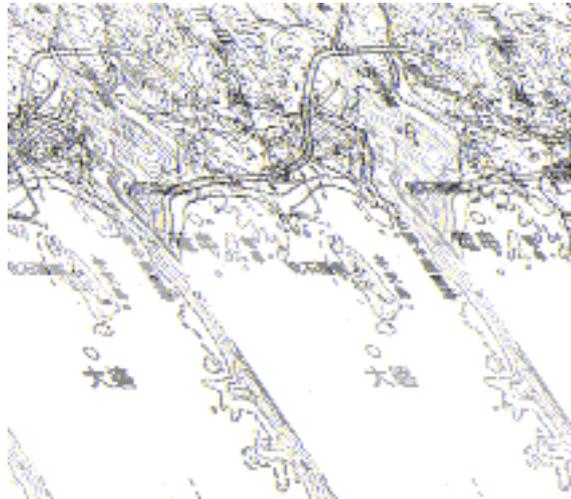


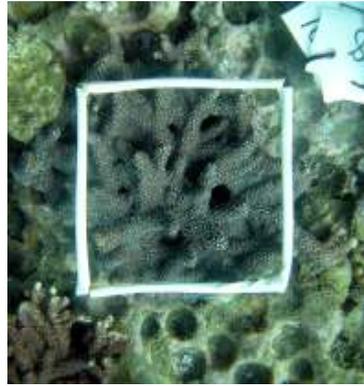
図1-11. 移植調査地点

#### 結 果

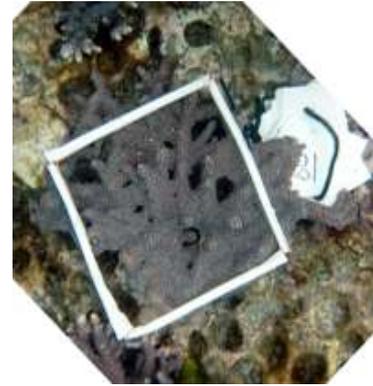
移植したサンゴ片の状況の例を図1-12に、調査した全てのサンゴ片の生残と成長状況を表1-2及び表1-3に示す



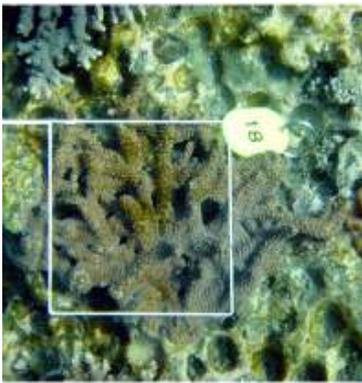
2003. 11. 08  
移植 8 日後



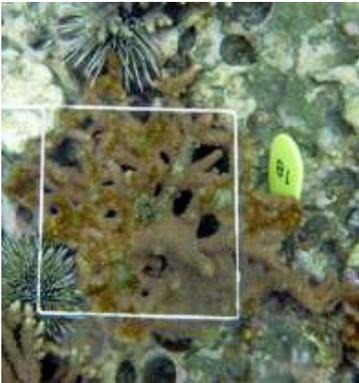
2003. 12. 08  
移植 30 日後



2004. 01. 16  
移植 69 日後



2004. 02. 18  
移植 102 日後



2004. 03. 10  
移植 133 日後

竜串 No. 18 移植片  
順調に生育しているもの



2003. 07. 02  
移植直後



2004. 02. 18  
移植 231 日後



2004. 03. 20  
移植 262 日後

大瀬 No. 42 移植片 泥をかぶって部分的に死んでいる

図 1-12. 移植サンゴの推移

表1-2. 移植したサンゴ片の生残と成長状況 大藪

群体番号	2003/7/2				2003/2/18				2003/3/20			
	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	備考	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	備考	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	備考
1	119.7				-	-	-	剥離	-	-	-	-
2	84.6				-	-	-	剥離	-	-	-	-
3	84.4				-	-	-	剥離	-	-	-	-
4	78.4				128.4	50.0	163.8		130.5	2.1	166.5	
5	102.6				-	-	-	剥離	-	-	-	-
6	139.7				104.2	-35.6	74.5		-	-	-	死亡
7	71.1				-	-	-	死亡	-	-	-	-
8	57.6				-	-	-	死亡	-	-	-	-
9	55.7				-	-	-	死亡	-	-	-	-
10	48.0				-	-	-	死亡	-	-	-	-
11	61.9				-	-	-	剥離	-	-	-	-
12	96.3				-	-	-	剥離	-	-	-	-
13	81.5				-	-	-	剥離	-	-	-	-
14	69.5				-	-	-	剥離	-	-	-	-
15	99.1				-	-	-	剥離	-	-	-	-
16	78.2				138.4	60.1	176.9		145.7	7.3	186.2	
17	88.0				-	-	-	死亡	-	-	-	-
18	121.4				-	-	-	剥離	-	-	-	-
19	278.7				-	-	-	剥離	-	-	-	-
20	75.5				-	-	-	剥離	-	-	-	-
21	106.1				-	-	-	死亡	-	-	-	-
22	150.9				-	-	-	死亡	-	-	-	-
23	96.1				-	-	-	死亡	-	-	-	-
24	94.9				-	-	-	剥離	-	-	-	-
25	83.5				164.8	81.4	197.4		156.3	-8.5	187.2	
26	134.4				-	-	-	剥離	-	-	-	-
27	52.3				-	-	-	死亡	-	-	-	-
28	115.3				-	-	-	剥離	-	-	-	-
29	80.8				-	-	-	剥離	-	-	-	-
30	157.0				-	-	-	死亡	-	-	-	-
31	146.6				202.0	55.4	137.8	部分死	188.0	-14.0	128.2	部分死
32	38.1				-	-	-	剥離	-	-	-	-
33	158.2				95.5	-62.7	60.4	部分死	30.8	-64.7	19.5	部分死
34	82.4				-	-	-	剥離	-	-	-	-
35	136.1				-	-	-	死亡	-	-	-	-
36	125.6				-	-	-	剥離	-	-	-	-
37	53.1				-	-	-	剥離	-	-	-	-
38	90.0				183.9	94.0	204.5		154.6	-29.4	171.8	
39	91.4				-	-	-	剥離	-	-	-	-
40	161.7				-	-	-	剥離	-	-	-	-
41	104.6				-	-	-	死亡	-	-	-	-
42	282.4				325.1	42.7	115.1		305.0	-20.1	108.0	部分死
43	34.4				57.8	23.4	195.2		53.8	-4.0	156.3	
44	29.6				52.9	23.3	153.7		46.9	-6.1	158.3	
45	108.4				-	-	-	剥離	-	-	-	-
46	114.9				128.6	13.8	112.0		124.4	-4.3	108.3	食痕あり
47	17.9				-	-	-	剥離	-	-	-	-
48	268.9				-	-	-	死亡	-	-	-	-
49	48.6				69.8	21.2	143.7		64.3	-5.6	132.2	
50	83.9				105.3	21.4	125.4		111.4	6.1	132.7	
51	49.3				-	-	-	死亡	-	-	-	-
52	95.2				-	-	-	死亡	-	-	-	-
53	113.6				-	-	-	剥離	-	-	-	-
54	92.3				-	-	-	剥離	-	-	-	-
55	54.0				-	-	-	剥離	-	-	-	-

日数	0	
生残率(%)	100.0	
死亡数合計	0	
剥離	0	
死亡	0	
生残数	55	
面積	最大	-
増加率	最小	-
	平均	-
	標準偏差	-

日数	231	
生残率(%)	23.6	
死亡数合計	42	
剥離	27	
死亡	15	
生残数	13	
面積	最大	204.5
増加率	最小	60.4
	平均	143.1
	標準偏差	43.6

日数	262	
生残率(%)	21.8	
死亡数合計	1	
剥離	0	
死亡	1	
生残数	12	
面積	最大	187.2
増加率	最小	19.5
	平均	137.9
	標準偏差	44.2

表1-3(1). 移植したサンゴ片の生残と成長状況 竜串

群体番号	2003/11/8			2003/12/8			備考	2004/1/16			備考
	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)		面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	
1	33.3						剥離	-	-	-	-
2	37.8			40.8	2.9	107.8		45.9	5.2	121.5	
3	56.7			67.6	10.9	119.3		67.2	-0.4	118.6	
4	98.7			108.3	9.7	109.8		110.7	2.4	112.2	
5	149.1			151.8	2.7	101.8		151.7	-0.2	101.7	
6	101.9			102.8	0.9	100.9		107.8	5.1	105.9	
7	92.5			99.2	6.7	107.2		101.7	2.5	110.0	
8	95.7			80.5	-15.2	84.2	一部欠落	83.2	2.6	86.9	
9	119.5			144.3	24.8	120.7		153.1	8.8	128.1	
10	84.1			89.8	5.7	106.8		102.8	13.0	122.3	
11	169.5						剥離	-	-	-	-
13	121.0			139.0	18.0	114.9		152.3	13.3	125.9	
14	54.5			57.2	2.8	105.1		67.4	10.2	123.8	
15	88.7			89.3	0.6	100.7					斃死
16	232.2			239.0	6.8	102.9		241.2	2.2	103.9	
17	92.9			122.6	29.7	131.9		129.0	6.5	138.9	
18	119.9			124.9	5.0	104.2		135.0	10.2	112.6	
19	131.4			155.1	23.7	118.0		157.4	2.3	119.8	
20	118.1			130.2	12.1	110.3		144.5	14.2	122.3	
21	45.4			51.3	5.9	113.0		50.5	-0.8	111.2	
22	112.9			126.4	13.5	112.0		127.5	1.1	112.9	
23	47.4			53.3	5.9	112.5		49.9	-3.4	105.4	
24	62.4			64.8	2.4	103.8		69.8	5.0	111.8	
25	34.1			38.3	4.2	112.3		40.6	2.3	119.0	
26	85.2			80.3	-4.8	94.3	部分死	91.8	11.5	107.8	
27	79.5			77.3	-2.2	97.2		88.9	11.6	111.9	
28	224.7			248.2	23.5	110.4		255.6	7.4	113.7	
29	79.7			89.1	9.4	111.8		88.5	-2.6	108.5	
30	220.3			219.3	-1.1	99.5		218.6	-0.6	99.2	
31	194.7			193.9	-0.8	99.6		206.3	12.4	106.0	
32	88.0			95.0	7.0	107.9		102.3	7.3	116.2	
33	142.4			165.6	23.2	116.3		167.9	2.2	117.8	
34	78.1			86.9	8.7	111.2		85.0	-1.8	108.9	
35	169.3			175.5	6.1	103.6		183.2	7.8	108.2	
36	119.7			127.5	7.8	106.5		134.8	7.3	112.6	
37	154.9			157.8	2.8	101.8		176.8	19.0	114.1	
38	219.2			237.5	18.3	108.3		237.3	-0.2	108.2	
39	202.9			223.9	21.0	110.4		226.7	2.8	111.8	
40	103.9			85.1	-18.8	81.9	一部欠落	107.5	22.4	103.5	
41	296.2			291.3	-5.0	98.3		294.0	2.7	99.2	
42	77.1			87.6	10.5	113.6		92.6	5.1	120.1	
43	43.7			58.6	14.9	134.0		64.5	5.9	147.5	
44	96.5			103.7	7.2	107.5		104.3	0.5	108.0	
45	87.0			93.0	6.0	106.9		98.3	5.3	113.0	
46	40.9			48.9	8.0	119.6		45.7	-3.1	111.9	食痕あり
47	153.9			159.5	5.6	103.6		161.3	1.7	104.8	
48	101.0			110.2	9.2	109.1		119.0	8.8	117.8	
49	30.6			32.2	1.6	105.3		38.9	6.8	127.4	
50	85.3			94.3	9.0	110.6		97.7	3.5	114.6	
51	54.1			55.9	1.8	103.4		58.4	2.5	108.0	
52	39.6			55.3	15.7	139.6		60.8	5.6	153.6	
53	61.6			70.9	9.4	115.2		76.2	5.3	123.8	
54	132.6			142.7	10.2	107.7		158.0	15.3	119.2	
55	133.1			141.9	8.8	106.6		143.7	1.8	108.0	

日数	0	
生残率(%)	100.0	
死亡数合計	0	
剥離	0	
斃死	0	
生残数	54	
面積増加率	最大	-
	最小	-
	平均	-
	標準偏差	-

日数	30	
生残率(%)	96.3	
死亡数合計	2	
剥離	2	
斃死	0	
生残数	52	
面積増加率	最大	139.6
	最小	81.9
	平均	108.5
	標準偏差	10.0

日数	69	
生残率(%)	94.4	
死亡数合計	1	
剥離	0	
斃死	1	
生残数	51	
面積増加率	最大	153.6
	最小	86.9
	平均	114.5
	標準偏差	11.3

表1-3(2). 移植したサンゴ片の生残と成長状況 竜串

群体系号	2004/2/18				2004/3/20			
	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	備考	面積 (cm <sup>2</sup> )	面積増加量 前回比(cm <sup>2</sup> )	面積増加率 (%)	備考
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	44.9	-1.0	118.7	-	44.16	-0.7	116.8	-
3	67.3	0.0	118.6	-	63.26	-4.0	111.6	-
4	114.4	3.7	116.0	-	112.15	-2.3	113.7	-
5	-	-	-	斃死	-	-	-	-
6	118.2	10.3	116.0	-	118.09	-0.1	115.9	-
7	107.9	6.2	116.7	-	103.62	-4.3	112.0	-
8	69.4	-13.8	72.5	部分死・褐変部あり	51.32	-18.0	53.6	部分死・褐変部あり
9	151.8	-1.3	127.0	-	160.21	8.4	134.1	-
10	100.3	-2.6	119.3	-	103.42	3.1	123.0	-
11	-	-	-	-	-	-	-	-
13	152.7	0.4	126.2	-	153.5	0.8	126.9	-
14	72.8	5.3	133.6	-	66.61	-6.2	122.3	-
15	-	-	-	-	-	-	-	-
16	264.4	23.2	113.8	-	270.8	6.4	116.6	-
17	148.0	19.0	159.3	-	151.63	3.6	163.2	-
18	132.1	-2.9	110.2	藻類付着・褐変部あり	120.33	-11.8	100.4	部分死・褐変部あり
19	161.2	3.8	122.6	褐変部あり	163.73	2.6	124.6	褐変部あり
20	147.8	3.4	125.2	褐変部あり	142.25	-5.6	120.5	部分死・褐変部あり
21	49.2	-1.2	108.5	-	45.06	-4.2	99.3	-
22	118.1	-9.4	104.6	部分死	99.47	-18.7	88.1	部分死
23	51.5	1.6	108.7	-	52.58	1.1	111.0	-
24	71.4	1.7	114.5	-	73.76	2.3	118.2	-
25	44.6	4.0	130.6	-	41.2	-3.4	120.7	褐変部あり
26	-	-	-	斃死	-	-	-	-
27	88.0	-0.9	110.7	-	78.75	-9.3	99.1	部分死
28	277.0	21.4	123.2	-	247.1	-29.9	110.0	部分死
29	56.6	-29.9	71.0	部分死	10.49	-46.1	13.2	部分死
30	236.6	18.0	107.4	-	234.53	-2.1	106.4	-
31	224.6	18.3	115.3	-	212.83	-11.8	109.3	-
32	94.3	-8.0	107.2	褐変部あり	102.13	7.8	116.0	褐変部あり
33	172.4	4.5	121.0	-	170.42	-2.0	119.6	-
34	88.8	1.7	111.1	-	92.75	6.0	118.7	-
35	91.7	-91.5	54.2	部分死	-	-	-	斃死
36	143.7	9.0	120.1	褐変部あり	137.99	-5.7	115.3	褐変部あり
37	183.5	6.7	118.4	-	179.76	-3.7	116.0	-
38	228.7	-8.5	104.3	-	243.85	15.1	111.2	-
39	247.5	20.7	122.0	-	218.65	-28.8	107.8	-
40	105.3	-2.2	101.4	-	99.51	-5.8	95.8	-
41	-	-	-	斃死	-	-	-	-
42	92.0	-0.6	119.3	-	93.17	1.2	120.9	-
43	68.4	3.9	156.5	-	71.66	3.3	164.0	-
44	105.4	1.1	109.2	-	103.39	-2.0	107.1	褐変部あり
45	96.1	-2.2	110.4	-	95.37	-0.7	109.6	-
46	46.9	1.1	114.6	部分死・食痕(魚類?)	45.18	-1.7	110.5	部分死・食痕(魚 わずかに褐変)
47	177.9	16.6	115.6	-	169.39	-8.5	110.0	-
48	126.1	7.2	124.9	-	112.82	-13.3	111.7	-
49	41.8	2.9	136.9	-	42.9	1.1	140.4	-
50	-	-	-	斃死	-	-	-	-
51	62.9	4.5	116.4	-	11.18	-51.8	20.7	部分死
52	69.3	8.4	174.9	-	65.43	-3.8	165.2	-
53	-	-	-	斃死	-	-	-	-
54	176.6	18.6	133.2	-	164.6	-12.0	124.1	-
55	157.5	13.8	118.4	色の薄いところあり	150.77	-6.7	113.3	色の薄いところあり

日数	102	
生残率(%)	85.2	
死亡数合計	5	
剥離	0	
斃死	5	
生残数	46	
面積 増加率	最大	174.9
	最小	54.2
	平均	117.0
	標準偏差	19.5

日数	133	
生残率(%)	83.3	
死亡数合計	1	
剥離	0	
斃死	1	
生残数	38	
面積 増加率	最大	165.2
	最小	13.2
	平均	111.7
	標準偏差	27.3

移植したサンゴ片の生残及び成長状況のまとめを表 1-4 に示す。

大濬に移植したサンゴ片は、7月9日に実施したサンゴ加入状況調査の定着板設置時に目視観察したところ半数近くが剥離していた。初期的な接着不良は技術的な問題であり、生育環境とは関係ないため、後日行われる予定だった追加の移植によって調査を実施しようと考えていたが、結局大濬では追加の移植が実施されなかったため、当初の移植サンゴを用いて調査を実施した。262日後の調査までに、剥離のほか斃死した群体が16群体あり、生残率は21.8%と低い値を示した。剥離群体を除く生残率は、231日後で46.4%、262日後で42.9%だった。生残した12群体のうち10群体では移植時に比べ成長しており、最大で187.2%に面積が増加した。生残群体の面積増加率の平均は148.7%であった。

表 1-4. 移植したサンゴ片の生残及び成長状況

大濬		0日 2003/7/2	231日 2004/2/18	262日 2004/3/20
総群体数		55	13	12
死亡数		—	42 剥離 27 斃死 15	1 斃死 1
生残率 (%)		—	23.6	21.8
面積の増大が認められた群体数		—	11	10
面積増加率 (%)	最大値	—	204.5	187.2
	最小値	—	60.4	19.5
	平均値 (標準偏差)	—	143.1 (43.6)	137.9 (44.2)

竜串		0日 2003/11/8	30日 2003/12/8	69日 2004/1/16	102日 2004/2/18	133日 2004/3/20
総群体数		54	52	51	46	45
死亡数		—	2 剥離 2	1 斃死 1	5 斃死 5	1 斃死 1
生残率 (%)		—	96.3	94.4	85.2	83.3
面積の増大が認められた群体数		—	45	48	43	38
面積増加率 (%)	最大値	—	139.6	153.6	174.9	165.2
	最小値	—	81.9	86.9	54.2	13.2
	平均値 (標準偏差)	—	108.5 (10.0)	114.5 (11.3)	117.0 (19.5)	111.7 (27.3)

竜串に移植したサンゴ片は調査開始から 69 日まで 94.4%と高い生残率を示した。この間に失われたのは 54 群体中 3 群体のみで内訳は剥離 2 群体、斃死 1 群体であった。102 日後（2004/2/18）の調査では新たに 5 群体が斃死しており、133 日後の調査ではさらに 1 群体が斃死し、生存率は 83.3%となった。生き残った 45 群体のうち 38 群体で調査開始時より 100.4~165.2%の面積増大が認められ、この面積増加率の平均は 120.0%だった。

大濬では、移植から 8 ヶ月後には剥離した群体を除く 28 個の移植片の内 16 群体が斃死し、3 群体が部分死した。斃死した骨格や部分死した群体上にはシルトの堆積が見られた他、移植地の岩の表面はシルトに覆われており、この海域の SS がサンゴの生育状況を悪くしていることが疑われる。

竜串では移植から 4 ヶ月後に斃死群体数は 7 個で、全体的に良好な生育状況が見られた。岩礁上にシルトの堆積はあるものの、大濬に比べればわずかである。しかし 2 月、3 月の調査時とも群体の色彩が黄褐色に変色しているものが見られた。この変色が何を意味するのか現時点ではわからないので、さらに調査を継続して注意深く観察する必要がある。

## 2. 健全なサンゴ群集を維持するために必要な環境に関する知見の収集・整理

一般にサンゴ群集が健全に生育するためには、温暖、清澄、高塩分で、貧栄養な海水、十分な光と、適度な流速、が必要であるといわれている。これらの環境要素について、具体的にどの程度の値が要求されるのかについて、知見を収集・整理した。

### 2-A. 水温

サンゴが生育する上で最適な水温、および生育可能な最低・最高水温はサンゴの種によって異なるが、これまで個々の種について最適・最低・最高水温を調べた論文はない。フィールドにおける一般的な経験からは、サンゴ生育の「最適水温は25-29°Cで、18-36°Cの範囲でも多数のサンゴが活発に生育（茅根 1990）」し、各地の水族館や研究機関、趣味でサンゴを飼育する人達による経験的な値としては、最適水温は20-28°C、最低水温は14°C、最高水温は30°Cである。

低水温によるサンゴの斃死については1984年の和歌山県田辺の例として福田(1984)、同年和歌山県串本の例として御前(1984)、1991年の東京都八丈島の例として東京都(1991)、1999年の沖縄県八重山群島黒島の例として国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター(2000)等がある。八重山群島の例は水温の記載がないが、八丈島および串本の例では13-14°Cの水温が継続したことにより多くのサンゴが白化から斃死したことが報告されている。ただし福田(1984)によればエダミドリイシは10°Cを下回ってもほとんど斃死が起らないなど、水温耐性は種による差が大きい。

高水温によるサンゴの斃死については、1998年に西太平洋各地で起きた大規模な白化が記憶に新しいが、概ね30°Cを超えるとサンゴの白化が起り、この状態が長期間継続するとサンゴは斃死することが知られている。

### 2-B. 清澄度

内湾性の海域に棲む一部の種を除いて、多くのサンゴは濁った、すなわち懸濁粒子の多い海域では生育することができない。その理由として、「粒子の懸濁は、懸濁粒子の摩擦により組織に損傷を与えたり、光の透過を妨げて日陰効果をもたらしたりする。後者の場合、褐虫藻の光合成を妨げるので、サンゴの栄養の不足をもたらしたり、成長を阻害したりする。粒子がサンゴの上に堆積すると、その程度によってサンゴが埋まって代謝が阻害されて死亡したりすることもある。そして、除去のためにそれ相当のエネルギーを消費する(山里 1991)」と考えられている。

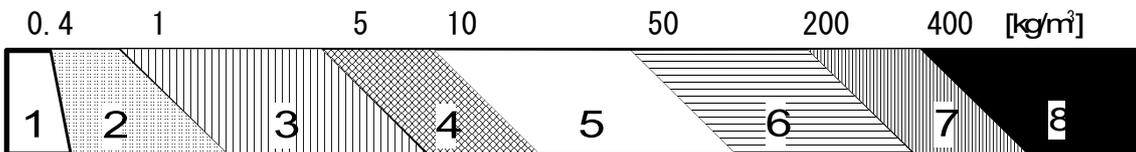
海水の濁りを計測する方法は透明度、懸濁物質量(SS)、濁度など複数の方法があるが、我が国のサンゴ礁地域では、沖縄県衛生環境研究所水質・赤土研究室の大見謝室長(当時)が考案した底質中懸濁物質含量(SPSS)を用いた調査・研究の蓄積がある。

・ SPSS 測定値とサンゴ群集の関係

沖縄県衛生環境研究所水質・赤土研究室の大見謝室長は、自ら考案した懸濁物質含量「SPSS (content of Suspended Particles in Sea Sediment)」を測定する事によって海域の濁質汚染の指標とし、SPSS 測定値をいくつかの類型に分類して類型別にどのようなサンゴ群集が成立しているかを調査している。

SPSS は海底（干出した海岸）の堆積物を採取し、その中に含まれるSS成分の量を  $\text{kg}/\text{m}^3$  で表わしたもので、高価な器具や複雑な処理を必要としない簡易な測定法である（大見謝 2003）。ホームページ <http://www.eikanken-okinawa.jp/suiaka/akatuti/akahp/Spss.htm> にも紹介されており、沖縄では海域の赤土の影響を調べる時に既に一般的に使用されている。SPSS と底質の状況、サンゴの生育状況は以下のような関係にある。

### 底質中懸濁物質含量(SPSS)



(沖縄県衛生環境研究所 水質・赤土研究室のホームページより)

表3 SPSS と底質状況、サンゴなどとの関係

SPSS $\text{kg}/\text{m}^3$		底質状況その他参考事項
下限	ランク	
	1	<0.4 水中で砂をかき混ぜてもほとんど濁らない、白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
0.4 ≤	2	<1 水中で砂をかき混ぜても懸濁物質の舞い上がりを確認しにくい、白砂がひろがり生物活動はあまり見られない。
1 ≤	3	<5 水中で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がりが確認できる、生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。
5 ≤	4	<10 見た目ではわからないが、水中で砂をかき混ぜると懸濁物質で海が濁る、生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。透明度良好。
10 ≤	5a	<30 注意して見ると底質表層に懸濁物質の存在がわかる、生き生きとしたサンゴ礁生態系のSPSS 上限ランク。
30 ≤	5b	<50 底質表層にホコリ状の懸濁物質がかぶさる、透明度が悪くなりサンゴ被度に悪影響が出始める。
50 ≤	6	<200 一見して赤土等の堆積がわかる、底質攪拌で赤土等が色濃く懸濁、ランク6 以上は、明らかに人為的な赤土等の流出による汚染があると判断。
200 ≤	7	<400 干潟では乾底の模様がくっきり、赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる、樹枝状ミドリシ類の大きな群体は見られず、塊状サンゴの出現割合増加。
400 ≤	8	<400 立つと足がめり込む、見た目は泥そのもので砂を確認できない、赤土汚染耐性のある塊状サンゴが砂漠のサボテンのように点在。

(大見謝 2003 より)

SPSS は海域の気象・海象変動によって年周期で変動するが、サンゴの生息環境の指標として意味を持つのは年平均値ではなく年最大値 (SPSSmax) である。

沖縄行われたサンゴの被度と SPSS の調査では、SPSS が  $20 \text{ kg}/\text{m}^3$  以上ある時には、SPSS

が増加するとサンゴの被度が低下することが確かめられており、「たとえば SPSS が 30 kg/m<sup>2</sup>以下だとすると、被度は 57%以上を保つ事が予測できる。しかし 400 kg/m<sup>2</sup>以上では、海底は泥で覆われ、よほど耐性の強いサンゴでない限り生息が困難と見られる(大見謝他 2000)」。

また、サンゴの種類によって SPSS 耐性は異なり、沖縄の調査では、例えば「ルリサンゴ属やキクメイシモドキが多数見られるような海域は、1年のうちで泥がかなり堆積する季節があるか、または少なくとも3年前までは泥っぽい環境が存在していたと推定される(大見謝他 2000)」。また、ミドリイシ類が過半を占める高被度のサンゴ群集が見られるのは SPSSmax が 30~50 kg/m<sup>2</sup>に達するのが数年に1回程度の地域であり、サンゴ群落を健全に保つための目安としては、SPSSmax を 30 kg/m<sup>2</sup>以下に抑える事が望ましいとしている(大見謝他 2003)。

### 2-C. 塩分濃度

サンゴ類が高被度に分布する海域は、一般に塩分濃度が高いことが知られている。黒潮流域の外洋性沿岸水の塩分濃度は 34-35‰程度であり、茅根(1990)によれば、サンゴ生育の「最適塩分濃度は 34-36‰で、多種の造礁サンゴが生育する範囲は 27-40‰である」。サンゴ礁海域では、塩分濃度が低下する河口付近ではサンゴの生育量が減少し、結果としてリーフが発達しないために河口前面でリーフが切れている事が多い。

### 2-D. 栄養塩

大見謝他(2003)では栄養塩とサンゴの生育状況の調査も行っている。沖縄では、「Total-N 平均値が 0.18mg/l 以上の7定点及び Total-P 平均値が 0.006mg/l 以上の6定点ではミドリイシ属が全く出現しないか、1群体のみ出現し、その群体が消失後はミドリイシ属の再加入が見られなかった」とある。また、松川他(1997)では「アンモニアと硝酸・亜硝酸(NH<sub>4</sub>-N + NO<sub>3</sub>-N + NO<sub>2</sub>-N)で 10<sup>0</sup> μM、リン酸(PO<sub>4</sub>-P)で 10<sup>-1</sup> μMのそれぞれ低い値と推察された」とある。沖縄の各地で Total-N、Total-P とサンゴ被度の測定が行われており、その結果を詳しく分析する必要があるが、健全なサンゴ群集が維持されるために必要な栄養塩濃度は、概ね全窒素が 0.1mg/l 以下、全リンが 0.01mg/l 以下であると考えてそれほど遠い数値ではないように思われる。

### 2-E. 光環境

造礁サンゴ類は体内に褐虫藻と呼ばれる藻類が共生しており、この藻類の光合成産物がサンゴの主要な栄養源であるため、造礁サンゴ類にとって光は不可欠な環境要素である。光合成を行うのは褐虫藻であるが、褐虫藻はサンゴの体内に共生しているため、サンゴに光を当てて酸素や二酸化炭素の収支を計測すれば「サンゴ-褐虫藻共生体(=造礁サンゴの群体)」の見かけの光合成量を測定することができる。このような手法により、造礁サンゴの種によって光量と光合成の関係が異なるばかりでなく、同じ種でも生

育している環境(明るいところにいる群体と暗いところにいる群体など)によってこの関係が異なることが分かっている(西平他 1995)。また、種によっては光量が異なると群体の形を変えることによって光を受ける効率を変化させる性質があるといわれているが、光とサンゴの関係について詳細な研究例は少なく、サンゴ群集を維持するために必要な光量について十分な検討がなされていない。

## 2-F. 流速

[B. 清澄度]の項で「粒子がサンゴの上に堆積すると、(中略)繊毛と粘液を用いて堆積粒子を除去することがある。そして、除去のためにそれ相当のエネルギーを消費する(山里 1991)」ことを示したが、適当な流速の水流があれば粒子はサンゴの上に堆積することなく流れ去るため、この影響は軽減される。また、水流の弱い水槽内で長期にわたって飼育され成長したサンゴの群体形が、より細くより薄く変化する事や、飼育する上で必要な水流の強さはサンゴの種によって異なる事は水族館等においては周知の事実である。

しかしながらサンゴの生育状況と流速の関係について詳細な研究は見あたらず、流速がサンゴに与える影響については十分な検討がなされていない。

## 2-G. 引用文献

- 大見謝辰男 2003. SPSS 簡易測定法とその解説. 沖縄県衛生環境研究所報, (37): 99-104.
- 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・上原睦男・大城 哲 2000. 赤土汚染がサンゴに及ぼす影響. 全国公害研究会誌, 25(2): 23-28
- 大見謝辰男・仲宗根一哉・満本裕彰・比嘉榮三郎 2003. 陸上起源の濁水・栄養塩類のモニタリング手法に関する研究. In: 平成14年度内閣府委託調査研究 サンゴ礁に関する調査研究報告書. 財団法人亜熱帯総合研究所, : 86-102
- 茅根 創 1990. 地球規模のCO<sub>2</sub>循環におけるサンゴ礁の役割. 地質ニュース, (436): 6-16.
- 国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター 2000. 石垣島周辺におけるサンゴの概況. 平成12年度環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター年報. (1): 6-7.
- 東京都 1991. 第4回自然環境保全基礎調査 サンゴ礁調査報告書.
- 西平守孝・酒井一彦・佐野光彦・土屋誠・向井宏 1995. サンゴ礁—生物がつくった<生物の楽園>. 232pp., シリーズ共生の生態学5. 平凡社. 東京.
- 福田照雄 1984. 寒波に耐えた天神崎のエダミドリイシ. マリンパピリオン, 13(7): 2
- 福田照雄 1985. 寒波で死んだクシハダミドリイシの回復. マリンパピリオン,

14(6): 2-3.

松川康夫・市川忠史・下田 徹 1997. サンゴ礁における栄養環境とその影響. 環境省地球環境研究総合推進費研究成果報告 平成 8 年度終了研究課題 D-4 サンゴ礁生態系の維持機構の解明とその保全に関する研究

御前 洋 1984. 寒波による石サンゴ類の斃死について. マリンパピリオン, 13(12): 2-3.

山里 清 1991. サンゴの生物学. 150pp., 東京大学出版会. 東京.

### 3. 竜串湾の環境に関する既存の資料の収集・整理

#### 3-A. 湾内の水質の長期的な変化

竜串海域の水質の長期的な変化を明らかにするため、水質汚濁防止法に基づいて高知県が昭和 47(1972)年から実施している公共用水域の水質測定結果を入手し、調査対象海域の水質の推移について検討した。

調査対象海域における調査地点は、1972(昭和 47)年度には 29 地点、1973, 74(昭和 48, 49)年度には 8 地点、1975(昭和 50)年度には 5 地点と、地点数、地点位置共に一定していなかったが、1976(昭和 51)年度からには図 3-1 に示した 6 地点に統一された。なお、1995(平成 7)年度からは St. 6 が廃止されている。



- |              |                 |                |
|--------------|-----------------|----------------|
| St. 1 : 大簀付近 | St. 2 : 見残し湾内   | St. 3 : 弁天島沖   |
| St. 4 : 城ノ岬沖 | St. 5 : 宗呂川の河口域 | St. 6 : 三崎川河口域 |

図 3-1. 高知県公共用水域の海域水質測定地点

高知県が刊行した 1973(昭和 48)年度から 1988(昭和 63)年度の「公共用水域の水質測定結果」、及び 1989(平成元)年度から 2001(平成 13)年度の「公共用水域の及び地下水の水質測定結果」に記載された、調査対象海域の水質測定結果を巻末の資料 1 に示す。また、pH、DO、COD、大腸菌群数については測定データが多いため、昭和 48 年度から平成 13 年度までの変化を知ることができる。pH、DO、COD については図 3-2 に、大腸菌群数については図 3-3 に測定データの推移を示す。

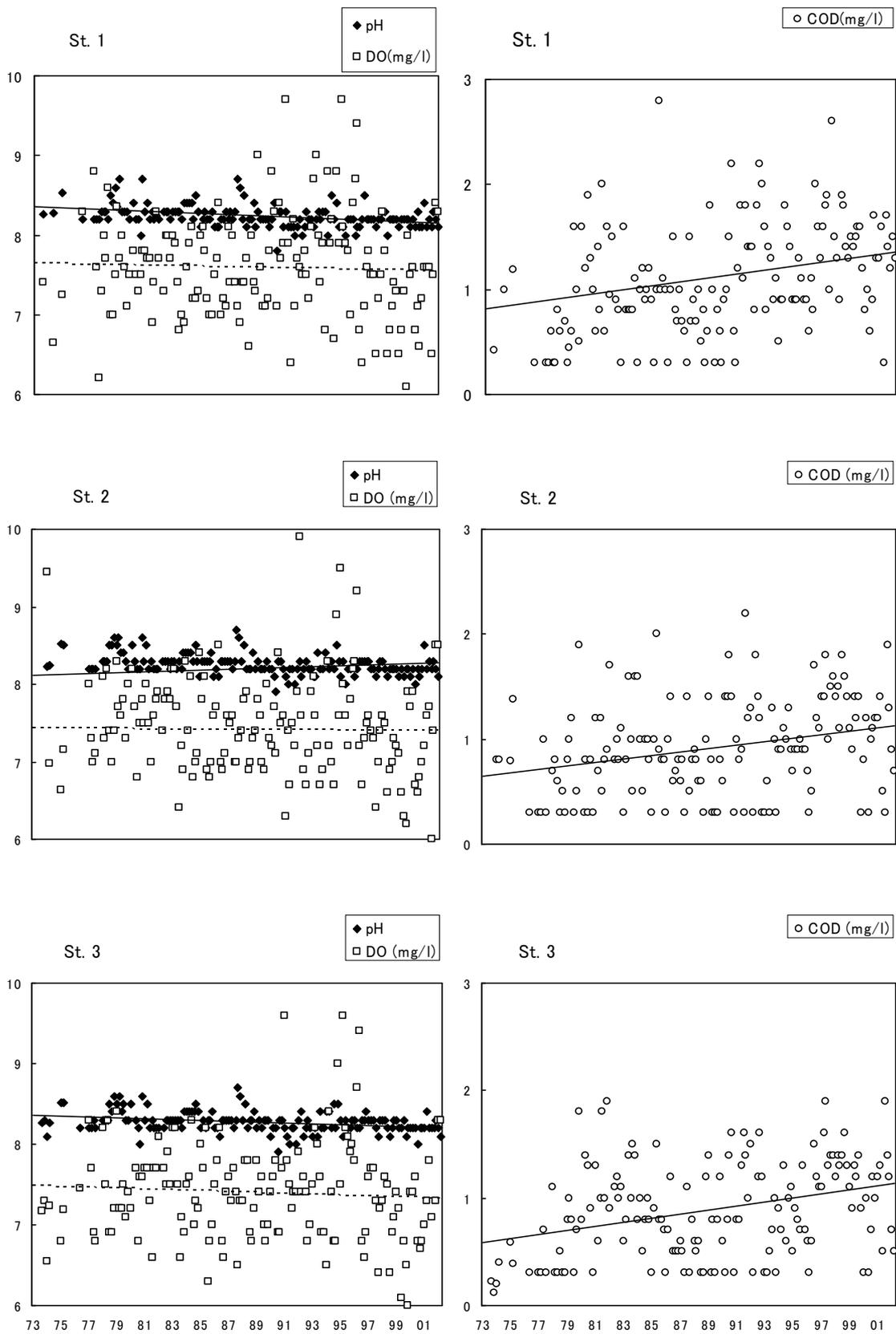


図3-2(1). pH、DO、CODの推移 (St. 1~St. 3)

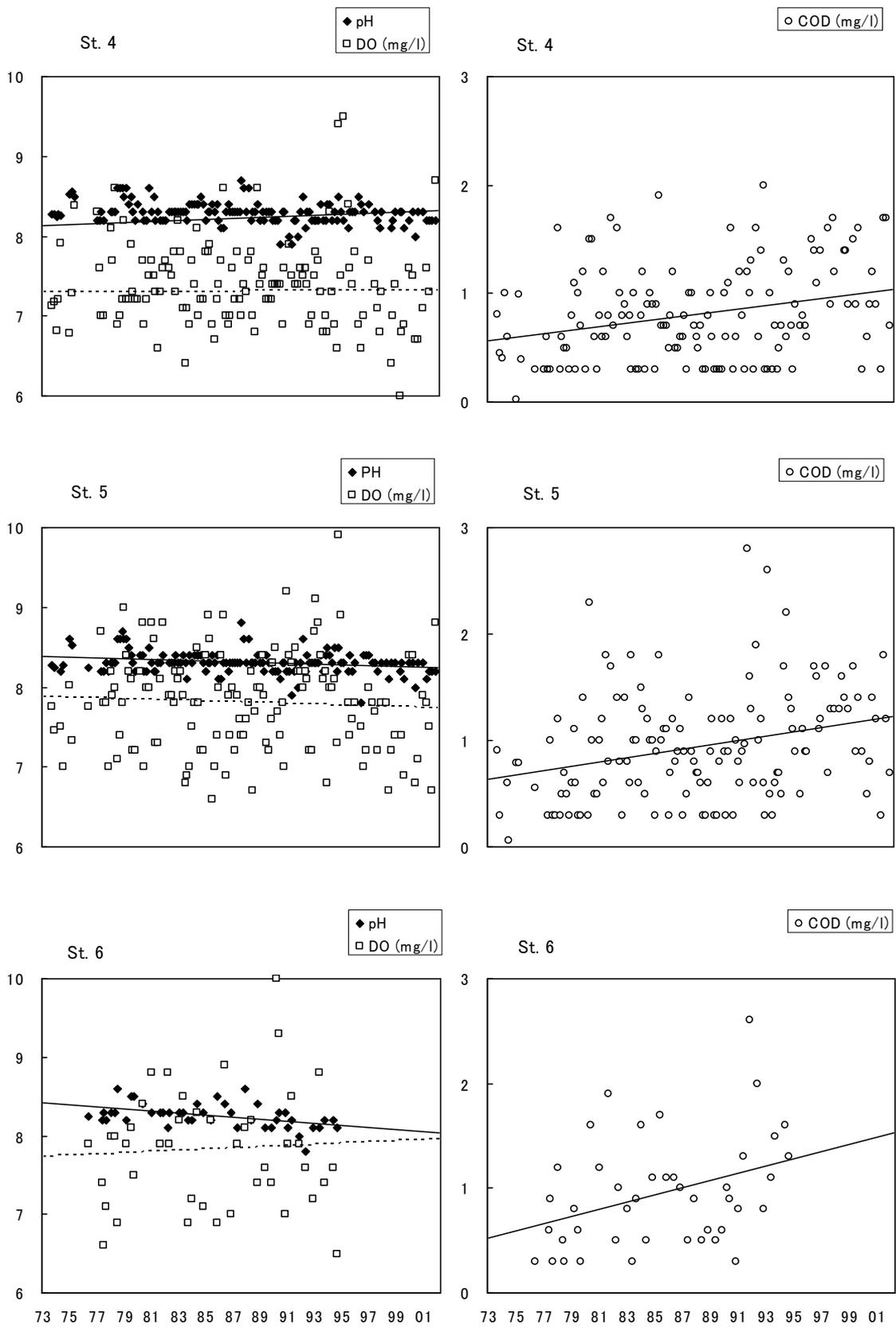


図3-2(2). pH、DO、CODの推移 (St. 4~St. 6)

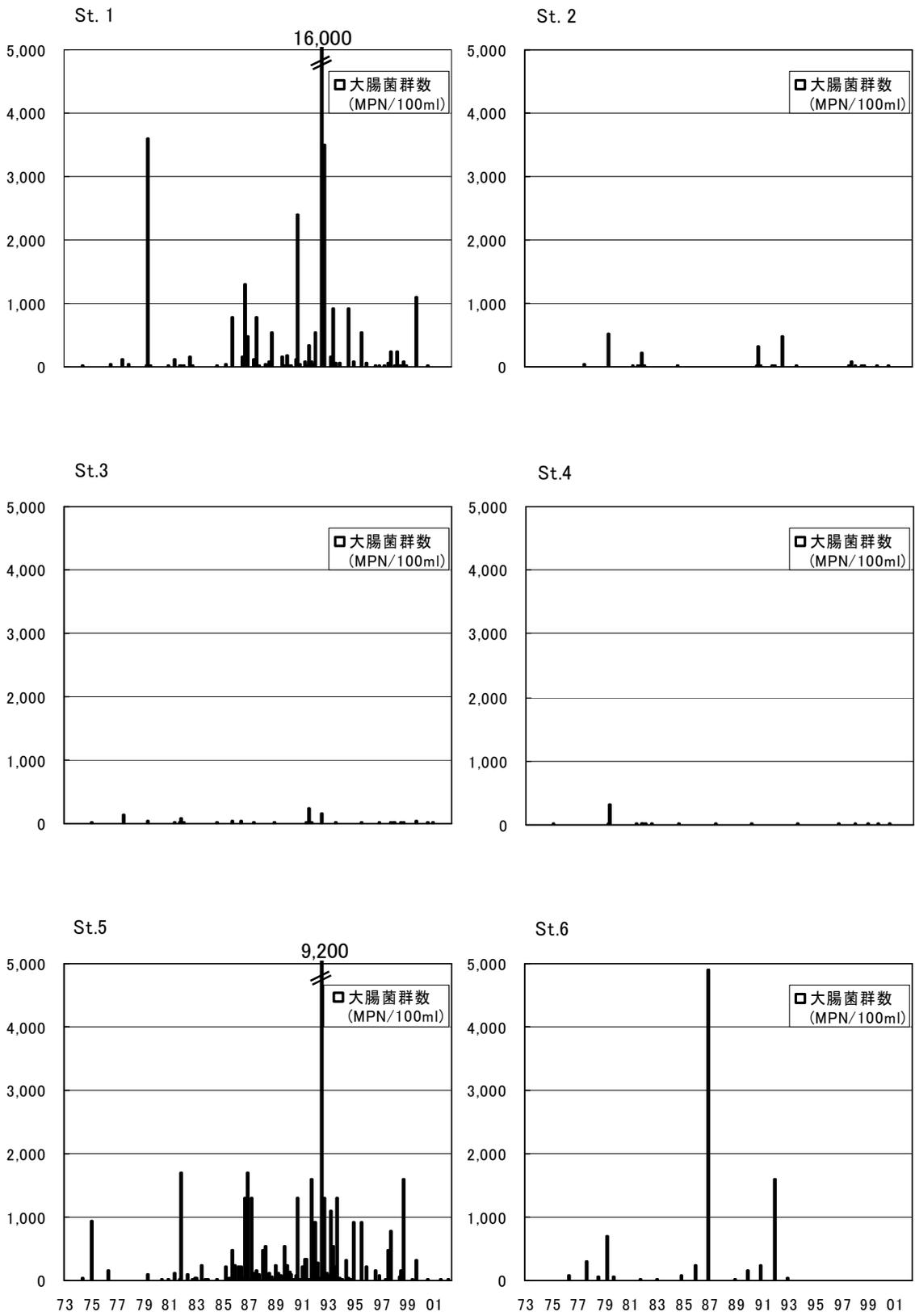


図 3 - 3 . 大腸菌群数の推移

海域の水質基準のうち、竜串湾は昭和 51(1976)年 6 月 4 日に自然環境の保全を目的とした水質 A 類型に指定されている。その項目と基準値を以下に示す。

- 水素イオン濃度 (pH) 7.8~8.3
- 化学的酸素要求量 (COD) 2mg/l 以下
- 溶存酸素量 (DO) 7.5mg/l 以上
- 大腸菌群数 1000MPN/100ml 以下
- n-ヘキサン抽出物質 検出されないこと

なお、竜串湾は指定されていないが、自然環境保全を目的とした環境基準として全窒素および全燐のもっとも厳しい I 類型は以下の通りである。

- 全窒素 (TN) 0.2mg/l 以下
- 全燐 (TP) 0.02mg/l 以下

竜串湾における水質汚濁に係る環境基準の適合状況を見ると、カドミウム、シアン、有機リン、鉛など健康項目については全て検出されておらず、水素イオン濃度 (pH) や化学的酸素要求量 (COD) などの生活環境項目についても、基準を大きくはずれた値は認められない。溶存酸素量 (DO) については基準値を下回ることが珍しくないが、酸素の飽和量は水温によって変化するため、竜串湾のような高水温域では基準値に達してなくても環境が悪化しているとは言えず、酸素飽和量に対する溶存酸素量の割合 (溶存酸素飽和度) などを用いた基準値の策定が必要である。

ただしこの基準値はサンゴの生育環境を考慮して作られたものではない。サンゴにとって好適な生育環境については本報告書 23-26 ページに示したように未解明な部分が多いが、水温 20-28℃、塩分 24-26‰、全窒素 0.1mg/l 以下、全燐 0.01mg/l 以下、SPSS (底質中懸濁物質含量) の年最大値 (SPSSmax) 30kg/m<sup>3</sup>以下、十分な太陽光の入射と適当な流速があることであり、現在の観測項目と一致しないため基準値がサンゴの生育環境として適当であるか否かを論じることはできない。

資料 1 に示した観測結果表の観測項目には水温と塩素量の項目があり、毎回観測されているため、水温と塩分濃度については資料があるが、SS、全窒素、全燐、アンモニア性窒素、亜硝酸性窒素、硝酸性窒素、リン酸態リンなどについては項目の一覧表には記載されているもののほとんど観測されたことがなく、本海域においてサンゴの再生を目指した自然再生を行うのであれば、今後これらの項目について観測が行われることが望ましい。

観測データから最近 30 年間の水質の変化を見ると (図 3-2)、pH と DO については St. 6 を除き顕著な変化の傾向は見られない。一方で有機的な汚濁の指標となる COD の値の経年

的な変化を見ると全地点で増加傾向が認められる。本海域の COD の値は、昭和 52(1977)年以前は 1ppm 以上を示すことはまれであったが、昭和 53(1978)年頃から昭和 60(1985)年にかけて 1ppm を超えることが多くなった。その後、昭和 62(1987)年から平成元(1989)年にかけての数年間はやや低い値を示しているが、平成 2(1990)年以降、再び全域で 1ppm 以上の値を示すことが多くなり、St. 3 と St. 4 を除いて 2ppm を超える事さえあるようになった。海域の COD を地点間で比べると三崎川の河口部に近い St. 1、St. 6 や宗呂川河口に近い St. 5 で、他の地点と比べて高い値を示す傾向がある。特に三崎川の河口にあたる St. 6 では COD の上昇傾向が著しいが、現在は観測地点から除外されている。St. 6 では pH の低下傾向も見られるが、pH が変化する要因は非常に複雑であり、一概に汚染であるとは言い切れない。

また、海域の大腸菌群数を見ると（図 3-3）、宗呂川河口部に近い St. 5 や三崎川河口部に近い St. 1、St. 6 で他の地点より明らかに多い傾向があり、特に昭和 60(1985)年以降で大きな値を示している。これらの地点では河川から流入する下水の影響が昭和 60(1985)年以降顕著になっていると考えることができる。なお、大腸菌そのものはサンゴに直接害をなすものではないが、フロリダでは大腸菌と同様に下水から海域に出たと見られるセラチア菌によってサンゴに病気が発生し、大きな被害を出したことがある。また、ビブリオ菌がサンゴの白化や死滅に関係しているという報告もあり、陸域由来の細菌量の増大はサンゴにとって脅威となる可能性がある。

「平成 14 年度足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査報告書（以下「管理方針検討調査報告書」という）」によれば、竜串湾に生活排水が流れ込むと思われる地区の人口は 368 世帯、827 人とされている（平成 14(2002)年 11 月現在）。これは湾の規模からすると、都市部に比べ非常に少ないものの、合併浄化槽の整備率が全体で 7.1%と低く、排出された汚れが直接に流れ込むため海域に与える影響は大きいと考えられる。また、管理方針検討調査報告書でも指摘されている通り、竜串地区にある多数の観光施設から排出される排水の影響も無視することはできない。土佐清水市観光統計によれば足摺海洋館、海中展望塔、サンゴ博物館、貝類展示館、海中観光船の竜串地区 5 施設における延べ利用者数は、1980 年の約 48 万人をピークとして、1978 年から 1982 年まで毎年 40 万人を超えている。これは海域の COD が高い値を示すようになった時期とほぼ一致している。なお、竜串地区 5 施設の利用者数は昭和 55(1980)年以後に減少傾向を示し、平成元(1989)年から平成 5(1993)年にかけて 40 万人前後と多少持ち直したものの、以後漸減し、高知県西南部豪雨のあった平成 13(2001)年では 20 万人を割り込んでいる。しかし、利用者数が減少の一途を辿っていた平成 5(1993)年以降でも、海域の COD の値は低下していない。

生活排水の他に、湾内の水質を悪化させる要因として、河川から流入する濁水の影響があげられる。竜串湾に流入する河川の流域は山地の占める割合が高く、河川自体の平均河道勾配も高いため、流域に降った雨が一過的に海域に流出し、濁りの元になる物質が流れ込みやすくなっている。このような濁りは日光を遮ってサンゴや海藻類等の生き物に害を

与えたり、土粒子に吸着される有機物による富栄養化や貧酸素化をもたらしたり、堆積すると底質環境を悪化させる。

海域の COD 増加の傾向は長期的なものであり、単一の原因に帰することはできない。様々な要因が複合的に作用した結果であろうと考えられ、改善のためには総合的な対策が必要であろう。

### 3-B. 斧積地区農地造成による影響

高知西南開拓建設事業の一環として、昭和 62(1987)年 7 月に三崎川流域の斧積地区に国営農地が完成した。この農地造成が流域や海域に及ぼす影響を調べるため、中国四国農政局高知西南開拓建設事業所によって水質汚濁調査が行われた。これらの調査は、それぞれ農地造成前(昭和 61 年度調査)、造成直後(昭和 62 年度調査)、造成後 1 年 2~6 ヶ月後(平成元年度調査)における三崎川地先海域の水質汚濁状況を調査したものである。建設事業に伴う竜串湾海域の水質の変化を調べた数少ない資料であるので、これらの報告書から海域の水質に関係する部分を抜粋し、検討を加える。検討に使用した調査報告書は、

昭和 62(1987)年 3 月. 高知県西南開拓建設事業水質汚濁調査分析業務報告書. 中国四国農政局高知西南開拓建設事業所・(株)相愛

昭和 62(1987)年 11 月. 高知県西南開拓建設事業水質汚濁調査分析業務報告書. 中国四国農政局高知西南開拓建設事業所・(株)西日本科学技術研究所

平成元(1989)年 3 月. 高知県西南開拓建設事業水質汚濁調査分析業務報告書. 中国四国農政局高知西南開拓建設事業所・(株)西日本科学技術研究所

の 3 つである。

湾内の水質調査地点を図 3-4 に示す。

3 回の調査で得られた海域の pH、SS、濁度についての平常時の測定結果を表 3-1 に示す。

三崎川地先海域における平常時の SS 値は、3 回の調査を通じて概ね 4 mg/l 以下で国営農地造成前後に顕著に変化するような傾向は認められない。一方、海域の濁度の値は、造成前にはいずれの地点でも表層・下層とも 0.7 mg/l 以下であり、造成直後には目立った変化はない。しかし、造成 1 年 2 ヶ月後の調査では前 2 回の調査と比べ、全ての地点で明らかに高い値を示している。特に表層では三崎川河口部に近い S1-1~S1-3、S1-10~S1-12 で 2.5~4.7 mg/l、下層では S1-6、S1-13、S1-17、S1-18 で 2.7~3.7 mg/l と他の地点より高い値を示しているが、濁度の増加が造成地由来のものであるか否かは明らかにされていない。また、SS の値が造成前後で変化していないにもかかわらず、濁度の値のみが高くなっているが、この理由についても言及されていない。

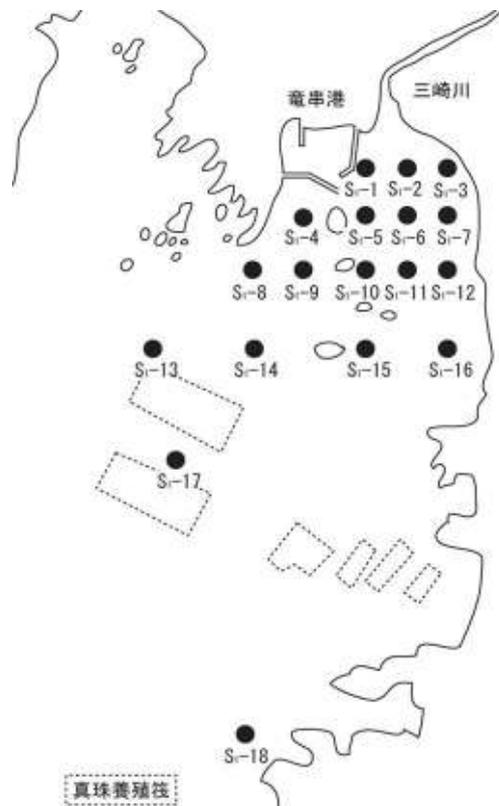


図 3-4. 水質汚濁調査地点

表 3 - 1. 海域の pH、SS、濁度 (平常時)

		造成前		造成後			
		S.62.1.12		S.62.8.7		S.63.8.29	
		表層	下層	表層	下層	表層	下層
pH	S1-1	8.2	8.3	8.4	8.4	8.2	8.3
	S1-2	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3
	S1-3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3
	S1-4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-5	8.3	8.3	8.4	8.3	8.4	8.3
	S1-6	8.3	8.3	8.4	8.2	8.4	8.3
	S1-7	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3
	S1-8	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-9	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-10	8.3	8.3	7.9	8.1	8.3	8.3
	S1-11	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-12	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-13	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-14	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-15	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-16	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3
	S1-17	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.3
	S1-18	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
SS (mg/l)	S1-1	2.0	2.0	<1	4.0	3.0	2.0
	S1-2	2.0	8.0	<1	3.0	2.0	3.0
	S1-3	2.0	4.0	<1	3.0	3.0	1.0
	S1-4	3.0	4.0	2.0	3.0	2.0	1.0
	S1-5	3.0	4.0	<1	3.0	1.0	2.0
	S1-6	2.0	5.0	2.0	3.0	1.0	3.0
	S1-7	2.0	4.0	3.0	13.0	1.0	2.0
	S1-8	1.0	3.0	3.0	1.0	2.0	2.0
	S1-9	4.0	4.0	2.0	4.0	2.0	2.0
	S1-10	3.0	3.0	<1	<1	2.0	2.0
	S1-11	2.0	4.0	2.0	4.0	3.0	2.0
	S1-12	2.0	4.0	3.0	<1	2.0	2.0
	S1-13	1.0	3.0	4.0	<1	1.0	2.0
	S1-14	3.0	3.0	<1	<1	2.0	2.0
	S1-15	1.0	3.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	S1-16	2.0	3.0	<1	<1	1.0	2.0
	S1-17	1.0	2.0	<1	3.0	2.0	3.0
	S1-18	1.0	2.0	1.0	<1	1.0	3.0
濁度 (mg/l)	S1-1	0.4	0.2	0.4	1.3	3.9	0.8
	S1-2	0.5	0.4	0.5	0.7	2.5	1.5
	S1-3	0.7	0.4	0.3	0.8	4.5	1.8
	S1-4	0.2	0.2	0.3	<0.2	1.8	0.9
	S1-5	0.3	0.4	0.2	<0.2	0.9	2.1
	S1-6	0.3	0.4	0.5	0.4	1.0	2.7
	S1-7	0.5	0.3	0.2	1.3	0.9	1.4
	S1-8	<0.2	<0.2	0.5	0.4	1.8	1.4
	S1-9	<0.2	0.2	<0.2	<0.2	2.3	1.8
	S1-10	0.3	0.4	0.3	0.7	2.6	1.4
	S1-11	0.3	<0.2	0.5	0.3	4.7	2.2
	S1-12	0.2	<0.2	<0.2	<0.2	3.1	1.1
	S1-13	0.2	0.3	<0.2	<0.2	0.6	2.7
	S1-14	0.2	0.5	<0.2	<0.2	1.0	1.4
	S1-15	0.3	0.4	<0.2	0.3	1.1	2.0
	S1-16	0.3	0.3	0.5	0.7	0.7	2.3
	S1-17	<0.2	0.2	<0.2	0.4	1.0	3.7
	S1-18	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	3.2

表 3-2. 海域の pH、SS、濁度(洪水時)

		造成前		造成後					
		S.62.1.12		S.62.8.7		S.63.9.6		S.63.9.19	
		表層	下層	表層	下層	表層	下層	表層	下層
pH	S1-1	8.0	8.1	7.4	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3
	S1-2	8.1	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3
	S1-3	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-4	8.1	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-5	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3
	S1-6	8.2	8.2	8.0	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-7	8.2	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-8	8.2	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-9	8.2	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-10	8.2	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-11	8.2	8.2	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-12	8.2	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-13	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-14	8.2	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-15	8.3	8.3	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-16	8.3	8.3	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-17	8.3	8.3	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3
	S1-18	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3
SS (mg/l)	S1-1	5.0	20.0	3.0	6.0	4.0	7.0	2.0	1.0
	S1-2	6.0	8.0	2.0	7.0	4.0	5.0	2.0	2.0
	S1-3	6.0	20.0	2.0	4.0	4.0	6.0	2.0	2.0
	S1-4	6.0	5.0	2.0	3.0	2.0	5.0	2.0	2.0
	S1-5	6.0	11.0	1.0	5.0	4.0	6.0	2.0	3.0
	S1-6	6.0	9.0	2.0	4.0	3.0	1.0	2.0	1.0
	S1-7	5.0	10.0	3.0	4.0	4.0	3.0	1.0	2.0
	S1-8	4.0	4.0	1.0	2.0	4.0	2.0	1.0	2.0
	S1-9	4.0	5.0	<1	5.0	4.0	7.0	2.0	2.0
	S1-10	5.0	6.0	1.0	<1	4.0	3.0	2.0	2.0
	S1-11	5.0	5.0	<1	2.0	4.0	2.0	1.0	2.0
	S1-12	6.0	5.0	1.0	2.0	3.0	3.0	2.0	1.0
	S1-13	4.0	3.0	<1	2.0	3.0	3.0	1.0	2.0
	S1-14	4.0	3.0	2.0	<1	3.0	5.0	1.0	1.0
	S1-15	5.0	7.0	1.0	1.0	3.0	3.0	2.0	1.0
	S1-16	5.0	16.0	<1	2.0	4.0	8.0	1.0	2.0
	S1-17	3.0	2.0	1.0	<1	7.0	3.0	2.0	2.0
	S1-18	2.0	2.0	<1	<1	3.0	4.0	2.0	2.0
濁度 (mg/l)	S1-1	2.2	2.9	0.9	3.6	1.4	3.4	0.9	1.4
	S1-2	1.9	2.9	0.6	0.7	1.4	2.3	1.0	1.2
	S1-3	2.0	2.1	0.9	1.9	0.8	3.2	1.6	1.9
	S1-4	1.9	1.8	2.1	1.1	1.0	1.7	1.2	1.4
	S1-5	1.7	4.1	1.1	1.3	0.8	1.7	0.6	2.3
	S1-6	2.1	3.2	1.1	1.9	1.1	0.7	1.3	1.3
	S1-7	2.0	2.9	1.1	1.9	1.2	1.0	0.5	2.0
	S1-8	1.8	1.3	1.7	2.8	1.2	0.9	0.3	1.3
	S1-9	1.7	1.8	1.0	3.4	0.8	2.1	0.6	1.4
	S1-10	2.3	2.3	1.4	0.6	1.0	1.7	2.3	1.3
	S1-11	1.6	2.1	1.8	1.2	0.7	2.0	1.2	1.2
	S1-12	1.7	1.9	2.0	1.2	0.7	0.8	0.7	1.1
	S1-13	1.1	1.4	1.5	1.4	0.6	1.8	0.7	0.9
	S1-14	1.6	1.1	0.5	0.7	0.8	1.5	1.9	0.7
	S1-15	1.2	2.2	3.5	2.6	0.8	1.2	0.7	0.8
	S1-16	2.7	4.3	0.8	0.7	1.7	6.8	1.7	1.1
	S1-17	0.7	0.6	2.1	1.1	0.9	1.4	1.2	0.9
	S1-18	0.7	0.3	1.5	0.4	2.2	1.0	1.3	1.2

3回の調査で得られた海域のpH、SS、濁度についての洪水時の測定結果を表3-2に示す。洪水時の海域の濁りは洪水の規模や形態、波浪の状況等の様々な条件によって異なるので単純に比較することはできないが、洪水時の調査ではSS、濁度とも造成前後で顕著な差は認められなかった。

また、調査では造成直後の昭和62(1987)年10月とその1年後の昭和63(1988)年10月にS1-5、S1-10、S1-15の3地点で底質を採取し、粒度組成を調べている。この結果を表3-3に示す。

これを見るとS1-10の粒径が明らかに小さくなっているのが分かる。この結果について平成元年3月高知西南開拓建設事業水質汚濁調査報告書では、S1-10の細砂、シルト分の増加は、農地造成により三崎川からの供給が増加した結果である可能性が有力であるとしながらも、同時に行った海底の砂泥の堆積状況およびサンゴ等の生物の生息状況についての潜水観察結果では周辺の生物に大きな変化は認められなかったことから今回程度の土砂の堆積では生物への影響はほとんど無かった、と結論付けている。

しかし、潜水調査の海中の写真を見る限りでは、明らかに泥土の堆積によって一部斃死した群体が記録されており、サンゴを含む底生生物には影響があったものと考えられる。

表 3-3. 底質の粒径組成

	S1-5		S1-10		S1-15	
	1987年 10月	1988年 10月	1987年 10月	1988年 10月	1987年 10月	1988年 10月
シルト以下 <0.074mm	3.0%	11.9%	7.6%	34.1%	0.9%	3.8%
細砂 0.074～ 0.42mm	86.8%	85.3%	11.4%	49.9%	25.1%	17.4%
粗砂 0.42～ 2.00mm	9.4%	2.8%	81.5%	18.6%	74.0%	78.8%

### 3-C. 足摺海底館の観測資料

竜串湾の水温及び透視度の経年変化を明らかにするため、竜串湾奥にある足摺海底館(海中展望塔)で1984年から行われている観測資料(未公表)を入手し、解析を行った。

足摺海底館では天気、波浪、水中透視度、水温の測定を毎日10時頃、気温については午後1時頃に行っている。このうち水温は水深約5m付近にある海中展望塔観察窓の一つに設置された熱帯魚用水温計(精度1℃程度)により計測している。また、水中透視度は、あらかじめ距離の分かっている海底の対象物を海中展望塔の窓から視認することで測定している。したがってここでいう「水中透視度」は、透視度計によって下水などの水質を測定する「透視度」とも、標準白色板を用いて鉛直に測定する「透明度」とも異なるものであることに注意していただきたい。

昭和59(1984)年4月から平成16(2004)年2月にかけての観測結果を月ごとに集計したものを巻末の資料2に示す。

足摺海底館における月平均水温の推移を図3-5に示す。

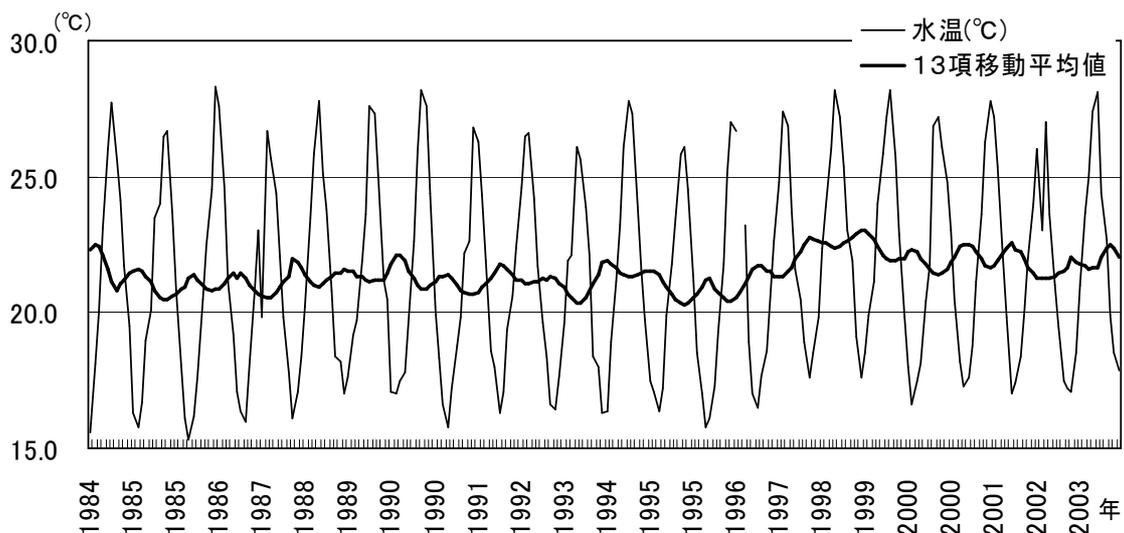


図3-5. 足摺海底館における月平均水温の推移

足摺海底館の水温は概ね16~28℃の範囲で推移した事がわかる。この水温はサンゴの生育環境として、非サンゴ礁域としては申し分のない値である。水温は季節的に変化するため、長期的な変化の傾向がわかりにくいので、13項移動平均を行うことにより季節変化の影響を除去し、年平均水温の変化を見ることが出来る。13項移動平均値の推移を見ると、水温の年平均値は1984年から1997年にかけておよそ21℃程度であったが、1998年に2℃近く上昇し、以後、現在までおよそ22℃で推移していることが分かる。1998年は世界的に高水温が記録された年で、我が国では沖縄海域で多くのサンゴが白化の被害をうけた年である。グラフからは、竜串海域でも高水温の影響は顕著で、しかもそれ以後水温は昇温状

態が継続しているが、夏季の最高水温の上昇は顕著ではなく、むしろ冬季の最低水温の上昇が顕著であることから、サンゴの生育環境としては好影響であると考えられる。

次に、足摺海底館における水中透視度の月平均値の推移を図 3-6 に示す。

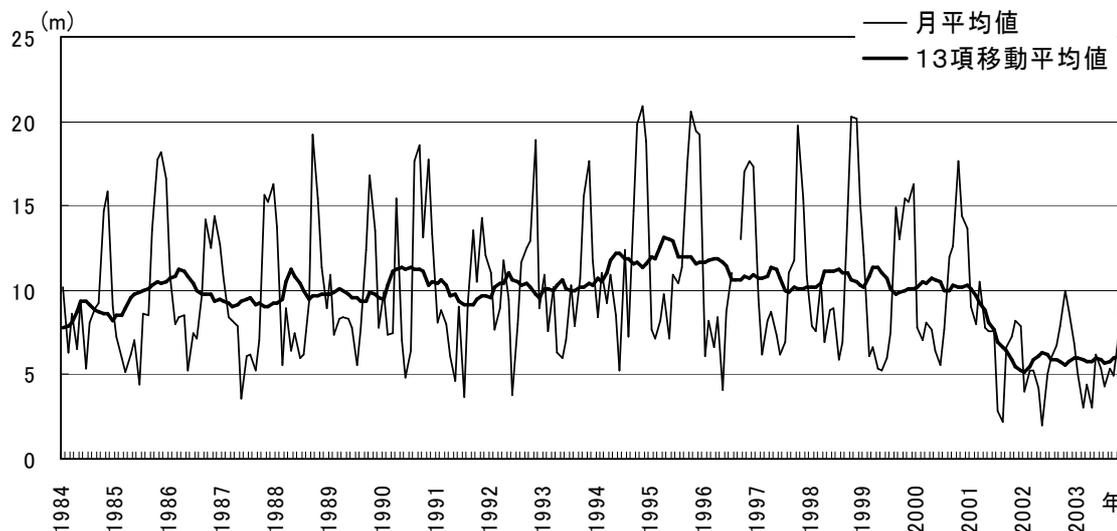


図 3-6. 足摺海底館における水中透視度の月平均値の推移

海中展望塔付近の水中透視度は、2001年9月以降にそれ以前と比べて著しく低下している。これは2001年9月の高知県西南部豪雨による水害の影響であると考えられ、水害以降は水中透視度 5m以下の日が毎月かなりの日数を占めており、通常水中透視度が増加する冬季でも 15m以上の値を示す日が少なくなっている。

また、水中透視度も水温と同様、季節的に変化する事がわかる。竜串の水中透視度は11月から2月にかけての冬季に高く、3月から10月にかけて低いという変化が見られる。海水の透明度の季節変動は南日本の太平洋岸では通常見られるもので、夏季には降水や日照の増加、水温の上昇によるプランクトン量の増加や台風などによる波浪の影響等によって透明度が下がり、冬季は降水量の減少や水温の低下によるプランクトンの減少や北西の季節風が陸風となって海岸域の波浪が小さい事などが原因である。

このように透視度は季節的に変化するため、水温と同様に長期的な変化の傾向がわかりにくいので、13項移動平均を行うことにより季節変化の影響を除去し、年平均値の変化を見ることにする。13項移動平均値の推移を見ると、水中透視度の年平均値は水害以前の1984年から2000年にかけてはおよそ10mで顕著な経年変化は認められないが、2001年の水害以降、年平均値は6m程度まで減少して改善していないことが分かる。

### 3-D. 平成14年度の水質測定結果

平成13～14年度に環境省の委託事業として、「足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査(以後、「管理方針検討調査」と呼ぶ)」が行われた。その報告書「平成14年度足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査報告書(財団法人国立公園協会、2003)」より、財団法人黒潮生物研究財団によって行われた水質調査の結果を抜粋して示す。

#### ・調査地点

水質について定期的な調査を行う地点として、調査海域の様々な環境をできるだけ網羅するように10地点を設定した。2002年5月の調査からは海中展望塔近くに1地点増やし、計11地点について調査をおこなった。各調査地点の位置を図3-7に示す。



図3-7. 管理方針検討調査水質調査地点

調査は2002年1月18日、3月2日、5月17日、7月31日、9月30日、11月26日、2003年1月27日の7回行われ、表面水温（水深約1m）を計測し、海底から1mほどの水深で採水した。採水した試料は研究所に持ち帰って、流入土砂等が海域に富栄養化をもたらす可能性について検討するために、硝酸イオン、亜硝酸イオン、アンモニウムイオン、オルトリン酸について濃度の測定を行った。測定は原則として試料を採取した当日に行ったが、一部については冷蔵保存し、翌日に処理した。なお、測定にはHACH社製多項目水質測定装置DR2000を使用して吸光光度法により測定した。また、調査時の陸水の影響を知るため、塩分濃度の指標として試料の水温と比重を測定して標準比重の算出も併せて行った。水質調査結果を図3-8に示す。

表面水温は地点による差がほとんど見られず、17~28℃と、サンゴの生育に好適な水温の範囲で推移した。比重は最も内湾的な環境であるSt.5と最も外洋的な環境であるSt.10が比較的変動幅が小さいのに対して、弁天島東岸のSt.4が比較的大きく変動したが、最高値1.0265（塩分換算35.6‰）、最低値1.0249（塩分換算33.6‰）と、サンゴの生育に好適な塩分濃度の範囲で推移した。

サンゴは貧栄養な水質環境に適応した動物であり、海域の富栄養化は生育環境を破壊する。この調査では富栄養化の指標として硝酸イオン、亜硝酸イオン、アンモニウムイオン、オルトリン酸について濃度の測定を行ったので、その結果について検討を加える。

硝酸イオンについては2002年7月と9月に地点間で多少のばらつきが見られ、St.2でやや高い傾向があるが、他の地点に比べて特に高いというほどではない。サンゴ類の成長にとって、短期的に0.8ppm程度の硝酸イオンが害になることはないが、硝酸イオン0.8ppmを窒素量に換算するとおよそ0.18ppmで、健全なサンゴ群集が維持されるために必要な栄養塩濃度は全窒素で概ね0.1mg/l以下（p.28参照）であるのに比べて2倍近く、富栄養化しているといえる。窒素量の低減を図る必要がある。

亜硝酸イオンについては地点間の差がほとんど見られず、全て0.01ppm以下であった。亜硝酸イオンは硝酸イオンに比べてサンゴに対する毒性が極めて高いが、この濃度はサンゴの生育に害になる濃度ではない。

アンモニウムイオンは2002年1月にSt.1、St.2、St.5、St.7で、3月にSt.7、St.9で、7月にSt.2、St.5、St.11で、9月にSt.8で検出された。今回用いた分析手法の検出限界値は0.01ppmであるが、2002年1月にSt.2で検出された0.03ppm以外はすべて検出限界値ぎりぎりの0.01ppmで、サンゴの生育に害になる濃度ではない。St.2についても高い濃度のアンモニウムイオンはその後検出されておらず、水害に関わる一時的な現象であって、その後影響は収束した可能性が高い。

オルトリン酸濃度については、St.1とSt.2で高濃度に検出された。0.3ppmを超えるリン酸の存在は石灰の結晶毒としてサンゴの生育を阻害するという報告があり、この海域のリン酸濃度はサンゴの生存を脅かす可能性がある。高いリン酸の濃度が何に由来しているのかは明らかではないが、このリン酸濃度をリン濃度に換算するとおよそ0.09mg/lにあた

る。健全なサンゴ群集が維持されるために必要な栄養塩濃度は全リンで概ね  $0.01\text{mg/l}$  以下 (p. 28 参照) であるのに比べて著しく高く、他の形態で溶存するリンを含め、リン濃度の低減を図る必要がある。

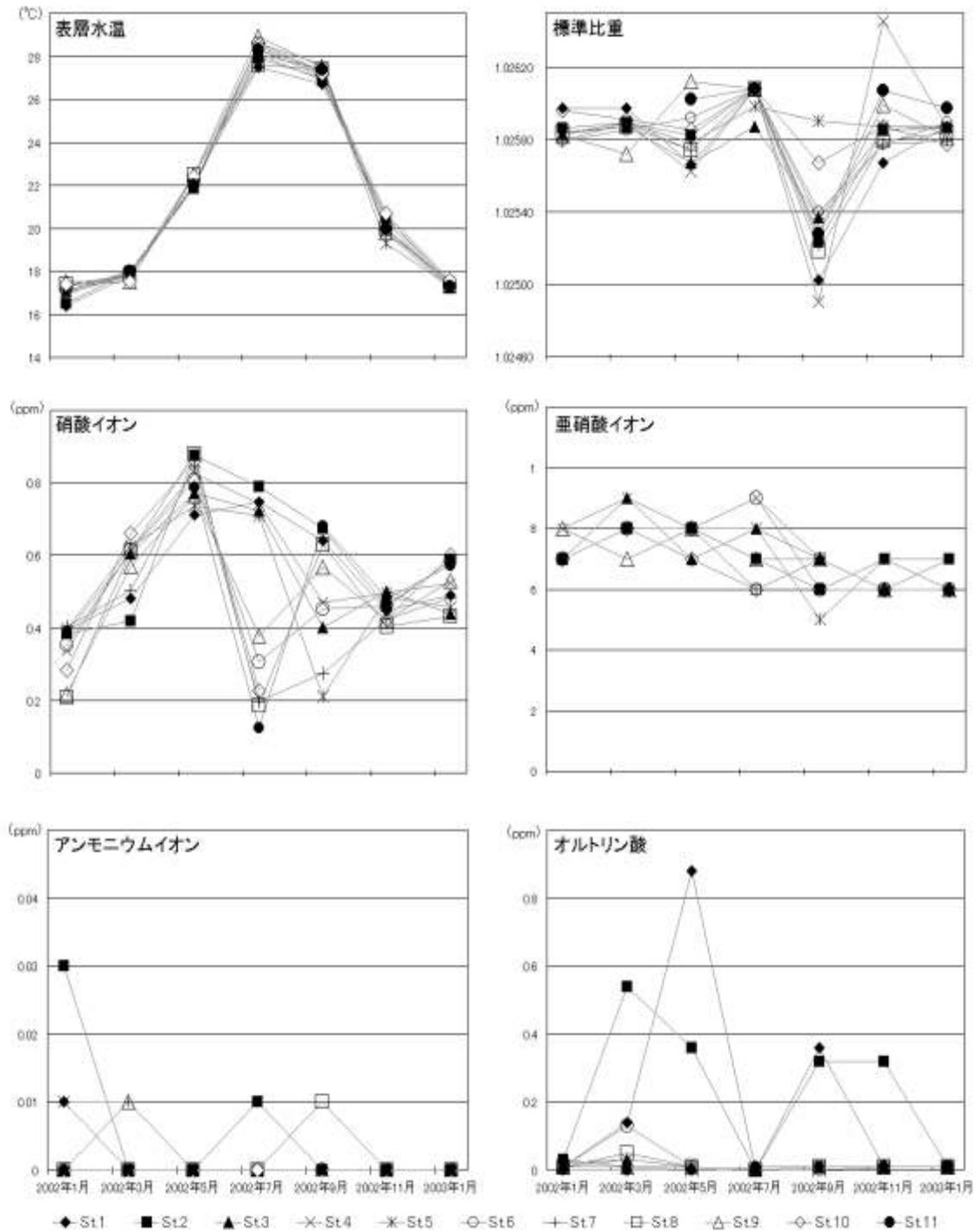


図3-8. 管理方針検討調査水質調査結果

### 3-E. 竜串湾内の環境悪化を示唆する既存の資料

ここまで、竜串湾の長期的な環境、特に水質の悪化について文献記載の資料により検討してきた。しかしながら竜串湾の水質環境の観測資料は充分でなく、水質変化を詳細に論じる事は難しい。そこで、具体的な数値は掲載されていないものの、水質環境あるいはサンゴの生育状況の悪化或いは変化について記載のある文献を探索した。

以下に文献名と関係する記述の抜粋を記す。

#### 田村 剛 1963 海中公園としての諸条件の検討. in: 高知県渭南海岸の海中公園調査報告書. 高知県

「特に見残付近は地形の変化に富み、湾内には弁天島その他の岩礁が出没してサンゴの生育に適している。ただこの海域の欠点は当麻川（注：三崎川のこと）から流出する雨後の濁水などが混入して、海水の透明度を底化（注：低下の誤り）せしめる点と西南方角に開口して時として波浪が高くなることであるが、（中略）また当麻川の水源を保護することと、沿川耕地の水田を畑地又は果樹園とすることも好ましい。」

#### 白井祥平 1963 渭南海中公園候補地海中資源調査. in: 高知県渭南海岸の海中公園調査報告書. 高知県

「4年前の調査時と同じように、この海域の海況を特徴付けているものは、第一に三崎町の河川であり今回の調査時にも雨による濁水の流入がみられ湾内の透明度及び海色を悪くしている。

この河川の影響を無視することは出来ず、雨期や大雨後の湾内に流入する淡水量は少なからず、これは湾内に栄養物を供給すると同時に一面土砂を流入し、湾内を懸濁させている。特に満潮時には竜串より見残し側（東側）に沿って拡散した懸濁水が弁天島側（西側）に押しやられて、中間にある岬の沖合延長線に達し、透明度も5 m以浅になっている。

また冬期は寒波があれば低鹹水が悪影響を及ぼし、水温低下を来して熱帯系の造礁サンゴは死滅してしまう。水温低下の影響は全国的であるが特に淡水の混入する所はその悪影響を倍加するので好ましくない。海色についても同様、懸濁期であったが、この湾内においては純外洋（沖ノ島、潮岬、足摺岬…）のようにコバルト色が強くなく、むしろグリーン系が強い。透明度も通常でも恐らく他の高い所より悪いと推察される。

以上の結果は、まず底質が泥質を含んだ砂地が多い事と、前記の河川からの淡水の流入の影響が多い事、砥崎、城ノ岬によって狭まれた湾入部が黒潮の影響を強く受けていない事などによって、どちらかと云えば内湾的の性質を帯びた海であるからである。

（中略）

（3）メクサレ礁海区

（中略）雨のために白濁した海水が回流してくるので透明度がやや悪くなり、（中略）

#### (4) A礁海区

竜串鼻より南々東約 400mにある岩礁で満潮時約 1 m干出する。(中略)しかし、河川に近いので一層濁るため、この点が問題である。

#### (5) 中バエ礁海区

河川にもっとも近い中バエ岩礁は 50cm しか干出しない巨大なものであるが、まったく海中は懸濁していて詳しい観察が出来なかった。しかし、北側(直接流入の影響を受ける側)をみるに造礁サンゴの中で樹枝状の Acropora は殆ど死滅しており、ただキクメイシやノウサンゴなど或は Soft coral は生き残っていた。これは恐らく本年冬期の寒波によるものと思われる。同じ造礁サンゴでも種類によって弱いものと、強いものがあり、内湾性のものが強い筈であるが予想に反して死滅していた。(中略)

#### (6) 見残湾海区

唯一の波静かな同湾は底質が砂泥地であるため、常時透明度がわるいが水深が極めて浅いので、ガラス箱で観察する事は可能である。」

この内容は今回の調査で明らかにした洪水時の河川からの濁水の拡散機構とよく一致している。

**波部忠重 1965. 03. 竜串・沖ノ島周辺の海産動物. in:高知県竜串・沖ノ島周辺海中公園調査報告. 財団法人日本自然保護協会 [注:調査海域は2号地及び2号地西]**

「海中は潮間帯下より水深 10m位までの間の岩礁に海底附着生物が甚だ豊富であるのみならず、それ等は赤黄青緑と甚だ鮮やかな色彩に豊んだ種類が多く、県も海中生物の保護管理にあっているのでよく保存されている。また、海水の透明度も 20mに及び、海面よりそれ等を十分鑑賞できる点で、海中生物の保護と観光をかねた、甚だ良好な候補地として推奨できる。ただ、観光客の廃棄物による海底汚染が出はじめているのでこの点の今後留意する必要がある」

**布施慎一郎 1965. 03. 潜水観察の概要. in:高知県竜串・沖ノ島周辺海中公園調査報告. 財団法人日本自然保護協会 [注:調査海域は2号地及び2号地西]**

「造礁サンゴは群体が小さく、分布はやゝまばらで、しかし種類は多い。(中略)イシサンゴの小さな群体は採りやすく、みやげ物として売るにも適しているが、この辺ではサンゴの生長は1年に数ミリメートルと推察されるから保護について特に留意する必要がある。海底に塩化ビニール製品(袋やジュースの容器)や缶詰の空き缶が散乱している所がある。」

**(財)海中公園センター 1969. 7. 保護計画. in:高知県海中公園計画調査書. 高知県**  
「I 見残湾龍串地区

## ◎区域の設定と保護規制

見残湾の奥に流入する三崎川の影響は河口近くの中瀬周辺に砂泥を撒き、又寒波による被害も重なって湾奥東部ではいちじるしい景観の破壊が認められるが、もし河川による被害を軽減する事ができうるならば復元も可能かと思われる。」

参考資料：竜串開発計画の説明

### 二、地域区分と開発の計画

「(前略)なお、この龍串の海中公園では見残湾に流入する三崎川による海中の汚染が将来共、重大な欠点となり、海中公園の存続、発展のためにもこの三崎川を元のように千尋崎の東側へ流出させる等、何らかの手段を講じるよう関係当局の極力努力される事が望まれる。」

### 高知新聞 1972. 11. 16 国立公園あしずり総点検 (11)

「大バエ南二百メートルの地点での過去四年間の透明度調査がそれ。白色透明度測定盤を使って、透視十五メートル以上あった正常日数が四十四年の三百十一日から四十五年は三百八日に、四十六年は二百九十八日と減る一方。まさにじわじわと汚染が進んでいる証拠で、ことしは七月から九月にかけて十日台の月が続くなど、十月以降を昨年並みに抑えても二百五十日にまで落ち込むと予想されている。

竜串湾のほぼ中央部付近でこの状態だから、三崎川河口に近い中バエ周辺になると汚れようはさらにひどい。四十四年の時点でもすでに一部にヘドロ状の沈殿物が見られたが、年ごとにその面積が広がり、現在では中バエを包んで六ヘクタールにも達している＝図参照＝。」資料3に全文を掲載したので参照されたい。

### 多田 信 1991. 8. 造礁サンゴ30年の変遷. in:黒潮のナゾを追う. 高知大学黒潮圏研究所編 (高知新聞社)

「私が足摺の海に潜り始めた1960年頃の見残し湾は、今とは比べものにならない程の美しさで、水は水晶のように澄みわたり、シコロサンゴの周りには引き立て役のミドリイシ類がとりまいていた。(中略)初めてサンゴの異変に気づいたのは1965年の冬。異常寒波で水温が下がり、見残しのシコロサンゴが被害をうけ灰色になって崩れ落ち、一次は全滅かと心配された。しかし、三年目には回復を始め、海中公園に指定された1970年には、ほぼ、元の姿に戻ったが、何故かシコロサンゴを取り巻いていたミドリイシ類は見られなくなった。(後略)」

### 大野正夫 1994. 03. 総説. in:海中公園地区候補地調査報告書. 環境庁自然保護局瀬戸内海国立公園管理事務所

[竜串ー見残地区]

「見残し湾内の21.9haが指定されているが、造礁サンゴ(イシサンゴ)の生育規模は

小さくまばらである。」

ただし、オニヒトデによる食害の記載があり、環境悪化が原因であるとは限らない。

### 3-F. 竜串湾内の環境の推移 まとめ

ここまで検討してきた過去の資料から、竜串湾の水質環境は以下のように推移してきたものと考えることができる。

#### ・ 昭和 19(1944)年以前

三崎川は千尋崎の東側に開口しており、竜串湾に流入する河川は、小川を除けば西岸の宗呂川のみであった。そのため現在の三崎川河口部にあたる海域には陸域の影響はほとんどなく、サンゴの生育に適した清澄・貧栄養な水質が保たれていたものと考えられる。

#### ・ 昭和 19(1944)年から昭和 35(1960)年頃

竜串湾の水質や環境に関する資料がほとんどないが、1960年台に行われた海中公園指定に関わる調査や書籍の記述などには美しいサンゴ景観の存在が記述されているため、サンゴの生育状況は良好であったと推測される。

#### ・ 昭和 35(1960)年から昭和 45(1970)年頃

三崎川からの濁水流入、冬季の冷水流入、観光客によるゴミの影響などが顕在化し始め、湾内の透明度の低下や河口部を中心に泥土の堆積、サンゴの斃死が見られるようになる。

#### ・ 昭和 45(1970)年から昭和 55(1980)年頃

海中公園地区が指定され、国立公園に昇格し、海中展望塔やグラスボートが営業を開始し、観光客が非常に増加した時期。オニヒトデの大発生があり、アコヤガイの養殖がはじまった。

高知県により海域の水質測定が開始された。海域のCODは増加傾向だが、1ppmを超えることはまれ。

#### ・ 昭和 55(1980)年から平成 2(1990)年頃

観光客数はピークの状態が継続し、湾内でのアコヤガイの養殖盛ん。期間の後半に斧積に国営農地が造成される。

期間の前半は湾内のCODの値が高く、2ppm近い値を示すことが多かったが、後半にはやや低下した。期間の後半には国営農地の造成の影響により、濁度の上昇や底質にシルト分の増加が見られたが、影響は軽微であったと報告されている。

#### ・ 平成 2(1990)年から平成 13(2001)年

観光客数のピークが過ぎ、減少に転じる。アコヤガイに病気が発生し、養殖は壊滅。サンゴの衰退が話題になる。

海域のCODは常時1ppmを超えるようになり、大腸菌群数の増加も顕著。1998年には世界的な高水温の影響で竜串湾内の水温も上昇し、以後上昇傾向が継続している。

#### ・ 平成 13(2001)年 9月以後

高知県西南部豪雨により、大量の土砂が湾内に流入し、サンゴ群集にも大きな被害が出た。湾内の透明度は低下し、回復していない。平成14年には海域は富栄養な状態になり、

特にリンの濃度は異常。

竜串湾では、1970年の海中公園地区指定以前、1960年代から三崎川による濁水の流入を主原因とする水質の悪化がはじまったものと思われる。

三崎川は海中公園センター(1969)の中に記載があるように、昭和19年ころに千尋崎の東側にあった河口が竜串湾側の現在の位置につけ替えられている。沖縄などサンゴ礁海域において、河口の前面ではサンゴの生育がよくないためにリーフが切れていることからわかるように、河川の流入は、冬季の低温水の流入、洪水時の塩分濃度の低下、洪水や工事に伴う流域からの土砂の流入、生活排水や農業等に起因する有機物や栄養塩、農薬等の流入など、サンゴ群集の生育環境にとって悪影響が大きい。

過去の様々な資料からは、竜串湾奥の環境が、主に三崎川の影響によりサンゴの生育に適さない状況に変化してきたものと考えられる。三崎川の河口を再び千尋崎の東側につけ替える事ができれば竜串湾のサンゴ群集再生にとって最善の策であるが、それができないとするならば、少なくとも三崎川から流入する河川水の影響を軽減する努力が必要であろう。

### 3-G. 平成13年9月高知県西南部豪雨災害

#### a) 経緯

2001年9月6日未明から早朝にかけて高知県西南部を襲った集中豪雨は、土佐清水市や大月町を中心に土砂災害や多量の出水による河道侵食、浸水による被害を引き起こした。この集中豪雨は太平洋高気圧と台風16号からの暖気流の流れ込みを受け、西日本上空に停滞中の秋雨前線が活発化して引き起こされたものである。この前線の影響で暖気流の収束域に当たっていた高知県西南部のごく狭い範囲に6日未明から早朝にかけ、雷を伴った激しい雨が降り続いた。高知県の観測によると9月5日から9月7日にかけての降水量は大月町弘見観測所で総雨量577mm、最大24時間雨量520mm、時間最大雨量110mm、土佐清水市の下ノ加江では総雨量615mm、最大24時間降水量525mm、時間最大雨量70mmを記録している（高知県、平成13年9月高知県西南豪雨災害パンフレットより）。

この記録的な豪雨によって、高知県西南部の各河川が氾濫し、中村市、宿毛市、土佐清水市、大月町、三原村の5市町村あわせて住家の全壊25棟、半壊・一部破損235棟、床上浸水544棟、床下浸水576棟、そのほか公共建物等の非住家68棟に上る被害を出した（高知県消防防災課、平成13年12月26日作成最終報より）。また、これらの家屋の被害の他にも山腹の崩落や河川流域にある田畑の表土流出などの被害が広い範囲で発生した。この豪雨による被害は陸域だけでなく、周辺海域にも及んだ。河川から流入した大量の土砂や濁水によって、河口部周辺の海域環境が著しく悪化し、各地で養殖漁業や沿岸漁業に被害を及ぼした。

竜串湾では、湾の西側に位置する下川口に流入する宗呂川、竜串湾奥部に河口部を持つ三崎川、湾中央の城ノ岬東に流入する遠奈路川などから土砂の流入が発生した。これら3河川のうち、もっとも流域の被害が甚大だった宗呂川の洪水規模は、河口付近で概ね910m<sup>3</sup>/sと推定されており（高知県、平成13年9月高知県西南豪雨災害パンフレットより）、流域に広がる田畑の表土が広い範囲で流失した。三崎川、遠奈路川についての洪水規模の詳細な資料は流域調査の報告書に記載されるものと思われるが、これら2河川についても流域の広い範囲で山腹の崩落や田畑の表土流失等が発生している。これらの河川から流入した土砂は湾内全域に拡散し、水害発生後1ヶ月以上にわたって透明度が数cmから数十cmの強い濁りが継続した。

災害に関する情報は、国土交通省四国地方整備局（資料4参照）および高知県河川整備課治水班（資料5参照）のホームページに詳しくまとめられている。

## b) 水害後の調査及び対策

2001年9月6日の高知県西南部豪雨のあと、地元のグラスボート観光業者やダイバーから竜串湾内のサンゴが被害をうけているという情報が土佐清水市や高知県、環境省、黒潮生物研究所などに寄せられ、10月5日に環境省土佐清水自然保護官事務所、高知県環境保全課、土佐清水市観光商工課、黒潮生物研究所、地元観光業者などによる**第1回の竜串海中水害対策検討会議**が開かれた。この会議で造礁サンゴ類をはじめとする海棲生物への水害の影響を調査し、どのような対策がとれるかを検討するため、緊急調査を行うことが決まり、翌6日に黒潮生物研究財団が潜水調査を行って関係者に状況を報告した(資料6)。この調査によると竜串湾内の海底には河川より流入した泥土が広い範囲に堆積しており、その厚さは場所によって40cmから60cmに達していることが明らかとなった。また、サンゴ群体上に泥土が堆積して斃死したり、長期間に及ぶ海水の濁りの影響で光合成ができなくなり白化・斃死したサンゴが数多く観察された。

11月8日に**第2回竜串海中水害対策検討会議**が開催され、11月21日には海中公園地区3号地及び4号地で再び調査を行った後に**第3回竜串海中水害対策検討会議**が開催され、海底に堆積した泥土の状態は改善されていないことが報告された。

そこで、環境省は緊急の対策として、学術的な価値が高く、県の天然記念物に指定されているシコロサンゴの巨大群落がある見残湾(海中公園4号地)の泥土除去作業を行うことを決めた。この泥土除去作業は**グリーンワーカー事業**として平成14年3月までに行われ、見残湾の面積4,400㎡において約370㎡の泥土をバキュームコンベアを使用して除去し、一定の成果を上げた。

高知県は2002年7月に「**竜串海中公園地区サンゴ群再生対策調査**」を黒潮生物研究財団に委託し、竜串湾全域の泥土の分布状況やサンゴの被害状況を把握するための調査を行った。以下に「財団法人黒潮生物研究財団.平成14年9月.竜串海中公園地区サンゴ群再生対策調査報告書」の内容を要約、引用する。

### ・水害による竜串湾内への泥土の流入状況

水害直後に高知県が撮影した航空写真によると、竜串湾奥東部に流入する三崎川と爪白海岸西端に流入する遠奈呂川から湾内に流入した土砂は、三崎川については河口から南～南西に、千尋崎に沿って非常に広範囲に扇状に広がり、遠奈呂川については城ノ岬から爪白、弁天島にかけての一带に広がった。弁天島から竜串海岸にかけての一带には土砂の流入はほとんど見られず、桜浜からは東側を中心にわずかに流入が見られるのみ。

### ・竜串湾内の泥土の堆積状況

水害直後は流入部分全域に多量の泥土の堆積が見られたが、三崎川から流入・堆積した泥土は、水害から11ヶ月近く経過した2002年7月下旬から8月上旬にも、ほぼ同じ場所に堆積し続けている。遠奈呂川から流入・堆積した泥土は、城ノ岬から爪白海岸において

2002年8月までにほとんど見られなくなり、かわって弁天島の北～東にかけて厚い泥土の堆積ができた。

#### ・潮流による泥土の移動

8月の中潮から大潮にかけて調査した湾内4ヶ所（爪白海岸、弁天島東岸、大簪付近、見残し湾口）の潮流は直近の海岸線に平行な流れであり、流速は5～10cm/secと小さいことがわかった。爪白海岸付近では台風などの波が南から北へ進入し、地形的影響により海岸付近で東向きの流れが発生し、一帯に堆積した泥土はこの流れによって東に移動し、弁天島東岸で流速が小さくなり沈降したものと考えられる。

#### ・堆積した泥土によるサンゴ群集への影響

水害によって竜串湾内に堆積した泥土がサンゴ群集に与える影響は、以下のようであると考えられる。

1. 水深10m以浅の浅瀬に多量の泥土が堆積しているため、少しの波浪によって泥土が舞い上がり、海が濁る。
2. 海が濁るため、サンゴの生育に必要な太陽光線が遮られる。
3. サンゴの上に常時泥が降り積もる事になり、これを排除するためにサンゴは多量の粘液を出さねばならない。粘液をつくるために多量のエネルギーを費やすので、サンゴの成長が悪くなる。
4. サンゴの粘液にはオニヒトデやサンゴ食巻貝などサンゴの食害生物を誘引する成分が含まれている。そのため常時多量の粘液を出しているサンゴ群集は、サンゴ食害生物による被害を受けやすい。
5. 舞い上がった泥により周辺の岩礁表面には薄い泥の膜ができており、サンゴの新規加入を妨げている。
6. これまで砂や礫で構成されていた海底が広汎にわたって泥底になってしまったことにより、微生物を含む生物環境の変化を引き起こし、竜串湾内の生物群集の群集構造が変化する事によって、サンゴの生育環境が未知の方向に変化している。
7. 泥土と共に堆積している有機物による海域の富栄養化や、泥土層内および下層に形成された無酸素層等から放出される硫化水素やメタンなどの有害物質の影響。

上記のうち1～5は海の濁りによる問題で、海底に泥土が堆積していることそのものによって引き起こされる影響も計り知れないが、むしろ堆積した泥土が波浪等により舞い上がり、長期間にわたって周囲の海水を濁らせることが、サンゴの生育環境を悪化させているといえることができる。

引用終わり

また、これと同時進行で行われていた平成13年度および平成14年度の「足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区管理検討調査」の中でも、高知県西南部豪雨災害の影響を明らかにするため、湾内の堆積物の粒径組成や強熱減量（堆

積物中の有機物量の指標)の経時的変化、堆積した泥土厚の変化などについて調査が行われた。

一方、高知県西南豪雨災害を受けて様々な復旧対策が開始され、竜串湾周辺では高知県土佐清水土木事務所が中心となって各河川で改修工事が行われた。このうち、宗呂川では河川激甚災害対策特別緊急事業と河川等災害関連事業あわせて7,075mにおよぶ区間で洪水被害の軽減を図るため、約28.8万m<sup>3</sup>の河床掘削、約8,400mに及ぶ護岸をはじめとして、堤防強化(難破堤)や築堤、河床の掘削、橋の架け替え、堰の統合および改築などの改修工事が進められている(資料5参照)。この事業期間は平成13年度から17年度までの5ヶ年を予定されており、今後も工事に伴って発生した濁水の流入が続くものと考えられる。なお、三崎川、遠奈路川の河川改修工事についても、上流から下流にかけて広い範囲で河床の掘削や護岸を主とした改修工事が行われ、一部の工事が今日も続いており、河川改修の他にも、各河川流域において水害によって荒廃した田畑の修復、山腹の改修が行われた。

上記のように水害後、緊急の措置として様々な調査や対策が行われてきた。高知県西南部豪雨によって竜串湾内のサンゴにどのような被害があったのかを概観すると、以下のようになる。

#### ・ 水害直後

三崎川、遠奈路川、宗呂川から流入した濁水が湾内のほぼ全域に拡散した。三崎川河口域(海中公園3号地を含む)や宗呂川河口域では群体上に泥が厚く堆積することによって、卓状のサンゴを中心に多数のサンゴが窒息死した。

#### ・ 水害後半年程度

水害後数ヶ月経っても海域の濁りがひどく、透明度1m程度の状態が続いた。海中は常時暗く、シルトや粘土が降り積もる状態が継続し、サンゴは十分な光合成ができない上に降り積もるシルトを除去するために多量の粘液を分泌する必要があるため、白化から斃死にいたるものが見られた。海底に厚く堆積した泥土から、おそらくメタンや硫化水素であろうと思われるガスが噴出するのが観察された。爪白地先の泥土が弁天島東の海域に移動している可能性が指摘される。河川の改修工事や崩壊地が原因と思われる濁水の流入が続く。

#### ・ それ以後

海域の透明度は数m程度には回復したものの、少しの波浪で濁りが発生して数日から1週間以上濁りが継続する状態が続く。河川からの濁水の流入も続いている。泥土が移動/除去されている場所があるものの、その状況は一様ではなく、泥土の堆積が長期にわたることが予想される場所もある。泥土の堆積や照度の不足によって斃死するサンゴは見られなくなってきた。

#### 4. 竜串湾の水質及び底質環境の現況

##### 4-A. 物理的環境

水害によってサンゴがうけた被害のほとんどは河川から流入した土砂によるものである。そのため、水害時に河川から流入した濁水がどのように拡散し、堆積したのか、さらに、堆積した土砂がどのように移動したのか、そのメカニズムを解明することによって、今後も河川から流入するであろう濁水の影響の広がりや、現在湾内に堆積している土砂の今後の移動などの予測が可能になる。そのため、濁水の拡散および堆積泥の移動のメカニズムを解明するために必要な湾内の流況、波浪、濁度、底質について、物理的な環境の調査を行った。

##### 調査項目

現地調査は、平成 15 年 8 月 30 日～平成 15 年 9 月 30 日に実施し、調査項目及び調査日程は以下の通り。

流況調査（定点連続）	8 月 30 日～9 月 30 日
流況調査（ADCP による補完調査）	9 月 18 日
流況調査（測流板による補完調査）	9 月 14、16、26、28 日
波浪調査（岸側：長期）	8 月 31 日～9 月 29 日
波浪調査（沖側：短期）	8 月 31 日～9 月 2 日
濁度調査（定点連続）	8 月 31 日～9 月 29 日
底質調査	9 月 25 日

なお、調査時の気象海象の条件は表 4-1 の調査諸元に示した方法で観測した。観測結果を資料 7 に示す。

表 4-1. 調査諸元

観 測 項 目	観 測 場 所	観 測 方 法	
天 候	調査海域付近	目視観測	
陸上気象	気 温	土佐清水	気象庁観測データ
	降 水 量	土佐清水	気象庁観測データ
	風向・風速	土佐清水	気象庁観測データ
海上気象	気温・湿度	調査海域，船上	アスマン通風乾湿計（中浅測器製）
	風向・風速	調査海域，船上	ピラム内蔵型風向風速計（中浅測器製）
	波 浪 階 級	調査海域，船上	目視観測
	うねり階級	調査海域，船上	目視観測

また、表 4-2 に土佐清水港の主要四分潮の潮汐調和定数を示す。

これによると、土佐清水港の潮汐は  $M_2$  潮が最も卓越しており、約 50cm であった。平均大潮時の潮位振幅は 73.0cm ( $M_2+S_2$  潮) となり、調和定数から計算した推算潮位 (資料 8) を見ても大潮、小潮で振幅の差が現われている。

表 4-2. 主要四分潮潮汐調和定数 (土佐清水)

分潮名	振幅 (cm)	遅角 (°)
$M_2$	50.8	176.0
$S_2$	22.2	200.1
$K_1$	21.6	189.7
$O_1$	16.4	169.9

(出典：日本沿岸潮汐調和定数表、平成 4 年 2 月、海上保安庁)

なお、分潮とは起潮力を分けたもので、起潮力を三角関数の和として表わしたときの個々の周期変動をいいます。実用上重要なのは、 $M_2$  (主太陰半日周潮)、 $S_2$  (主太陽半日周潮)、 $K_1$  (日月合成日周潮)、 $O_1$  (主太陰日周潮) の 4 大分潮です。気象庁の推算潮位の計算は、現在 60 の分潮を使用しています。(大阪管区気象台の HP より抜粋)

#### a) 定点連続流況調査

定点流況調査の調査方法及び設置概要を表 4-3 及び図 4-1 に示す。

なお、流速は 10 分間毎の平均値を、流向は 10 分毎の瞬間値を用いた。

表 4-3. 定点流況調査方法

調査項目	定点流況調査			
調査期間	30 昼夜連続定点観測			
調査位置	図 4-2 に示す 5 測点 測点 1～4：湾内の潮流、恒流を捉えるため 測点 5：河川影響を把握するため			
測定層	海面下 2 m 層及び海底上 3 m 層 (測点 5 は海面下 2 m のみ)			
使用機器	インペラー型自記式流向・流速計			
分解能	計測要素	センサー	測定範囲	精度
	流向	磁気コンパス	0～360°	±5°
	流速	インペラー型	2.5～250cm/s	±1cm/s

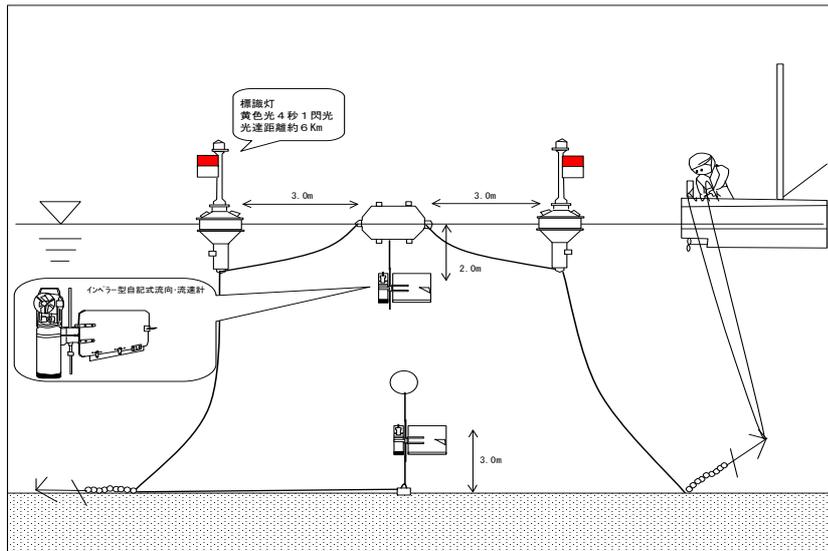


図4-1. 定点流況観測設置概要

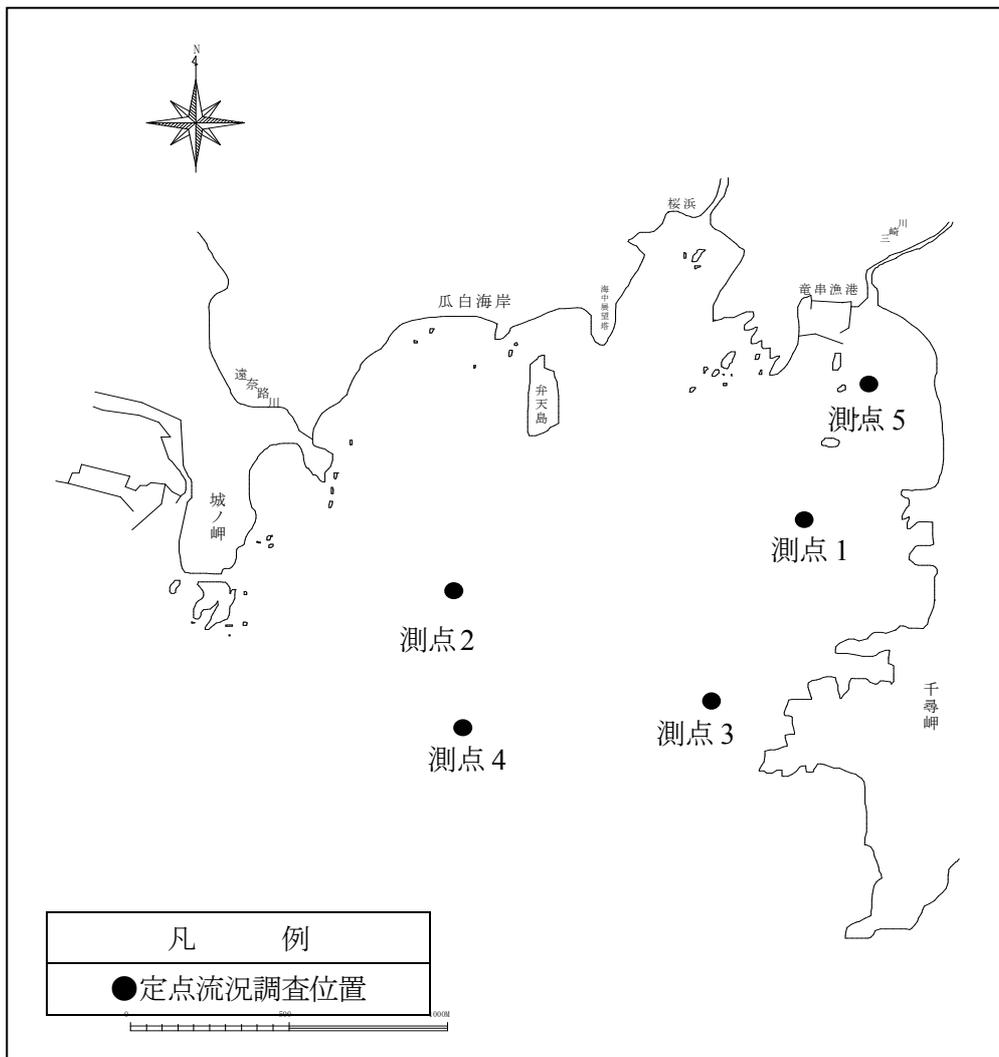


図4-2. 定点流況調査の測点位置図

## 調査結果

### [分速曲線]

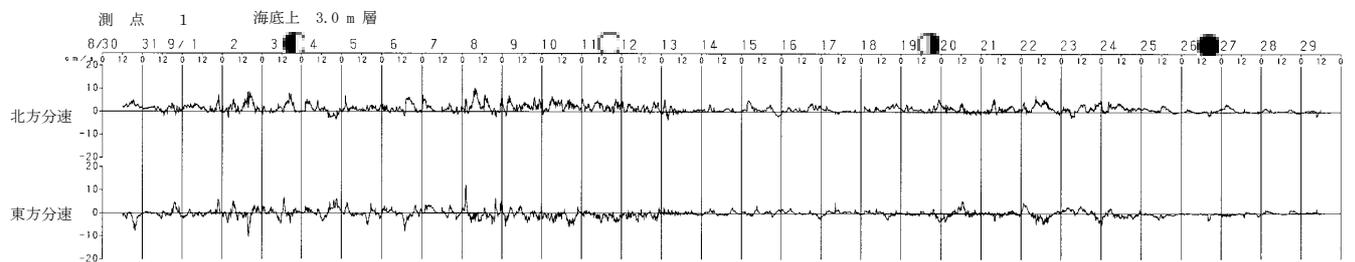
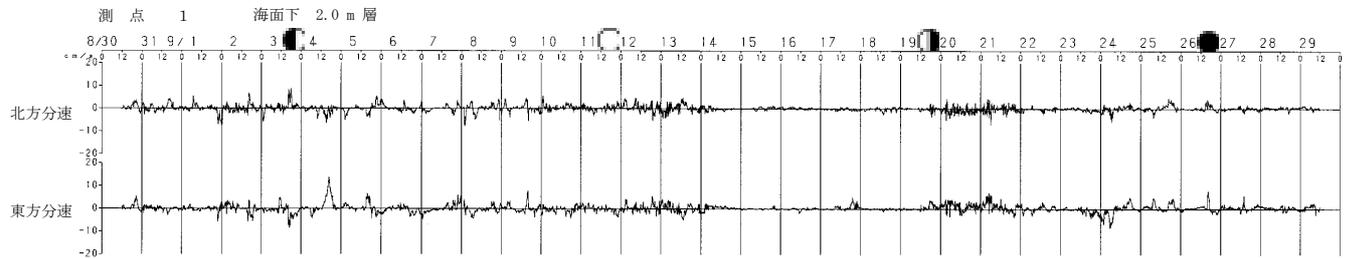
分速曲線を図 4-3 に示す。分速曲線からは、全体の流速変動の大きさや周期的な変動の有無を知ることができる。

全体的に顕著な周期性は見られず、大潮、小潮時に顕著な流れの変化は現われていない。潮汐（潮位の変化）は平均大潮時に約 70cm あるものの、竜串湾は間口が広く、湾の奥行きが 2 km 程度と狭いことから、潮汐流はあまり卓越していないと推察される。

観測期間の前半（8/30～9/12）には比較的大きな乱れが生じている。台風の接近（9/1（台風 13 号）、9/12（台風 14 号））以外でも乱れは生じており、風速の変動との相関も無い様であるが、観測期間の前半は南よりの風が吹いており、南に開けた竜串湾内では南風が吹いたときに乱れが生じると推察される。

河口の前方に設置した測点 5 では、出水時に若干流れがみられたが、通常時は殆ど流れがなかった。

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日



調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

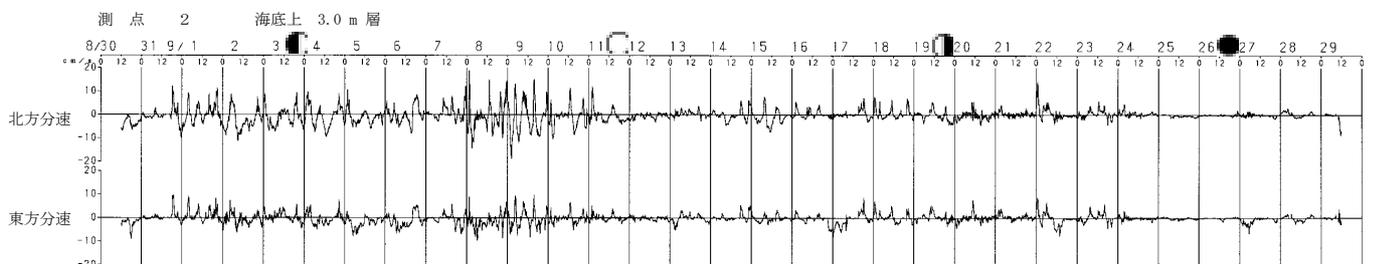
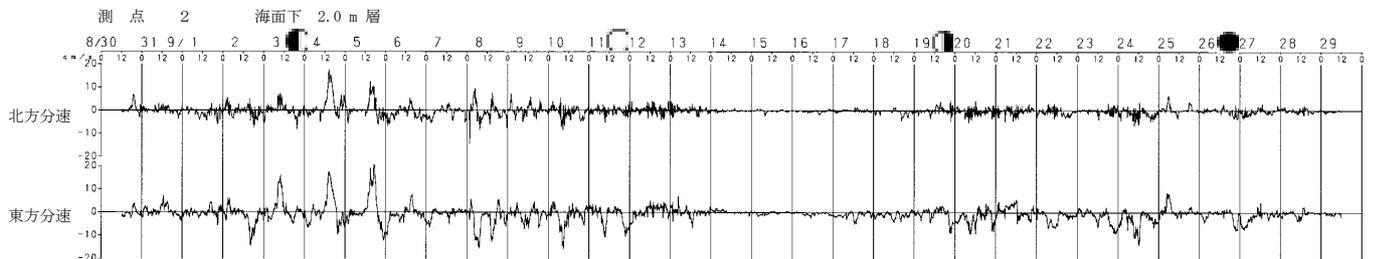
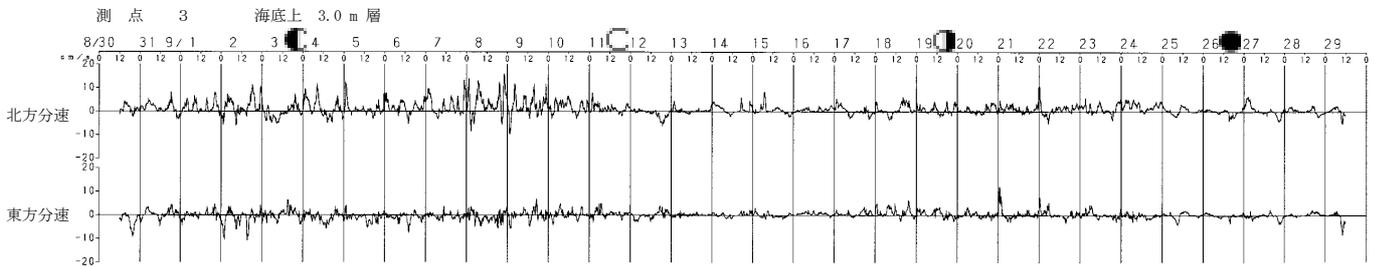
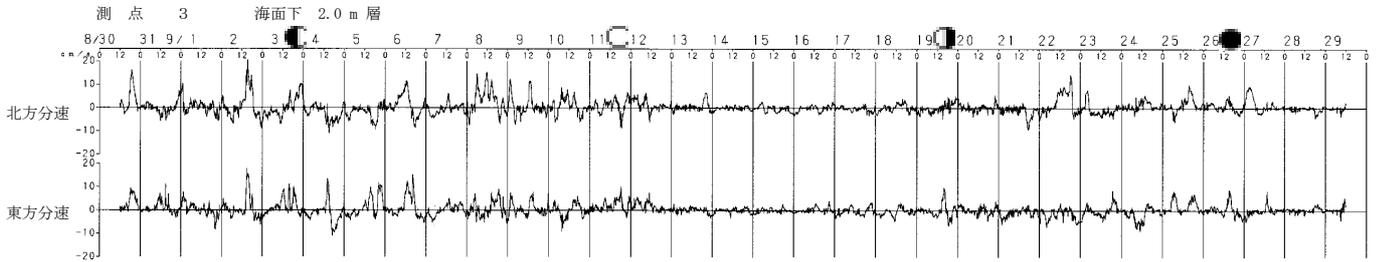


図4-3(1). 分速曲線(測点1及び2)

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日



調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

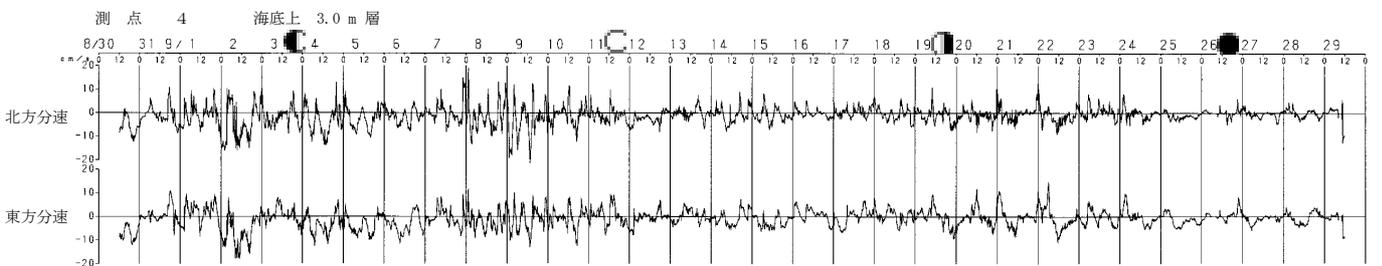
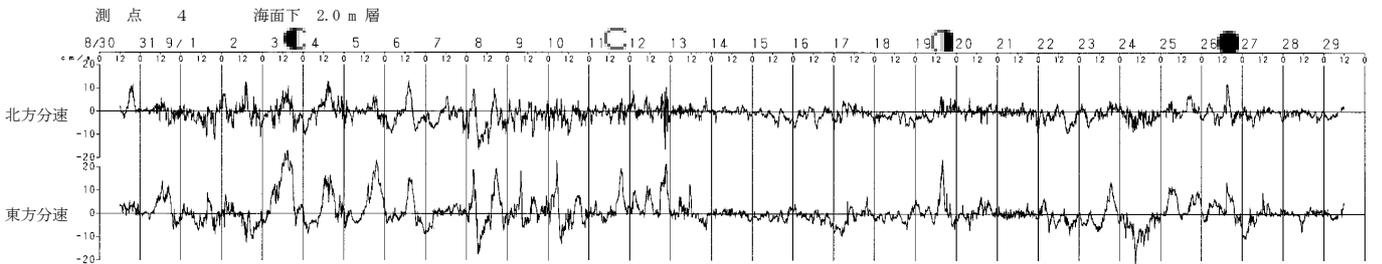


図 4-3 (2). 分速曲線 (測点 3 及び 4)

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

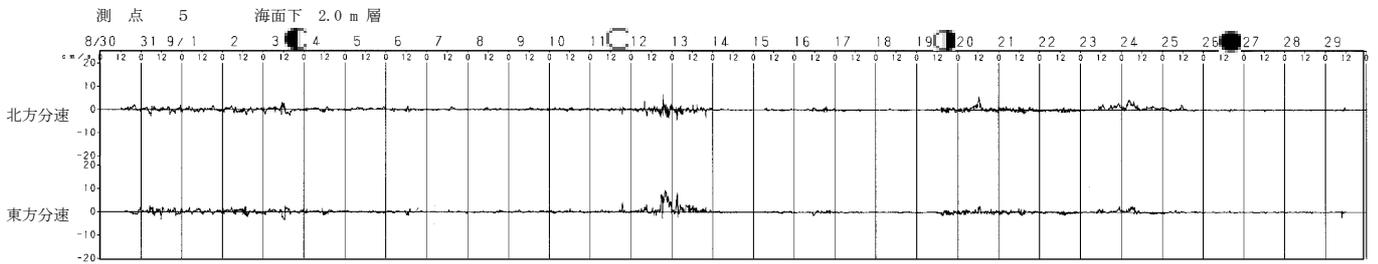


図4-3(3). 分速曲線(測点5)

**[流向流速出現頻度分布] (資料9 参照)**

方位別の流速頻度分布を図 4-4 に、単純な流速出現頻度分布を図 4-5 に示す。

方位別流速頻度分布からは、卓越する流向、流速、方位別の平均流速等を知ることができる。

下層については、測点 3 では北北西～北北東、測点 1 では北西～北、測点 2 では南東～南、測点 4 では西南西～南南西が卓越し、反時計回りの還流の存在が示唆された。

上層の流向頻度を見ると、下層ほど顕著な卓越した流れは見られないものの、同様の反時計回りを示す方向に頻度が多くなっている。

流速についてみると、最も沖合いの測点 4 を除けば上下層とも 5 cm/s 以下の流速の頻度が 80%以上であり、非常に流れの遅い海域であることを示していた。

調査年月日：平成15年8月30日～9月29日

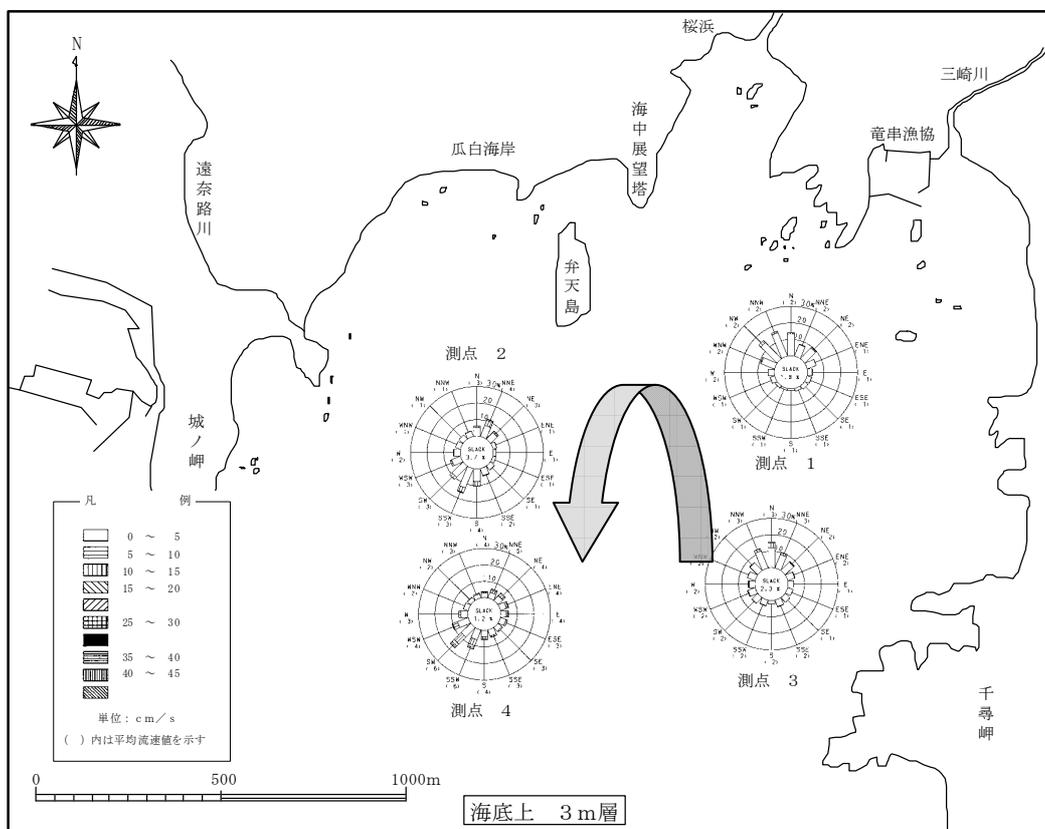
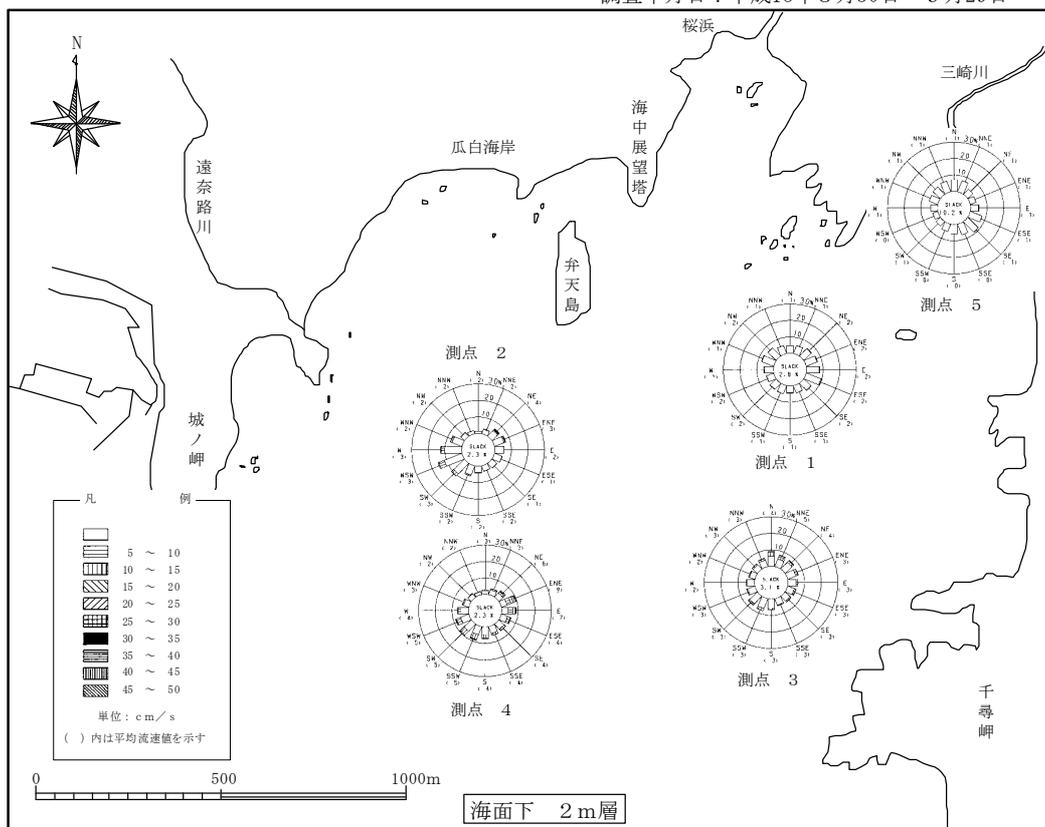


図4-4. 方位別流速頻度分布

調査年月日：平成15年8月30日～9月29日

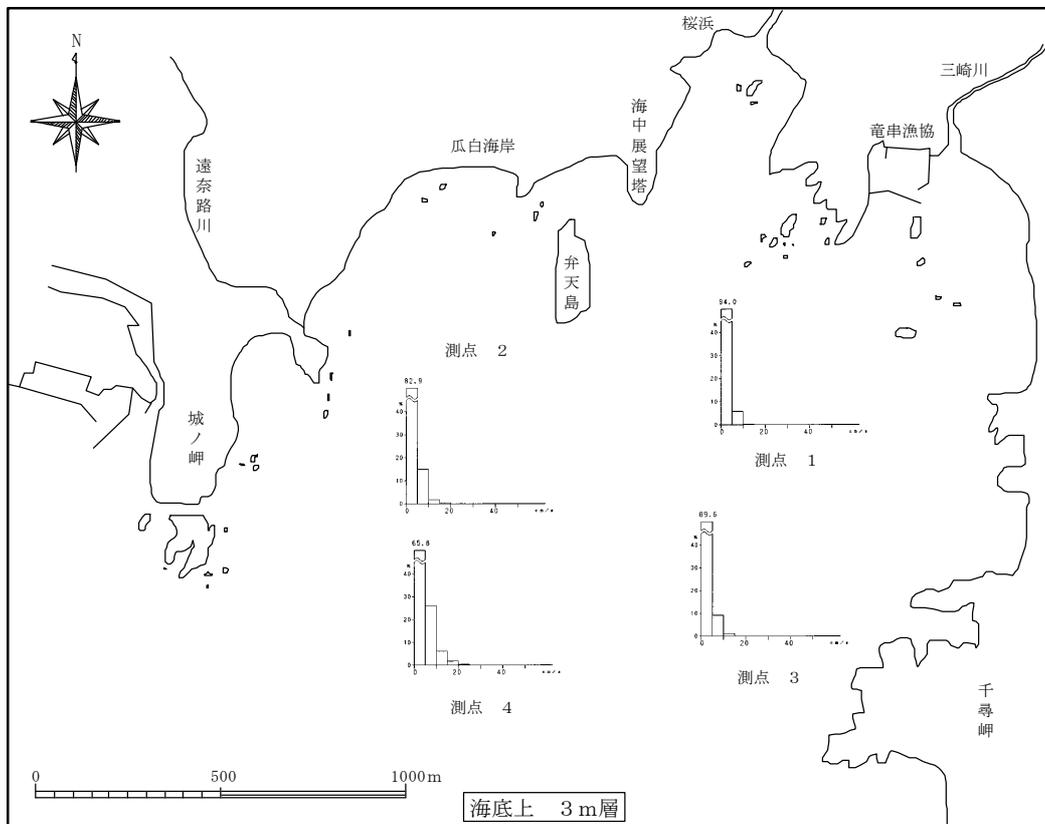
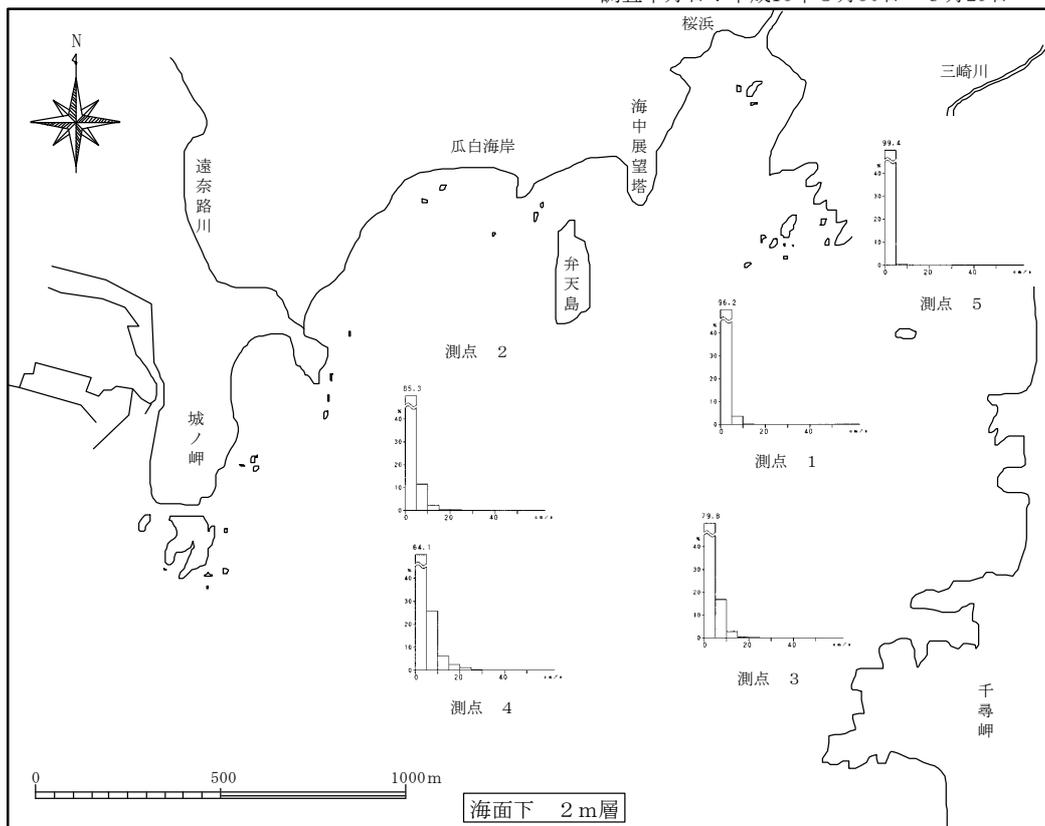


図4-5. 流速頻度分布

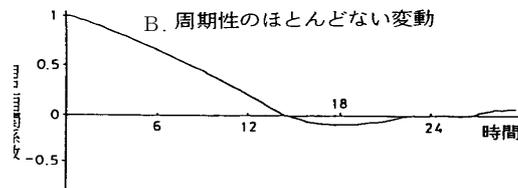
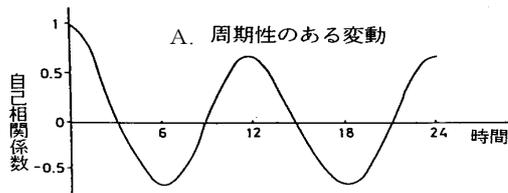
## 〔自己相関曲線とパワースペクトル〕

自己相関曲線とパワースペクトルを図 4-6 に示す。

自己相関曲線からは流速変動の周期性を、パワースペクトルからは卓越する周期を知ることができる。パワースペクトルの図を見ると、測点 5 を除く測点で潮汐と見られる 24 時間と 12 時間に小さなピークが見られるが、低周期帯（グラフの左側）のエネルギー密度に比べるとそれほど大きくないことから、当概海域の潮流は小さいことがうかがえる。

### ○自己相関関数

時間的に変動する変量について、ある時間ずつずらした時系列データ同士の相関係数(自己相関係数)と、ずらし時間との関数関係を自己相関関数という。時間的に変動する現象中にどのような規則性が潜在しているか、任意時間へたった観測値の間にどれだけの相関性があるかを定量的に知るのに用いられるものである。流動の解析では当該海域でどのような周期の流れが卓越しているかを知ることができる。自己相関関数のグラフでは図の横軸に時間間隔、縦軸に自己相関係数を示しており、この自己相関係数の値が±1に近いほど、ある時間間隔をもつ観測値の間の相関性が強く、0に近いほど相関性が小さいことを示している。下図Aの場合は、12時間の明確な周期が認められる。一方、Bの場合は、時間間隔が増加するにつれて、自己相関係数が1から0へ減少し、観測された流れに周期性がないことを示している。

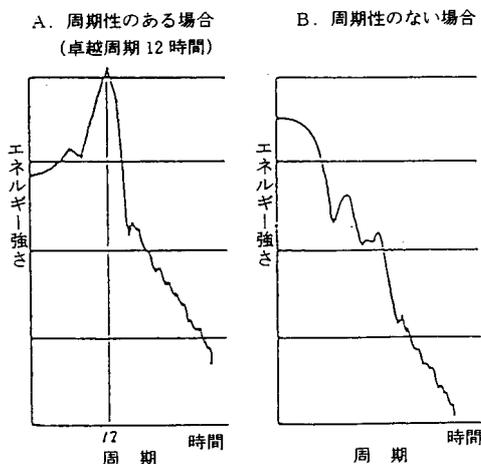


### ○パワースペクトル

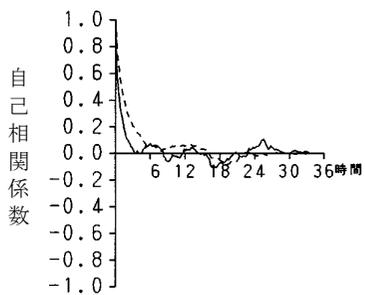
流れを周期ごとにエネルギー分布で表示したものをエネルギースペクトルまたはパワースペクトルという。

流れの周期ごとのエネルギー強さを求め、その分布を解析することにより、当該海域において最も卓越している流れの周期を知ることができる。

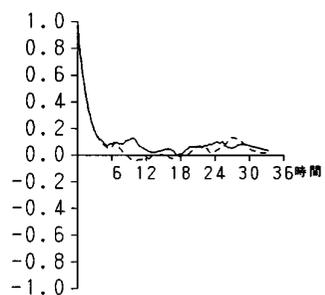
パワースペクトル図は、流況の調査結果に基づいて算出したエネルギー強さの分布を示したものであり、横軸は、各変動成分の周期、縦軸は各変動成分のエネルギーの強さを表す。Aについては12時間のところに明確なピークがあり、明確な周期が認められる。一方、Bの場合には、Aに見られるような明確なピークは存在しておらず、周期性のほとんどない海域であることを示している。



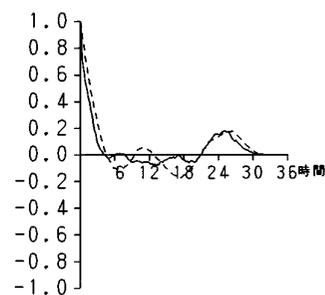
測点 1  
海面下 2.0 m 層



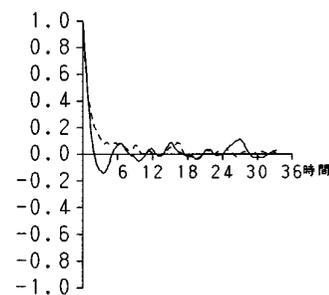
測点 1  
海底上 3.0 m 層



測点 2  
海面下 2.0 m 層



測点 2  
海底上 3.0 m 層



凡 例	
—	北方成分
- - -	東方成分

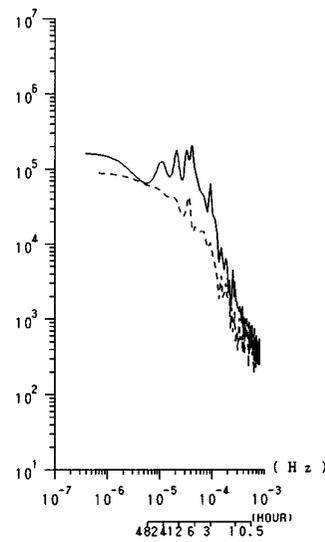
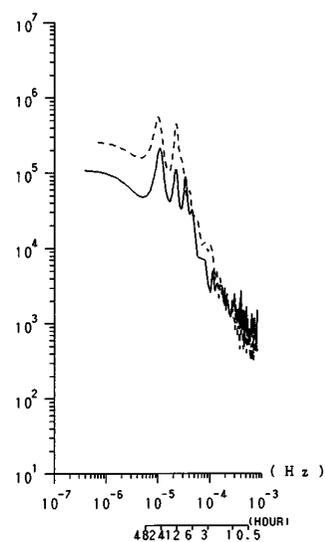
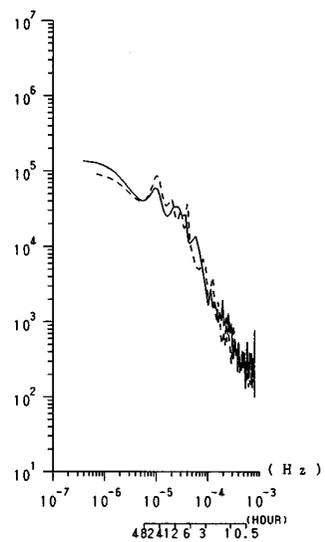
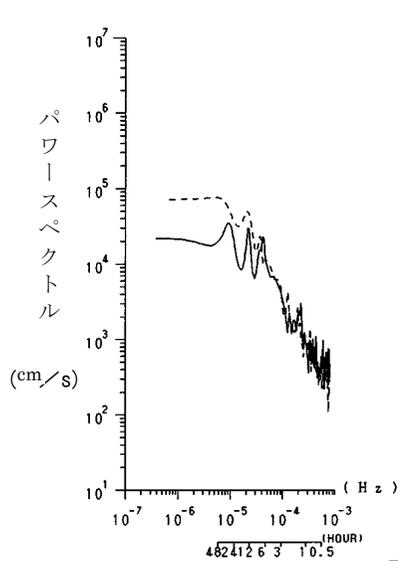


図 4-6 (1). 自己相関係数とパワースペクトル (測点 1, 2)

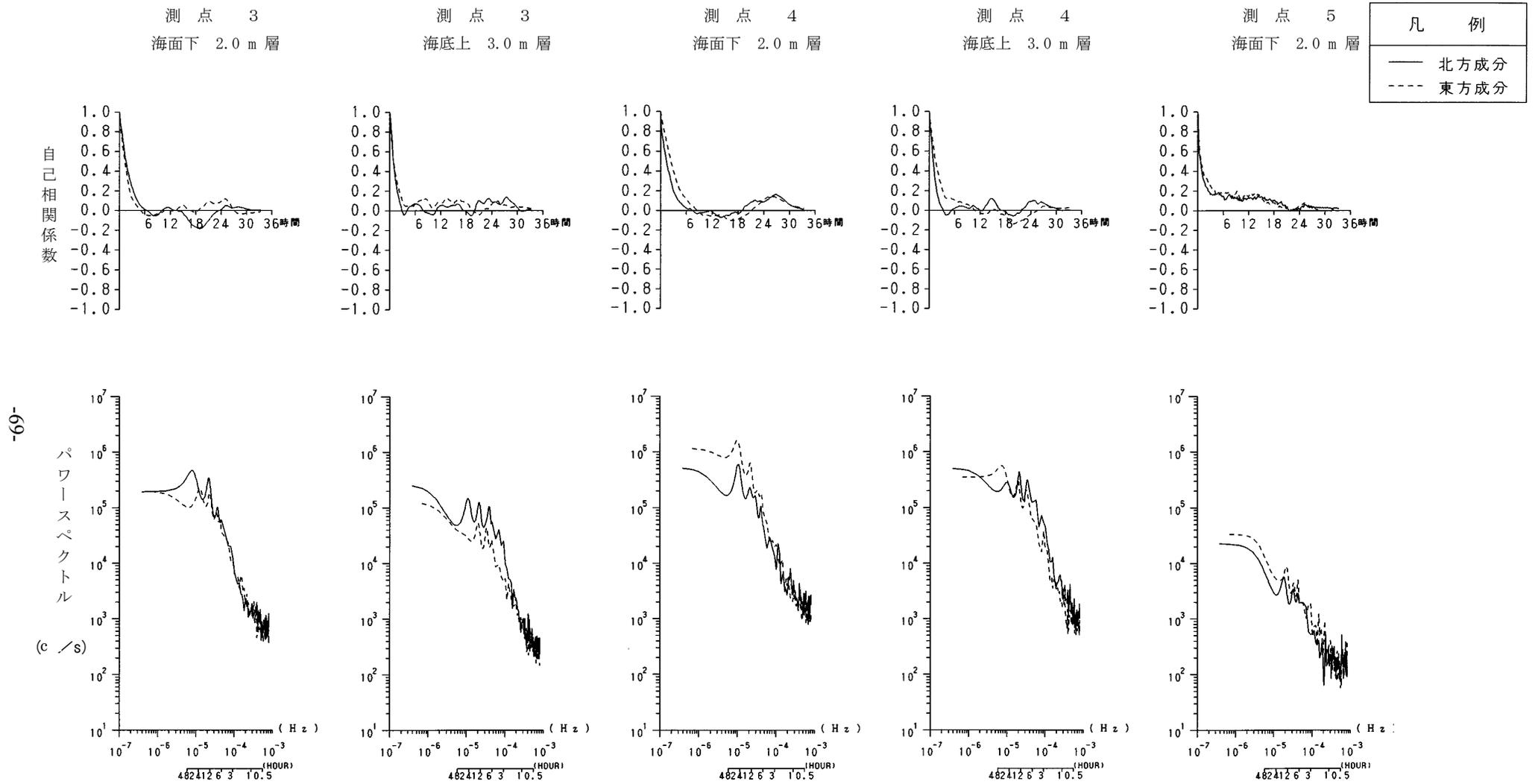


図 4-6 (2). 自己相関係数とパワースペクトル (測点 3, 4, 5)

[潮流成分（調和解析結果）]（資料 10 参照）

調和分解結果を表 4-4 に示す。

潮流調和分解は、複雑な流動現象を仮想天体（分潮）の動きに応じた規則正しい流動成分に分け、各々の分潮の振幅及び遅角を求める計算で、調査結果から 10 分潮と期間平均流を求めることができる。このうち  $M_2$ 、 $S_2$ 、 $K_1$ 、 $O_1$  を主要四分潮といい、一般的な海域では潮流成分の大半をこの四分潮が占めている。

測点 4 を除く測点では、半日周潮流（ $M_2 + S_2$ ）及び日周潮流（ $K_1 + O_1$ ）ともに 2 cm/s 以下と非常に微弱な流れである。測点 4 の上層では 4 cm/s 程度の日周潮流が見られている。

半日周潮流及び日周潮流の比から判断すると、若干、日周潮流が強い混合型の海域である。

期間平均流（30 日間平均）も、全ての測点で 2 cm/s 以下と非常に微弱であった。

表 4-4. 調和定数より算出した各要素

測 点	潮流成分（長軸方向） (cm/s)		期間平均流 $U_0$		潮流型 $\frac{K_1 + O_1}{M_2 + S_2}$
	半日周潮流 $M_2 + S_2$	日周潮流 $K_1 + O_1$	流向 (°)	流速 (cm/s)	
1 (上層)	0.6	0.4	81 E	0.2	0.67 混 合
1 (下層)	0.4	0.6	344 NNW	1.3	1.50 日周潮
2 (上層)	1.5	1.7	248 WSW	0.8	1.13 混 合
2 (下層)	0.7	0.6	215 SW	0.5	0.86 混 合
3 (上層)	1.4	1.8	33 NNE	0.4	1.29 混 合
3 (下層)	0.9	1.0	351 N	1.0	1.11 混 合
4 (上層)	2.5	4.2	135 SE	1.1	1.68 日周潮
4 (下層)	1.2	1.7	214 SW	1.6	1.42 混 合
5 (上層)	0.1	0.2	58 ENE	0.1	2.00 日周潮

注)  $f = (K_1 + O_1) / (M_2 + S_2)$        $1.50 \leq f$       (日周潮流型)  
 $0.25 \leq f < 1.50$       (混合潮流型)  
 $f < 0.25$       (半日周潮流型)

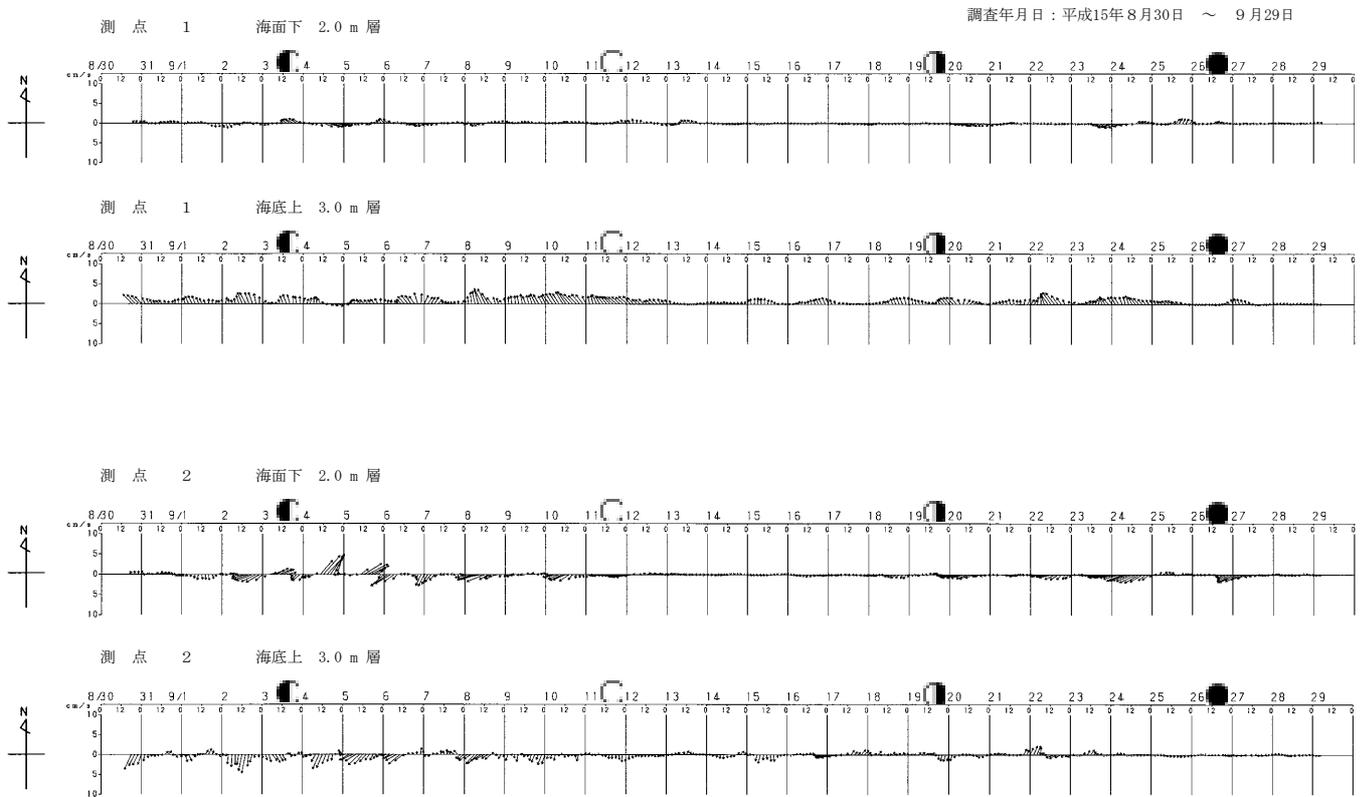
#### [25 時間移動平均ベクトル]

25 時間移動平均ベクトル及び風速ベクトルを図 4-7 に示す。25 時間移動平均ベクトルからは 25 時間以下の周期成分を除去した周期の長い流れを知ることができる。

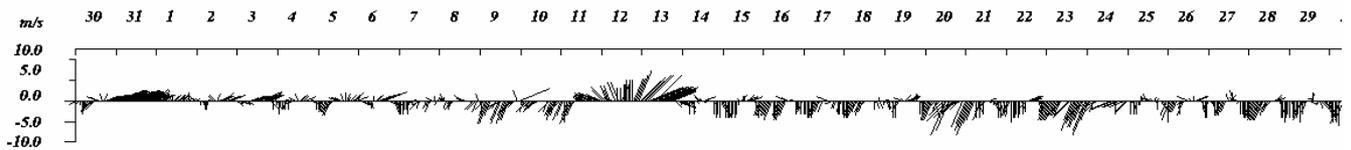
調査期間の前半（8/30～9/13）に大きな流れが見られる。

上下層で流れの同時性は認められなかった。

下層は比較的一定方向への流れとなっており、全体的に〔流向流速出現頻度分布〕で明らかになったように反時計周りの流れが見られる。



### 風速ベクトル



### 風速 24 時間移動平均ベクトル

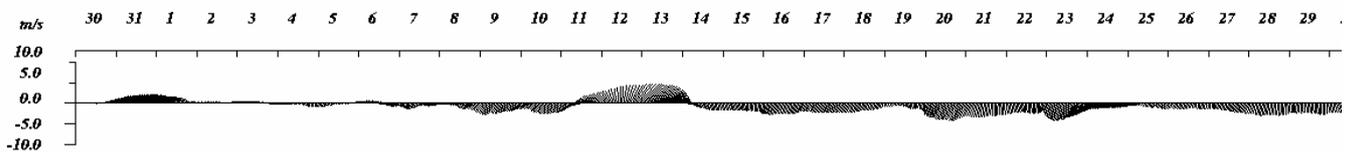
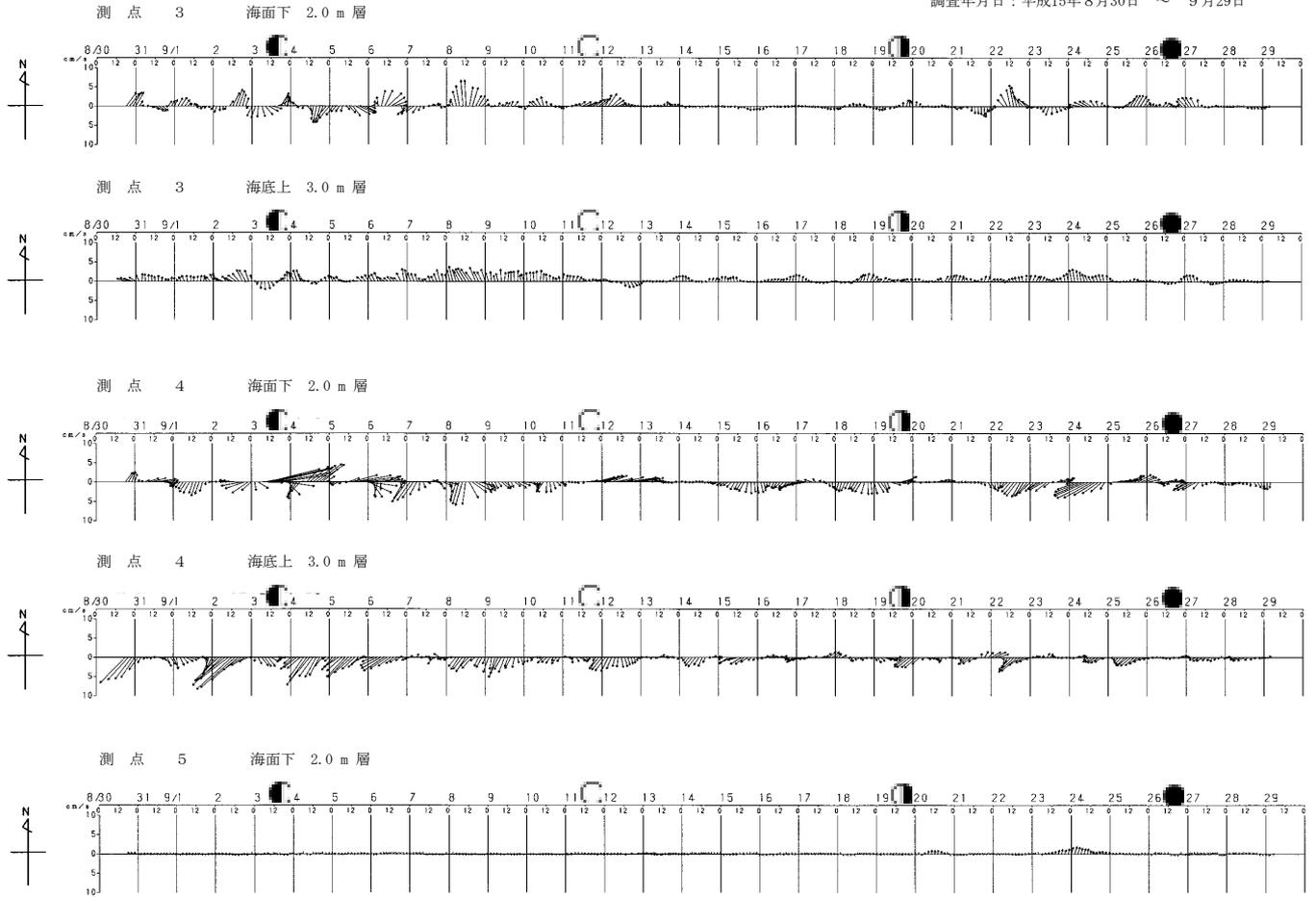
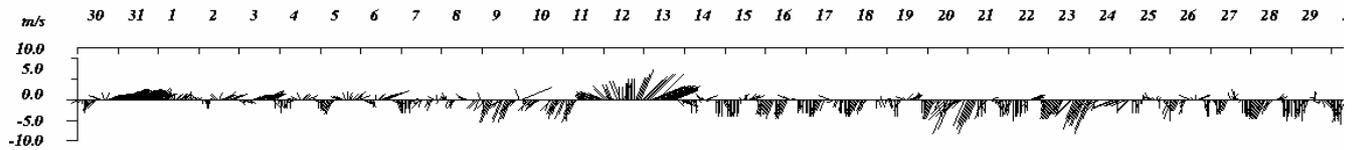


図 4-7 (1). 25 時間移動平均ベクトル及び風速ベクトル (測点 1, 2)

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日



### 風速ベクトル



### 風速 24 時間移動平均ベクトル

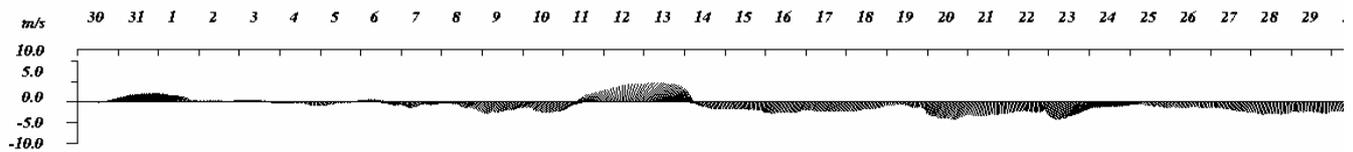


図 4-7 (2). 25 時間移動平均ベクトル及び風速ベクトル (測点 3, 4, 5)

b) ADCPによる補完流況調査

調査方法及び調査概要を表 4-5 及び図 4-8 に示す。

表 4-5. ADCP 調査方法

調査項目	ADCP 調査	
調査期間	下げ潮時及び上げ潮時の計 2 回	
調査位置	図 4-9 に示す。	
測定層	海面下 2 m 層から 1 m 間隔で海底上 2 m 層まで	
使用機器	ドップラー流速計	
仕様	トランスデューサー	1200KHz
	最大測定水深	約 30m
	測定開始水深	海面下 2 m 層 (測定開始中心層)
	設定層厚	1.0m
	ビーム形状	ビーム角 : 20°    ビーム幅 : 1.5°
	測定精度の目安	層厚 1.0m 10ping 平均の場合 : 精度 : 1.5cm/s * Ping : 発信 (音)

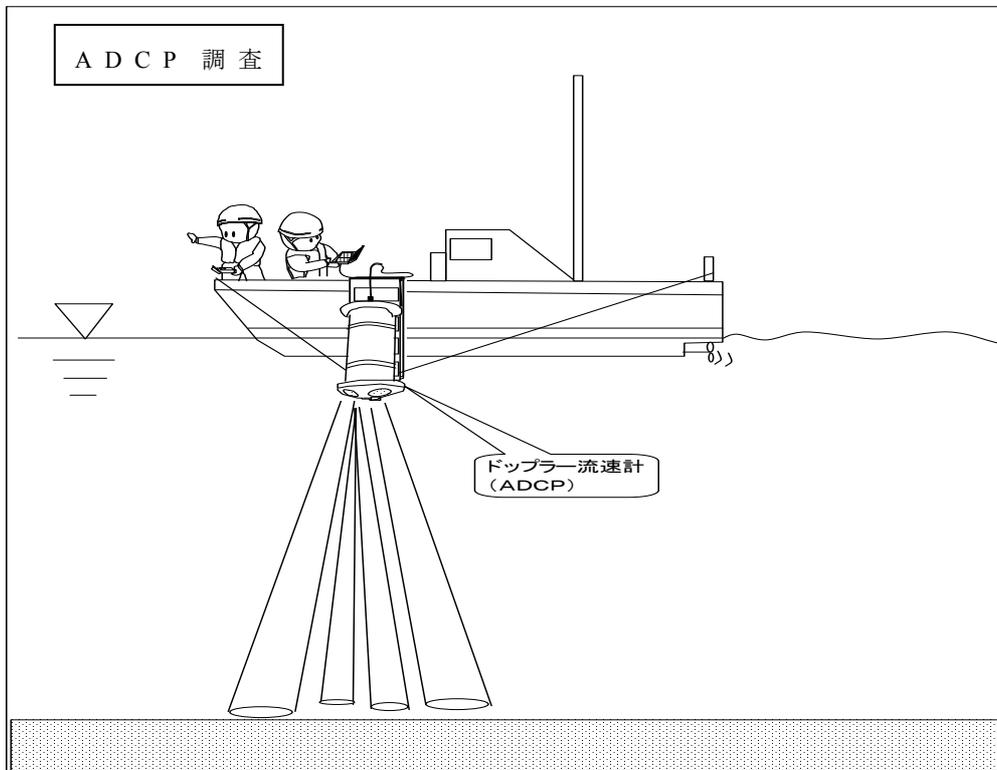


図 4-8. ADCP 調査概要

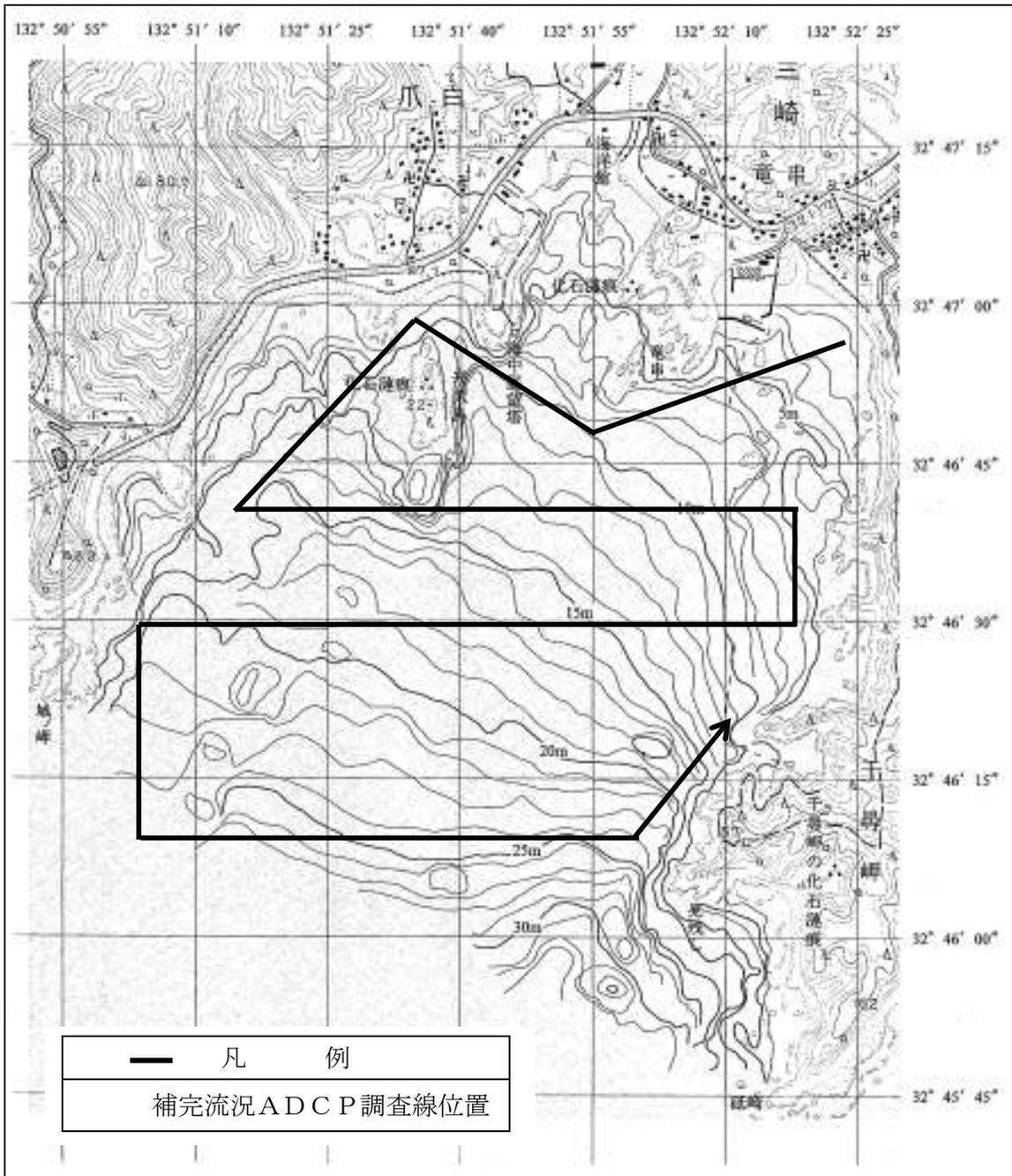


図 4 - 9 . 補完流況調査ADC P測線図

## 調査結果

### [全体の流れの把握] (資料 11, 12 参照)

A D C P 調査で得られる結果は、観測線上の流向・流速である。これらをわかり易くするために、約 20mメッシュのグリッドに補間を行った。なお、補間法は、クリギング (Kriging) 法を用いた。図 4-10 に全体の A D C P 観測結果を示す。

沖合い 10m 以深では、15~25cm/s の東へ流れる黒潮の一部が観測された。

上げ潮時 (9:43~10:35) と下げ潮時 (11:51~12:46) の僅かな間で、黒潮の流れパターンは変化しており、上げ潮時は比較的湾内部まで流れが差し込んでいるが、下げ潮時は岬をかすめるように速い流れが生じている。

水深 5 m では、竜串湾内に反時計回りの還流が存在している。

水深 2 m では流れが微弱で、顕著な流れパターンは見られなかった。

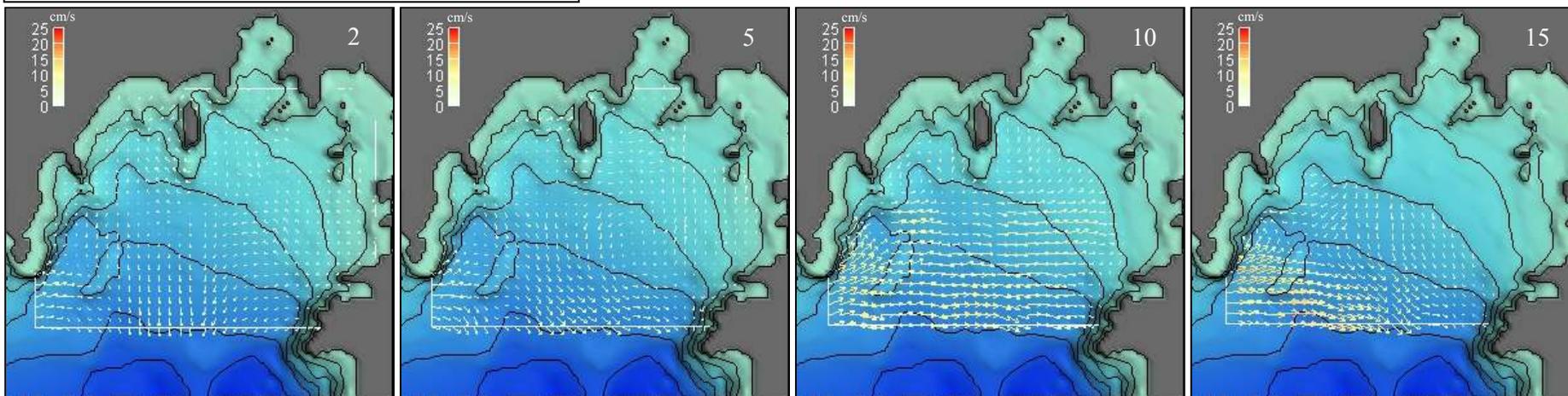
### [弁天島周辺の流れの把握]

弁天島周辺の流れを把握するために、図 4-11 に弁天島周辺の流れを拡大図で示す。

上げ潮及び下げ潮ともに、弁天島と爪白海岸の間の水道では西から東へ向かう流れが生じている。

弁天島の東側海域では流速が弱くなっている。

上げ潮（時刻：8：43～10:35、風：E3.5m）



下げ潮（時刻：11：51～12:46、風：ENE2.8m）

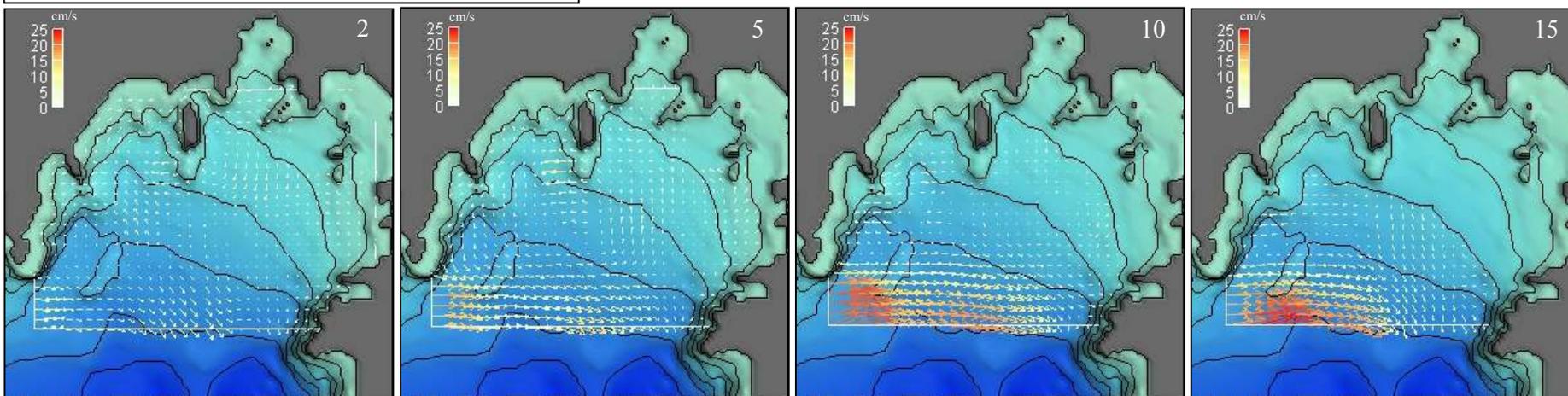
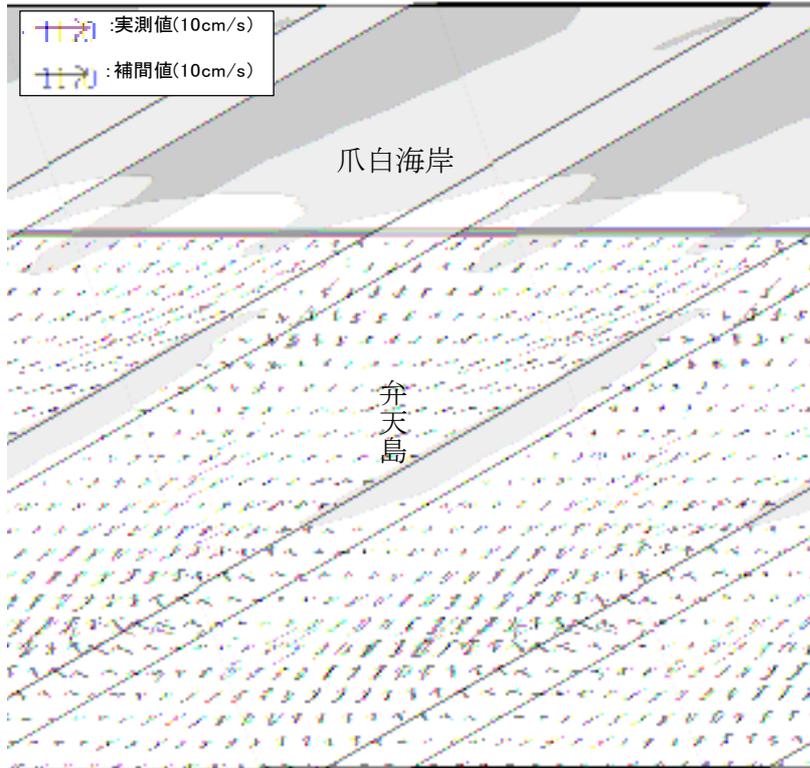


図4-10. ADCP観測結果

(上げ潮時)



(下げ潮時)

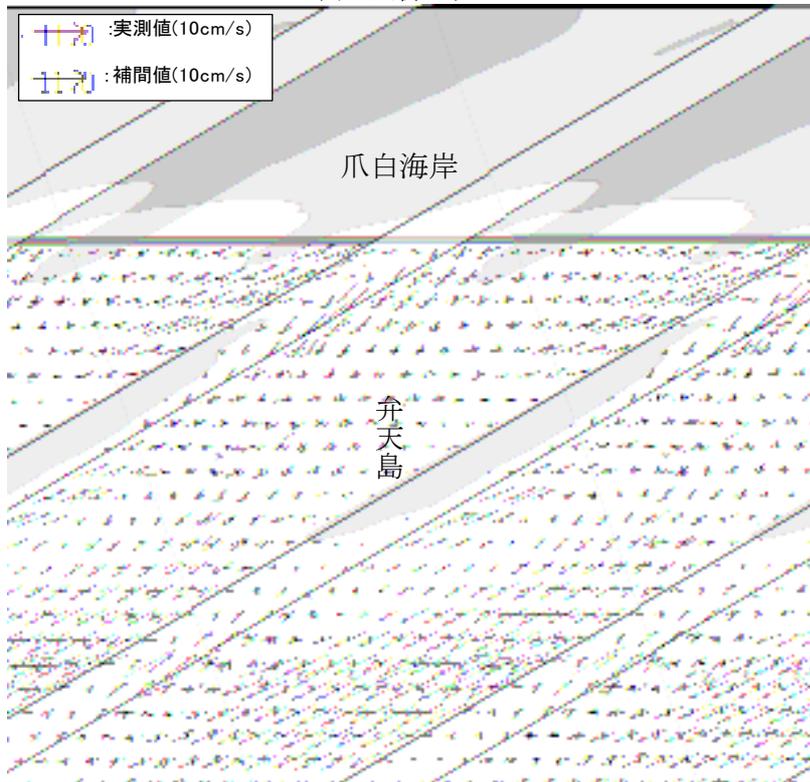


図4-11. 弁天島周辺の流況（海面下2m層）

c) 測流板による補完流況調査

測流板追跡調査の調査方法及び調査概要を表 4-6 及び図 4-12 に示す。

表 4 - 6 . 測流板追跡調査方法

調査項目	測流板追跡調査
調査期間	下げ潮時及び上げ潮時の計 2 回
調査位置	弁天島の周辺海域
測定層	表層 50cm
測定間隔	30分
使用測器	測流板 なお、位置の決定は GPS で行った。

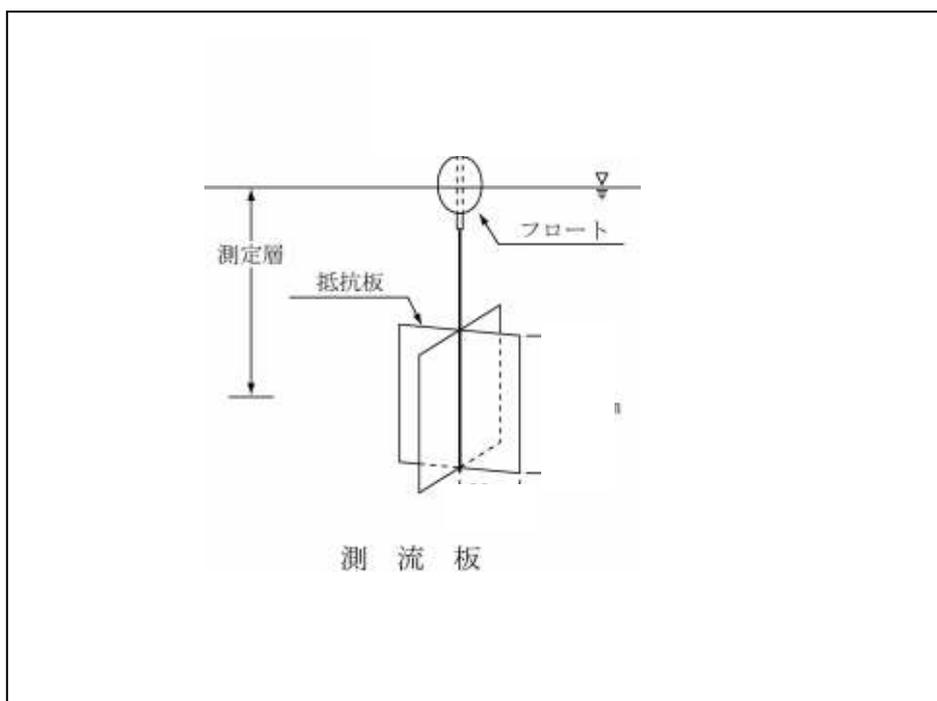


図 4 - 1 2 . 測流板追跡調査概要

## 調査結果

測流板調査は、弁天島と爪白海岸の間の水道周りを中心に、9/14～9/28 日の間を不定期に6回実施した。測流板追跡結果を図4-13及び表4-7に示す。

弁天島西側の水道に近い位置に投入したケース(①、②)は若干、水道より流れるものの、水道へ入り込むことなく、弁天島の西側に沿って沖合いへ流れた。

弁天島東側に投入したケース(⑤、⑥)では、徐々に水道に近づいている。なお、このときの風向きは北北西であることから、風による流れではない。

水道内に投入したケース(③)では東へ向かって流れはじめるが、水道を渡りきるほどの流速ではない。

弁天島西側の離れた場所に投入したケース(④)は、沖合いに流れ出ており、6回の観測のうちもっとも流れが速かった。

潮時(上げ潮、下げ潮)による流れのパターンは見られなかった。

ADCP調査結果では弁天島と爪白海岸の水道部で東向きの流れが観測されたが、測流板調査ではその流れを捉えることが出来なかった。原因は不明であるが、ADCPは海面下2m層、測流板は海面下50cmの流れを捉えていることから水深による流れの違いである可能性もある。

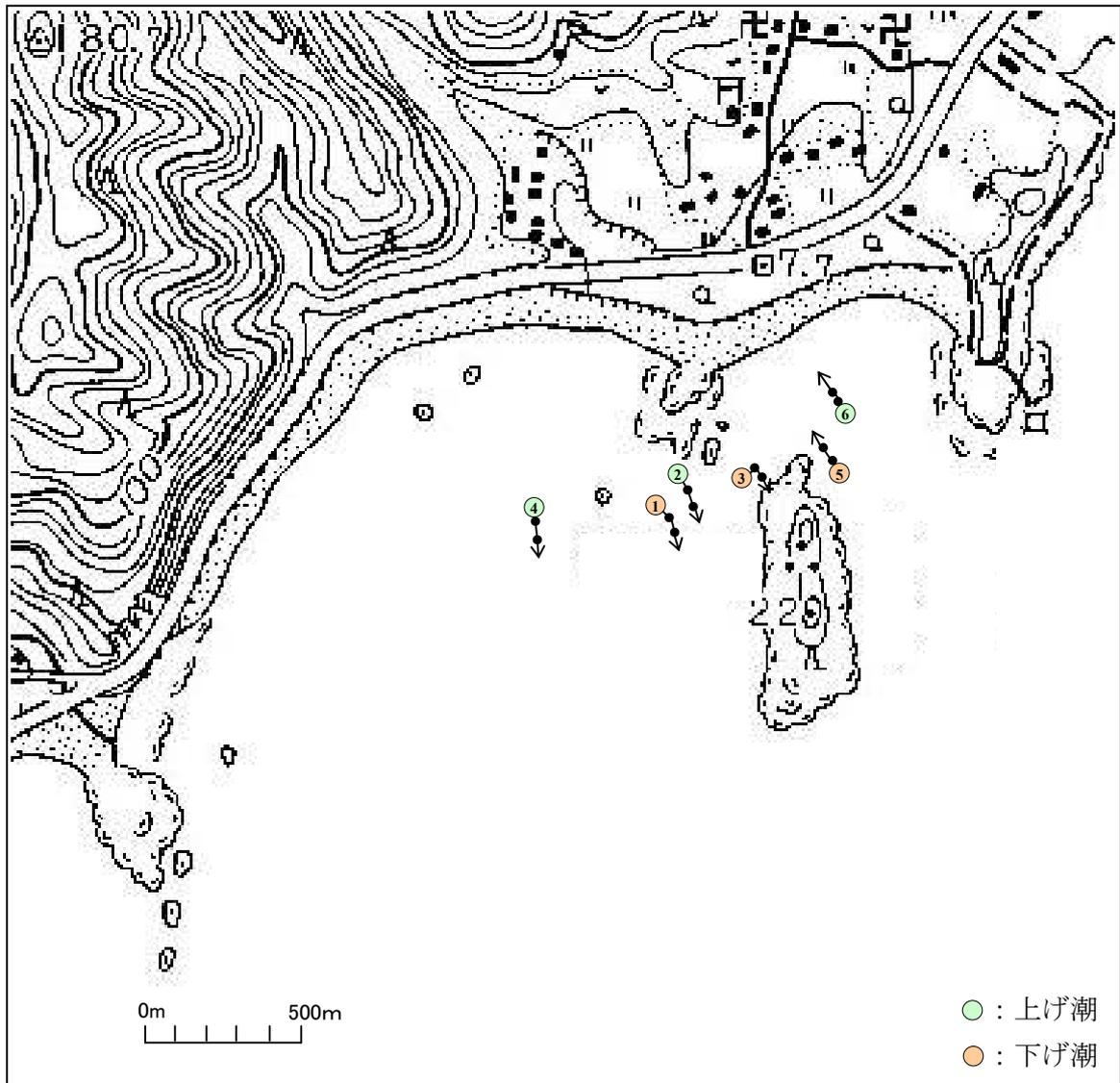


図4-13. 測流板追跡結果

表 4 - 7 . 測流板追跡結果

測点 ① : 平成 1 5 年 9 月 14 日 (下げ潮時)

No.	時刻 時:分:秒	秒数 S	流程 m	流速 cm/s	備考
1	07:45:00	1800	30	2	投入
2	08:15:00	1500	25	2	
3	08:40:00				揚収

※ 風向 WNW 風速 5.8 m/s

測点 ② : 平成 1 5 年 9 月 16 日 (上げ潮時)

No.	時刻 時:分:秒	秒数 S	流程 m	流速 cm/s	備考
1	07:35:00	1800	45	3	投入
2	08:05:00	1500	55	4	
3	08:30:00				揚収

※ 風向 WNW 風速 4.2 m/s

測点 ③ : 平成 1 5 年 9 月 26 日 (下げ潮時)

No.	時刻 時:分:秒	秒数 S	流程 m	流速 cm/s	備考
1	07:43:00	1620	25	2	投入
2	08:10:00	1800	30	2	
3	08:40:00				揚収

※ 風向 NNW 風速 2.8 m/s

測点 ④ : 平成 1 5 年 9 月 2 6 日 (上げ潮時)

No.	時刻 時:分:秒	秒数 S	流程 m	流速 cm/s	備考
1	07:45:00	1380	50	4	投入
2	08:08:00	2100	80	4	
3	08:43:00				揚収

※ 風向 NNW 風速 2.8 m/s

測点 ⑤ : 平成 1 5 年 9 月 2 8 日 (下げ潮時)

No.	時刻 時:分:秒	秒数 S	流程 m	流速 cm/s	備考
1	07:13:00	2100	35	2	投入
2	07:48:00	1020	30	3	
3	08:05:00				揚収

※ 風向 NNW 風速 2.8 m/s

測点 ⑥ : 平成 1 5 年 9 月 2 8 日 (上げ潮時)

No.	時刻 時:分:秒	秒数 S	流程 m	流速 cm/s	備考
1	07:14:00	2100	25	1	投入
2	07:49:00	1020	15	1	
3	08:06:00				揚収

※ 風向 NNW 風速 2.8 m/s

d) 波浪・濁度調査

波浪・濁度調査の調査測点を図 4-14 に示す。

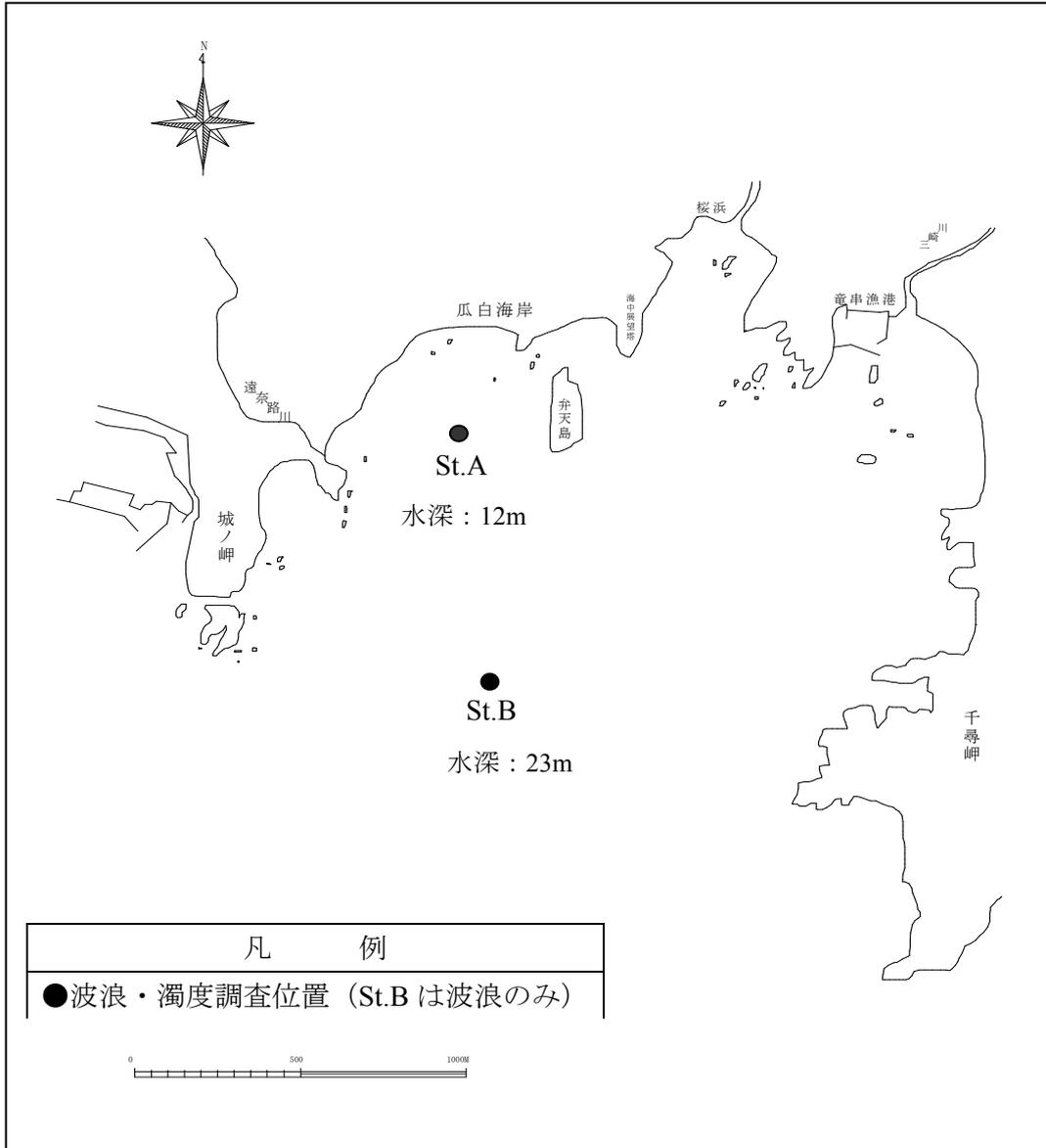


図 4 - 1 4 . 波浪・濁度調査の測点位置

[波浪調査]

波浪観測に使用する機器は、波高観測、波向観測、流向流速観測、及び長周期波観測に対応する観測機器（海底設置型）である DL-2 型波高計を使用した。

DL-2 型波高計の外観を図 4-15 に、機器仕様を表 4-8 に示す。

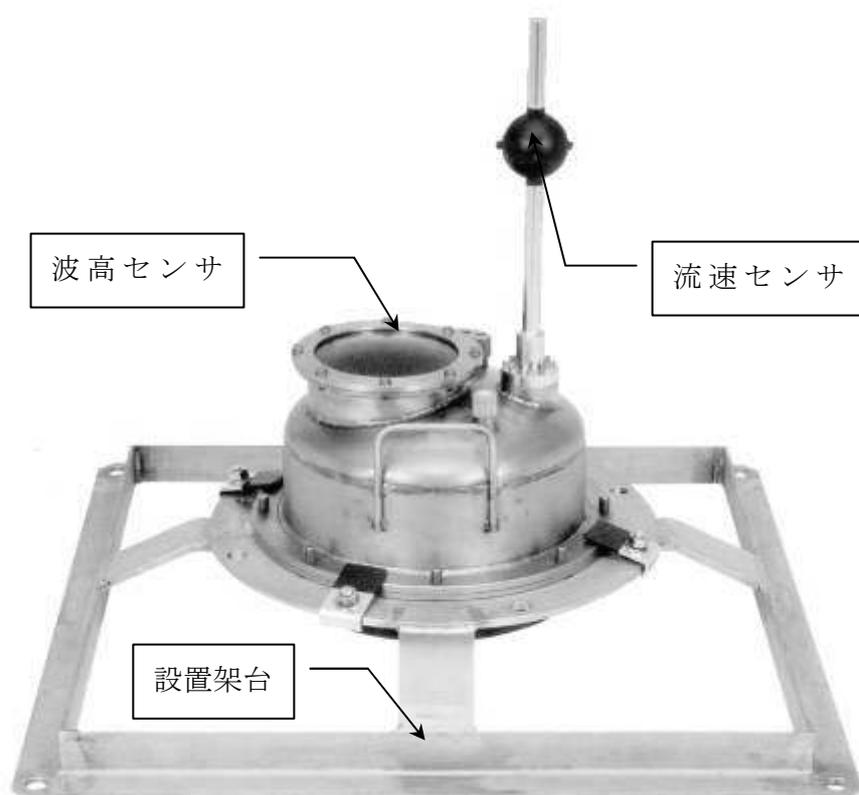


図 4-15. DL-2 型波高計の外観

表 4-8. DL-2 型波高計の機器仕様

調査項目	超音波式波高計	水圧式波高計	電磁流速波向計
測定範囲	0~20m	0~20m	±1.25/2.5m
測定精度	±0.3%	±1%	±1%
分解能	1cm	1cm	1cm/2cm
設置範囲	2~60m	1~60m	1~60m
時計精度	±30 秒/月		
時刻合わせ	キースイッチで設定		
電源	シール電池 12AH・3 個/リチウム電池 30AH・3 個実装		
外形寸法・重量	φ384・H607mm, 約 26kg		

## 観測仕様

- ・観測時間 : 毎正時に 20 分間観測
- ・サンプリング間隔 : 0.5 秒
- ・観測間隔 : 1 時間
- ・データ出力 : 全データ

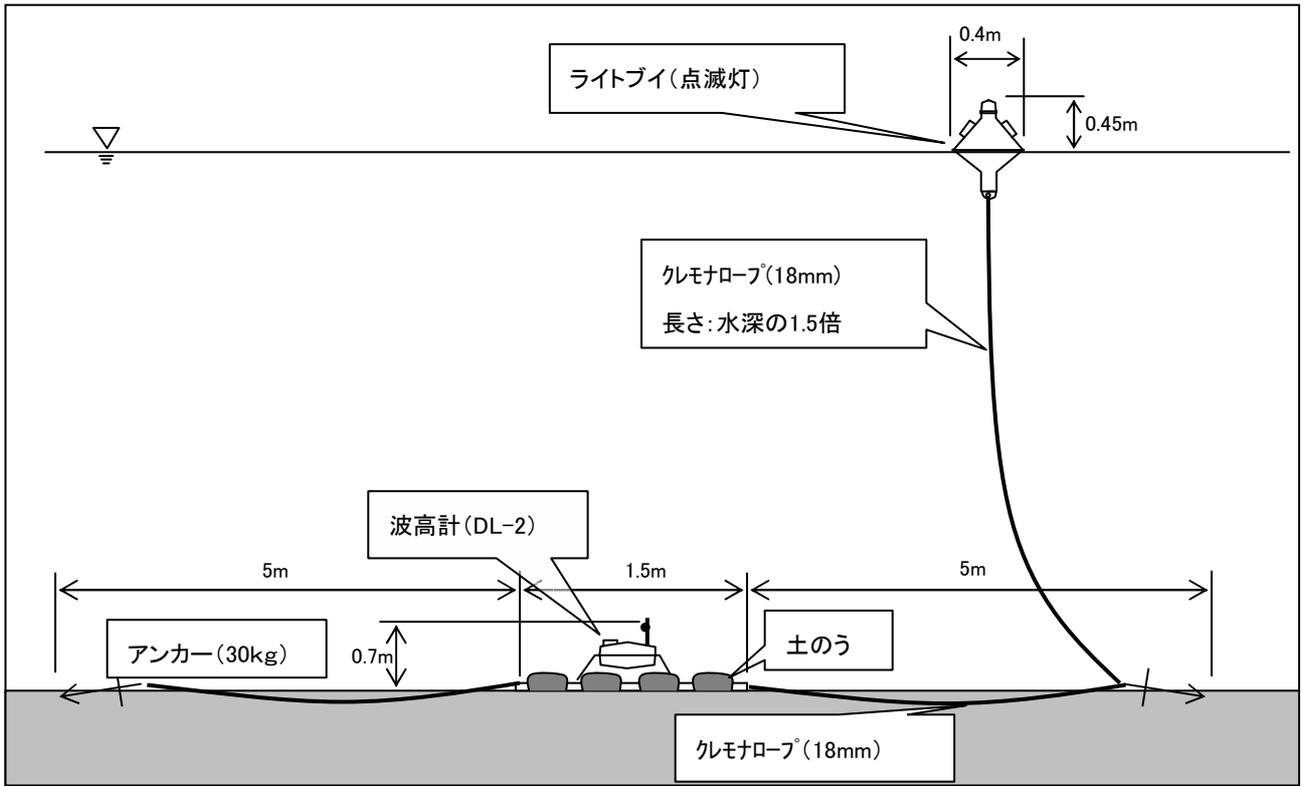
## 観測期間

観測期間については、測点A（岸側）では平成 15 年 8 月 31 日～平成 15 年 9 月 30 日の約 1 ヶ月間とした。また、測点B（沖側）では測点A（岸側）との波高変化を把握する目的から、平成 15 年 8 月 31 日～平成 15 年 9 月 2 日の約 2 日間とした。

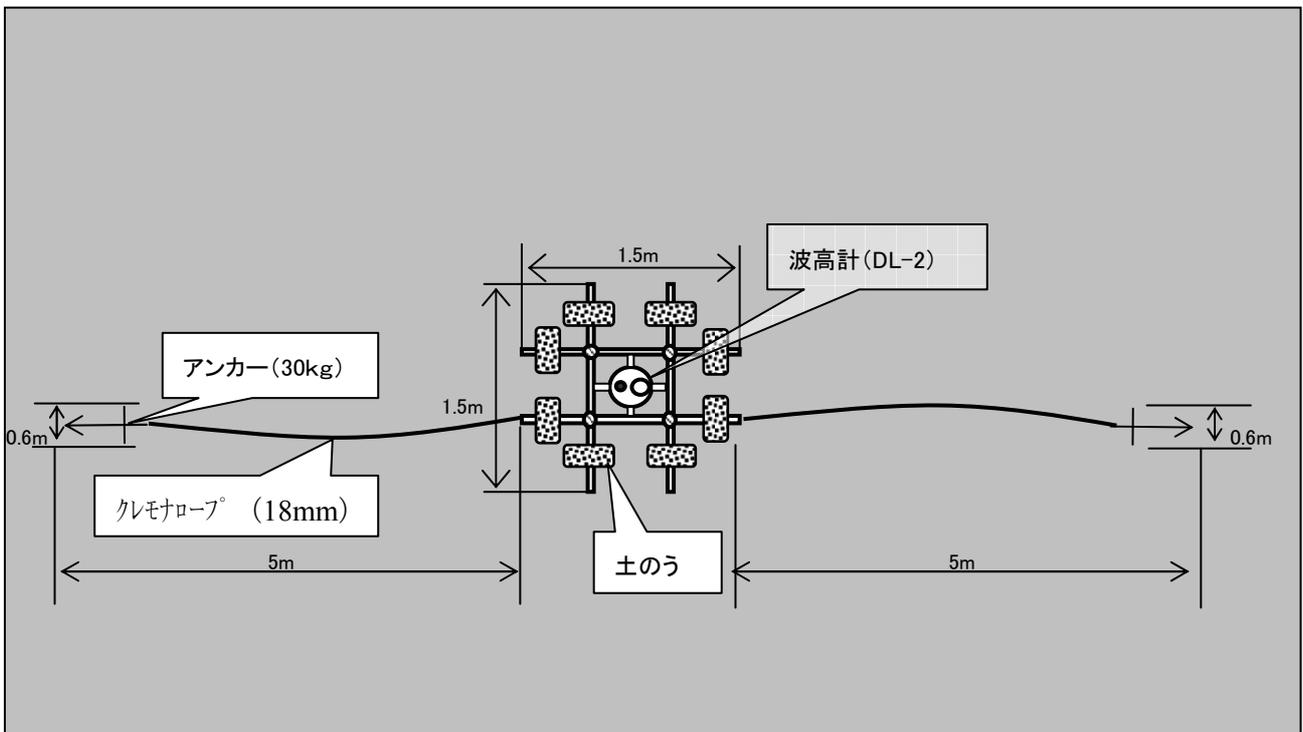
## 設置方法

図 4-16 及び図 4-17 に設置状況を示す。なお、観測機器の設置に当たっては、以下の点に留意した。

- ・設置箇所付近の潜水探査を行い支障物の無いこと
- ・観測精度に影響が出ないよう、観測機器の安定性に十分留意すること
- ・潮流等で観測機器が動かないよう海底に堅固に固定すること
- ・観測箇所が分かるように、ライトブイ（夜間点滅灯）を設置し、万一の機器漂流に備え、当該アンカーと観測機器をロープで結束すること



(断面)



(平面)

図4-16. 設置詳細状況



图 4 - 1 7 . 波高計設置狀況

[濁度調査]

使用機器

濁度観測は、連続観測が可能な COMPACT-CLW（アレック電子株）を使用した。

COMPACT-CLW の外観を図 4-18 に示す。



図 4 - 1 8 . COMPACT-CLW の外観

COMPACT-CLW の機器仕様を表 4-9 に示す。

表 4 - 9 . COMPACT-CLW の機器仕様

測定項目	クロロフィル	濁度	水温
センサタイプ	蛍光測定	赤外後方散乱	サーミスタ
測定範囲	0.1~400 $\mu\text{g}/\text{l}$	0~1000FTU	-5~40°C
精度	0.01 $\mu\text{g}/\text{l}$	0.03FTU	0.001°C
電源 / 容量	リチウム電池 (14AH)		
材質	チタン 2種		
寸法	寸法図参照		
重量	空中重量 1080 g 水中重量 560 g		
耐圧性能	200m水深		

#### 観測仕様

- ・観測時間 : 20 分間観測
- ・サンプリング間隔 : 1 秒
- ・観測間隔 : 10 分
- ・データ出力 : 20 分間平均値

#### 観測期間

観測期間については波浪調査と同じ、平成 15 年 8 月 31 日～平成 15 年 9 月 30 日の約 1 ヶ月間とした。

#### 設置方法

図 4-19 及び図 4-20 に設置状況を示す。なお、観測機器の設置に当たっては、以下の点に留意した。

- ・観測精度に影響が出ないよう、観測機器の安定性に十分留意すること
- ・潮流等で観測機器が動かないよう海底に堅固に固定すること
- ・波浪と濁度の関係を捉えることから、波浪調査点のすぐ近くに設置する。

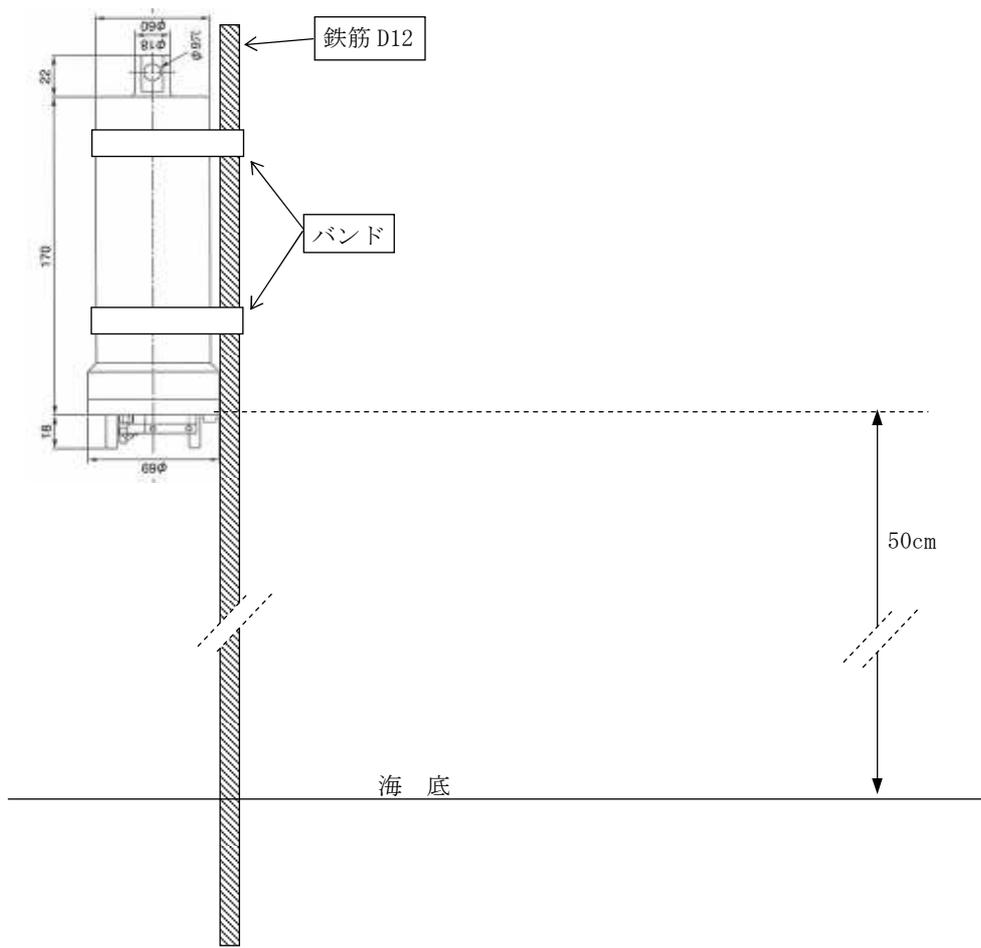


図 4 - 1 9 . 濁度計の設置詳細状況



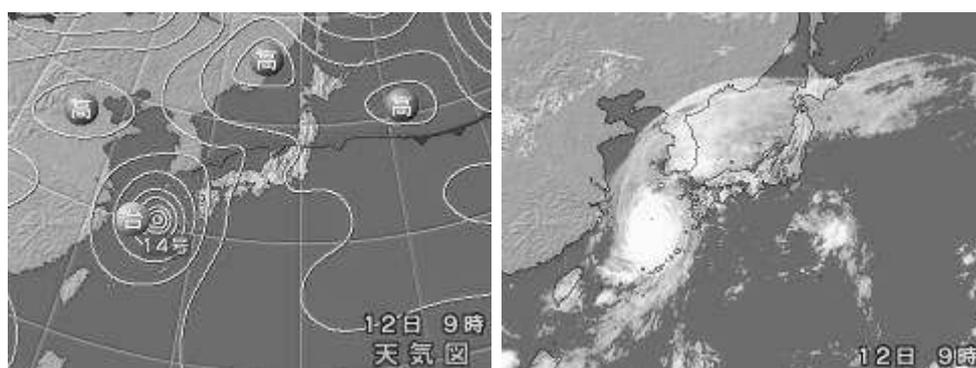
図 4 - 2 0 . 濁度計の設置状況

## 調査結果

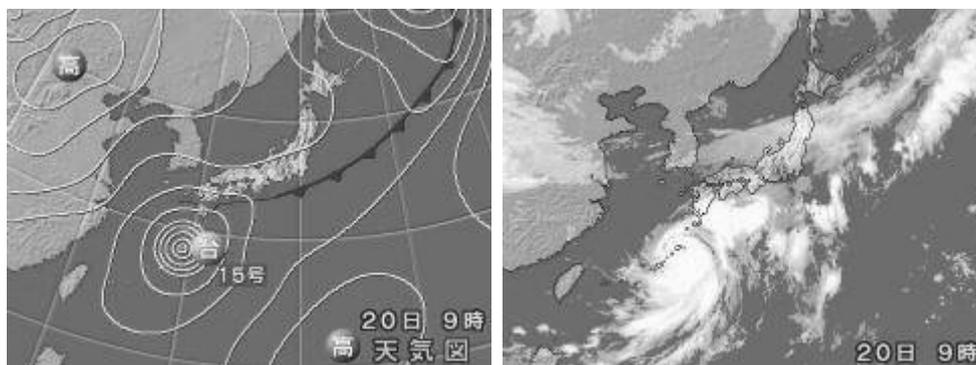
### [気象状況]

波高計および濁度計は8月31日12時に調査予定地点に設置し、9月30日7時に回収した。

波高計設置期間中に台風が竜串に最も接近したのは9月1日(台風13号)、9月12日(台風14号)、9月20日(台風15号)9月29日(台風16号)であった。図4-21に9月12日及び9月20日の天気図を示す。



台風14号が東シナ海を北上、0時935hPa、3時940hPa、6時945hPa、21時950hPa、22時960hPa、24時965hPa。6時まで非常に強い勢力、その後も強い勢力を維持。台風は午後9時すぎに韓国・釜山付近に上陸、韓国南部や中部は家屋崩壊や土砂崩れなど大きな被害に見舞われ、115人が死亡・または行方不明となっている(15日)。釜山港のコンテナふ頭では大型クレーン8台が強風で倒れるなど、全クレーンの4分の1が被害を受けた。



台風15号 6時以降970hPaで強い勢力に、8時には奄美大島付近に進み、夜遅くには種子島の南東海上へ。奄美大島では朝のうちまで時間20~25ミリの雨、九州南部でも朝のうちまで、一時的に時間30ミリ超す激しい雨。また、台風の前面に停滞する秋雨前線に向かって南から暖湿流が入り、四国~紀伊半島、東日本の太平洋側で雨の所が多くなった。関東では朝のうち内陸部で時間20ミリ、静岡市でも15時に20.5ミリ。また、伊豆諸島でも断続的に時間20ミリを超す雨となり、日雨量は東京・三宅島で147ミリに達した。

出典：「気象人」(<http://www.weathermap.co.jp/kishojin/>)

図4-21. 気圧配置図

[出現頻度分布 (有義波)] (資料 13~16 参照)

波浪調査の出現頻度分布 (有義波) を図 4-22 に示す。なお、測点 B の結果については約 2 日間の観測であることから測点 A と同等に比較が出来ないと判断し、資料に記した。

測点 A (岸側) の波向は S 方向のみであった。また、波高は 0.25~0.5m、周期は 7~8 s が最も卓越している。

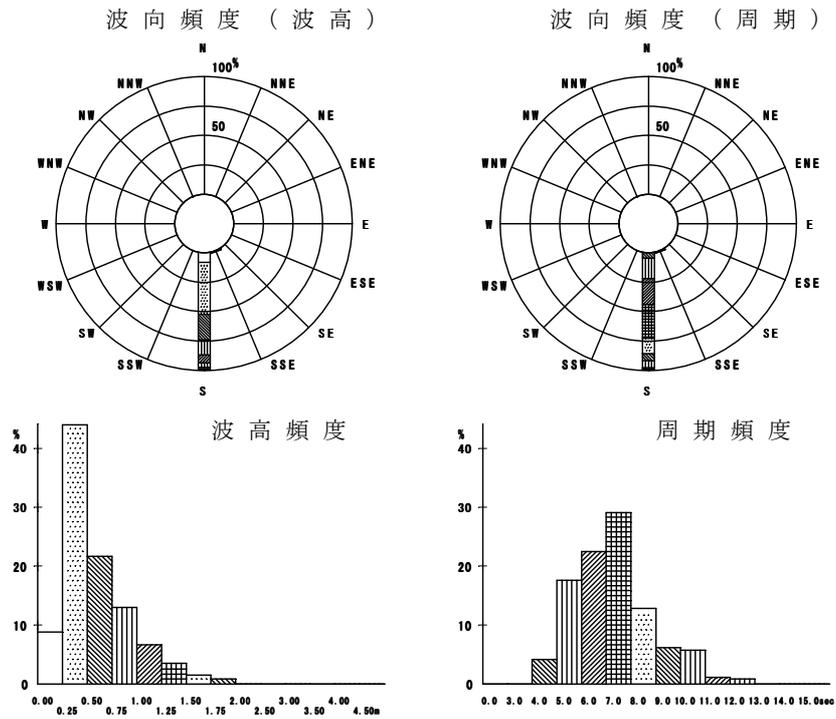


図 4-22. 出現頻度分布 (有義波)

(波向の設定)

波向の設定方法は、波高と同時に観測される流向・流速を用いて平均波向を算定する。平均波向の算定は以下のとおりである。

$$\bar{\theta} = \tan^{-1} \frac{\bar{k}_y}{\bar{k}_x} = \tan^{-1} \frac{M_{01}}{M_{10}}$$

ここに、 $\bar{k}_x, \bar{k}_y$  は平均波数、 $M_{pq}$  は波数空間上における方向スペクトル  $S(k_x, k_y)$  の原点に関するモーメント。

$$M_{pq} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} S(k_x, k_y) k_x^p k_y^q dk_x dk_y$$

$$\bar{k}_x = \frac{M_{10}}{M_{00}}, \bar{k}_y = \frac{M_{01}}{M_{00}}$$

[経時変化（資料 17 参照）]

測点 A における波浪調査結果（有義波）及び濁度の経時変化を図 4-23 に示す。

- ・ 波高は 9 月 1 日、9 月 12 日、9 月 20 日に高くなっているが、それぞれ台風 13 号、14 号、15 号の影響によるものである。
- ・ 有義波の大きさは、荒天時を除くと波高 0.5m 以下・周期 5～8 秒程度であった。また、台風時は波高 1.2～1.8m・周期 10～13 秒程度であった。
- ・ 濁度は、台風の来襲時に高くなっており、波高との相関が非常に高い。

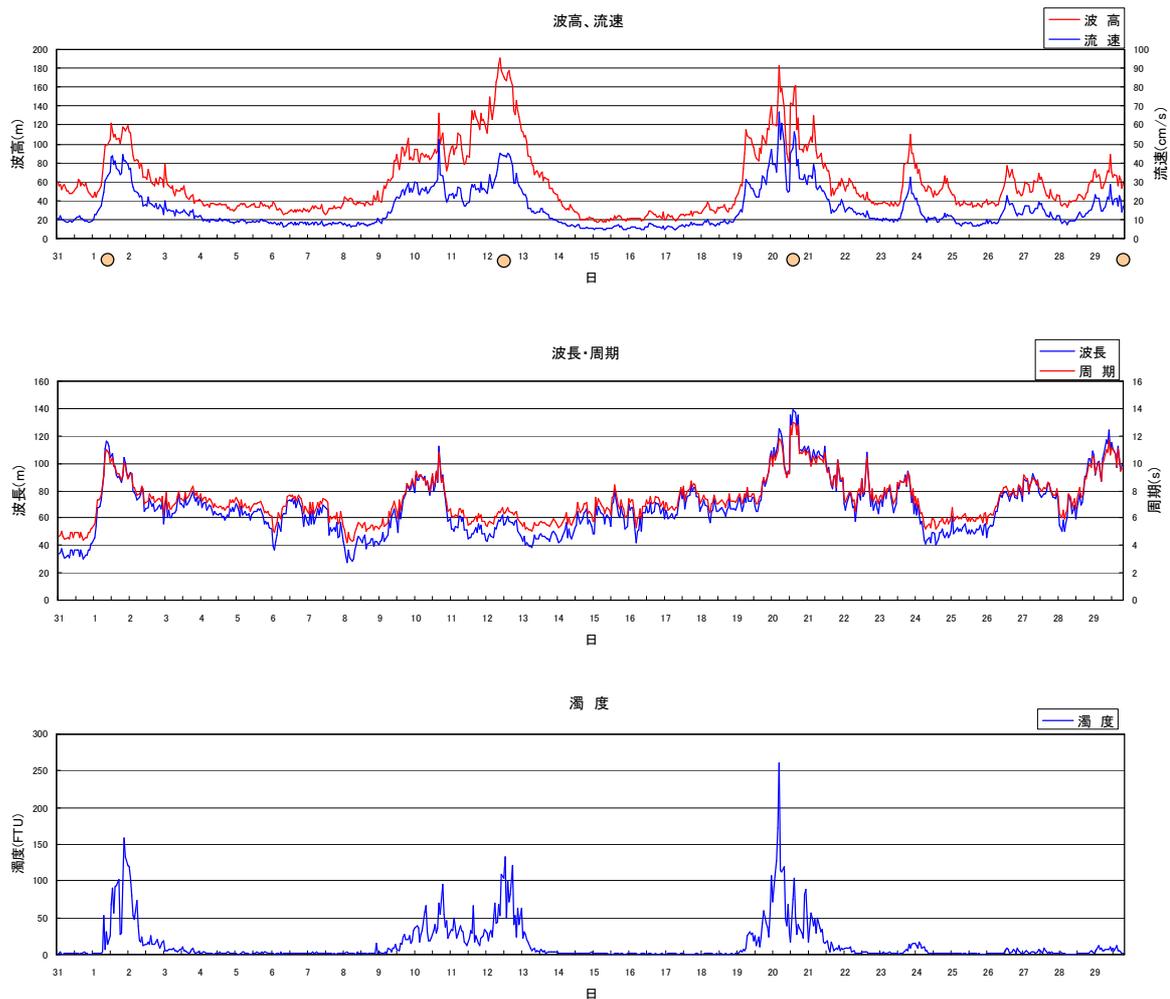


図 4-23. 波浪調査結果及び濁度の経時変化 ○：台風接近時

(波浪流速)

ここでの流速は、有義波相当の波浪に伴う流れを示す。設定方法は、波高と同時に観測された流速データを波向成分に投影し、波高の統計処理と同様の処理によって有義波相当の流速を求めた。

(濁度)

濁度のデータは 10 分間隔で取得しているが、ここでは波浪データと合わせるために、毎正時の 1 時間毎のデータを示している。

e) 底質粒度組成調査

海底に堆積した泥土の移動機構の資料を得るために、湾内の 10 地点において底質を採取し、粒度組成を調べた。

調査位置を図 4-24 に示す。

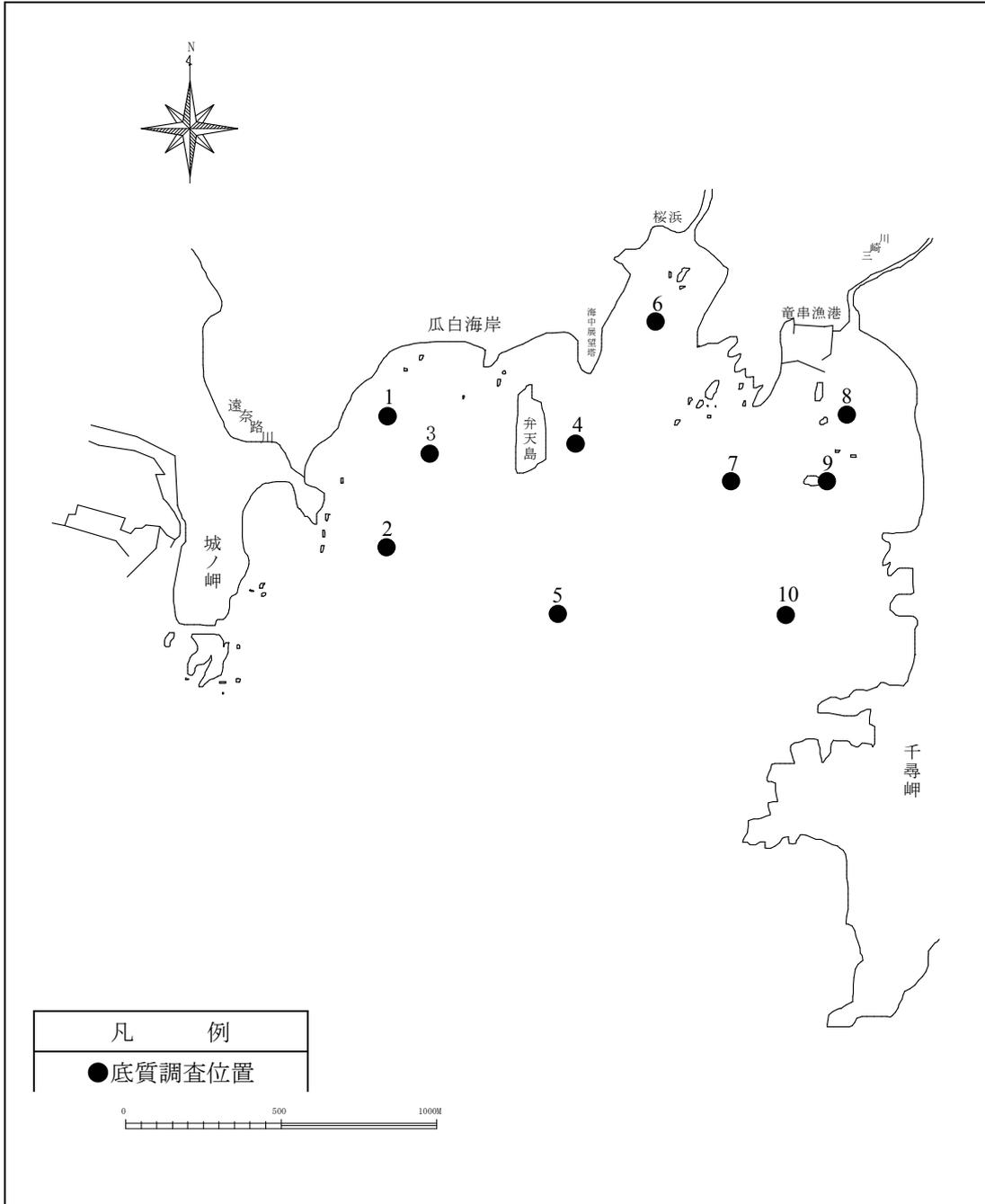


図 4 - 2 4 . 底質調査の測点位置

調査方法

底質調査の概要を表 4-10 に示す。また、採泥器及び調査要領を図 4-25 に示す。

表 4-10. 底質調査の概要

調査項目	粒度組成
調査期日	平成 15 年 9 月 11 日
調査点	図 4-24 に示す 10 点
測器	スミス・マッキンタイヤ型採泥器
調査方法	スミス・マッキンタイヤ型採泥器（採泥面積：0.05 m <sup>2</sup> ）を用いて海底土を 1 調査点につき 3 回ずつ採取し、試料とした。

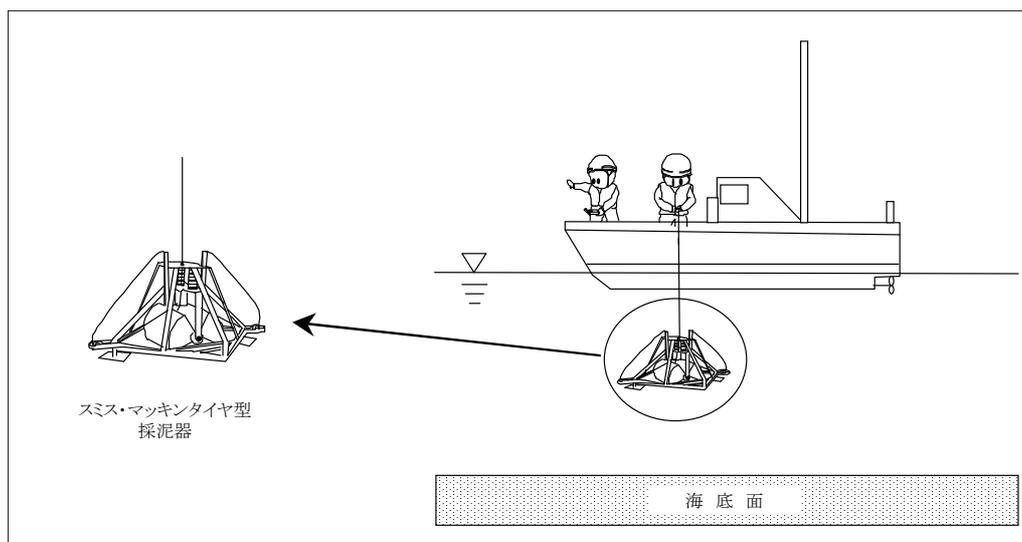


図 4-25. 底質調査要領

調査結果（資料 18 参照）

表 4-11 に各調査点の粒度試験結果（粒度組成）を示す。また、図 4-26 に測点毎の粒度分布を示す。

- ・ 瓜白海岸前・遠奈路川河口周辺の測点 1～3 は粒経が粗く、シルト以下は 3% 程度しかない。特に海岸に最も近い測点 1 では礫が約 70% を占めており、平成 13 年の遠奈路川からの濁水による影響は現在では見受けられない。
- ・ 弁天島東側の谷部に位置する測点 4 は全測点の中で最もシルト以下の割合が多い測点で、約 77% を占めていた。9 月 11 日の海底の状況は、潮通しがよい岩場の上はきれいであるが、海底付近は粘土化した泥が堆積しており、中に木の枝や樹木の葉が混入している。（図 4-27, 28 を参照）
- ・ 測点 6 は竜串湾の最奥部で流れが最も弱いと考えられる位置であったが、平成 13 年度の出水時にも濁水が到達していないと報告があるように、シルト以下は少なく、出水時の影響を受けていないと考えられる。
- ・ 三崎川の河口周辺の測点 7～10 では、測点 9 を除き、シルト以下は 38～41% を占めており、概ね同様の粒度組成を示している。
- ・ 竜串海中公園 3 号に位置している測点 9 は、周囲の粒度組成と大きく異なっており、砂・礫が 96% を占めている。
- ・ 水深 18m の測点 5 を沖合いの代表点とした。測点 5 は三崎川河口周辺と同様の粒度組成をしており、シルト以下は約 37% であった。

表 4-11. 粒度組成

測点	密度 g/cm <sup>3</sup>	粒度組成						50% 粒経 mm
		礫 %	粗砂 %	中砂 %	細砂 %	シルト %	粘土 %	
1	2.74	70.1	26.1	2.1	0.4	0.8	0.5	3.20
2	2.77	13.8	58.0	24.7	1.1	1.6	0.8	1.15
3	2.75	1.8	14.8	58.8	21.6	2.1	0.9	0.392
4	2.71	0.0	2.0	8.1	13.1	51.6	25.2	0.0201
5	2.73	0.0	0.0	4.7	58.5	29.6	7.2	0.102
6	2.74	0.1	1.8	54.6	39.3	2.7	1.5	0.273
7	2.73	0.0	0.1	5.7	52.9	34.4	6.9	0.0866
8	2.72	0.0	0.0	9.9	51.7	31.1	7.3	0.100
9	2.78	16.8	34.8	31.6	12.8	3.1	0.9	0.884
10	2.73	0.0	0.0	5.4	56.5	30.7	7.4	0.0952

(粒度区分)

- ・ 礫 : 2.0mm 以上
- ・ 粗砂 : 0.85～2.0mm
- ・ 中砂 : 0.25～0.85mm
- ・ 細砂 : 0.075～0.25mm
- ・ シルト : 0.005～0.075mm
- ・ 粘土 : 0.005 未満

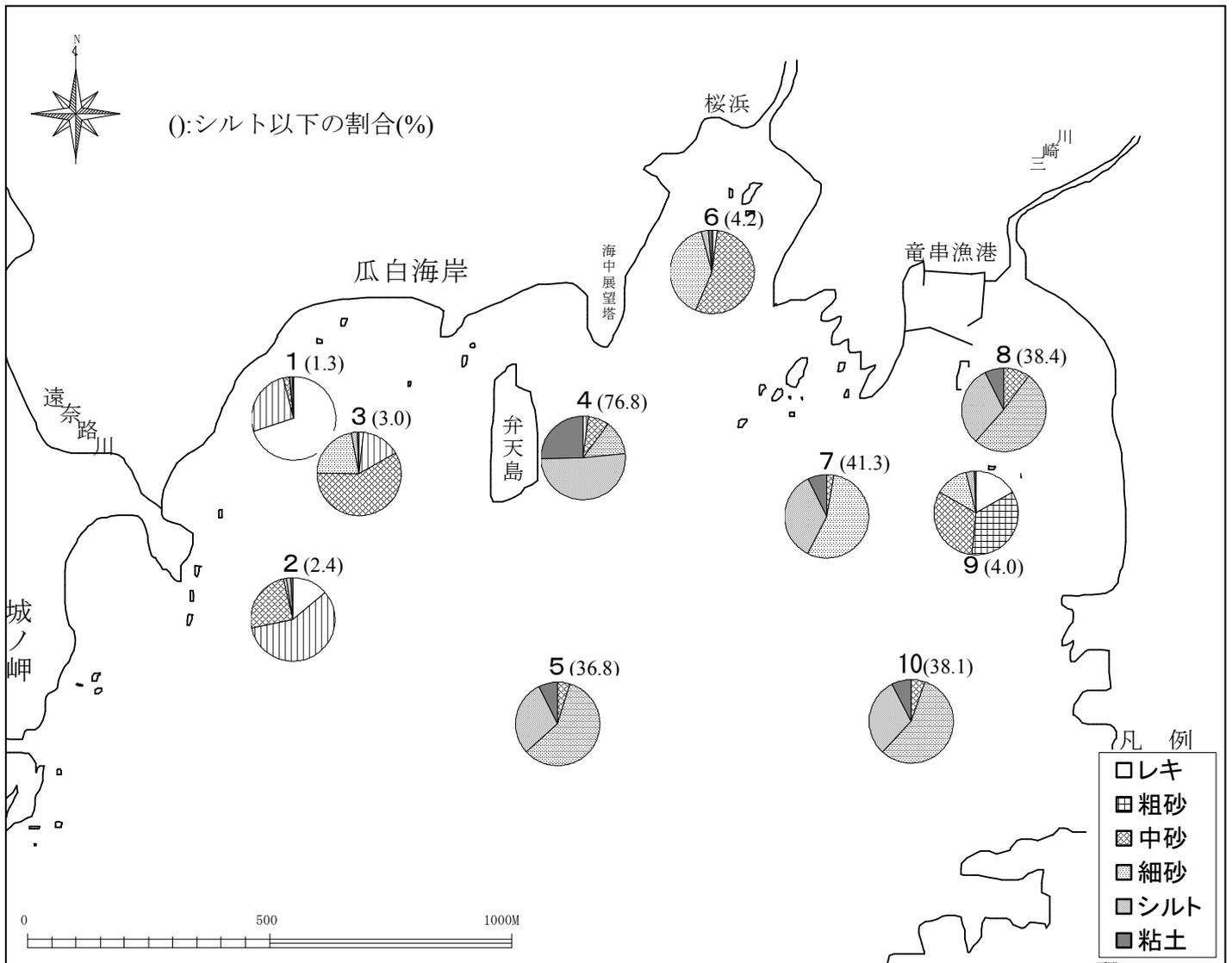


図 4 - 2 6 . 測点毎の粒度分布



図 4 - 2 7 . 枝葉の混入 (測点 4)



図 4 - 2 8 . 堆積泥に埋もれるサンゴ (測点 4)

図 4-29 に平成 13 年 11 月 21 日に採泥された底質分析結果（竜串海中公園地区サング群再生対策調査報告書、平成 14 年 9 月、財団法人黒潮生物研究財団）を示す。この泥は海中公園 3 号付近の堆積土ということから、今回調査の測点 9 にあたる。

平成 13 年度の調査結果ではシルト以下が 98%を占めていたが、今回調査では 4%となっており、大きく性状が異なっている。これらの原因として次のことが考えられる。

- ① サンプルング場所の違いにより性状が大きく異なる。
- ② 2 年間を経て性状が変化した。

平成 13 年度の報告書によると、海中公園 3 号地付近は台風の前後に堆積厚さの減少が確認された海域であるが、約 1 年経過しても 10~30cm の泥の堆積がしていると報告されており、周囲の測点では 40%程度が粘土・シルト分であることから、②の原因は考えにくい。したがって、①の場所の違いにより底泥の性状が大きく異なる海域であると判断される。

この近傍には大礫という岩礁帯があり、台風時に波が当たることから、周辺の堆積土が流出しているとのことであった。

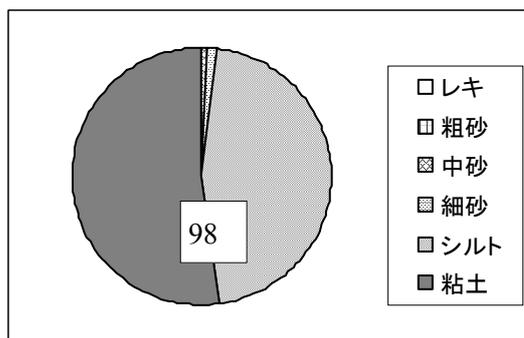


図 4 - 2 9 . 平成 13 年度調査結果  
(海中公園地区 3 号地付近：平成 13 年 11 月 21 日採泥)

## f) 海底堆積土及び流入河川上流の土の性状調査

### (1) 調査の目的

短時間に海底に堆積したヘドロ・砂などの堆積土の生態系への影響は未解明な事項が多く、どの要因が何に影響するか不明であり、生態系への影響に関するデータはほとんどない。また、環境再生対策上も堆積の特性を把握することは重要である。そのため、海底堆積土の物理特性・化学特性および堆積特性などの基礎的な特性を知り、それらの生態系への影響を把握し、さらに対策法の検討のための基礎資料とすることが望まれる。また、現在竜串湾に堆積している土の供給源がある程度分かれば供給源対策の参考にもなる。各調査の目的は次の通りである。

#### ア. 竜串湾海底堆積土及び流入河川（宗呂川）上流の土の物理特性の調査

海底に堆積している土の粒度・比重・液性限界・塑性限界等を測定し、採取土の一般的な物理的特徴を知ることにより生態系への影響を知るための基礎資料とする。また、宗呂川上流の土についても同様の試験を行い、海底土との違いを探る。

#### イ. 竜串湾海底堆積土及び流入河川（宗呂川）上流の土の化学特性の調査

海底に堆積している土の pH、化学組成、重金属溶出量、強熱減量等を測定し、採取土の一般的な化学的特徴を把握することにより生態系への影響を知るための基礎資料とする。また、宗呂川上流の土についても同様の試験を行い、海底土との違いを探る。

#### ウ. 海底土の沈降・堆積・圧密特性

河川から湾へ流出した土の微粒子は流れがゆるくなると自然に沈降し海底に堆積しさらに電気化学的な結合力で固まり自重により圧密される。この過程の土としての特性の変化を把握し、生態系への影響の判定及び対策工立案のための基礎資料とする。

### (2) 調査項目

竜串湾の海底に堆積した海底土及び竜串湾に豪雨時に流入した河川の一つである宗呂川周辺の土について次の特性を調べる。

#### ア. 竜串湾海底堆積土及び流入河川（宗呂川）上流の土の物理特性：

比重、粒度、液性限界、塑性限界など

#### イ. 竜串湾海底堆積土及び流入河川（宗呂川）上流の土の化学特性：

pH、化学組成（ $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  等）、強熱減量、重金属溶出量（水銀、カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、）、肥料成分（N, P, K）含有量など

#### ウ. 竜串湾海底堆積土の一つの粘性土サンプルの沈降・堆積・圧密特性：

沈降・堆積・圧密の時間的変化、堆積した土の強度（粘着力）・含水比・体積比・単位堆積重量などの特性、圧密時間と堆積土の特性との関係など

[竜串湾の試料採取位置]

竜串湾の海底土の試料採取位置を図 4-30 に示す。

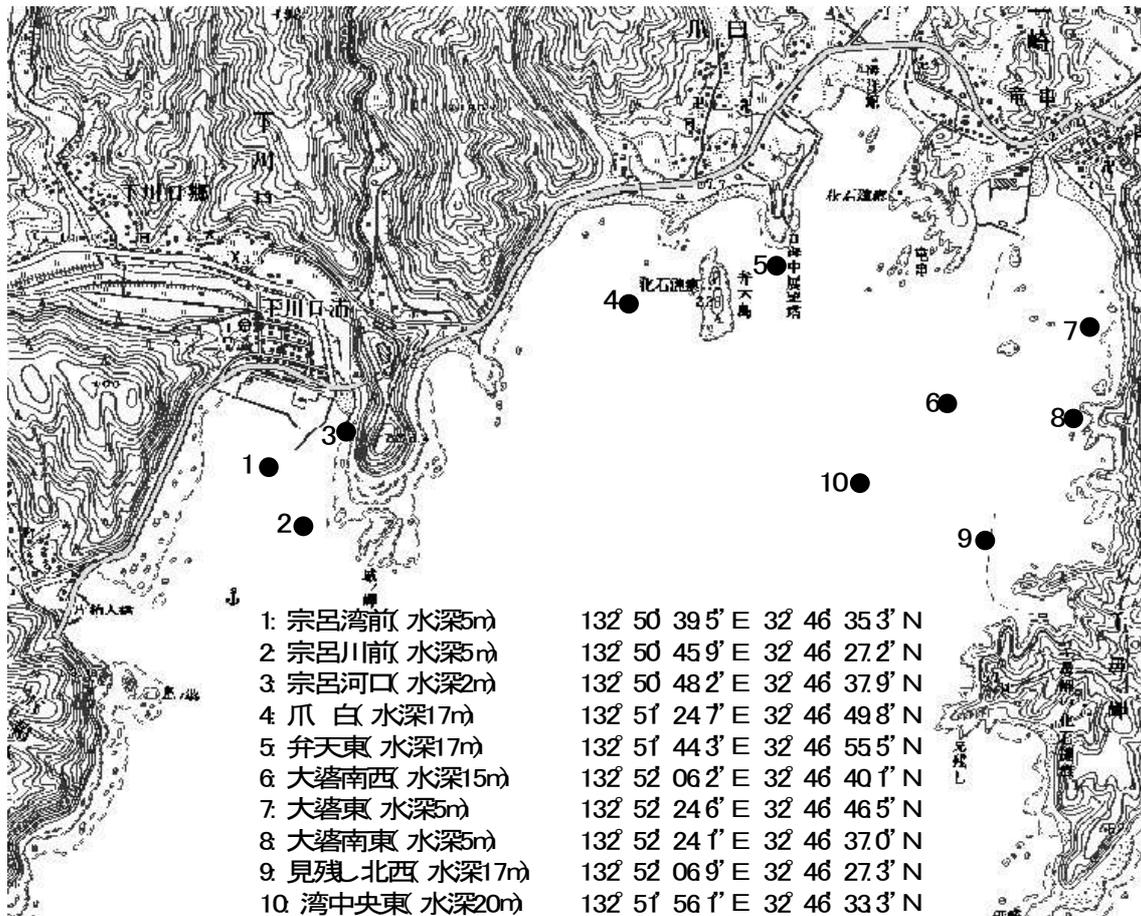


図 4-30. 竜串湾海底土採取位置

No. 1, 2, 3 は、土砂流出量が比較的多かったとされる宗呂川河口の試料である。No. 4, 5 は海浜流などにより細粒土が集まったと考えられる位置で、特に No. 5 は急激に水深約 10m まで深くなっている地点であり、海浜流の粒子沈降が起こりやすい地点である。No. 7~10 は、図 4-33 の東北側の三崎川及び東側の千尋岬からの流出土を予想した地点である。試料採取はダイバーによる乱した試料の採取である。

[宗呂川流域（陸上部）の試料採取位置]

宗呂川流域の試料採取位置を図 4-31 に示す。この流域は河川の氾濫が極めて大きかった場所であり河川は勿論、周辺の田畑も冠水した。試料採取位置はこの流域からまんべんなく取るようにした。乱した試料の採取を行った。

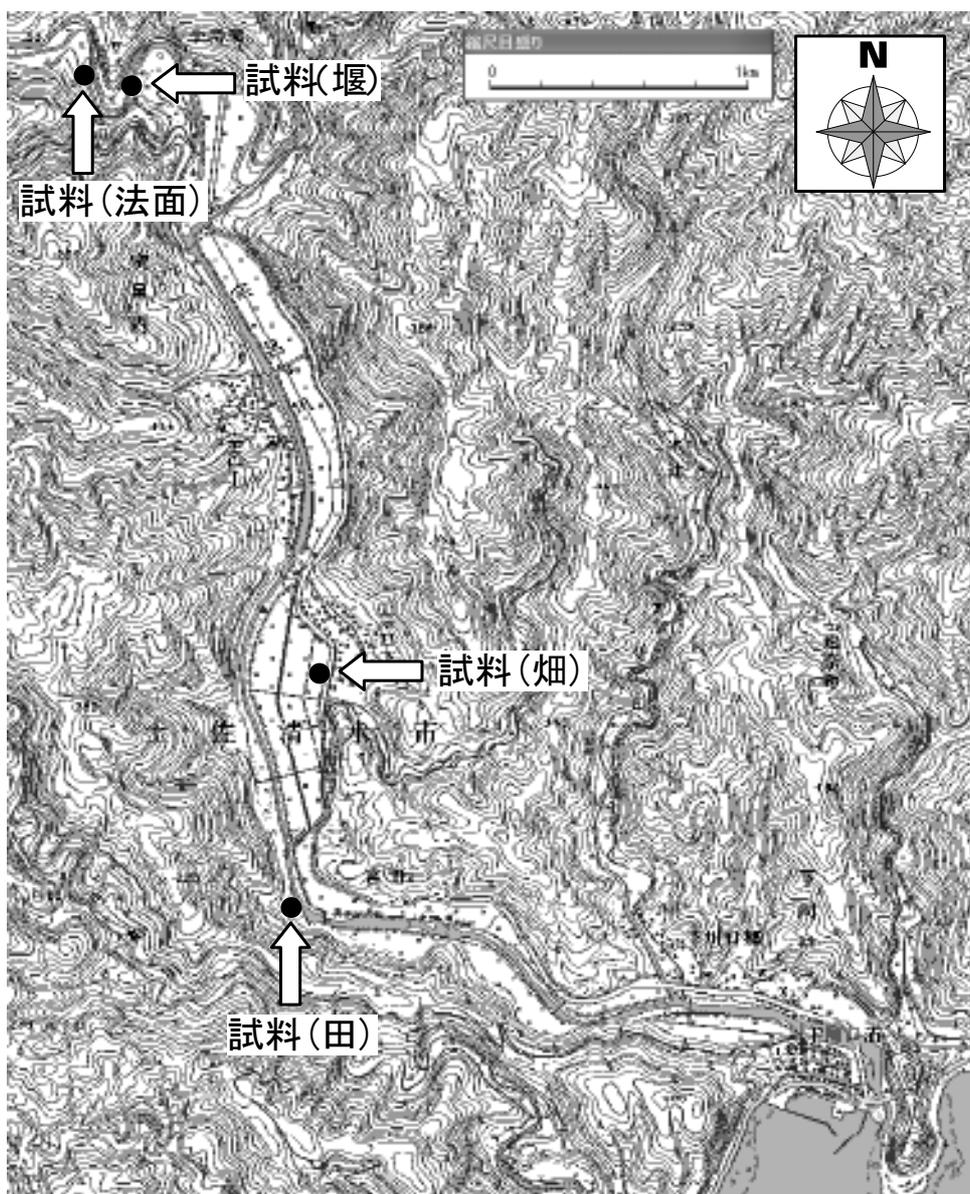


図 4 - 3 1 . 宗呂川流域の試料採取位置

### (3) 調査・試験の方法

調査・試験の方法を以下に示す。

#### ア. 竜串湾海底堆積土及び流入河川（宗呂川）上流の土の物理特性試験

粒度試験：JIS A-1204-80

比重試験：JIS A-1202-78

液性限界試験：JIS A-1205-80

塑性限界試験：JIS A-1206-78

#### イ. 竜串湾海底堆積土及び流入河川（宗呂川）上流の土の化学特性の調査

PH 試験：ガラス電極法

強熱減量試験：強熱減量法

化学組成：蛍光 X 線分析法（資料 19 参照）

重金属溶出試験

- ・水銀又はその化合物：昭和 46 年環境庁告示第 59 号付表 1（還元気化原子吸光度法）
  - ・カドミウム又はその化合物：JIS K 0102-55.3 (ICP 発光分光分析法)
  - ・鉛又はその化合物：JIS K 0102-54.2 (電気加熱原子吸光法)
  - ・六価クロム化合物：JIS K 0102-65.2.4 (ICP 発光分光分析法)
  - ・ヒ素又はその化合物：JIS K 010261.2 (水素化合物発生原子吸光法)
  - ・セレン又はその化合物：JIS K 0102-67.2 (水素化合物発生原子吸光法)
- （以上、産業廃棄物に含まれる金属類等の検定方法」（昭和 48 年環境庁告示第 13 号 改正：平成 10 年環境庁告示第 16 号）に準拠）

肥料成分含有量試験

- ・窒素全量 (T-N)：ケルダール法
- ・リン酸残量 (T-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)：バナドモリブデン酸吸光測定法
- ・カリ全量 (T-K<sub>2</sub>O)：原子吸光光度法

（以上「肥料分析法」（農林水産省農業環境技術研究所法、1992 年版）に準拠）

#### ウ. 竜串湾海底堆積土の一つの粘性土サンプルの沈降・堆積・圧密特性試験

##### ① 沈降・堆積・圧密試験に使用した実験装置

図 4-32 に示す遠心力模型実験装置を使用し、現地から採取した試料海底土 No. 5 の粘性土を水で混合攪拌し、含水比を 120% として、沈降・堆積・圧密試験を実施した。表 4-12 に遠心力模型実験装置の仕様を示し、図 4-33 に遠心力模型実験装置の構成図を、遠心力模型実験装置を図 4-34 に示す。

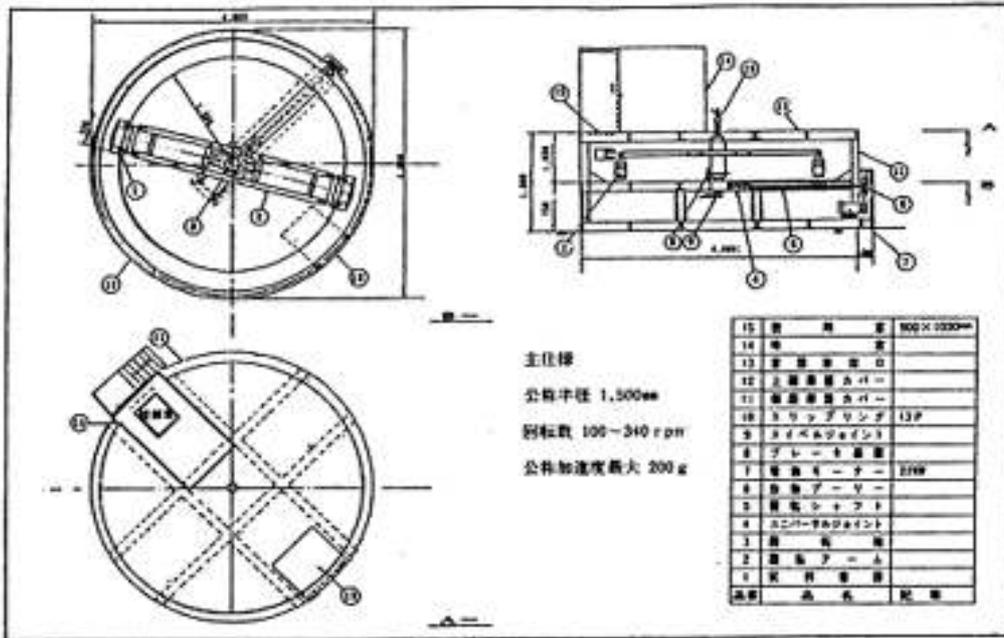


図 4-32. 遠心力模型実験装置

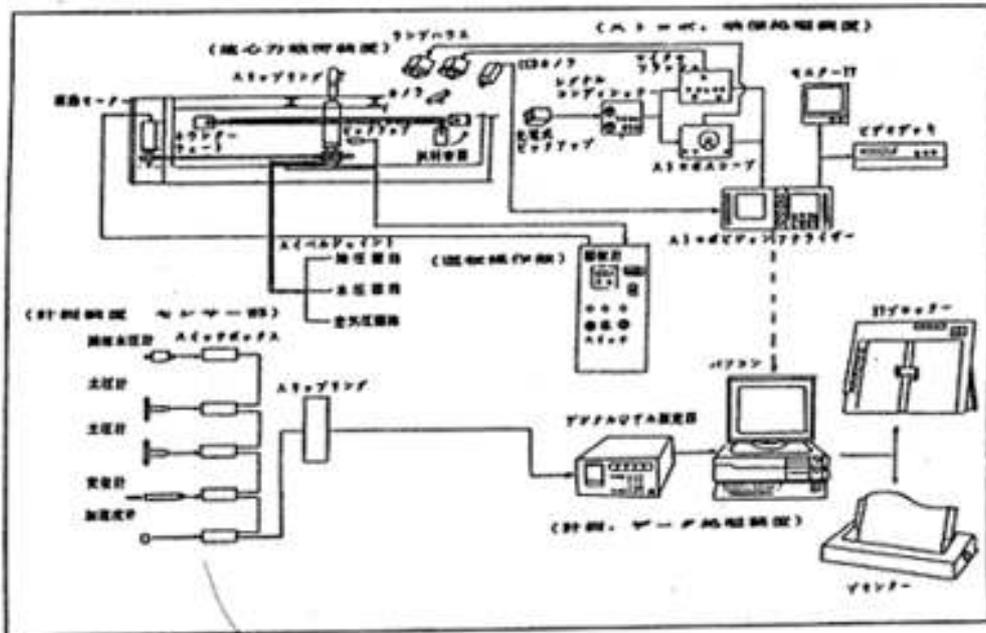


図 4-33. 遠心力模型実験装置の構成

表 4-12. 遠心力模型実験装置の仕様

有効半径	(m)	1.5
最大遠心加速度	(g)	200
試料容器寸法 (外寸法)	(mm)	L 450 X B 150 X H 300
最大積載重量 (容器+試料)	(N)	600



写真1. 装置の概観

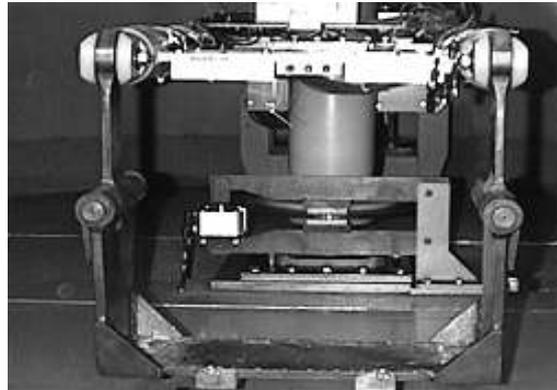


写真2. プラットフォーム



写真3. カメラとストロボ装置

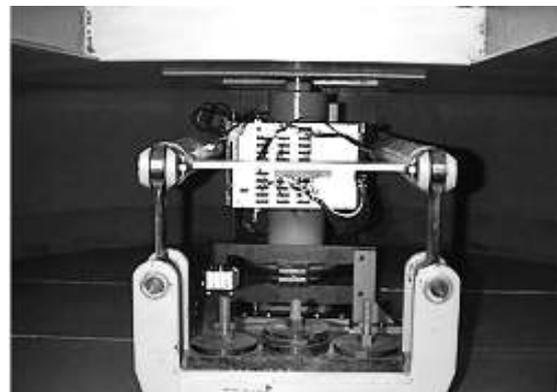


写真4. カウンターウエイト



写真5. データ集録・解析装置

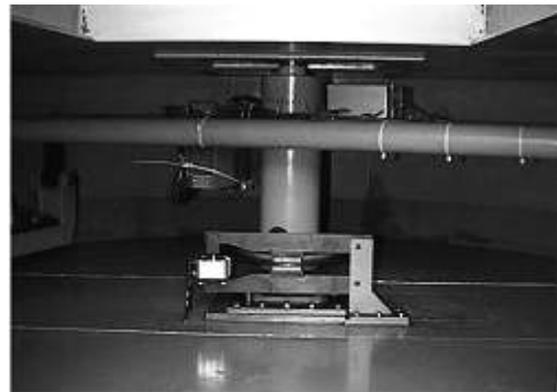


写真6. ピット内部（ブレーキ装置）

図4-34. 遠心力模型実験装置の写真

② 沈降・堆積・圧密実験の相似則

以下に沈降・堆積・圧密実験の相似則を検討する。

i) 沈降

沈降に関する相似則は、土粒子が水の粘性抵抗を受けながら沈下するので、水の粘性が卓越し、Reynolds 則により支配されると考えられる。また、粘性流体中を沈降する粒子の速度は、Stokes の法則より次式で表される。

$$V = \frac{1}{18} \left( \frac{\rho'}{\rho} - 1 \right) \frac{g}{\nu} d^2 \quad (1)$$

ここに、

$V$  : 粒子の沈降速度 (m/s)

$\rho$  : 流体の密度

$\rho'$  : 粒子の密度

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

$\nu$  : 水の動粘性係数 (m<sup>2</sup>/s)

$d$  : 粒子の直径 (m)

(1)式より、実機と同一の材料を用いるものとして、沈降に関する無次元量を作ると(2)式を得る。

$$\frac{V\nu}{gd^2} \quad (2)$$

実機と  $n g$  ( $g$  : 重力加速度) の加速度場の模型実験の相似則は(2)式をベースとし、模型に  $m$ 、実機に  $p$  の添字をつけて表すと以下のようなになる。

$$\frac{g_m}{g_p} = n \quad \therefore g_m = n g_p \quad (3)$$

$$\frac{V_m \nu_m}{g_m d_m^2} = \frac{V_p \nu_p}{g_p d_p^2} \quad \therefore \frac{V_m}{V_p} = \frac{\nu_p}{\nu_m} \cdot \frac{g_m}{g_p} \cdot \left( \frac{d_m}{d_p} \right)^2 \quad (4)$$

模型実験において実機と同一の材料を用いると、

$$\frac{\nu_p}{\nu_m} = 1 \quad (5) \quad \frac{d_m}{d_p} = 1 \quad (6)$$

$$\therefore \frac{V_m}{V_p} = 1 \times \frac{n g_p}{g_p} \cdot 1^2 = n = \frac{t_p}{t_m} \quad \therefore \frac{t_m}{t_p} = \frac{1}{n} \quad (7)$$

すなわち、沈降の現象は  $n g$  の模型実験場では、時間が  $1/n$  に短縮される。

ii) 圧密

地中の距離  $l$  を速度  $V$  の水が流れるのに要する時間を  $t$  とすると、無次元量

$$\frac{Vt}{l} \quad \text{より}$$

$$t_p = \frac{l_p}{V_p} \quad t_m = \frac{l_m}{V_m} \quad (8)$$

また、長さの縮尺より

$$\frac{l_m}{l_p} = \frac{1}{n} \quad (9)$$

また、Darcy の法則より

$$V = ki = k \left( \frac{\Delta h}{l} \right) \quad (10)$$

ここに、

$k$  : 透水係数 (m/s)

$i$  : 動水勾配 (0)

$\Delta h$  : 水頭差 (m)

(10)式を実機と模型に適用すると

$$V_p = k_p i_p = k_p \left( \frac{\Delta h_p}{l_p} \right) \quad (11)$$

$$V_m = k_m i_m = k_m \left( \frac{\Delta h_m}{l_m} \right) \quad (12)$$

模型実験において、実機と同一の材料を用いさらに  $n g$  の加速度をかけるとすると

$$k_p = k_m \quad \Delta h_m = \frac{\Delta h_p}{n} \cdot n = \Delta h_p \quad (13)$$

(11)式、(12)式、(13)式より

$$\frac{V_p}{V_m} = \frac{k_p}{k_m} \cdot \frac{\Delta h_p}{\Delta h_m} \cdot \frac{l_m}{l_p} = \frac{1}{n} \quad (14)$$

(8)式と(14)式より

$$\frac{t_m}{t_p} = \frac{1}{n^2} \quad (15)$$

また、圧密沈下量は

$$\frac{s_m}{s_p} = \frac{1}{n} \quad (16)$$

iii) 堆積

ここで言う堆積は、土粒子が沈降し始めた直後に始まり、完全に圧密現象に移行するまでの現象を指す。この間は前述の沈降現象と圧密現象が混在する領域であり、現象を支配する要因が不明で、明確な相似則が得られない。しかし、 $s=1/n$  遠心力模型実験においては、沈降時間について、 $n$  則から  $n^2$  則に移行すると考えられる。

iv) 実機と模型の対応

以上より、沈降と圧密に関する実機から模型への換算表は表 4-13 のようになる。

表 4-13. 模型から実機への換算表 縮尺  $s=1/n$

		基礎式	本模型実験の場合	備考
基礎的事項	縮尺	$1/n$	$1/100$	$s=1/n$
	加速度	$n$	$100g$	模型加速度 $ng$
沈降時間		$1/n$	$1/100$	$t_m/t_p=1/n$
圧密	圧密時間	$1/n^2$	$1/10000$	$t_m/t_p=1/n^2$
	圧密層厚	$1/n$	$1/100$	$H_m/H_p=1/n$

③ 遠心力実験装置による沈降・堆積・圧密実験の方法

高含水状態の土の沈降・堆積・圧密実験は次の手順で行う。

- i) 供試土を含水比 120% になるように調整し試料容器 ( $L \times B \times H = 450\text{mm} \times 140\text{mm} \times 355\text{mm}$ 、一面は観察用透明プラスチック窓) に入れる。試料容器には圧密促進のため底に約 10mm 標準砂を敷き、側面にはペーパードレーン材 (鉛直排水材) をあらかじめセットしておく。また、カウンターウェイト、計測機器等をセット・調整する。
- ii) 試料部分で遠心加速度が 100 g になるよう徐々に回転を上げる。
- iii) 遠心加速度が 100 g になると回転数をしばらく保持する。この間に 10 分間隔で同期フラッシュによる写真撮影を行うとともに土の粒子の沈降・堆積状況を目視観測する。
- iv) ある程度土粒子が沈降したら回転を止め (遠心加速度をゼロとし) そのときの時間と沈降・堆積状況を計測する。
- v) 再び回転数を上げ ii) ~ iv) の作業を繰り返す。
- vi) 堆積量 ( $s$ ) - 時間 ( $\log t$ ) の関係をグラフに表し、堆積量と時間の関係、圧密度等を把握する。

- vii) 圧密度がほぼ90%になった時点で幅10mm厚さ2mm長さ20~150mmのアルミ片14枚を図4-35に示すように、粘性土中に挿入し、攪乱回復のため約80分間再圧密する。
- viii) 上記のアルミ片を1本ずつ引き抜きこの間に引抜力を計測し粘性土の粘着力を求める。また、深さ方向約20mm毎に出来上がった粘性土のサンプリングを行い、堆積粘性土の単位体積重量、含水比等を求める。

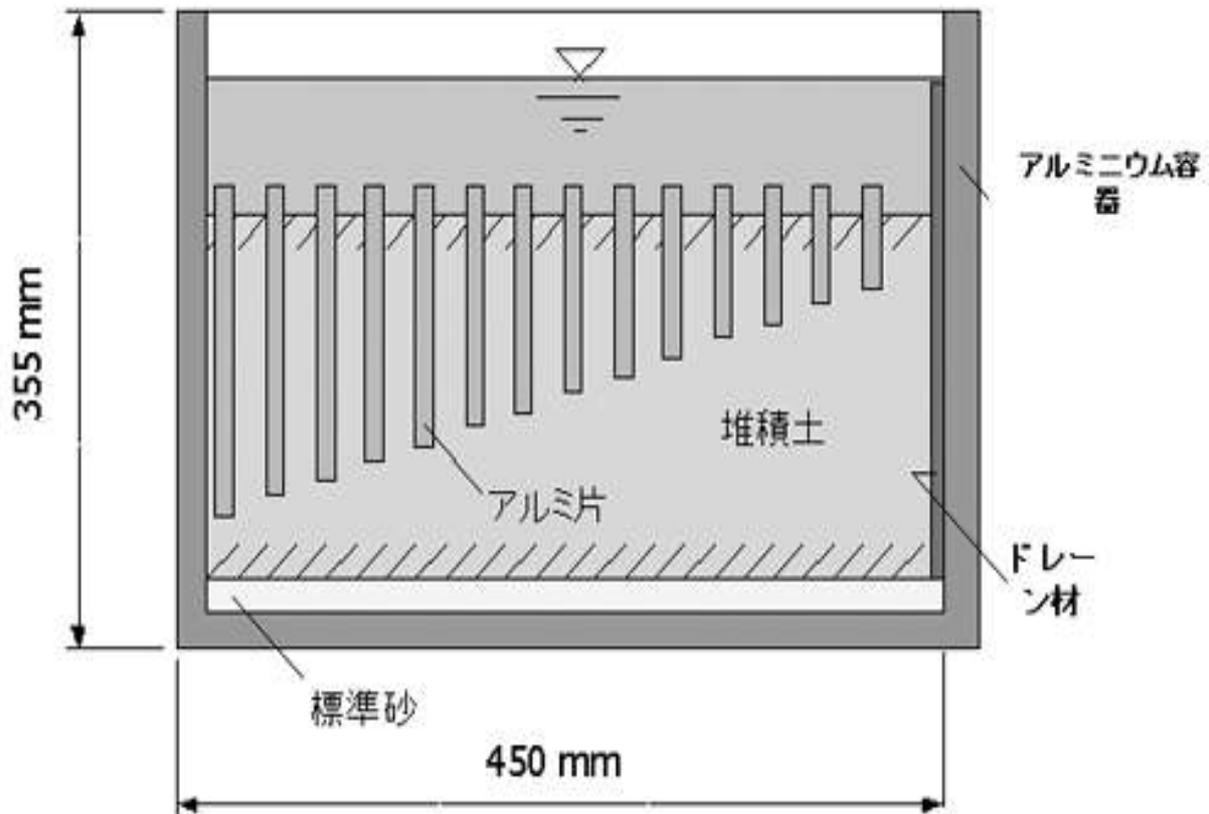


図4-35. 堆積土の強度試験（アルミ片挿入状況）

- ix) 上記の実験は、圧密度が90%程度になるものと50%程度になるものとの2ケースについて実施した。なお、50%程度のものは、90%のデータをもとに圧密時間で判断し実験を行った。実験前の試料容器と土の沈下状況、実験前と圧密後のアルミ板設置状況を図4-36に示す。

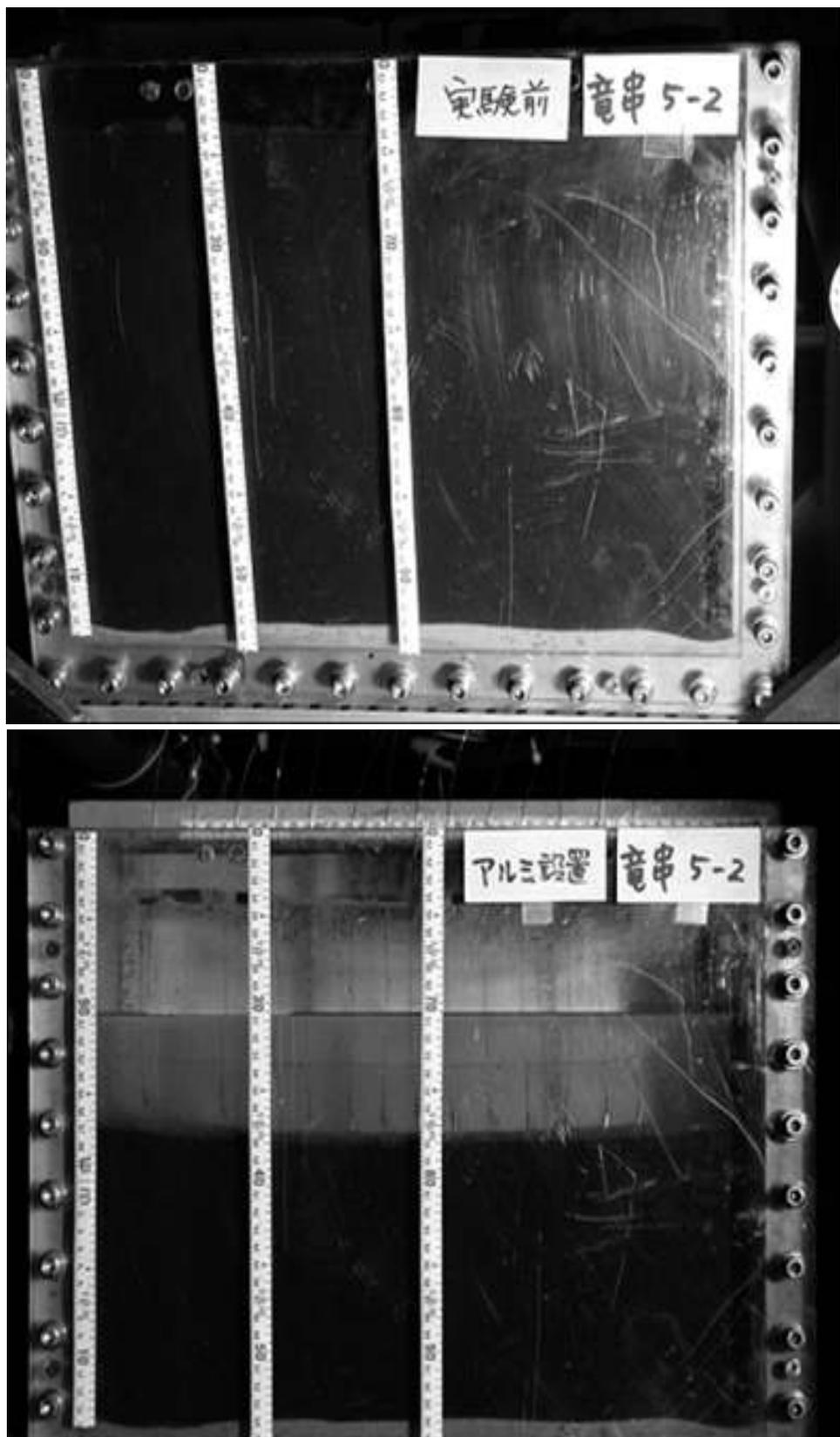


図4-36. 試料容器と実験の状況

④ 供試土

供試土としては、現地での堆積層厚の大きい NO.5 の土を用いた。その物理特性は表 4-14 のとおりである。

表 4-14. 供試土 (No. 5) の物理特性

		NO.5 海底粘性土	備考
比重		2.67	日本統一分類 CH (粘土)
粒度	砂	1.35%	
	シルト	50.15%	
	粘土	48.50%	
液性限界		75.00%	
塑性限界		29.30%	
塑性指数		45.70%	

供試土の塑性図の上での位置及び粒径加積曲線をそれぞれ図 4-37 及び図 4-38 に示す。

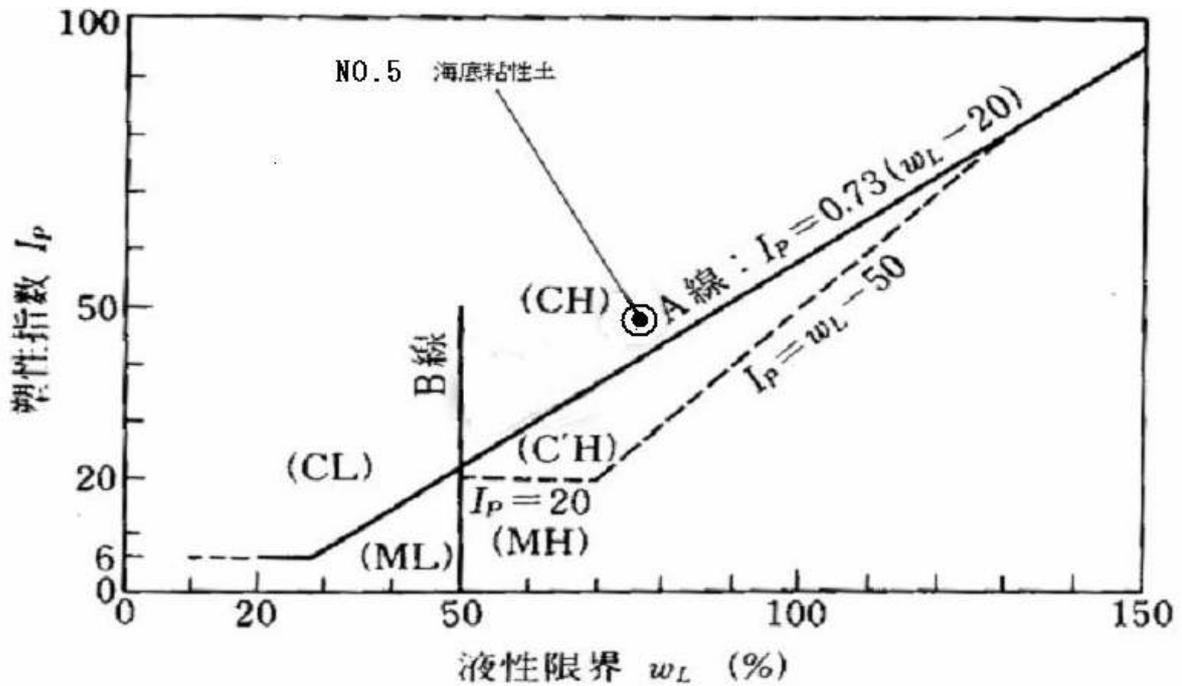


図 4-37. 供試土の塑性図での位置

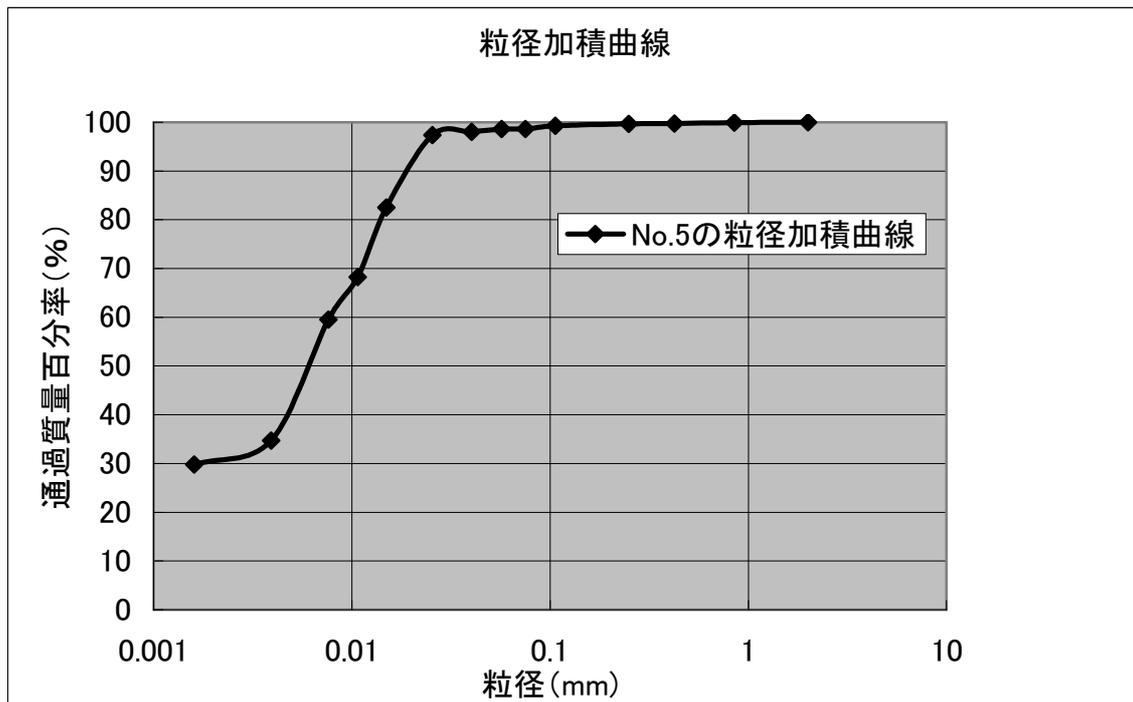


図 4 - 3 8 . 供試土 (No. 5) の粒径加積曲線

#### (4) 実験ケース

竜串湾の海底土及び宗呂川流域の陸上土に対する物理試験、化学試験及び遠心力模型実験ケースを表 4-15 に示す。

表4-15. 実験ケース

試料NO.	物理試験				化学試験					遠心力模型実験	
	土粒子の密度(比重)	粒度	液性限界	塑性限界	PH	強熱減量	蛍光X線分析	重金溶出試験	肥料成分		
海底土	NO.1	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	NO.2										
	NO.3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	NO.4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	NO.5	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	NO.6						○	○	○	○	
	NO.7	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	NO.8	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	NO.9	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	NO.10	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
陸上土	ダム砂1	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	ダム砂2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
	畑	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	田	○	○	—	—	○	○	○	○	○	
	のり面	○	○	○	○		○	○			

## (5) 試験結果及び考察

### ア. 物理試験結果

物理試験の結果を表 4-16 に一覧する。地質図（資料 20 参照）を参考にし、表 4-20 より次のことが言える。

- ①地質図によると、現地付近は四万十帯に属する新第三紀中新世の三崎層群、古第三紀始新世～漸新生の清水層群と呼ばれる砂岩または泥岩である（清水層優勢）。これらが現地付近の堆積土の母岩であると考えられる。
- ②全体的には砂と粘土に大別されるが、陸上の畑や田は、やや砂やシルトが優勢な中間的な土である。
- ③特に海底土については、砂優勢の砂質土とシルト・粘土優勢の粘性土に顕著に分かれている。
- ④比重は、2.62～2.73 でほぼ一定であり、母岩の性質があらわれていると考えられる。
- ⑤陸上土はほとんどが砂分であるが、田、畑については細粒分が多くなり、砂・シルト同等で合わせて 70～80%を占める。
- ⑥陸上土はほとんどが砂分であるが、海底土の No. 3, 4, 5 はそのうちの細粒分が遠くまで輸送され、沈降・堆積したものと考えられる。
- ⑦海底土の No. 3, 4, 5 は高液性限界 (50%以上) であり、特に No. 5 は液性限界が 75.00% である。これらはいずれも高圧縮性であり、体積変化率や透水性は小さい。
- ⑧海底土の No. 3, 4, 5 の液性限界が高く、塑性指数が大きいのは土粒子が微細であるため、比表面積が大きく電気化学的結合が強いためと考えられる。
- ⑨No. 5 は微細な粒子が最も多いため、⑧の傾向は顕著に出ている。
- ⑩海底土の No. 10 と陸上土ののり面は、425 $\mu$  アンダーのふるい分析土について、液性限界試験、塑性限界試験を実施しているが、もとの材料が砂分及び礫分を多く含むため、No. 3, 4, 5 とは異なり、液性限界・塑性指数とも小さくなっている。

表4-16. 物理試験結果 一覧表

試料採取場所	海底土								陸上土				
	(No.1)	(No.3)	(No.4)	(No.5)	(No.7)	(No.8)	(No.9)	(No.10)	堰1	堰2	畑	田	のり面
採取地点	(No.1)	(No.3)	(No.4)	(No.5)	(No.7)	(No.8)	(No.9)	(No.10)	堰1	堰2	畑	田	のり面
材質	砂	粘土	粘土	粘土	砂	砂	砂	砂	砂	砂	粘土	粘土	砂
比重	2.72	2.642	2.692	2.67	2.70	2.70	2.73	2.690	2.71	2.671	2.65	2.68	2.62
粒度	礫 (%)	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	4.60	8.50	0.80	22.60
	砂 (%)	98.1	11.20	19.10	1.35	93.1	90.4	71.4	81.53	93.8	77.10	49.00	47.20
	シルト (%)	2.68	54.05	34.80	50.15	4.4	1.64	18.5	7.28	0.30	6.25	36.10	11.20
	粘土 (%)	4.58	34.75	42.00	48.50	8.73	7.98	10.1	10.90	8.10	12.00	14.10	19.00
最大粒径(mm)	1.2	2	9.5	2	1.60	1.00	1.00	4.75	1.00	19	19	2.4	19
均等係数 $U_c$	2.4	-	-	-	2.65	1.79	24.8	111.4	2.38	64.28	49.4	8.55	-
液性限界 (%)	-	59.50	56.00	75.00	-	-	-	44.50	-	N.P	-	-	42.00
塑性限界 (%)	-	34.30	17.10	29.30	-	-	-	29.80	-	-	-	-	33.80
塑性指数 (%)	-	25.20	38.90	45.70	-	-	-	15.70	-	-	-	-	8.40
日本統一土質分類	S	MH(シルト)	CH(粘土)	CH(粘土)	S-F	S-F	SF	SF	S-F	-	F <sub>h</sub>	F <sub>h</sub>	SFG
分類名	砂	高液性限界シルト	高液性限界粘土	高液性限界粘土	細粒分混じり砂	細粒分混じり砂	細粒分質砂	細粒分質砂	細粒分混じり砂	細粒分混じり砂	細粒土	細粒土	細粒分質礫質砂

注) 畑と田は試料不足のため液性・塑性限界試験は出来ず。  
 NO10とのり面については、425 $\mu$ 以下の細粒分について液性・塑性限界試験を実施した。

## イ. 化学試験結果

化学試験結果を表 4-17 に一覧する。なお、海底土は、海水の中の塩分を検出しないよう試料をイオン交換水で洗って使用した。供試土の不足から一部データがとれていないが、pHは6.9～8.3程度で一般の土と変わりはない。この表より次のことが言える。

- ①全体的に支配的な成分は  $\text{SiO}_2$  であり、58.2～79.2%である。No. 3 が一般的な値より大きな値を示している。CaO に関しては No. 3 が少なく、陸上土と同程度の値となっている。
- ②海底土については、 $\text{SiO}_2$  が最も多く、次いで CaO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , MgO,  $\text{Na}_2\text{O}$  の順になっている。
- ③陸上土では、 $\text{SiO}_2$  が海底土同様に最も多いが、次いで、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$ , CaO, MgO の順になっている。
- ④海底土と陸上土の明確な違いは、CaO, MgO,  $\text{Na}_2\text{O}$  など海水中に含まれる物質の占める割合が、海底土では大きくなっていることである。
- ⑤ $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  などは陸上土が若干多く含んでいる。
- ⑥ $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$  など肥料成分は陸上土に多く含まれている。
- ⑦今回採取した海底土は豪雨による流出土であるため、木、草及びこれらの根などの植物性のものが不規則に多く含まれており、海底採取土から供試体からの採取部分により有機物の量が大きく変わっていた。そのため、強熱減量(IgLoss)は参考値として扱うのがよいと考えられる。測定結果によると、海底土では特別少ない No. 3 (3.04%)を除き、9.62～16.38%となっており、沖積粘性土としては多すぎる。これに対し、陸上土では堰の中の土及び草木の生えていたのり面が大きな値を示している。
- ⑧重金属含有量は、金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準（水銀 0.005mg/1, カドミウム 0.3mg/1, 鉛 0.3mg/1, 六価クロム 1.5mg/1, ヒ素 0.3mg/1, セレン 0.3mg/1）を大きく下回っており、これらの重金属については問題は無いと考えられる。
- ⑨肥料成分含有量については、海底土、陸上土とも現物で、T-N が 0.02～0.10%、T- $\text{P}_2\text{O}_5$  が 0.04～0.10%、T- $\text{K}_2\text{O}$  が 0.11～0.40%であり、乾物で T-N が 0.02～0.17%、T- $\text{P}_2\text{O}_5$  が 0.06～0.13%、T- $\text{K}_2\text{O}$  が 0.16～0.81%であるが、これらが海底・海中の動植物に、どのような影響を与えるかは今後の課題である。汚染度が高い T-N に関しては、6～7mg/g の報告があるが、今回のデータでは、1.0～1.7mg/g であった。また、一般の海中土中のリン濃度は T-P で 0.1～1.0mg/g とされており、今回のデータでは乾物としても、最大は NO. 5 で 0.74mg であり一般的な値と考えて良い。
- ⑩N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  は、畑に多く存在するが、これは施肥によるものであろう。これに対し  $\text{K}_2\text{O}$  は海底土の方が一般に多い。これは海水中の成分によるものと考えられる。
- ⑪肥料成分含有量は蛍光 X 線分析からも求められるが、蛍光 X 線分析の方が精度的には落ちると言われている。但し傾向的には一致しているとみて良いと考えられる。

表4-17. 化学試験結果 一覧表

試料採取場所		海底土									陸上土					
採取地点		(No.1)	(No.3)	(No.4)	(No.5)	(No.8)	(No.7)	(No.8)	(No.9)	(No.10)	堰砂1	堰砂2	畑	田	のり面	
材質		砂	粘土	粘土	粘土	砂	砂	砂	砂	粘土	砂	砂	粘土	粘土	砂	
PH		7.9	8.2	8.3	8.3	-	7.9	8.0	7.9	8.1	7.5	7.5	8.9	7.0		
蛍光X線分析	SiO <sub>2</sub>	w/w%	67.5000	79.2000	61.1000	61.8000	59.7000	61.7000	66.3000	60.5000	58.9000	73.3000	58.2000	72.5000	65.6000	61.5000
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	w/w%	9.2200	9.3200	14.5000	16.4000	8.1300	8.2200	7.1600	7.6500	8.8300	8.2500	14.3000	9.0800	10.2000	13.5000
	CaO	w/w%	12.4000	0.5610	7.6300	4.9100	21.5000	20.0000	17.8000	22.5000	18.8000	0.5990	0.4870	0.4950	2.1300	0.7820
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	w/w%	4.1100	3.5000	6.4200	7.4000	3.0700	3.1600	2.3700	2.7300	3.4700	9.7300	19.4000	9.2400	12.0000	16.3000
	K <sub>2</sub> O	w/w%	2.5000	2.6100	3.3000	3.6000	2.1900	2.3400	2.1400	2.0800	2.3500	4.6700	2.9500	4.5300	3.9700	3.5400
	MgO	w/w%	1.7800	1.0700	2.5200	2.8600	2.2200	2.2500	1.6300	2.2000	2.5200	0.9170	1.1000	0.8050	1.1300	0.8470
	Na <sub>2</sub> O	w/w%	1.3200	2.5800	2.1100	1.5000	1.9600	1.1700	1.6300	1.3300	3.7100	0.7320	0.7850	0.9850	0.6940	0.5180
	TiO <sub>2</sub>	w/w%	0.7120	0.7430	0.8490	0.8460	0.4930	0.5220	0.4060	0.4040	0.6370	1.3000	1.8800	1.4000	1.4000	1.8300
	Cl	w/w%	0	0.2150	0.7570	0.0616	0.0950	0	0	0	0.3630	0.0818	0.1450	0.1290	0.0634	0
	SO <sub>3</sub>	w/w%	0.1310	0.0594	0.4260	0.3010	0.2680	0.3650	0.2130	0.3090	0.3250	0.0630	0.2050	0.0640	0.1580	0.1470
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	w/w%	0.0745	0.0468	0.1280	0.1510	0.0797	0.0680	0.0768	0.0888	0.0951	0.0822	0.1570	0.1570	0.4660	0.1270
	SrO	w/w%	0.1380	0.0147	0.0750	0.0538	0.1990	0.1740	0.1810	0.2110	0.1790	0.0258	0.0000	0.0000	0.0353	0.0439
	MnO	w/w%	0	0	0.0743	0.0653	0	0	0	0	0.0499	0	0.1440	0.1530	1.0100	0.4210
	ZrO <sub>2</sub>	w/w%	0.0551	0.0560	0.0443	0.0378	0.0619	0.0514	0.0507	0.0633	0.0590	0.0872	0.1580	0.1380	0.1660	0.1570
	NiO	w/w%	0.0339	0.0293	0.0332	0	0	0.0321	0.0321	0	0	0	0	0.0778	0.0988	0.0643
	ZnO	w/w%	0	0	0.0214	0.0283	0	0	0	0	0	0.0660	0.0669	0.1570	0.5620	0.0812
	Rb <sub>2</sub> O	w/w%	0.0224	0.0116	0.0207	0.0166	0.0124	0.0125	0.0105	0.0097	0.0146	0.0573	0.0516	0.0447	0.0431	0.0414
CuO	w/w%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0765	0		
lg Loss	w/w%	9.6167	3.0425	12.9836	12.8035	15.3328	15.2671	12.9585	15.5453	16.3761	3.1791	16.6060	6.5106	4.2390	11.8492	品質管理基準
重金属含有量試験	水銀又はその化合物	mg/L	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.0009	<0.0005	0.005	
	鉛又はその化合物	mg/L	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.3	
	鉛又はその化合物	mg/L	<0.002	0.010	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.010	0.005	0.017	0.3
	六価クロム又はその化合物	mg/L	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	1.5	
	ヒ素又はその化合物	mg/L	<0.005	0.005	<0.005	0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	0.009	0.016	0.022	<0.005	0.3
セレン又はその化合物	mg/L	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	0.3	
肥料成分含有量試験	現物	窒素全量	w/w%	0.02	0.06	0.06	0.08	0.03	0.03	0.02	0.03	0.06	0.03	0.04	0.10	0.08
		リン酸全量	w/w%	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.10	0.05
		加里全量	w/w%	0.40	0.27	0.36	0.40	0.22	0.23	0.19	0.24	0.26	0.11	0.12	0.22	0.14
		水分含有量	w/w%	22.8	40.2	46.0	50.5	29.9	27.8	23.3	27.7	36.0	28.8	27.2	23.4	21.0
	乾物	窒素全量	w/w%	0.03	0.10	0.12	0.17	0.04	0.04	0.02	0.05	0.10	0.05	0.06	0.13	0.10
		加里全量	w/w%	0.07	0.09	0.11	0.12	0.08	0.07	0.06	0.08	0.10	0.06	0.06	0.13	0.07
	水分含有量	w/w%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

## ウ. 沈降・堆積・圧密実験結果

[沈降・堆積・圧密曲線]

図 4-39 に沈降・堆積・圧密曲線(地表面の沈下量)を示す。実験においては、遠心加速度は 10G ずつ上げ、各段階毎に回転を維持したが、最初から地表面の沈下が起こり、10 分を過ぎたあたりからは曲線は複雑になった。この区間は沈降・堆積が混ざり合った複雑な領域として捉えられる。その後は、なだらかな圧密曲線の領域に移ると考えられるが、30 分を過ぎると圧密曲線は一般の圧密曲線とは、形状がやや異なっている。50%圧密を狙った実験では、沈下量が 90%圧密の約 92%となっている。

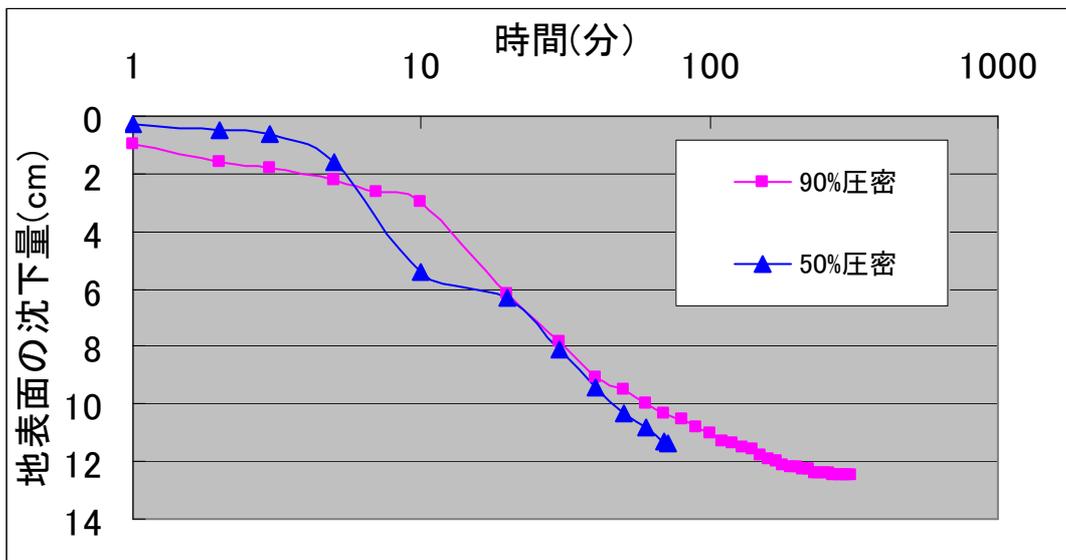


図 4-39. 沈降・堆積・圧密曲線

[粘着力と強度の増加率]

粘着力(土のせん断強度)は、アルミ片の引き抜き試験より次式で求めた。

$$C = (P_i - P_{i-1}) / A$$

ここに、 C : 粘着力 (N/cm<sup>2</sup>)

$P_i$  : i 番目のアルミ片の最大引き抜き力 (N)

$P_{i-1}$  : i-1 番目のアルミ片の最大引き抜き力 (N)

A : 隣接するアルミ片の表面積の差 (2cm<sup>2</sup>)

図 4-40 に No. 5 海底粘性土の深度と粘着力の関係を示す。

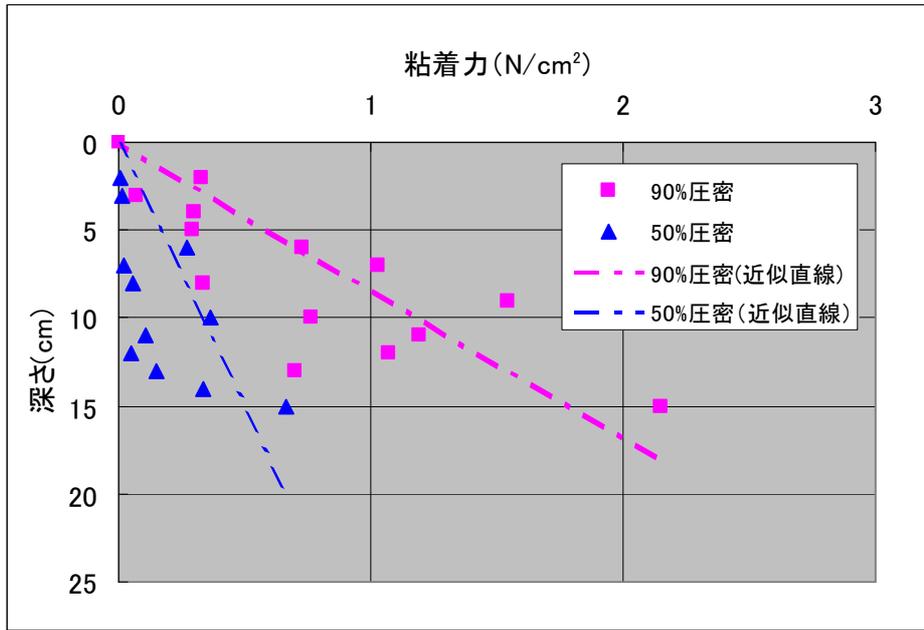


図 4 - 4 0 . 深さと粘着力の関係

図 4-40 より近似直線の傾きを実際のモデルに換算すると、90%圧密粘性土と 50%圧密粘性土の強度増加率は、それぞれ 1.20, 0.30 (kN/m<sup>2</sup>/m) となる。

[含水比]

図 4-41 に圧密後の供試土の中央及び端部から内径 2.5cm、高さ 3cm のステンレス円柱で深さ方向に 2cm ずつ試料を採取し測定した含水比を示す。

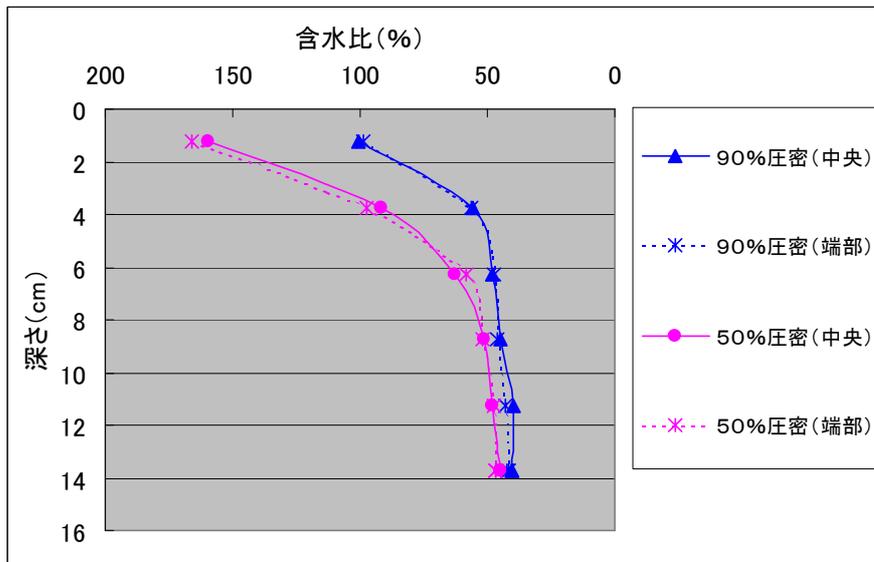


図 4 - 4 1 . 深さと含水比の関係

90%圧密のケースでは深さと含水比の関係は、深さが 6cm より深くなると、含水比

w = 50%で一定となる。50%圧密のケースでは深度 7cm より深くなると含水比が 55%で一定となる。

また、含水比から間隙比 e を計算し体積比 f を次式より求めることができる。

$$f = 1 + e$$

$$e = G_s \cdot w / S_r$$

ここに、 f : 体積比, e : 間隙比

G<sub>s</sub> : 土の比重, w : 含水比 (%)

S<sub>r</sub> : 飽和度 (100%)

ここに、体積比とは土粒子の体積を 1 としたときの全体の体積の割合を表す値である。図 4-42 にこれらの式から求めた深さと体積比の関係を示す。

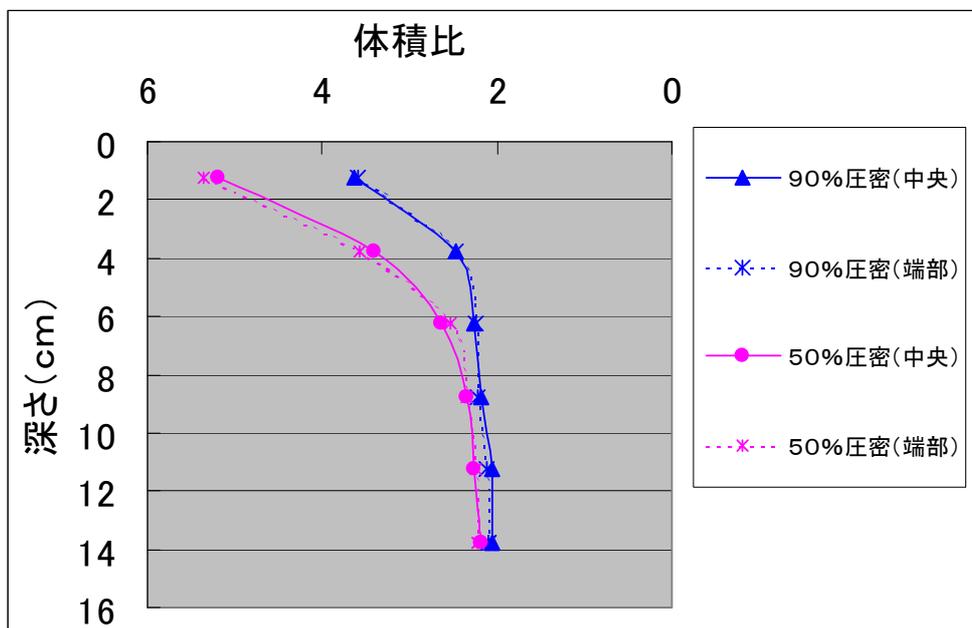


図 4-42. 深さと体積比の関係

深さと体積比の関係は、90%圧密のケースでは地表面付近で体積比が 3.7 程度であり、50%圧密のケースでは地表面付近で体積比が 5.2 程度となる。さらに深くなると 90%圧密のケースでは、深度 5cm 程度から体積比が 2.3 程度で一定となっている。いずれのケースも圧密がほぼ終了した状態で体積比が 2 程度、すなわち土粒子と水の体積比は 1 : 1 となることが確認できた。また圧密圧力は次式で求まる。

$$P = \gamma_{sub} \cdot Z$$

$$\gamma_{sub} = \frac{G_s - 1}{1 + e} \cdot \gamma_w$$

ここに、P : 圧密圧力 (kN/m<sup>2</sup>)

Z : 深度 (m)

$\gamma_{sub}$  : 水中単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

$\gamma_w$  : 水の単位体積重量 (kN/m<sup>3</sup>)

図 4-43 に上式より求めた圧密圧力と体積比の関係を示す。

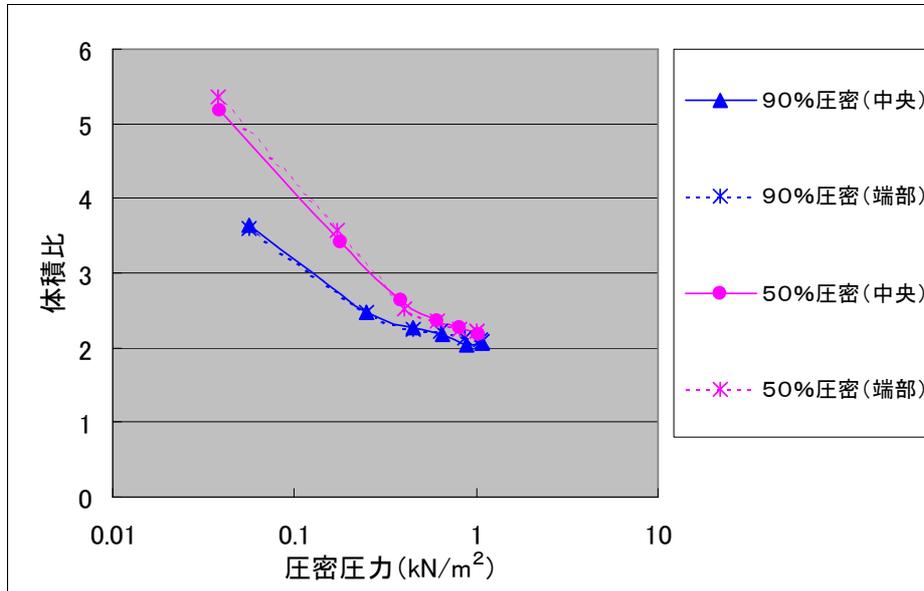


図 4-43. 体積比と圧密圧力との関係

体積比と圧密圧力を見ると、圧密圧力が小さい(地表面に近い)場合には、体積比は 50%圧密のケースが大きく、90%圧密よりゆるいことが分かる。圧密圧力が大きくなる(1kN/m<sup>2</sup>程度)と体積比はいずれのケースも 2 に近づく。

[単位体積重量]

図 4-44 に深度と前述のステンレス円筒を用いて計測した圧密土の単位体積重量の関係を示す。

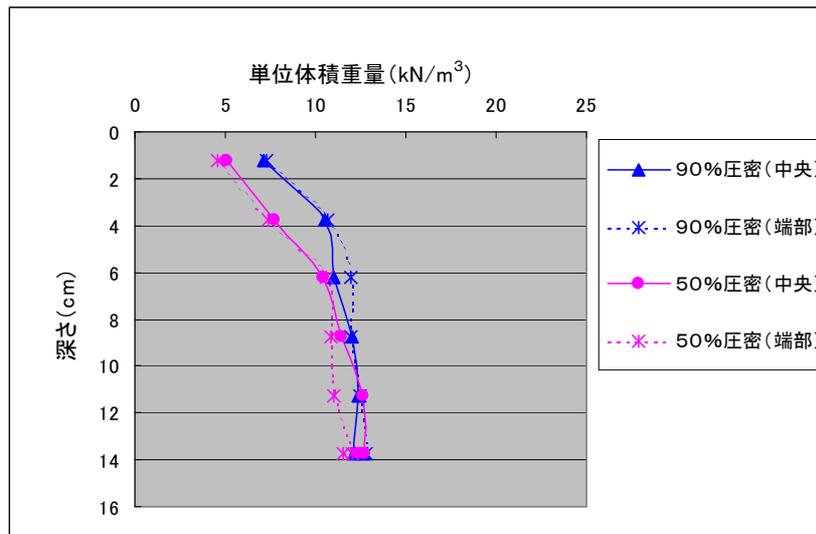


図 4-44. 深さと単位体積重量との関係

図 4-44 より単位体積重量は地表面付近で 90%圧密のケースが  $7 \text{ kN/m}^2$ 、50%圧密のケースが  $5 \text{ kN/m}^2$  程度であり、いずれも深さ 8cm 位からほぼ一定となり  $12 \sim 13 \text{ kN/m}^2$  となる。実際の海底堆積土の深さは 0~1m 程度であるので、地表面付近の位を採れば良い。

[圧密時間と堆積土の特性との関係]

前述した相似則をベースとし時間に対し海底堆積土の強度（粘着力）、含水比、体積比がどう変わるか調べる。ここで、50%圧密は土と水の応力分担がそれぞれ 50%を意味し、その算出根拠は次のようにした。

- ・排水は両面排水とする。
- ・圧密の時間係数は、圧密理論より  $T_{50} = 0.197$ 、 $T_{90} = 0.848$  とした。

データを作るにあたって目視観測によるもの、100g まで上げるのに時間がかかることなどから、実験精度としては十分ではないが以下の結果が得られる。なお、沈下、圧密の実測時間は表 4-18 の程度であった。

表 4-18. 実機の沈降・堆積・圧密時間

		沈降	圧密
50% 圧密	模型	3 分	80 分
	実機	5 時間	1.52 年
90% 圧密	模型	3 分	390 分
	実機	5 時間	7.42 年
相似則		n 則	$n^2$ 則

表 4-19 に実機における圧密時間と堆積土の特性との関係を示す。

表 4-19. 実機における圧密時間と堆積土特性の関係

		50%圧密	90%圧密	備考
時間(年)		1.52	7.42	・排水は両面排水とする
粘着力 (kN/m <sup>2</sup> )	地表面下1m	0.3	1.20	
	地表面下10m	3.0	12.0	・50%圧密のケースの 土と水の応力分担1:1
含水比 (%)	地表面下1m	160	100	
	地表面下10m	60	47	・沈降の相似則：n則
体積比	地表面下1m	5.3	3.6	
	地表面下10m	2.2	2.1	・圧密の相似則：n <sup>2</sup> 則
単位体積 重量 (kN/m <sup>3</sup> )	地表面下1m	5.0	7.0	
	地表面下10m	11.5	12.5	

表 4-18、表 4-19 より次の結果が得られる。

- ①初期の沈降段階は、流れ・波などの外乱が無ければ、約5時間程度で終わる。
- ②圧密度50%に要する時間は約1.52年、圧密度90%に要する時間は約7.42年程度である。
- ③50%圧密時、90%圧密時の土の粘着力、含水比、体積比、単位体積重量等はほぼ妥当な値を示している。

## エ. まとめ

2001年高知県西南豪雨時に陸上から流出した竜串湾の海底土及びその周辺の陸上(宗呂川流域)から採取した土について、物理試験、化学試験を行い、さらに海底土の1サンプルについては、遠心力実験装置を用いた沈降・堆積・圧密実験を行い、次の結果を得た。

### [物理試験]

- ・海底土は一般の沖積砂質土・粘性土と考えられる。
- ・海底土の母材は周辺に存在する四万十帯の砂岩または泥岩と考えて良い。これらが風化・破碎された微粒子が竜串湾に流出し堆積したと考えられる。
- ・海底土は、地形、2001年豪雨時の流況やその後の波・流れにより、砂・粘土に分級され、堆積したと考えられる。
- ・海底粘性土は液性限界が高く塑性指数が大きいため、高圧縮性及び体積変化率や透水性の小さい土である。

### [化学試験]

- ・海底土は化学的にSiO<sub>2</sub>の多い一般の沖積砂質土・粘性土と考えて良い。

- ・海底土の母材は四万十帯の砂岩・泥岩と考えて良い。
- ・海底土の成分中には、海水中に含まれる Na, Mg, Ca の酸化物が増加している。
- ・水銀、カドミウム、鉛、六価クロム、ヒ素、セレンなどの重金属の溶出量は基準値を十分満足している。
- ・肥料成分については基準値はないが、問題となるような量ではないと考えられる。

#### [沈降・堆積・圧密実験]

- ・沈降領域の現象は短時間に終了し、その後は圧密過程に入る。
- ・2001 年高知県西南豪雨により竜串湾に流入した粘土については、圧密後の粘着力は地表面でゼロとなる直線であり、その傾きは 50% 圧密で  $0.3\text{kN/m}^2/\text{m}$  であり 90% 圧密では  $1.20\text{kN/m}^2/\text{m}$  となる。
- ・圧密土の含水比及び体積比は地表面では大きく、深さが深くなるにつれ急激に減少しすぐに一定値に近づく。
- ・圧密圧力に対する体積比も地表面に近いほど大きく急激に減少しすぐに一定値に近づく。
- ・圧密土の単位体積重量も地表面で小さく次第に大きくなり一定値に近づく。
- ・圧密時間と堆積土の特性との関係は圧密度により支配され、遠心模型実験を行うことにより現象の推定が可能であることが判った。
- ・竜串湾の粘土の場合、10 年以下の時間で圧密がほぼ終了する。

以上、本研究により、高知県西南豪雨により流出した土の物理的性質、化学的性質及び土の微粒子の沈降・堆積・圧密の現象を把握することができたが、今後の課題として次の項目があげられる。

- ① これらの基礎データと生態系への影響との関係
- ② 他の土など条件が変わった場合のデータの収録
- ③ 理論的解明
- ④ これらの基礎データと環境回復のための方策との関係

等

#### 4-B. 水質の現況

##### 方 法

竜串湾の水質の現状を明らかにし、今後の動向把握する上での資料とするため、図4-45に示した湾内20地点においてDO、塩分、水温、pH、濁度の測定を行った。各定点で、船上より水質計を垂下し、モニター上で水深を確認しながら、水面(0m)から海底付近(海底より約40cmの深度)に達するまで5mおきに測定した。調査位置の決定にはD-GPSを用い、測定にはHORIBA製多項目水質計W-20XD(表4-20参照)を使用した。

表4-20. HORIBA社製多項目水質計W-20XD仕様

温度	測定原理	サーミスタ法	海水比重	測定原理	導電率換算
	範囲	0~55℃		範囲	0~50σt
	分解能	0.01℃		分解能	0.1σt
	再現性	±0.3℃		再現性	±2σt
	精度	±1.0℃		精度	±5σt
導電率	測定原理	交流4電極法	濁度	測定原理	透過散乱法
	範囲	0~9.99S/m		範囲	0~800NTU
	分解能	0.1%F.S		分解能	0.1NTU
	再現性	±1%F.S		再現性	±3%F.S.
	精度	±3%F.S		精度	±5%F.S.
塩分	測定原理	導電率換算	pH	測定原理	ガラス電極法
	範囲	0~4%		範囲	pH0~14
	分解能	0.01%		分解能	0.01pH
	再現性	±0.1%		再現性	±0.05pH
	精度	±0.3%		精度	±0.1pH
TDS 全溶存固形物量	測定原理	導電率換算	水深	測定原理	圧力法
	範囲	0~100g/L		範囲	0~100m
	分解能	0.1%F.S		分解能	0.1m
	再現性	±2g/L		再現性	±3%F.S.
	精度	±5g/L		精度	±5%F.S.
溶存酸素	測定原理	隔膜ガルバニ	ORP 酸化還元電位	測定原理	白金電極法
	範囲	0~19.99mg/L		範囲	±1999mV
	分解能	0.01mg/L		分解能	1mV
	再現性	±0.1mg/L		再現性	±5mV
	精度	±0.2mg/L		精度	±15mV

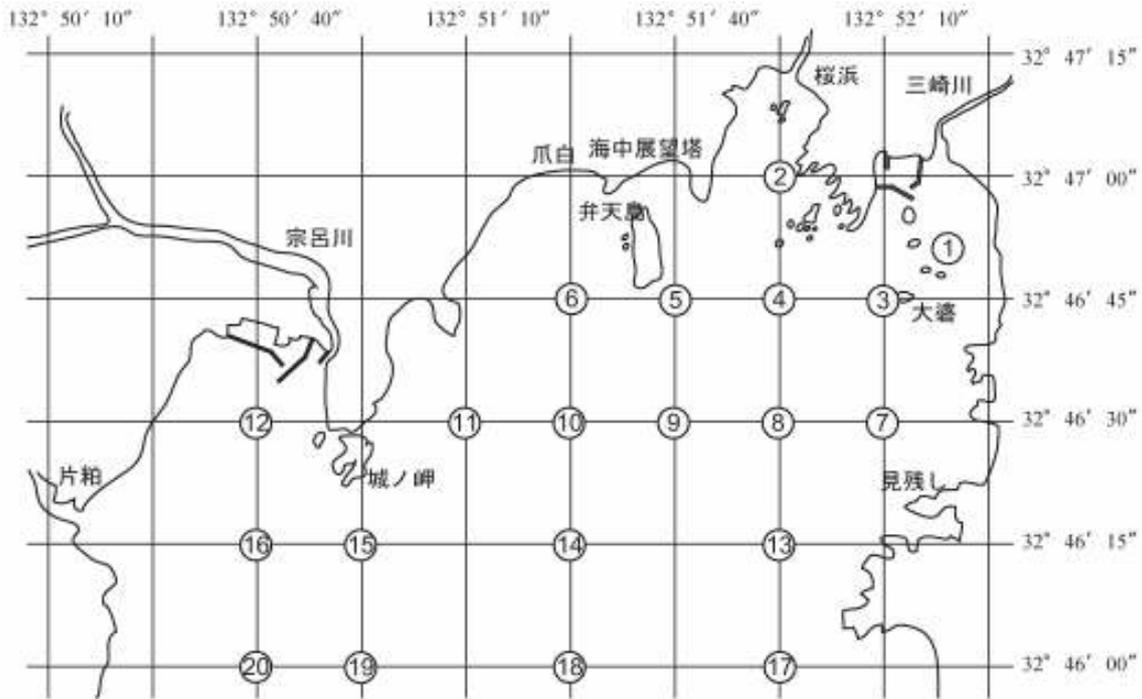


図 4 - 4 5 . 多項目水質調査地点

測定は降雨後 2 回と冬季の静穏時 1 回の測定を行ったが、測定機器の異常により DO、塩分については信頼できる測定値が得られなかったため、ここでは濁度と水温の結果についてまとめる。

## 結 果

各調査日付近の気象状況を表 4-21 に示した。

### ○ 第一回調査（降雨後：2003 年 10 月 14 日）（図 4-46 参照）

第一回の調査日付近の天候は、10 月 11 日から 14 日にかけて低気圧の接近通過に伴う断続的な降雨がみられ、期間の積算降雨水量は 49.5mm（清水測候所）と記録されている。10 月 14 日の調査時の竜串湾内の濁度は 5～34NTU で、河口部に近い地点や湾奥部で高い傾向が認められた。三崎川河口部の St.1 では、水深 0m、4m とも 20NTU 以上の値を示しており、また、St.1 に近い St.3、St.4 や St.5、St.6 などでも濁度はいずれの水深でも 10NTU 以上を示し、特に底層付近で最も高かった。St.7、St.8、St.10、St.11、St.13 では表層付近でやや濁度が高い傾向があった。また、宗呂川から流入した濁水が河口部から城ノ岬沖にかけて広がっているのが肉眼でも確認されたが、この影響で宗呂川河口にある St.12 や、St.15、St.19 の表層の濁度がやや高い値を示している。なお、湾中央部に位置する St.9、St.14 や湾口部に近い St.17、St.18 では濁度は低く、水深による変化も少ない。水温は全体的にみて表層で低い傾向が認められ、この傾向は三崎川に近い St.1、St.3、St.7、St.8 や、宗呂川河口に近い St.12、St.15、St.17、St.19 で顕著であった。これらの地点では表層（0m）と中下層との水温の差は 0.5～1℃程度

となっている。表層の低水温は河川水の流入を示していると考えられたが、濁度の値とは対応していない。

○第二回調査（降雨後：2003年12月2日）（図4-47参照）

足摺岬周辺では11月27日から11月29日にかけて積算で133.5mmの降雨が観測された（清水測候所）。特に27日夜半から28日昼にかけてまとまった量の雨が降った。湾内に波が発生したため、海況の回復を待って2003年12月2日に調査を行った。この調査では湾内の濁度は17～200と全域で高く、St.1を除く地点で各水深とも80NTU以上の値を示した。宗呂川河口のSt.12では特に濁度は高く、各層120NTU以上で表層は200NTUだった。例外的にSt.1の濁度は0m、5mとも20NTU以下と低かった。湾内の水温は、全体的に下層に比べ、表層で低い傾向があった。特に三崎川河口にもっとも近いSt.1とそこから沖に向かうライン上にあるSt.3、St.7、St.8、St.13や、宗呂川河口に最も近いSt.12などでその傾向は強く、表層の水温と底層の水温の差は1℃前後となっていた。

○第三回調査（静穏時：1月28日）（図4-48参照）

風が弱い晴れた日が4日ほど続いた2004年1月28日に静穏時の調査を行った。この調査時の濁度は湾全体で0～34と前2回の調査時に比べ低かった。湾全体の傾向を見ると西側湾奥部（St.1、St.3、St.4、St.6、St.9、St.10、St.14）で低く、湾の東側や沖側（St.11、St.12、St.13、St.17、St.18、St.19、St.20など）でやや高いという傾向があった。このほか、桜浜にあるSt.2や、濁水の流入が続く宗呂川の河口部のSt.12では、比較的濁度は高く、各層とも12以上の値を示した。また、St.16、St.19、St.20では宗呂川から流入した濁りの影響により、表層で高い値を示している。湾内の水温は概ね17℃前後で、St.1、St.2、St.4、St.5、St.8、St.9、St.10などでは底層に行くほど水温が低いという傾向があった。宗呂川河口に近いSt.12、St.16では表層の水温が低いが、これは河川水の流入の影響を受けたものだと考えられる。その他の地点、特に沖合にあるSt.17、St.18などでは深さによる水温の変化は少なかった。

## 考 察

今回、小規模な降雨後（第1回調査）、比較的まとまった雨の降った後（第2回調査）、冬季の静穏な時期（第3回調査）の3回測定を行い湾内の濁度と水温の分布を見た。これらの調査によると竜串湾の冬季静穏時の濁度は6～34NTUで、河川の影響を受けていない地点では概ね10NTU前後の値を示していた。また、2回の降雨後の調査から降雨量が比較的少ない場合、湾中央部や沖よりの地点ではあまり濁度は高くないが、河口部や湾奥部では濁りが強くなること、また、まとまった雨が降ると湾全域に濁りが広がり、降雨から4、5日経過しても湾全域で濁度は全域で80以上に達することが分かった。また、河川工事の続く宗呂川河口部周辺では降雨後だけでなく静穏時で濁度が高かった。湾内の濁りは河川の影響を強く受けられていると考えられるが、濁りの発生の原因として河川からの濁水の流入の他に、湾内堆積物の巻き上げによる影響が考えられる。今回の降雨後に見られた濁りが波浪の影響をどの程度受けているの

かは、調査時の波高についての資料がないため不明である。また、調査の性質上、海況がある程度回復してからでなければ測定が行えないため、降雨と波やうねりの発生を伴う複合的な濁り発生のメカニズムはとらえにくい。そこで今後は、波の発生が少なくまとまった降雨がある梅雨時期の調査を行い、降雨量と湾内の濁度の関係、また濁水の拡散の仕方について明らかにしていく。

表4-20. 水質測定日周辺の気象状況（土佐清水測候所）

	気温(°C)			平均 風速 m/s	最大 風速 m/s	風向	最大瞬間 風速 m/s	風向	降水量 mm	天気概況	
	平均	最高	最低							昼	夜
03/10/7	20.3	21.7	18.6	3.6	7	北北東	15.2	北	0	曇	曇り時々雨
2003/10/8	22.3	23.8	20.4	3.4	7	東	16.3	東南東	0	曇一時雨後晴れ	曇り時々晴れ
2003/10/9	23.1	24.9	21.5	4.4	7.4	北北東	15.2	南東	0	曇時々晴れ	曇
2003/10/10	23.6	25.3	22.2	4.8	8.3	東	19.3	東	0	曇	曇
2003/10/11	24.1	25.4	22.3	6.2	10.3	東	21.8	東南東	10	雨一時曇	曇後一時雨
2003/10/12	26.2	29.1	24.5	4.8	8.5	南南東	18.3	南南東	11	曇一時雨	雨後曇
2003/10/13	24	27.3	20.9	5.2	14	西南西	25.3	南西	6	曇時々晴れ	曇り時々雨
2003/10/14	19.5	21.9	16.1	3.2	6.3	東	13	東	22.5	雨	曇一時雨後晴れ
2003/11/24	16.4	18.9	13.1	5.2	7.4	北北東	13.9	北	0	晴れ後曇時々雨	晴れ時々曇
2003/11/25	18.6	22.3	15.4	4.1	7.6	西	14.8	北西	0	快晴	快晴
2003/11/26	16.8	18.6	13.4	3.2	6.2	東	19.4	北北東	0	晴れ時々曇	曇後雨
2003/11/27	18.6	20.1	15.5	8.2	12	東	26.5	東南東	35	雨	大雨
2003/11/28	19.1	20.7	17.3	8.9	11.8	東	26.9	東南東	84	大雨	雨
2003/11/29	19.7	21.9	17.7	2.5	6.1	東	11.5	東南東	14.5	雨時々曇	曇時々雨
2003/11/30	17.6	19.9	15.1	3.2	6.3	北北西	11.9	北北東	0	曇	曇一時晴れ
2003/12/1	13	17	9.1	2.6	5	北	12.2	北北東	0	晴れ後一時曇	晴れ
2003/12/2	15.6	18.3	13	3.8	8.4	北北西	14.4	北北西	0	快晴	晴れ一時曇
2004/1/21	6	10	2.3	3.6	7.3	西	15.6	西南西	0	曇後晴れ	晴れ一時雪
2004/1/22	0.5	3.5	-1.8	5	8.4	西	21.6	西	0	雪	晴れ一時雪
2004/1/23	4.1	7.7	-1.3	4.1	7.4	西	16.7	西	0	晴れ	曇
2004/1/24	5.3	10.5	2.9	2.3	4.3	西北西	12.6	西北西	0	晴れ時々曇	快晴
2004/1/25	3.9	6.8	1.5	4.6	8.6	西	18.8	西	0	晴れ	晴れ
2004/1/26	4.3	8.6	1.5	2.7	5.6	北西	10.9	西北西	0	晴れ	薄曇
2004/1/27	5.5	9.6	2.4	3.1	5.9	西	12.6	西	0	晴れ	晴れ
2004/1/28	6.9	11.6	1.2	3.1	7.7	西南西	13.3	北西	0	快晴	快晴

気象庁電子閲覧室 <http://www.data.kishou.go.jp/>

2003年10月14日 濁度 (NTU)

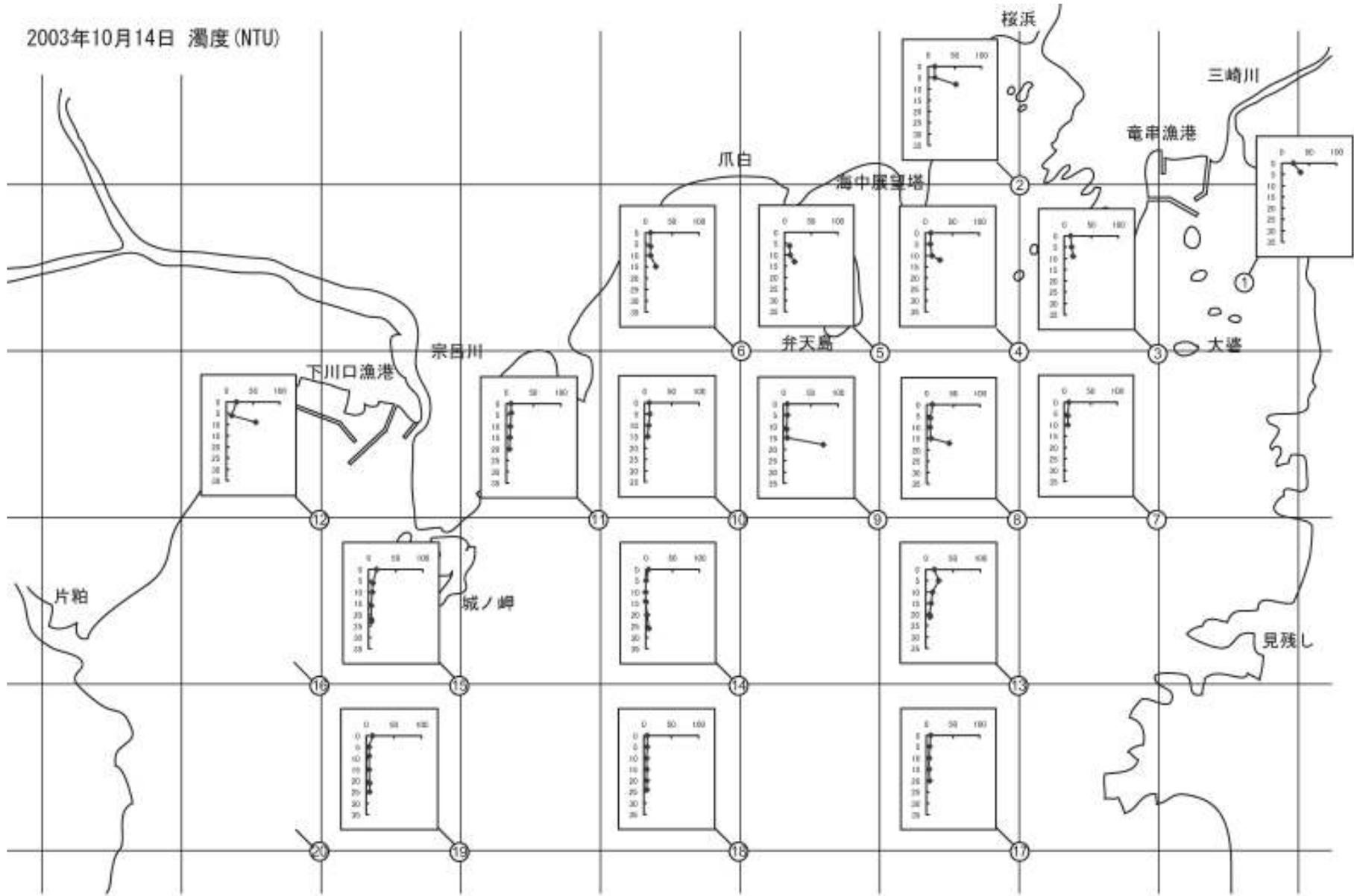


图 4-46 (1). 2003 年 10 月 14 日第 1 回調査結果 (濁度)

2003年10月14日 水温(°C)

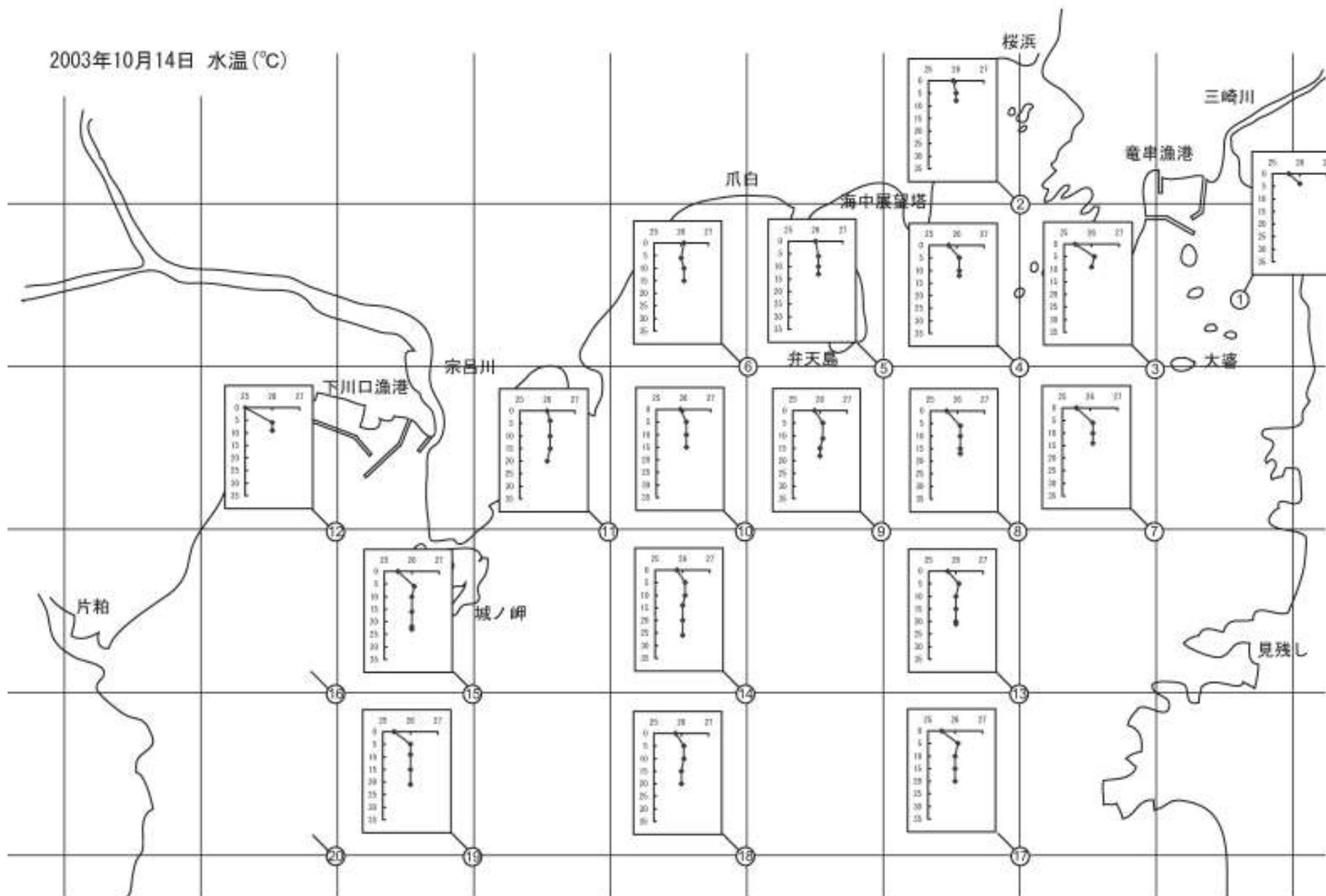


图4-46(2). 2003年10月14日第1回調査結果(水温)

2003年12月2日 濁度 (NTU)

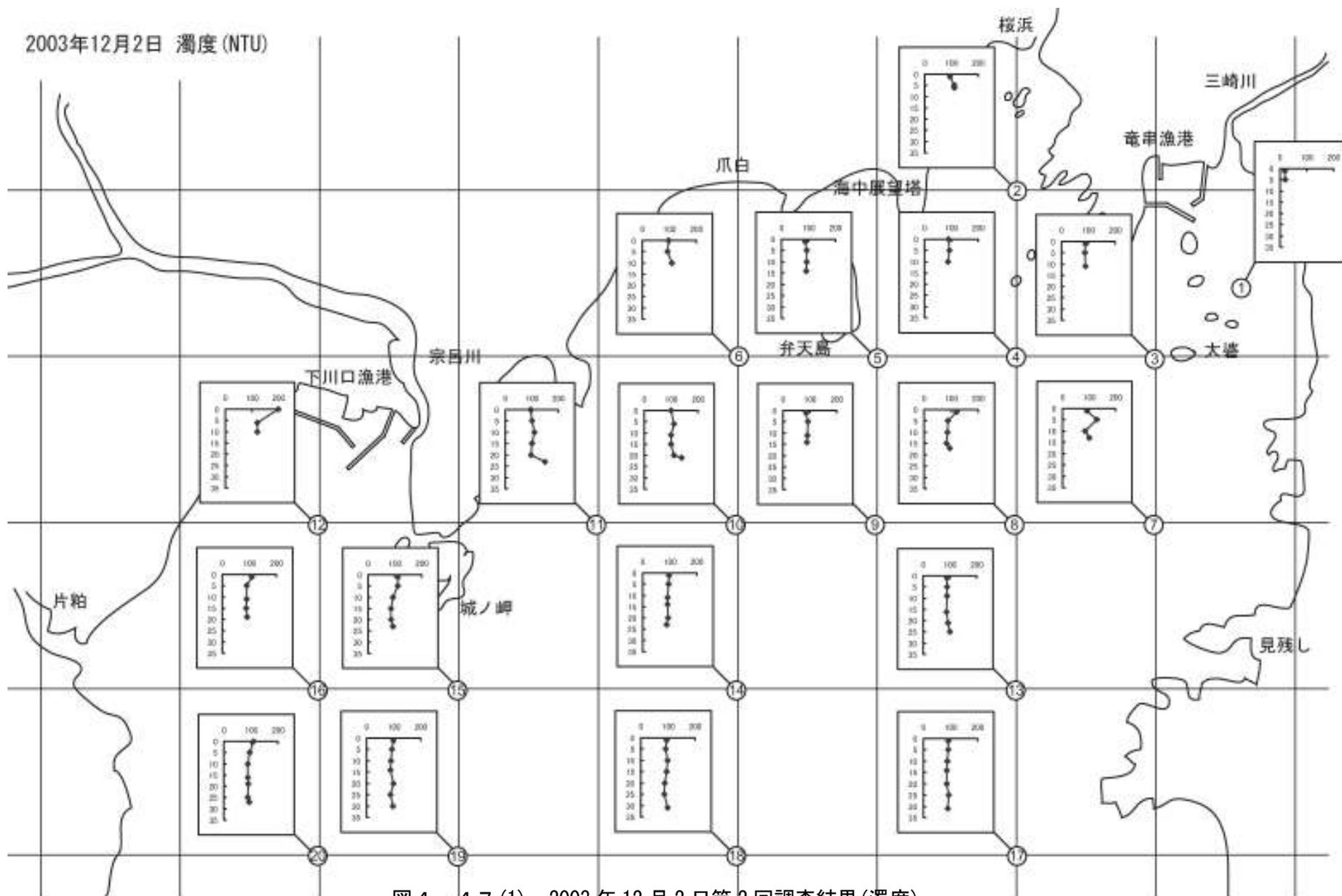


図4-47(1). 2003年12月2日第2回調査結果(濁度)

2003年12月2日 水温(°C)

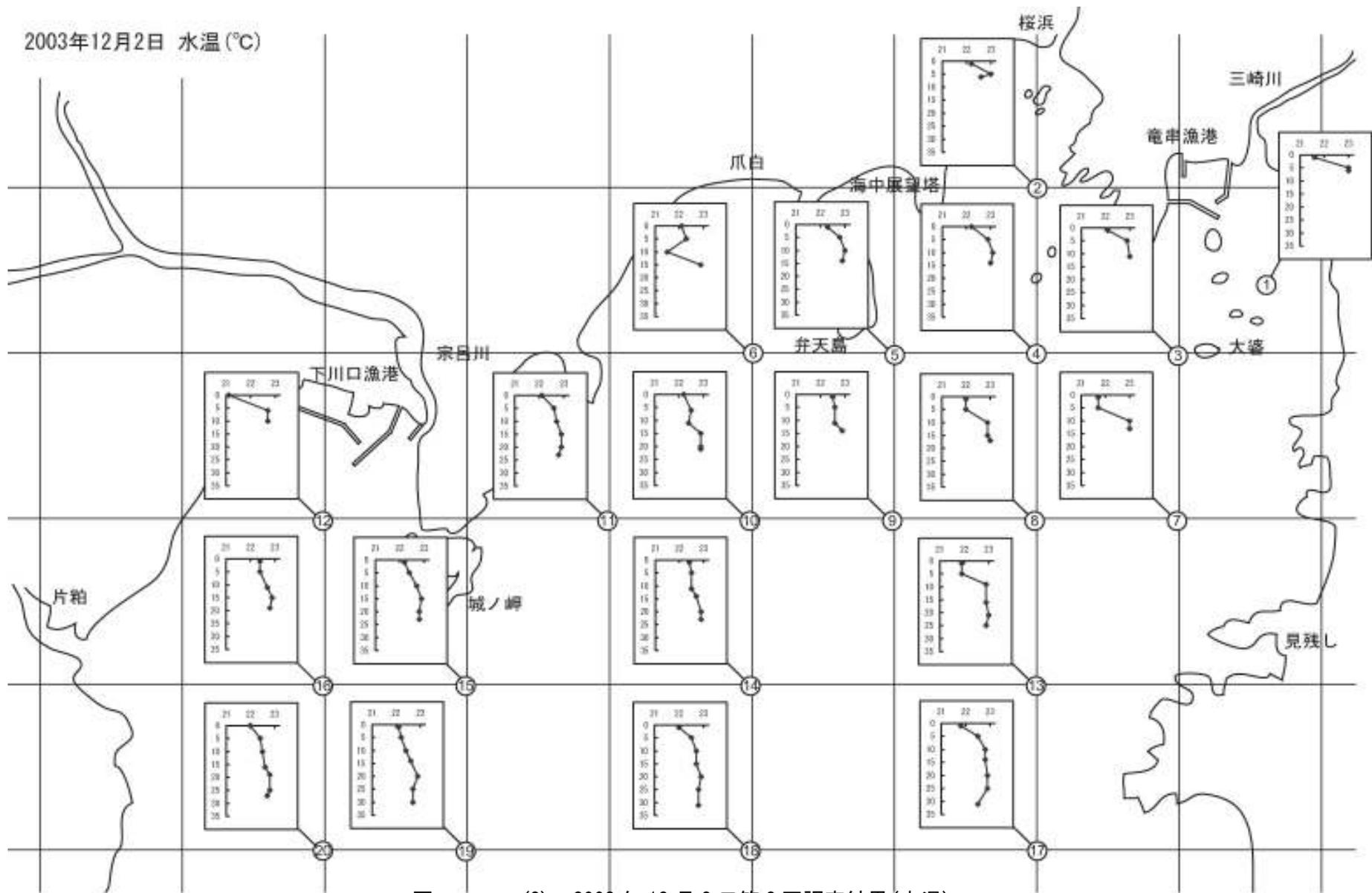


図4-47(2). 2003年12月2日第2回調査結果(水温)

2004年1月28日 濁度 (NTU)

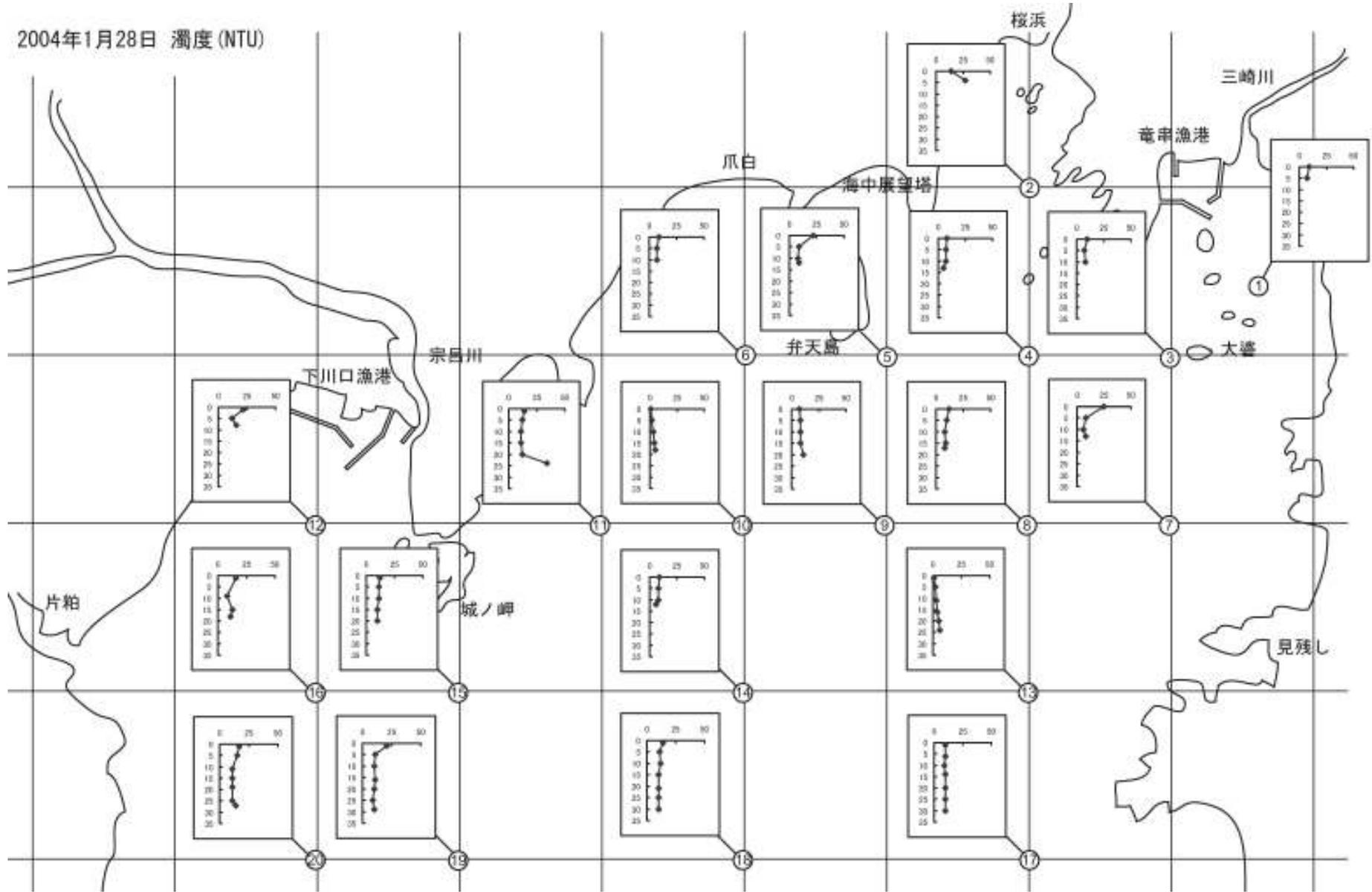


图4-48(1). 2004年1月28日第3回調査結果(濁度)

2004年1月28日 水温(°C)

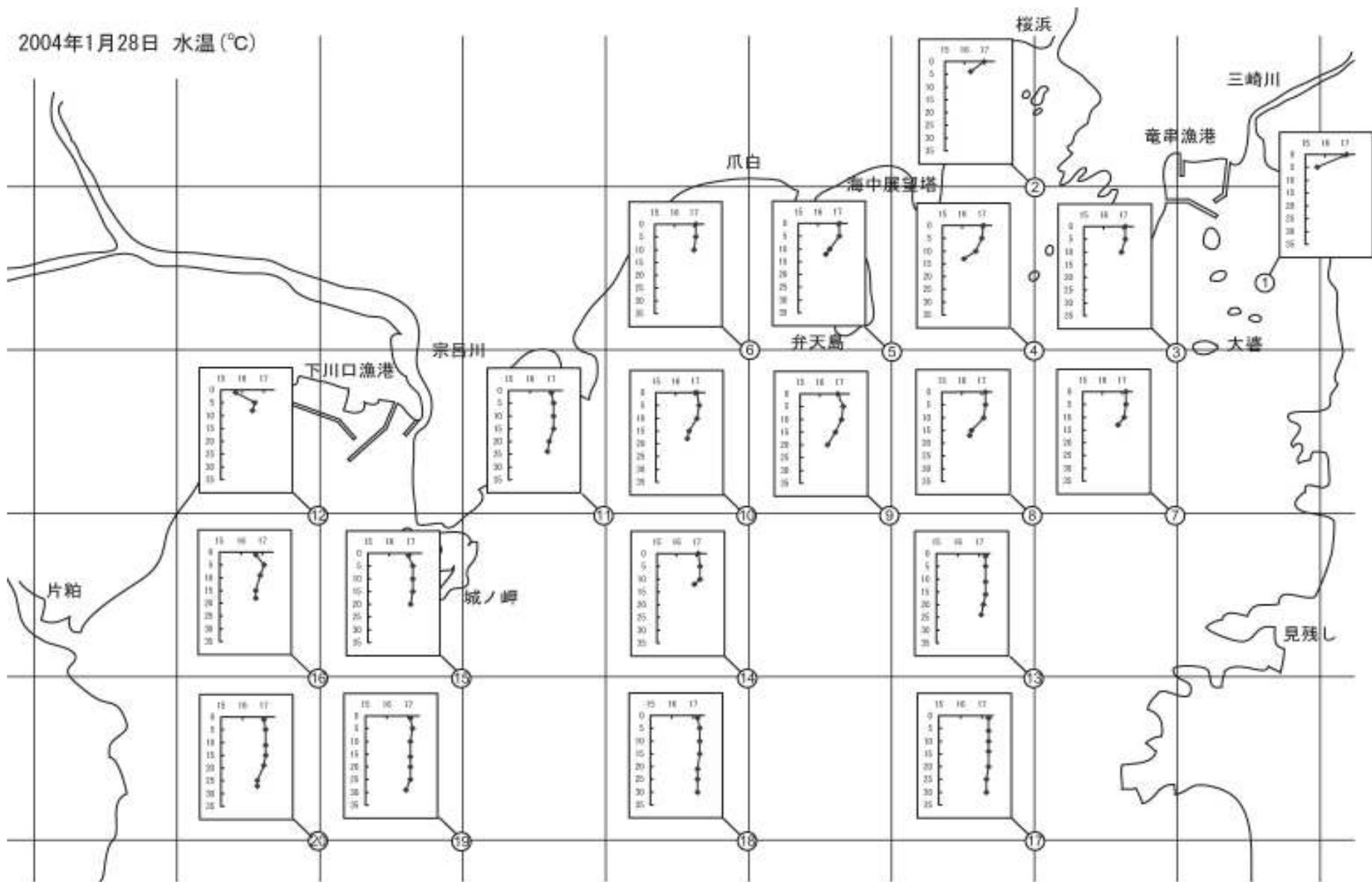


图4-48(2). 2004年1月28日第3回調査結果(水温)

#### 4-C. 生物相を指標とした環境の把握

黒潮流域のような貧栄養海域において、沿岸水の水質環境を評価する事は以下に挙げる理由により極めて困難である。

- ① 降水による陸水の流入、陸域・海域における人間の活動、沿岸を流れる海流の変動、波浪による沿岸流の変動、波浪による攪拌や静穏期の成層などにより、ある地点・ある時点で採水した海水の水質が当該海域の水質環境を代表していない可能性が高い。
- ② 貧栄養な海域に形成されている生物群集は、供給される栄養資源を直ちに使い切るような生態系を形成しており、供給量の多少の変動は生物生産に吸収されて水質に現れにくい。

一方、海域の生物群集は水質を含む様々な環境の変動幅に対応した群集構造となるため、群集構造は刻々変化する環境の総体を反映していると考えられる。つまり、ある地点に形成されている生物群集の群集構造を調べる事によって、その地点の環境を評価することができるのである。

実際には極めて多くの環境要因が群集構造を決定するため、群集構造から環境の絶対的な評価を行う事はできないが、複数の地点の群集構造を比較する、あるいは同じ地点の群集構造を時系列で比較する事によって相対的な相違や変化を評価する事は可能である。

本調査は竜串海域の複数の地点で生物群集構造を明らかにする事により、地点間の環境の相違を評価するとともに、将来同様の調査を行う事により環境の変化を知るための基礎資料を作成する事を目的として行われた。

##### a) 潮間帯坪刈り調査

###### 調査方法

調査対象の生物群集を岩礁海岸の潮間帯生物群集とし、図 4-49 に示した爪白、桜浜、竜串の 3 地点の比較を行うこととした。各地点の選定理由と概況は以下の通り。

爪白：地先に近年生育の盛んなサンゴ群集がある。水害時、遠奈呂川から流出した土砂の影響を受けたが、1 年程度で土砂の堆積は見られなくなった。竜串湾内では比較的波当たりが強い。



図 4-49. 調査地点

**桜浜**：竜串湾の最奥部に位置し、小河川の河口部にあたる。生活排水等による富栄養化が懸念される地点。水害時、土砂の流入はみられなかった。

**竜串**：海中公園2号地。海中公園指定時は高被度のサンゴ群集が見られたが、水害以前からサンゴ群集の衰退が著しい。水害時、三崎川から流出した土砂の堆積が見られたが、現在は砂質の底質にシルト分がやや多い程度。

平成16年5～6月の大潮の日に生物群集の採集を行った。採集は50×50cmの方形枠法によって行った。低潮帯、中潮帯、高潮帯、飛沫帯（図4-50参照）でそれぞれ特徴的な生物群集が見られる3ヶ所に方形枠を置き、周辺を含めた生物群集の概要を記録した後、方形枠内の写真撮影を行い、枠内のすべての生物を掻き取ってポリ袋に入れた。採集物は直ちに10%海水ホルマリンで固定して研究室に持ち帰り、試料とした。高潮帯のイワフジツボ高密度分布域においては、方形枠内の平均的な密度の場所に10×10cmの方形区を設定し、この枠内のイワフジツボの個体数を現場で計数し、任意の100個体を採集してイワフジツボ個体数と重量測定を試料とした。

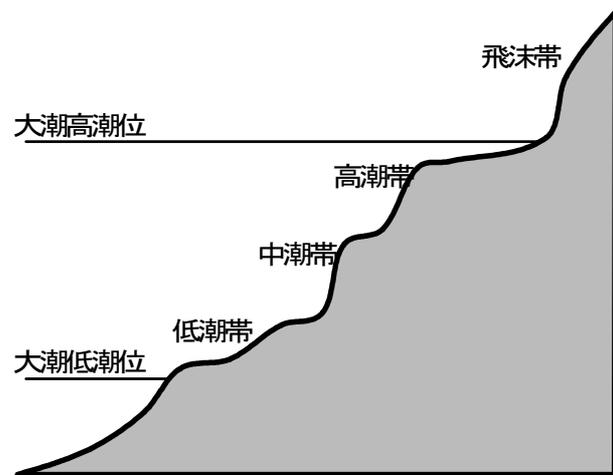


図4-50. 潮位帯の区分

方形枠を置いた全地点は5m箱尺とトランシットを用いた直接水準測量を行い、財団法人日本気象協会四国支店発行四国地方気象暦平成15年版の土佐清水港の潮位表による大潮最干潮時の海水面と各方形枠との高低差を計測し、潮位表基準面からの高さに換算した。

研究室に持ち帰った試料は完全にホルマリン固定されるまで1ヶ月程度放置した後、1mm目合いの金網の上で水道水をかけてホルマリンを除去し、1mm以上の生物を砂や石片から肉眼で選別して生物試料とし、必要ならば顕微鏡を用いて可能な限り種まで同定し、種類別に個体数と重量を計測した。

#### 調査結果

方形枠毎の採集期日と潮位表基準面からの高さを表4-22に示す。各地点ごとに出現した生物の種類数、個体数、重量をまとめて表4-23に示す。また、各調査地点の方形枠別の写真を図4-51～53に示す。なお、出現した全ての生物のリストは巻末の資料21に示す。なお、資料の生物リストは5界説に従い、岩波書店発行の岩波生物学辞典第4版の分類体系に従った。

表 4-22. 各方形枠の採集期日と潮位表基準面からの高さ (cm)

爪白		方形枠番号		
潮位帯	採集期日	1	2	3
飛沫帯	6月15日	190	200	221
高潮帯	6月15日	140	171	167
中潮帯	5月19日	95	112	145
低潮帯	6月15日	15	36	13

桜浜		方形枠番号		
潮位帯	採集期日	1	2	3
飛沫帯	5月17日	330	213	195
高潮帯	5月17日	203	202	133
中潮帯	5月17日	144	83	113
低潮帯	5月17日	75	73	-13

竜串		方形枠番号		
潮位帯	採集期日	1	2	3
飛沫帯	5月18日	209	205	200
高潮帯	5月18日	173	213	153
中潮帯	5月18日	121	140	149
低潮帯	5月18日	39	39	62

表4-23. 潮間帯坪刈り生物出現状況

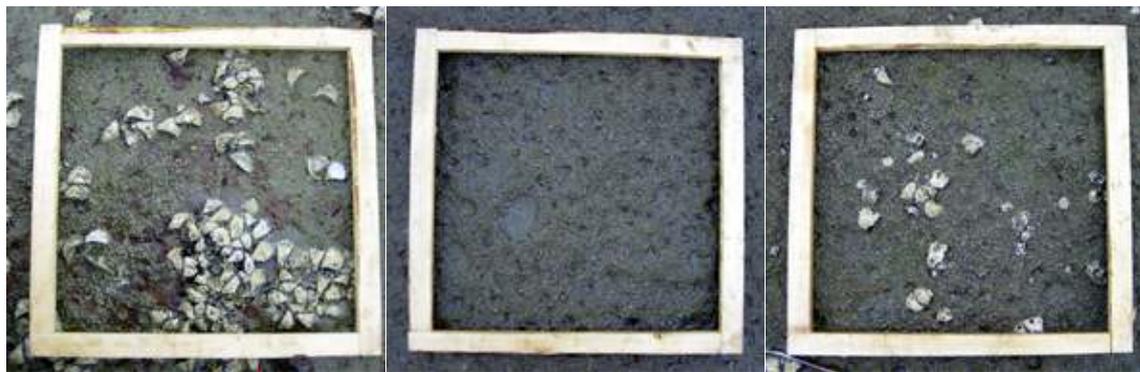
	爪白			桜浜			竜串		
	種類数	個体数	重量(g)	種類数	個体数	重量(g)	種類数	個体数	重量(g)
原生生物界 Protista									
紅色植物門 Rhodophyta	7	0	1477.5	20	0	1497.9	17	0	550.8
不等毛植物門 Heterokontophyta	3	1	2.3	4	14	41.0	4	370	2158.5
緑藻植物門 Chlorophyta	3	0	372.8	3	1	0.5	1	0	1.0
有毛根足虫門 Sarcomastigophor	3	4848	4.9	1	2	0.0	2	7	0.0
モノラ界 Monera									
藍色植物門 Cyanophyta							1	0	0.4
動物界 Animalia									
海綿動物門 Porifera	7	3	6.8	6	11	7.6	4	3	33.1
刺胞動物門 Cnidaria	3	9	4.1	4	14	23.3	5	2	1.2
扁形動物門 Platyhelminthes	3	86	0.7	5	32	0.9	4	41	0.3
紐形動物門 Nemertea	5	39	0.4	5	27	1.9	5	18	0.5
線形動物門 Nematoda	1	54	0.0	1	11	0.0	1	15	0.0
軟体動物門 Mollusca	66	4811	7035.9	53	8333	8169.1	57	3268	6029.1
環形動物門 Annelida	1	8239	50.0	1	4787	104.9	1	2988	38.9
星口動物門 Sipuncula	8	130	2.4	7	345	11.7	7	92	1.1
節足動物門 Arthropoda	56	23524	750.2	63	17785	733.0	62	34331	625.5
苔虫動物門 Bryozoa	2	0	0.2	3	6	0.0	6	0	1.6
棘皮動物門 Echinodermata	12	104	227.5	9	140	156.3	16	83	352.9
脊索動物門 Chordata	10	9	25.7	8	19	8.5	13	16	4.0
合計	190	41857	9961.5	193	31527	10756.6	206	41234	9798.9



飛沫帯 方形枠 1

飛沫帯 方形枠 2

飛沫帯 方形枠 3



高潮帯 方形枠 1

高潮帯 方形枠 2

高潮帯 方形枠 3



中潮帯 方形枠 1

中潮帯 方形枠 2

中潮帯 方形枠 3



低潮帯 方形枠 1

低潮帯 方形枠 2

低潮帯 方形枠 3

図4-51. 爪白の坪刈り方形枠の状況



飛沫帯 方形枠 1

飛沫帯 方形枠 2

飛沫帯 方形枠 3



高潮帯 方形枠 1

高潮帯 方形枠 2

高潮帯 方形枠 3



中潮帯 方形枠 1

中潮帯 方形枠 2

中潮帯 方形枠 3



低潮帯 方形枠 1

低潮帯 方形枠 2

低潮帯 方形枠 3

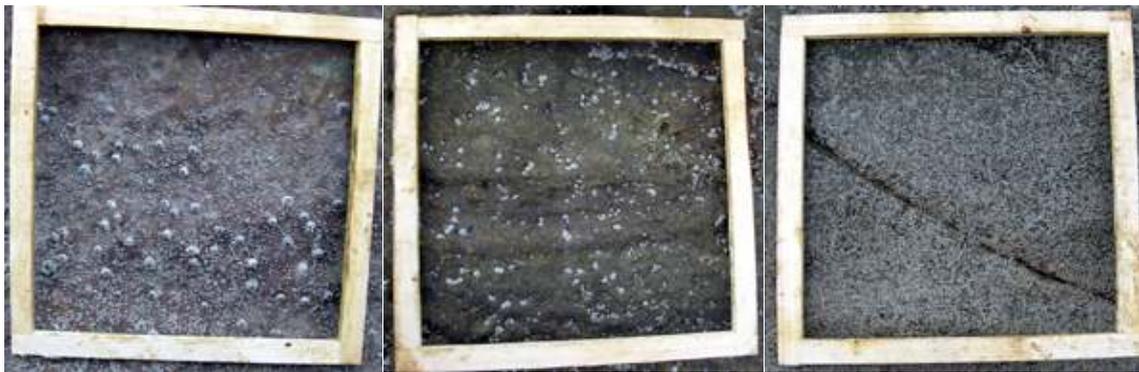
図4-52. 桜浜の坪刈り方形枠の状況



飛沫帯 方形枠 1

飛沫帯 方形枠 2

飛沫帯 方形枠 3



高潮帯 方形枠 1

高潮帯 方形枠 2

高潮帯 方形枠 3



中潮帯 方形枠 1

中潮帯 方形枠 2

中潮帯 方形枠 3



低潮帯 方形枠 1

低潮帯 方形枠 2

低潮帯 方形枠 3

図4-53. 竜串の坪刈り方形枠の状況

坪刈り調査で出現した生物は、爪白で 16 門 190 種類、桜浜で 16 門 193 種類、竜串で 17 門 206 種類と大差なかった。出現総重量は爪白で 9,961.5g、桜浜で 10,756.6g、竜串で 9,798.9g とどの地点もおよそ 10kg（方形枠あたり約 1.1kg）で、やはり大差なかった。しかしその内容を詳しく見ると、地点によって以下のような特徴が見られた。

#### 〔藻 類〕

爪白の藻類の出現種類数は 13 種類で 3 地点中最も少なく、出現重量は 1,852.62g で中間だった。サンゴモ（有節石灰藻）類が優占し、種同定のできたヒメモサズキと併せて 1,258.56g と、総出現重量の 68%を占めた。他に多く出現したのは、ソゾの一種、コケイワツタ、フサイワツタ、モツレミルで、この 6 種類で藻類全体の 99%を占めた。サンゴモ類を除く藻類は 594.06g と、3 地点中最も少なかった。

桜浜の藻類の出現種類数は 27 種類で 3 地点中もっとも多く、出現重量は 1,539.37g で最も少なかった。サンゴモ（有節石灰藻）類は、種同定のできたピリヒバと併せて 456.79g で、総出現重量の 30%を占めた。他に多く出現したのは、スギノリ、ソゾの一種、紅藻類の破片であるが、この 5 種類を併せた重量は藻類全体の 84%を占めた。サンゴモ類を除く藻類は 1082.58g だった。

竜串の藻類の出現種類数は 22 種類で 3 地点中の中間、出現重量は 2,710.23g で 3 地点中最も多かった。サンゴモ（有節石灰藻）類は、種同定のできたピリヒバと併せて 159.28g と 3 地点中最も少なく、総出現量の 6%を占めるに過ぎない。もっとも多量に出現したのは熱帯性のホンダワラ類であるフタエモクで、出現重量は 2,157.57g、藻類全体の 80%に及んだ。他に多く出現したのはテングサ類とワツナギソウで、これら 2 種とフタエモクを併せると藻類全体の 89%を占めた。サンゴモ類を除く藻類は 2550.95g と最も多かったが、フタエモクが大半を占め、サンゴモ類とフタエモクを除く藻類は 552.66g で、サンゴモ類を除いた爪白の藻類とほぼ同じ量だった。

#### 〔貝 類〕

ウノアシとヒメコザラ：どちらも潮間帯の岩礁のくぼみなどに棲むカサガイの仲間であるが、ウノアシはどちらかというと外洋性の環境を好み、ヒメコザラは内湾的な環境を好む種である。出現状況を見ると、爪白でウノアシ 403 個体に対してヒメコザラ 4 個体、桜浜でウノアシ 70 個体に対してヒメコザラ 142 個体、竜串ではウノアシ 299 個体に対してヒメコザラ 120 個体と、構成比に違いが見られる。

コビトウラウズガイ：直径 3mm 以下の微少な巻貝で、竜串から 1,330 個体と多量に出現し、その 97%にあたる 1,288 個体が高潮帯方形枠 3 から出現している。この貝はイワフジツボの間や死殻の中に棲む貝で、竜串の高潮帯方形枠 3 には 17,438 個体のイワフジツボが出現しており、この個体数は他の高潮帯の方形枠に比べて 3 倍近い。コビトウラウズガイが多かったのは、棲み場所であるイワフジツボが多かったことが原因であると考えられる。

ムラサキインコとヒバリガイモドキ：どちらも貧栄養な海域には少なく、海域が富栄養になると基岩が見えなくなるほど密集して岩の表面を覆う二枚貝である。爪白ではム

ラサキインコ 7 個体、ヒバリガイモドキ 67 個体、竜串ではムラサキインコ 2 個体、ヒバリガイモドキ 47 個体だったのに対して、桜浜ではムラサキインコ 672 個体、ヒバリガイモドキ 4149 個体と桁違いに多く、桜浜が富栄養な海域である事を示している。

オハグログキ：中潮帯の岩礁表面に棲む熱帯性のカキの一種。爪白で 413 個体 6657.66g、桜浜で 518 個体 3035.82g、竜串で 246 個体 5711.01g 出現した。桜浜では出現個体数が多いが、1 個体当たり平均重量が他の 2 地点に比べて  $1/2 \sim 1/3$  で、小型の個体が多い。

チリハギガイ：上記、ムラサキインコやヒバリガイモドキなどイガイ類の足糸をすみかとする微少な二枚貝で、桜浜で最も多い 1,398 個体、爪白で 823 個体、竜串で最も少ない 115 個体であったのは、イガイ類の個体数の傾向と一致する。

#### [フジツボ類]

カメノテとクロフジツボは貧栄養な環境を好み、シロスジフジツボやタテジマフジツボは富栄養な環境を好む種であり、環境指標生物として使われる。カメノテは爪白で 632 個体、桜浜で 230 個体、竜串で 375 個体出現し、クロフジツボは爪白で 10 個体、桜浜で 53 個体、竜串で 154 個体出現し、シロスジフジツボは竜串のみから 1 個体出現し、タテジマフジツボは出現しなかった。

#### [ヨコエビ類・ワレカラ類]

ワレカラ類は主に大方の海藻をすみかとする動物で、サンゴモ類を除く藻類が最も少なかった爪白で 2 種 61 個体、もっとも多様な藻類が出現した桜浜で 5 種 871 個体、フタエモクが多量に出現した竜串で 2 種 481 個体が出現した。

桜浜から 2 種 38 個体、竜串から 1 種 28 個体出現したドロクダムシ類は泥質干潟に多数出現する生物である。竜串から多数出現したカマキリヨコエビ類、モクズヨコエビ類は藻類をすみかとする生物である。

### 生物群集から見た調査地点の環境

爪白：低潮帯の岩の表面は石灰藻を除いて藻類が少なく、「磯焼け」の状態である。中潮帯から高潮帯にかけてオハグログキとカメノテが多数生息しており、高潮帯にはイワフジツボが高密度で分布している。飛沫帯にはアラレタマキビが多数生息している。

典型的な黒潮流域の岩礁海岸の生物相を示しており、外洋性の貧栄養な環境であると考えられる。

桜浜：低潮帯の岩の表面には紅藻類を中心とする背の低い藻類が繁茂し、低潮帯から中潮帯にかけて多数のヒバリガイモドキが見られる。中潮帯にはオハグログキやカメノテ、クロフジツボが見られるが、個体数は多くない。中潮帯から高潮帯にかけて内湾性のヒメコザラが多数生息しており、ウノアシは少ない。高潮帯にはイワフジツボが多数生息しているが、通常低潮帯から中潮帯にかけて生息するムラサキインコが高潮帯にまで多数分布している。飛沫帯にはアラレタマキビが比較的多数生息している。

小河川の河口域という事もあり、かなり内湾性の強い富栄養の環境であると考えられる。

**竜串**：低潮帯には熱帯性のホンダワラ類であるフタエモクが繁茂しており、海藻をすみかとする小型甲殻類の生物群集が成立している。中潮帯にはオハグログキやカメノテ、クロフジツボが多数生息している。中潮帯には内湾性のカサガイであるヒメコザラが高潮帯にはイワフジツボが極めて多数生息しており、そこをすみかとしているコビトウラウズガイも多い。飛沫帯にはアラレタマキビが生息しているが、個体数は多くない。

内湾的な環境を好む種と外洋性の環境を好む種が混在して生息しており、爪白と桜浜の中間的な環境であると考えられる。

## b) 魚類相調査

### 調査方法

足摺宇和海国立公園竜串地区内にある5箇所、St.1 弁天島西側の双子礫、St.2 桜浜沖の桜中礫、St.3 竜串海中公園2号、St.4 竜串海中公園3号大礫、St.5 見残湾海中公園4号に調査区を設置し(図4-54)魚類相調査を行った。

調査は平成15年10月27日から12月26日までの気象条件の良い日を選び計6回行った。

調査はライントランセクト法を用い、スキューバ潜水により行った。

海底に100mのセンサスラインを張り調査区とした。魚種や個体数の水平分布を把握するため、100mの調査区を10m間隔で10区画に分割し調査を行った。

各潜水調査時には調査員2名が目視による個体数調査(センサス)を、1名が写真撮影、1名がビデオ撮影をそれぞれ行った。その際、目視観察員2名はセンサスラインの両側に分かれ、起点から終点に向けて1区画あたり約5分を目安にセンサスを行った。ラインより2m幅の範囲に出現する魚類の種類と個体数を記録した。観察された魚は、形態、色彩および体長から成魚か、それ以外の若い個体に区別した。

魚類相リストの配列、学名および和名は中坊編(2000)に従った。

黒潮による亜熱帯性魚類の供給について検討を行うため、中坊編(2000)に記載された各種の地理的分布と、宇和海内海湾の魚類相調査の結果と海洋生物分布地図(坂井他、1994)を基に、観察された魚種を南方系(熱帯性+亜熱帯性)と温帯性とに大別した。

魚類の観察と同時に、センサスライン沿いの底質の状況も把握した。



図4-54. 調査地点

## 結 果

調査地点ごとの魚類出現状況を表 4-24 に示す。調査区ごとの魚類出現状況の詳細は資料 22 を参照されたい。以下に調査地点ごとの底質と魚類相についてまとめる。

### S t . 1 弁天島西側の双子礫 (図 4-56 参照)

#### 1) 底質

双子礫 (海面上に二つ出た岩) の南にあるシモリの礫 (-5m) から南に向かって 100m 調査区を設け、ラインセンサスを行った。この調査区は北北東から南南西方向に向かって岩の断層が走っており、岩表面には卓状ミドリイシ類やソフトコーラルがよく発達していた。水面付近の比較的浅い岩の側面にはイソバナがよく発達していた。

水深は起点付近が-5mでそこから緩やかに深くなり、50m から沖の終点 100m地点までは-10m でほぼ同じ水深であった。

10m 間隔の主な底質は下記の通りであった。

0-10m	岩 (卓状ミドリイシ類)
10-20m	岩 (卓状ミドリイシ類)
20-30m	岩 (卓状ミドリイシ類)
30-40m	岩 (卓状ミドリイシ類)
40-50m	岩 (卓状ミドリイシ類)
50-60m	砂泥
60-70m	砂泥
70-80m	岩と砂泥
80-90m	岩と砂泥

90-100m 岩と砂泥

#### 2) 魚類相

センサスライン沿いの 400 平方メートル内に出現した魚類は 17 科 45 種 434 個体であった。そのうち成魚以外の小型個体は 37 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 10 種ともっとも多く、次いでチョウチョウウオ科 7 種、スズメダイ科 5 種、ヒメジ科、ハゼ科、ニザダイ科がそれぞれ 3 種と多かった。個体数ではソラスズメダイが 173 個体と最大値を示し、次いでナガサキスズメダイ 76 個体、チョウチョウウオ 21 個体、アカササノハベラ 21 個体、カミナリベラ 16 個体、ミツボシクロスズメダイ 15 個体、ハナハゼ 14 個体、ナガニザ 13 個体が多く、この 8 種で全個体数の 80.4%に達した。

観察された魚種を南方系と温帯性のものに分けたところ、熱帯から温帯まで広い分布域を持つハナハゼ 1 種を除いた 44 種は、南方系魚類 27 種 (61.4%)、温帯性魚類 17 種 (38.6%) であった (図 4-55)。

## S t . 2 桜浜沖の桜中礫 (図 4-57 参照)

### 1) 底質

桜浜海水浴場の沖合に位置する桜中礫西側の溝伝いに、北北東から南南西に向けて 100m の調査区を設け、ラインセンサスを行った。この調査区は北北東から南南西方向に向かって岩の断層が走っており、岩の周りは砂地になっていた。水深は起点付近が-3.5mと比較的浅く、終点でも-4.5mとほぼ一定の水深であった。岸よりの岩の表面にはイガイ科のヒバリガイモドキが多数固着していた。全般的に岩の表面にはタワシウニやツマジロナガウニなどのウニ類が多数確認された。また卓状ミドリイシ類もところどころ生息していた。

10m 間隔の主な底質は下記の通りであった。

- 0-10m 砂に岩 (バラウネタケが付着) が 2-3 点在
- 10-20m 岩 (ヒバリガイモドキが密生) と砂
- 20-30m 岩の裂け目に砂
- 30-40m 岩の裂け目に砂
- 40-50m 岩の裂け目に砂
- 50-60m 岩 (卓状ミドリイシ類)
- 60-70m 岩と砂
- 70-80m 砂泥に岩混じる
- 80-90m 岩と砂
- 90-100m 岩と砂

### 2) 魚類相

センサスライン沿いの 400 平方メートル内に出現した魚類は 15 科 29 種 137 個体であった。そのうち成魚以外の小型個体は 45 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 7 種ともっとも多く、次いでチョウチョウウオ科、スズメダイ科、ハゼ科がそれぞれ 3 種と多かった。個体数ではホンベラが 30 個体と最大値を示し、次いでベラギンポ 12 個体、クツワハゼ 11 個体、ソラスズメダイ 10 個体、オオスジイシモチ、カミナリベラがそれぞれ 9 個体、ホシカザリハゼ 8 個体、アカササノハベラ 7 個体が多く、この 8 種で全個体数の 70.1% に達した。

観察された魚種を南方系と温帯性のものに分けたところ、南方系魚類 13 種 (44.8%)、温帯性魚類 16 種 (55.2%) であった (図 4-55)。

## S t . 3 竜串海中公園 2 号 (図 4-58 参照)

### 1) 底質

竜串海中公園 2 号地の西岸南端にあるシモリの根から、根伝いに南北 100m に調査区を設けラインセンサスを行った。

この調査区は北北東から南南西方向に向かって岩の断層が走っており、岩の東側は砂地になっていた。水深は起点付近の-8m程から終点の-2mと緩やかに浅くなっていた。岩の表面にはタワシウニやツマジロナガウニなどのウニ類が多数確認された。また卓状ミドリ

イシ類も岩にまばらに生息していた。

10m 間隔の主な底質は下記の通りであった。

0-10m	岩と砂
10-20m	岩と砂
20-30m	岩と砂
30-40m	岩と砂
40-50m	岩と一部砂
50-60m	砂と岩
60-70m	砂と岩
70-80m	砂
80-90m	転石と岩
90-100m	岩

## 2) 魚類相

センサスライン沿いの 400 平方メートル内に出現した魚類は 15 科 37 種 448 個体であった。そのうち成魚以外の小型個体は 83 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 10 種ともっとも多く、次いでスズメダイ科 6 種、テンジクダイ科が 4 種と多かった。個体数ではソラスズメダイが 202 個体と最大値を示し、次いでクロホシイシモチ 70 個体、カミナリベラ 40 個体、クツワハゼ 24 個体、ナガサキスズメダイ 21 個体が多く、この 5 種で全個体数の 80% に達した。

観察された魚種を南方系と温帯性のものに分けたところ、南方系魚種 21 種 (56.8%)、温帯性魚類 16 種 (43.2%) であった (図 4-55)。

## S t . 4 竜串海中公園 3 号大濠 (図 4-59 参照)

### 1) 底質

水面上に突き出た南の根と根の間から北に向かって 100m の調査区を設け、ラインセンサスを行った。

この調査区は水深-2m までの浅場を除き、海底の岩や砂、転石の上は泥に覆われ海水は常に懸濁傾向にあった。海面下 1-2m の岩の上では卓状ミドリイシ類やトゲトサカなどのソフトコーラルが発達しており、岩の窪みにはツマジロナガウニなどのウニ類も密集していた。

この調査区は起伏に富み、起点付近は-6m であったが起点から 20-30m 付近では-1m となり、そこから先の転石帯では-7m 程であった。

10m 間隔の主な底質は下記の通りであった。

0-10m	岩と砂泥
10-20m	岩上に泥
20-30m	岩 (水面直下の根) 卓状ミドリイシ類点在
30-40m	岩と卓状ミドリイシ類
40-50m	岩と砂 (斜面岩上 7mm 程泥堆積)

50-60m	泥が堆積した岩と転石
60-70m	転石
70-80m	転石
80-90m	岩と転石 泥やや多く堆積
90-100m	転石と泥および砂

## 2) 魚類相

センサスライン沿いの 400 平方メートル内に出現した魚類は 17 科 33 種 919 個体であった。そのうち成魚以外の小型個体は 94 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 7 種ともっとも多く、次いでスズメダイ科が 5 種、ニザダイ科 4 種と多かった。個体数では移動性の高いキビナゴの 500 個体を除くと、ソラスズメダイの 259 個体が最大値を示し、次いでナガサキスズメダイ 49 個体、カミナリベラ 28 個体、オヤビッチャ 10 個体が多く、この 5 種で全個体数の 82.6%に達した。

観察された魚種を南方系と温帯性のものに分けたところ、南方系魚類 20 種 (60.6%)、温帯性魚類 13 種 (39.4%) であった (図 4-55)。

## S t . 5 見残湾海中公園 4 号 (図 4-60 参照)

### 1) 底質

見残湾内の海底は砂泥地で、その中にシコロサンゴの群生が見られる。調査区は湾奥のシコロサンゴの群生が始まる少し手前 (東側) を起点に、シコロサンゴの群生が終わる砂泥地 (西側) 方向に向かって 100m の調査区を設け、ラインセンサスを行った。調査区の水深は湾奥の起点-2m から湾口部に向かう終点の-7mまで緩やかに傾斜していた。

10m 間隔の主な底質は下記の通りであった。

0-10m	砂泥と転石 少しシコロサンゴ
10-20m	シコロサンゴ
20-30m	シコロサンゴ
30-40m	シコロサンゴ
40-50m	シコロサンゴ
50-60m	シコロサンゴ
60-70m	転石と砂泥
70-80m	転石と砂泥
80-90m	砂泥
90-100m	砂泥と岩

### 2) 魚類相

センサスライン沿いの 400 平方メートル内に出現した魚類は 19 科 55 種 1677 個体であった。そのうち成魚以外の小型個体は 147 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 10 種ともっとも多く、次いでスズメダイ科とチョウチョウウオ科、ハゼ科が 6 種、ニザダイ科、ブダイ科がそれぞれ 4 種と多かった。個体数ではクロホ

シイシモチの 753 個体が最大値を示し、次いでソラスズメダイ 460 個体、ナガサキスズメダイ 114 個体、ホシハゼ 48 個体、ハナハゼが 46 個体と多く、この 5 種で全個体数の 84.7% に達した。

観察された魚種を南方系と温帯性のものに分けたところ、熱帯から温帯まで広い分布域を持つハナハゼ、ウミテングの計 2 種を除いた 53 種は、南方系魚類 36 種 (67.9%)、温帯性魚類 17 種 (32.1%) であった (図 4-55)。

## 考 察

南日本の造礁サンゴ群集が分布する沿岸浅海域での魚類相は、熱帯系魚類の補給路となる黒潮の影響を強く受け顕著な季節的消長を示す。これら浅海域の魚類は夏から秋にかけて種数が増加し、冬から春にかけて減少する。今回の魚類相調査は 11 月から 12 月にかけて実施したため、本来種数のピークを迎える 9-11 月を僅かに過ぎていた。今後、夏から秋にかけての時期に調査をすることでさらに多くの魚種が記録される可能性がある。

今回調査を行った 5 つの調査区は竜串湾内に位置し、それぞれの調査区間は 1km ほどしか離れていない。このことは黒潮により受ける影響について、調査区間に大きな違いはないと考えられる。

今回の調査の結果、最も多くの魚種が確認された調査区は St. 5 の 55 種類で、ついで St. 1 の 45 種、St. 3 の 37 種、St. 4 の 33 種と続き、最も少なかったのは St. 2 の 29 種であった。底質との関係を見てみると St. 5 は調査面積の大半がシコロサンゴ群集に占有されており、ほとんどの魚類の生息はここで確認された。St. 1 は岩の上に卓状ミドリイシ類やイソバナ、ソフトコーラル等が良く発達していて、泥の沈澱も少なかった。St. 3 の底質は砂と岩から構成され、浅い岩の上にはところどころ卓状ミドリイシ類が生息していた。St. 4 は以前大規模な造礁サンゴ群集があったところだが、2001 年の大水害で三崎川等から流れ出た泥水の影響で、北側に面した岩の上の造礁サンゴは激減している。海底の転石には未だかなりの泥が堆積しており魚類の姿は少ない。しかしながら海面に近い岩にはソフトコーラルや卓状ミドリイシ類もところどころ生息しており、そこには魚類の生息も確認できた。最も魚種が少なかった St. 2 は岩の上にヒバリガイモドキ等の汚染に強いイガイ類が密生していた。岩の上には海藻類も付着していたが、底質は砂地が多く魚類は少なかった。また St. 2 のある桜浜には愛宕川と爪白川が流入しており、生活排水等の影響が懸念される。さらに海洋館の排水が桜浜に流れ込んでいるとの情報もあるので、水質調査等の結果と照合する必要がある。

以上の結果から考察すると、今回の調査は各調査区で 1 ないし 2 回程度の観察しか行っていないので確実なことは言えないが、魚種の多さは海底地形の構造的な複雑性、特に造礁サンゴの規模や被度に大きく影響されていることが示唆された。

坂井他 (1994) は宇和海内海湾における転石域での潜水調査に基づき、非サンゴ分布域に対してサンゴ分布域で種数と個体数が増えることを示している。また岩や転石等の表面に沈澱している泥により、海藻や造礁サンゴ類の付着が妨げられていることも考えられ

る。さらにきめの細かい泥が波浪等で攪乱されることで海中の透明度が下がり、サンゴや海藻等の生育に悪影響をおよぼしていることが懸念される。

観察された魚種を南方系（熱帯性＋亜熱帯性）と温帯性に分類した結果、St. 1 では南方系魚類が 27 種 (61.4%)、温帯性魚類が 17 種 (38.6%)、St. 2 では南方系魚類が 13 種 (44.8%)、温帯性魚類が 16 種 (55.2%)、St. 3 では南方系魚類が 21 種 (56.8%)、温帯性魚類が 16 種 (43.2%)、St. 4 では南方系魚類が 20 種 (60.6%)、温帯性魚類が 13 種 (39.4%)、St. 5 では南方系魚類が 36 種 (67.9%)、温帯性魚類が 17 種 (32.1%) であった。

南方系魚類の多くは、造礁サンゴ類を隠れ家や食物として利用しており（桑村，1976）、サンゴ群体の死滅は、種数と個体数の減少をもたらす（Sano et al., 1984, 1987）。上記の結果から St. 5、St. 1、St. 4 では南方系魚種の比率が約 6 割と高く、St. 2 は約 4 割と低いことが明らかになった。これらの結果も底質、特に造礁サンゴの被度との関連性が考えられるが、今後、各調査区の詳細な地形データが必要とされる。

竜串における浅海域の魚類相を生物地理学的に位置付けるため、黒潮の影響を強く受け、地理的にも竜串に近い高知県土佐清水市以布利（中坊他，2001）、幡多郡大月町柏島（平田他，1996）、紀伊半島潮岬の東側に位置し、黒潮本流に逆行する熊野灘の低温沿岸水の影響が大きいと、その西側に比べ黒潮の影響をあまり受けない和歌山県東牟婁郡の太地・勝浦（荒賀他，1996）、黒潮から比較的離れている愛媛県南宇和郡の宇和海内海湾（坂井他，1994）の 4 ケ所の魚類相と比較した。竜串の 5 調査区を合計すると総観察魚種 99 種のうち、南方系魚種が 69 種 (71.1%)、温帯性魚種が 28 種 (28.9%) であった。この比率は足摺岬東岸に位置する以布利での潜水における総観察魚種 127 種の結果 (66.1 : 28.3) と、柏島での潜水における総観察魚種 608 種の結果 (70.0 : 27.1) とほぼ一致した。このことは両調査場所における黒潮の影響と低温の海水の相互の影響が、相対的にそれ程異ならないことを示唆している。

太地・勝浦については、総観察魚種 44 種のうち南方系魚種の比率は 52.3% と竜串より低い値を示した。これは黒潮本流に逆行する熊野灘の低温沿岸水の影響が大きいとと考えられる。

坂井他（1994）によると宇和海内海湾における総観察魚種 120 種のうち、南方系魚類の比率は 67.5% であった。この値は竜串での結果と類似している。内海湾は竜串よりさらに北方に位置するが、黒潮の影響を強く受けていると考えられ、造礁サンゴの被度は高いところで 30% 以上あり、南方系魚種を定着させるための条件を備えている（坂井他，1994）。

以上のように他地域と比較した結果、竜串も他の海域同様黒潮の影響を強く受けていることが示唆された。

今回の調査は 11 月-12 月にかけて 1-2 回行ったに過ぎず、他の海域での調査が周年にわたる調査であることを考えるとまだまだ不十分な点は否めない。竜串での魚類相調査については岡田（1965）、今原（1994）の報告があるが、調査期間が短く断片的である。以上のことから 2001 年の大水害以降の海洋環境の変化を魚類相の変化から把握することは意義深いと考えられる。今後も継続して調査することが望まれる。

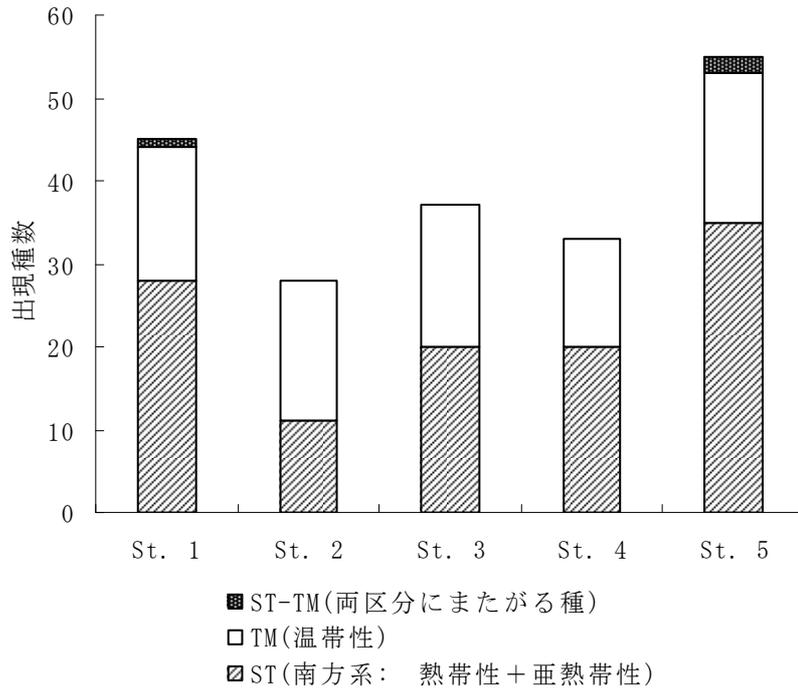


図4-55. 各調査地点の地理分布別魚類の出現種数

#### 引用文献

- 今原幸光. 1994. 足摺海域の動物相 (造礁サンゴを除く) について. 海中公園地区候補地調査報告書. 39-47
- 桑村哲生. 1976. 白浜付近の枝上サンゴ (ミドリイシ類) の枝間にみられる魚類の季節的消長. 南紀生物, 18: 15-22
- 岡田弥一郎. 1965. 竜串・沖ノ島周辺の海産動物目録. 高知県竜串・沖ノ島周辺海中公園調査報告. 23-36
- Sano, M., M. Shimizu and Y. Nose. 1984. Changes in structure of coral reef fish communities by destruction of hermatypic corals: observational and experimental views. Pac. Sci., 38: 51-79
- Sano, M., M. Shimizu and Y. Nose. 1987. Long-term effects of destruction of hermatypic corals by *Acunthaster planci* infection of reef fish communities at Iriomote Island, Japan. Mar. Ecol. Prog. Ser., 37: 191-199
- 坂井陽一・大西信弘・奥田 昇・小谷和彦・宮内正幸・松本岳久・前田研造・堂崎正博. 1994. 宇和海内海湾の転石帯における浅海性魚類相-ラインセンサス法による湾内および他海域との比較. 魚類学雑誌; 41(2): 195-205

表4-24. 地点ごとの魚類出現状況

種名および分類の順序は中坊編(2000)に従う

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	St. 1 St. 2 St. 3 St. 4 St. 5				
<b>Clupeidae コシン科</b>						
1 <i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST				cc	
<b>Synodontidae エソ科</b>						
2 <i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST			rr		
3 <i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST				rr	
<b>Pegasidae ウミテング科</b>						
4 <i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST				r	
<b>Fistulariidae ヤガラ科</b>						
5 <i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ(juv.)	ST			r	rr	
<b>Scorpaenidae フサガサゴ科</b>						
6 <i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST				rr	
7 <i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST		r	rr	r	
<b>Serranidae ハタ科</b>						
8 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST				r	
9 <i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST	rr				
10 <i>Cephalopholis miniata</i> ニカタハタ	ST				r	
<b>Apogonidae テンジクダイ科</b>						
11 <i>Cheilodipterus aitus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST				rr	
12 <i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST			rr		
13 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM	r	r	r	rr	
14 <i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM			cc	cc	
15 <i>Apogon</i> sp. キンセンイシモチ*(ト'ヨクイ)	ST	r			r	
16 <i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST			rr		
<b>Lutjanidae フエダイ科</b>						
17 <i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフエダイ(juv.)	ST		rr			
<b>Sparidae タイ科</b>						
18 <i>Acanthopagrus schlegelii</i> クロダイ	TM				rr	
19 <i>Pagrus major</i> マダイ	TM	rr				
<b>Mullidae ヒメジ科</b>						
20 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST	rr				
オジサン(juv.)	ST	rr				
21 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST	r				
22 <i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST	rr				
オキナヒメジ(juv.)	ST				rr	
<b>Pempheridae ハタンボ科</b>						
23 <i>Pempheris japonica</i> ツマクロハタンボ(juv.)	TM		r	r		
<b>Girellidae メジナ科</b>						
24 <i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM		r			
25 <i>Girella punctata</i> メジナ	TM		r		r	
メジナ(juv.)	TM			rr		
<b>Chaetodontidae チョウチョウウオ科</b>						
26 <i>Hemitichus chrysostratus</i> ミナミハクテダイ	ST	rr				
27 <i>Chaetodon auriga</i> トグチョウチョウウオ	ST	r			r	
28 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウウオ(juv.)	ST	rr	rr	r	r	
29 <i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウウオ(juv.)	ST			rr	r	
30 <i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウウオ(juv.)	ST		rr			
31 <i>Chaetodon melanotus</i> アケボノチョウチョウウオ	ST	rr				
アケボノチョウチョウウオ(juv.)	ST				r	
32 <i>Chaetodon rafflesii</i> アミチョウチョウウオ(juv.)	ST				rr	
33 <i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	ST	c		r	r	
チョウチョウウオ(juv.)	ST		r		r	
34 <i>Chaetodon kleinii</i> ミソレチョウチョウウオ(juv.)	ST	rr				
35 <i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST	rr				
<b>Pomacentridae スズメダイ科</b>						
36 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST	r		r	rr	
クマノミ(juv.)	ST	r		r	rr	
37 <i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM				rr	
38 <i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST				r	
39 <i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST	r			rr	
ミツボシクロスズメダイ(juv.)	ST	c	rr			
40 <i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST			r		
41 <i>Abudefduf saxifasciatus</i> ロクセンズズメダイ	ST				r	
42 <i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST				r	
オヤビッチャ(juv.)	ST			rr	r	
43 <i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	cc	r	cc	cc	
ソラスズメダイ(juv.)	TM			c		

表4-24(2). 地点ごとの魚類出現状況(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
44 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM	cc		r	r	cc
ナガサキスズメダイ(juv.)	TM			c	c	
45 <i>Stegastes albus</i> セダガスズメダイ	TM	rr	rr	rr		
<b>Cirrhitidae ゴンベ科</b>						
46 <i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST	r				
<b>Cheilodactylidae タカノハダイ科</b>						
47 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM		r		r	rr
<b>Labridae ベラ科</b>						
48 <i>Gomphosus varius</i> クギベラ(juv.)	ST					r
49 <i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST	r	rr		r	r
ホンソメワケベラ(juv.)	ST	r				r
50 <i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST					r
51 <i>Pseudolabrus coelestis</i> アカササノハベラ	TM	c	r	r	r	rr
アカササノハベラ(juv.)	TM			rr		r
52 <i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM		r	r		
53 <i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM	rr				
54 <i>Suezichthys interrupta</i> カミナリベラ	ST	c	r	c	c	cc
カミナリベラ(juv.)	ST			rr	r	r
55 <i>Thalassoma karohickii</i> セナスジベラ	ST			rr		
セナスジベラ(juv.)	ST					c
56 <i>Thalassoma capido</i> ニシキベラ	TM	rr	r	r	r	c
57 <i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST	r		r	rr	r
オトメベラ(juv.)	ST	rr		rr		
58 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST	rr		rr		
ヤマブキベラ(juv.)	ST	r				
59 <i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM			r	rr	
60 <i>Halichoeres temminckii</i> ホンベラ	TM	r	r	r	rr	
ホンベラ(juv.)	TM		c	r	r	rr
61 <i>Halichoeres melanochir</i> ムナアヒベラ	ST	rr				
62 <i>Cirrhitilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST	rr				
63 <i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST					l
64 <i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM		rr	r		
<b>Scaridae ブダイ科</b>						
65 <i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM			r		r
ブダイ(juv.)	TM					
66 <i>Scarus sordidus</i> ハグブダイ(juv.)	ST	r				r
67 <i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST					r
68 <i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST	r				c
<b>Pinguipedidae トラギス科</b>						
69 <i>Parapercis sayleri</i> コウライトラギス	TM	rr				r
コウライトラギス(juv.)	TM				r	
<b>Trichonotidae ベラギンボ科</b>						
70 <i>Trichonotus setigerus</i> ベラギンボ	ST			c		
<b>Stenidiidae イソギンボ科</b>						
71 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST	r	rr	r		r
ニジギンボ(juv.)	ST				rr	
72 <i>Melacanthus kamoharui</i> カモハラギンボ	TM	rr				r
73 <i>Plagiostreus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST			rr	rr	r
<b>Gobiidae ハゼ科</b>						
74 <i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM		r			r
75 <i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM		r			
76 <i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM	r	c	c	r	c
クツワハゼ(juv.)	TM					r
77 <i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST	rr				
78 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM	r			r	r
ダテハゼ(juv.)	TM					rr
79 <i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST					r
80 <i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST					c
81 <i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST					r
<b>Gunnelliichthyidae Ptereleotrinae</b>						
<b>オオメワラスボ科クロユリハゼ亜科</b>						
82 <i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST	c				
ハナハゼ(juv.)	TM-ST					c
<b>Siganidae アイゴ科</b>						
83 <i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST				r	
<b>Zanclidae ツノダシ科</b>						
84 <i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST	rr				

表4-24(3). 地点ごとの魚類出現状況(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	出現状況				
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5
<b>Acanthuridae ニザダイ科</b>						
85 <i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM	rr				r
ニザダイ(juv.)	TM	r	rr	r	r	rr
86 <i>Zobrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST					rr
87 <i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST					r
88 <i>Acanthurus nigrofasciatus</i> ナガニザ	ST	c				
ナガニザ(juv.)	ST				r	
89 <i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST			r		
90 <i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST				r	
91 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST	r				r
ニセカンランハギ(juv.)	ST		r		r	r
<b>Bothidae ダルマガレイ科</b>						
92 <i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST					rr
<b>Balistidae モンガラカワハギ科</b>						
93 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST					rr
<b>Monacanthidae カワハギ科</b>						
94 <i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマツラハギ	ST					rr
<b>Ostraciidae ハコフグ科</b>						
95 <i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST			rr		
96 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM	rr	rr	rr	rr	rr
ハコフグ(juv.)	TM			r	rr	rr
<b>Tetraodontidae フグ科</b>						
97 <i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST	r				
<b>Diodontidae ハリセンボン科</b>						
98 <i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST		r	rr		
99 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST					rr
	出現科数	17	15	15	17	19
	出現種数	45	29	37	33	55
	出現個体数	434	137	448	919	1677

脚注：地理的分布は中坊編(2000)に従い、南方系(ST)、温帯性(TM)に分類した。

cc,  $x \geq 51$  c,  $50 \geq x \geq 11$  r,  $10 \geq x \geq 2$  rr,  $x=1$ .



起点付近 ウニ類が多数生息



イソバナ



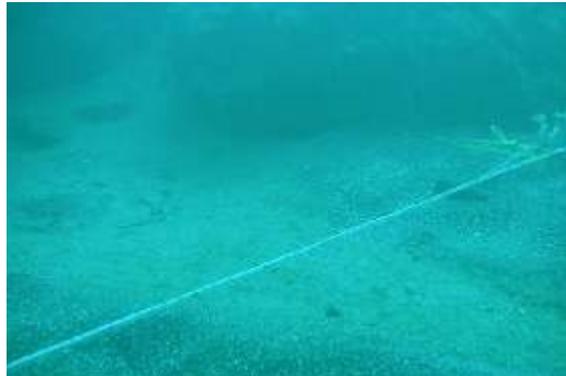
ウニ類が多数生息



卓状ミドリイシ



卓状ミドリイシ類



砂泥地



イソギンチャクとクマノミ



トゲチョウチョウウオ

図4-56. St. 1 弁天島西側の双子礫(平成15年11月18日撮影)



起点付近



ヒバリガイモドキの付着した岩と砂地



海藻が付着した岩



岩の断層と砂地



卓状ミドリイシ類とバラウネタケ



卓状ミドリイシ類



砂泥地



終点付近の砂地

図4-57. St. 2桜浜沖桜中簀(平成15年12月15日撮影)



起点付近の岩盤



岩盤と砂地



フウライイシモチ



岩盤と砂地



チョウチョウウオ類



岩盤上のサンゴ類



ウニ類が多数生息



終点付近

図4-58. St. 3 竜串海中公園2号(平成15年12月17日撮影)



起点付近 砂泥地



ウニ類が密集



ソフトコーラル類



転石帯



転石帯



終点付近



クロホシイシモチの群れ



タカノハダイ

図4-59. St. 4 竜串海中公園3号大礫(平成15年12月22日撮影)



起点付近 転石と砂泥



シコロサンゴ群集



シコロサンゴ群集



転石の上に泥が堆積



転石とガンガゼ



終点付近



クロホシイシモチの群れ



サラサハゼ

図4-60. St. 5 竜串海中公園4号(平成15年12月26日撮影)

### c) 海藻相調査

#### 調査方法

足摺宇和海国立公園竜串地区内でサンゴのモニタリング定点になっている、St.1 爪白、St.2 弁天島、St.3 桜浜、St.4 竜串、St.5 見残し、St.6 大礫の6ヶ所（図4-61）において藻相の調査を行った。ただしSt.2については、サンゴのモニタリング地点である弁天島東岸にはほとんど海藻が分布していなかったため、南岸（沖側）の海域で調査を行った。

調査は2004年2月21日に行い、調査員3名が一組となって潜水を行い、2名が任意に海藻を探索して採集し、1名は周囲の環境や海藻の生育状況等について観察、記載、写真撮影を行った。調査は1ヶ所20分程度行った。採集した海藻試料は研究室に持ち帰り、分類学的な検討を加えた。

#### 調査結果：

各調査地点で出現した海藻（海草）のリストを表4-25に示す。また、各調査地点の様子を図4-62に示す。以下に、調査地点ごとの海藻相の概況についてまとめる。

#### St. 1: 爪白

調査水深：潮間帯～水深 5～8m

潮の流れはあり、サンゴ類が多く、大型褐藻などによる藻場は形成されていない。岩場には、紅藻類が多く繁茂していた。生育量は多くないが、確認された種は、緑藻7種、褐藻6種、紅藻18種であり、計31種で、種の多様性に富んでいた。

#### St. 2: 弁天島の沖側

調査水深：潮間帯～水深 8m

サンゴ類が多く、潮間帯より下方の水深2m付近に海藻がみられるが、深いところには、石灰藻のピリヒバなどに覆われて、いわゆる海藻は貧弱であった。大型褐藻は繁茂していず、小型の海藻が

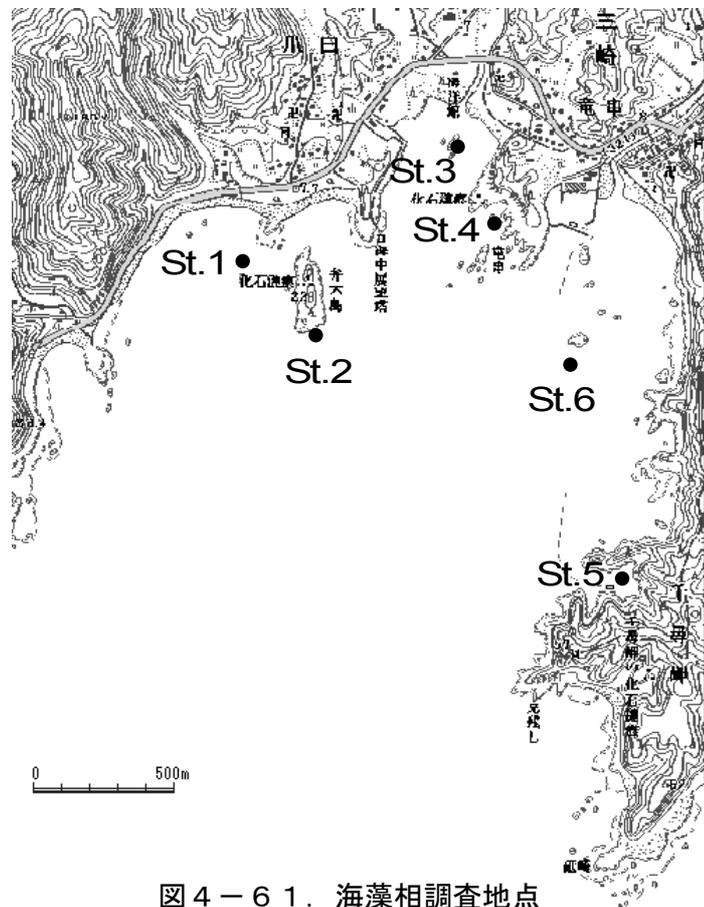


図4-61. 海藻相調査地点

多い。St. 1 より海藻の繁茂は良くない。採取された種は、緑藻 6 種、褐藻 5 種、紅藻 9 種  
総計 20 種であった。

### St. 3 桜浜

調査水深：潮間帯～水深 8m

この定点は、入り江の奥部で波浪の影響も軽減されており、磯が沖へ長く出ている地形  
のために、海藻の繁茂に適している。大型褐藻のホンダワラ類、フタエモク、イソモク、  
ウミトラノオ、ホンダワラ sp. の 4 種による藻場が形成されていた。海藻の種組成は豊かで、  
緑藻 6 種、褐藻 13 種、紅藻 15 種、総計 34 種であった。狭い調査範囲で、1 回の調査  
で 34 種採取できるところは、土佐湾ではあまりない。サンゴ類海域でありながら、これほ  
どの海藻が繁茂していることは興味深い。

### St. 4 竜串

調査水深：潮間帯～5m

この区域は、潮間帯より下部の岩礁域にイソモク、ウミトラノオが繁茂しており、浅い  
ところに海藻は繁茂しているが、深いところには海藻の繁茂は貧弱であった。採取された  
種は、緑藻 2 種、褐藻 10 種、紅藻 13 種、総計 25 種であった。

### St. 5 見残し

調査水深：潮間帯～水深 5m

この区域は、シコロサンゴの群生地で、船着き場の周辺を調査した。多くは砂地で海産種  
子植物のウミヒルモが繁茂している。紅藻のカイメンソウが多くみられるなど、他の調査  
定点より、亜熱帯性の傾向が強い区域である。岩礁域が少ないので、採取された海藻の種  
は少なく、海草 1 種、緑藻 2 種、褐藻 4 種、紅藻 6 種、総計 13 種であった。

### St. 6 大箸

調査水深：3～8m

海面には出ない“はえ”の周辺を調査した。“はえ”には、サンゴ群集がよく生育して  
おり、海藻は貧弱であった。

採取された種は、緑藻 1 種、褐藻なし、紅藻 5 種、総計 6 種であった。

以上の調査から、サンゴ群集の生育の良い場所には、海藻が極端に少ない傾向が認めら  
れた。St. 3 の桜浜は、海藻が良く繁茂しており、サンゴ海域で、これほど海藻の種組成が  
豊かなことは、予想していなかった現象である。

サンゴ類群集と海藻群落とのテリトリーが、竜串湾に認められた。

表4-25. 竜串湾の出現海藻(海草)リスト(平成16年2月28日)

綱	目	科	属	種名	学名	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	S. I.
	オモダカ	トチカガミ		ウミヒルモ	<i>Halophila ovalis</i>						○
緑藻	アオサ	ヒトエグサ	ヒトエグサ	ヒトエグサの一種	<i>Monostoroma</i> sp.						○
		アオサ		アオサ属の一種	<i>Ulva</i> sp.	○	○	○	○	○	
	ミドリゲ	バロニア	キッコウダサ	キッコウダサ	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>			○			
	ミドリゲ		バロニア	タマゴバロニア	<i>Falonia macrophyta</i>	○	○	○	○		
	イワズタ	イワズタ	イワズタ	ヘライワズタ	<i>Caulerpa brachypus</i>	○	○				
				フサイワズタ	<i>Caulerpa okamurae</i>	○	○	○			
				コケイワズタ	<i>Caulerpa sobbia f. roseotella</i>	○	○	○			
	ミル	ミル	ミル	ミル	<i>Codium fragile</i>			○			○
	ミル	ミル	ミル	ハイミル	<i>Codium lucasii</i>	○					
	ミル	ミル	ミル	タマミル	<i>Codium minus</i>	○	○				
褐藻	アミジグサ	アミジグサ	ヤハズダサ	ヘラヤハズ	<i>Dictyota prolifera</i>			○	○		
				シワヤハズ	<i>Dictyota undulata</i>			○	○		
		アミジグサ		アミジグサ属の一種	<i>Dictyota</i> sp.	○	○	○	○		
		フタエオオギ		フタエオオギ	<i>Distrionium decumbens</i>	○	○	○	○		
		サナダダサ		サナダダサ	<i>Pachyderion coriaceum</i>	○	○	○	○		
		ウミウチワ		ウミウチワ	<i>Padina arborescens</i>	○		○		○	
	カヤモリ	カヤモリ	フクロノリ	フクロノリ	<i>Colpomenia sinuosa</i>	○	○	○	○	○	
		カゴメリ		カゴメリ	<i>Hydractinia clathrata</i>	○	○	○	○		
		セイウハバノリ		ハバノリ	<i>Petalonia binghamiae</i>			○	○		
	ケヤリモ	ケヤリモ	ケヤリ	ケヤリ	<i>Sprochium radiciformis</i>			○			
	ヒバマタ	ホンダワラ	ホンダワラ	フタエモク	<i>Sargassum duplicatum</i>			○	○	○	
				イノモク	<i>Sargassum hemiphylum</i>			○	○		
				ウミトラノオ	<i>Sargassum thunbergii</i>					○	
			ホンダワラの一種				○				
紅藻	ウミノクメン	ガラガラ	フサノリ	フサノリ	<i>Scinata japonica</i>	○	○	○			
		ガラガラ		ガラガラ	<i>Tricleocarpa cylindrica</i>	○	○	○	○		
	サンゴモ	サンゴモ	カニノテ	カニノテ	<i>Amphiroa dilatata</i>	○	○	○	○		
		サンゴモ		ビリヒバ	<i>Corallina pilulifera</i>	○	○	○	○		
		モサズキ		ヒメモサズキ	<i>Jania adhaerens</i>	○	○	○	○	○	
		ヘリトリカニノテ		ヘリトリカニノテ	<i>Marginisporus crassissimus</i>	○	○	○	○		
	テングサ	テングサ	テングサ	マクサ	<i>Gelidium elegans</i>	○	○		○		
				オニクサ	<i>Gelidium japonicum</i>	○	○		○		
				オハクサ	<i>Pterocladia capillacea</i>	○	○	○	○	○	○
	カギケノリ	カギケノリ	カギケノリ	カギケノリ	<i>Asparagopsis taxiformis</i>					○	○
	スギノリ	ヒロウチ	ヒビロウド	ヒビロウド	<i>Dudresnaya japonica</i>	○		○			
		スギノリ	スギノリ	カイノリ	<i>Chondracanthus intermedius</i>	○		○	○		
		ツノマタ		ツノマタ属の数種	<i>Chondrus</i> spp.	○		○	○		
		ムカデノリ	ムカデノリ	ツルツル	<i>Grateloupia turururu</i>			○			
		イソノハナ		フイリグサ	<i>Halimnion dilatata</i>	○					○
		キントキ		キントキ	<i>Prionitis angusta</i>	○		○			
		イバラノリ	イバラノリ	イバラノリ	<i>Hypnea charoides</i>					○	
				カギイバラノリ	<i>Hypnea japonica</i>						
		イワノカワ	イワノカワ	エツキイワノカワ	<i>Peyssonnelia caulifera</i>	○					
		ユカリ	ユカリ	ユカリ	<i>Plocamium telfairiae</i>	○		○			
		ミリン	カリシサイ	トゲカリシサイ	<i>Eucheuma serra</i>						
			トセカノリ	トセカノリ	<i>Meristotheca papulosa</i>						○
	オゴノリ	オゴノリ	フシクレタケ	フシクレタケ	<i>Gracilaria salicornia</i>						
オゴノリ	オゴノリ	オゴノリ	オオオゴノリ	<i>Gracilaria gigas</i>						○	
			ミノオゴノリ	<i>Gracilaria incurvata</i>			○	○			
			カバノリ	<i>Gracilaria sectorii</i>	○		○	○			
マサゴシノリ	マサゴシノリ	カイメンソウ	カイメンソウ	<i>Ceramium spongiosum</i>				○			
イギス	コノハノリ	アヤニシキ	アヤニシキ	<i>Mariensia fragilis</i>	○				○	○	
	フジツクモソウ		ソウ属の一種	<i>Laurencia</i> sp.							
		イトダサ	イトダサ属の一種								
合計						31	20	34	25	13	6

St. 1 爪白



St. 2 弁天島の沖側



St. 3 桜浜



St. 4 竜串



St. 5 見残し



St. 6 大礫



図4-62. 海藻相調査地点の様子

## 5. 河川からの濁水の拡散及び堆積土砂の移動機構の解明

平成 13 年 9 月の高知県西南部豪雨時、河川から竜串湾に流入した濁水がどの様に湾内に拡散し土砂が海底に堆積したのか、堆積した土砂がどの様に湾内を移動しあるいは湾外へ排出されたのか、その機構を解析し理解することは、竜串湾内に流入・堆積した土砂について、今後どの部分は自然の力に任せておき、どの部分は対策を講じる必要があるかを検討する上で非常に重要である。

そこで、今回の調査で測定した竜串湾内の物理的環境、既存の気象データ等を参考に、数理モデルによるシミュレーション手法を用いて、河川からの濁水の拡散状況と堆積土砂の移動状況の予測を行った。

### 5-A. 河川からの濁水の拡散

河川からの濁水が海域に広がる状況は、降雨状況、出水状況の時間的な変化に伴って刻々と変動すると考えられる。しかし、平成 13 年災害時の河川流量、SS 濃度及び海域の流れの状況などの記録はないことから、詳細な拡散状況の再現は困難である。ここでは、ある仮定のもとで、災害時の出水時における拡散予測を行い、その定性的な傾向を掴むこととした。図 5-1 にシミュレーションの手順を示す。

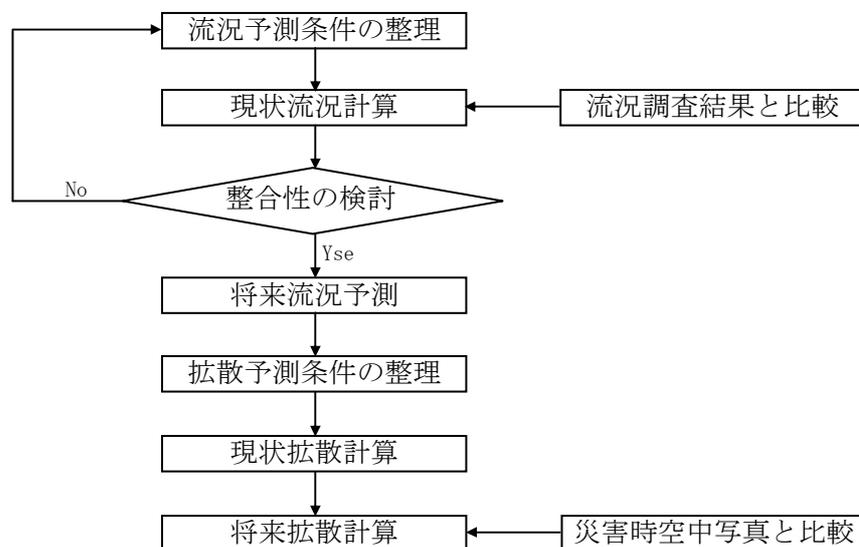


図 5-1. 河川からの濁水の拡散のシミュレーション手順

#### a) 予測ケース及び仮定の整理

予測ケースは通常時と災害時の 2 ケースとした。通常時として出水時の水質調査が行われた平成 15 年 10 月 14 日頃、災害時として平成 13 年 9 月 7 日頃の状況を想定した。予測においては次の仮定を設定した。

## ○ 海域の流れ

平成 15 年 9 月の流況調査結果によると、竜串湾内の流れは、非常に微弱な流れであるが、湾外を流れる黒潮の影響により、弱いながらも反時計廻りの流れが生じていることが明らかになった。災害時の海域の流れは、黒潮の離接岸状況により大きく変化すると考えられるが、海洋速報（海上保安庁）によると、災害時の黒潮本流は足摺岬から南へ 20 マイル、流況調査時は 25 マイルであり、概ね接岸状況は同じと考えられることから、平成 15 年 9 月の調査時の状況と同じであると判断した。なお、災害時の波浪の状況は不明であるから、波浪による流れは考慮しない。

## ○ 河川流量

災害時は高知県パンフレット「平成 13 年 9 月高知県西南部豪雨災害」の降水量、通常時は気象庁の降水量から設定した。

## ○ 流入負荷量

通常時においては平成 15 年 10 月 14 日に三崎川で S S 濃度を分析しており、流入土砂負荷量を設定することは可能である。しかし、災害時の S S 濃度は通常時の状態とは全く異なると考えられることから、既存の資料等から設定した。

## ○ 宗呂川

竜串湾の西側の城ノ岬を隔てた反対側海域に宗呂川が流入している。宗呂川は三崎川の約 1.7 倍の流域面積を有しており、竜串湾近隣では最も大きな河川である。今回の流況調査では竜串湾前面で黒潮による流れが確認されたことから、宗呂川からの濁水が竜串湾に流入する可能性が考えられる。しかし、今回の流況調査は竜串湾を対象としたため、宗呂川を含めないこととする。

## b) 流況予測

[予測モデル]

### 1) 予測モデル選定の考え方

河川水は淡水であることから、周辺海水に比べて密度が小さく海表面を拡散していく。従って、空間的な取り扱いとしては、3 次元的な現象を対象とする鉛直方向に層分割されたモデルであることが必要となる。また、密度差に起因する流れを再現できることが必要である。

これらの事項を踏まえ本調査では、『密度の拡散過程を考慮した多層レベルモデル』を用いた。

2) 予測モデルの基礎方程式

① x 方向の運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(u^2) - \frac{\partial}{\partial y}(uv) - \frac{\partial}{\partial z}(uw) + f_0 v - g \frac{\partial \zeta}{\partial x} - \frac{g}{\rho} \int_z^0 \frac{\partial \rho}{\partial x} dz \\ & - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left( N_x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( N_y \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( N_z \frac{\partial u}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

② y 方向の運動方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(uv) - \frac{\partial}{\partial y}(v^2) - \frac{\partial}{\partial z}(vw) - f_0 u - g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - \frac{g}{\rho} \int_z^0 \frac{\partial \rho}{\partial y} dz \\ & - \frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left( N_x \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( N_y \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( N_z \frac{\partial v}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

③ 連続式

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

④ 自由表面の式

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( \int_{-H}^{\zeta} u dz \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \int_{-H}^{\zeta} v dz \right)$$

⑤ 熱拡散方程式

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(uT) - \frac{\partial}{\partial y}(vT) - \frac{\partial}{\partial z}(wT) + \frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial T}{\partial x} \right) \\ & + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) + T_{IN} - T_{OUT} \end{aligned}$$

⑥ 塩素量収支の式

$$\begin{aligned} \frac{\partial Cl}{\partial t} = & -\frac{\partial}{\partial x}(uCl) - \frac{\partial}{\partial y}(vCl) - \frac{\partial}{\partial z}(wCl) + \frac{\partial}{\partial x} \left( k_x \frac{\partial Cl}{\partial x} \right) \\ & + \frac{\partial}{\partial y} \left( k_y \frac{\partial Cl}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( k_z \frac{\partial Cl}{\partial z} \right) \end{aligned}$$

⑦ 状態方程式

$$\rho = \rho(Cl, T)$$

ここに、 $u, v, w$  : x, y, z 方向の流速成分 (m/s)

$f_0, g, \rho$  : コリオリ係数 (1/s), 重力加速度 ( $m/s^2$ ), 海水の密度 ( $kg/m^3$ )

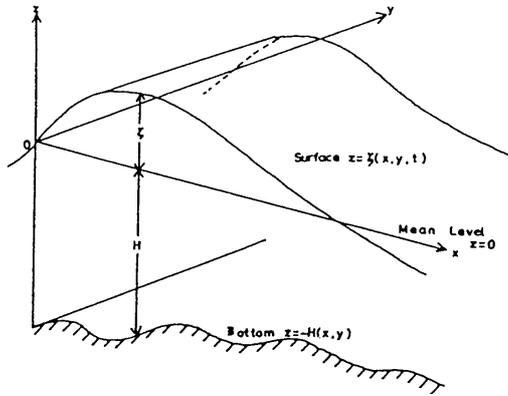
$P, \zeta, H$  : 海表面での大気圧 ( $kg/m^2$ ), 海表面水位 (m), 海底 (m)

$T, Cl$  : 水温 ( $^{\circ}C$ ), 塩素量

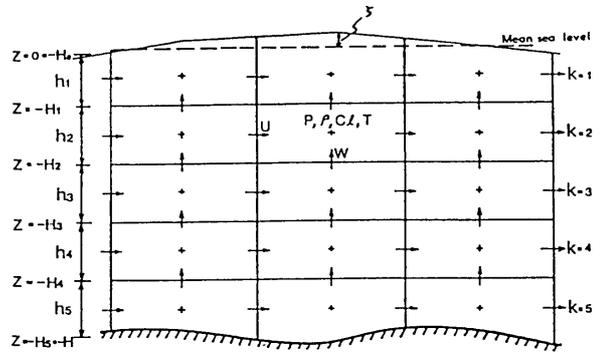
$N_x, N_y, N_z$  : x, y, z 方向の渦動粘性係数 ( $m^2/s$ )

$K_x, K_y, K_z$  : x, y, z 方向の拡散係数 ( $m^2/s$ )

$T_{IN}, T_{OUT}$  : 熱量の流入負荷, 大気への放熱  
である。



座 標 系



層 区 分

[予測条件]

3) 予測範囲及び格子間隔

予測範囲は南北方向 2,750m、東西方向 3,100m、格子間隔は 25m とした。図 5-2 に格子図を示す。

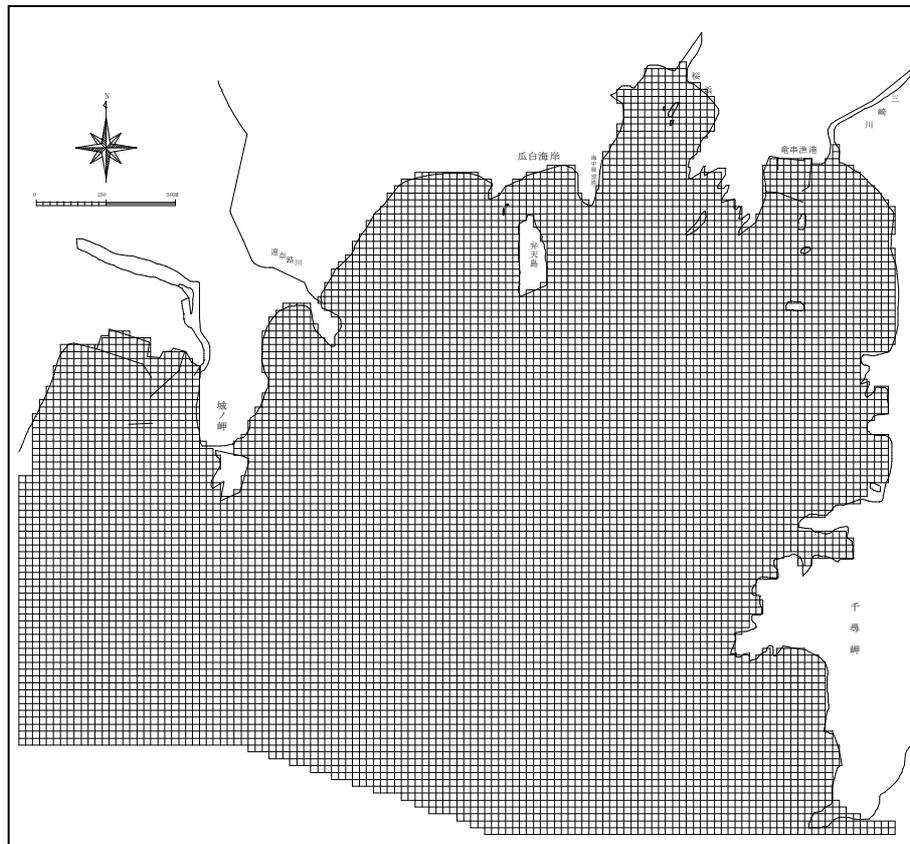


図 5 - 2 . 計算格子図

4) 鉛直分割数及び層厚

鉛直方向の分割数は3層とする。また、層厚は以下に示すとおりである。

層	水深	層厚
第1層	0～5 m	5 m
第2層	6～15m	10m
第3層	15～海底	—

5) 拡散係数及び渦動粘性係数

水温および塩分の拡散係数は、定点流況調査結果より 24 時間以下の変動を海域の乱れ成分とし、その乱れ成分のスペクトル解析結果と G・I・Taylor の拡散定理より求めた。図 5-3 に示す結果によると、概ね  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  を中心に等方性に分布を示している。以上のことから、当概海域の拡散係数は南北方向、東西方向ともに  $10^4 \text{cm}^2/\text{s}$  とする。また、渦動粘性係数は拡散係数と同様とした。

(G・I・Taylor の拡散定理)

$$K_x = \overline{U_E^2} \cdot \int_0^\infty R_{EU}(\tau) d\tau \cdot \beta$$

$$K_y = \overline{V_E^2} \cdot \int_0^\infty R_{EV}(\tau) d\tau \cdot \beta$$

ここに、 $\overline{U_E^2}, \overline{V_E^2}$  はそれぞれ、X, Y 方向のオイラー変動速度の 2 乗平均、

$R_{EU}(\tau), R_{EV}(\tau)$ 、はそれぞれ乱れ成分のスペクトル解析から求められる X, Y 方向のオイラーの自己相関関数、 $\tau$  は自己相関のずらし時間である。また、 $\beta$  は通常の海域で  $\beta = 1$  とする。

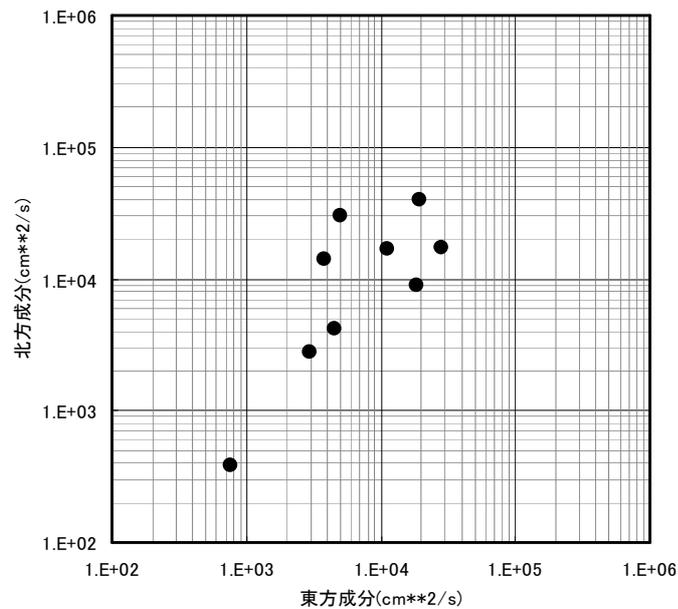


図 5-3. 拡散係数

## 6) 河川流量の設定

竜串湾に流入している河川の河川流量の設定を行った。設定方法は以下に示すとおりである。

$$\text{河川流量} = \text{流域面積} \times \text{降水量} \times \text{流出係数}$$

### ① 流域面積

各河川の流域面積は表 5-1 に示すとおりである。なお、遠奈路川の流域面積は 1/25,000 地形図より計測した。

表 5-1. 流域面積

河川名	流域面積 (km <sup>2</sup> )
三 崎 川	25.0
遠 奈 路 川	2.8
宗 呂 川	43.0

### ② 流出係数

流出係数は流域の土地利用形態によって異なる。表 5-2 に、日本内地河川の流出係数一覧を示す。対象河川流域は比較的急峻な山地であり、平成 13 年の災害時のような状況における流出係数は高いと推定されることから、0.9 を採用した。

表 5-2. 日本内地河川の流出係数

急峻な山地	0.75~0.90
三紀層山地	0.70~0.80
起伏のある土地及び樹林	0.50~0.75
平坦な耕地	0.45~0.60
かんがい中の水田	0.70~0.80
山地河川	0.75~0.85
平地小河川	0.45~0.75
流域の半ば以上が平地である大河川	0.50~0.75

(出典：改訂新版建設省河川砂防技術基準（案）同解説調査編、建設省河川局監修)

### ③ 降水量

通常時（平成 15 年 10 月 11~14 日）の土佐清水観測所（気象庁）での降雨状況を以下に示す。災害時は「平成 13 年 9 月高知県西南部豪雨災害」（高知県）によると、県の降雨観測結果から推定された降雨量は、各流域において約 600mm（平成 13 年 6~7 日）であった。

通常時		災害時
11 日	10.0mm	6~7 日 600mm
12 日	11.0mm	
13 日	6.0mm	
14 日	22.5mm	
合計	49.5mm	
-----		600mm
日平均	12.4mm	300mm

### ④ 河川流量

以上の条件より設定した河川流量を表 5-3 に示す。なお、当該流域は比較的急峻な山地であり、流域の小さな河川であることから、降った雨はタイムラグはあ

るものの降水期間と同日で流出すると仮定し、降雨時の日平均降水量を用いた。  
また、参考に宗呂川の河川流量も示した。

表 5 - 3. 河川流量の設定

	三崎川	遠奈路川	宗呂川
通常時	3.2m <sup>3</sup> /s	0.36m <sup>3</sup> /s	5.6m <sup>3</sup> /s
災害時	78.2m <sup>3</sup> /s	8.7m <sup>3</sup> /s	134.4m <sup>3</sup> /s

なお、高知県によると宗呂川の瞬間最大流量は河口で 700 m<sup>3</sup>/s と推定されており、現在はこの洪水規模に耐えうる河川改修工事が進められている。

ちなみに、四万十川の平水流量と比較すると、上流域に位置している 3つの流量観測所（具同、秋田、磯ノ川）の合計は 58.4m<sup>3</sup>/s であった。平成 13 年の災害時は、大河川である四万十川の平水流量以上の流量が三崎川、宗呂川に流れたと推定される。

## (2) 再現性の検討

海域の流れは、流況調査結果より判断して次の2点が再現できるように、試行錯誤を繰り返して通常時の流れを再現した。

- ・城ノ岬から千尋岬に向けての黒潮の存在。流速は城ノ岬先端から南南西へ約500m地点で10~20cm/s。
- ・湾内は弱い反時計廻りの流れ。

再現性の検討のため、定点流況調査結果との比較を行った。実測値は24時間移動平均をかけた長周期成分の主流向方向の平均流速(30日間)とした。図5-4に実測値と予測値の比較を示す。上層では若干、予測値と実測値の開きがあるものの、下層では概ね予測値と実測値は合致しており、モデルの妥当性が確認された。

通常時の予測結果を図5-5に示す。

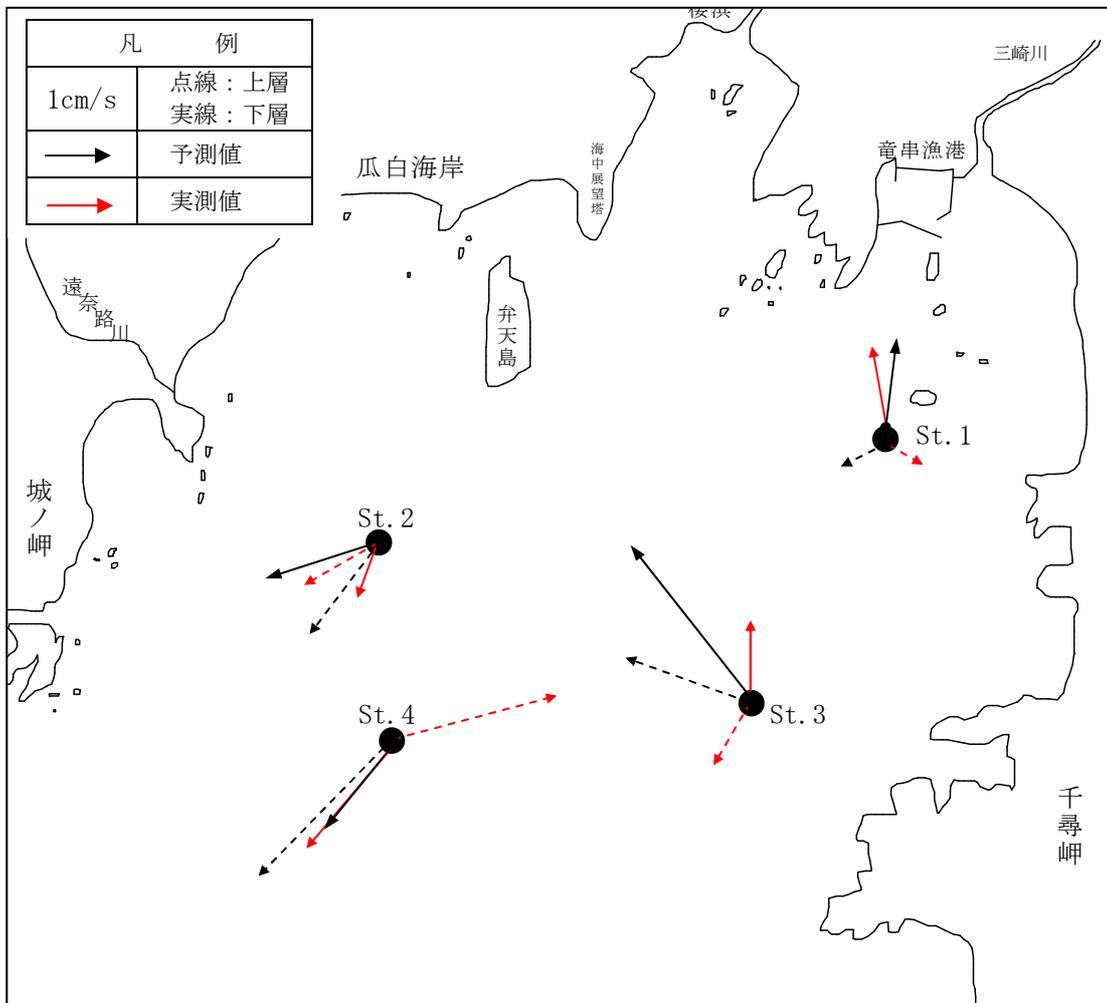


図5-4. 実測値と予測値の比較

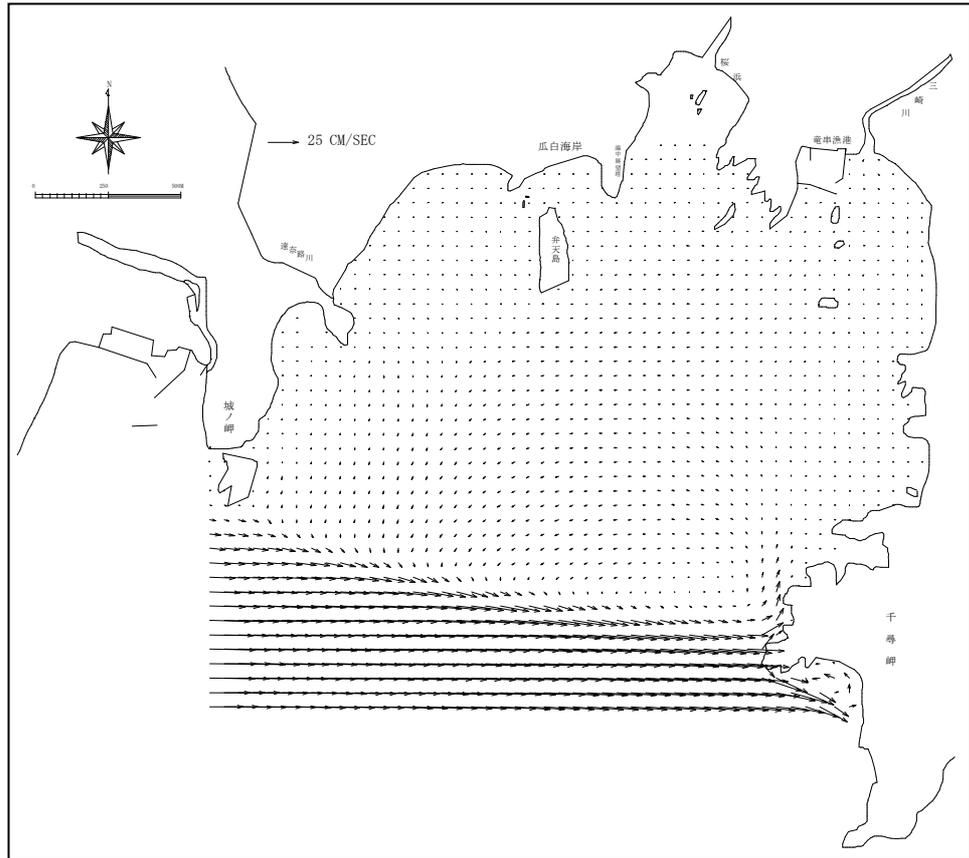


図 5-5 (1). 流況ベクトル (上層、通常時)

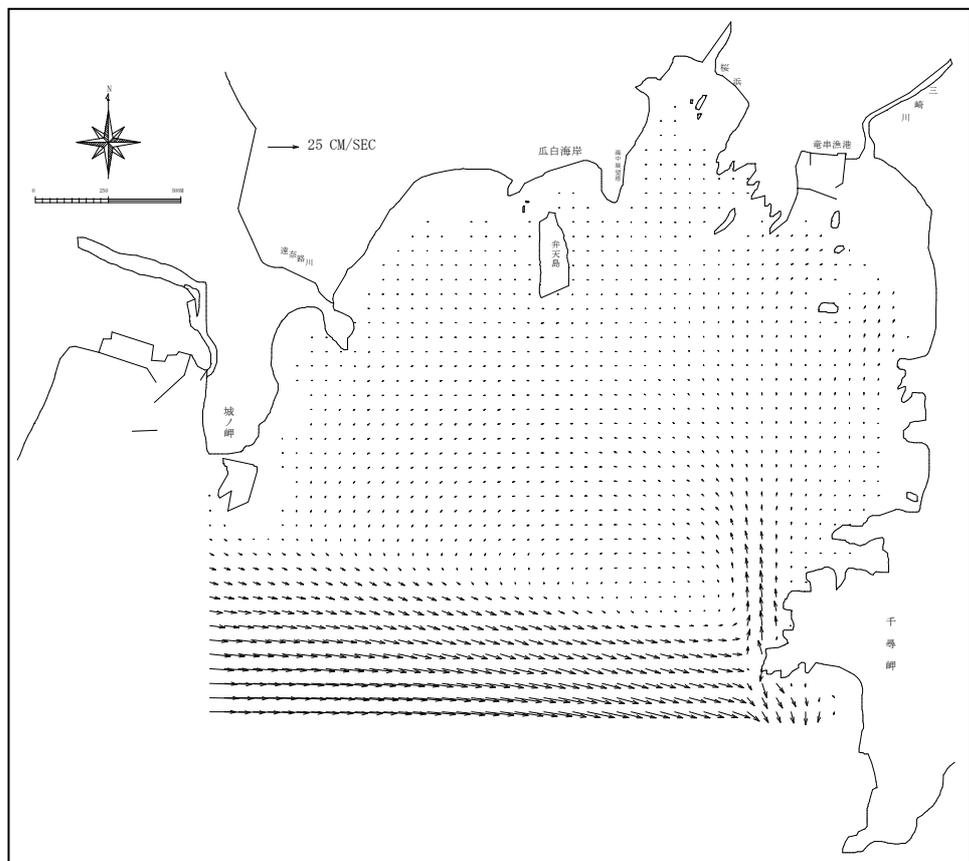


図 5-5 (2). 流況ベクトル (中層、通常時)

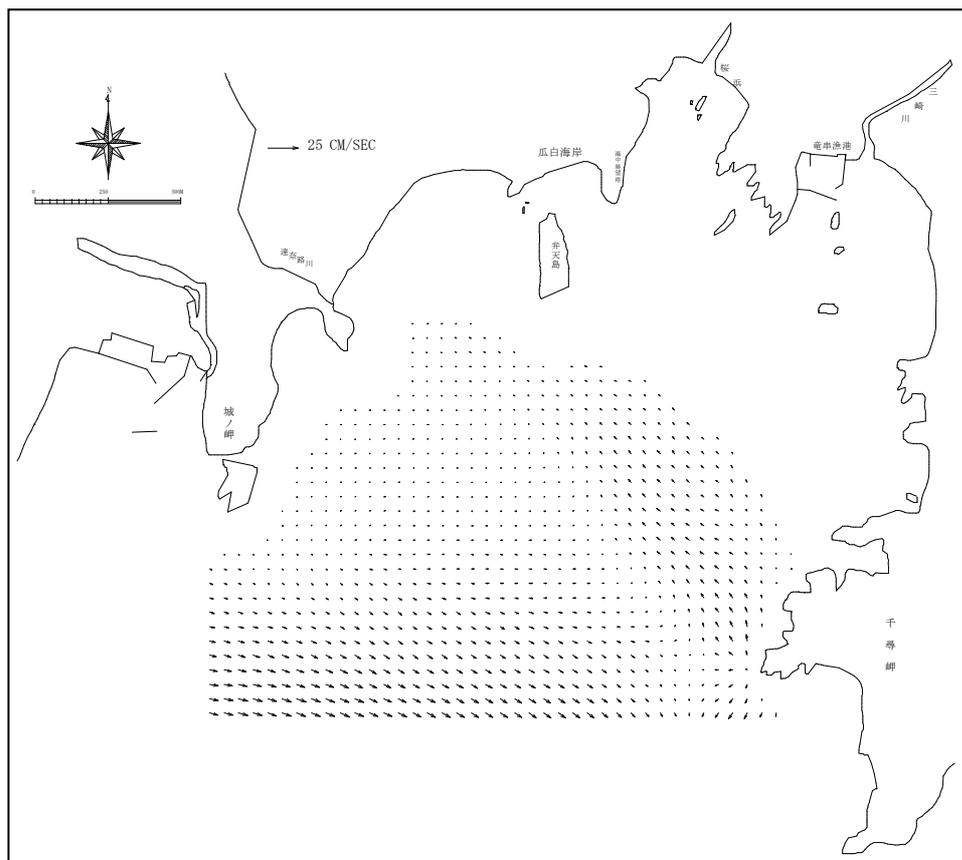


図5-5(3). 流況ベクトル (下層、通常時)

### (3) 災害時の流況

図 5-6 に災害時の流況予測結果を示す。以下にまとめを示す。

- ・河川水は上層を湾全体的に広がっており、最終的には湾外の黒潮の流れに吸収され、東に流れ去っている。
- ・中下層は上層の河川流の流出を補償するために、湾外から湾内に流入する傾向が見られる。
- ・通常時に比べると黒潮の位置が南に下がっており、河川水の流出が黒潮流を押し下げたと考えられる。

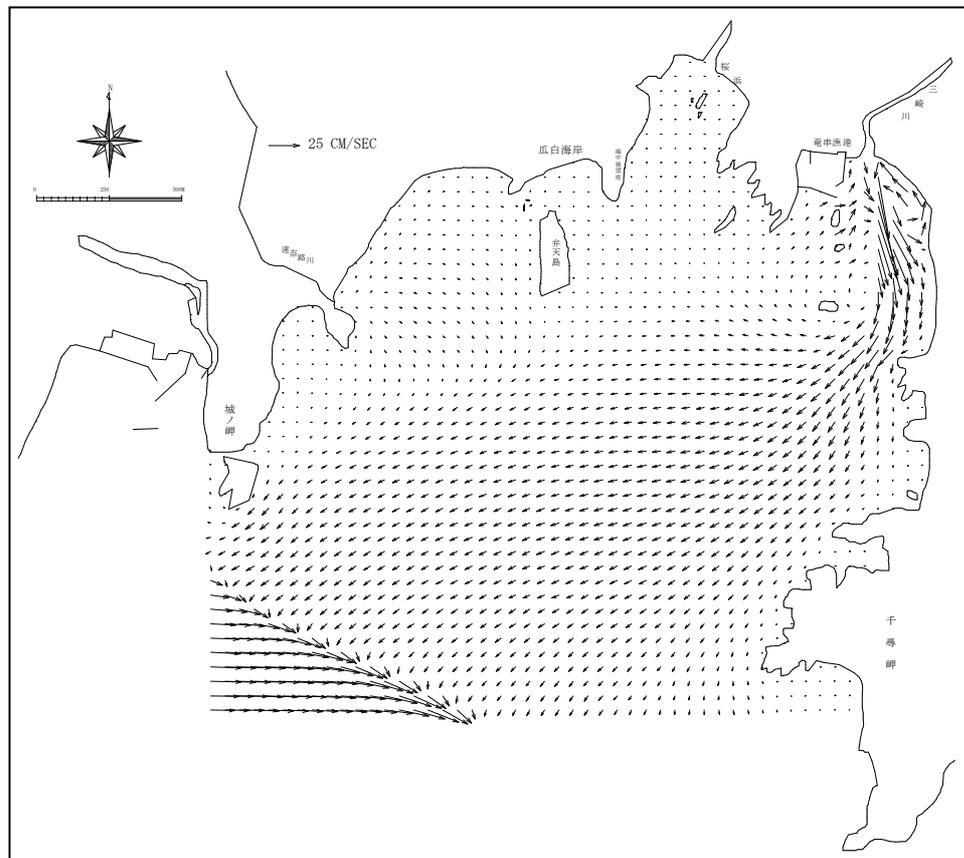


図 5-6 (1). 流況ベクトル (上層、災害時)

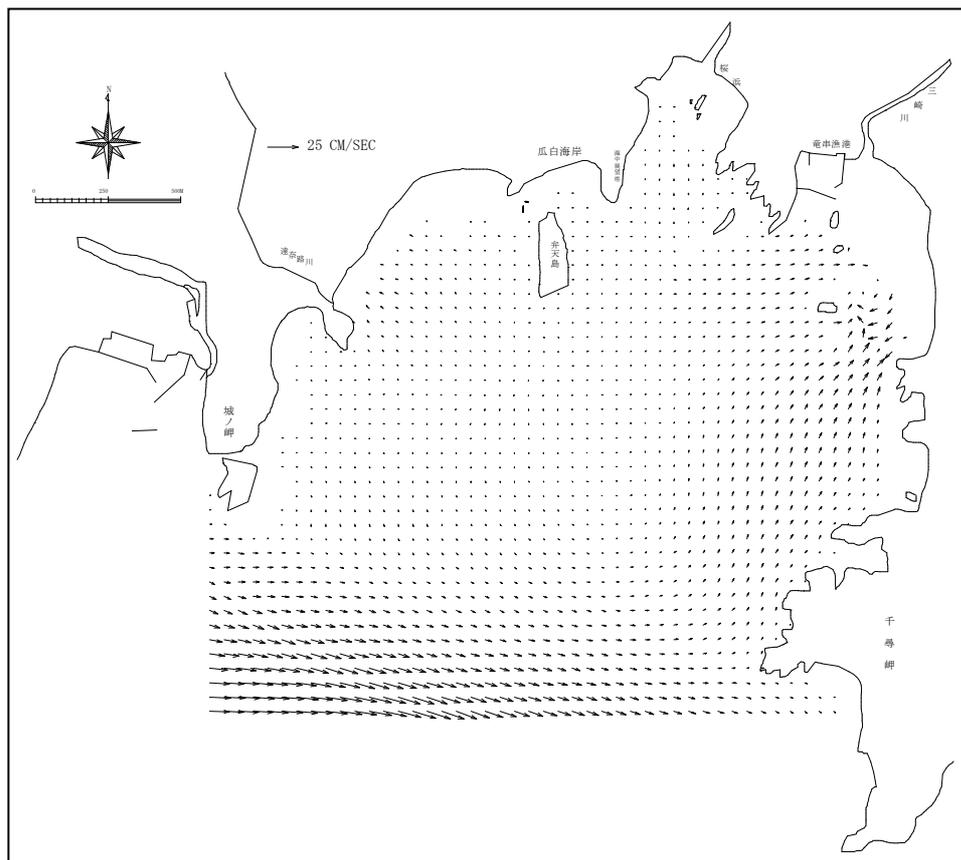


図5-6(2). 流況ベクトル(中層、災害時)

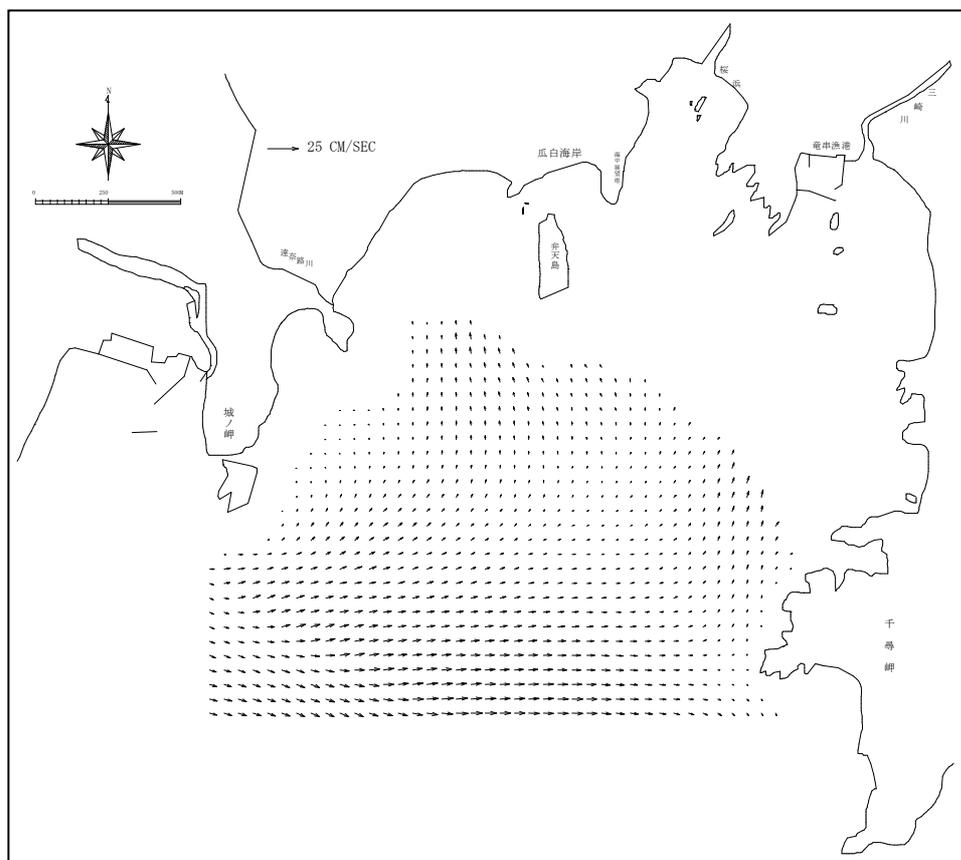


図5-6(3). 流況ベクトル(下層、災害時)

### c) S S 拡散予測

#### (4) 予測モデル

##### 1) 予測モデル選定の考え方

河川から流出した濁りは、土粒子の重さにより沈降しながら、水平的に拡散していく。したがって、ここでは fick の拡散方程式に土砂の沈降を考慮した拡散モデルを用いた。

##### 2) 予測モデルの基礎式

$$\frac{\partial (Sh)}{\partial t} + u \frac{\partial (Sh)}{\partial x} + v \frac{\partial (Sh)}{\partial y} + w \frac{\partial (Sh)}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left\{ K_x \frac{\partial (Sh)}{\partial x} \right\} + \frac{\partial}{\partial y} \left\{ K_y \frac{\partial (Sh)}{\partial y} \right\} + \frac{\partial}{\partial z} \left\{ K_z \frac{\partial (Sh)}{\partial z} \right\} + \phi$$

ここに、

S	: S S 濃度 (mg/l)
h	: H (水深) + $\eta$ (水位) (m)
u, v, w	: それぞれ x, y, z 方向の水平流速成分 (m/s)
$K_x, K_y, K_z$	: それぞれ x, y, z 方向の水平拡散係数 ( $m^2/s$ )
$\phi$	: $-\omega \times S + L$
$\omega$	: 土粒子の沈降速度
L	: S S 負荷量

である。

#### (5) 予測条件

##### 1) 予測範囲及び格子間隔

流況予測と同様とする。

##### 2) 鉛直分割数及び層厚

流況予測と同様とする。

##### 3) 拡散係数

流況予測と同様とする。

#### 4) S S 負荷量の設定

##### ① 通常時

通常時における河川水の S S 濃度は、平成 15 年 10 月 14 日の三崎川でのデータを用いた。S S 負荷量は流況予測で設定した河川流量に S S 濃度を乗じることにより算定した。なお、ここでは遠奈呂川からの S S 濃度は三崎川と同様とした。表 5-4 に S S 分析結果及び S S 負荷量の算定結果を示す。

表 5-4. S S 分析結果及び S S 負荷量 (通常時)

	S S 分析結果	河川流量 (m <sup>3</sup> /日)	S S 負荷量 (kg/日)
三崎川	63mg/1	279.0×10 <sup>3</sup>	17,577
遠奈呂川	(三崎川実測)	31.2×10 <sup>3</sup>	1,966

##### ② 災害時

災害時の S S 濃度の記録は無い。また、災害時の河川流量は通常時に比べて約 13 倍であり、海底に多量の土砂が堆積していることから、通常時の濃度とは比較できない高濃度の S S が流出していたと考えられる。

既存の資料から洪水時の S S 濃度をみると、数百から数万のオーダーとなっている (表 5-5 参照)。

表 5-5. 既存資料からみた洪水時の S S 濃度

	資料名	最大 SS 濃度 (ppm)	備考
①	河川地形 高山茂美著	1,200	Enoree 川
		500	Volga 川
		70,000~20,000	bighorn 川
②	平成 13 年度国土交通省土木技術研究会、国土交通省、平成 13 年 11 月	700	川内川 (鹿児島)

竜串海中公園地区サンゴ群再生対策調査報告書 (平成 14 年 9 月) によると、水害により堆積した土砂量は約 13,200m<sup>3</sup> と推定されている。2 日間の出水でこの土砂量が流出したと仮定すると、S S 濃度は約 4,000mg/1 であった。(以下の計算を参照)

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

$$x = 2,330 \text{ (g/m}^3\text{)} = \text{mg/1}$$

湾外への流出等も考慮して、ここでは災害時の S S 濃度を 3,000mg/1 と仮定した。表 5-6 に S S 負荷量の算定結果を示す。

表 5-6. S S 負荷量 (災害時)

	S S 濃度	河川流量 (m <sup>3</sup> /日)	S S 負荷量 (kg/日)
三崎川	3,000mg/1	6,756×10 <sup>3</sup>	20,268,000
遠奈呂川		752×10 <sup>3</sup>	2,255,000

5) 沈降速度の設定

① 通常時

通常時のSSの沈降速度は、沈降速度試験より設定した。試験方法は以下のとおりである。海水と淡水の混合条件で沈降速度に大きな差は見られなかったので、ここでは平均値の13cm/hを採用した。

(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液とし、100mg/lの濃度に調整して実験に使用した。

(試験結果)

表5-7に試験結果を示す。これによると、海水と淡水の混合条件に顕著な差は見られなかった。

表5-7. 沈降速度試験

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

② 災害時

災害時は通常時の濁りとは異なり、細かい粒径だけではなく大きな粒径も一緒に流出されていると考えられる。ここでは、災害時の濁水に含まれる土砂の粒径分布は、三崎川に最も近い底質調査地点(測点8)での粒径分布と同じと想定した。図5-7に粒径加積曲線を示す。

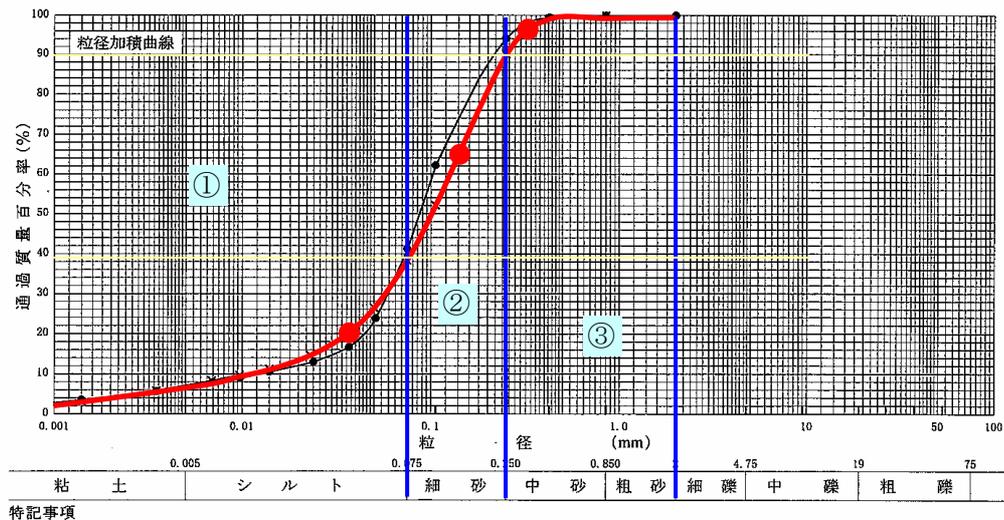


図5-7. 粒径加積曲線

これによると、濁水に含まれる土粒子は粘土～粗砂までが含まれていることから、この土粒子を3つのグループに分けて各グループの重心を代表粒径として沈降速

度を求めた。沈降速度は Stokes 式より算定した。表 5-8 に各グループの沈降速度及び負荷量を示す。

表 5-8. 各グループの沈降速度及び負荷量

グループ	重量比 (%)	代表粒径 (mm)	沈降速度 (cm/s)	負荷量 (kg/日)	
				三崎川	遠奈呂川
①	38.4	0.034	0.0093	7,783,465	865,935
②	51.7	0.152	0.18	10,479,300	1,165,856
③	9.9	0.345	0.95	2,006,675	223,249

(Stokes 式)

$$\omega = \frac{g(\rho_s - \rho_w)}{18\mu} d^2 \times 10^{-2}$$

g : 重力加速度 (cm/s<sup>2</sup>)

$\rho_s$  : 土粒子密度 (g/cm<sup>3</sup>)

$\rho_w$  : 海水密度 (g/cm<sup>3</sup>)

d : 土粒子径 (cm)

$\mu$  : 粘性係数 (g/cm/s)

## (6) 予測結果

### 1) 通常時

図 5-8 に通常時の S S 水平分布を示す。これによると表層の 10mg/l 以上の S S 濃度は、三崎川前面に限られていた。また、平成 15 年 10 月 14～17 日に行われた水質調査においても出水による濁度を捉える事は出来なかった。以上のことから、通常時の出水レベルでは濁水の拡散は河口近傍に限られると考えられる。しかし、流れが非常に弱い事から、濁りが長期間残る可能性がある。

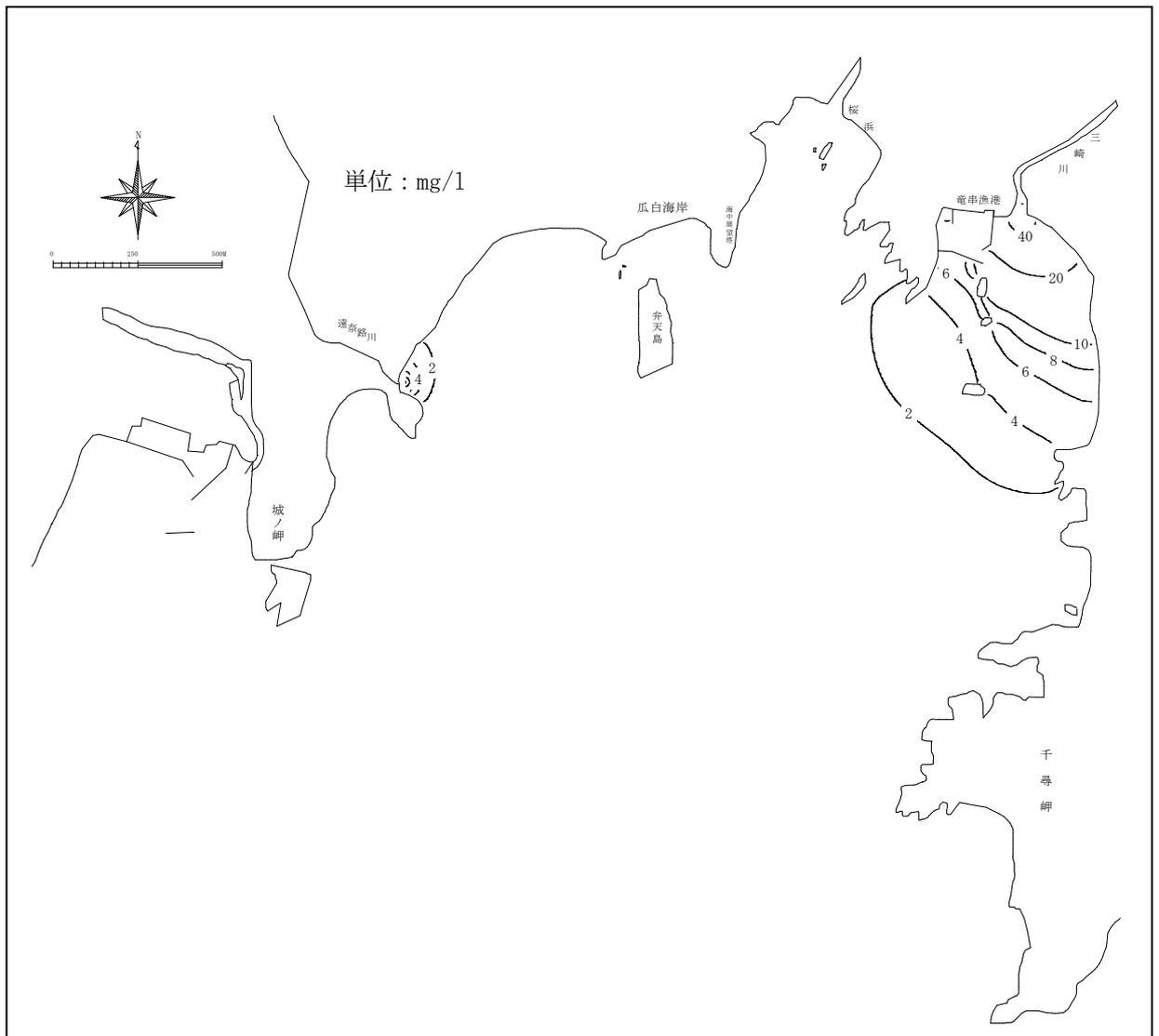


図 5 - 8 (1). S S 水平分布 (表層、通常時)

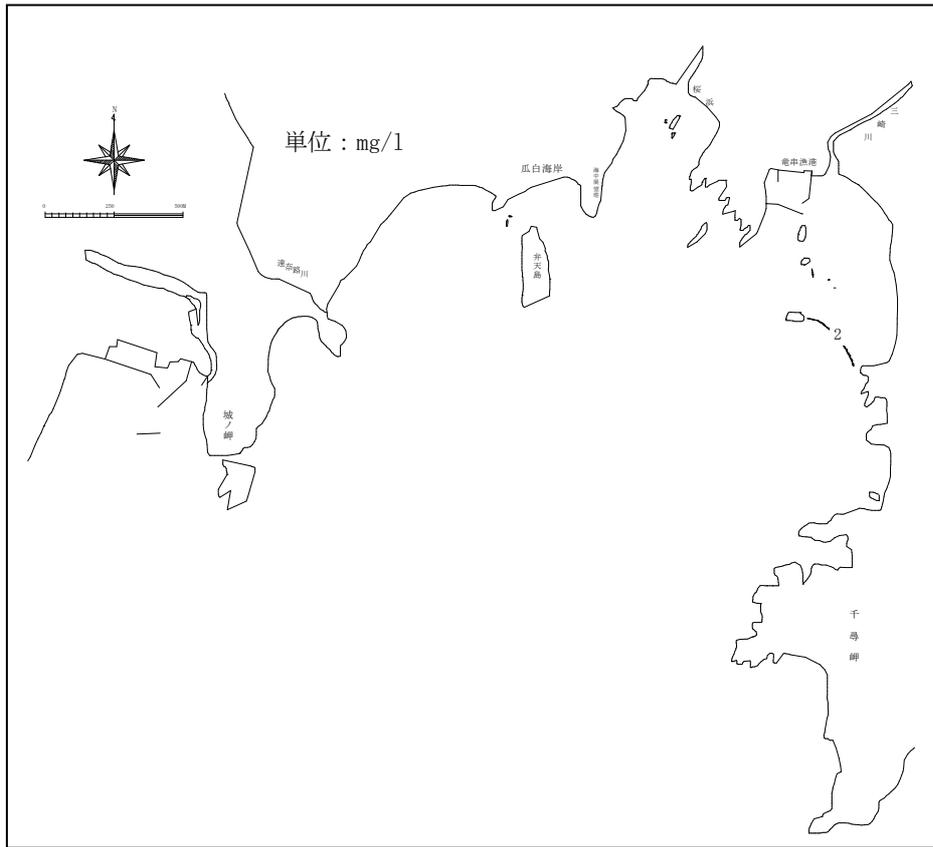


图 5-8 (2). SS 水平分布 (中層、通常時)

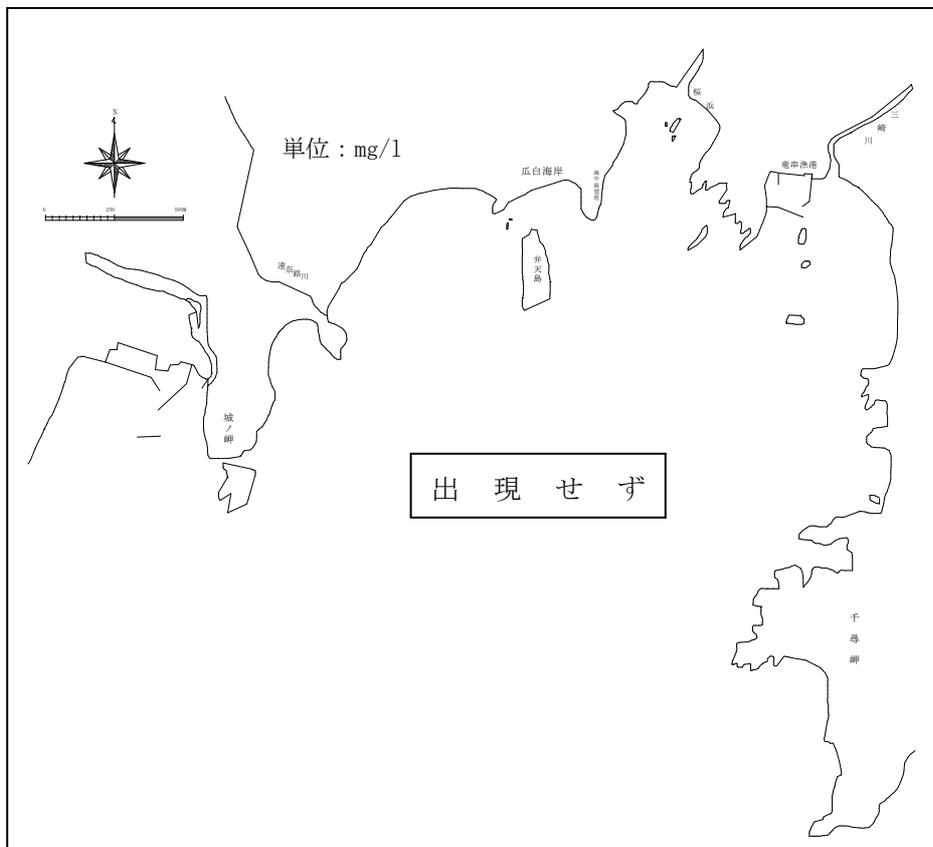


图 5-8 (3). SS 水平分布 (下層、通常時)

## 2) 災害時

図 5-9 に災害時の S S 水平分布を示す。なお、図 5-9(1)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。以下にまとめを示す。

- ・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る。
- ・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、その後は湾中央部に向かって広がっており、最終的には湾外の黒潮の流れに吸収されている。
- ・遠奈路川からの濁水は、計算結果では概ね同遠心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、岸沿いに東へ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。

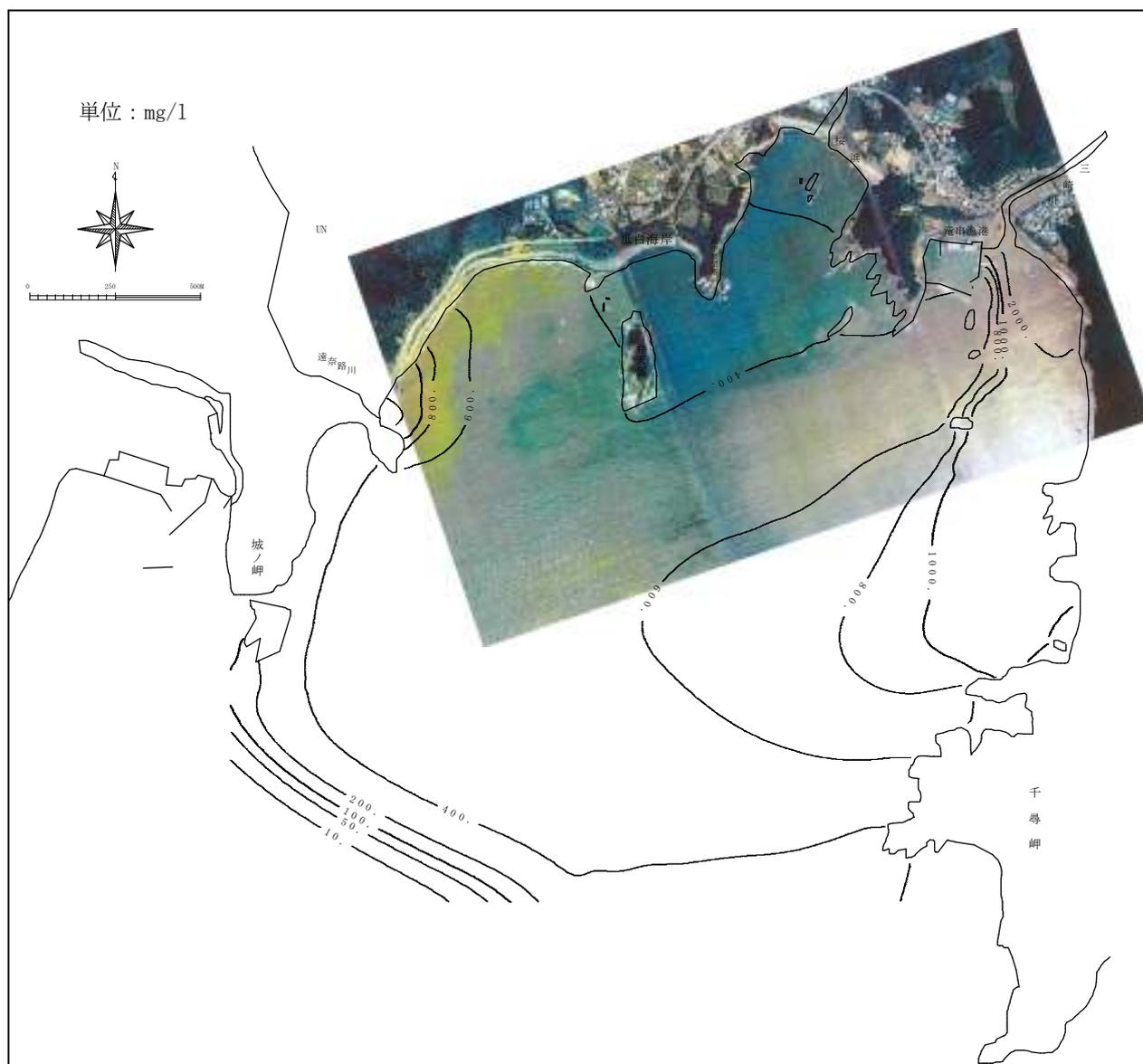


図 5 - 9 (1). S S 水平分布 (表層、災害時)

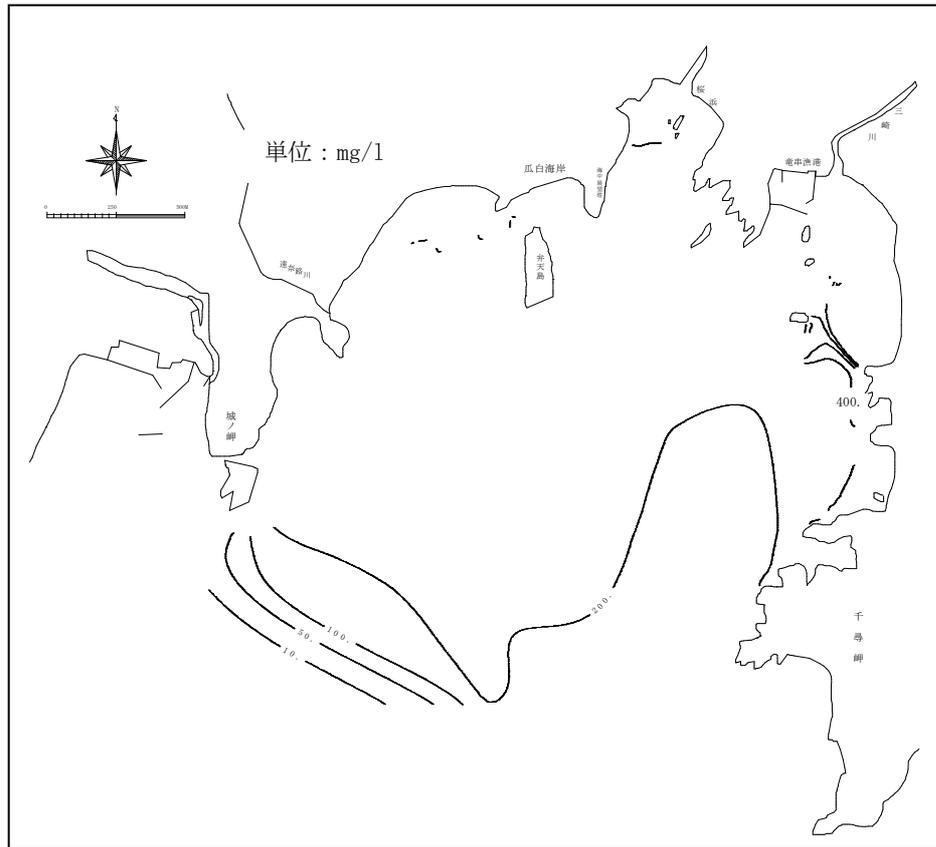


图 5-9 (2) SS 水平分布 (中層、災害時)

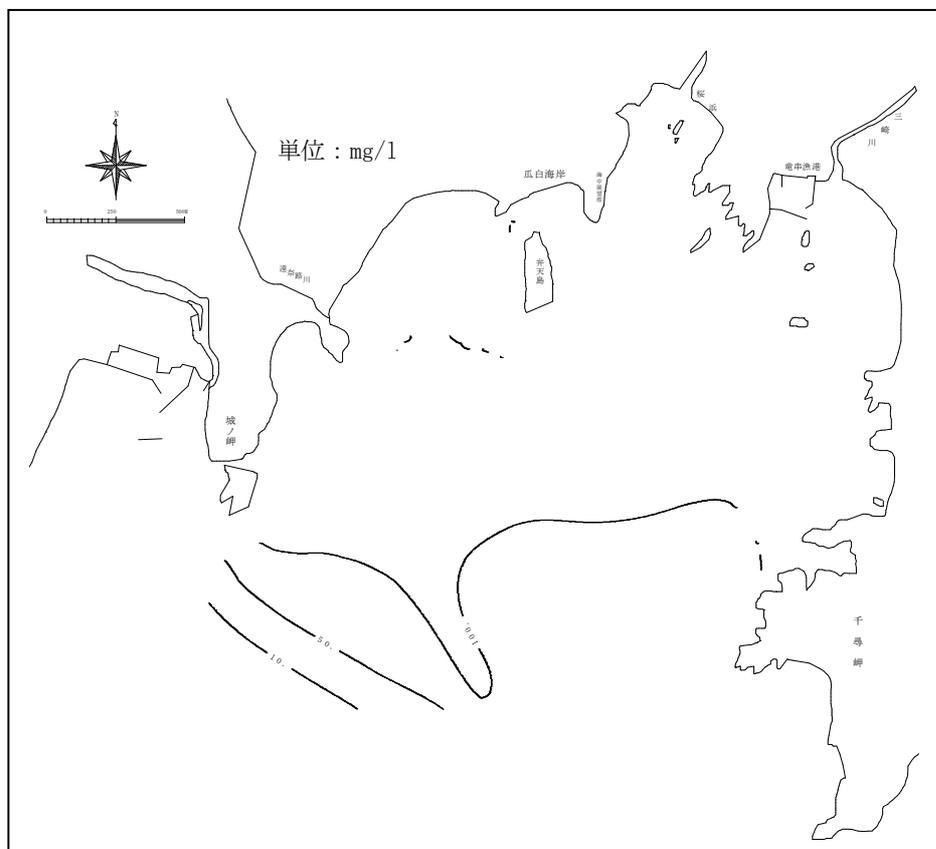


图 5-9 (3) SS 水平分布 (下層、災害時)

#### d) 河川からの濁水の拡散まとめ

水害によるサンゴ群集の被害を定量的に見積もるためには、水害による濁水の流入と流入後の濁度の挙動を把握する必要がある。水害による濁水の流入は、竜串湾への流入時の濁度濃度と河川からの流入による竜串湾内の流れによって影響を受ける。流入後の濁度の挙動には、濁度の沈降速度と竜串湾内の流れによって影響を受ける。

この節では、はじめに竜串湾の流れの特性を把握するため、水害が発生した9月を中心に実測を行った。そして、通常時と水害時の流れの状況を数値計算により再現した後、濁度の拡散状況について数値計算を行い通常時と水害時の汚水の拡散状況について検討した。

竜串湾内の流れの状況として、潮流、吹送流、黒潮、沿岸流、河川流出流が考えられる。それぞれの流れについて流速計による現地実測を行い、気温や降水量、風向・風速は気象庁観測データ、潮位は海上保安庁のデータを用いて竜串湾の流れの状況を調査した。

潮汐は平均大潮時で70cm程度あるが、竜串湾の平面形状として間口が広く奥行きが短いことから潮流はあまり卓越していないことがわかった。調査結果からも、最も沖合の調査点を除いて、5cm/s以下の流速の発生頻度が80%以上となっており、非常に流れの小さい海域であることがわかった。また、吹送流の存在も確認できなかった。

黒潮の影響は、流速の調査結果の中で、定点流速の調査結果とADCPによる流速調査結果から明らかとなった。定点流速の調査結果からは、竜串湾内での5cm/s以下の小さい流速であるが反時計回りの循環流が確認できた。また、ADCPによる流速調査結果からは沖合水深10m以深において15-25cm/sの東方向に流れる黒潮が観測された。

沿岸流は砕波点周辺で最も流速が大きくなる沿岸付近の流れで、波が砕波することによって発生する。沿岸流の影響は、ADCPによる流速調査結果から明らかとなった。観測結果では、爪白海岸と弁天島との水道部で、東向きの5-7cm/s程度の流速が観測された。このときは比較的波高の小さい通常時に観測しているので、荒天時の波高が高い場合はかなり流速が大きくなると考えられる。

河川流出流は、今回観測期間に発生した台風によって発生した降水量60-120mm/日で、河口前方において5-10cm/s程度の流速が観測された。

以上の観測結果から、竜串湾の流れの特性として以下のことがわかった。

- ① 潮汐による潮流は、ほとんど湾内の流れには関係ない。また、吹送流の存在も確認されなかった。
- ② 竜串湾の沖には黒潮が東向きに流れており、その流れに引きずられて湾内には反時

計回りの循環流が発生している。

- ③ 沿岸流は沿岸部で卓越する沿岸に沿った流れで、爪白海岸と弁天島との水道部で、東向きの沿岸流が観測された。高波浪時には、もっと大きな流速、広い範囲で流れると考えられる。
- ④ 河口流出流は、降雨が降る場所にもよるが60-120mm/日程度の降水量では、湾内の流況に影響する程度ではなかった。しかしながら、水害時には湾内への流入量が全く異なるので湾内の流況への影響は大きいと考えられる。

次に、通常時と水害時における竜串湾内の流れの状況と濁度の拡散状況について数値計算を行った。流況の予測にはN-S方程式と連続式を用いている。また、海水中に淡水の河川水が流れ込むことから、塩素量や熱拡散を移流拡散方程式により解き、密度差による流れも考慮している。濁水の移流拡散についても移流拡散方程式により数値計算を行う。

通常時における濁度の濃度、河川流量は、平成15年10月14日に行った三崎川での観測データを用いた。水害時の濁度の濃度、河川流量は、高知県の水害の報告書から決定した。また、濁度の沈降速度については、通常時は三崎川中流域の泥を沈降試験することで求め、水害時は三崎川河口に最も近い湾内での底質調査結果より、Stokesの式から沈降速度を求めた。

通常時においては、竜串湾の流況はほとんど黒潮による流れが卓越している。河川流量も小さく、波浪も小さいため沿岸流を考慮したとしてもほとんど影響しないと考えられる。濁度もほとんど三崎川河口部周辺で留まっている計算結果となる。竜串湾内の反時計回りの循環流も、濁度の拡散を妨げている。

水害時においては、河川流の流出によって黒潮の流れが南に押し下げられており、湾内の流況は河川流のみが卓越している。また、その影響は特に上層部で大きい。濁度の拡散状況の計算結果と濁りの拡散状況を捉えた空中写真とは概ね一致している。特に三崎川からの千尋岬西側に沿った汚水の流下状況は良く一致している。また、遠奈路川からの濁水は空中写真では爪白海岸に沿って東に拡散しており、沿岸流の観測結果と定性的に一致する。従って、流れの計算結果に沿岸流を考慮することで、遠奈路川からの汚水の拡散状況は再現できると考えられる。

## 5-B. 堆積泥の移動

### 検討手順

堆積土の移動に関する検討手順を図 5-10 に示す。底質の安定性を表す指標であるシーلز数、濁りに対する限界シーلز数及び海浜流予測を行い、その結果を用いて堆積泥の移動に関する検討を行った。

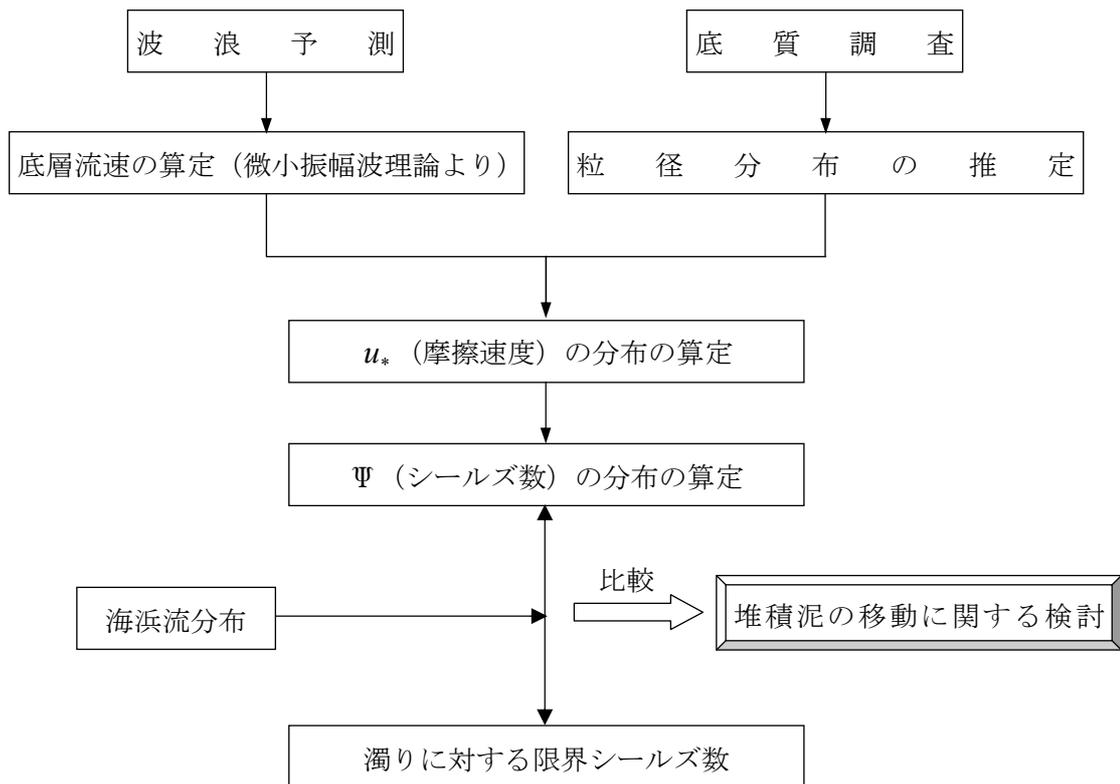


図 5-10. 堆積泥の移動に関する検討手順

### a) 底泥の巻き上がりに関する解析

「4. 竜串湾の水質及び底質環境の現況」の「A. 物理的環境」のうち、測点Aで行われた波浪調査、濁度調査、底質調査の結果から、底泥の巻き上げに関する解析を行う。

#### (1) 底泥を巻き上げる限界波高

図 5-11 に波高と濁度の経時変化を示す。また、表 5-9 に濁り発生限界波高、

表 5-9. 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

図 5-12 に濁度と波高・流速の関係を示す。

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る。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。

\*: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。

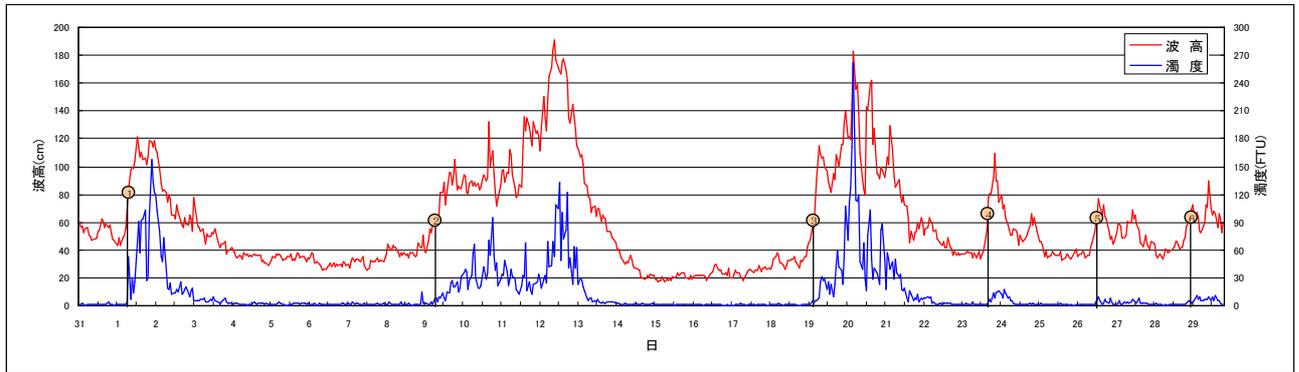


図 5 - 1 1 . 波高と濁度の経時変化

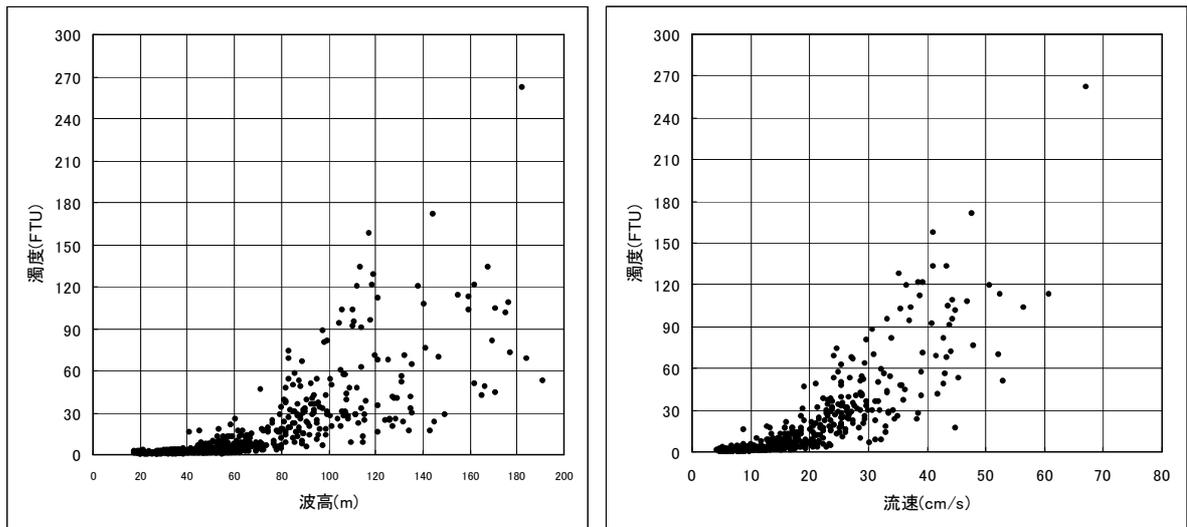


図 5 - 1 2 . 濁度と波高（有義波）・流速（有義波相当）の関係

(2) 巻き上がり限界波高の検証

1) 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 5-13 に概念を示す。）

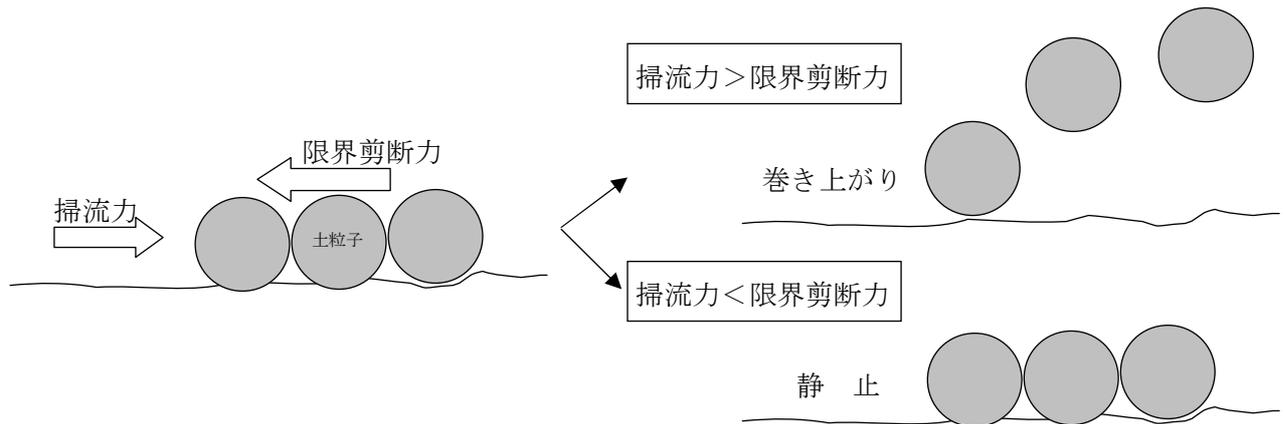


図 5 - 1 3 . 底泥の巻き上がり現象の考え方

2) 底泥の限界剪断力

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測点 A の底質調査結果（測点 3）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。

① 砂質土の移動限界摩擦速度の算定

〔岩垣公式〕

$$\begin{aligned}
 0.3030 \leq d & & : u_*^2 &= 80.9 d \\
 0.1180 \leq d \leq 0.3030 & & : u_*^2 &= 134.6 d^{31/22} \\
 0.0565 \leq d \leq 0.1180 & & : u_*^2 &= 55.0 d \\
 0.0065 \leq d \leq 0.0565 & & : u_*^2 &= 8.41 d^{11/32} \\
 d \leq 0.0065 & & : u_*^2 &= 226 d
 \end{aligned}$$

ここに、 $u_*$ ：限界摩擦速度 (cm/s)

表 5 - 1 0 . 移動限界摩擦速度

中央粒径	限界摩擦速度
0.0392cm	1.66 cm/s

② 限界剪断力の算定

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。

$$\tau_c = \rho u_*^2 \quad \rho : \text{海水密度 (1.023 g/cm}^3\text{)}$$

これから底泥の巻き上げ限界時の限界剪断力は、 $\tau_c = 2.826 \text{g/cm}^2$ の結果を得た。

3) 巻き上がり限界波高の算定

測点A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

$$a_{bm} / D < 1.57 \text{ の時 : } f_w = 0.30$$

$$a_{bm} / D \geq 1.57 \text{ の時 : } f_w = \frac{1}{4\sqrt{f_w}} + \log_{10} \frac{1}{4\sqrt{f_w}} = -0.08 + \log_{10} \frac{a_{bm}}{D}$$

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5-11に算定結果を示す。

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る。

表5-11. 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

(3) 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 ( $\Psi$ ) が用いられる。シール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測点Aの底質調査結果を用いて算定を行った。表 5-12 に限界シールズ数の算定結果を示す。

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。

$$\bar{\psi} = 0.5\psi$$

$$\psi = \frac{u_*^2}{(S-1)gD}$$

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<sup>2</sup>)

$D$  : 粒径 (cm)

表 5 - 1 2 . 限界シールズ数の算定結果

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

## b) 波浪予測

竜串湾の波浪は、太平洋に向けて開いている湾であることから、波向は南であり、弁天島西側の爪白海岸より約 400m 沖合い地点（測点 A）で、荒天時以外が波高 0.5m 以下・周期 5~8 秒程度、荒天時が 1.2~1.8m・周期 10~13 秒であった。また、この地点で濁りが発生する時の波高は約 69cm であった。この波高時の他地点の波高分布を把握するために、波浪予測を行った。

なお、測点 A での波高 69cm の頻度は、調査期間（8/31~9/2）の 1 ヶ月で見ると約 69% の未超過確率であった。NOWPHAS（全国港湾海洋波浪情報網）の竜串湾に最も近い観測点（上川口）における波浪統計と比較\*すると、通年で約 73% の未超過確率であった。（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）

これは、1 ヶ月で換算すると、30 日間のうち 8 日程度はこれ以上の波高が観測されるレベルであり、比較的高い波高であると推察される。

（\*）測点 A と上川口観測点の水深から波高を補正。上川口観測点と測点 B の水深が概ね同じであることから、測点 A と測点 B の波高比 1/0.82 を用いて上川口観測点での波高を 0.84cm とする。

### (1) 予測モデル

#### ア. 波浪変形予測（資料 23 参照）

沖から岸に向かう波の変形は、主に水深の変化に伴う屈折・浅水及び碎波変形が支配的であることからエネルギー平衡法を用いて予測する。計算対象領域は、流れと同じ範囲を想定し、沖側境界で適当な沖波条件（波高、周期、波向、方向集中度パラメータ）を与えて領域内の波高・周期分布を計算する。基礎方程式を以下に示す。

#### 【主方程式】

$$\frac{\partial(D_s V_x)}{\partial x} + \frac{\partial(D_s V_y)}{\partial y} + \frac{\partial(D_s V_\theta)}{\partial \theta} = -\varepsilon'_b S$$

ここに、

$$D_s = S \delta f \delta \theta$$

$$V_x = C_g \cos \theta, V_y = C_g \sin \theta$$

$$V_\theta = \frac{C_g}{C} \left( \frac{\partial C}{\partial x} \sin \theta - \frac{\partial C}{\partial y} \cos \theta \right)$$

それぞれ、群速度の岸沖・沿岸方向成分と波向成分で、

$S$  : 波浪スペクトル,  $\delta f$  : 周波数分割幅,  $\delta \theta$  : 方向分割幅,  $C_g$  : 波の群速度,

$C$  : 波速,  $\theta$  : 波向,  $\varepsilon\varepsilon'_b$  : 砕波によるエネルギー逸散率である。

#### 【代表波の算定】

主方程式で得られた波浪スペクトル( $D_s$ )から代表波の算定を次式で行う。

$$H_{1/3} = 4.0\sqrt{m_0}, H_{max} = \min\{H_b, 1.8H_{1/3}\}$$

$$T_{1/3} = T_0\sqrt{m_0/m_2/T_0}$$

$$\bar{\theta} = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K \theta_k D_{sn}^{ijk}/m_0, m_0 = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K D_{sn}^{ijk}, m_2 = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^K f_n^2 D_{sn}^{ijk}$$

$$\bar{T}_0 = \left[ \int_0^\infty \int_{-\pi/2}^{\pi/2} S_0(f, \theta) df d\theta / \int_0^\infty \int_{-\pi/2}^{\pi/2} f^2 S_0(f, \theta) df d\theta \right]^{1/2}$$

$$S_0(f, \theta) = S_0(f) G_0(\theta - \theta_p; f)$$

$H_b$  : 砕波波高,  $S_0(f)$  : 周波数スペクトル,  $G_0(\theta, f)$  : 方向関数,  $m_0 \cdot m_2$  それぞれ 0 次・2 次のモーメントを示す。

#### 【周波数スペクトルと方向関数】

$$S_0(f) = af^{-5} \exp(-bf^{-4})$$

Bretshneider・光易型スペクトル :  $a = 0.257 H_0^2 / T_0^4$ ,  $b = 1.03 / T_0^4$

$$G_0(\theta_k - \theta_p; f) = \bar{G} \cos^{2S} \{(\theta - \theta_p)/2\}$$

$$S = S_{max} (f / f_p)^{-2.5} : f > f_p$$

$$= S_{max} (f / f_p)^5 : f < f_p$$

$S_{max}$  : 方向集中度パラメータでスペクトルピーク周波数における  $S$  値

#### 【砕波減衰】

単位時間内に砕波によって失われるエネルギーの逸散率( $\varepsilon'_b$ ) (: 計算格子内に進入した波が出るまでに要する平均時間に比例)を仮定して次式で与える。

$$\varepsilon'_b = \varepsilon_b C / \sqrt{\delta x \delta y}$$

イ. 海浜流予測

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

$$\begin{aligned} \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M^2}{S+H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{M N}{S+H} \right) \\ &= -g(S+H) \frac{\partial S}{\partial x} + A_x \frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} - \tau_{bx} + R_x \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{M N}{S+H} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{N^2}{S+H} \right) \\ &= -g(S+H) \frac{\partial S}{\partial y} + A_x \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + A_y \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} - \tau_{by} + R_y \end{aligned}$$

ここに、

$M, N$  :  $x, y$  方向の線流量,  $g$  : 重力加速度,  $S$  : 水位,  $H$  : 水深

$A_x, A_y$  :  $x, y$  方向の水平渦動粘性係数

$\tau_{bx}, \tau_{by}$  : 海底摩擦抵抗

$\tau_{bx} = K_b \frac{M \sqrt{M^2 + N^2}}{(S+H)^2}, \tau_{by} = K_b \frac{N \sqrt{M^2 + N^2}}{(S+H)^2}, K_b$  : 海底摩擦係数

$R_x = \frac{1}{\rho(S+H)} \left( \frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y} \right), R_y = \frac{1}{\rho(S+H)} \left( \frac{\partial S_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{yy}}{\partial y} \right)$

$S_{xx}, S_{xy}, S_{yx}, S_{yy}$  : 波による radiation stress

(2) 予測条件

ア. 予測範囲及び格子間隔

予測範囲は南北方向 2,750m、東西方向 3,100m、格子間隔は 25m とした。図 5-14 に格子図を示す。

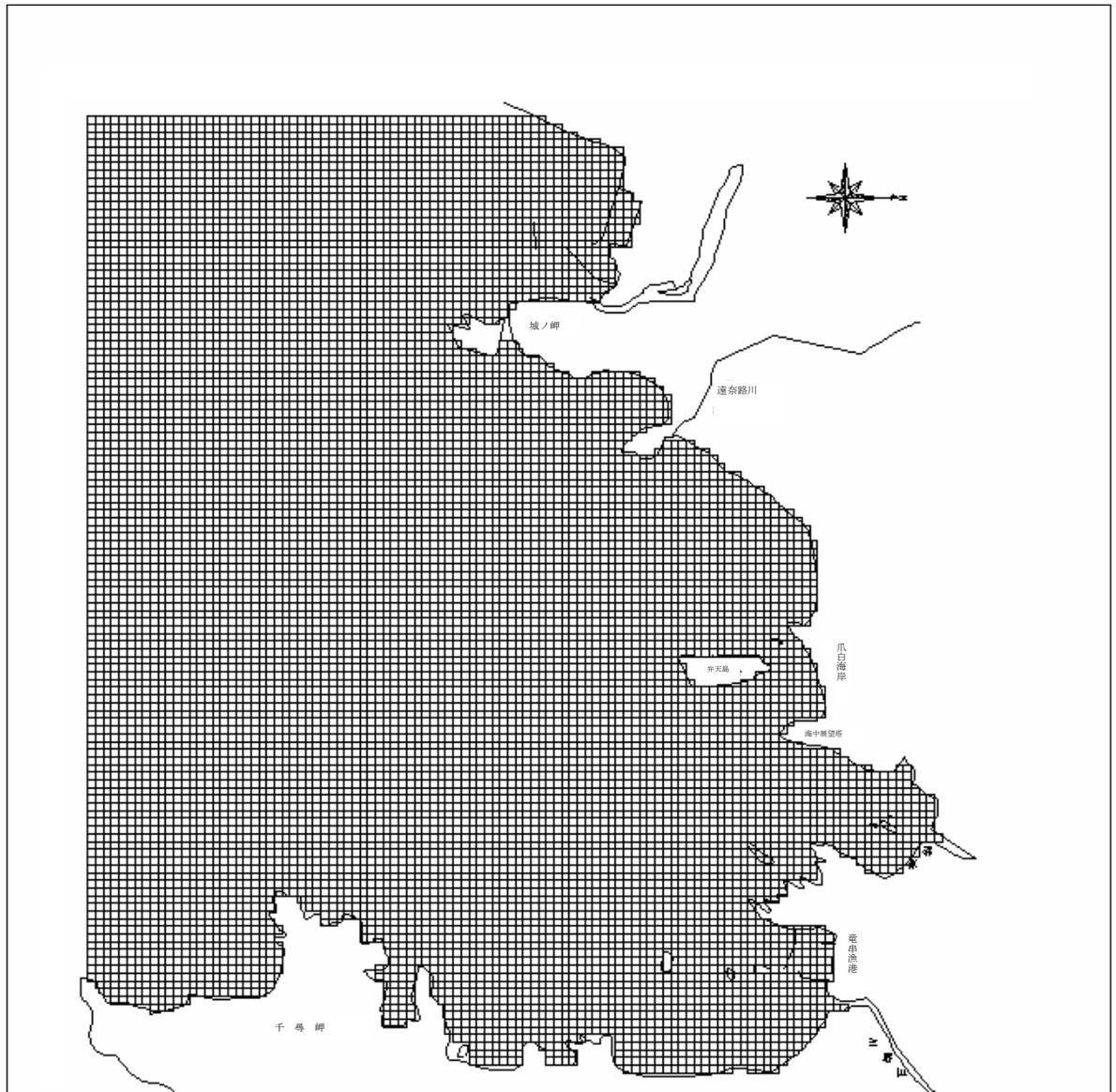


図 5 - 1 4 . 計算格子図

イ. 水深

水深は、本調査で作成した水深図に平均水位 1.139mを足しあわせた水深とした。

図 5-15 に水深図を示す。

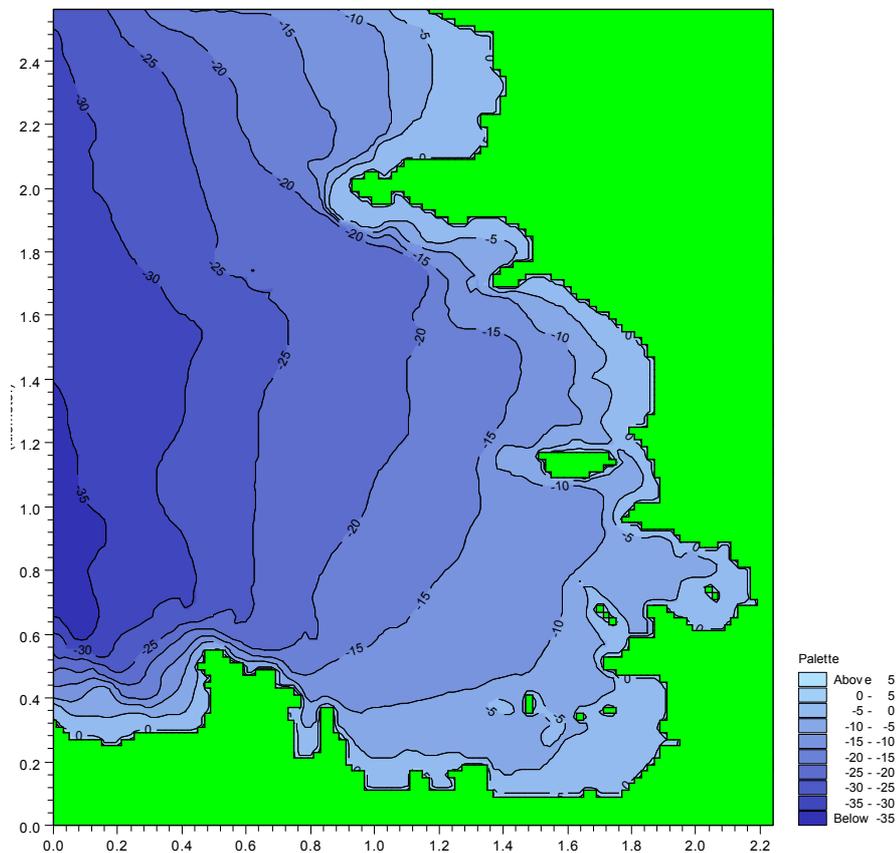


図 5-15. 水深図

ウ. その他

その他の入力条件を表 5-13 に示す。

表 5-13. 入力条件

項 目	入力条件	備 考
入射波高	測点Aで約 0.69m	試行錯誤繰り返して設定した。
入射波周期	8 秒	前章参照
方向集中度	10	風波の条件
砕 波	あり	合田の式による

### (3) 予測結果

#### ア. 波高分布

波高分布の予測結果を図 5-16 に示す。これによると、

- ・ 沿岸域では弁天島から城ノ岬にかけての海域の 0.6~0.7m と他の沿岸域に比べると波高は高い。
- ・ 弁天島と爪白海岸の間の水道部は弁天島の裏になることから、0.1m 以下と小さい。
- ・ 千尋岬側の海域は、岬の影になることから、波高は 0.6~0.0m と小さくなっている。

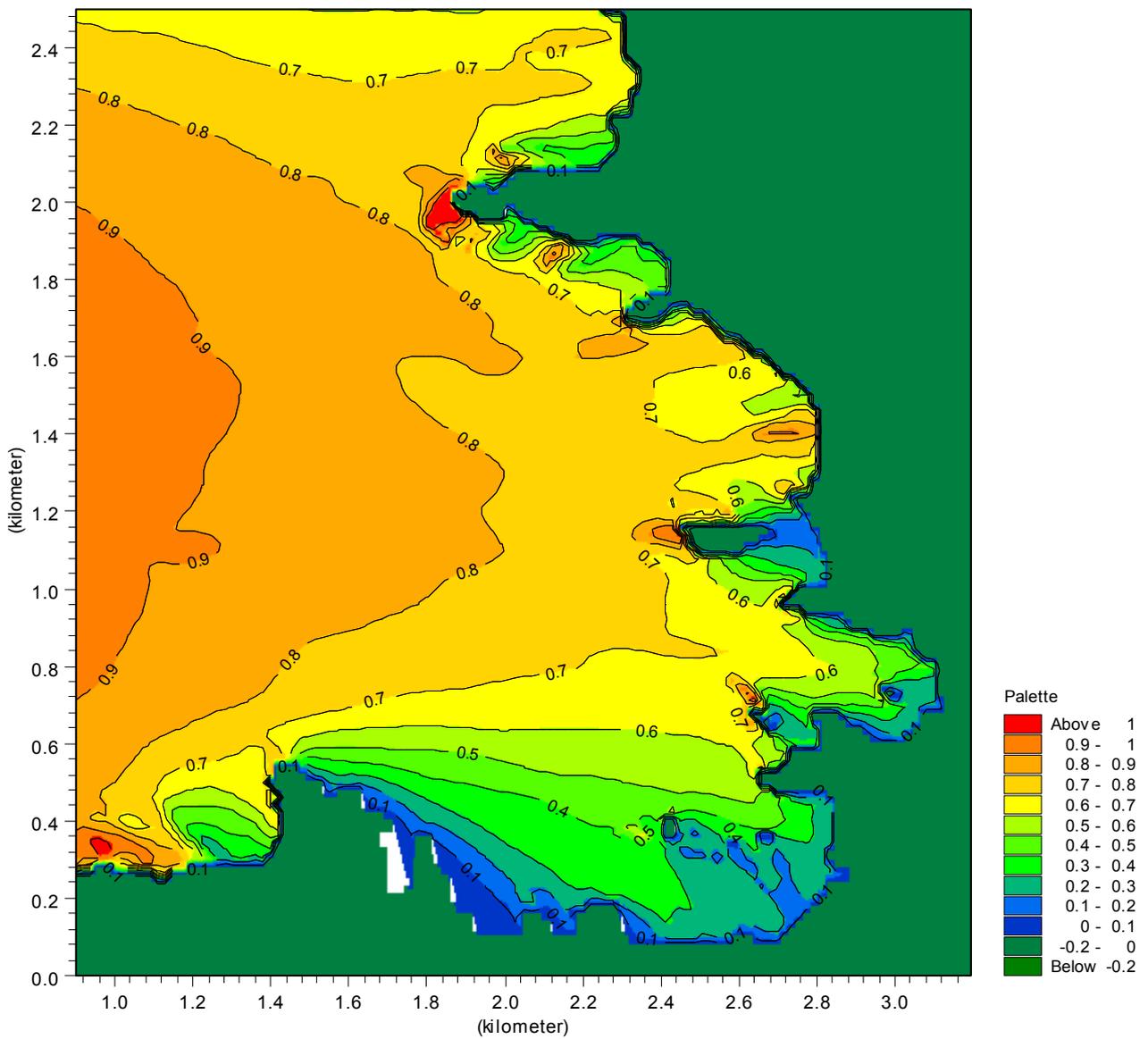


図 5-16. 波高分布

#### イ. 波高減衰の検討

沖から入射した波浪は岸に近づくにつれて、波高は小さくなっている。実測による沿岸地点（測点A）と沖合い地点（測点B）の波高の関係は図 5-17 に示すとおりである。これによると、測点Bの波高は測点Aの波高に比べて約 0.82 倍となっている。

予測での波高比（測点A波高／測点B波高）は  $0.69\text{m}/0.80\text{m}=0.86$  倍となっており、概ね実測の波高比とあっている。

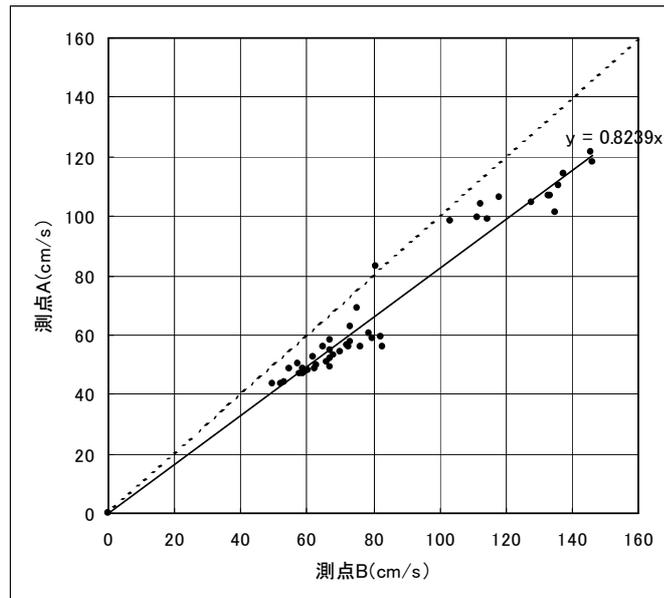


図 5-17. 測点 A と測点 B の波高の関係（実測）

#### ウ. 海浜流

計算された波高分布より海浜流を算定した。図 5-18 に全体の海浜流分布、図 5-19 弁天島周辺の海浜流分布を示す。また、参考に波が穏やかな（濁りが発生していない期間として測点Aで40cmとした）時期の海浜流計算結果を図 5-20 に示す。

- 波高の高い城ノ岬、千尋岬の先端では海浜流が最も卓越しており、約 25cm/s 程度の流れが生じている。
- 爪白海岸前では約 15～20cm/s の東へ向かう海浜流が存在しているが、その幅は岸から 100m 程度である。
- 弁天島と爪白海岸間の水道部では約 5cm/s の東向きの流れが見られた。
- 波が穏やかな時も海浜流パターンは同じであるが流速が弱くなり、爪白海岸前で約 10～15cm/s となっている。

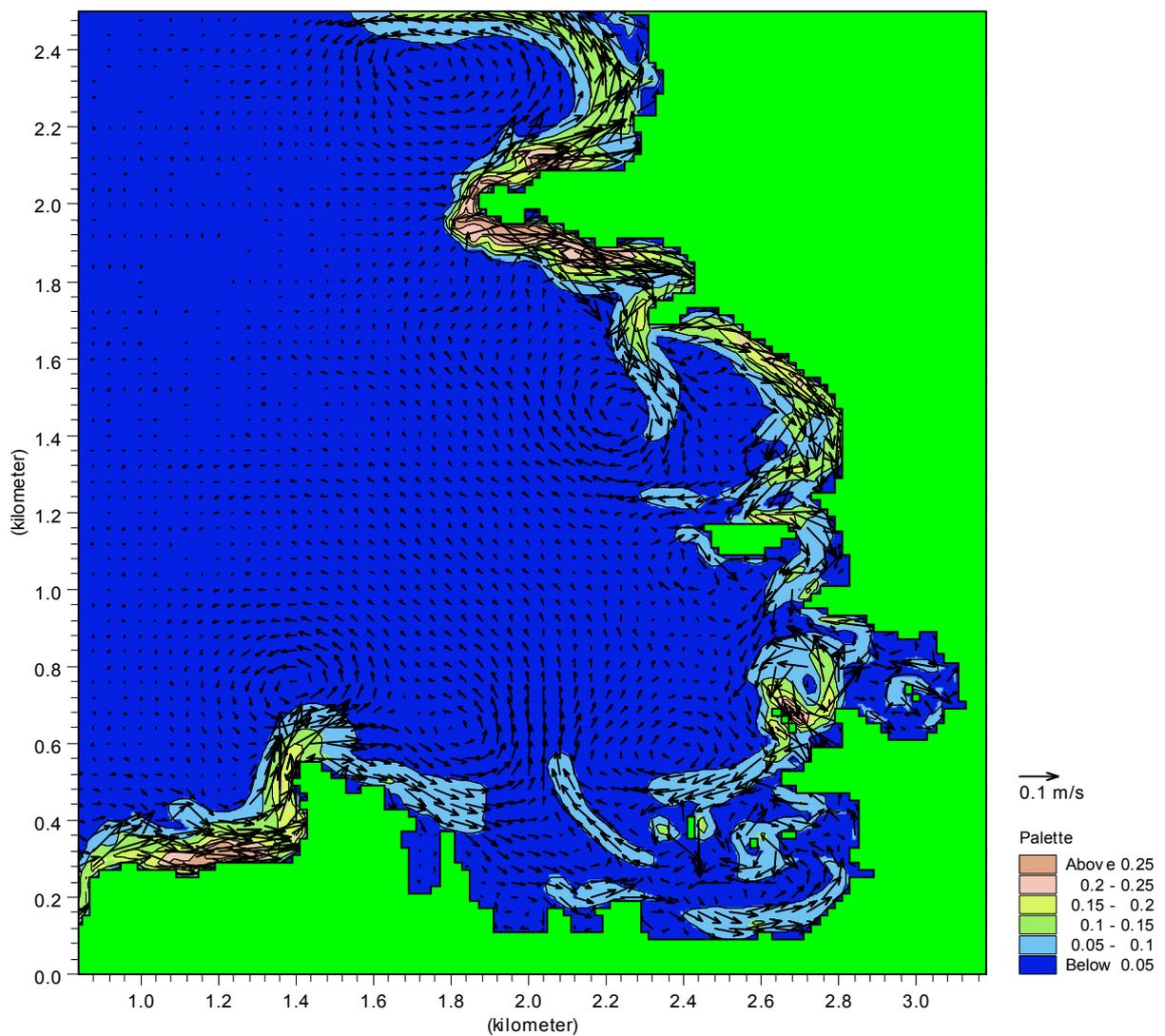


図 5 - 1 8 . 海浜流分布 (全体)

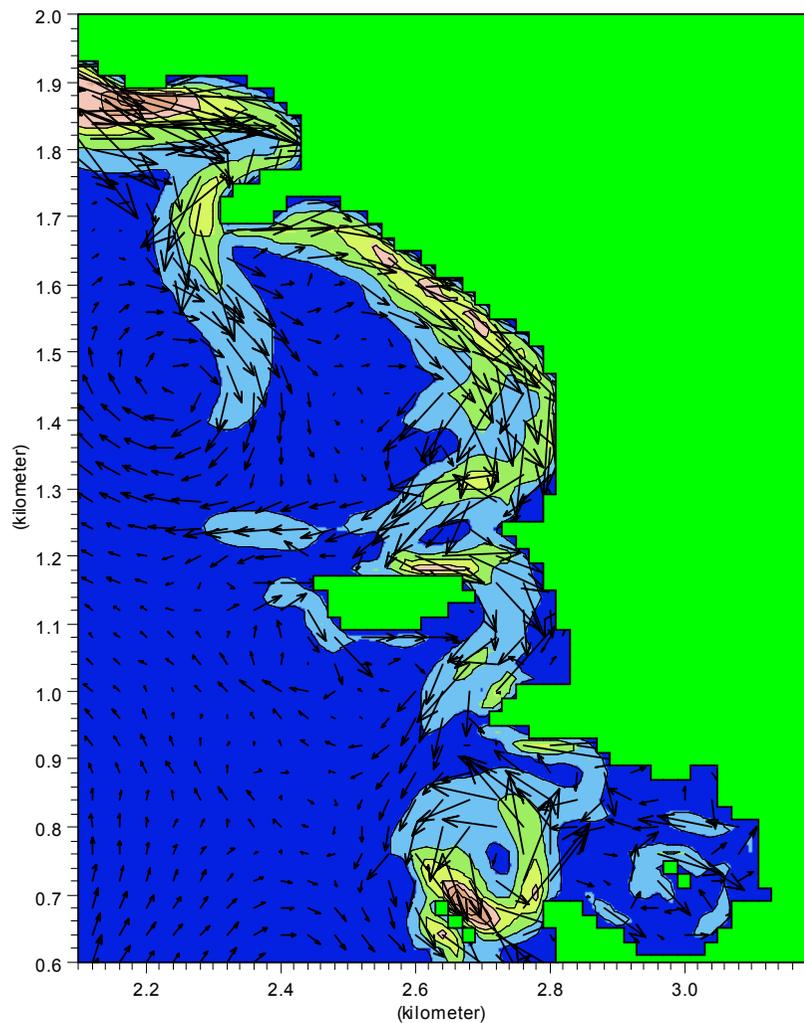


图 5 - 1 9 . 弁天島周辺海浜流 (波高 69cm)

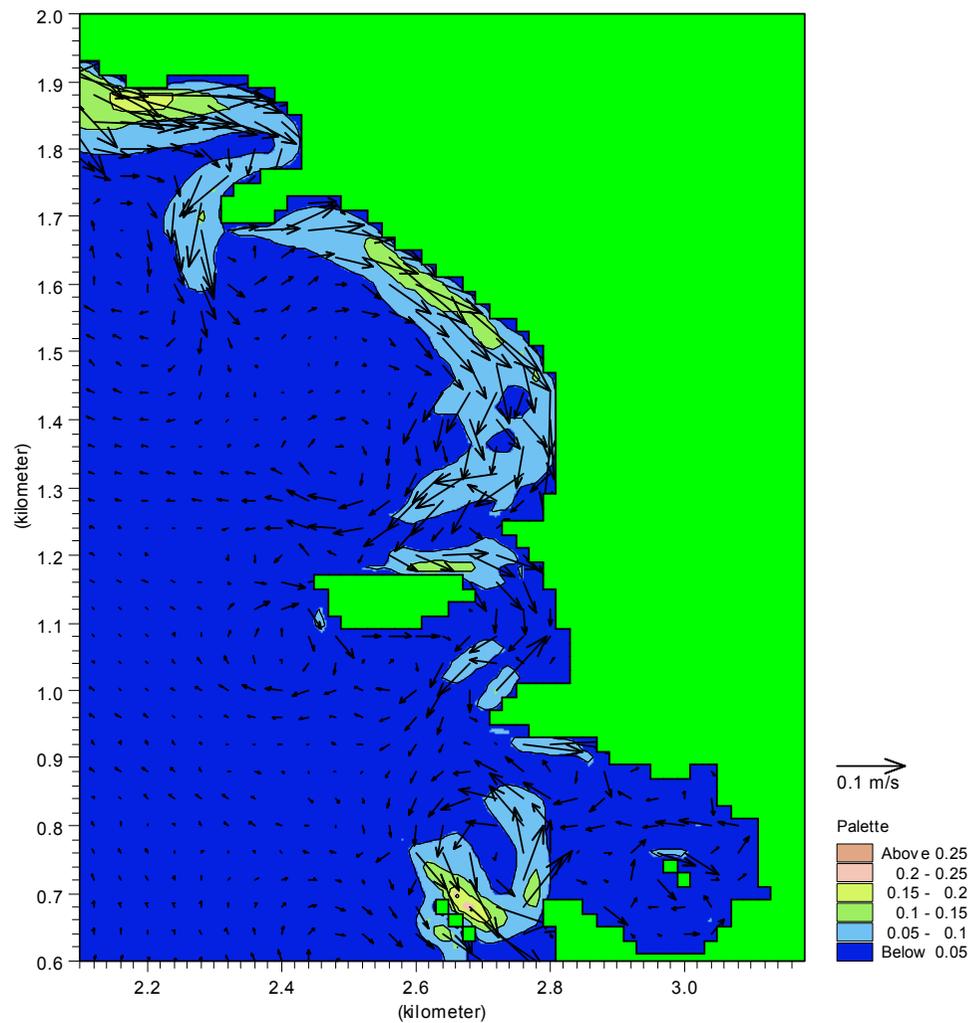


图 5 - 2 0 . 弁天島周辺海浜流 (波高 40cm)

## c) 堆積泥の移動に関する検討

### (1) 堆積泥の移動の状況

これまでの調査結果及び予測結果から、竜串湾に堆積している泥の移動に関する状況を整理した。

- 波浪・濁度調査より、ある大きさの波高の波が生じると濁りが発生することから、波浪が底泥を巻き上げていることが明らかになった。
- 海域の流れ（潮流など）はほとんどないことから、海域の流れによる泥の巻き上げ及び輸送はないと判断される。
- 波浪による海浜流の存在が明らかになり、波浪に巻き上げられた浮遊状態の堆積泥が海浜流（波による流れ）に輸送されると考えられる。

### (2) シールズ数分布の算定方法

#### ア. 底層流速の算定

波浪による底層流速 ( $\hat{u}_b$ ) は、計算された対象領域内の波浪諸元(波高、周期)と水深から波動流速振幅を算定する。波動流速振幅 ( $\hat{u}$ ) は、微小振幅波理論より波浪変形計算で求められた波高 ( $H$ )・周期 ( $T$ ) を用いて次式で算定した。

$$\hat{u} = \frac{\pi H}{T \sinh(kh)}$$

ここに、 $h$  : 水深,  $k$  : 波数 ( $2\pi / L$ ,  $L$  : 波長) である。

#### イ. 粒径分布の推定

中央粒径を波浪計算範囲を計算格子と同じ 25m 格子に設定した。

#### ウ. $u_*$ (摩擦速度) の分布の算定

$u_*$  (摩擦速度) は「II-1-3(2)限界波高の検証」で示した、波高と摩擦速度の関係より  $u_*$  (摩擦速度) の分布を算定した。

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

ここに、 $f_w$  : jonsson の摩擦係数

$$a_{bm} / D < 1.57 \text{ の時} : f_w = 0.30$$

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

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。

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

エ.  $\Psi$  (シールズ数) の分布の算定

$\Psi$  (シールズ数) は「II-1-4 限界シールズ数の算定」で示した、シールズ数の算定式を用いて  $\Psi$  (シールズ数) を算定した。

$$\bar{\psi} = 0.5\psi$$

$$\psi = \frac{u_*^2}{(S-1)gD}$$

- 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<sup>2</sup>)  
 $D$  : 粒径(cm)

(3) 検討結果

ア. 災害直後の状況

災害直後は竜串湾全体に同じ粒子の泥が堆積したと仮定してシールズ数の計算を行った。災害直後に湾全体に堆積した泥は、今回の底質調査で弁天島東側谷部を除く測点の中で最も中央粒径の小さかった測点7の0.0866mmと仮定した。(図5-22 参照)

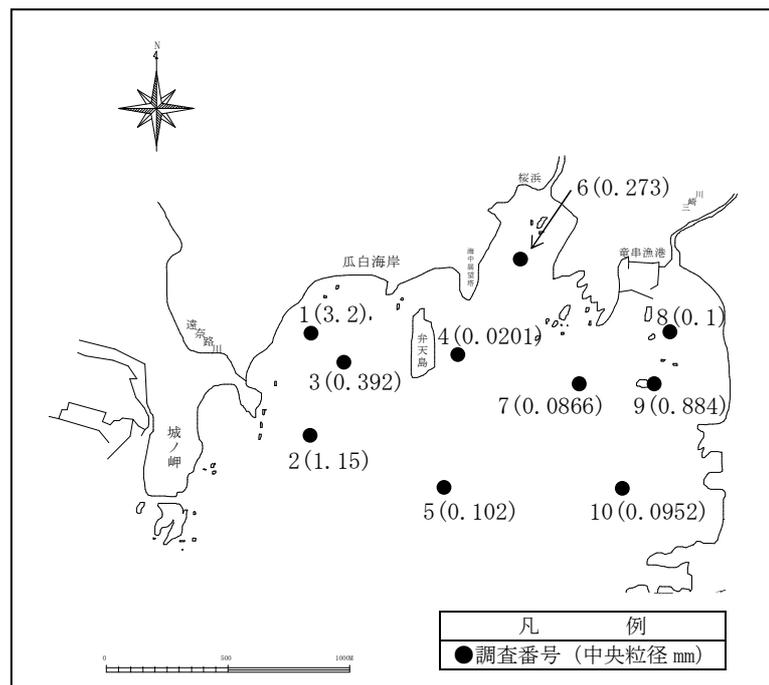


図5-22. 底質調査結果 (中央粒径)

図5-23に災害直後のシールズ数分布と「a) 波浪予想」で予測された海浜流ベクトルを重ねた図を示す。底泥が巻き上がり濁りが生じると考えられるシールズ数は、底質調査結果より計算された0.02を基準とし、これよりも大きなシールズ数の地点

では底質が巻き上がる可能性を示唆している。

- 災害直後は沿岸域全体のシーلز数が高く、非常に濁りが発生している状況であったと考えられる。
- 特に、弁天島西側の沿岸域はシーلز数が高く、非常に底泥が巻き上がりやすい環境であった。しかし、この海域は弁天島へ向かう 10～15cm/s の速い海浜流が存在していることから、巻き上がった堆積泥はすばやく弁天島周辺に運ばれたと考えられる。
- 最終的に弁天島周辺に運ばれた堆積泥は、シーلز数が低く静穏で流れの弱い弁天島東側谷部（底質調査測点4）に沈降・堆積したと推察される。  
これは、底質調査結果において、弁天島東側谷部の粒径が最も小さいことからもうかがえる。

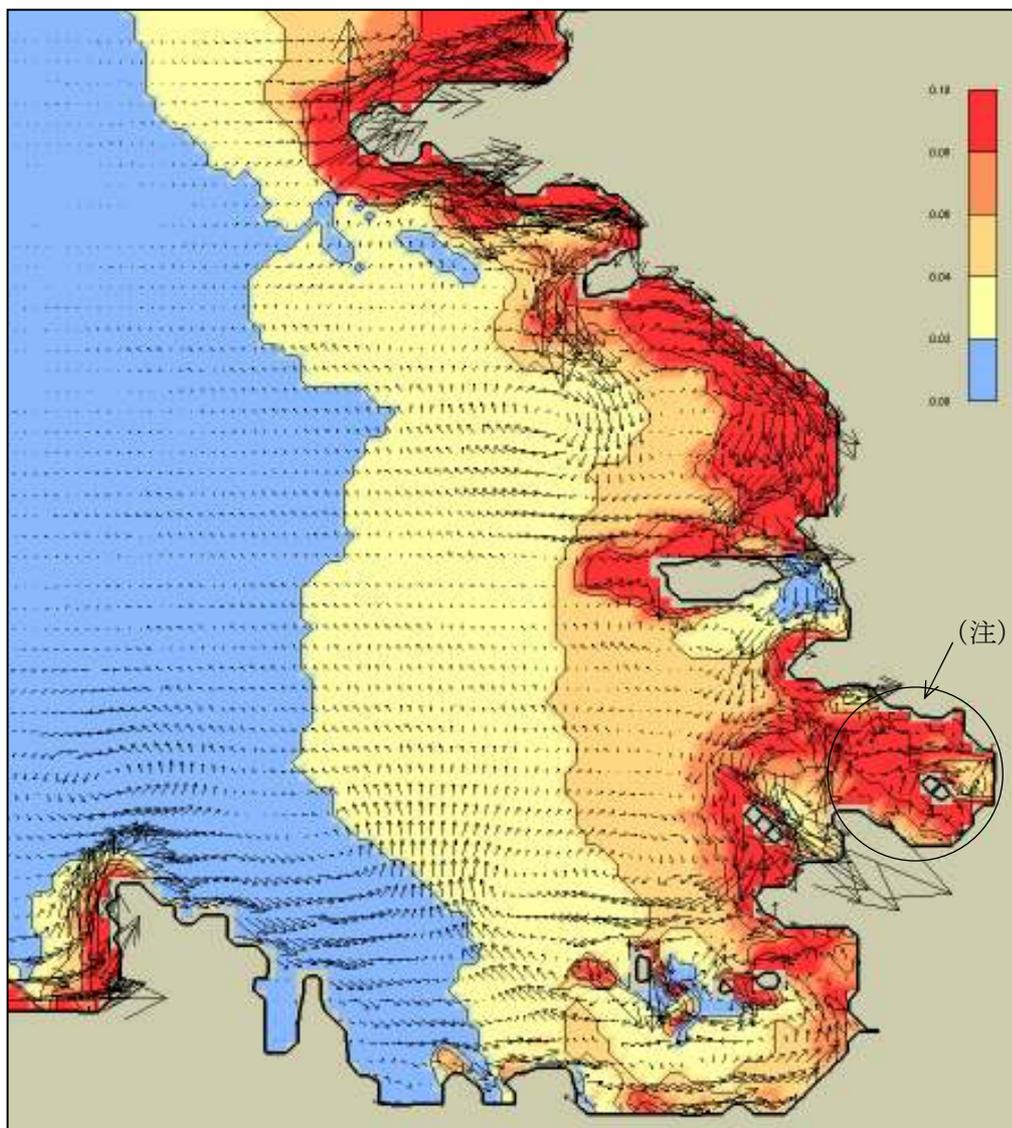


図5-23. シールズ数分布（災害時）と海浜流ベクトル

注) 災害時のシールズ数の計算では、竜串湾全体に一律の粒径土砂が堆積したと仮定しているため、桜浜の湾奥でも高いシールズ数が算定されたが、実際は桜浜に災害時の濁りは流入しなかったことから、仮定した底質粒径よりは大きく、シールズ数も小さいと考えられる。

#### イ. 現在の状況

現在の状況を把握するために、底質調査結果の中央粒径を計算格子と同じ25m格子に補間を行い、シルズ数を計算した。図5-24に補間した粒径分布を示す。また、図5-25に現在のシルズ数分布と海浜流ベクトルを重ねた図を示す。

留意点として、現在のシルズ数算定結果は、10測点の底質調査結果より補間した粒径分布を用いていることから、細部の詳細な評価は不適である。

- 災害直後にシルズ数が高かった弁天島西側海域は、現在は小さくなっている。これは、粒径の小さな堆積泥は移動し、粒径の大きな砂だけが残ったため、シルズ数が小さくなったものと考えられる。したがって、現在は災害から約2年かけて底質粒径が安定した状態になったと考えられる。
- 一方、海中公園2号地周辺海域は概ね災害直後と同様にシルズ数が高いままである。これは、この海域が弁天島西側海域のように海浜流が速くないことから、巻き上がった堆積泥はいつまでも周囲を漂っていると考えられ、依然として底質が不安定な状態が続いていると考えられる。
- ただし、弁天島西海岸に比べると小さいものの、竜串岬から海中公園3号地周辺に向かう流れが見られている。この流れは海中公園3号地の南西海域で弱くなっており、流れに運ばれた泥は、この海域で沈降・堆積するものと推察される。底質調査結果においてもこの周辺海域では測点7の粒径が最も小さいことから、海中公園2号地周辺の堆積泥は徐々にこの海域に運ばれる可能性が示唆された。

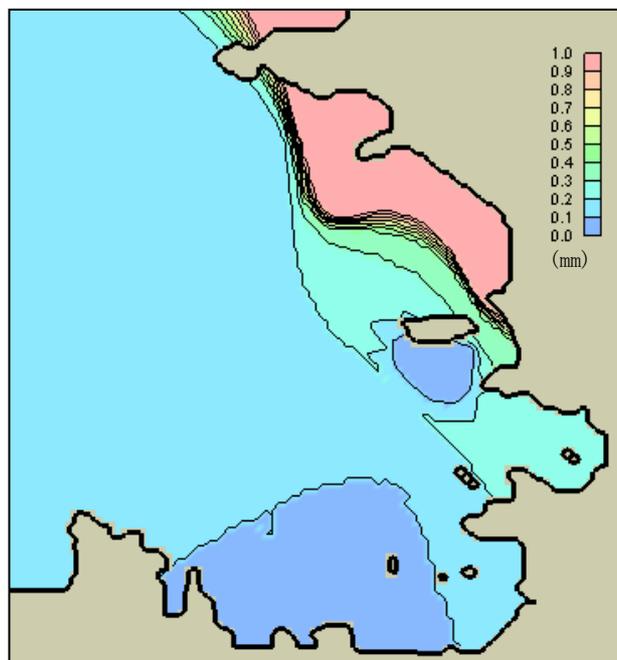


図5-24. 粒径分布（中央粒径）

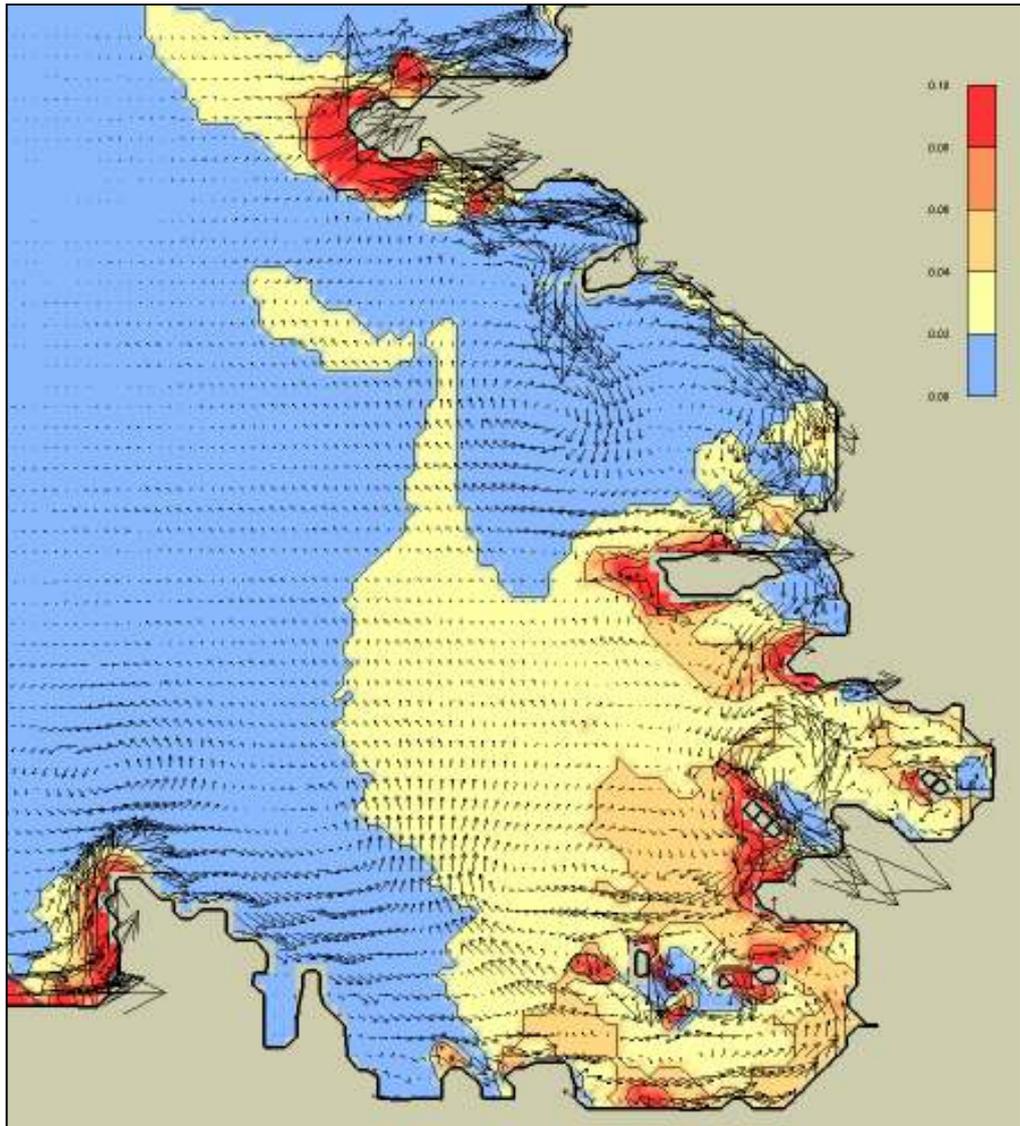


図5-25. シールズ数分布（現在）と海浜流ベクトル

#### ウ. 安定状態の粒径分布

現状のシールズ数の計算結果では、粒径が小さいため濁りやすく底質が安定していない海域が存在することが明らかになった。ここでは、シールズ数計算より逆算して、濁りに対する限界シールズ数を満足する安定した粒径分布を算定した。図 5-26 に計算より得られた安定した粒径分布を示す。波高 69cm（超過確率 73%）の場合は、沿岸域は概ね 0.5mm 以上の粒径（中砂）の時に濁りが発生しない安定した底質になると判断される。

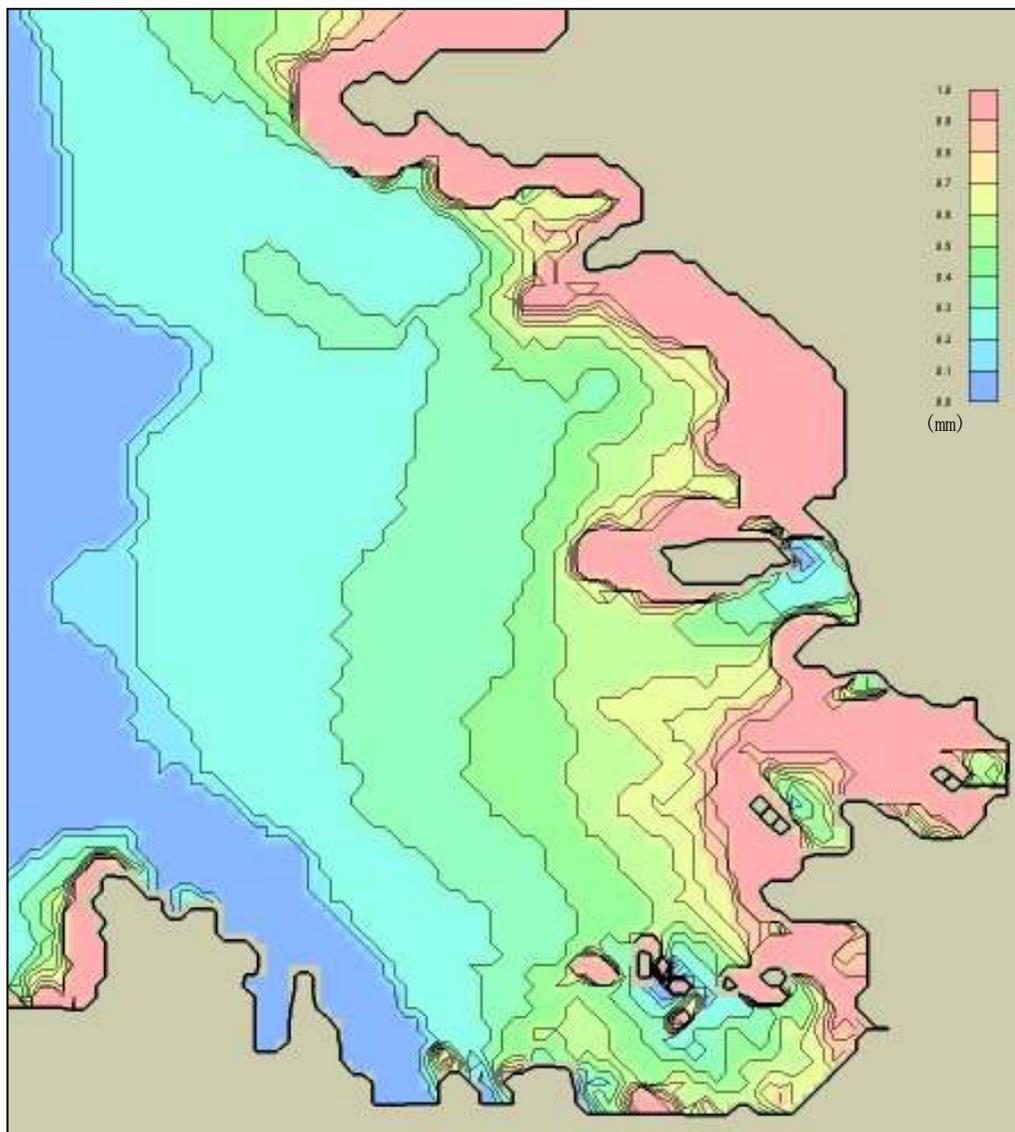


図 5-26. 安定した粒径分布（波高条件 0.69m、シールズ数 0.02 以下）

#### d) 堆積泥の移動のまとめ

水害による汚濁の流入が、サンゴ群集及びその他の生物へ与える影響を定量的に見積もるためには、湾内に流入した堆積泥の挙動を把握する必要がある。

この節では、竜串湾の海底に堆積した泥の挙動に最も関係していると考えられる波浪の観測を行った。また堆積泥が、どの程度の波浪によって巻き上げられているのか把握するため濁度の計測も行った。さらに水害後底質の状況がどのように変化したのか、水害発生2年半後の底質状況を観測によって調査した。

堆積泥の巻き上がり特性を調べるため、波浪と濁度の同時、同地点測定を行った。観測結果より、波高と濁度の相関は高く台風来襲時に両者が大きくなり、堆積泥の巻き上がりには波浪が最も関係していた。来襲波の波向きはほとんど南からであり、有義波は、通常時波高 0.5m、周期 5-8 秒であり、台風時は波高 1.2-1.8m、周期 10-13 秒であった。詳細に波浪条件と濁度の相関を調べると堆積泥の巻き上げ限界は、波高が 69cm、周期が 8 秒であり、底質調査の結果を併せて検討すると、堆積泥の中央粒径は 0.04cm で、巻き上げの限界摩擦速度は 1.66cm/s、限界シールド数は 0.02 であることがわかった。

水害発生2年半後の底質状況を底質調査により求めた。得られた結果は以下の通り。

- ① 爪白海岸前・遠奈路川河口周辺では粒径が粗く、シルト以下は 3%程度しかない。水害による堆積泥はない。
- ② 弁天島東側には最もシルト以下の割合が多い場所であった。
- ③ 三崎川河口周辺は、シルト以下は 38-41%を占めている。

堆積泥の移動状況を予測するため、波変形と海浜流の予測を行った。波変形の予測法はエネルギー平衡方程式に基づく数値計算法であり、海浜流の予測法は海浜流の基礎方程式による数値計算法を用いている。

堆積泥が巻き上がる波条件での波高分布と海浜流分布を計算し、その結果から以下のことがわかった。

- ① 弁天島から城ノ岬にかけての海域の波高は、0.7-0.8m と他の海域と比較して少し高い。
- ② 弁天島と爪白海岸間の水道部は、弁天島の背後になるので波高は小さい。
- ③ 三崎川河口部周辺は千尋岬の背後になるので、波高は小さくなる。
- ④ 城ノ岬、千尋岬、爪白海岸では、波が海岸に斜めに入ってくるため、大きい海浜流が発生する。
- ⑤ 弁天島と爪白海岸間の水道部は、その海域の西側の爪白海岸に沿った東方向に流れる海浜流の影響により東方向に流れる。

堆積泥の移動状況について、波高分布と海浜流分布、シールズ数の分布の計算結果に基づいて検討を行った。

水害直後の状況は、堆積泥の沈降速度が小さいため、泥が沈降する間に十分竜串湾全体に移流拡散し、竜串湾全域に堆積量の差はあるものの堆積していたものと考えられる。弁天島西側の弁天島から城ノ岬にかけての海域は、波当たりが強く波高が大きいため比較的早い時期に堆積泥は巻き上げられ、東方向に流れる海浜流によって弁天島周辺に運ばれたものと考えられる。弁天島周辺特に東側は、流れが弱いため堆積泥はこの場所で堆積・沈降したものであると考えられる。底質調査でも最もシルト以下の割合が多い場所であったのはこのためであると考えられる。

現在の堆積泥の状況は、弁天島西側の弁天島から城ノ岬にかけての海域は堆積泥の移動が終了し、粒径の大きい底質のみが残留している状況である。弁天島西側の東側方向に流れる海浜流は、弁天島東側では遮蔽領域となり運ばれてきた堆積泥がこの場所に停滞する。三崎川河口から南側にかけては、千尋岬の背後になるので波高も小さく、組織的な海浜流も形成されていない。従って、この千尋岬西側についても堆積泥が停滞していると考えられる。

### Ⅲ まとめ

#### 1. サンゴ群集の現況および動態

湾内浅海部のマンタ調査や既存の資料から竜串湾内に生息しているサンゴ群集の現在の分布域を明らかにし、空中写真を用いて過去の分布状況の読み取りを行い、その変遷を明らかにした。また、各海域のサンゴの加入状況、生育状況を知るため、幼生加入量の調査と移植サンゴの成長状況の調査を行った。

##### A. サンゴ群集の現況と空中写真によるサンゴ群集変遷の読み取り

管理方針検討調査で作成した竜串湾のサンゴ分布図を西側に片粕まで拡張し、同海域の海底地形図と共に 1/15000 の縮尺で作成した。現況では被度 30%を超えるサンゴの分布域は弁天島西から城ノ岬にかけての海域に 6.6ha、竜串の海中公園 2 号地に 0.2ha、見残し湾のシコロサンゴ群落 0.2ha のあわせて 7.0ha 程度存在する事が明らかになった。

空中写真の解析は、カラー写真が 1975 年撮影の 1 枚しか存在しないために困難であったが、弁天島西から城ノ岬にかけての海域では 1964 年には弁天島西岸の狭い範囲だったサンゴ分布域が徐々に範囲を拡げている様子を、竜串の海中公園 2 号地では櫛の歯状地形の湾入部全域に高被度なサンゴ群集があったのが西側から消滅していった様子を、見残し湾のシコロサンゴ群集はほとんど変化していない様子を読み取る事ができた。

##### B. サンゴの加入状況

爪白、桜浜、竜串、大濬南において、サンゴの幼生がどの程度加入しているのかを知るために幼生の定着板を設置し、加入状況を調査した。台風の影響でもっとも加入が期待される 7~8 月の資料が得られず、9 月以降の定着板にはサンゴの着生は見られなかった。H16 年度も継続調査して資料の収集に努める。

##### C. 移植サンゴの成長状況

竜串と大濬南に移植された卓状ミドリイシの生残・成長状況を調査した。竜串の移植片は移植した 11 月から 4 ヶ月後の生残率 83.3%、半数以上の移植片について面積の増大が認められ、生育状況は良好である。大濬南の移植片は、移植した 7 月から 8 ヶ月後の生残率 21.8%と生残率が低いが、生残したほとんどの移植片について面積の増大が認められた。生残率が低い原因としては 8 月に来襲した台風 10 号の影響が考えられるが、移植片上に泥をかぶって部分死する移植片が見られ、この海域の SS がサンゴの成長を阻害している可能性が示唆された。H16 年度も継続調査する予定である。

現況調査と空中写真の解析により、竜串湾のサンゴは弁天島西から城ノ岬にかけての海域で増加しており、現状でおよそ 6.6ha のサンゴ高被度域があり、竜串では高被度分布域

が時間を追って減少しており、現状でおよそ 0.2ha、大碇南は空中写真の読み取りができず、現状で高被度域はなし、見残し湾はほとんど変化がなく、およそ 0.2ha の高被度域が維持されている事がわかった。

各海域でのサンゴの加入状況や成育状況は、十分な資料が集まっていないので継続調査を行う必要があるが、サンゴの生育状況は竜串では比較的良好、大碇南では浮遊懸濁物の影響で比較的不良である可能性が示唆されている。

## 2. 健全なサンゴ群集を維持するために必要な環境に関する知見の収集・整理

一般にサンゴ群集が健全に生育するためには、温暖、清澄、高塩分で、貧栄養な海水、十分な光と、適度な流速、が必要であるといわれている。これらの環境要素について、具体的にどの程度の値が要求されるのかについて、知見を収集・整理した。

### A. 水温

サンゴ生育の最適水温はおおむね 20-28℃、生存可能水温は種によって差があるが、多くのサンゴでは 15-30℃程度。

### B. 清澄度

内湾性の海域に棲む一部の種を除いて、多くのサンゴは濁った海域では生育することができない。我が国のサンゴ礁地域では、沖縄県衛生環境研究所水質・赤土研究室の大見謝室長(当時)が考案した底質中懸濁物質含量 (SPSS) を用いた調査・研究の蓄積があり、サンゴ群落を健全に保つための目安としては、SPSS の年最大値 (SPSSmax) を 30 kg/m<sup>3</sup>以下に抑える事が望ましい。

### C. 塩分濃度

サンゴ生育の最適塩分濃度は 34-36‰で、多種の造礁サンゴが生育する範囲は 27-40‰である。

### D. 栄養塩

健全なサンゴ群集が維持されるために必要な栄養塩濃度は、概ね全窒素が 0.1mg/l 以下、全リンが 0.01mg/l 以下。

### E. 光環境

造礁サンゴ類にとって光は不可欠な環境要素であるが、光とサンゴの関係について詳細な研究例は少なく、サンゴ群集を維持するために必要な具体的な光量は不明。

### F. 流速

サンゴの生育状況と流速の関係について詳細な研究は見あたらず、流速がサンゴに与える影響については十分な検討がなされていない。

## 3. 竜串湾の環境に関する既存の資料の収集・整理

過去の資料から、竜串湾の水質環境は以下のように推移してきたものと考えられる。

#### ○昭和 19(1944)年以前

三崎川は千尋崎の東側に開口しており、竜串湾に流入する河川は、小川を除けば西岸の宗呂川のみであった。そのため現在の三崎川河口部にあたる海域には陸域の影響はほとんどなく、サンゴの生育に適した清澄・貧栄養な水質が保たれていたものと考えられる。

#### ○昭和 19(1944)年から昭和 35(1960)年頃

竜串湾の水質や環境に関する資料がほとんどないが、1960 年台に行われた海中公園指定に関わる調査や書籍の記述などには美しいサンゴ景観の存在が記述されているため、サンゴの生育状況は良好であったと推測される。

#### ○昭和 35(1960)年から昭和 45(1970)年頃

三崎川からの濁水流入、冬季の冷水流入、観光客によるゴミの影響などが顕在化し始め、湾内の透明度の低下や河口部を中心に泥土の堆積、サンゴの斃死が見られるようになる。

#### ○昭和 45(1970)年から昭和 55(1980)年頃

海中公園地区が指定され、国立公園に昇格し、海中展望塔やグラスボートが営業を開始し、観光客が非常に増加した時期。オニヒトデの大発生があり、アコヤガイの養殖がはじまった。高知県により海域の水質測定が開始された。海域の COD は増加傾向だが、1ppm を超えることはまれ。

#### ○昭和 55(1980)年から平成 2(1990)年頃

観光客数はピークの状態が継続し、湾内でのアコヤガイの養殖盛ん。期間の後半に斧積に国営農地が造成される。期間の前半は湾内の COD の値が高く、2ppm 近い値を示すことが多かったが、後半にはやや低下した。期間の後半には国営農地の造成の影響により、濁度の上昇や底質にシルト分の増加が見られたが、影響は軽微であったと報告されている。

#### ○平成 2(1990)年から平成 13(2001)年

観光客数のピークが過ぎ、減少に転じる。アコヤガイに病気が発生し、養殖は壊滅。サンゴの衰退が話題になる。海域の COD は常時 1ppm を超えるようになり、大腸菌群数の増加も顕著。1998 年には世界的な高水温の影響で竜串湾内の水温も上昇し、以後上昇傾向が継続している。

#### ○平成 13(2001)年 9 月(高知県西南部豪雨)以後

高知県西南部豪雨により、大量の土砂が湾内に流入し、サンゴ群集にも大きな被害が出た。湾内の透明度は低下し、回復していない。平成 14 年には海域は富栄養な状態になり、特にリンの濃度は異常。

竜串湾では、1970年の海中公園地区指定以前、1960年代から三崎川による濁水の流入を主原因とする水質の悪化がはじまったものと思われる。三崎川は海中公園センター(1969)の中に記載があるように、昭和19年ころに千尋崎の東側にあった河口が竜串湾側の現在の位置につけ替えられている。沖縄などサンゴ礁海域において、河口の前面ではサンゴの生育がよくないためにリーフが切れていることからわかるように、河川の流入は、冬季の低温水の流入、洪水時の塩分濃度の低下、洪水や工事に伴う流域からの土砂の流入、生活排水や農業等に起因する有機物や栄養塩、農薬等の流入など、サンゴ群集の生育環境にとって悪影響が大きい。

過去の様々な資料からは、竜串湾奥の環境が、主に三崎川の影響によりサンゴの生育に適さない状況に変化してきたものと考えられる。三崎川の河口を再び千尋崎の東側につけ替える事ができれば竜串湾のサンゴ群集再生にとって最善の策であるが、それができないとするならば、少なくとも三崎川から流入する河川水の影響を軽減する努力が必要であろう。

#### 4. 竜串湾の水質及び底質環境の現況

##### A. 物理的環境

###### ○流況

竜串湾内の海水の動きを調査したところ、竜串湾内には、黒潮の影響による弱い反時計回りの流れがあるものの、潮汐によって起こる潮汐流は微弱であり、風によって起こる吹送流も平時にはほとんどない事がわかった。湾内の海水の動きは波が碎波することによって生じる海浜流が卓越していることが明らかになった。三崎川からの河川水流出によって起こる湾内の流れは、通常の降水による流量では湾内の海水の流れに影響するほどではないが、水害時には湾内の流況に大きな影響があったものと考えられた。

###### ○波浪・濁度

城ノ岬から弁天島にかけては波高が高く、東向きの海浜流が卓越する。弁天島東の海域は波高が非常に低いこととこの海域の水深が10m以上と深いために流速が遅い。三崎川河口から南側、千尋崎西側の海中公園地区3号付近にかけての海域は、千尋崎の背後になるため波高が小さい。湾中央部については水深が深いため海浜流は発生しない。宗呂川河口域から東西の岩礁地帯は波高が高いと考えられるが、この海域については詳細な検討は行っていない。

###### ○海底堆積土及び流入河川上流の土の性状

海底の堆積土は流域に存在する四万十帯の砂岩または泥岩に由来し、河川水や海水中に攪拌・懸濁されて粒径毎に分離して堆積したものである。堆積土中の重金属や肥料成分は一般的な濃度にとどまっており、有害な汚泥にはあたらない。海域に拡散し

た土砂は静置すれば 10 年以下の時間で安定した堆積土になるが、表面付近のごく浅い領域は密度の低い浮泥状の状態を維持する。自然再生事業として海底の堆積土の対策等を考える時には、堆積土の特性を考慮すべきである。

## B. 水質の現況

調査は小規模な降水（50mm程度）の後、まとまった降水（100mm超）の後、好天が続く海域の透明度のよい時の 3 回行い、それぞれ水温、塩分、pH、D0、濁度について竜串湾内の 20 地点で水深 5m の層別に行った。機器の不調により満足いく調査ができなかったが、竜串湾内において冬季の静穏時には、濁度が 10NTU 程度であることがわかり、小規模な降水後には河口域や湾奥部で濁りが発生し、まとまった降水があると湾全域に濁りが広がり、降水後 4～5 日経過しても湾全域で濁度が 80NTU を越えており、濁りが簡単には収まらない事がわかった。また、河川で工事が行われていると、降水に関係なく河口付近では濁度が高い事もわかった。H15 年度は海域のみの調査だったため、平成 16 年度には河川から流入する濁水の状況と海域の濁度の広がりを連動して調査を行う事が望まれる。また、海域の濁度と浮遊懸濁物量（SS）、水深帯別の光量子の関係を調べ、濁りが何に由来しているのか、サンゴが行う光合成にどの程度影響しているのかを調査する必要がある。

## C. 生物相を指標とした環境の把握

### ○潮間帯坪刈り調査

近年新たにサンゴ群集が形成されている「爪白」、竜串湾の最奥部で富栄養化の懸念のある「桜浜」、近年サンゴ群集の衰退が著しい「竜串」の 3 ヶ所で潮間帯に生息する生物群集構造の調査を行った。その結果、爪白は典型的な黒潮流域の、外洋性・貧栄養な岩礁海岸の生物相を示しており、磯焼けの状態だった。このような生物群集は足摺海域においてサンゴ群集が発達する外洋性岩礁の典型的な群集であると考えられる。桜浜はかなり内湾性の強い富栄養な岩礁海岸の生物相を示していた。周辺にはサンゴは少なく、特にミドリイシ類はほとんど生息していない。竜串は内湾的な環境を好む種と外洋性の環境を好む種が混在して生息しており、爪白と桜浜の中間的な環境であると考えられる。

### ○魚類相調査

調査は潮間帯坪刈り調査が行われた爪白、桜浜、竜串の他、大濬南（海中公園 3 号地）、見残し湾（海中公園 4 号地）でも行われた。5 ヶ所の調査地点間で出現した魚種中に南方系魚類（造礁性サンゴ類を利用して生活している魚類）が占める割合の比較を行うと、爪白、大濬南、見残し湾が南方系魚類の比率が高く、桜浜が南方系魚類の比率が低い。

### ○海藻相調査

調査は魚類相調査が行われた爪白、桜浜、竜串、大濬南、見残し湾の他、弁天島の南でも行われた。6 ヶ所の調査地点の海藻相には大きな差が見られた。桜浜ではガラモ

場が形成されており、採取された種は 34 種と、足摺海域としては非常に豊かな海藻相が見られた。これに対してもっとも海藻相が貧弱だった地点は大濬南で 6 種、次いで見残しが 13 種、弁天島南が 20 種、竜串が 25 種、爪白が 31 種だった。見残しは岩礁が少ないため出現種数は少ないが、他の地点より亜熱帯性の強い種が見られた。弁天島南は石灰藻におおわれて海藻の生育が悪く、竜串も潮下帯には海藻が繁茂しているが海中に海藻は少ない。爪白は生育量は多くないが種の多様性に富んでいた。一般にサンゴと海藻は競争関係にあると言われているが、竜串海域でもサンゴの多いところには海藻が少ない傾向が見られた

## 5. 河川からの濁水の拡散及び堆積土砂の移動機構の解明

### A. 河川からの濁水の拡散

水害時に三崎川から流入した土砂は河口から 500m まで南下し、その後は湾中央部に向かって広がり、最終的に湾外の黒潮由来の流れに吸収されている事が、遠奈呂川から流入した土砂は、海浜流によって海岸沿いに東向きに拡散した事がわかった。宗呂川から流入した土砂は、資料に乏しいためにはっきりした事は言えないものの、湾内の土砂の堆積状況から見て大部分は湾内に滞留せずに南下して黒潮由来の流れに吸収されたものと思われる。

以上のように拡散した流入土砂は、粒子の大きいものほど河口近くに堆積し、粒子の細かいものは沈降速度が小さいために竜串湾全体に広がって堆積したものと推測される。

### B. 堆積泥の移動

湾内で卓越する流れは波浪による海浜流である事がわかったので、湾内の波高分布と堆積物の舞い上がりやすさ（シーلز数）の分布から堆積泥の挙動を検討した。

城ノ岬から弁天島にかけて堆積した泥は、波高が高いために早い時期に巻き上げられ、東向きの海浜流によって弁天島周辺に運ばれ、弁天島東岸の流れが弱いためにこの場所で再び堆積したものと考えられる。この堆積泥の移動は既に終了しているものと考えられる。弁天島東の海域の波高が非常に低いこととこの海域の水深が 10m 以上と深いために流速が遅く、この海域に堆積した土砂は長期にわたって残留するものと考えられる。

三崎川河口から南側、千尋崎西側の海中公園地区 3 号付近にかけての海域は、千尋崎の背後になるため波高が小さく、出水の影響で堆積物が移動しやすい河口のごく近傍と、波による攪乱を受けやすい岩礁の周辺を除いて堆積泥が残存しているものと考えられる。

湾中央部については水深が深いため海浜流は発生せず、やはり堆積泥は残存しているものと考えられる。

宗呂川河口域から東西の岩礁地帯には既に堆積泥は見られず、その原因はこの海域の波高の高さであろうと考えられるが、この海域については詳細な検討は行っていない。竜串湾の最奥部にあたる桜浜周辺には水害時に土砂の流入がなく、現在もシルト成分の少ない粗い砂の海底が維持されている。





資料1 足摺海中公園海域測定結果(3)

St.1	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	1994				1995				1996				1997				1998											
		94/05/24 10:59	94/08/03 9:45	94/09/26 13:11	94/11/16 9:24	95/01/31 10:48	95/03/08 11:15	95/05/10 9:45	95/07/26 9:35	95/09/06 10:30	95/11/15 9:15	96/01/29 9:29	96/03/13 9:20	96/06/05 9:25	96/07/24 9:20	96/10/09 9:30	96/11/18 9:25	97/02/03 9:30	97/03/05 9:20	97/05/28 10:30	97/07/14 10:00	97/09/10 9:35	97/11/19 10:20	98/01/07 10:55	98/03/02 10:20	98/05/20 10:28	98/07/21 10:08	98/10/06 10:50	
一般項目	生活環境項目	pH	8.2	8.5	8.2	8.4	8.1	7.9	8.1	8.0	8.2	8.1	8.1	8.1	8.2	8.5	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.3	8.0	8.2
		DO mg/l	7.9	8.2	6.7	8.8	7.9	9.7	8.1	7.9	7.8	7.0	8.4	8.7	9.4	6.8	6.4	7.1	7.6	7.8	7.5	7.5	8.1	6.5	7.2	7.5	8.3	7.8	6.5
健康項目	生活環境項目	BOD mg/l	1.8	1.6	1.4	0.9	0.9	0.9	1.3	1.1	0.9	0.9	0.6	1.1	0.8	2.0	1.6	1.3	1.6	1.8	1.9	1.0	2.6	1.5	1.3	0.9	1.9	1.8	1.4
		COD mg/l																											
健康項目	生活環境項目	SS mg/l																											
		大腸菌群数 MPN/100ml	4	920	2	79	0	0		540				5		13		13		12	<0	70	240	8	23	240	27	23	79
健康項目	生活環境項目	n-ヘキサン抽出物質 mg/l	N.D.		N.D.																								
		全窒素 mg/l																											
健康項目	生活環境項目	全リン mg/l	<0.001								<0.005																		
		鉛 mg/l	<0.005								<0.005																		
健康項目	生活環境項目	六価クロム mg/l	<0.02								<0.02																		
		砒素 mg/l	<0.005								<0.005																		
健康項目	生活環境項目	総水銀 mg/l	<0.0005								<0.0005																		
		アルキル水銀 mg/l																											
健康項目	生活環境項目	PCB mg/l																											
		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																											
特殊項目	生活環境項目	フェノール類 mg/l																											
		銅 mg/l	<0.01																										
特殊項目	生活環境項目	亜鉛 mg/l	<0.01																										
		溶解性鉄 mg/l	<0.1																										
特殊項目	生活環境項目	溶解性マンガン mg/l	<0.01																										
		クロム mg/l	<0.01																										
その他	生活環境項目	フッ素 mg/l																											
		塩素イオン mg/l	16,000	6,000	20,000	19,000	19,000	19,000	18,000	15,000	19,000	20,000	20,000	18,000	19,000	18,000	20,000	19,000	19,000	19,000	19,000	16,000	17,000	19,000	19,000	15,000	17,000	19,000	19,000
その他	生活環境項目	電気伝導度 μs/cm																											
		アンモニア性窒素 mg/l																											
その他	生活環境項目	亜硝酸性窒素 mg/l																											
		硝酸性窒素 mg/l																											
その他	生活環境項目	リン酸態リン mg/l																											
		MBAS mg/l																											
その他	生活環境項目	ABS mg/l																											
		TOC mg/l	0.7	0.7	1.0																								
その他	生活環境項目	クロロフィル-a mg/l																											
		LAS mg/l																											
その他	生活環境項目	油分 mg/l																											

St.1	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	1998				1999				2000				2001				水害直後		2002				
		98/11/10 12:02	99/01/27 10:52	99/03/01 10:00	99/06/15 12:55	99/08/16 10:35	99/10/06 10:45	99/11/26 11:20	00/01/27 10:35	00/03/02 11:15	00/05/18 11:24	00/07/19 10:10	00/09/25 11:15	00/11/07 11:20	01/01/24 10:35	01/03/06 11:15	01/05/28 14:05	01/08/02 14:14	01/09/28 10:20	01/12/11 10:20	02/01/24 9:33	02/03/11 11:08		
一般項目	生活環境項目	pH	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	8.1	8.2	8.1	8.2	8.3	8.1	8.1	8.1	8.4	8.2	8.1	8.2	8.3	8.2	8.1	8.2	8.1
		DO mg/l	7.1	7.4	7.3	6.5	6.8	7.3	6.1	8.0	7.5	7.6	6.8	7.1	6.6	7.2	7.6	7.6	7.6	6.5	7.5	8.4	8.3	
健康項目	生活環境項目	BOD mg/l	1.3	1.5	1.4	1.5	1.6	1.6	1.2	0.8	1.0	0.6	0.9	1.7	1.3	1.3	1.6	<0.5	1.7	1.4	1.2	1.5	1.3	
		COD mg/l																						
健康項目	生活環境項目	SS mg/l																						
		大腸菌群数 MPN/100ml	22	2	2	4	1,100				欠測		<2	23	欠測		<0	4		2				
健康項目	生活環境項目	n-ヘキサン抽出物質 mg/l																						
		全窒素 mg/l																						
健康項目	生活環境項目	全リン mg/l																						
		鉛 mg/l					<0.005																	
健康項目	生活環境項目	六価クロム mg/l																						
		砒素 mg/l																						
健康項目	生活環境項目	総水銀 mg/l																						
		アルキル水銀 mg/l																						
健康項目	生活環境項目	PCB mg/l																						
		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																						
特殊項目	生活環境項目	フェノール類 mg/l																						
		銅 mg/l																						
特殊項目	生活環境項目	亜鉛 mg/l																						
		溶解性鉄 mg/l																						
特殊項目	生活環境項目	溶解性マンガン mg/l																						
		クロム mg/l																						
その他	生活環境項目	フッ素 mg/l																						
		塩素イオン mg/l	19,000	19,000	19,000	19,000	17,000	16,000	18,000	19,000	19,000	19,000	19,000	15,000	19,000	19,000	19,000	18,000	18,000	18,000	17,000	17,000	18,000	
その他	生活環境項目	電気伝導度 μs/cm																						
		アンモニア性窒素 mg/l																						
その他	生活環境項目	亜硝酸性窒素 mg/l																						
		硝酸性窒素 mg/l																						
その他	生活環境項目	リン酸態リン mg/l																						
		MBAS mg/l																						
その他	生活環境項目	ABS mg/l																						
		TOC mg/l																						
その他	生活環境項目	クロロフィル-a mg/l																						
		LAS mg/l																						
その他	生活環境項目	油分 mg/l																						

高知県 公共用水域及び地下水の水質測定結果より



資料1 足摺海中公園海域測定結果(5)

St.2	備考 採取年月日 採取時刻 天気 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	1985				1986				1987				1988				1989														
		85/05/27 12:05 曇	85/07/31 10:30 晴	85/09/24 10:28 晴	85/11/05 10:37 曇	86/01/20 13:25 快晴	86/03/04 10:25 快晴	86/05/26 14:00 曇	86/07/08 10:30 薄曇	86/09/01 10:27 晴	86/11/17 10:30 曇	87/01/08 11:10 快晴	87/03/02 10:40 晴	87/05/19 11:35 曇	87/07/28 11:20 晴	87/09/28 10:30 快晴	87/11/25 10:35 快晴	88/01/11 11:27 晴	88/03/02 10:30 曇	88/05/25 13:20 曇	88/07/25 10:38 曇	88/09/26 13:42 晴	88/11/21 13:35 晴	89/01/25 13:03 晴	89/03/06 09:42 薄曇	89/05/18 11:22 曇	89/07/06 10:10 晴	89/09/25 10:25 晴	89/11/20 10:35 晴			
一般項目	生活環境項目	pH	8.3	8.3	8.3	8.4	8.1	8.2	8.1	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3	8.7	8.6	8.3	8.5	8.2	8.2	8.4	8.4	8.2	8.3	8.2	8.2	8.2	8.3	8.2	8.2		
		DO mg/l	8.1	6.9	6.8	7.0	7.6	7.7	8.5	7.0	6.9	7.1	7.6	7.5	7.6	7.0	7.5	7.0	7.0	7.3	7.4	7.8	7.9	6.9	7.0	7.3	7.4	7.8	7.6	7.0		
		BOD mg/l	2.0	0.9	0.8	0.8	<0.5	1.0	1.4	0.6	0.7	0.8	0.6	0.8	<0.5	1.4	0.5	0.8	0.6	0.6	<0.5	<0.5	1.0	1.0	1.4	0.8	<0.5	<0.5	<0.5	0.8		
		COD mg/l																														
		SS mg/l																														
		大腸菌群数 MPN/100ml	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0
		n-ヘキサン抽出物質 mg/l	N.D				N.D		N.D				N.D		N.D				N.D		N.D				N.D		N.D					
		全窒素 mg/l																														
		全リン mg/l																														
		健康項目		カドミウム mg/l																												
鉛 mg/l																																
六価クロム mg/l																																
砒素 mg/l																																
総水銀 mg/l																																
アルキル水銀 mg/l																																
PCB mg/l																																
硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																																
フェノール類 mg/l																																
特殊項目				銅 mg/l																												
		亜鉛 mg/l																														
		溶解性鉄 mg/l																														
		溶解性マンガン mg/l																														
		クロム mg/l																														
		フッ素 mg/l																														
		塩素イオン mg/l	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	18,000	19,000	20,000	20,000	18,000	19,000	19,000	17,000	19,000	20,000	18,000	18,000	18,000	22,500	19,000				
		電気伝導度 μs/cm																														
		その他		アンモニウム mg/l																												
				亜硝酸性窒素 mg/l																												
硝酸性窒素 mg/l																																
リン酸態リン mg/l																																
MBAS mg/l																																
ABS mg/l																																
TOC mg/l																																
クロロフィル-a mg/l																																
LAS mg/l																																
油分 mg/l																																

高知県 公共用水域及び地下水の水質測定結果より



資料1 足摺海中公園海域測定結果(7)

St.3	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温 °C 水温 °C 色相 臭気 採取水深 m 全水深 m 透明度 m 濁度 mg/l	1973			1974			1975		1976	1977				1978				1979				1980							
		73/11/16 10:00 晴 21.0 21.0 無色透明 無臭 0.5 15.0 12.0	73/11/16 10:00 晴 21.0 21.0 無色透明 無臭 2.0 15.0 12.0	74/07/31 11:05 晴 33.0 28.5 無色透明 無臭 0.5 13.0 11.0	74/07/31 11:05 晴 33.0 27.5 無色透明 無臭 2.0 13.0 11.0	74/10/22 10:00 晴 11.0 17.5 無色透明 無臭 0.5 14.0 14.0	75/01/16 10:30 晴 11.0 17.5 無色透明 無臭 0.5 14.0 14.0	75/01/16 10:30 晴 11.0 17.5 無色透明 無臭 2.0 14.0 14.0	1976	77/05/17 9:40 晴 22.5 20.3 無色透明 無臭 14.0 8.5	77/06/06 10:35 曇 35.0 22.6 無色透明 無臭 12.0	77/09/19 10:00 曇 33.0 27.0 無色透明 無臭 14.0 9.0	77/11/09 10:50 晴 26.5 25.0 無色透明 無臭 13.0 10.0	78/01/19 11:00 曇 8.5 16.0 無色透明 無臭 15.0 15.0	78/03/07 10:30 晴 16.0 15.5 無色透明 無臭 14.0 8.0	78/04/18 9:25 雨 14.0 16.4 無色透明 無臭 16.0 10.0	78/07/18 9:55 晴 28.0 27.0 無色透明 無臭 14.5 14.5	78/10/31 10:05 晴 23.0 22.8 無色透明 無臭 12.0 12.0	78/12/06 9:45 晴 13.0 20.4 無色透明 無臭 15.0 15.0	79/03/06 13:25 晴 17.0 16.5 無色透明 無臭 14.0 14.0	79/03/12 15:25 曇 14.0 16.5 無色透明 無臭 11.0 11.0	79/05/28 11:10 晴 24.8 21.7 無色透明 無臭 13.0 9.0	79/07/04 13:30 雨 20.5 21.0 無色透明 無臭 12.0 12.0	79/08/30 14:20 曇 28.5 27.0 無色透明 無臭 15.0 11.0	79/10/24 11:05 晴 27.0 23.0 無色透明 無臭 10.0 10.0	79/11/12 13:05 晴 20.0 22.5 無色透明 無臭 12.0 12.0	80/03/06 13:40 晴 22.0 18.5 無色透明 無臭 14.0 14.0	80/06/24 14:04 曇 29.7 23.3 無色透明 無臭 15.0 15.0		
一般項目	生活環境項目	pH	8.3	8.3	8.1	8.3	8.5	8.5	8.1-8.3	8.2	8.2	8.3	8.2	8.3	8.3	8.5	8.4	8.6	8.5	8.2	8.6	8.4	8.5	8.3	8.3	8.5	8.3	8.5	8.3	
		DO mg/l	7.2	7.3	6.5	7.2	6.8	7.2	6.8-8.1	8.3	7.7	6.9	6.8	8.2	7.5	8.3	6.9	6.9	7.2	8.4	8.1	7.2	7.2	7.5	7.1	7.4	7.2	7.7		
		BOD mg/l																												
		COD mg/l	0.2	0.1	0.2	0.4	0.6	0.4	<0.5	<0.5	<0.5	0.7	<0.5	1.1	<0.5	<0.5	0.5	<0.5	<0.5	0.8	0.8	1.0	0.8	<0.5	0.7	1.8	0.8	1.4		
		SS mg/l																												
		大腸菌群数 MPN/100ml	0		0			18	0-10	0			150	0	0						0	40	0		0		0			
		m-ヘキササン抽出物質 mg/l							N.D				N.D								N.D									
		全窒素 mg/l																												
		全リン mg/l																												
健康項目		カドミウム mg/l							<0.005				<0.005																<0.005	
		全シアン mg/l																												
		鉛 mg/l							<0.05				<0.05																<0.05	
		六価クロム mg/l							<0.02				<0.02																<0.02	
		砒素 mg/l							<0.02				<0.02																<0.02	
		総水銀 mg/l							<0.0005				<0.0005																<0.0005	
		アルキル水銀 mg/l																												
		PCB mg/l																												
		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																												
特殊項目		フェノール類 mg/l																												
		銅 mg/l							<0.01				<0.01																<0.01	
		亜鉛 mg/l							<0.01				<0.01																<0.01	
		溶解性鉄 mg/l							<0.01				<0.01																<0.01	
		溶解性マンガン mg/l							<0.01				<0.01																<0.01	
		クロム mg/l							<0.01				<0.01																<0.01	
		フッ素 mg/l																												
その他		塩素イオン mg/l	20,100	20,100	18,800	19,900	20,600	20,000	19,000	19,000	19,000	20,000	19,000	22,000	21,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	20,000	18,000	20,000	19,000	19,000	20,000	19,000
		電気伝導度 μs/cm																												
		アンモニア性窒素 mg/l											0.03																	
		亜硝酸性窒素 mg/l																												
		硝酸性窒素 mg/l																												
		リン酸態リン mg/l																												
		MBAS mg/l																												
		ABS mg/l																												
		TOC mg/l																												
		クロロフィル-a mg/l																												
		LAS mg/l																												
		油分 mg/l											0.1																	

St.3	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温 °C 水温 °C 色相 臭気 採取水深 m 全水深 m 透明度 m 濁度 mg/l	1980			1981			1982				1983				1984													
		80/09/19 11:40 曇 29.8 26.4 無色透明 無臭 17.0	80/11/17 13:06 晴 24.6 21.5 無色透明 無臭 15.0	80/12/25 11:15 曇 13.0 17.6 無色透明 無臭 12.0	81/01/08 10:55 晴 10.2 16.2 無色透明 無臭 15.0	81/03/02 10:20 曇 10.3 15.2 無色透明 無臭 14.0	81/07/16 10:15 晴 29.0 24.8 無色透明 無臭 14.0	81/09/28 13:47 晴 29.0 28.0 無色透明 無臭 17.0	81/10/26 14:10 晴 18.8 22.9 無色透明 無臭 7.0	81/11/19 11:05 晴 21.0 21.0 無色透明 無臭 10.0	81/12/09 15:55 晴 11.0 18.8 無色透明 無臭 15.0	82/01/07 10:50 晴 10.0 15.8 無色透明 無臭 16.0	82/05/17 13:34 曇 23.1 21.7 無色透明 無臭 17.5	82/07/21 10:30 曇 25.5 24.0 無色透明 無臭 16.0	82/09/14 10:10 曇 25.5 23.2 無色透明 無臭 16.0	82/11/18 13:35 晴 21.3 21.2 無色透明 無臭 16.0	83/01/20 09:37 一時雨 7.0 16.0 無色透明 無臭 16.0	83/03/14 10:30 晴 11.5 17.5 無色透明 無臭 13.0	83/05/16 12:20 晴 21.8 21.4 無色透明 無臭 15.0	83/07/25 11:49 晴 27.5 27.3 無色透明 無臭 10.0	83/10/24 12:25 晴 20.7 23.4 無色透明 無臭 17.0	83/11/22 11:00 晴 17.5 21.5 無色透明 無臭 13.0	波浪強し	84/02/27 10:05 雪 1.2 13.8 無色透明 無臭 14.0	84/03/12 11:09 晴 11.09 14.0 無色透明 無臭 14.0	84/05/10 12:15 快晴 13.2 14.0 無色透明 無臭 10.0	84/07/16 09:47 快晴 24.5 21.4 無色透明 無臭 14.0	84/09/17 11:11 薄曇 31.0 26.3 無色透明 無臭 17.0	84/11/05 10:44 晴 21.8 23.2 無色透明 無臭 17.0
一般項目	生活環境項目	pH	8.2	8.0	8.6	8.3	8.5	8.2	8.3	8.2	8.3	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.5	8.4	
		DO mg/l	6.8	7.6	7.6	7.7	7.7	6.6	7.7	8.5	7.7	7.9	7.5	8.3	7.9	8.3	8.3	6.6	7.1	6.9	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	7.0	7.3	7.2	
		BOD mg/l																											
		COD mg/l	1.3	0.9	<0.5	1.3	0.6	1.0	1.8	1.0	1.8	1.9	0.9	1.1	1.2	1.0	1.1	0.6	0.8	1.4	1.0	1.5	1.4	0.8	1.0	0.5	0.8	1.0	
		SS mg/l																											
		大腸菌群数 MPN/100ml						20	2	20	20	80	20	0	2	2	8	2	2	0	2	0	0	0	0	0	0	23	0
		m-ヘキササン抽出物質 mg/l																											
		全窒素 mg/l																											
		全リン mg/l																											
健康項目		カドミウム mg/l											<0.005																<0.005
		全シアン mg/l																											
		鉛 mg/l	</																										

資料1 足摺海中公園海域測定結果(8)

St.3	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温 °C 水温 °C 色相 臭気 採取水深 m 全水深 m 透明度 m 濁度 mg/l	1985						1986						1987						1988						1989			
		85/01/17 13:04 快晴 10.3 15.9 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 17.0	85/03/18 13:50 薄曇 17.2 17.6 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 11.5	85/05/27 12:15 曇 25.5 21.2 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 5.0	85/07/31 10:40 晴 31.5 29.2 無色透明 無臭 上中下層混合 16.5 13.0	85/09/24 10:35 晴 29.4 28.0 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 13.0	85/11/05 10:45 曇 21.0 22.5 無色透明 無臭 上中下層混合 16.0 11.0	86/01/20 13:32 快晴 15.2 18.0 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 18.0	86/03/04 10:30 快晴 15.0 16.6 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 17.0	86/05/26 14:25 曇 21.0 20.0 無色透明 無臭 上中下層混合 12.0 12.0	86/07/08 10:35 薄曇 24.0 23.3 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 6.0	86/09/01 10:33 晴 31.0 29.0 無色透明 無臭 上中下層混合 16.5 13.0	86/11/17 10:35 曇 16.4 20.8 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 16.0	87/01/08 11:18 快晴 14.1 18.3 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 12.5	87/03/02 10:45 晴 11.8 14.2 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 15.0	87/05/19 11:42 曇 22.0 20.9 無色透明 無臭 上中下層混合 15.0 10.0	87/07/28 11:30 晴 32.8 26.6 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 12.0	87/09/28 09:35 快晴 24.5 25.3 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 13.0	87/11/25 10:50 快晴 22.3 21.7 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 11.0	88/01/11 11:36 晴 9.5 18.2 無色透明 無臭 上中下層混合 15.5 15.5	88/03/02 10:35 曇 13.0 17.8 無色透明 無臭 上中下層混合 16.5 15.0	88/05/25 13:30 曇 21.0 19.2 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 10.0	88/07/25 10:50 曇 30.6 25.3 無色透明 無臭 上中下層混合 14.5 10.0	88/09/26 13:55 晴 28.4 26.0 無色透明 無臭 上中下層混合 15.0 7.0	88/11/21 13:45 晴 23.3 20.1 無色透明 無臭 上中下層混合 23.0 16.0	89/01/25 13:08 晴 14.0 17.7 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 17.0	89/03/06 09:51 薄曇 12.6 17.2 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 15.0	89/05/18 11:30 曇 19.7 19.7 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 8.3	
一般項目	生活環境項目	pH	8.2	8.3	8.2	8.3	8.3	8.4	8.2	8.2	8.1	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3	8.7	8.6	8.3	8.5	8.2	8.3	8.3	8.4	8.2	8.3	8.2
		DO mg/l	8.0	7.7	8.2	6.3	6.8	7.0	7.5	7.8	8.2	6.8	6.6	7.4	7.6	7.3	7.7	7.4	6.5	7.3	7.3	7.8	7.8	6.9	6.8	7.2	7.8	7.4	7.6
		BOD mg/l	<0.5	0.9	1.5	0.8	0.8	0.7	<0.5	0.7	1.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	<0.5	1.1	<0.5	0.8	0.6	0.5	0.6	<0.5	<0.5	1.2	1.4	<0.5	0.8
		COD mg/l	<0.5	0.9	1.5	0.8	0.8	0.7	<0.5	0.7	1.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	<0.5	1.1	<0.5	0.8	0.6	0.5	0.6	<0.5	<0.5	1.2	1.4	<0.5	0.8
		SS mg/l	<0.5	0.9	1.5	0.8	0.8	0.7	<0.5	0.7	1.2	0.5	0.5	0.5	0.6	0.5	<0.5	1.1	<0.5	0.8	0.6	0.5	0.6	<0.5	<0.5	1.2	1.4	<0.5	0.8
健康項目		大腸菌群数 MPN/100ml	0	0	0	0	33	0	0	0	33	0	0	0	2	0	23	0	0	0	5	0	5	0	0	22	0	2	0
		n-ヘキササン抽出物質 mg/l	N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.
		全窒素 mg/l																											
		全リン mg/l																											
		カドミウム mg/l			<0.005						<0.005						<0.005						<0.005						<0.005
		全シアン mg/l																											
		鉛 mg/l									<0.05						<0.05						<0.05						<0.05
		六価クロム mg/l									<0.02						<0.02						<0.02						<0.02
		砒素 mg/l									<0.02						<0.02						<0.02						<0.02
		総水銀 mg/l			<0.0005						<0.0005						<0.0005						<0.0005						<0.0005
特殊項目		アルキル水銀 mg/l																											
		PCB mg/l																											
		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																											
		フェノール類 mg/l																											
		銅 mg/l			<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01
		亜鉛 mg/l			<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01
		溶解性鉄 mg/l			<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01
		溶解性マンガン mg/l			<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01
		クロム mg/l			<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01
		フッ素 mg/l																											
その他		塩素イオン mg/l	20,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	20,000	19,000	19,000	20,000	20,000	19,000	19,000	19,000	19,000	20,000	20,000	19,000	20,000	19,000	19,000	18,000	21,000	19,000	19,000
		電気伝導度 μs/cm																											
		アンモニア性窒素 mg/l																											
		亜硝酸性窒素 mg/l																											
		硝酸性窒素 mg/l																											
		リン酸態リン mg/l																											
		MBAS mg/l																											
		ABS mg/l																											
		TOC mg/l									0.6																		
		クロロフィル-a mg/l																					0.5						1.5
LAS mg/l																													
油分 mg/l																													

St.3	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温 °C 水温 °C 色相 臭気 採取水深 m 全水深 m 透明度 m 濁度 mg/l	1989			1990						1991					1992					1993									
		89/07/06 10:20 晴 28.0 24.2 無色透明 無臭 上中下層混合 10.0 10.0	89/09/25 10:35 晴 28.9 26.8 無色透明 無臭 上中下層混合 8.0 8.0	89/11/20 10:45 晴 18.0 19.8 無色透明 無臭 上中下層混合 9.0 8.0	90/01/18 12:58 薄曇 15.5 17.3 無色透明 無臭 上中下層混合 16.0 16.0	90/03/05 11:15 晴 18.0 17.7 無色透明 無臭 上中下層混合 13.0 13.0	90/05/22 13:03 晴 25.0 20.2 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 8.5	90/07/19 10:23 晴 31.0 26.6 無色透明 無臭 上中下層混合 12.0 12.0	90/10/01 10:25 晴 28.0 25.6 無色透明 無臭 上中下層混合 7.0 6.0	90/11/26 9:53 晴 22.0 21.2 無色透明 無臭 上中下層混合 14.0 9.0	91/01/16 12:40 薄曇 12.0 17.7 無色透明 無臭 上中下層混合 17.5 14.0	91/03/12 12:45 晴 17.0 17.7 無色透明 無臭 上中下層混合 10.0 9.0	91/05/21 11:14 晴 26.0 22.0 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 12.0	91/08/02 10:20 晴 32.0 26.2 無色透明 無臭 上中下層混合 8.0 8.0	91/10/16 9:50 曇 20.2 23.3 無色透明 無臭 上中下層混合 10.0 10.0	91/12/25 8:40 曇 15.0 18.4 無色透明 無臭 上中下層混合 11.0 11.0	92/01/21 12:05 時々雨 10.0 16.2 無色透明 無臭 上中下層混合 18.0 13.0	92/03/04 8:30 曇 9.0 16.4 無色透明 無臭 上中下層混合 8.0 8.0	92/05/11 13:47 曇 22.0 20.1 無色透明 無臭 上中下層混合 17.0 12.0	92/07/06 9:30 曇 25.5 24.1 無色透明 無臭 上中下層混合 10.0 10.0	92/09/16 9:40 晴 30.0 27.2 無色透明 無臭 上中下層混合 10.0 10.0	92/11/18 9:30 曇 19.5 21.3 無色透明 無臭 上中層混合 9.0 9.0	93/01/20 11:42 曇 9.8 17.4 無色透明 無臭 上中下層混合 17.3 15.0	93/03/10 8:50 晴 14.0 15.3 無色透明 無臭 上中層混合 8.0 8.0	93/05/19 11:34 曇 24.0 20.8 無色透明 無臭 上中下層混合 16.0 10.0	93/07/22 9:30 晴 25.0 22.9 無色透明 無臭 上中下層混合 11.0 11.0	93/09/27 11:43 快晴 23.2 26.0 無色透明 無臭 上中下層混合 16.9 15.5	93/11/19 9:51 晴 10.5 23.1 無色透明 無臭 上中下層混合 10.0 10.0		
一般項目	生活環境項目	pH	8.3	8.3	8.3	8.1	8.2	8.2	7.9	8.3	8.3	8.2	8.1	8.0	8.2	8.2	8.0	8.3	8.4	8.1	8.2	8.3	8.1	8.2	8.1	8.4	8.4	8.1	8.2	8.2
		DO mg/l	7.0	6.8	7.0	7.4	7.6	7.8	6.9	6.9	7.7	9.6	7.6	7.8	7.5	7.2	7.4	7.7	7.4	7.6	7.4	6.8	7.0	7.0	7.5	8.2	8.0	7.6	6.9	6.9
		BOD mg/l	<0.5	0.8	1.2	0.6	<0.5	0.8	1.4	1.6	<0.5	0.8	0.8	1.3	1.6	1.4	1.0	1.5	<0.5	3.1	1.2	1.6	1.2	<0.5	<0.5	0.5	0.7	1.0	<0.5	<0.5
		COD mg/l	<0.5	0.8	1.2	0.6	<0.5	0.8	1.4	1.6	<0.5	0.8	0.8	1.3	1.6	1.4	1.0	1.5	<0.5	3.1	1.2	1.6	1.2	<0.5	<0.5	0.5	0.7	1.0	<0.5	<0.5
		SS mg/l	<0.5	0.8	1.2	0.6	<0.5	0.8	1.4	1.6	<0.5	0.8	0.8	1.3	1.6	1.4	1.0	1.5	<0.5	3.1	1.2	1.6	1.2	<0.5	<0.5	0.5	0.7	1.0	<0.5	<0.5
健康項目		大腸菌群数 MPN/100ml	0	8	5	0	0	0	0	8	6	0	2	12	240	12	4	0	0	2	170	0	0	0	0	0	11	0	0	0
		n-ヘキササン抽出物質 mg/l				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.
		全窒素 mg/l																												
		全リン mg/l																												
		カドミウム mg/l						<0.005						<0.005						<0.005						<0.001				<0.001
		全シアン mg/l																												
		鉛 mg/l						<0.05						<0.05						<0.05										







資料1 足摺海中公園海域測定結果(12)

St.4	備考	1993		1994 波浪強し				1995				1996				1997				1998			1999						
		93/11/19 10:01	94/01/26 10:20	94/03/02 9:35	94/05/24 11:20	94/08/03 10:20	94/09/26 13:30	94/11/16 9:49	95/01/31 11:13	95/03/08 11:40	95/07/26 10:10	95/09/06 11:10	95/11/15 9:35	96/01/29 9:57	96/07/24 9:45	96/10/09 9:55	96/11/18 9:53	97/02/03 9:55	97/05/28 10:50	97/07/14 10:25	97/09/10 9:54	98/01/07 11:15	98/07/21 10:25	98/10/06 11:10	99/01/27 11:08	99/06/15 13:16	99/08/16 10:50	99/10/06 11:00	
一般項目	採取年月日	93/11/19	94/01/26	94/03/02	94/05/24	94/08/03	94/09/26	94/11/16	95/01/31	95/03/08	95/07/26	95/09/06	95/11/15	96/01/29	96/07/24	96/10/09	96/11/18	97/02/03	97/05/28	97/07/14	97/09/10	98/01/07	98/07/21	98/10/06	99/01/27	99/06/15	99/08/16	99/10/06	
	採取時刻	10:01	10:20	9:35	11:20	10:20	13:30	9:49	11:13	11:40	10:10	11:10	9:35	9:57	9:45	9:55	9:53	9:55	10:50	10:25	9:54	11:15	10:25	11:10	11:08	13:16	10:50	11:00	
生活環境項目	天候	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	晴	曇	晴	晴	曇	晴	晴	曇	薄曇	快晴	晴	薄曇	曇	晴	一時雨	晴	曇	
	気温 °C	13.0	12.0	14.5	26.1	29.0	26.5	18.0	7.0	18.0	30.0	30.0	14.0	11.0	29.0	23.1	15.0	11.0	24.0	27.5	30.5	12.0	28.0	26.8	14.5	29.5	31.0	25.0	
健康項目	水温 °C	23.0	16.6	16.1	21.8	28.2	26.6	22.2	16.4	16.4	25.6	27.5	20.9	15.6	25.4	25.0	21.8	15.8	21.7	24.6	27.5	18.8	27.0	26.0	19.0	26.0	27.7	25.9	
	色相	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明
特殊項目	臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
	採取水深 m	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合	上中下層混合
その他	全水深 m	18.0	24.0	22.0	21.5	23.0	22.0	23.0	23.0	19.0	22.0	22.0	23.0	23.0	23.6	23.4	23.0	23.1	22.5	23.0	23.0	22.6	22.0	21.5	21.2	20.0	20.0	21.5	
	透明度 m	18.0	20.0	10.0	14.0	10.0	14.0	14.0	20.0	12.0	14.0	16.0	13.0	14.0	18.5	19.0	15.0	15.1	13.2	10.0	20.0	16.0	14.0	10.0	17.0	17.0	18.0	11.0	
生活環境項目	濃度 mg/l																												
	pH	8.2	8.4	8.4	8.2	8.3	8.2	8.5	8.3	8.2	8.1	8.3	8.3	8.3	8.5	8.4	8.3	8.4	8.3	8.2	8.1	8.3	8.1	8.2	8.3	8.3	8.3	8.1	
健康項目	DO mg/l	7.0	6.8	8.3	7.3	6.9	6.6	9.4	7.5	9.5	8.4	7.6	7.4	7.8	6.9	6.6	7.0	7.7	7.4	7.1	6.8	7.3	6.4	7.0	7.4	6.0	6.8	6.9	
	BOD mg/l																												
特殊項目	COD mg/l	<0.5	0.5	0.7	1.3	0.6	1.2	0.7	<0.5	0.9	0.7	0.8	0.7	0.6	1.5	1.4	1.1	1.4	1.6	0.9	1.7	1.2	1.4	1.4	0.9	1.5	0.9	1.6	
	SS mg/l																												
健康項目	大腸菌群数 MPN/100ml	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	8	8	2	11	13	13	<0	2	13	13	<0	8	23	<0	2	17		
	m-ヘキサン抽出物質 mg/l				N.D		N.D																						
健康項目	全窒素 mg/l																												
	全リン mg/l																												
健康項目	カドミウム mg/l				<0.001										<0.005														
	全シアン mg/l																												
健康項目	鉛 mg/l				<0.005										<0.005														
	六価クロム mg/l				<0.02										<0.02														
健康項目	砒素 mg/l				<0.005										<0.005														
	総水銀 mg/l				<0.0005										<0.0005														
健康項目	アルキル水銀 mg/l																												
	PCB mg/l				N.D										N.D														
健康項目	硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																												
	フェノール類 mg/l																												
特殊項目	銅 mg/l				<0.01																								
	亜鉛 mg/l				<0.01																								
特殊項目	溶解性鉄 mg/l				<0.1																								
	溶解性マンガン mg/l				<0.01																								
健康項目	クロム mg/l				<0.01																								
	フッ素 mg/l																												
その他	塩素イオン mg/l	20,000	14,000	19,000	20,000	19,000	20,000	20,000	20,000	20,000	18,000	19,000	17,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	18,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	19,000	18,000	18,000	
	電気伝導度 μs/cm																												
その他	アンモニア性窒素 mg/l																												
	亜硝酸性窒素 mg/l																												
その他	硝酸性窒素 mg/l																												
	リン酸態リン mg/l																												
その他	MBAS mg/l																												
	ABS mg/l																												
その他	TOC mg/l																												
	クロロフィル-a mg/l				0.9	0.9	0.9																						
その他	LAS mg/l																												
	油分 mg/l																												

St.4	備考	2000				2001				水害直後		2002		
		00/01/27 10:55	00/05/18 11:40	00/07/19 10:25	00/09/25 11:28	01/01/24 10:50	01/05/28 14:20	01/08/02 14:30	01/09/28 10:35	02/01/24 9:58				
一般項目	採取年月日	00/01/27	00/05/18	00/07/19	00/09/25	01/01/24	01/05/28	01/08/02	01/09/28	02/01/24				
	採取時刻	10:55	11:40	10:25	11:28	10:50	14:20	14:30	10:35	9:58				
生活環境項目	天候	晴	晴	晴	晴	晴	曇	晴	薄曇	晴				
	気温 °C	6.0	24.0	31.2	28.5	15.0	25.5	31.6	27.8	10.0				
健康項目	水温 °C	16.0	22.3	26.9	26.2	18.1	22.2	29.2	26.3	15.0				
	色相	無色透明	無色透明											
健康項目	臭気	無臭	無臭											
	採取水深 m	上中下層混合	上中下層混合											
生活環境項目	全水深 m	23.4	20.0	22.0	21.0	22.0	16.0	28.8	26.3	22.5				
	透明度 m	18.0	12.0	13.0	6.0	14.0	>16.0	11.0	5.0	10.5				
生活環境項目	濃度 mg/l													
	pH	8.2	8.3	8.0	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2				
健康項目	DO mg/l	7.6	7.5	6.7	6.7	7.1	7.6	7.3	5.0	8.7				



資料1 足摺海中公園海域測定結果(14)

St.5	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	1985					1986					1987					1988					1989						
		85/03/18 14:05 薄雲 17.2 17.6 無色透明 無臭 上中層混合 5.5 5.5	85/05/27 12:35 曇 25.5 20.8 無色透明 無臭 上層 5.0 3.0	85/07/31 10:55 晴 31.5 28.7 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	85/09/24 10:50 晴 29.4 28.0 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	85/11/05 11:00 曇 21.0 22.5 無色透明 無臭 上中層混合 6.0 6.0	86/01/20 13:48 快晴 15.2 17.2 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 5.0	86/03/04 10:47 快晴 15.0 14.8 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 5.0	86/05/26 14:45 曇 21.2 19.7 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 5.0	86/07/08 10:50 薄雲 24.0 23.5 無色透明 無臭 上中層混合 8.0 4.0	86/09/01 10:46 晴 31.0 26.6 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	86/11/17 10:45 曇 16.4 19.5 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	87/01/08 11:34 快晴 14.0 17.7 無色透明 無臭 上中層混合 5.7 5.7	87/03/02 11:00 晴 11.8 14.0 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	87/05/19 11:59 曇 22.0 20.6 無色透明 無臭 上中層混合 7.0 7.0	87/07/28 11:40 晴 32.8 25.6 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	87/09/28 09:28 快晴 24.5 23.6 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	87/11/25 11:00 快晴 22.3 21.6 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 5.0	88/01/11 11:51 晴 9.5 17.0 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	88/03/02 10:55 曇 13.0 17.2 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	88/05/25 13:52 曇 21.0 19.5 無色透明 無臭 上中層混合 6.0 6.0	88/07/25 11:16 曇 30.6 25.2 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	88/09/26 14:15 晴 28.4 24.2 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	88/11/21 14:00 晴 23.3 20.2 無色透明 無臭 上層 1.0 1.0	89/01/25 13:17 晴 14.0 16.7 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	89/03/06 10:16 薄雲 12.6 15.4 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	89/05/18 11:45 曇 19.7 19.5 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	89/07/06 10:30 晴 28.0 23.2 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0
一般項目		8.3	8.3	8.4	8.3	8.4	8.1	8.1	8.3	8.3	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.8	8.6	8.3	8.6	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.2	8.4
生活環境項目	pH	8.3	8.3	8.4	8.3	8.4	8.1	8.1	8.3	8.3	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.8	8.6	8.3	8.6	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.2	8.4
	DO mg/l	8.9	8.6	6.6	7.0	7.4	8.0	8.4	8.9	6.9	7.9	7.4	8.0	7.2	7.9	7.6	7.4	7.4	7.6	7.8	8.2	6.7	7.7	8.0	8.0	8.4	7.9	7.3
	BOD mg/l																											
	COD mg/l	0.9	1.8	1.0	1.1	1.1	<0.5	0.7	1.2	0.8	0.9	1.1	<0.5	0.9	0.5	1.4	0.9	0.8	0.7	0.7	0.6	<0.5	<0.5	0.6	0.9	1.2	<0.5	<0.5
	SS mg/l																											
	大腸菌群数 MPN/100ml	230	49	33	490	240	0	220	220	49	1,300	1,700	26	1,300	120	170	110	0	490	540	41	120	70	28	240	130	79	17
	n-ヘキサン抽出物質 mg/l		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.				N.D.		N.D.	
	全窒素 mg/l																											
	全リン mg/l																											
健康項目	カドミウム mg/l		<0.005						<0.005						<0.005						<0.005						<0.005	
	全シアン mg/l																											
	鉛 mg/l		<0.05						<0.05						<0.05						<0.05						<0.05	
	六価クロム mg/l		<0.02						<0.02						<0.02						<0.02						<0.02	
	砒素 mg/l		<0.005						<0.005						<0.005						<0.005						<0.005	
	総水銀 mg/l																											
	アルキル水銀 mg/l																											
	PCB mg/l																											
	硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																											
	フェノール類 mg/l																											
特殊項目	銅 mg/l		<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01	
	亜鉛 mg/l		<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01	
	溶解性鉄 mg/l		<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01	
	溶解性マンガン mg/l		<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01	
	クロム mg/l		<0.01						<0.01						<0.01						<0.01						<0.01	
	フッ素 mg/l																											
その他	塩素イオン mg/l	19,000	13,000	18,000	18,000	19,000	19,000	17,000	13,000	18,000	11,000	14,000	17,000	15,000	18,000	15,000	17,000	19,000	20,000	19,000	16,000	17,000	14,000	17,000	10,000	12,000	12,000	13,000
	電気伝導度 μs/cm																											
	アンモニア性窒素 mg/l																											
	亜硝酸性窒素 mg/l																											
	硝酸性窒素 mg/l																											
	リン酸態リン mg/l																											
	MBAS mg/l																											
	ABS mg/l								0.6						0.6						0.5		0.4				1.0	1.3
	TOC mg/l																											
	クロロフィル-a mg/l																											
	LAS mg/l																											
	油分 mg/l																											

St.5	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	1989					1990					1991					1992					1993				1994			
		89/09/25 11:00 晴 28.9 24.7 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	89/11/20 11:00 晴 18.0 18.0 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	90/01/18 13:16 薄雲 15.5 16.3 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 5.0	90/03/05 11:30 晴 18.0 16.5 無色透明 無臭 上層 5.0 5.0	90/05/22 13:45 晴 25.0 20.6 無色透明 無臭 上中層混合 5.5 5.0	90/07/19 10:50 晴 31.0 26.5 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	90/10/01 10:45 晴 29.0 23.7 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	90/11/26 10:10 晴 22.0 20.9 無色透明 無臭 上層 5.5 5.5	91/01/16 12:50 薄雲 12.0 14.5 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 5.0	91/03/12 13:10 薄雲 17.0 16.9 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	91/05/21 11:30 晴 26.0 21.4 無色透明 無臭 上中層混合 5.5 5.5	91/08/02 0:00 晴 34.0 27.7 無色透明 無臭 上層 7.0 7.0	91/10/16 10:10 曇 20.2 21.9 無色透明 無臭 上層 5.0 5.0	91/12/25 9:05 曇 15.5 18.6 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	92/01/21 12:23 時々雨 10.0 15.9 無色透明 無臭 上層 4.5 4.5	92/03/04 9:00 曇 9.0 15.1 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	92/05/11 14:04 曇 20.0 19.9 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	92/07/06 9:45 曇 25.5 22.4 無色透明 無臭 上層 5.0 5.0	92/09/16 9:55 晴 30.0 26.7 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	92/11/18 9:50 曇 19.5 21.0 無色透明 無臭 上層 5.0 5.0	93/01/20 12:00 曇 9.8 15.3 無色透明 無臭 上中層混合 6.8 6.8	93/03/10 9:15 晴 14.0 14.1 無色透明 無臭 上層 4.0 4.0	93/05/19 11:53 曇 24.0 20.3 無色透明 無臭 上層 3.8 3.8	93/07/22 9:45 晴 25.0 22.1 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	93/09/27 12:00 快晴 23.2 23.8 無色透明 無臭 上層 4.9 4.9	93/11/19 10:11 晴 11.0 19.5 無色透明 無臭 上層 3.0 3.0	94/01/26 10:30 晴 12.0 16.3 無色透明 無臭 上層 6.0 6.0	
一般項目		8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.1	8.3	8.3	8.2	8.2	7.9	8.2	8.3	8.0	8.3	8.6	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.4
生活環境項目	pH	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.1	8.3	8.3	8.2	8.2	7.9	8.2	8.3	8.0	8.3	8.6	8.2	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	8.3	8.3	8.3	8.4	8.2	8.4
	DO mg/l	7.2	7.6	8.3	8.5	7.7	7.4	7.8	7.0	9.2	8.4	8.3	5.3	8.5	8.2	8.2	8.0	8.2	8.1	7.2	7.2	8.7	9.1	8.8	8.4	8.1	8.2	6.8	
	BOD mg/l																												
	COD mg/l	0.8	1.2	0.9	<0.5	0.9	1.2	<0.5	1.0	0.8	0.6	0.9	1.0	2.8	1.6	1.3	0.6	1.9	1.0	1.2	0.6	<0.5	2.6	0.5	<0.5	0.6	0.7	0.7	
	SS mg/l																												
	大腸菌群数 MPN/100ml	540	240	140	110	20	79	1,300	29	220	350	350	12	1,600	920	920	280	49	9,200	1,300	130	79	1,100	540	220	1,300	40	13	
	n-ヘキサン抽出物質 mg/l			N.D.		N.D.			N.D.			N.D.		N.D.				N.D.		N.D.						N.D.			
	全窒素 mg/l																												
	全リン mg/l																												
健康項目	カドミウム mg/l								<0.005						<0.005						<0.005						<0.001		
	全シアン mg/l																												
	鉛 mg/l								<0.05						<0.05						<0.05						<0.005		

資料1 足摺海中公園海域測定結果(15)

St.5	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	1994 波瀾強し					1995					1996					1997					1998					1999					2000	
		94/03/02 9:45 晴 14.5 13.6 無色透明 無臭 上層 5.0 5.0	94/05/24 11:26 晴 26.1 21.9 無色透明 無臭 上層 3.6	94/08/03 10:30 晴 29.0 26.9 無色透明 無臭 上層 5.0	94/09/26 13:40 晴 26.5 26.0 無色透明 無臭 上層 4.7	94/11/16 9:56 曇 17.0 20.7 無色透明 無臭 上層 4.9	95/01/31 11:24 晴 7.0 15.0 無色透明 無臭 上層 4.4	95/03/08 11:45 晴 18.0 15.9 無色透明 無臭 中層 5.2	95/07/26 10:15 晴 29.0 25.2 無色透明 無臭 上層 4.0	95/09/06 11:20 晴 28.0 27.2 無色透明 無臭 上層 4.8	95/11/15 9:50 曇 15.0 20.8 無色透明 無臭 上層 4.6	96/01/29 10:03 晴 10.0 15.1 無色透明 無臭 上層 4.8	96/07/24 9:55 晴 29.0 28.9 無色透明 無臭 上層 4.5	96/10/09 10:00 曇 23.1 25.0 無色透明 無臭 上中層混合 5.4	96/11/18 10:05 晴 15.0 21.8 無色透明 無臭 上層 4.8	97/02/03 10:00 晴 11.0 15.6 無色透明 無臭 上中層混合 5.2	97/05/28 10:55 曇 24.0 21.5 無色透明 無臭 上中層混合 5.2	97/07/14 10:30 薄曇 28.5 23.8 無色透明 無臭 上中層混合 5.0	97/09/10 9:58 快晴 30.5 26.5 無色透明 無臭 上中層混合 5.5	98/01/07 11:20 晴 12.0 18.6 無色透明 無臭 上中層混合 4.9	98/05/20 11:01 薄曇 25.0 22.8 無色透明 無臭 上層 4.2	98/07/21 10:30 薄曇 28.0 26.7 無色透明 無臭 上層 4.1	98/10/06 11:13 曇 28.7 25.5 無色透明 無臭 上層 4.5	99/01/27 11:13 晴 14.5 18.2 無色透明 無臭 上中層混合 5.3	99/06/15 13:20 一時雨 31.8 25.4 無色透明 無臭 上層 3.2	99/08/16 10:55 晴 31.0 26.5 無色透明 無臭 上層 5.3	99/10/06 11:05 曇 25.6 25.4 無色透明 無臭 上層 4.7	2000 00/01/27 11:00 晴 6.0 14.7 無色透明 無臭 上中層混合 5.4					
一般項目		8.4	8.3	8.5	8.2	8.5	8.3	8.3	8.2	8.4	8.2	8.3	7.8	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.1	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.3	8.3	8.1	8.3	8.3	8.1	8.3		
生活環境項目	pH	8.0	8.0	8.1	7.3	9.9	8.9	11.2	7.8	7.4	7.6	7.8	7.5	7.0	7.2	8.0	7.8	7.7	7.2	7.8	7.8	6.7	7.2	7.4	5.3	7.4	6.9	8.4	8.4	8.4			
	BOD mg/l	0.5	1.7	2.2	1.4	1.3	1.1	0.9	0.5	1.1	0.9	0.9	1.7	1.6	1.1	1.2	1.7	0.7	1.3	1.3	1.3	1.6	1.4	1.3	1.7	0.9	1.4	0.9	0.9				
	SS mg/l	7	330	47	22	920	7	9	920		220		170		79		14	490	790		<0	70	170	1,600	<0	27		330					
	大腸菌群数 MPN/100ml																																
	n-ヘキサン抽出物質 mg/l																																
	全窒素 mg/l																																
	全リン mg/l																																
	鉛 mg/l																																
	六価クロム mg/l																																
	総水銀 mg/l																																
アルキル水銀 mg/l																																	
PCB mg/l																																	
硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l																																	
フェノール類 mg/l																																	
銅 mg/l																																	
亜鉛 mg/l																																	
溶解性鉄 mg/l																																	
溶解性マンガン mg/l																																	
クロム mg/l																																	
フッ素 mg/l																																	
塩素イオン mg/l	13,000	14,000	14,000	16,000	14,000	15,000	16,000	14,000	16,000	18,000	18,000	18,000	17,000	17,000	18,000	18,000	14,000	15,000	19,000	18,000	18,000	14,000	19,000	19,000	13,000	16,000	17,000	17,000	17,000				
電気伝導度 μs/cm																																	
アンモニア性窒素 mg/l																																	
亜硝酸性窒素 mg/l																																	
硝酸性窒素 mg/l																																	
リン酸態リン mg/l																																	
MBAS mg/l																																	
ABS mg/l																																	
TOC mg/l																																	
クロロフィル-a mg/l		0.7	0.9	0.9																													
LAS mg/l																																	
油分 mg/l																																	

St.5	備考 採取年月日 採取時刻 天候 気温℃ 水温℃ 色相 臭気 採取水深m 全水深m 透明度m 濁度mg/l	2000			2001 水害直後				2002	
		00/05/18 11:45 晴 25.5 21.7 無色透明 無臭 上層 4.0 >4.0	00/07/19 10:30 晴 31.2 26.6 無色透明 無臭 上層 4.0 >4.0	00/09/25 11:34 晴 28.5 25.4 無色透明 無臭 上層 4.0 >4.0	01/01/24 10:55 晴 15.0 16.9 無色透明 無臭 上中層混合 5.0 >5.0	01/05/28 14:30 曇 26.4 22.8 無色透明 無臭 上中下層混合 11.7 >11.7	01/08/02 14:40 晴 33.3 29.5 無色透明 無臭 上中層混合 6.5 >6.5	01/09/28 10:45 薄曇 23.0 26.4 無色透明 無臭 上中下層混合 17.2 >17.2	2002 02/01/24 10:05 晴 10.0 15.1 無色透明 無臭 上層 3.2 >3.2	
一般項目		8.3	8.0	8.3	8.3	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2
生活環境項目	pH	8.4	6.8	7.1	7.9	7.8	7.5	6.7	8.8	8.8
	BOD mg/l	0.5	0.8	1.4	1.2	<0.5	1.8	1.2	0.7	0.7
	SS mg/l	7	23						11	11
	大腸菌群数 MPN/100ml									
	n-ヘキサン抽出物質 mg/l									
	全窒素 mg/l									
	全リン mg/l									
	鉛 mg/l									
	六価クロム mg/l									
	総水銀 mg/l									
アルキル水銀 mg/l										
PCB mg/l										
硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l										
フェノール類 mg/l										
銅 mg/l										
亜鉛 mg/l										
溶解性鉄 mg/l										
溶解性マンガン mg/l										
クロム mg/l										
フッ素 mg/l										
塩素イオン mg/l	19,000	18,000	15,000	18,000	19,000	18,000	17,000	18,000	18,000	
電気伝導度 μs/cm										
アンモニア性窒素 mg/l										
亜硝酸性窒素 mg/l										
硝酸性窒素 mg/l										
リン酸態リン mg/l										
MBAS mg/l										
ABS mg/l										
TOC mg/l										
クロロフィル-a mg/l										
LAS mg/l										
油分 mg/l										

高知県 公共用水域及び地下水の水質測定結果より





資料2(2). 竜串海底館の観測データ

観測日	天候					波浪					水中透視度(m)						水中透視度平均(m)	気温(°C)	水温(°C)	備考
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6				
	晴	曇	雨	雪	台風	静か	弱いうねり	やや弱いうねり	高いうねり	大波	20以上	15~20	10~15	5~10	1~5	1未満				
1991年9月15	11	2	0	0	2	14	7	3	2	4	0	0	2	13	6	9	3.7	27.8	26.3	
1991年10月13	15	3	0	0	0	19	6	1	3	2	5	4	7	7	5	3	9.2	21.9	24.3	
1991年11月22	7	1	0	0	0	23	4	3	0	0	9	11	2	4	3	1	13.5	17.9	21.9	
1991年12月18	11	2	0	0	0	27	2	2	0	0	3	8	10	7	2	1	10.5	15.0	18.6	
1992年1月20	7	4	0	0	0	26	4	1	0	0	12	13	3	3	0	0	14.3	12.0	18.0	
1992年2月17	10	2	0	0	0	26	3	0	0	0	6	5	10	7	0	1	12.1	10.4	16.3	
1992年3月10	13	8	0	0	0	26	4	1	0	0	0	6	15	8	2	0	11.0	14.9	17.1	
1992年4月21	5	4	0	0	0	25	2	2	1	0	0	5	15	5	3	2	7.7	19.2	19.4	
1992年5月17	13	1	0	0	0	28	2	2	0	0	0	2	15	12	0	2	8.9	21.8	20.6	
1992年6月12	10	8	0	0	0	21	8	1	0	0	0	7	11	9	3	0	11.8	23.4	22.4	
1992年7月19	10	2	0	0	0	20	10	1	0	0	0	10	8	8	5	0	9.5	27.9	24.6	
1992年8月10	16	4	0	0	1	9	7	9	3	3	0	2	0	15	7	7	3.8	29.8	26.5	
1992年9月13	15	2	0	0	0	22	3	3	2	0	2	7	6	5	6	4	8.0	26.4	26.6	
1992年10月23	5	3	0	0	0	27	3	1	0	0	3	9	8	10	1	0	11.7	22.4	24.2	
1992年11月20	8	2	0	0	0	20	9	1	0	0	10	5	3	10	2	0	12.6	18.3	21.7	
1992年12月23	4	4	0	0	0	24	5	2	2	0	10	9	3	7	2	0	12.9	13.9	19.6	
1993年1月14	12	4	1	0	0	30	0	1	0	0	19	5	4	2	1	0	18.9	11.9	18.4	
1993年2月19	7	1	1	0	0	19	7	1	1	0	4	6	5	9	2	2	9.0	11.8	16.6	
1993年3月19	9	3	0	0	0	29	0	2	0	0	0	0	0	10.9	12.8	16.5				
1993年4月21	5	4	0	0	0	24	5	1	0	0	0	2	11	13	3	1	7.6	18.1	17.7	
1993年5月14	12	5	0	0	0	24	6	1	0	0	0	5	17	9	0	0	10.2	20.8	19.6	
1993年6月12	9	9	0	0	0	16	9	4	1	0	0	2	11	8	7	2	6.3	23.9	21.9	
1993年7月12	12	7	0	0	0	16	11	0	4	0	0	2	3	20	2	4	6.0	25.6	22.1	
1993年8月15	11	3	0	0	2	17	8	4	0	2	0	5	7	13	4	2	7.0	28.4	26.1	
1993年9月14	9	7	0	0	0	20	7	3	0	0	6	10	2	7	3	1	10.3	25.5	25.6	
1993年10月19	8	3	0	0	1	24	3	3	0	1	0	2	17	6	5	1	7.9	20.8	23.9	
1993年11月14	13	3	0	0	0	26	3	1	0	0	0	7	10	10	2	0	10.7	17.7	22.1	
1993年12月19	11	1	0	0	0	24	6	1	0	0	8	13	2	7	0	1	15.5	12.0	18.4	
1994年1月20	6	5	0	0	0	29	1	1	0	0	18	4	4	2	2	1	17.6	10.5	18.0	
1994年2月20	6	2	0	0	0	23	2	2	2	1	0	6	3	9	6	2	11.8	10.6	16.3	
1994年3月23	5	3	0	0	0	26	3	2	0	0	0	2	8	17	3	1	8.4	12.4	16.4	
1994年4月16	10	4	0	0	0	23	6	1	0	0	1	9	9	7	2	2	11.0	19.4	18.9	
1994年5月21	7	3	0	0	0	18	11	2	0	0	0	6	9	10	5	1	9.2	22.2	21.1	
1994年6月15	11	4	0	0	0	22	7	1	0	0	0	9	14	3	3	1	10.9	24.3	23.2	
1994年7月24	4	1	0	0	2	19	8	2	0	2	0	10	7	7	4	3	8.5	30.2	26.1	
1994年8月21	8	1	0	0	1	13	9	5	3	1	0	4	4	10	7	6	5.3	29.7	27.8	
1994年9月22	6	1	0	0	1	25	2	1	1	1	4	10	8	3	2	3	12.4	27.4	27.3	
1994年10月22	8	1	0	0	0	16	13	2	0	0	2	7	3	10	9	0	7.3	22.7	23.9	
1994年11月20	7	3	0	0	0	25	3	2	0	0	10	10	4	4	1	1	14.7	19.4	21.6	
1994年12月20	9	2	0	0	0	29	2	0	0	0	24	2	2	2	1	0	19.9	14.7	19.8	
1995年1月22	7	2	0	0	0	27	2	2	0	0	25	2	1	2	0	1	20.9	9.7	17.5	
1995年2月22	4	2	0	0	0	25	0	1	0	0	17	6	4	0	0	0	18.8	10.9	17.1	
1995年3月20	8	3	0	0	0	22	5	3	1	0	0	5	12	7	4	3	7.7	13.9	16.4	
1995年4月13	10	7	0	0	0	22	6	2	0	0	0	5	3	16	5	1	7.1	18.2	17.2	
1995年5月16	11	4	0	0	0	19	9	2	1	0	0	6	8	15	1	1	8.2	22.3	19.9	
1995年6月14	11	5	0	0	0	21	6	3	0	0	0	12	9	6	2	1	9.8	24.3	21.8	
1995年7月20	9	2	0	0	0	15	10	3	3	0	0	3	8	12	2	6	7.1	27.9	23.4	
1995年8月22	9	0	0	0	0	20	11	0	0	0	0	8	17	6	0	0	10.9	30.5	25.8	
1995年9月19	10	1	0	0	0	21	7	1	1	0	1	11	5	8	2	3	10.4	26.5	26.1	
1995年10月19	9	3	0	0	0	21	10	0	0	0	3	8	9	11	0	0	11.3	22.8	24.5	
1995年11月22	7	1	0	0	0	26	3	1	0	0	14	12	3	1	0	0	17.5	16.7	21.2	
1995年12月19	7	2	1	0	0	25	4	0	0	0	23	6	0	0	0	0	20.6	11.1	18.5	
1996年1月22	5	3	1	0	0	28	1	2	0	0	23	2	2	2	2	0	19.4	11.3	17.0	
1996年2月18	6	2	3	0	0	26	2	1	0	0	16	11	0	2	0	0	19.2	10.3	15.8	
1996年3月15	7	9	0	0	0	23	5	1	2	0	0	4	5	13	6	3	6.1	13.6	16.1	
1996年4月17	11	2	0	0	0	24	3	3	0	0	0	1	15	10	3	1	8.2	16.7	17.3	
1996年5月15	13	3	0	0	0	19	10	2	0	0	0	0	10	16	3	2	6.6	22.0	19.3	
1996年6月8	13	9	0	0	0	14	12	3	1	0	0	2	14	8	4	2	8.4	24.0	21.8	
1996年7月16	8	5	0	0	2	14	7	7	1	2	2	0	8	12	3	6	4.1	28.0	25.1	
1996年8月18	12	1	0	0	0	16	5	5	4	1	2	11	2	5	4	7	8.7	28.8	27.0	
1996年9月16	11	3	0	0	0	20	5	4	1	0	4	11	4	7	2	2	11.0	25.8	26.7	
1996年10月																				
1996年11月	17	12	1	0	0	22	6	1	1	0	9	9	4	4	1	3	13.0	18.8	23.2	
1996年12月23	5	2	1	0	0	29	1	0	0	0	14	9	6	1	1	0	17.0	13.4	18.9	
1997年1月25	3	3	0	0	0	29	2	0	0	0	14	13	3	1	0	0	17.6	10.3	17.0	
1997年2月17	9	1	1	0	0	25	2	1	0	0	9	13	5	0	1	0	17.3	11.3	16.5	
1997年3月16	10	5	0	0	0	25	2	3	1	0	1	17	8	2	2	2	9.5	16.0	17.7	
1997年4月14	11	5	0	0	0	18	8	4	0	0	0	2	8	12	3	5	6.2	19.6	18.6	
1997年5月16	12	3	0	0	0	20	8	3	0	0	0	3	12	14	2	0	8.2	22.7	20.6	
1997年6月15	11	3	0	0	1	16	10	3	0	1	0	7	7	7	4	5	8.7	24.8	22.6	
1997年7月12	13	6	0	0	0	9	12	7	3	0	1	4	3	14	4	5	7.4	27.7	24.8	
1997年8月19	10	1	0	0	1	11	8	6	4	2	1	7	2	5	6	10	6.2	29.2	27.4	
1997年9月17	8	4	0	0	1	19	5	3	0	3	0	7	6	8	4	5	6.9	25.5	26.9	
1997年10月25	4	2	0	0	0	27	1	1	2	0	1	14	6	6	1	3	11.0	21.8	23.8	
1997年11月19	8	3	0	0	0	19	6	4	1	0	2	18	1	4	3	2	11.8	19.7	21.6	
1997年12月20	8	3	0	0	0	26	4	1	0	0	19	8	2	2	0	0	19.8	13.9	20.5	
1998年1月18	6	6	1	0	0	22	8	1	0	0	12	11	3	3	2	0	15.4	10.8	18.9	
1998年2月14	9	5	0	0	0	18	5	4	1	0	4	4	10	7	2	1	10.8	14.1	17.6	
1998年3月18	10	3	0	0	0	21	7	1	2	0	6	3	5	13	3	1	7.9	15.1	18.5	
1998年4月17	8	5	0	0	0	15	9	7	0	0	1	5	7	8	6	3	7.6	21.3	19.9	
1998年5月10	15	6	0	0	0	18	10	2	1	0	3	7	9	11	1	0	10.5	23.7	22.4	

資料2(3) 竜串海底館の観測データ

	天候					波浪					水中透視度(m)						水中透視度平均(m)	気温(°C)	水温(°C)	備考
	天候					波浪					水中透視度(m)									
	晴	曇	雨	雪	台風	静か	弱いうねり	やや弱いうねり	高いうねり	大波	20以上	15~20	10~15	5~10	1~5	6 1未満				
1999年3月	13	8	10	0	0	9	14	7	1	0	1	15	5	5	4	1	12.1	16.1	18.5	
1999年4月	18	7	5	0	0	12	10	5	3	0	0	0	6	16	4	4	6.1	19.3	19.9	
1999年5月	18	9	4	0	0	13	11	4	3	0	0	0	6	20	2	3	6.6	23.3	21.1	
1999年6月	8	15	7	0	0	7	9	13	1	0	0	0	6	15	3	6	5.4	24.7	24.0	
1999年7月	10	14	6	0	1	15	7	7	1	1	0	0	6	13	6	6	5.3	28.1	25.8	
1999年8月	13	11	6	0	1	6	13	6	5	1	0	3	5	13	2	8	6.0	28.9	27.2	
1999年9月	12	12	5	0	1	11	13	4	1	1	0	6	9	8	4	3	7.5	28.7	28.2	
1999年10月	22	9	0	0	0	27	4	0	0	3	17	8	3	3	0	0	14.9	24.6	25.7	
1999年11月	20	8	2	0	0	22	6	1	1	0	10	12	6	0	1	1	13.0	18.4	22.9	
1999年12月	22	7	2	0	0	27	4	0	0	0	22	8	0	0	0	0	15.4	12.7	19.8	
2000年1月	15	9	6	1	0	23	5	2	1	0	11	12	2	5	0	1	15.2	12.4	18.0	
2000年2月	18	6	3	2	0	20	7	1	1	0	8	16	4	1	0	0	16.3	9.8	16.6	
2000年3月	22	4	5	0	0	15	8	6	2	0	1	3	7	13	4	3	7.8	14.2	17.5	
2000年4月	19	6	5	0	0	13	14	3	0	0	0	3	4	20	3	0	7.0	18.1	18.1	
2000年5月	18	12	1	0	0	12	14	5	0	0	0	4	9	15	2	1	8.1	23.4	20.4	
2000年6月	12	10	8	0	0	9	18	3	0	0	0	1	5	21	2	1	7.7	24.5	21.7	
2000年7月	19	9	3	0	0	8	16	2	3	2	0	1	7	16	2	5	6.4	28.6	26.9	
2000年8月	21	5	5	0	0	6	14	9	2	0	0	1	7	12	5	6	5.6	29.4	27.2	
2000年9月	15	11	4	0	0	17	3	6	2	2	0	2	16	4	1	7	7.7	25.7	26.1	
2000年10月	14	16	1	0	0	20	11	0	0	0	0	7	19	4	1	0	12.0	24.1	24.8	
2000年11月	17	9	4	0	0	17	10	3	0	0	3	8	10	7	1	1	12.6	19.5	23.0	
2000年12月	17	10	4	0	0	20	9	2	0	0	8	20	2	1	0	0	17.6	13.5	20.5	
2001年1月	17	8	3	3	0	15	12	3	1	0	11	5	6	6	2	1	14.4	9.6	18.2	
2001年2月	14	8	5	1	0	14	8	6	0	0	5	11	5	6	1	0	13.7	12.3	17.3	
2001年3月	17	11	2	1	0	14	13	3	1	0	0	10	5	10	5	1	9.0	14.6	17.6	
2001年4月	20	3	7	0	0	15	12	3	0	0	0	9	20	1	0	0	8.0	18.9	18.8	
2001年5月	16	10	5	0	0	16	10	4	1	0	0	9	11	11	2	0	10.5	23.8	21.1	
2001年6月	12	9	9	0	0	12	11	7	0	0	0	0	8	21	1	0	7.8	25.7	23.6	
2001年7月	22	6	3	0	0	17	12	0	0	2	0	0	9	19	1	2	7.6	30.3	26.3	
2001年8月	21	7	3	0	0	10	14	4	2	1	0	1	4	20	1	5	7.6	30.4	27.8	
2001年9月	15	6	9	0	0	11	13	6	0	0	0	0	0	9	13	8	2.9	26.6	27.2	水害発生
2001年10月	16	8	7	0	0	13	15	1	2	0	0	0	7	18	6	2	2.2	23.7	25.4	
2001年11月	22	7	1	6	0	24	6	0	0	0	0	1	0	28	0	1	6.6	17.8	22.1	
2001年12月	24	4	3	0	0	22	7	2	0	0	0	0	12	13	4	2	7.3	12.6	19.8	
2002年1月	19	9	3	0	0	13	17	1	0	0	1	7	3	15	4	1	8.2	10.0	17.0	
2002年2月	18	4	6	0	0	19	7	2	0	0	0	1	7	17	2	1	7.9	11.4	17.4	
2002年3月	20	8	3	0	0	14	14	3	0	0	0	0	4	12	8	7	4.0	15.8	18.4	
2002年4月	13	11	6	0	0	18	8	4	0	0	0	0	4	21	3	2	5.3	20.0	20.0	
2002年5月	15	10	6	0	0	17	12	2	0	0	0	0	0	27	4	0	5.3	24.0	22.0	
2002年6月	17	7	6	0	0	10	17	3	0	0	0	0	21	6	3	4	4.2	26.0	24.0	
2002年7月	11	11	4	0	5	6	10	5	6	4	0	0	1	8	8	14	2.0	29.0	26.0	
2002年8月	17	10	1	0	0	14	9	4	1	0	0	0	4	15	6	6	5.0	30.0	23.0	
2002年9月	15	15	0	0	0	16	11	2	1	0	0	1	8	13	2	6	6.0	27.8	27.0	
2002年10月	18	10	3	0	0	19	9	2	1	0	0	1	7	20	2	1	6.7	21.9	23.6	
2002年11月	19	9	2	0	0	21	6	3	0	0	0	2	6	18	3	11	7.9	15.0	21.0	
2002年12月	17	10	4	0	0	20	10	1	0	0	0	8	10	11	2	0	10.0	13.0	19.5	
2003年1月	15	11	3	2	0	21	6	3	0	1	0	3	12	12	2	2	8.8	10.2	17.5	
2003年2月	21	6	1	0	0	22	4	2	0	0	0	0	4	22	0	2	6.8	12.6	17.2	
2003年3月	20	4	7	0	0	21	8	7	0	0	0	0	3	23	4	1	5.0	13.5	17.1	
2003年4月	15	10	5	0	0	15	7	5	3	0	0	0	0	16	5	9	3.0	19.5	18.5	
2003年5月	8	14	9	0	0	18	7	4	1	1	0	0	0	23	5	6	4.4	22.2	21.0	
2003年6月	9	12	8	1	0	8	12	8	2	0	0	0	0	14	6	10	3.0	23.7	23.7	
2003年7月	15	16	0	0	0	13	13	5	0	0	0	0	6	19	3	3	6.2	27.5	25.0	
2003年8月	21	6	2	0	2	11	17	0	1	2	0	0	1	23	4	3	5.4	29.7	27.4	
2003年9月	23	3	4	0	0	15	8	5	2	0	0	0	0	19	6	5	4.3	28.3	28.1	
2003年10月	21	8	2	0	0	22	9	0	0	0	0	0	2	24	4	1	5.4	21.5	24.4	
2003年11月	14	12	4	0	0	10	15	5	0	0	0	0	0	27	0	3	4.9	18.3	22.7	
2003年12月	20	9	1	1	0	24	5	2	0	0	0	2	7	19	1	2	7.5	12.7	19.9	
2004年1月	22	7	1	1	0	26	5	0	0	0	2	12	16	1	0	0	13.0	10.2	18.5	
2004年2月	17	10	2	0	0	16	9	4	0	0	0	0	3	9	2	3	7.7	12.9	17.9	
2004年3月	15	10	5	1	0	13	13	5	0	0	0	0	2	20	4	5	4.0	14.6	17.4	



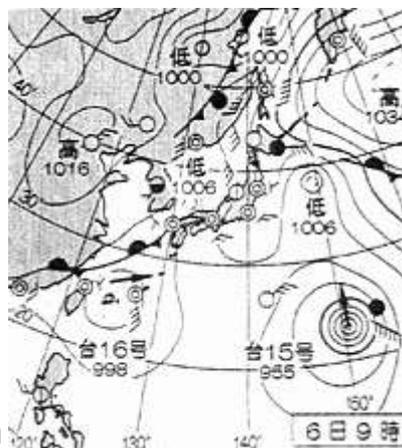
## 秋雨前線の影響で高知県西南部は . . . . .

### I. 気象概況

9月5日夜から、西日本上空に活発な秋雨前線が停滞した。この前線に向かって日本の東海上にある太平洋高気圧のふちを回り、前線に向けて流れ込む暖気流と、台風16号からの水蒸気の補給により、大気の状態が不安定になった。6日未明から、この暖気流が高知県西南部の非常に狭い範囲に収束しながら流入し、「湿舌」と呼ばれる現象が起り、6日未明から早朝にかけ、強い雨雲が次々と発生し、雷を伴った激しい雨が降り続いた。

5日からの降水量は、大月町（高知県弘見観測所）で総雨量577mm、24時間雨量520mm、時間最大雨量110mm、三原村（高知県三原観測所）で総雨量499mm、24時間雨量430mm、時間最大雨量85mmを観測するなど、記録的な大雨となった。

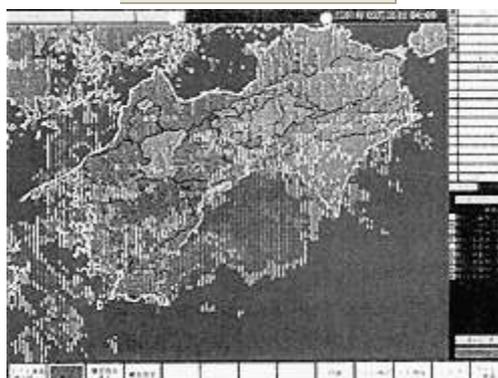
天気図



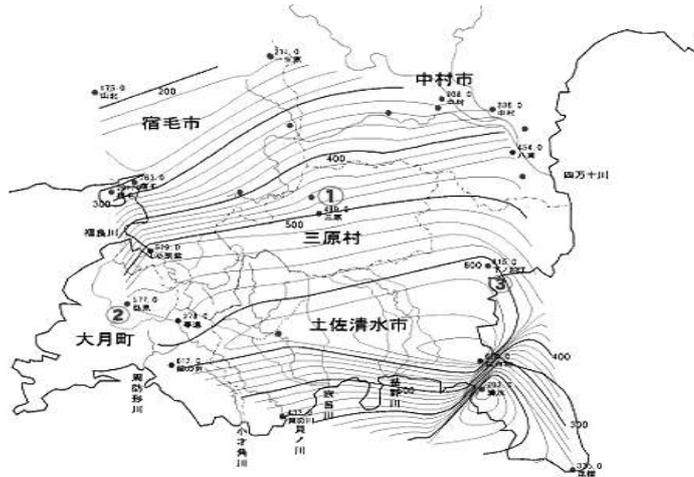
気象衛星ひまわりの画像



短時間雨量メッシュ



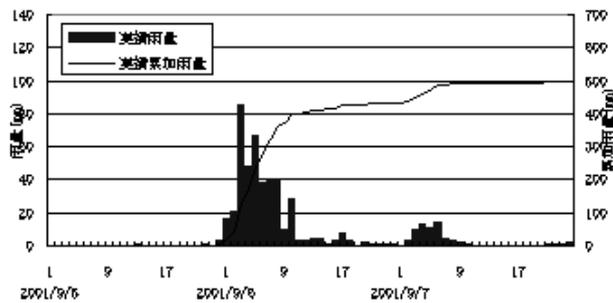
## 「総雨量等雨量線図」



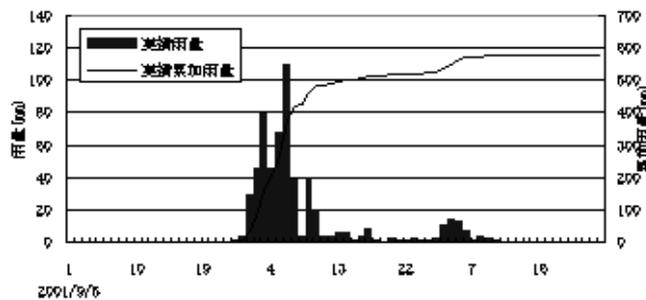
平成 13 年 9 月 5 日～7 日にかけての総雨量による等雨量線図

※下の番号に対応

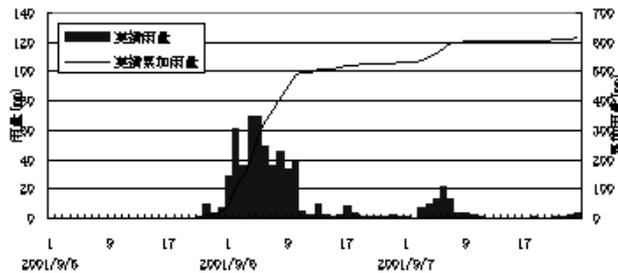
### ① 三原観測局雨量データ



### ② 弘見観測局雨量データ



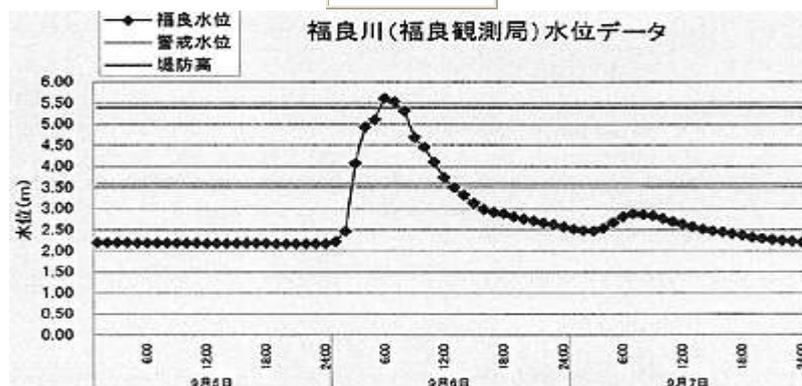
### ③ 下ノ加江観測局雨量データ



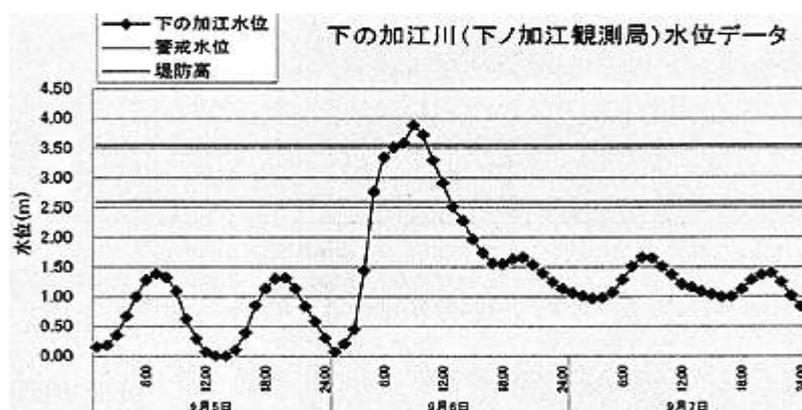
## Ⅱ. 出水状況

9月6日未明から朝にかけての豪雨により、高知県西部の各河川が氾濫した。宗呂川、福良川、下ノ加江川等では警戒水位を突破した後も水位が上昇し、堤防を越え、街や田畑を泥の海と化していった。

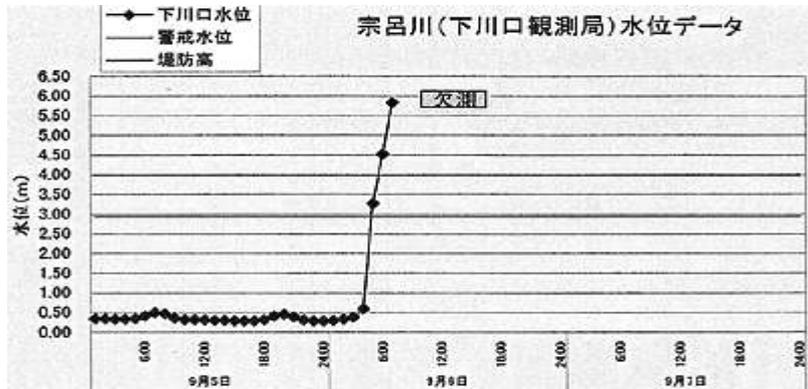
### 1. 福良川



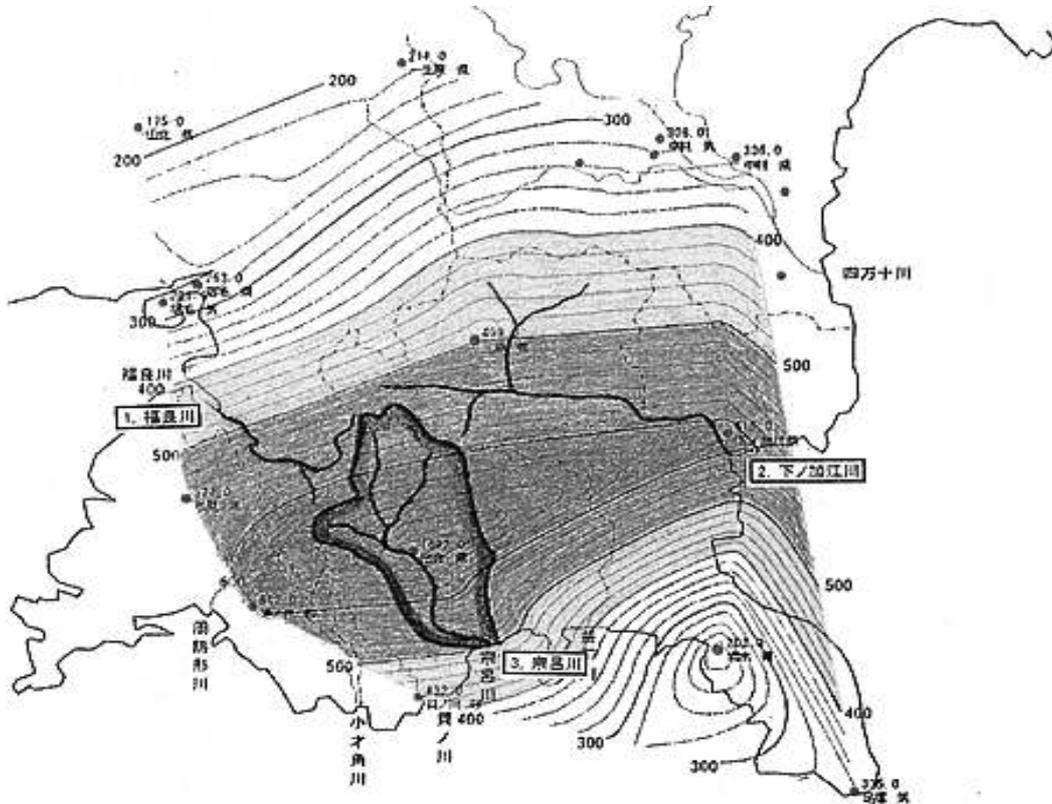
### 2. 下ノ加江川



### 3. 宗呂川



### 「河川位置図」



平成 13 年 9 月 5 日～9 月 7 日にかけての総雨量による等雨量線図

※出合観測所は近傍の弘見観測所との日雨量相関により補填

### Ⅲ. 被害状況

#### 1. 一般被害

平成 13 年 9 月 28 日 11 時 05 分現在 高知県消防防災課

市町村名	人的被害（人）				住宅被害（棟）					非住家被害（棟）	
	死者	行方不明者	重傷者	軽傷者	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
中 村 市	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
宿 毛 市	0	0	0	0	0	0	0	20	79	0	0
土佐清水市	0	0	0	3	17	222	7	99	199	1	308
大 月 町	0	0	3	2	3	5	16	232	231	0	116
三 原 町	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0
計	0	0	3	5	20	227	23	352	529	1	425
合 計	8				1151					426	

#### 2. 公共土木施設被害

平成 13 年 9 月 29 日 12 時現在 宿毛・土佐清水土木事務所調べ

事務所名	種別	市町村名	被災件数	被災延長 (m)	被災金額 (千円)
土佐清水土木	河川	土佐清水市	151	15,232	4,301,720
	道路	土佐清水市	145	2,950	1,121,760
	砂防	土佐清水市	35	5,654	937,300
	小 計			331	23,836
宿毛土木	河川	宿 毛 市	20	2,005	565,050
		大 月 町	194	9,819	1,671,750
		三 原 村	29	758	186,200
	道路	宿 毛 市	16	310	229,900
		大 月 町	60	1,792	877,600
		三 原 村	9	124	145,200
	砂防	宿 毛 市	7	370	102,000
	海岸	大 月 町	1	20	20,000
	小 計			336	15,198
合 計			667	39,034	10,158,480

### 3. ドキュメント

	5:15 大月町内全世帯に避難勧告（約 2000 世帯、約 7000 人）
	6:10 土佐清水市避難勧告 下川口地区（298 世帯）続いて、加久見新町、三崎浦地区に避難勧告
	6:40 宿毛市 伊予野地区に避難勧告
	6:51 土佐清水市 自衛隊の出動を県へ要請
	7:30 土佐清水市の要請を受け、県から自衛隊へ派遣要請 高知県災害対策本部設置
	8:00 自衛隊先遣隊出動
	9:20 自衛隊第 1 陣出動
	9:25 県消防防災ヘリ出動
9	11:00 土佐清水市、災害救助法適用 11:30 公示
	11:30 自衛隊第 2 陣（第 2 混成団：善通寺）が伊野インター着
	12:27 自衛隊先遣隊 土佐清水市役所に到着
月	12:27 大月町から県に自衛隊派遣要請があり、県から自衛隊へ派遣要請
	13:40 自衛隊第 1 陣土佐清水市役所到着
	14:18 自衛隊下川口地区到着
6	14:29 自衛隊作業開始 2 名救出、下川口浦郷地区へ移動
	14:45 県警ヘリ出動
	15:28 自衛隊第 2 混成団施設隊本隊（第 3 陣）17:00 に高知駐屯地出発予定
日	15:38 下川口地区で 17 名救出、より孤立した地区へ移動中
	15:40 大月町、災害救助法適用 16:00 公示 高知県中部に大雨、洪水警報発令
	16:12 下川口地区で 8 名救出、合計 27 名となる
	16:20 自衛隊第 2 陣、大月町役場に到着
	17:00 宿毛市伊予野地区、避難勧告解除
	17:30 自衛隊第 3 大隊出発（京都）
	21:00 自衛隊第 15 普通科連隊出発（善通寺）自衛隊後方支援中隊出発（善通寺）
	21:22 自衛隊第 2 混成団施設隊本隊（第 3 陣）土佐清水市体育館に到着（車両 8 台、人員 31 名）
9	3:00 自衛隊第 2 混成団後方支援中隊、大月町到着
	3:07 自衛隊第 15 普通科連隊、土佐清水市到着
	7:00 自衛隊松山特科大隊による大月町給食支援開始
月	11:30 土佐清水市、避難勧告すべて解除
	14:00 大月町避難勧告すべて解除
7	14:05 土佐清水市から職員派遣について依頼 9 月 8 日、9 日各日 20 名（災害ゴミ処理作業のため）

日	15:00	土佐清水市孤立地区 15 時現在（9 地区 227 世帯 526 人）
	19:00	大月町孤立地区 19 時現在（唐岩 4 世帯 4 人）
	20:00	土佐清水市、大月町の孤立地区住民全員の安否を確認
	21:40	土佐清水市孤立 139 世帯 322 人
9 月 8 日	6:00	県職員 20 名土佐清水市に向け県庁出発（災害ゴミ処理等のため）
	8:30	県職員 12 名（8 日 6 名、9 日 6 名の予定）大月町にて、ゴミ処理等の作業開始
	9:00	土佐清水市の自衛隊災害派遣終了
	9:35	高知県知事、総務部長、土木部長等が現地調査のため土佐清水市着
	10:00	県職員 20 名土佐清水市で活動開始（災害ゴミ処理等のため）
	11:10	県の救援物資（子供用上着下着、食料）土佐清水市着 物資配布
	11:40	「りょうま」土佐清水市孤立地区（坂井、珠々玉、鳥淵、藤の川、有永）へ物資搬送
	12:30	大月町の自衛隊災害派遣終了
	14:20	高知県知事と国土交通省河川局長が大月町で調査合流
	15:00	「りょうま」土佐清水市孤立地区（小馬場、銚平）へ物資搬送・・・これにより本日予定していた必要物資の搬送終了
16:35	高知県知事 現地調査終了	
18:00	大月町孤立地区解消	

資料5. 高知県河川整備課治水班のホームページ

# 平成13年9月高知県西南部豪雨災害

平成13年9月6日 秋雨前線

**◆気象情報**

**◆出水情報**

**◆被害状況**

**◆被災写真**

**◆対策事業**



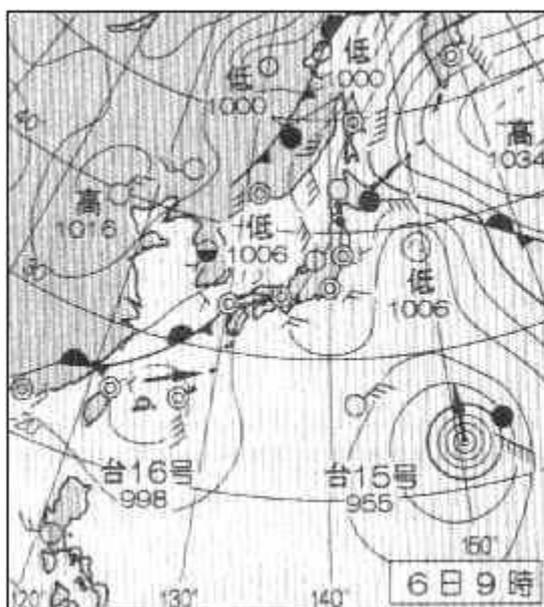
H13.9.6 土佐清水市宗呂川

<http://www.pref.kochi.jp/%7Ekasen/chisui/chisui.htm> より

## ◆気象状況

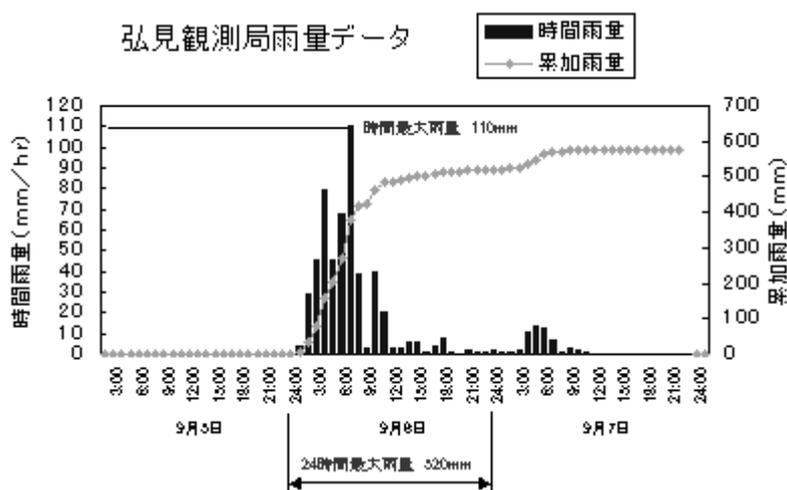
9月5日夜から、西日本上空に活発な秋雨前線が停滞しました。この前線に向かって日本の東海上にある太平洋高気圧のふちを回り、前線に向けて流れ込む暖気流と、台風16号からの水蒸気の補給により、大気の状態が不安定となりました。6日未明から、この暖気流が高知県西南部の非常に狭い範囲に収束しながら流入し、「湿舌」と呼ばれる現象が起こり、6日未明から早朝にかけて、強い雨雲が次々と発生し、雷を伴った激しい雨が降り続けました。

天気図



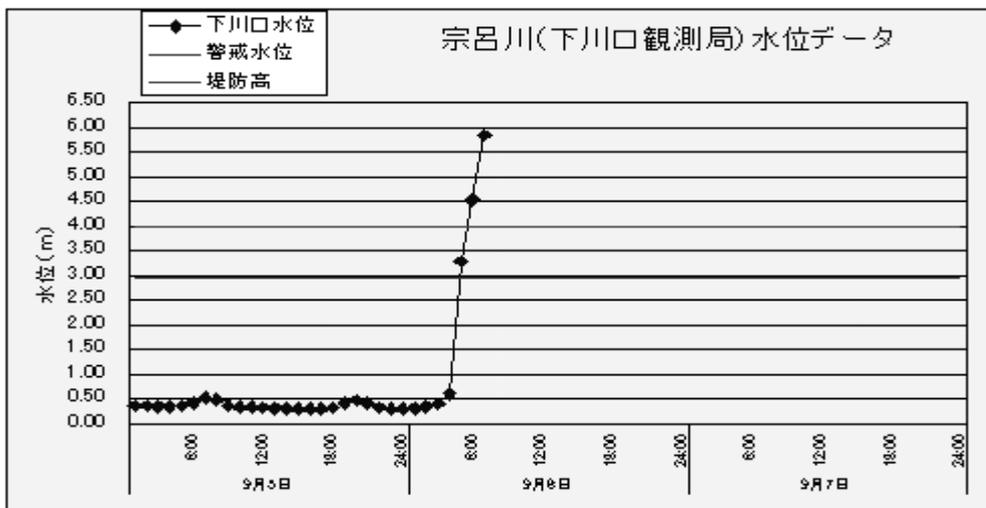
5日からの降水量は、大月町(高知県弘見観測所)で総雨量577mm、24時間雨量520mm、時間最大雨量110mm、三原村(高知県三原観測所)で総雨量499mm、24時間雨量430mm、時間最大雨量85mmを観測するなど、記録的な大雨となりました。

弘見観測局雨量データ



## ◆出水状況

9月6日未明から朝にかけての豪雨により、高知県西部の各河川が氾濫しました。宗呂川、福良川、下ノ加江川等では警戒水位を突破した後も水位が上昇し、堤防を越え、街や田畑を泥の海と化していきました。



9月6日未明から早朝にかけての豪雨により、高知県南西部の各河川が氾濫し、5市町村で浸水被害を受けた。なかでも土佐清水市を流れる宗呂川の浸水被害は甚大でした。

宗呂川の下川口観測所の水位は、9月6日4時には0.60mとほぼ平常の水位でしたが、5時3.28m、6時4.53m、7時5.84mと凄まじい勢いで上昇し、観測所が水没し、記録が取れなくなるほどの大洪水でした。

このため、増水した宗呂川の水がrogつぎつぎと堤防を越え、宗呂、下川口地区を襲い、街を呑み込みました。



土佐清水下ノ加江



土佐清水市宗呂

## ◆被害状況

9月6日の豪雨による高知県西南部での被害状況は、負傷者8名、家屋の全壊25棟、半壊・一部損壊275棟、床上浸水264棟、床下浸水54棟です。

### 1. 一般被害

平成13年12月26日作成（最終報）

高知県消防防災課

市町村名	人的被害(人)				住宅被害(棟)					非住家被害(棟)	
	死者	行方不明	重傷者	軽傷者	全壊	半壊	一部損壊	床上浸水	床下浸水	公共建物	その他
中村市	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
宿毛市	0	0	0	0	0	0	0	20	79	0	0
土佐清水市	0	0	2	1	18	214	5	94	201	1	48
大月町	0	0	3	2	7	51	5	149	240	0	18
三原村	0	0	0	0	0	0	0	1	19	0	0
計	0	0	5	3	25	265	10	264	540	1	67
合計	8				1104					68	

### 2. 公共土木施設被害

平成13年10月9日21時現在

宿毛・土佐清水土木事務所調べ

事務所名	種別	市町村名	被災件数	被災延長(m)	被災金額(千円)
土佐清水土木	河川	土佐清水市	101	15,232	5,939,150
	道路	土佐清水市	63	2,950	844,880
	砂防	土佐清水市	20	5,654	667,263
	小計			184	23,836
宿毛土木	河川	宿毛市	27	2,005	832,600
		大月町	78	9,819	1,864,000
		三原村	32	758	207,900
	道路	宿毛市	21	310	438,800
		大月町	62	1,792	904,600
		三原村	9	124	119,500
	砂防	宿毛市	6	370	45,900
		三原村	1		15,000
	海岸	大月町	1	20	20,000
小計			237	15,198	4,448,300
合計			421	39,034	11,899,593

### 3. ドキュメント

9 月 6 日	5:15	大月町内全世帯に避難勧告（約2000世帯、約7000人）
	6:10	土佐清水市避難勧告 下川口地区（298世帯）続いて、加久見新町、三崎浦地区に避難勧告
	6:40	宿毛市 伊予野地区に避難勧告
	6:51	土佐清水市 自衛隊の出動を県へ要請
	7:30	土佐清水市の要請を受け、県から自衛隊へ派遣要請 高知県災害対策本部設置
	8:00	自衛隊先遣隊出動
	9:20	自衛隊第1陣出動
	9:25	県消防防災ヘリ出動
	11:00	土佐清水市、災害救助法適用 11:30公示
	11:30	自衛隊第2陣（第2混成団：善通寺）が伊野インター着
	12:27	自衛隊先遣隊 土佐清水市役所に到着
	12:27	大月町から県に自衛隊派遣要請があり、県から自衛隊へ派遣要請
	13:40	自衛隊第1陣土佐清水市役所到着
	14:18	自衛隊下川口地区到着
	14:29	自衛隊作業開始 2名救出、下川口浦郷地区へ移動
	14:45	県警ヘリ出動
	15:28	自衛隊第2混成団施設隊本隊（第3陣）17:00に高知駐屯地出発予定
	15:38	下川口地区で17名救出、より孤立した地区へ移動中
	15:40	大月町、災害救助法適用 16:00公示 高知県中部に大雨、洪水警報発令
	16:12	下川口地区で8名救出、合計27名となる
	16:20	自衛隊第2陣、大月町役場に到着
	17:00	宿毛市伊予野地区、避難勧告解除
17:30	自衛隊第3大隊出発（京都）	
21:00	自衛隊第15普通科連隊出発（善通寺）自衛隊後方支援中隊出発（善通寺）	
21:22	自衛隊第2混成団施設隊本隊（第3陣）土佐清水市体育館に到着（車両8台、人員31名）	
9 月 7 日	3:00	自衛隊第2混成団後方支援中隊、大月町到着
	3:07	自衛隊第15普通科連隊、土佐清水市到着
	7:00	自衛隊松山特科大隊による大月町給食支援開始
	11:30	土佐清水市、避難勧告すべて解除
	14:00	大月町避難勧告すべて解除
	14:05	土佐清水市から職員派遣について依頼 9月8日、9日各日20名（災害ゴミ処理事業のため）
	15:00	土佐清水市孤立地区15時現在（9地区227世帯526人）
	19:00	大月町孤立地区19時現在（唐岩4世帯4人）
20:00	土佐清水市、大月町の孤立地区住民全員の安否を確認	
21:40	土佐清水市孤立139世帯322人	
9 月 8 日	6:00	県職員20名土佐清水市に向け県庁出発（災害ゴミ処理等のため）
	8:30	県職員12名（8日6名、9日6名の予定）大月町にて、ゴミ処理等の作業開始
	9:00	土佐清水市の自衛隊災害派遣終了
	9:35	高知県知事、総務部長、土木部長等が現地調査のため土佐清水市着
	10:00	県職員20名土佐清水市で活動開始（災害ゴミ処理等のため）
	11:10	県の救援物資（子供用上着下着、食料）土佐清水市着 物資配布
	11:40	「りょうま」土佐清水市孤立地区（坂井、珠々玉、鳥淵、藤の川、有永）へ物資搬送
	12:30	大月町の自衛隊災害派遣終了
	14:20	高知県知事と国土交通省河川局長が大月町で調査合流
	15:00	「りょうま」土佐清水市孤立地区（小馬場、鉾平）へ物資搬送……これにより本日予定していた必要物資の搬送終了
16:35	高知県知事 現地調査終了	
18:00	大月町孤立地区解消	

## ◆対策事業

秋雨前線、台風16号により、激甚な被害に見舞われた二級河川宗呂川、益野川、貝の川川(高知県土佐清水市)、二級河川周防形川、小才角川、才角川(高知県幡多郡大月町)、二級河川福良川(高知県宿毛市)、について、12月21日、河川激甚災害対策特別緊急事業、河川災害復旧等関連緊急事業、河川等災害関連事業として採択され再度の災害防止に向けた対策事業をスタートします。

災害を被られた方々に対し一日も早く、安心と安全を確保するため早期完成に向け取り組みますので、今後、地権者をはじめ地域の方々のご理解と積極的なご協力をお願いいたします。

また、施設整備等のハード対策と合わせて緊急時の避難誘導、情報基盤整備などのソフト対策が重要ですので、これらの整備に取り組んでまいります。

平成13年12月21日 高知県土木部

### 平成13年9月高知県西南部豪雨災害に係る

河川激甚災害対策特別緊急事業、

河川災害復旧等関連緊急事業、

河川等災害関連事業の採択について

(二級水系 宗呂川、益野川、周防形川、小才角川、貝の川川、才角川、福良川)

#### 1. 概要

平成13年9月5日夜～6日未明に発生した高知県西南部豪雨災害に対して

①宗呂川においては、河川等災害関連事業(関連)及び河川激甚災害対策特別緊急事業(激特)

②益野川、周防形川、小才角川においては、河川等災害関連事業(関連)及び河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)

③貝の川川、才角川、福良川においては、河川等災害関連事業(関連)が総額約127億円で採択されました。今後、これらの事業が実施されることにより、今回規模の出水が再来した場合でも、家屋浸水がほとんど解消されます。

(1)宗呂川(土佐清水市)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所への河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

○河川激甚災害対策特別緊急事業(激特)

再度災害を防止する観点から、河積確保のための築堤、河道掘削、堰の撤去・改築、橋梁の架替え及び堤防の強化、防災情報の伝達手段の整備等を実施します。

(2)益野川(土佐清水市)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

○河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)

関連箇所下流部において、河積確保のため築堤、河道掘削、堰の撤去・改築、防災情報の伝達手段の整備等を実施します。

(3)周防形川(大月町)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

○河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)

関連箇所下流部において、河積確保のため築堤、河道掘削、防災情報の伝達手段の整備等を実施します。

(4)小才角川(大月町)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

○河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)

関連箇所下流部において、河積確保のため築堤、河道掘削、防災情報の伝達手段の整備等を実施します。

(5)貝の川川(土佐清水市)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

(6)才角川(大月町)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

(7)福良川(宿毛市)

○河川等災害関連事業(関連)

被災箇所河積確保のため、築堤、河道掘削等を実施します。

## 二級水系 宗呂川水系宗呂川 関連事業及び激特事業概要

### 1. 出水の状況

9月5日夜から、西日本上空に活発な秋雨前線が停滞した。この前線に向けて流れ込む暖気流と、台風16号からの水蒸気の補給により、大気の状態が非常に不安定となった。

6日未明からこの暖気流は非常に狭い範囲に収束しながら流入し、「湿舌」と呼ばれる現象が起こり、高知県西南部には、雷を伴った激しい雨が降り続いた。5日からの降水量は、大月町(高知県弘見観測所)で総雨量577mm、24時間雨量520mm、最大時間雨量110mm、三原村(高知県三原観測所)で総雨量499mm、24時間雨量430mm、最大時間雨量85mmを観測するなど、記録的な豪雨となった。

土佐清水市の宗呂川では、この局地的な集中豪雨の影響を受け、6日5:00には警戒水

位である 2.90m を越え、7:00 には堤防高を越え、水位は 5.84m を観測したところで観測所が計測不能となる状況にまで至った。このように洪水は堤防を越え、氾濫水が住宅や田畑を襲ったため、全壊、半壊を含む床上浸水208戸、床下浸水25戸、浸水面積92.8ha となり、一般被害額は約73億円と推計される。

## 2. 河川等災害関連事業(関連)及び河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)の概要

前述した秋雨前線豪雨が引き起こした出水により、浸水被害に見舞われた宗呂川において、上流部では河川等災害関連事業、下流部では河川激甚災害対策特別緊急事業(激特)を緊急的かつ重点的に実施することにより、概ね5年間で、今回と同規模の出水が再来した場合でも家屋浸水の解消等、大幅な被害の軽減を図る。

### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県土佐清水市
- ・延長:宗呂川 L=2,365m
- ・主な事業内容:  
築堤 3,410m、河道掘 38,300m<sup>3</sup>、護岸工 18,500 m<sup>2</sup>、橋梁改築1橋、堰改築1基
- ・事業費:1,126 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

### ○河川激甚災害対策特別緊急事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県土佐清水市
- ・延長:本川 宗呂川 L=4,220m 支川 木の辻川 L= 490m
- ・主な事業内容:築堤 5,990m、河道掘削 250,000m<sup>3</sup>、護岸工 37,540 m<sup>2</sup>  
橋梁改築8橋、堰改築4基、堰撤去2基
- ・事業費:5,960 百万円
- ・工期:平成13年度～平成17年度

## 二級水系 益野川水系益野川、周防形川水系周防形川 小才角川水小才角川 関連事業及び復緊事業概要

### 1. 出水の状況

当地域も局地的な集中豪雨の影響により、6日5時頃には、益野川、周防形川、小才角川で急激な水位上昇となり、洪水は堤防を越え、氾濫水が住宅や田畑を襲い、益野川では床上浸水11戸、床下浸水9戸、周防形川では床上浸水58戸、床下浸水8戸、小才角川では床上浸水23戸、床下浸水25戸の被害が発生し、この3河川で全体の浸水面積は96.5ha におよんだ。

## 2. 河川等災害関連事業(関連)及び河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)の概要

前述した秋雨前線豪雨が引き起こした出水により浸水被害に見舞われた益野川、周防形

川、小才角川において実施する河川等災害関連事業と併せて、下流部で河川災害復旧等関連緊急事業(復緊)を概ね3年間で実施することにより、今回と同規模の出水が再来した場合でも床上浸水の解消等、大幅な被害の軽減を図る。

#### 益野川

##### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県土佐清水市
- ・延長:L=550m
- ・主な事業内容:築堤 1,000m、河道掘削 18,000m<sup>3</sup>、護岸工 5,000 m<sup>2</sup>
- ・事業費:206 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

##### ○河川災害復旧等関連緊急事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県土佐清水市
- ・延長:L=1,770m
- ・主な事業内容:築堤 2,550m、河道掘削 55,000m<sup>3</sup>、護岸工 14,900 m<sup>2</sup>  
堰改築2基、堰撤去4基
- ・事業費:1,444 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

#### 周防形川

##### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県幡多郡大月町
- ・延長:L=140m
- ・主な事業内容:築堤 108m、河道掘削 6,000m<sup>3</sup>、護岸工 1,020 m<sup>2</sup>
- ・事業費:60 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

##### ○河川災害復旧等関連緊急事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県幡多郡大月町
- ・延長:L=780m
- ・主な事業内容:築堤 180m、河道掘削 28,500m<sup>3</sup>、護岸工 4,000 m<sup>2</sup>  
橋梁改築3橋、潮止堰1基
- ・事業費:1,126 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

#### 小才角川

#### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体：高知県
- ・位置：高知県幡多郡大月町
- ・延長：L=148m
- ・主な事業内容：築堤 86m、河道掘削 7,200m<sup>3</sup>、護岸工 1,480 m<sup>2</sup>
- ・事業費：71 百万円
- ・工期：平成13年度～平成15年度

#### ○河川災害復旧等関連緊急事業の概要

- ・事業主体：高知県
- ・位置：高知県幡多郡大月町
- ・延長：L=517m
- ・主な事業内容：築堤 300m、河道掘削 12,200m<sup>3</sup>、護岸工 2,930 m<sup>2</sup>  
橋梁改築4橋
- ・事業費：1,050 百万円
- ・工期：平成13年度～平成15年度

### 二級水系 貝の川川水系貝の川川、才角川水系才角川 福良川水系福良川 関連事業概要

#### 1. 出水の状況

当地域も局地的な集中豪雨の影響により、6日5時頃には、貝の川川、才角川、福良川で急激な水位上昇となり、洪水は堤防を越え、氾濫水が住宅や田畑を襲い、貝の川川では床上浸水46戸、床下浸水9戸、才角川では床上浸水5戸、床下浸水5戸、福良川では床上浸水12戸、床下浸水33戸の被害が発生し、この3河川で全体の浸水面積は239.1haにおよんだ。

#### 2. 河川等災害関連事業(関連)の概要

前述した秋雨前線豪雨が引き起こした出水により浸水被害に見舞われた貝の川川、才角川、福良川において河川等災害関連事業(関連)を概ね3年間で実施することにより、今回と同規模の出水が再来した場合でも床上浸水の解消等、大幅な被害の軽減が図られる。

#### 貝の川川

##### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体：高知県
- ・位置：高知県土佐清水市
- ・延長：L=806m
- ・主な事業内容：築堤 1,000m、河道掘削 27,000m<sup>3</sup>、護岸工 3,500 m<sup>2</sup>  
橋梁改築1橋、堰改築1基

- ・事業費:445 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

#### 才角川

##### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県幡多郡大月町
- ・延長:L=700m
- ・主な事業内容:築堤 950m、河道掘削 26,000m<sup>3</sup>、護岸工 6,500 m<sup>2</sup>  
橋梁改築2橋
- ・事業費:409 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

#### 福良川

##### ○河川等災害関連事業の概要

- ・事業主体:高知県
- ・位置:高知県宿毛市
- ・延長:L=2,250m
- ・主な事業内容:築堤 2,200m、河道掘削 176,000m<sup>3</sup>  
護岸工 12,900 m<sup>2</sup>
- ・事業費:823 百万円
- ・工期:平成13年度～平成15年度

## 資料 6. 竜串海域水害対策緊急調査報告書

黒潮生物研究財団

岩瀬 文人

竜串・見残し地域にはサンゴ群集の景観が特に優れた海域として 4ヶ所の海中公園地区が指定されており、海中展望塔やグラスボート、陸域には水族館を建設するなどの方法により利用が行われてきた。しかし平成 13 年 9 月 6 日の集中豪雨によって、陸域での土砂崩れや三崎川や西の川川等の河川の氾濫による田畑からの土の流出が大規模に発生し、当該海域に大量の土砂が流入した。その結果、湾内の広い海域に泥土が堆積し、地元観光業者やダイビング業者による調査によれば泥土の堆積は厚いところで 40～60cm におよんでいる。岩礁上のサンゴにも泥土の堆積が見られ、厚いところでは数 cm の厚さでサンゴ上を被ってしまったために窒息死し、あるいは長期間にわたる海水の濁りの影響で光合成ができなくなって白化、斃死するサンゴが数多く観察され、造礁サンゴ類の 30～40%程度が死滅したのではないかという深刻な事態を引き起こしている。

竜串湾を千尋崎から城ノ岬までの海域とすると、投影面積はおよそ 3 平方キロメートルあり、この海域の四分の一の海底に、平均で厚さ 20cm の土砂が堆積したと考えると、堆積した泥土の量は 15 万立方メートルに及び、この泥土を除去することは並大抵のことではない。しかしながらこのまま放置すれば低気圧や前線の影響で波が立つたびに堆積した泥土が舞い上がり、再び堆積することによりサンゴが窒息・斃死し、また、水深数 m 以深の濁りがなくならないために光合成が阻害されてサンゴが白化・斃死するなど、さらに多くのサンゴが長期にわたって被害を受け続けることは明らかである。

10 月 5 日午後に、環境省自然保護官、高知県環境保全課、土佐清水市、黒潮生物研究財団、地元観光業者が集まって対策の検討を行ったところ、地元観光業者から、泥土の堆積のひどい海域に砂の採集船によって大きなくぼみを作れば、周辺の泥土はこのくぼみに落ち込んで、広範囲に堆積した泥土の被害をある程度食い止められるのではないかと案があがった。この案が予想通りに機能するかどうかはわからないが、とにかく緊急に堆積した泥土の対策を行う必要があるため、他に効果の期待できる案がないならば、試験的に穴を掘って効果があるかどうか調べてみるべく、準備を始めることとなった。

試験とはいえ海底の地形を変更することになるため、まず地元関係者、住民の同意が最も肝要で、これが成った場合、環境省や高知県はじめ関係諸機関の許認可や砂の採集業者との調整が必要である。

今回の調査は準備の一環として、もし穴を掘ることが可能ならば、どこに掘るべきか、また、穴を掘ることによって周辺海域に悪影響がでないかなどを検討するために行ったものである。

## 調査日時及び方法

### 調査日時

平成 13 年 10 月 6 日午前 11 時～13 時 30 分

### 調査地点

海中公園 3 号地（大バエ）周辺

### 調査方法

大バエの南西、南、南東各 1 地点において潜水し、泥土の堆積状況、泥土の性質、地形等を目視および測量棒を用いて観察し、写真撮影を行った。なお、今回の調査は、砂の採集船で穴を掘る関係上、平坦な地形の所でのみ行い、岩礁部分では調査を行っていない。

## 結果及び考察

### ○大バエ南西

大バエから南側に続く岩礁の西側は比較的平坦な地形で、平均約 20cm 厚、最も厚いところで約 40cm 厚の泥土の堆積が観察された。泥土は粘土質で柔らかく、粘土層の下には細砂がある。この細砂も陸域から流出して堆積したものと考えられ、手で掘ってみたものの堆積厚さは確認できなかった。地形的に穴は掘りやすいと思われるが、隣接する岩礁が南北にウネ状に伸びているため、ここに穴を掘っても岩礁域の泥土が岩礁を越えて穴に落ち込むとは考えがたく、試験地としては不適である。

### ○大バエ南

大バエから南側に続く岩礁が尽きるあたりは所々に岩礁が顔を出す平坦な地形で、平均約 30cm 厚、最も厚いところで約 60cm 厚の泥土の堆積が観察された。泥土は粘土質で柔らかく、粘土層の下には細砂がある部分と貝殻混じりの砂礫がある部分があり、細砂は陸域から流出して堆積したものであると考えられるが、砂礫は水害以前の堆積物であると考えられる。地形的には複数の岩礁帯が南北にウネ状に伸びる南側の末端部で、岩礁の南端から 100m 程度南に離れれば、谷の部分には従来かなりの厚さの砂礫が堆積していたものと考えられ、場所をうまく選定すればかなり大きな穴が掘れると思われる。泥土上にできた波紋によると南北方向に流れがあるものと考えられ、ここに穴を掘れば谷に堆積した泥土がうまく穴の中に落ち込む可能性があると考えられる。

### ○大バエ南東

大バエから南側に続く岩礁に東側は転石や岩礁の多い地形で、平均約 30cm 厚、最も厚いところで約 60cm 厚の泥土の堆積が観察された。泥土は粘土質だが、表面の約 5cm 厚は既に締まっていて、測量棒の石突きで突いてもすぐには貫通せず、何度か上下させると柔らかい層に刺さる。粘土層には多数の木竹の根が混じっている。粘土層の下には転石混じりの砂礫、または岩礁があ

る。河口から流入した河川水は大バエの東を通過して南下したという話を聞いたが、木竹の根が多数分布していることはこれを裏付けるものであると考えられる。この場所はもともと堆積物の少ない岩礁がちの地形であったと考えられ、大きな穴が掘りにくいであろうと考えられる上に、粘土層に混じった木竹の根が砂の採集器具を傷める可能性があり、試験地としては不適である。

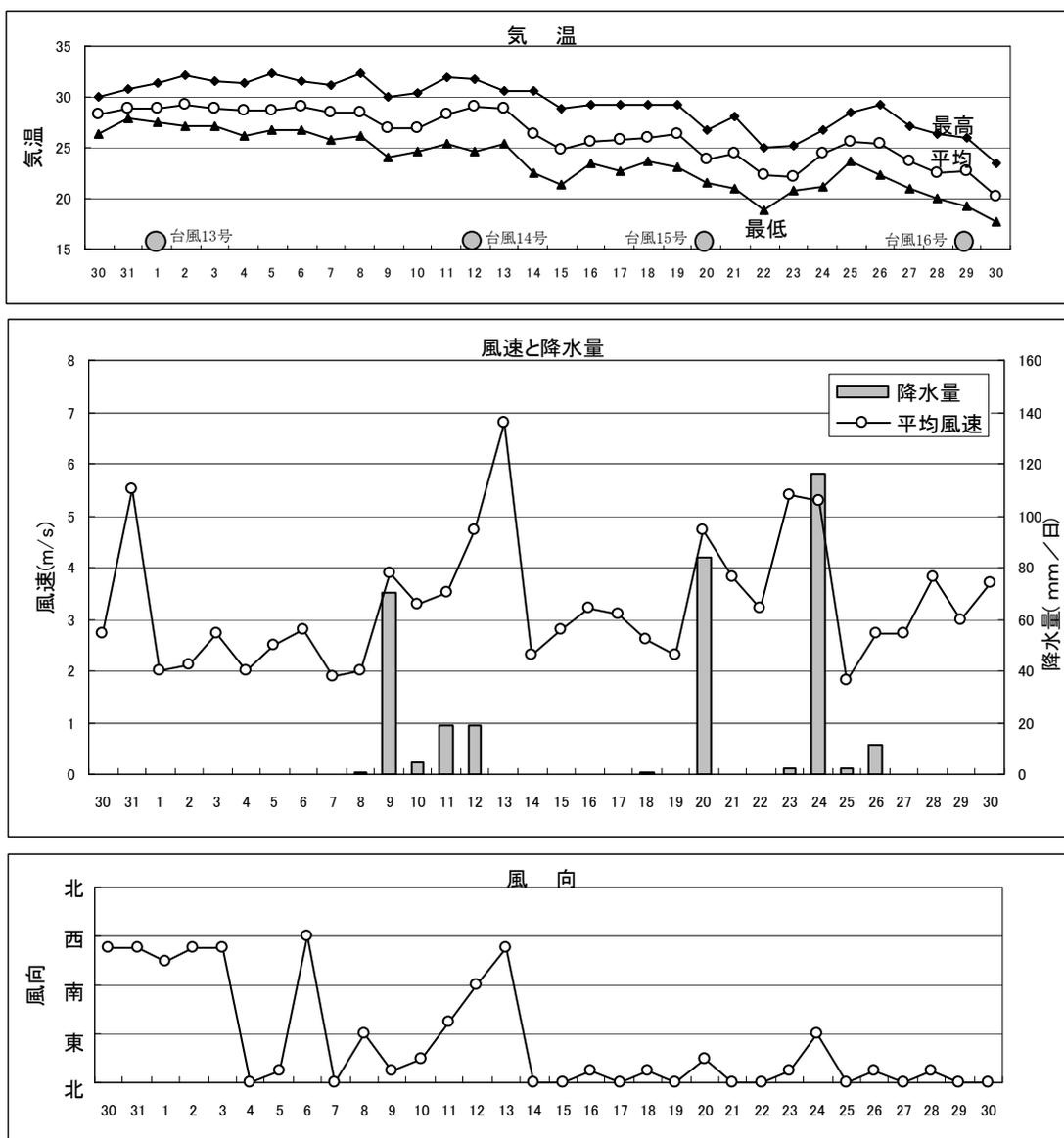
以上の調査結果から、試験地としては大バエから南に続く岩礁が尽きるあたりからさらに100mほど南の、岩礁が谷になっている延長上に試験穴を作るのがよいと考えられる。なお、海水と共に吸い上げられた泥土は粒子が非常に細かいため濾過することができないので、砂の採集船によって穴を掘る際、砂と一緒に吸い上げた海水を周囲にばらまかず、砂と海水と一緒に沖合に運んで捨てなければならない。また、船に積み込んだ海水や砂を捨てる海域は、泥土が海(潮流)に乗って再び接岸することがないように、十分に沖合に設けなければならない。

なお、平成13年度及び14年度に当該海域の環境及びサンゴ類の分布状況、それに基づいて海域及び陸域の利用形態の再検討を行うための調査が、環境省から(財)海中公園センターに発注されており、(財)黒潮生物研究財団もこの調査に参加しているため、試験結果の調査はこの調査予算の一部を当てて行うことができる。

資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中（8月30日～9月30日）の気象観測結果及び天気図（1）

調査期間中の天気は、全体的に晴の日が多く、日平均気温は、20.1～29.2℃の範囲であった。降水量は、9月9日、20日、24日に50mm以上であった。風向は北北東、風速は2～4mの頻度が多かった。

海上気象は、静穏な日が多かったが、台風（14号：9月12～13日、15号：20～21日）が接近した日は波が高くうねりがあった。



調査期間中の気象（陸上）

資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中（8月30日～9月30日）の気象観測結果  
及び天気図（2）

調査期間中の気象（陸上）

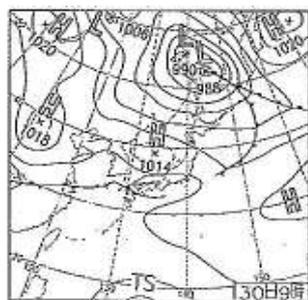
月日	気温℃			降水量 mm	日照時間 h	最大風速	
	平均	最高	最低			風向	風速
	(24回)	(24時)	(24時)	(24時)	(16方位)	M/s	
8.30	28.2	30.0	26.4	0.0	3.3	WSW	5.2
8.31	28.9	30.7	27.9	-	11.4	WSW	7.4
9.01	28.9	31.4	27.5	-	8.6	SW	4.2
9.02	29.2	32.1	27.1	0.0	10.8	W	3.9
9.03	28.9	31.5	27.1	-	11.5	WSW	6.1
9.04	28.7	31.4	26.2	-	11.1	W	3.5
9.05	28.7	32.4	26.7	-	11.4	NNE	4.3
9.06	29.1	31.5	26.7	-	11.7	WSW	6.8
9.07	28.5	31.2	25.7	-	8.0	E	3.5
9.08	28.5	32.3	26.2	1.0	9.1	ESE	6.2
9.09	26.9	30.0	24.0	70.5	5.8	WSW	8.5
9.10	26.9	30.4	24.6	4.5	4.9	NE	6.1
9.11	28.2	31.9	25.3	19.0	4.9	NNE	7.1
9.12	29.0	31.7	24.7	18.5	5.7	SW	8.3
9.13	28.9	30.6	25.3	-	10.9	SW	9.9
9.14	26.3	30.5	22.5	-	9.9	NNW	4.5
9.15	24.9	28.8	21.4	-	7.1	NW	5.0
9.16	25.5	29.3	23.5	-	7.1	NNE	5.1
9.17	25.7	29.3	22.7	-	10.9	NNE	4.5
9.18	25.9	29.3	23.7	0.5	8.5	NNE	4.4
9.19	26.4	29.2	23.1	-	10.1	N	4.1
9.20	23.9	26.7	21.6	83.5	-	NNE	10.1
9.21	24.5	28.0	20.9	0.0	4.8	NNE	8.8
9.22	22.4	25.0	18.8	-	11.3	NNE	6.0
9.23	22.1	25.2	20.7	2.5	5.6	NNE	9.3
9.24	24.5	26.8	21.2	116.0	1.1	E	11.1
9.25	25.5	28.4	23.7	2.5	2.4	N	4.9
9.26	25.4	29.2	22.3	11.0	9.5	NNE	5.2
9.27	23.7	27.1	21.0	-	11.3	NNE	5.9
9.28	22.5	26.3	20.0	-	11.2	NNE	5.5
9.29	22.7	25.9	19.2	-	10.2	NNE	5.0
9.30	20.1	23.4	17.7	-	11.4	N	6.8

資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中（8月30日～9月30日）の気象観測結果  
及び天気図（3）

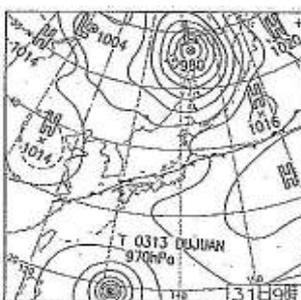
調査期間中の気象（海上）

月日	時刻	天気	気温	湿度	風向	風速	風浪階級	うねり	調査内容
9.1	08:05	曇	30.8	92	-	0.0	0	1	定点波浪・流況調査
9.2	09:00	晴	30.8	90	SSW	1.2	1	2	定点波浪・流況調査
9.3	08:10	晴	28.4	82	SW	2.5	1	1	定点波浪・流況調査
9.4	10:25	快晴	30.6	80	SSW	2.1	1	0	定点波浪・流況調査
9.5	08:05	晴	28.8	85	NE	1.1	1	0	定点波浪・流況調査
9.6	08:00	快晴	29.2	77	WSW	1.2	1	0	定点波浪・流況調査
9.7	07:55	快晴	28.0	78	-	0.0	0	0	定点波浪・流況調査
9.8	08:05	晴	29.4	77	ENE	4.2	1	1	定点波浪・流況調査
9.9	07:55	雨	26.6	88	NE	0.8	1	1	定点波浪・流況調査
9.10	08:00	曇	27.0	86	NNE	7.8	3	2	定点波浪・流況調査
9.11	08:00	曇	29.8	83	ENE	4.8	3	2	定点波浪・流況調査
9.12	08:00	曇時々雨	28.6	90	SE	8.4	3	4	定点波浪・流況調査
9.13	15:30	晴	30.1	87	W	9.5	3	4	定点波浪・流況調査
9.14	08:00	快晴	24.8	82	WNW	5.8	1	2	定点波浪・流況調査 補完流況調査(測流板)
9.15	07:50	晴	23.6	70	WSW	1.2	0	0	定点波浪・流況調査
9.16	07:55	晴	24.8	74	WNW	4.2	1	0	定点波浪・流況調査 補完流況調査(測流板)
9.17	07:40	晴	24.0	78	NNW	3.7	1	0	定点波浪・流況調査
9.18	08:20	晴	28.0	83	E	3.5	1	0	定点波浪・流況調査
	11:50	晴	31.0	70	ENE	2.8	1	0	補完流況調査(ADCP)
2.19	07:55	快晴	25.4	83	N	2.2	1	0	定点波浪・流況調査
2.20	07:45	曇時々雨	25.6	94	NE	8.5	3	4	定点波浪・流況調査
2.21	07:55	曇のち晴	24.8	84	N	2.3	2	3	定点波浪・流況調査
2.22	07:45	快晴	20.2	80	NNW	4.6	2	1	定点波浪・流況調査
2.23	13:00	曇	25.7	79	ENE	9.6	3	0	定点波浪・流況調査
2.24	07:50	雨	25.1	92	E	12.2	3	3	定点波浪・流況調査
2.25	08:20	曇	24.9	92	N	0.7	0	1	定点波浪・流況調査 底質調査
2.26	08:00	晴	24.4	85	NNW	2.8	1	0	定点波浪・流況調査 補完流況調査(測流板)
2.27	06:15	快晴	20.7	89	NNW	0.6	1	1	定点波浪・流況調査
2.28	07:15	快晴	19.2	88	NNW	2.6	1	0	定点流況調査 補完流況調査(測流板)
2.29	08:00	快晴	20.5	85	NNW	2.5	1	0	定点流況調査 波浪調査(岸側)

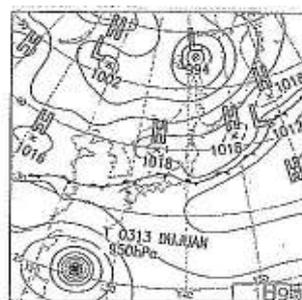
資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中（8月30日～9月30日）の気象観測結果  
及び天気図（4）



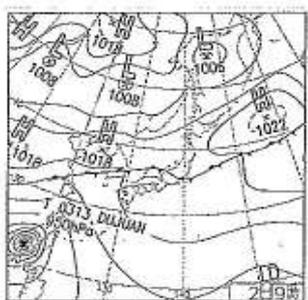
8月30日（土）



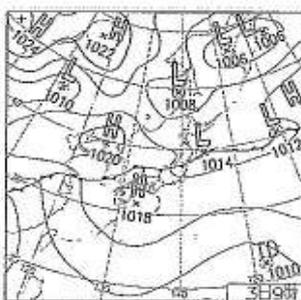
31日（日）



9月1日（月）



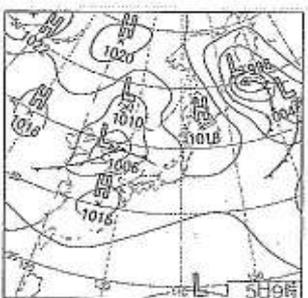
2日（火）



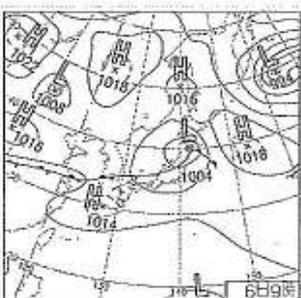
3日（水）



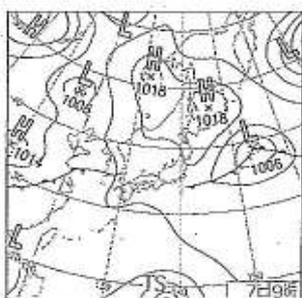
4日（木）



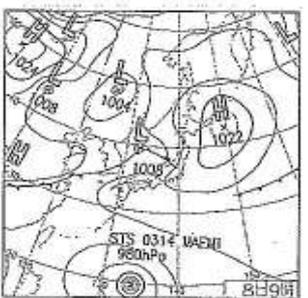
5日（金）



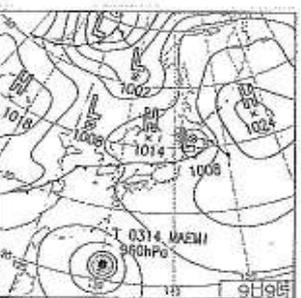
6日（土）



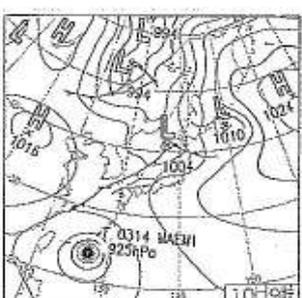
7日（日）



8日（月）



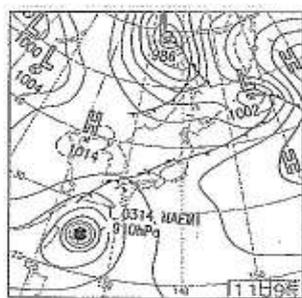
9日（火）



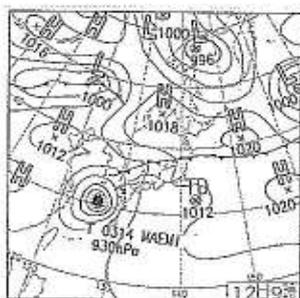
10日（水）

（出典：気象庁監修，（財）日本気象協会発行「地球ウォッチャーズ」より抜粋）  
調査期間中の天気図（1）

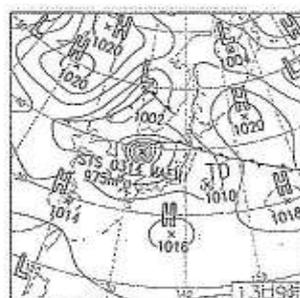
資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中（8月30日～9月30日）の気象観測結果  
及び天気図（5）



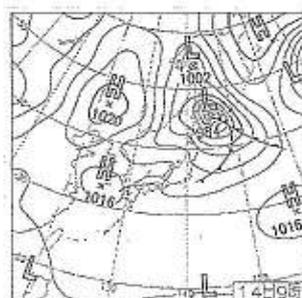
9月11日（木）



12日（金）



13日（土）



14日（日）



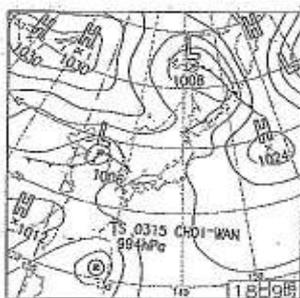
15日（月）



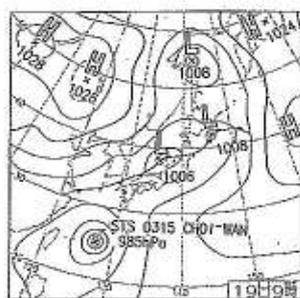
16日（火）



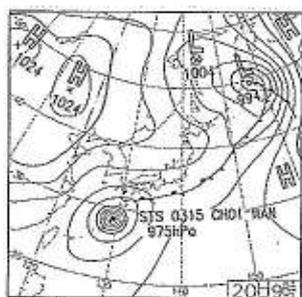
17日（水）



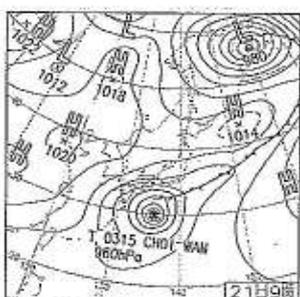
18日（木）



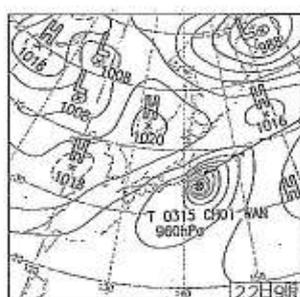
19日（金）



20日（土）



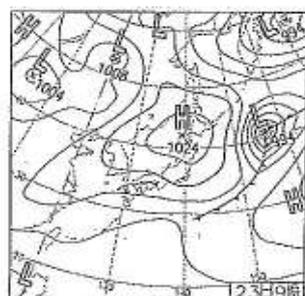
21日（日）



22日（月）

（出典：気象庁監修，（財）日本気象協会発行「地球ウォッチャーズ」より抜粋）  
調査期間中の天気図（2）

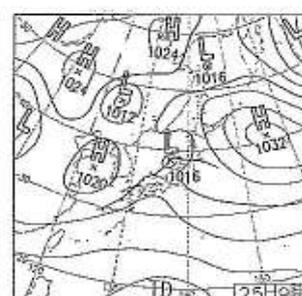
資料7. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中（8月30日～9月30日）の気象観測結果  
及び天気図（6）



9月23日（火）



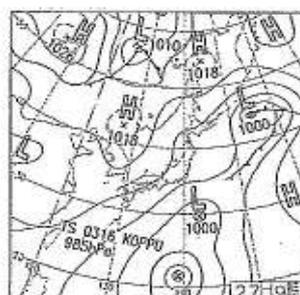
24日（水）



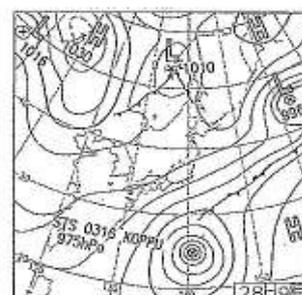
25日（木）



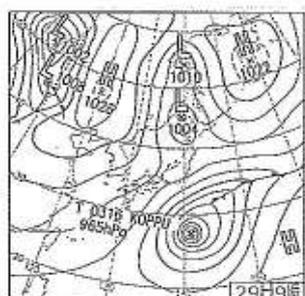
26日（金）



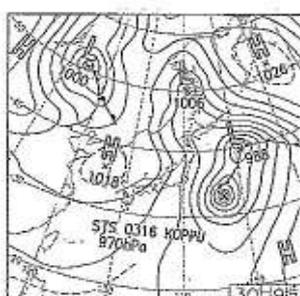
27日（土）



28日（日）



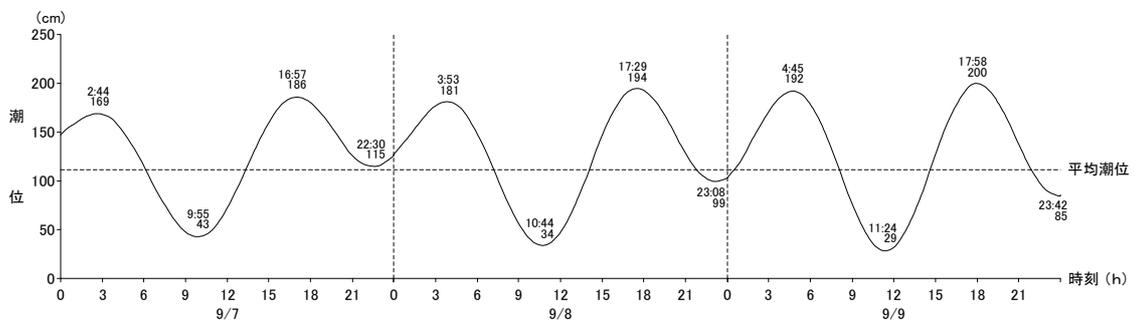
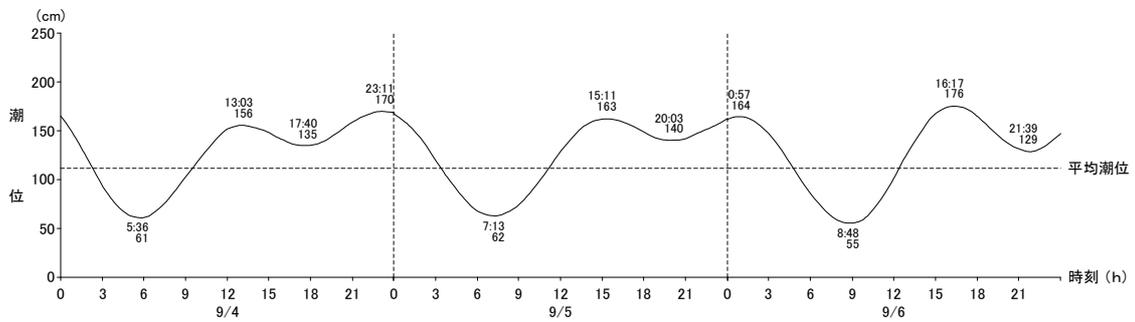
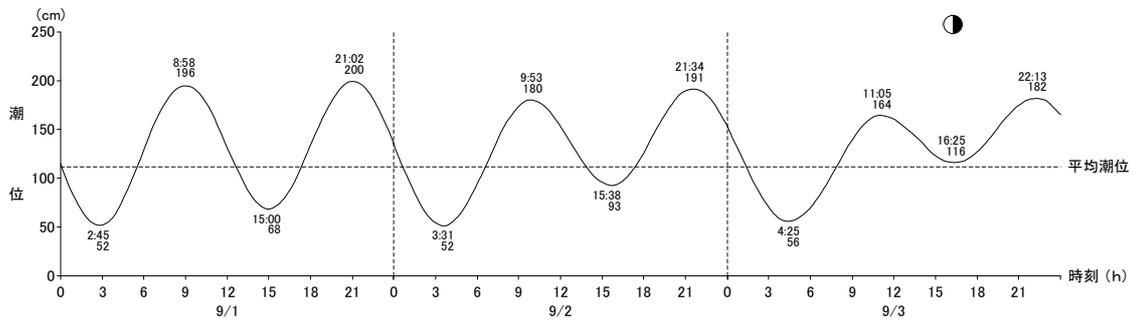
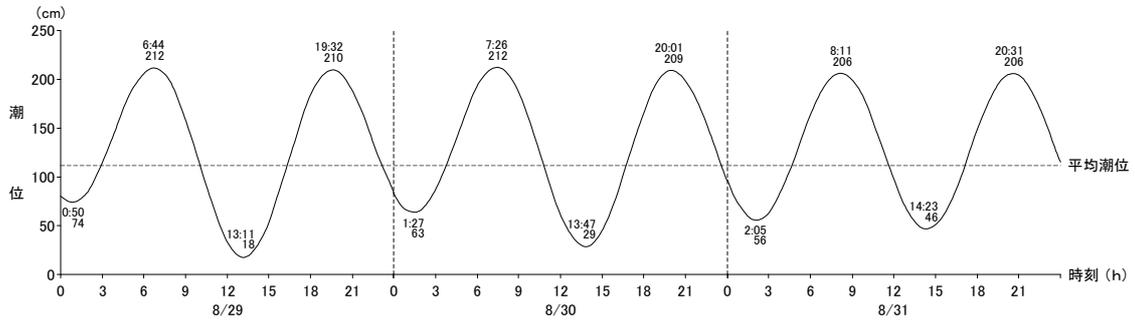
29日（月）



30日（火）

（出典：気象庁監修，（財）日本気象協会発行「地球ウォッチャーズ」より抜粋）  
調査期間中の天気図（3）

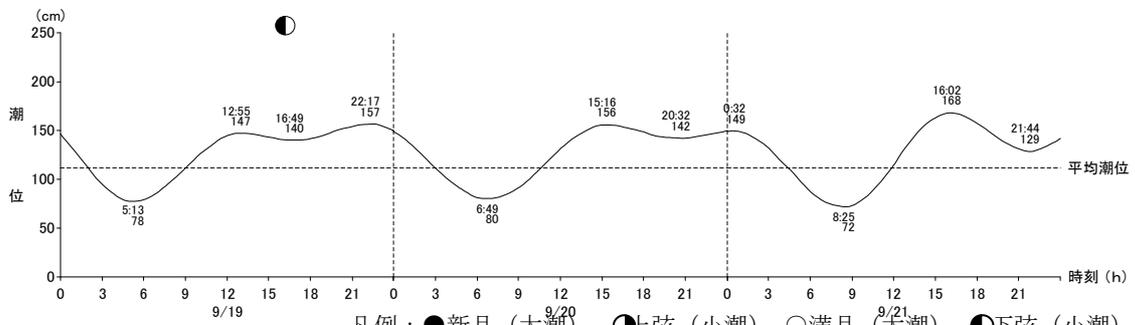
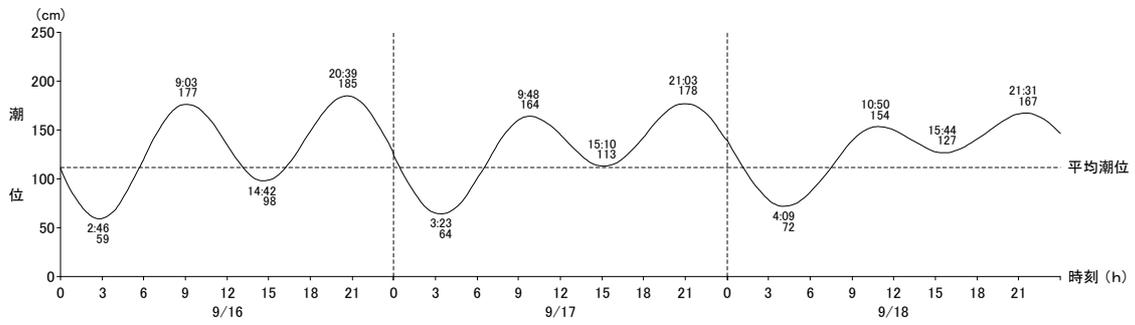
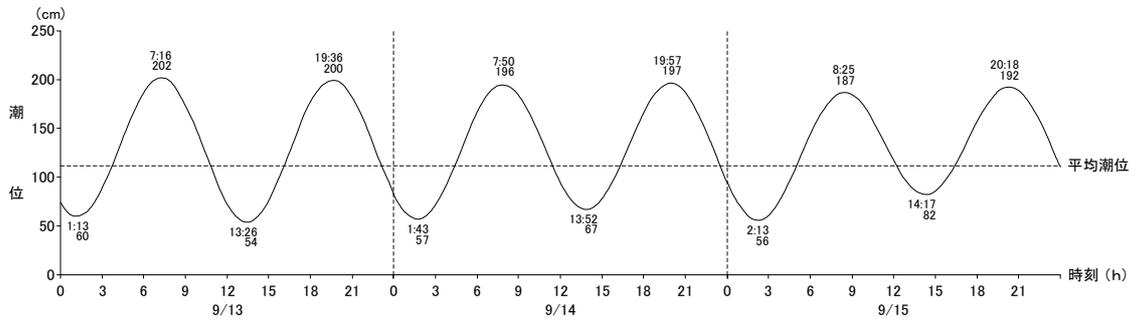
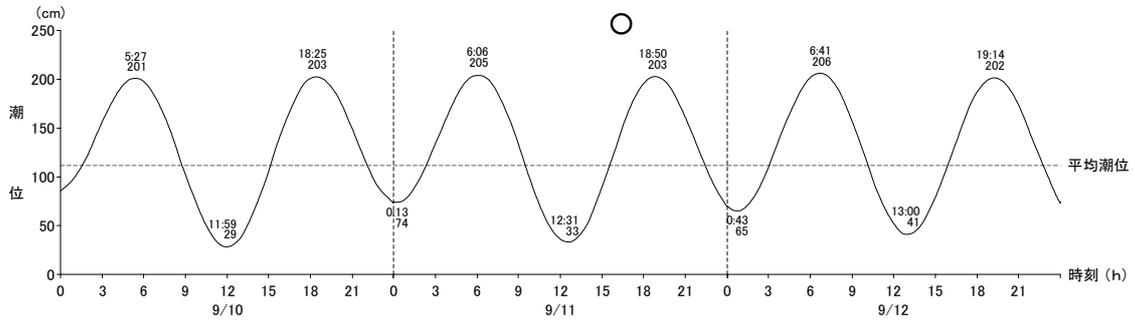
資料 8. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中 (8 月 30 日～9 月 30 日) の推算潮位 (1)



凡例：●新月 (大潮)，☾上弦 (小潮)，○満月 (大潮)，☾下弦 (小潮)

標準港：高知，潮高比：1.05  
潮時差：+5 分，平均潮位：112 cm

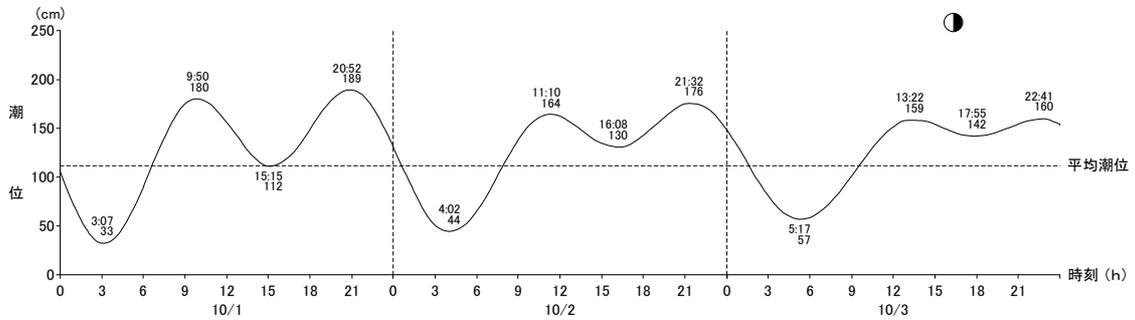
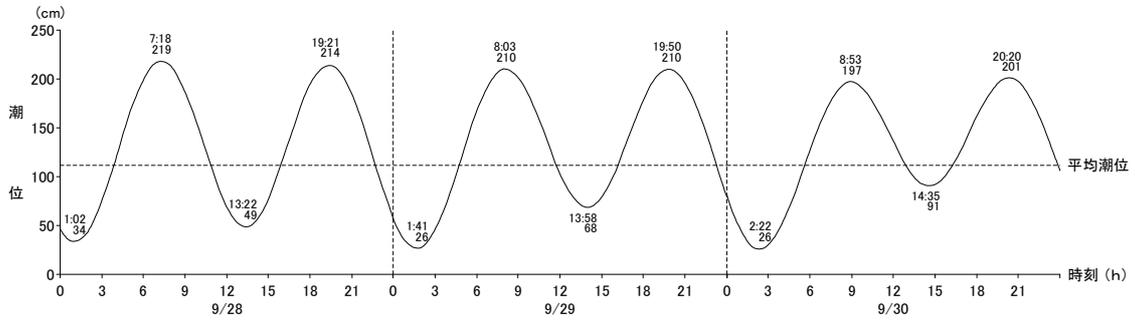
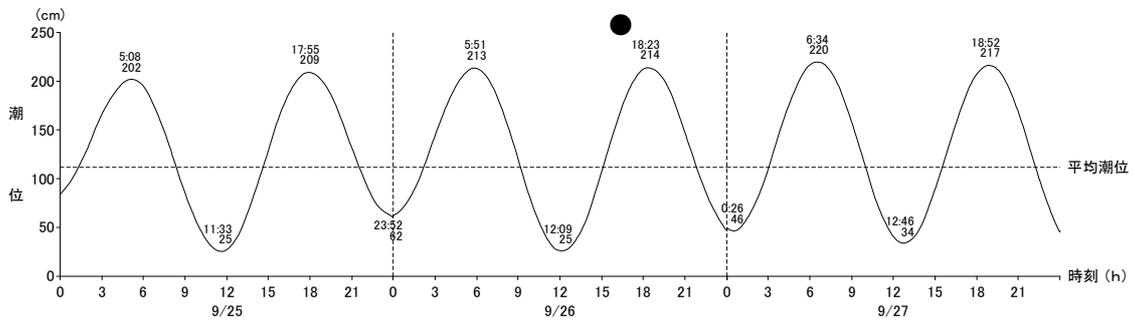
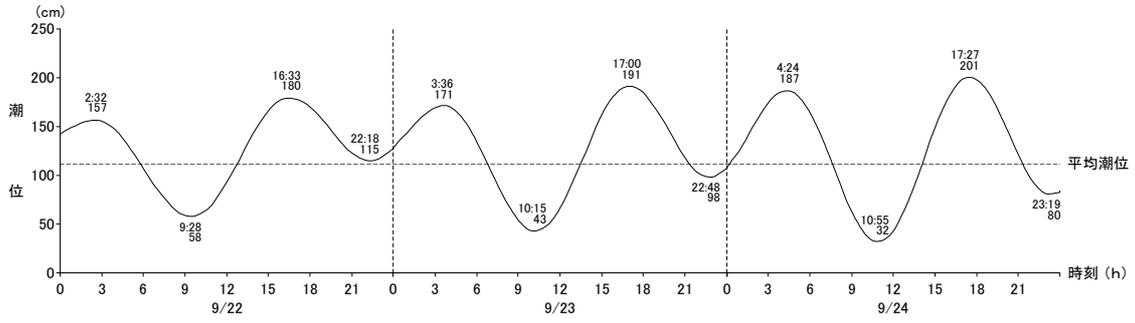
資料 8. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中 (8 月 30 日~9 月 30 日) の推算潮位 (2)



凡例：●新月 (大潮)，●上弦 (小潮)，○満月 (大潮)，●下弦 (小潮)

標準港：高知，潮高比：1.05  
潮時差：+5 分，平均潮位：112 cm

資料 8. 流況、波浪、濁度、底質調査期間中 (8 月 30 日～9 月 30 日) の推算潮位 (3)



凡例：●新月 (大潮)，◐上弦 (小潮)，○满月 (大潮)，◑下弦 (小潮)

標準港：高知，潮高比：1.05  
潮時差：+5 分，平均潮位：112 cm

# 資料9 (1) 流況出現頻度

測点 1 海面下 2.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 c m / s e c	c m / s e c											合計
	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	
-	123 2.8											123 2.8
N	200 4.6	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	203 4.7
NNE	218 5.0	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225 5.2
NE	264 6.1	14 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	278 6.4
ENE	295 6.8	15 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	310 7.2
E	320 7.4	16 0.4	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	341 7.9
ESE	409 9.5	24 0.6	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	435 10.1
SE	254 5.9	8 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	262 6.1
SSE	195 4.5	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	201 4.7
S	177 4.1	14 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	191 4.4
SSW	221 5.1	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	226 5.2
SW	213 4.9	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	220 5.1
WSW	191 4.4	9 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200 4.6
W	239 5.5	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	244 5.6
WNW	329 7.6	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	336 7.8
NW	289 6.7	11 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	300 6.9
NNW	219 5.1	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	225 5.2
合計	4156 96.2	157 3.6	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

測点 1 海底上 3.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 c m / s e c	c m / s e c											合計
	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	
-	76 1.8											76 1.8
N	571 13.2	42 1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	613 14.2
NNE	322 7.5	16 0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	338 7.8
NE	388 9.0	22 0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	410 9.5
ENE	242 5.6	3 0.1	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	247 5.7
E	123 2.8	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	127 2.9
ESE	115 2.7	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122 2.8
SE	104 2.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	104 2.4
SSE	72 1.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	72 1.7
S	44 1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44 1.0
SSW	43 1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	43 1.0
SW	65 1.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65 1.5
WSW	116 2.7	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	123 2.8
W	155 3.6	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163 3.8
WNW	373 8.6	23 0.5	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	397 9.2
NW	594 13.8	73 1.7	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	668 15.5
NNW	659 15.3	48 1.1	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	708 16.4
合計	4062 94.0	252 5.8	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

## 資料9 (2) 流況出現頻度

測点 2 海面下 2.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 <small>c m / s e c</small>	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	合計
-	101 2.3											101 2.3
N	56 1.3	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60 1.4
NNE	119 2.8	10 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	129 3.0
NE	203 4.7	24 0.6	16 0.4	13 0.3	11 0.3	0	0	0	0	0	0	267 6.2
ENE	262 6.1	30 0.7	11 0.3	5 0.1	2 0.0	0	0	0	0	0	0	310 7.2
E	230 5.3	5 0.1	1 0.0	2 0.0	1 0.0	0	0	0	0	0	0	239 5.5
ESE	204 4.7	8 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	212 4.9
SE	164 3.8	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168 3.9
SSE	146 3.4	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150 3.5
S	170 3.9	6 0.1	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	178 4.1
SSW	254 5.9	29 0.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	283 6.6
SW	378 8.8	76 1.8	10 0.2	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	467 10.8
WSW	486 11.3	153 3.5	25 0.6	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	666 15.4
W	435 10.1	93 2.2	22 0.5	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	551 12.8
WNW	268 6.2	40 0.9	10 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	318 7.4
NW	122 2.8	9 0.2	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	132 3.1
NNW	85 2.0	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	89 2.1
合計	3683 85.3	499 11.6	98 2.3	26 0.6	14 0.3	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

測点 2 海底上 3.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 <small>c m / s e c</small>	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	合計
-	160 3.7											160 3.7
N	225 5.2	38 0.9	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	269 6.2
NNE	315 7.3	132 3.1	26 0.6	11 0.3	1 0.0	0	0	0	0	0	0	485 11.2
NE	236 5.5	41 0.9	10 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	287 6.6
ENE	95 2.2	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	101 2.3
E	66 1.5	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67 1.6
ESE	77 1.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77 1.8
SE	134 3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134 3.1
SSE	190 4.4	16 0.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	206 4.8
S	322 7.5	124 2.9	11 0.3	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	459 10.6
SSW	542 12.5	132 3.1	17 0.4	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	694 16.1
SW	395 9.1	85 2.0	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	485 11.2
WSW	244 5.6	44 1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	288 6.7
W	158 3.7	20 0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178 4.1
WNW	134 3.1	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	137 3.2
NW	143 3.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143 3.3
NNW	145 3.4	4 0.1	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	150 3.5
合計	3581 82.9	646 15.0	76 1.8	16 0.4	1 0.0	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

## 資料9 (3) 流況出現頻度

測点 3 海面下 2.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 $\frac{c}{s} \frac{m}{e} \frac{c}{c}$	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	合計
-	132 3.1											132 3.1
N	252 5.8	115 2.7	24 0.6	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	392 9.1
NNE	212 4.9	65 1.5	31 0.7	9 0.2	1 0.0	1 0.0	0	0	0	0	0	319 7.4
NE	237 5.5	54 1.3	14 0.3	6 0.1	5 0.1	0	0	0	0	0	0	316 7.3
ENE	223 5.2	57 1.3	9 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	289 6.7
E	203 4.7	46 1.1	9 0.2	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	259 6.0
ESE	183 4.2	39 0.9	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	229 5.3
SE	176 4.1	33 0.8	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	214 5.0
SSE	173 4.0	25 0.6	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	199 4.6
S	254 5.9	33 0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	287 6.6
SSW	267 6.2	70 1.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	337 7.8
SW	273 6.3	43 1.0	11 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	327 7.6
WSW	197 4.6	26 0.6	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	224 5.2
W	195 4.5	20 0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215 5.0
WNW	144 3.3	24 0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168 3.9
NW	149 3.4	35 0.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	184 4.3
NNW	176 4.1	44 1.0	9 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	229 5.3
合計	3446 79.8	729 16.9	121 2.8	17 0.4	6 0.1	1 0.0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

測点 3 海底上 3.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 $\frac{c}{s} \frac{m}{e} \frac{c}{c}$	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	合計
-	101 2.3											101 2.3
N	529 12.2	123 2.8	29 0.7	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	682 15.8
NNE	376 8.7	59 1.4	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	441 10.2
NE	302 7.0	21 0.5	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	324 7.5
ENE	188 4.4	11 0.3	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	201 4.7
E	147 3.4	3 0.1	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	151 3.5
ESE	139 3.2	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	145 3.4
SE	161 3.7	7 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	168 3.9
SSE	176 4.1	10 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	186 4.3
S	90 2.1	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95 2.2
SSW	144 3.3	14 0.3	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	161 3.7
SW	195 4.5	23 0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	218 5.0
WSW	198 4.6	17 0.4	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	216 5.0
W	154 3.6	19 0.4	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	176 4.1
WNW	209 4.8	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	214 5.0
NW	279 6.5	13 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292 6.8
NNW	483 11.2	60 1.4	6 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	549 12.7
合計	3871 89.6	396 9.2	52 1.2	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

## 資料9 (4) 流況出現頻度

測点 4 海面下 2.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 \ c m / s e c	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	合計
-	98 2.3											98 2.3
N	97 2.2	18 0.4	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	118 2.7
NNE	132 3.1	32 0.7	4 0.1	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	170 3.9
NE	140 3.2	51 1.2	19 0.4	26 0.6	2 0.0	0	0	0	0	0	0	238 5.5
ENE	149 3.4	113 2.6	63 1.5	48 1.1	30 0.7	9 0.2	0	0	0	0	0	412 9.5
E	172 4.0	116 2.7	57 1.3	14 0.3	11 0.3	0	0	0	0	0	0	370 8.6
ESE	165 3.8	79 1.8	19 0.4	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	264 6.1
SE	178 4.1	53 1.2	6 0.1	1 0.0	1 0.0	0	0	0	0	0	0	239 5.5
SSE	191 4.4	53 1.2	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	248 5.7
S	193 4.5	100 2.3	14 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	307 7.1
SSW	227 5.3	127 2.9	19 0.4	5 0.1	1 0.0	0	0	0	0	0	0	379 8.8
SW	256 5.9	137 3.2	22 0.5	4 0.1	5 0.1	0	0	0	0	0	0	424 9.8
WSW	227 5.3	117 2.7	19 0.4	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	368 8.5
W	205 4.7	70 1.6	9 0.2	0	1 0.0	0	0	0	0	0	0	285 6.6
WNW	144 3.3	31 0.7	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	179 4.1
NW	115 2.7	13 0.3	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	130 3.0
NNW	82 1.9	7 0.2	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	91 2.1
合計	2771 64.1	1117 25.9	266 6.2	106 2.5	51 1.2	9 0.2	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

測点 4 海底上 3.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 \ c m / s e c	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	合計
-	52 1.2											52 1.2
N	117 2.7	34 0.8	8 0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	159 3.7
NNE	157 3.6	64 1.5	28 0.6	6 0.1	1 0.0	0	0	0	0	0	0	256 5.9
NE	170 3.9	79 1.8	23 0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	272 6.3
ENE	162 3.8	50 1.2	13 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	225 5.2
E	145 3.4	47 1.1	4 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	196 4.5
ESE	149 3.4	41 0.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190 4.4
SE	130 3.0	33 0.8	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	164 3.8
SSE	169 3.9	34 0.8	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	206 4.8
S	168 3.9	62 1.4	5 0.1	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	237 5.5
SSW	268 6.2	168 3.9	53 1.2	39 0.9	4 0.1	0	0	0	0	0	0	532 12.3
SW	340 7.9	262 6.1	103 2.4	28 0.6	8 0.2	0	0	0	0	0	0	741 17.2
WSW	296 6.9	136 3.1	17 0.4	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	452 10.5
W	183 4.2	60 1.4	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	244 5.6
WNW	126 2.9	9 0.2	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	136 3.1
NW	105 2.4	15 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120 2.8
NNW	107 2.5	28 0.6	3 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	138 3.2
合計	2844 65.8	1122 26.0	263 6.1	78 1.8	13 0.3	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0  
測得率 : 100.0 %

資料9 (5) 流況出現頻度

測点 5 海面下 2.0 m 層

調査年月日：平成15年8月30日 ～ 9月29日

方向 c m / s e c	速度 (cm/s)											合計
	0 ~	5 ~	10 ~	15 ~	20 ~	25 ~	30 ~	35 ~	40 ~	45 ~	50 ~	
-	439 10.2											439 10.2
N	311 7.2	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	312 7.2
NNE	307 7.1	1 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	308 7.1
NE	183 4.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183 4.2
ENE	152 3.5	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	157 3.6
E	202 4.7	13 0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	215 5.0
ESE	323 7.5	5 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	328 7.6
SE	381 8.8	2 0.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	383 8.9
SSE	299 6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	299 6.9
S	250 5.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250 5.8
SSW	202 4.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	202 4.7
SW	152 3.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	152 3.5
WSW	134 3.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	134 3.1
W	173 4.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	173 4.0
WNW	233 5.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	233 5.4
NW	259 6.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	259 6.0
NNW	293 6.8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	293 6.8
合計	4293 99.4	27 0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4320 100.0

欠測個数 : 0

測得率 : 100.0 %

資料10(1). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 1  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 42"  
           東 經 132° 52' 0"  
 測 定 層 : 海 面 下 2.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		橢 円 要 素						主 流 向			
					長 軸			短 軸			45°			
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角		
M <sub>2</sub>	cm/s 0.2	° 77	cm/s 0.1	° 207	° 346	cm/s 0.3	° 74	° 76	cm/s 0.1	° 164	cm/s 0.1	° 98		
S <sub>2</sub>	0.1	163	0.2	132	65	0.3	138	155	0.1	48	0.2	143		
K <sub>2</sub>	0.0	163	0.1	132	65	0.1	138	155	0.0	48	0.1	143		
N <sub>2</sub>	0.0	32	0.0	247	343	0.0	35	73	0.0	305	0.0	15		
K <sub>1</sub>	0.2	143	0.1	142	21	0.2	143	111	0.0	53	0.2	142		
O <sub>1</sub>	0.1	301	0.2	95	293	0.2	279	23	0.0	9	0.1	76		
P <sub>1</sub>	0.1	143	0.0	142	21	0.1	143	111	0.0	53	0.1	142		
Q <sub>1</sub>	0.0	19	0.0	72	72	0.0	65	162	0.0	155	0.0	56		
M <sub>4</sub>	0.1	309	0.1	319	42	0.1	313	132	0.0	43	0.1	314		
MS <sub>4</sub>	0.0	273	0.1	2	89	0.1	1	179	0.0	91	0.1	342		
U <sub>0</sub>	0 cm/s		0.2 cm/s		0.2 cm/s						81°		0.1 cm/s	

資料10(2). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 1  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 42"  
           東 經 132° 52' 0"  
 測 定 層 : 海 底 上 3.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		楕 円 要 素						主 流 向	
					長 軸			短 軸			66°	
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角
M <sub>2</sub>	cm/s 0.1	° 37	cm/s 0.2	° 86	° 49	cm/s 0.2	° 64	° 139	cm/s 0.1	° 154	cm/s 0.2	° 72
S <sub>2</sub>	0.2	135	0.1	197	10	0.2	138	100	0.1	228	0.1	162
K <sub>2</sub>	0.1	135	0.0	197	10	0.1	138	100	0.0	228	0.0	162
N <sub>2</sub>	0.0	344	0.0	26	49	0.0	7	139	0.0	97	0.0	14
K <sub>1</sub>	0.1	31	0.4	292	273	0.4	111	3	0.1	21	0.4	299
O <sub>1</sub>	0.1	322	0.2	234	88	0.2	235	178	0.1	145	0.2	246
P <sub>1</sub>	0.0	31	0.1	292	273	0.1	111	3	0.0	21	0.1	299
Q <sub>1</sub>	0.0	106	0.0	206	276	0.0	29	6	0.0	119	0.0	195
M <sub>4</sub>	0.0	298	0.1	123	301	0.1	302	31	0.0	212	0.1	125
MS <sub>4</sub>	0.1	145	0.0	292	344	0.1	143	74	0.0	233	0.0	194
U <sub>0</sub>	1.2 cm/s		-0.3 cm/s		1.3 cm/s			344°			0.2 cm/s	

資料10(3). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 2  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 34"  
 東 経 132° 51' 25"  
 測 定 層 : 海 面 下 2.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		楕 円 要 素						主 流 向		
					長 軸			短 軸			59°		
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角	
M <sub>2</sub>	cm/s 0.2	° 221	cm/s 0.4	° 191	° 63	cm/s 0.5	° 197	° 153	cm/s 0.1	° 107	cm/s 0.5	° 198	
S <sub>2</sub>	0.5	98	0.8	123	59	1.0	116	149	0.2	206	1.0	116	
K <sub>2</sub>	0.1	98	0.2	123	59	0.3	116	149	0.0	206	0.3	116	
N <sub>2</sub>	0.0	287	0.1	227	71	0.1	236	161	0.0	146	0.1	241	
K <sub>1</sub>	0.4	84	0.6	106	56	0.8	99	146	0.1	189	0.8	99	
O <sub>1</sub>	0.4	120	0.8	117	61	0.9	118	151	0.0	28	0.9	118	
P <sub>1</sub>	0.1	84	0.2	106	56	0.3	99	146	0.0	189	0.3	99	
Q <sub>1</sub>	0.1	138	0.2	122	61	0.2	126	151	0.0	36	0.2	126	
M <sub>4</sub>	0.1	263	0.1	324	78	0.1	320	168	0.0	50	0.1	313	
MS <sub>4</sub>	0.3	2	0.2	9	43	0.4	5	133	0.0	95	0.3	6	
U <sub>0</sub>	-0.3 cm/s		-0.7 cm/s		0.8 cm/s						248°		-0.8 cm/s

資料10(4). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 2  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 34"  
           東 經 132° 51' 25"  
 測 定 層 : 海 底 上 3.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		楕 円 要 素						主 流 向		
					長 軸			短 軸			20°		
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角	
M <sub>2</sub>	cm/s 0.6	° 56	cm/s 0.1	° 76	° 13	cm/s 0.6	° 57	° 103	cm/s 0.0	° 147	cm/s 0.6	° 57	
S <sub>2</sub>	0.1	299	0.0	220	1	0.1	299	91	0.0	209	0.1	298	
K <sub>2</sub>	0.0	299	0.0	220	1	0.0	299	91	0.0	209	0.0	298	
N <sub>2</sub>	0.1	285	0.0	360	4	0.1	286	94	0.0	16	0.1	290	
K <sub>1</sub>	0.2	228	0.1	177	30	0.2	214	120	0.1	124	0.2	218	
O <sub>1</sub>	0.4	259	0.3	203	32	0.4	242	122	0.2	152	0.4	248	
P <sub>1</sub>	0.1	228	0.0	177	30	0.1	214	120	0.0	124	0.1	218	
Q <sub>1</sub>	0.1	274	0.1	216	31	0.1	257	121	0.0	167	0.1	263	
M <sub>4</sub>	0.2	283	0.1	287	28	0.2	284	118	0.0	14	0.2	284	
MS <sub>4</sub>	0.2	52	0.0	17	13	0.2	50	103	0.0	320	0.2	49	
U <sub>0</sub>	-0.4 cm/s		-0.3 cm/s		0.5 cm/s						215°		-0.5 cm/s

資料10(5). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 3  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 22"  
           東 經 132° 51' 58"  
 測 定 層 : 海 面 下 2.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		橢 円 要 素						主 流 向		
					長 軸			短 軸			59°		
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角	
M <sub>2</sub>	cm/s 0.7	° 99	cm/s 0.5	° 190	° 357	cm/s 0.7	° 96	° 87	cm/s 0.5	° 186	cm/s 0.6	° 154	
S <sub>2</sub>	0.5	41	0.6	113	58	0.7	89	148	0.5	179	0.7	90	
K <sub>2</sub>	0.1	41	0.2	113	58	0.2	89	148	0.1	179	0.2	90	
N <sub>2</sub>	0.1	130	0.1	231	337	0.1	112	67	0.1	202	0.1	192	
K <sub>1</sub>	0.6	97	1.0	123	59	1.1	116	149	0.2	206	1.1	116	
O <sub>1</sub>	0.6	9	0.7	118	299	0.7	319	29	0.5	49	0.6	89	
P <sub>1</sub>	0.2	97	0.3	123	59	0.4	116	149	0.1	206	0.4	116	
Q <sub>1</sub>	0.1	326	0.1	115	309	0.2	307	39	0.0	37	0.1	92	
M <sub>4</sub>	0.2	212	0.1	174	24	0.2	205	114	0.1	115	0.2	194	
MS <sub>4</sub>	0.2	173	0.2	333	312	0.3	162	42	0.0	252	0.1	314	
U <sub>0</sub>	0.4 cm/s		0.2 cm/s		0.4 cm/s						33°		0.4 cm/s

資料10(6). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 3  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 22"  
           東 經 132° 51' 58"  
 測 定 層 : 海 底 上 3.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		楕 円 要 素						主 流 向		
					長 軸			短 軸			24°		
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角	
M <sub>2</sub>	cm/s 0.7	° 40	cm/s 0.2	° 93	° 12	cm/s 0.7	° 43	° 102	cm/s 0.2	° 133	cm/s 0.7	° 46	
S <sub>2</sub>	0.1	56	0.2	146	270	0.2	326	0	0.1	56	0.1	90	
K <sub>2</sub>	0.0	56	0.1	146	270	0.1	326	0	0.0	56	0.0	90	
N <sub>2</sub>	0.1	32	0.0	64	16	0.1	34	106	0.0	124	0.1	36	
K <sub>1</sub>	0.6	274	0.2	286	15	0.6	274	105	0.0	4	0.6	275	
O <sub>1</sub>	0.4	220	0.2	267	23	0.4	228	113	0.1	318	0.4	228	
P <sub>1</sub>	0.2	274	0.1	286	15	0.2	274	105	0.0	4	0.2	275	
Q <sub>1</sub>	0.1	193	0.0	258	16	0.1	200	106	0.0	290	0.1	204	
M <sub>4</sub>	0.1	29	0.1	68	41	0.1	46	131	0.1	136	0.1	40	
MS <sub>4</sub>	0.1	264	0.1	109	338	0.2	268	68	0.0	178	0.1	258	
U <sub>0</sub>	1.0 cm/s		-0.2 cm/s		1.0 cm/s						351°		0.9 cm/s

資料10(7). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 4  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 19"  
           東 經 132° 51' 26"  
 測 定 層 : 海 面 下 2.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		楕 円 要 素						主 流 向	
					長 軸			短 軸			64°	
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角
M <sub>2</sub>	cm/s 0.6	° 175	cm/s 1.3	° 234	° 73	cm/s 1.3	° 227	° 163	cm/s 0.5	° 317	cm/s 1.3	° 223
S <sub>2</sub>	0.5	99	1.1	137	69	1.2	131	159	0.3	221	1.2	130
K <sub>2</sub>	0.1	99	0.3	137	69	0.3	131	159	0.1	221	0.3	130
N <sub>2</sub>	0.1	216	0.2	286	78	0.3	280	168	0.1	10	0.2	274
K <sub>1</sub>	1.0	121	1.8	144	61	2.0	139	151	0.3	229	2.0	140
O <sub>1</sub>	1.1	123	1.9	139	60	2.2	135	150	0.3	225	2.2	135
P <sub>1</sub>	0.3	121	0.6	144	61	0.7	139	151	0.1	229	0.7	140
Q <sub>1</sub>	0.2	124	0.4	136	60	0.4	133	150	0.0	223	0.4	133
M <sub>4</sub>	0.1	341	0.1	39	56	0.1	19	146	0.1	109	0.1	24
MS <sub>4</sub>	0.1	311	0.3	348	69	0.3	343	159	0.1	73	0.3	342
U <sub>0</sub>	-0.8 cm/s		0.8 cm/s		1.1 cm/s			135°			0.4 cm/s	

資料10(8). 潮流30日間調和分解結果

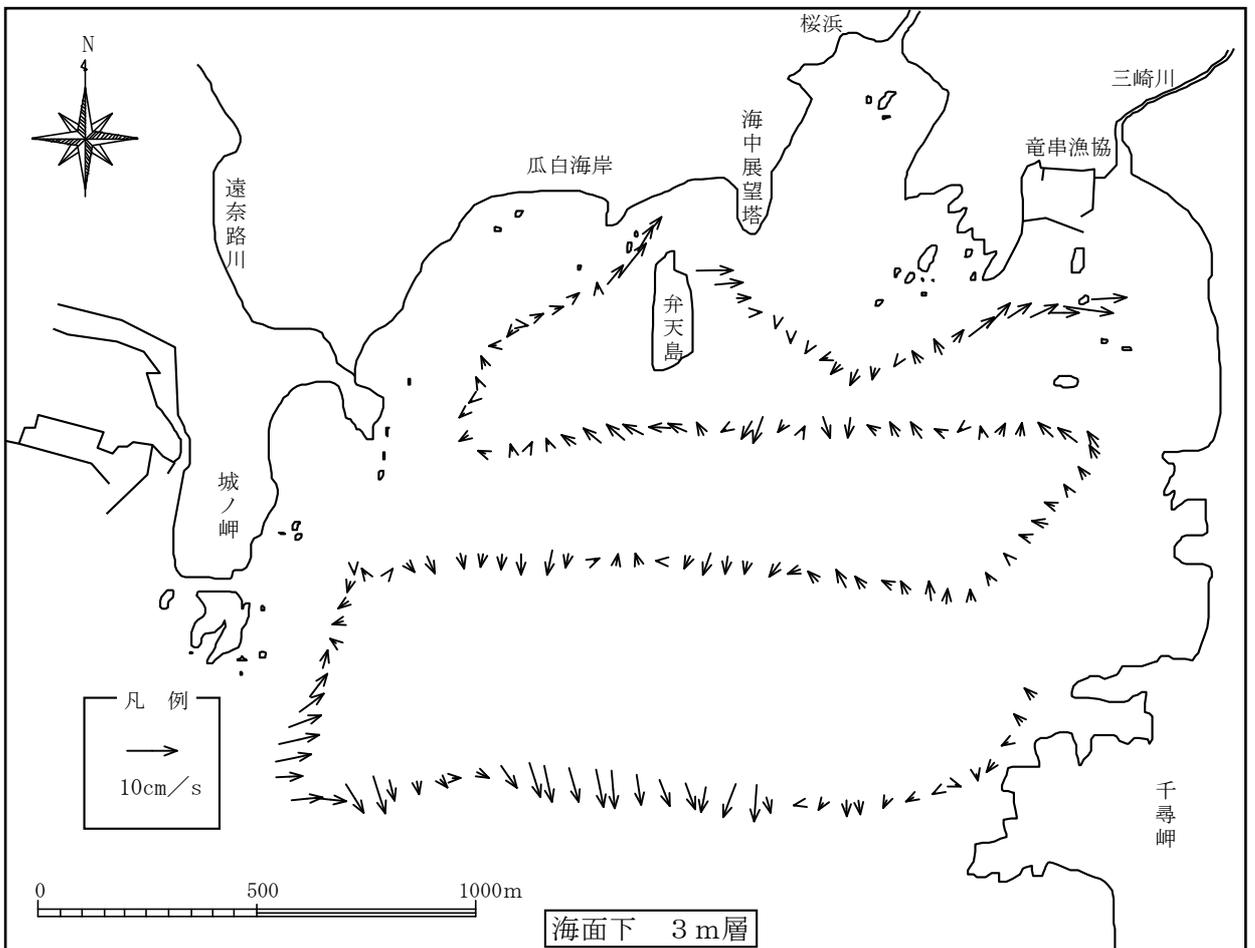
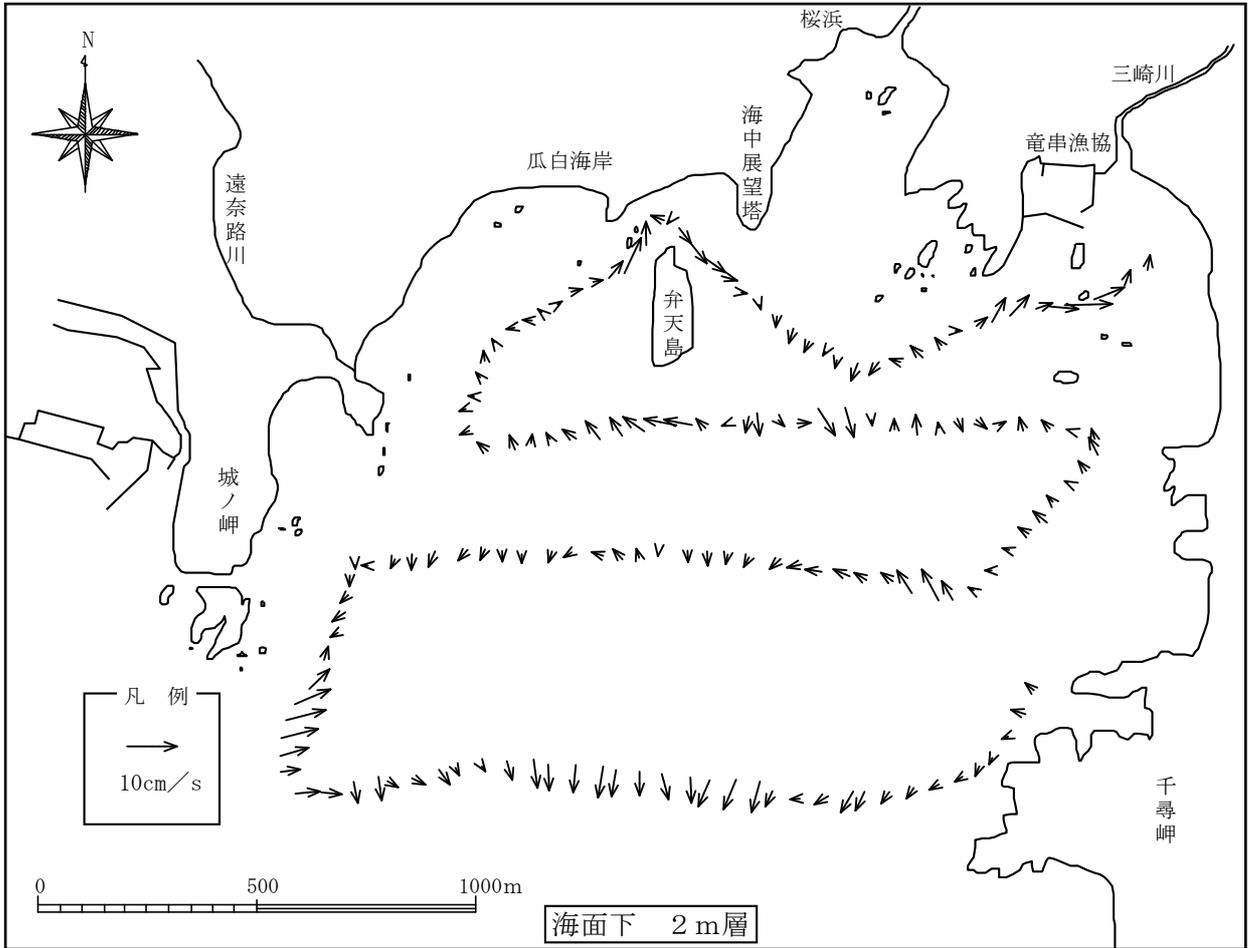
測 点 : 4  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 19"  
           東 經 132° 51' 26"  
 測 定 層 : 海 底 上 3.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

分 潮	北方分速		東方分速		橢 円 要 素						主 流 向		
					長 軸			短 軸			28°		
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角	
M <sub>2</sub>	cm/s 0.8	° 53	cm/s 0.5	° 141	° 2	cm/s 0.8	° 55	° 92	cm/s 0.5	° 145	cm/s 0.7	° 70	
S <sub>2</sub>	0.3	199	0.3	180	43	0.4	190	133	0.1	100	0.4	193	
K <sub>2</sub>	0.1	199	0.1	180	43	0.1	190	133	0.0	100	0.1	193	
N <sub>2</sub>	0.2	335	0.1	121	332	0.2	327	62	0.0	57	0.1	349	
K <sub>1</sub>	0.8	259	0.4	271	29	0.9	262	119	0.1	352	0.9	262	
O <sub>1</sub>	0.7	218	0.6	250	40	0.8	231	130	0.2	321	0.8	228	
P <sub>1</sub>	0.3	259	0.1	271	29	0.3	262	119	0.0	352	0.3	262	
Q <sub>1</sub>	0.1	197	0.1	239	40	0.2	215	130	0.1	305	0.2	210	
M <sub>4</sub>	0.3	149	0.2	267	339	0.4	138	69	0.2	228	0.3	167	
MS <sub>4</sub>	0.1	20	0.2	175	304	0.2	3	34	0.0	93	0.0	64	
U <sub>0</sub>	-1.3 cm/s		-0.9 cm/s		1.6 cm/s						214°		-1.6 cm/s

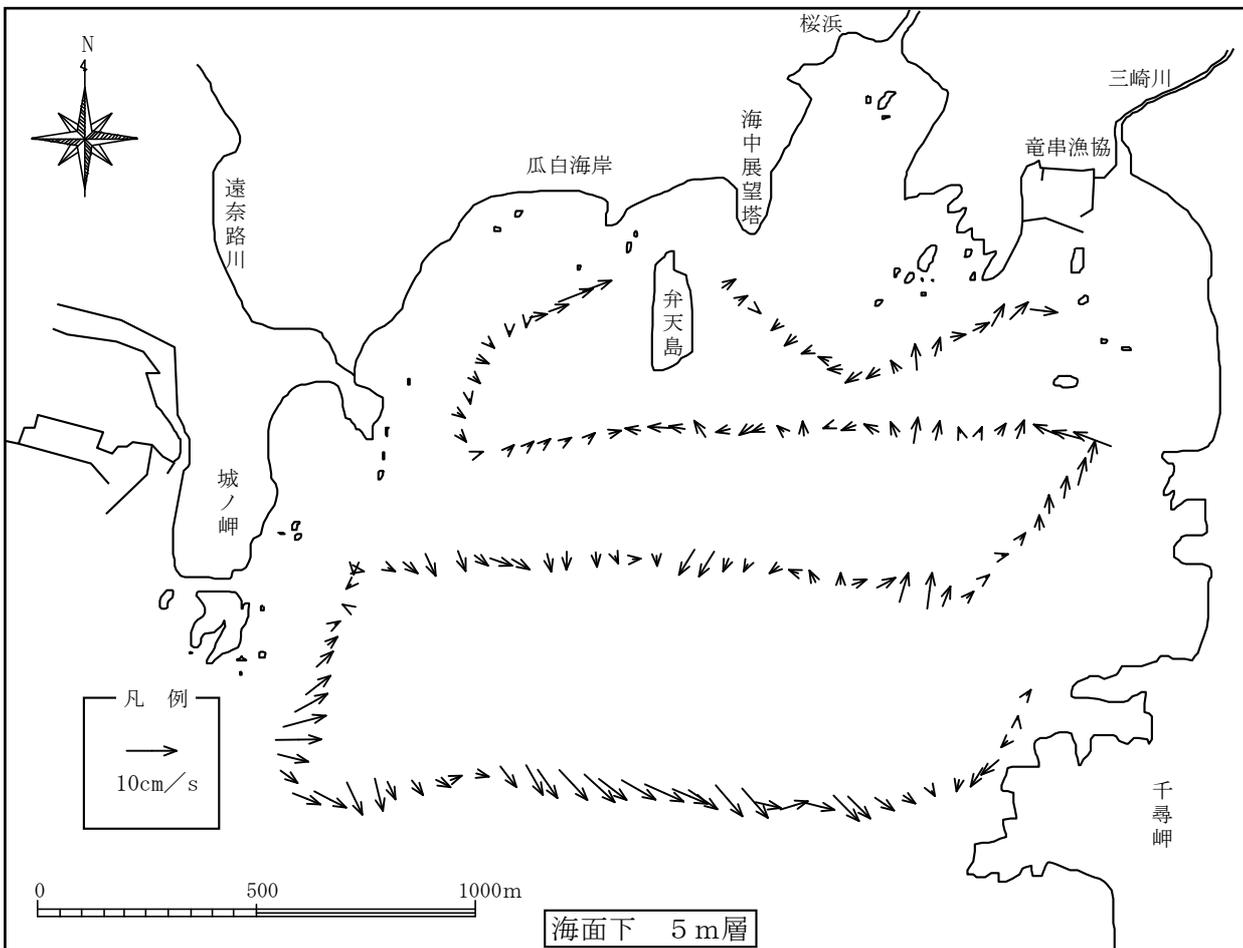
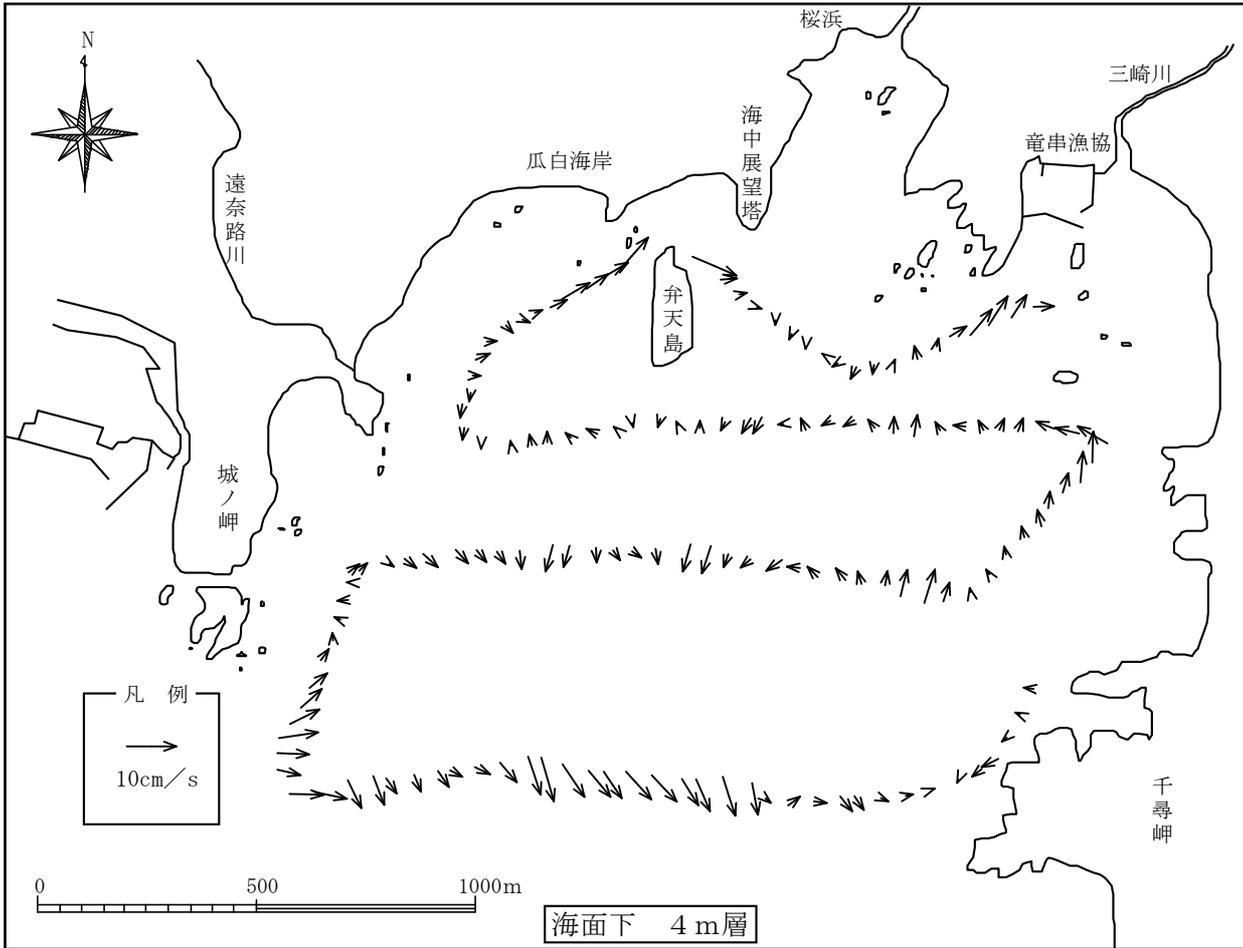
資料10(9). 潮流30日間調和分解結果

測 点 : 5  
 位 置 : 北 緯 32° 46' 57"  
           東 經 132° 52' 18"  
 測 定 層 : 海 面 下 2.0 m  
 調査年月日 : 平成15年 8月30日～ 9月29日  
 測 器 : アンデラー流速計

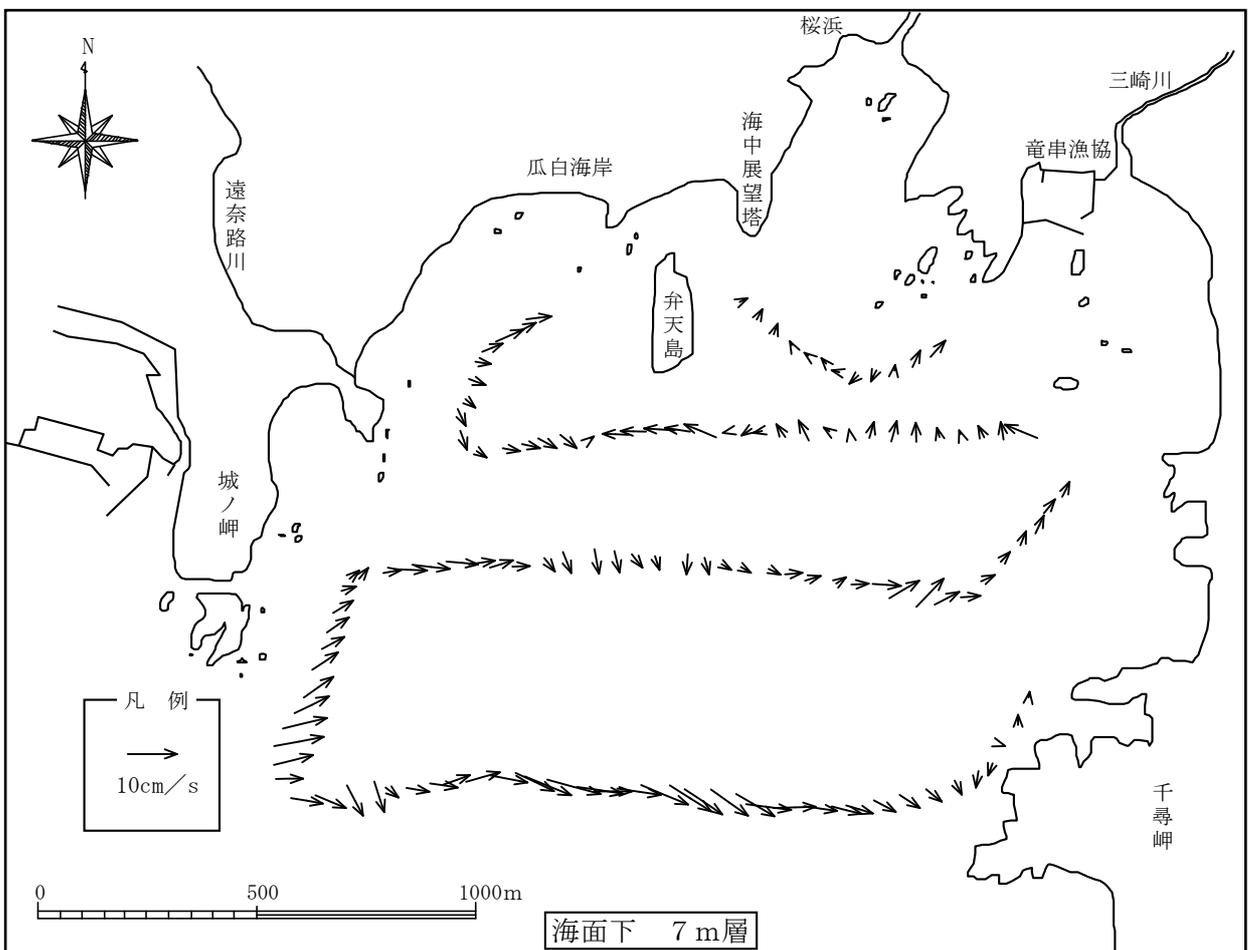
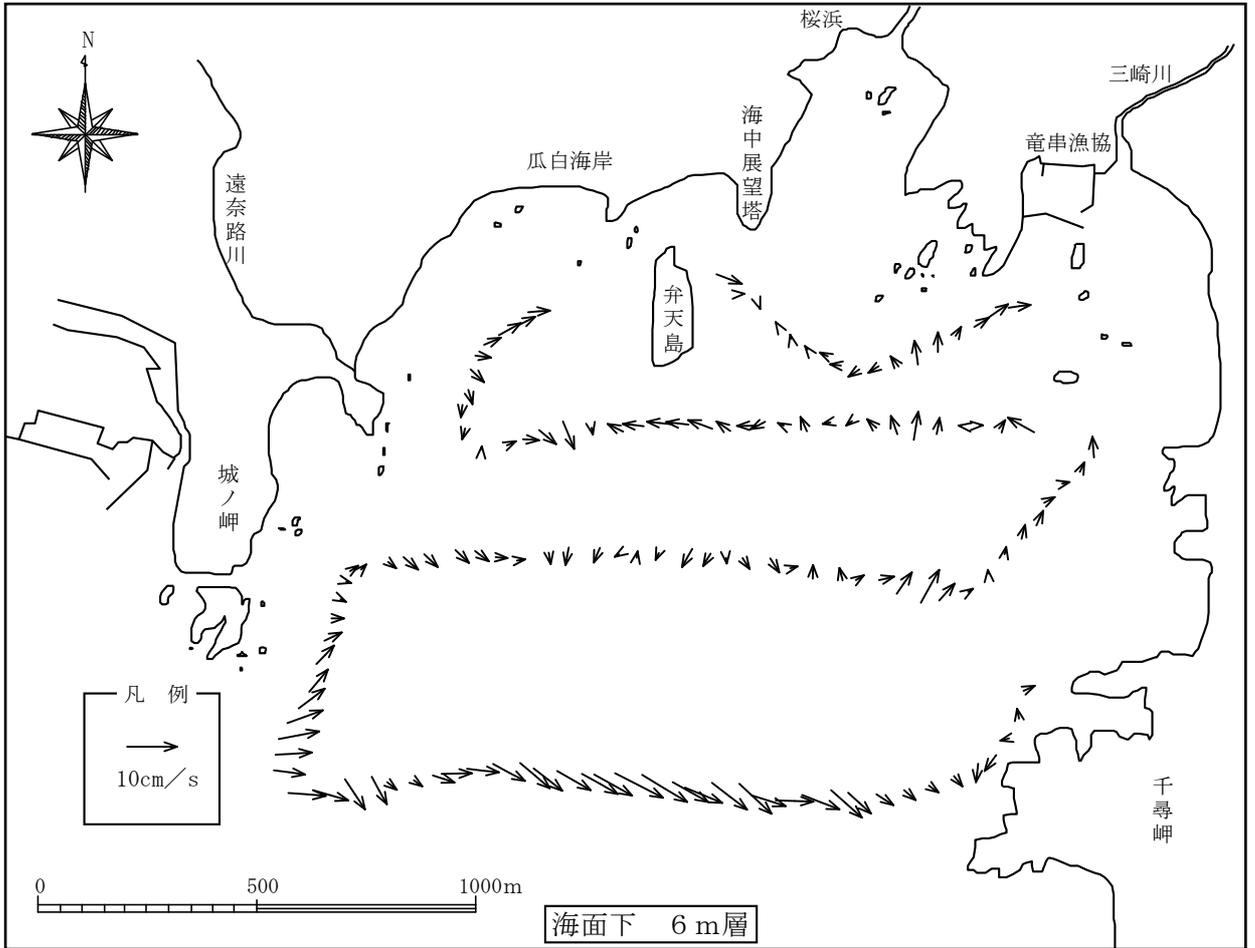
分 潮	北方分速		東方分速		橢 円 要 素						主 流 向		
					長 軸			短 軸			38°		
	流速	遅角	流速	遅角	方向	流速	遅角	方向	流速	遅角	流速	遅角	
M <sub>2</sub>	cm/s 0.0	° 41	cm/s 0.0	° 256	° 307	cm/s 0.0	° 63	° 37	cm/s 0.0	° 333	cm/s 0.0	° 329	
S <sub>2</sub>	0.0	254	0.1	210	71	0.1	216	161	0.0	126	0.1	226	
K <sub>2</sub>	0.0	254	0.0	210	71	0.0	216	161	0.0	126	0.0	226	
N <sub>2</sub>	0.0	286	0.0	280	52	0.0	283	142	0.0	193	0.0	283	
K <sub>1</sub>	0.0	6	0.1	299	68	0.1	312	158	0.0	222	0.1	330	
O <sub>1</sub>	0.1	24	0.0	17	19	0.1	23	109	0.0	293	0.1	22	
P <sub>1</sub>	0.0	6	0.0	299	68	0.0	312	158	0.0	222	0.0	330	
Q <sub>1</sub>	0.0	32	0.0	238	342	0.0	35	72	0.0	305	0.0	23	
M <sub>4</sub>	0.1	22	0.0	117	356	0.1	20	86	0.0	110	0.1	47	
MS <sub>4</sub>	0.0	58	0.1	84	57	0.1	76	147	0.0	166	0.1	72	
U <sub>0</sub>	0.1 cm/s		0.1 cm/s		0.1 cm/s						58°		0.1 cm/s



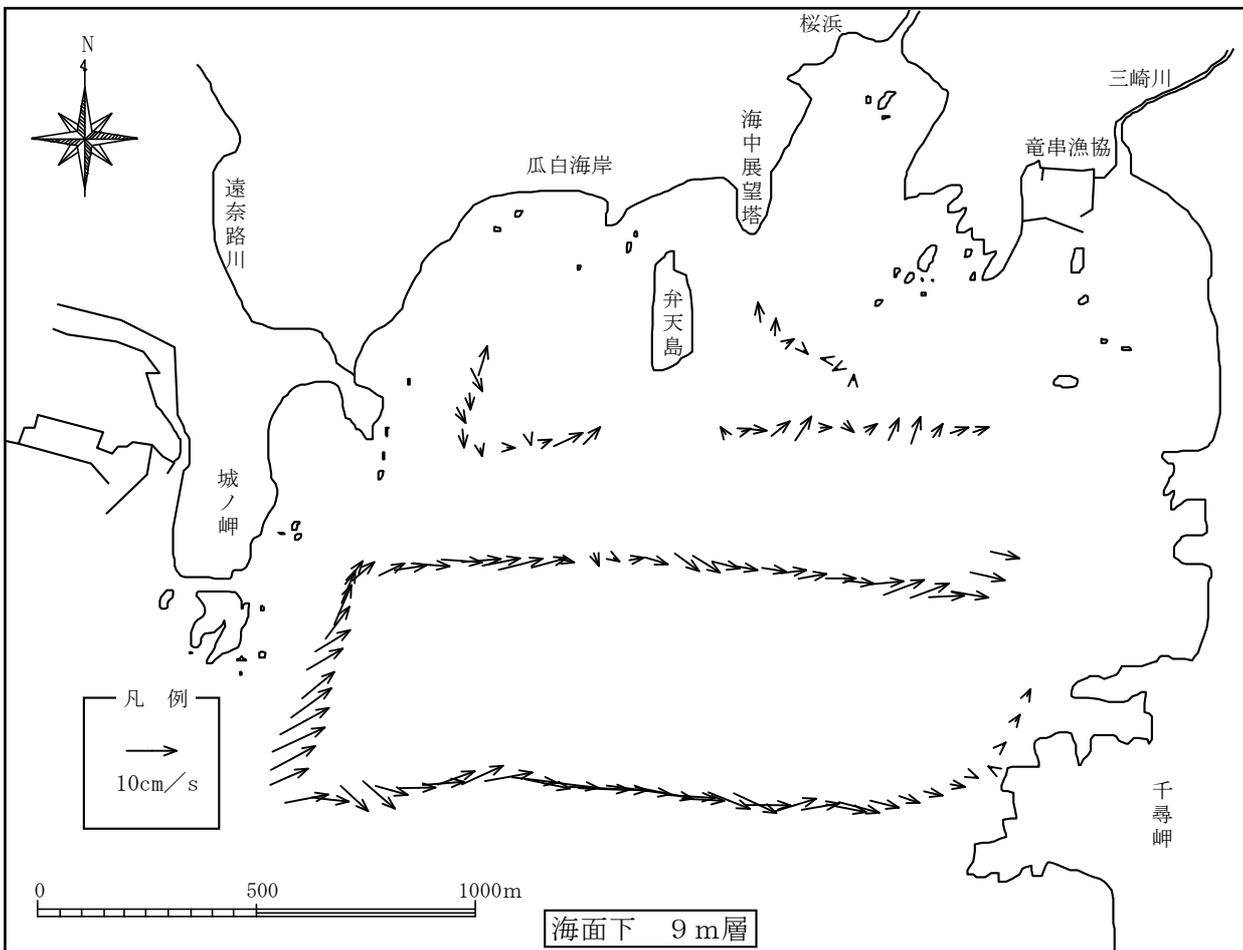
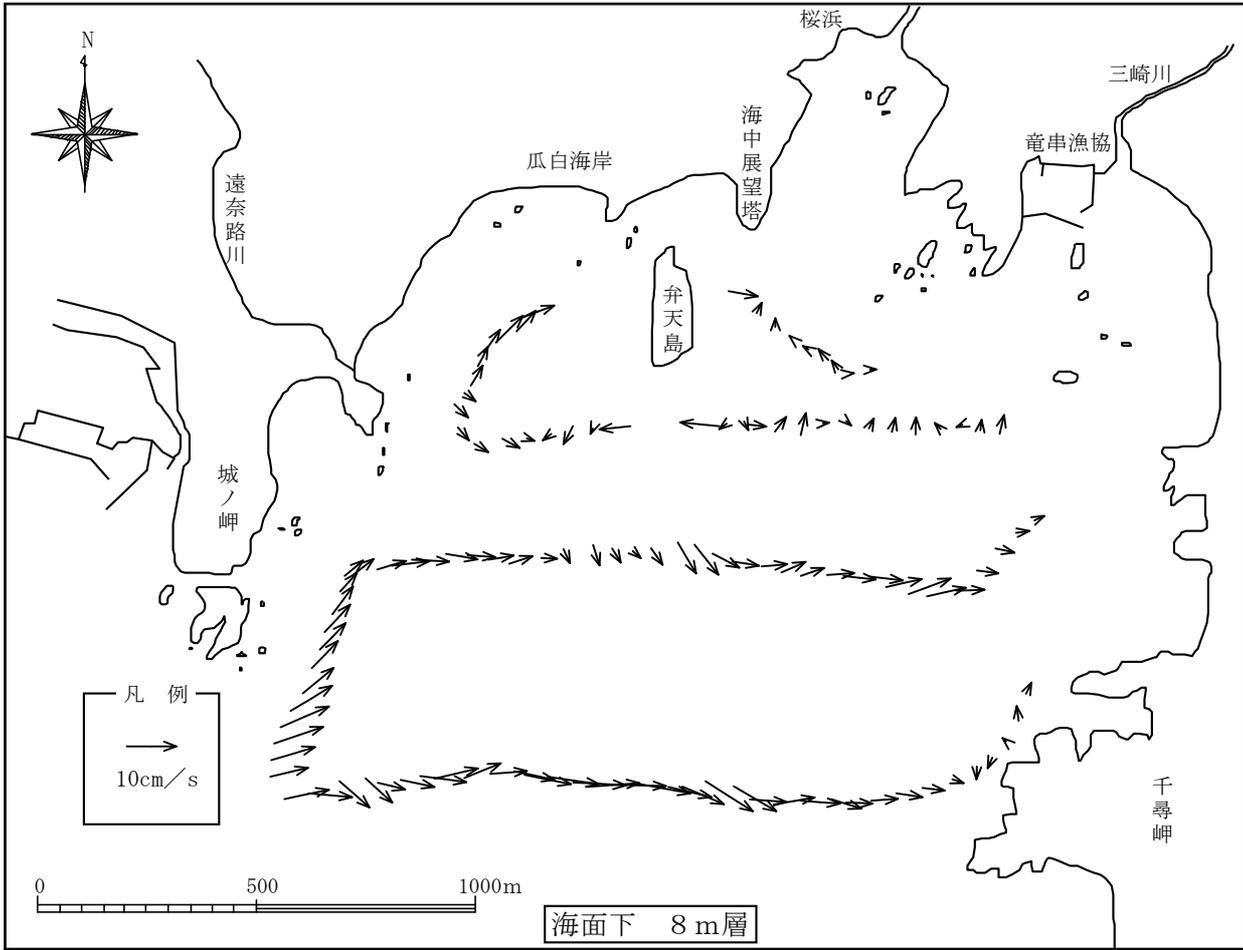
資料 1 1 ( 1 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



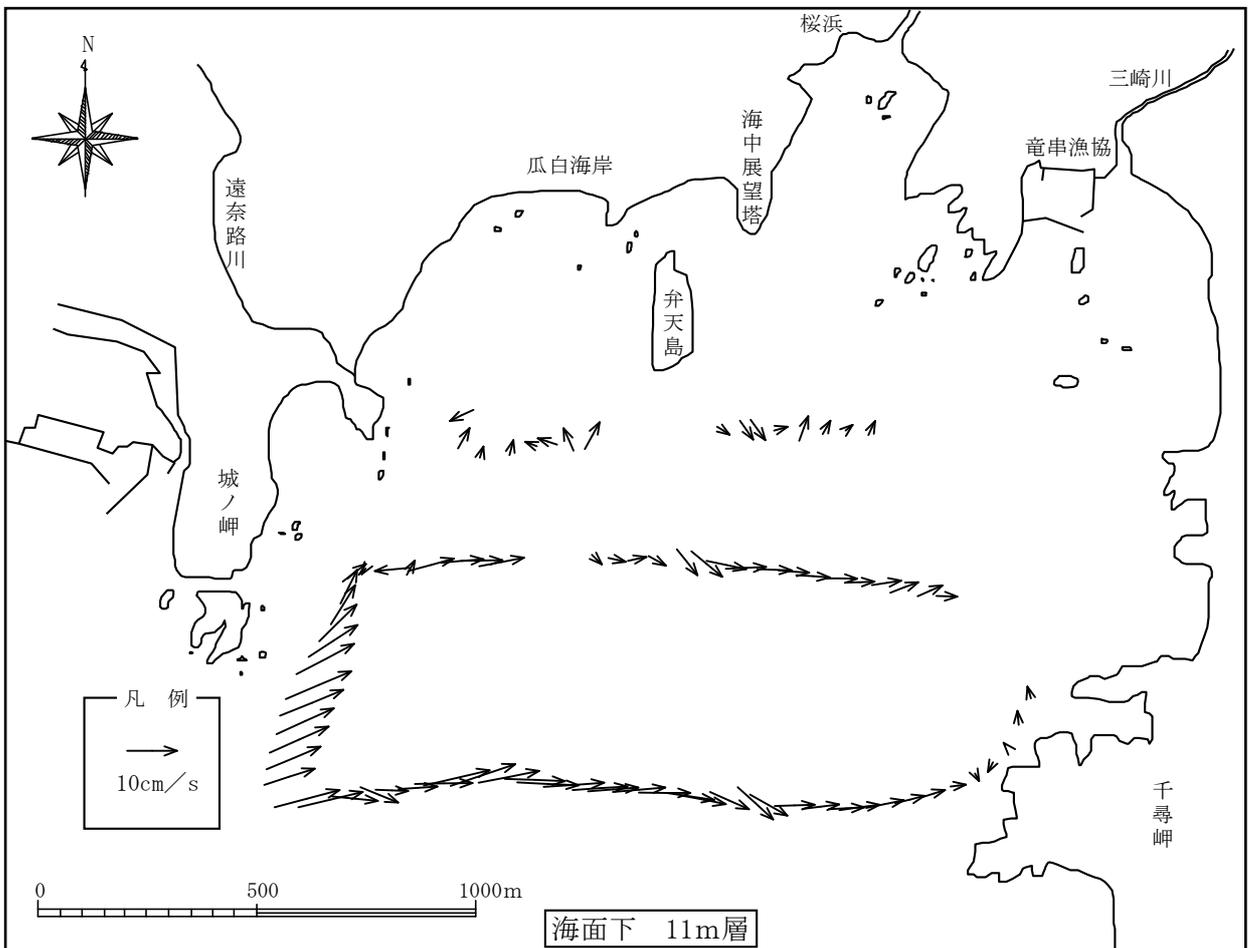
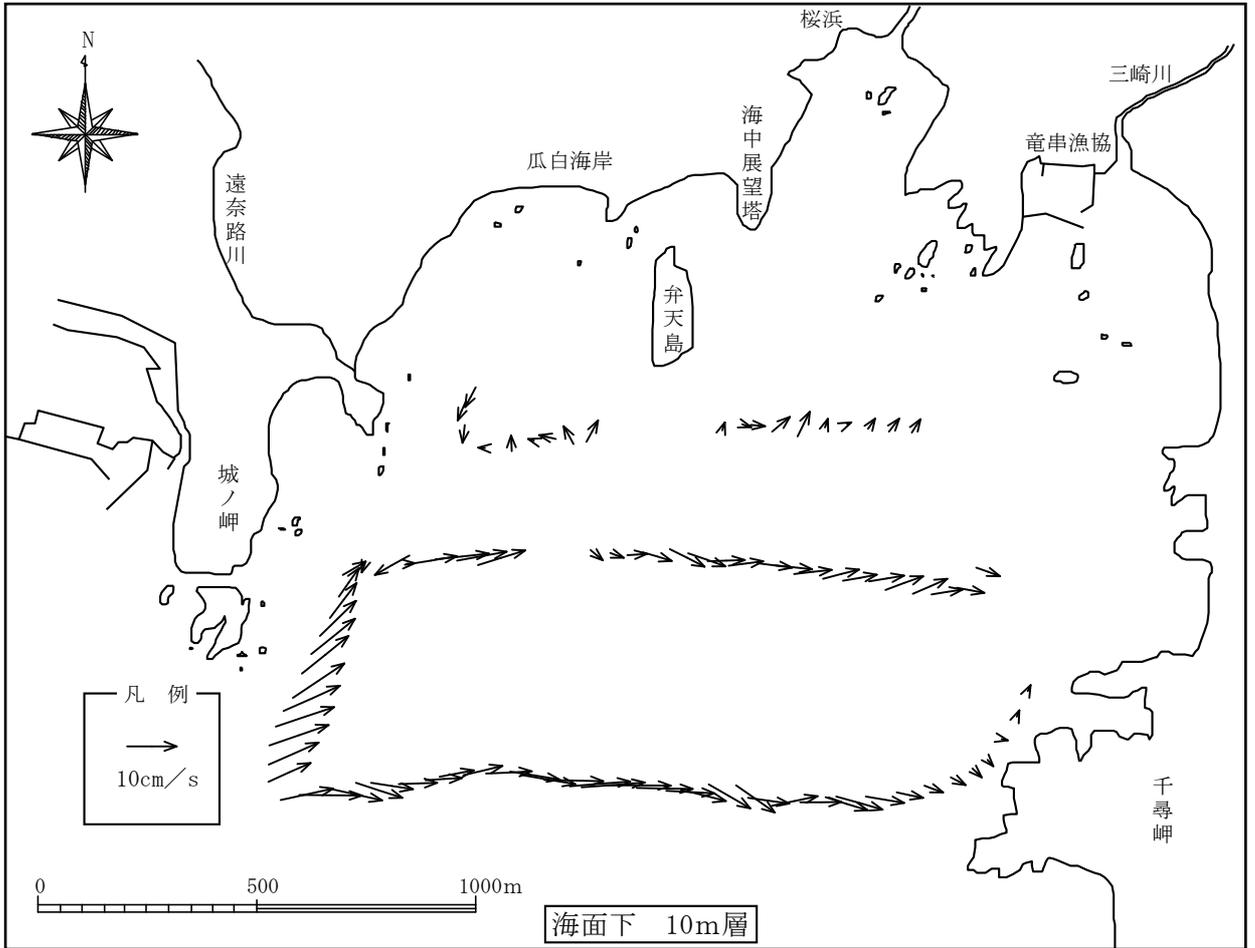
資料 1 1 ( 2 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



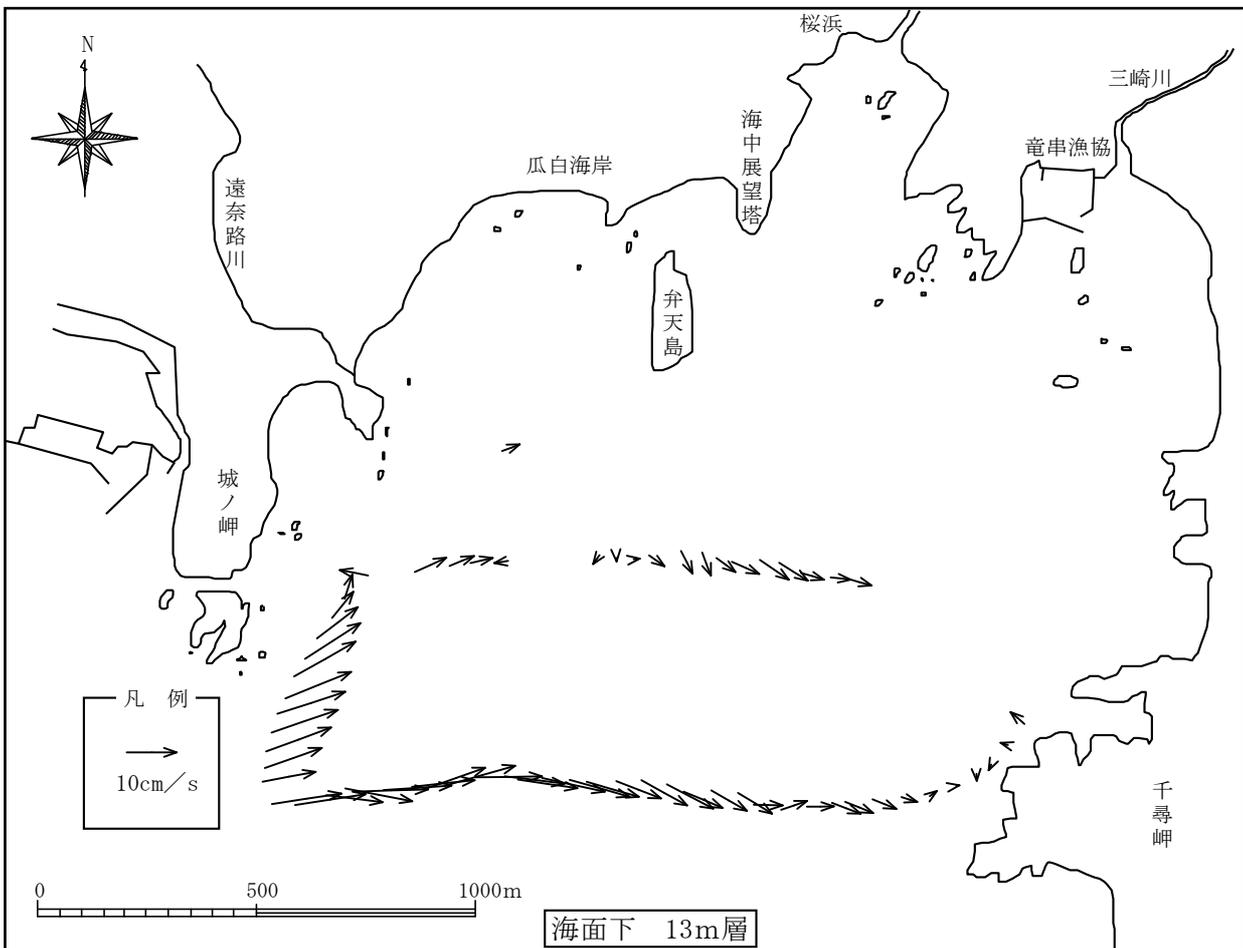
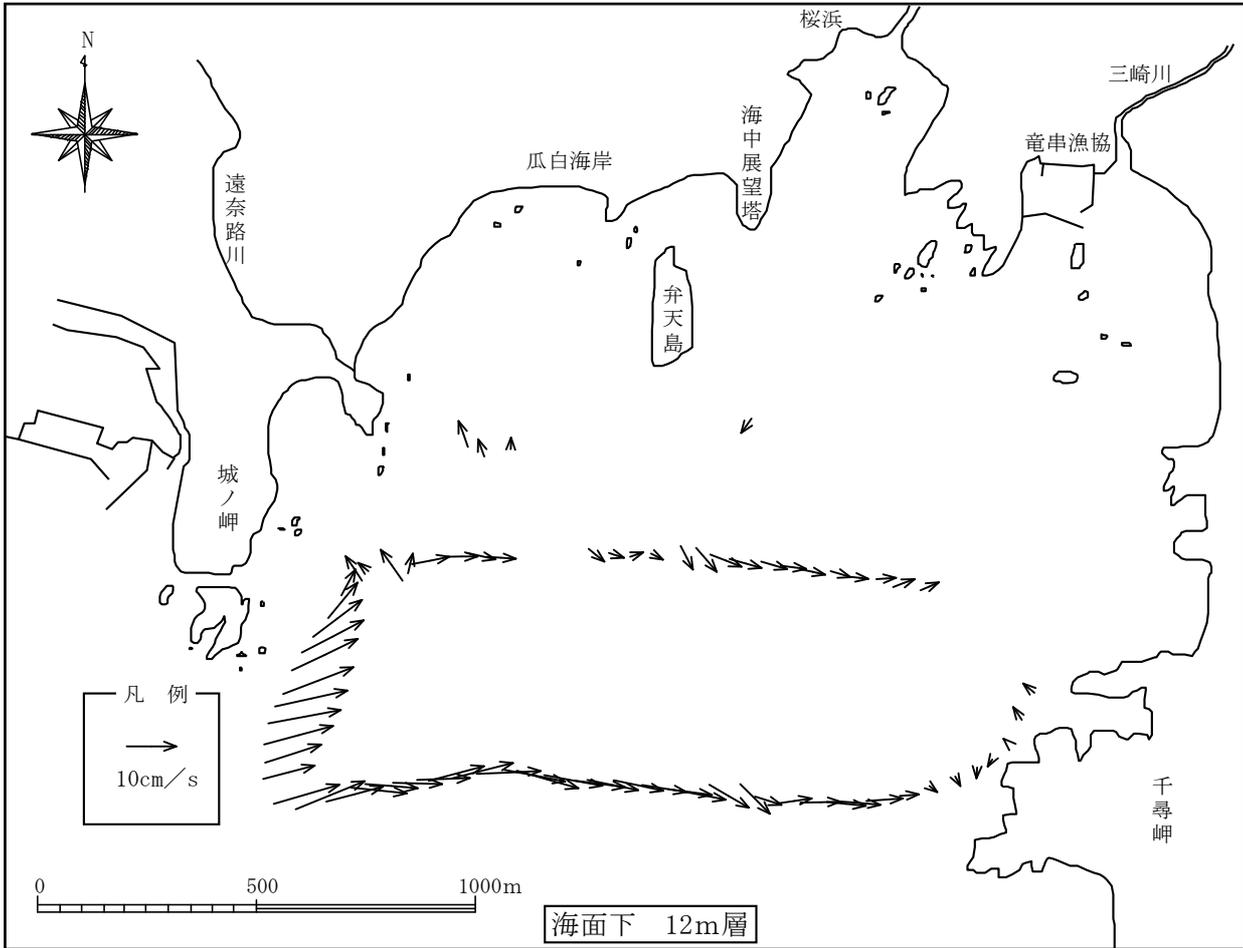
資料 1 1 ( 3 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



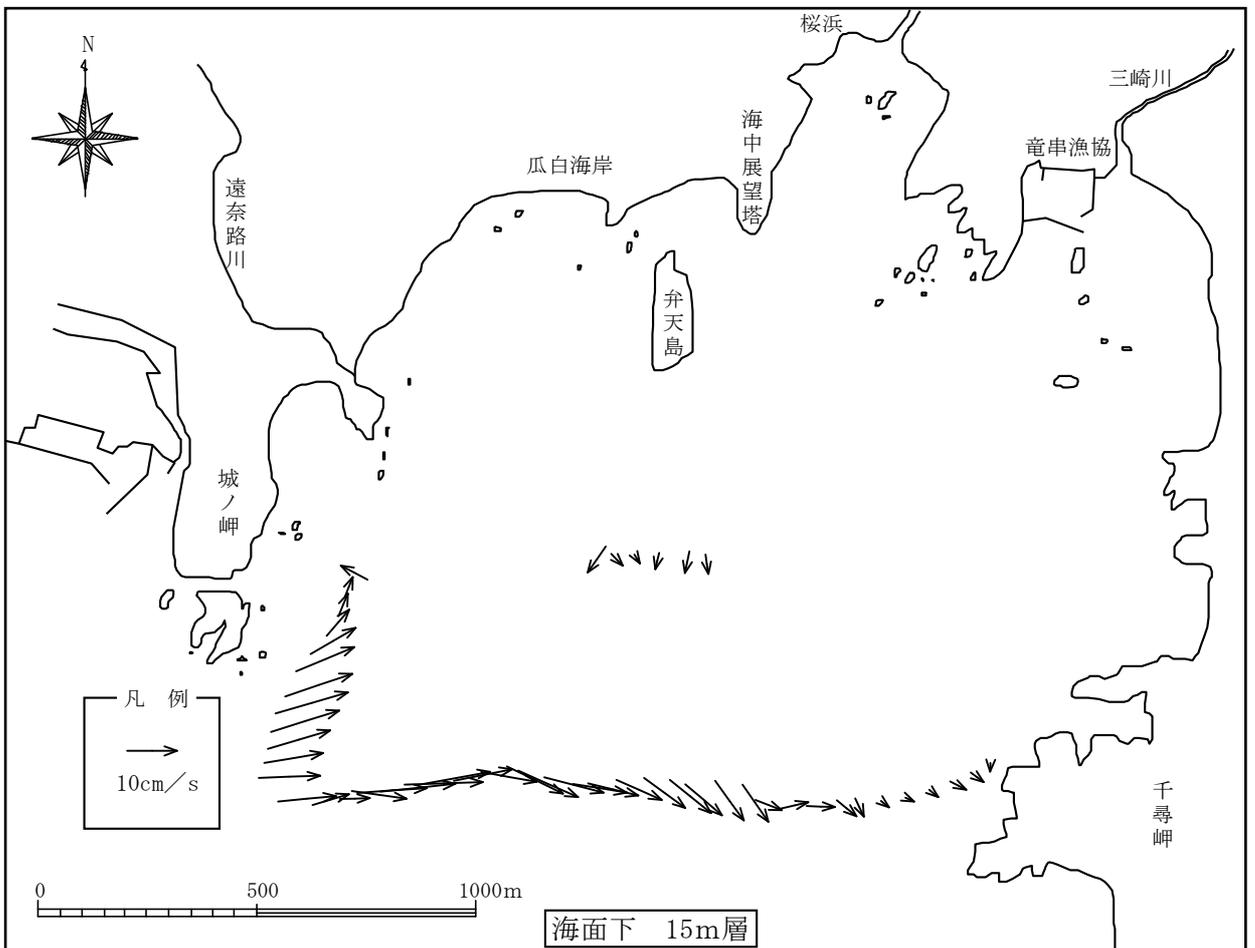
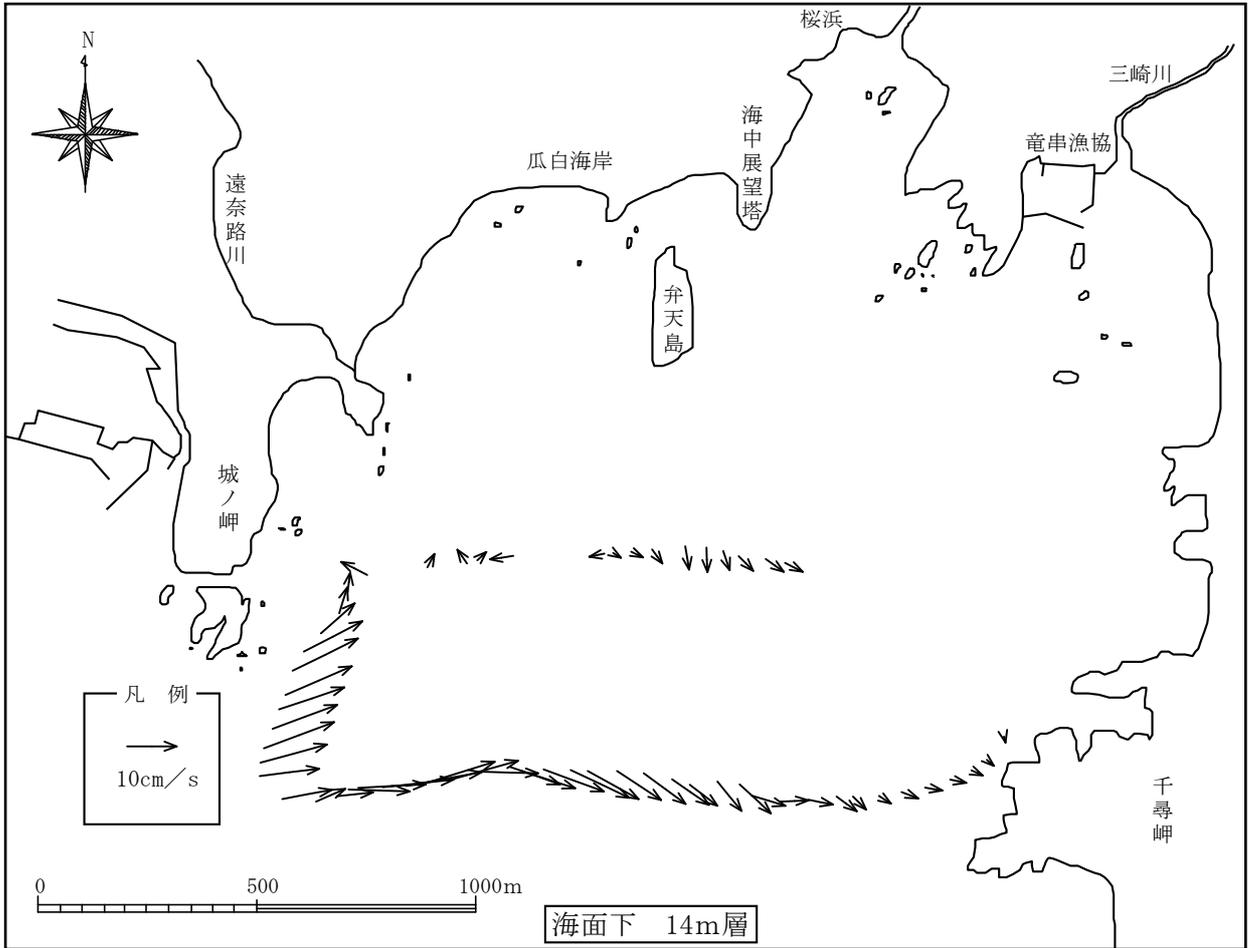
資料 1 1 ( 4 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



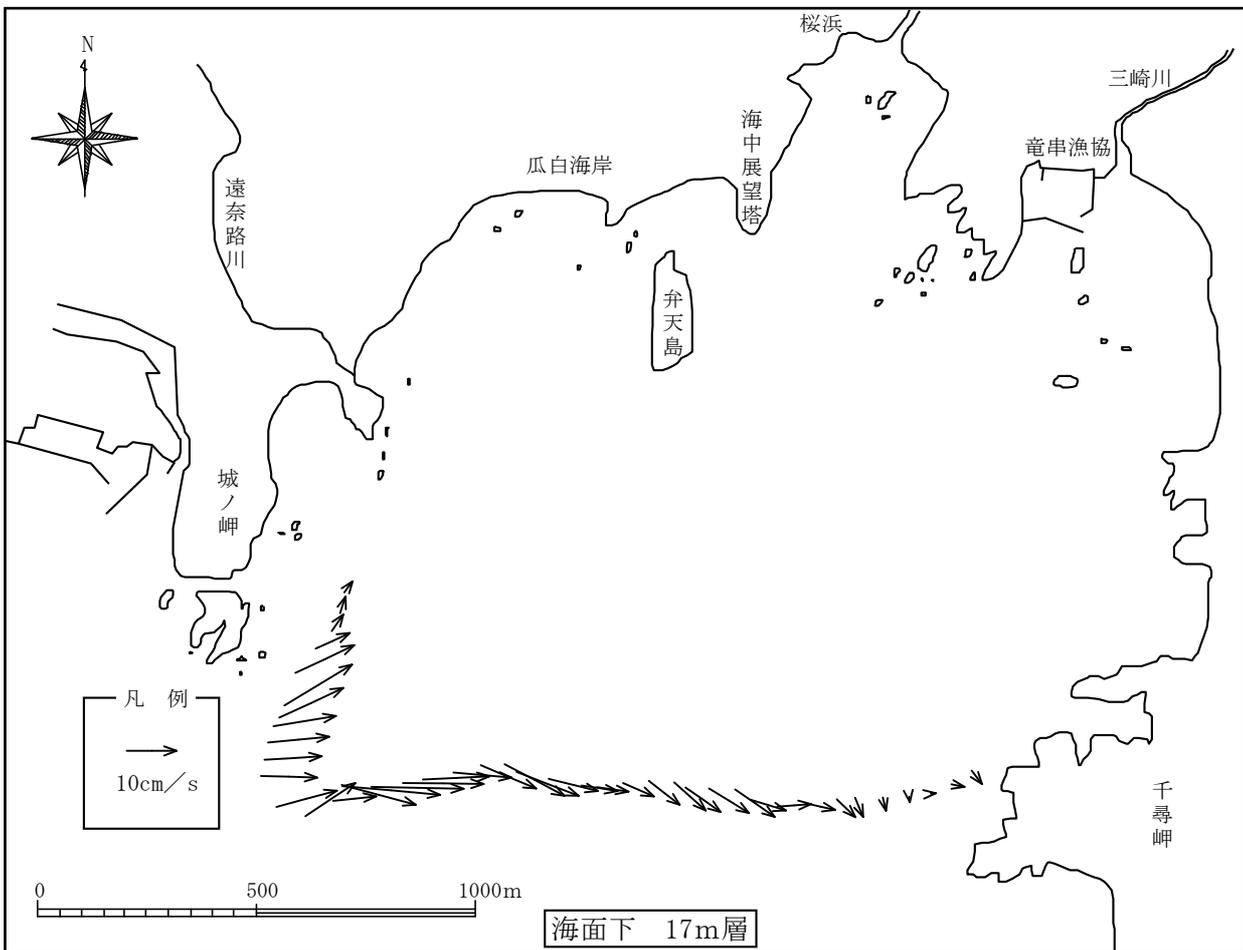
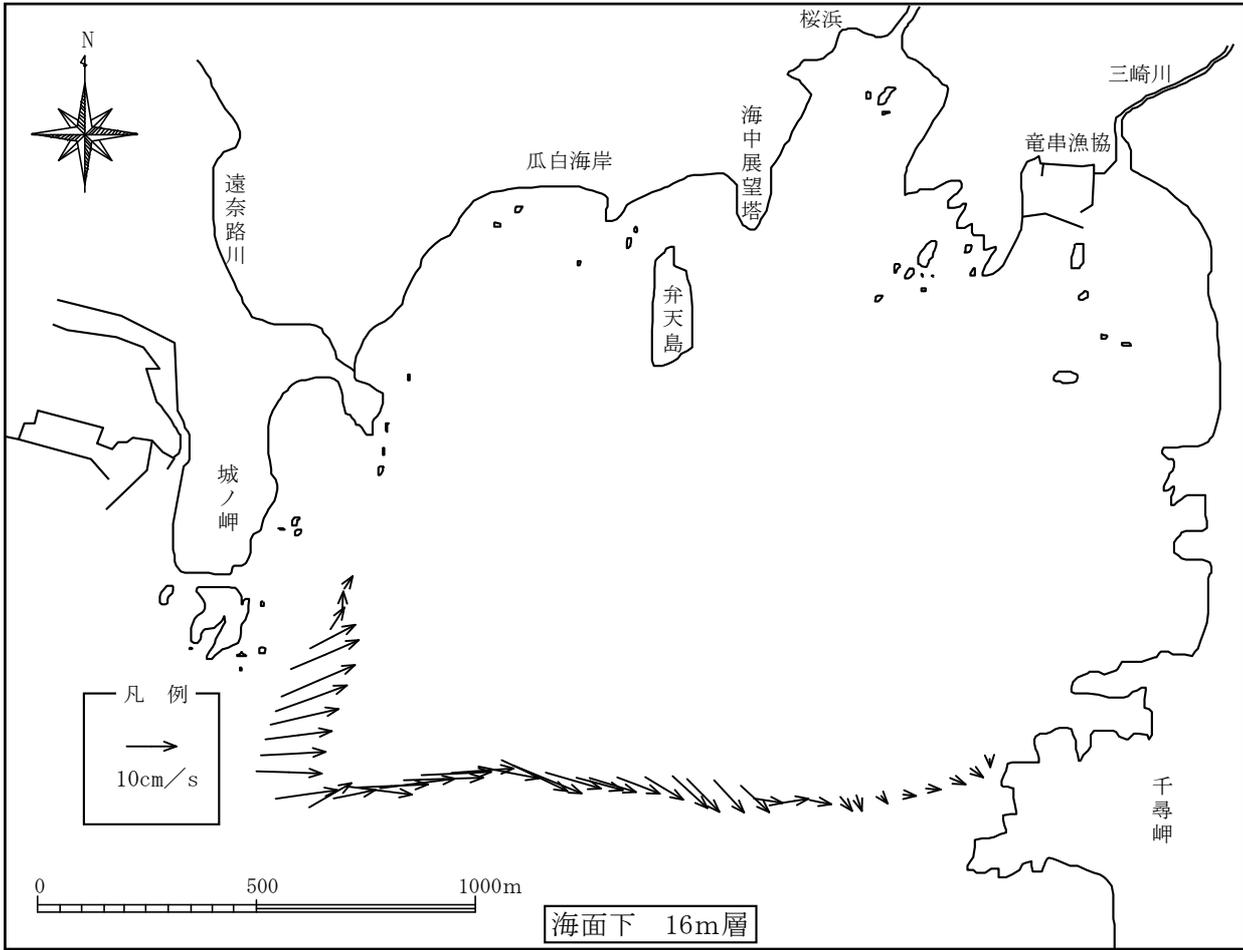
資料 1 1 ( 5 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



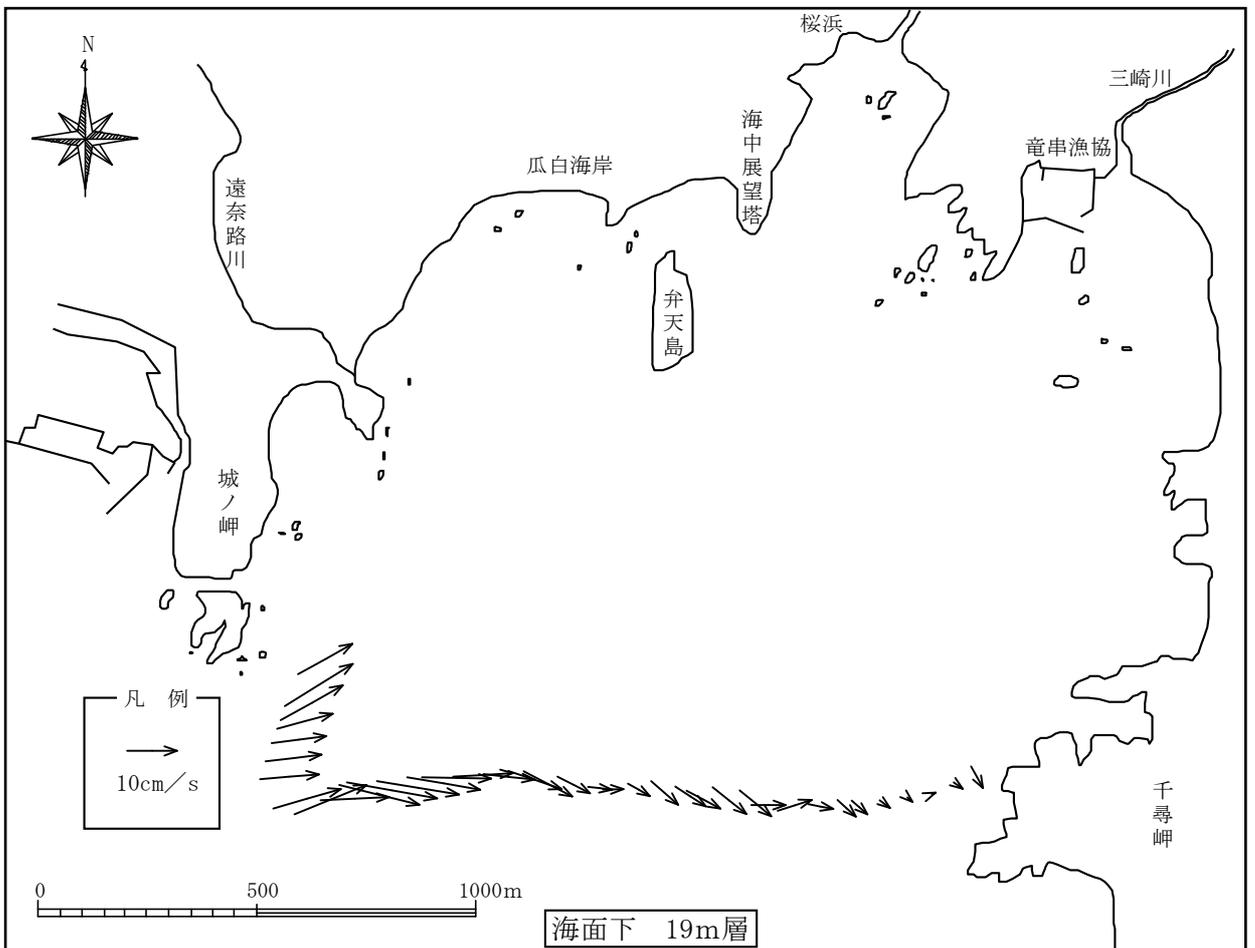
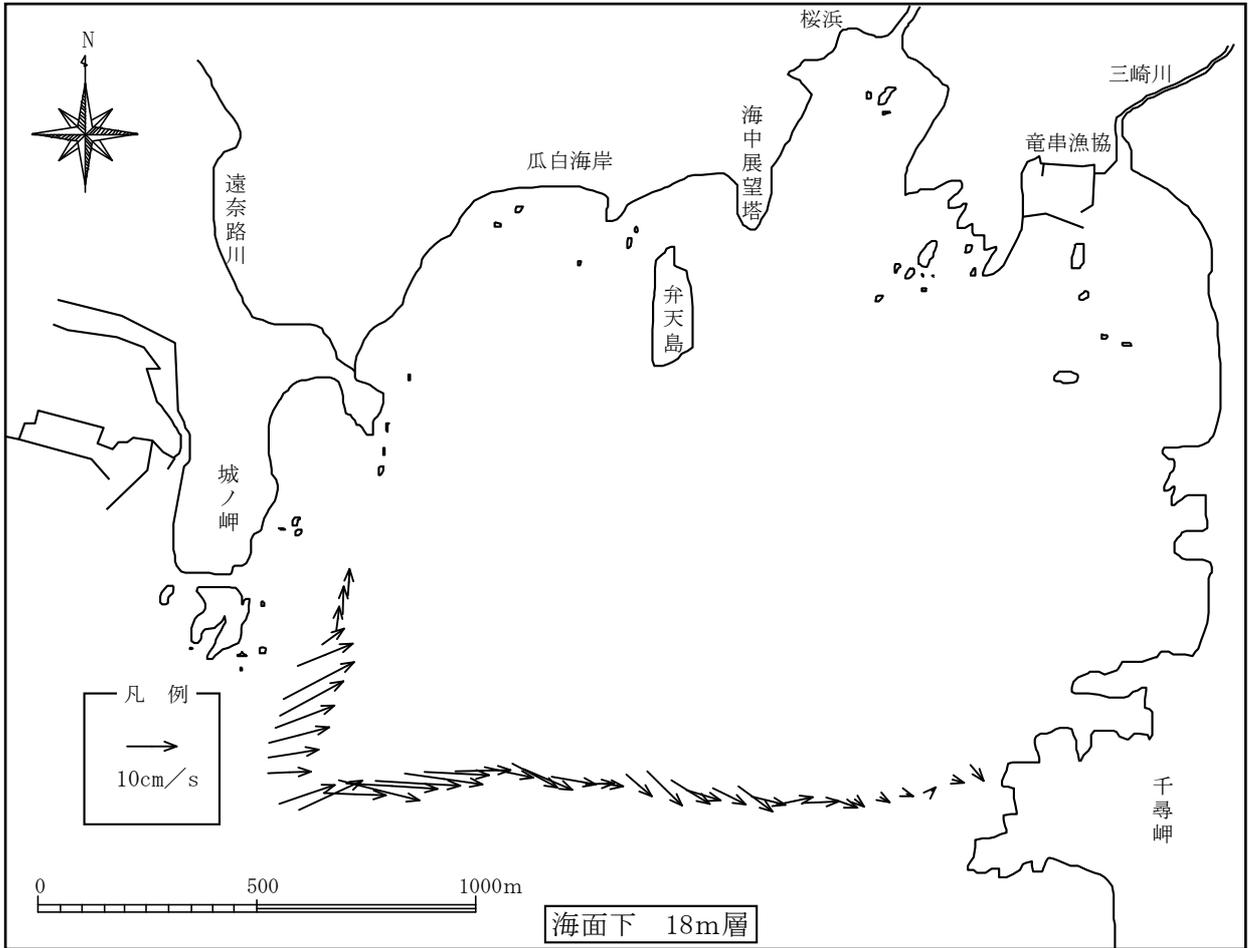
資料 1 1 ( 6 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



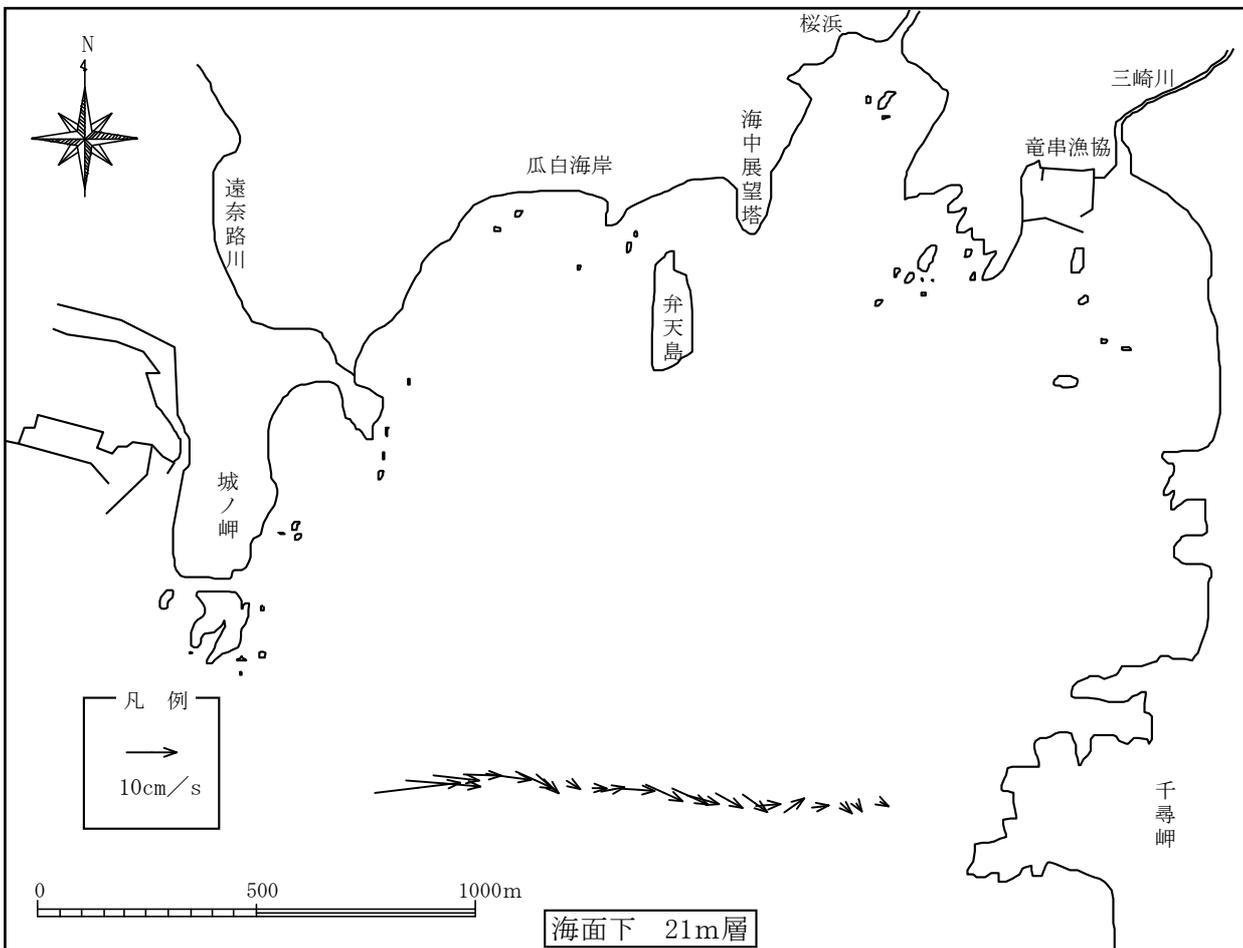
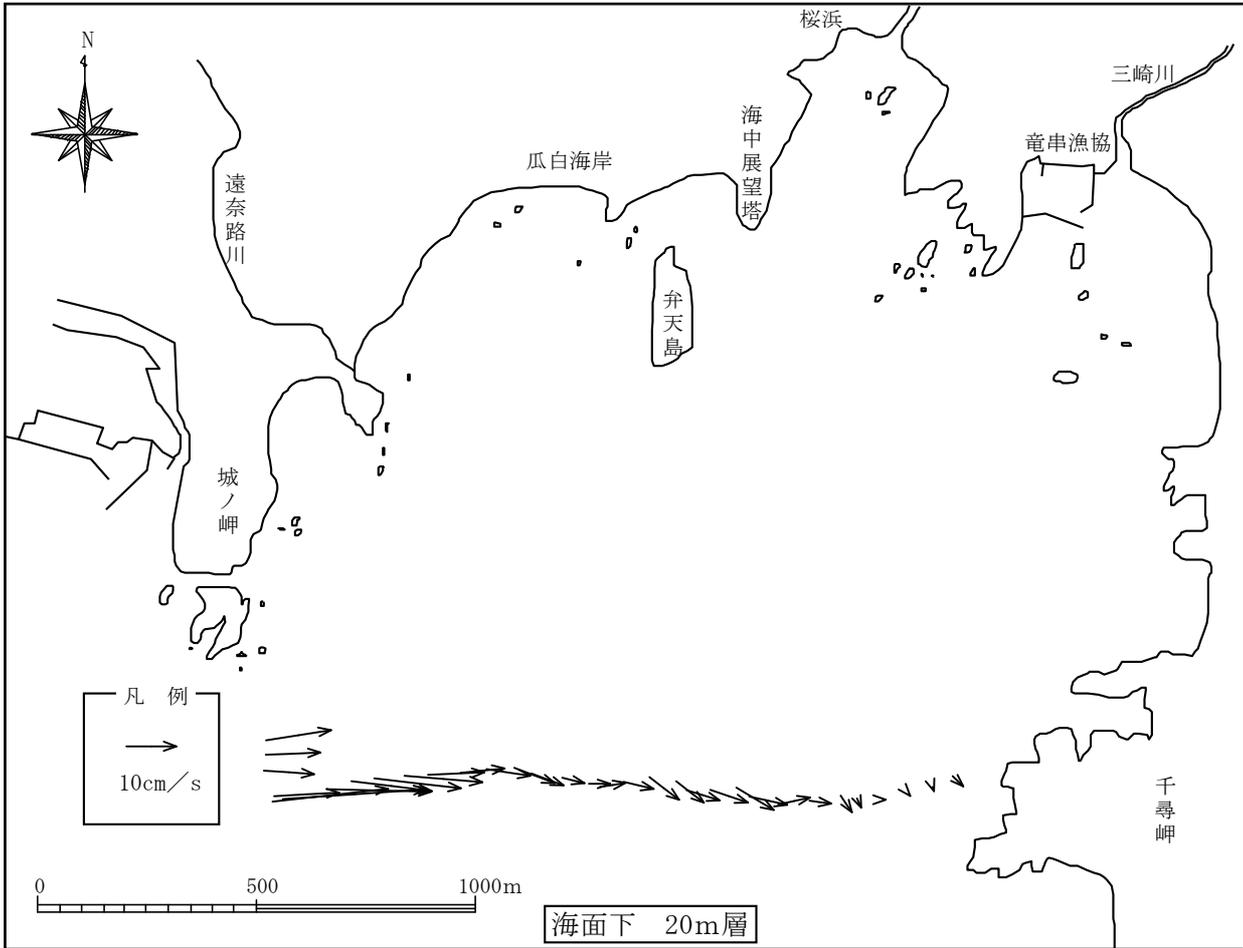
資料 1 1 ( 7 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



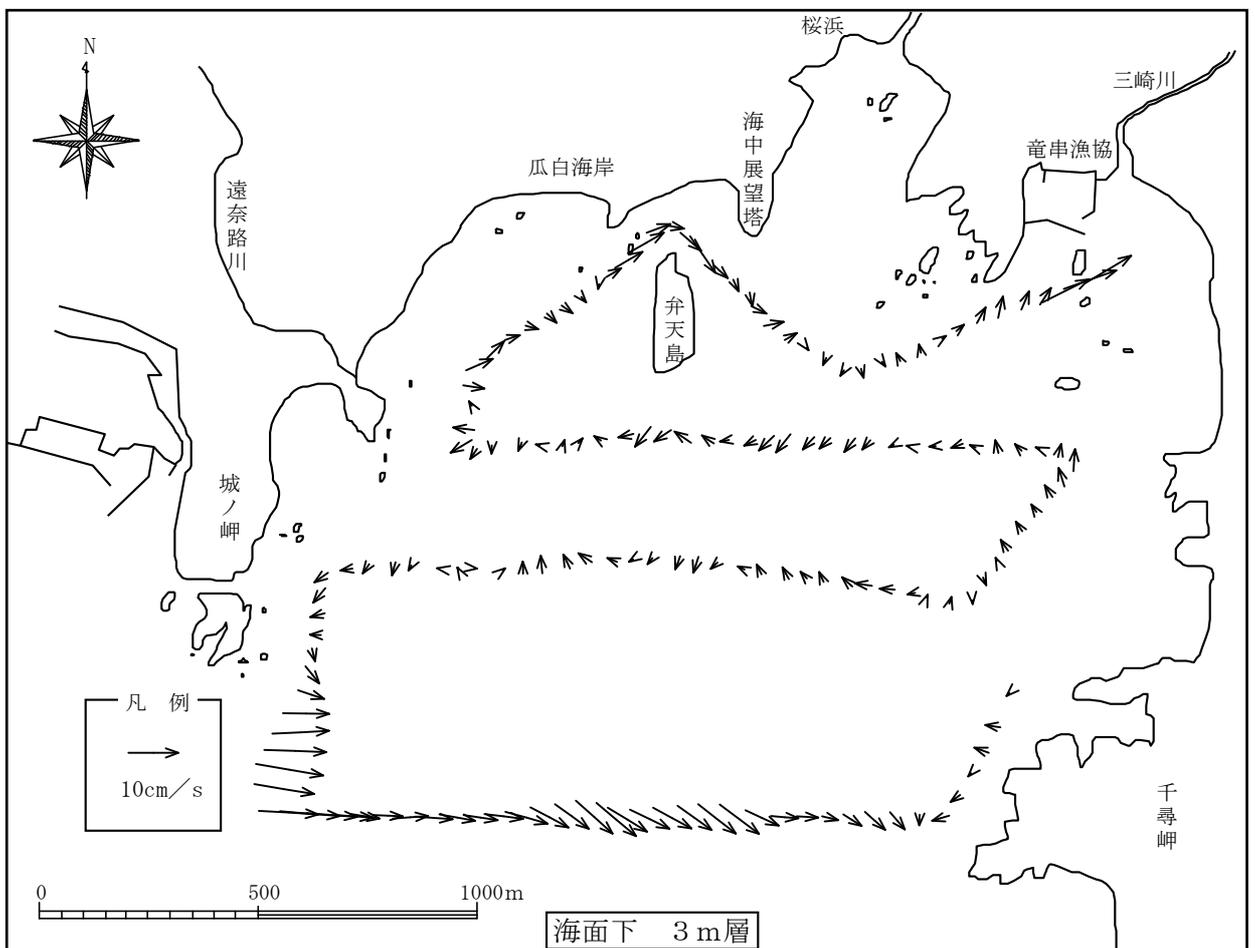
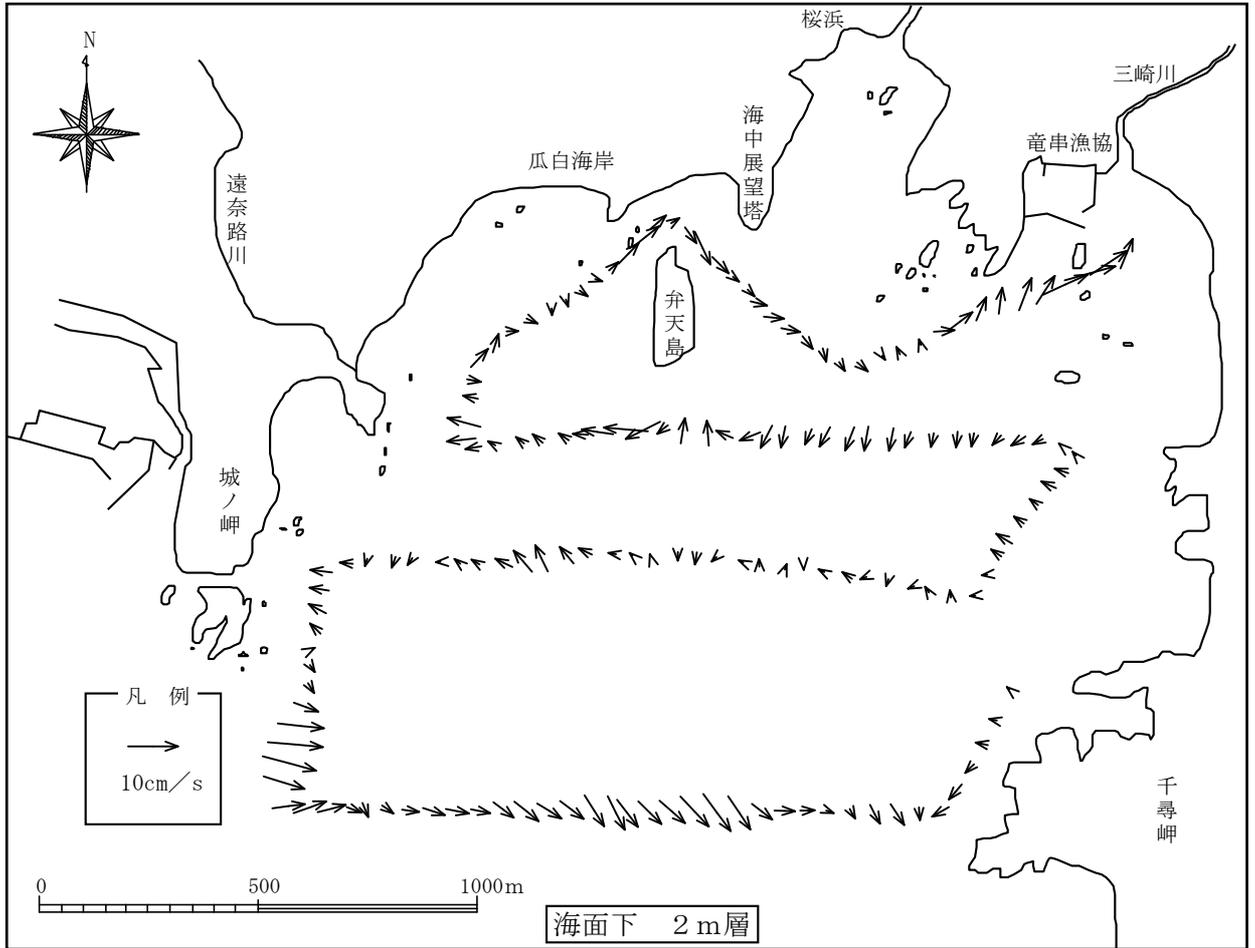
資料 1 1 ( 8 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



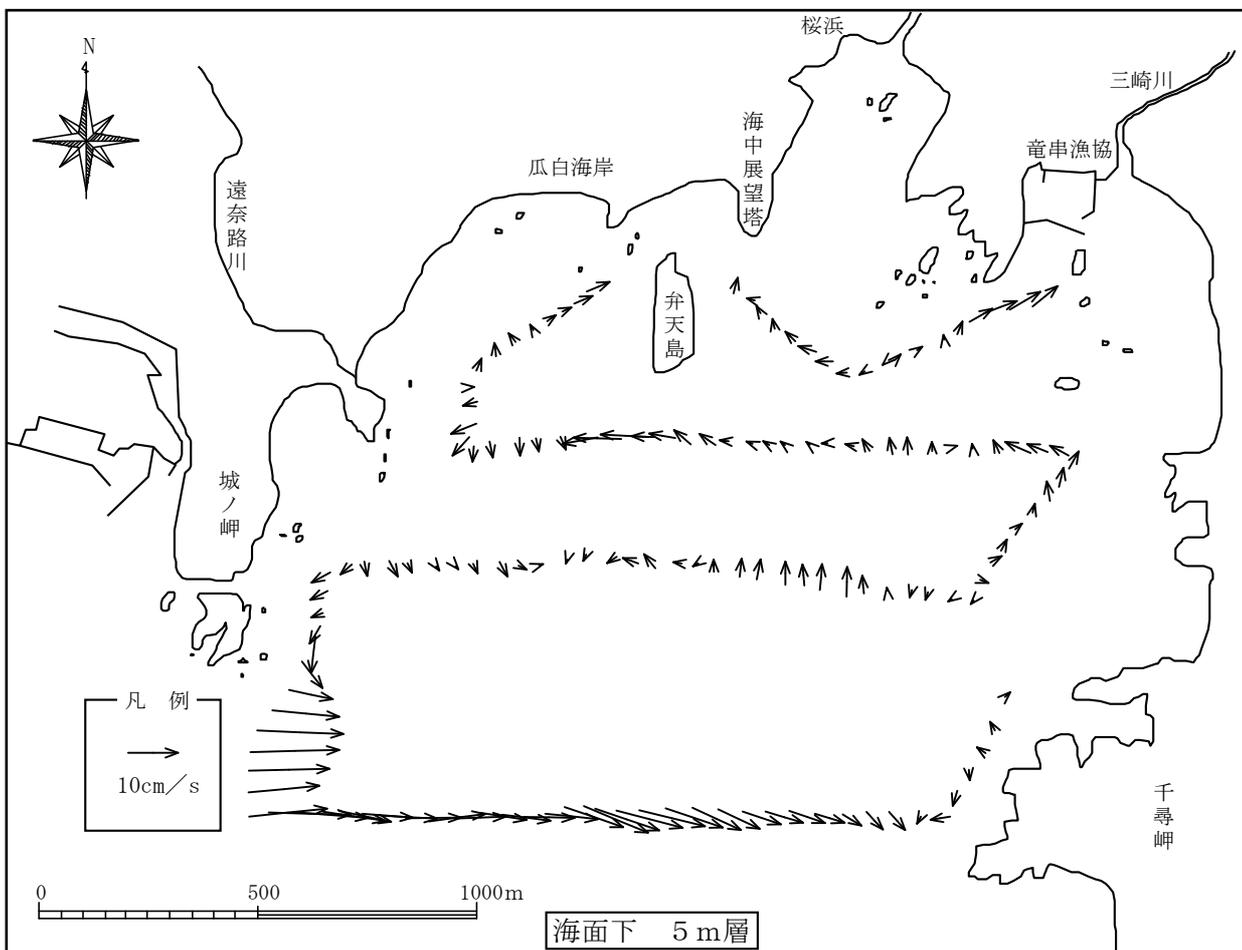
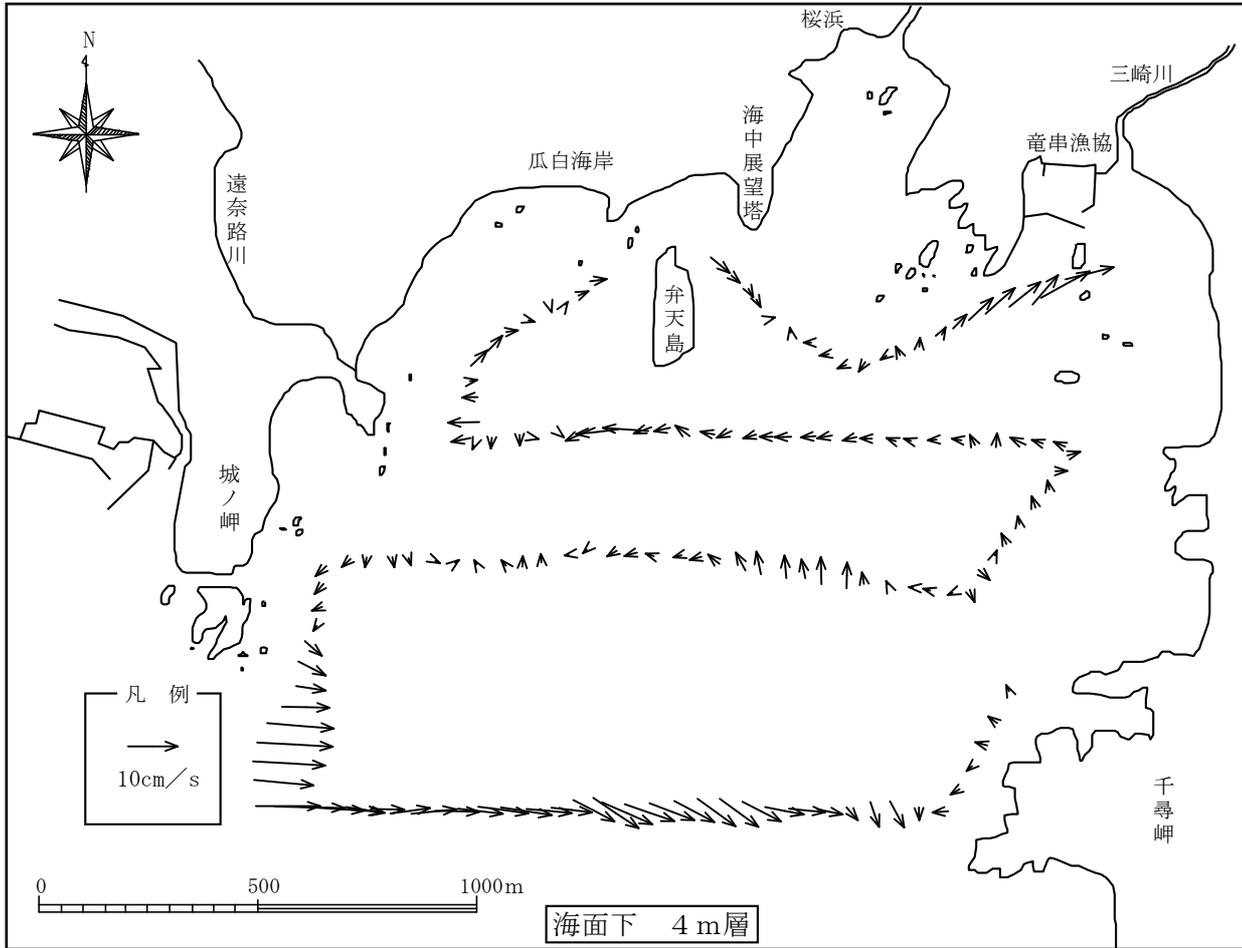
資料 1 1 ( 9 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



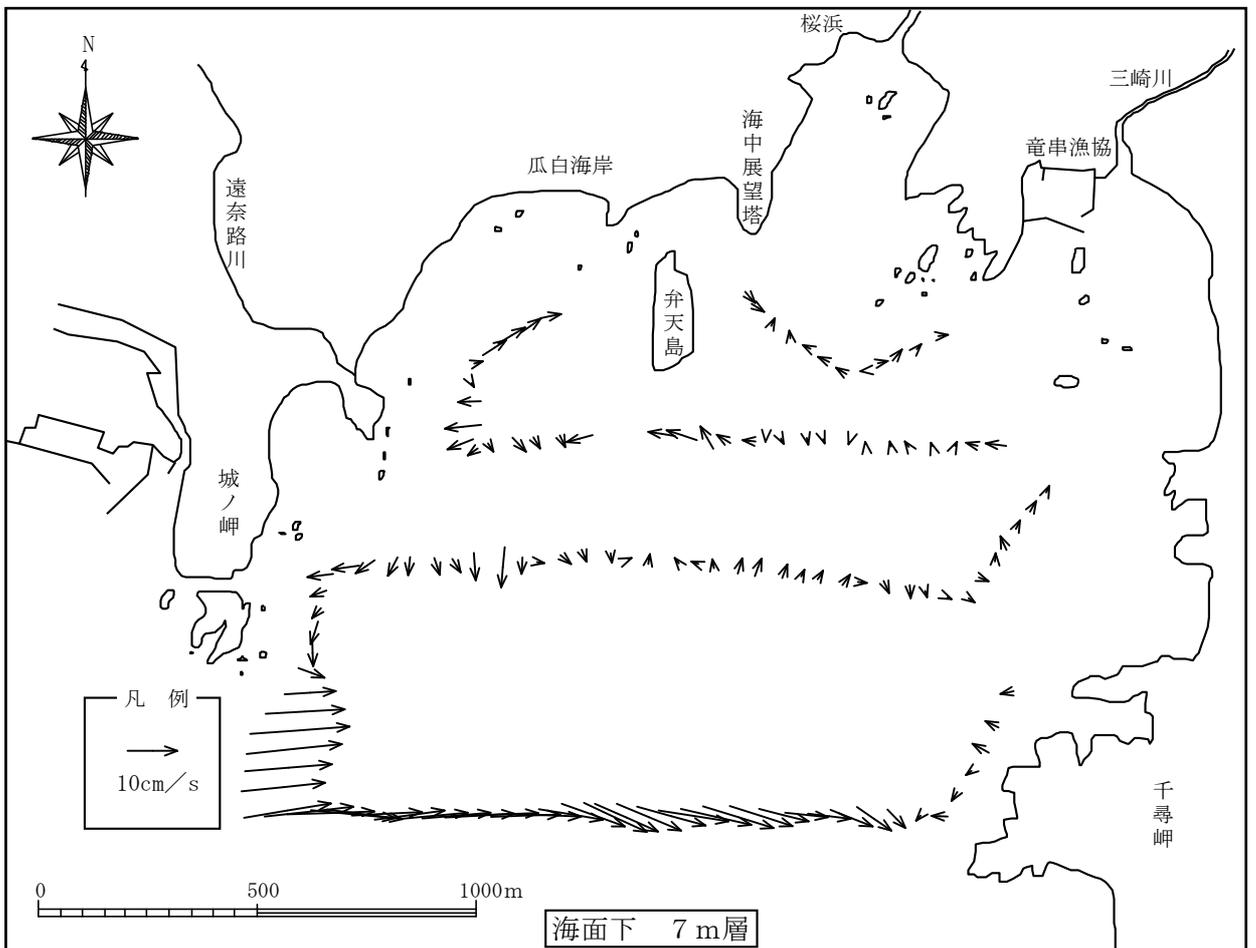
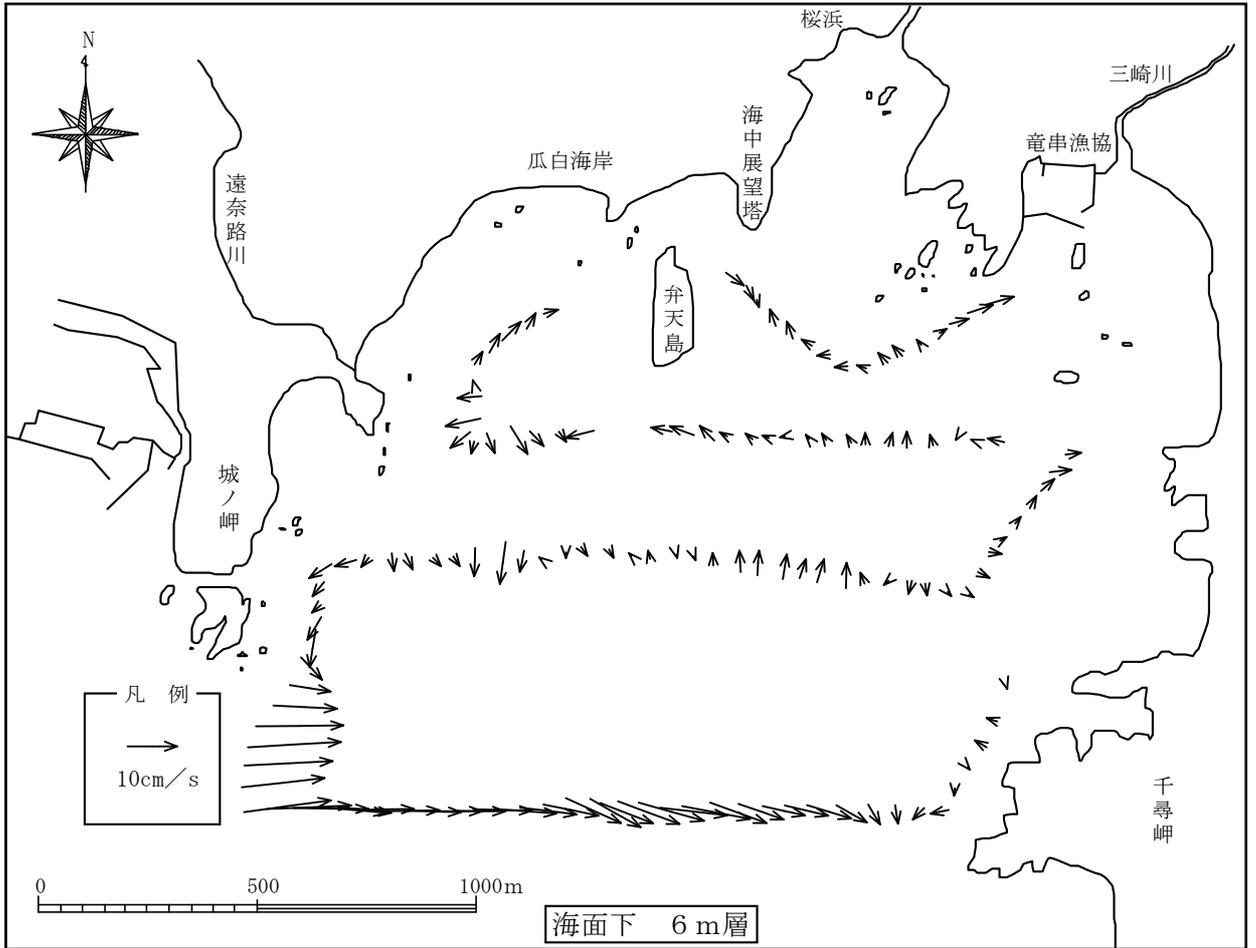
資料 1 1 ( 1 0 ) . 流況水平分布 ( 上げ潮時 )



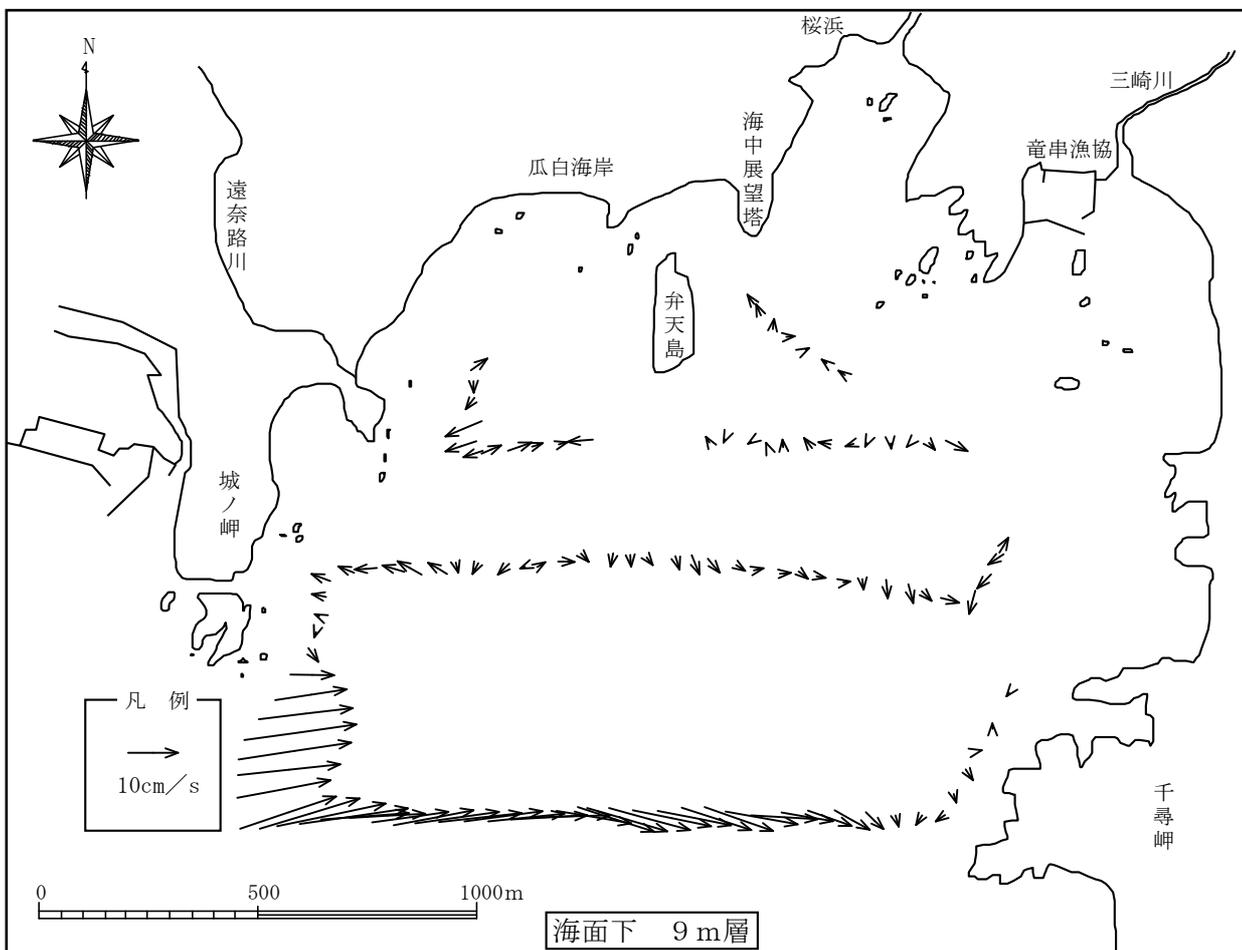
資料12(1)．流況水平分布（下げ潮時）



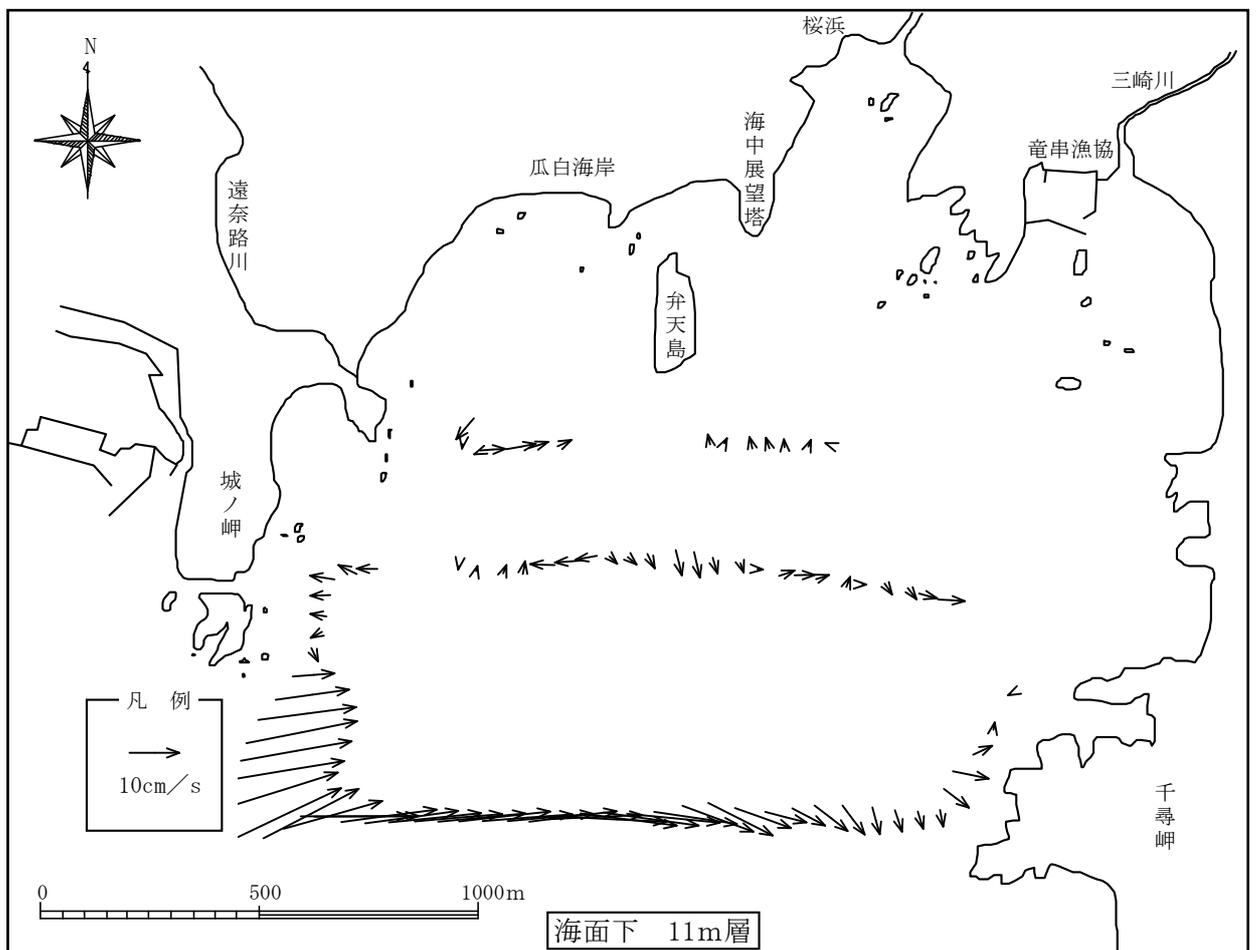
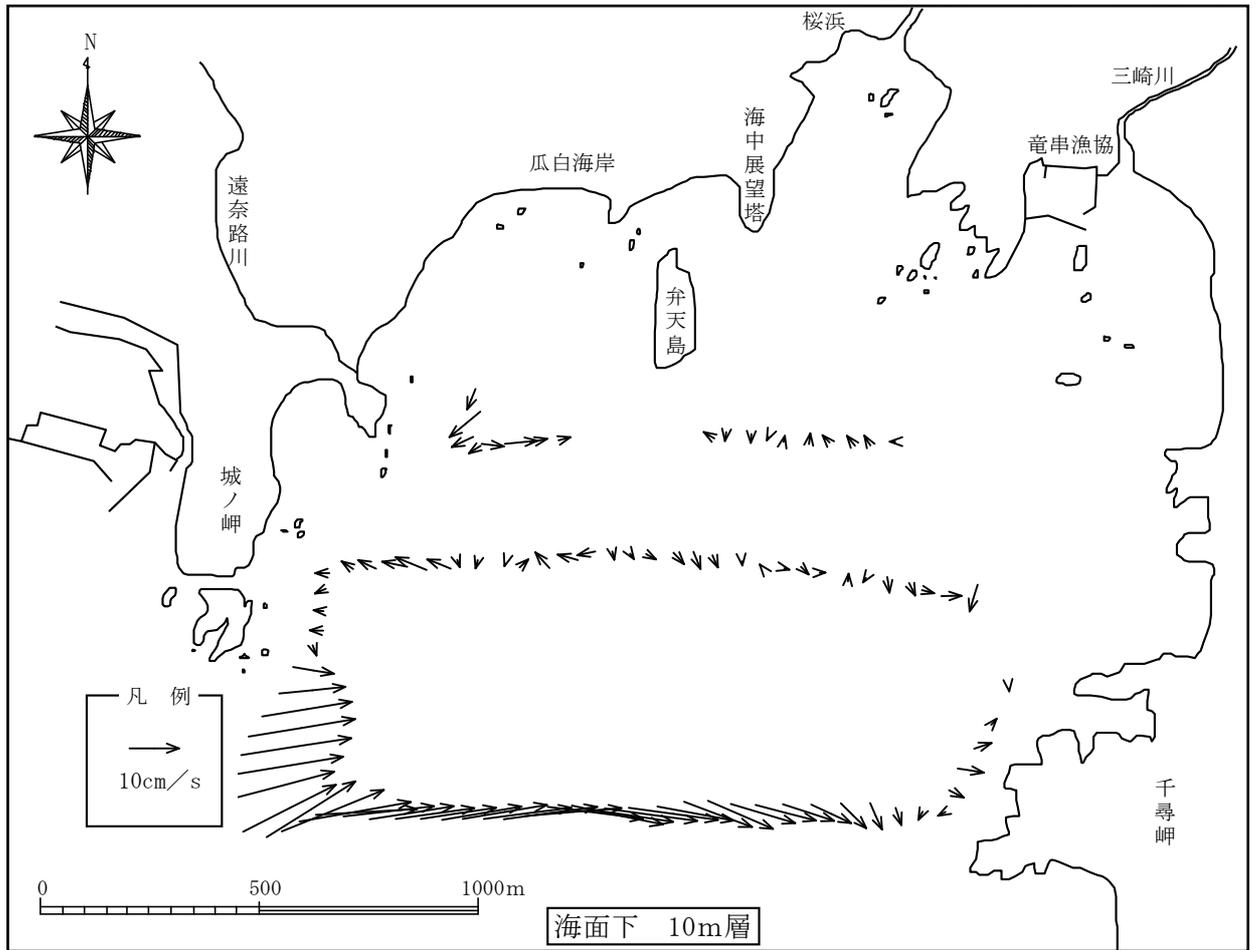
資料12(2). 流況水平分布(下げ潮時)



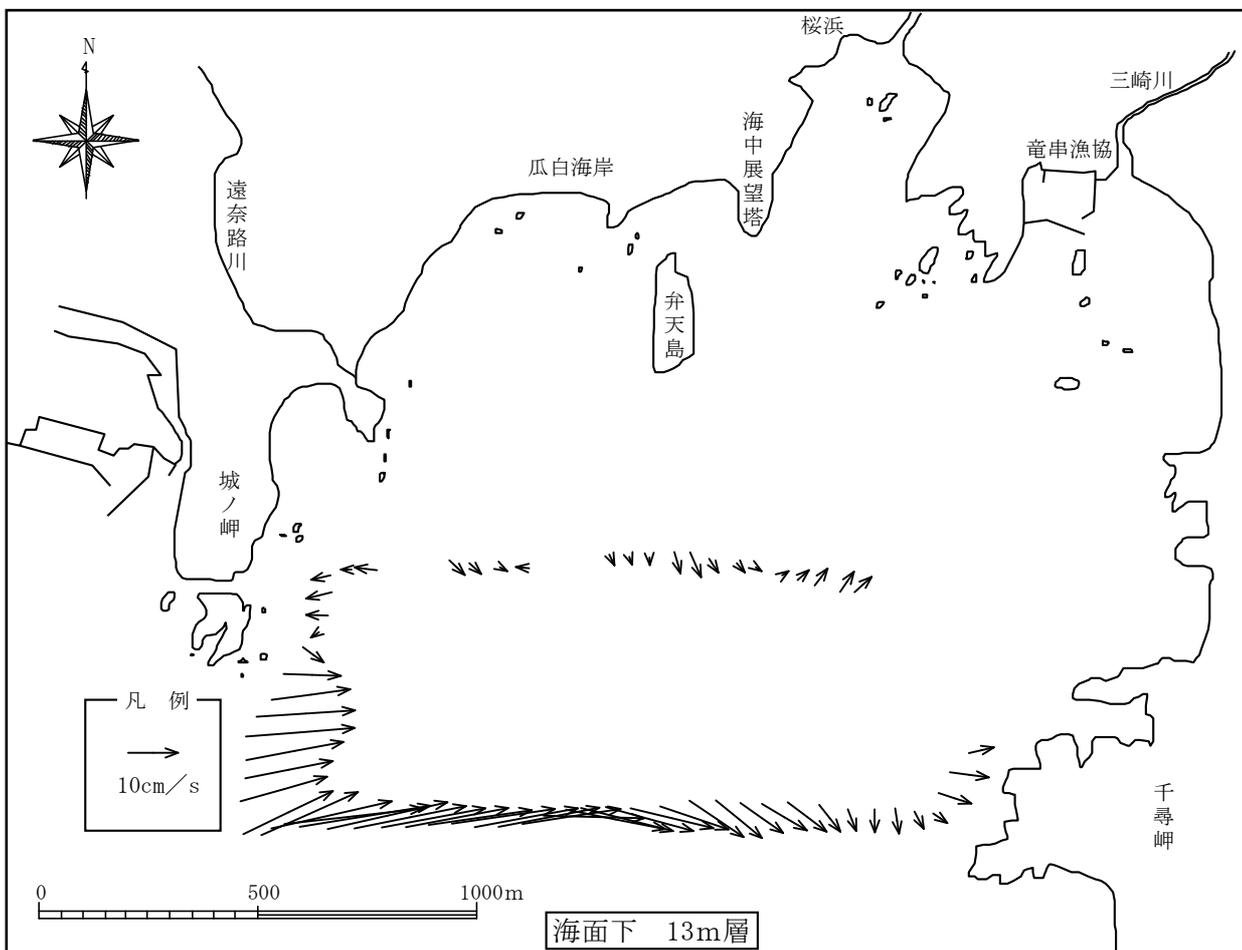
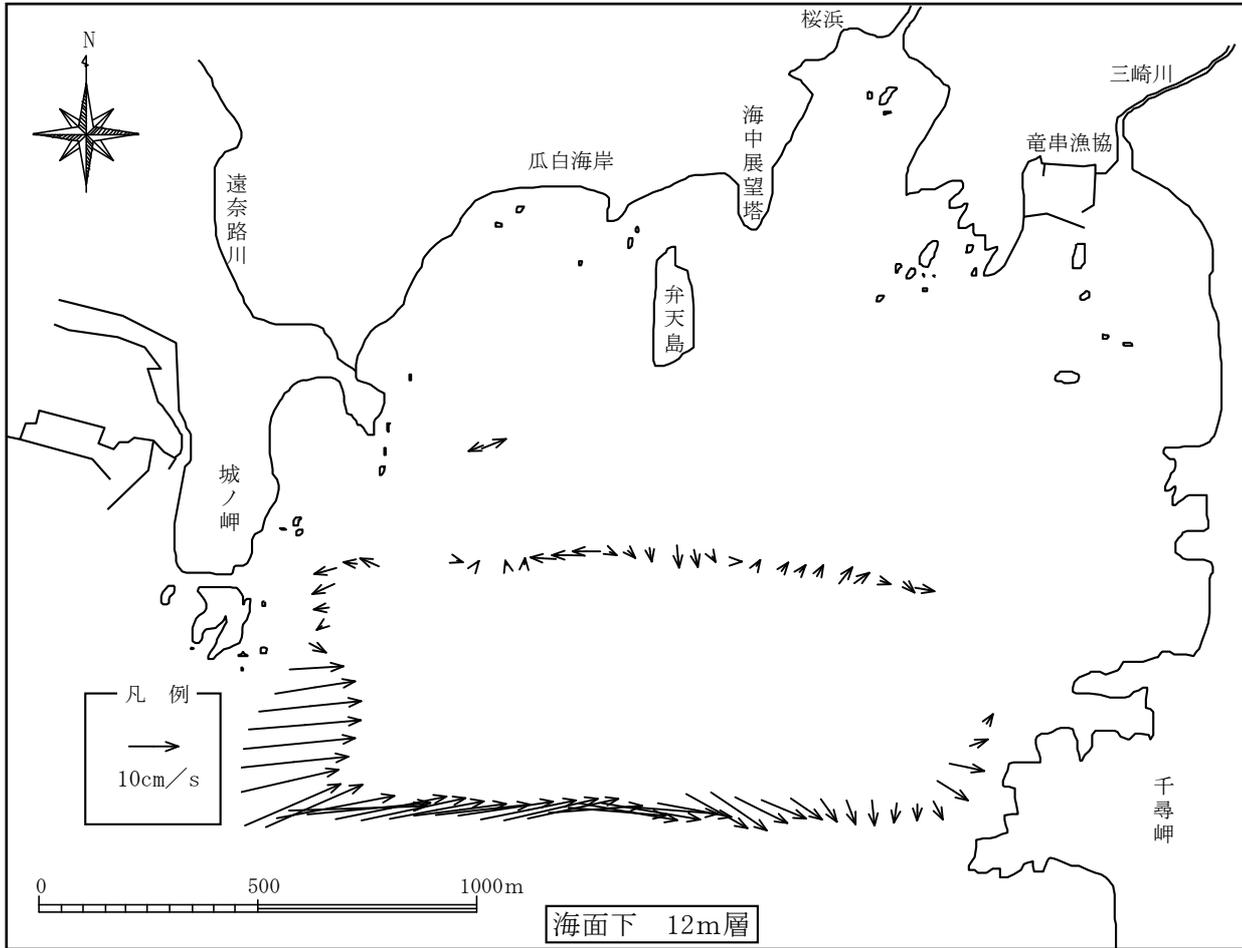
資料12(3). 流況水平分布(下げ潮時)



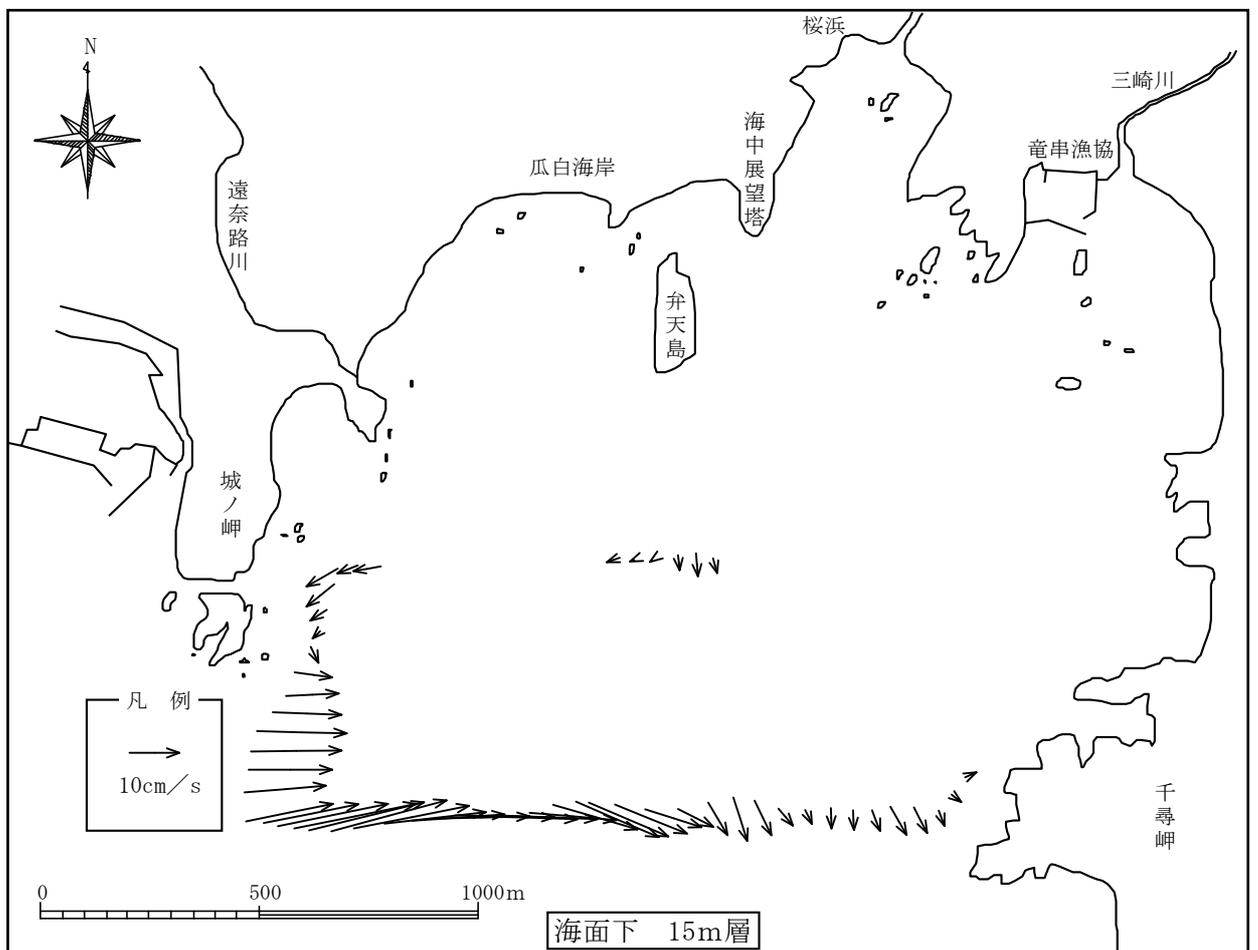
資料12(4)．流況水平分布(下げ潮時)



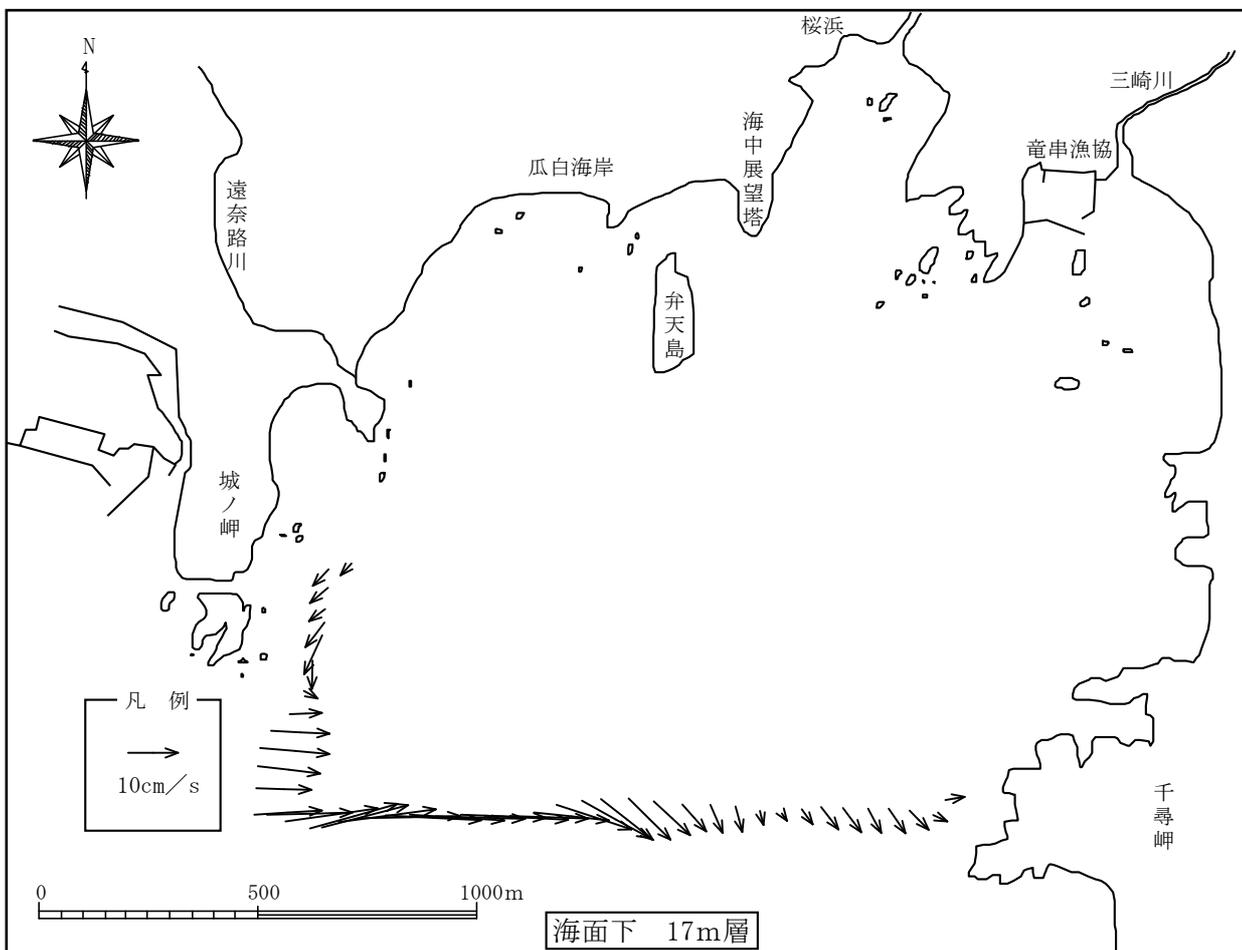
資料12(5). 流況水平分布(下げ潮時)



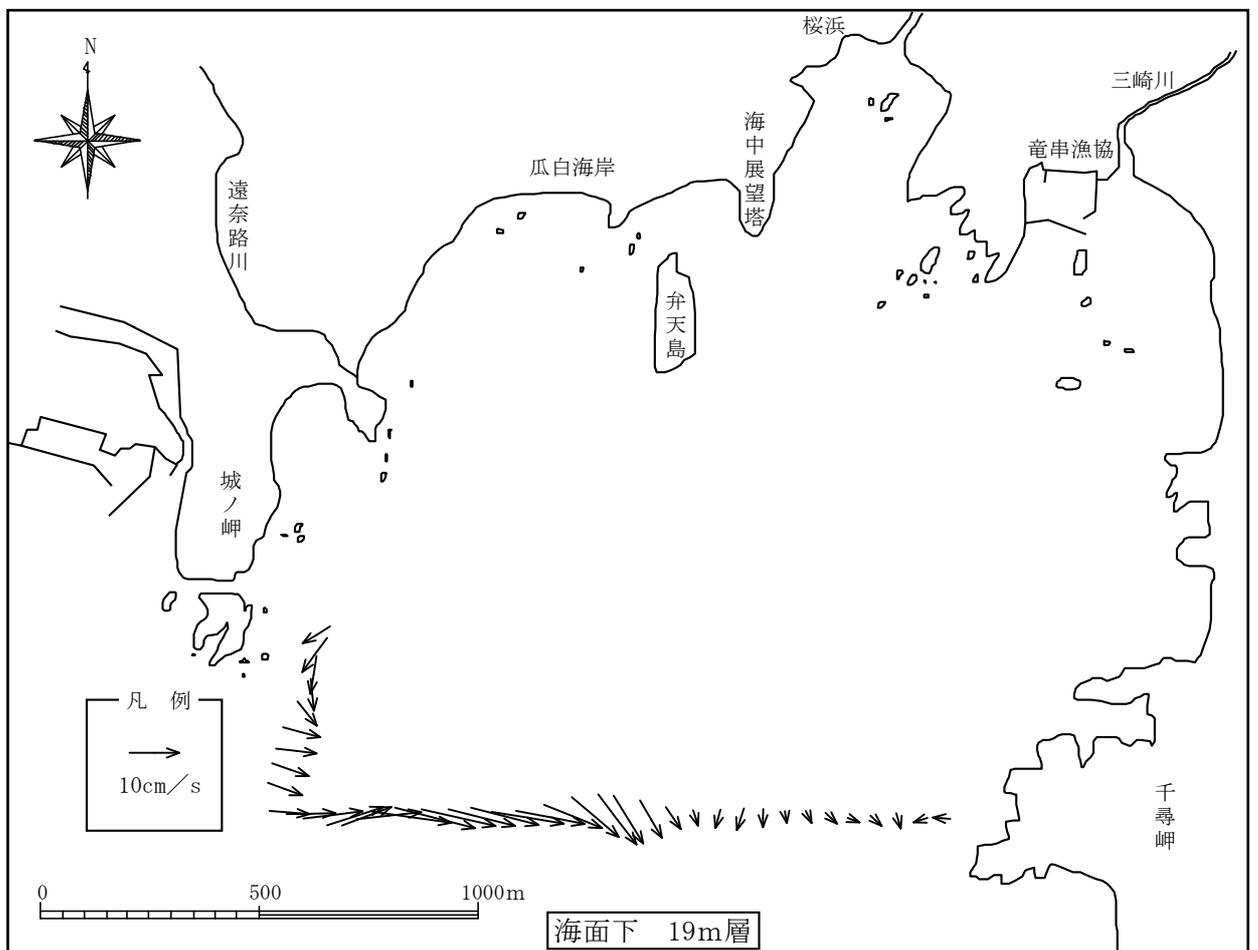
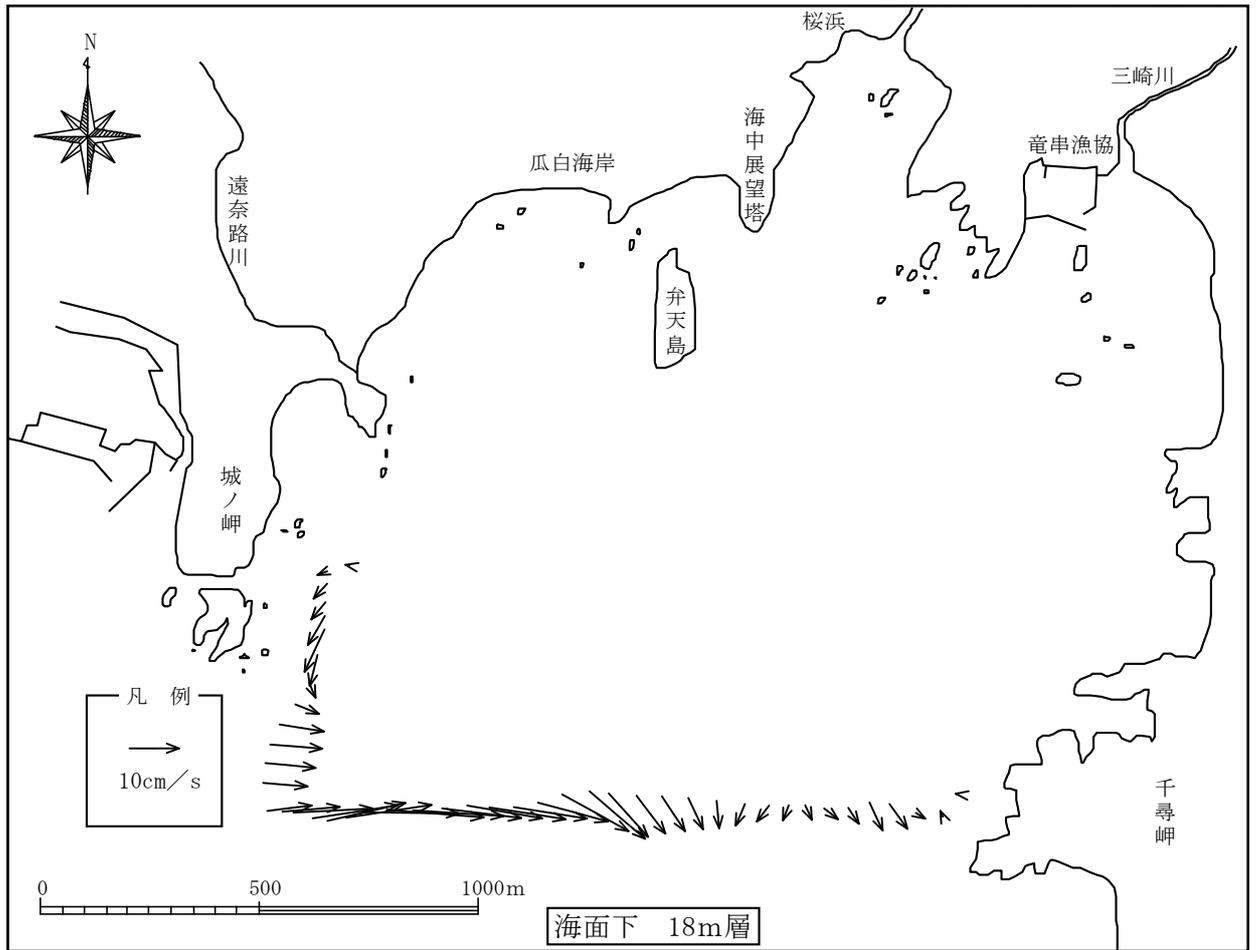
資料12(6). 流況水平分布(下げ潮時)



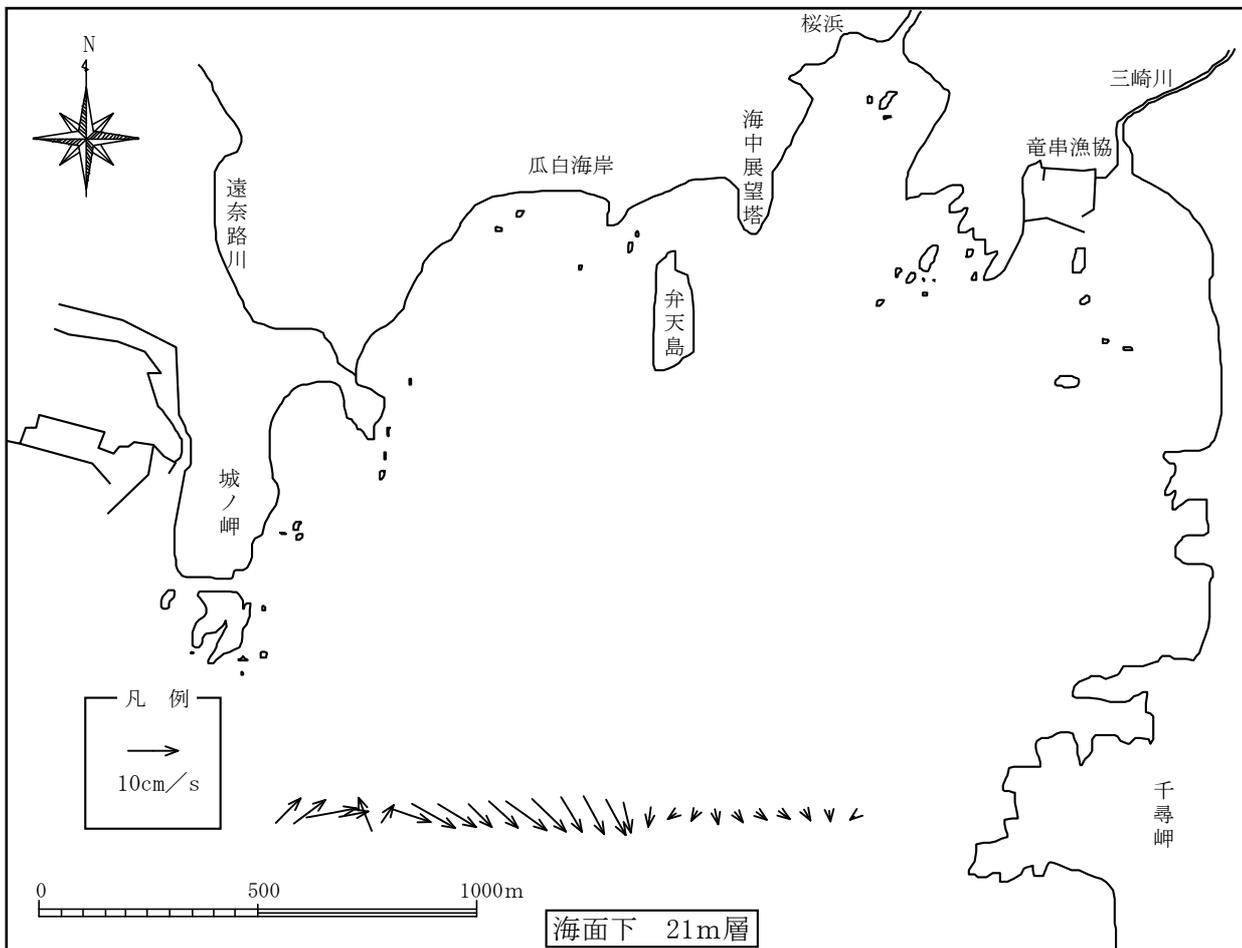
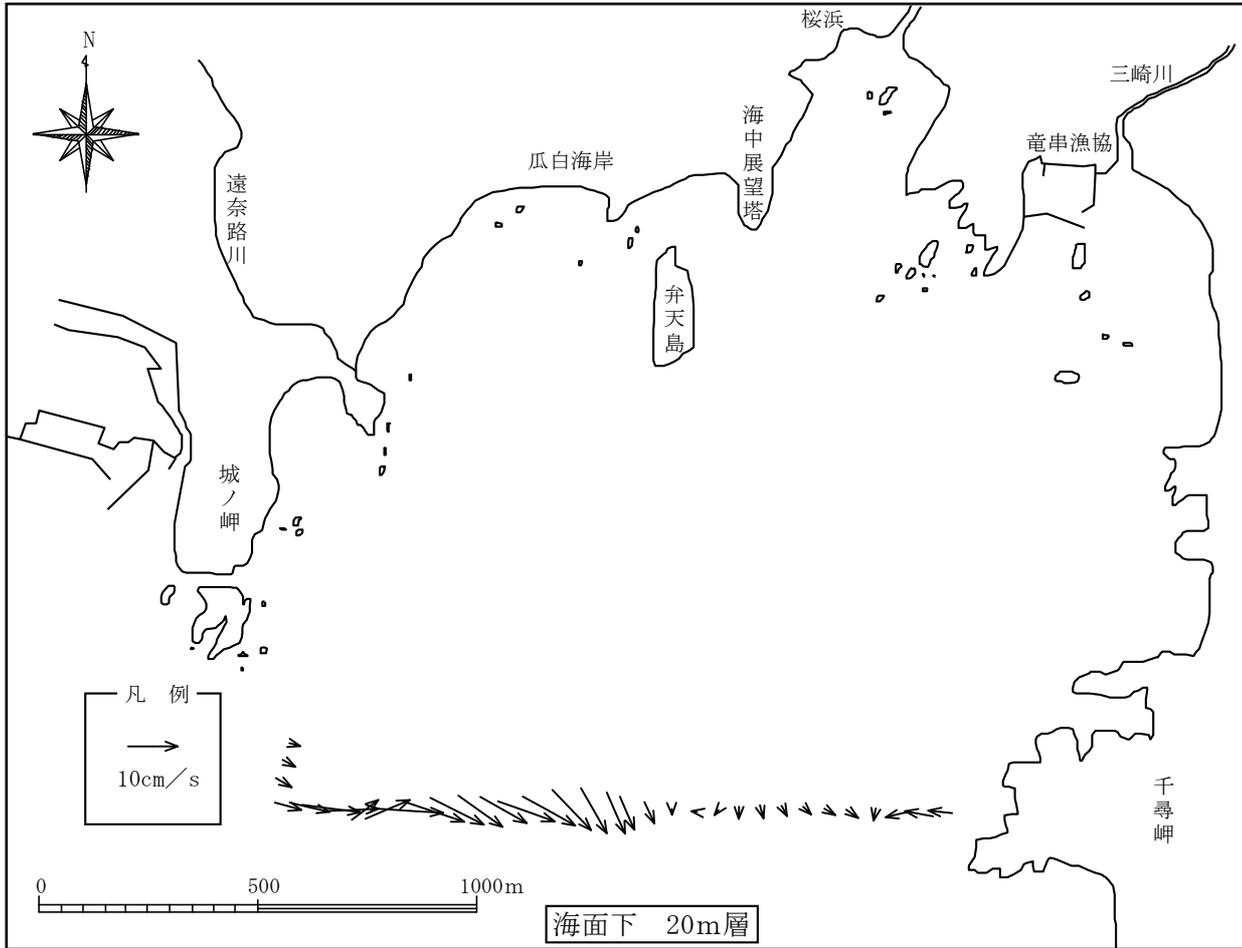
資料12(7). 流況水平分布(下げ潮時)



資料12(8). 流況水平分布(下げ潮時)



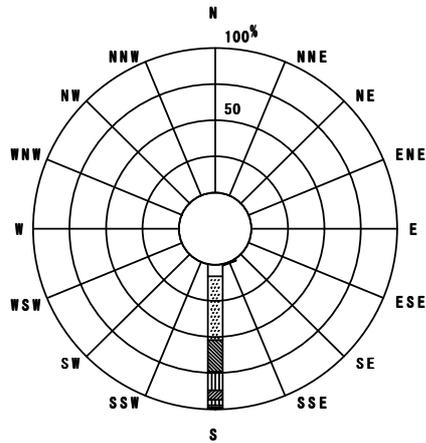
資料12(9). 流況水平分布(下げ潮時)



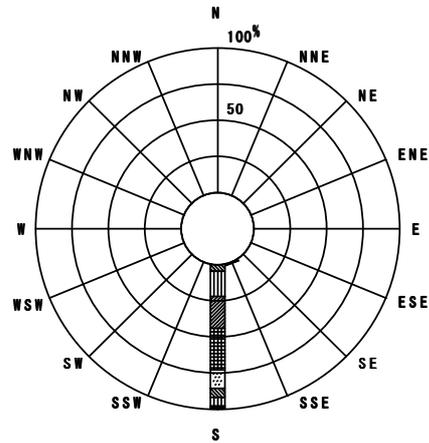
資料12(10) . 流況水平分布(下げ潮時)

海域：竜串 測点：A 観測層：B+0.5m  
 観測期間：2003年 8月31日～ 9月30日

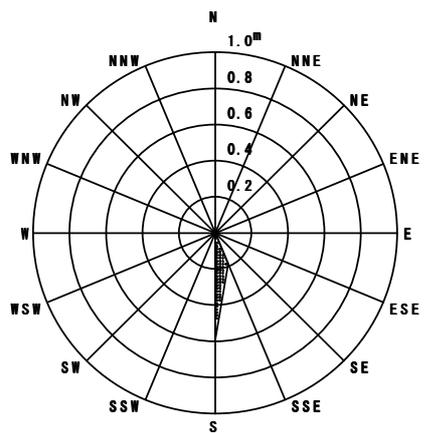
波向頻度 (波高)



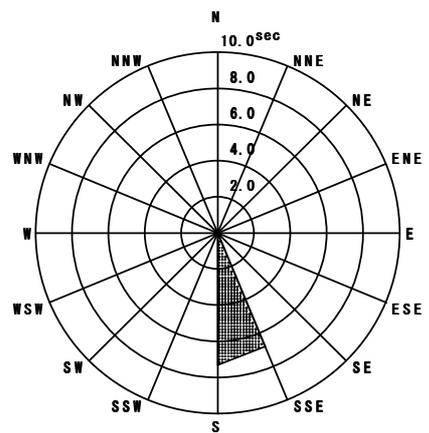
波向頻度 (周期)



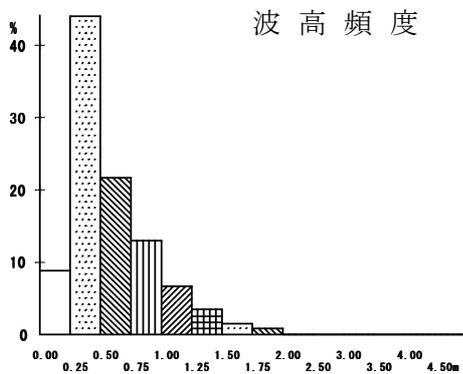
平均波高



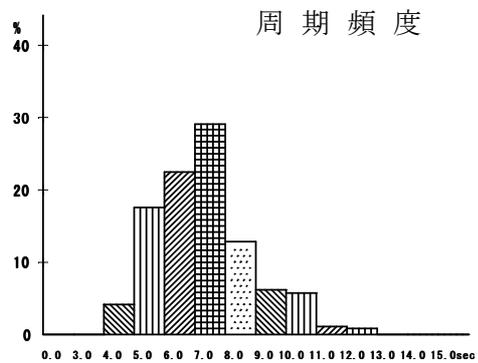
平均周期



波高頻度



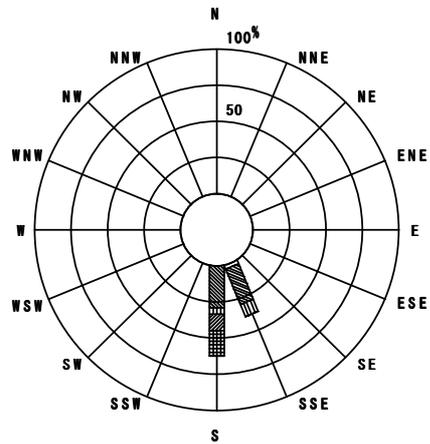
周期頻度



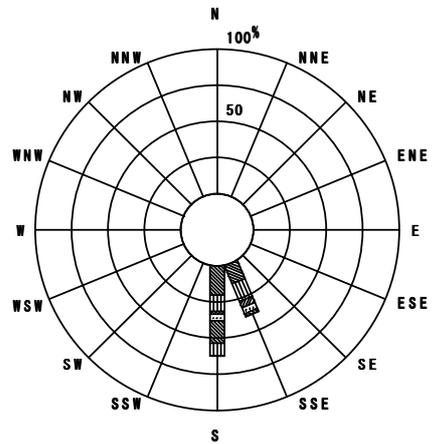
資料 1 3 (1). 波高別頻度分布 (測点 A)

海域：竜串 測点：B 観測層：B+0.5m  
 観測期間：2003年 8月31日～ 9月 2日

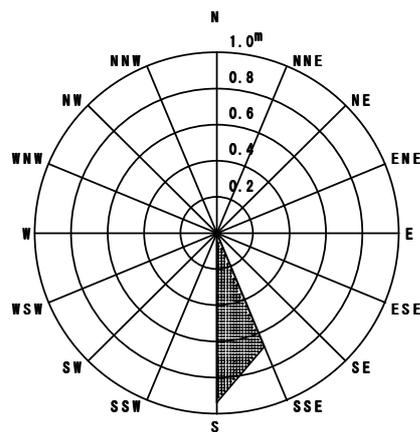
波向頻度 (波高)



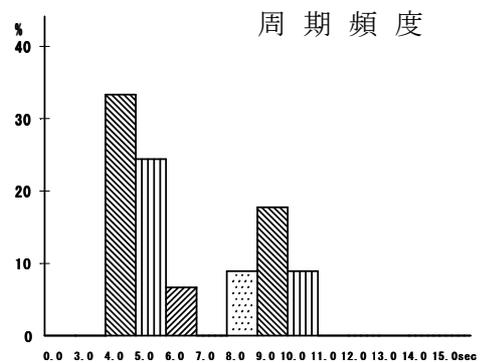
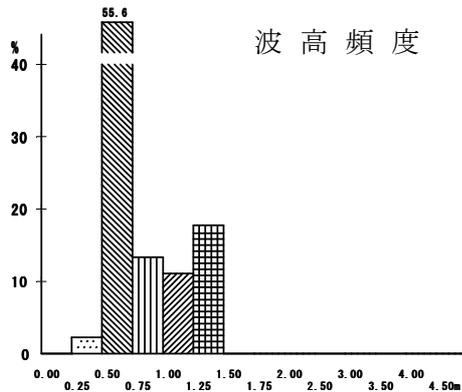
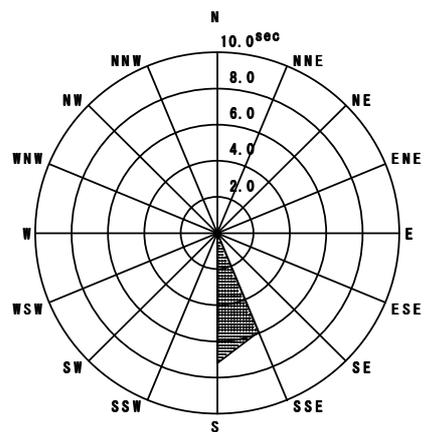
波向頻度 (周期)



平均波高

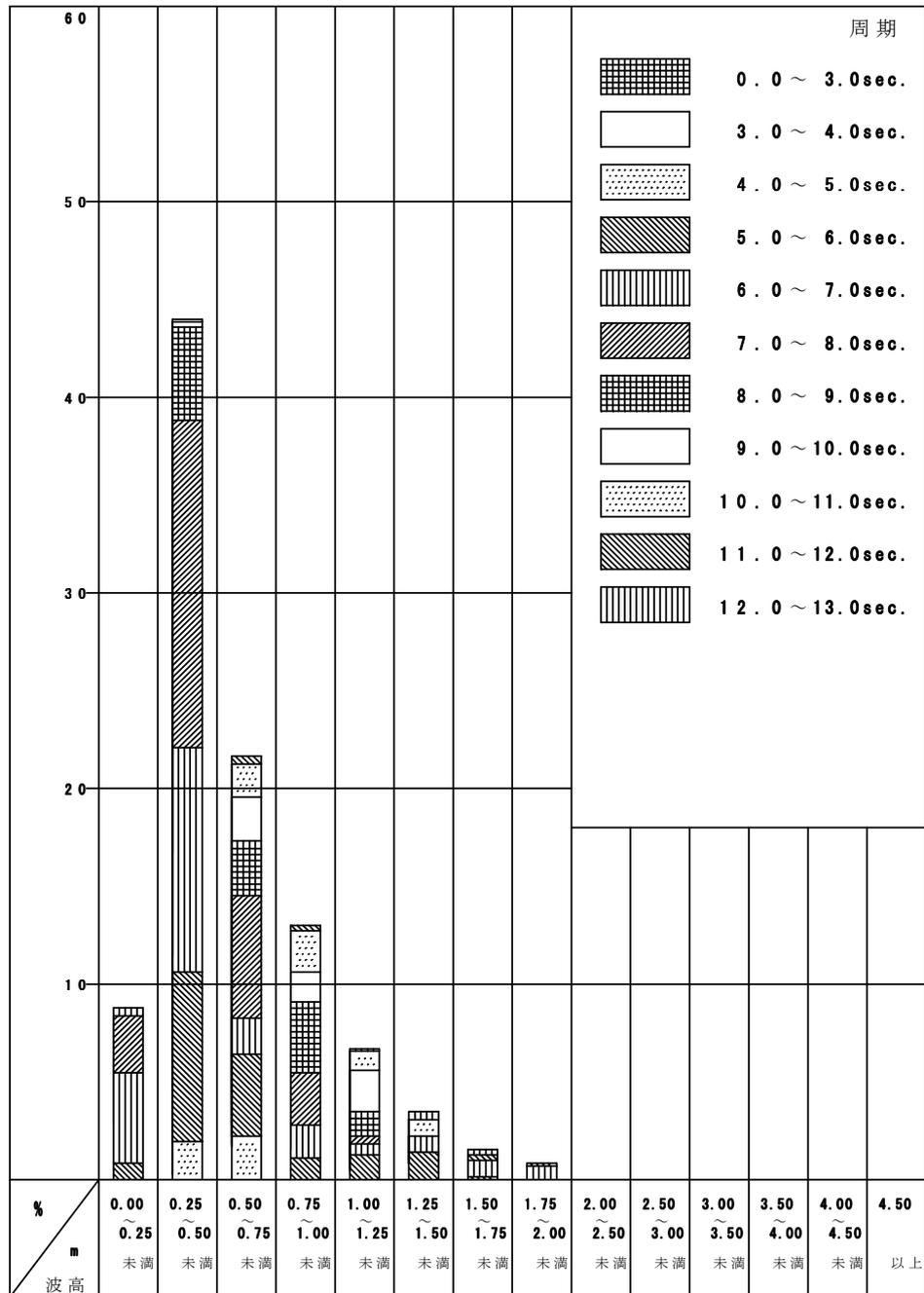


平均周期



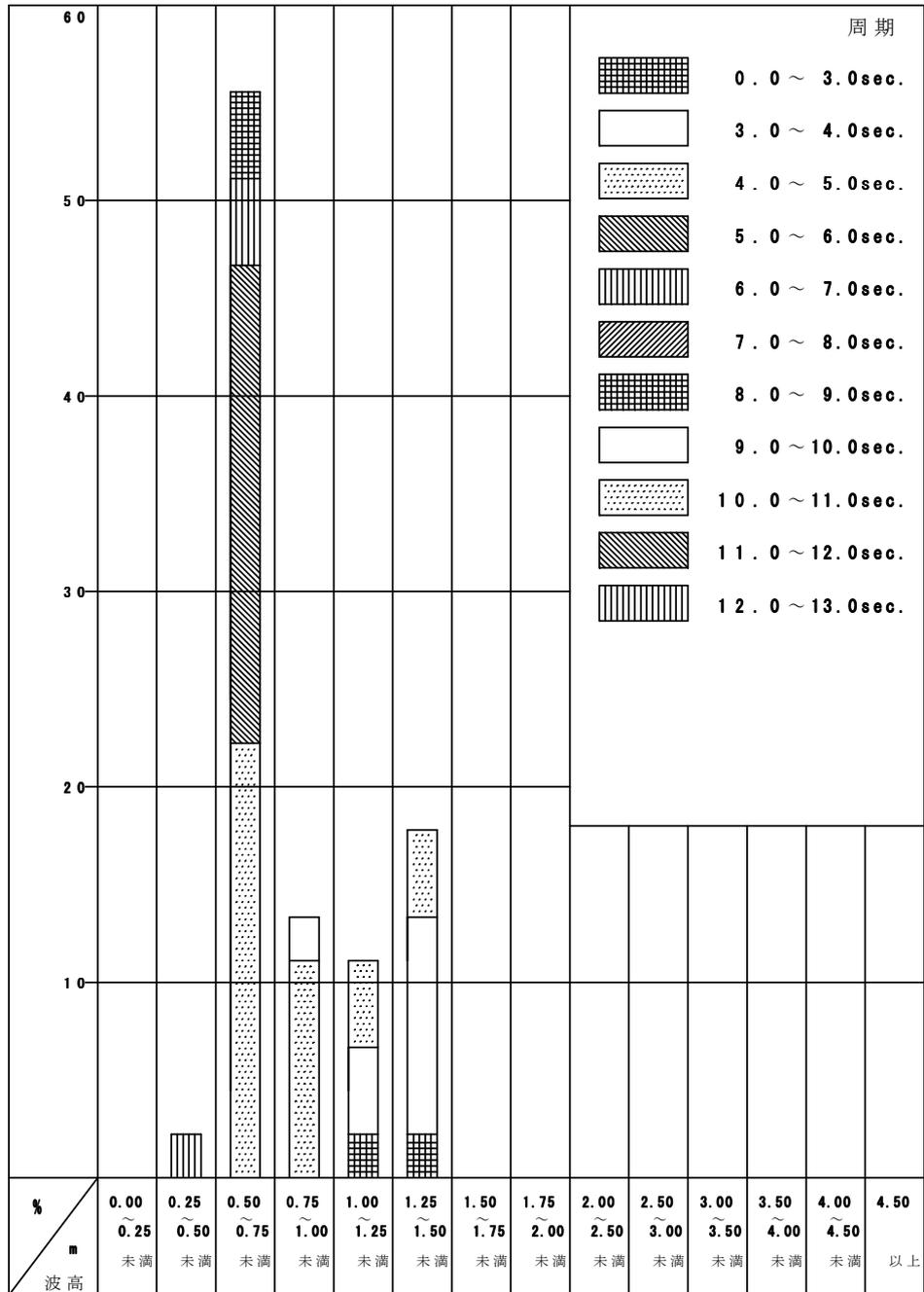
資料 1 3 (2). 波高別頻度分布 (測点 B)

海域：竜串      測点：A      観測層：B+0.5m  
 観測期間：2003年 8月31日～ 9月30日



資料 1 4 (1). 波高・周期出現頻度分布 (測点 A)

海域：竜串 測点：B 観測層：B+0.5m  
 観測期間：2003年8月31日～9月2日



資料 1 4 (2). 波高・周期出現頻度分布 (測点 B)

資料1.5(1). 波向別波高出現頻度分布表 (有義波)

観測期間：2003年 8月31日～ 9月30日

観測層：B+0.5m

測点：A

海域：竜串

波高(m)	波向													合計	累計			
	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W			WNW	NW	NNW
0.00 ~ 0.25							5 (0.7)	58 (8.1)									63 (8.8)	63 (8.8)
0.25 ~ 0.50								315 (44.0)									315 (44.0)	378 (52.8)
0.50 ~ 0.75								155 (21.6)									155 (21.6)	533 (74.4)
0.75 ~ 1.00								93 (13.0)									93 (13.0)	626 (87.4)
1.00 ~ 1.25								48 (6.7)									48 (6.7)	674 (94.1)
1.25 ~ 1.50								25 (3.5)									25 (3.5)	699 (97.6)
1.50 ~ 1.75								11 (1.5)									11 (1.5)	710 (99.2)
1.75 ~ 2.00								6 (0.8)									6 (0.8)	716 (100.0)
2.00 ~ 2.50																		716 (100.0)
2.50 ~ 3.00																		716 (100.0)
3.00 ~ 3.50																		716 (100.0)
3.50 ~ 4.00																		716 (100.0)
4.00 ~ 4.50																		716 (100.0)
4.50 以上																		716 (100.0)
合計							5 (0.7)	711 (99.3)									716 (100.0)	716 (100.0)
平均							0.18	0.59										

単位：回 (%)

資料 1.5 (2). 波向別周期出現頻度分布表 (有義波)

海域：竜串 測点：A. 観測層：B+0.5m 観測期間：2003年 8月31日～ 9月30日 単位：回 (%)

波向 周期 (sec)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	MNW	NW	NNW	合計	累計		
0.0 ~ 3.0 %																				
3.0 ~ 4.0 %																				
4.0 ~ 5.0 %									30 (4.2)								30 (4.2)	30 (4.2)		
5.0 ~ 6.0 %									126 (17.6)								126 (17.6)	156 (21.8)		
6.0 ~ 7.0 %								5 (0.7)	156 (21.8)								161 (22.5)	317 (44.3)		
7.0 ~ 8.0 %									208 (29.1)								208 (29.1)	525 (73.3)		
8.0 ~ 9.0 %									92 (12.8)								92 (12.8)	617 (86.2)		
9.0 ~ 10.0 %									44 (6.1)								44 (6.1)	661 (92.3)		
10.0 ~ 11.0 %									41 (5.7)								41 (5.7)	702 (98.0)		
11.0 ~ 12.0 %									8 (1.1)								8 (1.1)	710 (99.2)		
12.0 ~ 13.0 %									6 (0.8)								6 (0.8)	716 (100.0)		
13.0 ~ 14.0 %																		716 (100.0)		
14.0 ~ 15.0 %																		716 (100.0)		
15.0 以上 %																		716 (100.0)		
合計 %								5 (0.7)	711 (99.3)								716 (100.0)	716 (100.0)		
平均								6.80	7.30											

資料 1.5 (3). 波向別波高出現頻度分布表 (有義波)

海域：竜串 湖点：B 観測期：2003年 8月31日～9月 2日 観測期間：2003年 8月31日～9月 2日

单位：回 (%)

波高(m)	波向	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計	累計
0.00 ~ 0.25	%								1 (2.2)									1 (2.2)	1 (2.2)
0.25 ~ 0.50	%								12 (26.7)	13 (28.9)								25 (55.6)	26 (57.8)
0.50 ~ 0.75	%								4 (8.9)	2 (4.4)								6 (13.3)	32 (71.1)
0.75 ~ 1.00	%									5 (11.1)								5 (11.1)	37 (82.2)
1.00 ~ 1.25	%									8 (17.8)								8 (17.8)	45 (100.0)
1.25 ~ 1.50	%																		45 (100.0)
1.50 ~ 1.75	%																		45 (100.0)
1.75 ~ 2.00	%																		45 (100.0)
2.00 ~ 2.50	%																		45 (100.0)
2.50 ~ 3.00	%																		45 (100.0)
3.00 ~ 3.50	%																		45 (100.0)
3.50 ~ 4.00	%																		45 (100.0)
4.00 ~ 4.50	%																		45 (100.0)
4.50 以上	%																		45 (100.0)
合計	%								17 (37.8)	28 (62.2)								45 (100.0)	45 (100.0)
平均									0.68	0.94									

資料15(4). 波向別周期出現頻度分布表 (有義波)

海域：竜中 観測所：B 観測層：B+0.5m 観測期間：2003年8月31日～9月2日 単位：回(%)

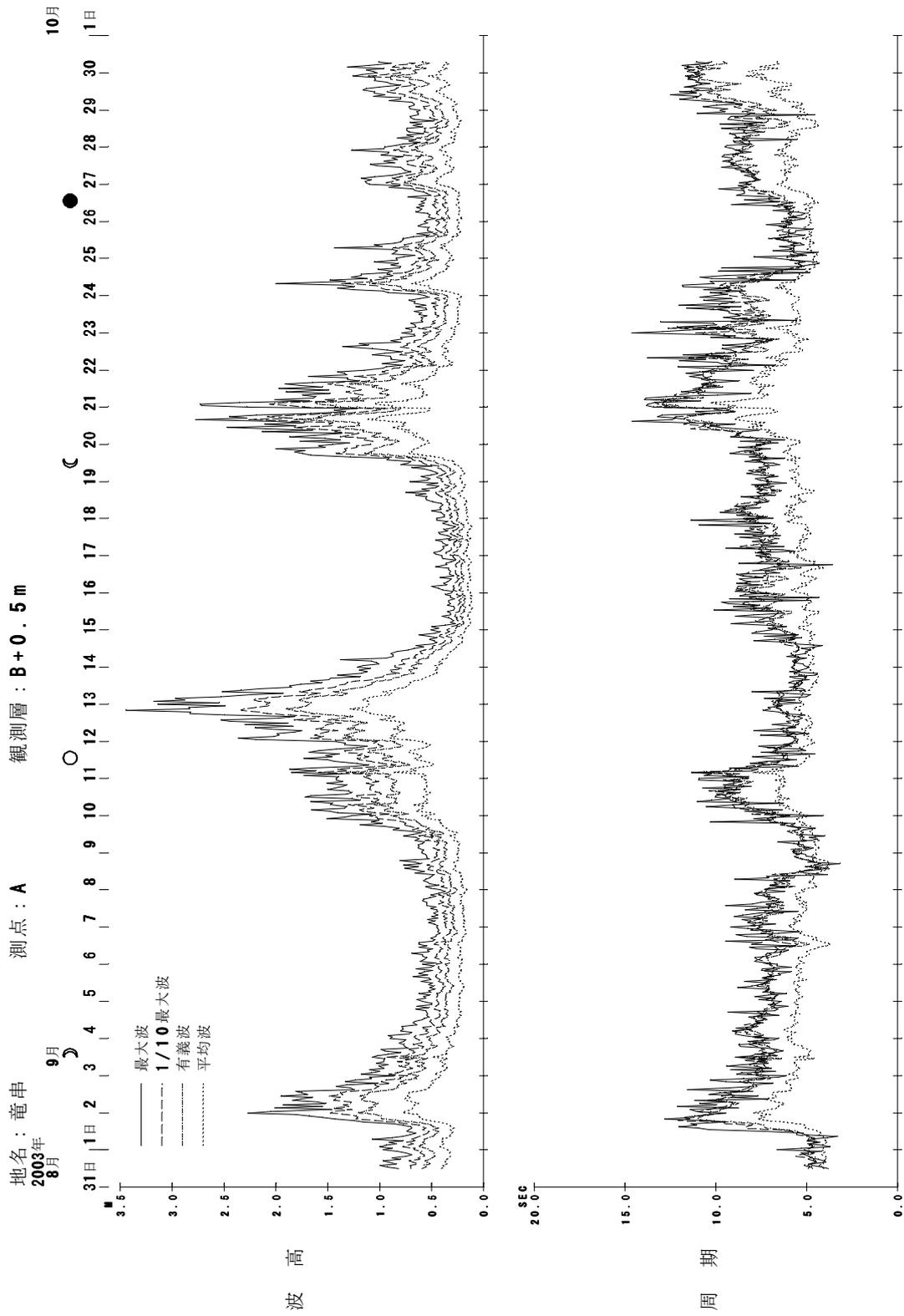
波向 周期(sec)	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	合計	累計	
0.0 ~ 3.0 %																			
3.0 ~ 4.0 %																			
4.0 ~ 5.0 %								6 (13.3)	9 (20.0)								15 (33.3)	15 (33.3)	
5.0 ~ 6.0 %							6 (13.3)	5 (11.1)									11 (24.4)	26 (57.8)	
6.0 ~ 7.0 %							2 (4.4)	1 (2.2)									3 (6.7)	29 (64.4)	
7.0 ~ 8.0 %																	29 (64.4)	29 (64.4)	
8.0 ~ 9.0 %							2 (4.4)	2 (4.4)									4 (8.9)	33 (73.3)	
9.0 ~ 10.0 %							1 (2.2)	7 (15.6)									8 (17.8)	41 (91.1)	
10.0 ~ 11.0 %								4 (8.9)									4 (8.9)	45 (100.0)	
11.0 ~ 12.0 %																	45 (100.0)	45 (100.0)	
12.0 ~ 13.0 %																	45 (100.0)	45 (100.0)	
13.0 ~ 14.0 %																	45 (100.0)	45 (100.0)	
14.0 ~ 15.0 %																	45 (100.0)	45 (100.0)	
15.0 以上 %																	45 (100.0)	45 (100.0)	
合計 %							17 (37.8)	28 (62.2)									45 (100.0)	45 (100.0)	
平均							5.90	7.20											

資料1.6(1). 波高・周期出現頻度表 (有義波)

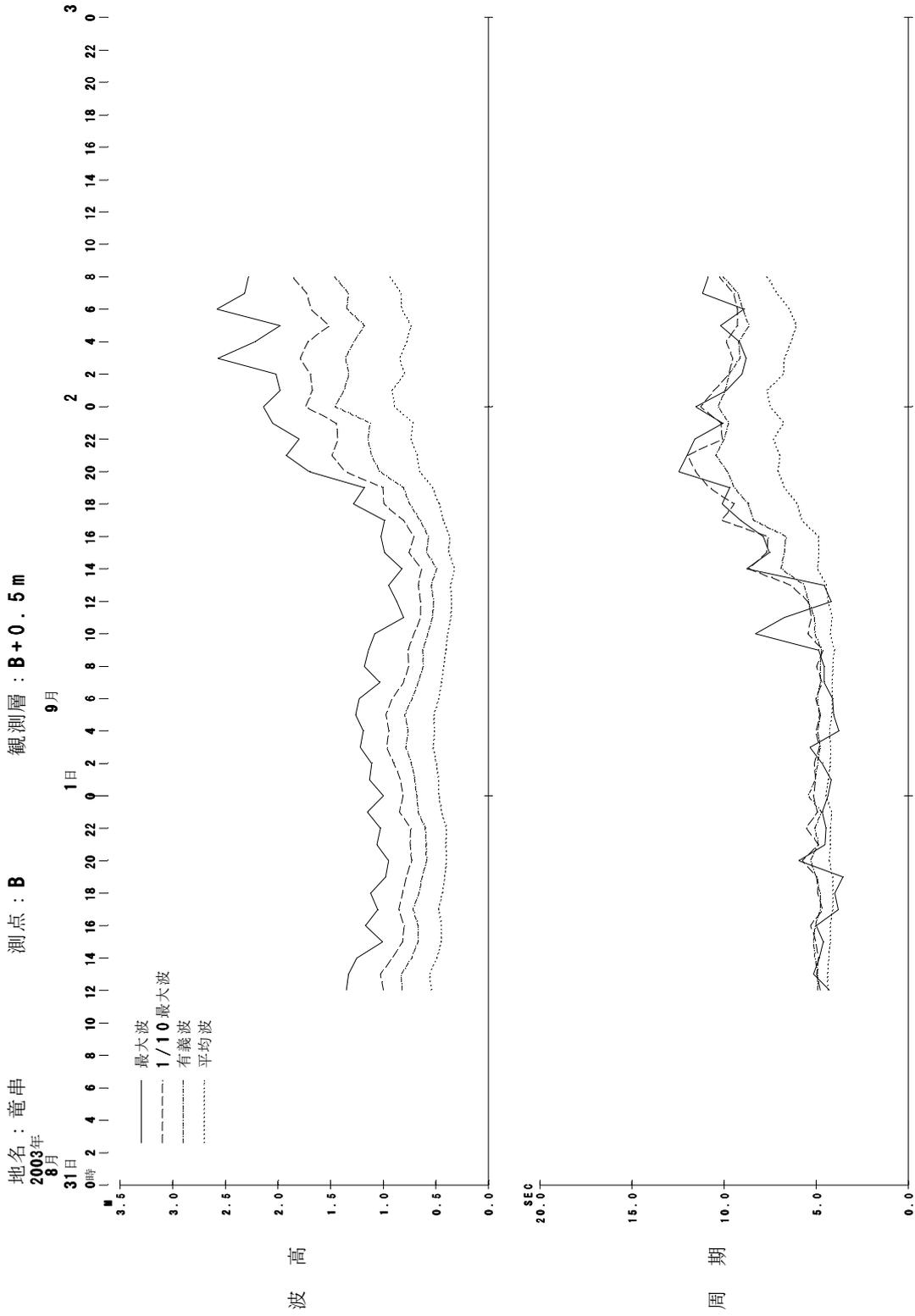
海域：竜串	周期(sec)	観測期間：2003年8月31日～9月30日																合計	累計	単位：回(%)							
		測点：A		観測層：B+0.5m		8.0		9.0		10.0		11.0		12.0		13.0					14.0						
波高(m)		0.0 ～ 3.0	3.0 ～ 4.0	4.0 ～ 5.0	5.0 ～ 6.0	6.0 ～ 7.0	7.0 ～ 8.0	8.0 ～ 9.0	9.0 ～ 10.0	10.0 ～ 11.0	11.0 ～ 12.0	12.0 ～ 13.0	13.0 ～ 14.0	14.0 ～													
0.00～0.25	%				6 (0.8)	33 (4.6)	21 (2.9)	3 (0.4)																		63 (8.8)	63 (8.8)
0.25～0.50	%			14 (2.0)	62 (8.7)	82 (11.5)	120 (16.8)	34 (4.7)	2 (0.3)	1 (0.1)																315 (44.0)	378 (52.8)
0.50～0.75	%			16 (2.2)	30 (4.2)	13 (1.8)	45 (6.3)	20 (2.8)	16 (2.2)	12 (1.7)	3 (0.4)															155 (21.6)	533 (74.4)
0.75～1.00	%				8 (1.1)	12 (1.7)	19 (2.7)	26 (3.6)	11 (1.5)	15 (2.1)	2 (0.3)															93 (13.0)	626 (87.4)
1.00～1.25	%				9 (1.3)	4 (0.6)	3 (0.4)	9 (1.3)	15 (2.1)	7 (1.0)		1 (0.1)														48 (6.7)	674 (94.1)
1.25～1.50	%				10 (1.4)	6 (0.8)			6 (0.8)																	25 (3.5)	699 (97.6)
1.50～1.75	%				1 (0.1)	6 (0.8)						2 (0.3)														11 (1.5)	710 (99.2)
1.75～2.00	%					5 (0.7)						1 (0.1)														6 (0.8)	716 (100.0)
2.00～2.50	%																										716 (100.0)
2.50～3.00	%																										716 (100.0)
3.00～3.50	%																										716 (100.0)
3.50～4.00	%																										716 (100.0)
4.00～4.50	%																										716 (100.0)
4.50以上	%																										716 (100.0)
合計	%			30 (4.2)	126 (17.6)	161 (22.5)	208 (29.1)	92 (12.8)	44 (6.1)	41 (5.7)	8 (1.1)	6 (0.8)														716 (100.0)	716 (100.0)

資料 1.6 (2). 波高・周期出現頻度表 (有義波)

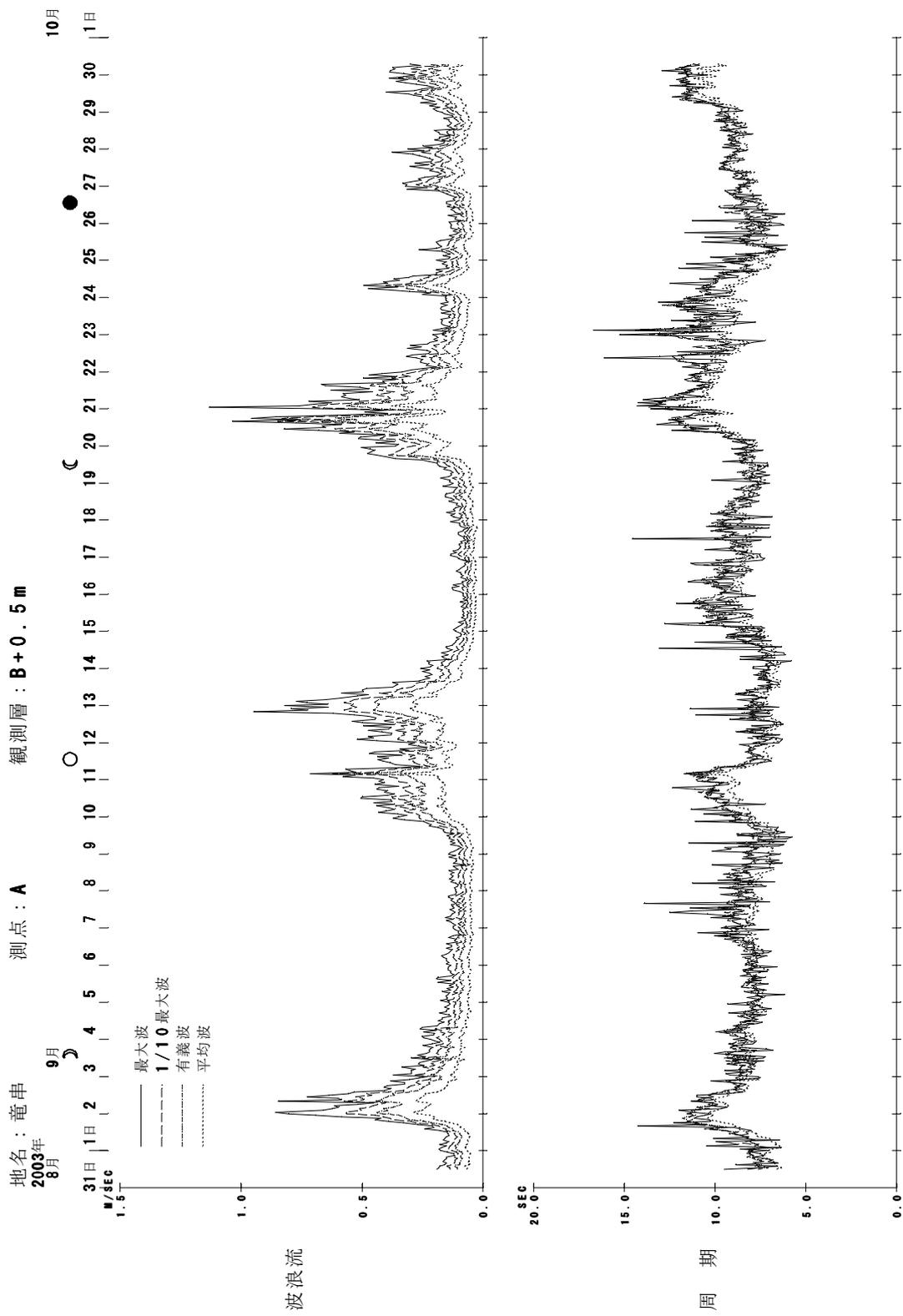
海域：竜串	測点：B	観測層：B+0.5m	観測期間：2003年 8月31日～ 9月 2日												合計	累計	
			0.0 ～ 3.0	3.0 ～ 4.0	4.0 ～ 5.0	5.0 ～ 6.0	6.0 ～ 7.0	7.0 ～ 8.0	8.0 ～ 9.0	9.0 ～ 10.0	10.0 ～ 11.0	11.0 ～ 12.0	12.0 ～ 13.0	13.0 ～ 14.0			
周期(sec)																	
波高(m)																	
0.00 ～ 0.25 %																	1 (2.2)
0.25 ～ 0.50 %					1 (2.2)												25 (55.6)
0.50 ～ 0.75 %			10 (22.2)	11 (24.4)	2 (4.4)												32 (71.1)
0.75 ～ 1.00 %			5 (11.1)					1 (2.2)									5 (11.1)
1.00 ～ 1.25 %								1 (2.2)	2 (4.4)								8 (17.8)
1.25 ～ 1.50 %								1 (2.2)	5 (11.1)	2 (4.4)							45 (100.0)
1.50 ～ 1.75 %																	45 (100.0)
1.75 ～ 2.00 %																	45 (100.0)
2.00 ～ 2.50 %																	45 (100.0)
2.50 ～ 3.00 %																	45 (100.0)
3.00 ～ 3.50 %																	45 (100.0)
3.50 ～ 4.00 %																	45 (100.0)
4.00 ～ 4.50 %																	45 (100.0)
4.50 以上 %																	45 (100.0)
合計 %			15 (33.3)	11 (24.4)	3 (6.7)			4 (8.9)	8 (17.8)	4 (8.9)						45 (100.0)	45 (100.0)



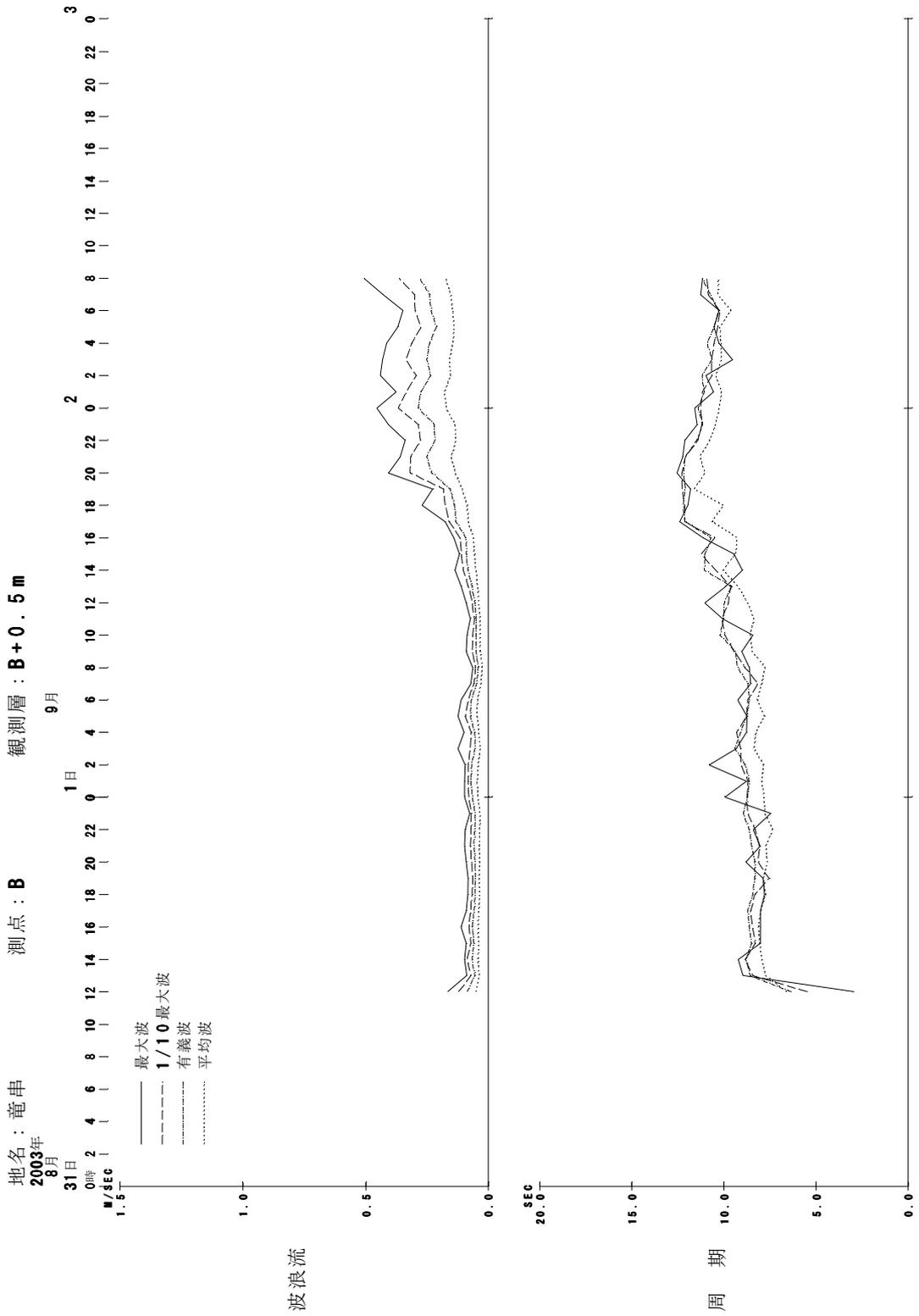
資料 1 7 (1). 波浪経時変化図 (測点 A)



資料 1 7 (2). 波浪経時変化図 (測点 B)



資料 1 7 (3). 波浪流経時変化図 (測点 A)



資料 1 7 (4). 波浪流経時変化図 (測点 B)

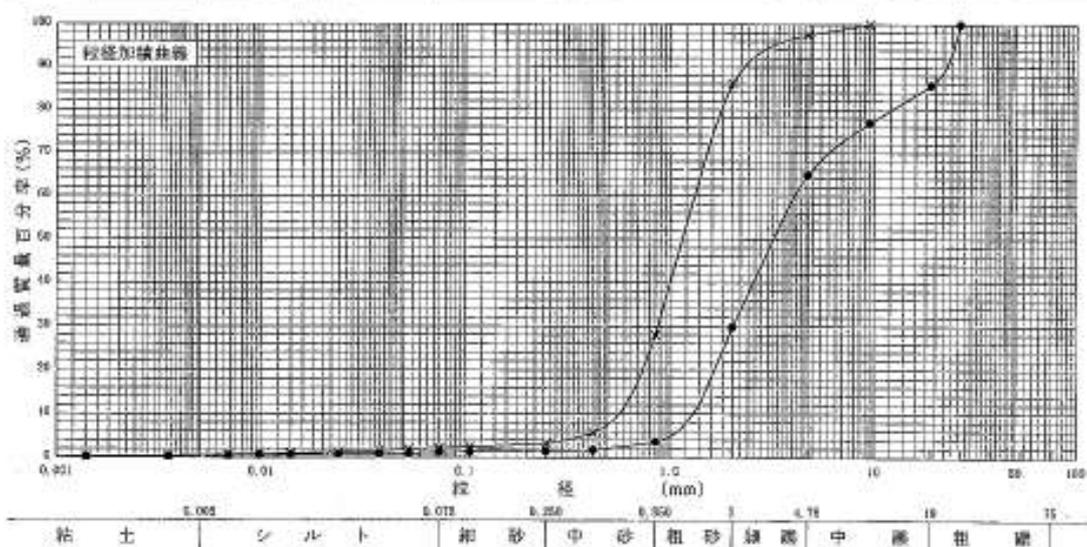
資料 18 (1) . 堆積土の粒度組成 (St. 1, St. 2)

JIS A1204 JGS 0131	土の粒度試験 (粒径加積曲線)
-----------------------	-----------------

調査件名 \_\_\_\_\_ 試験年月日 平成 15年 10月 6日

試験者 \_\_\_\_\_

試料番号 (標さ)	St. 1		St. 2		試料番号 (標さ)	St. 1	St. 2
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%		粗 礫 分 %	0.0
ふ る い 分 析	75		75		中 礫 分 %	14.2	0.0
	53		53		細 礫 分 %	20.9	2.4
	37.5		37.5		粗 砂 分 %	35.0	11.4
	26.5	100.0	26.5		中 砂 分 %	26.1	58.0
	19	85.8	19		細 砂 分 %	2.1	24.7
	9.5	77.0	9.5	100.0	シルト分 %	0.4	1.1
	4.75	64.9	4.75	97.6	粘土分 %	0.8	1.6
	2	29.9	2	86.2	2mmふるい通過質量百分率 %	0.5	0.8
	0.850	3.8	0.85	28.2	425 $\mu$ mふるい通過質量百分率 %	29.9	86.2
	0.425	1.9	0.425	5.9	75 $\mu$ mふるい通過質量百分率 %	1.9	5.9
	0.250	1.7	0.250	3.5	最大粒径 mm	1.3	2.4
	0.106	1.4	0.106	2.6	60% 粒径 $D_{60}$ mm	26.5	9.50
	0.075	1.3	0.075	2.4	50% 粒径 $D_{50}$ mm	4.08	1.32
沈 降 分 析	0.053	1.1	0.053	2.1	30% 粒径 $D_{30}$ mm	3.20	1.15
	0.038	1.0	0.038	1.7	10% 粒径 $D_{10}$ mm	2.01	0.871
	0.024	0.9	0.024	1.4	均等係数 $U_c$	1.29	0.561
	0.014	0.8	0.014	1.1	曲率係数 $U_c'$	3.16	2.35
	0.0098	0.7	0.0098	1.0	土粒子の密度 $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	0.768	1.02
	0.0069	0.6	0.0069	0.9	使用した分散剤	2.743	2.770
	0.0035	0.5	0.0035	0.6	分散剤の種類	高分子分散剤	高分子分散剤
	0.0014	0.4	0.0014	0.4	分散剤の濃度、分散剤加量	10ml	10ml
				20% 粒径 $D_{20}$ mm	1.64	0.738	



(社)地盤工学会 4243 不詳複製

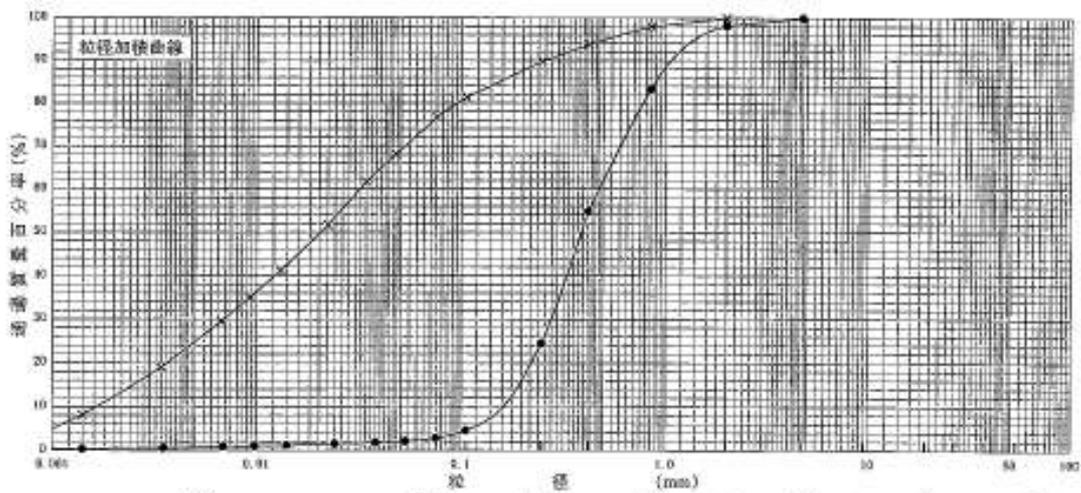
資料 18 (2) . 堆積土の粒度組成 (St. 3, St. 4)

JIS A 1204 JGS 0131	土の粒度試験 (粒径加積曲線)
------------------------	-----------------

調査件名 \_\_\_\_\_ 試験年月日 平成 15年 10月 6日

試験者 \_\_\_\_\_

試料番号 (深さ)	St. 3		St. 4		試料番号 (深さ)	St. 3	St. 4
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%		粗 篩 分 %	0.0
よ る い 分 析	75		75		中 篩 分 %	0.0	0.0
	53		53		細 篩 分 %	1.8	0.0
	37.5		37.5		粗 砂 分 %	14.8	2.0
	26.5		26.5		中 砂 分 %	58.8	8.1
	19		19		細 砂 分 %	21.6	13.1
	9.5		9.5		シルト分 %	2.1	51.6
	4.75	100.0	4.75		粘 土 分 %	0.9	25.2
	2	98.2	2	100.0	2mmより通過質量百分率 %	98.2	100.0
	0.850	83.4	0.85	98.0	425μより通過質量百分率 %	54.9	93.8
	0.425	54.9	0.425	93.8	75μより通過質量百分率 %	3.0	76.8
注 分 析	0.250	24.6	0.250	89.9	最大粒径 mm	4.75	2.00
	0.106	4.7	0.106	81.5	60 % 粒径 $D_{60}$ mm	0.477	0.0314
	0.075	3.0	0.075	76.8	50 % 粒径 $D_{50}$ mm	0.392	0.0201
	0.053	2.3	0.047	68.2	30 % 粒径 $D_{30}$ mm	0.278	0.0068
	0.038	2.0	0.034	61.8	10 % 粒径 $D_{10}$ mm	0.162	0.0016
	0.024	1.7	0.022	51.8	均等係数 $U_c$	2.94	19.6
	0.014	1.3	0.013	41.3	曲率係数 $C_c$	1.00	0.920
	0.0098	1.2	0.0093	35.2	土粒子の密度 $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	2.750	2.711
	0.0069	1.0	0.0067	29.7	使用した分散剤	高分子分散剤	高分子分散剤
	0.0035	0.7	0.0034	19.2	溶液濃度、溶液添加量	10ml	10ml
0.0014	0.5	0.0014	8.3	20 % 粒径 $D_{20}$ mm	0.221	0.0036	



粘 土	シルト	細 砂	中 砂	粗 砂	細 篩	中 篩	粗 篩
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

特記事項 \_\_\_\_\_

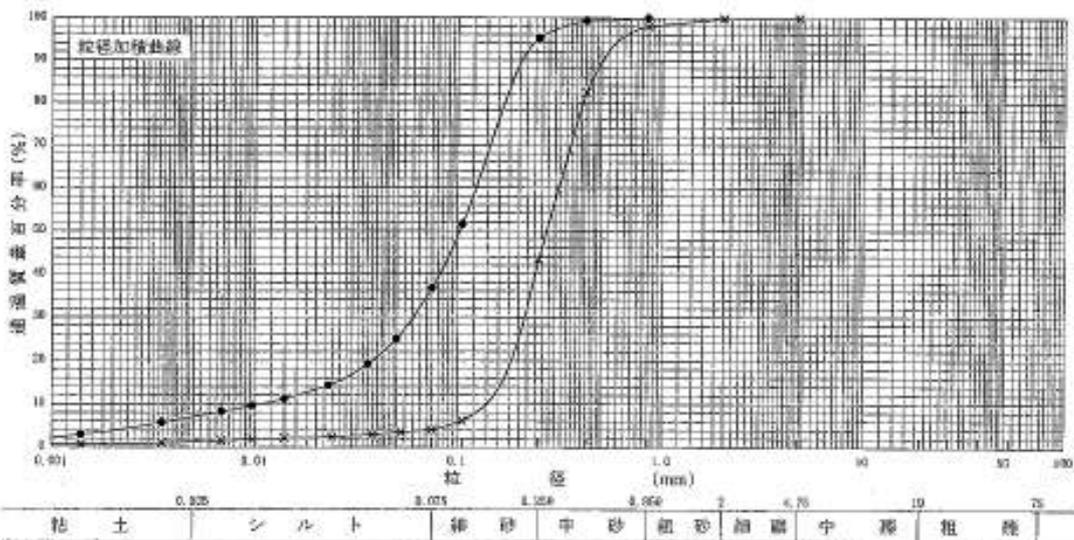
資料 18 (3) . 堆積土の粒度組成 (St. 5, St. 6)

JIS A1204 JGS 0131	土の粒度試験 (粒径加積曲線)
-----------------------	-----------------

調査件名 \_\_\_\_\_ 試験年月日 平成 15年 10月 6日

試験者 \_\_\_\_\_

試料番号 (深さ)	St. 5		St. 6		試料番号 (深さ)	St. 5	St. 6
	粒径 mm	通過質量百分率 %	粒径 mm	通過質量百分率 %		粗 塵 分 %	0.0
ふ る い 分 析	75		75		中 塵 分 %	0.0	0.0
	53		53		細 塵 分 %	0.0	0.1
	37.5		37.5		粗 砂 分 %	0.0	1.8
	26.5		26.5		中 砂 分 %	4.7	54.6
	19		19		細 砂 分 %	58.5	38.3
	9.5		9.5		シルト分 %	29.6	2.7
	4.75		4.75	100.0	粘 土 分 %	7.2	1.5
	2		2	99.9	2mmふるい通過質量百分率 %	100.0	99.9
	0.850	100.0	0.85	98.1	425μふるい通過質量百分率 %	99.4	82.5
	0.425	99.4	0.425	82.5	75μふるい通過質量百分率 %	36.8	4.2
比 分 析	0.250	95.3	0.250	43.5	最大粒径 mm	0.850	4.75
	0.106	51.6	0.106	6.3	60 % 粒径 $D_{60}$ mm	0.123	0.311
	0.075	36.8	0.075	4.2	50 % 粒径 $D_{50}$ mm	0.102	0.273
	0.050	25.1	0.053	3.7	30 % 粒径 $D_{30}$ mm	0.0602	0.214
	0.036	19.3	0.038	3.1	10 % 粒径 $D_{10}$ mm	0.0104	0.139
	0.023	14.4	0.024	2.6	均等係数 $U_c$	11.8	2.24
	0.014	11.3	0.014	2.3	曲率係数 $C_u$	2.83	1.06
	0.0097	9.7	0.0098	2.1	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.727	2.744
	0.0069	8.4	0.0069	1.7	使用した分散剤	高分子分散剤	高分子分散剤
	0.0035	5.9	0.0035	1.2	溶液濃度, 溶液添加量	10ml	10ml
0.0014	3.1	0.0014	0.9	20 % 粒径 $D_{20}$ mm	0.0376	0.184	



特記事項 \_\_\_\_\_

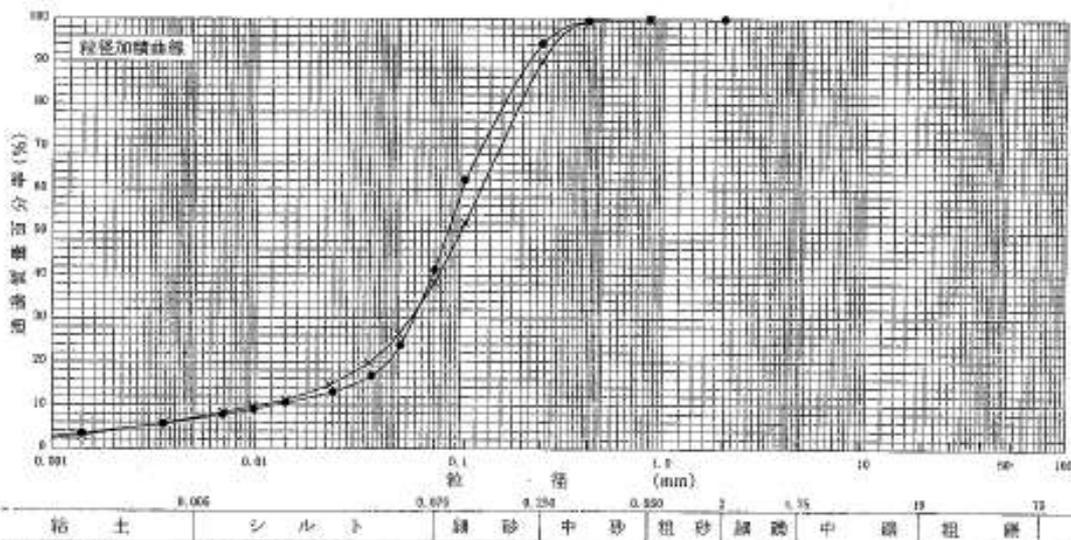
資料 18 (4) . 堆積土の粒度組成 (St. 7, St. 8)

JIS A1204 JGS 0131	土の粒度試験 (粒径加積曲線)
-----------------------	-----------------

調査件名 \_\_\_\_\_ 試験年月日 平成 15年 10月 6日

試験者 \_\_\_\_\_

試料番号 (標号)	St. 7		St. 8		試料番号 (標号)	St. 7	St. 8
	粒径 mm	通過質量百分率%	粒径 mm	通過質量百分率%			
ふるい					極 微 分 %	0.0	0.0
	75		75		中 微 分 %	0.0	0.0
	53		53		細 微 分 %	0.0	0.0
	37.5		37.5		粗 砂 分 %	0.1	0.0
	26.5		26.5		中 砂 分 %	5.7	9.9
	19		19		細 砂 分 %	52.9	51.7
	9.5		9.5		シルト分 %	34.4	31.1
	4.75		4.75		粘 土 分 %	6.9	7.3
	2	100.0	2		2mmふるい通過質量百分率 %	100.0	100.0
	0.850	99.9	0.85	100.0	425 $\mu$ mふるい通過質量百分率 %	99.5	99.3
	0.425	99.5	0.425	99.3	75 $\mu$ mふるい通過質量百分率 %	41.3	38.4
	0.250	94.2	0.250	90.1	最大粒径 mm	2.00	0.850
	0.106	62.2	0.106	52.2	60 % 粒径 $D_{60}$ mm	0.102	0.126
0.075	41.3	0.075	38.4	50 % 粒径 $D_{50}$ mm	0.0866	0.100	
沈降	0.051	23.9	0.050	26.6	30 % 粒径 $D_{30}$ mm	0.0589	0.0567
	0.037	16.8	0.036	19.9	10 % 粒径 $D_{10}$ mm	0.0120	0.0100
	0.024	13.1	0.023	14.8	均等係数 $U_c$	8.50	12.6
	0.014	10.6	0.014	11.3	曲率係数 $C_u'$	2.83	2.55
	0.0098	9.2	0.0097	9.9	土粒子の密度 $\rho$ g/cm <sup>3</sup>	2.730	2.716
	0.0069	7.9	0.0069	8.5	使用した分散剤	高分子分散剤	高分子分散剤
	0.0035	5.8	0.0035	6.0	溶液濃度、溶液添加量	10ml	10ml
析	0.0014	3.7	0.0014	3.2	20 % 粒径 $D_{20}$ mm	0.0444	0.0362



特記事項 \_\_\_\_\_

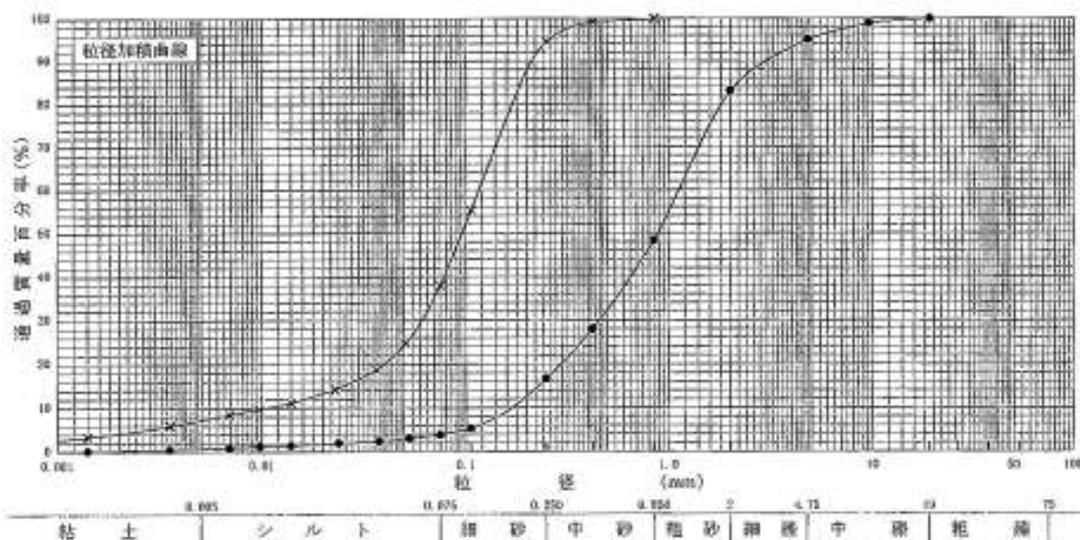
資料 18 (5) . 堆積土の粒度組成 (St. 9, St. 10)

JIS A1204 JGS 0131	土の粒度試験 (粒径加積曲線)
-----------------------	-----------------

調査件名 \_\_\_\_\_ 試験年月日 平成 15年 10月 6日

試験者 \_\_\_\_\_

試料番号 (添え)	St. 9		St. 10		試料番号 (添え)	St. 9	St. 10
	粒径 mm	通過質量百分率 %	粒径 mm	通過質量百分率 %		粗 雑 分 %	0.0
ふるい	75		75		中 雑 分 %	4.9	0.0
	53		53		細 雑 分 %	11.9	0.0
	37.5		37.5		粗 砂 分 %	34.8	0.0
	25.5		25.5		中 砂 分 %	31.6	5.4
	19	100.0	19		細 砂 分 %	12.8	56.5
	9.5	96.9	9.5		シルト分 %	3.1	30.7
	4.75	95.1	4.75		粘土分 %	0.9	7.4
	2	83.2	2		2mmふるい通過質量百分率 %	83.2	100.0
	0.850	48.4	0.85	100.0	425μmふるい通過質量百分率 %	28.1	99.3
	0.425	28.1	0.425	99.3	75μmふるい通過質量百分率 %	4.0	38.1
沈降	0.250	16.8	0.250	94.6	最大粒径 mm	19.0	0.850
	0.106	5.4	0.106	55.4	60 % 粒径 $D_{60}$ mm	1.12	0.116
	0.075	4.0	0.075	38.1	50 % 粒径 $D_{50}$ mm	0.884	0.0952
	0.053	3.2	0.051	24.9	30 % 粒径 $D_{30}$ mm	0.457	0.0610
	0.038	2.5	0.037	18.9	10 % 粒径 $D_{10}$ mm	0.168	0.0100
	0.024	2.1	0.023	14.4	均等係数 $U_c$	6.67	11.6
	0.014	1.6	0.014	11.3	不均係数 $U_c'$	1.11	3.21
	0.0098	1.4	0.0097	9.9	土粒子の密度 $\rho_s$ g/cm <sup>3</sup>	2.778	2.726
	0.0069	1.1	0.0069	8.6	使用した分散剤	高分子分散剤	高分子分散剤
	0.0035	0.7	0.0035	6.1	溶液濃度, 溶液添加量	10ml	10ml
新	0.0014	0.4	0.0014	3.6	20 % 粒径 $D_{20}$ mm	0.294	0.0398
						●	×



特記事項 \_\_\_\_\_

# Chemical Analysis Department

## 蛍光 X 線分析について

### 1. 蛍光 X 線分析の原理

試料に X 線を照射すると、試料に含まれる原子から新たな X 線が発生し試料面以外に放射されます。この X 線は蛍光 X 線と呼ばれ元素特有の波長を持ち、この X 線の波長を調べることで定性分析を行うことができます。また、蛍光 X 線の強度は元素濃度に比例しますので、元素特有の波長ごとに X 線強度を測定すれば定量分析を行うことができます。

定性分析においては、図 1 に示すように X 線管球の近くに試料を置き、強力な X 線を照射します。その時発生する蛍光 X 線は、構成元素に特有の波長から成り立つスペクトルを示します。蛍光 X 線のスペクトルは、分光結晶を用いて分光し構成元素を同定します。また、同時に得られる構成元素ごとの蛍光 X 線強度に基づいて定量分析を行います。これらの測定は、雰囲気気ガスの影響をなくするため高真空化または He 雰囲気下で操作されます。写真 1 に当社に設置した蛍光 X 線分析装置を示します。

メーカー	島津製作所
形式	シーケンシャル蛍光 X 線分析装置 LAB CENTER XRF-1700
分析機能	定性分析 定量分析(FP法、検量線法) 局所分析(位置指定分析、 元素マッピング) 多層薄膜分析、有機化合物分析
検出元素	Be(原子番号4)~U(原子番号92)
検出感度	Be(4)~Ti(22) 100ppm以上 Ti(22)~U(92) 10ppm以上
分析エリア	広域分析 10~30mm径 局所分析 1、3mm径

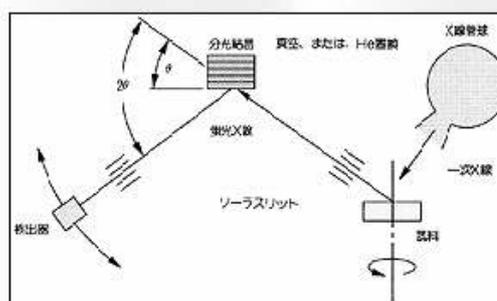


図 1 蛍光 X 線分析の原理図



▲写真1 蛍光X線分析装置

## 2. 装置仕様と特徴

当社に設置した蛍光X線分析装置の主たる仕様は次の通りです。  
また、本装置の特徴と応用分野は次の通りです。

特徴	応用分野
① 4KW薄窓X線管球の使用とX線光路の短縮ならびに3種類のスリットの装備により高感度、高分解能分析が可能です。	① <b>電子・磁性材料</b> 半導体、光磁気ディスク、磁石、電池、基盤、コンデンサなど
② 視野制限絞りと位置設定機構により試料面の任意の位置指定分析と元素マッピングができます。	② <b>化学工業</b> 無機・有機製品、化学繊維、触媒、塗料、顔料、医薬品、化粧品、洗剤、ゴムなど
③ マルチタスク・マルチウインドウ・AI手法の駆使により各種データ解析ソフトが活用できます。	③ <b>石油・石炭</b> 石油、重油、潤滑油、ポリマー、石炭、コークスなど
	④ <b>窯業</b> セメント、セメント調合原料、セラミックス、クリンカ、石灰石、粘土、ガラス、レンガ、岩石、鑄物砂など
	⑤ <b>鉄鋼</b> 銑鉄、鑄鉄、ステンレス鋼、低合金鋼、スラグ、鉄鉱石、フェロアロイ、特殊鋼、表面処理鋼板など

	⑤ 鉄鋼 鉄鉄、鑄鉄、ステンレス鋼、低合金鋼、スラグ、鉄鉱石、フェロアロイ、特殊鋼、表面処理鋼板など
	⑥ 非鉄 銅合金、アルミニウム合金、鉛合金、亜鉛合金、マグネシウム合金、チタニウム合金、貴金属など
	⑦ 環境 工業排水、海水、河川水、大気浮遊粉塵、メッキ液、産業廃棄物など
	⑧ 農業・食品 土壌、肥料、植物、食品など
	⑨ 紙・パルプ

### 3. 測定例

#### ① 定性分析

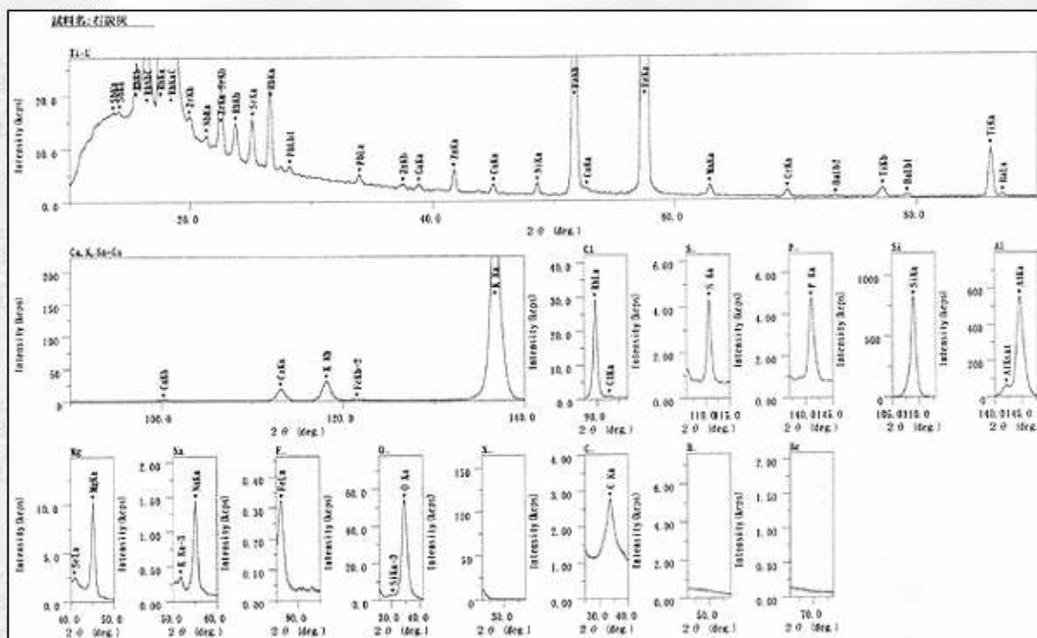


図2 定性分析結果例

②FP法定量分析

試料名:石炭灰 [分析結果]					
分析対象	分析結果	処理 - 計算	分析線	Net強度	BG強度
【バルク】					
SiO <sub>2</sub>	60.8284 %	定量 - FP	SiKa	821.473	2.410
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.7263 %	定量 - FP	AlKa	547.707	7.192
K <sub>2</sub> O	5.3722 %	定量 - FP	K Ka	307.359	1.789
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.6305 %	定量 - FP	FeKa	301.601	1.308
MgO	1.2315 %	定量 - FP	MgKa	9.382	0.971
TiO <sub>2</sub>	0.7268 %	定量 - FP	TiKa	9.512	0.194
CaO	0.4543 %	定量 - FP	CaKa	17.735	0.977
Na <sub>2</sub> O	0.3254 %	定量 - FP	NaKa	1.307	0.141
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1588 %	定量 - FP	P Ka	3.967	0.830
S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.1350 %	定量 - FP	S Ka	3.660	0.725
BaO	0.1294 %	定量 - FP	BaLa	0.622	0.189
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0485 %	定量 - FP	CrKa	1.502	0.443
MnO	0.0445 %	定量 - FP	MnKa	2.239	0.785
Rb <sub>2</sub> O	0.0306 %	定量 - FP	RbKa	14.802	6.377
ZnO	0.0275 %	定量 - FP	ZnKa	4.245	1.835
ZrO <sub>2</sub>	0.0242 %	定量 - FP	ZrKa	12.836	9.596
Cl	0.0223 %	定量 - FP	ClKa	0.463	0.663
NiO	0.0203 %	定量 - FP	NiKa	2.294	1.125
SrO	0.0171 %	定量 - FP	SrKa	8.627	7.175
CuO	0.0144 %	定量 - FP	CuKa	1.770	1.481
Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0143 %	定量 - FP	CoKa	1.261	1.246
PbO	0.0103 %	定量 - FP	PbL <sub>β</sub>	1.288	5.489
Ga <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.0054 %	定量 - FP	GaKa	0.977	2.347
NbO	0.0022 %	定量 - FP	NbKa	1.459	11.200

### ③位置指定分析

プリント基盤の分析例

プリント基盤上の銅板部分を位置指定(分析径1mm)で分析しました。  
Cuと樹脂のBrが検出されます。



写真2 試料ホルダーにセットした試料

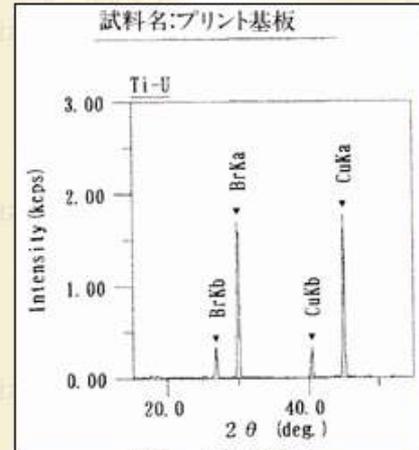


図4 分析結果

### ④元素マッピング

金属腐食面の分析例

写真は銀メッキした機械部品が硫化水素ガスにより腐食したものです。

表面に硫化銀が生成し黒く変色しています。

その様子をSについてマッピングしてみると、Sが多い部分ほど写真では赤く変色しているのがわかります。



マッピング  
----->  
(元素S)

写真3 試料ホルダーにセットした試料

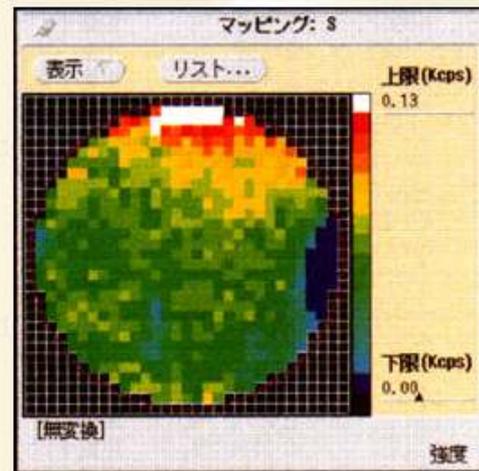


図5 分析結果

## 蛍光X線分析

### 実験方法

- (1) 光X線分析装置に用いるビートサンプラーを作製する。試料 0.4 g 及びホウ酸リチウム 5.0 g を容器に入れて、試料溶融装置に設置し、溶融時間 480 秒及び冷却時間 360 秒でガラス化する。
- (2) 作製したビートサンプラーを蛍光X線分析装置に設置し、ビートサンプラー1 つにつき約 20 分で分析を行う。



ビートサンプラー

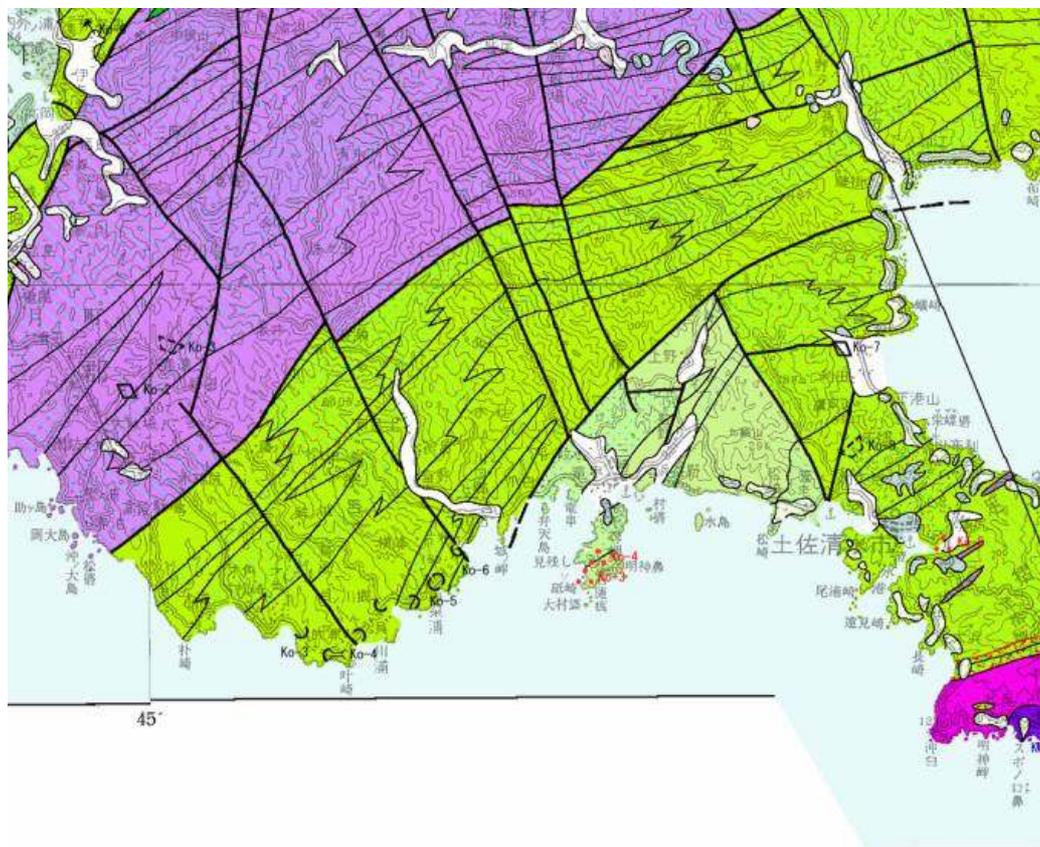


試料溶融装置



蛍光X線分析装置

資料 20. 竜串周辺の陸上地質図



133



資料 2 1 (1-1) . 潮間帯坪刈り調査結果 爪白

調査地点 高さ 方形標番号	爪 白															
	低潮帯			中潮帯				高潮帯				飛沫帯				
	1 個体数	2 重量(g)	3 個体数	1 個体数	2 重量(g)	3 個体数	4 個体数	1 重量(g)	2 重量(g)	3 重量(g)	1 個体数	2 重量(g)	3 重量(g)	1 個体数	2 重量(g)	3 重量(g)
原生生物界 Protista																
紅色植物門 Rhodophyta																
紅藻綱 Rhodophyceae																
1 Gelidium divaricatum ヒメテングサ								0.36			0.68					
2 Corallina pilulifera ビリビバ					4.81			1.03								
3 Jania adhaerens ヒメモサズキ										241.32						
4 Corallinales spp.サンゴモ類(有節石灰藻)		277.52			299.13											
5 Chondracanthus intermedius カイノリ		0.34														
6 Hypnea japonica カギバラノリ										10.40						
7 Laurencia sp.2ソソノ一種															207.16	
不等毛植物門 Heterokontophyta																
褐藻綱 Phaeophyceae																
8 Colpomenia sinuosa フクロノリ		0.06			0.18											
9 Padina sp.1 ウミウチウの一種			1		0.08											
10 Padina sp.2 ウミウチウの一種		1.97														
緑藻植物門 Chlorophyta																
アオサ藻綱 Ulvophyceae																
11 Caulerpa webbiana コケイワズタ		83.99														
12 Caulerpa Okamurae フサイワズタ					91.78											
13 Codium intricatum モツレミル		95.29														
有毛根足虫門 Sarcinostigophora																
14 Amphistegina lessonae ゴイシハリアフサイガイ	522	0.52	453	0.48	2636	2.70				1203	1.20					
15 Marginopola spp. セニシ類			2	+	4	+				1	+					
16 Foraminifera spp. 有孔虫類	2	+	2	+	17	0.01				6	+					
動物界 Animalia																
海綿動物門 Porifera																
17 Leucosolenia laxa カゴアミカイメン			+	0.05												
18 Sycon misakiensis ミサキケツボカイメン					1	0.03										
19 Sycon sp. ケツボカイメンの一種	+	+	1	0.02												
20 Hadromerida sp. 硬海綿目の一種	+	0.05					+	1.62								
21 Leucandra tomentosa ケブカロイカン			+	0.41	+	2.45										
22 Halichondria sp. イソカイメンの一種					+											
23 Haliclona permollis ムラサキカイメン	+	0.87	+	0.17	+	0.34	+	0.75								
刺胞動物門 Cnidaria																
24 Obelia geniculata エダフトオベリア			+	+												
25 Haliplanella lineata タテジマイソギンチャク			4	4.00												
26 Actiniaria sp. イソギンチャクの一種	1	0.06					1	0.03	2	0.04	1	+				
扁形動物門 Platyhelminthes																
27 Notoplana sp. ウスヒラムシの一種			17	0.13	9	0.05	1	+			6	+	11	0.24		
28 Leptoplanidae gen. sp. ヤワヒラムシ科の一種	12	0.14					2	+			17	0.11				
29 Polycladida sp. ヒラムシの一種			2	0.02	1	0.01	2	0.03			6	+				
紐形動物門 Nemertea																
30 Lineus geniculatus ミサキヒモムシ											1	+				
31 Micrura japonica クロヒモムシ											17	+				
32 Cratenemertes punctulatus マダラヒモムシ	1	+														
33 Nemertopsis sp. ヨツヒモムシの一種	1	+											5	0.26		
34 NEMERTINEA spp. ヒモムシ類	4	0.03	4	0.03	6	0.07										
線形動物門 Nematoda																
35 NEMATODA spp. センチュウ類	9	+	8	+	7	+	1	+			29	0.01				
軟体動物門 Mollusca																
ヒザラガイ綱(多板綱) Polyplacophora																
36 Leptochiton sp.1 サメハダヒザラガイ科の一種	1	0.22	1	0.03	63	0.47	3	0.05			16	0.06				
37 Ischnochitonidae sp.1 ウスヒザラガイ科の一種										8	1.83					
38 Marpaia retifera ヒゲヒザラガイ																
39 Placiphorella stimpsoni ハバガゼ	1	4.13			1	7.37										
40 Acanthopleura japonica ヒザラガイ	3	0.18					179	37.35	72	23.62			6	2.60		
41 Tomica lamellosa ナミジワアヤヒザラガイ					3	0.26	2	1.21								
42 Onithochiton hirasei ニシキヒザラガイ	24	0.36	1	0.02			4	0.35	1	0.07						
43 Acanthochiton defilippii ケハダヒザラガイ	1	0.73	2	0.21	1	0.03	31	5.11			97	3.41				
44 Leptoplax doeberleini ウスベヒザラガイ			2	0.12							2	0.01				
マキガイ綱(腹足類) Gastropoda																
45 Halionis varia イボアナゴ	3	6.96	2	1.81			3	5.37								
46 Montfortula picta スコケガイ			1	0.02			59	5.09	27	3.30	3	0.07	3	0.12		
47 Cellana grata ベッコウガサ	1	0.06														
48 Cellana toreuma ヨメガサ					3	0.03					16	0.32	2	0.14		
49 Patelloida saccharina ウノアシ			1	0.02	4	0.36	237	16.62	145	11.36	4	0.07	11	2.96	1	0.45
50 Patelloida pygmaea ヒメコザラ											4	0.08				
51 Patelloida signatoides シボリガイモドキ					1	0.05										
52 Lottia sp.1 Lottia 属の一種	4	0.06	3	0.03	5	0.09			49	0.82	73	1.26	7	1.03		
53 Lottia sp.2 Lottia 属の一種	4	0.06	3	0.02	5	0.02			72	0.77	181	0.99			1	0.10
54 Nipponacmea gloriosa サクラアオガイ			2	0.19							1	0.02				
55 Eurytrochus cognatus クルマチガイ			1	0.14	1	0.15										
56 Clanculus microdom クロマキアゲエビス					1	0.03										
57 Monodonta sp.1 Monodonta 属の一種					2	1.07										
58 Diloma suavis メクラガイ							1	0.31	1	0.35						
59 Nerita albicilla アマオブネガイ							32	3.89			12	4.74	35	6.34		
60 Nerita sp.1 Nerita 属の一種			6	0.05												
61 Peasiella habei コビウラウスガイ	1	0.01			49	0.47					5	0.01	14	0.05	15	0.02
62 Litoraria scabra ウズラタマキ											2	0.08				
63 Nodilittorina radiata アラレタマキ																
64 Nodilittorina vidua タイワンタマキ																
65 Nodilittorina trochoides イボタマキ					6	0.30					110	3.84				
66 Rissoidae sp.1 リソツボ科の一種					3	0.01					3	0.04				
67 Planaxis sulcatus ゴマフニナ																
68 Fassarus trochleris トリデニナ																
69 Eulimidae sp.1 ハナゴウナ科の一種	2	+														
70 Hippoentis trigona スズメガイ	5	56.75	1	0.37	4	0.71					10	1.43				
71 Cypraea caputserpentis ハナマルユキ			1	14.22												
72 Mesophora fusca サツマキオレ	1	+														
73 Thais clavigera イボニシ							3	1.02	14	15.38	2	2.36				
74 Anachis misera misera ボサツガイ	2	0.17	2	0.17							8	1.27				
75 Columbellidae sp.1 フトコロガイ科の一種											1	0.26				
76 Columbellidae sp.2 フトコロガイ科の一種					16	0.15					32	0.18				
77 Encrinops lineata Jシメニナ	1	0.04														
78 Conidae sp.1 イモガイ科の一種					1	2.16										
79 Onchidella orientalis ヤマトヒメアワモチ							16	0.67	13	0.54			98	6.01		
80 Siphonaria sirius キクハナガイ	1	0.71	1	0.32												
81 Gastropoda eggs 腹足類の卵塊	+	0.19									+	+	+	+		
頭足綱 Cephalopoda																
82 Octopus sp. Juv. シマダコ? 幼体							3	0.12								
二枚貝綱 Bivalvia																
83 Nuculidae spp. クルミガイ類													18	0.17		
84 Barbatia lima エガイ									3	12.67						
85 Barbatia cometa トマヤエガイ	1	0.20					3	2.49	1	0.59						
86 Mytilus coruscus イガイ							10	0.94								
87 Septifer bilocularis クジャクガイ							3	0.14	1	1.13						
88 Septifer virgatus ムラサキイソコ											5	0.42	2	0.10		
89 Hormomya mutabilis ヒバリガイモドキ	40	2.99			4	0.31	1	2.38			18	1.36	4	0.24		
90 Modiolus comptus ヒロドマクラ			2	0.05	6	0.31	3	0.08			5	0.45				
91 Mytilidae イガイ科の破片											+	0.02				
92 Isognomon acutirostris ヘルリアオリ													15	1.12		
93 Isognomon legumen シロアオリ													8	1.03		
94 Saccostrea mordax オハゲロガキ							213	3448.28	78	1714.16			90	1276.21	32	219.01
95 Saccostrea kebaki ケガキの毛																

資料 2 1 (1-2) . 潮間帯坪刈り調査結果 爪白

調査地点 高さ 方形標番号	低潮帯						中潮帯				高潮帯			飛沫帯										
	1 個体数	1 重量(g)	2 個体数	2 重量(g)	3 個体数	3 重量(g)	2 個体数	2 重量(g)	3 個体数	3 重量(g)	4 個体数	4 重量(g)	1 個体数	1 重量(g)	2 個体数	2 重量(g)	3 個体数	3 重量(g)						
フジツボ下綱 Thecostroacea																								
120 <i>Mitella mitella</i> カメノテ							92	59.52	528	177.82			12	0.60										
121 <i>Chthamalus challengerii</i> イワフジツボ			1	+					2	0.04			6875	120.31	5308	144.38	6500	212.23						
122 <i>Chthamalus pilsbryi</i> オオイワフジツボ															32	9.48								
123 <i>Tetraclita squamosa</i> クロフジツボ					2	0.44			7	4.47							1	2.50						
軟甲亜綱 Malacostraca																								
コノハエビ下綱 Phyllocarida																								
124 <i>Nebalia</i> sp. コノハエビの一種	1	+																						
真軟甲下綱 Eumalacostraca																								
125 Mysidae gen. sp. アミ科の一種					1	+																		
126 Amphithoidae gen. sp.1 ヒゲナガヨコエビ科の一種1	41	0.12	45	0.16	3	+				133	0.25													
127 Amphithoidae gen. sp.2 ヒゲナガヨコエビ科の一種2					2	0.03				1	+													
128 Aoridae sp.1 コンボソコエビの一種1	5	+			3	+				3	+													
129 Aoridae sp.2 コンボソコエビの一種2	1	+	6	+	30	+				1	+													
130 Aoridae sp.3 コンボソコエビの一種3	2	+			1	+																		
131 Ischyroceridae gen. sp.1 カマキリヨコエビ科の一種1	1	+	2	+	5	+																		
132 Ischyroceridae gen. sp.2 カマキリヨコエビ科の一種2	2	+	3	+																				
133 <i>Stenothoe valida</i> タデソコエビ	10	+	6	+	62	0.02	1	+																
134 <i>Stenothoe</i> sp.1 タデソコエビの一種1	7	+			1	+																		
135 <i>Elasmopus japonicus</i> イソヨコエビ	348	0.52	686	0.69	1216	1.13																		
136 <i>Hyale grandicornis</i> モクズヨコエビ			4	+			32	0.12	48	0.19			19	0.06										
137 <i>Hyale</i> sp. モクズヨコエビの一種			2	+			1	+																
138 <i>Palinotus thomsoni japonicus</i> ゴクソウヨコエビ	9	+										17	+											
139 Amphipoda spp. 不明ヨコエビ類			1	+																				
140 <i>Caprella pananitis</i> マルエラワレカラ	14	0.01	37	0.01	7	+						1	+											
141 <i>Caprella</i> sp.4 ワレカラの一種4			2	+																				
142 Anthuridea sp.1 スナウミナナフシ科の一種1	1	+										1	+											
143 Anthuridea sp.2 スナウミナナフシ科の一種2												3	+											
144 <i>Paranthura</i> sp. ウミナナフシの一種	21	0.02	3	+	61	0.04	7	+				1	+											
145 <i>Janiropsis longiantennata</i> ウミズムシ	2	+			1	+						1	+											
146 <i>Jaeropsis labota</i> ヒラタウミズムシ	6	+																						
147 <i>Dynoides dentisinus</i> シリケンウミゼミ	2	+	1	+			40	0.10	34	0.07			5	+										
148 <i>Apuseudes</i> sp. アブセウデスの一種	1	+																						
149 <i>Zeuxo normani</i> ノルマンタナイス												6	+											
150 <i>Tanais vanis</i> ケブカタナイス												1	+											
151 <i>Lptocheilia savignyi</i> ホソツメタナイス												78	0.01											
152 <i>Alpheus</i> sp.2 テッポウエビ属の一種2	1	0.04			2	0.07																		
153 Majidae gen. sp.2 クモガニ科の一種2			1	+																				
154 <i>Halicarcinus</i> sp. トウヨウウエビ科の一種			1	+	1	+						2	+											
155 <i>Neoliomedia</i> sp. ヒラベニオウギガニの一種	1	0.02					17	1.91																
156 <i>Actaea</i> sp. サメハダオウギガニの一種	1	0.30	1	0.06	1	0.04																		
157 <i>Pilodius nigrocristatus</i> トゲオウギガニ							1	+																
158 <i>Pilumnopus</i> sp.1 トライオガニの一種	5	1.21	4	0.55	5	1.48																		
159 Grapsidae gen. sp.1 イワガニ科の一種1	2	+					9	0.15				2	+											
160 Grapsidae gen. sp.2 イワガニ科の一種2			1	0.22																				
161 <i>Brachyura</i> spp. 不明ガニの一部												1	+											
162 甲殻類の卵塊	+	+			+	+						+	+											
昆虫綱 Insecta																								
163 <i>Clanio</i> sp. larvae ウミスリカの一種(幼虫)					1	+																		
164 Diptera sp. A larva 双翅目の一種(幼虫)白	395	1.89	194	1.09	141	0.26						7	0.05											
165 Diptera sp. B larva 双翅目の一種(幼虫)緑	1	+	+	+	35	0.01						2	+											
166 Diptera sp. D larva 双翅目の一種(幼虫)黄									4	0.04														
苔虫動物門 Bryozoa																								
167 <i>Bugula californica</i> ナギサコケムシ	+	0.02	+	0.02																				
168 <i>Hiosopetraliella magna</i> ニホンコケムシ			+	0.17																				
棘皮動物門 Echinodermata																								
クモヒトデ綱 Ophiuroidea																								
169 <i>Ophiactis savignyi</i> テビクモヒトデ	3	+	1	+	18	0.02																		
170 <i>Amphipholis squamata</i> イソコモチクモヒトデ	2	+			9	0.02																		
171 Ophioclonidae gen. sp. リウコクモヒトデ科の一種					3	+																		
172 <i>Myophiurida</i> spp. 不明クモヒトデ類					39	0.06																		
ウニ綱 Echinoidea																								
173 <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> バフンウニ	1	0.05			3	0.03				3	+													
174 <i>Echinostrephus molaris</i> タワシウニ					1	0.18																		
175 <i>Anthodiaris crassispina</i> ムラサキウニ	6	73.00	2	29.82	3	23.16																		
176 <i>Echinometra</i> sp.1 (ナガウニ)			1	48.00	5	52.99																		
177 <i>Echinometra</i> spp. ナガウニ属の棘												+	0.02											
178 Echinoidea spp. ウニの一部					+	0.08																		
ナマコ綱 Holothuroidea																								
179 Phylloporidae sp.1 グミドキ科の一種1	2	0.01	1	+																				
180 Phylloporidae sp.2 グミドキ科の一種2	1	0.04																						
脊索動物門 Chordata																								
ホヤ綱 Ascidiacea																								
181 <i>Aplidium yamazii</i> シモフリボヤ	+	0.08	+	0.03				+	0.15															
182 <i>Aplidium pliciferum</i> マンジュウボヤ			+	0.93																				
183 <i>Diplosoma mitsukurii</i> ネンエキボヤ			+	0.18																				
184 <i>Polycitor proliferus</i> ヘンゲボヤ	+	0.01																						
185 <i>Perophora japonica</i> マメボヤ								1	+															
186 <i>Perophora</i> sp. マメボヤの一種			+	0.02																				
187 <i>Phlebobranchia</i> sp. マメボヤ亜目の一種								2	0.03															
188 <i>Psura vittata</i> カラスボヤ	2	2.62																						
189 <i>Herdmania momus</i> ベニボヤ	1	3.09	3	18.44																				
硬骨魚綱 Osteichthyes																								
190 魚類付着卵	+	0.08			+	0.01																		
合計	4042	630.55	3096	528.15	6219	853.02	1601	3617.62	1331	1974.63	4411	281.29	8086	1433.04	5447	156.06	6892	443.06	97	5.09	246	21.51	439	17.59

資料 2 1 (2-1) . 潮間帯坪刈り調査結果 桜浜

高さ 方形種番号	低潮帯						中潮帯						高潮帯						飛沫帯							
	1		2		3		1		2		3		1		2		3		1		2		3			
	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)		
原生生物界 Protista																										
紅色植物門 Rhodophyta																										
紅藻綱 Rhodophyceae																										
1 <i>Dermocma pulvinatum</i> カモガシラノリ																										
2 <i>Tricleocarpa cylindrica</i> ガラガラ		0.38				0.66				0.81																
3 <i>Gelidium divaricatum</i> ヒメテングサ										0.40		9.30			14.13										5.47	
4 Gelidiaceae spp. テングサ類		0.86		16.12																						
5 <i>Corallina pilulifera</i> ビリビバ		294.94																								
6 Corallinales spp. サンゴモ類(有節石灰藻)				76.25		75.84						9.76														
7 <i>Grateloupia carinosa</i> ニクムカデ		13.58		0.53		25.65																				
8 <i>Grateloupia okamurae</i> キヨウノヒモ				8.05																						
9 <i>Grateloupia</i> sp.1 <i>Grateloupia</i> 属の一種				4.24																						
10 <i>Prionitis crispata</i> トサカマツ		2.76		1.97																						
11 Halymeniaceae sp.1 ムカデノリ科の一種		12.26		4.77																						
12 <i>Chondracanthus tenellus</i> スズノリ		94.94		216.02		127.62						82.92														
13 <i>Chondrus ocellatus</i> ツノマタ				49.47																						
14 <i>Hypnea pannosa</i> コケイバラ				0.86				3.64				5.00		0.89												
15 Rhodymeniaceae sp. マサゴシバリの一種				2.63																						
16 Ceramiaceae sp.1 イギス科の一種										0.32																
17 <i>Laurencia papillosa</i> バビラソノ				5.18		9.32																				
18 <i>Laurencia</i> sp.1 ソノの一種		8.34																								
19 <i>Laurencia</i> sp.2 ソノの一種		44.56		96.60		30.54						6.63														
20 Rhodophyceae spp. 紅藻綱の破片				63.55		54.53			2.71			12.77		0.10												
不等毛植物門 Heterokontophyta																										
褐藻綱 Phaeophyceae																										
21 <i>Colpomenia simuosa</i> フクロノリ		2.48		12.33																						
22 <i>Dictyopteris prolifera</i> ヘラヤハズ		1.06				17.11																				
23 <i>Padina</i> sp.2 ウミウチウの一種										0.21																
24 <i>Sargassum crispifolium</i> コブクロモク					14	7.85																				
緑藻植物門 Chlorophyta																										
アオサ藻綱 Ulvophyceae																										
25 <i>Dictyosphaeria cavernosa</i> キッコウグサ						0.38																				
26 <i>Cladophoraceae</i> sp.1 シオグサ科の一種									0.03																	
27 <i>Codium</i> sp.1 ミルの一種												1	0.05													
有毛根足虫門 Sarcornastigophora																										
28 <i>Amphistegina lessonii</i> ゴイシハリフサガイ					1	+																	1	+		
動物界 Animalia																										
海綿動物門 Porifera																										
29 <i>Sycon misakiensis</i> ミサキケツボカイメン		2	0.16		2	0.02				3	+															
30 <i>Sycon okadae</i> オカダケツボカイメン		1	0.01		1	0.03																				
31 <i>Leucandra tomentosa</i> ケブカノイカン		1	0.24							1	0.14															
32 <i>Cakarea</i> sp. 石灰海綿綱の一種																										
33 <i>Haliclona</i> sp. イソカイメンの一種						3.23				+	3.61															
34 <i>Haliclona permollis</i> ムラサキカイメン										+	0.18															
刺胞動物門 Cnidaria																										
35 <i>Amphibesia</i> sp. ウミカビの一種																										
36 <i>Anthopleura fuscoviridis</i> ミドリイソギンチャク				2	12.83																					
37 <i>Anthopleura japonica</i> ヨロイソギンチャク										5	7.52				1	0.70										
38 <i>Actinaria</i> sp. イソギンチャク目の一種		1	+							1	0.02				1	0.01										
扁形動物門 Platyhelminthes																										
39 <i>Tricladida</i> sp. ウズムシ目の一種		1	+																							
40 <i>Notoplana japonica</i> チヂイロウスヒラムシ		3	+																							
41 <i>Notoplana</i> spp. ウスヒラムシ類		1	+		2	0.01		3	0.06		3	0.26														
42 <i>Leptoplana</i> gen. sp. ヤウヒラムシ科の一種				1	+							1	0.36													
43 <i>Polycladida</i> spp. ヒラムシ類		3	0.03					9	0.14					5	0.02											
縋形動物門 Nematoda																										
44 <i>Lineus geniculatus</i> ミサキヒモムシ		1	+			9	1.31																			
45 <i>Lineus fuscoviridis</i> ミドリヒモムシ						1	0.09			1	0.07															
46 <i>Cratenemertes punctatus</i> マダラヒモムシ				1	0.02																					
47 <i>Nemertopsis gracilis</i> ヨツメヒモムシ															1	+										
48 NEMERTINEA spp. ヒモムシ類		7	0.03		1	0.01		5	0.07					+	0.14		+		0.18							
線形動物門 Nematoda																										
49 NEMATODA spp. センチュウ類		1	+			4	+			1	+			5	+											
軟体動物門 Mollusca																										
ヒザラガイ綱(多板綱) Polyplacophora																										
50 <i>Ischnochiton</i> sp.1 ウスヒザラガイ科の一種						34	0.32					7	0.38													
51 <i>Rhyssoplax kurodai</i> クサズリガイ		8	0.43		10	0.27																				
52 <i>Acanthopleura japonica</i> ヒザラガイ						2	0.06			19	15.76					43	72.66			2	0.43			6	10.87	
53 <i>Onithochiton hirasei</i> ニシキヒザラガイ						1	0.02			3	0.05															
54 <i>Acanthochiton defilippii</i> ケハダヒザラガイ				4	2.48		8	1.76		52	42.67		3	0.71		10	4.03			1	1.31					
マキガイ綱(腹足綱) Gastropoda																										
55 <i>Montfortula picta</i> スソカケガイ						1	0.12			69	6.04					26	2.36									
56 <i>Diodora mus</i> アサテンガイ																										
57 <i>Scutellastra flexuosa</i> ツタノハガイ				1	0.06																					
58 <i>Cellana toreuma</i> ヨメガサ						2	0.03																			
59 <i>Patelloida saccharina</i> ワノアシ				2	0.05		2	0.04					3	0.05		27	2.45			6	0.41		1	0.27	29	17.28
60 <i>Patelloida pygmaea</i> ヒメコザラ						1	0.03			5	0.44				11	0.91			104	2.53		21	1.17			
61 <i>Patelloida signatoides</i> シボリガイモドキ															1	+										
62 <i>Lottia</i> sp.1 <i>Lottia</i> 属の一種		1	0.02			3	0.04			2	0.06															
63 <i>Lottia</i> sp.2 <i>Lottia</i> 属の一種				1	0.02		3	0.03		132	0.54		43	0.66		39	0.18			5	0.02		46	4.87	24	1.46
64 <i>Nipponacmea fuscoviridis</i> クサイロアガイ																										
65 <i>Clanculus margaritarius</i> ナツコモ						1	0.04																			
66 <i>Clanculus microdon</i> クロマキアゲエビス																										



資料 2 1 (3-1) . 潮間帯坪刈り調査結果 竜串

調査地点 高さ 方形格番号	竜串																	
	低潮帯						中潮帯						高潮帯			飛沫帯		
	1 個体数	2 重量(g)	3 個体数	4 重量(g)	5 個体数	6 重量(g)	7 個体数	8 重量(g)	9 個体数	10 重量(g)	11 個体数	12 重量(g)	13 個体数	14 重量(g)	15 個体数	16 重量(g)	17 個体数	18 重量(g)
原生生物界 Protista																		
紅色植物門 Rhodophyta																		
紅藻綱 Rhodophyceae																		
1 <i>Dermonea pulvinatum</i> カモガシラノリ						0.20												
2 <i>Gelidium divaricatum</i> ヒメテングサ					0.39	1.36			0.17									
3 <i>Ptilophora subcostata</i> ヒラクサ				1.11														
4 <i>Gelidiaceae</i> spp. テングサ類	94.62		1.35		0.09				10.08									
5 <i>Corallina pilulifera</i> ビリビバ																		
6 <i>Corallinales</i> spp. サンゴモ類(有節石灰藻)	9.96		77.76		56.20		5.28		0.18									
7 <i>Amphileptis flabelliformis</i> オキツリ							0.52											
8 <i>Gloiopeltis complanata</i> ハナフノリ					2.74													
9 <i>Chondrus ocellatus</i> ツリマタ																	0.01	
10 <i>Hypnea pannosa</i> コケイバラ							0.20		0.42								7.30	
11 <i>Hypnea</i> sp. イバラノリ科の一種						2.21												
12 <i>Champia parvula</i> ワツナギソウ			13.32		136.34													
13 <i>Rhodymeniaceae</i> sp. マサコシバノリ科の一種					1.08													
14 <i>Laurencia papillosa</i> バヒラソウ			7.09		58.47													
15 <i>Laurencia</i> sp.1 ソノの一種	12.85								9.01									
16 <i>Laurencia</i> sp.2 ソノの一種									0.11									
17 <i>Rhodophyceae</i> spp. 紅藻綱の破片	28.06		5.26				1.20		5.78									0.05
不等毛植物門 Heterokontophyta																		
褐藻綱 Phaeophyceae																		
18 <i>Colpomenia sinuosa</i> フクロノリ						0.26			0.16									
19 <i>Padina</i> sp.1 ウミウチワの一種																		
20 <i>Padina</i> sp.2 ウミウチワの一種	0.45																	
21 <i>Sargassum duplicatum</i> フタエモク	90	830.72	223	1308.69	57	18.16												
緑藻植物門 Chlorophyta																		
アオサ藻綱 Ulvophyceae																		
22 <i>Codium</i> sp.1 ミルの一種									0.99									
有毛根足虫門 Sarcostigmaphora																		
23 <i>Amphistegina lessonii</i> ゴイシハリフサガイ			4	+			1	+										
24 Foraminifera spp. 有孔虫類	1	+	1	0.02														
モネラ界 Monera																		
藍色植物門 Cyanophyta																		
藍藻綱 Cyanophyceae																		
25 <i>Cyanophyceae</i> spp. 藍藻類									0.35									0.01
動物界 Animalia																		
海綿動物門 Porifera																		
26 <i>Sycon okadai</i> オカダケツボカイメン			1	0.01														
27 <i>Leucandra tomentosa</i> ケブカロイカン				0	0.22		2	0.03										
28 <i>Halichondria</i> sp. イソカイメンの一種	+	0.26	+	2.46	+	2.62	+	15.03	+	12.07								
29 <i>Haliclona permollis</i> ムラサキカイメン	+	0.14	+	0.05	+	0.22												
刺胞動物門 Cnidaria																		
30 <i>Obelia geniculata</i> エダトオベリア	+	+	+	+														
31 <i>Amphibesia furcata</i> ヒメウミカビ							+	+	+	+								
32 <i>Stephanoscyphus racemosus</i> イラモ							+	0.15										
33 <i>Anthopleura japonica</i> ヨロイソギンチャク							1	0.64	+	0.41								
34 <i>Actinaria</i> sp. イソギンチャクの一種							1	0.01										
扁形動物門 Platyhelminthes																		
35 <i>Stylochus ijimai</i> イイジマヒラムシ	1	+																
36 <i>Notoplana japonica</i> チヂイロウスヒラムシ										1	0.02							
37 <i>Notoplana</i> sp. ウスヒラムシの一種	2	0.01	18	0.15	10	0.07												
38 <i>Polycladida</i> spp. ヒラムシ類			2	0.01	6	0.03												
紐形動物門 Nemertea																		
39 <i>Lineus geniculatus</i> ミサキヒモムシ			1	0.20	1	0.09												
40 <i>Micrura japonica</i> クロヒモムシ	3	0.02																
41 <i>Nemertopsis gracilis</i> ヨツメヒモムシ	1	+							1	+								
42 <i>Nemertopsis</i> sp. ヨツメヒモムシの一種			1	+														
43 NEMERTINEA spp. ヒモムシ類			6	0.03	4	0.03			+	0.13								
線形動物門 Nematoda																		
44 <i>Nematoda</i> spp. センチュウ類	2	+	3	+	7	+	2	+	1	+								
軟体動物門 Mollusca																		
ヒザラガイ綱(多板綱) Polyplacophora																		
45 <i>Placiphorella simpsoni</i> ババガゼ	4	5.40	3	3.10	2	0.92												
46 <i>Rhyssoplax kurodai</i> クサズラガイ			1	0.11														
47 <i>Acanthopleura japonica</i> ヒザラガイ							67	10.63	44	13.91	29	20.41						
48 <i>Onithochiton hirasei</i> ニシキヒザラガイ	9	3.56	9	1.41	2	0.11	4	1.09										
49 <i>Acanthochiton defilippii</i> ケハダヒザラガイ	1	0.24	8	0.09	1	0.16	32	7.63	13	2.50								
50 <i>Leptoplax doeberleini</i> ウスベニヒザラガイ					1	0.27												
51 <i>Acanthochiton dissimilis</i> ヒロウドヒザラガイ	3	0.09																
マキガイ綱(腹足綱) Gastropoda																		
52 <i>Haliotis varia</i> イボアナゴ	2	1.05	6	84.07														
53 <i>Montfortula picta</i> スソカケガイ							31	2.80	17	1.86	2	0.12						
54 <i>Cellana toreuma</i> ヨメガサ									7	2.77								
55 <i>Cellana mazatlanica</i> カサガイ	8	1.10																
56 <i>Patelloida saccharina</i> ウノアシ			1	0.05			112	12.14	101	9.53	84	6.74			1	0.06		
57 <i>Patelloida pygmaea</i> ヒメコザラ	1	+					111	1.17										
58 <i>Lotia</i> sp.1 <i>Lotia</i> 属の一種			29	0.77					28	0.52	154	4.04					1	+
59 <i>Lotia</i> sp.2 <i>Lotia</i> 属の一種			5	0.10	25	0.69	42	0.53	8	0.03	11	0.05			2	0.08		
60 <i>Nipponacmea gloriosa</i> サクラアオガイ	11	0.70	1	0.02														
61 <i>Nipponacmea fuscoviridis</i> クサイロアオガイ			11	1.10														
62 <i>Diloma suavis</i> メクラガイ							2	0.75	15	6.36								
63 <i>Nerita albicilla</i> アマオブネガイ																		
64 <i>Peasiella habei</i> コビウラウスガイ							10	0.02			29	0.16						
65 <i>Nodilittorina radiata</i> アラレタマキビ			1	0.03							3	0.01						
66 <i>Nodilittorina vidua</i> タウワタマキビ											1	0.07						
67 <i>Nodilittorina trochoides</i> イボタマキビ											3	0.13						
68 <i>Rissoidae</i> sp.1 リソツボ科の一種			3	0.06														
69 <i>Fossarus trochleris</i> トリデニナ											8	0.03						
70 <i>Hippoxis conica</i> キクスズメ			2	0.24														
71 <i>Hippoxis foliacea</i> カワチドリ			7	2.39														
72 <i>Hippoxis trigona</i> スズメガイ			3	0.64	3	1.08												
73 <i>Cypraea caputserpentis</i> ハナマルコキ					1	4.78												
74 <i>Thais clavigera</i> イボニシ			2	1.88			4	2.89	4	1.80	2	1.66						
75 <i>Anachis misera misera</i> ボサツガイ	3	0.12	6	0.74														
76 <i>Columbellidae</i> sp.1 フトコロガイ科の一種			5	0.23														
77 <i>Columbellidae</i> sp.2 フトコロガイ科の一種			1	0.10	1	0.08												
78 <i>Nassariidae</i> sp.1 ムシロガイ科の一種			1	0.15														
79 <i>Onchidella orientalis</i> ヤマトヒメアワモチ			2	1.20			13	0.46			14	0.74						
80 <i>Siphonaria sirius</i> キクハナガイ	3	0.93	6	0.70	1	0.38												
頭足綱 Cephalopoda																		
81 <i>Octopus</i> sp. Juv. シマダコ? 幼体							5	0.20	1	0.03								
二枚貝綱 Bivalvia																		
82 <i>Barbatia lima</i> エガイ							2	8.77										
83 <i>Barbatia cometa</i> トマヤエガイ			3	0.22														
84 <i>Arcidae</i> sp.1 フネガイ科の一種					1	3.39												
85 <i>Mytilus coruscus</i> イガイ					1	0.09	20		7	1.56	4	1.79						
86 <i>Septifer bilocularis</i> カジャクガイ									14	1.83								
87 <i>Septifer virgatus</i> ムラサキイソコ											2	1.46						
88 <i>Hormonya mutabilis</i> ヒバリガイモドキ											4	4.22						
89 <i>Lithophaga curta</i> イシマテ			1	3.55	3	3.31												
90 <i>Mytilidae</i> spp. イガイ類							1	3.77			9	0.18						
91 <i>Isoognomon ephippium</i> マクガイ																		
92 <i>Isoognomon legumen</i> シロアオリ			2	0.50	1	0.27												
93 <i>Lima profunda</i> コウビミノガイ			1	0.53														
94 <i>Saccostrea mordax</i> オハダグロガキ							114	3021.36	44	1031.75	88	1657.90						
95 <i>Saccostrea kebaki</i> ケガキ			1	0.08														
96 <i>Lasaea undulata</i> チリハキガイ					1	+	15	0.01	21	0.06	78	0.44			</			

資料 2 1 (3-2) . 潮間帯坪刈り調査結果 竜串

調査地点		竜串																	
高さ		低潮帯					中潮帯					高潮帯					飛沫帯		
方形枠番号		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
		個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)	個体数	重量(g)		
118	<i>Tetraclita squamosa</i> クロフジツボ			3	6.18			8	16.84	36	63.63	32	16.71	75	85.01				
119	<i>Balanus albicostatus</i> シロスジフジツボ			1	0.43														
軟甲亜綱 Malacostraca																			
真軟甲下綱 Eumalacostraca																			
120	Amphithoidea gen. sp.1 ヒゲナガヨコエビ科の一種 1	147	+	15	0.01	235	0.48			3	+								
121	Amphithoidea gen. sp.2 ヒゲナガヨコエビ科の一種 2																		
122	Aoridaes sp.1 コンボソコエビの一種 1			3	+														
123	Aoridaes sp.2 コンボソコエビの一種 2	1	+	8	+	4	+												
124	Aoridaes sp.3 コンボソコエビの一種 3					1	+												
125	Corophium sp.1 ドロクダムシの一種 1	4	+	24	+														
126	Ischyroceridae gen. sp.1 カマキリヨコエビ科の一種 1	2002	1.51	1449	0.92	19	+	2	+										
127	Ischyroceridae gen. sp.2 カマキリヨコエビ科の一種 2	1	+																
128	Ischyroceridae gen. sp.3 カマキリヨコエビ科の一種 3	1	+			1	+			1	+								
129	<i>Stenothoe valida</i> タテソコエビ	8	+	45	0.01	135	0.04												
130	<i>Stenothoe</i> sp.1 タテソコエビの一種 1	18	+	8	+	12	+												
131	<i>Stenothoe</i> sp.2 タテソコエビの一種 2	7	+			3	+												
132	<i>Elasmopus japonicus</i> イソヨコエビ	57	0.09	65	0.09	268	0.55	1	+	4	+			1	+				
133	<i>Hyale grandicornis</i> モクズヨコエビ	1	+	1	+			16	0.05	26	0.12	37	0.04						
134	<i>Hyale</i> sp. モクズヨコエビの一種	1969	3.08	3415	4.02	1104	1.03												
135	<i>Palinotus thomsoni japonicus</i> ゴクソヨコエビ	18	+	9	+	17	+												
136	Amphipoda spp. 不明ヨコエビ類	3	+	2	+			1	+										
137	<i>Caprella epulibra</i> クビナガワレカラ	6	0.03																
138	<i>Caprella panantis</i> マルエラワレカラ	351	0.48	289	0.34	203	0.13												
139	<i>Caprella</i> sp.1 ワレカラの一種 1	1	+	1	+														
140	<i>Caprella</i> sp.2 ワレカラの一種 2			18	0.04														
141	<i>Caprella</i> sp.3 ワレカラの一種 3			2	+														
142	<i>Paranthura</i> sp. ウミナナフシの一種			1	+					1	+	1	+						
143	<i>Janirops longiantennata</i> ウミズムシ	2	+	1	+	31	0.01	1	+	5	+			1	+				
144	Munnidae gen. sp. ムンナ科の一種			1	+														
145	<i>Dynoides dentisus</i> シリケンウミセミ	9	0.02			6	0.01	96	0.35	125	0.52	23	0.02						
146	<i>Cymodoce</i> sp. ニホンソコエビの一種							1	0.04										
147	<i>Cynodocella nipponica</i> ツツオウミセミ	1	+																
148	<i>Apuseudes</i> sp. アブセウデスの一種	1	+	3	+														
149	<i>Zeuxo normani</i> ノルマンタナイス			2	+	3	+	1	+										
150	<i>Lptochelia savignyi</i> ホソツメタナイス	2	+			1	+												
151	Tanaidea gen. sp.1 タナイス科の一種 1			5	+														
152	<i>Alpheus</i> sp.1 テッポウエビの一種 1					2	0.16												
153	<i>Alpheus</i> sp.2 テッポウエビの一種 2	3	0.03	3	0.11	5	0.17												
154	Diogenidae gen. sp. ヤドリカ科の一種			1	0.01														
155	<i>Petrolisthes</i> sp.1 イソカニガマシの一種 1	1	0.13																
156	<i>Petrolisthes</i> sp.2 イソカニガマシの一種 2	1	0.10																
157	Majidae gen. sp.1 クモガニ科の一種 1			1	0.09														
158	Majidae gen. sp.2 クモガニ科の一種 2			1	+														
159	<i>Halicarcinus</i> sp. トウヨウヤウラガニの一種			1	0.01														
160	<i>Charibdis japonica</i> イシガニ			1	1.04	1	1.77												
161	<i>Neolimonia</i> sp. ヒラベニオウギガニの一種							6	1.24	1	0.14								
162	<i>Actaea</i> sp. サメハダオウギガニの一種			3	0.86	2	0.45												
163	<i>Neoxanthops</i> sp. ウスハオウギガニの一種					1	0.05												
164	<i>Pilodius nigrocrinitus</i> トグオウギガニ							1	0.11										
165	<i>Pilumnus</i> sp. ケブカガニの一種	1	0.04																
166	<i>Pilumnopus</i> sp. トライオガニの一種			7	0.94	1	0.09												
167	Grapsidae gen. sp.1 イワガニ科の一種 1							8	0.19	1	+	4	0.03						
168	<i>Brachyura</i> spp. 不明ガニの一部			+	+			+	+										
昆虫綱 Insecta																			
169	Diptera sp. adult 双翅目の一種(成虫)			1	+														
170	Diptera sp. A larva 双翅目の一種(幼虫)白			13	0.08	108	0.53					1	0.01						
171	Diptera sp. B larva 双翅目の一種(幼虫)緑			2	+	2	+	2	+										
苔虫動物門 Bryozoa																			
172	<i>Electra</i> sp. トゲヒラコケムシの一種																		
173	<i>Bugula californica</i> ナギサコケムシ			+	0.01			+	0.04	+	0.02								
174	<i>Schizoporella unicornis</i> コブヒラコケムシ			+	0.04														
175	<i>Celleporina costazii</i> コブコケムシ			+	0.12														
176	<i>Parasmittina triangulata</i> サンカクハグチコケムシ			+	1.08														
177	<i>Watersipora subboidea</i> チゴケムシ			+	0.28														
棘皮動物門 Echinodermata																			
ヒトデ綱 Asteroidea																			
178	<i>Asterina</i> sp. イトマキヒトデの一種			1	0.03														
179	<i>Coscinasterias acutispina</i> ヤツデヒトデ	2	6.86	2	1.74														
クモヒトデ綱 Ophiuroidea																			
180	<i>Ophiactis savignyi</i> チビクモヒトデ	4	0.02	8	0.14	15	0.05												
181	<i>Amphipholis squamata</i> イソコモチクモヒトデ			8	0.03			1	+										
182	<i>Myophiurida</i> spp. 不明クモヒトデ類	1	+	2	+														
ウニ綱 Echinoidea																			
183	<i>Stomopneustes variolaris</i> クロウニ	1	16.91																
184	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> バフンウニ			2	0.14	1	+												
185	<i>Pseudocentrotus depressus</i> アカウニ	1	1.19																
186	<i>Echinostrephus molaris</i> タウシウニ	4	40.82																
187	<i>Anthocidaris crassispinata</i> ムラサキウニ			8	33.00	4	54.44												
188	<i>Echinometra</i> sp.1 (ナガウニ)	1	41.51	4	92.55	1	10.90												
189	<i>Echinometra</i> sp.2 (ツマジロナガウニ)	1	26.23			2	26.29												
190	Echinoidea spp. ウニの一部							+	+										
ナマコ綱 Holothuroidea																			
191	Phylloporidae sp.1 グミドキ科の一種 1			2	+	4	0.04												
192	Phylloporidae sp.2 グミドキ科の一種 2					1	+												
193	Holothuroidea spp. 不明ナマコ類			2	0.02														
脊索動物門 Chordata																			
ホヤ綱 Ascidiacea																			
194	<i>Sidneioides snamoti</i> スナモチボヤ	+	1.08	+	0.22	+	0.03												
195	<i>Aplidium pliciferum</i> マンジュウボヤ	+	+																
196	<i>Aplidium</i> sp. マンジュウボヤの一種			+	0.22														
197	<i>Didemnum moseleyi</i> シロウスボヤ			+	0.44														
198	<i>Diplosoma mitsukurii</i> ネンエキボヤ							+	+										
199	<i>Didemnidae</i> gen. sp. ウスボヤ科の一種			+	0.16														
200	<i>Perophora</i> sp. マメボヤの一種	+	0.02																
201	<i>Ascidia archaia</i> マハラナツメボヤ	1	0.58																
202	<i>Phlebobranchia</i> sp. マメボヤ亜目の一種	1	0.04	+	+														
203	<i>Pyura vittata</i> カラスボヤ			1	0.60			5	0.21			1	0.06						
204	<i>Herdmania momus</i> ベニボヤ	1	0.19																
205	<i>Hermeyeria orientalis</i> ネズミボヤ	6	0.18																
硬骨魚綱 Osteichthyes																			
206	魚類付着卵					+	+												
合計		5227	1140.81	6835	1681.03	3417	411.43	1130	3132.93	871	1225.68	951	1872.90	2981	143.95	999	28.59		
															18734	154.06	37	2.23	
																	31	1.55	
																	45	3.72	

資料22. 魚類相調査結果(1)

St. 1 (弁天島西側の双子瀬) の1区から10区で観察された種および総体的個体数

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区から10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
<b>Clupeidae ニシン科</b>											
1 <i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
<b>Synodontidae エソ科</b>											
2 <i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
3 <i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<b>Pegasidae ウミテング科</b>											
4 <i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
<b>Fistulariidae ヤガラ科</b>											
5 <i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ(juv.)	ST										
<b>Scorpaenidae フサカサゴ科</b>											
6 <i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
7 <i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<b>Serranidae ハタ科</b>											
8 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
9 <i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST					rr					
10 <i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
<b>Apogonidae テンジクダイ科</b>											
11 <i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
12 <i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
13 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM				rr						rr
14 <i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM										
15 <i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(ドットタイ?)	ST				r						
16 <i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<b>Lutjanidae フェダイ科</b>											
17 <i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST										
<b>Sparidae タイ科</b>											
18 <i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM										
19 <i>Pagrus major</i> マダイ	TM							rr			
<b>Mullidae ヒメジ科</b>											
20 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST			rr							
オジサン(juv.)	ST	rr									
21 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST								r		
22 <i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST					rr					
オキナヒメジ(juv.)	ST										
<b>Pempheridae ハタンボ科</b>											
23 <i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
<b>Girellidae メジナ科</b>											
24 <i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
25 <i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)	TM										
<b>Chaetodontidae チョウチョウウオ科</b>											
26 <i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタタテダイ	ST					rr					
27 <i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウウオ	ST			rr						rr	
28 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウウオ(juv.)	ST								rr		
29 <i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウウオ(juv.)	ST										
30 <i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウウオ(juv.)	ST										
31 <i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウウオ	ST				rr						
アケボノチョウウオ(juv.)	ST										
32 <i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウウオ(juv.)	ST										
33 <i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	ST	r		r	r	r					
チョウチョウウオ(juv.)	ST										
34 <i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウウオ(juv.)	ST	rr									
35 <i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST						rr				
<b>Pomacentridae スズメダイ科</b>											
36 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST								r		
クマノミ(juv.)	ST										
37 <i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM		r		rr						
38 <i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										
39 <i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST	r									
ミツボシクロスズメダイ(juv.)	ST	c									
40 <i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST										
41 <i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセンズメダイ	ST										
42 <i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST										
オヤビッチャ(juv.)	ST										
43 <i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	c	c	cc	cc						rr
ソラスズメダイ(juv.)	TM										
44 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM	c	c	r	r	c			r	r	r
ナガサキスズメダイ(juv.)	TM				r						
45 <i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM	rr									
<b>Cirrhitidae ゴンベ科</b>											
46 <i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST								r		
<b>Cheilodactylidae タカノハダイ科</b>											
47 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM										
<b>Labridae ベラ科</b>											
48 <i>Gomphosus varius</i> クギベラ(juv.)	ST										
49 <i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST	rr	rr								
ホンソメワケベラ(juv.)	ST					r					
50 <i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST										
51 <i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM	r	r	rr	rr	r		rr		r	rr
アカササノハベラ(juv.)	TM										
52 <i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM										

資料22. 魚類相調査結果(2)

St. 1 (弁天島西側の双子嶽) の1区から10区で観察された種および総体的個体数(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区から10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
53 <i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										rr
54 <i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST	r	r	r	r	r				rr	rr
カミナリベラ(juv.)	ST										
55 <i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST										
セナスジベラ(juv.)	ST										
56 <i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM			rr							
57 <i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST	rr	r								
オトメベラ(juv.)	ST		rr								
58 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST			rr							
ヤマブキベラ(juv.)	ST		r		r						
59 <i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM										
60 <i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM				r						rr
ホンベラ(juv.)	TM										
61 <i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST				rr						
62 <i>Cirrhilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST				rr						
63 <i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
64 <i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM										
<b>Scaridae ブダイ科</b>											
65 <i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM										
ブダイ(juv.)	TM			r							
66 <i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST										
67 <i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST										
68 <i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST	rr	rr								
<b>Pinguipedidae トラギス科</b>											
69 <i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM					rr					
コウライトラギス(juv.)	TM										
<b>Slenniidae イソギンポ科</b>											
70 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンポ	ST				r						
ニジギンポ(juv.)	ST										
71 <i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンポ	TM				rr						
72 <i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンポ	ST										
76 <i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST							rr			
77 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM								r	r	
ダテハゼ(juv.)	TM										
78 <i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST										
79 <i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST										
80 <i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST										
<b>Gunnellichthyidae Ptereleotrinae</b>											
<b>オオメワラスボ科クロユリハゼ亜科</b>											
81 <i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST							r	r		
ハナハゼ(juv.)	TM-ST										
<b>Siganidae アイゴ科</b>											
82 <i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST										
<b>Zanclidae ツノダシ科</b>											
83 <i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST			rr							
<b>Acanthuridae ニザダイ科</b>											
84 <i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM					rr					
ニザダイ(juv.)	TM	r	r							rr	
85 <i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST										
86 <i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST										
87 <i>Acanthurus nigrofusus</i> ナガニザ	ST	rr	r	r		rr	r				
ナガニザ(juv.)	ST										
88 <i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST										
89 <i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST										
90 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST	rr		r		rr					
ニセカンランハギ(juv.)	ST										
<b>Bothidae ダルマガレイ科</b>											
91 <i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST										
<b>Balistidae モンガラカワハギ科</b>											
92 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST										
<b>Monacanthidae カワハギ科</b>											
93 <i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST										
<b>Ostraciidae ハコフグ科</b>											
94 <i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST										
95 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM			rr							
ハコフグ(juv.)	TM										
<b>Tetraodontidae フグ科</b>											
96 <i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST	rr								rr	
<b>Diodontidae ハリセンボン科</b>											
97 <i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST										
98 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST										

脚注：種名、分類の順序、地理的分布は中坊編(2000)に従い、南方系(熱帯性+亜熱帯性) <ST>、温帯性 <TM> に分類した。  
cc, ≥50; c, 50 > x ≥ 11; r, 10 ≥ x ≥ 2; rr=1.

## 資料22. 魚類相調査結果(3)

S t . 2 (桜浜沖の桜中巻) の1区から10区で観察された種および総体的個体数

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区 2区 3区 4区 5区 6区 7区 8区 9区 10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
<b>Clupeidae ニシン科</b>											
1 <i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
<b>Synodontidae エソ科</b>											
2 <i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
3 <i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<b>Pegasidae ウミテング科</b>											
4 <i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
<b>Fistulariidae ヤガラ科</b>											
5 <i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ(juv.)	ST										
<b>Scorpaenidae フサカサゴ科</b>											
6 <i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
7 <i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										r
<b>Serranidae ハタ科</b>											
8 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
9 <i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
10 <i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
<b>Apogonidae テンジクダイ科</b>											
11 <i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
12 <i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
13 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM							rr	r		r
14 <i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM										
15 <i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(ドットタイフ)	ST										
16 <i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<b>Lutjanidae フエダイ科</b>											
17 <i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフエダイ(juv.)	ST									rr	
<b>Sparidae タイ科</b>											
18 <i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM										
19 <i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
<b>Mullidae ヒメジ科</b>											
20 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)	ST										
21 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
22 <i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)	ST										
<b>Pempheridae ハタンボ科</b>											
23 <i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										r
<b>Girellidae メジナ科</b>											
24 <i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM							r	r		
25 <i>Girella punctata</i> メジナ	TM							r			
メジナ(juv.)	TM										
<b>Chaetodontidae チョウチョウウオ科</b>											
26 <i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタタテダイ	ST										
27 <i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウウオ	ST										
28 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウウオ(juv.)	ST							rr			
29 <i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウウオ(juv.)	ST										
30 <i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウウオ(juv.)	ST										rr
31 <i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウチョウウオ	ST										
アケボノチョウチョウウオ(juv.)	ST										
32 <i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウチョウウオ(juv.)	ST										
33 <i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	ST										
チョウチョウウオ(juv.)	ST							rr	rr		
34 <i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウチョウウオ(juv.)	ST										
35 <i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										
<b>Pomacentridae スズメダイ科</b>											
36 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST										
クマノミ(juv.)	ST										
37 <i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM										
38 <i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										
39 <i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST										
ミツボシクロスズメダイ(juv.)	ST							rr			
40 <i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST										
41 <i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセスズメダイ	ST										
42 <i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST										
オヤビッチャ(juv.)	ST										
43 <i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM							r	r		r
ソラスズメダイ(juv.)	TM										
44 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM										
ナガサキスズメダイ(juv.)	TM										
45 <i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM						rr				
<b>Cirrhitidae ゴンベ科</b>											
46 <i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST										
<b>Cheilodactylidae タカノハダイ科</b>											
47 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM							rr	rr	rr	
<b>Labridae ベラ科</b>											
48 <i>Gomphosus varius</i> クギベラ(juv.)	ST										
49 <i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST										rr
ホンソメワケベラ(juv.)	ST										
50 <i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST										
51 <i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM										rr
アカササノハベラ(juv.)	TM										
52 <i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM									rr	r

資料22. 魚類相調査結果(4)

St. 2 (桜浜沖の桜中薯) の1区から10区で観察された種および総体的個体数(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区 2区 3区 4区 5区 6区 7区 8区 9区 10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
53 <i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										
54 <i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST		r			rr		r		rr	
カミナリベラ(juv.)	ST										
55 <i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST										
セナスジベラ(juv.)	ST										
56 <i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM				r	rr					
57 <i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST										
オトメベラ(juv.)	ST										
58 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST										
ヤマブキベラ(juv.)	ST										
59 <i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM										
60 <i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM					r					
ホンベラ(juv.)	TM					r	c		rr	r	r
61 <i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST										
62 <i>Cirrhilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST										
63 <i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
64 <i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM								rr		
<b>Scaridae ブダイ科</b>											
65 <i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM										
ブダイ(juv.)	TM										
66 <i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST										
67 <i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST										
68 <i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST										
<b>Pinguipedidae トラギス科</b>											
69 <i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM										
コウライトラギス(juv.)	TM										
<b>Slenniidae イソギンボ科</b>											
70 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST							rr			
ニジギンボ(juv.)	ST										
71 <i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンボ	TM										
72 <i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST										
<b>Gobiidae ハゼ科</b>											
73 <i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM									r	r
74 <i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM	rr						r			r
75 <i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM		rr	rr		rr	r	r	r	rr	
クツワハゼ(juv.)	TM										
76 <i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST										
77 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM										
ダテハゼ(juv.)	TM										
78 <i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST										
79 <i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST										
80 <i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST										
<b>Gunnellichthyidae Ptereleotrinae</b>											
<b>オオメワラスボ科クロユリハゼ亜科</b>											
81 <i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST										
ハナハゼ(juv.)	TM-ST										
<b>Siganidae アイゴ科</b>											
82 <i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST										
<b>Zanclidae ツノダシ科</b>											
83 <i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST										
<b>Acanthuridae ニザダイ科</b>											
84 <i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM										
ニザダイ(juv.)	TM							rr			
85 <i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST										
86 <i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST										
87 <i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST										
ナガニザ(juv.)	ST										
88 <i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST										
89 <i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST										
90 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST										
ニセカンランハギ(juv.)	ST							r			
<b>Bothidae ダルマガレイ科</b>											
91 <i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST										
<b>Balistidae モンガラカワハギ科</b>											
92 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST										
<b>Monacanthidae カワハギ科</b>											
93 <i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST										
<b>Ostraciidae ハコフグ科</b>											
94 <i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST										
95 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM								rr		
ハコフグ(juv.)	TM										
<b>Tetraodontidae フグ科</b>											
96 <i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST										
<b>Diodontidae ハリセンボン科</b>											
97 <i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST							rr	rr		
98 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST										

脚注：種名、分類の順序、地理的分布は中坊編(2000)に従い、南方系(熱帯性+亜熱帯性) <ST>、温帯性 <TM> に分類した。  
cc,  $\geq 50$ ; c,  $50 > x \geq 11$ ; r,  $10 \geq x \geq 2$ ; rr=1.

## 資料2.2. 魚類相調査結果(5)

St. 3 (竜串海中公園2号)の1区から10区で観察された種および総体的個体数

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区 2区 3区 4区 5区 6区 7区 8区 9区 10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
<b>Clupeidae ニシン科</b>											
1 <i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST								rr		
<b>Synodontidae エソ科</b>											
2 <i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST								rr		
3 <i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<b>Pegasidae ウミテング科</b>											
4 <i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
<b>Fistulariidae ヤガラ科</b>											
5 <i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ(juv.)	ST		rr							rr	
<b>Scorpaenidae フサカサゴ科</b>											
6 <i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
7 <i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST	rr									
<b>Serranidae ハタ科</b>											
8 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
9 <i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
10 <i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
<b>Apogonidae テンジクダイ科</b>											
11 <i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
12 <i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										rr
13 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM									r	r
14 <i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM	cc									
15 <i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(トットタイ?)	ST										
16 <i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST									rr	
<b>Lutjanidae フエダイ科</b>											
17 <i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフエダイ(juv.)	ST										
<b>Sparidae タイ科</b>											
18 <i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM										
19 <i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
<b>Mullidae ヒメジ科</b>											
20 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)	ST										
21 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
22 <i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)	ST										
<b>Pempheridae ハタンボ科</b>											
23 <i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM							r			
<b>Girellidae メジナ科</b>											
24 <i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
25 <i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)	TM										rr
<b>Chaetodontidae チョウチョウウオ科</b>											
26 <i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタタテダイ	ST										
27 <i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウウオ	ST										
28 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウウオ(juv.)	ST										r
29 <i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウウオ(juv.)	ST						rr				
30 <i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウウオ(juv.)	ST										
31 <i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウウオ	ST										
アケボノチョウウオ(juv.)	ST										
32 <i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウウオ(juv.)	ST										
33 <i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	ST	r									rr
チョウチョウウオ(juv.)	ST										
34 <i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウウオ(juv.)	ST										
35 <i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										
<b>Pomacentridae スズメダイ科</b>											
36 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST										
クマノミ(juv.)	ST	r	rr	rr		rr					
37 <i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM										
38 <i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										
39 <i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST										
ミツボシクロスズメダイ(juv.)	ST										
40 <i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST						r				
41 <i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセスズメダイ	ST										
42 <i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST										
オヤビッチャ(juv.)	ST										
43 <i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	r	c		c	c	c	c	r	r	r
ソラスズメダイ(juv.)	TM			c							
44 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM							r		r	r
ナガサキスズメダイ(juv.)	TM	r	r	r							
45 <i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM										rr
<b>Cirrhitidae ゴンベ科</b>											
46 <i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST										
<b>Cheilodactylidae タカノハダイ科</b>											
47 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM										
<b>Labridae ベラ科</b>											
48 <i>Gomphosus varius</i> クギベラ(juv.)	ST										
49 <i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST										
ホンソメワケベラ(juv.)	ST										
50 <i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST										
51 <i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM	r	r	rr							
アカササノハベラ(juv.)	TM		rr								
52 <i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM		rr	rr						rr	rr

資料2.2. 魚類相調査結果(6)

St. 3 (竜串海中公園2号)の1区から10区で観察された種および総体的個体数(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
53 <i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										
54 <i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST			c			rr				r
カミナリベラ(juv.)	ST			rr							
55 <i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST										rr
セナスジベラ(juv.)	ST										
56 <i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM										r
57 <i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST		rr								r
オトメベラ(juv.)	ST		rr								
58 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST										rr
ヤマブキベラ(juv.)	ST										
59 <i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM	r									
60 <i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM					rr					r
ホンベラ(juv.)	TM		r	r		rr				rr	
61 <i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST										
62 <i>Cirrhilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST										
63 <i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
64 <i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM		rr						rr		
<b>Scaridae ブダイ科</b>											
65 <i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM										rr
ブダイ(juv.)	TM										rr
66 <i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST										
67 <i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST										
68 <i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST										
<b>Pinguipedidae トラギス科</b>											
69 <i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM										
コウライトラギス(juv.)	TM										
<b>Slenniidae イソギンボ科</b>											
70 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST						r				
ニジギンボ(juv.)	ST										
71 <i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンボ	TM										
72 <i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST										rr
<b>Gobiidae ハゼ科</b>											
73 <i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM										
74 <i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM										
75 <i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM	r	r	c							
クツワハゼ(juv.)	TM										
76 <i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST										
77 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM										
ダテハゼ(juv.)	TM										
78 <i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST										
79 <i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST										
80 <i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST										
<b>Gunnellichthyidae Ptereleotrinae</b>											
オオメワラスボ科クロユリハゼ亜科											
81 <i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST										
ハナハゼ(juv.)	TM-ST										
<b>Siganidae アイゴ科</b>											
82 <i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST										
<b>Zanclidae ツノダシ科</b>											
83 <i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST										
<b>Acanthuridae ニザダイ科</b>											
84 <i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM										
ニザダイ(juv.)	TM	rr									rr
85 <i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST										
86 <i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST										
87 <i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST										
ナガニザ(juv.)	ST										
88 <i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST										r
89 <i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST										
90 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST										
ニセカンランハギ(juv.)	ST										
<b>Bothidae ダルマガレイ科</b>											
91 <i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST										
<b>Balistidae モンガラカワハギ科</b>											
92 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST										
<b>Monacanthidae カワハギ科</b>											
93 <i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST										
<b>Ostraciidae ハコフグ科</b>											
94 <i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST					rr					
95 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM						rr				
ハコフグ(juv.)	TM	rr									rr
<b>Tetraodontidae フグ科</b>											
96 <i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST										
<b>Diodontidae ハリセンボン科</b>											
97 <i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST		rr								
98 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST										

脚注：種名、分類の順序、地理的分布は中坊編(2000)に従い、南方系(熱帯性+亜熱帯性) <ST>、温帯性 <TM> に分類した。  
cc,  $\geq 50$ ; c,  $50 > x \geq 11$ ; r,  $10 \geq x \geq 2$ ; rr=1.

資料2.2. 魚類相調査結果(7)

St. 4 (竜串海中公園3号大橋)の1区から10区で観察された種および総体的個体数

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
<b>Clupeidae ニシン科</b>											
1 <i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										cc
<b>Synodontidae エソ科</b>											
2 <i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
3 <i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<b>Pegasidae ウミテング科</b>											
4 <i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
<b>Fistulariidae ヤガラ科</b>											
5 <i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ(juv.)	ST										
<b>Scorpaenidae フサカサゴ科</b>											
6 <i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST				rr						
7 <i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<b>Serranidae ハタ科</b>											
8 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
9 <i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
10 <i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
<b>Apogonidae テンジクダイ科</b>											
11 <i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
12 <i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
13 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM										
14 <i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM										
15 <i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(トットタイ?)	ST									r	
16 <i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<b>Lutjanidae フエダイ科</b>											
17 <i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフエダイ(juv.)	ST										
<b>Sparidae タイ科</b>											
18 <i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM										
19 <i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
<b>Mullidae ヒメジ科</b>											
20 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)	ST										
21 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
22 <i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)	ST									r	
<b>Pempheridae ハタンボ科</b>											
23 <i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
<b>Girellidae メジナ科</b>											
24 <i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
25 <i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)	TM				r						
<b>Chaetodontidae チョウチョウウオ科</b>											
26 <i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタタテダイ	ST										
27 <i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウウオ	ST										
28 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウウオ(juv.)	ST									r	
29 <i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウウオ(juv.)	ST										rr
30 <i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウウオ(juv.)	ST										
31 <i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウウオ	ST										
アケボノチョウウオ(juv.)	ST										
32 <i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウウオ(juv.)	ST										
33 <i>Chaetodon auripes</i> チョウウオ	ST										
チョウウオ(juv.)	ST				rr						r
34 <i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウウオ(juv.)	ST										
35 <i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										
<b>Pomacentridae スズメダイ科</b>											
36 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST										rr
クマノミ(juv.)	ST										
37 <i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM										
38 <i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										r
39 <i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST										
ミツボシクロスズメダイ(juv.)	ST										
40 <i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST										
41 <i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセスズメダイ	ST										
42 <i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST										
オヤビッチャ(juv.)	ST										r
43 <i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	c	r	c	c	c	r	c	c	r	c
ソラスズメダイ(juv.)	TM										
44 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM				2		rr				
ナガサキスズメダイ(juv.)	TM	r		r		r	r		r	r	r
45 <i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM										
<b>Cirrhitidae ゴンベ科</b>											
46 <i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST										
<b>Cheilodactylidae タカノハダイ科</b>											
47 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM	rr	rr					rr			
<b>Labridae ベラ科</b>											
48 <i>Gomphosus varius</i> クギベラ(juv.)	ST										
49 <i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST								rr	r	
ホンソメワケベラ(juv.)	ST										
50 <i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST										
51 <i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM								rr	rr	rr
アカササノハベラ(juv.)	TM										
52 <i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM										

資料2.2. 魚類相調査結果(8)

St. 4 (竜串海中公園3号大塚)の1区から10区で観察された種および総体的個体数(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区から10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
53 <i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										
54 <i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST	rr		r			r	r	r		
カミナリベラ(juv.)	ST				r						r
55 <i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST										
セナスジベラ(juv.)	ST										
56 <i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM			r							
57 <i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST	rr									
オトメベラ(juv.)	ST										
58 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST										
ヤマブキベラ(juv.)	ST										
59 <i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM										rr
60 <i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM										rr
ホンベラ(juv.)	TM								r		rr
61 <i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST										
62 <i>Cirrhilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST										
63 <i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
64 <i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM										
<b>Scaridae ブダイ科</b>											
65 <i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM										
ブダイ(juv.)	TM										
66 <i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST										
67 <i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST										
68 <i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST										
<b>Pinguipedidae トラギス科</b>											
69 <i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM										
コウライトラギス(juv.)	TM						r	r		rr	rr
<b>Slenniidae イソギンボ科</b>											
70 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST										
ニジギンボ(juv.)	ST								rr		
71 <i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンボ	TM										
72 <i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST								rr		
<b>Gobiidae ハゼ科</b>											
73 <i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM										
74 <i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM										
75 <i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM	rr									rr
クツワハゼ(juv.)	TM										
76 <i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST										
77 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM									rr	rr
ダテハゼ(juv.)	TM										
78 <i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST										
79 <i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST										
80 <i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST										
<b>Gunnellichthyidae Ptereleotrinae</b>											
オオメワラスボ科クロユリハゼ亜科											
81 <i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST										
ハナハゼ(juv.)	TM-ST										
<b>Siganidae アイゴ科</b>											
82 <i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST			r							
<b>Zanclidae ツノダシ科</b>											
83 <i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST										
<b>Acanthuridae ニザダイ科</b>											
84 <i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM										
ニザダイ(juv.)	TM	r	rr							r	
85 <i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST										
86 <i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST										
87 <i>Acanthurus nigrofusus</i> ナガニザ	ST										
ナガニザ(juv.)	ST				rr					rr	
88 <i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST										
89 <i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST							rr	rr		
90 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST										
ニセカンランハギ(juv.)	ST									r	
<b>Bothidae ダルマガレイ科</b>											
91 <i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST										
<b>Balistidae モンガラカワハギ科</b>											
92 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST									rr	
<b>Monacanthidae カワハギ科</b>											
93 <i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST					rr					
<b>Ostraciidae ハコフグ科</b>											
94 <i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST										
95 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM										
ハコフグ(juv.)	TM				rr						
<b>Tetraodontidae フグ科</b>											
96 <i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST										
<b>Diodontidae ハリセンボン科</b>											
97 <i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST										
98 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST										

脚注：種名、分類の順序、地理的分布は中坊編(2000)に従い、南方系(熱帯性+亜熱帯性) <ST>、温帯性 <TM> に分類した。  
cc, ≥50; c, 50 > x ≥ 11; r, 10 ≥ x ≥ 2; rr=1.

## 資料22. 魚類相調査結果(9)

St. 5 (見残湾海中公園4号)の1区から10区で観察された種および総体的個体数

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区 2区 3区 4区 5区 6区 7区 8区 9区 10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
<b>Clupeidae ニシン科</b>											
1 <i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
<b>Synodontidae エソ科</b>											
2 <i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
3 <i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST							rr			
<b>Pegasidae ウミテング科</b>											
4 <i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										r
<b>Fistulariidae ヤガラ科</b>											
5 <i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ(juv.)	ST								rr		
<b>Scorpaenidae フサカサゴ科</b>											
6 <i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
7 <i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST							r			
<b>Serranidae ハタ科</b>											
8 <i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST							r			
9 <i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
10 <i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST							r			
<b>Apogonidae テンジクダイ科</b>											
11 <i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST			rr							
12 <i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
13 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM								rr		
14 <i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM		r		cc	cc	cc				
15 <i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(トットタイ?)	ST										
16 <i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<b>Lutjanidae フエダイ科</b>											
17 <i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフエダイ(juv.)	ST										
<b>Sparidae タイ科</b>											
18 <i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM									rr	
19 <i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
<b>Mullidae ヒメジ科</b>											
20 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)	ST										
21 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
22 <i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)	ST										
<b>Pempheridae ハタンボ科</b>											
23 <i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
<b>Girellidae メジナ科</b>											
24 <i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
25 <i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)	TM										
<b>Chaetodontidae チョウチョウオ科</b>											
26 <i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタタテダイ	ST										
27 <i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウオ	ST			r		r		rr			rr
28 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウオ(juv.)	ST		rr	rr							
29 <i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウオ(juv.)	ST		r					rr			
30 <i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウオ(juv.)	ST										
31 <i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウチョウオ	ST										
アケボノチョウチョウオ(juv.)	ST		r	r	r	r	rr				
32 <i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウチョウオ(juv.)	ST				rr						
33 <i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウオ	ST				rr	rr					
チョウチョウオ(juv.)	ST		rr		rr						
34 <i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウチョウオ(juv.)	ST										
35 <i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										
<b>Pomacentridae スズメダイ科</b>											
36 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST			rr					rr		rr
クマノミ(juv.)	ST										rr
37 <i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM								rr		
38 <i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										
39 <i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST								rr		
ミツボシクロスズメダイ(juv.)	ST										
40 <i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST										
41 <i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセスズメダイ	ST				r	r					
42 <i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST										
オヤビッチャ(juv.)	ST										
43 <i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	cc	cc	cc	cc	c	cc				
ソラスズメダイ(juv.)	TM										
44 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM	r	r	cc	c	r		r			r
ナガサキスズメダイ(juv.)	TM										
45 <i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM										
<b>Cirrhitidae ゴンベ科</b>											
46 <i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST										
<b>Cheilodactylidae タカノハダイ科</b>											
47 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM		rr								
<b>Labridae ベラ科</b>											
48 <i>Gomphosus varius</i> クギベラ(juv.)	ST		rr		rr						
49 <i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST			r	r		r				
ホンソメワケベラ(juv.)	ST		r								
50 <i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST			r							
51 <i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM	rr									
アカササノハベラ(juv.)	TM					r					
52 <i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM										

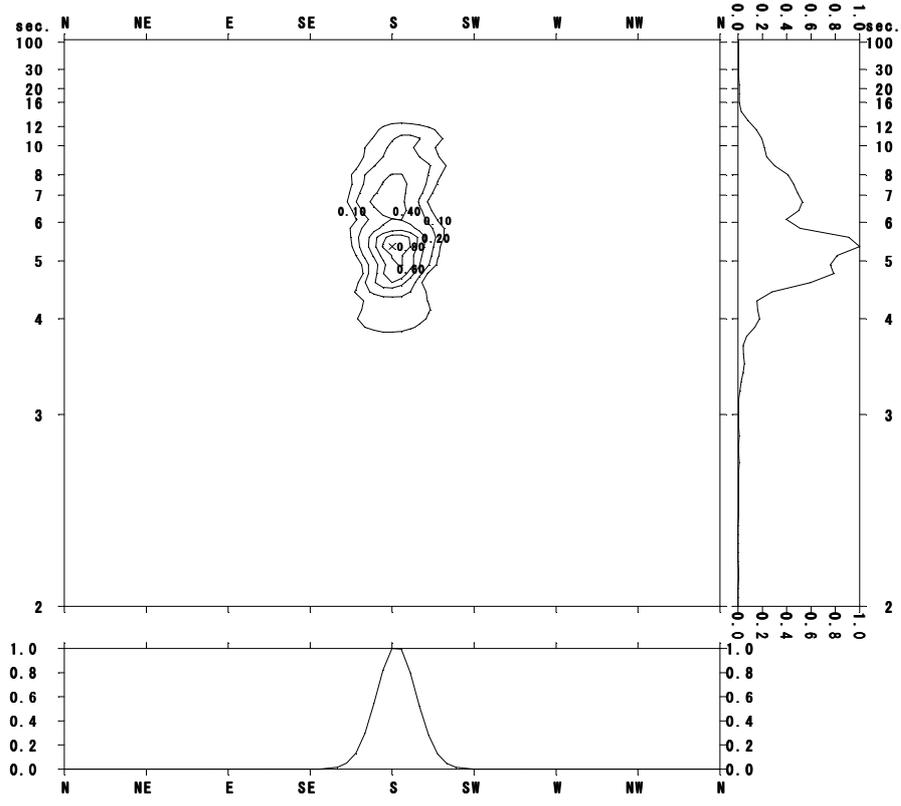
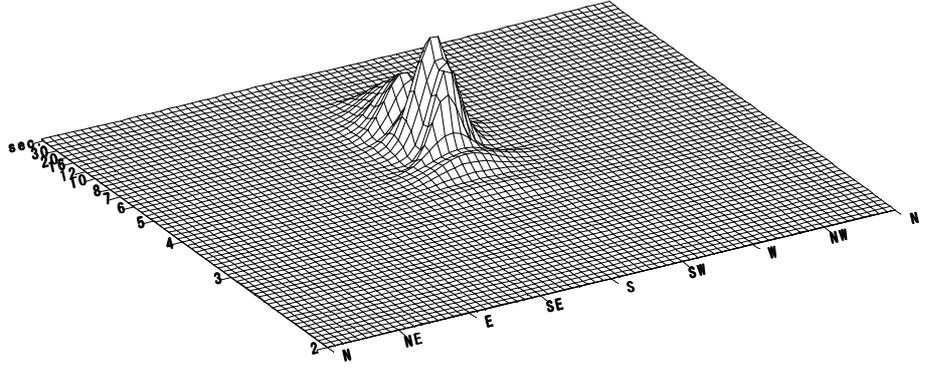
資料22. 魚類相調査結果(10)

St. 5 (見残湾海中公園4号)の1区から10区で観察された種および総体的個体数(続き)

種名 (Species)	地理分布 (Geographical distribution)	1区から10区									
		1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
53 <i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										
54 <i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST	r	r					r			
カミナリベラ(juv.)	ST				r						
55 <i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST										
セナスジベラ(juv.)	ST		rr	r	r	r					
56 <i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM		r			r	r				
57 <i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST			r		r					
オトメベラ(juv.)	ST										
58 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST										
ヤマブキベラ(juv.)	ST										
59 <i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM										
60 <i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM										
ホンベラ(juv.)	TM			rr							
61 <i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST										
62 <i>Cirrhilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST										
63 <i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
64 <i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM				rr						
<b>Scaridae ブダイ科</b>											
65 <i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM						r	5			
ブダイ(juv.)	TM										
66 <i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST		r								
67 <i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST		r								
68 <i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST		r			c					
<b>Pinguipedidae トラギス科</b>											
69 <i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM							rr		rr	
コウライトラギス(juv.)	TM									rr	
<b>Slenniidae イソギンボ科</b>											
70 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST			r							
ニジギンボ(juv.)	ST										
71 <i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンボ	TM		rr			r	r				
72 <i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST	rr				rr					
<b>Gobiidae ハゼ科</b>											
73 <i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM		r	r	r					rr	
74 <i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM										
75 <i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM		r	r	r	r	r		r		
クツワハゼ(juv.)	TM		r								
76 <i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST										
77 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM	r							r	rr	
ダテハゼ(juv.)	TM								rr	rr	
78 <i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST		r	r					rr		
79 <i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST		r	r	r	c					
80 <i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST				rr		r				
<b>Gunnellichthyidae Ptereleotrinae</b>											
オオメワラスボ科クロユリハゼ亜科											
81 <i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST										
ハナハゼ(juv.)	TM-ST			r		c					
<b>Siganidae アイゴ科</b>											
82 <i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST										
<b>Zanclidae ツノダシ科</b>											
83 <i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST										
<b>Acanthuridae ニザダイ科</b>											
84 <i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM								r		
ニザダイ(juv.)	TM										
85 <i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST							rr			
86 <i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST	rr	r	rr	rr						
87 <i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST										
ナガニザ(juv.)	ST										
88 <i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST										
89 <i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST										
90 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST								r		
ニセカンランハギ(juv.)	ST				rr				r		
<b>Bothidae ダルマガレイ科</b>											
91 <i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST									rr	
<b>Balistidae モンガラカワハギ科</b>											
92 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST										
<b>Monacanthidae カワハギ科</b>											
93 <i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST										
<b>Ostraciidae ハコフグ科</b>											
94 <i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST										
95 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM		rr								
ハコフグ(juv.)	TM									rr	
<b>Tetraodontidae フグ科</b>											
96 <i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST										
<b>Diodontidae ハリセンボン科</b>											
97 <i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST										
98 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST							rr			

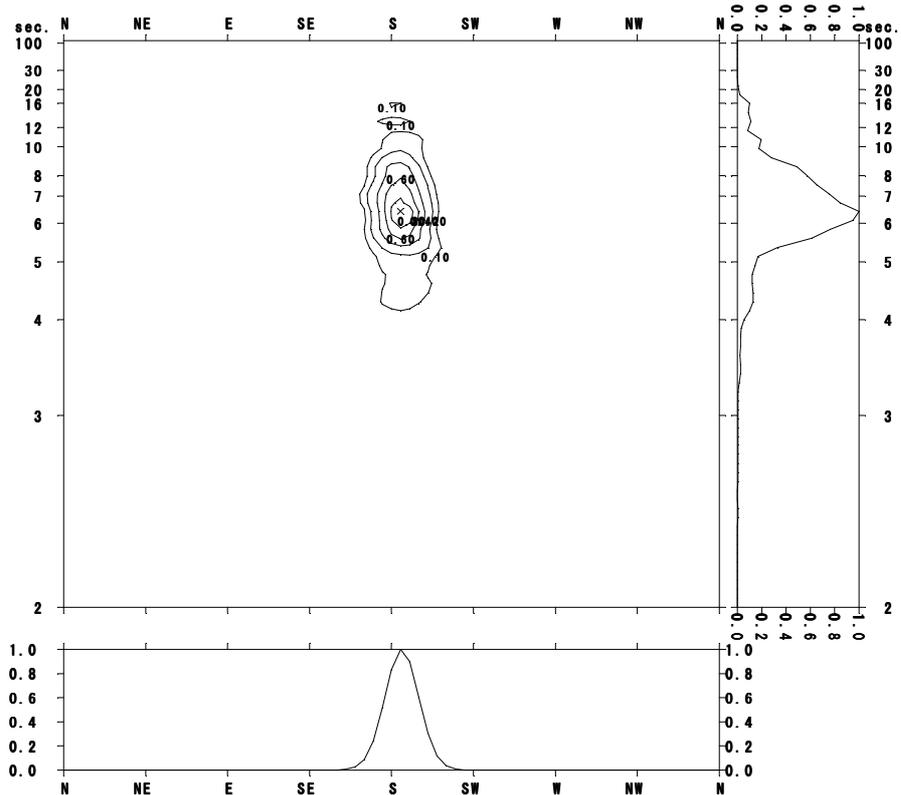
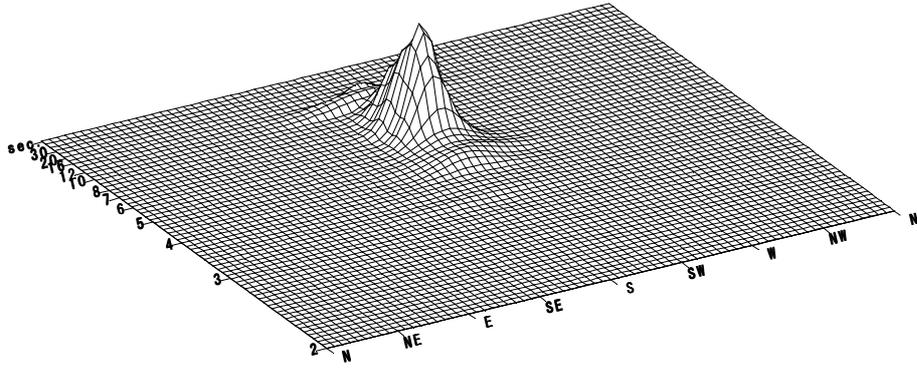
脚注：種名、分類の順序、地理的分布は中坊編(2000)に従い、南方系(熱帯性+亜熱帯性) <ST>、温帯性 <TM> に分類した。  
cc, ≥50; c, 50 > x ≥ 11; r, 10 ≥ x ≥ 2; rr=1.

竜串 **A**  
 2003年 9月12日 1時 0分  
 有義波波高: 1.14m  
 有義波周期: 5.6sec.  
 平均波向: 182°  
 主方向最大: 1.54  
 方向: 180°  
 周期: 5.3sec.



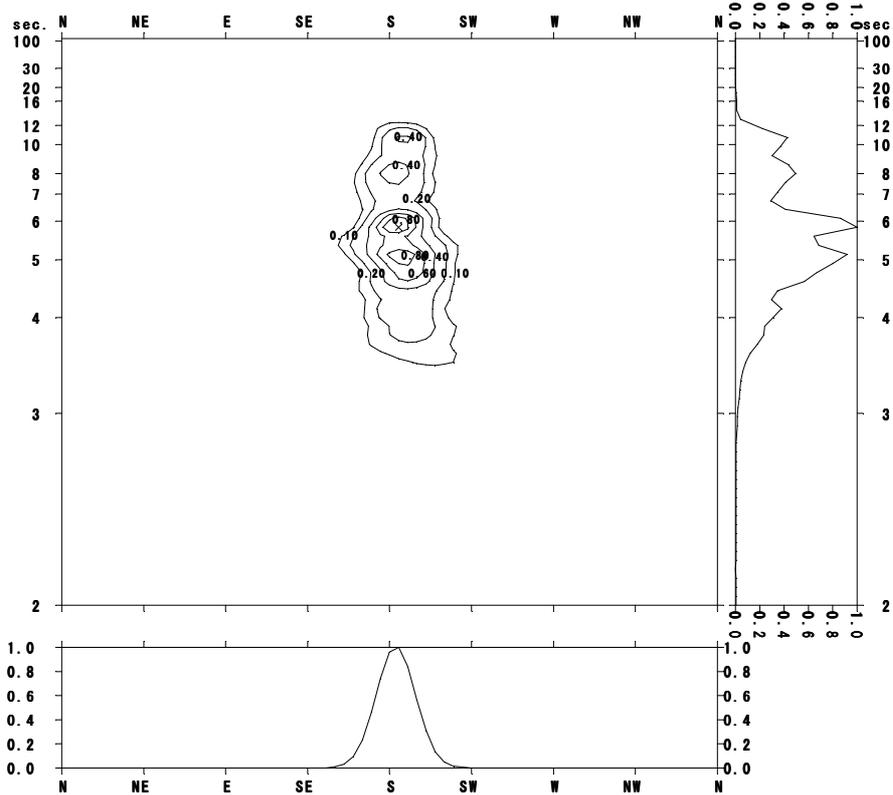
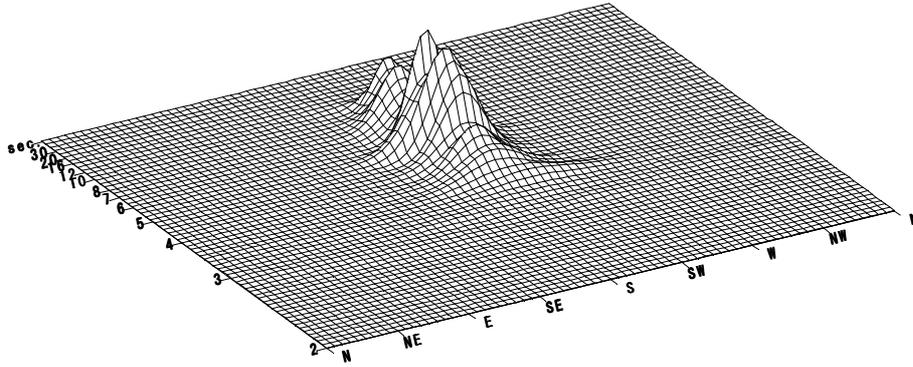
資料 2 3 (1). 波浪の方向・周波数スペクトル

竜串 **A**  
 2003年 9月12日 21時 0分  
 有義波波高: 1.91 m  
 有義波周期: 6.4 sec.  
 平均波向: 184°  
 主方向最大: 6.45  
 方向: 185°  
 周期: 6.4 sec.



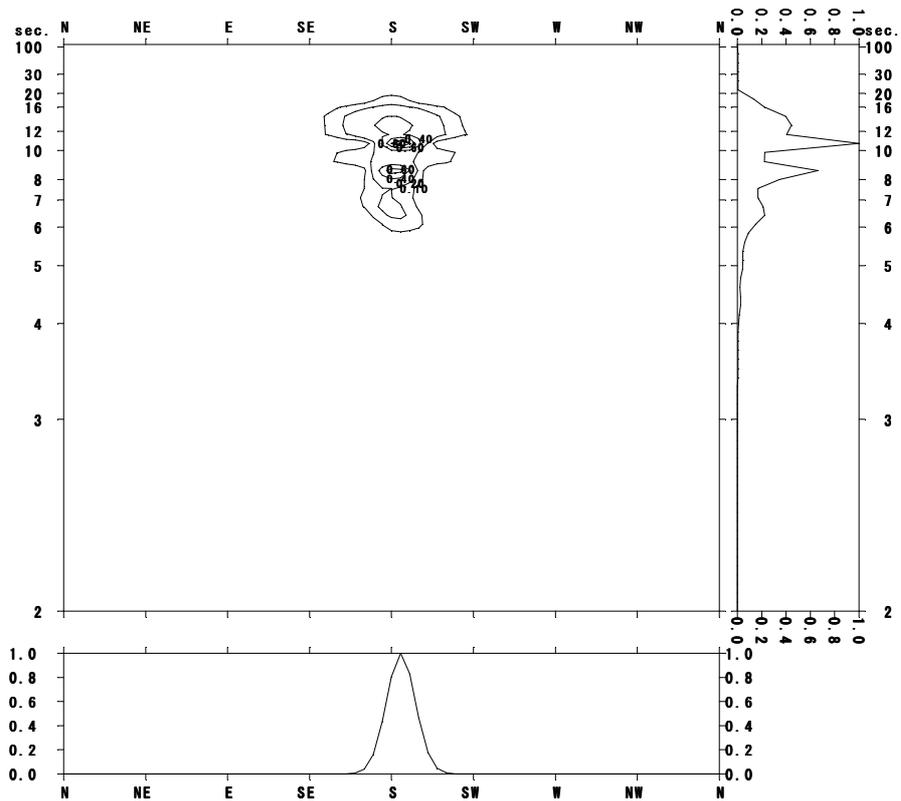
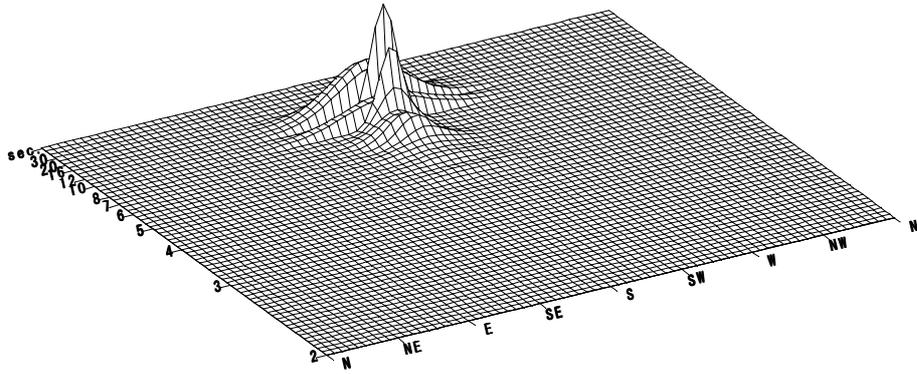
資料 2 3 (2). 波浪の方向・周波数スペクトル

竜串 **A**  
**2003年 9月13日15時 0分**  
 有義波波高: **1.02 m**  
 有義波周期: **5.3sec.**  
 平均波向: **186°**  
 主方向最大: **1.11**  
 方向: **185°**  
 周期: **5.8sec.**



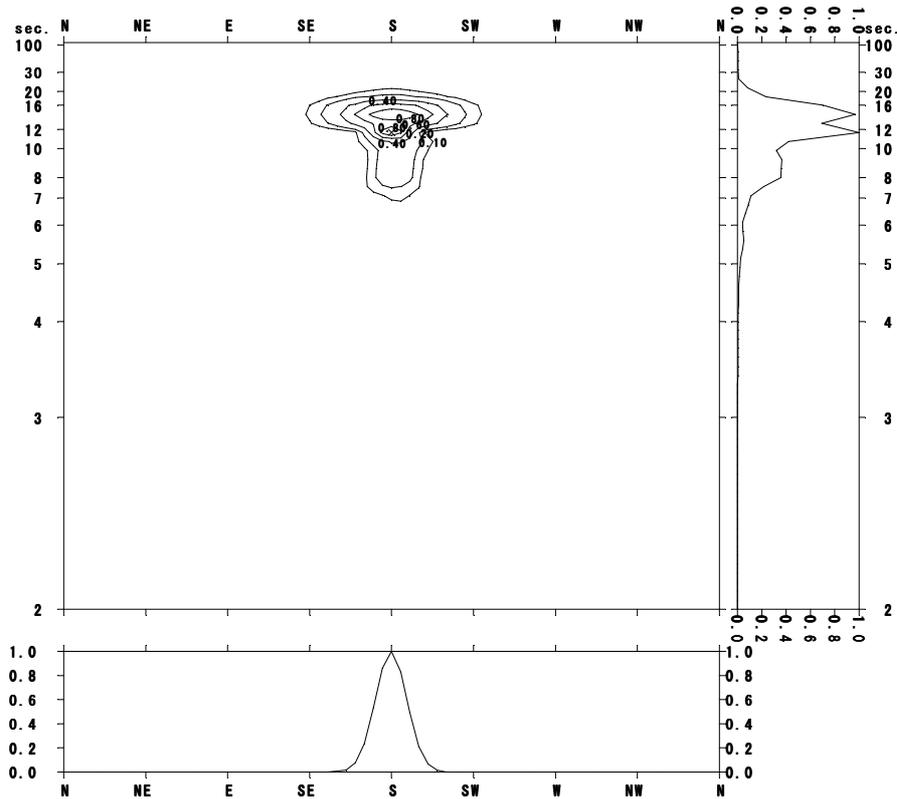
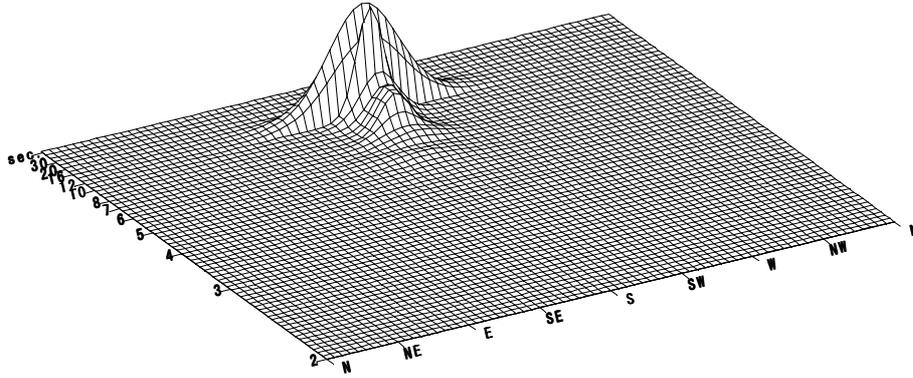
資料 2 3 (3). 波浪の方向・周波数スペクトル

竜串 **A**  
 2003年 9月20日10時 0分  
 有義波波高: 1.31 m  
 有義波周期: 10.3 sec.  
 平均波向: 183°  
 主方向最大: 3.80  
 方向: 185°  
 周期: 10.7 sec.



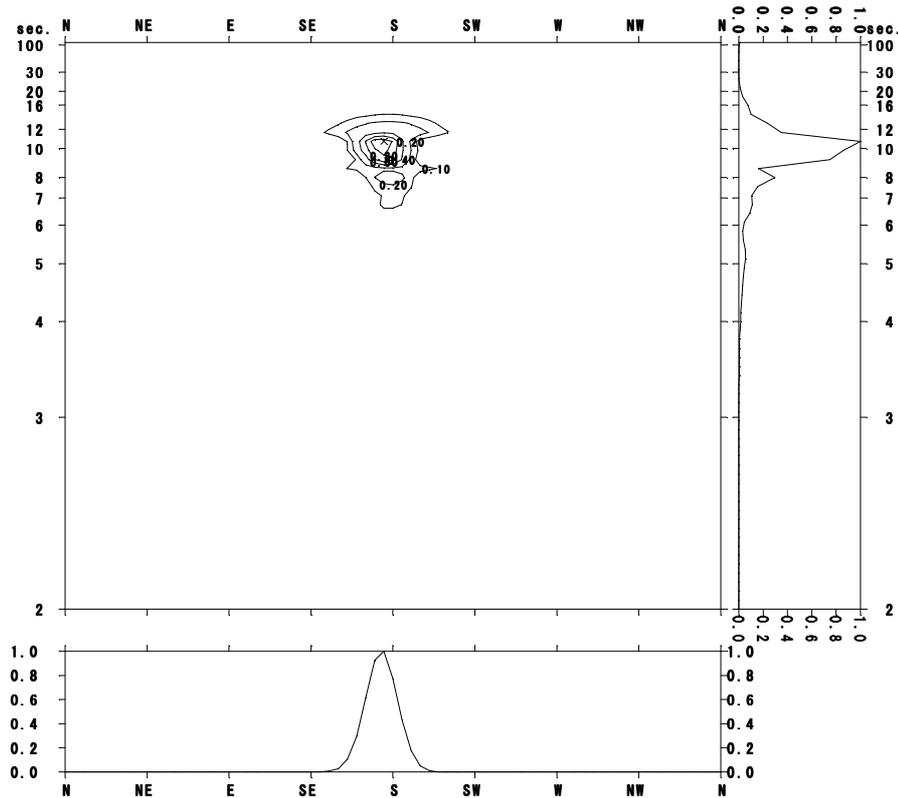
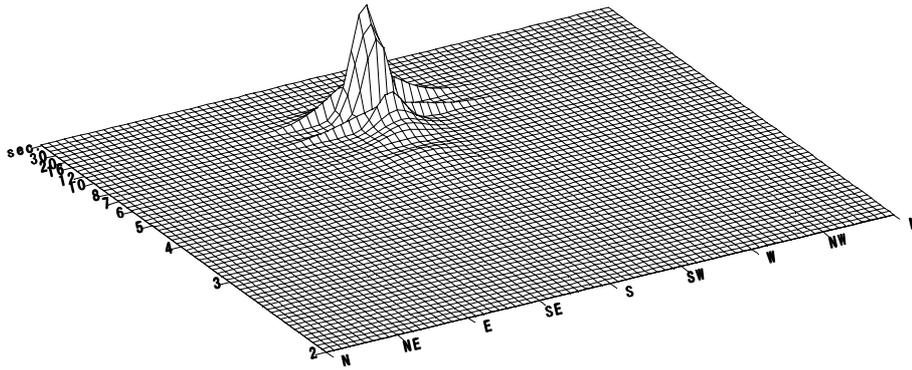
資料 2 3 (4). 波浪の方向・周波数スペクトル

竜串 **A**  
 2003年 9月21日 5時 0分  
 有義波波高: 1.28 m  
 有義波周期: 12.8 sec.  
 平均波向: 181°  
 主方向最大: 2.97  
 方向: 180°  
 周期: 11.6 sec.



資料 2 3 (5). 波浪の方向・周波数スペクトル

竜串 **A**  
 2003年 9月22日 1時 0分  
 有義波波高: **0.72m**  
 有義波周期: **9.3sec.**  
 平均波向: **175°**  
 主方向最大: **1.51**  
 方向: **175°**  
 周期: **10.7sec.**



資料 2 3 (6). 波浪の方向・周波数スペクトル