

平成16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17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、竜串海中公園地区のサンゴ群集が衰退しているという指摘を受けて平成13年度にはじまった管理方針検討調査は、まさに調査が始まったばかりの平成13年9月に発生した高知県南西部豪雨による湾内への大量の土砂流入という非常事態により、被害状況の確認や継続的な影響の検討に迫られる事となった。このことは、災害によって湾内のサンゴ群が大きな被害をうけたことと共に、調査が本来目指していたサンゴ群集衰退の原因究明と再生法の策定という目的を達成する事ができなかったという意味でも遺憾なことであった。しかし一方で災害後直ちに被害状況の調査を始めることができたため、災害によって何が起き、サンゴがどのような被害を被ったか、湾内に流入した土砂がどのような経緯で移動したかなどについて、詳細な資料を得ることができたことは幸いであった。

災害の影響調査が一段落した平成15年度からは、いよいよ本来の目的であったサンゴ群集の再生に向けて全力を注ぐ事となり、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日に施行されたため、この法律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環境省を中心として開始され、「平成15年度竜串地区自然再生推進計画調査」が行われる事となった。この調査では、陸域（流域）を財団法人自然環境研究センターが、海域を財団法人黒潮生物研究財団が、海底に堆積した土砂の除去に係る調査を株式会社東京久栄が担当し、サンゴ群集衰退の原因究明と対策の策定に必要な知見を得るために調査を行い、既存の資料の収集・整理を行った。その結果、豪雨災害以前の湾内のサンゴ群集の生育状況や水質の状況、災害によって竜串海域に流入した土砂の拡散、堆積、移動の状況や、それに伴う湾内の水質の変化の状況などが次第に明らかになり、竜串湾のサンゴ群集衰退の原因は、主として河川から流入する濁質による湾内の濁りであることが示唆された。

今年度は竜串地区自然再生推進調査の2年目にあたり、サンゴ群集衰退の原因を明らかにし、対策として行うべき事業の提案を行うことが求められている。今年度の調査は、海域は昨年度と同様財団法人黒潮生物研究財団が担当し、陸域（流域）は株式会社西日本科学技術研究所が担当、海底に堆積した土砂の除去に係る調査は株式会社東京久栄が分担して担当しており、本報告書は海域調査についての報告書である。陸域（流域）調査と土砂の除去に係る調査については、それぞれの担当者の報告書を参照し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る。

平成17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
調査の目的	1
調査期間	1
調査対象区域	2
調査項目	3
1. サンゴ群集の現況と動態の把握	3
2. 竜串湾の水質及び底質環境に関する追加調査	3
3. 海域環境モニタリング調査	4
調査担当者	5
II 調査結果	6
1. サンゴ群集の現況と動態の把握	6
A. サンゴの分布状況：爪白地先にある高被度のサンゴ群集の精査	6
a) 造礁サンゴ類	10
b) 底生動物	25
c) 海藻類	35
d) 魚類	38
B. 高知県西南部豪雨後のサンゴ及び底生生物相の動態の把握	48
C. サンゴの成長段階に応じた生育状況調査	66
a) サンゴの加入状況調査	67
b) サンゴ幼体分布状況調査	74
c) 移植サンゴ生育状況調査	77
d) 定点におけるサンゴ群体の生育状況調査	83
e) 竜串におけるサンゴの産卵状況	86
D. サンゴ群集の分布状況と動態のまとめ	88
2. 竜串湾の水質及び底質環境に関する追加調査	90
A. 長期的な海域環境の変化把握	90
a) 高知県公共用水域の水質測定結果	90
b) 足摺海底館（海中展望塔）の観測結果	93
c) 空中写真から読み取れる海域環境の変化	95
d) 竜串湾で起きた出来事の年表	99
B. 濁水拡散状況調査	103
a) 三崎川河口海域における濁りの連続測定	103

b) 波浪による堆積土の巻き上がり濁り拡散予測	110
c) 洪水時に河川から流入した濁水の拡散	125
C. 海域の濁度・SS・光量子の関係の把握	141
D. 竜串湾内の SPSS 調査	148
E. 多項目水質計による湾内水質環境の把握	153
3. 海域環境モニタリング調査	169
A. 魚類相調査	169
B. 海藻相調査	200
III まとめ	213
巻末資料	
資料 1. 各調査日における移植サンゴ片の生残と成長状況	資料 1
資料 2. 定点撮影写真	資料 9
資料 3. 高知県公共用水域の水質測定結果	資料 29
資料 4. 高知新聞 特集記事 「国立公園あしずり総点検 4」	資料 39
資料 5. 大見謝辰男 2003. SPSS 簡易測定法とその解説. 全文	資料 40
資料 6. 平成 15 年度、16 年度竜串スポットチェック結果（竜串）	資料 46

I 調査概要

調査の目的

高知県土佐清水市の竜串海中公園地区は、昭和45年の足摺国定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、スノーケリング等の海洋レジャーのためのフィールドとして多くの利用者が訪れている。

しかしながら近年、サンゴ群集の衰退傾向が見られる様になり、その上に平成13年9月には高知県西南地域で局所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、大きな打撃を与えた。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。

これを踏まえ、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は至らなかった。

平成15年度からは、竜串地区において自然再生推進計画調査を開始し、平成15年度はサンゴ群集の衰退原因を究明することを主目的に、必要な基礎的情報の収集、整理、分析及び調査を行った。

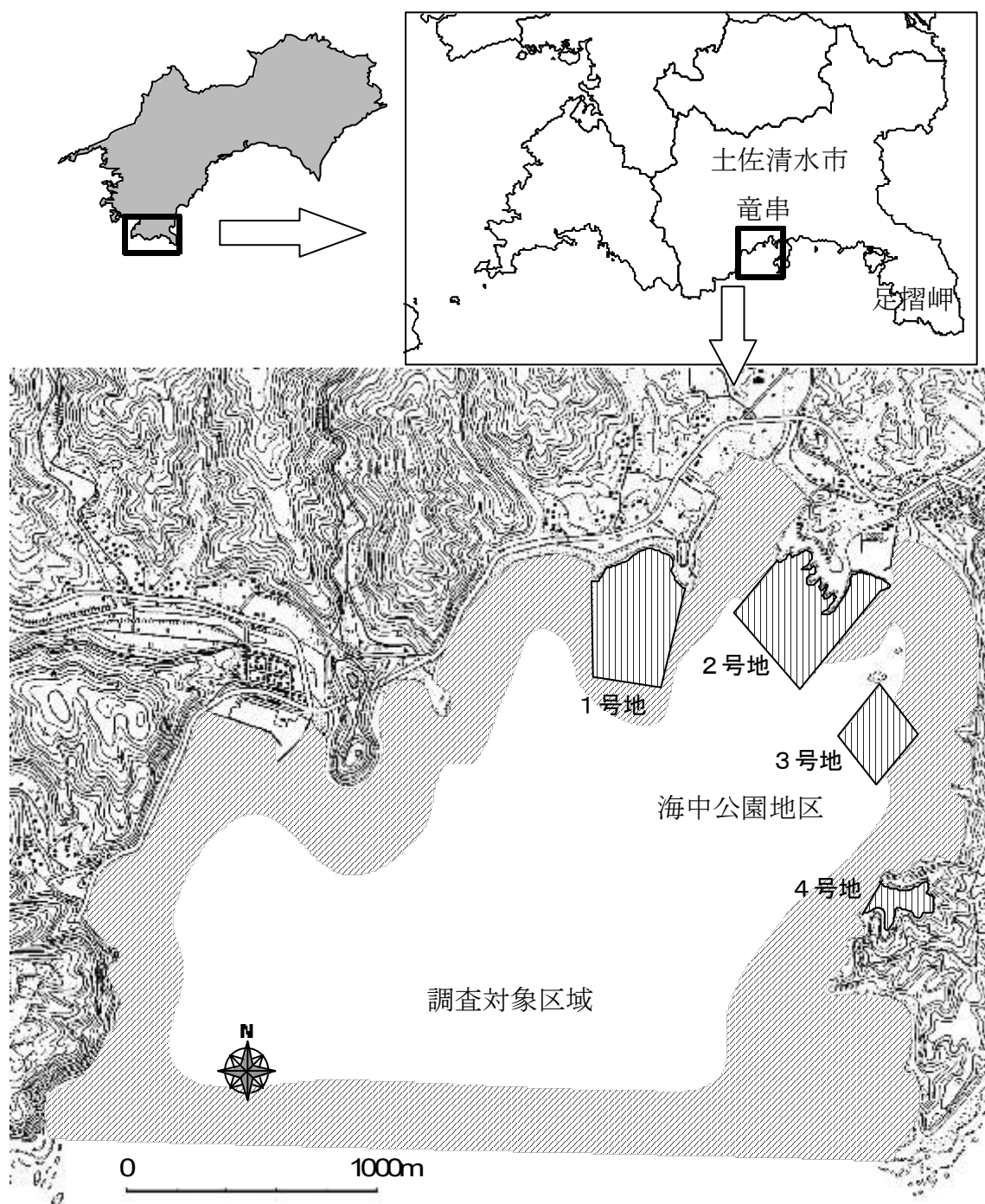
今年度は、サンゴ群集の衰退原因究明のために必要な補足調査を実施するとともに、今後自然再生推進計画を策定し、海域の自然再生事業を展開していく上で必要な業務を実施した。

調査期間

調査は平成16年4月～平成17年3月にかけて行った。

調査対象区域

下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。



調査対象区域位置図

調査項目

1. サンゴ群集の現況と動態の把握

A. サンゴの分布状況：爪白地先にある高被度のサンゴ群集の精査

平成 15 年度までの調査で明らかになった爪白地先の新たなサンゴ高密度群集について、ライントランゼクト法によってサンゴの分布状況を精査し、分布域と群集構造を把握する。同時にサンゴ以外の底生生物等についても調査を行い、この海域の生物相全体に関する資料を得る。

B. 高知県西南部豪雨後のサンゴ及び底生生物相の動態の把握

管理方針検討調査において平成 14 年 2 月に湾内 10 地点においてコドラート(方形枠)法によるサンゴと底生生物の調査が行われている。同じ地点で同じ手法を用いて調査を行うことにより、サンゴと底生生物相の変化を把握する。

C. サンゴの成長段階に応じた生育状況調査

a) サンゴの加入状況調査

平成 15 年度に引き続き、サンゴ幼生定着板を設置して湾内各地点においてサンゴの幼生がどの程度加入しているのかを把握する。

b) サンゴ幼体分布状況調査

加入したサンゴの幼生が初期(定着後 1~2 年程度)に群体形成を行うための生育環境を把握するため、今年度新たに湾内各所のミドリイシ類幼群体の数を計数する。

c) 移植サンゴ生育状況調査

平成 15 年度に引き続き、海中公園地区 2 号地及び 3 号地で地元有志により行われているサンゴ移植地において、移植サンゴの生育状況を調査し、移植によるサンゴ増殖の可能性を検討するとともに、サンゴ成体の生育状況及び健康状況を調査する。

d) 定点におけるサンゴ群体の生育状況調査

今年度新たに固定調査区を設け、2 ヶ月に 1 回サンゴの健康状態や食害状況などを観察し、写真撮影を行う事により、現在生育しているサンゴ群体の生育・健康状況を調査する。

e) 竜串におけるサンゴの産卵状況

竜串湾内のサンゴが有性生殖により配偶子の放出を行っているかどうかを調べるため、産卵期の前後にサンゴの枝を折り、断面に見える卵母細胞の有無を調べる。

2. 竜串湾の水質及び底質環境に関する追加調査

A. 長期的な海域環境の変化把握

平成 15 年度の調査で海域の水質環境の長期的な変化の傾向が把握できたので、

今年度は海岸域の土地利用や海岸整備、漁業等による海面利用の変化等について空中写真や統計資料等の資料から読み取り、整理する。

B. 濁水拡散状況調査

a) 三崎川河口海域における濁りの連続測定

平成 15 年度の調査で三崎川から流入した濁水の拡散や堆積泥の移動についてシミュレーションを行ったので、今年度は実際に降水や波浪によって濁度が発生する状況と、発生した濁度の拡散、移動及び継続状況の確認を目的として、三崎川河口海域の 5 ヶ所に濁度計を設置して連続測定を行った。

b) 波浪による堆積土の巻き上がり濁り拡散予測

波浪により巻き上がった濁りの拡散経路、及び堆積場所の推定を行なうことを目的として、濁りの拡散分布を予測した。

c) 洪水時に河川から流入した濁水の拡散

通常の大雨で三崎川から竜串湾に流入する濁水の拡散状況を明らかにするため、集中的な降雨のあと、湾内 20 地点で濁度、塩分、水温、SS 等の水質測定を行い、経時的な変化を調べた。

C. 海域の濁度・SS・光量子の関係の把握

様々な天候、季節において鉛直方向の濁度、SS、光量子の変化を計測し、海域の濁りがサンゴに与える影響について検討する。

D. 竜串湾内の SPSS 調査

沖縄県衛生環境研究所赤土研究室が提唱している SPSS（底質中懸濁物質含量）簡易測定法による調査を毎月 1 回実施し、沖縄県でこれまでに調査された豊富な資料と照らしてサンゴ群集が被る影響を評価すると同時に、季節的変動状況を知ることによって今後のモニタリングの基礎資料を得る。

E. 多項目水質計による湾内水質環境の把握

平成 15 年度に引き続き、湾内 18 ヶ所の測定地で多項目水質計を用いて水温、塩分濃度、濁度、溶存酸素量を測定する。測定は様々な気象条件を網羅するように行う。

3. 海域環境モニタリング調査

A. 魚類相調査

平成 15 年度に引き続き魚類相調査を行い、海域の環境変動の基礎資料を得る。

B. 海藻相調査

平成 15 年度に引き続き海藻相調査を行い、海域の環境変動の基礎資料を得る。

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・サンゴ類及び底生動物に関する現地調査実施・報告書作成

大野正夫（高知大学名誉教授）

海藻相調査

岡本 充（有限会社エコシステム：黒潮生物研究所 嘱託研究員）

海藻相調査

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

田中幸記（黒潮生物研究所 研究員）

爪白地先調査（海藻担当）・海藻相調査・資料解析・報告書作成

株式会社 東京久栄

資料解析・シミュレーション

中地シュウ（黒潮生物研究所 研究員）

資料収集・資料解析・底生動物に関する現地調査実施・水質及び底質環境に関する現地調査実施・報告書作成

目崎拓真（東北大学大学院生：黒潮生物研究所 嘱託研究員）

爪白地先調査（サンゴ担当）

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：爪白地先にある高被度のサンゴ群集の精査

平成 15 年度までの調査から、竜串湾内の弁天島西方（爪白地先）の海域に高被度なサンゴ群集があることがわかっている（図 1-1）。この群集は竜串海中公園地区が指定された昭和 45 年頃には弁天島の直近でのみ知られており、さらに西方では見るべき群集はないとされていた。しかしながら近年になってこのサンゴ群集が西方に拡大し、2001 年 9 月の水害にも大きな被害を受けることなく存続し、現状では竜串湾内で最も生育状態の良いサンゴ群集であると考えられている。しかしながらこの海域のサンゴ群集についてはこれまで詳細な調査が行われたことはない。そのため、サンゴ群集の特性、分布域、生育状況などについて詳細な情報を得る目的で、ライントランゼクト法による調査を行うこととした。なお、調査対象海域について、サンゴ以外の生物についても広く情報を得る目的で、底生動物および海藻類についても調査を実施し、一部の測線では魚類についても調査を実施した。

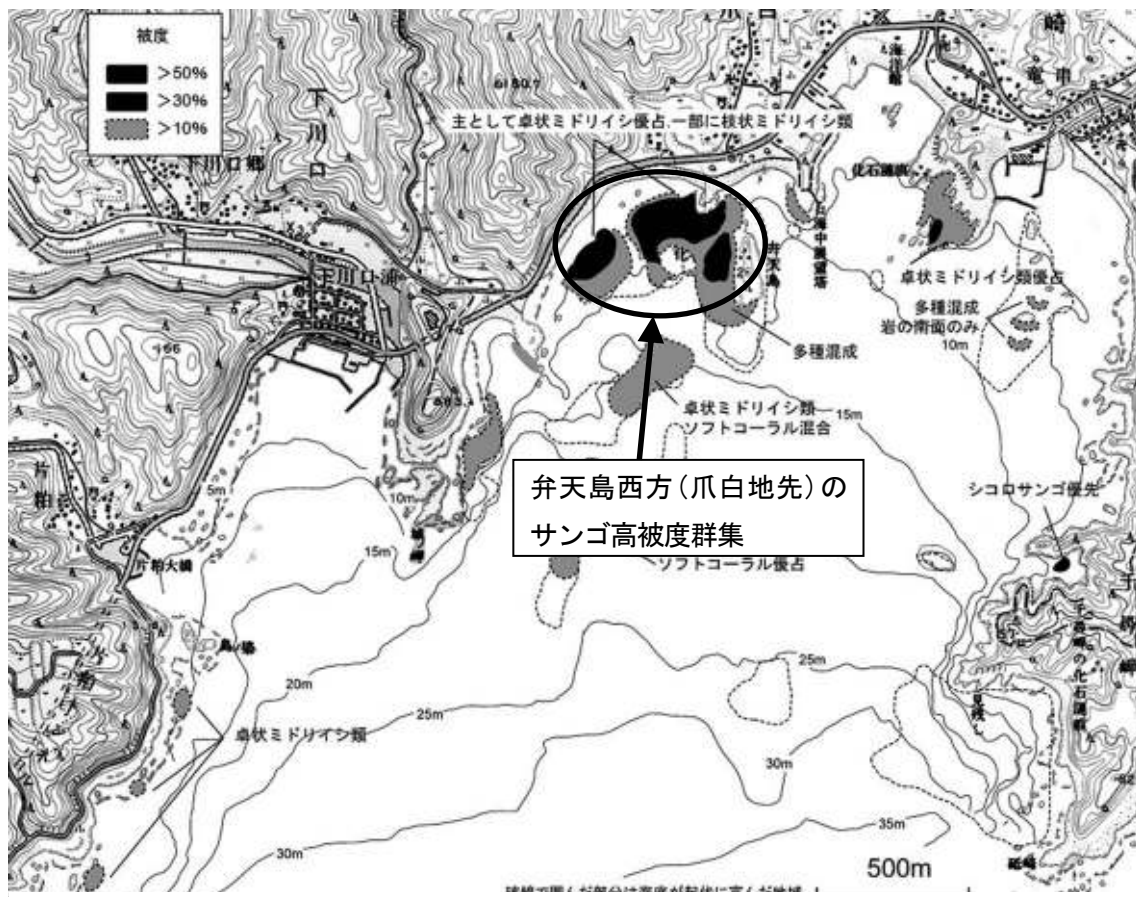


図 1－1. 竜串湾のサンゴ類分布状況 (平成 15 年度報告書より)

調査方法

調査は弁天島の西方、爪白地先の海域に長さ 200～300m の 7 本の調査測線を設け、造礁性サンゴ類、底生動物、海藻類についてはライントランゼクト法により、底生動物のうち特に個体数が多かったウニ類については幅 50cm のベルトトランゼクト法により行った。また、一部の測線では、幅 2m のベルトトランゼクト法により魚類についても調査を行った。

図 1-2 に調査測線を空中写真と重ねて示す。調査測線は、海域の東側では海岸線がほぼ東西方向に延びているため、最も東側（弁天島に近い側）からほぼ 50m 間隔で海岸線と垂直に 5 本、海岸線が北東－南西に延びている部分に 100m 間隔で海岸線と垂直に 2 本とった。測線の起点は汀線付近とし、トランシットを使って周辺の目標物からの距離と角度を測量した。図 1-3 に調査測線の正確な位置を示す。起点から 100m のメジャーテープを 2 本つないでシーカヤックを漕いで伸ばし、海岸からコンパスグラス（望遠鏡の視野内に磁方位が見えるもの：1° 程度の精度で方位を知ることができる）でシーカヤックの方位を指示し、200m に達したところでメジャーテープの末端に錨を付けて海中に投入して測線を設置した。この 200m の測線上で調査を行い、測線の延長線上にさらにサンゴ群集が広がっているときには、200m 地点から同様の方法で測線をさらに 100m 延ばして調査測線とした。300m 以上沖側にサンゴ群集が広がっている事はなかった。Line 6 では、200m 地点の延長線上にサンゴ群集が広がっていたが、既に調査を行った Line 4 や Line 3 と交差するため、200m 地点を測線の終点とした。

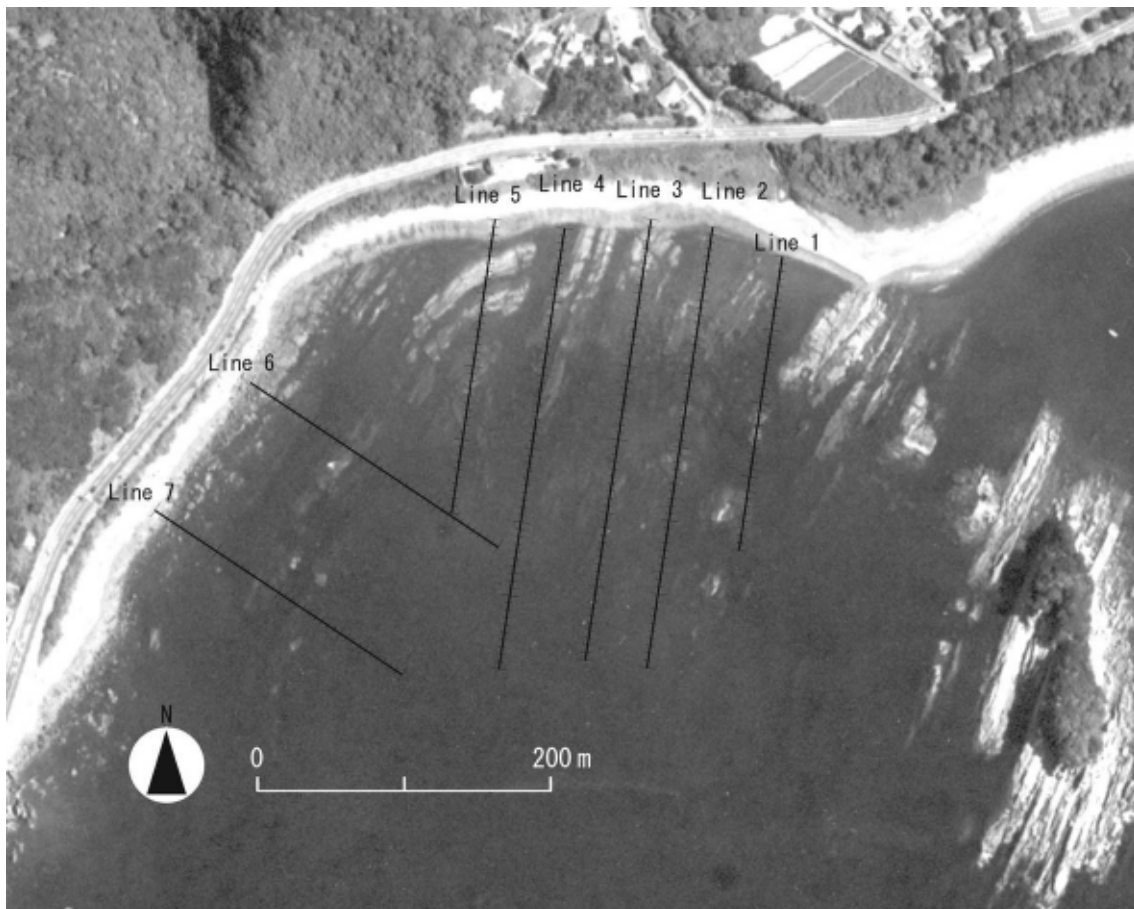


図 1－2．調査測線

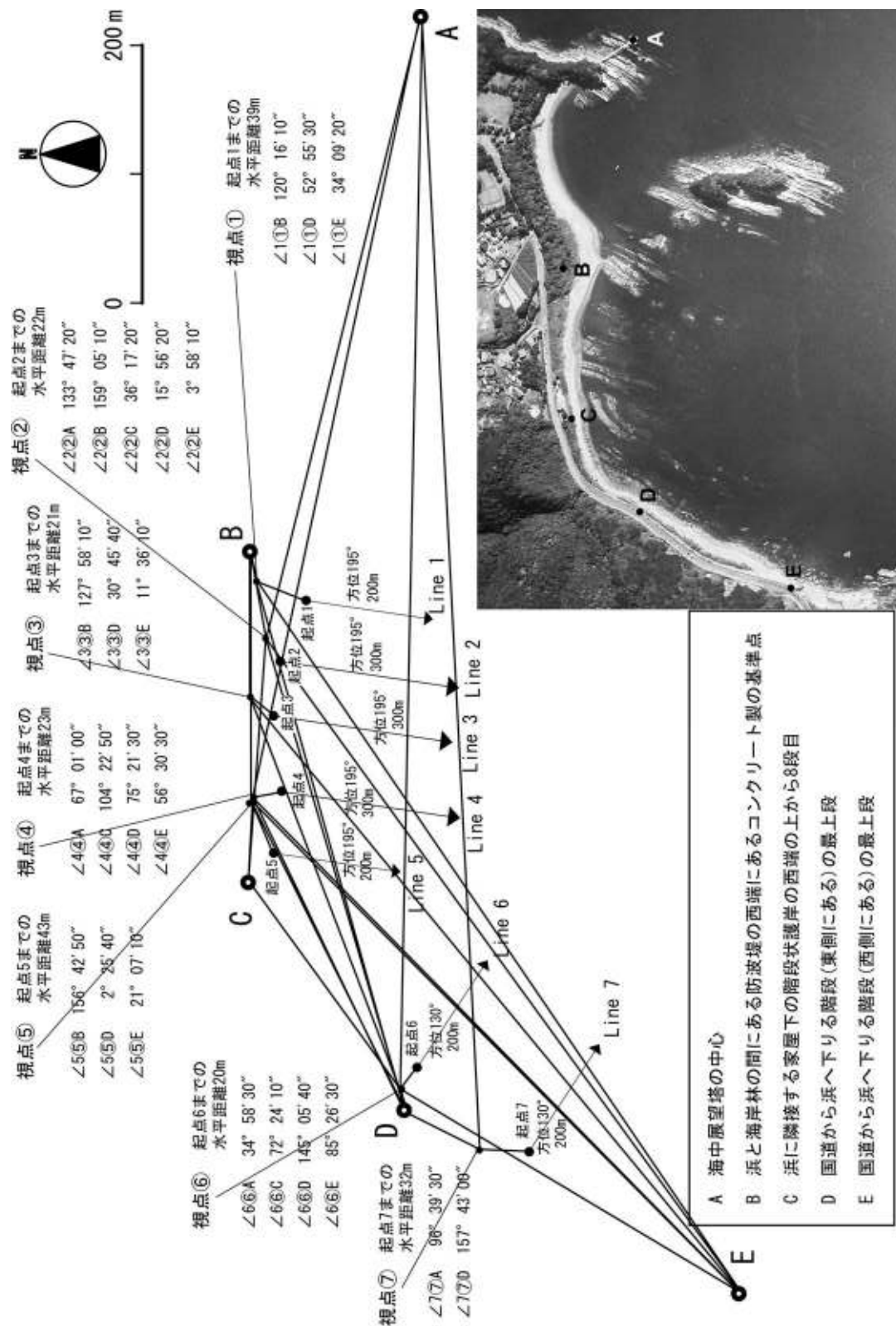


図 1 - 3 . 調査測線の位置

調査は以下の日程で実施した。

平成 16 年 9 月 12 日	Line 1
平成 16 年 9 月 15 日	Line 3
平成 16 年 9 月 16 日	Line 3 及び Line 5
平成 16 年 9 月 18 日	Line 6
平成 16 年 9 月 19 日	Line 7
平成 16 年 9 月 22 日	Line 2
平成 16 年 9 月 23 日	Line 4

調査は日によって 4～5 人の調査員で行い、調査測線は毎日設置して調査を行い、9 月 15 日を除いて毎日回収した。9 月 15 日は Line 3 の調査が終了しなかったため、調査測線を翌日まで設置したままにし、9 月 16 日に調査測線の調査が終了した後、回収した。

a) 造礁サンゴ類

(1) ライトランゼクト法と群集の分析方法

爪白地先海域の造礁サンゴ類の分布及び群集組成の調査はライトランゼクト法により実施した。調査者は調査測線に沿って SCUBA 潜水によって遊泳し、サンゴ群体上を調査測線が通過している時には、その位置及び長さを cm 単位で種名と共に記録した。

造礁サンゴ類の同定は水中における目視観察で行い、その基準は主に西平・Veron (1995) に準拠した。目視観察のみでは種の同定ができない等、特に検討の必要なものについては、その場で写真を撮影し、サンゴ群体の断片を採集して研究所に持ち帰り、骨格標本作製して分類学的検討を加えた。和名のついていない種については、本文中に学名で表記した。

造礁サンゴ群集の評価は、各調査測線上の「種数」、各調査測線を 5m 区間に区切り、科ごとにまとめて算出した「被度」及び「積算優占度 (SDR)」、各調査測線全体の種ごとの「積算優占度 (SDR)」及び Loya (1972) による「種－被覆多様度 ($H'c$)」を用いた。

「被度」は被覆性の生物が基盤上の何パーセントを覆っているかを示す数値で、本調査では調査測線に出現したサンゴの長さを科ごと、区間ごとに加算し、調査区間の長さ (5m) で割ったものを用いた。

被度は生育するサンゴの現存量に近い値を示す尺度であるが、A 種では大型の群体が 1 個だけあり、B 種では A 種の 100 分の 1 の大きさの群体が 100 個あるような場合、A 種と B 種の評価は同じになるが、これでは群体数の多さが過小評価されていると考えられるような場合、「積算優占度 (SDR)」を用いる。「積算優占度 (SDR)」は全調査区間で算出されたサンゴの被度と出現頻度 (= 個数) のそれぞれの最高値を 100 とした時の当該区間の被度と頻度の比をもとめ、算出した被度と頻度の比の値を足して 2 で割った値で、この値は出現したサンゴの被度と頻度の指標を平均するため、面積が大きいことと数が多いことの両方を勘案した指標値となる。

「種－被覆多様度 ($H'c$)」は種毎の被度を基にした多様性の指標値である。ここでは Shannon-Weaver の式を Loya が 1972 年に改変した式、

$$H'c = -\sum p_i \log_e p_i$$

を用いて算出した。 $H'c$ は値が大きいと多様度が高いことを示し、この値を用いて各調査測線の多様度を比較した。

(2) 結果

各調査測線の造礁サンゴ類の出現状況を、表 1-1 及び図 1-4 に示す。

表1-1. 造礁サンゴ類の出現状況

	Line1	Line2	Line3	Line4	Line5	Line6	Line7	周辺	合計
ASTEROCENIIDAE									
<i>Stylocoeniella guentheri</i> ムカシサンゴ	×	×	▲	▲	▲	×	▲		▲
POCILLOPORIDAE									
<i>Pocillopora damicornis</i> ハナヤサイサンゴ		×	×	×	▲		×		×
<i>Stylophora pistillata</i> ショウガサンゴ	△	▲	▲	△	△	△	▲		▲
ACROPORIDAE									
<i>Montipora monasteriata</i> コイボコモンサンゴ								☆	×
<i>Montipora millepora</i> ミレポラコモンサンゴ				×					×
<i>Montipora mollis</i> モリスコモンサンゴ		×							×
<i>Montipora turgescens</i> アバタコモンサンゴ	×	×	×	×	×		▲		×
<i>Montipora informis</i> ノリコモンサンゴ		×							×
<i>Acropora cuneata</i> ヒラニオウミドリイシ					×				×
<i>Acropora gemmifera</i> オヤユビミドリイシ	△	▲	▲	▲			△		▲
<i>Acropora samoensis</i> サモアミドリイシ		×	×						×
<i>Acropora formosa</i> スギノキミドリイシ	●			×		○			▲
<i>Acropora hyacinthus</i> クシハダミドリイシ	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎		◎
<i>Acropora tumida</i> エダミドリイシ		×							×
<i>Acropora valida</i> ホソエダミドリイシ			×						×
<i>Acropora solitaryensis</i> エンタクミドリイシ	×	×			×	×			×
<i>Acropora loripes</i> マルヅツハナガサミドリイシ		×	×						×
<i>Acropora willisae</i> コシバミドリイシ								☆	×
<i>Acropora</i> spp. その他のミドリイシ類		×	×	×					×
<i>Asteropora incrustans</i> 種不詳アナサンゴ類			×						×
PORITIDAE									
<i>Porites lutea</i> コブハマサンゴ	△	×	▲	×					×
<i>Porites heronensis</i> フタマタハマサンゴ	△	▲	△	△	●	×	○		△
<i>Gonipora lobata</i> ハナガササンゴ							×		×
<i>Gonipora pendulus</i> ユレハナガササンゴ			×						×
<i>Gonipora stutchburyi</i> コハナガササンゴ								☆	×
SIDERASTREIDAE									
<i>Psammocora superficialis</i> ベルベットサンゴ	×	×	×	×					×
<i>Psammocora profundacella</i> アミメサンゴ	×	×	▲	▲	▲	●	▲		▲
<i>Coscinarae columna</i> ヤスリサンゴ	×	×	×	×	×				×
<i>Coscinarae crassa</i> ヤスリサンゴの一種			×						×
AGARICIIDAE									
<i>Pavona cactus</i> サオトメシコロサンゴ								☆	×
<i>Pavona decussata</i> シコロサンゴ							×		×
<i>Pavona explanulata</i> ヒラシコロサンゴ			×	×					×
<i>Pavona minuta</i> ハマシコロサンゴ								☆	×
<i>Pavona varians</i> シワシコロサンゴ								☆	×
<i>Pavona</i> sp. 1 シコロサンゴの一種 (No.1)		×							×
<i>Pavona</i> sp. 2 シコロサンゴの一種 (No. 2)								☆	×
FUNGIIDAE									
<i>Lithophyllon undulatum</i> カワラサンゴ		×							×
PECTINIIDAE									
<i>Echinopohyllia aspera</i> キッカサンゴ	△	▲	▲	▲	△		▲		▲
<i>Echinopohyllia echinata</i> ヒラキッカサンゴ								☆	×
<i>Mycedium elephantotus</i> ウスカミサンゴ								☆	×
<i>Physophyllia ayleni</i> ウミバラ								☆	×
積算優先度 (SDR)									
100-75	75-50	50-25	25-15	15-5	5以下	周辺			
◎	○	●	△	▲	×	☆			

表1-1. 造礁サンゴ類の出現状況 (続き)

	Line1	Line2	Line3	Line4	Line5	Line6	Line7	周辺	合計
MUSSIDAE									
<i>Acanthastrea echinata</i> ヒメオオトゲキクメイシ	×	×	×	×		▲			×
<i>Acanthastrea hillae</i> オオトゲキクメイシ			×						×
<i>Acanthastrea lordhowensis</i> カクオオトゲキクメイシ		×	×	×		×	×		×
<i>Acanthastrea amakusensis</i> アマクサオオトゲキクメイシ	×	×	▲	×	●	▲			×
<i>Lobophyllia hemprichii</i> オオハナガタサンゴ								☆	×
<i>Lobophyllia robusta</i> ハナガタサンゴの一種								☆	×
<i>Symphyllia valenciennesii</i> ハナガタサンゴ								☆	×
MERULINIDAE									
<i>Hydnophora exesa</i> トゲイボサンゴ		×	×	×		▲	×		×
FAVIIDAE									
<i>Caulastrea tumida</i> タバネサンゴ								☆	×
<i>Favia speciosa</i> キクメイシ		×		▲	▲				×
<i>Favia fava</i> スボミキクメイシ	×		×	△		▲	▲		▲
<i>Favia rotundata</i> アツキクメイシ			×						×
<i>Favia lizardensis</i> リザードキクメイシ	×								×
<i>Favia veroni</i> アバレキクメイシ								☆	×
<i>Barabattoia amicum</i> バラバットサンゴ				×					×
<i>Favites abdita</i> カメノコキクメイシ	×	×	×	▲		×	×		×
<i>Favites flexuosa</i> オオカメノコキクメイシ		×	×	×	×	▲			×
<i>Favites pentagona</i> ゴカクキクメイシ	△	×	△	△	△	●	▲		△
<i>Goniastrea deformis</i> ミダレカメノコキクメイシ	△	●	●	◎	●	○	△		●
<i>Goniastrea aspera</i> パリカメノコキクメイシ	△	▲	●	●	△	●	▲		△
<i>Goniastrea favulus</i> ヒメウネカメノコキクメイシ	△	▲	△	●	▲	△	△		△
<i>Goniastrea australiensis</i> ウネカメノコキクメイシ	△	×	×	△	△		×		▲
<i>Goniastrea</i> spp. コカメノコキクメイシ類		×				×			×
<i>Platygyra daedalea</i> ヒラノウサンゴ								☆	×
<i>Platygyra sinensis</i> シナノウサンゴ								☆	×
<i>Platygyra contorta</i> ミダレノウサンゴ	△	▲	△	△	×	●	△		△
<i>Oulophyllia crispa</i> オオナガレサンゴ								☆	×
<i>Montastrea curta</i> マルキクメイシ		×	×		●				×
<i>Montastrea magnistellata</i> オオマルキクメイシ						×			×
<i>Montastrea valenciennesi</i> タカクキクメイシ	●	▲	△	△	●	●	●		△
<i>Oulastrea crispata</i> キクメイシモドキ	△	×	×	▲		▲	×		▲
<i>Plesiastrea versipora</i> コマルキクメイシ	△	▲	▲	△		△	×		▲
<i>Leptastrea purpurea</i> ルリサンゴ						▲			×
<i>Leptastrea pruinosa</i> トゲルリサンゴ	×	×	▲	▲	▲	×			▲
<i>Cyphastrea serailia</i> フカトゲキクメイシ	●	●	●	○	◎	○	●		●
<i>Cyphastrea chalcidicum</i> コトゲキクメイシ	△	▲	▲	△	×	●	●		△
CARYOPHYLLIIDAE									
<i>Euphyllia ancora</i> ナガレハナサンゴ								☆	×
DENDROPHYLLIIDAE									
<i>Turbinaria peltata</i> オオスリパチサンゴ			×						×
<i>Turbinaria mesenterina</i> スリパチサンゴ			×				×		×
<i>Turbinaria reniformis</i> ヨコミゾスリパチサンゴ			×	×		×			×
出現種数	30	42	45	38	25	29	27	19	81
被度	15.9%	18.3%	24.0%	20.2%	8.8%	12.2%	13.8%		
調査測線の長さ	200m	300m	300m	300m	200m	200m	200m		
種一被覆多様度 (H'c)	2.51	2.26	2.81	2.80	2.29	2.73	2.61		
積算優先度 (SDR)	100-75	75-50	50-25	25-15	15-5	5以下	周辺		
	◎	○	●	△	▲	×	☆		



図 1-4. 竜串爪白地区のLine別の被度と優占科の状況

調査測線別の造礁サンゴ類の状況は以下の通り。

①Line 1 [写真 1-1 (p. 41) 参照]

長さ 200m の測線から 30 種が出現し、平均被度は 15.9%であった（表 1-1）。測線上で優占する種は降順に上位 3 種が、クシハダミドリイシ、フカトゲキクメイシ、スギノキミドリイシであった（図 1-5）。

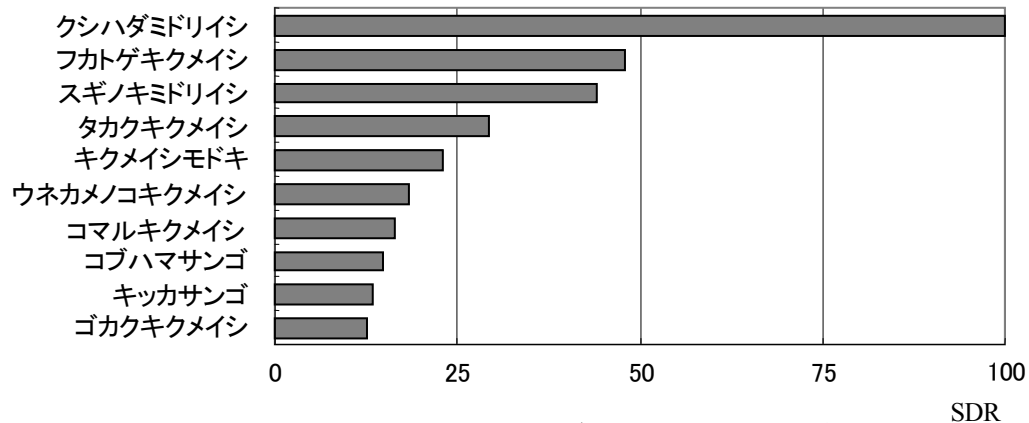


図 1-5. Line 1 に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

40-60m 付近にかけて、大規模な枝状のスギノキミドリイシの群落が広がる（図 1-6）。本測線はその群落の東端を通ったため、被度が低めの値になっているが、測線西部では目視で被度約 70%の密生が確認された。スギノキミドリイシが生育している場所の多くが、死んだテーブル状ミドリイシ上であることから、以前ここはテーブル状のサンゴが高被度に生育していた

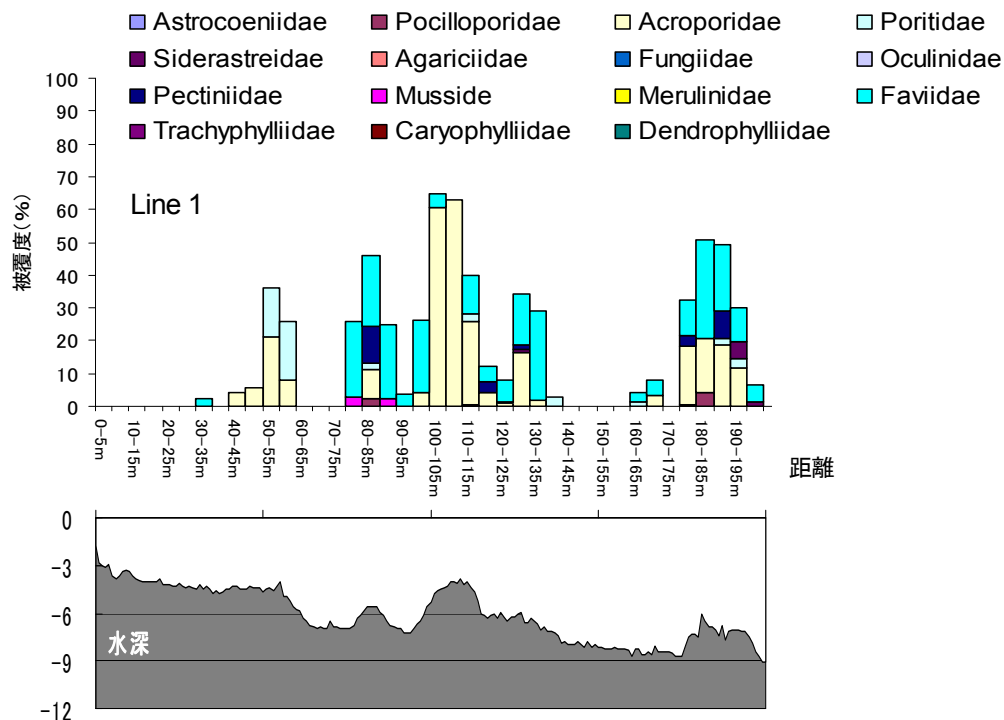


図 1-6. 5m 間隔でまとめた Line 1 の科別被度 (上) と地形断面図 (下)

ものと思われ、種構成の変化が推察される。55m 付近では、非常に大型のコブハマサンゴを確認した。100–110m 付近には地形の高まりがあり、この高まりの頂部付近ではテーブル状のクシハダミドリイシが卓越し、最大被度の 64.8%になった。また、その高まりの斜面部では、塊状・被覆状の様々なキクメイシ科のサンゴが生育している。140-160m 付近は平坦な地形で、底質は概ね礫になるため、ほとんど大型のサンゴは生育していなかった。175-200m 付近ではキクメイシ科のサンゴが中心になってくるが、地形の高まりの部分では、比較的水深が深いにも関わらずクシハダミドリイシやオヤユビミドリイシが出現している。

この測線の特徴は、浅海部平坦面でのスギノキミドリイシの大群落から始まり、沖に向かう地形の高まりに応じてクシハダミドリイシが出現し、水深のある斜面部ではフカトゲキクメイシやタカクキクメイシを代表種としたキクメイシ科のサンゴが卓越することである。

②Line 2 [写真 1-2 (p. 42) 参照]

長さ 300m の測線から 42 種が出現し、平均被度は 18.3%であった（表 1-1）。測線上で優占する種は降順に上位 3 種が、クシハダミドリイシ、フカトゲキクメイシ、ミダレカメノコキクメイシであったが、クシハダミドリイシと比べて 2 位以下の優占度は低い（図 1-7）。

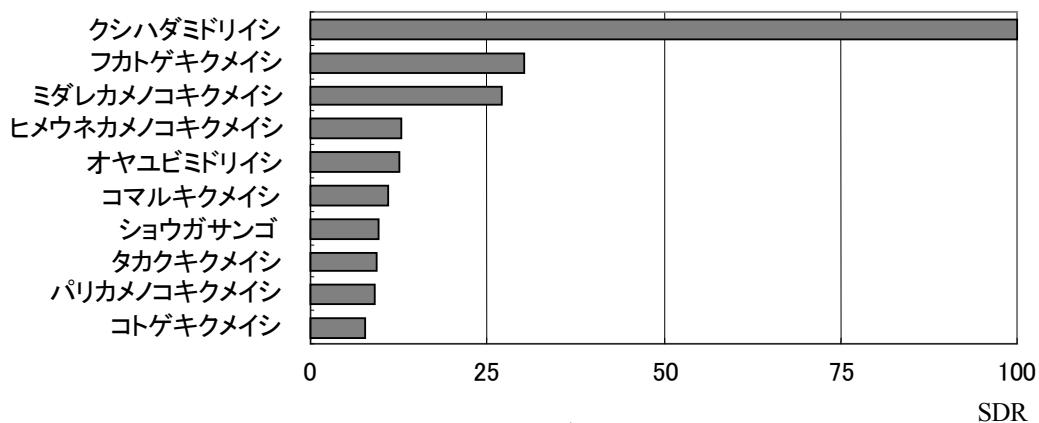


図 1-7. Line 2 に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

起点から 50m 地点まで水深 3m 前後で比較的水平面ではあるが、転石も多くハナヤサイサンゴ科、ミドリイシ科、キクメイシ科のサンゴが散見できる程度である（図 1-8）。65–70m ではクシハダミドリイシの純群落を通るが周辺にはスギノキミドリイシも多くみられる。しかし 80–95m では岩盤の平坦面に被度 50–75%のクシハダミドリイシ純群落がみられるが、スギノキミドリイシは周辺にはみられない。105–220m にかけて主に転石帯で、所々に突出した岩盤や大きな岩の上にサンゴが生育するがあまり多くない。130m 付近までは主にクシハダミドリイシが生息するが、135m 以降はオヤユビミドリイシと混在してくる。220–300m は岩盤で、その上に 275–285m、290–295m ではミドリイシ科の混成群体が広がり、これを除くとフカトゲキクメイシを中心としたキクメイシ科のサンゴが多く生育する。

この測線は出現種が 40 種と多いが、測線全体でみるとクシハダミドリイシ 1 種の被度が全体の 48%になり、次に高い 2 種がそれぞれ 7%程度だったため、種-被覆多様度（H'c）が全測線中もっとも低くなった。一方、クシハダミドリイシの大規模な純群落は、この測線では一般的な群集構造であると考えられる。

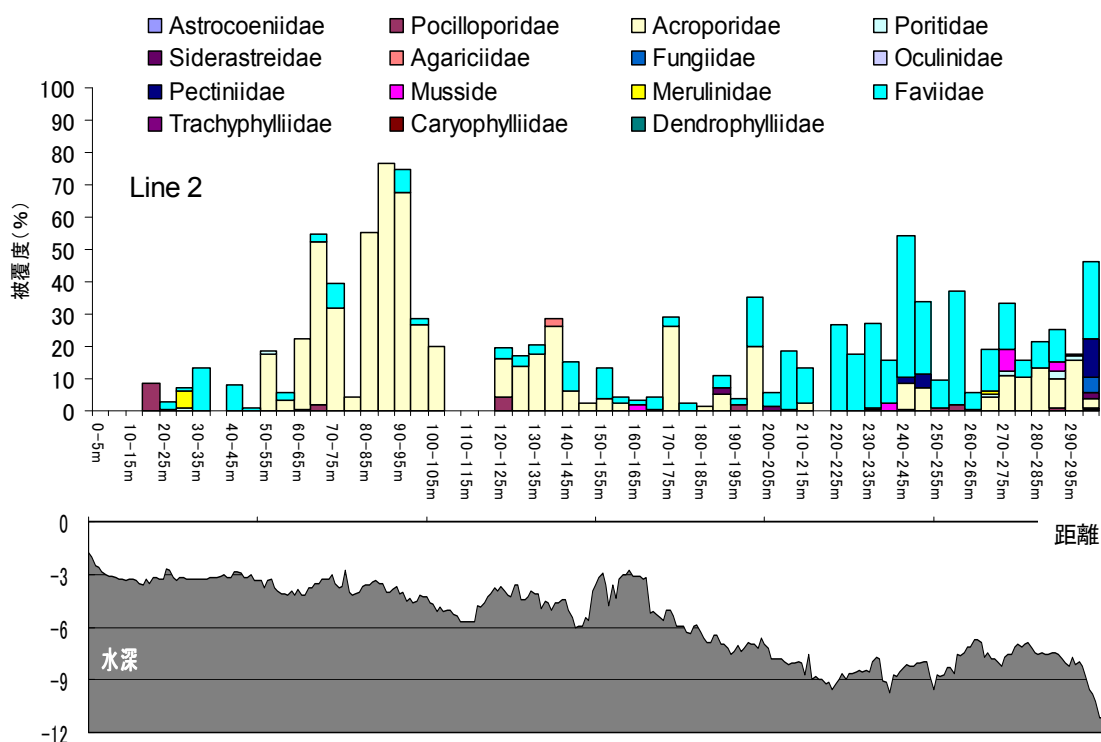


図1－8. 5m間隔でまとめたLine 2の科別被度（上）と地形断面図（下）

③Line 3 [写真 1-3 (p. 43) 参照]

長さ 300m の測線から 45 種が出現し、平均被度は 24.0%と高く、種一被覆多様度 (H') と共に全測線中で最大であった（表 1-1）。測線上で優占する種は降順に上位 3 種が、クシハダミドリイシ、フカトゲキクメイシ、ミダレカメノコキクメイシであった（図 1-9）。

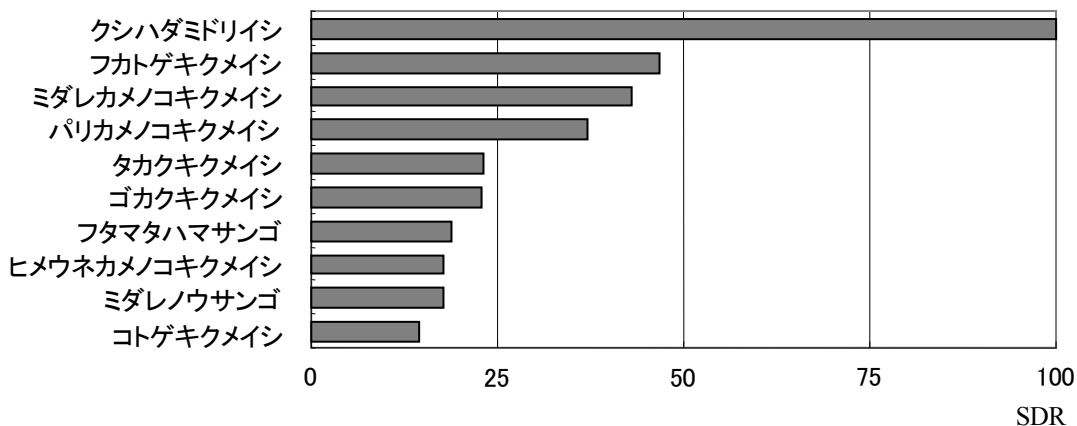


図1－9. Line 3に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

60－120m 付近まで、水深 3m 前後の平坦な岩礁上に巨礫があり、その上に被度 20－50%のクシハダミドリイシ優占の群落が見られる（図 1-10）。群落の一部分は死滅したサンゴの上にサンゴが成長し、基盤面を覆うように数段積み重なり、炭酸塩としての堆積の開始、すなわちサンゴ礁形成の兆しを確認できる。120-145m は緩やかな傾斜から水深 5m 前後の窪地へ変化し、

窪地では周辺に比べて小さい礫が多く、その上にはほとんどサンゴは成育していない。150m 付近から岩礁の形状は起伏に富み、高まりや溝が不連続に出現して 290m 付近まで複雑な地形ながら全体として水深が増していく。290m 以降は底質が砂又は礫になりサンゴはほとんど生息していない。

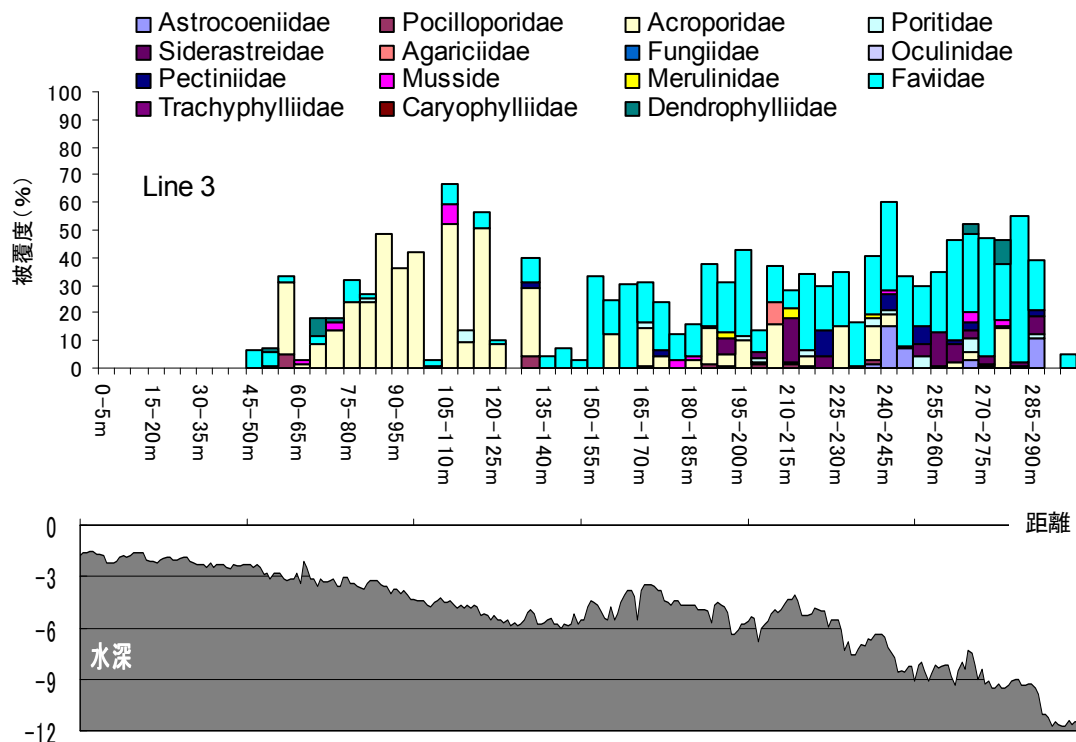


図 1-10. 5m間隔でまとめた Line 3 の科別被度（上）と地形断面図（下）

この測線では、水深の浅い高まりでは主にクシハダミドリイシが見られ、水深が増すにつれてオヤユビミドリイシと混在する傾向にあった。斜面や垂直面では大小様々な塊状・被覆状のキクメイシ科やヤスリサンゴ科のアミメサンゴが多く見られるのが特徴的で、215-290m では被度 30-50%に達した。斜面や垂直面の繰り返しなどの変化に富んだ地形はサンゴの生育可能面積を広げるだけでなく、生育するサンゴの多様性を増す結果となっている。

④Line 4 [写真 1-4 (p. 44) 参照]

長さ 300m の測線から 38 種が出現し、平均被度は 20.2%であった（表 1-1）。測線上で優占する種は、降順に上位 3 種がクシハダミドリイシ、ミダレカメノコキクメイシ、フカトゲキクメイシであった（図 1-11）。

10-30m までは、岩礁の斜面を測線が通ったため、岸に非常に近い位置であるにもかかわらずパリカメノコキクメイシやフカトゲキクメイシを中心とした塊状・被覆状のサンゴ群集がみられた（図 1-12）。70-140m までは、クシハダミドリイシ優占、被度 10-60%の群集がみられる。クシハダミドリイシの純群落は主に平坦な岩礁上に形成され、斜面部ではキクメイシ科やヤスリサンゴ科との混成群集になる。160-300m までは地形が複雑に変化する岩礁で、比較的どの水深にも多いフカトゲミドリイシを代表種として、ミダレカメノコキクメイシやコトゲ

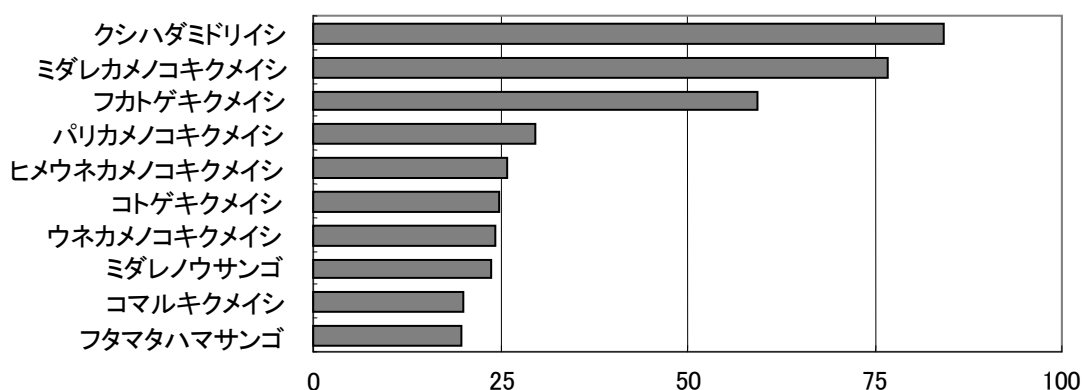


図 1-11. Line 4 に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

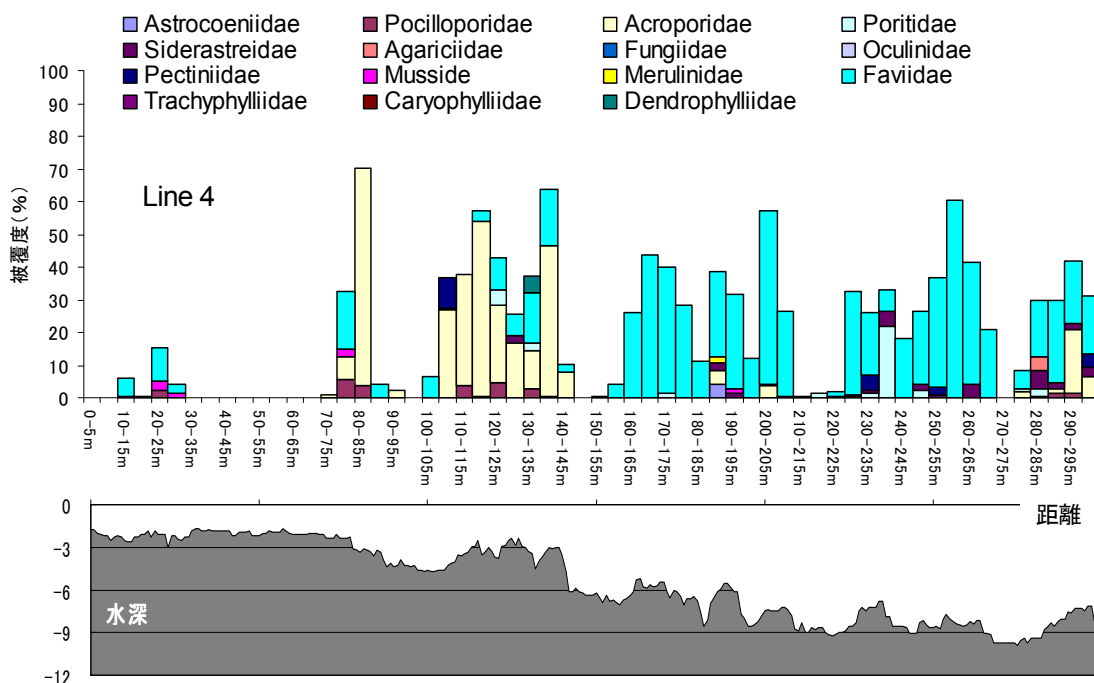


図 1-12. 5m間隔でまとめた Line 4 の科別被度 (上) と地形断面図 (下)

キクメイシなどの塊状・被覆状のサンゴ群落が見られた。被度の上からは優占種はクシハダミドリイシだが、出現群数ではミダレカメノコキクメイシとフカトゲキクメイシの方が多く、後者 2 種は特に 160-300m の岩盤上に卓越する。

この測線は 70-140m までのクシハダミドリイシ優占の群集と 160-300m までのキクメイシ科優占の群集の二つに分かれ、多様性も高い。

⑤Line 5 [写真 1-5 (p. 45) 参照]

長さ 200m の測線から 25 種が出現し、平均被度は 8.8% と、全測線中で最も低かった (表 1-1)。測線上で優占する種は降順に上位 3 種が、クシハダミドリイシ、フカトゲキクメイシ、ミダレカメノコキクメイシであった (図 1-13)。

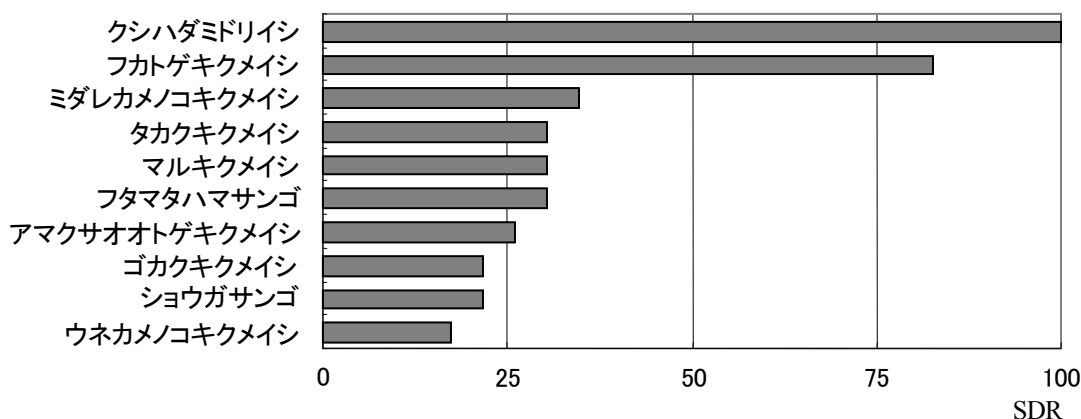


図 1-13. Line 5 に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

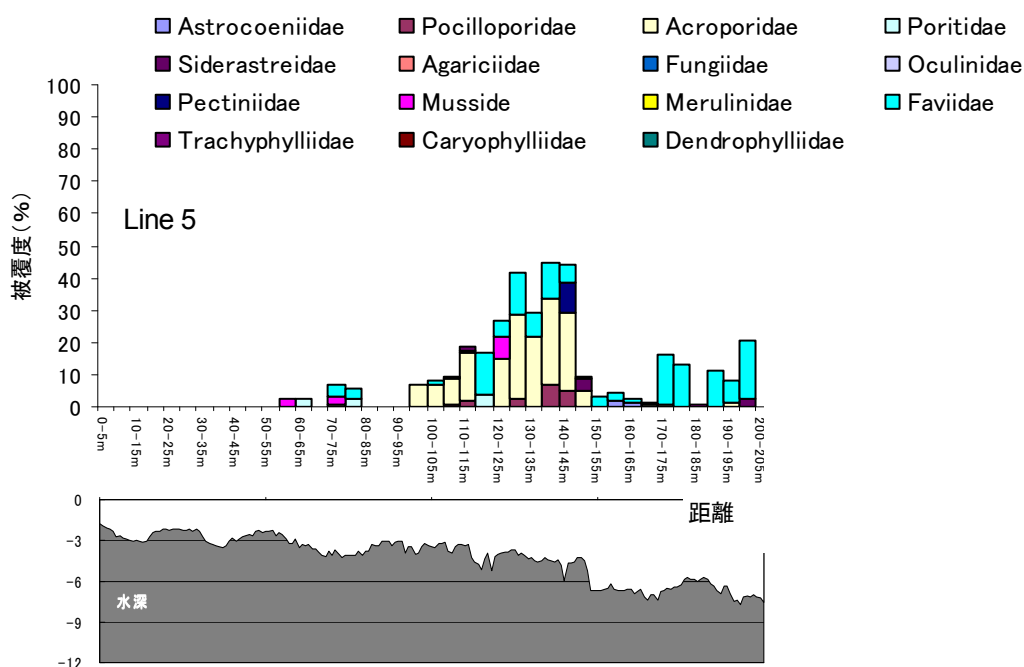


図 1-14. 5m間隔でまとめた Line 5 の科別被度 (上) と地形断面図 (下)

起点から 100m は水深が非常に浅く、北東-南西方向に延びた岩礁は干潮時には大部分が干出するため、この岩礁を縦断するように設置された測線上では、55-80m の窪地の斜面部で被度が約 5%であるのを除いて、ほとんどサンゴの生息はみられなかった (図 1-14)。僅かに出現したサンゴの大部分は被覆状で、温帯域では確認例が少ないヒラニオウミドリイシが 97m 地点で確認できた。100m 以降も 150m 付近までは平坦な基盤面の尾根を測線が通るが、徐々に水深が深くなるにつれてサンゴの被度も増す。135-140m で被度が最大の 44.8%になり、その内 26.8%がクシハダミドリイシで構成されている。測線周辺の平坦部では同じようにクシハダミドリイシが目立つが、純群落を形成するほどではない。170-200m にかけて岩礁の尾根を測線が通るが、200m 以降は底質が砂礫等になるためサンゴは生息していない。岩礁の尾根では被

覆状・塊状のサンゴが散見される程度で、キクメイシ科が優占する被度 8–20%の群集。尾根の平坦部では死滅したテーブル状ミドリイシの骨格がみられ、以前はキクメイシ科とミドリイシ科のサンゴが混在していたと考えられる。

全体としてこの測線はクシハダミドリイシとフカトゲキクメイシを中心とした、多様性のあまり高くない群集である。

⑥Line 6 [写真 1-6 (p. 46) 参照]

長さ 200m の測線から 29 種が出現し、平均被度は 12.2%であった（表 1-1）。測線上で優占する種は降順に上位 3 種が、クシハダミドリイシ、ミダレカメノコキクメイシ、スギノキミドリイシであったが、4 位のフカトゲキクメイシまで積算優占度（SDR）が高かった（図 1-15）。

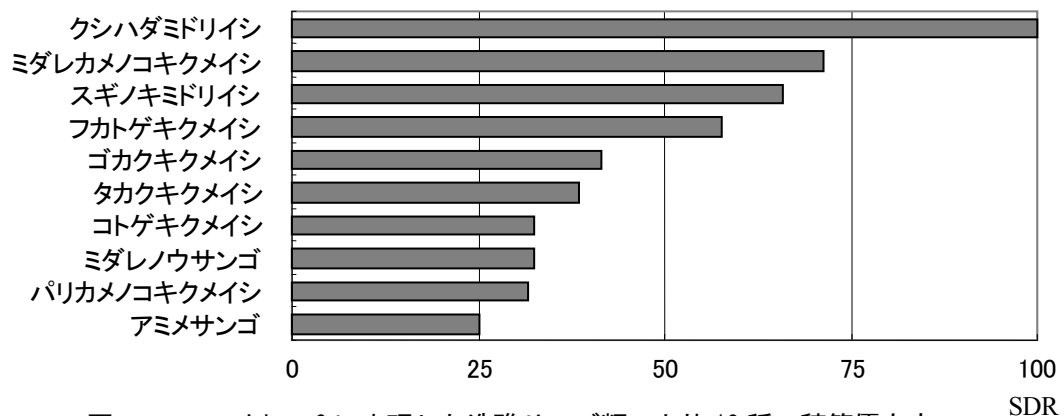


図 1-15. Line 6 に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

北東—南西方向に延びる岩礁を横切るように測線が通り、30m 付近までは水深が非常に浅いためにサンゴはほとんど生息していない（図 1-16）。30–60m にかけての平坦面ではクシハダミドリイシが優占するが、45–50m ではその隙間を埋めるように 44.8%に達するスギノキミドリイシが優占した群落がみられる。規模は小さいが、この測線でも Line 1 と同じように死滅したテーブル状サンゴの上にスギノキミドリイシが発達し、群集構造の変化が推察されると共に、Line 3 と同じように炭酸塩堆積物の進行、すなわちサンゴ礁形成の兆しが確認された。65–85m 付近まで岩礁の高まりがあり、斜面部では塊状・被覆状のキクメイシ科とヤスリサンゴ科のサンゴが多く、平坦部ではクシハダミドリイシが多いが、80m 付近では水深が浅すぎるせいかほとんどサンゴは生息していない。110–120m 付近までは転石帯で大型のサンゴは生息せず、125–160m も基盤岩の所々を砂礫が覆っているためほとんどサンゴはいない。170m 以降は岩礁上に 16–30%程度 of ミダレカメノコキクメイシを中心としたキクメイシ科のサンゴ群集があるが、死滅したテーブル状ミドリイシの骨格が多くみられ、以前はミドリイシ科とキクメイシ科の混成群集だったと推察される。

全体としてこの測線は沿岸付近のスギノキミドリイシ優占群落を特徴とし、沖に向かうにつれて地形の高まりではクシハダミドリイシ、斜面や底面ではミダレカメノコキクメイシやフカトゲキクメイシといった塊状や被覆状のサンゴが地形や底質に応じて出現した。

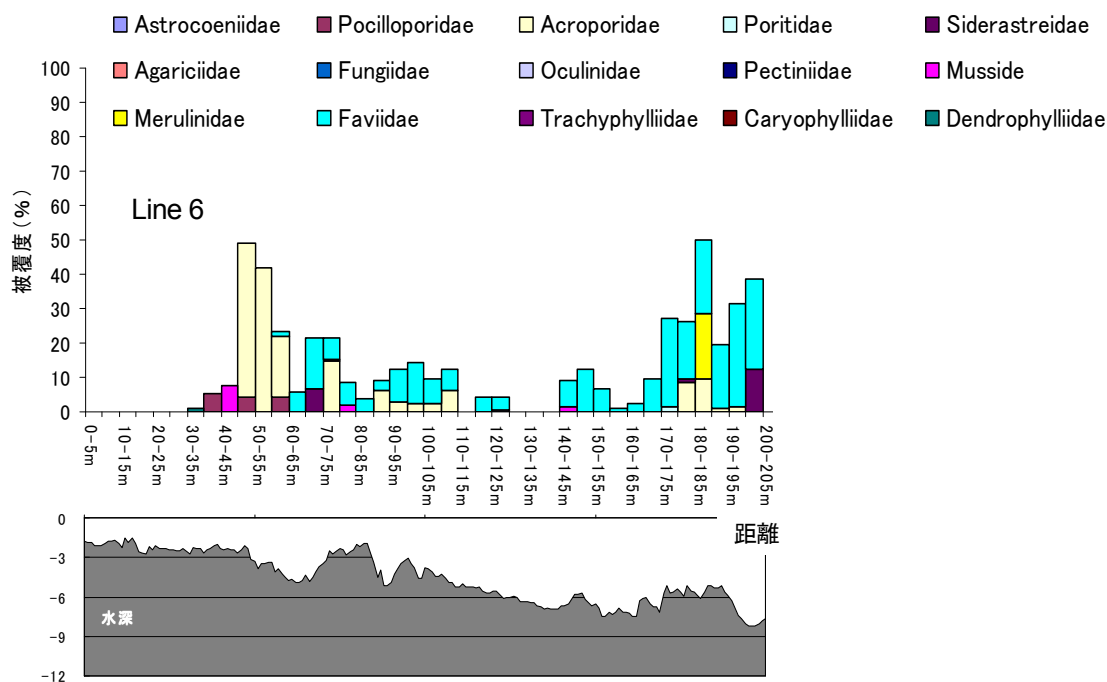


図 1-16. 5m間隔でまとめた Line 6 の科別被度（上）と地形断面図（下）

⑦Line 7 [写真 1-7 (p. 47) 参照]

長さ 200m の測線から 27 種が出現し、平均被度は 13.8%であった（表 1-1）。測線上で優占する種は降順に上位 3 種が、クシハダミドリイシ、フタマタハマサンゴ、フカトゲキクメイシであった（図 1-17）。

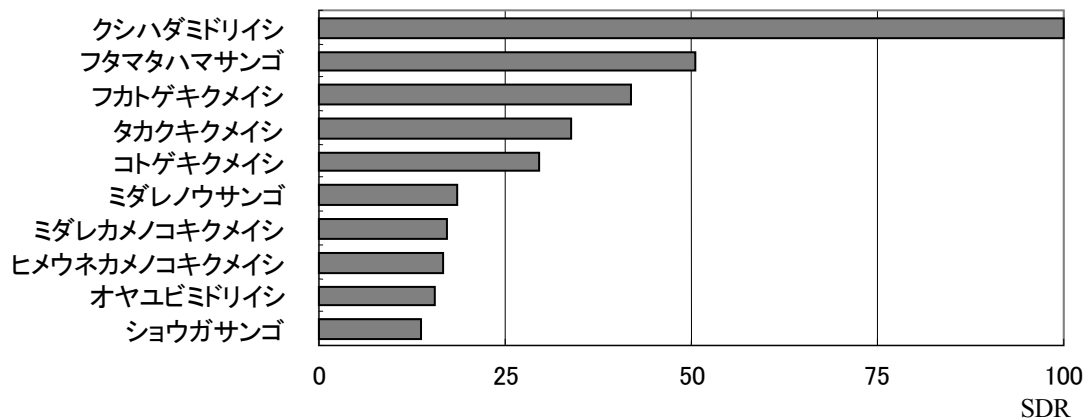


図 1-17. Line 7 に出現した造礁サンゴ類の上位 10 種の積算優占度

本測線は全測線中で最も西側に位置し、特に岸側では連続した尾根をつくるような地形が少なくなり、地形が複雑になっている（図 1-18）。そのため連続した平坦面が少なく、積算優占度（SDR）1 位のクシハダミドリイシでも純群落を形成するにはいたらず、65-175m に散在する程度である。積算優占度（SDR）2 位のフタマタハマサンゴは直径 10cm 以下の小型の群体がほとんどで、水深にあまり関係なく斜面部に出現し、群体数が多い。斜面部には、その他にフ

カトゲキクメイシやタカクキクメイシといった塊状・被覆状のキクメイシ科のサンゴが多い。そのためこの調査測線では、1 種が優占群落を形成するのではなく、多種が混生する群集を形成している。170m 以降の岩礁上にも塊状・被覆状のサンゴが生息しているが、測線を外れると底質は砂礫等で、ほとんどサンゴは生息していない。

全体としてこの測線はクシハダミドリイシが出現数・被度ともに高く、代表的な優占種であるが、フタマタハマサンゴも小型ではあるが他のラインと比較して群体数が多く、測線外にも多数の群体が確認されている。今後本種の生育が順調に進めば、フタマタハマサンゴはこの測線を特徴付ける種になると考えられる。

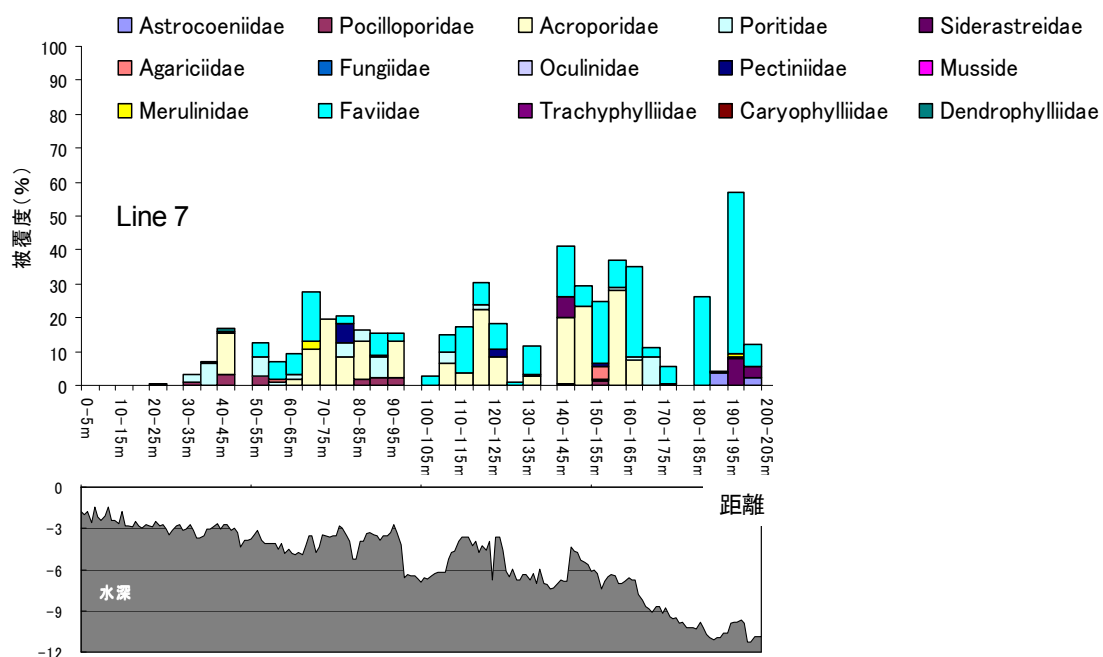


図 1-18. 5m間隔でまとめた Line 7 の科別被度（上）と地形断面図（下）

(3) まとめ

今回の調査で、爪白地先海域の全調査測線 1,700m の上から 12 科 26 属 62 種、測線の周辺から記録された種を含めると 13 科 33 属 81 種のサンゴが出現した（表 1-1）。西平・Veron (1995) によると土佐清水周辺海域から 127 種のサンゴが確認されており、今回の調査によって土佐清水地域全体の 60%を超える種が爪白地先の狭い海域から出現したことになり、この地域の群集は非常に多様性が高い群集であるといえる。各ラインの「種－被覆多様度 ($H'c$)」は Line 3 で 2.81 と最も高くなった。平成 14 年度に和歌山県串本海中公園地区 4 箇所で行われたライン調査では、多様度の値が 0.96～3.91 の範囲で平均は 2.52 であった（野村,2003）。爪白の多様度はその他のラインでも 2.26～2.80 となり多様度はどのラインも比較的高く、平均すると 2.57 であった。串本海中公園の方が緯度的に北に位置しているため単純に比較することはできないが、爪白地域のサンゴ群集の多様性は串本海中公園のそれに匹敵するものであると考えられる。

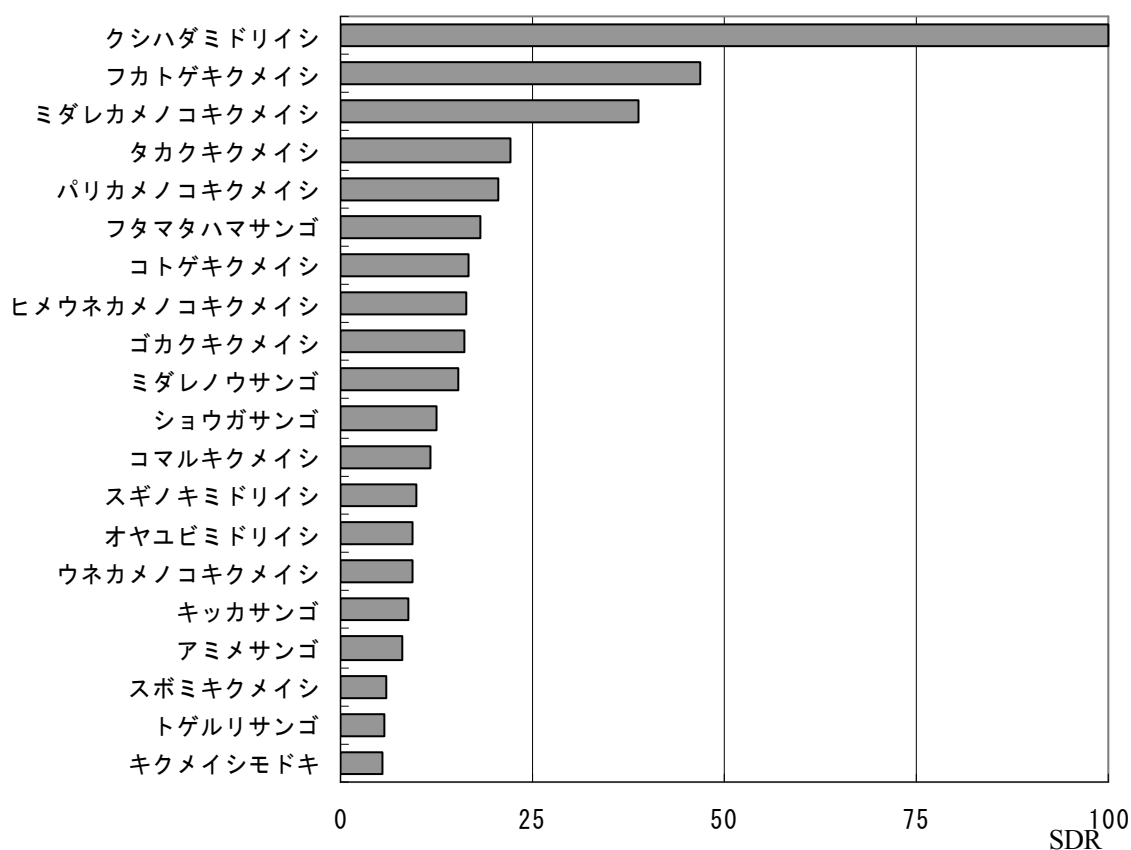


図 1-19. 竜串爪白地区全 Line 優占順位 20 種のサンゴの積算優占度

全測線で出現した造礁サンゴ類をまとめて集計すると、爪白地先海域の優占種上位 10 種は、クシハダミドリイシ、フカトゲキクメイシ、ミダレカメノコキクメイシ、タカクキクメイシ、パリカメノコキクメイシ、フタマタハマサンゴ、コトゲキクメイシ、ヒメウネカメノコキクメイシ、ゴカクキクメイシ、ミダレノウサンゴであった（図 1-19）。クシハダミドリイシは全測線で最も優占度が高く、この海域の代表種であるといえる。しかし、上位 10 種の内 8 種はキクメイシ科のサンゴで、測線ごとの水深変化とサンゴの科別被度をまとめた図 1-6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 をみると、水深 6m 前後のところでミドリイシ科優占の群集からキクメイシ科優占の群集に変わっているのがよくわかる。したがって爪白地区は、約 6m 以浅の岩盤上ではクシハダミドリイシが優占する中～高被度のミドリイシ群集であり、約 6m 以深の岩盤から砂礫に変わるところまでは、キクメイシ科を中心とした低～高被度の塊状、被覆状のサンゴ群集が形成されている（図 1-20）。なお、Line 1 と Line 6 では、6m 以浅の海域にサンゴ礁域の代表的な枝状ミドリイシであるスギノキミドリイシ群落があり、浅海の特定期域ではクシハダミドリイシより優占し、拡大傾向にあると予想される。また、Line 7 のように海底地形が複雑で水深変化の大きいところでは、ミドリイシ科とキクメイシ科の混成群集が広がる。

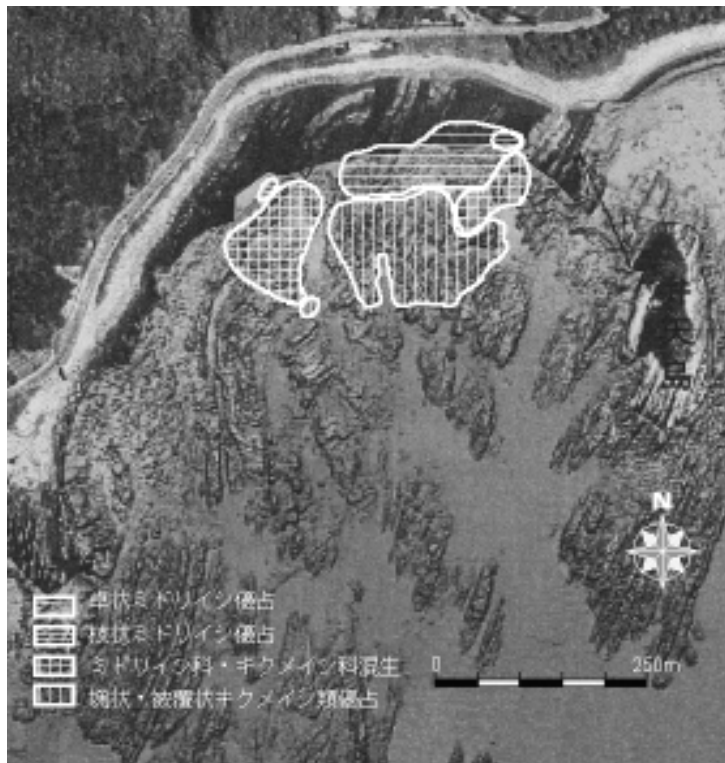


図 1－20．爪白地区の概念的なサンゴ群集の広がり

藤原（1994）の足摺海域の造礁サンゴ類の調査報告では、大月町尻貝はクシハダミドリイシとスギノキミドリイシ、大月町柏島、土佐清水市大浜ではエンタクミドリイシが優占するとあり、爪白地先海域は大月町尻貝と類似したやや内湾性の群集といえる。竜串海中公園地区は2001年の高知県西南部豪雨にともなう多量の泥土の流入により、サンゴに被害を受けた。しかし、約1年後の泥堆積状況調査の結果では、竜串の他の地区では数cm～数十cmの堆積があるが、爪白地区では0cmであった（黒潮生物研究財団, 2002）。このことから爪白地区は、周辺地区と比較して流況などの物理

環境が良好であり、この地区のサンゴ群集の維持につながっていると考えられる。また、今後爪白地区のサンゴ群集は、竜串地区のサンゴ群集の再生を支える幼生の供給源になる可能性がある貴重な群集であることも付け加えておきたい。

(4) 引用文献

- 藤原秀一 1994. 海中公園地区候補地調査報告書. : 56－65. (環境庁自然保護局)
- 黒潮生物研究財団 2002. 竜串海中公園地区サンゴ群集再生対策調査報告書. 13 pp.
- Loya, Y. 1972. Community structure and species diversity of hermatypic corals at Eilat, Red Sea. Mar. Biol., 13 : 100－123.
- 西平守孝・J. E. N. Veron. 1995. 日本の造礁サンゴ類. 439 pp. (海遊舎, 東京)
- 野村恵一 2003. 平成14年度海中公園地区等保全活動事業報告書. :43－66. (環境省自然保護局)

b) 底生動物

(1) 調査方法

底生動物については、造礁サンゴ類と同様ライントランゼクト法により調査を実施した。調査者は調査測線に沿ってスノーケリング及び SCUBA 潜水によって遊泳し、底生生物の上を調査測線が横切っている時には、その位置及び長さを cm 単位で種名と共に記録した。また、調査測線にはかかっていないものの、測線周辺に特徴的な底生動物が出現したときには、測線上のおよその位置と共に種名と出現状況を記録した。底生動物の同定は水中における目視観察で行い、目視観察のみでは種の同定ができない場合は、属名、科名等、上位の分類名を用いて記録を行った。なお、動物の分類は西村（1992, 1995）および奥谷（2000）に従った。

なお、予備的に海域を遊泳概観した際、調査海域に高密度にウニ類が生息していることが観察された。ウニ類の多くは岩礁上に繁茂する藻類を削食するが、その際、定着後間もない小さなサンゴも削剥することが知られている。そのため、特にウニ類については幅 50cm のベルトトランゼクト法により種別に個体数の記録を行った。調査者は中央に印を付けた長さ 50cm の棒を持ち、棒の中央を調査測線上にあてがって遊泳し、棒がウニの上を通過した数を 5m 区間ごとに記録した。

(2) 調査結果

各調査測線ごとの底生動物の出現状況を表 1-2 に示す。表中カッコ内の数字は調査測線上に当該生物が出現した長さを全て加算したものを m 単位で示したもの。(+)は 1 cm 未満の出現。括弧のない数字は調査測線上に出現し、あるいは測線の周辺で観察された個（群）体数。+はわずかの出現、○は普通に出現、◎は多数出現を示す。ウニ類については、調査測線を中心とした幅 50cm のベルト内に出現した個体数を示す。

表 1-2. 底生動物出現状況

測線番号 測線の長さ	Line 1 200m		Line 2 300m		Line 3 300m		Line 4 300m		Line 5 200m		Line 6 200m		Line 7 200m	
	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺
海綿動物門														
尋常海綿綱														
被覆状カイメンの一種 <i>DEMOSPONGIAE</i> sp.			(2.34)		(1.70)		(0.95)		(0.10)		(0.96)		(0.82)	
刺胞動物門														
花虫綱														
八放サンゴ亜綱														
ウミトサカ目														
ウミアザミ科														
ウミアザミ科の一種 <i>Xeniidae</i> gen. sp.	(0.10)						(0.33)				(0.10)		(0.10)	
ウミトサカ科														
ヒラウミキノコ <i>Sarcophyton elegans</i>							+							
ウミキノコの一種 <i>Sarcophyton</i> sp.	(0.10)				○									
ウネタケの一種 <i>Lobophytum</i> sp.	(0.80)	+	(0.56)	+	(0.40)	○	(0.34)		+		(0.13)	+	(0.33)	
タコアシカタサカ? <i>Simularia</i> cf. <i>polydactyla</i>											(0.63)	+		
カタサカ類 <i>Simularia</i> spp.	(1.00)		(0.67)	+	(1.95)	○	(1.38)	+	(0.65)	+	(1.36)		(2.42)	
チヂミトサカ科														
ヌメリトサカの一種 <i>Litophyton</i> sp.	(0.10)				(0.10)		(0.27)		+		(+)			
アカバナトサカ <i>Stereonephthya rubriflora</i>					1						1		+	
キバナトサカ <i>Stereonephthya japonica</i>					1								+	
チヂミトサカ科の一種 <i>Nephtheidae</i> gen. sp.			+											
ヤギ目														
イソバナ科														
オオイソバナ <i>Melithaea ocracea</i>			+										+	
六放サンゴ亜綱														
スナギンチャク目														
スナギンチャク科														
イワスナギンチャクの一種 <i>Palythoa</i> sp.			+											
マメスナギンチャク類 <i>Zoanthus</i> spp.			(0.79)								(0.80)	○	(0.40)	
イソギンチャク目														
ウメボシイソギンチャク科														
ヨロイイソギンチャクの一種 <i>Anthopleura</i> sp.			(1.60)	◎	(1.40)	◎	(2.15)		(0.60)	◎	(0.60)	◎		
ケイトウイソギンチャク科														
ミノイソギンチャク <i>Heterodactyla hemprichii</i>	1												1	
ニチリンイソギンチャク科														
ニチリンイソギンチャク <i>Phymanthus muscosus</i>					1				1		1			
ハタゴイソギンチャク科														
サンゴイソギンチャク <i>Entacmaea actinostoloides</i>			1											1
キツカイソギンチャク <i>Antheopsis koseirensis</i>					1		1							
シマキツカイソギンチャク <i>Antheopsis maculata</i>			1					1						
アジサイイソギンチャク <i>Antheopsis cookei</i>											3			
グビジンイソギンチャク <i>Stichodactyla tapetum</i>			2		1									
軟体動物門														
腹足綱														
前鰓亜綱														
カサガイ目														
ヨメガカサガイ科														
マツバガイ <i>Cellana nigrolineata</i>										○				
ユキノカサガイ科														
ウノアシ <i>Patelloida saccharina</i> f. <i>lanx</i>										○				
古腹足目														
ニシキウズガイ科														
クボガイ <i>Chlorostoma lischkei</i>			◎		◎		◎		◎		◎		◎	
ウラウズガイ・ニシキウズガイ類	◎								◎					
アマオブネガイ目														
アマオブネガイ科														
アマオブネガイ類 <i>Nerita</i> spp.										○				
盤足目														
ソデボラ科														
マガキガイ <i>Strombus (Conomurex) luhuanus</i>	○													

表 1-2. 底生動物出現状況(続き)

測線番号 測線の長さ	Line 1 200m		Line 2 300m		Line 3 300m		Line 4 300m		Line 5 200m		Line 6 200m		Line 7 200m	
	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺	測線上	周辺
二枚貝綱 翼形亜綱 イガイ目 イガイ科 ヒバリガイモドキ <i>Hormomya mutabilis</i> カキ目 イタボガキ科 オハグロガキ <i>Saccostrea mordax</i>														
	(1.65)	○	(4.54)	◎		○	(0.10)		(1.05)	○	(1.02)	○		
					+	◎				○				
環形動物門 多毛綱 ケヤリムシ目 ケヤリムシ科 インドケヤリ <i>Sabellaster sanctijosephi</i>														1
節足動物門 甲殻亜門 顎脚綱 蔓脚下綱 イワフジツボ科 イワフジツボ <i>Chthamalus challengerii</i> クロフジツボ科 クロフジツボ <i>Tetracita japonica</i>										○				
										○				
棘皮動物門 ウニ綱 ガンガゼ目 ガンガゼ科 アオスジガンガゼ <i>Diadema savignyi</i> トクリガンガゼモドキ <i>Echinothrix calamaris</i> アスナロウニ目 クロウニ科 クロウニ <i>Stomopneustes variolaris</i> ホンウニ目 ラッパウニ科 シラヒゲウニ <i>Triplaneustes gratilla</i> オオバフンウニ科 アカウニ <i>Pseudocentrotus depressus</i> ナガウニ科 ナガウニ類 <i>Echinometra</i> spp. タワシウニ <i>Echinostrephus molaris</i> ムラサキウニ <i>Anthocidaris crassispina</i>	332	0	1300	0	1246	0	1112	0	1787	0	1122	0	909	0
	2		3		1		2		1		3		3	
							4						4	
			4		5		1		10		2		1	
					1				1		2			
													2	
	161		576		421		374		342		277		224	
	150		484		431		274		723		620		518	
	19		233		387		457		710		218		157	
ナマコ綱 櫛手目 クロナマコ科 トゲクリイロナマコ <i>Actinopyga echinites</i> ニセクロナマコ <i>Holothuria (Mortensiothuria) leucaspilosa</i> トラフナマコ <i>Holothuria (Mortensiothuria) peregrina</i>														
	6			◎			1	○	1	○	5	1		2
		1												
脊索動物門 ホヤ綱 マメボヤ目 ウスボヤ科 ウスボヤ科の一種 <i>Didemnidae</i> gen. sp.														
	(0.10)													

表中括弧()内の数字は調査測線上に当該生物が出現した長さを全て加算したもの。(+)は1cm未満の出現。括弧のない数字は調査測線上に出現し、あるいは測線の周辺で観察された個体数。+はわずかの出現、○は普通に出現、◎は多数出現を示す。ウニ類については、調査測線を中心とした幅50cm内に出現した個体数を示す。

調査測線別の底生動物の状況は以下の通り。

① Line 1 [写真 1-1 (p. 41) 参照]

図 1-21 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

起点から 40m 付近までは礫または砂礫底で、底生動物は少ない。40–60m の枝状ミドリシ群集中にはウラウズガイ、ニシキウズガイをはじめとする多種の巻貝類が生息している。60–75m 付近は砂礫から砂底で、砂底に生息するマガキガイが見られる。80m 付近から岩礁底となるが、岩礁底が始まるあたりにはヒバリガイモドキの高密度群集が見られる。125–140m 付近は巨礫と岩礁の入り交じった地形で、ウラウズガイ、ニシキウズガイをはじめとする多種の巻貝類が生息している。160–170m 付近の礫上には数十～100 個程度のヒバリガイモドキの群集が散在する。

出現したウニはアオスジガンガゼ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニの 4 種類で、ナガウニ類とタワシウニが多く、特にタワシウニは地形が高まっているところから多く出現する。

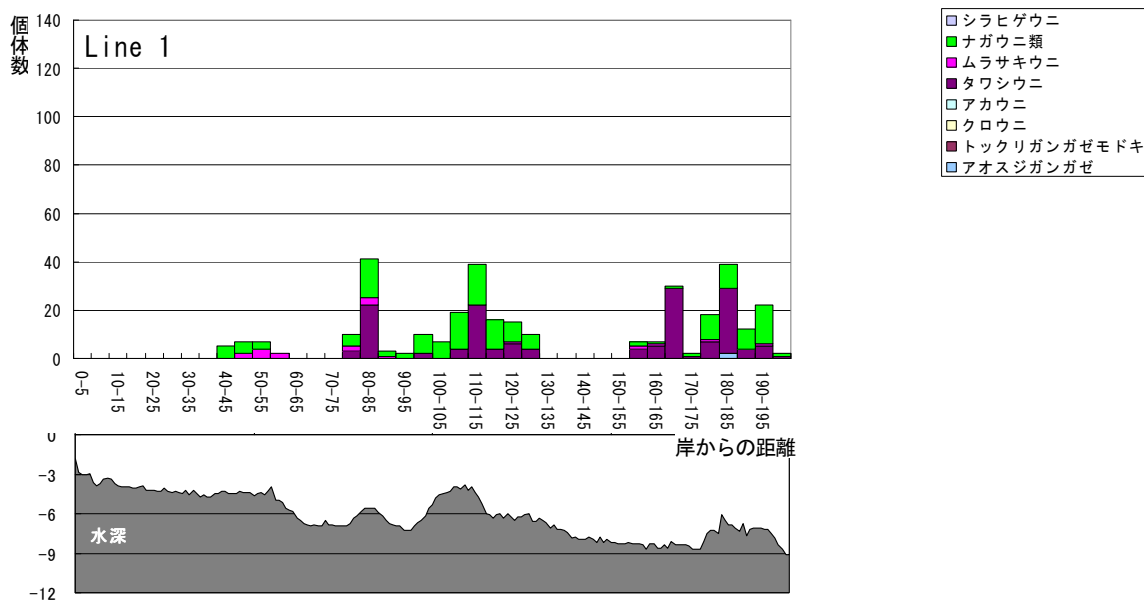


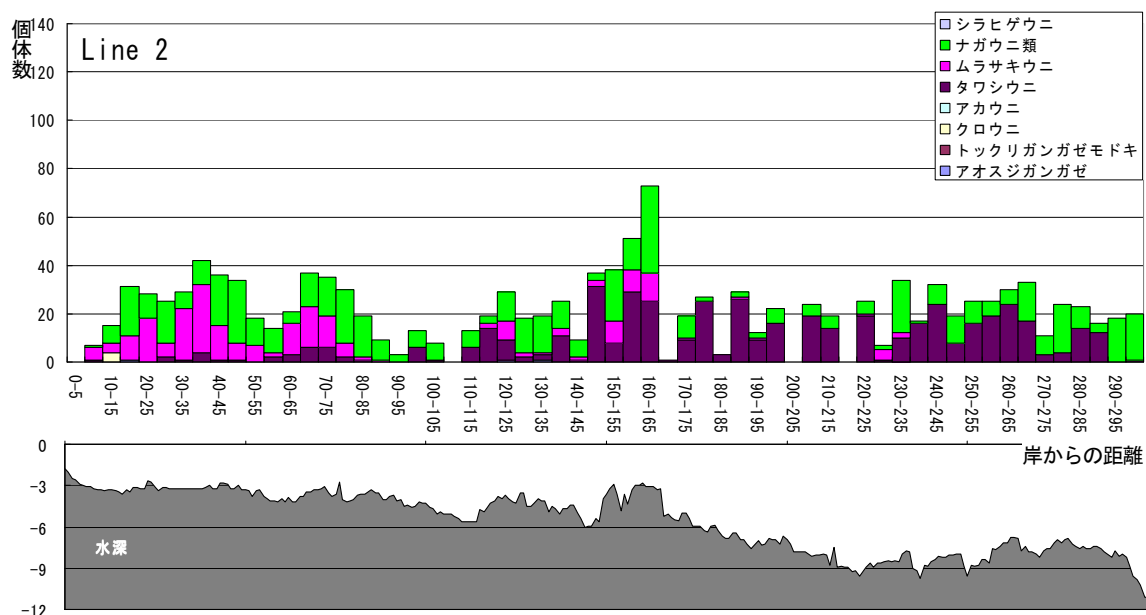
図 1-21. 5m 間隔でまとめた Line 1 のウニ類分布状況 (上) と地形断面図 (下)

② Line 2 [写真 1-2 (p. 42) 参照]

図 1-22 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

10–20m の転石帯にはクボガイが多数見られた。55–65m 付近は平坦な溝状の地形になっており、ニセクロナマコが多数見られた。100–115m は礫底で生物は少ない。135–170m の岩礁上と 180–205m の転石上には数百個体以上のヒバリガイモドキ高密度群集がいたところで見られる。220–300m の範囲は尾根状に連なる岩礁となり、被覆状のカイメンやソフトコーラルが散見される。

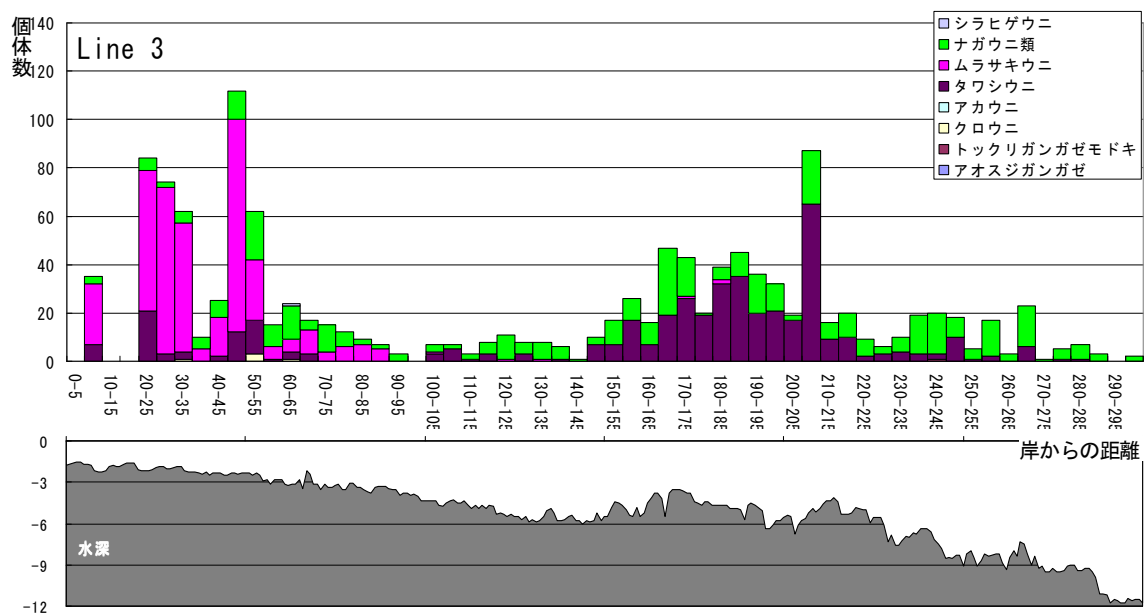
出現したウニはアオスジガンガゼ、クロウニ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニの 5 種類だった。ムラサキウニは水深 3m 程度の浅所に、タワシウニは水深 5–10m の岩礁底に多く分布しているのに対し、ナガウニ類は砂礫底を除く様々な地形や水深のところに比較的一様に分布している。



③ Line 3 [写真 1-3 (p. 43) 参照]

図 1-23 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

起点から 30m 付近までは岩礁の潮間帯で、オハグログキが多数分布している。30-55m 付近は水深 2m 以浅の転石や岩礁底で、オハグログキやクボガイが多数分布している。60m 付近で水深は 3m 程度になり、以後徐々に深くなっていく。60-80m 付近には卓状ミドリイシが多いが、サンゴの間隙にある岩礁の表面にはヨロイソギンチャクの一種が高密度な群集を形成している。115-150m 付近は砂礫底となり、底生動物は少ない。150-300m は大きな起伏のある



尾根状に連なる岩礁となり、被覆状のカイメンやソフトコーラルが散見される。水深が 9m を超え、波浪の影響が届きにくくなる 250m 付近から先では、岩礁上や窪地に溜まった砂礫上に浮泥の堆積が見られる。

出現したウニはトックリガンガゼモドキ、クロウニ、シラヒゲウニ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニの 6 種類だった。水深が 2m 以浅の起点から 55m の範囲にはムラサキウニが非常に高密度で分布し、145–220m 付近、水深 4–6m の岩礁に多数分布するタワシウニと好対照をなしている。ナガウニ類は水深 3m 程度以上の岩礁底に比較的一様に分布している。

④ Line 4 [写真 1-4 (p. 44) 参照]

図 1-24 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

起点から 15m までは礫底、15–75m は水深 2m 程度の非常に浅い岩礁で、この間は常時波浪の強い影響を受ける。5–25m 付近にはクボガイが多数分布している。85–100m 付近は調査側線が岩礁の溝に入っていて、周囲の岩礁上には卓状ミドリイシ群集が見られた。この間、死サンゴ上にはヨロイイソギンチャク的一种が高密度な群集を形成しており、砂礫底にはニセクロナマコが散見された。140m 付近まで岩礁、140–160m は礫底、以後、300m まで、岩礁または巨礫の、起伏の大きい海底が続く、被覆状のカイメンやソフトコーラルが散見される。240–250m 付近は礫底で、小規模ながらヒバリガイモドキの高密度群集が見られる。170–200m 付近の谷部には浮泥の堆積が見られ、木片や木竹の根の破片などが堆積している場所もあった。

出現したウニはアオスジガンガゼ、トックリガンガゼモドキ、クロウニ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニの 6 種類だった。水深 2m 程度の非常に浅い岩礁が続く 15–75m 付近には非常に高密度にムラサキウニが生息している。100m 付近岩礁斜面にはタワシウニの高密度群集がある。ナガウニ類は全体的に比較的一様に低密度で分布している。

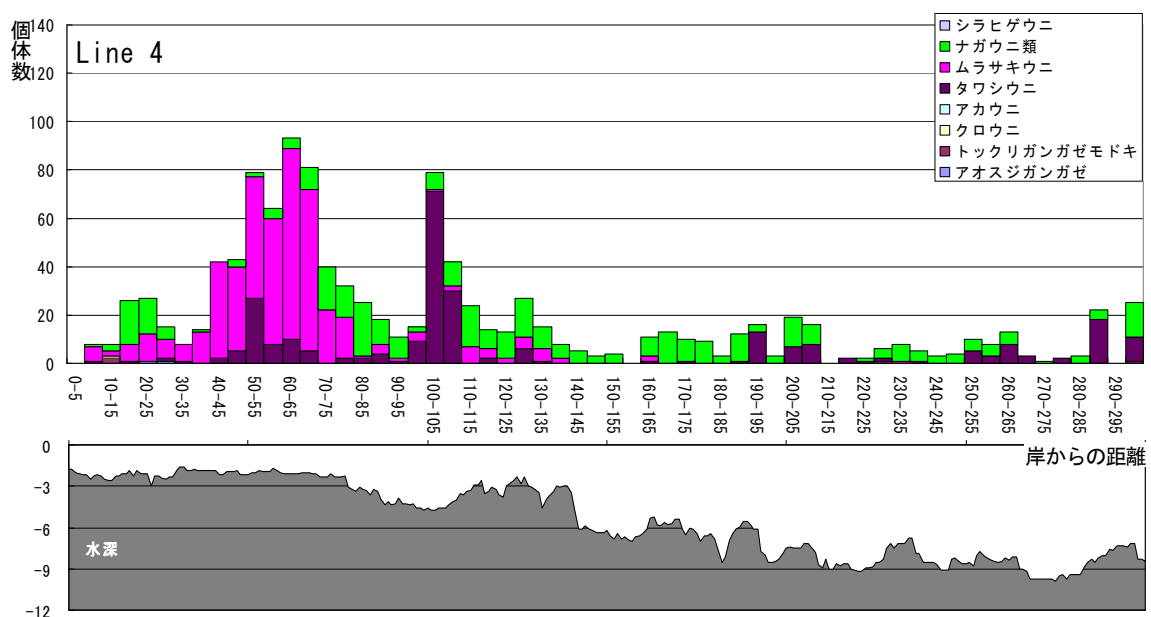


図 1-24. 5m 間隔でまとめた Line 4 のウニ類分布状況 (上) と地形断面図 (下)

⑤ Line 5 [写真 1-5 (p. 45) 参照]

図 1-25 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

起点から 18m までは礫底、18–30m は中潮帯、42–50m は中～低潮帯の潮間帯の岩礁で、中潮帯にはイワフジツボ、クロフジツボなどのフジツボ類、マツバガイ、ウノアシ、アマオブネ、オオヘビガイなどの貝類、ニセクロナマコやムラサキウニなど、岩礁性の潮間帯生物が多数見られる。30–42m、50–75m は礫底で、クボガイが多数分布している。75–115m 付近は水深 3m 程度の浅い岩礁底で、ムラサキウニやヨロイソギンチャクの種類が多数分布している。この岩礁は徐々に水深を増しながら 150m 付近まで続く。115m 付近からはウラズガイ、ニシキウズガイをはじめとする多種の巻貝類の生息数が増加するが、潮下帯に多いクボガイも相変わらず数が多い。150–170m 付近は砂礫、巨礫、岩礁が入り交じった地形で、170–200m は岩礁、200m 以降は砂礫底となる。170–200m の岩礁上には小規模ながらヒバリガイモドキの高密度群集が見られる。

出現したウニはトックリガンガゼモドキ、クロウニ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニ、シラヒゲウニの 6 種類だった。本調査側線は、上記のように 18–115m 付近に浅い岩礁底が広がっており、このような場所にはムラサキウニが特異的に高密度に生息している。75m 以降の岩礁にはタワシウニも多く見られ、他の調査側線に比べてムラサキウニとタワシウニの分布域の重なりが大きい。ナガウニ類は 80m 地点以降に比較的一様に低密度で分布している。

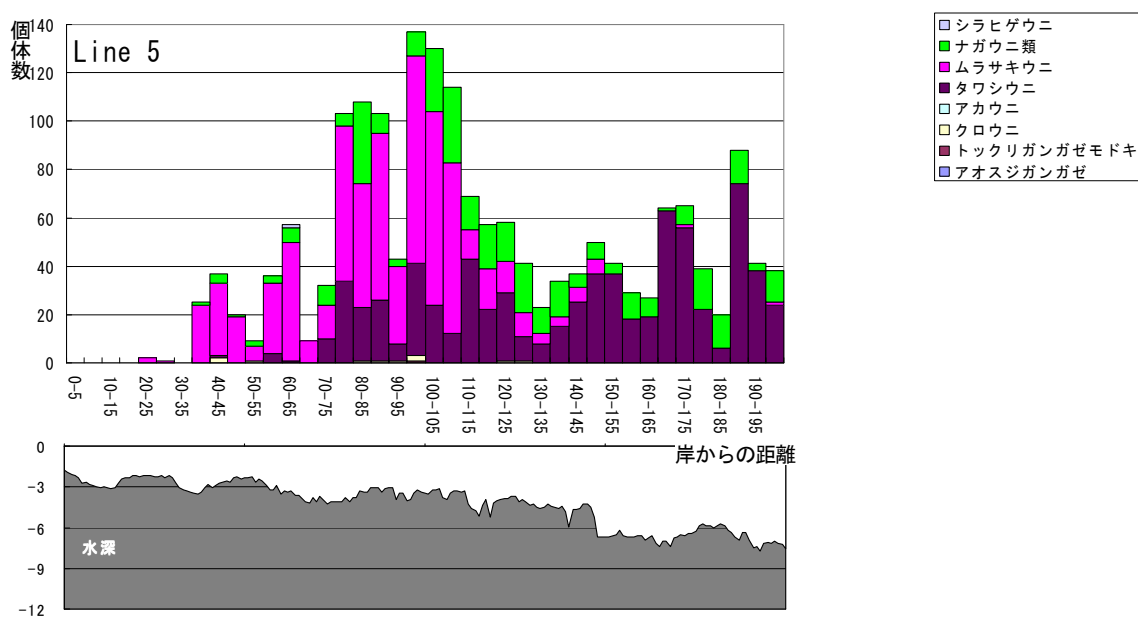


図 1-25. 5m 間隔でまとめた Line 5 のウニ類分布状況 (上) と地形断面図 (下)

⑥ Line 6 [写真 1-6 (p. 46) 参照]

図 1-26 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

起点から 15m までは干出する岩礁、15–24m までは礫底で、非常に波当たりが強く、クボガイ以外の底生動物は少ない。24–60m は岩礁底で、枝状・卓状ミドリイシ類の間にヨロイソギンチャクの種類の高密度群集やマメスナギンチャクの種類の高密度群集が散在する。60–65m は砂

底だが、再び岩礁底となり、105m 付近までは起伏の大きな岩礁上に被覆状のカイメンやソフトコーラルが散見される。76m 付近と 96m 付近にはヒバリガイモドキの高密度群集がある。105m 付近からは礫底に変化し、アジサイイソギンチャクなどやや大型のイソギンチャクが点在するが、125m 付近からは砂の堆積した平坦な岩礁底が 145m 付近まで続き、底生動物は少ない。145m 付近からは起伏の大きな岩礁底で、薄く浮泥を被っているところが多い。この岩礁上には被覆状のカイメンやソフトコーラルが散見される他、172m 付近にはヒバリガイモドキの高密度集団がある。140–150m および 170–200m 付近には、数年以内に死んだと思われる卓状ミドリイシ類の死骸が多数見られる。

出現したウニはアオスジガンガゼ、クロウニ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニ、シラヒゲウニの 6 種類だった。全体にタワシウニが多いが、25–40m、70–85m の波当たりの強い浅い岩礁にはムラサキウニも多く見られる。ナガウニ類は岩礁上に比較的一様に低密度で分布している。

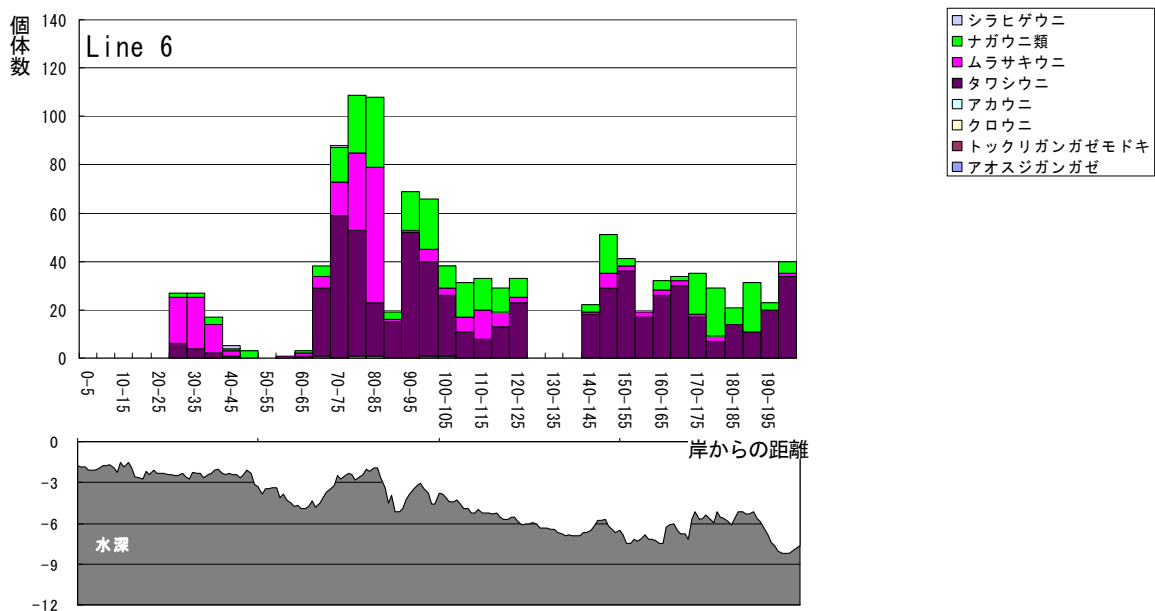


図 1-26. 5m 間隔でまとめた Line 6 のウニ類分布状況（上）と地形断面図（下）

⑦ Line 7 [写真 1-7 (p. 47) 参照]

図 1-27 に調査測線上の地形断面とウニ類の出現状況を示す。

起点から 20m までは非常に波当たりの強い砂礫および転石で、岩礁や転石の表面にほとんど底生動物は付着していない。20–40m 付近は水深 3m 以浅の凹部に細礫が堆積した転石および岩礁で、クボガイが多数生息している。40m 以降も凹部に細礫が堆積した岩礁だが、水深が 3m を超えて波浪の影響が弱くなるため、岩礁上には造礁サンゴ類の他、ソフトコーラルを主体とした被覆性の底生動物が見られるようになる。90–160m 付近は岩礁の尾根と谷が交互し、尾根には造礁サンゴ類の他、ソフトコーラルを主体とした被覆性の底生動物が見られるが、谷間は砂礫や転石で、浮泥の堆積も見られる。尾根には数年以内に死んだと思われる卓状ミドリイシの死骸が多い。160m 以降は大きな転石や岩礁混じりの砂礫底で、浮泥の堆積が著しく、転

石や岩礁など、突出部以外には底生動物は少ない。

出現したウニはアオスジガンガゼ、トックリガンガゼモドキ、クロウニ、アカウニ、ナガウニ類、タワシウニ、ムラサキウニの7種類だった。水深3m以浅の波当たりの強い部分にはムラサキウニが多く、水深3m以深の岩礁上にはタワシウニが多い。ナガウニ類は水深3m以深の海底に比較的一様に低密度で分布している。

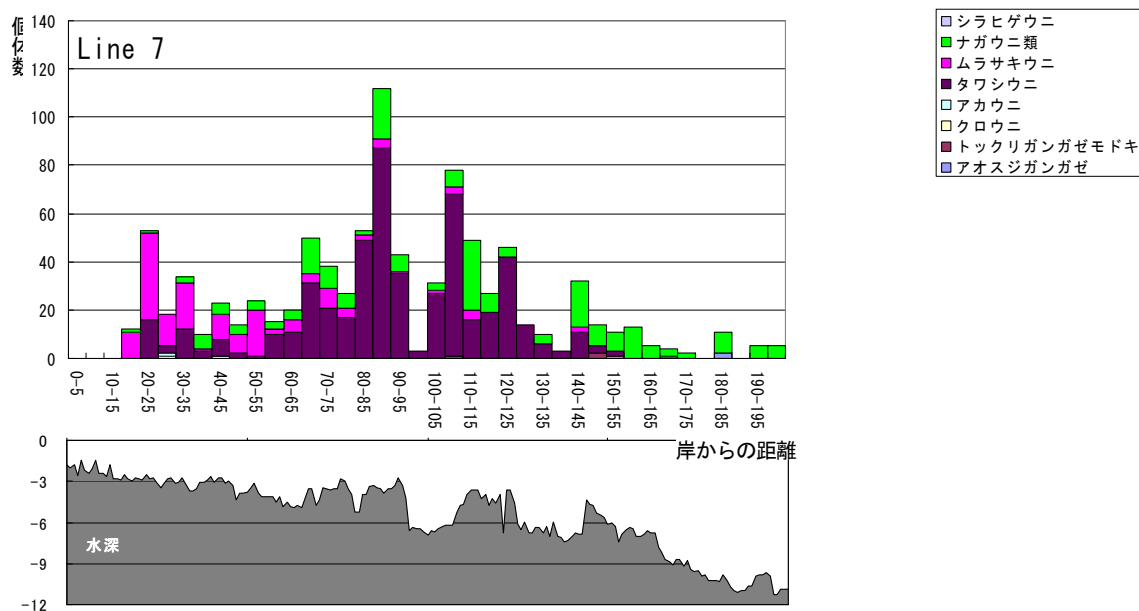


図1-27. 5m間隔でまとめたLine 7のウニ類分布状況（上）と地形断面図（下）

(3) まとめ

造礁サンゴ類とウニ類以外の底生動物については、今回は定量的な調査をしていないので、分布状況を概観するに留める。

汀線から水深3m程度までの礫底にはクボガイが数多く生息しているが、水深2m以浅の岩礁底は非常に波当たりが強く、ムラサキウニやヨロイイソギンチャクの一種など、波浪に耐えるわずかな種類の底生動物だけが見られる。水深2~3mでクシハダミドリイシやスギノキミドリイシが分布している岩礁底には、ウラウズガイ、ニシキウズガイをはじめとする多種の巻貝類が生息している。本調査では表在性の生物のみを対象にしたため記録されていないが、小型の甲殻類や多毛類など、多様な動物の群集が存在しているものと思われる。水深3~8m程度で、砂礫底との境界に近い岩礁底にはヒバリガイモドキの集団が散見され、特にLine 2の100~200m付近では特に多く見られた。ヒバリガイモドキは富栄養化が進んだ潮間帯から潮下帯にマット状の大集団を形成することが知られているが、本海域ではそのような大集団は形成していなかった。

水深5~10mの尾根状に連なる岩礁上にはキクメイシ類優占のサンゴ群集が見られるが、このような場所には被覆状のカイメンやカタトサカ類を主体とするソフトコーラルが散見される。岩礁と転石が交互するような底質にはミドリイシ類・キクメイシ類混生のサンゴ群集があり、

ウラウズガイ、ニシキウズガイをはじめとする多種の巻貝類が見られ、小型の甲殻類や多毛類など、多様な動物の群集が存在しているものと思われる。岩礁と岩礁の谷間にはややシルト分の多い砂～砂礫底があり、このような場所にはニセクロナマコやマガキガイが点在する。また、岩礁と砂礫底の境界付近には、サンゴイソギンチャク、キッカイソギンチャク、シマキッカイソギンチャク、アジサイイソギンチャク、グビジンイソギンチャク、ニチリンイソギンチャク、ミノイソギンチャクなど、暖海性で大型のイソギンチャク類が見られる。

ウニ類は長さ 1700m、幅 0.5m ベルト全体から 8 種 7808 個体が出現した。個体数が多かったのはナガウニ類 2375 個体、タワシウニ 3200 個体、ムラサキウニ 2181 個体で、これら 3 種でウニ全体の 99%以上を占める。ウニ類の分布は一様ではなく、ムラサキウニは主として水深 3m 以浅、サンゴの高被度域よりも浅い砕波帯に、タワシウニは水深 3～8m のやや穏やかな岩礁上に卓越して分布し、ナガウニ類は全ての水深帯に比較的一様に分布する。ウニ類が特に多かったのは Line 5 の 75－110m で、95－100m では、ムラサキウニだけで 86 個体 (34.4 個体/m²)、ウニ類全種では 137 個体 (54.8 個体/m²) にのぼった。ウニ類とサンゴ類の分布状況に相関は見られなかった。

なお、今回の調査でオニヒトデやシロレイシガイダマシ類などのサンゴを食害する底生生物や、これらの生物による食痕は発見されなかった。

(4) 引用文献

- 奥谷喬司 (編著) 2000. 日本近海産貝類図鑑. (東海大学出版会・東京) : 1173 pp.
西村三郎 (編著) 1992. 原色検索日本海岸動物図鑑 [I]. (保育社・大阪) : 425 pp.
西村三郎 (編著) 1995. 原色検索日本海岸動物図鑑 [II]. (保育社・大阪) : 663 pp.

c) 海藻類

(1) 調査方法

海藻類についても造礁サンゴ類と同様ライントランゼクト法により調査を実施した。調査者は調査測線に沿って SCUBA 潜水によって遊泳し、海藻類の上を調査測線が横切っている時には、その位置及び長さを cm 単位で種名と共に記録した。海藻類の同定は水中での目視観察によって行い、水中で目視による同定が困難なものについては持ち帰って標本を作製し、分類学的検討を加えた。岩の表面を膜状に覆っている紅藻類の無節サンゴモ類については、種の同定が困難であるうえ持ち帰ることも難しいため、すべて無節サンゴモ類として記録した。

(2) 調査結果

① Line 1 [写真 1-1 (p. 41) 参照]

出現した海藻は、無節サンゴモ類のほか有節サンゴモ類が 1 種、サンゴモ類以外の紅藻類が 1 種確認された。被度は、無節サンゴモ類が 5.4%、有節サンゴモ類が 0.2%、無節サンゴモ類以外の紅藻類が 0.4%であり、海藻全体での被度は 5.9%であった。海藻が生えていた場所は底質が岩であるところが多かったが、本ラインは底質が礫である場所を多く通っていたため、海藻が生えることができる場所は他のラインに比べると少なかった。

② Line 2 [写真 1-2 (p. 42) 参照]

出現した海藻は、無節サンゴモ類のほか有節サンゴモ類が 4 種、サンゴモ類以外の紅藻類が 3 種、褐藻のホンダワラ類が 1 種、緑藻類が 2 種確認された。被度は、無節サンゴモが 15.8%、有節サンゴモが 3.1%、サンゴモ類以外の紅藻類が 1.2%、ホンダワラ類が 0.5%、緑藻類が 0.04%、海藻全体での被度は 20.6%であった。

③ Line 3 [写真 1-3 (p. 43) 参照]

出現した海藻は、有節サンゴモ類が 3 種、有節サンゴモ類以外の紅藻類が 1 種、緑藻類が 2 種確認された。被度は、有節サンゴモ類が 5.2%、サンゴモ類以外の紅藻類が 0.3%、緑藻類が 0.1%であり、海藻全体での被度は、5.6%であった。なお、本ラインにおいては調査時に無節サンゴモの記録が欠如していたため結果には含まれていないが、撮影された写真によると他のラインと同様に無節サンゴモ類が岩を覆っている場所は存在する。

④ Line 4 [写真 1-4 (p. 44) 参照]

出現した海藻は、無節サンゴモ類のほか有節サンゴモ類が 3 種、サンゴモ類以外の紅藻類が 1 種、緑藻類が 1 種確認された。被度は、無節サンゴモ類が 11.3%、有節サンゴモ類が 8.1%、サンゴモ類以外の紅藻類が 0.7%、緑藻類が 0.1%、海藻全体での被度は 20.3%であった。

⑤ Line 5 [写真 1-5 (p. 45) 参照]

出現した海藻は、無節サンゴモ類のほか有節サンゴモ類が 3 種、サンゴモ類以外の紅藻類が 2 種、緑藻類が 1 種確認された。被度は無節サンゴモ類が 10.1%、有節サンゴモ類が 13.8%、サンゴモ類以外の紅藻類が 0.3%、緑藻類が 0.1%であり、海藻全体での被度は 24.3%であった。

⑥ Line 6 [写真 1-6 (p. 46) 参照]

出現した海藻は、無節サンゴモ類のほか有節サンゴモ類が 3 種、サンゴモ類以外の紅藻類が 1 種、緑藻類が 2 種確認された。被度は無節サンゴモ類が 17.9%、有節サンゴモ類が 3.8%、サンゴモ類以外の紅藻類が 0.5%、緑藻類が 0.8%、海藻全体での被度は 22.9%であった。

⑦ Line 7 [写真 1-7 (p. 47) 参照]

出現した海藻は、無節サンゴモ類のほか有節サンゴモ類が 2 種、サンゴモ類以外の紅藻類が 1 種、緑藻類が 1 種確認された。被度は、無節サンゴモ類が 14.4%、有節サンゴモ類が 4.6%、サンゴモ類以外の紅藻類が 0.2%、緑藻類が 0.2%、海藻全体での被度は 19.4%であった。

(3) まとめ

各調査側線の海藻の被度を比較すると、Line 2, 4, 5, 6, 7 は 19.4～24.3%と 20%前後の値を示していたのに対して、Line 1 と Line 3 の被度はそれぞれ 5.9%、5.6%と低かった（表 1-3）。

表 1-3. 各ラインにおける海藻の種類別の被度と造礁サンゴの被度

	Line 1	Line 2	Line 3	Line 4	Line 5	Line 6	Line 7
無節石灰藻類	5.4%	15.8%	欠測	11.3%	10.1%	17.9%	14.4%
有節石灰藻類	0.2%	3.1%	5.2%	8.1%	13.8%	3.8%	4.6%
紅藻類	0.4%	1.2%	0.3%	0.7%	0.3%	0.5%	0.2%
ホンダワラ類		0.5%					
緑藻類		0.04%	0.1%	0.1%	0.1%	0.8%	0.2%
被度合計	5.9%	20.6%	5.6%	20.3%	24.3%	22.9%	19.4%
造礁サンゴ被度	15.9%	18.3%	24.0%	20.2%	8.8%	12.2%	13.8%

Line 1 は岩盤の間を通過しており底質が礫である場所が多かったため、底質が岩であることが多かった他のラインと比較すると海藻が生えることができる場所が少なかった。そのため、Line 1 における被度は低い値を示していると考えられる。また、Line 3 については、前述したように調査時に無節サンゴモの記録が欠如していたため、海藻全体の被度が低くなったものと考えられる。また、造礁サンゴと海藻の被度の関係について検討した結果、海藻の被度が高かった Line 5 と Line 6 は、造礁サンゴの被度が最も低いラインと 2 番目に低いラインであった（表 1-3）。そのため、Line 5 と Line 6 は造礁サンゴが少ない岩場があったため、海藻の被度が高かったということが考えられる。

平成 16 年 2 月に竜串湾内の 6 地点で行われた海藻調査では、水中の目視と標本採集を行った結果、無節サンゴモ以外に 55 種の海藻が確認されており、今回調査を行った爪白海域からは 31 種の海藻が報告されている（平成 15 年度本調査報告書）。しかし、今回の調査で確認された海藻は、無節サンゴモ以外では 14 種にすぎなかった（表 1-4）。また、各ラインで出現した海藻の被度の内訳を見ると、無節サンゴモ類や有節サンゴモ類といった膜状またはマット状に

生えるピンク色の海藻がほとんどを占めており、サンゴモ類以外の紅藻類や褐藻類や緑藻類の占める割合はきわめて低い値を示していた。サンゴモ類以外の多くの海藻は、1 年のうち冬から春にかけての低水温期から水温が上昇する期間にかけて繁茂する。今回調査を行った 9 月は本来海藻が繁茂している時期ではないため、2 月に行った調査よりも出現した種数が少なく、1 年を通じて岩上を覆うサンゴモ類がほとんどを占めていたものと考えられる。

なお、Line 2 においては、被度は 0.5% と低かったもののホンダワラ属の 1 種の幼芽が確認されており、今回調査した海中公園西の爪白海域では、ホンダワラが繁茂する 2 月から 5 月の時期にはホンダワラ類によるガラ藻場が形成されている可能性が考えられる。

表 1-4. 各ラインで出現した海藻のリスト

綱 科	属	標準和名	Line1	Line2	Line3	Line4	Line5	Line6	Line7
紅藻綱									
	Chaetangiaceae								
	<i>Triclepcarpa cylindrica</i>	ガラガラ		○					
	Corallinaceae								
	<i>Marginisporum crassissimum</i>	ヘリトリカニノテ		○	○	○	○	○	○
	<i>Corallina pilulifera</i>	ピリヒバ		○	○	○	○	○	○
	<i>Jania adhaerens</i>	ヒメモサヅキ	○	○	○	○	○	○	
	<i>Jania</i> spp.	無節サンゴモ類	○	○	欠測	○	○	○	○
	Caulacanthaceae								
	<i>Caulacanthus ustulatus</i>	イソダンツウ	○			○			
	Rhodymeniaceae								
	<i>Ceratodictyon spongiosum</i>	カイメンソウ		○	○		○		○
	Champiaceae								
	<i>Champia expansa</i>	ウスバワツナギソウ		○			○	○	
	Rhodomelaceae								
	<i>Laurencia</i> sp.	ソゾ属の一種		○					
褐藻綱									
	Sargassaceae								
	gen. sp.	ホンダワラ科の一種 (幼芽)		○					
緑藻綱									
	Valoniaceae								
	<i>Valonia aegagropila</i>	タマバロニア			○	○		○	
	<i>Dictyosphaeria cavernosa</i>	キッコウグサ			○				
	Caulerpales								
	<i>Caulerpa racemosa</i>	センナリズタ						○	
	Codiaceae								
	<i>Codium minus</i>	タマミル		○			○		○
	<i>Codium spongiosum</i>	コブシミル		○					

d) 魚類

(1) 調査方法

魚類については、Line 1, Line 3, Line 5 の 3 側線についてのみ調査を行った。調査は調査測線に沿って岸から沖に向かってスノーケリングまたは SCUBA 潜水によって遊泳し、測線の左右各 1m、合計 2m の範囲に出現した魚類について、起点からの距離 5m 毎に種と個体数を記録した。種の同定は水中での目視観察によって行い、個体数は 1 個体、2-9 個体、10-49 個体、50 個体以上の 4 ランクで記録した。

(2) 調査結果および考察

各調査測線において、魚類が出現した区間の数を、魚種毎、個体数ランク毎に集計したものを表 1-5 に示す。

Line 1 (200m) では 36 種、Line 3 (300m) では 49 種、Line 5 (200m) では 28 種、合計 700m の調査測線から 66 種の魚類が出現した。Line 1 のサンゴの被度は 15.9%、Line 3 は 24.0%、Line 5 は 8.8% で、出現した魚類の種数はサンゴの被度が高いほど多い傾向がある。各調査側線において、生サンゴの被度と魚類の出現種数の対比を図 1-28~30 に示す。

図から生サンゴの被度が高い区間で出現する魚類の種数が多い傾向が見られ、この海域では、サンゴが多いほど魚類の多様性が高いことを示している。

本調査の海域内では、昨年度から魚類相の調査が行われており、魚類相調査の「St. 1 弁天島西側の双子岩」は、本調査の Line 1 とごく近隣である。2003 年の魚類相調査においては、「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」ており、「St. 1 では南方系魚類が 28 種 (62.2%)、温帯性魚類が 16 種 (35.6%)」で南方系魚類が多く、本年度の魚類相調査でも「St. 1 では南方系魚類が 24 種 (64.9%)、温帯性魚類が 12 種 (32.4%)」と同様の傾向を示していた。「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)」、本調査の結果はそのことをよく支持しているものと考えられる。

(3) 引用文献

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所 2004. 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.

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

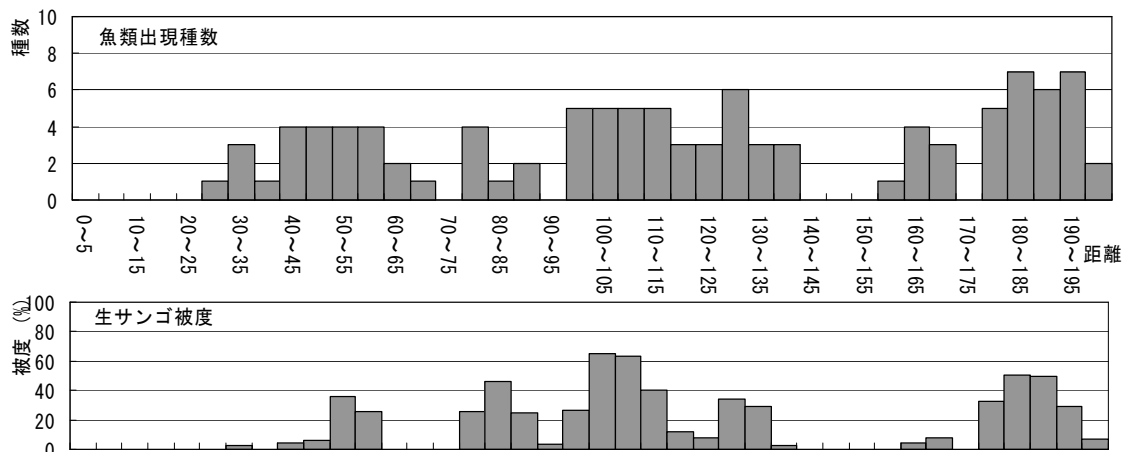


図 1-28. Line 1 の魚類の出現種数と生サンゴ被度の対比

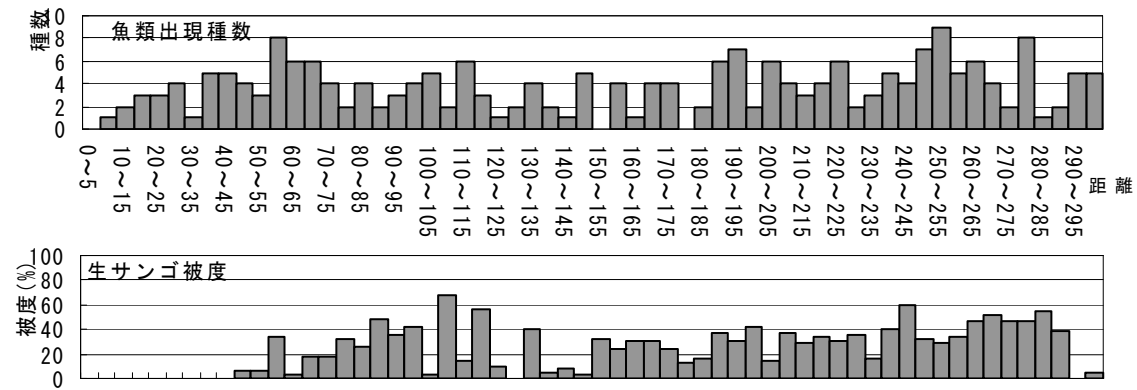


図 1-29. Line 3 の魚類の出現種数と生サンゴ被度の対比

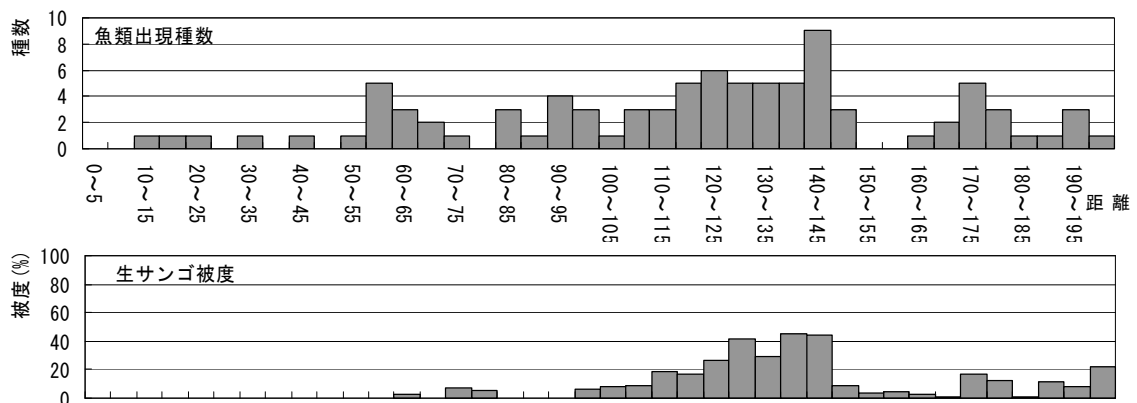
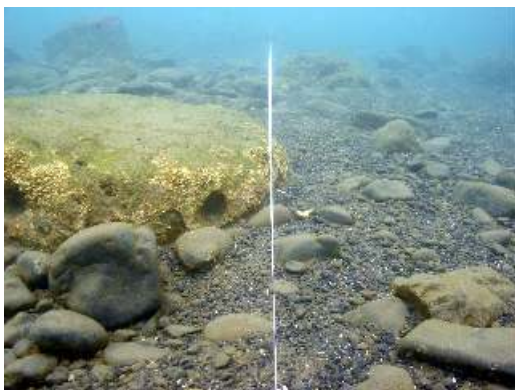


図 1-30. Line 5 の魚類の出現種数と生サンゴ被度の対比

表 1-5. 魚類の出現状況

学名	和名	個体数ランク	Line 1				Line 3				Line 5			
			1	2-9	10-49	50-	1	2-9	10-49	50-	1	2-9	10-49	50-
Order Anguilliformes	ウナギ目													
1 <i>Echidna nebulosa</i>	クモウツボ						1							
Order Clupeiformes	ニシン目													
2 <i>Engraulis japonicus</i>	カタクチイワシ				1				1					
Order Aulopiformes	ヒメ目													
3 <i>Synodus uae</i>	アカエソ						1							
Order Mugiliformes	ボラ目								1					
4 <i>Mugil cephalus cephalus</i>	ボラ													
Order Scorpaeniformes	カサゴ目													
5 <i>Sebastiscus marmoratus</i>	カサゴ										1			
Order Perciformes	スズキ目													
6 <i>Apogon endekataenia</i>	コスジイシモチ	1					1	2				3		
7 <i>Apogon notatus</i>	クロホシイシモチ							1						
8 <i>Lutjanus stellatus</i>	フエダイ										1			
9 <i>Diagramma pictum</i>	コロダイ							1						
10 <i>Parupeneus indicus</i>	コバンヒメジ						2							
11 <i>Pempheris schwenkii</i>	ミナミハタンボ		1									2		
12 <i>Microcanthus strigatus</i>	カゴカキダイ	1					1						1	
13 <i>Chaetodon auriga</i>	トゲチョウチョウウオ	1					1							
14 <i>Chaetodon auripes</i>	チョウチョウウオ		5					15	3			11		
15 <i>Chaetodon bennetti</i>	ウミツキチョウチョウウオ						2							
16 <i>Chaetodon lunulatus</i>	ミスジチョウチョウウオ	2		1										
17 <i>Chaetodon plebeius</i>	スミツキトノサマダイ		2											
18 <i>Chaetodon speculum</i>	トノサマダイ	1						2						
19 <i>Chaetodon trifascialis</i>	ヤリカタギ							1						
20 <i>Amphiprion clarkii</i>	クマノミ						3							
21 <i>Chromis notata notata</i>	スズメダイ	2	5				4	16	3		1	1		
22 <i>Plectroglyphidodon leucozonus</i>	ハクセンスズメダイ						2					5		
23 <i>Abudefduf vaigiensis</i>	オヤビツチャ							2	1		1	1		
24 <i>Chrysiptera cyanea</i>	ルリスズメダイ		5				2	3			1			
25 <i>Pomacentrus coelestis</i>	ソラスズメダイ	1	4	2			3	13	1		1	1		
26 <i>Pomacentrus nagasakiensis</i>	ナガサキスズメダイ						1							
27 <i>Stegastes altus</i>	セダカスズメダイ	1	14	2			1	17	2		2	8	1	
28 <i>Paracirrhites forsteri</i>	ホシゴンベ						1							
29 <i>Goniistius zonatus</i>	タカノハダイ	1					1	1			2			
30 <i>Choerodon azurio</i>	イラ						1							
31 <i>Gomphosus varius</i>	クギベラ	1					1							
32 <i>Labroides dimidiatus</i>	ホンソメワケベラ	2					3							
33 <i>Pseudolabrus eoethinus</i>	アカササノハベラ	4	3				7	9			6	3		
34 <i>Pseudolabrus sieboldi</i>	ホシササノハベラ	3	4				3	1			2			
35 <i>Stethojulis interrupta terina</i>	カミナリベラ			1			1	2			1			
36 <i>Thalassoma amblycephalum</i>	コガシラベラ						1							
37 <i>Thalassoma cupido</i>	ニシキベラ	3	3				3	16	3			1	3	
38 <i>Thalassoma hardwickii</i>	セナシベラ						1							
39 <i>Thalassoma lunare</i>	オトメベラ	5					9				2			
40 <i>Thalassoma lutescens</i>	ヤマブキベラ	2					5	2				1		
41 <i>Thalassoma purpuraceum</i>	キヌベラ						4							
42 <i>Halichoeres hartzfeldii</i>	キスジキューウセン							1						
43 <i>Halichoeres melanochir</i>	ムナテンベラ	2									1			
44 <i>Halichoeres poecilopterus</i>	キューウセン	1												
45 <i>Halichoeres tenuispinnis</i>	ホンベラ	1					2							
46 <i>Calotomus japonicus</i>	ブダイ						1							
47 <i>Enneapterygius theostomus</i>	ヘビギンボ	1												
48 <i>Neoclinus bryope</i>	コケギンボ	1												
49 <i>Cirripectes variolosus</i>	ベニツケタガミカエルウオ	1												
50 <i>Istiblennius enosimae</i>	カエルウオ	1					1							
51 <i>Petroscirtes breviceps</i>	ニジギンボ						1							
52 <i>Eviota prasina</i>	ナンヨウミドリハゼ						1				2			
53 <i>Eviota prasites</i>	アオイソハゼ	1												
54 <i>Gnatholepis scapulostigma</i>	カタボシオオモンハゼ	5												
55 <i>Chaenogobius annularis</i>	アゴハゼ													
56 <i>Istigobius campbelli</i>	クツワハゼ						5	2			2	2		
57 <i>Amblyeleotris japonica</i>	ダテハゼ						1							
58 <i>Zanclus cornutus</i>	ツノダシ										1			
59 <i>Prionurus scalprum</i>	ニザダイ						3	3	1		1			
60 <i>Acanthurus dussumieri</i>	ニセカンランハギ		1				2	2	1		1	2		
61 <i>Acanthurus nigrofasciatus</i>	ナガニザ	1												
62 <i>Acanthurus triostegus</i>	シマハギ						3	2				1		
63 <i>Ctenochaetus binotatus</i>	コクテンサザナミハギ		2				3	1						
Order Tetraodontiformes	フグ目													
64 <i>Lactoria diaphana</i>	ウミスズメ	1												
65 <i>Ostracion immaculatus</i>	ハコフグ	1					1				1			
66 <i>Diodon holocanthus</i>	ハリセンボン										2			
出現度数			48	49	6	1	90	115	16	1	32	42	5	0
100m当り出現度数			24.0	24.5	3.0	0.5	30.0	38.3	5.3	0.3	16.0	21.0	2.5	0.0
出現種数					36			49				28		



15m 地点：泥っぽい砂礫底



50m 地点：スギノキミドリイシ群集



55m 地点：コブハマサンゴの周辺には
スギノキミドリイシも多い



55m 地点：大型のコブハマサンゴ



105m 地点：クシハダミドリイシ高被度域

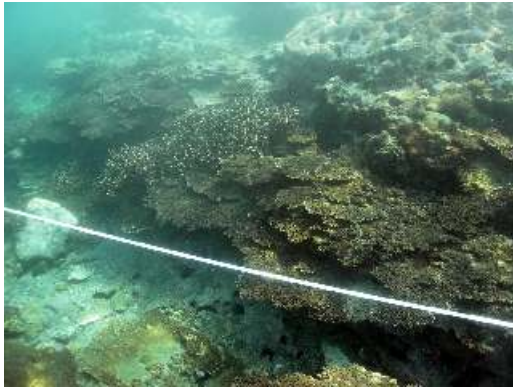


165m 地点：フカトゲキクメイシ(赤)と
ヒラウミキノコ(黄色)



180m 地点：キクメイシ科サンゴ群集

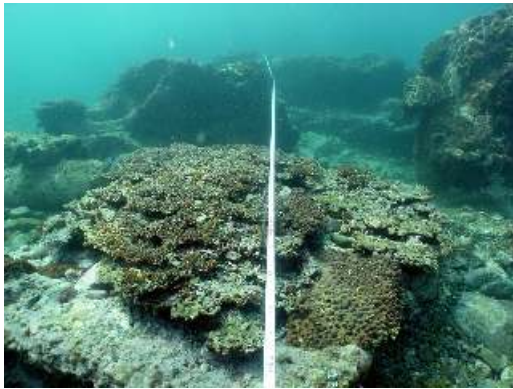
写真 1-1. 爪白地先 Line 1



65m 地点：クシハダ・スギノキミドリイシ群落



90m 地点：クシハダミドリイシ純群落



135m 地点：クシハダ・オヤユビミドリイシ



135m 地点：ヒバリガイモドキ高密度群集



167m 地点：美しいオオイソバナ



175m 地点：転石帯 サンゴは少ない



240m 地点：被覆状のキクメイシ科サンゴ

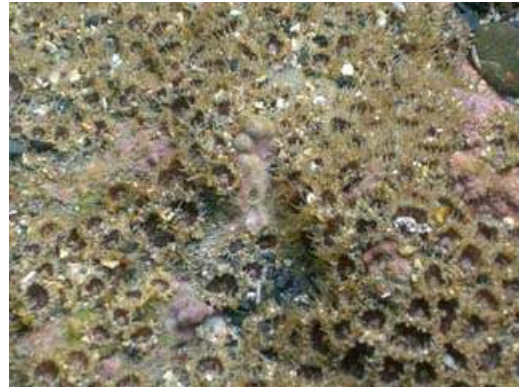


275m 地点：クシハダミドリイシ多いが
死んだ群体も多い

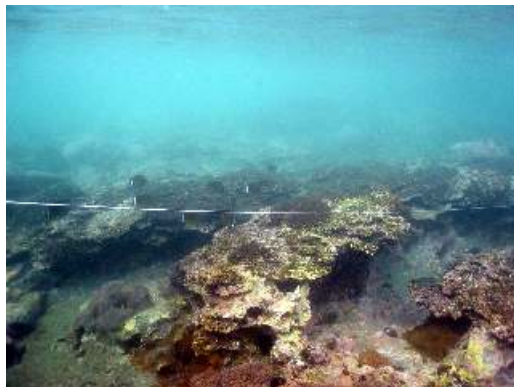
写真 1-2. 爪白地先 Line 2



20m 地点：オハグロガキ



62m 地点：ヨロイイソギンチャクの一つ



65m 地点：平坦な岩礁上のクシハダミドリイシ群集 サンゴ礁形成の兆しが見える



95m 地点：クシハダミドリイシ群落



135m 地点：窪地の礫底



270m 地点：岩礁上に浮泥の堆積が見られる
サンゴの多様度は高い

写真 1－3. 爪白地先 Line 3



25m 地点：側線が岩礁の斜面を通っている



65m 地点：多数のムラサキウニ



135m 地点：岩礁斜面にはキクメイシ科等のサンゴが見られる



120m 地点：岩礁上のクシハダミドリイシ純群落



195-200m 地点：谷の部分には浮泥や木くずなどの堆積が見られる



165m 地点：被覆状サンゴ群集

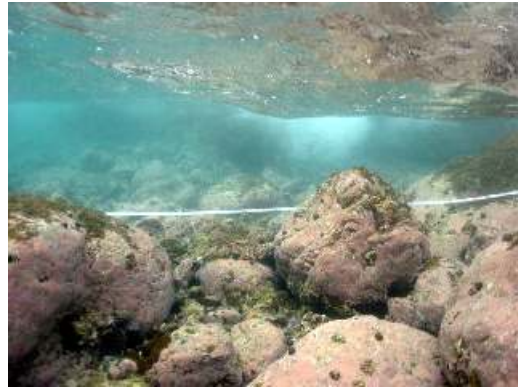


260m 地点：被覆状サンゴ群集

写真 1－4. 爪白地先 Line 4



起点～50m地点付近までは干出する



60m 地点：転石帯にクボガイ多数



80m 地点：多数のムラサキウニ



99m 地点：ウニ類、ヨロイイソギンチャクの種類



120m 地点：岩礁の尾根 浅い



135m 地点：クシハダミドリイシ高被度域



180m 地点：キクメイシ科(左)と死滅した
テーブル状ミドリイシ



200m 地点：ここから砂礫底

写真 1－5. 爪白地先 Line 5



12m 地点から起点方向：起伏の激しい岩礁



30m 地点：クボガイ多数・



41m 地点：マメスナギンチャクの種類



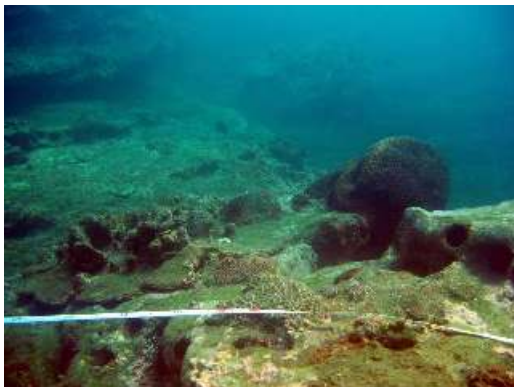
50m 地点：スギノキ・クシハダミドリイシ群集



75m 地点：被覆状サンゴ・ショウガサンゴ



135m 地点：砂を被った平らな岩礁



165m 地点：キクメイシ科優占低被度域



185m 地点：死滅したテーブル状ミドリイシの骨格

写真 1－6. 爪白地先 Line 6



10m 地点：波当たりの強い岩礁と礫



50m 地点：大きな転石にはサンゴが生育する



75m 地点：マメスナギンチャクの種類（手前）・フタマタハマサンゴ（左）・クシハダミドリイシ（奥）



80m 地点：タワシウニ非常に多い



90m 地点：谷に溜まった砂にはシルトが多い



110m 地点：クシハダミドリイシ



155m 地点：死滅したテーブル状ミドリイシの骨格

写真 1－7. 爪白地先 Line 7

1-B. 高知県西南部豪雨後のサンゴ及び底生生物相の動態の把握

「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（以後、管理方針検討調査という）」において、平成14年2月下旬に図1-31に示した湾内10地点においてコドラート（方形枠）法によるサンゴと底生生物の調査が行われている。この調査は高知県西南部豪雨から6ヶ月以内に行われており、同災害の直接の影響下で行われたサンゴと底生生物の唯一の定量的な調査である。災害から3年が経過し、サンゴと底生生物相がどの様に変化したかを把握する目的で、同じ時期に同じ地点で同じ手法を用いて調査を行った。

調査方法

調査地点は管理方針検討調査と同じ10地点とし、同調査時に撮影された写真をもとに、できるだけ同じ場所にコドラート（方形枠）を置くこととしたが、ほとんどの場合全く同じ場所が判別できないため、できるだけ同じような状況の場所にコドラートを置いて調査を行った。コドラートは1辺の長さ1.825mの正方形（面積3.33 m²）とし、このコドラートを1地点に3ヶ所設置して地点当たり調査面積を10 m²とした。

サンゴ類とはイシサンゴ目及びウミトサカ目とし、属レベルで分類して記録した。調査はSCUBA潜水によって行い、調査者はコドラート内に出現したサンゴ類の全群体について属名、長径、短径を記録し、あるいは投影形状をスケッチして必要な部位の長さを記録した。また、水中カメラを用いて方形枠内の写真を撮影し、これらの記録に基づいて属毎の群体数と投影被度を計算した。なお、調査地点の周辺を遊泳してコドラート内に出現しなかった属があれば記録し、調査地点周辺全体の被度を目視で観察、記録した。

大型底生動物については、サンゴ類と同様SCUBA潜水によって調査を行い、岩礁底では岩礁の表面に生息している動物、転石底では転石の表面及び転石下に生息している動物のうち、目視によって容易に観察できる数mm以上の大きさのものを対象とし、コドラート内に出現した底生動物の種類別の個体（群体）数または投影被度を記録した。種の同定は基本的には目視によって現場で行ったが、必要に応じて採取して研究所に持ち帰り、標本とした後同定を行ったものもある。

海藻類についても、サンゴ類と同様SCUBA潜水によって調査を行い、コドラート内に出現

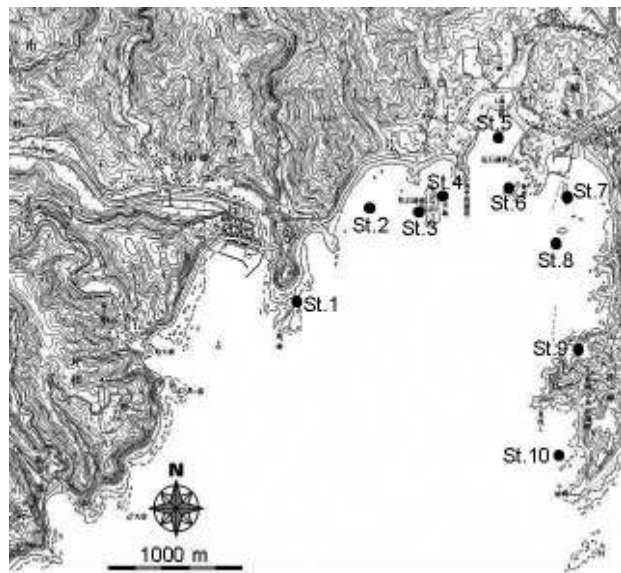


図1-31. コドラート調査地点

した海藻類の種類別の被度を目視で記録し、あるいは投影形状をスケッチして必要な部位の長さを計測して記録し、また水中カメラを用いて方形枠内の写真を撮影して、これらの記録に基づいて属毎の群体数と投影被度を計算した。種の同定は基本的に目視によって現場で行ったが、必要に応じて採取して研究所に持ち帰り、標本とした後同定を行った。

調査は以下の日程で実施した。

2005 年 1 月 14 日 : St. 1 城崎、St. 2 爪白、St. 3 弁天島西、St. 5 桜浜、St. 7 港入口

2005 年 1 月 15 日 : St. 4 弁天島東、St. 6 竜串メクスアレ、St. 10 砥崎

2005 年 1 月 18 日 : St. 8 大濬、St. 9 見残し

調査結果

コドラート調査による造礁サンゴの類の出現状況を、前回（2002 年）調査と対比させて表 1-6 に示す。また、同じく底生動物の出現状況を表 1-7 に、海藻類の出現状況を表 1-8 に示す。

各調査地点別の造礁サンゴおよび底生生物の生息状況は以下の通り。

St. 1（城崎）〔写真 1-8 (p. 63) 参照〕

13 属 123 群体のサンゴが出現し、被度は 31.4%だった。ミドリイシ属が 50 群体 18.6%と群体数、被度共に卓越し、出現したサンゴのおよそ 6 割がクシハダミドリイシを主体とする卓状ミドリイシ属だった。コドラートの周辺を含めたサンゴの生育状況は、卓状ミドリイシ優占型のサンゴ群集が被度 10-20%で生育していた。ミドリイシ属の他にはキクメイシ科のサンゴとソフトコーラルのカタトサカ属が同じくらい出現した。

2002 年の調査時と大きな変化はなかったが、ミドリイシの被度はあまり変化していないのに群体数が倍増しており、サンゴのサイズが小さくなっていることを示している。この地点は比較的波当たりの強い地点で、2004 年夏から秋にかけて次々と襲来した台風の波浪により、多くの卓状ミドリイシが破損し、修復した結果小型化した可能性があるが、詳細は不明。

底生動物では、イバラカンザシ、ナガウニ類、タワシウニが多く出現し、この海域の一般的な出現状況であった。2002 年にヒバリガイモドキが被度 8%あまり出現していたが、今回の調査では見られなかった。ヒバリガイモドキは富栄養化した海域に多く出現し、高密度の群集をパッチ状に形成する二枚貝である。コドラート周辺には今回調査時にもヒバリガイモドキのパッチを見ることができ、前回調査で出現したヒバリガイモドキが今回の調査で出現しなかった理由は、単に今回のコドラートにパッチがかからなかっただけであると思われる。

海藻は 12 種、被度 44.2%出現し、有節石灰藻であるピリヒバとヒメモサヅキが優占し、テングサ類がそれに次ぐ。2002 年調査時には海藻類の分布状況に関する記載がなく、比較ができなかった。

St. 2（爪白）〔写真 1-8 (p. 63) 参照〕

14 属 85 群体のサンゴが出現し、被度は 50.2%と、10 ヶ所の調査地点中最も高い被度を示した。このうちミドリイシ属が 38 群体、被度 38.4%と卓越しており、出現したサンゴのおよそ 4

分の3がクシハダミドリイシを主体とする卓状ミドリイシ属だった。コドラートの周辺を含めたサンゴの生育状況も卓状ミドリイシ優占型で、被度20%程度の群集が広がっている。ミドリイシ属の他にはキクメイシ科のサンゴが10%程度出現した。2002年の調査時と大きな変化はなかったが、St. 1と同様ミドリイシの被度が減少しているにもかかわらず群体数が3倍以上に増加している。この地点も波当たりの強い地点で、St. 1と同様2004年夏から秋にかけて次々と襲来した台風の波浪により、多くの卓状ミドリイシが破損し、修復した結果小型化した可能性があるが、詳細は不明。

底生動物は、ニシキウズガイ類、イバラカンザシ、ナガウニ類が多く出現し、この海域の一般的な出現状況であった。2002年の調査で多く出現したウラウズガイは今回ニシキウズガイ類として一括計数されたのであり、特に変化は認められない。

海藻類は12種、被度はわずか3.6%の出現で、非常に少なかった。St. 1と同様、2002年調査時には海藻類の分布状況に関する記載がなく、比較ができなかった。

St. 3（弁天島西） [写真 1-8 (p. 63) 参照]

20属111群体のサンゴが出現し、10ヶ所の調査地点中、出現属数が最も多かった。また、被度は48.3%とSt. 2に次ぐ高い値を示した。このうちミドリイシ属が39群体、被度18.5%で、St. 2に次ぎ、St. 1とほぼ同等の面積を被っていたが、ミドリイシ属以外のサンゴも多く出現したためミドリイシ属がサンゴ全体に対して占める割合は4割弱にとどまり、ミドリイシ優占型にはならなかった。コドラート周辺を含め、全体として多種混成型被度30%程度のサンゴ群集を形成している。2002年の調査時には卓状ミドリイシを主体とするミドリイシ属が被度36.7%あったが、コドラート周辺を含め、全体として多種混成型被度50%程度のサンゴ群集を形成していた。今回の調査ではミドリイシ属の被度が半減しているが、サンゴ全体としての被度は変化していない。前回調査結果との変化はコドラートを置いた場所の違いによるものであると考えられる。

底生動物は、ニシキウズガイ類、エガイ類、イタボガキ類、イバラカンザシ、ナガウニ類、タワシウニが多く出現した。定着性の二枚貝類が多い他はSt. 2とよく似た出現傾向を示し、この海域の一般的な出現状況であった。2002年の調査時と比べて、出現種数は10種から16種へと比率では6割の増加であるが、どちらも種数は「少ない」範囲内で、種数が増加したとはいえない。

海藻類は11種、被度はわずか4.7%の出現で、非常に少なかった。St. 1、St. 2と同様、2002年調査時には海藻類の分布状況に関する記載がなく、比較ができなかった。

St. 4（弁天島東） [写真 1-8 (p. 63) 参照]

16属91群体のサンゴが出現し、被度は8.2%だった。特に優占する属は見あたらず、多種混成型のサンゴ群集を形成している。コドラートの周辺を含めると出現属数は26属に増加するが、やはり優占種は見あたらず、多種混成型、被度10-20%の群集である。2002年の調査時に比べて被度が4分の1以下に減少しており、周辺を含めた生サンゴ被度も20%から10-20%に1ラ

ンク減少している。この地点は水害後多量の泥土が堆積した海域に隣接しており、死滅したサンゴの骨格が多く見られることなどから、2002年から2005年の間に実際にサンゴが減少したものと考えられる。

底生動物は、ニシキウズガイ類、フトコロガイ、エガイ類、ヒバリガイモドキ、ナガウニ類、タワシウニが多く出現した。St. 1～St. 3と異なり、サンゴに依存して分布するイバラカンザシが非常に少なく、代わって富栄養化に強い二枚貝であるヒバリガイモドキ、エガイ類が多く出現し、この地点が弁天島の西側海域に比べて内湾的な環境であることを示している。一面泥だらけだった2002年の調査時に出現種数が17種だったのに比べて今回の調査では26種が出現しており、底質環境の改善により多様な底生動物が見られるようになってきた可能性がある。

海藻類は5種、被度は0.3%の出現だった。転石上にわずかに無節石灰藻が見られる程度で、海藻類は非常に少なかった。St. 1～St. 3と同様、2002年調査時には海藻類の分布状況に関する記載がなく、比較ができなかった。

St. 5（桜浜） [写真 1-9 (p. 64) 参照]

11属52群体のサンゴが出現し、被度は12.2%だった。ミドリイシ属の被度6.7%と、コドラート内のサンゴ全体の半分以上を占めているものの、絶対量が少ないため、優占種とは言いがたい。コドラートの周辺には多種混成型、被度5%未満のサンゴ群集が広がっており、2002年の調査時と同様、サンゴの少ない地点である。

サンゴに代わって基岩を被っているのは海藻で、23種の海藻が被度49.7%と、海底面のおよそ半分を被って繁茂している。特に量が多いのは有節石灰藻のポリヒバで、被度24.3%と、海藻全体のおよそ半分、サンゴの被度のおよそ2倍を占めている。海藻は2002年に多く見られたフクロノリが今回は少なかった。2002年の調査はフクロノリの最盛期に当たる2月下旬に行われたのに対して、今回の調査は1月中旬に行われたため、まだフクロノリが繁茂していなかったものと考えられる。

底生動物では、二枚貝のヒバリガイモドキが被度18.0%とサンゴの被度よりも多い広範囲を被っている。他にナガウニ類とタワシウニが非常に多かった。

海藻が豊かであることとヒバリガイモドキが多量に出現することはこの地点が富栄養な内湾性の環境であることを示している。竜串湾の最奥部に当たるこの地点は、流入量は少ないものの生活排水の混じった富栄養な陸水が流入していることが明らかになっており、地点の環境としてはサンゴよりも海藻類の生育に好適な環境であると考えられる。なお、出現した底生動物は、2002年の調査時に10種だったのに比べて今回の調査では20種と倍増し、その原因は巻貝類の出現種数の増加によるところが大きい。本地点は2001年の災害時に濁水が流入せず、泥土の堆積も経験していない地点である。底生動物出現種数の増加が通常の変動の範囲であるのか、あるいは底生動物相に変化があるのか、今後の継続的な調査を待ちたい。

St. 6（竜串メクサレ） [写真 1-9 (p. 64) 参照]

6属120群体のサンゴが出現し、被度は21.7%だった。被度で見ると出現したサンゴの大部

分に当たる 19.1%をミドリイシ属が占めているが、被度はわずか 1.9%のハマサンゴ属が群体数ではミドリイシ属の 2 倍近い 75 群体を数える。コドラートの周辺には卓状ミドリイシ優占型、被度 10%程度のサンゴ群集が広がっており、全体として小型の群体が多く見られる。2002 年の調査時と比べて、ミドリイシ属、ハマサンゴ属を主体として、加入による被度の増加が生じているように見うけられる。

底生動物は、ニシキウズガイ類、イバラカンザシ、ナガウニ類が多く出現し、特にナガウニ類は 10 地点中最高の 274 個体が出現した。底生動物相は St. 1～St. 3 とよく似ており、この海域の一般的な出現状況を示している。サンゴ以外の底生動物は 2002 年の調査時には 17 種の出現だったが、今回の調査では 26 種に増加しており、水害直後に比べてより多様な底生動物が見られるようになってきたように思われる。海藻類は 2 種のみが出現し、被度も 0.1%で、極めて貧弱だった。

St. 7 (港入口) [写真 1-9 (p. 64) 参照]

15 属 103 群体のサンゴが出現し、被度は 13.1%だった。最も多く出現したのはムカシサンゴ属で、次いでミドリイシ属が多かったが、キクメイシ科各属のサンゴを加えた被度の方がミドリイシ属の被度よりも多かった。サンゴは少なく、コドラート周辺を含めると、多種混成型で被度 5%未満のサンゴ群集が形成されている。2002 年の調査時とサンゴの分布状況は大差なく、多種混成型の低被度な群集が維持されている。

底生動物は付着性二枚貝のエガイ類、穿孔性二枚貝のニオガイ類、およびナガウニ類が多く出現した。エガイ類とニオガイ類はこの地点で特異的に多く出現した。これらの二枚貝は 2002 年の調査時には記録されていないが、増加の理由は判然としない。2002 年の調査時には強く濁っていたため、特に穿孔性のニオガイ類は見落とした可能性もある。出現種数は 2002 年に 7 種、今回が 10 種で、大差ない。

海藻類は、6 種が出現し、被度 6.4%と貧弱だった。2002 年の調査では無節石灰藻が 31%記録されており、これを除くと今回の調査と大差ない。今回の調査では無節石灰藻を調査対象としなかったが、写真を見ると今回のコドラート内にも無節石灰藻の出現が確認でき、海藻類について 2002 年の調査時と変化は認められない。

St. 8 (大濠) [写真 1-10 (p. 65) 参照]

12 種 90 群体のサンゴが出現し、被度は 8.1%だった。特に優占する属はなく、コドラート周辺を含め、多種混成型の低被度な群集である。2002 年の調査時にはコドラート内のサンゴの被度は 24.1%、コドラート周辺を含めると被度 10%程度のサンゴ群集があったが、今回の調査ではコドラート内で 8.1%、周辺を含めると被度 5%未満となっており、サンゴの減少傾向が見られた。

底生動物では、イタボガキ類とナガウニ類が多く出現した。2002 年の調査では、イタボガキ類は出現していないが、同じような生態をもつエガイ類やキクザルガイ類が出現しており、ナガウニ類は 2002 年も今回も大差ない。優占種の状況には大きな変化は認められないが、出現種

数は2002年が12種だったのに比べて今回は36種と3倍に増加した。災害から3年が経過して底質環境が改善し、多様な底生動物が見られるようになってきたものと思われる。海藻類は2種、被度0.1%の出現にとどまり、貧弱であった。

St. 9（見残し）〔写真 1-10 (p. 65) 参照〕

シコロサンゴ巨大群体上、巨大群体の脇の転石帯、巨大群体最上部の干出・死滅域の3ヶ所にコドラートを置いたところ、5属が出現し、被度は39.6%だった。シコロサンゴの生育状況は良好で、干出・死滅域を除けば群体上の生サンゴ被度はほぼ100%である。シコロサンゴは内湾性のサンゴで濁りに比較的強いことや、水害後早い時期に見残し湾の泥土除去事業が行われ、湾内の底質環境や濁りの状況が改善したことが良い影響を与えているものと思われる。

シコロサンゴやハマサンゴなど塊状のサンゴが巨大に成長し海面付近に達すると、干出や冬季の低温、夏季の高温に曝されて最上部が死ぬ。それでも群体の他の部分は成長を続けるため、はじめはドーム形だった群体形が、上面中心部が死んで周囲が生きているドーナツ形に変化する。このように成長した群体を、「小さな環礁」という意味で「マイクロ・アトール」と言う。大きく成長したマイクロ・アトールの上面は石灰質であるために容易に浸食されて窪みができ、この窪みにはタイドプールに似た生物群集が形成される。St. 9のシコロサンゴ巨大群体は既にマイクロ・アトール化が進んでいるが、上面の窪みは未だ浅く、複数種のサンゴが加入しているものの冬季の干出時の低温によりほとんどが死滅している。

海藻類を含めたサンゴ以外の底生生物も比較的単調で、多く出現したのはイバラカンザシ、ガンガゼ、ナガウニ類だった。ガンガゼとナガウニ類はシコロサンゴの死滅部を嚙って浸食を促進させるが、この地点で頻繁に潜水しているグラスボート業者によると、近年群体上面のみならず群体基部の浸食が著しいということである。浸食状況の詳細は明らかでないが、放置すれば県指定天然記念物になっているシコロサンゴ単群集の景観を損ねるおそれがある。浸食状況とウニ類の生息状況に関する調査を行い、必要ならばウニ類の除去を行うなどの対策をとるべきである。

St. 10（砥崎）〔写真 1-10 (p. 65) 参照〕

13種72群体のサンゴが出現し、被度は8.1%だった。この地点は巨礫が散在する礫底で、特に優先する属はなく、コドラート周辺を含め、多種混成型で被度5%未満の群集である。2002年の調査時にも同様の群集が記録されており、特に変化は見られなかった。

底生動物では2002年、今回ともにタワシウニが非常に多く、他に特記すべき出現生物は見られなかった。海藻類は8種が出現し、被度は21.5%、有節石灰藻のピリヒバが3分の2、スギノリ目のカイノリ3分の1を占めていた。2002年の調査時にはピリヒバと無節石灰藻が被度3.9%出現していただけだったので、この地点では海藻類が増加したように見える。しかし海藻類は消長が激しいので、今後継続して調査を行うことにより、この傾向を確かめる必要がある。

まとめ

サンゴの被度、出現群体数、出現属数について、2002 年と 2005 年の調査の比較を図 1-32 に示す。

コドラート内の被度を見ると、2002 年の調査時と今回の調査の間に、弁天島より西側の St. 1、St. 2、St. 3 と湾口東側の St. 9、St. 10 では大きな変化はないが、海域で泥土の堆積が著しかった St. 4 と St. 8 ではサンゴが大きく減少した。湾最奥の St. 5 は藻場、St. 7 は三崎川河口に位置していて元々サンゴの少ない地点で、大きな変化は見られない。海中公園 2 号地の St. 6 も 2002 年にはサンゴが少なかったが、この地点では被度の増加が見られる。

コドラート内の被度はコドラートを置いた位置の少しの違いで大きな差が生じる危険があるのに対して、周辺を含む目視被度は、調査員の主観的な偏差があるため絶対値としては曖昧なものにならざるを得ないが、広い範囲を総合的に観察するため、傾向を比較するには適している。コドラート周辺を含む目視被度でも、2002 年の調査時と今回の調査の間でコドラート内の被度と基本的に同じ傾向が見られたが、コドラート内では変化が見られなかった St. 3 で被度が大きく減少して、コドラート内では被度が大きく減少した St. 4 では、減少はしたものの差が小さかったのが対照的だった。なお、St. 9 はシコロサンゴ巨大群体という特殊な地点であるため、コドラート周辺を含む目視被度は計測していない。

群体数については、2002 年に「多数」と記述されている St. 3 と、特殊な起点である St. 9 では群体数の比較はできないが、それ以外の全ての地点で 2002 年に比べて今回の調査時の方が群体数は増加している。中でも 2 倍以上の増加を示したのが St. 2 と St. 7 である。St. 2 では被度がわずかながら減少していること、被度が顕著に減少したのはミドリイシ属であること、群体数が増加したのも主にミドリイシであることから、2002 年に比べて今回は小さなサイズのミドリイシが多数出現していることを示している。St. 7 は元もと被度が低い地点で、わずかながら被度が増加した原因は前回 1 群体 0.3%だったムカシサンゴが今回は 6 群体 5.8%になっていることで、コドラートを置いた場所のちょっとした違いが群体数の違いとして表われている可能性が否定できない。しかしミドリイシ属では 12 群体 4.0%から 37 群体 2.3%と、被度が減少しているにもかかわらず群体数は 3 倍増、キクメイシ科でも 6 属 14 群体 1.6%から 8 属 48 群体 3.7%と被度はわずかな増加であるにもかかわらず群体数は 3 倍以上の増加で、2002 年に比べて小さな群体が多い事を示しているものと思われる。

St. 2 と St. 7 で小型の群体が増加している原因として考えられるのは、2004 年の夏から秋にかけて次々と来襲した台風が上げられる。サンゴの中でもミドリイシ属は骨格がもろくて壊れやすく、台風の波浪等によって壊れ、周辺に多くの破片をばらまく。これは必ずしも「被害」ではなく、このようにしてばらまかれた破片が活着し、成長して新たな群体を形成することが珍しくない。このようにしてミドリイシ類が壊れた結果、被度が減少あるいはほとんど変わらないにもかかわらず群体数が増えた可能性がある。

いずれにしても、ほとんどの地点でサンゴの被度が変わらないか減少しているのに対して、唯一 St. 6 だけはコドラート内の被度、周囲を含めた目視被度共に増加傾向を示している。中でも今回の調査で出現したミドリイシ属 (40 群体) とハマサンゴ属 (75 群体) の群体数が非常に多く、小型の群体が多い事から、加入による被度の増加が生じている可能性が高く、今後の推

移が注目される。

なお、St. 4、St. 5、St. 6、St. 8 の各地点ではサンゴを除く底生動物の出現種類数が増加した。St. 4、St. 6、St. 8 では災害時に堆積した泥土の影響が軽減したため、底生動物相が改善している可能性があるが、いずれにしてもサンゴ礁性動物群集の 10 m²あたり底生動物出現種数としては決して多いとは言えず、今後調査を継続することで検証していく必要がある。

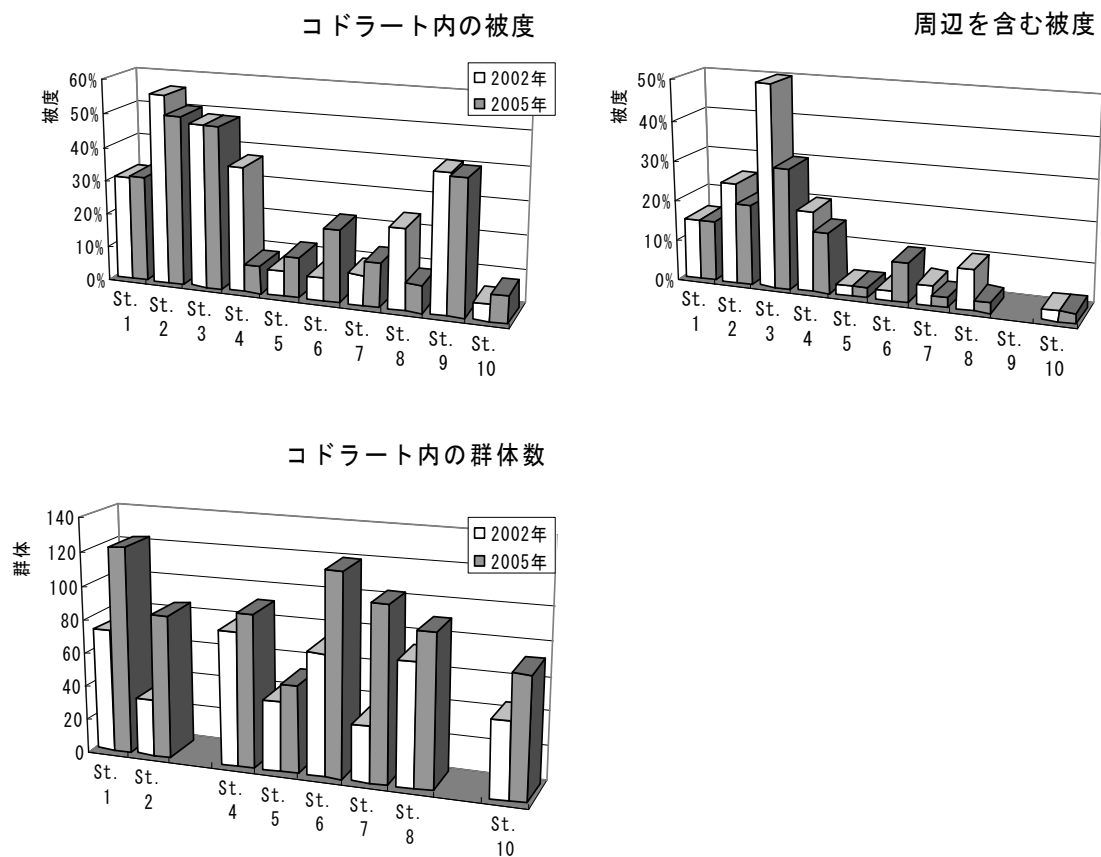


図 1-3 2. 2002 年と 2005 年の調査時におけるサンゴの被度 (上) と群体数 (下) の変化

表 1-6. コドラート調査におけるサンゴ類の出現状況 (2002 年と 2005 年の比較) その 1

群体系数の (+) は、方形枠外でのみ観察されたもの	S t . 1 (城崎)		S t . 2 (爪白)		S t . 3 (弁天島西)		S t . 4 (弁天島東)	
	2002 年	2005 年	2002 年	2005 年	2002 年	2005 年	2002 年	2005 年
	群体系数 被度	群体系数 被度	群体系数 被度	群体系数 被度	群体系数 被度	群体系数 被度	群体系数 被度	群体系数 被度
Subclass Octocorallia 八放サンゴ亜綱								
Order Alcyonacea ウミトサカ目								
Family Alcyoniidae ウミトサカ科								
1 <i>Simularia</i> カタトサカ属	14 6.4%	19 3.7%		(+)		3 1.3%	8 5.8%	5 0.4%
2 <i>Cladiella</i> ノウトサカ属						1 +		
3 <i>Sarcophyton</i> ウミキノコ属	2 0.2%		(+)				2 0.6%	1 0.0%
4 <i>Lobophytum</i> ウネタケ属	(+)		(+)			(+)	1 0.2%	
Family Nephtheidae チヂミトサカ科								
5 <i>Stereonephthya</i> ハナトサカ属								5 +
Family Xeniidae ウミアザミ科								
6 <i>Sympodium</i> チヂミウミアザミ属								2 0.1%
Subclass Hexacorallia 六放サンゴ亜綱								
Order Scleractinia イシサンゴ目								
Family Astrocoeniidae ムカシサンゴ科							2 1.2%	(+)
7 <i>Sylocoeniella</i> ムカシサンゴ属								
Family Pocilloporidae ハナヤサイサンゴ科				1 +	(+)	(+)	1 +	2 +
8 <i>Pocillopora</i> ハナヤサイサンゴ属				2 0.5%	15 3.0%	11 0.8%	2 1.0%	1 +
9 <i>Sylophora</i> ショウガサンゴ属	(+)	1 0.0%	5 0.4%					
Family Acroporidae ミドリイシ科		1 0.2%	2 0.1%	38 38.4%	多数 36.7%	2 1.2%	1 0.5%	10 0.3%
10 <i>Montipora</i> コモンサンゴ属		50 18.6%	11 47.7%	1 0.4%		39 18.5%		(+)
11 <i>Acropora</i> ミドリイシ属	24 17.7%					1 2.2%		
12 <i>Astreopora</i> アナサンゴ属								
Family Poritidae ハマサンゴ科			2 0.1%	6 0.2%	3 0.2%	12 0.4%		
13 <i>Porites</i> ハマサンゴ属					1 0.2%	2 0.1%	1 2.9%	
14 <i>Goniopora</i> ハナガササンゴ属								
Family Siderastreidae ヤスリサンゴ科				2 1.3%	1 0.2%		1 0.1%	1 0.0%
15 <i>Psammodora</i> アミメサンゴ属			(+)	2 0.1%	1 0.2%			(+)
16 <i>Coscinaraea</i> ヤスリサンゴ属								
Family Agariciidae ヒラフキサンゴ科	(+)	1 0.0%			5 3.3%	1 0.1%	6 1.7%	(+)
17 <i>Pavona</i> シコロサンゴ属								
Family Fungiidae クサビライシ科						3 0.6%	1 1.4%	(+)
18 <i>Lithophyllon</i> カワラサンゴ属								
Family Pectiniidae ウミバラ科			(+)	2 0.1%	2 1.6%	2 1.6%	5 3.2%	(+)
19 <i>Echinophyllia</i> キツカサンゴ属								(+)
20 <i>Pectinata</i> ウミバラ属								
Family Mussidae オオトゲサンゴ科		3 0.3%					1 0.2%	1 0.2%
21 <i>Acanthastrea</i> オオトゲサンゴ属						1 3.1%		(+)
22 <i>Lobophyllia</i> ハナガタサンゴ属	(+)							
23 <i>Symphylia</i> ダイノウサンゴ属								
Family Merulinidae サザナミサンゴ科								
24 <i>Merulina</i> サザナミサンゴ属	(+)		(+)	2 0.4%		1 3.2%		
25 <i>Hydnophora</i> イボサンゴ属								
Family Faviidae キクメイシ科								(+)
26 <i>Caulastrea</i> タバネサンゴ属								
27 <i>Favia</i> キクメイシ属	16 3.7%	8 2.3%	5 1.7%	3 2.0%	4 0.8%	11 3.7%	12 2.5%	3 1.1%
28 <i>Favites</i> カメノコキクメイシ属	5 0.7%	9 0.9%	2 0.1%	9 3.7%	2 0.3%	9 3.5%	13 3.7%	8 1.6%
29 <i>Goniastrea</i> コカメノコキクメイシ属	4 1.0%	9 1.7%	3 1.1%	1 0.4%	1 0.4%	5 0.9%	4 0.6%	1 1.8%
30 <i>Platygyra</i> ノウサンゴ属	2 0.1%	3 0.6%		7 0.1%	1 +	1 0.4%	1 0.3%	1 0.1%
31 <i>Oulophyllia</i> オオナガラサンゴ属								
32 <i>Montastrea</i> マルキクメイシ属		4 0.2%						
33 <i>Plesiastrea</i> コマルキクメイシ属			(+)	(+)	1 0.1%	2 1.0%	10 5.3%	2 0.1%
34 <i>Leptastrea</i> ルリサンゴ属	(+)	1 0.2%	(+)					4 0.3%
35 <i>Cyphastrea</i> トゲキクメイシ属	6 1.2%	14 2.6%	4 4.7%	9 2.6%	4 1.4%	3 0.8%	5 1.4%	44 2.2%
Family Caryophylliidae チョウジガイ科								
36 <i>Euphyllia</i> ナガラハナサンゴ属								
Family Dendrophylliidae キサンゴ科								
37 <i>Turbinaria</i> スリバチサンゴ属	(+)		(+)			1 5.2%	3 4.3%	(+)
方形枠内合計	73 31.1%	123 31.4%	34 55.9%	85 50.2%	多数 48.3%	111 48.3%	80 37.0%	91 8.2%
方形枠内出現属数	8 属	13 属	8 属	14 属	14 属	20 属	20 属	16 属
目視による周辺のサンゴ生育型	卓状ミドリイシ優占型	卓状ミドリイシ優占型	卓状ミドリイシ優占型	卓状ミドリイシ優占型	多種混成型	多種混成型	多種混成型	多種混成型
目視による周辺の生サンゴ被度	10-20%	10-20%	20-30%	20%	50%	30%	20%	10-20%
周辺のサンゴを含む出現属数	15 属	13 属	16 属	16 属	15 属	22 属	20 属	26 属

表 1-6. コドラート調査におけるサンゴ類の出現状況 (2002 年と 2005 年の比較) その 2

群体系数の (+) は、方形枠外でのみ観察されたもの	St. 5 (桜浜)				St. 6 (竜串メクスレ)				St. 7 (港入口)				St. 8 (大瀬)			
	2002 年		2005 年		2002 年		2005 年		2002 年		2005 年		2002 年		2005 年	
	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度	群体系数	被度
Subclass Octocorallia 八放サンゴ亜綱																
Order Alcyonacea ウミトサカ目																
Family Alcyoniidae ウミトサカ科																
1 <i>Simularia</i> カタトサカ属	1	0.8%			4	0.0%			3	2.0%	5	0.9%	(+)		(+)	
2 <i>Cladiella</i> ノウトサカ属									1	0.1%						
3 <i>Sarcophyton</i> ウミキノコ属	1	0.1%											1	0.1%		
4 <i>Lobophytum</i> ウネタケ属					(+)								(+)		(+)	
Family Nephtheidae チヂミトサカ科					(+)		2	0.0%								
5 <i>Stereonephthya</i> ハナトサカ属																
Family Xenidae ウミアザミ科																
6 <i>Sympodium</i> チヂミウミアザミ属																
Subclass Hexacorallia 六放サンゴ亜綱																
Order Scleractinia イシサンゴ目																
Family Astrocoeniidae ムカシサンゴ科					3	1.1%	(+)		1	0.3%	6	5.8%	3	1.6%	3	0.1%
7 <i>Sylocoeniella</i> ムカシサンゴ属																
Family Pocilloporidae ハナヤサイサンゴ科																
8 <i>Pocillopora</i> ハナヤサイサンゴ属			1	0.1%	1	0.0%	(+)				1	0.0%	1	+	2	0.0%
9 <i>Sylophora</i> ショウガサンゴ属			1	0.0%	1	0.1%			(+)				4	0.6%		
Family Acroporidae ミドリイシ科																
10 <i>Montipora</i> コモンサンゴ属			1	0.1%							1	0.1%			1	0.1%
11 <i>Acropora</i> ミドリイシ属	19	3.9%	11	6.7%	23	2.0%	40	19.1%	12	4.0%	37	2.3%	3	0.9%	13	1.2%
12 <i>Astreopora</i> アナサンゴ属																
Family Poritidae ハマサンゴ科																
13 <i>Porites</i> ハマサンゴ属	1	0.0%			3	+	75	1.9%	1	0.0%	3	0.0%	4	0.1%	27	0.6%
14 <i>Goniopora</i> ハナガササンゴ属	3	0.3%			(+)											
Family Siderastreidae ヤスリサンゴ科																
15 <i>Psammodora</i> アミメサンゴ属	1	0.1%	2	0.1%												
16 <i>Coscinaraea</i> ヤスリサンゴ属						(+)							(+)		(+)	
Family Agariciidae ヒラフキサンゴ科					(+)		1	+	1	0.1%	(+)		9	2.9%	3	0.5%
17 <i>Pavona</i> シコロサンゴ属																
Family Fungiidae クサビライシ科																
18 <i>Lithophyllon</i> カワラサンゴ属													1	0.5%	(+)	
Family Pectiniidae ウミバラ科																
19 <i>Echinophyllia</i> キツカサンゴ属					(+)		(+)						1	0.6%	1	0.1%
20 <i>Pectinata</i> ウミバラ属							(+)									
Family Mussidae オオトゲサンゴ科																
21 <i>Acanthastrea</i> オオトゲサンゴ属																
22 <i>Lobophyllia</i> ハナガタサンゴ属					(+)											
23 <i>Symphyllia</i> ダイノウサンゴ属			(+)												1	6.3%
Family Merulinidae サザナミサンゴ科																
24 <i>Merulina</i> サザナミサンゴ属			(+)													
25 <i>Hydnophora</i> イボサンゴ属			1	0.1%	1	+	(+)				2	0.1%	1	+		
Family Faviidae キクメイシ科					(+)											
26 <i>Caulastrea</i> タバネサンゴ属																
27 <i>Favia</i> キクメイシ属	3	0.5%	17	2.9%	17	1.7%	1	0.6%	6	0.6%	15	2.1%	15	3.3%	(+)	
28 <i>Favites</i> カメノコキクメイシ属	4	0.1%	9	1.0%	7	1.2%	(+)		1	0.8%	8	0.4%	9	2.8%	6	1.5%
29 <i>Goniastrea</i> コカメノコキクメイシ属	1	0.0%	4	0.2%	3	0.2%	(+)		4	1.2%	3	0.1%	(+)		4	1.1%
30 <i>Platygyra</i> ノウサンゴ属			3	0.7%	2	0.1%	(+)		1	+	2	0.1%	3	0.3%	2	0.5%
31 <i>Oulophyllia</i> オオナガレサンゴ属	1	1.5%			(+)											
32 <i>Montastrea</i> マルキクメイシ属	5	0.3%			4	0.2%					2	0.1%				
33 <i>Plesiastrea</i> コマルキクメイシ属	(+)		(+)		1	0.1%					3	0.1%	(+)		2	0.3%
34 <i>Leptastrea</i> ルリサンゴ属									1	+	3	0.3%	2	0.0%		
35 <i>Cyphastrea</i> トゲキクメイシ属	1	0.1%	2	0.4%	2	+	1	+	1	+	12	0.5%	15	4.0%	26	2.2%
Family Caryophyllidae チョウジガイ科																
36 <i>Euphyllia</i> ナガレハナサンゴ属																
Family Dendrophyllidae キサンゴ科																
37 <i>Turbinaria</i> スリバチサンゴ属	(+)		(+)		(+)		(+)						(+)			
方形枠内合計	41	7.7%	52	12.2%	72	6.9%	120	21.7%	33	9.0%	103	13.1%	73	24.1%	90	8.1%
方形枠内出現属数	12 属		11 属		14 属		6 種		12 属		15 種		16 属		12 種	
目視による周辺のサンゴ生育型	多種混成型		多種混成型		卓状ミドリイシ優占型		卓状ミドリイシ優占型		多種混成型		多種混成型		多種混成型		多種混成型	
目視による周辺の生サンゴ被度	5%未満		5%未満		5%未満		10%		5%		5%未満		10%		5%未満	
周辺のサンゴを含む出現属数	14 属		15 属		23 属		16 種		13 属		16 種		22 属		17 種	

表 1-6. コドラート調査におけるサンゴ類の出現状況(2002 年と 2005 年の比較) その 3

群体系数の(+)は、方形枠外でのみ観察されたもの	S t. 9 (見残し)		S t. 10 (砥崎)	
	2002 年		2005 年	
	群体系数	被度	群体系数	被度
Subclass Octocorallia 八放サンゴ亜綱				
Order Alcyonacea ウミトサカ目				
Family Alcyoniidae ウミトサカ科				
1 <i>Simularia</i> カタトサカ属	(+)		1 0.4%	5 1.4%
2 <i>Cladiella</i> ノウトサカ属			1 0.1%	
3 <i>Sarcophyton</i> ウミキノコ属			(+)	1 0.1%
4 <i>Lobophytum</i> ウネタケ属			(+)	
Family Nephtheidae チヂミトサカ科				
5 <i>Stereonephthya</i> ハナトサカ属				
Family Xenidae ウミアザミ科				
6 <i>Sympodium</i> チヂミウミアザミ属			(+)	5 0.2%
Subclass Hexacorallia 六放サンゴ亜綱				
Order Scleractinia イシサンゴ目				
Family Astrocoeniidae ムカシサンゴ科				
7 <i>Sylocoeniella</i> ムカシサンゴ属				
Family Pocilloporidae ハナヤサイサンゴ科			(+)	
8 <i>Pocillopora</i> ハナヤサイサンゴ属				
9 <i>Sylophora</i> ショウガサンゴ属	(+)			
Family Acroporidae ミドリイシ科				
10 <i>Montipora</i> コモンサンゴ属	(+)			
11 <i>Acropora</i> ミドリイシ属	(+)	(+)	11 3.3%	6 0.9%
12 <i>Astreopora</i> アナサンゴ属				
Family Poritidae ハマサンゴ科				
13 <i>Porites</i> ハマサンゴ属	(+)	(+)		
14 <i>Goniopora</i> ハナガササンゴ属	(+)		(+)	
Family Siderastreidae ヤスリサンゴ科				
15 <i>Psammodora</i> アミメサンゴ属				
16 <i>Coscinaraea</i> ヤスリサンゴ属		(+)		
Family Agariciidae ヒラフキサンゴ科				
17 <i>Pavona</i> シコロサンゴ属	多数 40.7%	多数 39.6%	(+)	
Family Fungiidae クサビライシ科				
18 <i>Lithophyllon</i> カワラサンゴ属				
Family Pectiniidae ウミバラ科				
19 <i>Echinophyllia</i> キッカサンゴ属		1 +	(+)	1 0.0%
20 <i>Pectinata</i> ウミバラ属		1 +		
Family Mussidae オオトゲサンゴ科				
21 <i>Acanthastrea</i> オオトゲサンゴ属				
22 <i>Lobophyllia</i> ハナガタサンゴ属				
23 <i>Symphylia</i> ダイノウサンゴ属				
Family Merulinidae サザナミサンゴ科				
24 <i>Merulina</i> サザナミサンゴ属				1 0.1%
25 <i>Hydnophora</i> イボサンゴ属			(+)	1 0.2%
Family Faviidae キクメイシ科				
26 <i>Caulastrea</i> タバネサンゴ属				
27 <i>Favia</i> キクメイシ属		2 +	21 0.5%	25 2.2%
28 <i>Favites</i> カメノコキクメイシ属				10 1.3%
29 <i>Goniastrea</i> コカメノコキクメイシ属		1 +	1 +	5 0.6%
30 <i>Platygyra</i> ノウサンゴ属			(+)	2 0.4%
31 <i>Oulophyllia</i> オオナガレサンゴ属				
32 <i>Montastrea</i> マルキクメイシ属			8 0.4%	
33 <i>Plesiastrea</i> コマルキクメイシ属			(+)	
34 <i>Leptastrea</i> ルリサンゴ属			(+)	2 0.2%
35 <i>Cyphastrea</i> トゲキクメイシ属			2 0.1%	8 0.6%
Family Caryophyllidae チョウジガイ科				
36 <i>Euphyllia</i> ナガラハナサンゴ属	(+)			
Family Dendrophyllidae キサンゴ科				
37 <i>Turbinaria</i> スリバチサンゴ属	(+)	(+)		
方形枠内合計	多数 40.7%	多数 39.6%	45 4.8%	72 8.1%
方形枠内出現属数	1 属	5 種	7 属	13 種
目視による周辺のサンゴ生育型	シコロサンゴ 優占	シコロサンゴ 優占	多種混成型	多種混成型
目視による周辺の生サンゴ被度	大群	大群	5%未満	5%未満
周辺のサンゴを含む出現属数	9 属	9 種	18 属	13 種

表 1-7. コドラート調査における底生動物の出現状況（2002 年と 2005 年の比較）その 1

	St.1 (城崎)		St.2 (爪白)		St.3 (弁天西)		St.4 (弁天東)		St.5 (桜浜)		St.6 (竜串メクスレ)		St.7 (港入口)		St.8 (大礫)		St.9 (見残し)		St.10 (砥崎)		備考
	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	
表中数字は個体数.%表示のものは被度																					
海綿動物門																					
尋常海綿綱																					
イソカイメン科の一種																			0.2%		
尋常海綿類		0.3%				0.5%		0.0%		0.3%		0.0%				0.0%			2.5%	0.0%	
刺胞動物門																					
ヒドロ虫綱																					
シロガヤ <i>Aglaophenia whiteleggei</i>									<0.1%	+					+						
クロガヤ <i>Lytocarpia nigra</i>		+							0.30%	+											
鉢虫綱																					
イラモ <i>Stephanoscyphus racemosum</i>													1.25%								
花虫綱																					
イワスナギンチャクの一つ <i>Palythoa</i> sp.		0.2%						0.3%													
メスナギンチャクの一つ <i>Zoanthus</i> sp.																	0.0%				
ニチリンイソギンチャク <i>Phymanthus muscosus</i>			1				2				3										
グビジンイソギンチャク <i>Stichodactyla tapetum</i>			1		3		1												3		
軟体動物門																					
多板綱																					
ウスヒザラガイ <i>Ischnochiton comptus</i>								6													
クサズリガイ <i>Rhyssoxplax komaiana</i>											2					3				1	
オオクサズリガイ <i>Rhyssoxplax kurodai</i>											3					2					
腹足綱																					
シボリガイモドキ <i>Patelloida signatoides</i>																				2	
スソキレガイ <i>Emarginula crassicostata</i>												1									
クボガイ <i>Chloro lischkei</i>								7													
チョウセンサザエ <i>Marmarostoma argyrostoma</i>		1																	3		
カバサンシヨウガイモドキ <i>Euchelus rubra</i>																				1	
ニシキウズガイ類 <i>Trochus</i> spp.	11	7	7	31	2	31	3	46	8	1	35	32	6	6	28		1		34	11	
ウラウズガイ <i>Astrarium haematragum</i>	7		20		9		12				16	8		10			1		4		
クルマチグサ <i>Eurytrochus cognatus</i>								1							3					3	
コマキアゲエビス <i>Clanculus bronni</i>															3						
コモンダカラガイ <i>Erosaria erosa</i>																	1				
ハナビラダカラガイ <i>Monetaria annulus</i>																	2	4			
ヤクシマダカラガイ <i>Mauritia arabica</i>					1					1											
ハナマルユキダカラ <i>Ravitronea caputserpentis</i>		1							1	1											
オキニシ <i>Bursa bufonia dunkeri kira</i>											2						1				
マガキガイ <i>Conomurex luchuanus</i>		5																			
ガンゼキボラ <i>Chicoteus brunneus</i>								1		2											
ウネレイシダマシ <i>Cronia margariticola</i>												2			1						
ヒメヨウラク <i>Ergalatax contractus</i>		1				2		1				1			3						
イソバシヨウ <i>Ceratostoma fourmieri</i>	+									1		2			2						
クロフレイシダマシ <i>Morula funiculata</i>				1						1		4			5						
アカイガレイシ <i>Drupa rubusidaeus</i>																				1	
ウニレイシ <i>Mancinella echnata</i>								19													
クリフレイシ <i>Thais kyeistina</i>											2										
クテムラサキサゴヤドリ <i>Coralliophila neritoides</i>															4						

表 1-7. コドラート調査における底生動物の出現状況（2002 年と 2005 年の比較） その 2

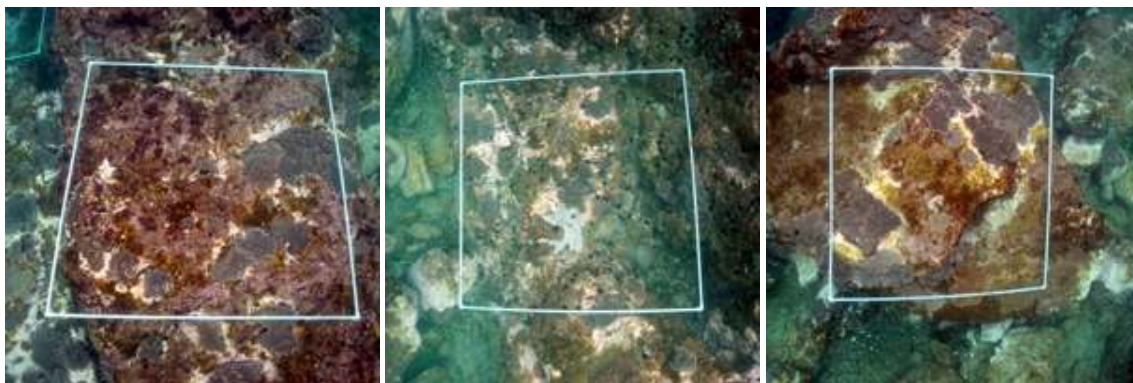
	St.1 (城崎)		St.2 (爪白)		St.3 (弁天西)		St.4 (弁天東)		St.5 (桜浜)		St.6 (竜串メクスレ)		St.7 (港入口)		St.8 (大嶽)		St.9 (見残し)		St.10 (砥崎)		備考
	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	
表中数字は個体数.%表示のものは被度																					
アウキガイ科類											9				10				2		
フトコロガイ <i>Euplica scripta</i>		4		3		3		38		6		6			7					6	
タモトガイ <i>Pyrene punctata</i>		1		1		2						3			3					3	
マツムシガイの一種 <i>Pyrene</i> sp.						1															
テンスジノシガイ <i>Enzinopsisn astricta</i>								2								1					
ヤタテガイ <i>Strigatella scutula</i>						2															
ジュズカケサヤガタイモ <i>Conus coronatus</i>										1											
イモガイ科の一種	1																				
ミカドウミウシ <i>Hexabranchnus lacera</i>								1													
フジタウミウシ科の一種						2															
アウミウシ <i>Hypselodoris festis</i>						1			1												
頭足綱																					
マメダコ <i>Octopus brevice</i>													1								
二枚貝綱																					
エガイ類 <i>Barbatia</i> spp.	6	1			4	31		29	7		3		14	181	66	4	56			5	エガイ・ベニエガイを含む
ヒバリガイモドキ <i>Hormomya mutabilis</i>	8.1%							7.6%	18.0%	18.0%	3.7%										
イガイ科の一種												2				1					
シロアオリ <i>Isognomon legumen</i>																1					
ミノガイ <i>Lima vulgaris</i>				1				2			3					3					
ナデシコガイ <i>Chlamys irregularis</i>										1						1					
イタボガキ科類		1		14		87		12	20		2				104						ベニガキ・カノコガキ・コケゴロモ等を含む
カゲロウガイ科の一種																	28				
キクザルガイ科の一種	10				3		1								34		1				
トマヤガイ <i>Cardita leana</i>																2					
ニオガイ科の一種													135		12						砂岩に穿孔
紐形動物門																					
無針綱																					
サナダヒモムシ <i>Baseodiscus bempriidii</i>															1						
環形動物門																					
多毛綱																					
ケヤリムシ科の一種																		1			
イバラカンザシ <i>Spirobranchus giganteus</i>	30	100	48	44	57	36	7	6	3	13	10	32		12	12	15	31	39		2	
チンチロフサゴカイ <i>Loimia verrucosa</i>											2					7		3			
節足動物門																					
甲殻綱																					
ヨコバサミの一種 <i>Clibanarius</i> sp.				5											27				6		
イシダタミヤドカリ <i>Dardanus crassimanus</i>	1																				
スベスベサンゴヤドカリ <i>Calcinus laevimanus</i>			1																		
サンゴヤドカリの一種 <i>Calcinus</i> sp.				2							1				1				1		
サンゴガニの一種 <i>Trapezia</i> sp.				2																	
オウギガニの一種 <i>Leptodius</i> sp.															1						

- 61 -

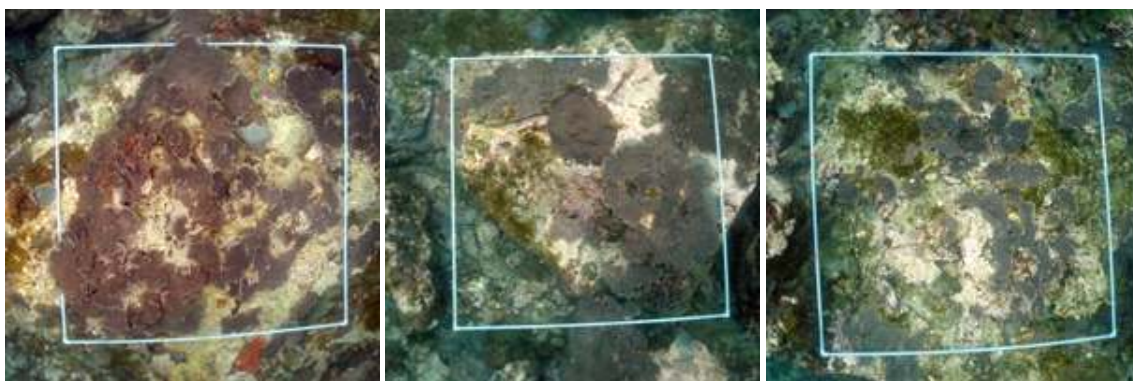
	St.1 (城崎)		St.2 (爪白)		St.3 (弁天西)		St.4 (弁天東)		St.5 (桜浜)		St.6 (竜串メクスレ)		St.7 (港入口)		St.8 (大郷)		St.9 (見残し)		St.10 (砥崎)		備考
	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	2002	2005	
表中数字は個体数.%表示のものは被度																					
棘皮動物門																					
ウミユリ綱																					
オオウミシダ <i>Tropiomatra afra</i>							3	2			1	1		4	3		2				
ニッポンウミシダ <i>Oxycomanthus japonicus</i>				1			15				2				25			2			
コアシウミシダ <i>Comanthus parvicirrus</i>						1	3	1						9	1	15					
ヒガサウミシダ <i>Lamprometra palmata</i>																5					
ヒトデ綱																					
アミメジュズベリヒトデ <i>Fromia indica</i>																				1	
ヤツデヒトデ <i>Coscinasterias acutispina</i>				2																	
クモヒトデ綱																					
チビクモヒトデ <i>Ophiactis savignyi</i>															3					1	ウミシダに付着
コマチクモヒトデ <i>Ophiomaza cacaotica</i>											1										
アミメクモヒトデ <i>Ophioneis dubia</i>							1			9	1									1	
ミツイタクモヒトデ <i>Ophioneis porrecta</i>								1							6					11	
ゴマフクモヒトデ <i>Ophiocoma dentata</i>								3												11	
アカクモヒトデ <i>Ohiomastix mixta</i>																	1		11	9	
ウデナガクモヒトデ <i>Macrophiothrix longipeda</i>							4				13										
ナガトゲクモヒトデ <i>Ophiothrix exigua</i>		1									1										
フサクモヒトデの一種 <i>Ophiocoma</i> sp.											1								2		
ウニ綱																					
ガンガゼ <i>Diadema setosum</i>					2	2		7			4				12		40	48	4		
アオスジガンガゼ <i>Diadema savignyi</i>																	2		1		
トックリガンガゼモドキ <i>Echinothrix calamaris</i>																		1			
ナガウニ類 <i>Echinometra</i> spp.		46	42	27	41	80	86	38	61	26	54	185	274	21	122	182	188	67	144	36	10
ムラサキウニ <i>Anthocidaris crassispina</i>			7	1				2	13	4	9		2	5							
タワシウニ <i>Echinostrephus molaris</i>		136	130	47	3	2	32	6	129	122	230	12	16		11	2	1			636	590
ラッパウニ <i>Taxopneustes pileolus</i>												3								1	
ナマコ綱																					
ムラサキグミモドキ <i>Afrocumis africana</i>							32	82						2	1						
ニセクロナマコ <i>Holothuria leucospirota</i>							1							1							
脊索動物門																					
ホヤ綱																					
ホヤ類						0.1%		0.0%		0.0%		0.0%									
出現種類数		13	14	11	13	10	16	17	26	10	20	17	26	7	10	12	36	13	9	14	20

表 1-8. コドラート調査における海藻類の出現状況 (2002 年と 2005 年の比較)

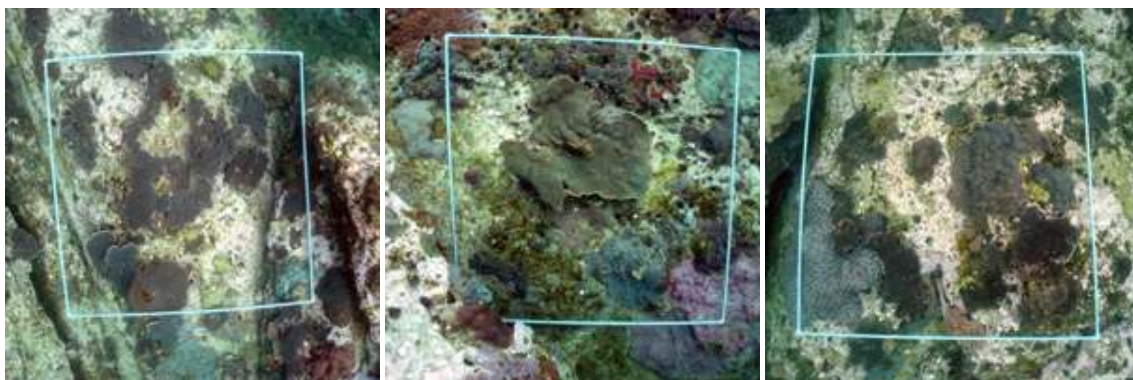
[illegible]



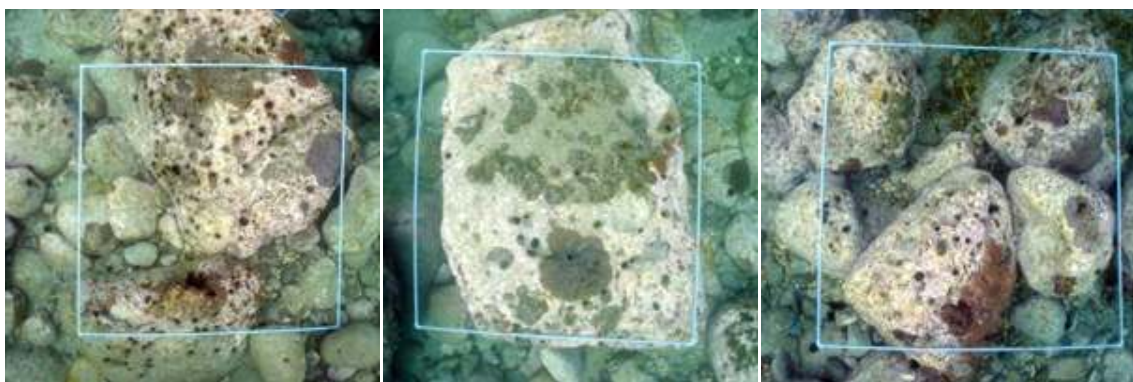
St. 1（城崎）のコドラート



St. 2（爪白）のコドラート

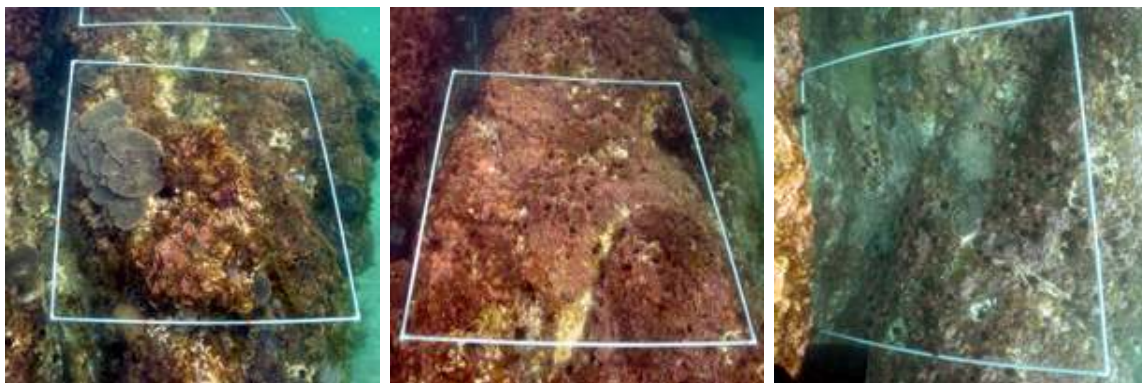


St. 3（弁天島西）のコドラート

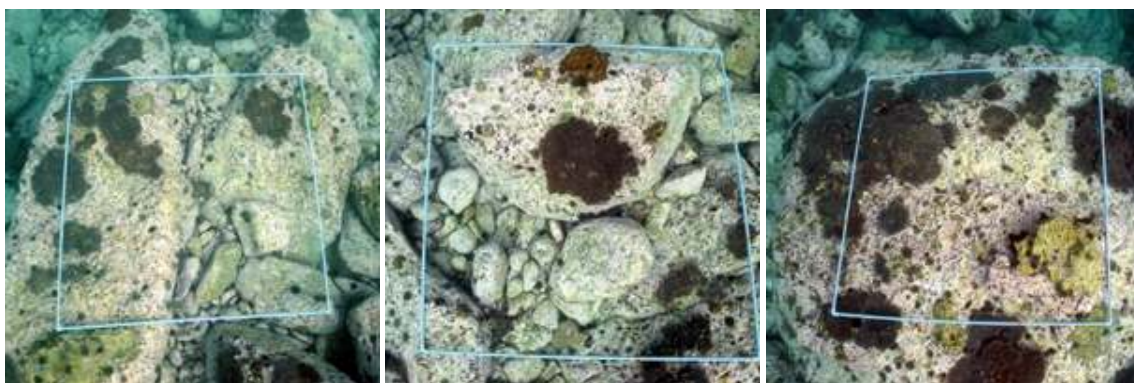


St. 4（弁天島東）のコドラート

写真 1－8. St. 1～St. 4 のコドラート



St. 5（桜浜）のコドラート

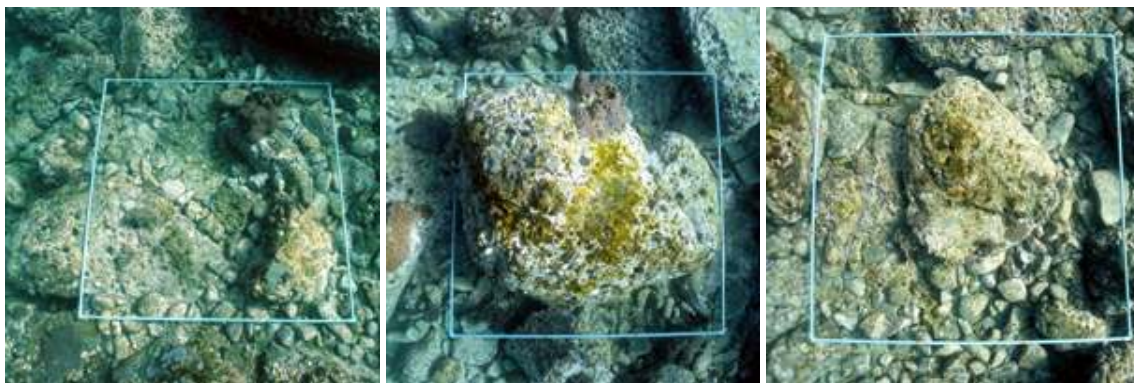


St. 6（竜串メクサレ）のコドラート

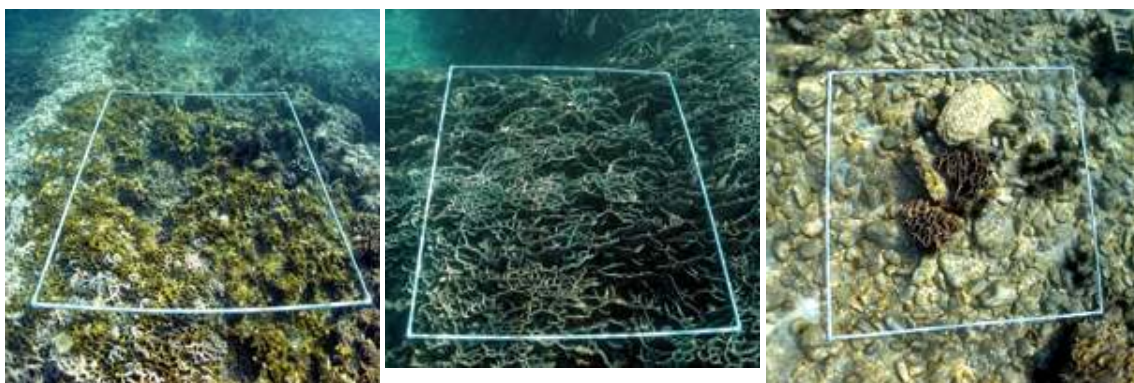


St. 7（港入口）のコドラート

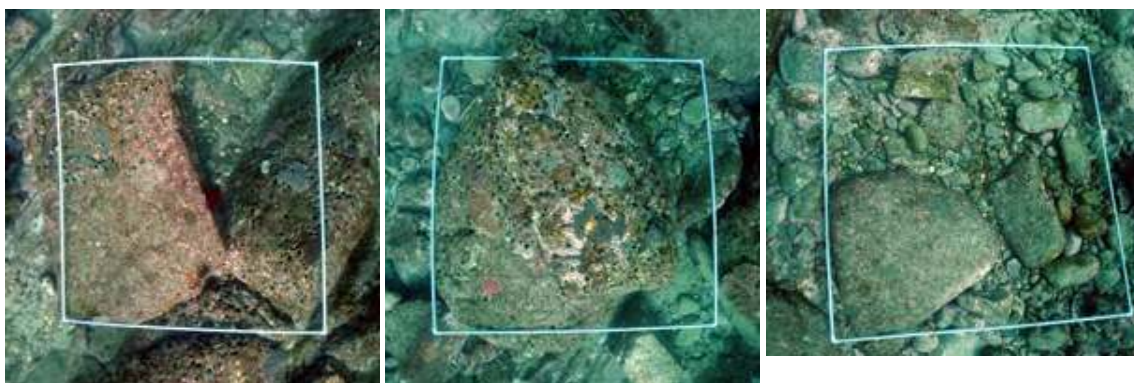
写真 1－9. St. 5～St. 7 のコドラート



St. 8 (大礫) のコドラート



St. 9 (見残し) のコドラート



St. 10 (砥崎) のコドラート

写真 1 - 10. St. 8~St. 10 のコドラート

1－C. サンゴの成長段階に応じた生育状況調査

健全なサンゴ群集が長期間にわたって維持されるためには、①サンゴの幼生の供給、②供給された幼生の着生、③着生した稚サンゴの群体形成、④サンゴ群体の成長、⑤配偶子放出による次世代の生産という、サンゴの生活史全般にわたる営みが正常におこなわれていることが肝要である。これまでの調査により、竜串湾内でも場所によってサンゴの生育状況は異なっており、生育状況の良い場所と悪い場所ではサンゴの生育に関わる様々な環境が異なっていることが明らかになってきた。そこで、場所による環境の違いがサンゴの生活史のどの段階に影響を与えているのかを明らかにするため、サンゴの生活史の各段階における生育状況が、場所によりどの様に異なっているのかを調査する必要がある。

たとえばある地点のサンゴの生育状況が、サンゴ群体の成長に問題はないが、幼生の供給・着生・群体形成などに問題があるならば、移植や種苗放流によってサンゴ群集の回復を図る必要があるだろうし、幼生の供給や着生は充分に行われているにもかかわらずサンゴ群体の成長に問題があるならば、環境の改善が最も重要で、環境が改善されれば移植などの手段を講じる必要はなく、自律的にサンゴ群集は回復することが予想される。

このように、サンゴの成長段階に応じた生育状況を知ることは、サンゴ再生の方針を検討する上で極めて重要である。調査項目とその調査によって知ることができるサンゴの生育状況は以下の通りである。

a) サンゴの加入状況調査（定着板による幼生加入量の調査）

- ①サンゴの幼生が流れてくるか
- ②流れてきた幼生は定着することができるか

b) サンゴ幼体分布状況調査

- ②流れてきた幼生は定着することができるか
- ③定着したサンゴの幼体が群体を形成することができるか

c) 移植サンゴ生育状況調査

及び

d) サンゴ群体生育状況調査（定点写真撮影）

- ④群体が大きく育つ事ができるか

e) 竜串におけるサンゴの産卵状況

- ⑤次世代の生産が行われているか

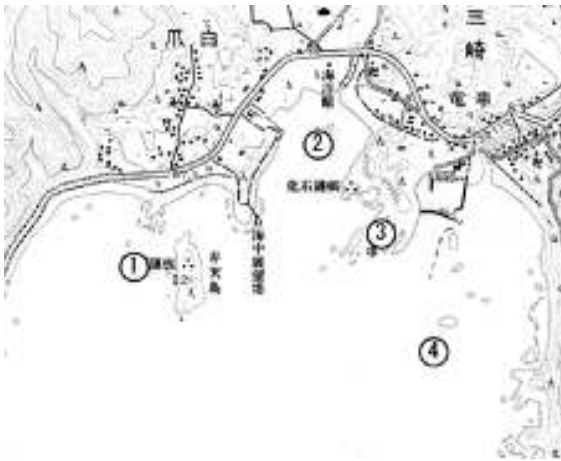
a) サンゴの加入状況調査

(1) 毎月交換型の定着量調査

ア. 調査方法

平成 15 年度より継続して図 1-33 に示した①爪白、②桜浜、③竜串、④大濠沖の 4 ヲ所にサンゴ幼生の定着板を設置し、稚サンゴの加入状況を調べた。定着板には厚さ 5mm のフレキシブルボード（石綿セメント板）を 100×100mm にカットしたものをを用いた。図 1-34 に示したように、岩盤に取り付けたステンレスボルトに、15mm の間隔で 2 枚の定着板をナットで固定した。これを各地点に 5 組ずつ設置し、原則として毎月一回、回収と設置を行った。

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稚サンゴの定着数を計数するとともに科のレベルでの同定を行った。



①爪白 ②桜浜
③竜串 ④大濠

図 1-33. サンゴ定着量調査地点
(毎月交換型)

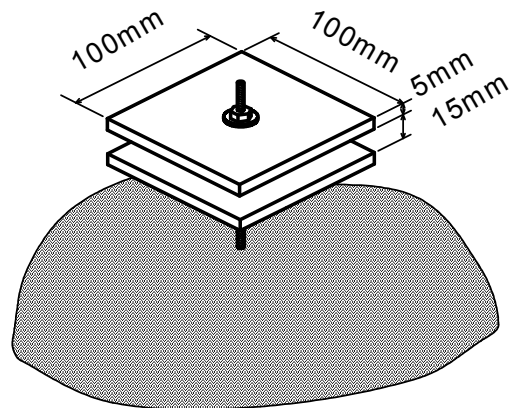


図 1-34. サンゴ幼生定着板
このセットを 1 地点に 5 個設置する

イ. 調査結果

毎月交換分の定着量調査結果を表 1-9 に示した。2003 年 7 月に最初の定着板を設置してから 2005 年 3 月に最後の定着板を回収するまで、全ての地点、全ての時点でサンゴ幼体の定着は認められなかった。

表 1-9. 竜串湾におけるサンゴ幼生の定着量 (2004 年度毎月交換型)

	設置数 (組)	回収数 (組)	定着数 (個体)					合計 (個体)	定着板 1 組あたりの 定着数	設置期間
			ハナヤ サイサン ゴ科	ハマサ ンゴ科	ミドリ イシ科	その他	不明			
① 爪 白	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/3/20-4/23
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/5/26-6/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/6/28-7/28
	5	4	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/7/28-9/2
	5	2	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/9/2-10/7
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/10/7-11/29
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2002/11/29-12/22
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/12/22-2005/1/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/1/27-3/1
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/3/1-3/24
② 桜 浜	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/3/20-4/23
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/5/26-6/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/6/28-7/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/7/28-9/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/9/2-10/7
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/10/7-11/29
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2002/11/29-12/22
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/12/22-2005/1/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/1/27-3/1
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/3/1-3/24
③ 竜 串 東	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/3/20-4/23
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/5/26-6/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/6/28-7/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/7/28-9/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/9/2-10/7
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/10/7-11/29
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2002/11/29-12/22
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/12/22-2005/1/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/1/27-3/1
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/3/1-3/24
④ 大 簗 沖	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/3/20-4/23
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/5/26-6/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/6/28-7/28
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/7/28-9/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/9/2-10/7
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/10/7-11/29
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2002/11/29-12/22
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2004/12/22-2005/1/2
	5	5	0	0	0	0	0	0	0.0	2005/1/27-3/1
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	2005/3/1-未回収
合計	100	96	0	0	0	0	0	0	0.0	

(2) 長期設置型の定着量調査

ア. 調査方法

平成 15 年度の調査で、毎月交換型の定着量調査結果が定着量 0 だったことから、設置期間が短いため、定着板として使用しているフレキシブルボードの表面の pH や生物皮膜などの状況がサンゴの定着に適した状態にならない可能性が考えられた。そこで、毎月交換型の定着量調査とは別に、図 1-35 に示した爪白、弁天島、桜浜、竜串西、竜串東、大濠南の 6 ヶ所で、サンゴの産卵時期の 1 ヶ月以上前に定着板を設置し、約 3 ヶ月後に回収してサンゴの定着加入量を調べる長期設置型の定着量調査を実施した。

長期設置型の定着板については設置を 5 月 8～12 日に行い、9 月 2～11 日に回収を行った。定着板の設置数は各地点 9 組ずつとし、このうち 5 組を毎月交換型と同様に基盤と平行に、残りの 4 組を L 字に曲げたステンレスボルトを用いて、基盤に対して垂直に設置した（図 1-36）。

回収した定着板は、毎月交換型と同様、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稚サンゴの定着数を計数するとともに科のレベルでの同定を行った。

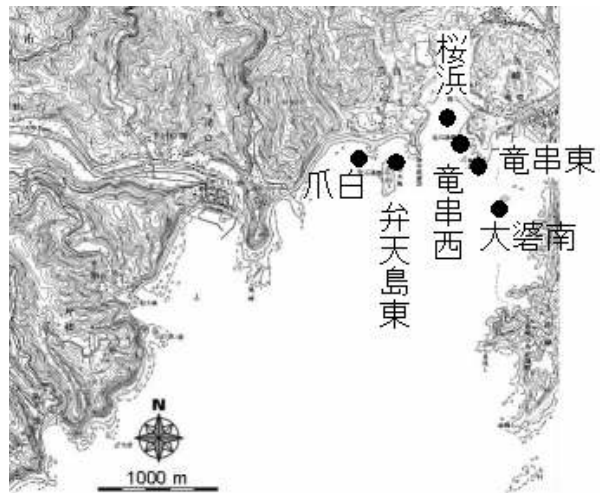


図 1-35. サンゴ定着量調査地点
(長期設置型)

イ. 調査結果

長期設置型の定着量調査結果を表 1-10 および図 1-37 に示した。長期設置型では、毎月交換型とは異なり、1 地点あたり 0～49 群体、6 地点合計で 71 群体の定着が認められた。ただし、爪白では回収できた定着板が 1 組しかなかった。爪白の調査地点は波当たりの強い場所で、平成 16 年は定着板設置期間中に 2～3 個の台風による強い波浪の影響を受けたために、岩礁に固定した定着板が吹き飛ばされてしまったもので、残されていた定着板もまるでサンドペーパーで擦られたような状態であった。そのため爪白の調査結果は、有効な資料とすることはできない。

他の 5 地点では、最初に設置した 9 組 18 枚の定着板の内 13～18 枚が回収され、今年度の幼生加入状況を知る資料を得ることができた。

定着板一組あたりの定着量は最も少なかった大濠南が定着なし、最も多かった竜串西が 5.4 群体／組だった。その他の地点ではいずれも 2 群体／組以下だった。定着したサンゴの分類群

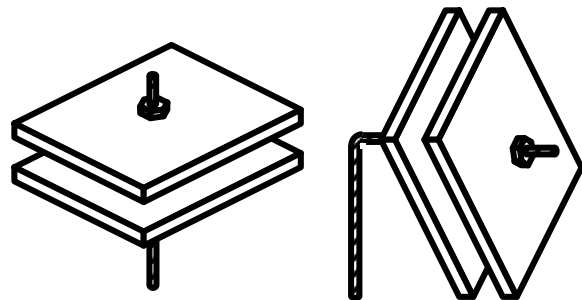


図 1-36. 長期設置型定着板の設置状況

の組成をみると、ハナヤサイサンゴ科がもっとも多く、6地点の合計定着数の71%を占めており、ミドリイシ科は17.4%、ハマサンゴ科は11.6%となっていた。弁天島東、竜串西ではハナヤサイサンゴ科が定着数の80%以上を占めており、ミドリイシ科の定着数がハナヤサイサンゴ科を上回った地点は桜浜のみであった。

表 1-10. 竜串湾におけるサンゴ幼生の定着量（長期設置型）

地点	回収枚／設置枚	設置期間	サンゴ定着量（群体数）						1組(2枚)当り定着数
			ハナヤサイサンゴ科	ハマサンゴ科	ミドリイシ科	その他	不明	合計	
爪白	2／18	5/12-9/2 (113 日)	-	-	-	-	-	0	0.0
弁天島東	13／18	5/12,6/30-9/2 (64,113 日)	6	-	-	-	-	6	0.9
桜浜	14／18	5/8-9/11 (126 日)	4	-	10	-	-	14	2.0
竜串西	18／18	5/12-9/2 (113 日)	40	7	2	-	-	49	5.4
竜串東	14／18	5/12-9/2 (113 日)	1	1	-	-	-	2	0.3
大湊南	18／18	5/12-9/2 (113 日)	-	-	-	-	-	0	0.0

(3) サンゴ幼生の加入状況

竜串湾におけるサンゴの加入状況調査は平成 15 年度から行っているが、当初の調査方法であった毎月交換型の定着量調査では、平成 15 年度、16 年度を通してまったくサンゴの定着が見られなかった。

一般に竜串湾をはじめとするサンゴの高被度海域では、通常ミドリイシ属のサンゴが最も現存量が多く、見残し湾のシコロサンゴ群落のような特殊な場所を除くと、サンゴ景観の主要な要素になっているのもミドリイシ属のサンゴである。このミドリイシ属サンゴ

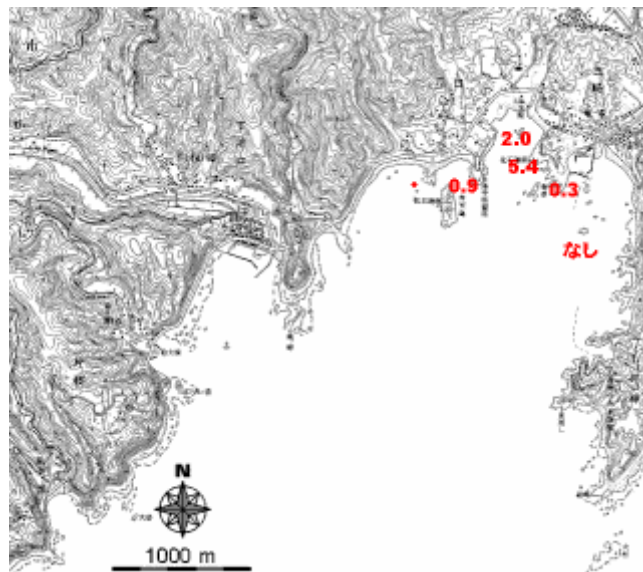


図 1-37. 定着量分布状況（長期設置型）

は、雌雄同体で配偶子放出型の繁殖生態を示し、放出された配偶子は放出後直ちに受精し、2 日後にはプラヌラ幼生として遊泳を始め、3 日後には着生能力を持ち、着生したサンゴ幼体は数日から 1 週間後には骨格を形成することが知られている。ハナヤサイサンゴ科のようにサンゴ体内で受精してプラヌラ幼生になるまで保育するタイプのサンゴでは、親群体から放出されたプラヌラは直ちに着生する能力を持っており、やはり数日から 1 週間後には骨格を形成する。

この性質を利用して、毎月定着板を交換することでサンゴの加入の季節的な変化を知ろうと、

毎月定着板を交換して定着量調査を行ったのだが、定着板として使用したフレキシブルボードは材質としてアルカリの強いセメントを使用しているため、表面の pH や生物皮膜などの状況が、サンゴの定着に適した状態になるまでに相当の期間が必要だった可能性がある。

そこで、今年度は既に沖縄海域等で実績のある長期設置型の調査を追加して行ったところ、弁天島東、桜浜、竜串西、竜串東でサンゴ幼生の加入が確認された。今回の調査結果からは、竜串西の調査地点で最も定着量が多く、ハナヤサイサンゴ科を主体とする 5.4 群体／組の定着が見られた。この定着量が多いのか少ないのかを判断するため、他の海域（石西礁湖）および近隣の海域（足摺宇和海海域）で行われた定着量調査結果と比較して検討する。

○石西礁湖の定着量調査結果

これまで我が国で行われてきた定着板を用いたサンゴ加入量の調査はサンゴ礁海域で実施されており、沖縄では一般に定着板に定着するサンゴの 80%以上がミドリイシ科で、定着量には地域によるばらつきが非常に大きいことがわかっている。沖縄県八重山諸島の石西礁湖で行われている自然再生推進計画調査でも、本調査とほぼ同様の手法により石西礁湖内の 27 地点で定着量の調査が行われたが、その結果によると、回収された 26 地点 757 枚の定着板に、合計 8,819 群体の稚サンゴがみられ、89%がミドリイシ属、6%がハナヤサイサンゴ科であった。26 地点中最も定着量の多かった地点では 231.9 群体／組、最も定着量の少なかった地点では 0.4 群体／組で、1 群体／組未満の地点が 4 地点、1～10 群体／組の地点が 14 地点、10～100 群体／組の地点が 6 地点、100 群体／組以上の地点が 2 地点だった（石西礁湖自然再生のホームページより：図 1-38）。

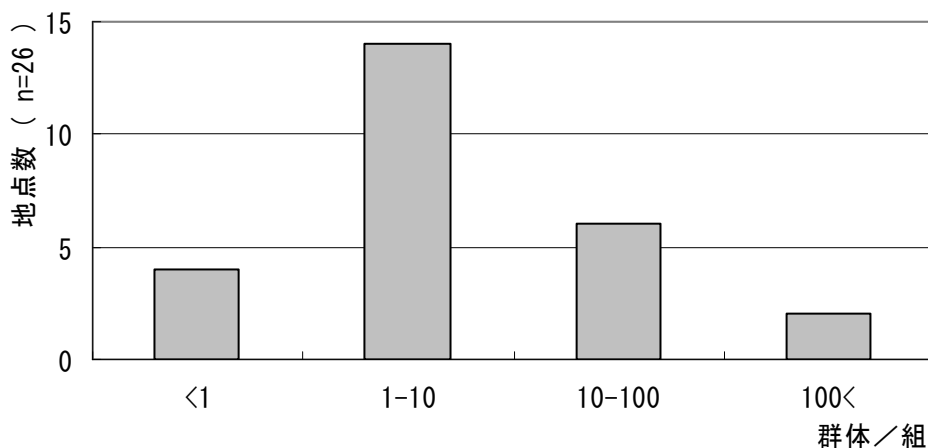


図 1-38. 石西礁湖 26 ヶ所におけるサンゴ加入状況

非サンゴ礁海域の竜串とサンゴ礁海域である石西礁湖の調査結果を単純に比較できるものではないが、石西礁湖ではほとんどの地点でミドリイシが優占するのに対して、竜串海域ではミドリイシ科よりもハナヤサイサンゴ科が優占している地点が多い点が大きく異なる。また、石西礁湖では全く定着がない地点は存在しなかったが、竜串海域では、大瀨南で幼生の定着が全くみられなかった。大瀨南では爪白とは異なり、設置した 18 枚全ての定着板が回収でき、特に激しい波浪に曝された形跡もない。そのためこの地点には幼生が流れてこなかったか、あるいは

は幼生は流れてきたが、定着に不適當な環境であったと考えられる。定着板にはサンゴの幼生のみが定着するわけではなく、フジツボ類、ゴカイ類、コケムシ類、無節石灰藻類、その他、様々な生物が着生しているのが観察された。大湊南の定着板にも主にフジツボ類の着生が見られたが、他の地点では着生したフジツボの多くが生きた状態で回収されたのに対して、大湊南では死んだフジツボの殻が多く見られた。このことはサンゴの定着が見られなかったことと何らかの関係があるかもしれない。今回は定着板回収時に定着板上のシルトの堆積状況などの資料を収集しなかったため、次年度以降、同様の調査を行うときには、定着板回収時にシルトの堆積状況を記録し、写真を撮影するなどして、資料の収集を行うことを検討する必要がある。

なお、石西礁湖の 26 地点における定着量（平均値 24.1 群体／組・標準偏差 51.2、中央値 4.4 群体／組）と比較すると、爪白を除く竜串湾内 5 ヶ所の定着量（平均値 1.8 群体／組・標準偏差 2.0、中央値 0.9 群体／組）は明らかに少ない。

○足摺宇和海海域の定着量調査結果

これまで非サンゴ礁海域でサンゴの加入量調査が行われていなかったため、黒潮生物研究所では平成 16 年度から東海大学海洋研究所と共同で非サンゴ礁海域のサンゴの加入量の調査を開始した。調査は足摺宇和海海域、串本海域、伊豆海域で行われ、黒潮生物研究所は足摺海域の調査を行っている。この調査では、足摺宇和海海域の 12 地点（図 1-39）で、上記の長期設置型の定着量調査と同じ方法で調査を行っている。表 1-11 に調査結果を示す。

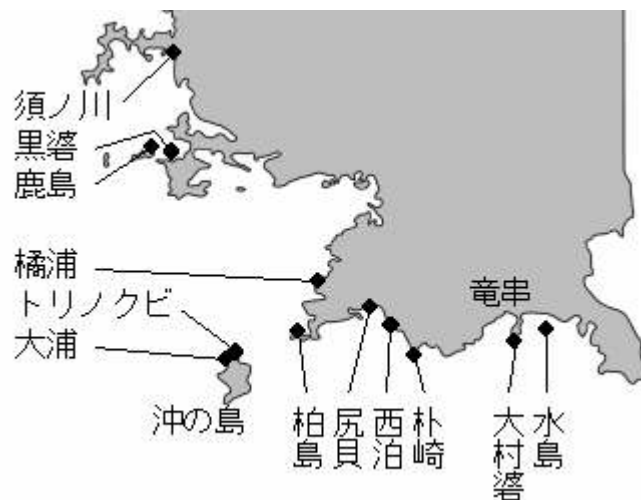


図 1-39. 足摺宇和海海域のサンゴ幼生定着量調査地点

朴崎は定着が全くみられないが、竜串海域における爪白の調査地点と同様、波当たりの強い地点であるため台風による強い波浪の影響を受け、岩礁に固定した定着板が吹き飛ばされてしまい、1 組 2 枚の定着板しか回収されていないので、有効な資料とすることはできない。

平成 16 年度は調査を開始した初年度であり、サンゴの定着量に関して一般論を述べる段階ではないが、多くの地点で竜串海域と同様にハナヤサイサンゴ科 (59%)、ミドリイシ科 (26%)、ハマサンゴ科 (13%) が優占するサンゴの加入がみられた。11 地点中最も定着量の多かった地点では 16.7 群体／組、最も定着量の少なかった地点では 0.8 群体／組で、1 群体／組未満の地点が 1 地点、1～10 群体／組の地点が 6 地点、10 群体／組以上の地点が 4 地点だった。沖縄海域とは異なり、ミドリイシ科よりもハナヤサイサンゴ科の加入が多いのは、竜串を含めた足摺宇和海海域の特徴かもしれない。

足摺宇和海海域および竜串湾海域の定着板 1 組あたりに定着したサンゴの群体数を図 1-40 に示す。

表 1-11. 足摺宇和海海域のサンゴ幼生の定着量 (2004 年)

地点	回収枚／ 設置枚	設置期間	サンゴ定着量 (群体数)						1 組(2 枚) 当り 定着数
			ハナヤサ イサンゴ 科	ハマ サンゴ科	ミドリ イシ科	その他	不明	合計	
須ノ川	17／18	5/14-9/3 (112 日)	29	1	2	-	-	32	3.8
黒簪	18／18	5/7-9/10 (126 日)	10	6	16	-	3	35	3.9
鹿島	18／18	5/7-9/10 (126 日)	9	9	5	-	1	24	2.7
橘浦	18／18	5/18-9/6 (111 日)	6	1	-	-	-	7	0.8
トリノクビ	18／18	5/11-9/2 (114 日)	28	29	5	-	-	62	6.9
大浦	6／18	5/11-9/2 (114 日)	41	5	4	-	-	50	16.7
柏島	18／18	5/22-9/1 (102 日)	7	7	11	4	1	30	3.3
尻貝	14／18	5/2,6/24-9/1 (121, 69 日)	71	-	-	-	-	71	10.1
西泊	12／18	5/1-9/8 (130 日)	70	5	-	-	-	75	12.5
朴崎	2／18	5/22-9/1 (102 日)	-	-	-	-	-	0	-
大村簪	16／18	5/19-9/2 (106 日)	16	3	45	-	-	64	8.0
水島	10／18	5/19-9/2 (106 日)	8	-	40	1	1	50	10.0

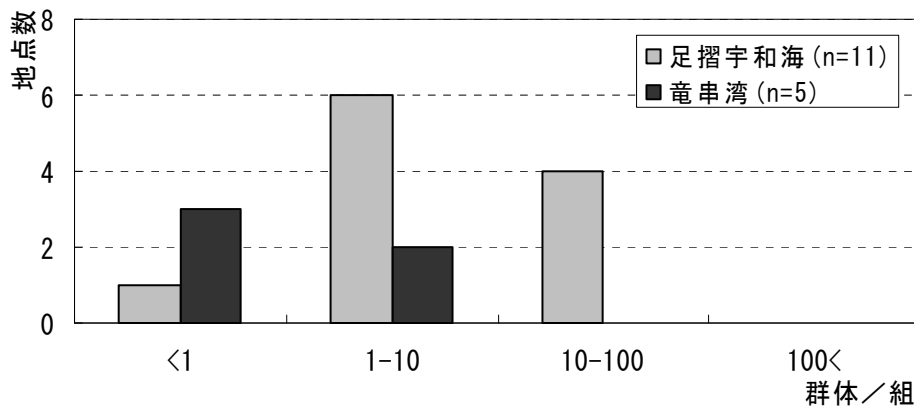


図 1-40. 足摺宇和海 11 地点および竜串湾 5 地点のサンゴ加入状況

竜串湾を含む足摺宇和海海域では、石西礁湖のような 100 群体／組を超える高密度な加入は見られず、平均値 5.5 群体／組・標準偏差 4.7、中央値 3.8 群体／組であった。この値は石西礁湖の 26 地点における定着量（平均値 24.1 群体／組・標準偏差 51.2、中央値 4.4 群体／組）と比較すると平均値では大きな差があるものの中央値では大差ない。

今年度のサンゴの加入状況としては、大簪南を除く竜串湾内の各地点ではサンゴの加入があり、中でも湾奥の桜浜や竜串西の地点で加入量が多かったが、分類群別の組成や定着量にはサンゴ礁海域とは差が見られ、非サンゴ礁海域におけるサンゴの加入状況の調査はほとんど例がないため、この結果を他の海域や近隣の海域と比べてどの様に評価すべきであるかは、今後少なくとも数年間の資料の蓄積を待たないと判断できない。

b) サンゴ幼体分布状況調査

上記サンゴ加入状況調査によって、竜串湾海域では、大濠南の地点を除き、量の多寡はともかくとしてサンゴ幼生の加入があり、定着可能な基盤が存在すれば幼生は定着・変態して稚サンゴになっていることが明らかになった。

竜串海域で稚サンゴの加入量が最も多かったのはハナヤサイサンゴ科であったが、ハナヤサイサンゴ科は保育型の繁殖生態をもち、高い効率で繁殖し、新たに定着可能な基盤ができると真っ先に加入が見られる、いわゆる「パイオニア」と呼ばれる生態を持つグループである。しかし群体サイズはせいぜい数十センチにしかならず、多くの場所では次第に他の種に置き換わって行き、竜串海域に限らず、ほとんどのサンゴ高被度群集ではミドリイシ科およびキクメイシ科が優占し、多くの場合ミドリイシ属がサンゴ景観の主要な構成要素となっている。

ミドリイシ類は放卵・放精型の繁殖生態を持ち、海中に放出された受精卵は水面に浮いて潮の流れや風によって拡散し、数日後に海底に降りて岩礁に散在する小さな穴の中に定着する。光は弱い有害敵の少ない穴の中に定着した稚サンゴは、1～2年かけて被覆状の群体を形成し、十分な太陽光線を浴びることのできる穴の外へ拡大して枝を形成し、様々な形の群体に成長することが知られている。

そこで幼生の加入・定着の次の生育段階として、加入・定着・変態してできたミドリイシ類の稚サンゴが、定着場所である穴から外に枝を伸ばすことができるかどうかを知るために、サンゴ幼体の分布状況調査を実施した。

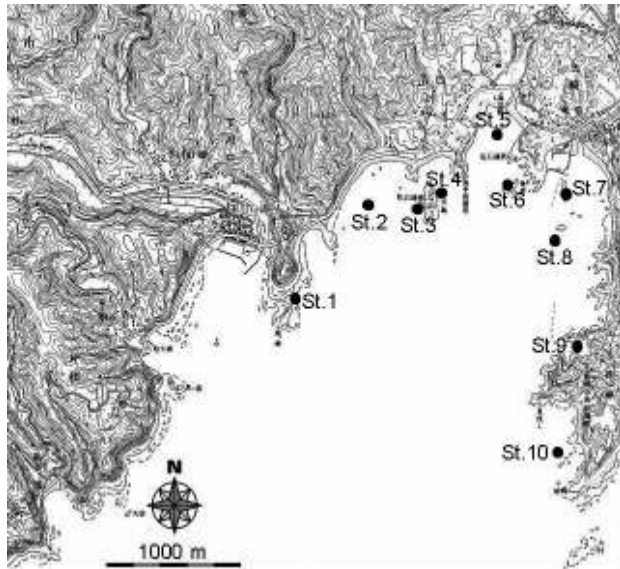


図1-4 1. サンゴ幼体分布状況調査地点

(1) 調査方法

調査は2005年1月14～18日にコドラート法によるサンゴ類及び大型底生生物生息状況調査（本報告書 p. 48）と同時に行われた。

2005年1月14日：St. 1 城崎、St. 2 爪白、St. 3 弁天島西、St. 5 桜浜、St. 7 港入口

2005年1月15日：St. 4 弁天島東、St. 6 竜串メクスアレ、St. 10 砥崎

2005年1月18日：St. 8 大濠、St. 9 見残し

調査地点は同上調査地点と同じ10ヶ所である（図1-41）。コドラート調査においてサンゴを担当した調査員が、コドラート内に出現した直径5cm以下のミドリイシ属群体数を計数した。調査対象をミドリイシ属に限定したのは、ミドリイシ属のサンゴは成長が速く、直径5cm以下

の群体はおおむね生後2～3年であると推測することができることと、コモンサンゴ属、ハマサンゴ属、アミメサンゴ属、トゲキクメイシ属など、被覆状の群体を形成するサンゴでは、大型の群体がモザイク状に死滅することによって、加入によらない小型群体が多数発生することがあるが、ミドリイシ属では比較的このような成因の小型群体が少ないことによる。調査を行った日から逆算すると、今回の調査対象となったのは、2002～2003年に生まれたミドリイシ属幼体ということができる。

(2) 調査結果

表 1-12 および図 1-42 に調査結果を示す。表中 Qd. とあるのはコードラート（方形枠）の意味で、1 地点あたり 3.3 m²の方形枠を 3 ヶ所置いて調査を行ったことを示している。

表 1-12. 5cm 以下のミドリイシ属
サンゴの群体数

	Qd. 1	Qd. 3	Qd. 3	Total (群体/10m ²)
St. 1	0	0	1	1
St. 2	0	0	0	0
St. 3	2	1	0	3
St. 4	3	3	1	7
St. 5	1	1	1	3
St. 6	3	7	3	13
St. 7	6	5	16	27
St. 8	3	5	2	10
St. 9	6(78)	0	0	6(78)
St. 10	2	0	0	2

() 内は斃死群体の数

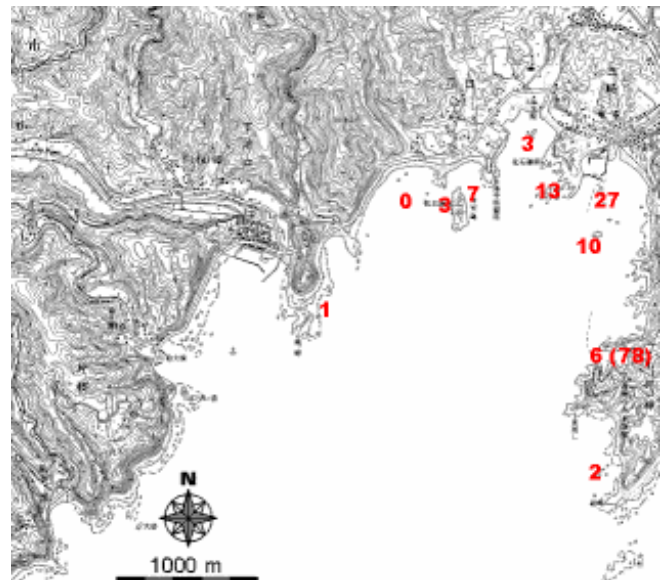


図 1-42. サンゴ幼体分布状況

St. 1（城崎）、St. 2（爪白）、St. 3（弁天島西）、St. 5（桜浜）、St. 10（砥崎）では、10 m²の調査面積に対して幼群体数 0-3 個と、非常に少なかった。St. 4（弁天島東）では 7 群体とやや多く、St. 8（大濤）、St. 6（竜串メクサレ）では 10 群体を超え、St. 7（港入口）では 27 群体と最も多かった。St. 9（見残し）は生きた小型群体は 6 群体だったが、死んだばかりで真っ白な小型群体が 78 群体あった。

(3) 幼群体の分布状況

サンゴ成体の生育状況が良好な St. 2 では幼群体も多数分布しているものと考えていたが、意外にも幼群体の出現数は 0 だった。この地点は既にサンゴの成体が密集しており、いわゆる極相

状態にあるために、新たな加入が阻害されているのかもしれない。

逆に湾奥でサンゴ成体の被度が低い St. 6, St. 7, St. 8 で幼群体が多く出現したのも予想外だった。特に St. 7 と St. 8 は、今年度幼生の定着がほとんどあるいは全く見られなかった地点であるが、幼群体の分布状況から推察するとこれらの地点でも年によって加入があるものと考えられ、加入状況調査は少なくとも数年間継続することで信頼できる結果が得られることを示している。また、西南豪雨災害による泥土の堆積により大きな被害をうけた、St. 4 と St. 8 に幼体が少なからず分布しているということは、窪みの中で成長し、必ずしも強い光を必要としない稚サンゴにとって、これらの地点の環境が不適当になったわけではないことを示しており、サンゴ成体の生育環境を整えば、人為による増殖に頼らなくても自然のサンゴ再生が期待できることを示唆している。

なお、St. 9 で死んだ幼体が 78 群体見つかったことは特筆すべきである。この地点では、シコロサンゴ群体の最上部が低潮線に達して上方に成長することができず、いわゆるマイクロアトールを形成している (p. 53 参照)。St. 9, Qd. 1 は、まさにこのマイクロアトールの上面に位置しており、基質は死んだシコロサンゴである。シコロサンゴの群体は、蜂の巣のような構造をしており、マイクロアトール上面は大小の穴が密集している。このような底質環境はミドリイシ属の幼生の定着基盤として優れているため、多数の幼生がここに定着したのと考えられる。ところが、マイクロアトール上面は、その成因から明らかなように、大潮の干潮時には干出することがある。年間で最も干潮位が低いのは、1 月の夜間の干潮と 5 月の昼間の干潮であるが、1 月の大潮に寒波が重なると、夜間の干潮時、水面付近が非常に低温になるため、低温と干出によってミドリイシ幼体の多くが死亡したのと考えられる。シコロサンゴの周辺にはミドリイシ属の生育がほとんど見られず、この地点では、ミドリイシ属は加入があっても繁殖することはできないものと思われる。

c) 移植サンゴ生育状況調査

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、群集回復の促進に結びつかないばかりか、移植するサンゴを採取した群集（ドナー群集という）を傷つけた分だけマイナスの結果になる。また、移植されたサンゴの生育状況を調べることで、当該地点の環境がサンゴ成体の生育環境として良好であるか否かを知ることができるため、平成 15 年度から移植サンゴの生育状況調査を行っている。

(1) 調査方法

調査は、昨年度に引き続き図 1-43 に示した 2 地点（竜串および大濠沖）に移植されたサンゴ片を用いて行われた。これらの移植片は、いずれも竜串観光振興協議会が行った移植事業により移植されたもので、2003 年 7 月 2 日に大濠沖岩礁上（水深 7m）に移植された卓状ミドリイシのうち 55 群体、2003 年 10 月 31 日に竜串入り口の岩礁（水深 5m）に移植された卓状ミドリイシのうち 54 群体を調査対象とした。

なお、ドナーとなったサンゴ群集は竜串湾南東部の砥崎沖にある健全な卓状ミドリイシ群集で、移植当日にサンゴ片が採取され、直ちに移植に用いられた。また、移植は水中ボンドによる移植片の接着により行われた。

大濠沖の移植地点では移植時に第 1 回目、移植から 231 日後に第 2 回目の調査を行い、第 3 回目以降は原則として毎月 1 回調査した。竜串の移植地点では移植の 8 日後に第 1 回目の調査を行い、第 2 回目以降は原則として毎月 1 回調査した。

調査対象としたすべての群体を個別に識別するために番号を付け、各調査時に個々の群体を 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み、画像処理ソフトを用いて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て投影面積を算出した。また、現地で記録した目視観察結果と写真の解析から、死亡の原因（剥離と斃死）と投影面積の減少につながる部分死や破損・枝折れなど、その他サンゴの生育状況に関わる情報を読み取った。

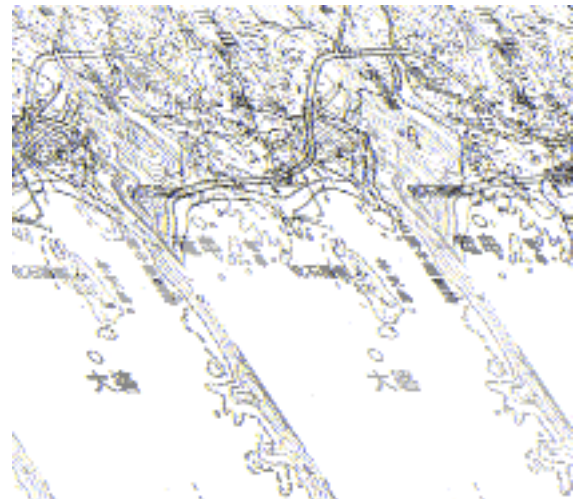


図 1-43. 移植サンゴ生育状況調査地点

(2) 調査結果

各調査日における移植サンゴ片の生残および成長の状況を資料 1-1（大濠）及び資料 1-2（竜

串) に、最終調査時における移植サンゴの生残および生育状況を表 1-13 に示す。

大濠沖では最終調査時（移植 608 日後）生残数が 9 群体で、生残率は 16.4%と低かった。大濠沖では初期的に剥離した 27 群体を除く 28 群体のうち、67.9%にあたる 19 群体が斃死しており、斃死率が非常に高かった。最終調査時に生残していた 9 群体の移植サンゴのうち、7 群体では移植時より投影面積が増加しており、これら 7 群体の面積増加量は最大で 179.0cm²、最小で 2.6cm²、平均すると 80.7cm²（標準偏差 52.15）だった。面積増加率にすると最大で 340.7%、最小 101.8%、平均では 161.1%（標準偏差 85.6）であった。

竜串では最終調査時（移植 510 日後）の生残数は 34 群体、生残率は 63.0%と高かった。死亡の内訳は剥離が 2 群体、斃死が 18 群体であり、剥離した群体を除外して計算した斃死率は

表 1－13．最終調査時におけるサンゴの生残および生育状況

移植地点		大濠沖	竜串
移植日		2003 年 7 月 2 日	2003 年 10 月 31 日
初回調査日		2003 年 7 月 2 日	2003 年 11 月 8 日
最終調査日		2005 年 3 月 1 日	2005 年 3 月 24 日
観察日数（日）		608	502
移植数（群体）		55	54
生残数（群体）		9	34
生残率（%）		16.4	63.0
死亡内訳（群体）	剥離	27	2
	斃死	19	18
	合計	46	20
斃死率（%）※1		67.9	34.6
調査開始時の投影面積（cm ² ）	合計	5554.3	5895.3
	平均	102.9	109.2
	標準偏差	54.0	58.7
最終調査時の投影面積（cm ² ）	合計	1182.1	5639.1
	平均	131.3	165.9
	標準偏差	72.7	82.6
投影面積の増加した群体数（群体）※2		7	28
投影面積増加量（cm ² ）※3	最大値	179.0	199.0
	最小値	2.6	20.3
	平均値	80.7	74.2
	標準偏差	52.2	45.1
投影面積増加率（%）※3	最大値	340.7	555.2
	最小値	101.8	119.9
	平均値	228.1	180.0
	標準偏差	85.6	79.1

※1 剥離した群体を除外して算出

※2 最終調査時まで死亡（斃死・剥離）していた群体は除く

※3 1 回目の測定時と比較して投影面積が増加していた群体のみをみた値

34.6%だった。最終調査時に生残していた34群体のうち82.4%にあたる28群体では調査開始時よりも投影面積が増大していた。投影面積の増加が認められた28群体について投影面積の増加量をみると各群体の成長量の差は大きく、最大で199.0cm²、最小で20.3cm²、平均74.2cm²（標準偏差45.13cm²）であった。増加率にすると最大で555.2%、最小119.9%、平均180.0%（標準偏差79.1）となった。

(3) 移植サンゴの生育状況

移植が成功したか否かを判断する基準として、生残率や成長量（投影面積の増加量）を用いることが多いので、まずこれらの数値について検討する。本調査の生残率は、大礫では16.4%で良好とはいえず、竜串では63.0%とまずまずの結果である。移植の目的が景観修復（再生）であるならば、移植片が成長して大きくなり、総体としてサンゴが移植直後よりも大きな面積を被うことが期待されるだろう。その意味では、大礫では移植直後の投影面積の総和が5554.3cm²から1182.1cm²におよそ2割に減少、竜串でも5895.3cm²から5639.1cm²と、ほとんど変化しておらず（図1-44）、これらの移植が成功したとはいえない。特に2003年7月に行われた大礫の移植は結果が悪く、問題点を検討する必要がある。また、同年11月に行われた竜串の移植は、大礫よりはよい結果であるが、移植したサンゴが景観の回復に資しているとはいえず、やはり阻害要因を検討する必要がある。

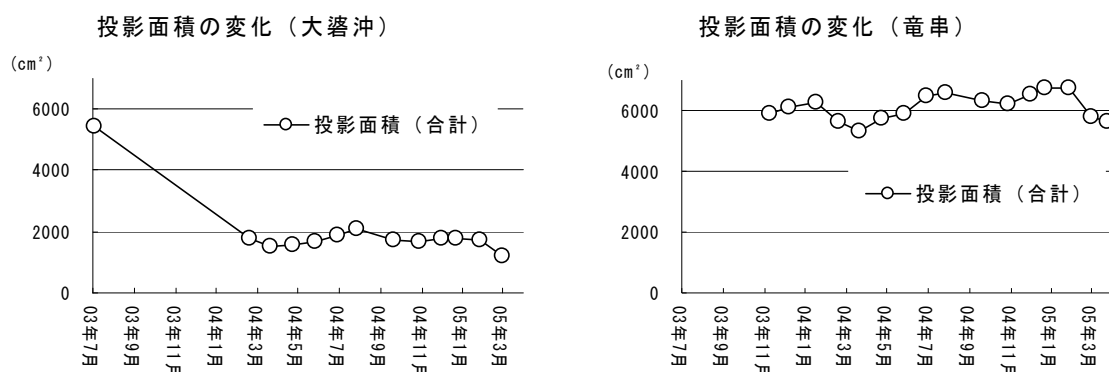


図1-44. 総投影面積の変化

そこでまず、移植片の生残率に関わる問題として、各移植地の移植片に見られた剥離、斃死群体数の変化について検討する（図1-45）。

大礫の移植片は、移植から1週間後の2003年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ることがわかった。初期的な接着不良は移植作業における技術的な問題であり、生育環境とは関係がないため、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、この時に大礫に移植された移植片の追跡調査を一端打ち切ったが、結局大礫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2004年2月から調査を再開した。そのため移植直後のデータから、7ヶ月後までの間、資料がない。

大濬沖の移植では移植から 2004 年 2 月の第 2 回調査時までの間に移植片全体の半数近い 27 群体が剥離し、15 群体が斃死したが、それ以後剥離はなく、斃死は 7-9 月に 1 群体、2-3 月に 3 群体で、期間と通した斃死数は 19 群体だった。これに対して竜串の移植では、移植から 1 ヶ月間に 2 群体が剥離した以外に剥離はみられなかったが、12-3 月と 8-9 月の期間に斃死が顕著に多く、結果として大濬と大差ない 18 群体が斃死した。

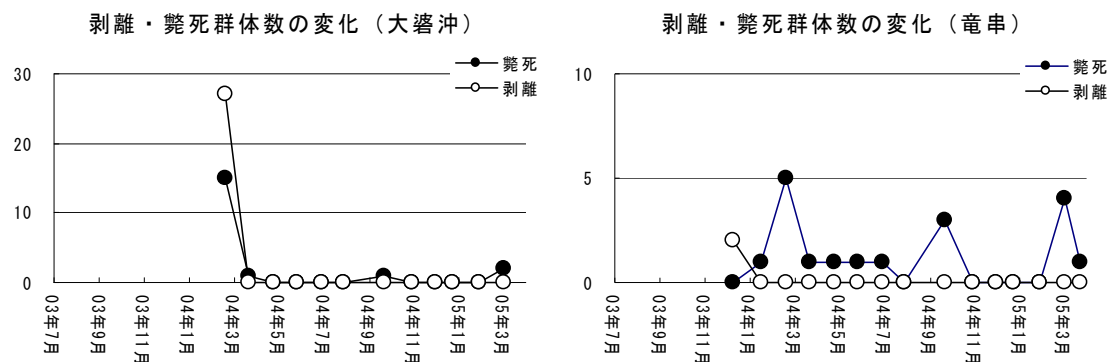


図 1-45. 剥離・斃死群体数の変化

剥離は移植直後に起こり、その原因は主として移植作業における技術的な問題であると考えられるため、剥離しなかった移植片のみを用いて移植後の投影面積の増減を見ることにする。図 1-46 は、大濬および竜串の移植地において、剥離しなかった移植片（大濬 28 群体、竜串 52 群体）の、移植時の投影面積の総和を 100 として、生残した移植片の投影面積の総和が時間の経過と共にどの様に変化したかを示している。

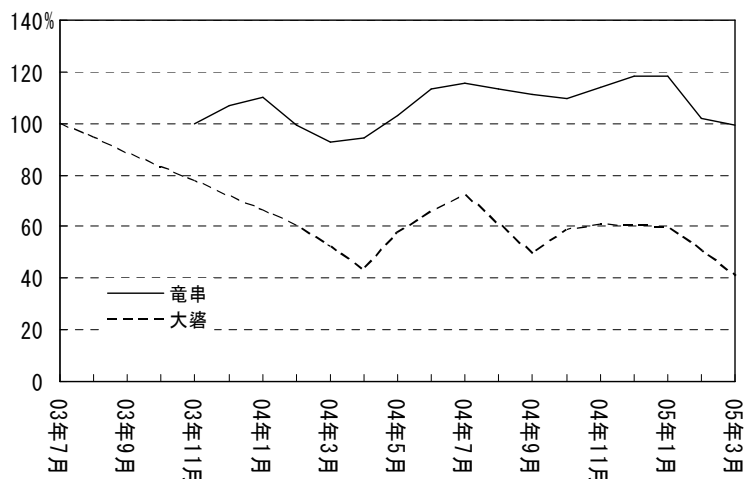


図 1-46. 剥離しなかった移植片の総投影面積の増減

図 1-44 で示した大濬と竜串の差に比べると差は小さくなっているものの、やはり大濬では移植時の 40-60%程度に面積が半減し、竜串では 100-120%で、若干増加しているものの右肩上が

りの生育を示してはいない。

大濬と竜串の総面積の増減は、冬季2-4月に減少し、5-7月に増加、夏季8-9月に減少し、10-1月に増加するという季節的な変動を示した。増加は成長であるから当然の現象であるとして、冬季と夏季の減少はどのような原因によって生じているのだろうか。剥離・斃死の状況を示した図1-45を見ると、竜串では斃死群体の増減と投影面積の増減の間に相関が見られるが、大濬では斃死群体数自体が少なく、総面積の増減が必ずしも斃死によっているわけではない可能性がある。そこで、剥離や斃死には至っていないが、群体の一部が折れたり破損したもの、群体の一部が死んだものについて、調査期間中の推移を図1-47に示す。

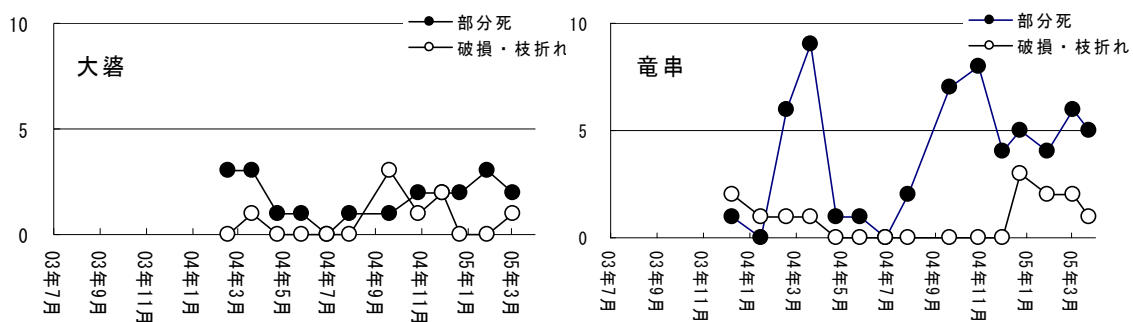


図1-47. 枝折れ・破損・部分死のみられた群体数の変化

大濬で部分死が認められる群体は1月から3月にかけて多く、4月から9月にかけては比較的少ない傾向が認められた。大濬ではこのほか2004年9月に枝折れ・破損により面積が大きく減少した群体が3群体確認された。なお、群体番号25、31、33、42、44の5群体は継続的に部分死が進行しており、感染症あるいは継続的なストレスが疑われる。

竜串では、斃死群体と同様、部分死の認められる群体も12-3月と8-9月の時期に多く観察された。12-3月に魚類による食害であると考えられる破損・枝折れがみられる群体がいくつか確認された。夏季および冬季には、斃死・部分死以外にも群体の色彩に異常（部分的に色が薄く、あるいは濃くなる）の見られるサンゴが多数確認された。群体番号17、25、38、39の4群体は継続的に部分死が進行しており、感染症あるいは継続的なストレスが疑われる。

大濬および竜串の、個々の移植片の投影面積が、移植時の面積を100として時間の経過と共にどのように変化したのか、図1-48に地点ごとにまとめて示した。全体として移植片は右肩上がりに成長する傾向があり、個々の移植片としては、大濬では1年でおおよそ200%に、1年半でおおよそ300%に成長する可能性があることが示唆されている。竜串では大濬よりもやや遅く、1年でおおよそ150%、1年半でおおよそ200%に成長する可能性があることが示唆されている。この差は移植時期に関わるものと考えられ、大濬では移植が7月に行われたため、1年半の期間内に成長の良い夏を2回経験するのに対して、竜串では移植が11月に行われたため、1回しか経験していないからであると考えられる。

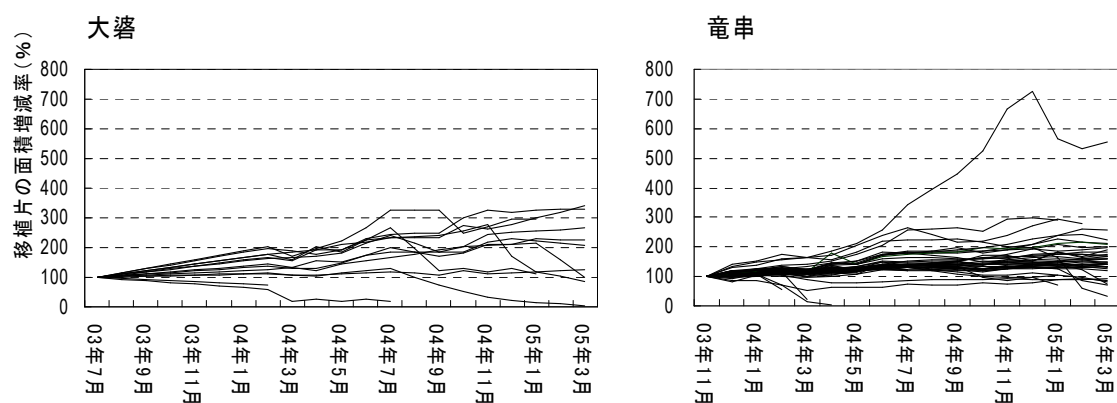


図 1-48. 個々の移植片の面積増減率の推移

特記すべきは竜串の群体番号 43 の成長で、移植から 13 ヶ月で 724.6% と他を圧倒する目覚ましい成長を見せている。この群体は 13 ヶ月から 14 ヶ月の間に枝折れによって面積が減少しているが、16 ヶ月目には再び成長が見られている。仮にこの移植片が単純な円形であると考えたと、 $\sqrt{\text{面積}/\pi}$ が半径となり、13 ヶ月で半径にして 6.3cm 成長したことになる。非サンゴ礁域である竜串において、卓状ミドリイシ類が 1 年間に 6cm 成長するというのは環境が良好である場合にほぼ妥当な成長量であり、本来ならば多くの移植片がこの程度の成長を示すことが期待されるが、実際にはほとんどの移植片で、成長速度ははるかに遅い。

また、図 1-48 を見ると多くの移植片が様々な時点で面積を減少させているのがわかる。上述したように面積の減少には様々なパターンがあり、一概に原因を論じることができないが、大落、竜串共に移植片の生育環境が良好であるとは言い難く、その程度は竜串では比較的軽微であるが、大落ではかなり悪いと考えられる。

大落沖に移植したサンゴにみられる斃死率の高さは平成 15 年度の報告書でも述べたように、周辺海域の SS が影響している可能性が考えられる。調査時の観察では移植地の岩礁の際には厚い軟泥の層が確認されており、SPSS（底質中懸濁物含量）の測定結果では最大で 954.5kg/m³ もの非常に高い値が検出されている。底質中の懸濁物は波浪によって舞い上がり、周囲に濁りを発生させ光量の低下を招く。また、サンゴの群体上に堆積した懸濁物を除去するためサンゴは粘液を多量に分泌し、これによりエネルギーロスが生じるため、成長や生残に悪影響を及ぼす。移植地点の岩礁周辺ではこのような状態が恒常的に続いている可能性があり、現状ではこの地点における移植による景観回復は難しいと考えられる。

d) 定点におけるサンゴ群体の生育状況調査

竜串湾の各所で、現在生育しているサンゴ群体の生育・健康状況の詳細な推移を把握し、成長速度や攪乱の質・強度を知るためには、長期にわたって同じ地点の同じサンゴを観察し続けることが有効である。そこで、竜串湾内の様々な環境の地点に観察定点を設け、長期間の継続観察・写真撮影が行えるように撮影装置を設置して観察を開始した。

(1) 調査方法

調査地点はこれまでさまざまな調査を行ってきた、図 1-49 に示した湾内 7 地点（爪白、弁天島東、桜浜、竜串西、竜串東、大湊南、見残し）とし、各地点に固定調査区を設け、2 ヶ月に 1 回サンゴの健康状態や食害状況などを観察し、写真撮影を行う事とした。

撮影（観察）期間は長期にわたることが想定され、毎回の調査時に正確に同じ場所の撮影（観察）を行う必要があるため、図 1-50 に示した撮影装置を海中に設置した。撮影装置は塩化ビニル被覆の鋼管製で、長さ 1m の 2 本の脚と海底に平行な横棒からなる鉄棒状の構造で、横棒上の 3 ヶ所にデジタル水中カメラを固定する固定具が取り付けられている。

固定されたデジタル水中カメラには 16mm 広角レンズが装着されており、1 枚の写真で 1×1m を上回る面積の撮影が可能である。そのため撮影装置 1 基について 1×3m 以上の範囲が撮影されることとなる。

この装置を 1 地点について 3 ヶ所ずつ設置して 9 枚の写真を撮影することで、1 地点当たり 10 m²以上の面積について、長期間にわたるサンゴ群体の生育状況調査を行うこととした。

なお、実際には海底に固定したのは撮影装置の脚を固定するためのソケットのみで、調査者は毎回の調査時に撮影装置本体を調査地点に持って行き、海底に固定されたソケットに差し込



図 1-49. 定点撮影地点



図 1-50. 撮影装置

んで撮影を行うこととした。このようにすることで、海中公園地区内やグラスボート航路内に撮影装置を設置しても、常時は1地点当たり6個の小さなソケットが固定されているだけなので、地形の変更や海中観光の妨げになることがなく、しかも毎回の調査時に正確に同じ位置から同じ範囲を撮影できるようになった。

(2) 調査結果

当初撮影装置の設置を6月までに行う予定であったが、撮影装置の設置地点が海中公園地区内やグラスボート航路内にもあり、地形の変更や海中観光の妨げにならないよう配慮が必要であったため、撮影装置の考案・改良に時間がかかり、第1回目の撮影は9月になった。

撮影期日は以下の通りである。

第1回 2004年9月20日 爪白、弁天島東、桜浜、竜串西、竜串東、大濬南、見残し

第2回 2004年11月4日 爪白、桜浜、竜串西、竜串東、大濬南、見残し

弁天島東の調査地点は濁りが強かったため撮影できなかった

第3回 2005年3月1日 爪白、弁天島東、桜浜、竜串西、竜串東、大濬南、見残し

各回の調査で撮影された写真を資料 2-1～資料 2-7 に示す。また、期間中に観察された顕著な変化を表 1-14 に示す。

表 1－14．写真から観察された顕著な変化

	2004/9/20	2004/11/4	2005/3/1
爪白 L1	撮影開始		
爪白 L2	〃	クシハダミドリイシ 1 個剥離消失	
爪白 L3	〃		
弁天東 L1	〃	写真なし	コカメノコキクメイシ 1 個剥離消失
弁天東 L2	〃		
弁天東 L3	〃		
桜浜 L1	〃		
桜浜 L2	〃		
桜浜 L3	〃	クシハダミドリイシ 1 個剥離消失	
竜串西 L1	〃	ショウガサンゴ 2 個剥離消失	
竜串西 L2	〃		
竜串西 L3	〃		
竜串東 L1	〃		
竜串東 L2	〃		
竜串東 L3	〃		
大濬 L1	〃		(群体ホヤ着生・生育)
大濬 L2	〃		
大濬 L3	〃	クシハダミドリイシ 2 個剥離消失 (同じ死サンゴ上に生育していた)	クシハダミドリイシ 1 個部分死拡大
見残し L1	〃	シコロサンゴ 4 個移動	シコロサンゴ 5 個移動
見残し L2	〃		
見残し L3	〃		

調査期間が9月から3月までの半年間しかなかったため、顕著な成長の状況は観察されていないが、9月から11月の間に剥離・消失したサンゴが6群体（弁天島東のものを含めれば7群体）見られた。2004年は相次いで来襲した台風の影響であろうと考えられる。また、見残しのL1にあるシコロサンゴは基岩に着生していない「浮きサンゴ」で、撮影の度に位置が変化している。大濬のL3では小型のクシハダミドリイシの中心部が部分死しており、9月と11月の撮影時にはほとんど変化がなかったが、3月に撮影された写真では斃死部位が拡大しているのが見られた。

今後長期にわたり継続的に撮影を行うことで、これらの地点におけるサンゴ生育状況の違いについて、様々なことが明らかになると期待される。

e) 竜串におけるサンゴの産卵状況

ここまで幼生の供給から群体の成長までについて、竜串湾内各地点における状況を見てきた。サンゴの成長段階に応じた生育状況調査の最後の項目として、竜串湾内に生育しているサンゴが、有性生殖による次世代の生産に貢献しているのかどうかについて検討を加える。

サンゴの繁殖様式は雌雄同体、雌雄異体、配偶子放出体外受精型、体内受精幼生保育型など、バリエーションに富んでおり、ミドリイシ属のサンゴは、雌雄同体で配偶子放出体外受精型の繁殖様式を取り、数個の卵母細胞と成熟した精巣がひと塊になってポリプから放出されることがわかっている。亜熱帯から熱帯海域では、複数種の多数群体が同時に配偶子を放出する一斉産卵を行うことが知られているが、温帯域である大月町では、種毎、あるいは同種であっても群体毎に時刻や日が少しずつ異なることがあり、何度にも分けて産卵が行われていることが、近年の研究で明らかにされつつある。

(1) 調査方法

調査は図 1-51 に示した爪白、竜串東、大碇南の 3 地点において、卓状ミドリイシのポリプ内部における成熟した卵母細胞の保有状況を経時的に観察することにより、配偶子の形成と放出が行われているかどうかを調べた。

調査は 2004 年 6 月 28 日、7 月 8 日、7 月 28 日の計 3 回行い、初回の調査時に 1 地点につき 5 群体（合計 15 群体）のサンゴに群体を識別するため番号のついたタグを装着した。各回の調査時に各群体の枝の一部をペンチ等を用いて折り、断面に卵母細胞が見えるか否かを目視観察し、折り取った断片を 10% 海水ホルマリンで固定して研究所に持ち帰り、実体顕微鏡等を用いて卵母細胞の有無を確認した。

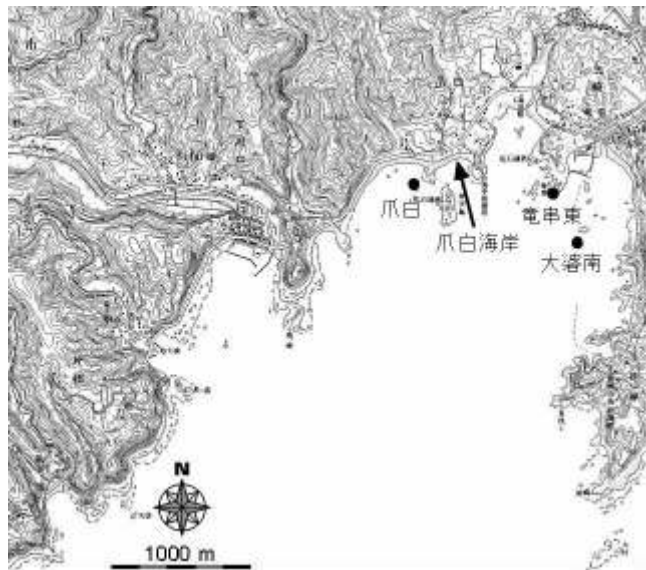


図 1-51. サンゴ産卵状況調査地点

(2) 調査結果

表 1-15 に群体ごとの卵母細胞の保有状況を示す。6 月 28 日と 7 月 8 日に行った調査では 3 地点ともすべての群体が成熟した卵母細胞を持っていたが、7 月 28 日には成熟した卵母細胞が確認されたのは、竜串東の 1 群体と、大碇南の 2 群体のみであった。この結果から、ポリプ内に卵母細胞が確認できなかった群体（爪白 5 群体、竜串東 4 群体、大碇 3 群体）については、7 月 8 日から 7 月 28 日の間に卵塊の放出を行ったものと考えられた。

表 1-15. 卓状ミドリイシのポリプ内における成熟した卵母細胞の有無

地点	群体 番号	ポリプ内の卵母細胞の有無		
		2004.6.28	2004.7.8	2004.7.28
爪白	1	○	○	×
	2	○	○	×
	3	○	○	×
	4	○	○	×
	5	○	○	×
竜串東	1	○	○	×
	2	○	○	×
	3	○	○	×
	4	○	○	×
	5	○	○	○
大謬南	1	○	○	×
	2	○	○	×
	3	○	○	○
	4	○	○	○
	5	○	○	×

○成熟した卵母細胞あり ×成熟した卵母細胞なし

また、7月28日の時点で、15群体中3群体にはまだ成熟した卵母細胞が残っていることから、竜串におけるミドリイシ類の配偶子放出は、熱帯・亜熱帯のサンゴ礁海域のような一斉産卵として行われるわけではなく、数回に分けて行われていることが明らかになった。

なお、2004年7月8日には爪白海岸にサンゴ卵のスリック（多量の浮遊卵の集積、赤潮のように見える）が打ち寄せられているのを調査員が確認しており、前夜にかなり大規模なミドリイシ類の配偶子放出があったものと思われる。しかしこの時点で調査を行っていた15群体のサンゴは全て卵母細胞を保有しており、このことから、竜串におけるミドリイシ類の産卵は、一斉産卵型ではなく、数回に分けて行われていることが明らかである。

1-D. サンゴ群集の分布状況と動態のまとめ

○爪白地先のサンゴ群集

弁天島西方（爪白地先）の海域にある高被度なサンゴ群集は、弁天島西岸にあった群集が近年になって西方に拡大し、2001年9月の水害にも大きな被害を受けることなく存続し、現状では竜串湾内で最も生育状態の良いサンゴ群集であると考えられている。この海域のサンゴ群集についてはこれまで詳細な調査が行われたことがないため、サンゴ群集の特性、分布域、生育状況などについて調査を行った。

調査の結果、全調査測線 1,700m から 12 科 26 属 62 種、測線の周辺から記録された種を含めると 13 科 33 属 81 種のサンゴが出現し、この群集は、近年ほとんど攪乱を受けていない和歌山県の串本海中公園地区に匹敵する非常に多様性が高い群集であることがわかった。

群集の特徴としては、約 6m 以浅の岩盤上ではクシハダミドリイシが優占する中～高被度の卓状・枝状のミドリイシ群集、約 6m 以深の岩盤から砂礫に変わるところまではキクメイシ科多種を中心とした低～高被度の塊状・被覆状のサンゴ群集、海底地形が複雑で水深変化の大きいところでは、ミドリイシ科とキクメイシ科の混成群集が形成されていることがわかった。この群集は大月町の尻貝海中公園地区と類似したやや内湾性の健全な群集であり、竜串湾のサンゴ群集再生を支える幼生の供給源になり得る貴重な群集である。

○豪雨後のサンゴ相の変化

管理方針検討調査で、高知県西南部豪雨から約 5 ヶ月後に、竜串湾内 10 地点においてコドラート法による定量的なサンゴ等生息状況の調査が行われている。災害から 3 年が経過し、サンゴ等の生息状況がどの様に変化したかを把握する目的で、同じ時期に同じ地点で同じ手法を用いて調査を行った。

弁天島より西側と竜串湾口東側では大きな変化はないが、海域で泥土の堆積が著しかった弁天島東岸と大濬南ではサンゴが大きく減少した。湾最奥の桜浜と三崎川河口は元々サンゴの少ない地点で、大きな変化は見られなかった。海中公園 2 号地の竜串メクスアレでは被度が増加しており、加入によってサンゴが増加している可能性が高いことがわかった。

○サンゴの成長段階別の生息状況

a) 幼生の加入

大濬南では幼生の定着なし。弁天島東、桜浜、竜串西、竜串東では定着が見られた。

定着量の多寡について検討するには継続調査が必要。

b) 幼サンゴの分布

竜串メクスアレ、竜串港入口、大濬南でやや多く、その他の地点でも量の多少はあるが幼サンゴは分布していたが、爪白のみ幼サンゴが見られなかった。

c) 移植サンゴ生育状況

竜串西と大濬南で行われた移植は、竜串 502 日、大濬 608 日の間に、生残率が竜串

で 63.0%、大濬で 16.4%、移植したサンゴの投影面積の変化は竜串で 95.7%、大濬で 21.3%だった。共に移植片の生育環境が良好であるとは言い難く、その程度は竜串では比較的軽微であるが、大濬ではかなり悪いと考えられる。

d) 定点写真撮影

9 月に第 1 回の撮影を行い、11 月、3 月と撮影を継続して長期モニタリングを開始した。調査期間が短いため未だ大きな変化は見られないが、群体の加入、成長、斃死、剥離など群体レベル、群集レベルでのサンゴの動態が明らかになるものと期待される。

e) 産卵状況

竜串湾内の、爪白、竜串、大濬で卓状ミドリイシが配偶子の放出を行っていることが確認された。

以上の調査結果から、サンゴの成長段階に応じて、以下のような生育状況が明らかになった。

竜串湾内では既存のサンゴ群集が再生産を行っており、幼生の供給や定着、幼サンゴに至る群体形成までの生育段階では特に状況の悪い地点は見られないが、加入量の多寡については未だはっきりしないので、調査を継続する必要がある。しかしサンゴ群体が成長するために必要な環境条件が不十分な地域があり、特に水害による泥土の堆積が多かった大濬において成長が阻害されたり斃死したりする群体が多いことから、この段階における成育環境の改善を図る必要があることが示唆された。

2. 竜串湾の水質及び底質環境に関する追加調査

2－A. 長期的な海域環境の変化把握

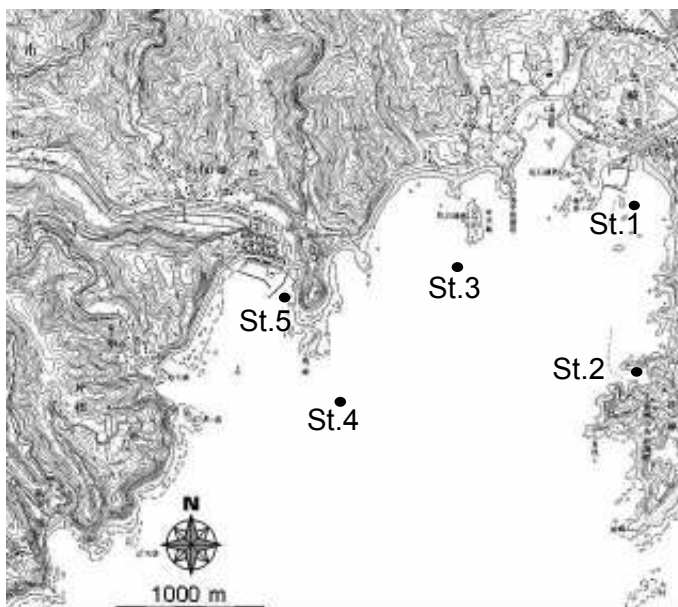
平成 15 年度に引き続き、竜串湾海域の環境の長期的な変化を知ることのできる資料の探索・入手を行った。また、平成 15 年度の調査でサンゴ群集の動態を判読するのに用いた空中写真やその他の資料から、海岸域の土地利用や海岸整備、漁業等による海面利用の変化等について読み取り、整理した。

a) 高知県公共用水域の水質測定結果

平成 15 年度調査で 1973 年から 2002 年 3 月までの資料を入手し、整理したので、今年度は引き続き平成 14 年度および 15 年度の「高知県公共用水域及び地下水の水質測定結果」を入手し、昨年度入手した資料とあわせて整理した。新たに入手した海域の水質測定結果は、**図 2-1** に示した 5 地点で実施されたもので、具体的な水質測定結果は**資料 3** に示す。

図 2-2 に 2002, 2003 年度の資料を加えた竜串湾内の pH、DO、COD の長期的な推移を、**図 2-3** に 2002, 2003 年度の資料を加えた竜串湾内の大腸菌群数の長期的な推移を示す。

どちらの値も昨年度調査報告書でまとめた傾向に変化はなく、pH と DO はほぼ横ばい、COD は増加傾向を示している。大腸菌群数は 1980～90 年代のような高い値を示すことはなく、低めの値で推移している。



St.1：大濬付近 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

図 2－1. 高知県公共用水域の海域水質測定地点

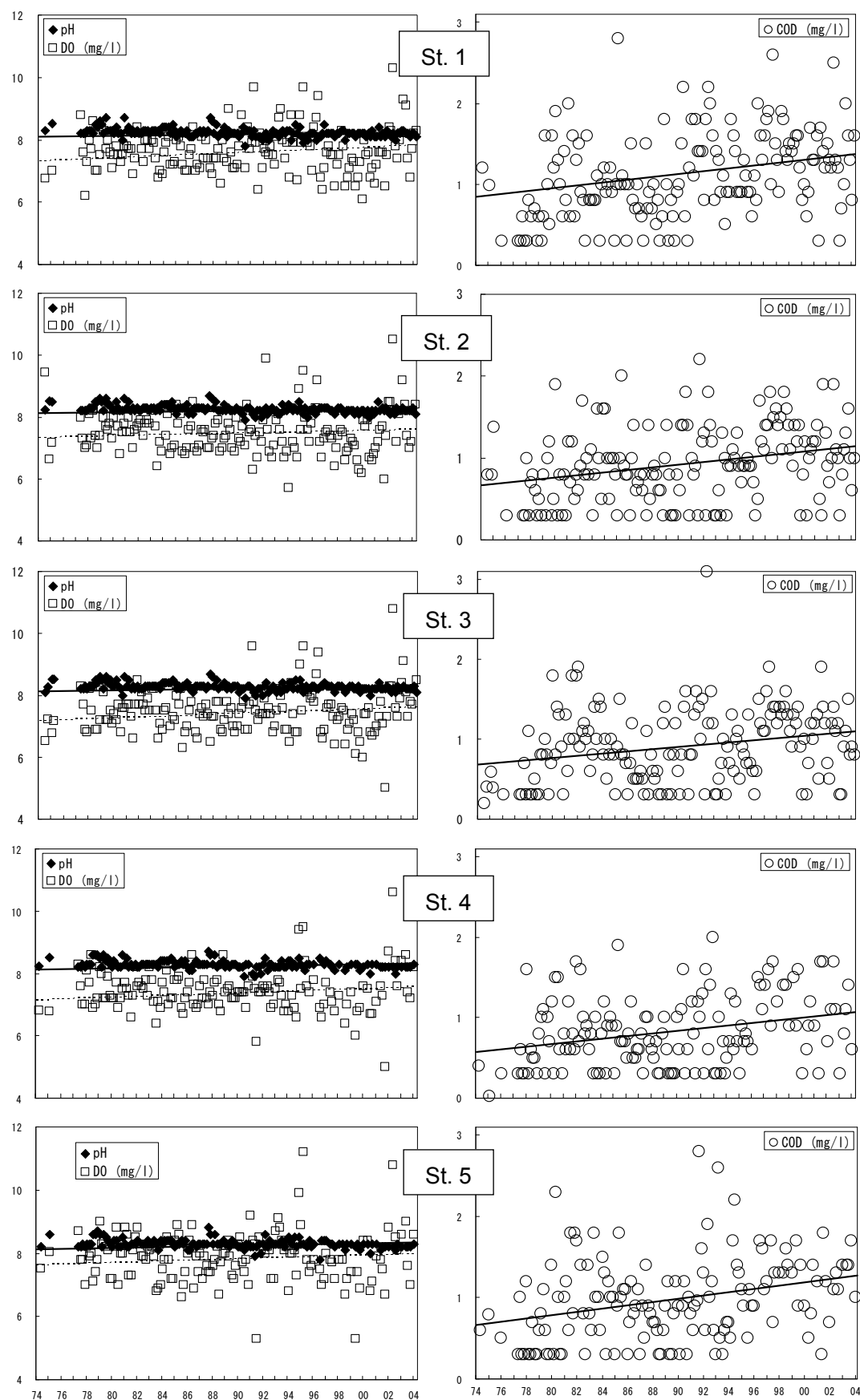


図 2 - 2. 2002, 2003 年度の資料を加えた竜串湾内の pH、DO、COD の長期的な推移

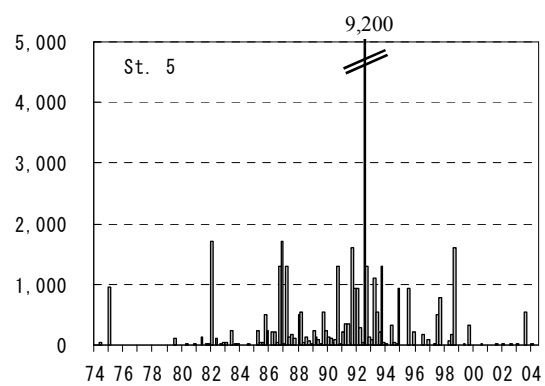
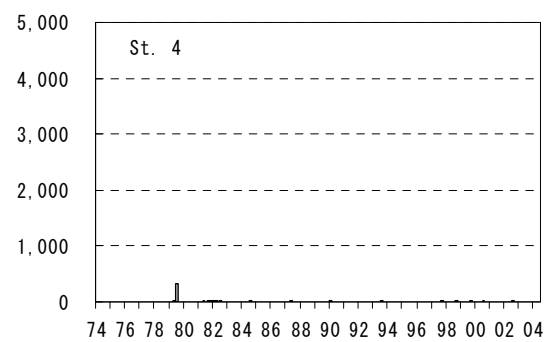
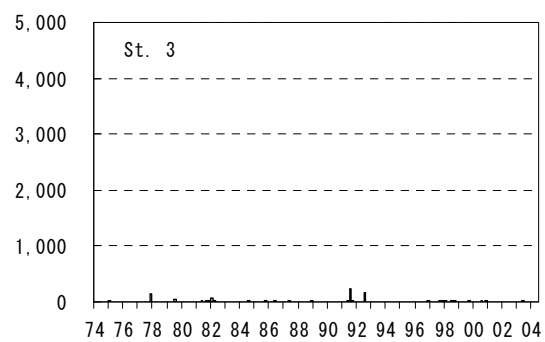
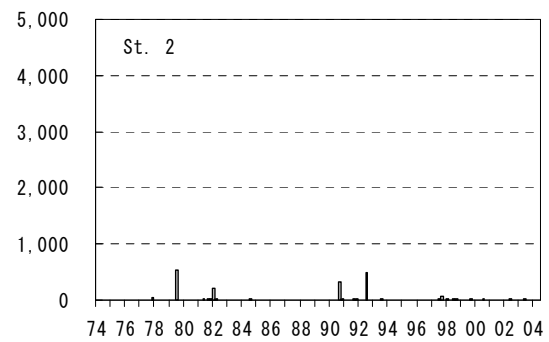
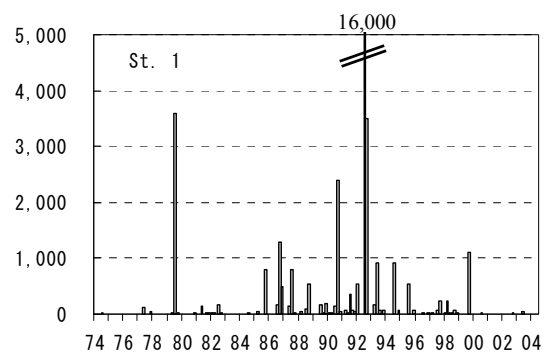


図 2－3． 2002， 2003 年度の資料を加えた竜串湾内の大腸菌群数の長期的な推移

b) 足摺海底館（海中展望塔）の観測結果

平成 15 年度調査で 1984 年から 2004 年 3 月までの資料を入手し、整理したので、今年度は引き続き 2005 年 2 月までの観測資料を入手し、昨年度入手した資料とあわせて整理した。昨年度調査報告書に記載した 2004 年 3 月以降に観測された海中展望塔のデータを表 2-1 に示す。

表 2-1. 追加された海中展望塔の観測データ

	天候(日)					波浪(日)					水中透視度(日)							月平均 (m)	気温 (℃)	水温 (℃)
	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				
2004 年 4 月	24	2	4	0	0	15	9	5	0	1	0	0	0	22	3	5	4.1	19.6	19.2	
2004 年 5 月	14	10	7	0	0	14	11	5	1	0	0	0	0	18	8	5	4.1	23.0	20.7	
2004 年 6 月	11	13	4	0	2	9	14	4	0	3	0	0	0	19	4	7	3.5	25.6	23.7	
2004 年 7 月	24	6	1	0	0	19	10	1	1	0	0	1	6	18	2	4	7.0	30.4	26.5	
2004 年 8 月	14	5	5	0	0	4	12	7	1	0	0	0	0	11	3	9	2.2	27.7	26.3	
2004 年 9 月	台風被害のため休業																			
2004 年 10 月	19	6	4	0	0	14	10	2	1	2	0	0	5	12	5	5	4.9	22.1	24.6	
2004 年 11 月	24	3	3	0	0	26	3	1	0	0	0	0	0	28	1	1	4.9	18.5	22.1	
2004 年 12 月	17	13	1	0	0	25	5	0	1	0	0	0	11	18	0	2	7.8	14.7	19.7	
2005 年 1 月	22	8	1	0	0	23	7	1	0	0	0	6	22	3	0	0	11.0	9.9	17.7	
2005 年 2 月	15	9	3	1	0	16	9	3	0	0	0	7	6	13	1	1	8.8	8.6	17.6	

新たに追加されたデータを加えた月平均水温の推移を図 2-4 に示す。2004 年は多数の台風が襲来したため、例年よりも夏季の水温が低かった。その他、昨年度報告書の内容と大きな違いはない。なお、8 月末に襲来した台風 18 号の影響で海中展望塔への連絡橋に上がる階段部分が損壊したため、足摺海底館は約 1 ヶ月間休業し、観測も中断した

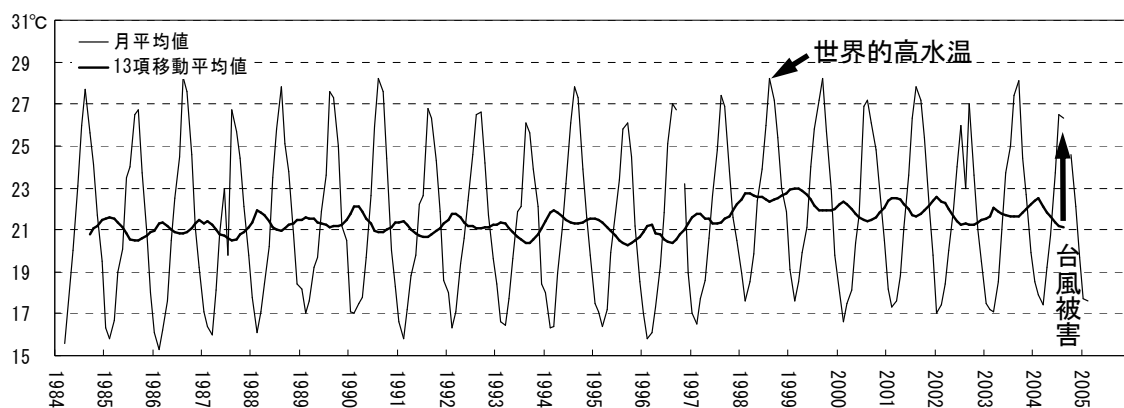


図 2-4. 足摺海底館における月平均水温の推移

同じく水中透視度の月平均値の推移を図 2-5 に示す。水害以降低下した水中透視度は、3 年半が経過し、弁天島東の海域では泥土の堆積量が減少しているにもかかわらず、依然として改善していない。

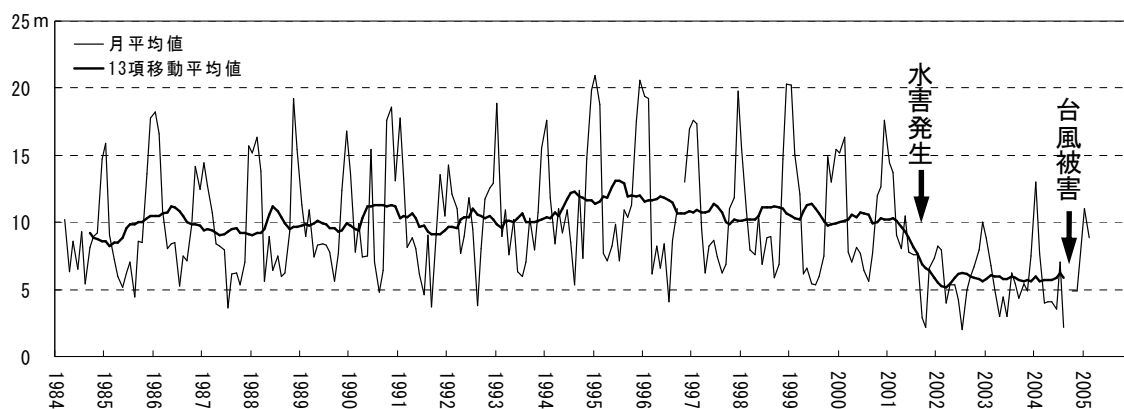


図 2 - 5. 足摺海底館における水中透視度の月平均値の推移

c) 空中写真から読み取ることができる海域環境の変化

昨年度の調査では、空中写真からサンゴの分布状況の推移を読み取った。今年度は海岸の構造物や周辺陸域の変化など、海域の環境に関わる変化を読み取る。

調査に使用した空中写真は、以下の通り。

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が 1946 年、1966 年、1985 年、2002 年の空中写真をオルソ化したモノクロ空中写真のデジタル画像と、2003 年 10 月に撮影した空中写真をオルソ化したカラーデジタル画像、高知県西南部豪雨災害直後に高知県が撮影した空中写真のカラーゼロックスコピーも解析に使用した。

読み取り結果

読み取りの結果、海域環境に大きな影響を与えたと思われる出来事がいくつか見られた。

(1) 港湾工事

竜串湾で行われた港湾工事は、米軍が撮影した 1946 年の写真から、国土地理院が撮影した 1964 年の写真まで間に行われた片粕と下川口浦の宗呂川河口に作られた漁港の建設が古いタイプのものである。これらの港は掘込み港で、河口域を掘り込んで港を作っている。港の規模が小さく、掘削と岸壁の建設だけなので、海域の環境に与える影響は短期、長期とも軽微であると思われる。なお、片粕の港は現在もほとんど変化なく使われているが、下川口浦の港は、外港ができ、一部を埋め立てて道路としたため既にあまり使われていなかった上に西南豪雨で破壊され、跡形もない。

新しい港湾としては 1974 年の写真に初めて工事の様子が写っており、1985 年の写真には完成した姿が写っていて、その後も改良工事が加えられている竜串港と、1985 年の写真に初めて工事の様子が写っており、1990 年の写真には完成した姿が写っている下川口の外港がある。これらの港湾については、工事期間が長く、埋立を伴って従来の海岸線よりも海側に建設されたことから、短期的には工事に伴う汚濁の発生、長期的には港湾内の閉鎖水域で発生する低酸素水、有機スズや亜鉛などによる汚染、冬季の低水温と夏季の高水温、定期的な浚渫による汚濁の発生、海域の流況の変化など、サンゴをはじめとする海域の生物に悪影響を与える可能性のある環境変化が発生しているものと考えられる。

(2) 三崎川河口の導流堤

三崎川の河口は 1966 年の写真までは河口から南西向きに河川水が出ていたが、1969 年の写真では河口に小さな導流堤ができており、河川水の流下方向が南向きに変わっている（図 2-6 および図 2-7）。一見小さな導流堤だが効果は高く、以後現在に至るまで三崎川の河川水は一貫して南流することになった。

昨年度報告した堆積土砂の移動状況によれば、千尋崎西岸には非常に静穏な海域があり、ここに堆積した土砂は容易に移動しないことがわかっている。この静穏な海域に三崎川から濁質を含む河川水が流れ込むようになったことが、長期的にみて海域全体の濁度の増加につながった可能性がある。

なお、1999-2001 年の間に、竜串漁港の東側防波堤の東側に、漁港内に土砂が入るのを防止する目的で建設されたものと思われる小さな突堤ができ、結果としてよく土砂をせき止めている。この突堤により河口付近の地形が変化しているが、変化の途上であり、この突堤が海底の堆積物や三崎川の河川水の流路等にどの程度影響を与えるのか、現時点では不明である。



図 2-6. 三崎川河川水の流向

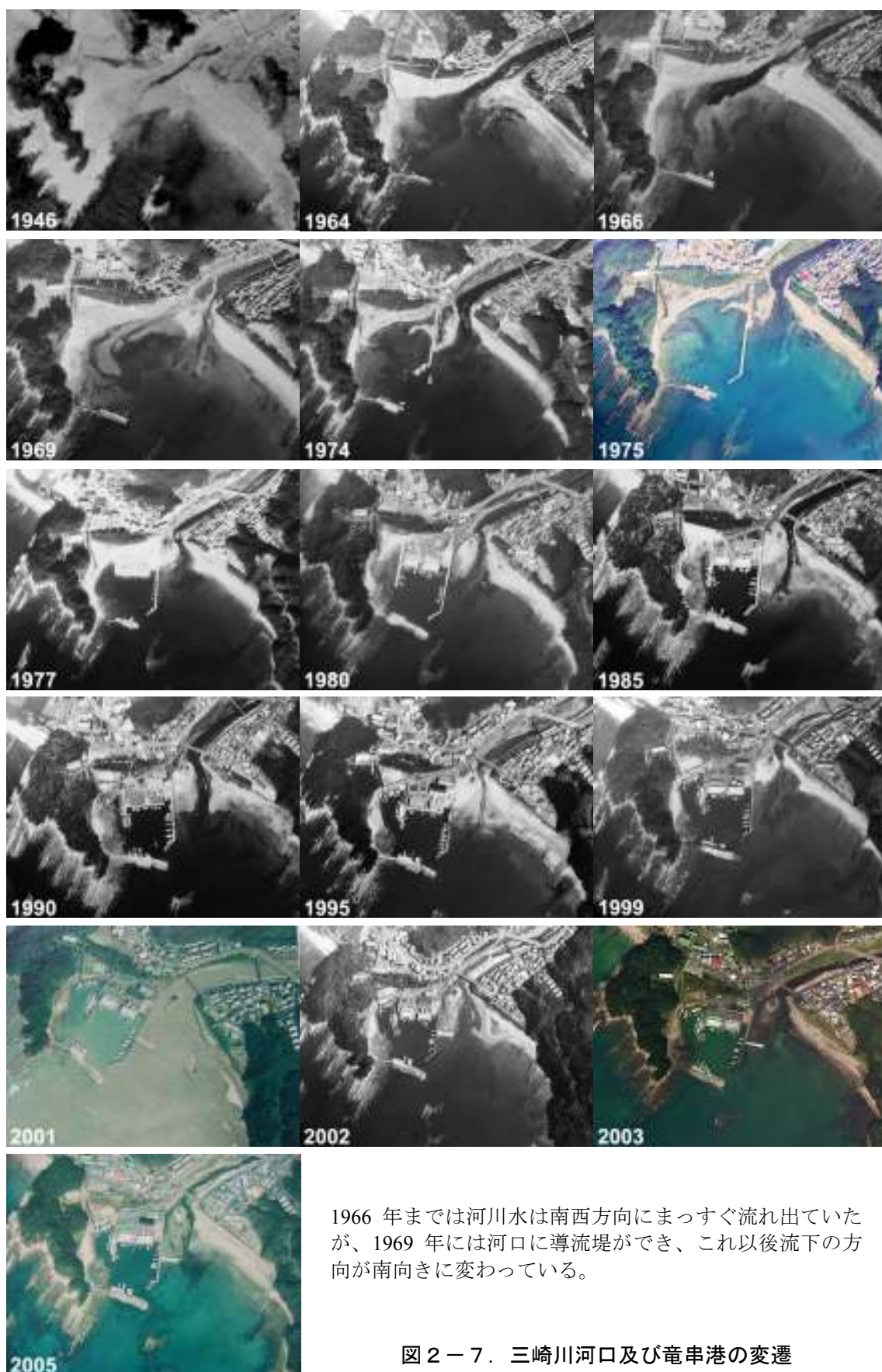


図 2 - 7 . 三崎川河口及び竜串港の変遷

(3) 国道 321 号の整備と観光開発

1966 年頃から 1980 年頃にかけて、竜串湾岸で国道 321 号が整備、拡幅された。

また、1967 年に貝類展示館、1972 年に足摺海底館（海中展望塔とレストハウス）、1973 年にサンゴ博物館、1975 年に足摺海洋館（水族館）が開館し、多数の観光客が訪れるようになった。これらの開発と同じ頃、1975 年頃までの数年間に宿泊施設の建設など大小様々な観光開発が行われ、田畑しかなかった竜串及び爪白周辺に建物が増加していった。観光開発は国道整備と同じ時期に進行しており、盛んに行われた工事による土砂流出や観光客の増加による水質汚濁が、少なくとも数年の間継続的に発生した様子は、資料 4 に示した高知新聞の記事からも読み取ることができる。

d) 竜串湾で起きた出来事の年表

収集した資料を基に、三崎川が竜串湾側につけかえられてからの出来事を年表にまとめた。

表中主な出来事の欄で [] で囲んだ記述は、およその時期で示された事象。

年	国立公園等に関する動き	竜串における主な出来事	出典	空中写真から見た変化	竜串 5 施設利用者数(千人)	オニヒトデ・年度駆除数
1944		三崎川河口を三崎浦から竜串に変更				
1946				空中写真(米軍?)		
1954	土佐清水市発足			○ 片粕港できる ○ 下川口浦に防波堤・導流堤できる ○ 宗呂川河口に掘込港できる ○ 爪白防波堤できる ○ 桜浜に船着場できる ○ 三崎川の河口左右岸に防波堤できる ○ 現在の竜串港南防波堤ができる		
55	足摺国定公園指定される	[爪白海域では 1955 年頃より造礁サンゴの採取が始まり、サンゴが相当減少した]	高知県, 1963			
56						
57	国立公園法廃止・自然公園法公布					
58						
59		弁天島周辺がサンゴ禁漁区に制定される	高知県, 1963			
1960						
61		土佐清水市が竜串のサンゴを文化財として保護することを決定	高知新聞			
62						
63						
64		[見残し湾サンゴ乱獲] →採取中止 見残湾の造礁サンゴ 県の天然記念物に指定	高知新聞	空中写真(地理院)		
65		寒波により見残し湾のシコロサンゴ被害	多田信, 1983	○ 下川口浦船溜りできる ○ 遠奈呂川河口付近国道工事 ○ 爪白防波堤西端できる ○ 竜串南防波堤に岸壁できる		
66				空中写真(地理院)		
67		貝類展示館開館		○ 宗呂川河口導流堤の西に防波堤建設開始 ○ 遠奈呂川河口付近国道工事完成 ○ 三崎川に新国道橋かかる		
68				○ 三崎川河口に南東向き導流堤できる		
69				空中写真(地理院)		
1970	足摺海中公園(現 2～4 号地)指定	[見残し湾のシコロサンゴほぼ回復・ミドリイシ類は消滅]	多田信, 1983			

年	国立公園等に関する動き	竜串における主な出来事	出典	空中写真から見た変化	竜串 5 施設利用者数(千人)	オニヒトデ・年度駆除数
1970 頃		[三崎川流域の農家が強力な除草剤を使用した時期があり、川で沢山の生き物が死に、海でも河口付近を中心に異常が見られた]	聞き取り	○ 宗呂川河口導流堤の西に防波堤建設中 ○ 遠奈呂川河口付近に消波ブロック列できる ○ 爪白海岸に家できる ○ 竜串港建設工事始まる	(環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所 2003)より	(環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所 2003)より
71	足摺海中公園(現1号地)追加指定					
72	足摺宇和海国立公園に昇格	足摺海底館(海中展望塔)開館				
73	足摺公園管理事務所設置	サンゴ博物館開館 三崎川河川 AA に指定 高知県公共用水域の水質測定開始				
74		オニヒトデ駆除開始	環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所 2003	空中写真(地理院)		286
				○ 宗呂川河口導流堤の西防波堤建設中 ○ 爪白海岸の家の前に階段護岸できる ○ 桜浜付近国道拡張工事 ○ 竜串港工事中		
75		足摺海洋館(水族館)開館		空中写真(地理院:カラー)	366	330
76		第 18 回自然公園大会開催 足摺海域(三崎川地先海域含む)海域 A に指定		○ 宗呂川河口導流堤の西防波堤できる ○ 爪白湾岸国道拡張工事 ○ 竜串港工事(埋立・岸壁)	393	2,045
77		[オニヒトデ駆除数多い]		空中写真(地理院)	396	5,340
78		[この頃まで湾内の COD は 1ppm 以下]		○ 遠奈呂川河口部消波ブロック仮置場として利用 ○ 国道城ノ岬トンネル工事	453	3,575
79	足摺宇和海国立公園が瀬戸内海国立公園管理事務所の担当区域に編入 足摺宇和海国立公園の公園区域・公園計画変更(再検討)	オニヒトデ駆除数最大		○ 竜串港工事(施設・道路) ○ ヒエンダ川河口陸化進む ○ 竜串湾岸全域で国道拡幅工事完成	429	5,611
1980		観光利用者数のピーク	中国四国農政局・相愛, 1987	空中写真(地理院)	479	1,910
81		宿泊者数のピーク(竜串で 2 万 9 千人あまり) 自然観察研修会開催 千尋崎先端部が鳥獣保護区特別保護区に指定	中国四国農政局・相愛, 1987	○ 片粕国道橋できる ○ 下川口外港建設工事始まる ○ 国道城ノ岬トンネルできる ○ 竜串港できる	418	1,897

年	国立公園等に関する動き	竜串における主な出来事	出典	空中写真から見た変化	竜串 5 施設利用者数(千人)	オニヒトデ・年度駆除数
82				○ 竜串港南側防波	404	761
83				○ 堤消波ブロック積み増し	368	212
84	「国立公園管理員事務所」が「国立公園管理官事務所」に改組			ヒエンダ川河口埋立	353	36
85		[湾内大腸菌群数増加]		空中写真(地理院)	351	10
86		[真珠母貝養殖盛ん(三崎漁協で母貝保有数量推定 5 百万個)]	中国四国農政局・相愛, 1987	○ 下川口外港できる	363	5
87	国道 321 号全線開通・日本の道 100 選入り	三崎川上流部に国営農地(斧積地区農地)が完成		○ 下川口内港船溜り埋めて道になる	344	8
88					344	4
89					387	3
1990				空中写真(地理院)	383	3
91		[このころから湾内の COD は 1ppm 以上]		○ 宗呂川河口に一字防波堤できる	412	0
92				○ ヒエンダ川河口部園地化	417	0
93	国道 321 号・四国地区人間道路会議大賞受賞			○ 竜串港奥浚渫して船溜り設置	394	2
94	「瀬戸内海国立公園管理事務所」が「山陽四国地区国立公園・野生生物事務所」に改組				310	0
95	足摺宇和海国立公園足摺地域公園区域・公園計画変更(点検)	[観光客数減少]		空中写真(地理院)	312	1
96				○ 見残し湾に船着き場できる	295	0
97				○ 竜串湾内に釣筏設置	262	0
98					243	2
99				空中写真(地理院)	217	2
2000	「山陽四国地区国立公園・野生生物事務所」が「山陽四国地区自然保護事務所」に改組 「国立公園管理官事務所」が「自然保護官事務所」に改組	竜串観光振興会がサンゴの移植実施	環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所 2003	○ 竜串港東防波堤の外側に小さな突堤できる	192	8
01	環境省発足	高知県西南部豪雨災害発生		空中写真(災害対策用:カラー)	181	20
02	土佐清水自然保護官事務所新築移転	海中公園 4 号地で泥土除去		空中写真(地理院)		27
03	自然再生推進調査開始			空中写真(本調査:自然環境研究センター:カラー)		以下、独自資料:竜串海域
04		千尋崎先端部でオニヒトデ被害発生				2,072
05		年初よりオニヒトデ駆除		空中写真(本調査:西日本科学技術研究所:カラー)		

注 1) 竜串 5 施設の内容

足摺海底館(海中展望塔)・足摺海洋館(水族館)・貝類展示館・たつくし海中観光船
サンゴ博物館

注 2) シロレイシガイダマシ類の駆除について

上記足摺宇和海国立公園指定 30 周年記念冊子にはシロレイシガイダマシ駆除として 1992 年から 2000 年までの間に延べ 11 万匹あまりが駆除されたと記載されているが、聞き取りによると魚肉等を餌としてバイ籠のようなトラップで駆除が行われており、大月町で実施されたようなピンセットで 1 個体ずつ除去するような駆除は実施されていない。サンゴ食巻貝類はトラップで集めることはできないため、誤って肉食の別種を駆除したものと思われる。そのため、竜串海域ではシロレイシガイダマシ類の組織的な駆除は行われていないものと考えられる。なお、竜串湾内でサンゴ食巻貝類が大発生したという報道はなく、信頼できる大発生の聞き取りもない。そのため、サンゴ食巻貝類が竜串湾内で大発生したことはない可能性が高い。

注 3) 真珠母貝の養殖について

1980 年代に盛んに行われた真珠母貝養殖について、竜串湾内では図 2-8 に示した 4 ヶ所の区画漁業権が設定されている。実際には 2057 と 2055 北側は河川水の影響があるため 1986 年頃には利用されていなかった(中国四国農政局・相愛, 1987) が、2055 南側から 2056, 2058 では盛んに養殖が行われていたようだ。真珠母貝は海中の懸濁物を濾過して摂餌するため給餌は行われず、魚類の養殖に比べれば海域の環境に与える影響は小さいが、養殖筏の下には糞塊が溜まってヘドロ化しやすく、特に 2055 のような浅くて非常に静穏な海域では、近隣の大瀬周辺のサンゴに影響があった可能性がある。

なお、竜串湾に限った出荷量等の統計はない。



図 2-8. 竜串湾の真珠母貝養殖場

○出典

高知県 1963. 高知県渭南海岸の海中公園調査報告書

多田信 1983. 足摺の海(保育社:大阪)

中国四国農政局高知西南開拓建設事務所・株式会社相愛 1987.3. 高知西南開拓建設事業
水質汚濁調査業務報告書

環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所 2003.2. 足摺宇和海国立公園 30 年のあゆみ—足摺宇和海国立公園指定 30 周年記念冊子—

2. 竜串湾の水質及び底質環境に関する追加調査

2-B. 濁水拡散状況調査

a) 三崎川河口海域における濁りの連続測定

平成 15 年度の調査で三崎川から流入した濁水の拡散や堆積泥の移動についてシミュレーションを行ったので、今年度は実際に降水や波浪によって濁度が発生する状況と、発生した濁水の拡散、移動及び継続状況の確認を目的として、三崎川河口海域の 5 ヶ所に濁度計を設置して連続測定を行った。

(1) 調査位置

図 2-9 に調査位置と底質の状況を示す。また、表 2-2 に濁度計の設置状況を示す。

表 2-2. 濁度計設置状況

測点番号	測点名	観測層		使用機器	設置水深	設置方法	観測間隔(分)	測定間隔(秒)	測定回数	スタート時間	設置位置		備考
1	竜串	上層	サンゴ基盤の水深	HORIBA	4M	岩盤に固定	60	—	1	2004/9/17 9:00	32°47'08.7"	132°51'52.3"	ワイパーなし
2	大碇南	上層	サンゴ基盤の水深	MTU-2	4M	岩盤に固定	60	1	10	2004/9/17 9:00	32°46'55.2"	132°52'02.8"	ワイパーあり
3	三崎川河口	上層	海面より1m	CLW	1.5M	砂底に設置	60	1	10	2004/9/17 9:00	32°47'06.8"	132°52'10.8"	ワイパーあり
4	大碇東	下層	海底より1m	MTB	7M	砂底に設置	60	1	10	2004/9/17 9:00	32°46'57.0"	132°52'10.2"	ワイパーなし
5	竜串沖	下層	海底より1m	MTU-2	9M	砂底に設置	60	1	10	2004/9/17 9:00	32°46'59.4"	132°51'50.5"	ワイパーあり

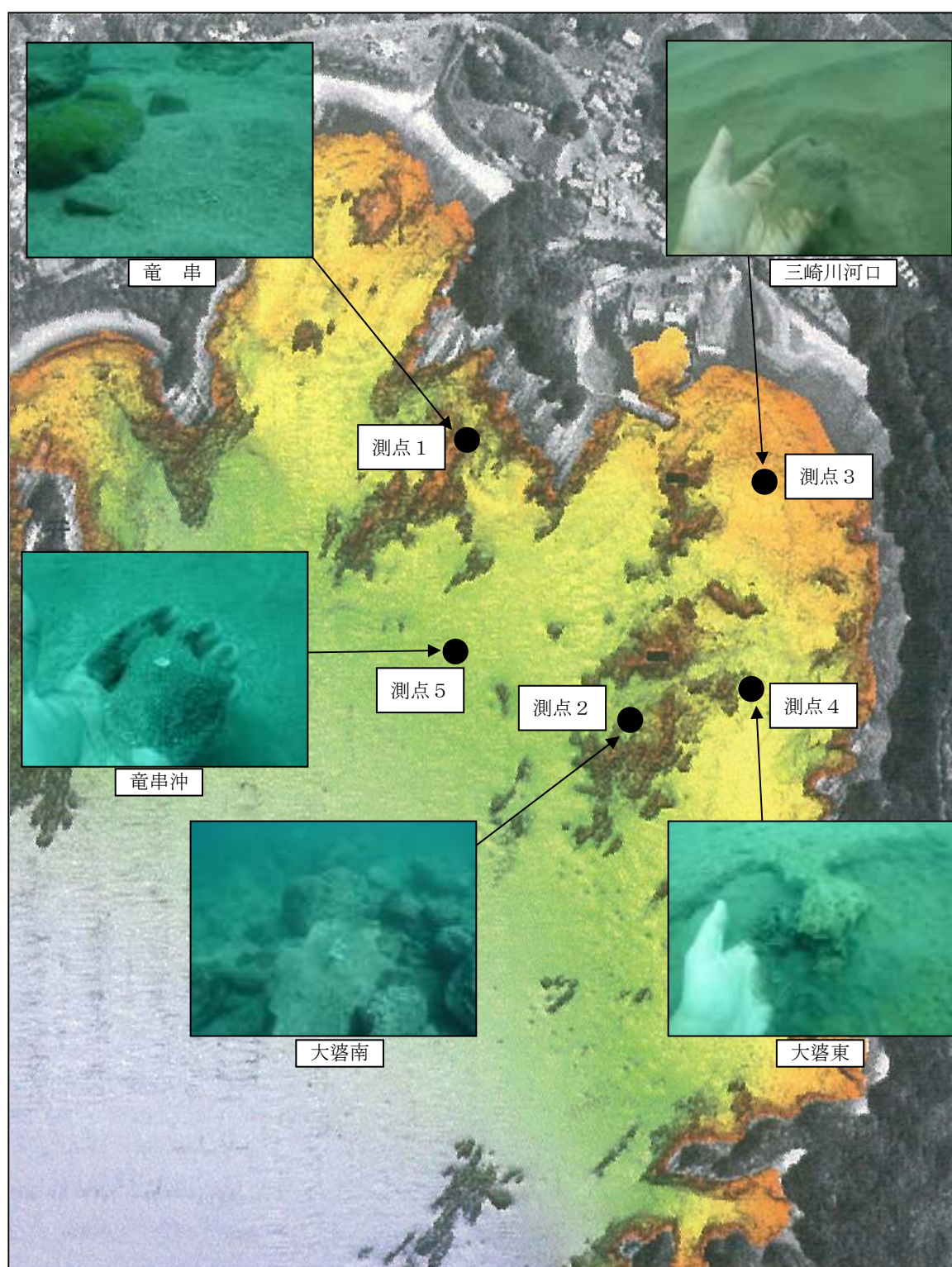


図 2－9．調査位置

(2) 調査結果

図 2-10 に調査期間の気象状況（風速、降水量）及び濁度調査結果を示す。以下に、観測状況の概要を示す。

観測機器は測点 2 と 5 は同じものであるが、その他は測点によって機器が異なるため、単純に数値を比較することはできない。また、調査期間中は台風が数回接近しており、機器の流失を防ぐために一時撤去を行なった。

測点 1（竜串）は設置後 3 日間は値が上昇し、その後は高い値が一定する特徴を持っており、不安定な傾向を示している。

測点 2（大碇南）の前半（9 月 17 日～10 月 16 日）は機器不具合のため欠測した。その後、11 月 8 日以降は徐々に値が上昇しているものの、比較的安定したデータが取得されている。

測点 3（三崎川河口）は水深が浅く、台風の影響を受けやすいことから、他の測点より頻繁に撤去した。

測点 4（大碇東）は、11 月 21 日以降に若干、数値が上昇するものの、比較的安定したデータが取得されている。

測点 5（竜串沖）は 11 月 6 日以降、値が急激に上がっており、何らかの不具合が生じたと考えられる。

以下に、濁度の出現状況を示す。

測点 1（竜串）、測点 2（大碇南）のサンゴ基盤に設置した地点では、常時、濁りは生じていないと判断される。10 月 20 日前後の台風 23 号接近時には、サンゴ基盤まで濁りが生じている。

測点 3（三崎川河口）では、台風 23 号接近時に 2 日間程度の降水があったが、機器を一時撤去していたため、三崎川からの濁度を捉えることは出来なかった。しかし、通常時および 1 日程度の降水時にはほとんど濁度が見られていないことから、通常時の影響はほとんど無いと考えられる。

サンゴ基盤の周辺海域である測点 4（大碇東）及び測点 5（竜串沖）の海底における濁りは、サンゴ基盤の状況と同様に、濁度の増加が明確に現れたのは台風 23 号接近時であった。

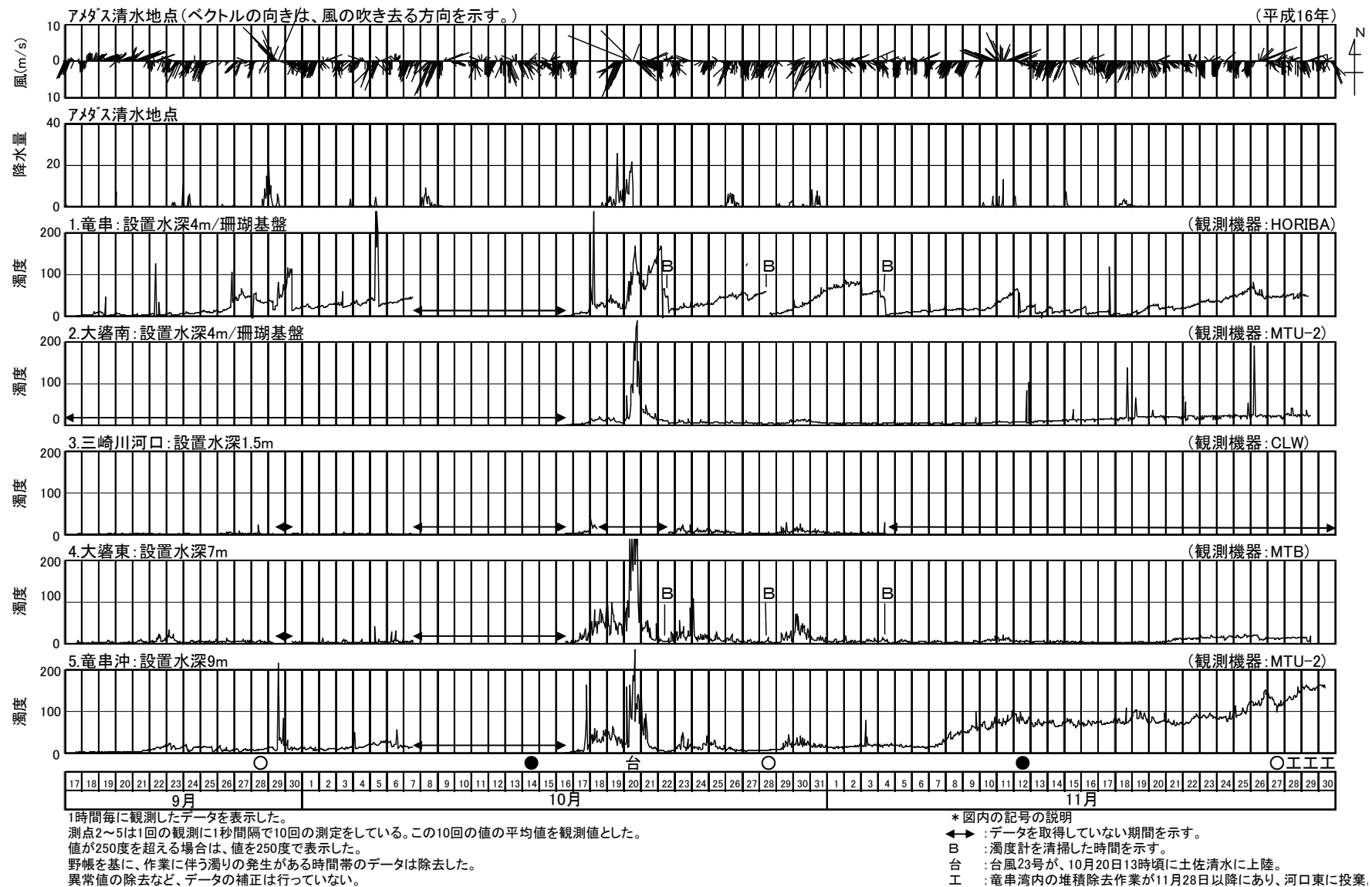


図2-10. 濁度の経時変化

(3) 考察

ア. 検討したデータ

前述のように、台風 23 号が土佐清水に上陸した 10 月 20 日の前後数日間、各地点で明瞭な濁度の増加が記録された。そこで、この期間の 1 時間間隔の観測データ（図 2-11）を用いてその内容について検討した。測点 2～5 では、1 回の観測につき 1 秒間隔で 10 回の測定をしている。この 10 回の値の平均値と標準偏差値を示した。なお、測点 1（竜串）に設置した濁度計（HORIBA）は 1 時間毎に 1 回しか測定を行なわない機種のため、標準偏差は算出していない。

イ. 期間中の風、波浪、降水について

風速は 17 日から台風上陸日（20 日）にかけて 5～10 m/s で、台風時は 15 m/s を超えた。また、この期間の風向は主に西であった。台風は 20 日 13 時頃土佐清水市付近に上陸したため、これに伴って風向は西～北～東へと変化し、台風通過後は南東～東南東の風になった。

なお、対象海域は太平洋に面し、波浪は、風浪以外にもうねりの成分が大きい。そのため、台風上陸前後の比較的長い期間にわたって高波浪が観察された。また、降水は 18～20 日にかけてあったが、大雨ではなかった。

ウ. データの概要

測定した濁度と SS の関係は観測機器によって異なるため、ここでは濁度データの量的な検討は行わず、変動傾向の特徴について検討した。

濁度は、18 日の 0 時頃から全地点で上昇した後、変動しながらも長い周期成分で見るとほぼ同じレベルで 19 日まで推移した。降水は 19 日の 0 時頃からであり、濁度の上昇が始まる時間より後であることから、濁度上昇の原因は河川からの濁水の流入ではなく、波浪による底泥（砂）の巻き上がりであると考えられる。

台風 23 号が 13 時頃に上陸した 20 日は、濁度は、サンゴ基盤（測点 1、2）では 3 時頃から次第に上昇を続け、18 時頃にピークとなりその後下降した。泥（砂）基盤のうち測点 4 における濁度は、9～20 時にかけて大きく変動しながらも高いレベルの濁度が継続した。測点 5 における濁度は、5 時と 9 時に 2 回のピークがあった後、上昇を続け、16 時に最大ピークとなりその後下降した。以上のように、台風通過時の濁度変化の傾向として、サンゴ基盤ではピークを挟んで比較的なだらかに上昇と下降をおこなうこと、泥（砂）基盤では、大きく変動しながら推移し、高濁度の期間はサンゴ基盤と比較して長いことがあげられる。また、観測測器が異なるため詳細な比較は出来ないが、濁度が 5 FTU 以上の継続時間は概ね 9 日間と、非常に長い期間薄い濁りが継続していることが明らかになった。

エ. サンゴ基盤と泥（砂）基盤の濁度の比較

サンゴ基盤の測点 2 と泥（砂）基盤の測点 5 における濁度の観測には、同じ観測機器（MTU-2）を使用しているため、濁度の定量的な検討を行った。

波浪による濁度の巻き上げが始まったと考えられる台風上陸前の18日と19日の濁度は、サンゴ基盤よりも泥（砂）基盤の方が高い値で推移した。台風が13時に上陸した20日は、濁度のピーク時前後みると、サンゴ基盤と泥（砂）基盤の濁度のレベルは同程度であった。また、濁度のピークが出現した時間は前者で19時、後者で16時とサンゴ基盤の方が遅かった。

濁度の標準偏差値は、サンゴ基盤では台風上陸時に数回程度大きい値が見られた以外は、ほぼ0で推移しており、濁り粒子のばらつきは小さいものと考えられる。また、泥（砂）基盤においては、台風上陸前から1～14程度の値で推移し、濁度のピーク時付近から数時間程度は比較的高い値を示しており、濁り粒子のばらつきは大きいと考えられる。

オ. まとめ

観測結果から、濁度の発生状況、発生した濁度の拡散、移動及び継続状況についてまとめると、以下のように考えることができる。

泥（砂）基盤では、波浪の作用により泥（砂）が巻き上がり、一定の波浪条件を超えると濁度が高くなる。濁りは降水の前に発生しており、時間降水量25mm、日降水量113mm程度の降水では、海域の濁度に変化は見られなかった。このため調査を行った河口に近い海域では、濁りの原因は波浪による底質の巻き上がりの影響が大きいと考えられる。

サンゴ基盤では泥（砂）基盤よりも濁度のピークが出現する時間が遅れていること、サンゴ基盤では泥（砂）基盤よりも濁度の標準偏差が小さい、すなわち濁りの元となる泥（砂）等の粒子の組成が均一化していると考えられることから、サンゴ基盤の濁りは測点付近で発生しているというよりも、泥（砂）基盤で巻き上がった泥（砂）による濁りが到達していると考えの方が自然である。

非常に高い濃度の濁りは全ての測点で台風通過の翌日には収まっているが、濁度が5FTU以上の継続時間は概ね9日間と、薄い濁りは非常に長い期間継続していることが明らかになった。

なお、海域に流入した通常時の河川水は比重が軽いいため海域の薄い表層（海面下50cm程度）を流れており、これらの濁度を直接捉えることは困難であると考えられる。しかし、薄い濁りの層であっても、海面からの光を遮るため海底に到達する光量を減衰させてしまうことから、今後、サンゴ生育と濁りの関係を解明する上では、光に着目した調査が必要であると考えられる。

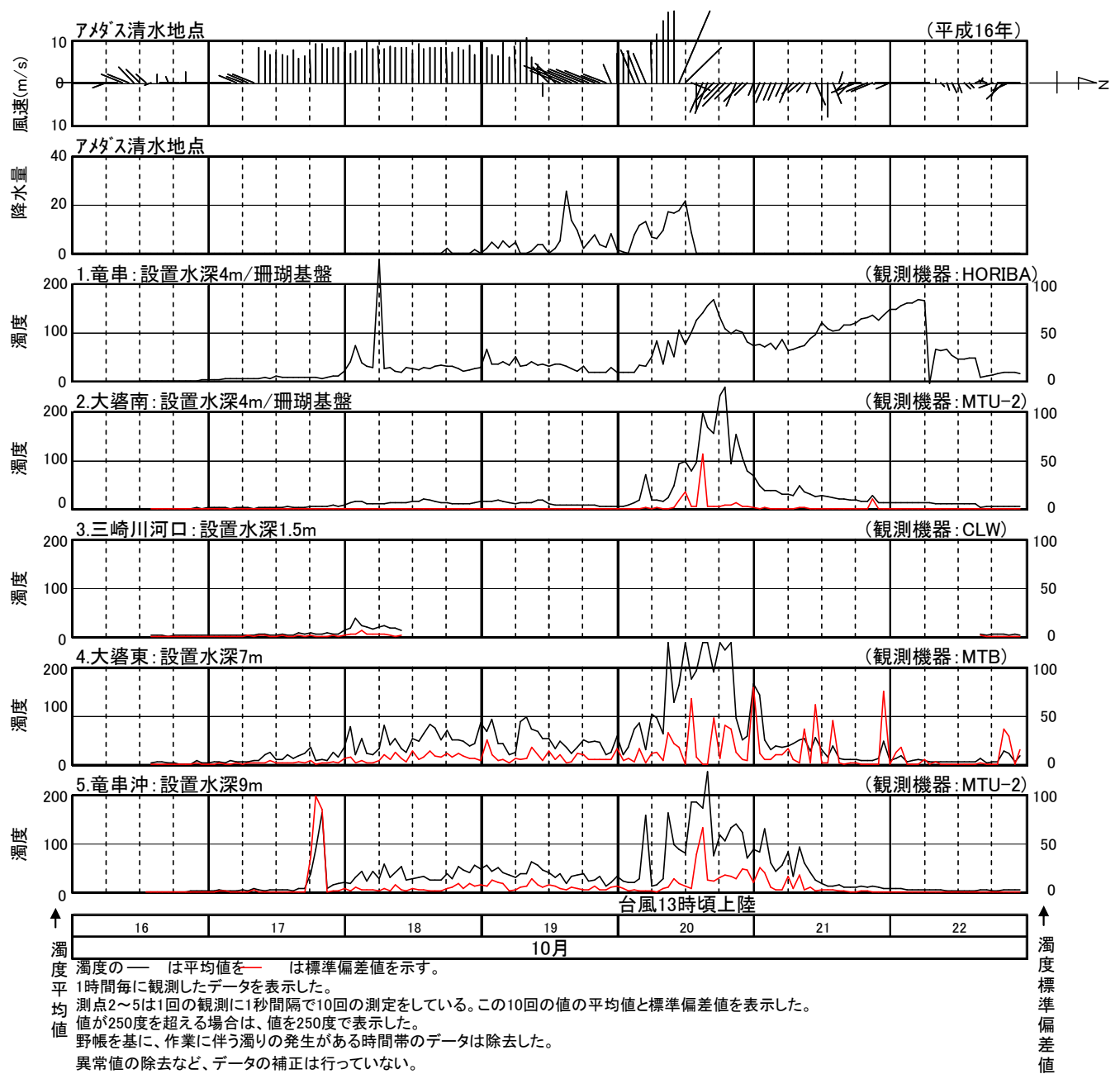


図2-11. 台風23号接近時の濁度の状況

b) 波浪による堆積土の巻き上がり濁り拡散予測

平成 15 年度の調査において、竜串湾西部の爪白地先では波浪による堆積土の巻き上がりによって濁りが発生することが明らかになった。一方三崎川河口の周辺海域ではシーلز数が高いため波浪によって濁りやすいと推測され、海中公園指定区域が近くに存在していることからサンゴ生育環境へ影響が懸念された。この推測は前項で実際に起きていることが確認され、波浪によって発生した濁りがサンゴ基盤の測点に到達していることが明らかになった。

そこで、波浪により巻き上がった濁りの拡散分布を予測し、濁りの拡散経路、及び堆積場所の推定を行なった。

(1) 予測手順

予測手順は図 2-12 に示すとおりである。

- ①シーلز数分布より波浪により濁りが発生するエリアを設定する。
- ②濁り発生エリアの各計算メッシュに粒子を 100 個ずつ投入する。
- ③海浜流予測シミュレーションにより得られる流動データとマルコフモデルにより算定される乱れ成分を用いて、各メッシュに投入された 100 個の粒子を追跡する。
- ④波浪が消滅した時点の濁り分布で沈降堆積するとした。

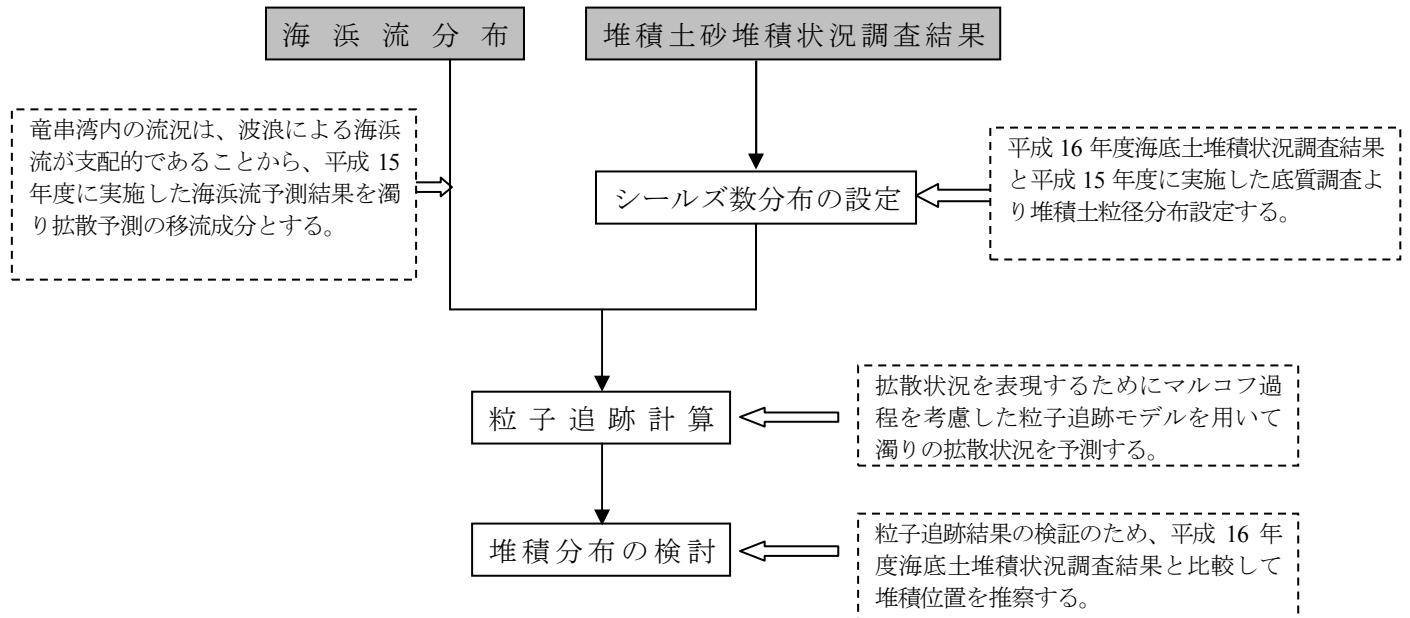


図 2-12. 予測手順

(2) 予測手法

濁り分布を予測する手法として、Fick の拡散方程式を用いた濃度拡散予測モデルが一般的な手法であるが、ここでは濁りの拡散経路や濁りの堆積場所などを検討するため、粒子追跡モデルを用いた。ただし、濁りは流れにより流されながら拡散することから、拡散状況を表現する必要がある。ここでは、拡散状況の表現のためマルコフ過程を考慮した粒子追跡モデル（以降、マルコフモデルと称する）を採用した。マルコフモデルは、1 地点に数個（100 個以上）の粒子を投入し、個々の粒子が所定の拡散係数に応じた分布になるように移動するのが特徴である。マルコフモデルの適用例は、遊泳能力を持たない時期の卵・稚仔の拡散予測や、海水交換予測などがある。以下に予測式を示す。

ア. 予測式

①粒子の追跡方法

海域に配置された粒子群は、平均的には潮流や恒流に伴う流れにより移動し、個々の粒子は、所定の拡散係数を有した乱れにより不規則に動くものとする。

すなわち、(i+1)ステップの粒子の位置(x_{i+1} , y_{i+1})は次式で示される。

$$\begin{aligned} x_{i+1} &= x_i + \left\{ \overbrace{u_m(x_i, y_i)}^{\text{移流成分}} + \overbrace{u'_i}_{\text{乱れ成分}} \right\} \Delta t \\ y_{i+1} &= y_i + \left\{ \overbrace{v_m(x_i, y_i)}^{\text{移流成分}} + \overbrace{v'_i}_{\text{乱れ成分}} \right\} \Delta t \end{aligned}$$

ここに、 u_m , v_m : x, y 方向の移流成分（潮流や恒流に伴う流れ）
 u' , v' : マルコフモデルから算定される x, y 方向の乱れ成分
 Δt : (i)ステップと(i+1)ステップの時間間隔

②マルコフモデルによる乱れ成分の発生

乱れが一次マルコフ過程に従うとして、(i+1)ステップの乱れは次式で示される。

$$\begin{aligned} u'_{i+1} &= \rho u'_i + \gamma_i \\ v'_{i+1} &= \rho v'_i + \gamma_i \end{aligned}$$

ここに、 u'_{i+1} , v'_{i+1} : x, y 方向の(i+1)ステップの乱れ
 u'_i , v'_i : x, y 方向の(i)ステップの乱れ
 ρ : $0 < \rho < 1$ の定数, $\rho = \exp(-\Delta t / T_L)$
 Δt : (i)ステップと(i+1)ステップの時間間隔
 T_L : Integral time scale (渦が自己の持つエネルギーを失う時間)
 γ_i : $N(0, \sigma_u)$ の正規乱数で $\sigma_r = (1 - \rho^2) \sigma_u$
 σ_u^2 : 分散 (流速変動の自乗平均)

拡散係数(K), 分散(σ_u^2), Integral time scale(T_L)の関係は以下に示すとおりである。

$$K = \sigma_u^2 T_L$$

イ. 粒子の投入個数の検討

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

以上のことから、1 地点に投入する粒子数は 100 個とする。

ウ. 拡散分布の検証

図 2-13 に流れの無い場の 1 地点に 100 個の粒子を投入した時の拡散状況を示す。拡散係数が $0.5\text{m}^2/\text{s}$ の場合、48 時間目の拡散スケールは半径 166m となり、概ね 48 時間目に示した拡散半径とマルコフモデルによる粒子の拡散状況は概ね合致する。（図内の 1 メッシュは 25m である。）

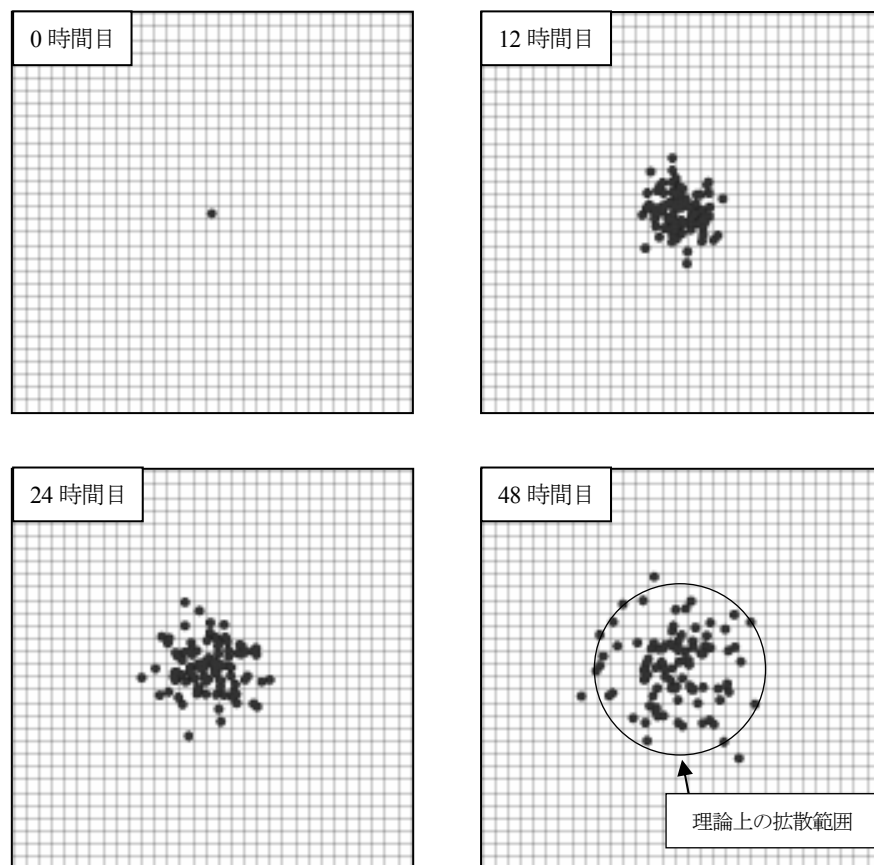


図 2 - 1 3. マルコフモデルの粒子拡散状況

(3) 予測条件

ア. 予測範囲

予測範囲は、平成 15 年度調査の波浪予測で計算した範囲(南北方向 2,750m、東西方向 3,100 m)とした。図 2-14 に予測範囲を示す。

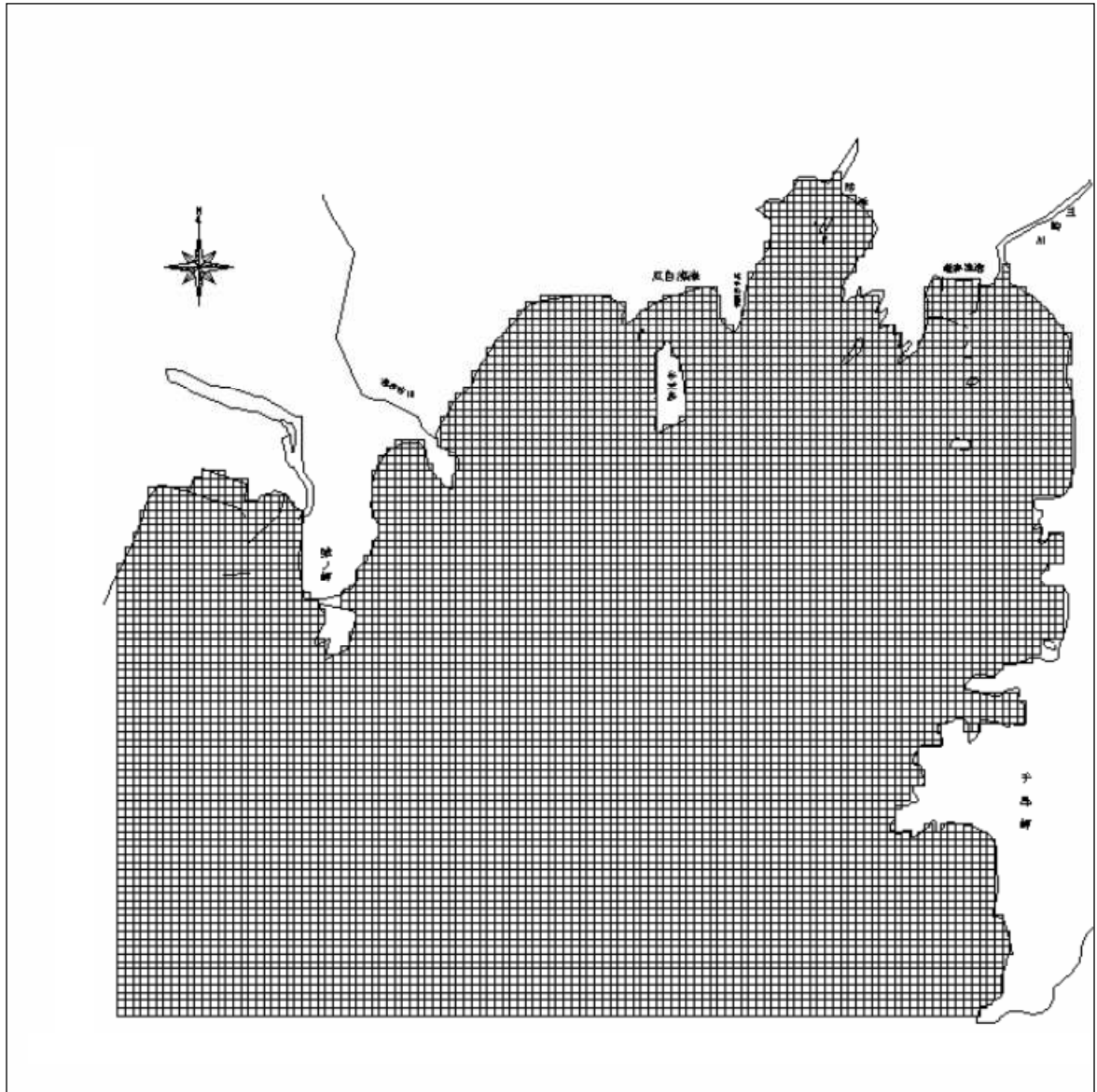


図 2-14. 予測範囲

イ．流動場

竜串湾の流れは、平成 15 年度調査で明らかになったとおり、潮流及び恒流の流れは微弱であるが、波浪による海浜流が支配的であった。したがって、濁りの拡散予測に用いる流動場は海浜流を採用した。なお、出水時には三崎川からの河川流が河口域の表層を流れるが、波浪により堆積土の巻き上げられた濁りが、密度成層した上層の河川流層に入り込むことは考えにくいことから、ここでは、河川流は考慮しないものとする。図 2-15 に海浜流のベクトル分布を示す。なお、海浜流は波高によりその大きさが変化するが、計算に用いた海浜流は平成 15 年度調査で予測された爪白海岸沖で約 70cm の波高（通年で約 73% の未超過確率＝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）で予測された結果である。

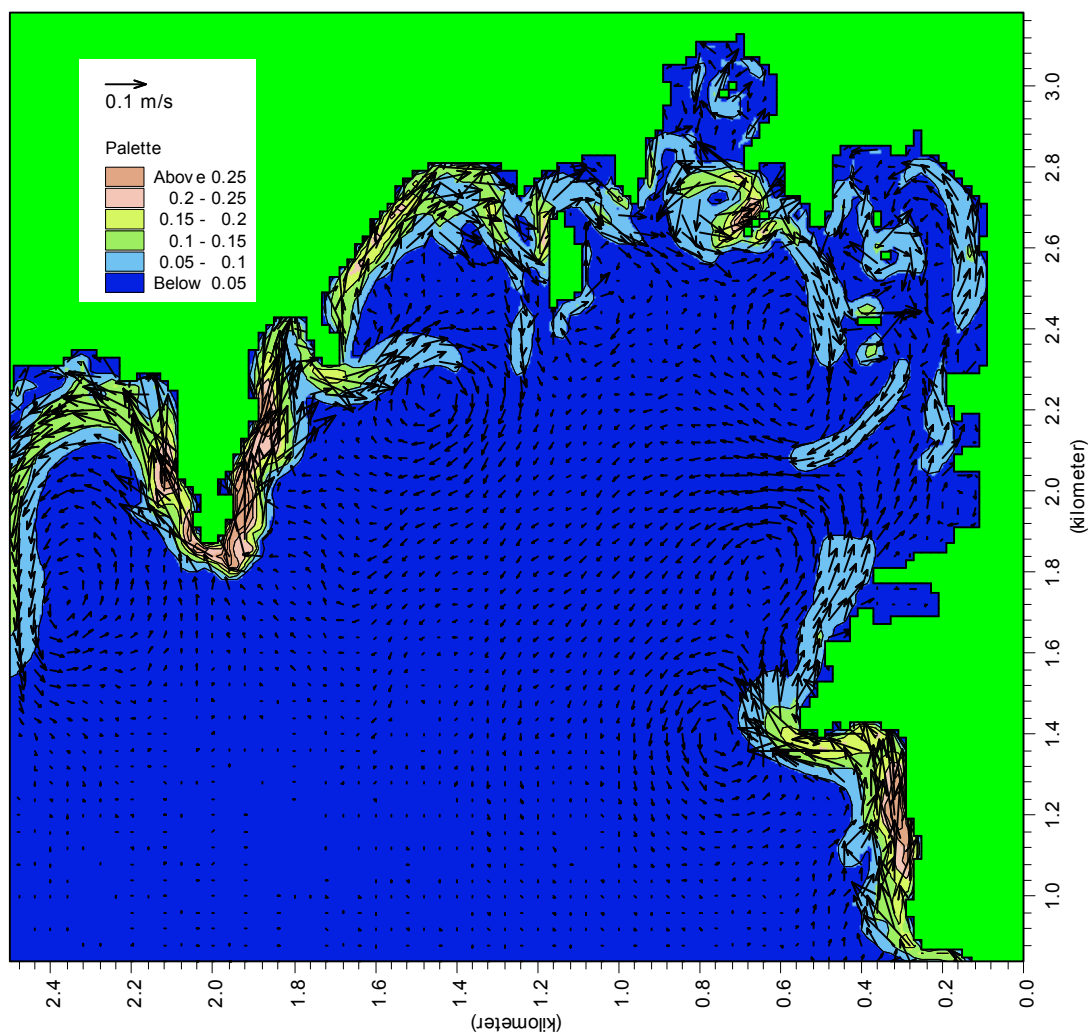


図 2-15. 海浜流ベクトル

ウ．粒子投入地点

本予測では、粒子の拡散状況が濁りの拡散状況を模擬することから、濁りが発生する地点に粒子を投入する。濁りが発生する可能性のある地点は、平成 15 年度調査で示されたシーلز数分布より設定した。図 2-16 に現在のシーلز数分布と粒子の投入位置を示す。現地調査結果から検討した底質の移動限界シーلز数は 0.02 以上であったが、濁りが発生する海域としてシーلز数として 0.04 以上を対象エリアとした。（全 122 地点）

なお、シーلز数分布は、「平成 16 年度竜串地区再生推進計画調査（海底土砂堆積状況等調査）」より、底質が岩盤で土砂が堆積していない海域においてはシーلز数を 0 になるように補正を行った。

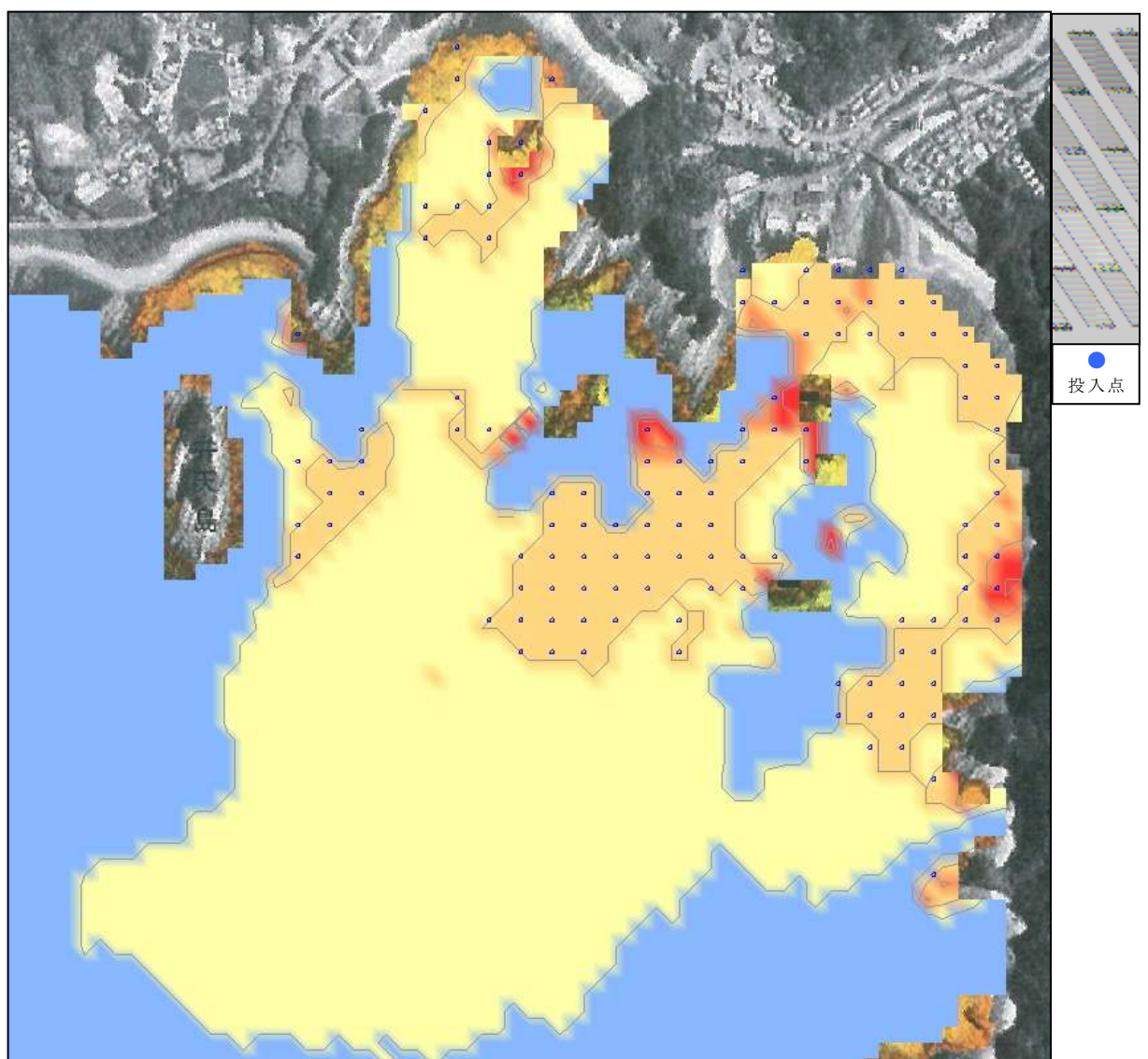


図 2 - 1 6 . シールズ数分布と粒子投入位置

エ. 拡散係数

図 2-17 に平成 15 年度調査の拡散係数分布を示す。竜串湾の平均的な拡散係数はこれらの分布より $1.0\text{m}^2/\text{s}$ と設定したが、今回対象とする海域は三崎川河口域であることから、St. 5 及び St. 1 の拡散係数分布より $0.5\text{m}^2/\text{s}$ ($5.0 \times 10^3\text{cm}^2/\text{s}$) と設定した。

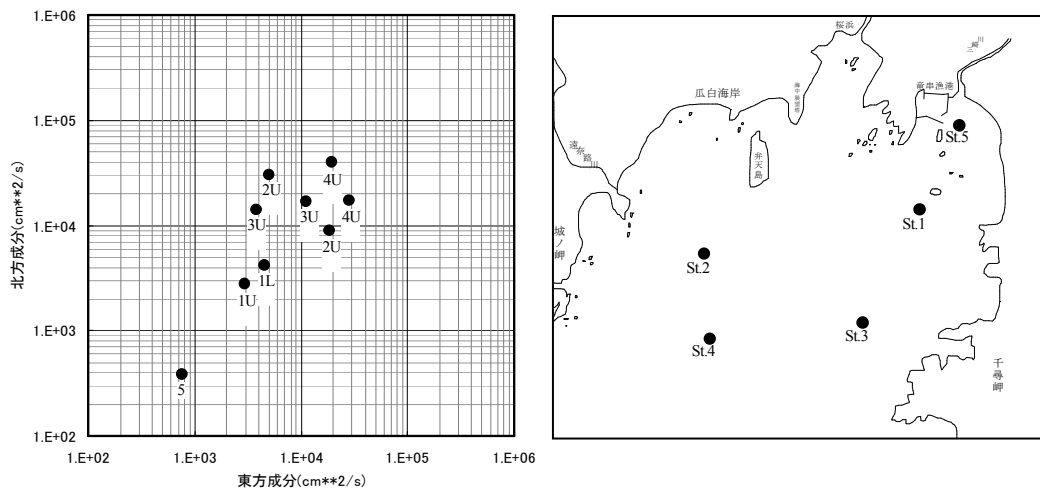


図 2-17. 拡散係数の設定

オ. 計算時間

粒子の追跡を計算する計算時間の設定を行なった。今回の予測対象の現象は、波浪により巻き上げられた堆積土の濁りが、海浜流（波浪による流れ）に流されて拡散する状況である。海浜流は波浪により生じる流れであることから、波浪の継続時間が海浜流の継続時間と考えられる。本予測では爪白地区で濁りが生じる波高（有義波高約 70cm）を対象として海浜流予測を行なっている。図 2-18 に平成 15 年度の波浪・濁度調査結果を示す。これによると、波高 70cm 以上の継続時間は平均で 2 日間程度であった。したがって、粒子の追跡予測の計算時間を 2 日間（48 時間）とする。

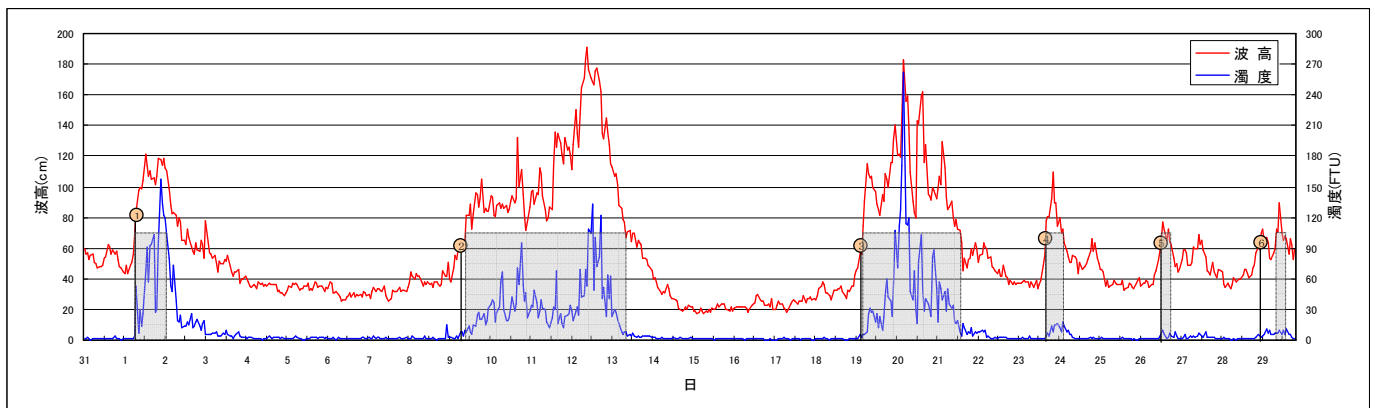


図 2-18. 波高と濁度の経時変化

カ．沈降速度

土砂粒子は時間とともに沈降して海底に堆積するが、流れの速い海域では乱れ成分により再浮上が生じて沈降できないと考えられる。図 2-19 に流速と再浮上限界の粒子径の関係（Ingersol-Camp 式）を示す。海域の濁りの土粒子はシルト質以下（0.75mm 以下）と考えられるが、このときの汚濁限界流速は約 7cm/s である。つまり、流速が 7cm/s 以上ある場合は、シルト以下の土粒子は沈降しないと考えられる。竜串湾の流況は 5cm/s 以下の微弱流であるが、海浜流が発生するような波高が高い場合は、水粒子の楕円運動が生じ、その大きさは、図 2-20 に示す平成 15 年度の波浪調査結果のように 40cm/s 以上であった。以上のことから、海浜流が継続する粒子追跡時間内は波高が高いことから、濁り粒子の沈降は無いものと設定した。

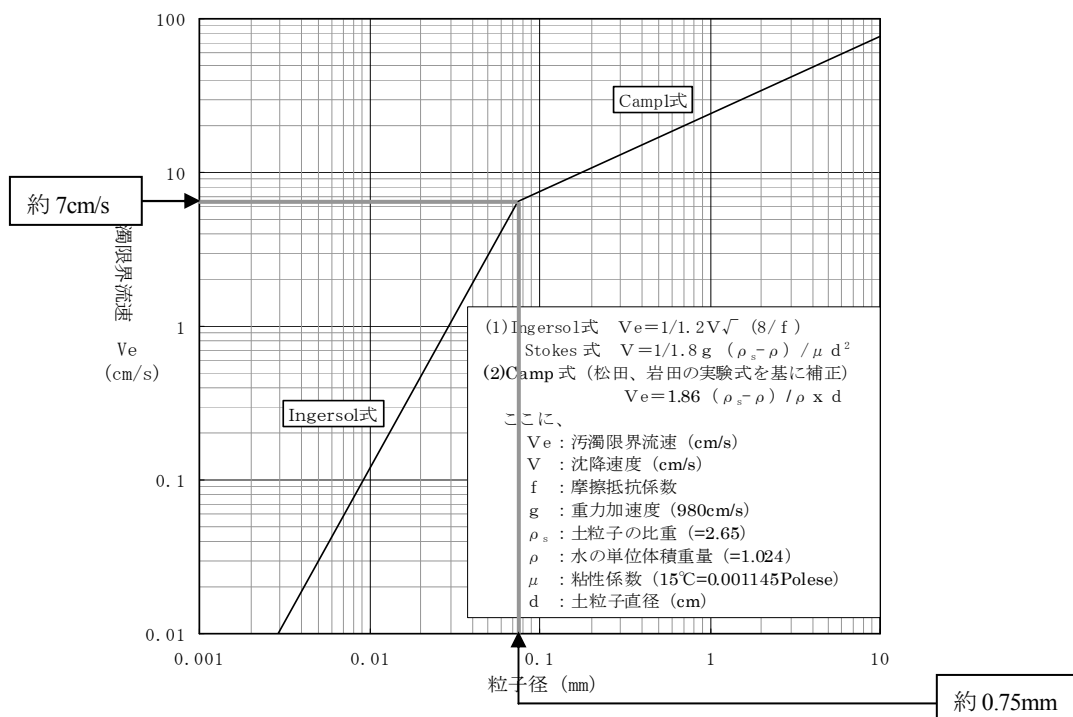


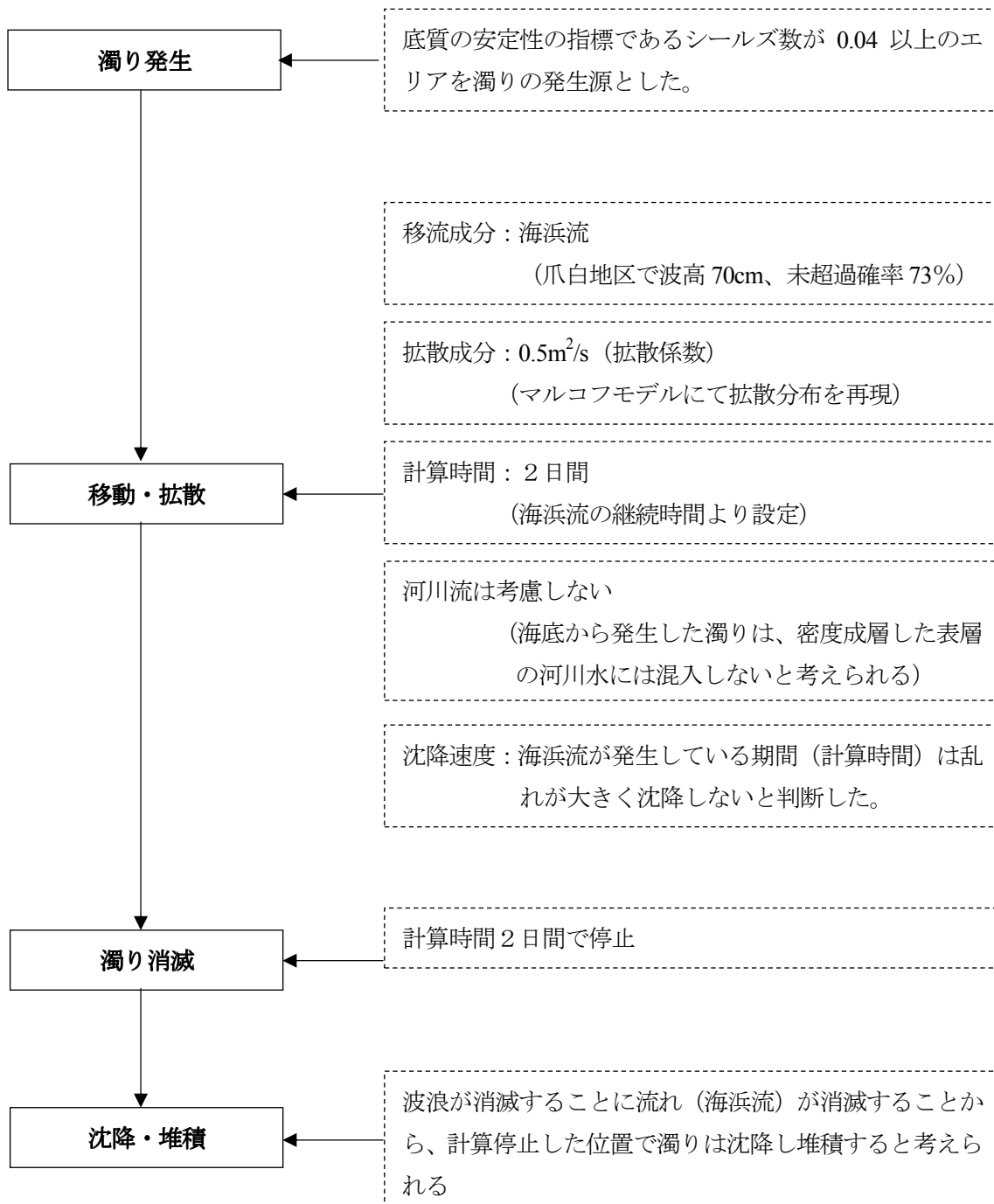
図 2－19．粒子径と汚濁限界流速の関係



図 2－20．波高と水粒子流速

キ. 予測条件のまとめ

濁り粒子追跡予測の予測条件のまとめを以下に示す。



(注)

本計算では濁り発生地点から、1 回だけ濁り粒子を発生させて、最終的な堆積位置を検討したが、実際の現象では連続して濁りが発生しており、粒子の移動経路は常に濁りが生じる

(4) 予測結果

ア. 濁り粒子の拡散分布

図 2-21 に濁り粒子の発生位置、図 2-22 に粒子追跡から 1 時間目～24 時間目の拡散分布を、また、図 2-23 に 48 時間目の拡散分布と海浜流ベクトルを示す。以下にまとめを示す。

- ・ A 地区で発生した濁りは、直接沖合い方向に向かう濁りと三崎川河口へ向かう濁りの 2 つに分かれており、沖合いに流された濁りは海中展望台岬から約 900m 沖合いに滞留している。
- ・ B 地区で発生した濁りは反時計回りの流れに流されながら拡散しており、A 地区からの発生した濁りとともに大碓と千尋岬の間の海域全体に濁りを広げている。また、一部は環流で廻りながらも沖合い方向へ向かう流れにトラップされ、A 地区の一部の濁りと同様に沖合いに滞留している。
- ・ C 地区は、大碓方向に向かう強い流れがあることから、濁りは大碓に向かって流れた後、A 地区の濁りが滞留している地点よりも若干、千尋岬寄りの竜串岬から約 800m 沖合いに滞留している。
- ・ D,E 地区は流れが弱く、その場で拡散しており、移動することはない。
- ・ F 地区では強い時計回りの流れが生じているおり、この流れに乗った濁りは環流にトラップされている。また、一部は海中展望台付近に滞留している。なお、海浜流予測の精度の問題で、環流にトラップされた粒子は環流の外縁に沿って流れているが、実際は環流の中心部に集まる傾向にあると考えられる。

48 時間目（2 日目）の分布で海浜流は弱くなることから、この状態で濁りの沈降が始まると考えられる。この結果から判断すると、3 つのパターンが見られる。

I：海浜流に流されて沖合いに移動するパターン

II：その場にとどまり移動を伴わないパターン

III：沿岸域を拡散するパターンし、沖合いまで移動しないパターン。

表 2-3 に各発生エリアと濁りの移動パターンを示す。

表 2-3. 各発生エリアと移動パターン

移動パターン	I	II	III
発生エリア	A,B,C	D,E	A,B,F

このうち移動パターン I は、堆積土砂を沖合いの深場へ移動させることから徐々に堆積土砂が解消されると考えられるが、パターン II,III は堆積土砂は解消しないと考えられる。特にパターン III は周囲に濁りを拡散させることから影響は大きいと考えられる。

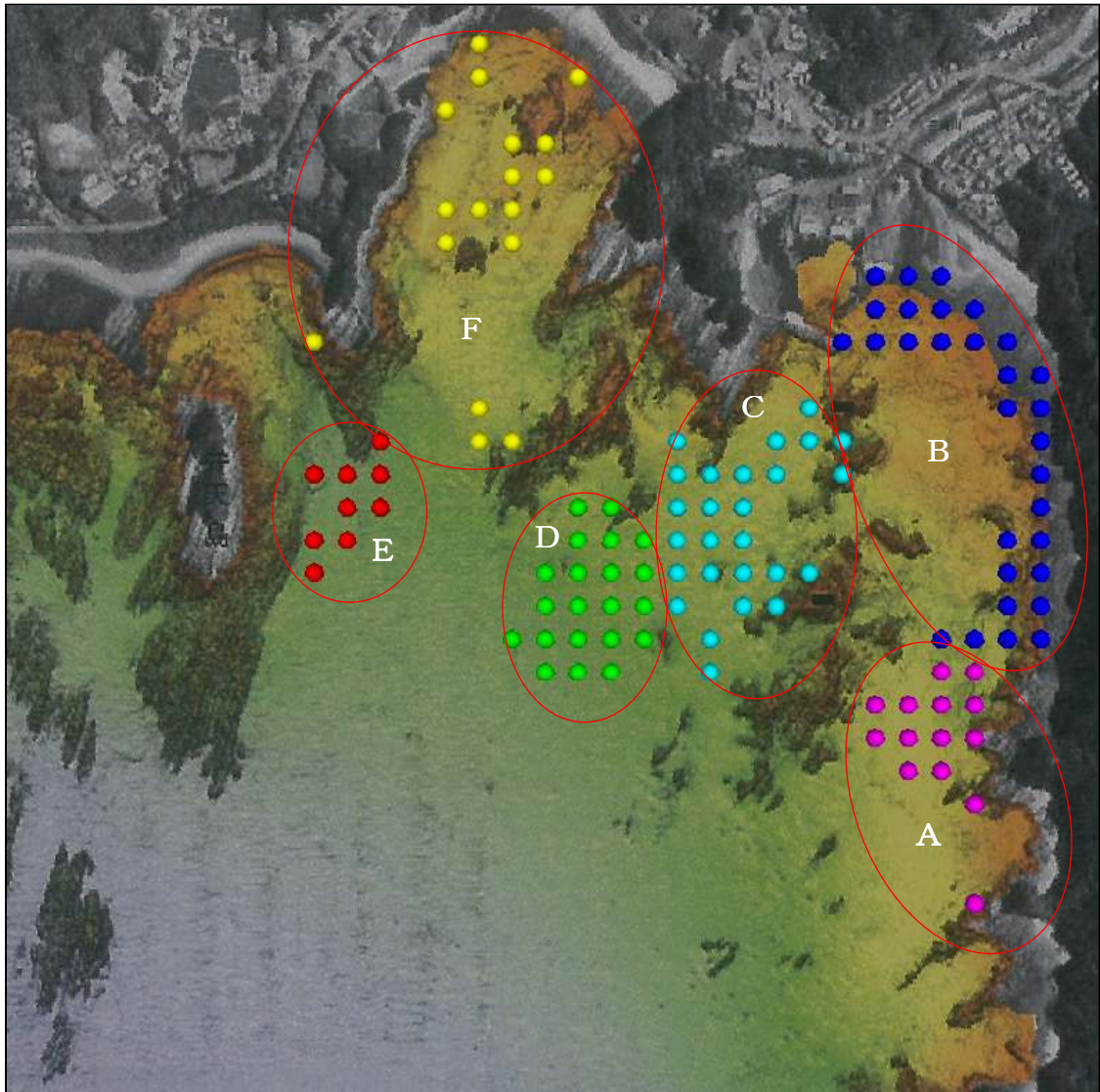


図 2－2 1. 濁り粒子の発生位置

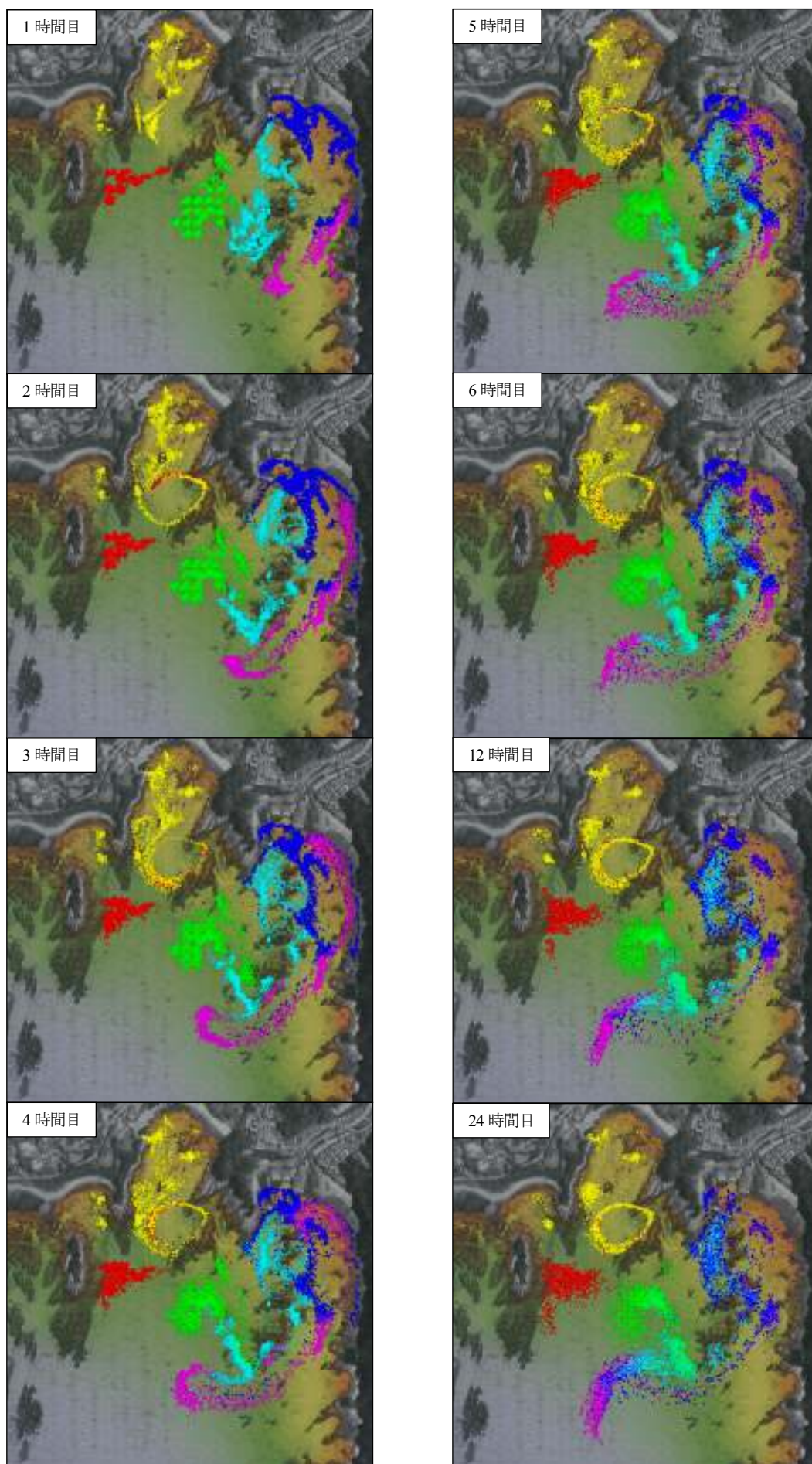


図 2 - 2 2. 濁り粒子の拡散分布 (1~24 時間目)

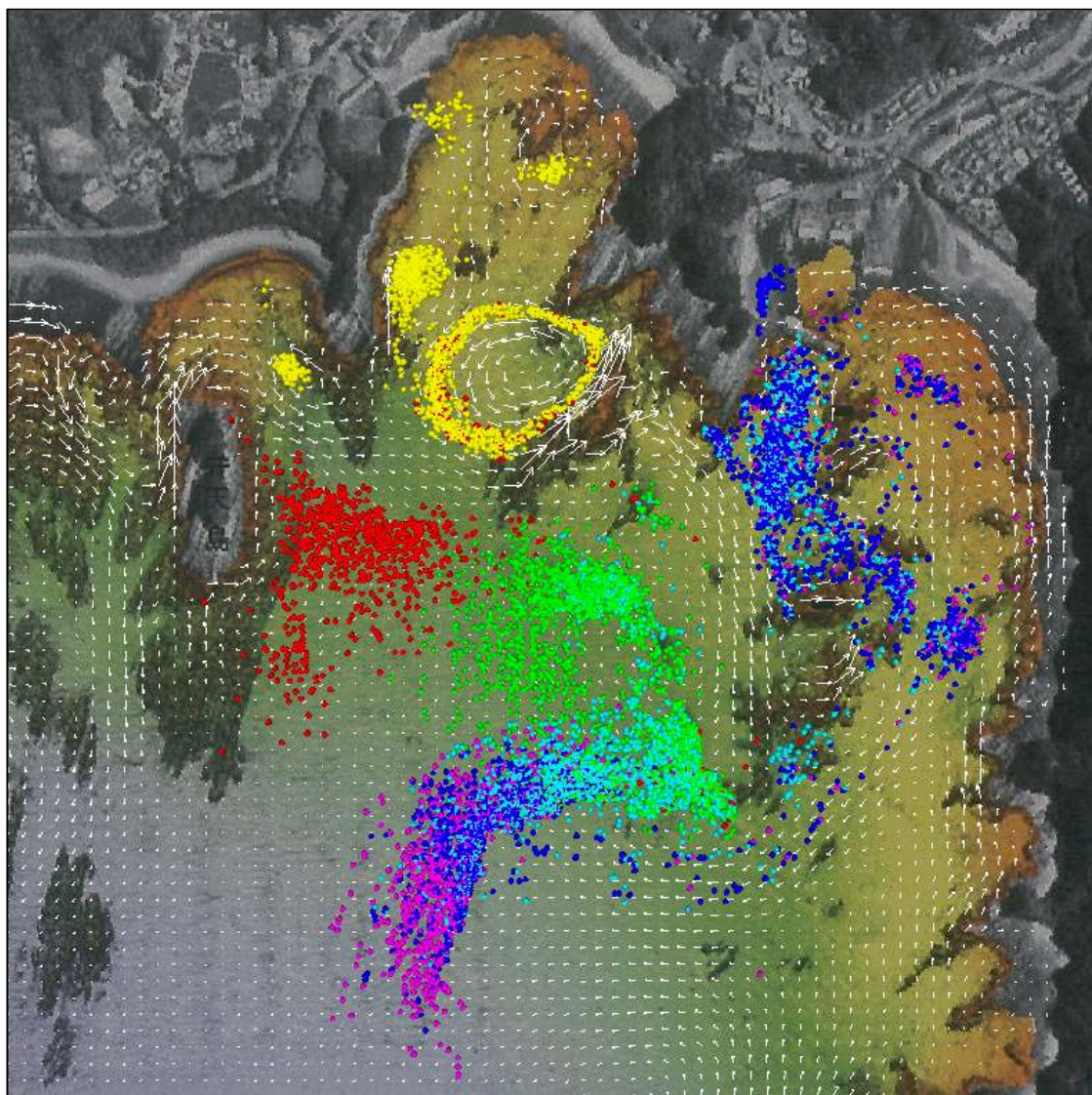


図 2－2 3．濁り粒子の拡散分布（48 時間目）

イ. 堆積分布の検討

前述したように、濁りは3つのパターンで移動することが推察された。これらの移動状況の確認するために、図2-24に48時間目の濁り拡散分布と「平成16年度竜串地区再生推進計画調査（海底土砂堆積状況等調査）」で得られた竜串湾底質分布を示す。以下にまとめを示す。

- ・ エリア1、2は潜水調査でも明らかになった泥の堆積場所であるが、予測でもこの地点に堆積する結果となった。
- ・ エリア3、4、5は予測では堆積傾向にあったが、実測では「細砂」であった。平成16年は台風が非常に多く、堆積状況調査が行われた9月までに4個の台風が四国に上陸した（4号,6号,10号,11号）ことから、これらの擾乱により砂と泥が混合した可能性がある。

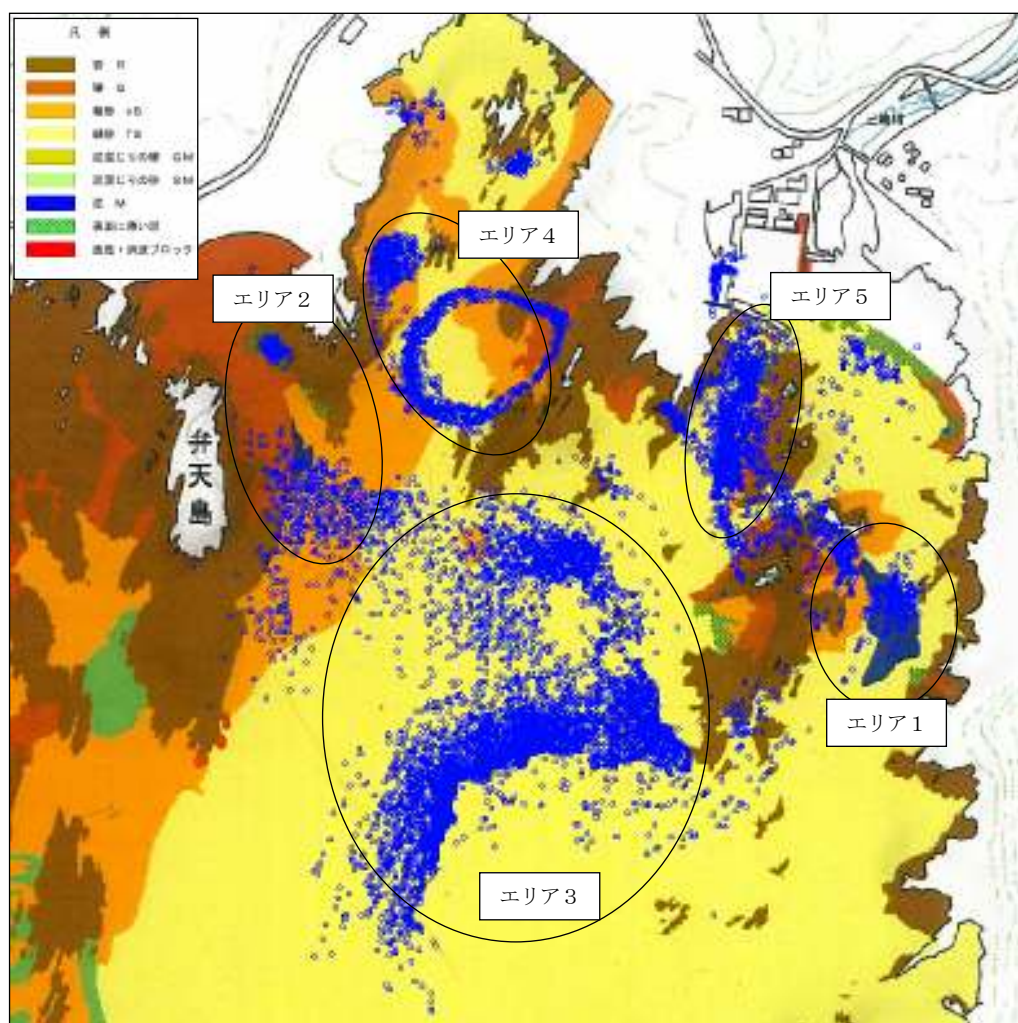


図2-24. 濁り拡散分布と竜串湾底質分布

(5) まとめ

以下にまとめを示す。

- 竜串湾東部海域においては、波浪による濁りの拡散状況は次の３つのパターンが推察された。
 - Ⅰ：海浜流に流されて沖合いに移動するパターン（千尋岬周辺、大濤周辺）
 - Ⅱ：その場にとどまり移動を伴わないパターン（竜串岬沖合、弁天島東）
 - Ⅲ：沿岸域を拡散し、沖合いに移動しないパターン（千尋岬周辺、桜浜前面）
- 沿岸域に濁りを拡散させるパターンⅢは、海中公園２，３号地の濁りに与える影響は大きいと思われる。
- 平成１６年度海底土砂堆積状況調査によれば、泥の堆積場所と予測結果から得られた堆積場所は概ね一致した。
- 竜串湾東部海域の堆積土は徐々に沖合いに移動しているものの、水深１０～１５ｍの沖合い部に留まっており、湾外へ流出することは無かった。また、堆積土が沖合いに移動するためには周年のサイクルが必要であり、その間に濁りがサンゴ生育環境に与える影響が大きいことから、何らかの対策を講じる必要があると考えられる。

c) 洪水時に河川から流入した濁水の拡散

竜串湾に流入する河川流域における調査結果から、流域には多数の崩壊箇所があり、河川からの濁水の流入は例年起こる程度の大雨により頻繁に発生することが明らかになった。海域の濁りはサンゴをはじめとする生物群集に多大な影響を与えるが、その原因には、河川からの濁水の流入と、既に堆積している濁質の巻き上げがあることがわかっている。濁質の巻き上げについては前項で既に検討したので、本項では河川から流入する濁水の拡散状況を明らかにするため、洪水時の河川水に由来する濁質の拡散状況について検討する。

(1) 調査方法

調査は、例年起こる程度の大雨によって河川が洪水状態になり、濁水が海域に流入し始めてから数日間にわたって、継続的に多くの地点で層別の水質を測定することによって行った。なお、濁質の流入状況を知るため、河川においても経時的に流況と水質の調査を行った。河川水の調査については西日本科学技術研究所が担当しているので、そちらの結果も参照されたい。本調査は3回程度行うことを目標にしたが、多くの場合低気圧や前線の通過によって大雨が降り、このような場合には海況が悪くて船舶による水質調査が行える状況ではなかった。結果として、2004年8月4日の夕方から2004年8月7日の朝にかけての1回のみ実施することができた。

調査対象の河川と海域の調査地点を図2-25に示す。調査を行った時点は、

第1回	降雨直後	2004年8月4日	17:40—19:55
第2回	約15時間後	2004年8月5日	8:30—10:30
第3回	約23時間後	2004年8月5日	16:30—18:15
第4回	約47時間後	2004年8月6日	16:25—19:05
第5回	約62時間後	2004年8月7日	7:15—9:30

の5回で、各調査地点で水面(0m)から海底付近(海底より約40cm上方)に達するまで5mおきに水質測定を行い、経時的な変化を調べた。

水温、塩分、濁度については各地点で船上より水質計(HORIBA製多項目水質計W-20XD)を垂下し、水質計に取り付けられている水深計によって各測定水深に達した時点で各項目のデータを記録した。多項目水質計の仕様を表2-4に示す。また表層(0m)で採水用のバケツを用い、水深10mでは採水器(リゴーB型透明採水器)を用いて海水を採取し、研究室に持ち帰ってWhatmanGF/B濾紙を用いたGFP法によりSSを測定した。なお、調査位置は調査船舶に搭載しているディファレンシャルGPSもしくはハンディタイプの携帯用GPSを用いて決定した。

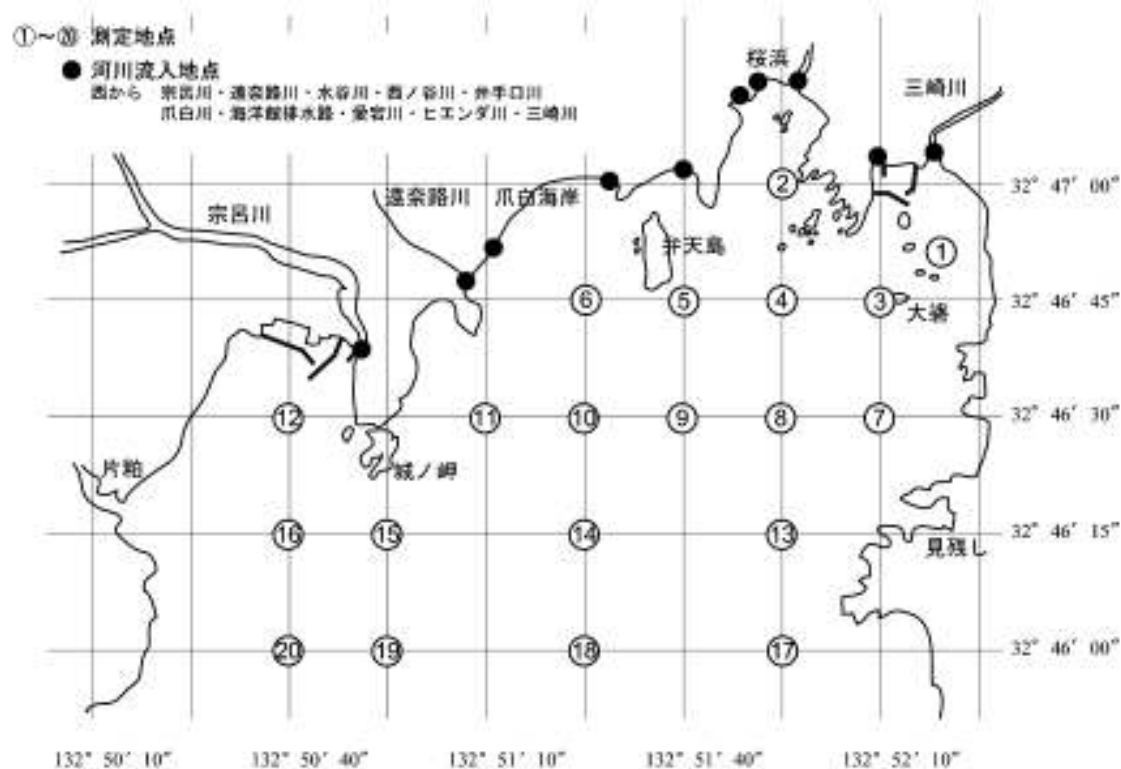


図 2-25. 水質測定地点

表 2-4. 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	0~50 σ t
	分解能	0.01℃		分解能	0.1 σ t
	再現性	$\pm 0.3^{\circ}\text{C}$		再現性	$\pm 2\sigma$ t
	精度	$\pm 1.0^{\circ}\text{C}$		精度	$\pm 5\sigma$ t
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	$\pm 1\%$ F.S		再現性	$\pm 3\%$ F.S.
	精度	$\pm 3\%$ F.S		精度	$\pm 5\%$ 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	$\pm 0.1\%$		再現性	$\pm 0.05\text{pH}$
	精度	$\pm 0.3\%$		精度	$\pm 0.1\text{pH}$
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	$\pm 2\text{g/L}$		再現性	$\pm 3\%$ F.S.
	精度	$\pm 5\text{g/L}$		精度	$\pm 5\%$ F.S.
溶存酸素	測定原理	隔膜ガルバニ電池法	ORP 酸化還元電位	測定原理	白金電極法
	範囲	0~19.99mg/L		範囲	$\pm 1999\text{mV}$
	分解能	0.01mg/L		分解能	1mV
	再現性	$\pm 0.1\text{mg/L}$		再現性	$\pm 5\text{mV}$
	精度	$\pm 0.2\text{mg/L}$		精度	$\pm 15\text{mV}$

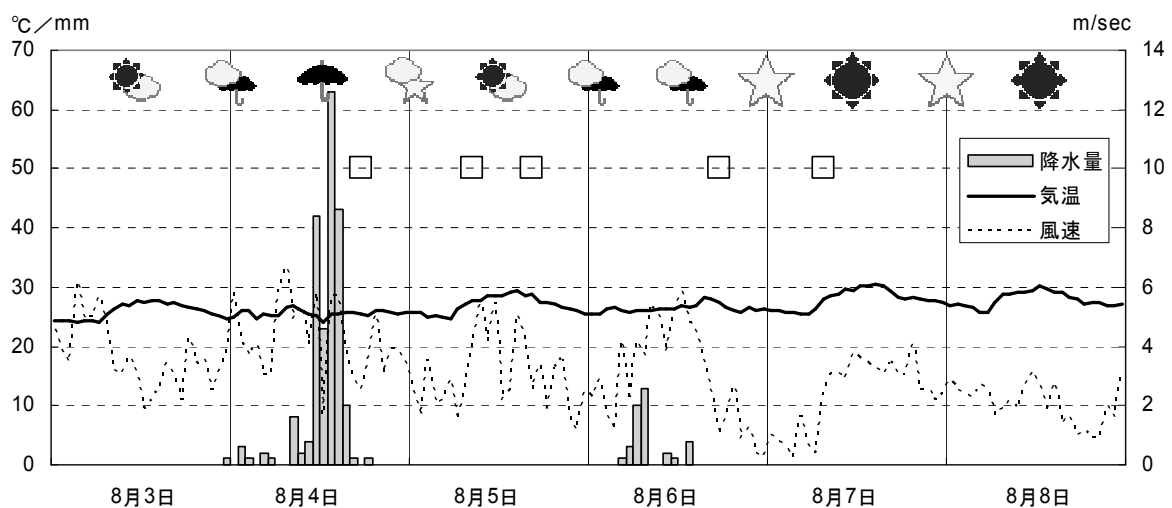
(2) 調査結果

○調査期間および前後の気象および海況

調査期間及び前後の気象状況を図 2-26 に示す。宋呂川中流にある出合雨量観測所のデータによると、2004 年 8 月 4 日にみられた大雨のピークは 14 時で、17 時までにはほぼ止んでいる。12 時から 16 時にかけての総雨量は 181mm、ピーク時（14 時）の時間雨量は 63mm を記録している。降雨前後（2004/8/4～2004/8/8）の風向をみると概ね東から北で、平均風速も 1.9～4.3m/s と小さく、調査時の海況観察でも湾内の波やうねりは弱かった。

	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
	平均	最高	最低						
8 月 3 日	25.9	28.3	23.9	3.8	6.5	北北東	11.9	東	1
8 月 4 日	25.6	27.3	23.9	4.3	8.6	東	17.9	東	204
8 月 5 日	27.0	29.6	24.5	3.1	5.6	北北東	10.1	北東	-
8 月 6 日	26.5	28.9	25.3	3.2	6.3	北北東	10.5	北	34
8 月 7 日	28.0	30.9	25.2	2.4	5.1	西南西	7.3	西南西	-
8 月 8 日	27.9	30.8	25.6	1.9	3.4	東	6.9	東	-

気象庁電子閲覧室 <http://www.data.kishou.go.jp/> より清水測候所のデータを抜粋
降水量のみ宗呂川にある出合雨量観測所での観測値を使用



□は調査を行った時点

図 2-26. 調査期間および前後の気象状況

○流入河川の状況について

湾内に流入する河川の状況について以下にまとめる。各河川の流入地点は図 2-25 を参照。

＜城ノ岬以西＞

宗呂川：城ノ岬西に河口部を持つ。調査海域に注ぐ河川としてはもっとも水量の多い河川。大規模な河川改修工事が河口付近を含む広い範囲で現在でも行われており、通常でも常に濁りが認められる。増水時の濁りは著しく、河口周辺および西側の海岸一帯に広がる様子が観察される。

＜城ノ岬以東、爪白海岸＞

遠奈路川：爪白海岸の西端に流入。上流部には崩落部分があり、河川工事も行われている。

爪白海岸から桜浜にかけていくつか流入している小河川のうち、もっとも流程が長い。

通常時は水量が少なく、特に河口部では完全に枯れているが、降雨時に著しく増水し、強い濁りが発生する。宗呂川、三崎川について負荷量が多いと思われる。

水谷川：爪白海岸の中央部で海域に流入する小河川。国道と交差する直前で落差のある滝となっている。通常時の流量はわずかであるが全く枯れることは少ない。

西ノ谷川：急傾斜地を流れ、爪白海岸のほぼ中央部に流入する小河川。10 数戸あまりの小さな集落を通っている排水路のような川で、平常時の水量は非常に少ない。

井手口川：爪白園地の西を通り、爪白海岸の東端（弁天島付近）に流入する小河川。平常時の流量は少ない。

＜桜浜＞

爪白川：桜浜の西端、グラスボート発着場で海域に流入。竜串レストハウスの排水等が流れ込んでいる。水量は少ない。

海洋館排水路：足摺海洋館の駐車場付近を通り、爪白川の東に流れ込んでいる排水路。平常時の水量は少ない。

愛宕川：足摺海洋館のすぐ東を通り、桜浜の中央部に流入する小河川。平常時の水量は少ない。

＜竜串港以東＞

ヒエンダ川：貝類展示館前を通り、竜串港奥で海域に流入する小河川。水量は少ないが竜串地区の集落の一部や港周辺の観光施設の雑排水が流入しており、水が汚れている。

三崎川：竜串湾の最奥部竜串港の東に流入。宗呂川に次いで規模の大きい河川。河口から約 1.2km 上流で三崎川本流と支流の西ノ川に分かれるがいずれも流域面積は広い。上流部に水害による崩落地が多数残っており、出水時の濁りは強い。

○濁度

各調査地点における濁度の鉛直分布を図 2-27～2-31 に示す。

降雨直後（8 月 4 日 17:40-19:55）には、湾全域で表層（0m）の濁度が 6.7～65.1NTU と高く、多くの地点で 10NTU 以上の値を示していた。特に三崎川河口に近い①や弁天島南東の⑤、宗呂川河口部に近い⑫⑮⑯⑳で、表層濁度は 30NTU 以上と高かった。これに対し、桜浜地先の②や⑦⑬のほか、沖合の⑭⑱⑲では表層の濁度が比較的低い値を示した。中層（10m 前後）の濁度は宗呂川河口に近い⑫⑮や遠奈路川河口に近い⑥⑩⑪などで、比較的高い値を示したが、

その他の地点では表層の濁度と比較して顕著に低かった。また、⑦⑨⑩⑬や⑮では底層（最大水深付近）付近でも 20NTU 以上の高い濁度が測定された。

約 15 時間後（8 月 5 日 8:30-10:30）には、濁水の流入が続いていた宗呂川の河口周辺（⑫⑬⑯⑱⑲）では依然として表層の濁度が高い値を示していたが、それ以外の地点では表層濁度が大きく低下し、いずれも 12NTU 以下となっていた。海底付近の濁度は前回の調査と比較して増加する傾向が認められ、②③④⑥⑨⑭⑯⑲など多く地点では海底付近の濁度が表層・中層に比べ高い値を示していた。

約 23 時間後（8 月 5 日 16:30-18:15）には三崎川河口に近い①のほか、⑥⑨⑯⑲⑳などで、海底付近の濁度が他の水深帯に比べて顕著に高い値を示していた。また、中層付近の濁度が前 2 回の調査と比較して若干高い値を示しており、全域で 4NTU 前後となっていた。

約 47 時間後（8 月 6 日 16:25-19:05）には地点や水深帯での濁度の差がほとんど認められなくなり、河口付近を含め、湾全域で表層 9NTU 前後、中下層 5NTU 前後となった。

さらに 62 時間後（8 月 7 日 7:15-9:30）には濁度が表層で 7NTU 前後、中底層で 4NTU 前後と前回の調査よりさらに低下していた。

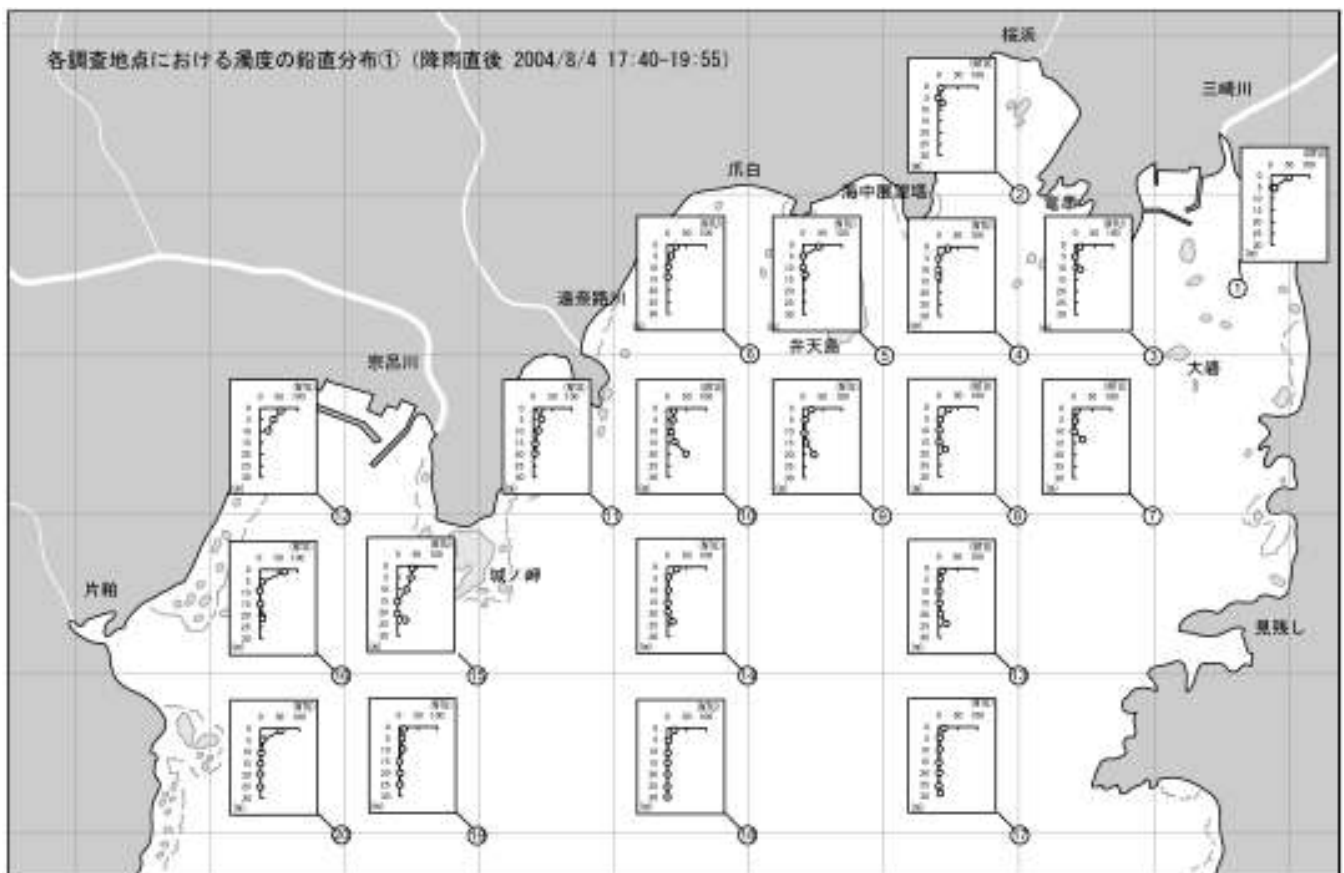


図 2-27. 濁度の鉛直分布 降雨直後 2004/8/4 17:40-19:55

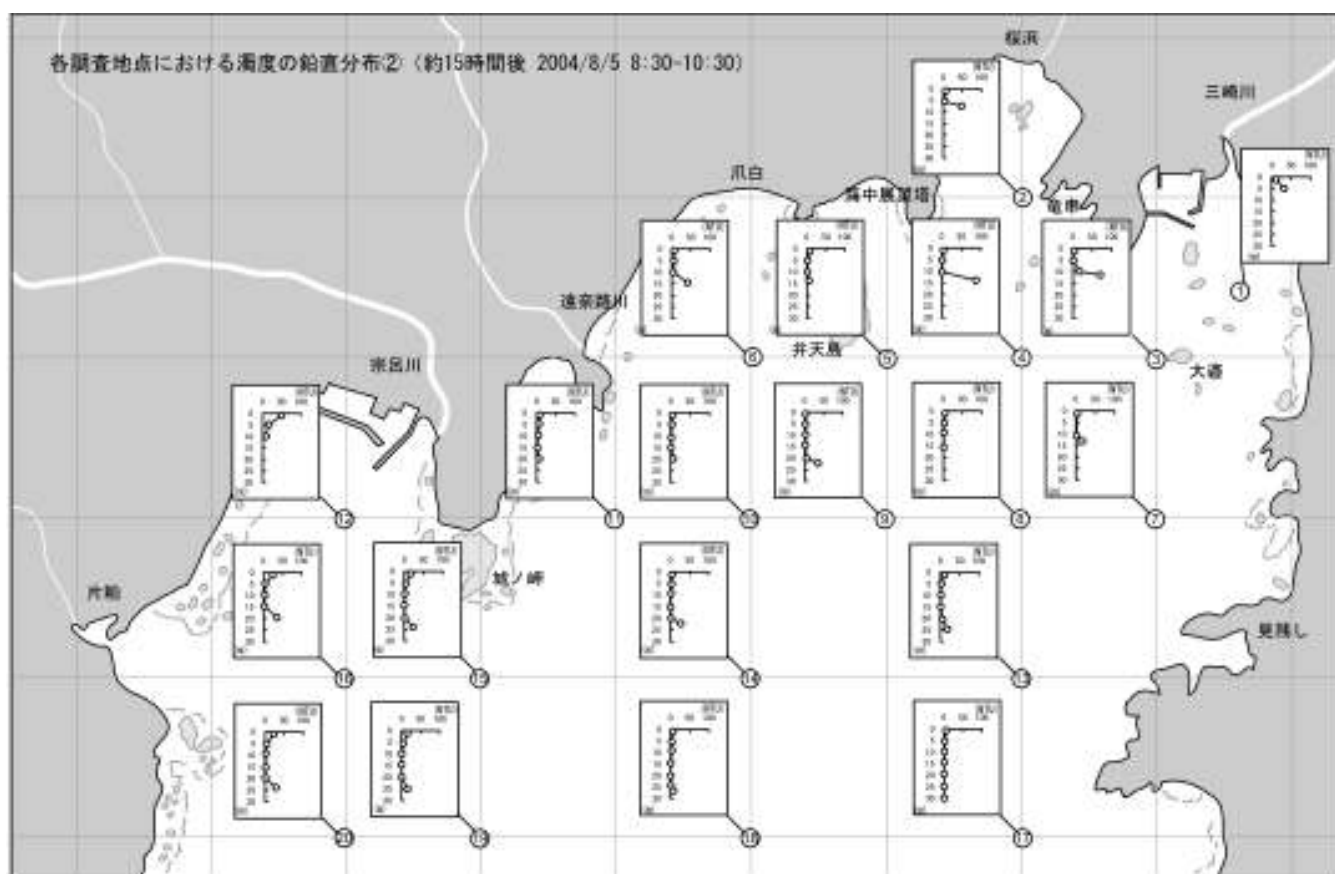


図 2-28. 濁度の鉛直分布 約 15 時間後 2004/8/5 8:30-10:30

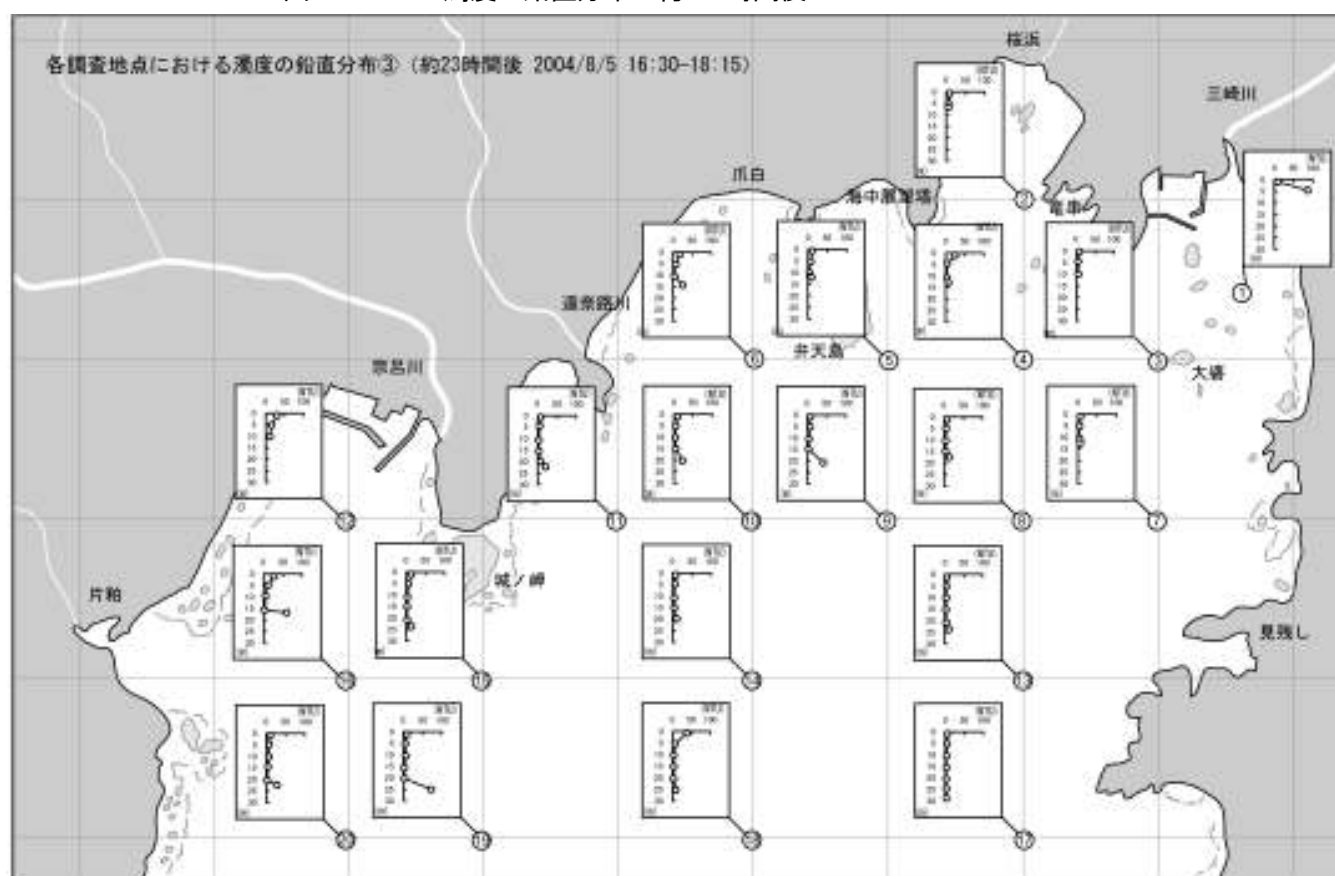


図 2-29. 濁度の鉛直分布 約 23 時間後 2004/8/5 16:30-18:15

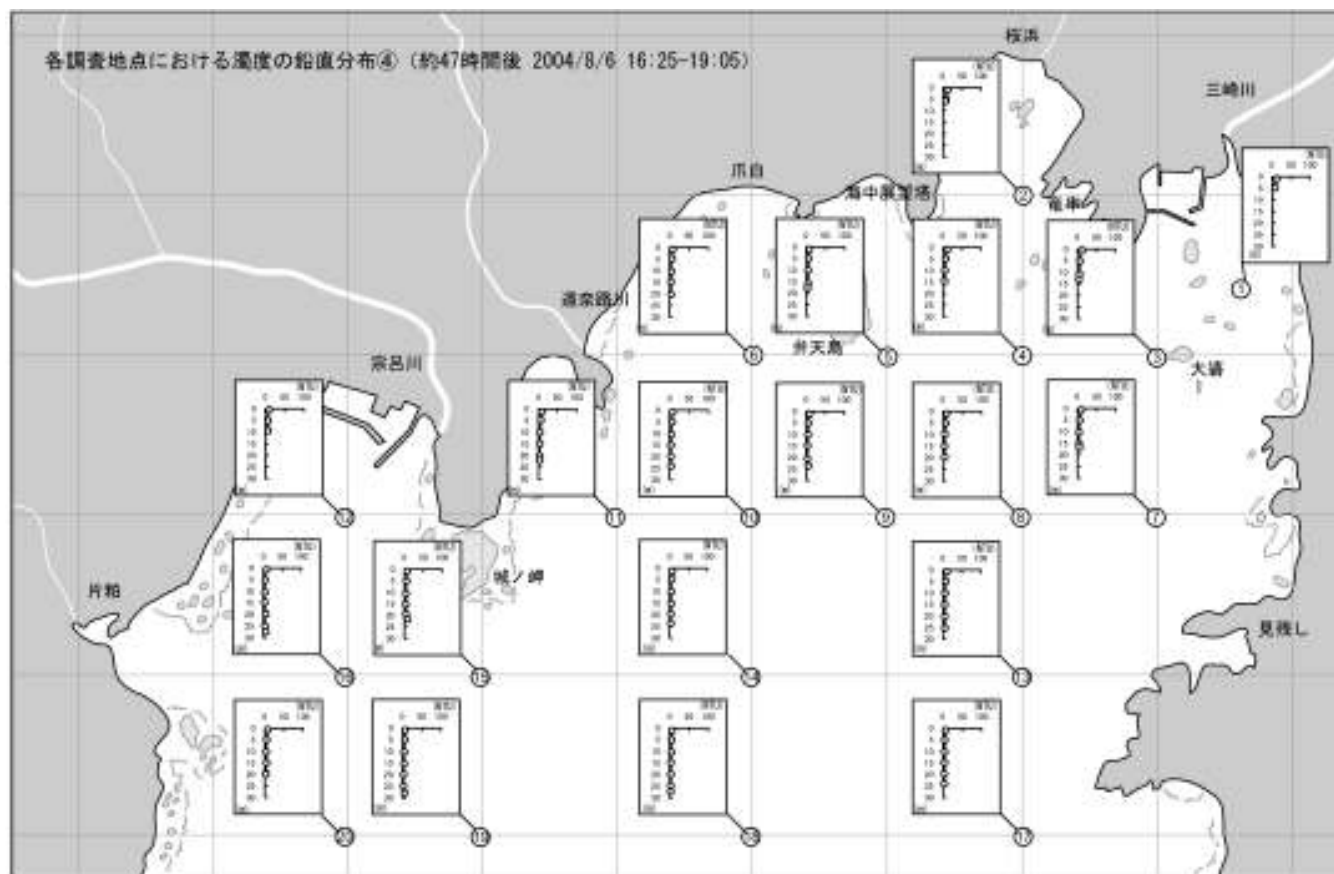


図 2-30. 濁度の鉛直分布 約 47 時間後 2004/8/6 16:25-19:05

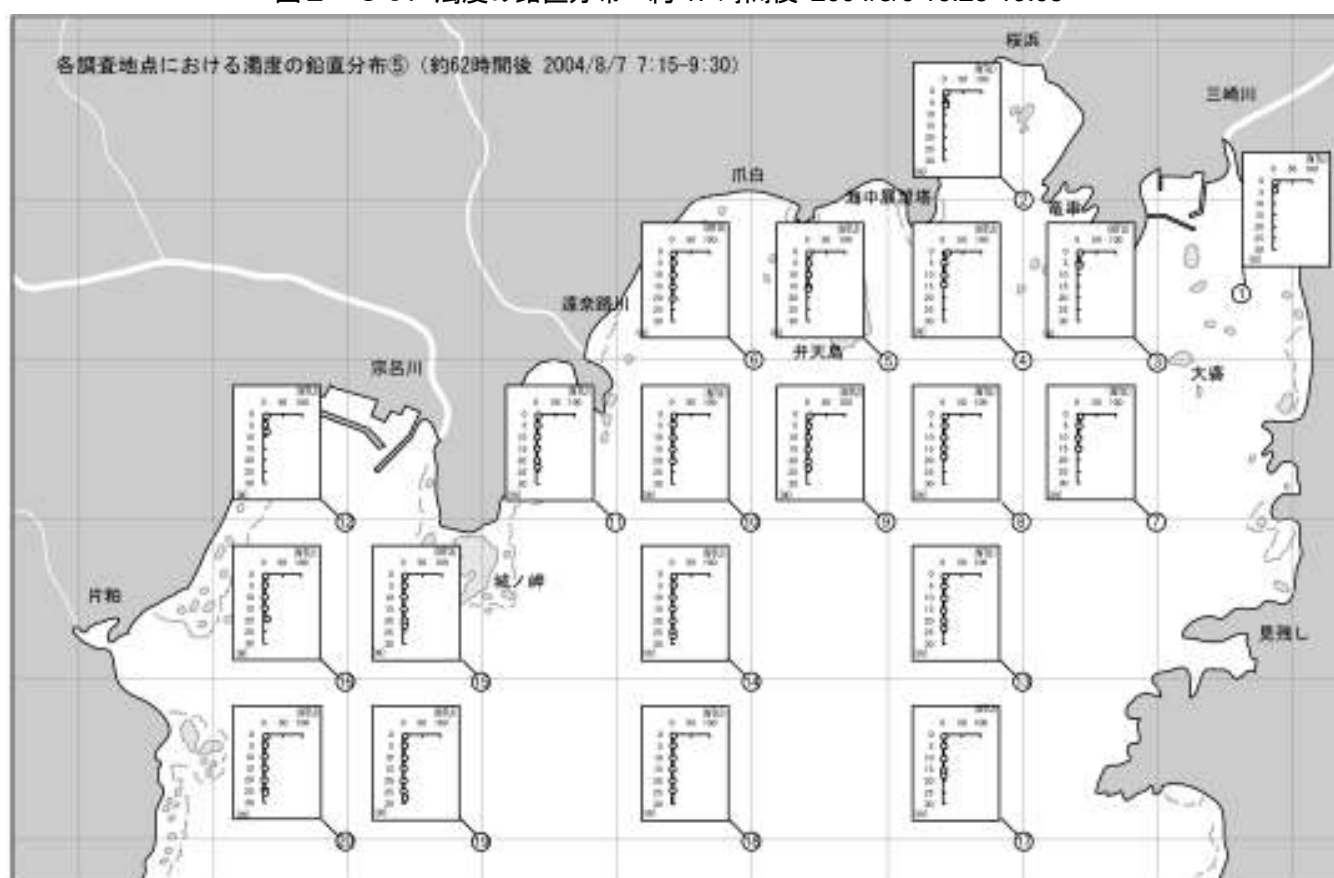


図 2-31. 濁度の鉛直分布 約 62 時間後 2004/8/7 7:15-9:30

○塩分

各調査地点における塩分の鉛直分布を図 2-32～2-36 に示す。

降雨直後には表層の塩分が 25‰～31‰と湾全域で他の水深帯に比べて顕著に低く、地点間で差が大きかった。宗呂川河口に近い⑮⑯⑳や城ノ岬東の⑩⑪、弁天島の南東の⑤や竜串の南に位置する④では 28‰以下と低く、①③⑦⑫⑬⑭⑰⑱では 30‰～31‰と比較的高かった。5m 以深では塩分の地点差はほとんど認められないが、中層 (10m) で 32‰前後、20m 以深でも概ね 33‰程度となっており、降雨による塩分濃度の低下は湾全域の底層まで及んでいると考えられた。

約 15 時間後の表層の塩分は 31‰～33‰と降雨直後と比較して全体的に高くなり、他の水深帯との顕著な差が認められなくなった。地点による顕著な差も認められないが、湾の北東の海域や宗呂川河口から南東の海域でわずかに低い傾向があった。表層以外の水深帯では 5m 付近で 33‰程度と若干低い値を示しているが、10m 以浅ではいずれの地点でも黒潮流域の外洋性沿岸水の塩分濃度とほぼ同様に値 (34‰～35‰) となっていた。約 23 時間後についても 15 時間後とほとんど変化がなかった。

約 47 時間後の調査では、8 月 6 日の降雨 (総雨量 48mm) の影響で、湾全域で塩分の低下が認められたが、8 月 4 日の調査時と異なり、特定の地点で塩分が低い傾向は認められなかった。塩分は湾全域で表層 27‰前後、中層 (10m) で 31‰前後だったが、15m 以深では 34‰前後とあまり変化はみられなかった。

約 62 時間後では表層付近の塩分が約 30‰前後、5m で 32‰、10m で 34‰と 47 時間後と比較して、表層から中層の塩分が高くなっていた。10m 以深では 34～35‰だった。

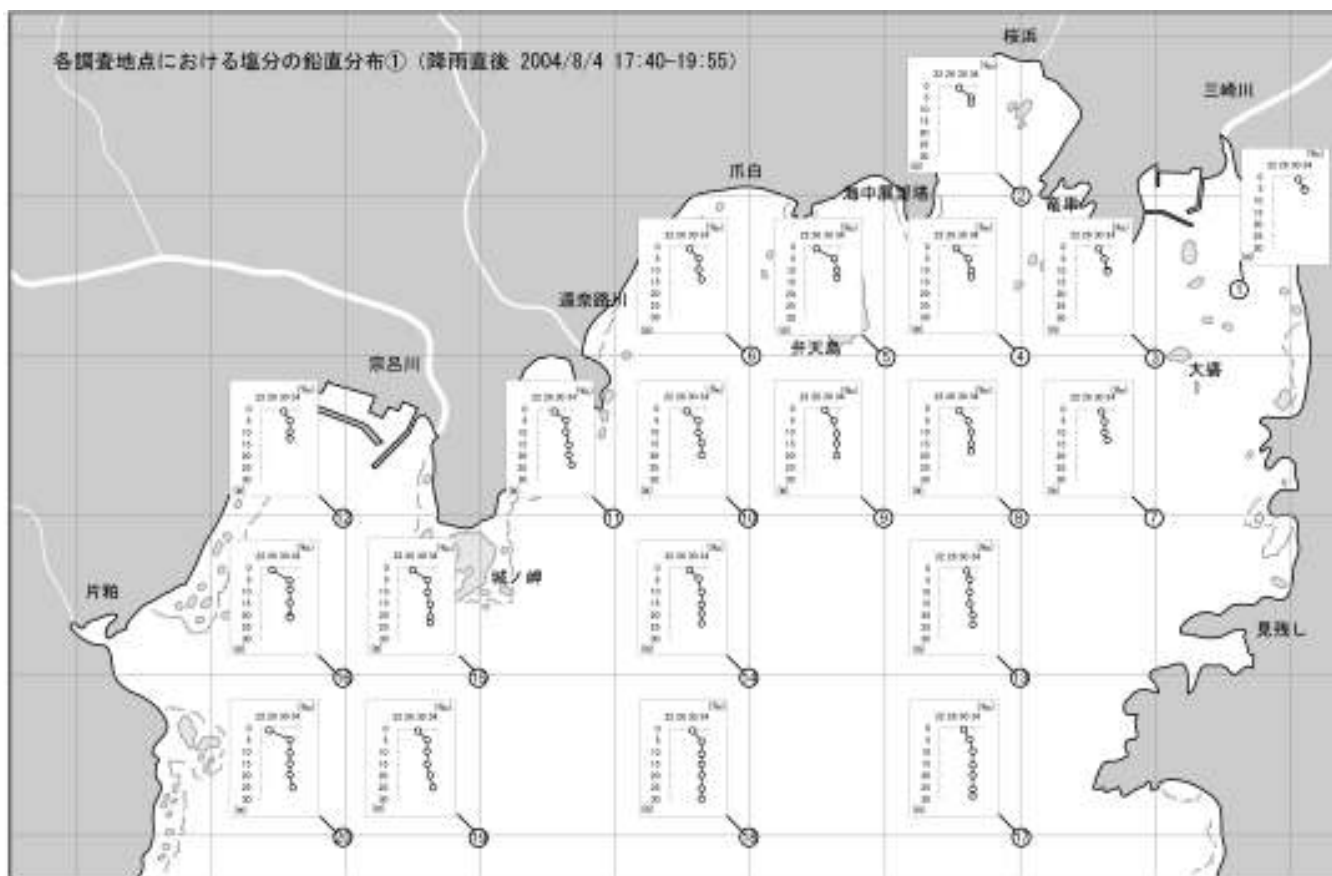


図 2-32. 塩分の鉛直分布 降雨直後 2004/8/4 17:40-19:55

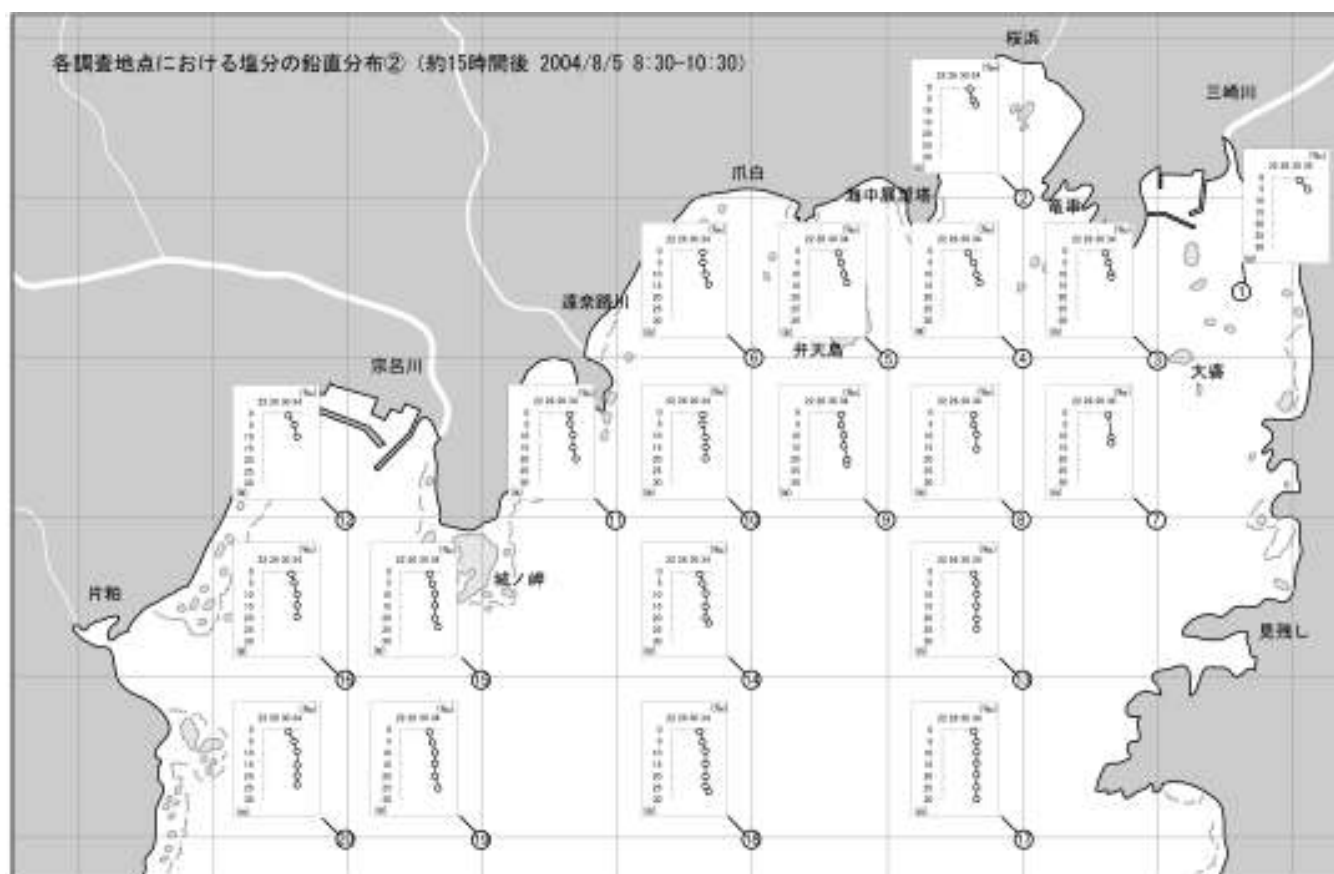


図 2-3 3. 塩分の鉛直分布 約 15 時間後 2004/8/5 8:30-10:30

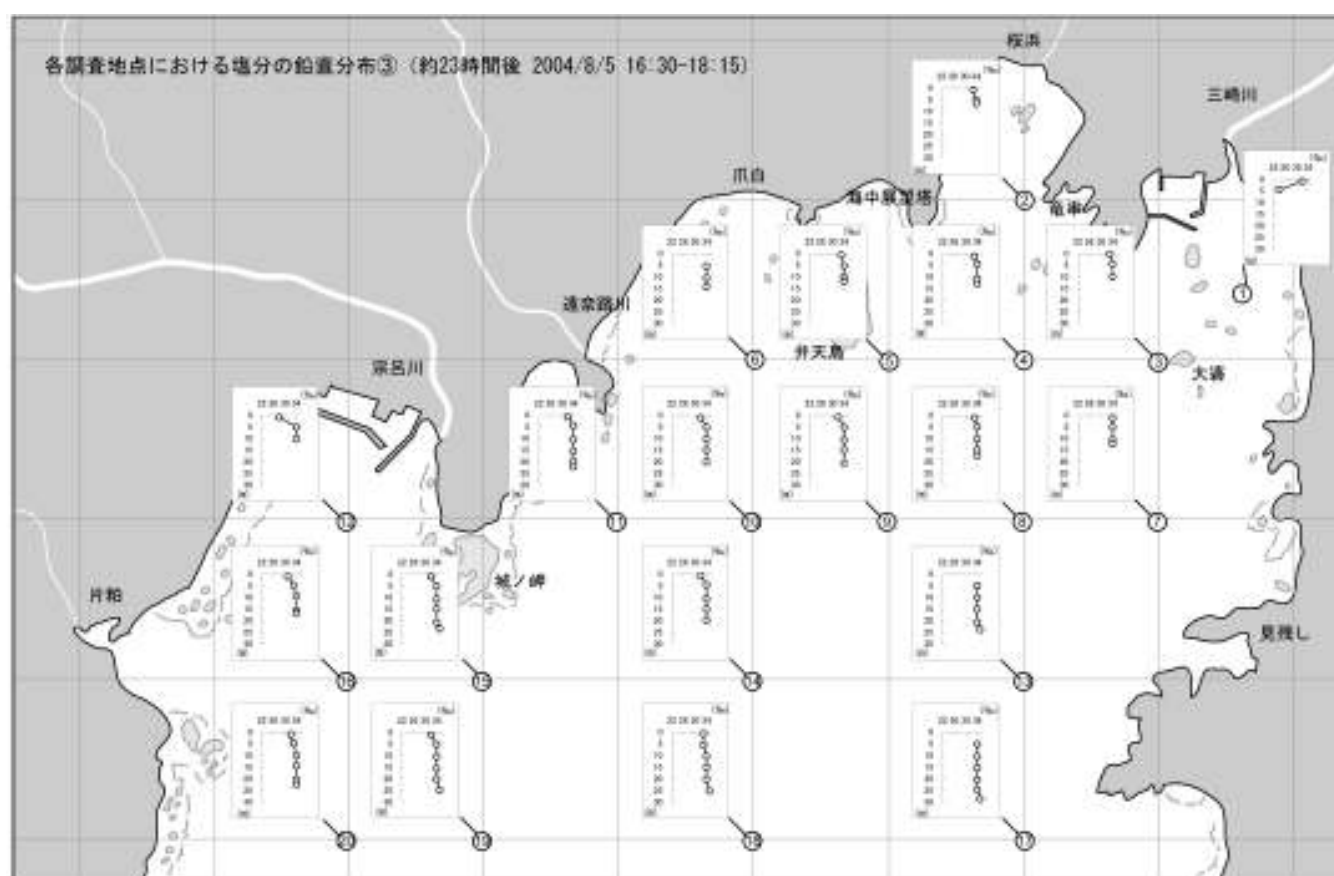


図 2-3 4. 塩分の鉛直分布 約 23 時間後 2004/8/5 16:30-18:15

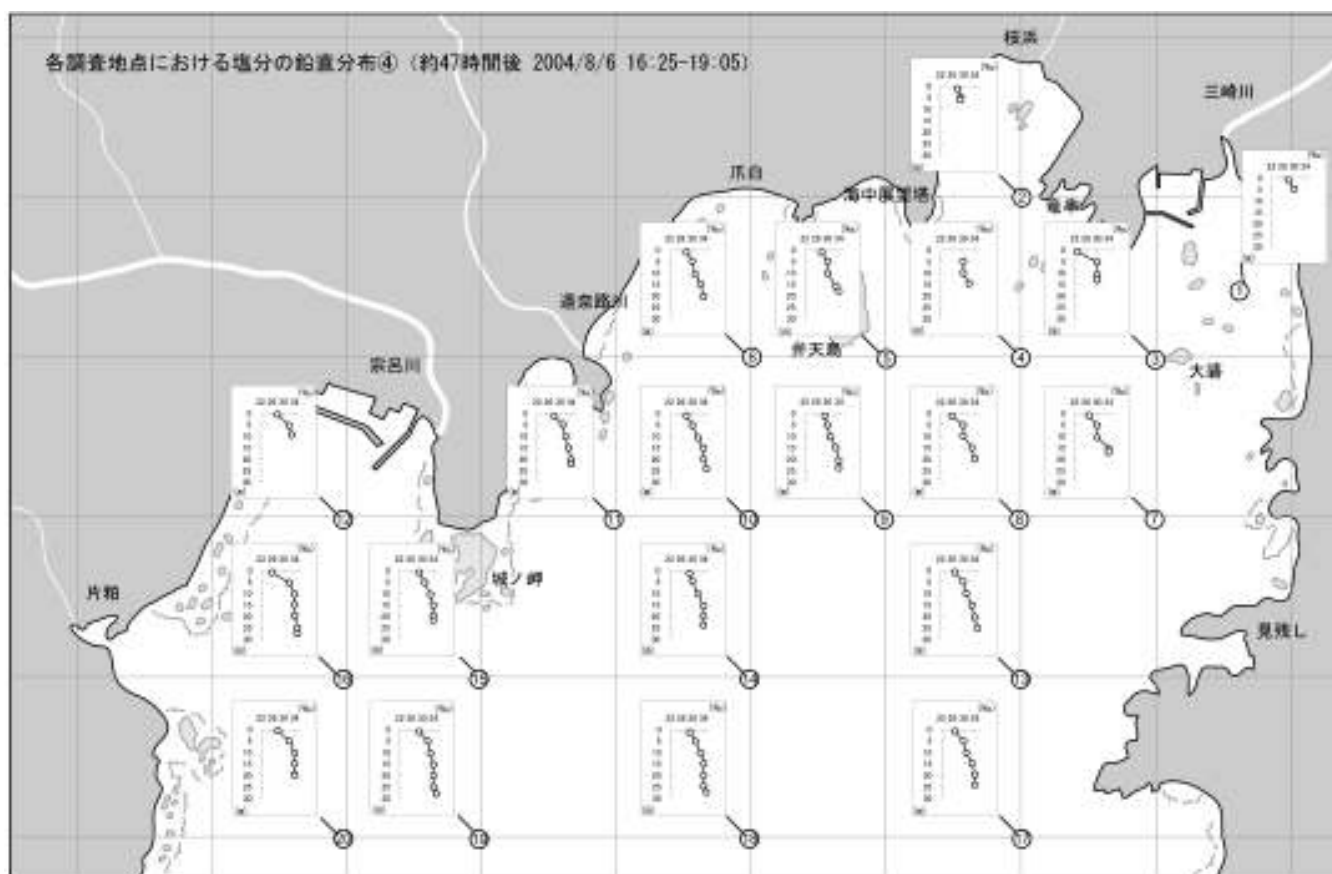


図 2-3 5. 塩分の鉛直分布 約 47 時間後 2004/8/6 16:25-19:05

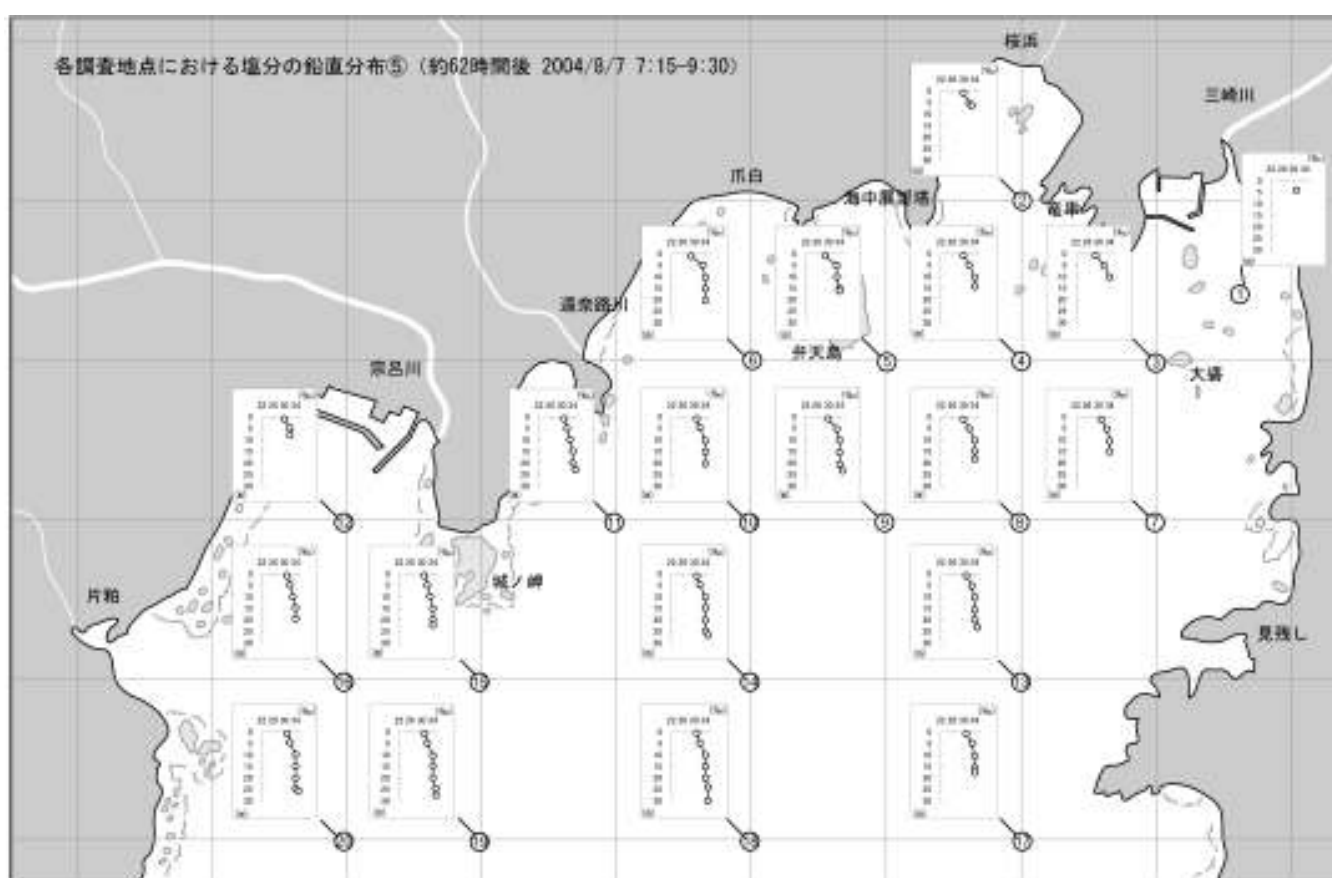


図 2-3 6. 塩分の鉛直分布 約 62 時間後 2004/8/7 7:15-9:30

○水温

各調査地点における水温の鉛直分布を図 2-37～2-41 に示す。

降雨直後には湾全域で表層水温が他の水深帯と比較して顕著に低く、 25.6°C ～ 26.7°C の範囲で分布していた。表層水温の低下は三崎川に近い①や宗呂川河口に近い⑬⑭で顕著で、 26°C 以下と低い値を示した。水深 5m の水温はいずれの地点でも 26.8°C 程度、15m 以深では水深で 26.9°C 程度で、地点による水温の差は非常に少なかった。

約 15 時間後には、湾全域で表層の水温が前回の調査に比べて高くなり、 26.3°C ～ 27.0°C の範囲だった。しかし底層付近の水温に大きな低下が認められ、多くの地点で海底付近の水温が 26°C を下回った。三崎川河口付近や宗呂川河口周辺では依然として表層の水温が低い傾向は続いており①⑬⑭⑯では 26.3°C ～ 26.5°C であった。

約 23 時間後にはほとんどの地点で 0～5m の水温が前回に比べて高くなった。表層の水温を地点間で比較すると③⑦⑧⑫で比較的低い値を示した。また、③④⑤⑨では 23 時間後と比較して海底付近の水温も上昇していた。

約 47 時間後では 8 月 6 日の降雨の影響を受けて全域で表層の水温が低下していたが、水深 5～10m 付近ではやや上昇する傾向が認められた。

62 時間後になると地点間や水深による水温の差は小さくなっていた。

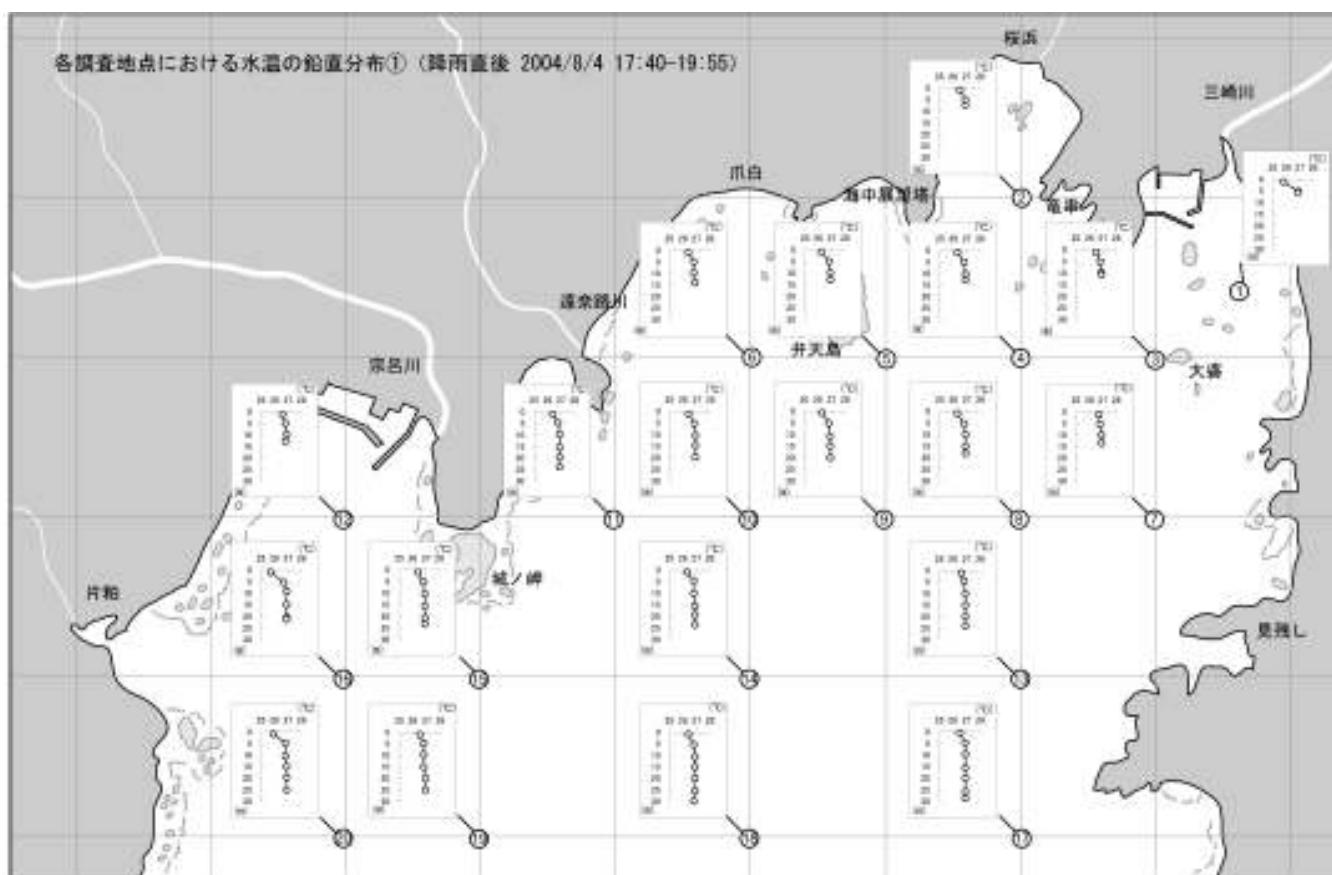


図 2-37. 水温の鉛直分布 降雨直後 2004/8/4 17:40-19:55

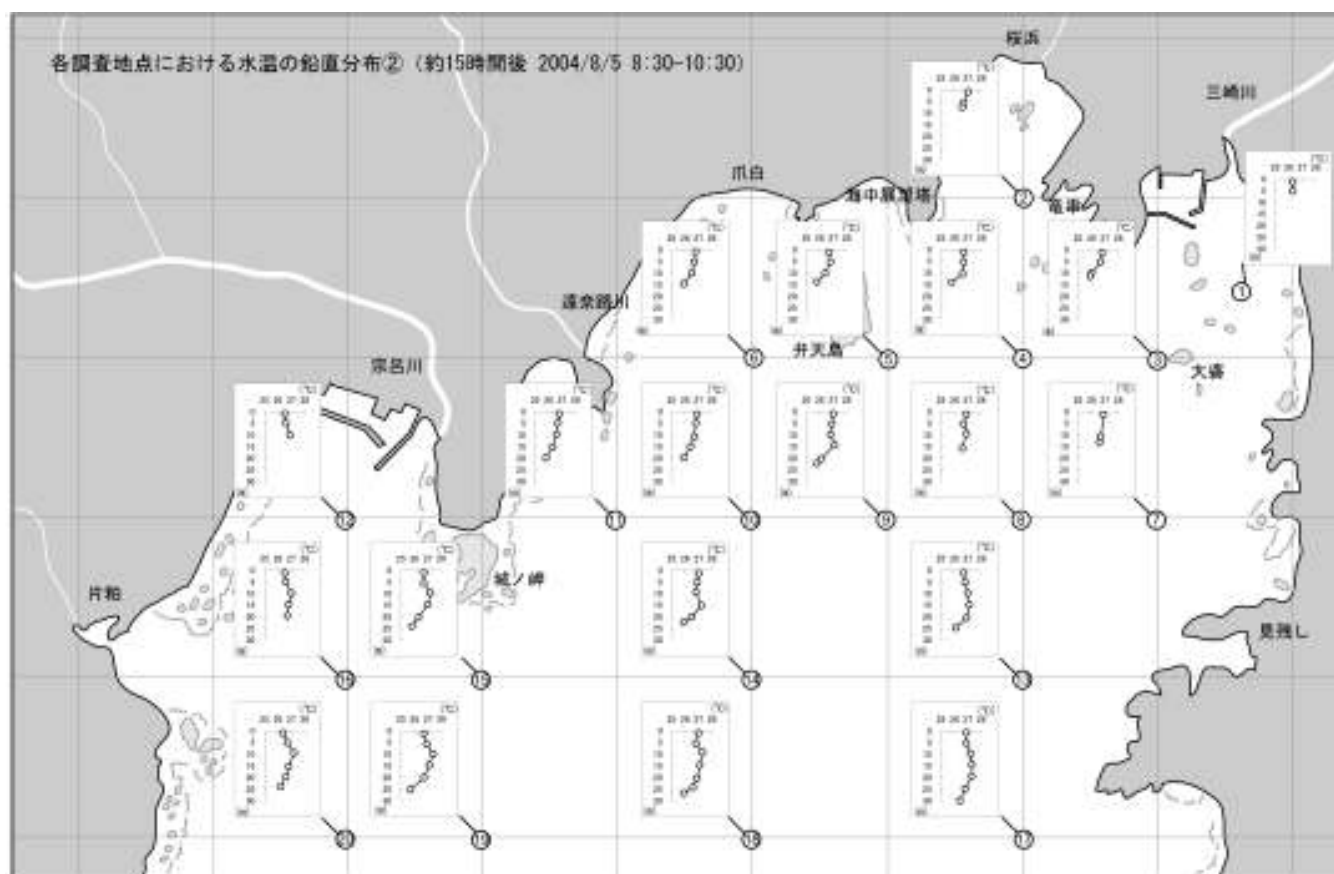


図 2 - 3 8. 水温の鉛直分布 約 15 時間後 2004/8/5 8:30-10:30

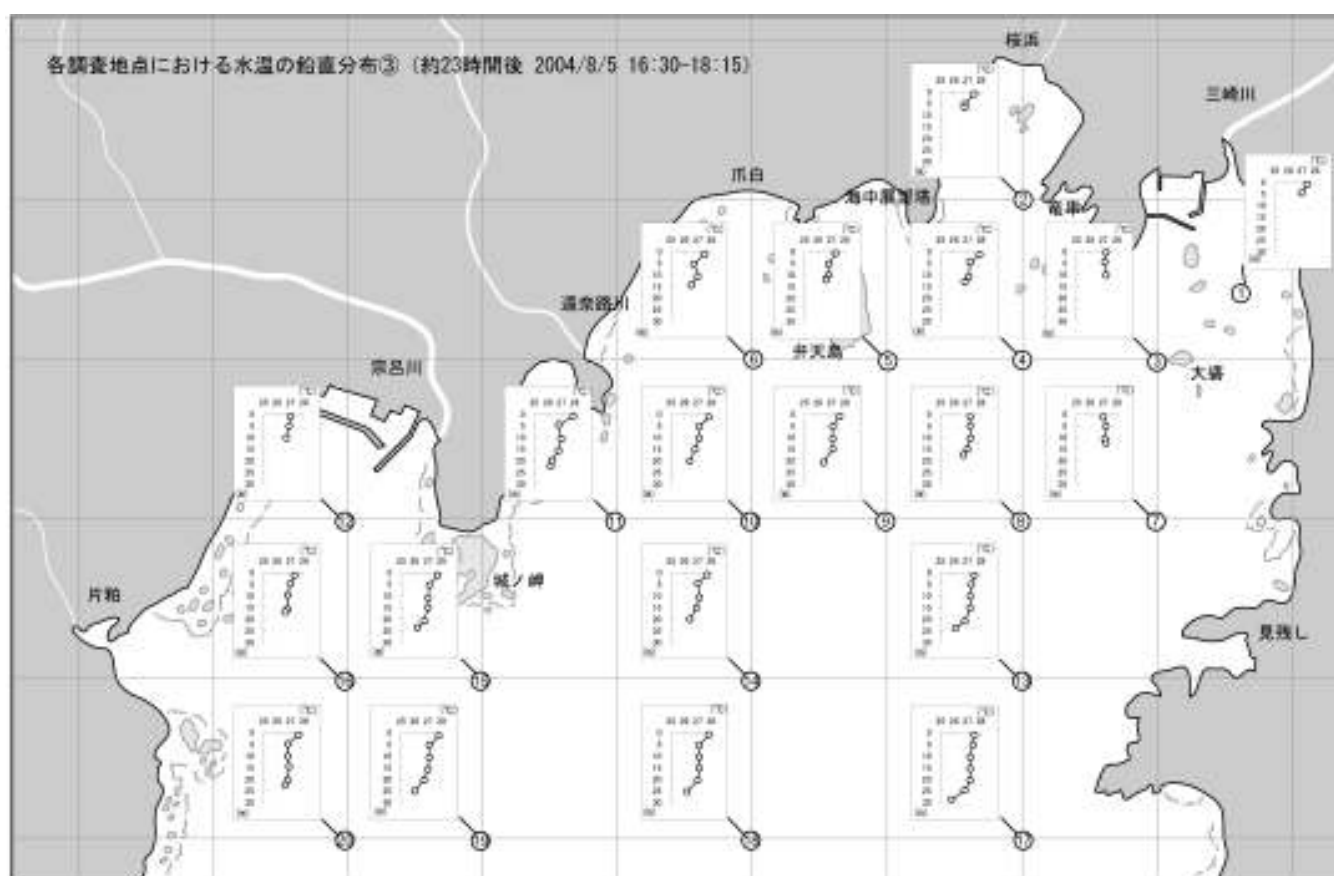


図 2 - 3 9. 水温の鉛直分布 約 23 時間後 2004/8/5 16:30-18:15

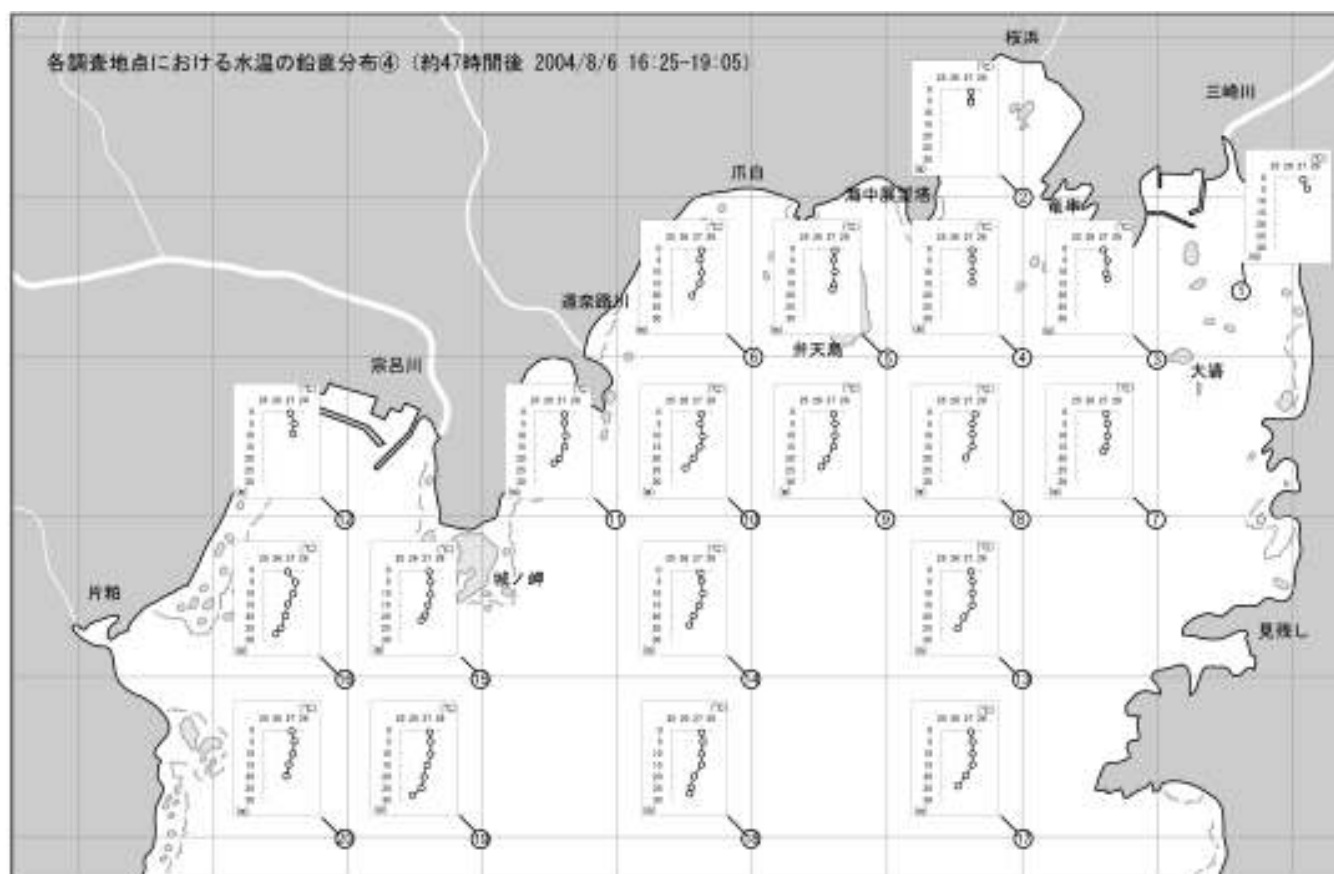


図2-40. 水温の鉛直分布 約47時間後 2004/8/6 16:25-19:05

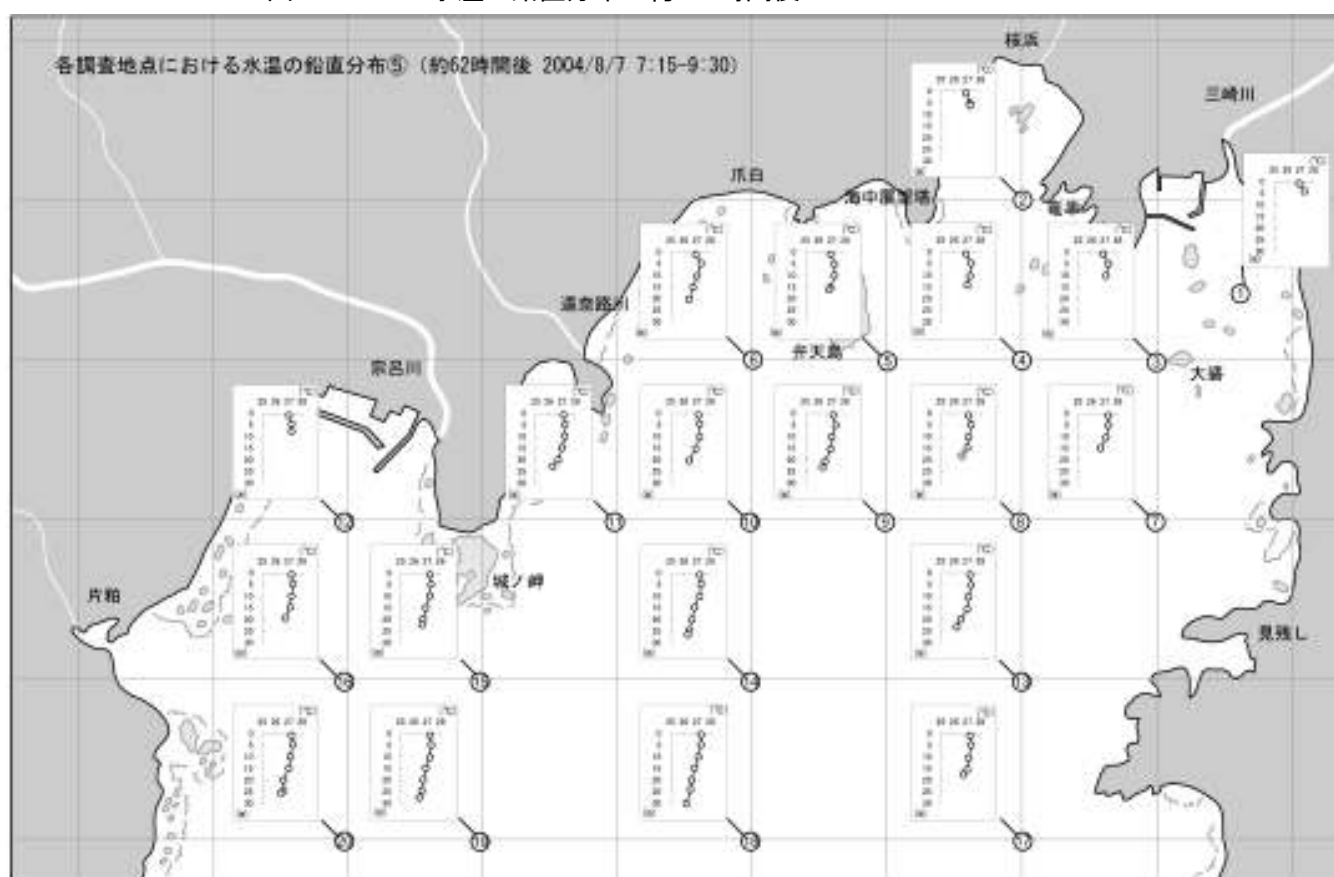


図2-41. 水温の鉛直分布 約62時間後 2004/8/7 7:15-9:30

OSS

各調査地点の表層と中層における SS と濁度の変化を図 2-42 に示す。

降雨直後の表層の SS は宗呂川の河口に位置する⑫で 286mg/l、三崎川河口に位置する①で 188mg/l、その南東の③で 113mg/l と顕著に高く、また、宗呂川河口の南方に位置する⑬⑭や大濬から弁天島に向かう④⑤、大濬南の⑦でも 50mg/l 以上の値を示していた。中層（10m）の SS は、①ではこの回の資料がないが、大濬付近の③、大濬南東の⑧と宗呂川河口の⑫、城ノ岬南の⑮で 25mg/l～50mg/l と比較的高かったが、100mg/l を超えるような高い値は計測されず、ほとんどの地点で表層より低い値を示していた。

約 15 時間後にはほとんどの地点で表層の SS は減少し、表層と中層の SS の差が小さくなった。大濬付近の③や宗呂川の河口に近い地点⑫⑬⑭では表層の SS が 25～57mg/l と依然として高く、その東側の⑮⑯では降雨直後にはみられなかった 30mg/l 程度の高い濃度の SS が見られた。中層では、三崎川河口の①で中層の SS の最高値である 263mg/l を観測し、桜浜の②、大濬南の⑦、湾口東端の⑬と⑰、湾口西端の⑱で降雨直後よりも明らかに高い濃度を示した。

約 23 時間後には弁天島南の⑤、湾央の⑩、大濬南の⑦、湾口部の⑬⑰⑱⑲などを除き、全体的に表層の SS は 15 時間後よりさらに低下したが、中層（10m）は桜浜の②、大濬の③、大濬南の⑦、湾口東端の⑬、湾口の⑱、宗呂川河口の⑫、その南⑭など多くの地点で 15 時間後と比べて若干であるが高くなる傾向が認められた。

約 47 時間後には、三崎川河口の①、及びその南東の③、桜浜の②の表層で若干 SS が増加しているが、おそらく 8 月 6 日降った 34mm の降雨の影響であろうと思われる。降水量が少なかったため、この降雨の影響は広範囲・長時間にはおよんでいない。以後、表層・中層とも SS が検出されない地点が多くを占めるようになった。

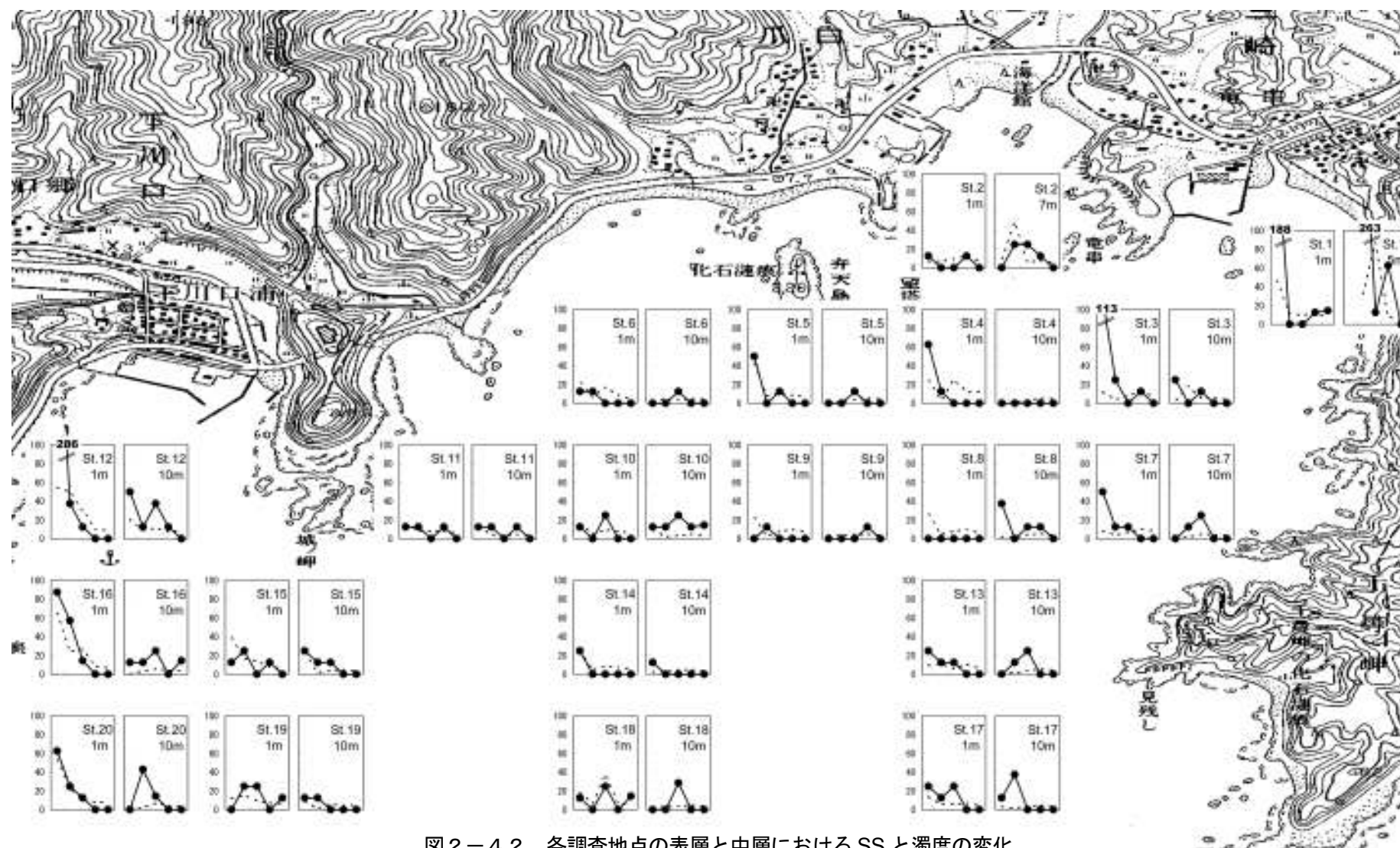


図 2-4 2. 各調査地点の表層と中層における SS と濁度の変化

(3) まとめ

降雨直後には三崎川と宗呂川の河口域を中心として湾全域で表層の濁度が他の水深帯より高い値を示し、河川から流入した濁質を含む淡水が海表面を広がって湾全域に及んでいた。湾の西側の海域では宗呂川から流入する濁水の影響を強く受けており、⑫⑬⑭で表層の濁度がいずれも 50NTU 以上と非常に高くなっていた。表層の SS は宗呂川河口にもっとも近い⑫で 286mg/l と最高値を示しており、河口から 1km 以上沖合の⑭でも 60mg/l を超えていた。また、城ノ岬沖の地点⑮では表層だけでなく、中層や底層付近の濁度も高くなっており、宗呂川から流入した濁りは次第に中層へと拡大しながら城ノ岬付近で東側にも広がっていると考えられた。しかし城ノ岬東の⑯や、さらに東の⑥や⑩にはその影響が広がっておらず、濁りの影響が竜串湾全域に広がる事はなかった。

湾の北東部では三崎川河口に近い①で、表層の濁度が 46.3NTU、SS が 188mg/l と非常に高い値を示したほか、③④⑤⑦でも表層の SS が 50mg/l 以上と高く、三崎川から流入した濁りが海中公園地区 2 号地、3 号地を含む広い範囲に強い影響を及ぼしていると考えられた。

城ノ岬から爪白海岸を経て、桜浜に至る海岸線には濁質の供給源となる小河川が複数流入しているが、⑥⑩⑪の濁度が表層だけでなく中層でも高いことから、爪白海岸の西端に流入する遠奈路川の影響があることをうかがわせた。また、海岸線からやや離れた地点で海底付近の濁度が高い傾向があり、この時点で沈降した濁質が底層に達しており、海底付近に強い濁りが発生している可能性が考えられた。なお、水温や塩分についても、概ね濁度とよく対応した分布を示しており、河口付近では河川水の流入に伴い表層の水温の低下と塩分濃度の低下が著しいことがわかった。

湾内の濁度の経時的な変化をみると、河川からの濁水の流入を受けて湾全域に発生した表層の強い濁りは、降雨から 15 時間後には、ほとんどの地点では収まっていた。しかし、宗呂川河口に近い地点では 23 時間後でも表層の濁度や SS が高い状態にあり、宗呂川からの濁水の流入が他の河川と比較して長く続くことを示していた。海底付近の濁度は降雨直後から 23 時間後まで、いくつかの地点で高い値を示しており、時間経過とともに増加する傾向が認められたが、これは表層に広がった濁質が沈降し、海底付近の濁りが徐々に強くなっていったことを表していると考えられた。また、中層付近の濁度は 23 時間後には前 2 回の調査と比べて若干高い値を示すようになり、時間経過とともに濁りが中層にも広がっていくことが示唆された。47 時間後以降になると特定的水深で特に濁度が高いような地点はなくなり、地点間の濁度の差もほとんど認められなくなる。しかし、表層で 7NTU 前後、中下層で 4NTU 前後の濁りは降雨から 62 時間後でも湾全域に残っており、その後もしばらくの間、このような薄濁りの状態が続くものと考えられた。ここでの濁りは降雨直後の濁度と比較して非常に低いレベルのものであるが、濁度の増加は多少なりとも海底に到達する光量を減少させるため、サンゴをはじめとした成長に光を必要とする生物へ少なからず影響を与えられると考えられる。濁度と光量子の関係については次項で検討を行っているが、いずれにせよ河川からの濁水流入によるサンゴ等への影響は降雨直後に起こる一過性のものではなく、ある程度の期間継続するものと考えられた。

2－C．海域の濁度・SS・光量子の関係の把握

河川からの濁水の流入や底質の巻き上げにより、海水に濁りが発生すると、サンゴは群体上に降り積もる濁質を除去するために多量の粘液を分泌したり、濁質粒子によって群体表面に擦過傷ができたり、透過光量が減少するために共生藻による光合成量が減少するために十分な栄養の供給が受けられなくなるなどの影響を被ると言われている。そのため、竜串湾における濁りの性質を知り、濁りがサンゴに与える影響を推測する資料とするため、図 2-43 に示した湾内 7 地点において、濁度と SS、光量子数の鉛直分布を調べた。

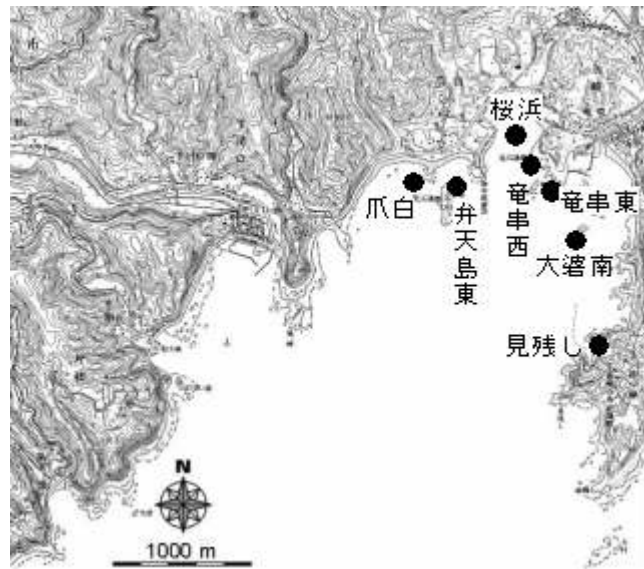


図 2－4 3．濁度・SS・光量子の調査地点

(1) 調査方法

調査は晴天で太陽高度の高い時間帯（10:00～14:00）に行い、各地点で船上より濁度計、光量子計、水深計を同時に垂下し、船上のモニターで水深を確認しながら、海面（水深約 50cm）から海底まで 1m おきに計測を行った。また、あわせて各水深で採水器を用いて海水の採取を行い、研究室に運搬して SS を測定した。

濁度と水深の測定には三洋測器社製多項目水質観測システム（WQX-II ver.3）を、光量子の測定には LI-COR 社製水中光量子センサー（LI-192SA）とマルチチャンネルデータロガー（LI-1000）を、採水には離合社製採水器（リゴー B 型透明採水器）を用い、SS は Whatman GF/B 濾紙を用いた GFP 法により測定した。計測機器の仕様を表 2-5 に示す。

調査は様々な濁りの条件で行うため、調査実施日以前の気象状況の異なる日を選んで 3 回実施した。

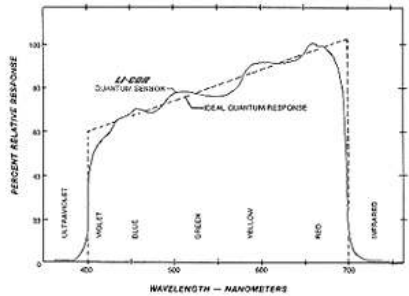
濁度は 1 秒間隔で 10 回ずつ測定したデータの平均値を、光量子数についてはデータロガーのモニター上に表示された測定値を 5 回（2004 年 8 月 21 日のみ 1 回）読み取って平均したものをを用いた。なお、各水深の光量子数の測定値から、海面の光量子数を 100%とした場合の各水深における光量子透過率を算出した。

表 2-5. 調査に使用した計測機器の仕様

多項目水質観測システム WQX-II ver.3 の仕様

水温	センサー方式	サーミスタ	DO	測定原理	ガルバニ電極式
	測定範囲	-5~35℃		測定範囲	0~20mg/l
	精度	±0.05℃以下		精度	±0.05mg/l (繰り返し性)
電気伝導度	分解能	0.02℃	濁度	分解能	0.01mg/l
	応答速度	0.2sec		精度分解能	±0.2% (繰り返し性)
	センサー方式	電磁誘導型電気伝導度センサー		分解能	0.1ppm
水深	測定範囲	0mS~70mS	濁度	応答速度	10sec 以下
	精度	±0.05ms 以下		センサー方式	赤外後方散乱方式
	分解能	0.02mS		範囲	0~750FTU
応答速度	センサー方式	半導体ストレインゲージ圧力センサー	濁度	精度	<2%
	測定範囲	0~70m		温度係数	<0.05%
	精度	表示値の±0.5%以内		応答速度	0.2sec
分解能	分解能	0.01m	濁度		
	応答速度	0.1sec			

水中光量子センサー LI-192SA およびマルチチャンネルデータロガー LI-1000 の仕様

センサー方式	シリコンフォトダイオードセンサー	 Figure 1. Typical spectral response of LI-COR Quantum Sensors vs. Wavelength and the Ideal Quantum Response (equal response to all photons in the 400-700 nm waveband). センサーの波長感受性
測定範囲	0~3200 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}^{-2}$	
分解能：瞬時値	0.01 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}^{-2}$	
分解能：60 秒平均	0.002 $\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{m}^{-2}$	
精 度	±0.2% of F.S. (25℃) ±0.45% (0~55℃)	
応答速度	10 μs	

(2) 調査結果

調査日及びその前数日間の気象の状況は以下の通り。

第1回調査は2004年8月21日に行った。8月18~19日に台風15号が九州西方から日本海を通過し19日に南西の風19.8m/sの最大瞬間風速を記録した。竜串近辺にも南西より10m/s程度の強風と高波の影響があったが、雨はほとんど降らなかった。

第2回調査は10月1日で、9月29日朝鹿児島に上陸し、15時過ぎに宿毛に再上陸した台風21号の影響で28~29日にかけて宗呂川中流の出合で131mmの雨が観測されている。風は西南西の風35.9m/sの最大瞬間風速が記録され、台風接近時南東の風、通過後西の風が最大風速20m/s程度吹き、高波の影響もあったが、速度の速い台風で、波が高い時間は短かった。

第3回調査は10月22日で、大型で強い勢力を保った台風23号が10月20日13時頃土佐清

水に上陸した。台風による風の影響は17日頃から始まり、17～19日は最大風速10m/s、最大瞬間風速20m/s程度の東よりの風が吹き続け、20日には最大風速19.4m/s、最大瞬間風速37.8m/sを記録した。高波は室戸市沖では波高17.79mを観測するなど記録的なものだった。雨もかなり降り、17日の降り始めからの連続雨量は宗呂川中流の出合で281mmに達した。

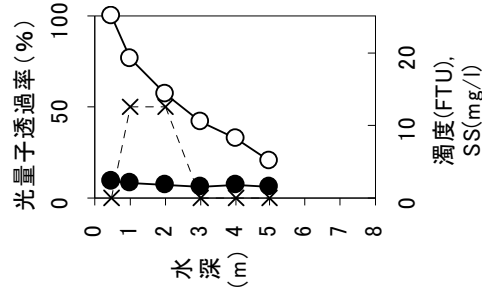
各地点における濁度とSSの鉛直分布と光量子透過率の変化を図2-44～2-46に示す。

降水を伴わない台風通過後の2004年8月21日の調査(図2-44)では、地点によって濁度の強さや鉛直分布の仕方に差が認められた。なお、この回の調査時には、SSの分析精度が低かったため、SSについては参考値とする。桜浜では濁度が他の地点とくらべて顕著に高く、いずれの水深でも5FTU以上、海底付近(5m)の濁度は30FTUを超えた。光量子透過率は水深1mで21.0%まで大きく低下しており、海底付近の水深5mでは1.4%と非常に低い値を示した。弁天島東岸、竜串西、竜串東では各水深とも3FTU前後(2.5～4.8FTU)の濁りが認められ、光量子透過率は水深3mで40～50%程度、水深5mではいずれも20%以下(17.5～19.7%)だった。爪白では表層と水深1mの濁度がやや高い傾向が認められたが、その他の水深では1.4FTUから2.3FTUと低く、光量子透過率は5mで20.5%であった。大碇や見残しでは底層付近の濁度が3FTU以上と高いが水面付近は概ね2FTU以下と比較的低く、水深5mでの光量子減衰率はいずれも5mで30%近い値を示した。

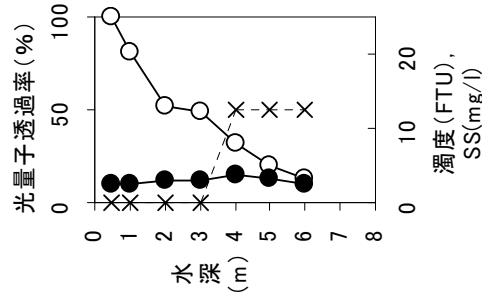
100mm程度の降水を伴う小型の台風通過後の2004年10月1日の各地点の濁度は全域で低く、爪白や竜串西では各水深とも濁度が1.0FTU以下、弁天島東岸、竜串東、大碇南では水面の濁度が1.5～1.8FTUと若干高かったが、中底層ではほとんどが1.0FTU以下だった。しかしSSは必ずしも低くはなく、弁天島東の水深3m、竜串東の水深3m、大碇南の水深1mで10mg/lを超える高い値が計測された。これらの地点における各水深の光量子透過率は、地点により多少ばらつきがあるが、平均的にみると水深1mで約80%、3mで約48%、5mでも約28%程度であった。また、水面と海底付近(4m)を除く水深帯で0.7FTUと濁度の低かった桜浜では、海底付近(4m)の光量子透過率が57.6%と高い値を示していた。見残しでは6地点と比べてやや濁度が高く、各水深の濁度は0.9～1.4FTUであった。海底付近(水深5m)で26.3%と他の地点と比べて比較的低い値を示した。

300mm近い降水と記録的な高波を伴う台風23号通過後の2004年10月22日の測定では、多くの地点で表層付近に濁りが認められた。各地点の水面の濁度は2.3～5.7FTUの間で分布しており、濁度の高い順に地点をあげると桜浜、大碇南、弁天島東岸、竜串西、竜串東、見残しとなった(爪白欠測)。水面の濁度が5.7FTUと最も高かった桜浜ではその他の水深の濁度も2.2～5.6NTUと比較的高かった。この桜浜の光量子透過率は水深1mで65.7%、3mで26.4%、5mで14.2%となっていた。また、表層付近(水面と水深1m)の濁度が2FTUを超えていた弁天島東岸、竜串西、大碇南では、水深1mの光量子透過率が55.7～65.6%といずれも70%を下回っており、3mで25.4～30.7%、水深5mでは16.7%～19.3%となっていた。また、各水深の濁度が2.0FTU前後の濁度を示した見残しでは、光量子透過率は水深1mで59.6%、3mで31.2%、5mで16.7%だった。SSは大碇南以外の全ての地点で3mg/lを下回る低い値を示した。大碇南では水深2, 4, 5mで高い値を示したが、最高でも8.2mg/lと、前回、前々回に比べて低かった。

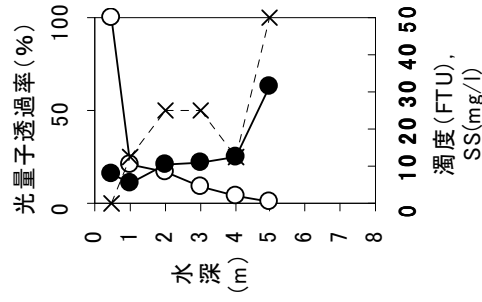
爪白



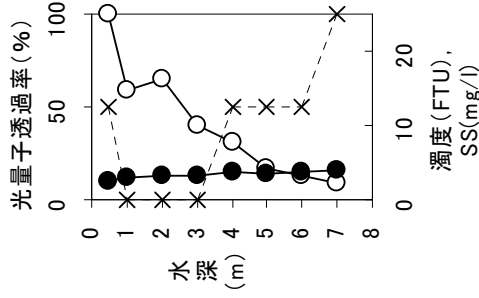
弁天島東



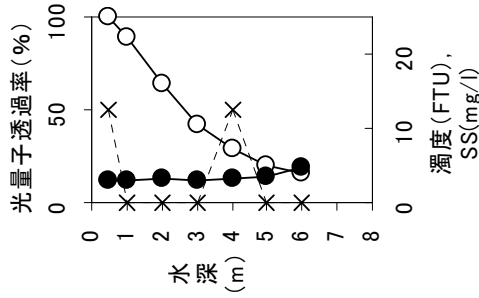
桜浜



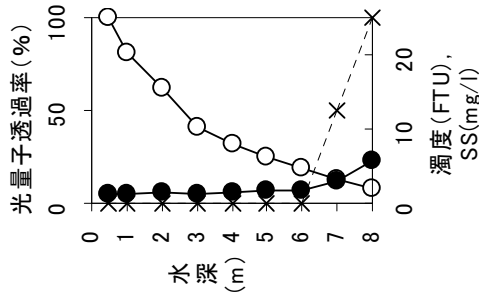
竜串西



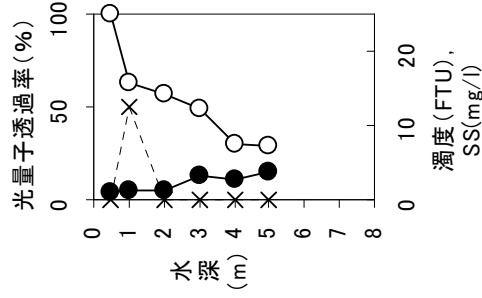
竜串東



大湊南



見残し



○ 光量子透過率
● 濁度 (FTU)
× SS (mg/l)

図2-4 4. 濁度・SSの鉛直分布および光量子透過率
(2004.8.21)

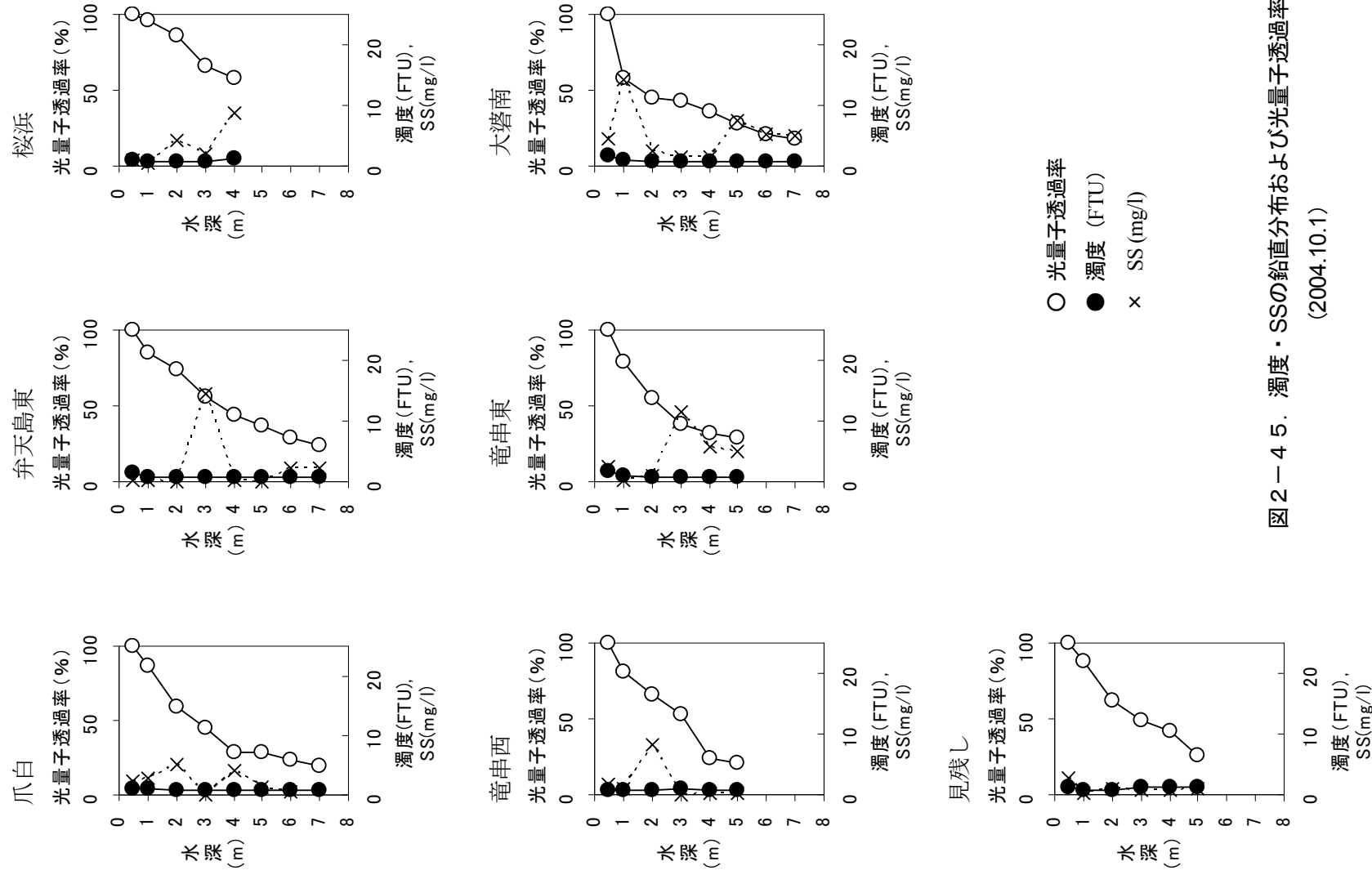
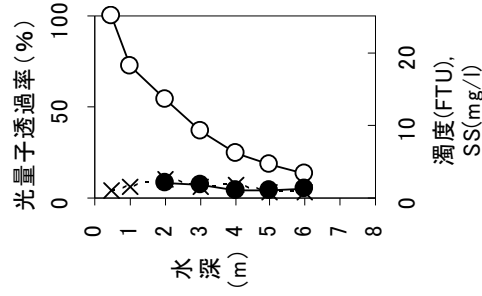
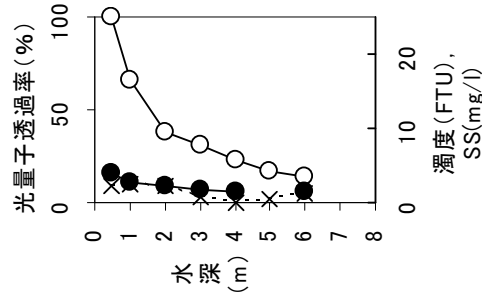


図2-45. 濁度・SSの鉛直分布および光量子透過率
(2004.10.1)

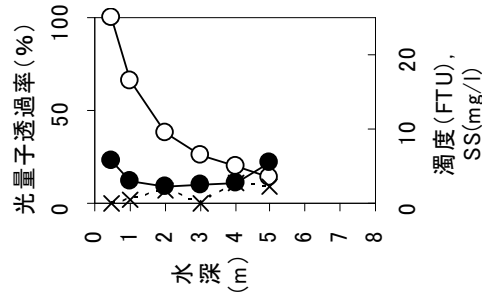
爪白



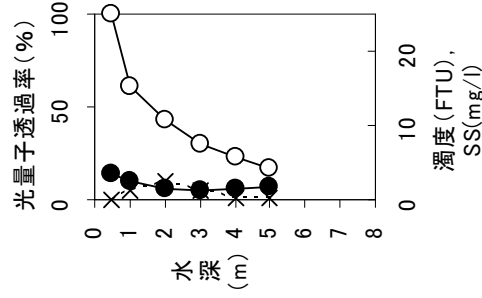
弁天島東



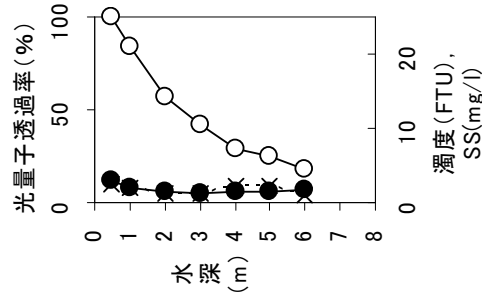
桜浜



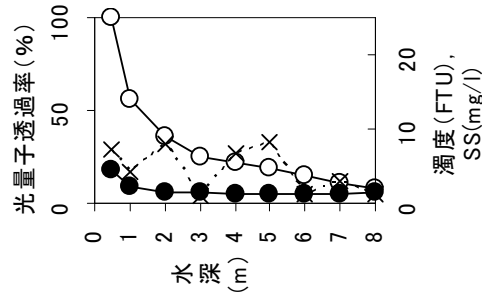
竜串西



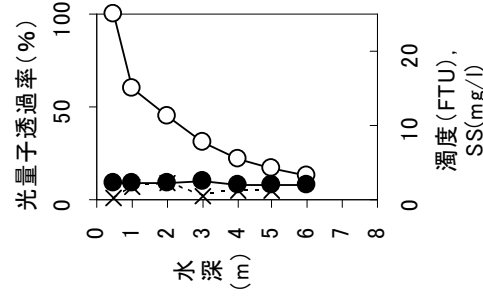
竜串東



大湊南



見残し



○ 光子透過率
● 濁度 (FTU)
× SS (mg/l)

図2-46. 濁度・SSの鉛直分布および光子透過率
(2004.10.22)

(3) 濁度と SS の関係

図 2-47 に濁度と SS の関係を表した。今回の調査では濁度 15FTU 以上の値がほとんど得られておらず、データが十分でないため、濁度と SS の関係について明らかにすることはできなかった。濁度が 10FTU 以下と低い場合に限っていえば SS の分布には大きな幅があり濁度と SS の間に高い相関は認められなかった。特に濁度 1FTU 前後では SS の値はばらつきが大きかった。

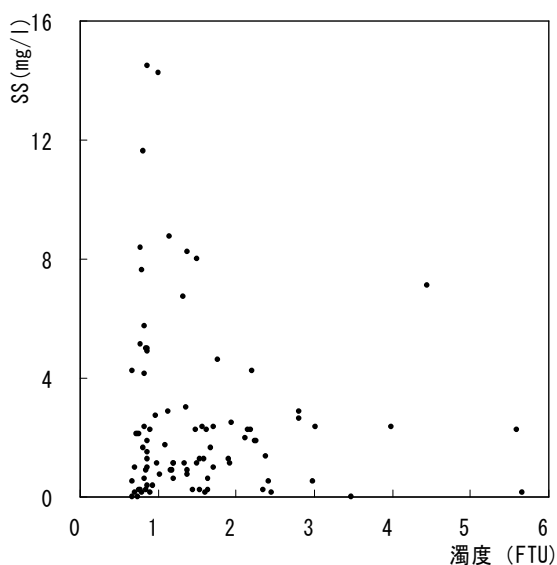


図 2-47. 濁度と SS の関係

(4) 濁度と光量子透過率の関係

各地点にみられた濁りの鉛直分布をいくつかのパターンに分け、光量子透過率の変化と

濁度の関係をみると、まず、各水深帯とも概ね 1FTU 以下と濁度が低く、濁りがほとんどないと判断される場合では、水深 1m では 81%以上、3m では 55%前後、5m では 25%前後の光量子透過率を示していた。降雨後に比較的長く続くような 3～5FTU 程度の低い濁度がある場合でも、光量子透過率は大きく影響を受けており、水深 3m で 40～50%程度、水深 5m では 20%以下(17.5～19.7%)まで低下していた。濁度が各水深とも 5FTU 以上(5.5～31.4)と比較的高い場合では、光量子透過率は水深 1m で約 20%、海底付近(5m)で 1.4%となっており光量子数の減少が著しかった。また、光量子透過率は表層付近の濁度に大きな影響を受けており、中下層の濁度が 1FTU 前後と低くても、表層付近に 4FTU 程度の濁りがある場合では、光量子透過率は水深 1m で 70%を下回り、3m で 30%、水深 5m で 20%以下となっており、各水深に 3FTU 前後(2.5FTU～4.8FTU)の濁りがある場合とほぼ同様の値を示すことがわかった。

2-D. 竜串湾内の SPSS 調査

海域への濁水流出に伴い発生する懸濁粒子による濁りの発生と堆積(セディメンテーション)がサンゴに及ぼす影響として、山里(1991)は懸濁粒子の摩擦による組織の損傷、光の透過を妨げることにより引き起こされる褐虫藻の光合成阻害、それに伴うサンゴの栄養の不足・成長の阻害、堆積物にサンゴ体が埋まることによる代謝阻害や埋没による斃死、さらに繊毛や粘膜を使い堆積した粒子を除去する際のエネルギーの消費などをあげている。沖縄のサンゴ礁域では、陸域の土壌浸食や河川・護岸工事などによる海域への濁水流出(赤土汚染)が、サンゴ礁生態系や水産業、観光産業に悪影響を及ぼしており、大きな環境問題となっている(大見謝2000)。昨年度本調査で紹介したように、近年、沖縄県では赤土汚染の指標として SPSS(底質中懸濁物質含量)が広く用いられるようになり、多くの情報が蓄積されつつある。本調査では SPSS(底質中懸濁物質含量)簡易測定法を用いて竜串湾における底質中の懸濁物質含量を測定し、サンゴ群集への影響を評価した。

(1) 調査方法

2004年5月から2005年3月にかけて、図2-48に示した湾内8地点で原則として毎月1回、底質の採取を行い、大見謝(2003)の簡易測定法(資料5)に従って SPSS の測定を行った。

試料の採取はSUCUBA潜水により、各地点で蓋付きの円筒容器(図2-49)を用いて海底堆積物の表層部分(深さ約5cmまで)から底質を採取した。得られた試料を海水ごと密閉容器やポリ袋に入れて研究室に持ち帰り、2×2mmのふるいで礫や貝殻片等の大きい夾雑物を取り除き、懸濁物が沈殿するまで静置したのちに上澄みを捨て検体とした。この検体をメスシリンダーに適量量り取り、500mlになるまで水道水を加えメスアップし、次にこれを激しく振り混ぜ懸濁させたのち、60秒間静置した。こうして得られた懸濁水の透視度を30cm透視度計で測定し、透視度の値と検体の量、また希釈率から SPSS (kg/m^3) を算出した。

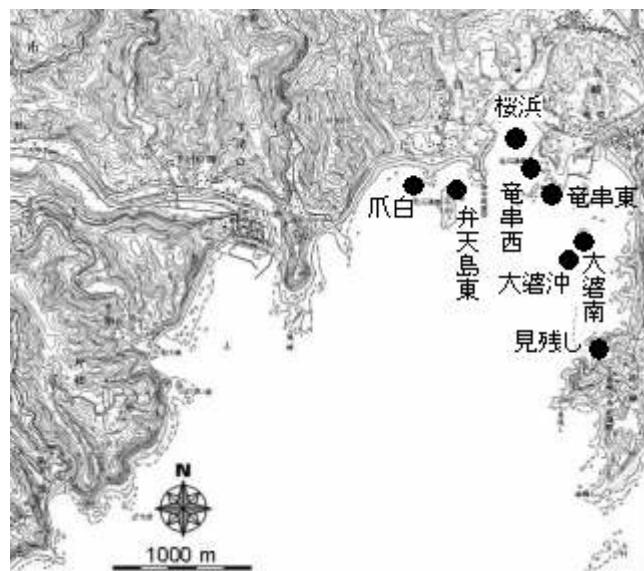


図2-48. SPSS 調査地点

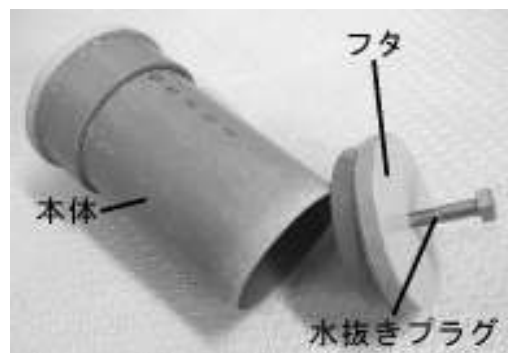


図2-49. 底質採集器

各調査地点の概要を以下に示す。

- ①**爪白**：弁天島よりにある双子岩と呼ばれる干出岩の南（沖）側で水深約 5m。岩のくぼみに堆積した砂礫を採取。周辺には広く岩礁が発達しており起伏に富む。6 地点中もっともサンゴの被度が高くミドリイシ主体の群集が広く分布。比較的波あたりが強い場所で調査時にうねりを感じるが多かった。
- ②**弁天島東**：海中公園 1 号地。弁天島東岸の東向きに傾斜したかけあがりの部分で、水深約 6m。付近の波あたりは弱い。周囲の海底には転石が散在しており、砂礫が堆積。水害直後にみられた泥土の堆積は現在では大きく改善されているが、調査時に濁りが認められることも多く、また、底質中には懸濁粒子が多量に含まれており、攪拌すると強い濁りが生じた。
- ③**桜浜**：桜浜中道と呼ばれる桜浜地先の岩礁の南側（沖側）で底質を採取。岩礁の周囲は水深 3m 程度で、粒径のそろった粗砂が広く一様に堆積。底質は懸濁粒子をあまり含まないが、砂の表面に懸濁粒子や葉の碎片などが薄く堆積していることがあった。
- ④**竜串西**：海中公園 2 号地の竜串の西側、桜浜よりの地点で採取。周囲は櫛の歯状の入り組んだ地形で採取地点の水深は 6m 程度。底質は砂礫であるが場所によって砂礫の表面をシルト等の細かい粒子層状に覆っており、攪拌すると強い濁りが生じた。周囲には塊状や被覆状のサンゴが多く観察された。ミドリイシは小型の群体が多い。
- ⑤**竜串東**：海中公園地区 2 号地。竜串西から 200m ほど東の地点で、水深約 4m から底質を採取。底質は竜串西と同様に礫の多い砂礫であるが、シルト等の懸濁粒子の堆積は竜串西に比べて少なかった。サンゴの被度は竜串西に比べて若干高い。おもに水深 3m 以浅にミドリイシが比較的多くみられる。
- ⑥**大濠南**：海中公園 3 号地。大濠の南にある岩礁の西側（水深約 4m）。岩礁干出部の西側で波が立っていることが多かった。付近の海底は西に向かって緩やかに傾斜しており、周囲には転石が散在。底質は砂礫であるが礫の占める割合が非常に多い。海底に堆積した玉石や貝殻片、死サンゴ片の上には懸濁粒子の堆積は認められないが、底質を掘り返すと懸濁粒子が多量に舞い上がり、強い濁りを生じた。
- ⑦**大濠沖**：海中公園 3 号地。移植サンゴの生育状況調査および、定着板の設置を行った大濠沖の岩礁の北端で 2004 年 6・7・12 月、2005 年 1・3 月のみ底質を採取。岩礁の周囲には広く砂が堆積しているが、7 月～3 月の調査時には採取地点である岩礁の北東部の海底に厚く堆積した軟泥の層が認められた。岩礁の周囲は濁りがある場合が多く、岩盤上はシルトに覆われていることが多かった。
- ⑧**見残し**：見残湾内にあるシコロサンゴの巨大群落の西側（湾口側）、水深約 3m で底質を採取。小湾状の地形で波あたりは静穏。周囲の海底にはシルト混じりの砂礫が堆積。

(2) 調査結果

各調査地点における SPSS の値を表 2-6 および図 2-50 に示す。

表 2－6． SPSS 調査結果

地点	04/05/26	04/06/28	04/07/28	04/09/30	04/10/07	04/11/04	04/12/22	05/01/27	05/03/01	05/03/24	平均	最大値	最小値
①爪白	37.8	73.7	42.9	54.2	46.2	58.9	78.8	135.2	53.7	27.7	55.5	135.2	27.7
②弁天島東		164.3	125.0	127.6	113.4	111.4	125.0	111.4	81.0	103.9	116.3	164.3	81.0
③桜浜	2.6	1.7	25.8	84.5	1.7	25.1	27.1	3.7	5.5	8.1	8.5	84.5	1.7
④竜串西	107.4	174.0	111.4	171.5	162.0	214.8	157.6	231.2	109.4	231.2	160.6	231.2	107.4
⑤竜串東	81.0	71.9	83.3	125.0	109.4	65.2	174.0	79.3	88.3	73.6	90.9	174.0	65.2
⑥大碓南	46.2	51.0	52.8	47.7	61.3	63.8	63.8	85.7	59.6	95.6	63.0	95.6	46.2
⑦大碓沖		50.1	306.4				651.6	954.5	313.8		312.9	954.5	50.1
⑧見残し			88.3	105.5	89.7	141.9	122.5	162.0	240.3	118.2	126.8	240.3	88.3

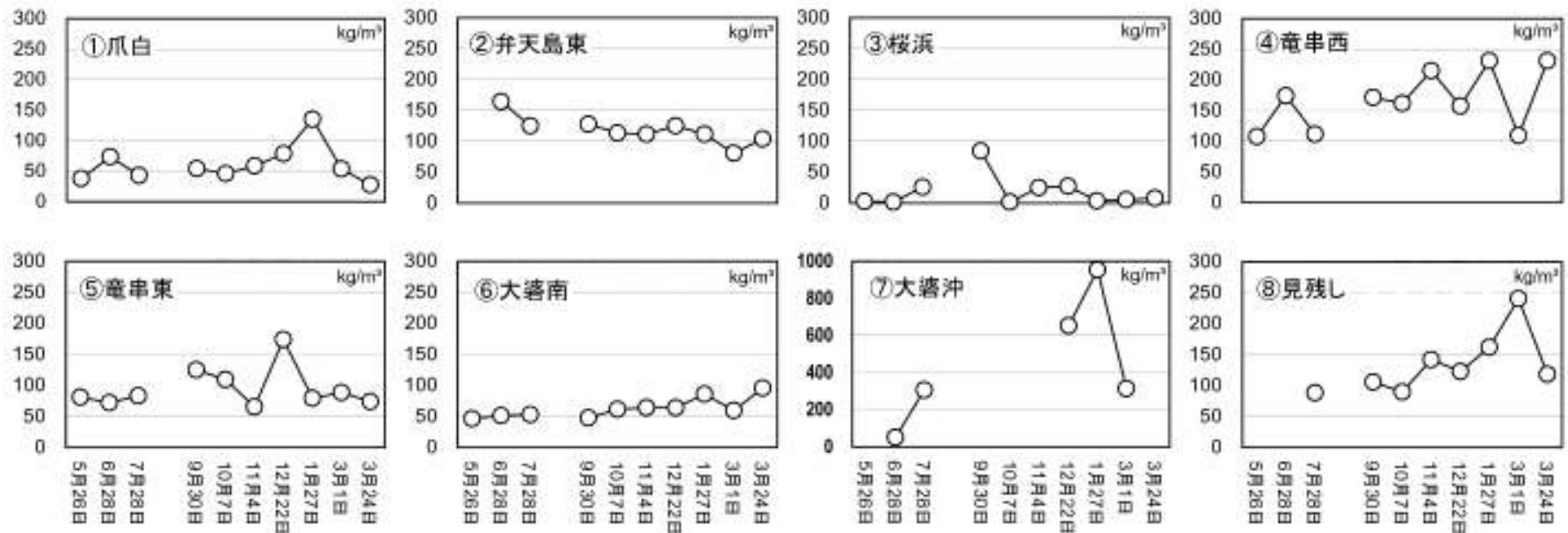


図 2－50． 各調査地点における SPSS の変化

竜串湾内の SPSS の値は $1.7\text{kg/m}^3 \sim 954.5\text{kg/m}^3$ の間で広く分布しており、地点間や調査日によって大きな差があった。SPSS の平均値が高い順に調査地点を並べると大濬沖 (312.9kg/m^3)、竜串西 (160.6kg/m^3)、見残し (126.8kg/m^3)、弁天島東 (116.3kg/m^3)、竜串東 (90.9kg/m^3)、大濬南 (63.0kg/m^3)、爪白 (55.5kg/m^3)、桜浜 (8.5kg/m^3) となり、2004 年 7 月から 2005 年 3 月にかけて軟泥の層が確認された大濬沖のほか、閉鎖的な地形で波あたりの弱い場所（弁天島東、竜串西、竜串東、見残しなど）で SPSS が高く、岩礁の近くで波あたりの強い地点（大濬南、爪白、桜浜）で SPSS が低いという傾向が認められた。

各地点の SPSS の変動には地点間に共通した季節変動が見いだせず、周年でみると若干の減少傾向が認められた弁天島東を除いた地点では、SPSS の値はおおむね横ばいか、あるいは若干の増加傾向を示していた（図 2-50）。SPSS の年間最高値（SPSSmax）は最大で 954.5kg/m^3 （大濬沖）、最低でも 84.5kg/m^3 （桜浜）とすべての地点において 80kg/m^3 以上の値を示しており、竜串湾の懸濁物質量は全域で高いレベルにあった。

(3) 竜串湾内の SPSS の状況

沖縄をはじめとするサンゴ礁海域では、SPSS の季節変動が大きい海域では、SPSS の年間最高値（SPSSmax）がサンゴ群落の種組成や被度の制限要因になっており（大見謝, 2003）、サンゴ群落を健全に保つためには、SPSSmax を 30kg/m^3 以下におさえることが望ましいとされている（大見謝ほか, 2003）。竜串湾の SPSSmax はいずれの地点でも 80kg/m^3 を大きく超えており、サンゴ群集に大きな影響を与えていると考えられる。大見謝ほか（2000）は沖縄沿岸で過去に行われた調査結果を整理し、SPSS（X）とサンゴの被度（Y）の関係を

$$\sqrt{Y} \leq -5.43 \log X + 15.6$$

の式で表し、これを用いて SPSS の年間最大値からサンゴ被度の最高値を予測できるとしている。今回の結果をこの式に当てはめると、竜串湾ではもっとも SPSSmax の低かった桜浜（ 84.5kg/m^3 ）でも、サンゴの被度が約 26.4%を超えることはないという計算結果が得られる。

サンゴの懸濁物（赤土）堆積耐性は属や群体の形状により大きく異なり、一般的に樹枝状より、塊状サンゴの方が耐性が高い（大見謝ほか 2000）。サンゴ礁域では SPSSmax が大きい海域ほど、ミドリイシ類の出現頻度が低くなり、群体サイズが小型化する傾向があり、相対的に塊状サンゴの出現割合が高くなることが知られている（大見謝ほか 2000）。竜串湾でもこのような傾向は SPSS の比較的高い地点（弁天島東岸、竜串西、見残しなど）ほど顕著であり、SPSS が湾内のサンゴの種組成、被度に大きく影響を与えていることが示唆された。非サンゴ礁域における SPSS とサンゴの被度の関係については現状では十分な情報が蓄積されていないが、サンゴの被度の増加にもっとも寄与すると思われるミドリイシ属の健全な成長と、高被度のサンゴ群集の回復を期待するのであれば、湾全域で SPSS を現状の値より大幅に下げることが必要不可欠であると考えられる。

サンゴ礁域の開放的な海域では一般に梅雨直後に SPSS がピークとなり、台風時期や季節風が吹く時期には減少する（大見謝 2003）。これは梅雨の降雨に伴い河川から供給された懸濁粒子が台風や季節風の影響で発生した波浪により、沖へと運び去られるためである。2004 年は 6

月下旬から10月下旬にかけて多数の台風が四国に接近・上陸しており、湾内には大きな波やうねりが発生した。これにより弁天島と海中展望塔を結ぶ海域の泥土の堆積などが著しく改善されたが、SPSSの値が顕著に減少した地点は認められていない。このことから、本海域は波浪による底質の攪拌が起こっても懸濁粒子が湾の外に出ていきにくい環境にあり、舞い上がった懸濁物質が湾内に再堆積している可能性が考えられた。また、依然として大瀬の東の海域には2001年の水害由来の泥土が大量に堆積しており、これが懸濁粒子の供給源となっており、湾内のSPSSの値に大きな影響を与えている可能性もある。竜串湾の底質環境の改善を目指すためには、河川からの濁質の流入を軽減するとともに、懸濁物質の供給源となる堆積泥の全体量を減らす対策を行う必要があるだろう。

引用文献

山里清「サンゴの生物学」, p. 150, 東京大学出版会, 東京, 1991

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. 全国公害研会誌, 25(2): 23-28

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.
(本報告書資料5に全文を掲載している)

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

2－E. 多項目水質計による湾内水質環境の把握

平成 15 年度に引き続き、竜串湾の水質の現状を明らかにし、今後の動向を把握する上での資料とする目的で、湾内 20 ヶ所の定点で多項目水質計を用いて濁度、塩分、水温、溶存酸素量を測定した。

(1) 調査方法

調査地点は、図 2-51 に示した平成 15 年度の調査地点と同じ 20 ヶ所とした。水質測定には「2－C. 海域の濁度・SS・光量子の関係の把握 (p.141)」で使用した三洋測器社製多項目水質観測システム (WQX-II ver.3) を用い、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、表層 (0m) から海底付近 (海底より約 40 cm の深度) に達するまで 5m おきに測定した。計測機器の仕様については p. 142 の表 2-5 を参照のこと。測定項目は濁度、塩分、水温、溶存酸素量で、調査期日については様々な気象条件を網羅するように行うことを心がけた。調査位置の決定には船舶搭載のディファレンシャル GPS、もしくはハンディタイプの携帯用 GPS を用いて行った。

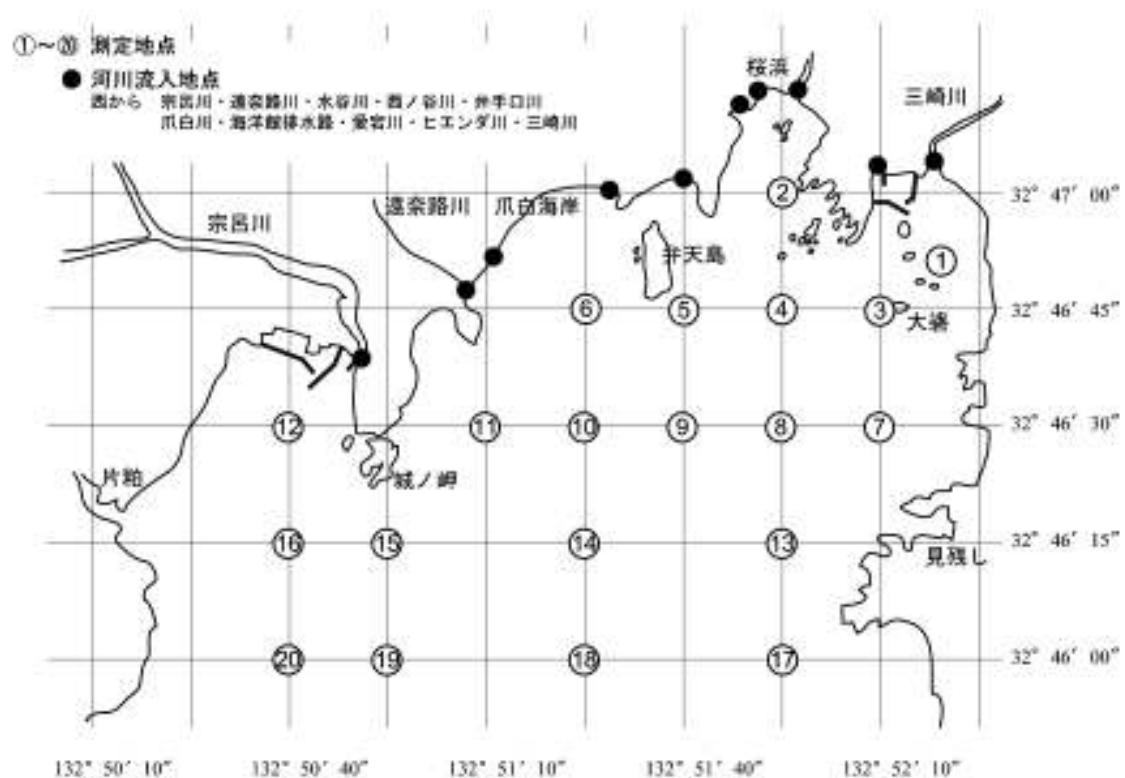


図 2－5 1. 水質測定地点

表 2－6. 水質測定日前 1 週間の気象データ

日付	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
2004/9/16	25.3	28.3	23.7	4.1	6.4	北北東	10.7	南東	115	曇後大雨雷を伴う	曇時々雨
2004/9/17	25.5	28.9	23.7	2.6	5.3	北北東	7.9	北東	4	曇時々晴	曇
2004/9/18	26.6	30.3	23.8	2.1	3.1	南西	5.8	南南西	0	晴一時曇	晴後曇
2004/9/19	27.2	30.1	26.1	3.1	5.4	西南西	8.3	西	0	薄曇	曇後一時雨
2004/9/20	27.2	30.3	24.7	2.8	4.3	南南西	8.6	南	10	晴一時曇	晴一時曇
2004/9/21	27.1	29.8	24.5	4.5	7.2	西南西	11.9	西南西	0	晴	晴
2004/9/22	25.3	28.2	22.9	2.6	5.3	西	9.9	西南西	0	晴	曇
2004/11/30	14	18.3	9.7	3.2	6.9	北北西	13.3	北西	0	晴	快晴
2004/12/1	14	18.4	10.4	3.2	5	北北東	8.9	北		晴後曇	曇後一時晴
2004/12/2	15.1	19	12.7	3.7	5.1	北北東	8.4	北東	0	晴	快晴
2004/12/3	16.9	18.8	13.5	5.2	8.1	北北東	13.9	東北東	0	晴	曇
2004/12/4	19.4	23.6	17.4	7.4	12.9	南南西	28.2	南西	99	大雨	雨後晴
2004/12/5	15.4	21.9	11.2	5.1	10	西南西	22.5	南西	0	晴後一時曇	晴
2004/12/6	12.3	16	9.6	2.4	4.1	北	8.3	北北西	0	快晴	晴
2005/3/9	15.1	19	10.2	3.6	7	西南西	10.4	西南西	0	晴後一時曇	曇
2005/3/10	15.3	17.1	13.7	2.5	6.8	西南西	12.9	西	4	曇時々雨	曇時々雨雷を伴う
2005/3/11	15.7	17.1	12.9	3.1	7.6	西	13.5	西北西	1	雨後一時晴	晴後一時曇
2005/3/12	6.4	13	2.8	4.1	8.4	西	18	西南西	0	曇	曇後晴
2005/3/13	4	7.1	1.7	4.2	9.1	西	17.7	西	0	晴	晴
2005/3/14	5.8	9.3	2.1	4.3	8.2	西	15	西	0	晴	晴後一時曇
2005/3/15	11.4	15.8	5.8	4	6.4	西南西	13.9	南西	2	曇	雨後時々曇

気象庁電子閲覧室 <http://www.data.kishou.go.jp/>より清水測候所のデータを抜粋

3 月を除く降水量は宗呂川にある出合雨量観測所での観測値を使用

(2) 調査結果

各水質測定日の前1週間の気象データを表2-6に示す。

○第1回調査(2004年9月22日)

調査日前1週間の天候は、基本的に勢力の強い太平洋高気圧の縁にあたり、9月16日には115mmのまとまった雷雨があった。その後は寒冷前線の通過などによりごく弱い雨が一時的に降ったものの、その後は比較的静穏な天気が続いていた。

各調査地点の濁度、塩分、水温、溶存酸素量の鉛直分布を図2-52～2-55に示す。

濁度は0.2～2.5FTUの範囲で分布しており全体的に低かった。宗呂川河口部に近い⑫⑬⑭では、表層の濁度が1.3～2.6FTUと比較的高い値を示し、また三崎川河口の①では底層付近(水深5m)で2.0FTUと比較的高かった。そのほかの地点では濁度は概ね1FTU以下で、⑦⑧⑨⑩では水深が深くなるほど濁度が高い傾向があるが、値は小さい。

塩分の範囲は26.3～34.2‰で、三崎川の河口に近い①の表層で26.3‰と顕著に低いほかは、表層で33‰程度。多くの地点で塩分は底層ほど高くなっているが、⑦⑧⑨⑩では水面から水深15m付近にかけて塩分が低下する傾向が見られ、水深15m付近の塩分が30‰前後の低い値を示している。

水温の範囲は25.4～27.6℃でいずれの地点でも表層が最も高く27℃以上、水深が深くなるにつれて低下し、水深20mでは26℃以下となっていた。

溶存酸素量は7.9～8.2mg/lの範囲で水深が深いほどやや高い傾向があるが、地点による差はほとんど認められなかった。

○第2回調査(2004年12月6日)

調査日前1週間の天候は、期間の前半は大陸から移動性の高気圧が東進し、12月3日に日本本土をすっぱり覆って晴天となったが、台湾付近で発生した低気圧が発達しながら4日に四国を通過し、強い風を伴って99mmの大雨が降った。低気圧通過後は冬型の気圧配置となった。

各調査地点の濁度、塩分、水温、溶存酸素量の鉛直分布を図2-56～2-59に示す。

濁度は1.2～23.6FTUと範囲が広い。濁水の流入が続いていた宗呂川の影響を受けて⑫⑬⑭⑮で表層の濁度が9.9～20.6FTUと高い値を示していた。湾奥桜浜の入口に位置する②では水深5mおよび海底付近の濁度が19.7FTUおよび23.6FTUと非常に高く、表層の濁度も7.0FTUと比較的高かった。また、竜串沖の④でも海底付近の濁度が10FTU近い値を示していた。そのほか、三崎川に近い①をはじめ、③④⑤⑥⑩など湾の北側の地点で濁度が比較的高かった。これに対して⑬⑭⑮など湾口東側の地点では濁度が比較的低く、水深による差も少なかった。

塩分は30.8～35.6‰の範囲にあり、多くの地点では概ね34‰前後の値を示していたが、⑬⑭⑮⑯などの湾の沖側の地点で水深10～15m付近の塩分が低い値を示していた。

水温は19.9～21.3℃で地点や水深による差が小さかった。①④⑤⑨⑩⑭などでは表層の水温が低く、表層と水深5mの水温の差が1℃以上になっているところもみられた。また、湾奥桜浜の入口に位置する②や爪白海岸沖の⑥で他の地点と比較して全水深で水温がやや低く、③④⑤⑦⑧⑩では海底付近の水温が顕著に低くなっていた。その他の地点では水深による水温の鉛直的な較差が少なく、概ね21℃前後の値を示していた。

溶存酸素量は8.8～9.1mg/lで、地点や水深による差はほとんど認められなかった。

○第3回調査(2005年3月15日)

調査日前1週間の天候は、3月10-11日に小さな低気圧が通過して小雨があったが、12-13

日にはこの低気圧が発達して冬型となり、14 日からは冬型がゆるんで高気圧に覆われた。

各調査地点の濁度、塩分、水温、溶存酸素量の鉛直分布を図 2-60～2-62 に示す。

濁度の範囲は 0.3～2.4FTU と全体的に低かった。②の海底付近と③の表層では濁度が比較的高い値を示しているが、そのほかの地点ではほとんどの水深帯で 1FTU 以下の値を示しており、水深による濁度の変化も少なかった。

塩分は機器不調のため信頼できる値が得られなかったので結果から除外した。

水温は 14.7～16.2℃と全体的に低く、湾奥桜浜の入口に位置する②の海底付近で最低値を示していた。湾内の水温は沖側の地点より、海岸線に近い水深の浅い地点でやや低い傾向が認められた。また、沖側の地点では水深による水温の差が小さかった。

溶存酸素量は 9.8～10.1mg/l ときわめて一様で、地点や水深によるばらつきがほとんどなかった。

(3) 竜串湾の水質環境について

115mm の降雨から 6 日目の第 1 回調査と 1 週間以上雨らしい雨が降っていない第 3 回調査では濁度が 3FTU 以上を示す地点はなく、ほとんどが 1FTU 以下の低い値を示していた。99mm の降雨の 2 日後に行った第 2 回調査では濁度が湾全域で高く、特に濁水の流入が続いていた宗呂川河口から沖にかけての表層では高い値を示した。三崎川河口から湾の北側では湾の沖側と比べて濁度が高くなっており、サンゴが多く生息する沿岸付近が強く濁りの影響を受けていた。

第 2 回調査では宗呂川から濁度の高い淡水の流入が見られ、第 1 回調査でも数値は低いものの他地点に比べれば濁度の高い淡水の流入がみられたが、この濁水は⑫から南に⑮⑯へと流れ去り、その影響はせいぜい⑮⑯に見られる程度で、湾内の海中公園地区や爪白地先のサンゴ高被度域にはほとんど影響が見られない。この傾向は、「2-B-c) 洪水時に河川から流入した濁水の拡散 (p. 125-140)」の測定結果でも同様で、これらの結果を見る限り宗呂川の河川水が竜串湾内の水質に与える影響は大きくないものと考えられる。

一方、第 1 回調査時に、⑦⑧⑨⑩では水深が深くなるほど濁度が高くなる傾向が見られたが、この時同じ地点で塩分も水深が深くなるほど低下する傾向が見られ、6 日前に降った大雨によって三崎川から流入した濁水が、海底付近にうす濁りとして継続している可能性を示唆している (p.140 参照)。

第 2 回調査及び第 3 回調査では湾奥桜浜の入口に位置する②の底層で高い濁度が測定された。この地点は高知県西南豪雨災害時に三崎川、遠奈呂川、宗呂川から竜串湾に流入した濁水の影響をほとんど受けなかった地点で、表層の濁度が低いことから考えても河川から流入した濁水の影響であるとは考え難い。同じ現象は p. 139 の図 2-42 でも見られ、降水の直後よりも半日～1 日後に濁りが強くなっている。この地点周辺の底質は砂で、おそらく波浪によって巻き上げられた底質によって濁りが発生しているものと思われるが、詳細は不明である。

湾内の水温は、9 月の測定では 25.4～27.6℃、10 月では 19.9～21.3℃、3 月の測定では 14.7～16.2℃の範囲であった。このうち、3 月は一年で水温がもっとも低くなる時期に当たるが、水温の低下は海岸線に近い水深の浅い地点で顕著で、特に湾奥桜浜の入口に位置する②の海底付近で最低値を示していた。ミドリイシ類を主体とした高被度なサンゴ群集が維持するためには最

低水温 15℃以上が適当であり、このような低水温が長期間続いた場合、サンゴの生育に悪影響を及ぼす可能性がある。

湾内の塩分は概ね 34‰前後であったが、降雨の後に行った第 2 回調査では、三崎川河口に近い①の表層で塩分が約 26‰と極端に低い値を示していた。以前竜串湾で行われていた真珠母貝の養殖でも、区画漁業権は設定されていたものの、河川水の影響があるため河口付近では養殖が行われていなかった（p. 102 参照）。一般にサンゴも低塩分を嫌う種が多く、サンゴ礁海域では河口付近でサンゴの生育が悪いためサンゴ礁の形成が進まず、リーフが切れる。三崎川においても、河口から流入する河川水の影響による低塩分の影響を強く受けているものと考えられる。

なお、溶存酸素量については全般に極めて一様な測定値であり、特にサンゴ等の生物に悪影響を及ぼすような低い値を示すところはみられなかった。

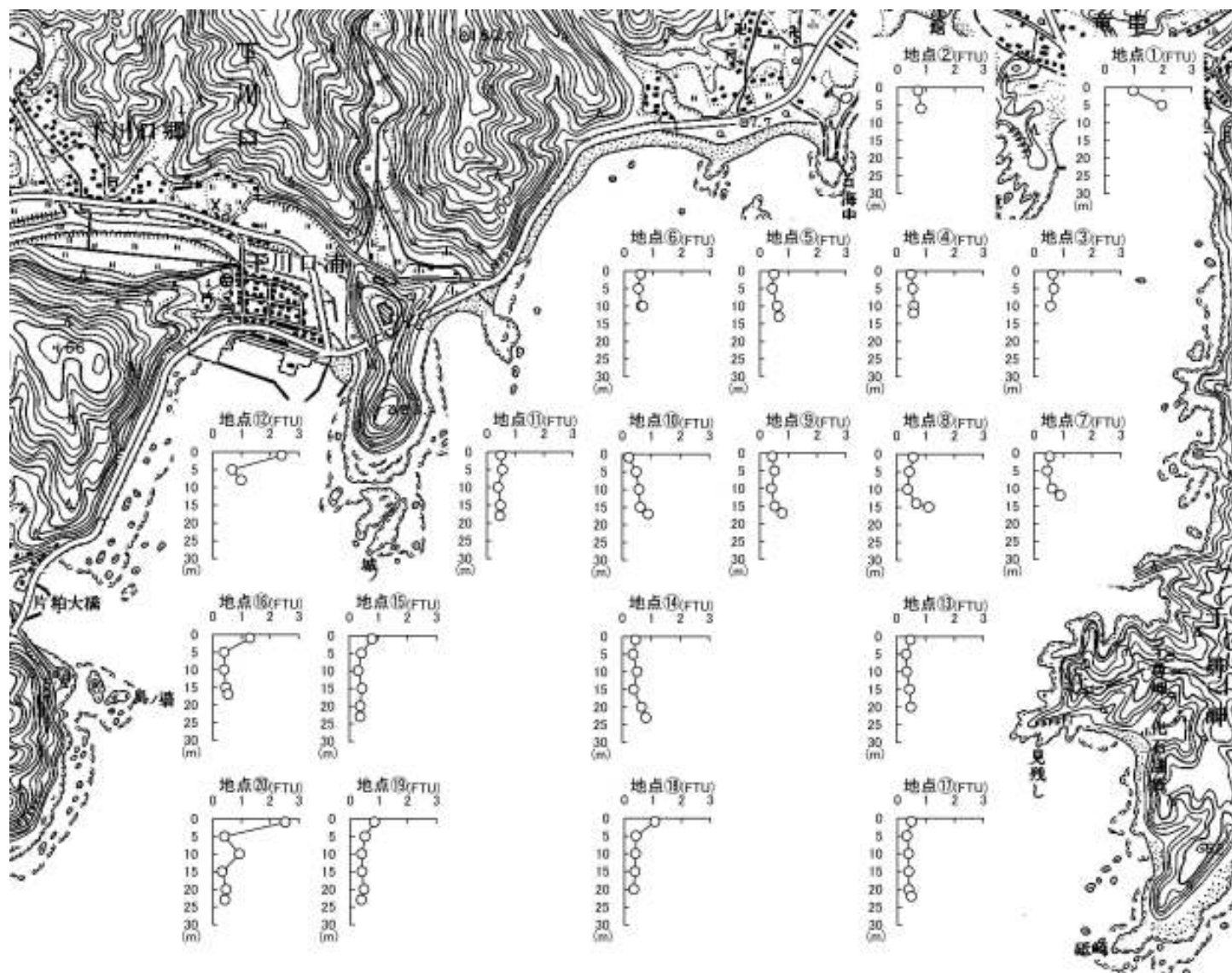


図 2-52. 各調査地点の濁度の鉛直分布 (2004/9/22)

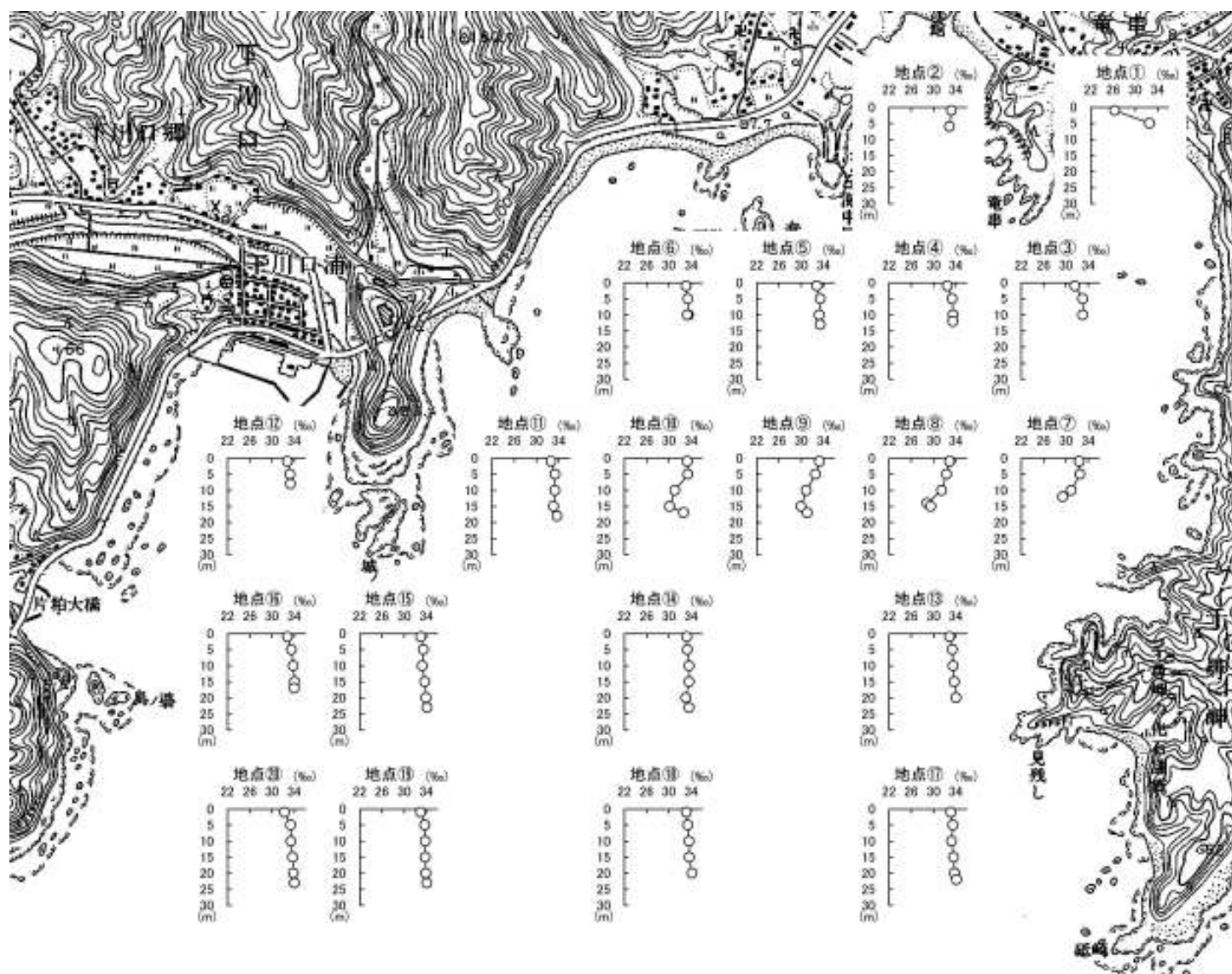


図 2-53. 各調査地点の塩分の鉛直分布 (2004/9/22)

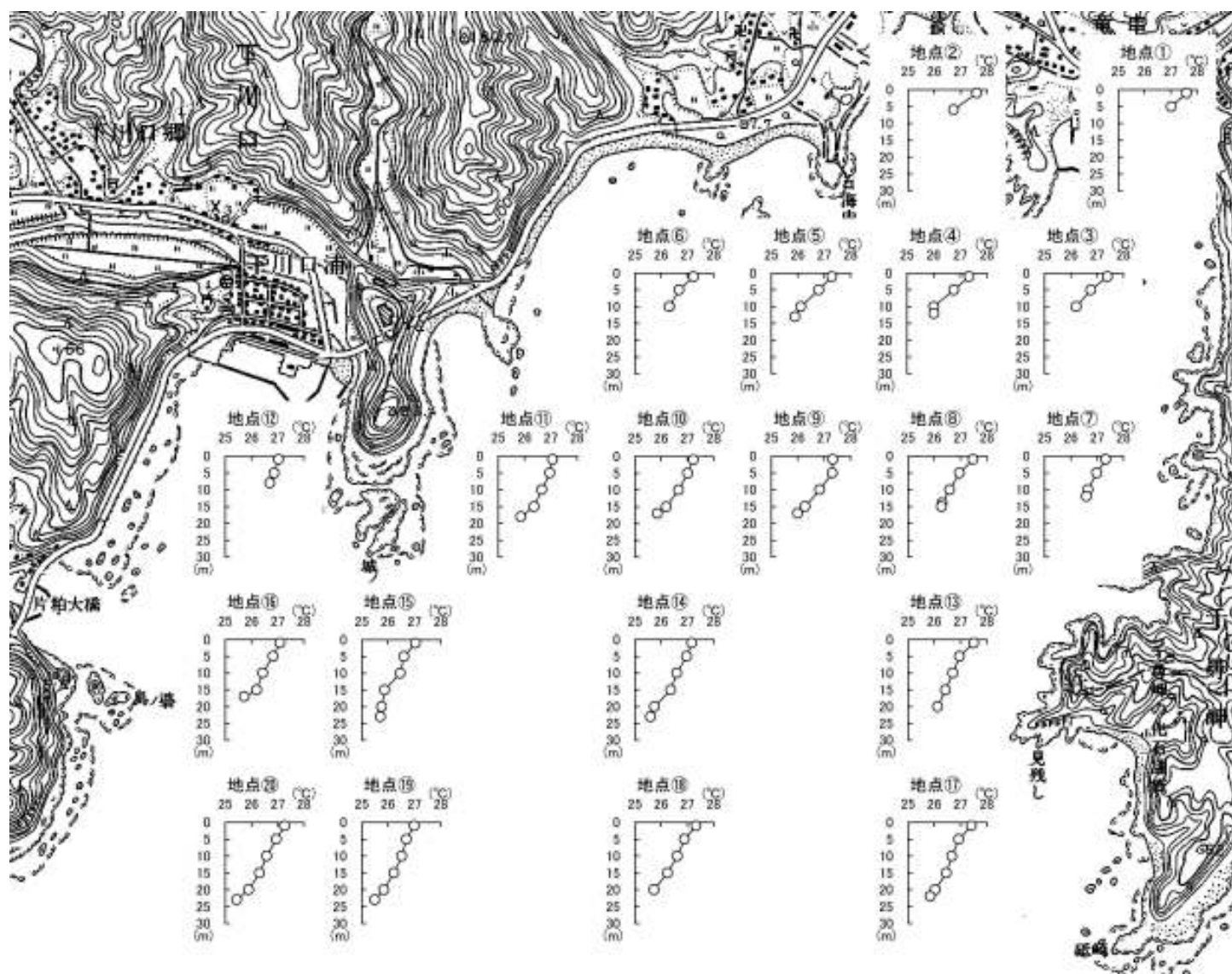


図 2-54. 各調査地点の水温の鉛直分布 (2004/9/22)

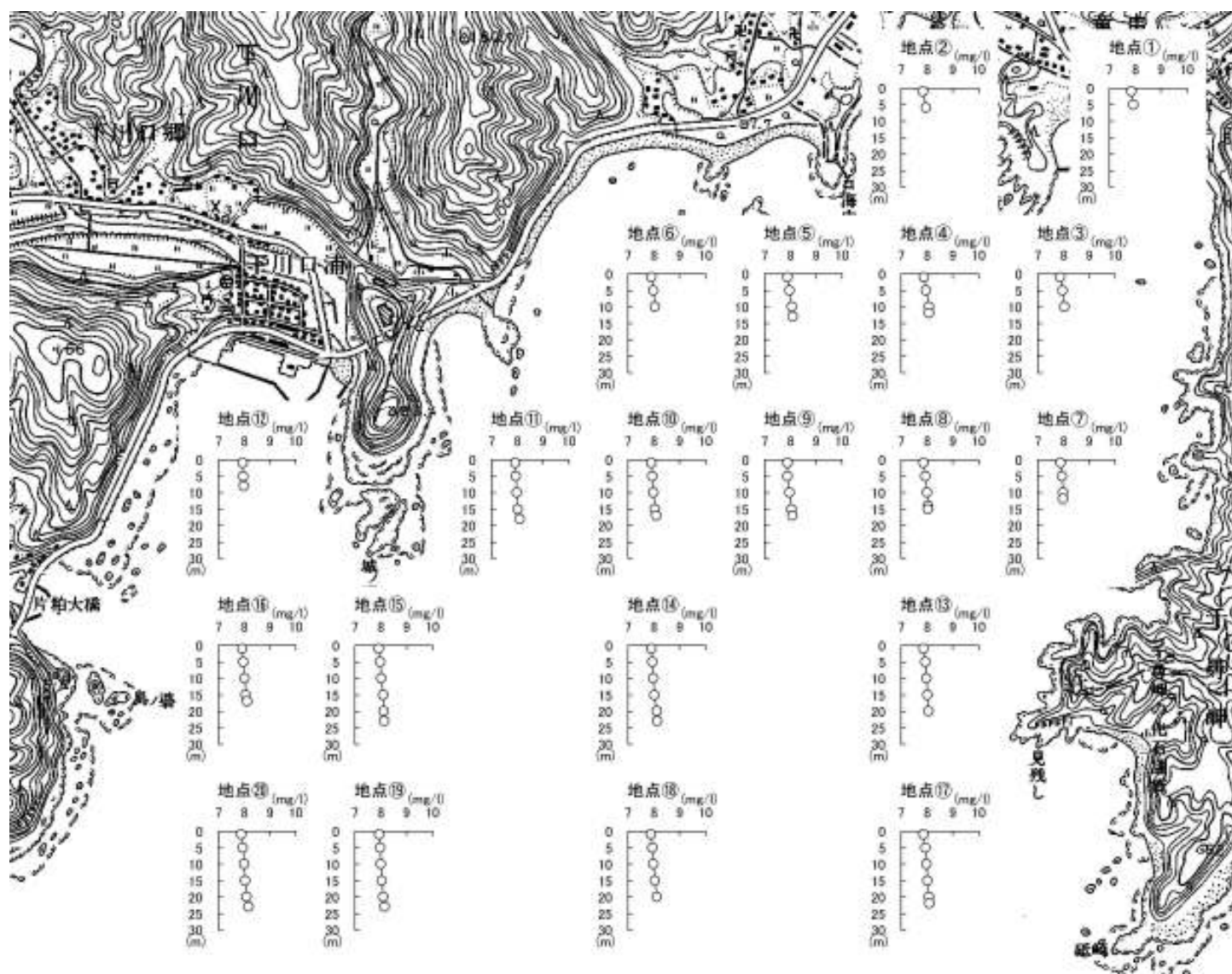


図 2-55. 各調査地点の溶存酸素量の鉛直分布 (2004/9/22)



図 2-56. 各調査地点の濁度の鉛直分布 (2004/12/6)

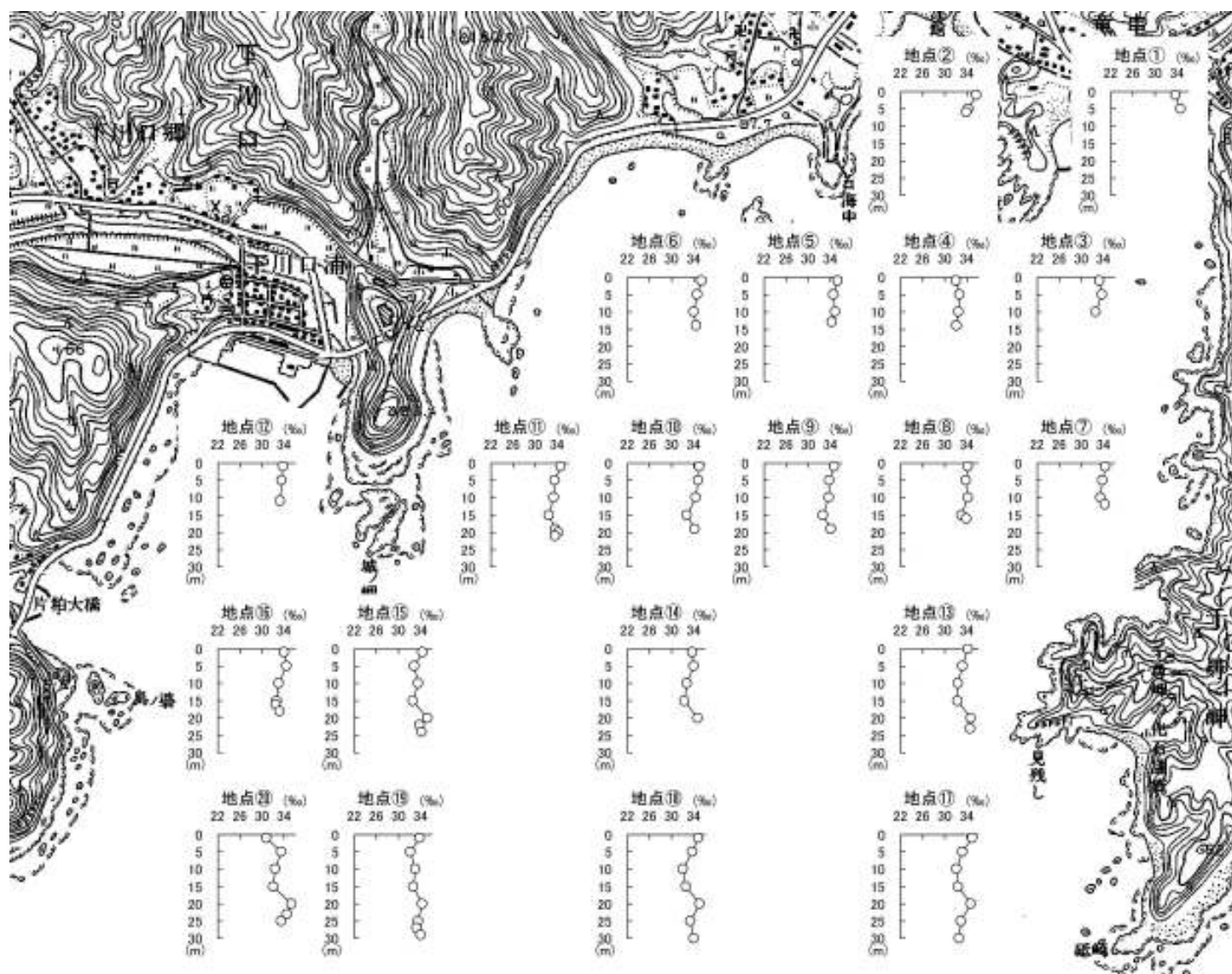


図 2-57. 各調査地点の塩分の鉛直分布 (2004/12/6)

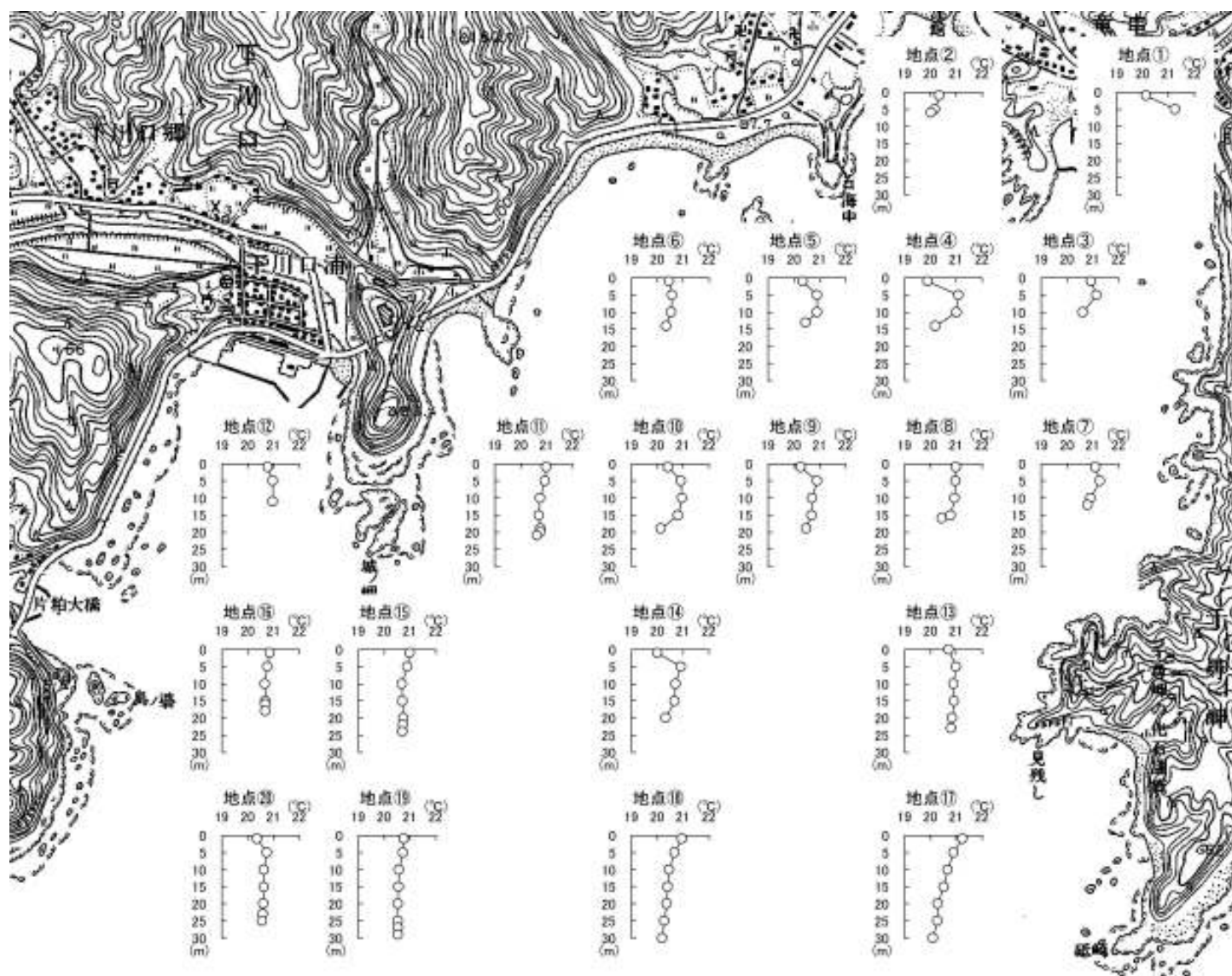


図 2-58. 各調査地点の水溫の鉛直分布 (2004/12/6)

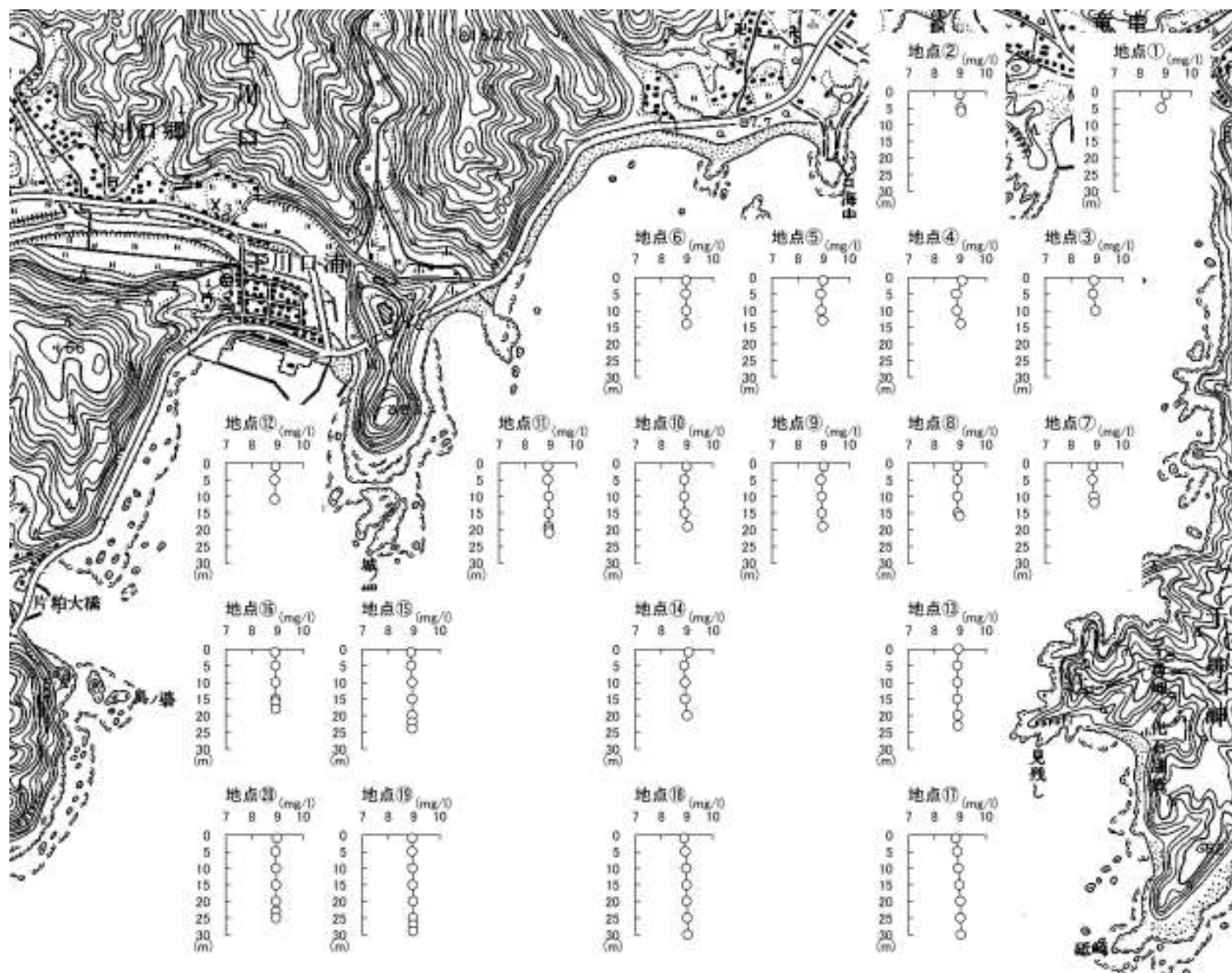


図2-59. 各調査地点の溶存酸素量の鉛直分布 (2004/12/6)

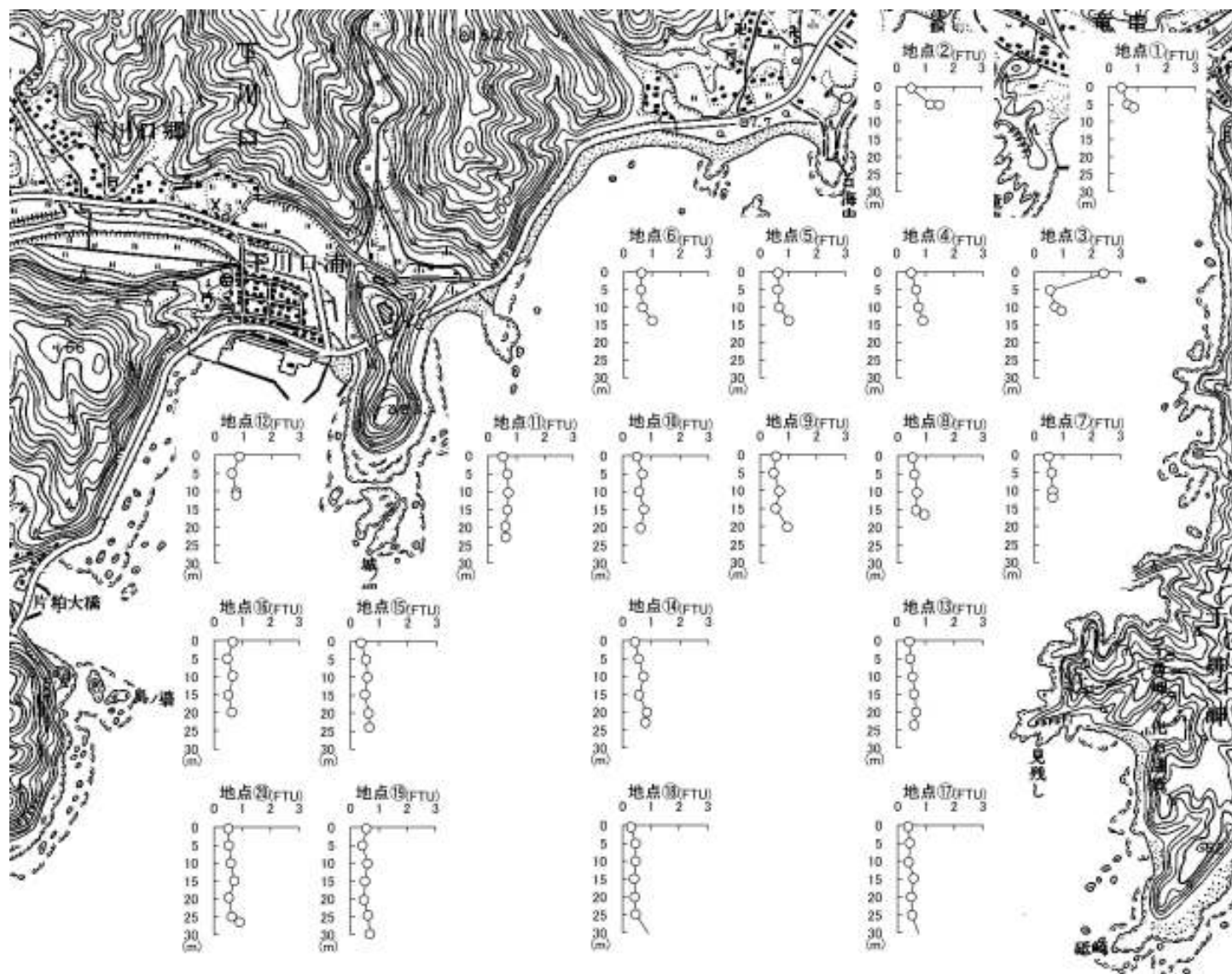


図 2-60. 各調査地点の濁度の鉛直分布 (2005/3/15)

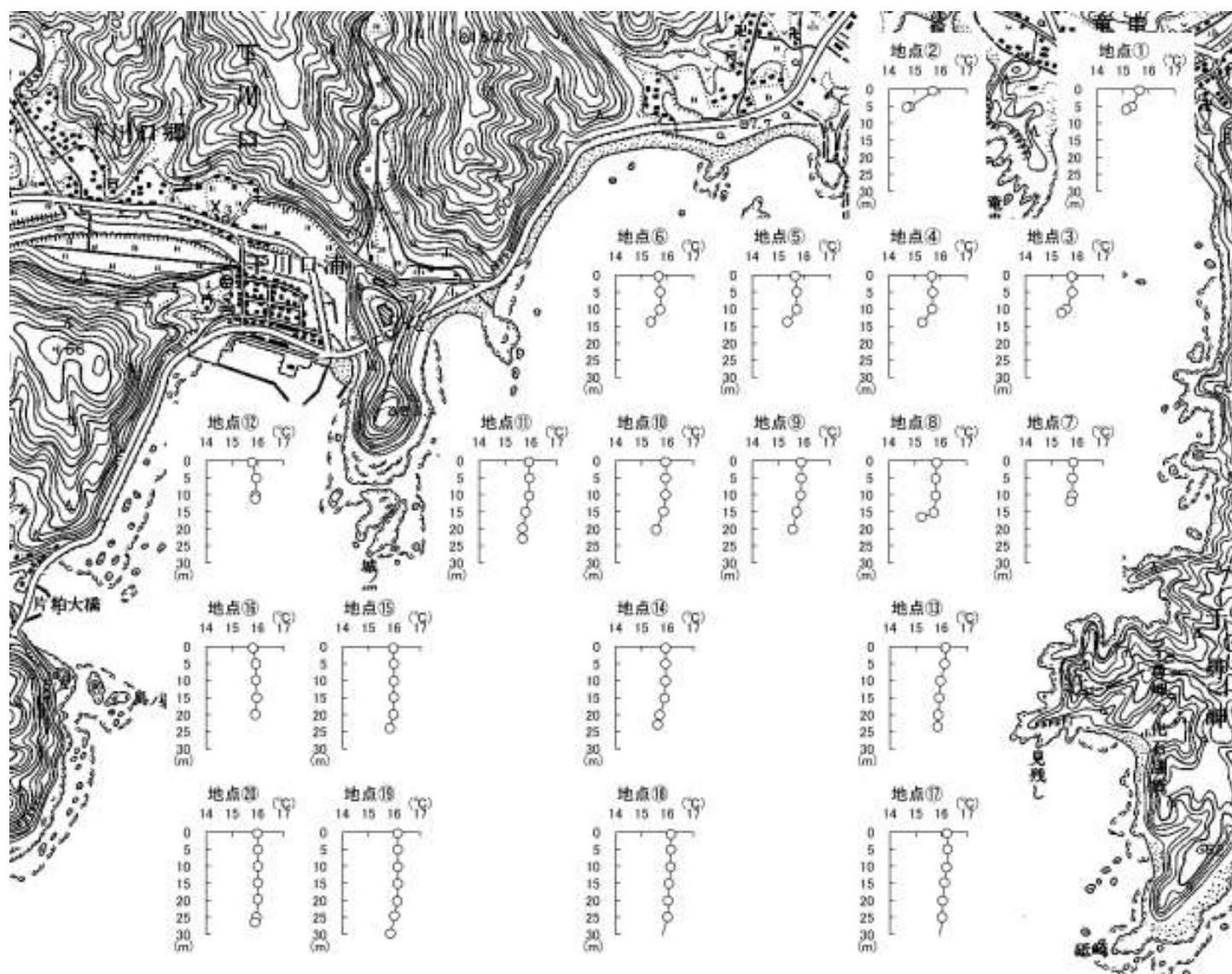


図 2-6 1. 各調査地点の水溫の鉛直分布 (2005/3/15)

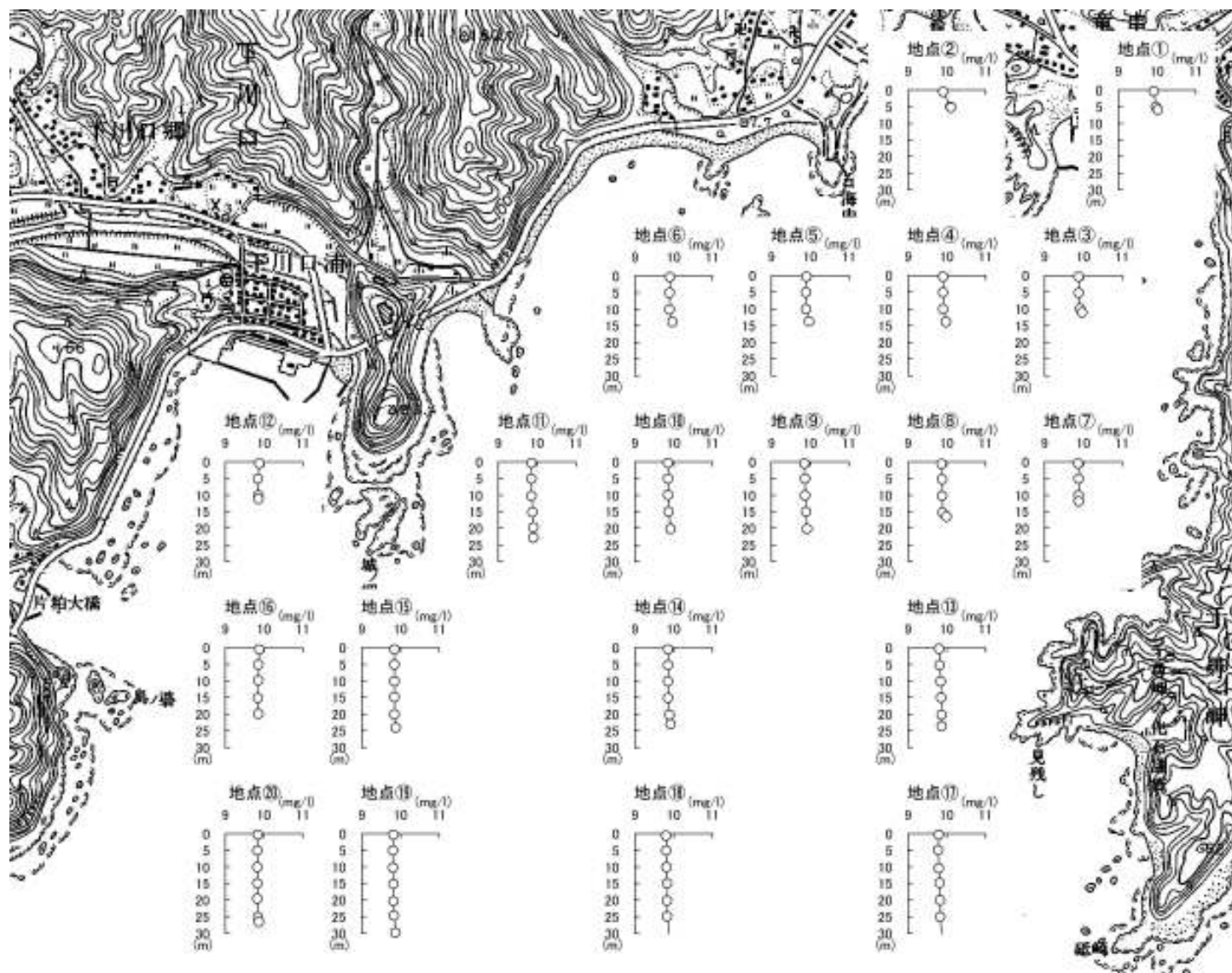


図2-62. 各調査地点の溶存酸素量の鉛直分布 (2005/3/15)

3. 海域環境モニタリング調査

3-A. 魚類相調査

a) 目的

昨年度に引き続き、足摺宇和海国立公園竜串地区内の代表的な5箇所を調査地点とし、海中の底質の状態とそこに生息する魚類相を調査することで、魚類の面から海洋環境を把握することを目的とした。

b) 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: 弁天島西側の双子渚

St. 2: 桜浜沖の桜中渚

St. 3: 竜串海中公園2号

St. 4: 竜串海中公園3号大渚

St. 5: 見残湾海中公園4号

に調査地点を設置し魚類相調査を行っ
た(図3-1)。

調査は平成16年11月8日から11
月30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。

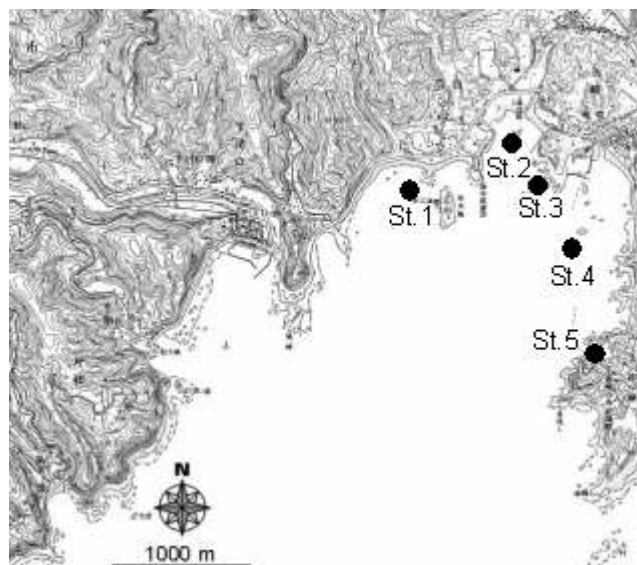


図3-1. 魚類相調査地点

c) 調査結果

St. 1: 弁天島西側の双子礫 [写真 3-1 (p. 195) 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昨年まで良く発達していたイソバナは相次ぐ台風の影響でかなり損傷していた。

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 14 科 35 種 227 個体であった（表 3-1）。そのうち成魚以外の小型個体は 46 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 9 種ともっとも多く、次いでヒメジ科 4 種、ハゼ科 4 種、スズメダイ科 3 種と多かった。個体数ではソラスズメダイが 49 個体と最大値を示し、次いでアカササノハベラ 36 個体、ナガサキスズメダイ 22 個体、チョウチョウウオ 24 個体、クツワハゼ 10 個体が多く、この 5 種で全個体数の 62.1%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、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 34 種は、南方系魚類 22 種（64.7%）、温帯性魚類 12 種（35.3%）であった（図 3-2）。

St. 2: 桜浜沖の桜中礫 [写真 3-2 (p. 196) 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。前回の調査では砂地であった場所が今回は泥が堆積していた。

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	岩の裂け目に砂と泥
30-40m	岩の裂け目に砂と泥
40-50m	岩の裂け目に砂と泥
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 30 種 127 個体であった（表 3-2）。そのうち成魚以外の小型個体は 22 個体を占めた。

出現種としてはベラ科が 6 種と最も多く、次いでテンジクダイ科が 4 種、スズメダイ科、ハゼ科がそれぞれ 3 種と多かった。個体数ではギンガメアジが 21 個体と最大値を示し、次いでホンベラ 20 個体、オオスジイシモチ 14 個体、クロホシイシモチ 10 個体、クツワハゼが 8 個体と多く、この 5 種で全個体数の 57.5%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 16 種（53.3%）、温帯性魚類 14 種（46.7%）であった（図 3-2）。

St. 3：竜串海中公園 2 号 [写真 3-3 (p. 197) 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。岸付近の転石帯には付着生物は少なかった。

10m 間隔の主な底質は下記の通りであった。

0-10m	岩と砂
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11科28種194個体であった(表3-3)。そのうち成魚以外の小型個体は50個体を占めた。

出現種としてはベラ科が9種ともっとも多く、次いでスズメダイ科が4種であった。個体数ではソラスズメダイが68個体と最大値を示し、次いでカミナリベラ20個体、ナガサキスズメダイ19個体、アカササノハベラ、ホシササノハベラがそれぞれ11個体と多く、この5種で全個体数の56.2%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13種(46.4%)、温帯性魚類15種(53.6%)であった(図3-2)。

St. 4: 竜串海中公園3号大落 [写真3-4 (p. 198) 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、転石の上は昨年に比べると比較的泥も少なく海水は僅か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。また岩の窪みのところどころには小さいミドリイシ類の成長が確認された。

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
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

50-60m	岩と転石
60-70m	転石
70-80m	転石
80-90m	岩と転石 泥少し堆積
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18科35種845個体であった(表3-4)。そのうち成魚以外の小型個体は80個体を占めた。

出現種としてはベラ科が9種ともっとも多く、次いでスズメダイ科が4種、ハゼ科が3種と多かった。個体数ではクロホシイシモチの500個体が最大値を示し、次いでソラスズメダイの189個体、カミナリベラ22個体、オヤビッチャ19個体、イトマンクロユリハゼの17個体が多く、この5種で全個体数の88.4%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、南方系魚類18種(51.4%)、温帯性魚類17種(48.6%)であった(図3-2)。

St.5 見残湾海中公園4号 [写真3-5 (p. 199) 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。

起点としていた場所は今年の台風で底質が砂泥地から砂地に変わり、幾筋もの起伏の大きな砂紋が形成されていた。また浅場の小規模のシコロサンゴは根元からひっくり返ったり、割れるなどして大きな損傷を受けていた。

10m間隔の主な底質は下記の通りであった。

0-10m	砂と転石 少しシコロサンゴ (根こそぎひっくり返っているものもある)
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15科45種581個体であった(表3-5)。そのうち成魚以外の小型個体は177個体を占めた。

出現種としてはベラ科が11種と最も多く、次いでスズメダイ科とチョウチョウオ科が6種、ハゼ科とニザダイ科5種と多かった。個体数ではソラスズメダイの282個体が最大値を示し、次いでナガサキスズメダイ63個体、ホシハゼ25個体、カミナリベラ20個体、ニシキベラが15個体と多く、この5種で全個体数の約69.7%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、南方系魚類33種(73.3%)、温帯性魚類12種(26.7%)であった(図3-2)。

d) 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。2003年11-12月に実施した調査では、本来種数のピークを迎える9-11月を僅かに過ぎていた。そのため2004年は10月に調査をする予定であったが、数多くの台風が襲来したため調査が難しく、11月中にすべての調査を終えることができた。

今回調査を行った5つの調査地点は竜串湾内に位置し、それぞれの調査地点間は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、調査地点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地点はSt. 5の45種類で、ついでSt. 1とSt. 4の35種、St. 2の30種と続き、最も少なかったのはSt. 3の28種であった。前年の調査では多くの魚種が確認された順に、St. 5の55種類、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(表3-6)。

前年に比べると全体的に種数、個体数共に少ない傾向にあった。

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、浅場の岩礁域では泥の沈澱も少なかった。しかしながらこの場所も台風による大波でイソバナが大きく損傷していた。St. 4は以前大規模な造礁サンゴ群集があり魚種も豊富な場所であったところだが、2001年の大水害により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た。しかしながら昨年の相次ぐ台風の影響からか、海底に堆積していた大量の泥はかなり減っていた。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。最も魚種が少なかったSt. 3の底質は砂と岩から構成されているが、浅い岩の上に生息していたミドリイシ類が台風の影響で破損したようで

かなり少なくなっていた。

以上の結果から考察すると、今回の調査は各調査地点で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。また全体的に前年より種数、個体数共に下回った理由としては、台風によるサンゴ類等への被害が大きかったことが考えられる。しかし一方で厚く堆積していた泥が移動したところもあり、その影響がどの程度のものなのかは今回の調査だけでは判断できない。

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22種（64.7%）、温帯性魚類が12種（35.3%）、St. 2では南方系魚類が16種（53.3%）、温帯性魚類が14種（46.7%）、St. 3では南方系魚類が13種（46.4%）、温帯性魚類が15種（53.6%）、St. 4では南方系魚類が18種（51.4%）、温帯性魚類が17種（48.6%）、St. 5では南方系魚類が33種（73.3%）、温帯性魚類が12種（26.7%）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と St. 1では南方系魚種の比率が約6-7割と高く、St. 3は約4-5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、各調査地点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ため、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ヶ所の魚類相と比較した。竜串の5調査地点を合計すると総観察魚種85種のうち、南方系魚種が61種（72.6%）、温帯性魚種が23種（27.4%）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ためと考えられる。

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、南方系魚種の比率は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月に各地点で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。また今回相次いで襲来した台風の影響も大きかったと考えられるため、今後も継続して調査することが望まれる。

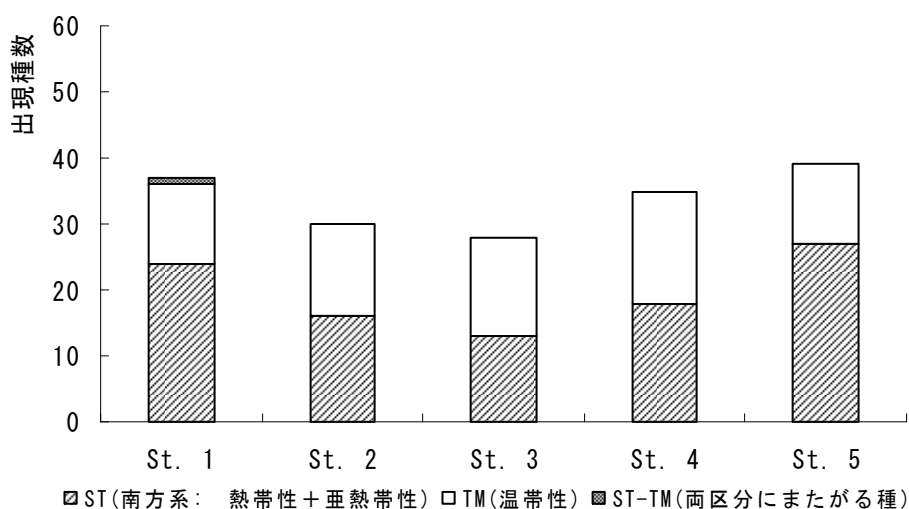


図3-2. 各調査区の地理分布別魚類の出現種数

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 *Acanthaster 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

和国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3-1. 2004年11月にSt. 1: 弁天島西側の双子礫の1区から10区で観察された種および個体数

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)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
Gymnuridae ウツボ科											
<i>Gymnothorax kidako</i> ウツボ	TM										
Clupeidae ニシン科											
<i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
Synodontidae エソ科											
<i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
<i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<i>Synodus ulae</i> アカエソ(juv.)	ST										
Pegasidae ウミテング科											
<i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
Fistulariidae ヤガラ科											
<i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ	ST										
アオヤガラ(juv.)											
Scorpaenidae フサカサゴ科											
<i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
<i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<i>Sebastiscus marmoratus</i> カサゴ	TM										
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i> オニカサゴ	ST										
Serranidae ハタ科											
<i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
<i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
<i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
Apogonidae テンジクダイ科											
<i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
1 <i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM					4				2	
オオスジイシモチ(juv.)											
<i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM										
<i>Apogon</i> sp. キンセンイシモチ*(トットタイプ)	ST										
<i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon exstigma</i> ユカタイシモチ	ST										
ユカタイシモチ(juv.)											
<i>Rhabdamia gracilis</i> スカンテンジクダイ	ST										
スカンテンジクダイ(juv.)											
Carangidae アジ科											
<i>Caranx sexfasciatus</i> ギンガメアジ	ST										
ギンガメアジ(juv.)											
Lutjanidae フェダイ科											
<i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST										
<i>Lutjanus rivulatus</i> クロホシフェダイ	ST										
クロホシフェダイ(juv.)											
Sparidae タイ科											
<i>Acanthopagrus schlegelii</i> クロダイ	TM										
<i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
Mullidae ヒメジ科											
<i>Parupeneus barberinus</i> オオスジヒメジ(juv.)	ST										
1 <i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST				1						
オジサン(juv.)											
1 <i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST							1	4		2
コバンヒメジ(juv.)											
<i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
1 オキナヒメジ(juv.)	ST				1						
<i>Upeneus tragula</i> ヨメヒメジ	ST										
1 ヨメヒメジ(juv.)											1
Pempheridae ハタンボ科											
<i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
Girellidae メジナ科											
<i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
<i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)											
Kyphosidae イスズミ科											
<i>Kyphosus vaigiensis</i> イスズミ	ST										
Chaetodontidae チョウチョウオ科											
<i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタテダイ	ST										
<i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウオ	ST										
トゲチョウチョウオ(juv.)											
<i>Chaetodon speculum</i> トノサマダイ(juv.)	ST										
1 <i>Chaetodon plebeius</i> スミツキトノサマダイ	ST				1						
1 <i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウオ(juv.)	ST	1									
<i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon melanotus</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.)											
<i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウチョウオ(juv.)	ST										

1 <i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	TM		2		8	3	2			2	4
<i>Chaetodon kleinii</i> ミヅレチョウチョウウオ(juv.)	ST		1							1	1
<i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										
Pomacentridae スズメダイ科											
1 <i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST								2		
<i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM		1	2							
<i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										
<i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST										
<i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST										
<i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセンズメダイ	ST										
<i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST										
<i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM		7		40						
<i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM		1	1	11	15	4			1	
<i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM										
<i>Chromis ovatifrons</i> マルスズメダイ	ST										
Cirrhitidae ゴンベ科											
<i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST										
Cheilodactylidae タカノハダイ科											
1 <i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM	1			1		1				
<i>Labridae</i> ベラ科											
<i>Anampses caeruleopunctatus</i> ブチススキベラ	ST										
<i>Gomphosus varius</i> クギベラ	ST										
<i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST				1		1				
<i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST										
1 <i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM	8	4	3	3	4	2	1		4	6
<i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM								1		
<i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										
1 <i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST							2			1
<i>Macropharyngodon negrosensis</i> セジロノドグロベラ(juv.)	ST				1				1		1
<i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST										
<i>Coris dorsomaculata</i> スジベラ	ST										1
1 <i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM	2			1	1					
<i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST	1		1	1	1					
1 <i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST		1	1	3						
<i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM							1			1
1 <i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM				1	1				1	
<i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST										
<i>Cirrhitilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST										
<i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
<i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM										
Scaridae ブダイ科											
<i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM										
<i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST										
<i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST										
<i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST										
<i>Scarus ghobban</i> ヒブダイ	ST										
Pinguipedidae トラギス科											
<i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM										
<i>Trichonotidae</i> ベラギンボ科											
<i>Trichonotus setigerus</i> ベラギンボ	ST										
Slennidae イソギンボ科											
1 <i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST			1			4				
<i>Meiacanthus kamoharui</i> カモハラギンボ	TM										
1 <i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST	3									
Gobiidae ハゼ科											
<i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM										
<i>Gnatholepis scapulostigma</i> カタボシオオモンハゼ(juv.)	ST										
<i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM										

1 <i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM	2	1		1	2			1	3	
クツワハゼ(juv.)											
<i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST										
1 <i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM								1		1
ダテハゼ(juv.)											
<i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST										
<i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST										
ホシハゼ(juv.)											
<i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST										
1 <i>Amblyeleotris wheeleri</i> クビアカハゼ	ST					1					
1 <i>Pariglossus dotui</i> サツキハゼ	ST						1				
Gunnellichthyidae オオメワラスボ科											
Ptereleotrinae クロユリハゼ亜科											
<i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST										
1 ハナハゼ(juv.)									8		
<i>Ptereleotris evide s</i> クロユリハゼ	ST										
クロユリハゼ(juv.)											
<i>Ptereleotris microlepis</i> イトマンクロユリハゼ	ST										
イトマンクロユリハゼ(juv.)											
Siganidae アイゴ科											
<i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST										
Zanclidae ツノダシ科											
<i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST										
Acanthuridae ニザダイ科											
<i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM										
1 ニザダイ(juv.)					1						
<i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST										
<i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST										
<i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST										
ナガニザ(juv.)											
<i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST										
<i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST										
1 <i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST		1							1	3
ニセカンランハギ(juv.)											
<i>Acanthurus xanthopterus</i> クロハギ	ST										
クロハギ(juv.)											
Paralichthyidae ヒラメ科											
<i>Paralichthys olivaceus</i> ヒラメ	TM										
ヒラメ(juv.)											
Bothidae ダルマガレイ科											
<i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST										
Balistidae モンガラカワハギ科											
1 <i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST			1							
Monacanthidae カワハギ科											
<i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST										
1 <i>Paramonacanthus japonicus</i> ヨソギ(juv.)	ST										1
Ostraciidae ハコフグ科											
<i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST										
1 <i>Lactoria fornasini</i> シマウミスズメ	ST	1									
1 <i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM					1					
ハコフグ(juv.)											
Tetraodontidae フグ科											
<i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST										
Diodontidae ハリセンボン科											
<i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST										
1 <i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST	1									

脚注: 地理的分布は中坊編(2000)に従い、熱帯・亜熱帯型(ST)、温帯型(TM)に分類した。

表3-2. 2004年11月にSt. 2: 桜中渚の1区から10区で観察された種および個体数

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)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
Gymnuridae ウツボ科											
<i>Gymnothorax kidako</i> ウツボ	TM										
Clupeidae ニシン科											
<i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
Synodontidae エソ科											
<i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
<i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<i>Synodus ulae</i> アカエソ(juv.)	ST										
Pegasidae ウミテング科											
<i>Eurypegasis draconis</i> ウミテング	TM-ST										
Fistulariidae ヤガラ科											
<i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ	ST										
アオヤガラ(juv.)											
Scorpaenidae フサカサゴ科											
<i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
<i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<i>Sebastiscus marmoratus</i> カサゴ	TM										
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i> オニカサゴ	ST										1
Serranidae ハタ科											
<i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
<i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
<i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
Apogonidae テンジクダイ科											
<i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM		1	1				1	1		5
オオスジイシモチ(juv.)											5
<i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM							2		2	6
<i>Apogon</i> sp. キンセンイシモチ*(トットタイ)	ST										
<i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon exstigma</i> ユカタイシモチ	ST									2	
ユカタイシモチ(juv.)											
<i>Rhabdamia gracilis</i> スカシテンジクダイ	ST										
スカシテンジクダイ(juv.)											1
Carangidae アジ科											
<i>Caranx sexfasciatus</i> ギンガメアジ	ST	21									
ギンガメアジ(juv.)											
Lutjanidae フェダイ科											
<i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST										
<i>Lutjanus rivulatus</i> クロホシフェダイ	ST										
クロホシフェダイ(juv.)							1				
Sparidae タイ科											
<i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM										
<i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
Mullidae ヒメジ科											
<i>Parupeneus barberinus</i> オオスジヒメジ(juv.)	ST										
<i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)							1				
<i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
コバンヒメジ(juv.)											
<i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)											
<i>Upeneus tragula</i> ヨメヒメジ	ST										
ヨメヒメジ(juv.)											
Pempheridae ハタンボ科											
<i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
Girellidae メジナ科											
<i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
<i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)											
Kyphosidae イスズミ科											
<i>Kyphosus vaigiensis</i> イスズミ	ST										
Chaetodontidae チョウチョウオ科											
<i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタタテダイ	ST										
<i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウオ	ST										
トゲチョウチョウオ(juv.)											
<i>Chaetodon speculum</i> トノサマダイ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon plebeius</i> スミツキトノサマダイ	ST										
<i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon melanotus</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.)											
<i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウオ	TM										1
チョウチョウオ(juv.)											
<i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウチョウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										

- 182 -

	Amblyeleotris wheeleri	クビアカハゼ	ST							
	Parioglossus dotui	サツキハゼ	ST							
Gunnellichthyidae	オオメワラスボ科									
	Ptereleotrinae	クロユリハゼ亜科								
	Ptereleotris hanae	ハナハゼ	TM-ST							
		ハナハゼ(juv.)								
	Ptereleotris evides	クロユリハゼ	ST							
		クロユリハゼ(juv.)								
	Ptereleotris microlepis	イトマンクロユリハゼ	ST							
		イトマンクロユリハゼ(juv.)								
Siganidae	アイゴ科									
	Siganus spinus	アミアイゴ(juv.)	ST							
Zanclidae	ツノダシ科									
	Zanclus cornutus	ツノダシ	ST							
Acanthuridae	ニザダイ科									
	Prionurus scalprum	ニザダイ	TM				1			
		ニザダイ(juv.)						1	2	
	Zebрасoma veliferum	ヒレナガハギ(juv.)	ST							
	Ctenochaetus striatus	サザナミハギ(juv.)	ST							
	Acanthurus nigrofusus	ナガニザ	ST							
		ナガニザ(juv.)								
	Acanthurus lineatus	ニジハギ(juv.)	ST				1			
	Acanthurus olivaceus	モンツキハギ(juv.)	ST							
	Acanthurus dussumieri	ニセカンランハギ	ST							
		ニセカンランハギ(juv.)								
	Acanthurus xanthopterus	クロハギ	ST							
		クロハギ(juv.)							2	
Paralichthyidae	ヒラメ科									
	Paralichthys olivaceus	ヒラメ	TM							
		ヒラメ(juv.)								
Bothidae	ダルマガレイ科									
	Bothus pantherinus	トゲダルマガレイ(juv.)	ST							
Balistidae	モンガラカワハギ科									
	Sufflamen chrysopterus	ツムジロモンガラ	ST							
Monacanthidae	カウハギ科									
	Cantherhines fronticinctus	メガネウマヅラハギ	ST							
	Paramonacanthus japonicus	ヨソギ(juv.)	ST							
Ostraciidae	ハコフグ科									
	Lactoria diaphana	ウミスズメ	ST							
	Lactoria fornasini	シマウミスズメ	ST							
	Ostracion immaculatus	ハコフグ	TM							1
		ハコフグ(juv.)								
Tetraodontidae	フグ科									
	Canthigaster rivulata	キタマクラ	ST							
Diodontidae	ハリセンボン科									
	Diodon holocanthus	ハリセンボン	ST					1		
	Chilomycterus reticulatus	イシガキフグ	ST							

表3-3. 2004年11月に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個体数

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)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
Gymnuridae ウツボ科											
<i>Gymnothorax kidako</i> ウツボ	TM										
Clupeidae ニシン科											
<i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
Synodontidae エソ科											
<i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
<i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<i>Synodus ulae</i> アカエソ(juv.)	ST										
Pegasidae ウミテング科											
<i>Eurypegus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
Fistulariidae ヤガラ科											
<i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ	ST										
アオヤガラ(juv.)											
Scorpaenidae フサカサゴ科											
<i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
<i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<i>Sebastiscus marmoratus</i> カサゴ	TM										
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i> オニカサゴ	ST										
Serranidae ハタ科											
<i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
<i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
<i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
Apogonidae テンジクダイ科											
<i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM	1		2							
オオスジイシモチ(juv.)											
<i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM	8									2
<i>Apogon</i> sp. キンセンイシモチ*(ドットタイプ)	ST										
<i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon exstigma</i> ユカタイシモチ	ST										
ユカタイシモチ(juv.)											
<i>Rhabdamia gracilis</i> スカシテンジクダイ	ST										
スカシテンジクダイ(juv.)											
Carangidae アジ科											
<i>Caranx sexfasciatus</i> ギンガメアジ	ST										
ギンガメアジ(juv.)											
Lutjanidae フェダイ科											
<i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST										
<i>Lutjanus rivulatus</i> クロホシフェダイ	ST										
クロホシフェダイ(juv.)											
Sparidae タイ科											
<i>Acanthopagrus schlegelii</i> クロダイ	TM										
<i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
Mullidae ヒメジ科											
<i>Parupeneus barberinus</i> オオスジヒメジ(juv.)	ST										
<i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)											
<i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
コバンヒメジ(juv.)											
<i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										2
オキナヒメジ(juv.)											
<i>Upeneus tragula</i> ヨメヒメジ	ST		1								
ヨメヒメジ(juv.)			1								
Pempheridae ハタンボ科											
<i>Pempheris japonica</i> ツマクロハタンボ(juv.)	TM										
Girellidae メジナ科											
<i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
<i>Girella punctata</i> メジナ	TM	2						2			
メジナ(juv.)											
Kyphosidae イスズミ科											
<i>Kyphosus vaigiensis</i> イスズミ	ST										
Chaetodontidae チョウチョウウオ科											
<i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタテダイ	ST										
<i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウウオ	ST										
トゲチョウチョウウオ(juv.)											
<i>Chaetodon speculum</i> トノサマダイ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon plebeius</i> スミツキトノサマダイ	ST										
<i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウチョウウオ	ST										

[illegible]

<i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST																		
<i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM																		
ダテハゼ(juv.)																			
<i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST																		
<i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST																		
ホシハゼ(juv.)																			
<i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST																		
<i>Amblyeleotris wheeleri</i> クビアカハゼ	ST																		
<i>Parioglossus dotui</i> サツキハゼ	ST																		
Gunnellichthyidae オオメウラスボ科																			
Ptereleotrinae クロユリハゼ亜科																			
<i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST																		
ハナハゼ(juv.)																			
<i>Ptereleotris evides</i> クロユリハゼ	ST																		
クロユリハゼ(juv.)																			
<i>Ptereleotris microlepis</i> イトマンクロユリハゼ	ST																		
イトマンクロユリハゼ(juv.)																			
Siganidae アイゴ科																			
<i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST																		
Zanclidae ツノダシ科																			
<i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST																		
Acanthuridae ニザダイ科																			
<i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM	2						1				2	1					1	
ニザダイ(juv.)																			
<i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST																		
<i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST																		
<i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST																		
ナガニザ(juv.)																			
<i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST																		
<i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST																		
<i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST																	2	
ニセカンランハギ(juv.)																			
<i>Acanthurus xanthopterus</i> クロハギ	ST																		
クロハギ(juv.)																		2	
Paralichthyidae ヒラメ科																			
<i>Paralichthys olivaceus</i> ヒラメ	TM																		
ヒラメ(juv.)																			
Bothidae ダルマガレイ科																			
<i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST																		
Balistidae モンガラカワハギ科																			
<i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST																		
Monacanthidae カワハギ科																			
<i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマヅラハギ	ST																		
<i>Paramonacanthus japonicus</i> ヨソギ(juv.)																			
Ostraciidae ハコフグ科																			
<i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST																		
<i>Lactoria fornasini</i> シマウミスズメ	ST																		
<i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM																		
ハコフグ(juv.)																			
Tetraodontidae フグ科																			
<i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST																		
Diodontidae ハリセンボン科																			
<i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST	1																	
<i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST																		

脚注: 地理的分布は中坊編(2000)に従い、熱帯・亜熱帯型(ST)、温帯型(TM)に分類した。

表3-4. 2004年11月にSt. 4: 竜串海中公園3号大礫の1区から10区で観察された種および個体数

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)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
Gymnuridae ウツボ科											
<i>Gymnothorax kidako</i> ウツボ	TM										
Clupeidae ニシン科											
<i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
Synodontidae エソ科											
<i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
<i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<i>Synodus ulae</i> アカエソ(juv.)	ST										
Pegasidae ウミテング科											
<i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
Fistulariidae ヤガラ科											
<i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ	ST										
アオヤガラ(juv.)											
Scorpaenidae フサカサゴ科											
<i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
<i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<i>Sebastiscus marmoratus</i> カサゴ	TM		1							1	
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i> オニカサゴ	ST										
Serranidae ハタ科											
<i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
<i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
<i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
Apogonidae テンジクダイ科											
<i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM										
オオスジイシモチ(juv.)		1									
<i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM			500							
<i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(ト'ットタイプ)	ST										
<i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon exstigma</i> ユカタイシモチ	ST										
ユカタイシモチ(juv.)											
<i>Rhabdamia gracilis</i> スカシテンジクダイ	ST										
スカシテンジクダイ(juv.)											
Carangidae アジ科											
<i>Caranx sexfasciatus</i> ギンガメアジ	ST										
ギンガメアジ(juv.)											
Lutjanidae フェダイ科											
<i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST								2		
<i>Lutjanus rivulatus</i> クロホシフェダイ	ST										
クロホシフェダイ(juv.)											
Sparidae タイ科											
<i>Acanthopagrus schlegelii</i> クロダイ	TM										
<i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
Mullidae ヒメジ科											
<i>Parupeneus barberinus</i> オオスジヒメジ(juv.)	ST								1		
<i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)											
<i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST										
コバンヒメジ(juv.)		2									1
<i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)											
<i>Upeneus tragula</i> ヨメヒメジ	ST										
ヨメヒメジ(juv.)											
Pempheridae ハタンボ科											
<i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
Girellidae メジナ科											
<i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
<i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)					8	1					
Kyphosidae イスズミ科											
<i>Kyphosus vaigiensis</i> イスズミ	ST				3						
Chaetodontidae チョウチョウウオ科											
<i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタテダイ	ST										
<i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウウオ	ST										
トゲチョウチョウウオ(juv.)											
<i>Chaetodon speculum</i> トノサマダイ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon plebeius</i> スミツキトノサマダイ	ST										
<i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<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.)										
Chaetodon rafflesi アミチョウチョウウオ(juv.)	ST									
Chaetodon auripes チョウチョウウオ	TM		1	2	2	3				2
チョウチョウウオ(juv.)										
Chaetodon kleinii ミソレチョウチョウウオ(juv.)	ST									
Chaetodon nippon シラコダイ	ST									
Pomacentridae スズメダイ科										
Amphiprion clarkii クマノミ	ST									
クマノミ(juv.)										
Chromis notata notata スズメダイ	TM									
Chromis margaritifer シコクスズメダイ(juv.)	ST									
Dascyllus trimaculatus ミツボシクロスズメダイ	ST									
ミツボシクロスズメダイ(juv.)										
Dascyllus reticulatus フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST									
Abudefduf sexfasciatus ロクセンズズメダイ	ST									
Abudefduf vaigiensis オヤビツチャ	ST			1	2					
オヤビツチャ(juv.)					15		1			
Pomacentrus coelestis ソラスズメダイ	TM	6	2	3	50	46	20	26	20	
ソラスズメダイ(juv.)								13		3
Pomacentrus nagasakiensis ナガサキスズメダイ	TM							2		1
ナガサキスズメダイ(juv.)					4		2	2		
Stegastes altus セダカスズメダイ	TM				1	1				
Chromis ovatifformes マルスズメダイ	ST									
Cirrhitidae ゴンベ科										
Cirrhitichthys aureus オキゴンベ	ST									
Cheilodactylidae タカノハダイ科										
Goniistius zonatus タカノハダイ	TM			1		1				
タカノハダイ(juv.)										
Labridae ベラ科										
Anampses caeruleopunctatus ブチススキベラ	ST				1					
Gomphosus varius クギベラ	ST									
クギベラ(juv.)										
Labroides dimidiatus ホンソメワケベラ	ST			1						2
ホンソメワケベラ(juv.)										
Labrichthys unilineatus クロベラ(juv.)	ST									
Pseudolabrus eoethinus アカササノハベラ	TM	2	2		1		2	2		2
アカササノハベラ(juv.)								2		
Pseudolabrus rubiginosus ホシササノハベラ	TM									
Suezichthys gracilis イトベラ	TM									
Stethojulis interrupta terina カミナリベラ	ST	2	2		4	1			3	1
カミナリベラ(juv.)				1	2	1		5		
Macropharyngoden negrosensis セジロノドグロベラ(juv.)	ST				1					
Thalassoma hardwickii セナスジベラ	ST									
セナスジベラ(juv.)										
Coris dorsomacula スジベラ	ST									
Thalassoma cupido ニシキベラ	TM				4		2			
ニシキベラ(juv.)				1						
Thalassoma lunare オトメベラ	ST									
オトメベラ(juv.)							2			
Thalassoma lutescens ヤマブキベラ	ST						1			
ヤマブキベラ(juv.)							1			
Halichoeres poecilopterus キュウセン	TM									
Halichoeres tenuispinnis ホンベラ	TM							1		
ホンベラ(juv.)								1		
Halichoeres melanochir ムナテンベラ	ST									
Cirrhilabrus temminckii イトヒキベラ	ST									
イトヒキベラ(juv.)										
Epibulus insidiator ギチベラ(juv.)	ST									
Xyrichtys dea テンス(juv.)	TM									
Scaridae ブダイ科										
Calotomus japonicus ブダイ	TM									
ブダイ(juv.)										
Scarus sordidus ハゲブダイ(juv.)	ST									
Scarus gibbus ナンヨウブダイ(juv.)	ST									
Scarus ovifrons アオブダイ(juv.)	ST									
Scarus ghobban ヒブダイ	ST				2					
Pinguipedidae トラギス科										
Parapercis snyderi コウライトラギス	TM									
コウライトラギス(juv.)										
Trichonotidae ベラギンボ科										
Trichonotus setigerus ベラギンボ	ST									
Slenniaiae イソギンボ科										
Petroscirtes breviceps ニジギンボ	ST	1							1	
ニジギンボ(juv.)										
Meiacanthus kamoharai カモハラギンボ	TM									
Plagiotremus tapeinosoma テンクロスジギンボ	ST									
Gobiidae ハゼ科										

<i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM									
<i>Gnatholepis scapulostigma</i> カタボシオオモンハゼ(juv.)	ST									
<i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM	1						1	2	
ホシカザリハゼ(juv.)										
<i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM									
クツワハゼ(juv.)										
<i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST									
<i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM									1
ダテハゼ(juv.)										
<i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST									
<i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST									
ホシハゼ(juv.)										
<i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST									
<i>Amblyeleotris wheeleri</i> クビアカハゼ	ST									
<i>Parioglossus dotui</i> サツキハゼ	ST									
Gunnellichthyidae オオメワラスボ科										
Ptereleotrinae クロユリハゼ亜科										
<i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST									
ハナハゼ(juv.)										
<i>Ptereleotris evides</i> クロユリハゼ	ST									
クロユリハゼ(juv.)										
<i>Ptereleotris microlepis</i> イトマンクロユリハゼ	ST									
イトマンクロユリハゼ(juv.)								17		
Siganidae アイゴ科										
<i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST									
Zanclidae ツノダシ科										
<i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST									
Acanthuridae ニザダイ科										
<i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM							1		
ニザダイ(juv.)			2							
<i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST									
<i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST									
<i>Acanthurus nigrofusus</i> ナガニザ	ST						1			
ナガニザ(juv.)										
<i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST									
<i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST									
<i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST									
ニセカンランハギ(juv.)										
<i>Acanthurus xanopterus</i> クロハギ	ST									
クロハギ(juv.)										
Paralichthyidae ヒラメ科										
<i>Paralichthys olivaceus</i> ヒラメ	TM									
ヒラメ(juv.)			1							
Bothidae ダルマガレイ科										
<i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST									
Balistidae モンガラカワハギ科										
<i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST									
Monacanthidae カワハギ科										
<i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマツラハギ	ST									
<i>Paramonacanthus japonicus</i> ヨソギ(juv.)	ST									
Ostraciidae ハコフグ科										
<i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST									
<i>Lactoria fornasini</i> シマウミスズメ	ST		1							
<i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM						3			
ハコフグ(juv.)										
Tetraodontidae フグ科										
<i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST									
Diodontidae ハリセンボン科										
<i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST									
<i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST	1								

脚注: 地理的分布は中坊編(2000)に従い、熱帯・亜熱帯型(ST)、温帯型(TM)に分類した。

表3-5. 2004年11月にSt. 5: 見残海中公園4号の1区から10区で観察された種および個体数
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)	1区	2区	3区	4区	5区	6区	7区	8区	9区	10区
Gymnuridae ウツボ科											
<i>Gymnothorax kidako</i> ウツボ	TM										1
Clupeidae ニシン科											
<i>Spratelloides gracilis</i> キビナゴ	ST										
Synodontidae エソ科											
<i>Trachinocephalus myops</i> オキエソ	ST										
<i>Synodus englemani</i> ヒトスジエソ(juv.)	ST										
<i>Synodus ulae</i> アカエソ(juv.)	ST			1							
Pegasidae ウミテング科											
<i>Eurypegasus draconis</i> ウミテング	TM-ST										
Fistulariidae ヤガラ科											
<i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ	ST		1								
アオヤガラ(juv.)											
Scorpaenidae フサカサゴ科											
<i>Dendrochirus zebra</i> キリンミノ	ST										
<i>Pterois volitans</i> ハナミノカサゴ	ST										
<i>Sebastiscus marmoratus</i> カサゴ	TM										
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i> オニカサゴ	ST										
Serranidae ハタ科											
<i>Pseudanthias squamipinnis</i> キンギョハナダイ	ST										
<i>Plectropomus leopardus</i> スジアラ(juv.)	ST										
<i>Cephalopholis miniata</i> ユカタハタ	ST										
Apogonidae テンジクダイ科											
<i>Cheilodipterus artus</i> スダレヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Cheilodipterus macrodon</i> リュウキュウヤライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM								1		
オオスジイシモチ(juv.)											8
<i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM										
<i>Apogon sp.</i> キンセンイシモチ*(トットタイ?)	ST										
<i>Apogon quadrifasciatus</i> フウライイシモチ(juv.)	ST										
<i>Apogon exstigma</i> ユカタイシモチ	ST										
ユカタイシモチ(juv.)											
<i>Rhabdamia gracilis</i> スカシテンジクダイ	ST										
スカシテンジクダイ(juv.)											
Carangidae アジ科											
<i>Caranx sexfasciatus</i> ギンガメアジ	ST										
ギンガメアジ(juv.)											
Lutjanidae フェダイ科											
<i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST										
<i>Lutjanus rivulatus</i> クロホシフェダイ	ST										
クロホシフェダイ(juv.)											
Sparidae タイ科											
<i>Acanthopagrus schlegeli</i> クロダイ	TM										
<i>Pagrus major</i> マダイ	TM										
Mullidae ヒメジ科											
<i>Parupeneus barberinus</i> オオスジヒメジ(juv.)	ST										
<i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン	ST										
オジサン(juv.)											
<i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST									1	
コバンヒメジ(juv.)											
<i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ	ST										
オキナヒメジ(juv.)										1	
<i>Upeneus tragula</i> ヨメヒメジ	ST										
ヨメヒメジ(juv.)											
Pempheridae ハタンボ科											
<i>Pempheris japonica</i> ツマグロハタンボ(juv.)	TM										
Girellidae メジナ科											
<i>Girella melanichthys</i> クロメジナ(juv.)	TM										
<i>Girella punctata</i> メジナ	TM										
メジナ(juv.)											
Kyphosidae イスズミ科											
<i>Kyphosus vaigiensis</i> イスズミ	ST										
Chaetodontidae チョウチンウオ科											
<i>Heniochus chrysostomus</i> ミナミハタテダイ	ST										
<i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウウオ	ST										
トゲチョウチョウウオ(juv.)			3	2		2				2	
<i>Chaetodon speculum</i> トノサマダイ(juv.)	ST						1			1	
<i>Chaetodon plebeius</i> スミツキトノサマダイ	ST										
<i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウウオ(juv.)	ST	1	2	2	3						
<i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウウオ(juv.)	ST				1	3	3	4	3		
<i>Chaetodon lineolatus</i> ニセフウライチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<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.)				3			2				
<i>Chaetodon rafflesi</i> アミチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	ST			3			1	1			
チョウチョウウオ(juv.)							1				
<i>Chaetodon kleinii</i> ミゾレチョウチョウウオ(juv.)	ST										
<i>Chaetodon nippon</i> シラコダイ	ST										
Pomacentridae スズメダイ科											
<i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST								2		2
クマノミ(juv.)											
<i>Chromis notata notata</i> スズメダイ	TM										
<i>Chromis margaritifer</i> シコクスズメダイ(juv.)	ST										
<i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST								1		
ミツボシクロスズメダイ(juv.)											1
<i>Dascyllus reticulatus</i> フタスジリュウキュウスズメダイ(juv.)	ST										
<i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセンスズメダイ	ST							2			
<i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST							2			
オヤビッチャ(juv.)											
<i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	10	40	20			70	120		13	
ソラスズメダイ(juv.)											
<i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM	1	15	7	8	1	4	8	8		5
ナガサキスズメダイ(juv.)			1					7		1	5
<i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM										
<i>Chromis ovatiformes</i> マルスズメダイ	ST										
Cirrhitidae ゴンベ科											
<i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST										
Cheilodactylidae タカノハダイ科											
<i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM										
タカノハダイ(juv.)			1								
Labridae ベラ科											
<i>Anampses caeruleopunctatus</i> ブチススキベラ	ST										
<i>Gomphosus varius</i> クギベラ	ST								2		
クギベラ(juv.)				1	1	1	3	3			
<i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST							1			
ホンソメワケベラ(juv.)											
<i>Labrichthys unilineatus</i> クロベラ(juv.)	ST										
<i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM		3					1	1		1
アカササノハベラ(juv.)				1		1	1		1		
<i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホンササノハベラ	TM										
<i>Suezichthys gracilis</i> イトベラ	TM										
<i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST	1						2			
カミナリベラ(juv.)				3	1				10	3	
<i>Macropharyngodon negrosensis</i> セジロノドグロベラ(juv.)	ST										
<i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST						3	1			
セナスジベラ(juv.)						3	2				
<i>Coris dorsomacula</i> スジベラ	ST			1							
<i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM			2				1			
ニシキベラ(juv.)				3	1		5	3			
<i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST										
オトメベラ(juv.)								1			
<i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST							1			
ヤマブキベラ(juv.)											
<i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM										
<i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM					1		1			
ホンベラ(juv.)											
<i>Halichoeres melanochir</i> ムナテンベラ	ST										
<i>Cirrhilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST										2
イトヒキベラ(juv.)								1			
<i>Epibulus insidiator</i> ギチベラ(juv.)	ST										
<i>Xyrichtys dea</i> テンス(juv.)	TM										
Scaridae ブダイ科											
<i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM										
ブダイ(juv.)											
<i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST										
<i>Scarus gibbus</i> ナンヨウブダイ(juv.)	ST										
<i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST					1		1	1		
<i>Scarus ghobban</i> ヒブダイ	ST										
Pinguipedidae トラギス科											
<i>Parapercis snyderi</i> コウライトラギス	TM										
コウライトラギス(juv.)											
Trichonotidae ベラギンボ科											
<i>Trichonotus setigerus</i> ベラギンボ	ST										
Slenniaae イソギンボ科											
<i>Petroscirtes breviceps</i> ニジギンボ	ST										
ニジギンボ(juv.)											
<i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンボ	TM							1			
<i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST							1	1		
Gobiidae ハゼ科											

<i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM									
<i>Gnatholepis scapulo stigma</i> カタボシオオモンハゼ(juv.)	ST					1				
<i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM	2							2	
ホシカザリハゼ(juv.)				2	3	3				
<i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM									
クツワハゼ(juv.)										
<i>Amblyeleotris diagonalis</i> ハチマキダテハゼ	ST									
<i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM	1	1							4
ダテハゼ(juv.)										2
<i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST	1						1		
<i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST	1		1				2	6	
ホシハゼ(juv.)			1		1	10		3		
<i>Amblygobius nocturnus</i> ホホベニサラサハゼ	ST									
<i>Amblyeleotris wheeleri</i> クビアカハゼ	ST									
<i>Parioglossus dotui</i> サツキハゼ	ST									
Gunnellichthyidae オオメワラスボ科										
Ptereleotrinae クロユリハゼ亜科										
<i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ	TM-ST									
ハナハゼ(juv.)										
<i>Ptereleotris evides</i> クロユリハゼ	ST									
クロユリハゼ(juv.)										
<i>Ptereleotris microlepis</i> イトマンクロユリハゼ	ST									
イトマンクロユリハゼ(juv.)									6	
Siganidae アイゴ科										
<i>Siganus spinus</i> アミアイゴ(juv.)	ST									
Zanclidae ツノダシ科										
<i>Zanclus cornutus</i> ツノダシ	ST									
Acanthuridae ニザダイ科										
<i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM									
ニザダイ(juv.)								1		
<i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST									
<i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST			2			3			
<i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST									
ナガニザ(juv.)				3	1	2	3	2		
<i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST									
<i>Acanthurus olivaceus</i> モンツキハギ(juv.)	ST									
<i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST									
ニセカンランハギ(juv.)								3		
<i>Acanthurus xanopterus</i> クロハギ	ST									
クロハギ(juv.)							1			
Paralichthyidae ヒラメ科										
<i>Paralichthys olivaceus</i> ヒラメ	TM									
ヒラメ(juv.)										
Bothidae ダルマガレイ科										
<i>Bothus pantherinus</i> トゲダルマガレイ(juv.)	ST									
Balistidae モンガラカワハギ科										
<i>Sufflamen chrysopterus</i> ツマジロモンガラ	ST									
Monacanthidae カワハギ科										
<i>Cantherhines fronticinctus</i> メガネウマツラハギ	ST									
<i>Paramonacanthus japonicus</i> ヨソギ(juv.)										
Ostraciidae ハコフグ科										
<i>Lactoria diaphana</i> ウミスズメ	ST									
<i>Lactoria fornasini</i> シマウミスズメ	ST									
<i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM									
ハコフグ(juv.)										
Tetraodontidae フグ科										
<i>Canthigaster rivulata</i> キタマクラ	ST									
Diodontidae ハリセンボン科										
<i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST						1			
<i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST									

脚注：地理的分布は中坊編（2000）に従い、熱帯・亜熱帯型（ST）、温帯型（TM）に分類した。

表3-6. 2004年11月に竜串地区の5調査地点において観察された種および総体的個体数

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
Gymnuridae ウツボ科						
<i>Gymnothorax kidako</i> ウツボ	TM					IT
Synodontidae エソ科						
<i>Synodus ulae</i> アカエソ(juv.)	ST					IT
Fistulariidae ヤガラ科						
<i>Fistularia commersonii</i> アオヤガラ	ST					IT
Scorpaenidae フサカサゴ科						
<i>Sebastiscus marmoratus</i> カサゴ	TM				r	
<i>Scorpaenopsis cirrhosa</i> オニカサゴ	ST		IT			
Apogonidae テンジクダイ科						
<i>Apogon doederleini</i> オオスジイシモチ	TM	r	r	r		IT
オオスジイシモチ(juv.)			r		IT	r
<i>Apogon notatus</i> クロホシイシモチ	TM		r	r	CC	
<i>Apogon exstigma</i> ユカタイシモチ	ST		r			
<i>Rhabdamia gracilis</i> スカシテンジクダイ	ST					
スカシテンジクダイ(juv.)			IT			
Carangidae アジ科						
<i>Caranx sexfasciatus</i> ギンガメアジ	ST		c			
Lutjanidae フェダイ科						
<i>Lutjanus gibbus</i> ヒメフェダイ(juv.)	ST				r	
<i>Lutjanus rivulatus</i> クロホシフェダイ(juv.)	ST		IT			
Mullidae ヒメジ科						
<i>Parupeneus barberinus</i> オオスジヒメジ(juv.)	ST				IT	
<i>Parupeneus multifasciatus</i> オジサン(juv.)	ST	IT	IT			
<i>Parupeneus indicus</i> コバンヒメジ	ST					IT
コバンヒメジ(juv.)		r		r	r	
<i>Parupeneus spilurus</i> オキナヒメジ(juv.)	ST	IT		IT		IT
<i>Upeneus tragula</i> ヨメヒメジ	ST			IT		
ヨメヒメジ(juv.)		IT				
Girellidae メジナ科						
<i>Girella punctata</i> メジナ	TM			r	r	
Kyphosidae イスズミ科						
<i>Kyphosus vaigiensis</i> イスズミ	ST				r	
Chaetodontidae チョウチョウウオ科						
<i>Chaetodon auriga</i> トゲチョウチョウウオ	ST					r
トゲチョウチョウウオ(juv.)						r
<i>Chaetodon speculum</i> トノサマダイ(juv.)	ST					IT
<i>Chaetodon plebeius</i> スミツキトノサマダイ	ST	IT				
<i>Chaetodon vagabundus</i> フウライチョウチョウウオ(juv.)	ST					r
<i>Chaetodon trifasciatus</i> ミスジチョウチョウウオ(juv.)	ST					c
<i>Chaetodon melannotus</i> アケボノチョウチョウウオ	ST					r
<i>Chaetodon auripes</i> チョウチョウウオ	ST	c	IT	r	r	r
チョウチョウウオ(juv.)		r		IT		IT
Pomacentridae スズメダイ科						
<i>Amphiprion clarkii</i> クマノミ	ST	r		r		r
クマノミ(juv.)		r				
<i>Dascyllus trimaculatus</i> ミツボシクロスズメダイ	ST					IT
ミツボシクロスズメダイ(juv.)						IT
<i>Abudefduf sexfasciatus</i> ロクセンズメダイ	ST					r
<i>Abudefduf vaigiensis</i> オヤビッチャ	ST				r	r
オヤビッチャ(juv.)					c	
<i>Pomacentrus coelestis</i> ソラスズメダイ	TM	c	r	c	CC	CC
ソラスズメダイ(juv.)		r	IT	c	c	r
<i>Pomacentrus nagasakiensis</i> ナガサキスズメダイ	TM	c		c	r	c
ナガサキスズメダイ(juv.)		IT			r	
<i>Stegastes altus</i> セダカスズメダイ	TM		IT	IT	r	
<i>Chromis ovatifrons</i> マルスズメダイ	ST		IT			
Cirrhitidae ゴンベ科						
<i>Cirrhitichthys aureus</i> オキゴンベ	ST			r		
Cheilodactylidae タカノハダイ科						
<i>Goniistius zonatus</i> タカノハダイ	TM	r	IT	r	r	
タカノハダイ(juv.)						IT
Labridae ベラ科						
<i>Anampses caeruleopunctatus</i> ブチススキベラ	ST				IT	
<i>Gomphosus varius</i> クギベラ	ST					r
クギベラ(juv.)						r
<i>Labroides dimidiatus</i> ホンソメワケベラ	ST	r	IT	IT	r	
ホンソメワケベラ(juv.)						IT
<i>Pseudolabrus eoethinus</i> アカササノハベラ	TM	c	r	c	c	r
アカササノハベラ(juv.)		IT			r	r
<i>Pseudolabrus rubiginosus</i> ホシササノハベラ	TM			r		
<i>Stethojulis interrupta terina</i> カミナリベラ	ST	r		r	c	r
カミナリベラ(juv.)		r	IT	r	r	c

表3-6. 2004年11月に竜串地区の5調査地点において観察された種および総体的個体数 その2

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
<i>Macropharyngodon negrosensis</i> セジロノドグロベラ(juv.)	ST				rr	
<i>Thalassoma hardwickii</i> セナスジベラ	ST					r
セナスジベラ(juv.)						r
<i>Coris dorsomacula</i> スジベラ	ST	rr				rr
<i>Thalassoma cupido</i> ニシキベラ	TM	r	r	rr	r	r
ニシキベラ(juv.)					rr	c
<i>Thalassoma lunare</i> オトメベラ	ST				rr	c
オトメベラ(juv.)		r		r		
<i>Thalassoma lutescens</i> ヤマブキベラ	ST	r		rr	rr	rr
ヤマブキベラ(juv.)					rr	
<i>Halichoeres poecilopterus</i> キュウセン	TM	r	r	rr		
<i>Halichoeres tenuispinnis</i> ホンベラ	TM	r	c	r	rr	r
ホンベラ(juv.)			r	rr	rr	
<i>Cirrhitilabrus temminckii</i> イトヒキベラ	ST					r
イトヒキベラ(juv.)						rr
Scaridae ブダイ科						
<i>Calotomus japonicus</i> ブダイ	TM					
<i>Scarus sordidus</i> ハゲブダイ(juv.)	ST					
<i>Scarus ovifrons</i> アオブダイ(juv.)	ST					r
<i>Scarus ghobban</i> ヒブダイ	ST				r	
Trichonotidae ベラギンボ科						
<i>Trichonotus setigerus</i> ベラギンボ	ST		r			
Slenniiidae イソギンボ科						
<i>Petroscirtus breviceps</i> ニジギンボ	ST	r	rr		r	
ニジギンボ(juv.)						
<i>Meiacanthus kamoharai</i> カモハラギンボ	TM					rr
<i>Plagiotremus tapeinosoma</i> テンクロスジギンボ	ST	r	rr			r
Gobiidae ハゼ科						
<i>Sagamia geneionema</i> サビハゼ	TM		r			
<i>Gnatholepis scapulostigma</i> カタボシオオモンハゼ(juv.)	ST					rr
<i>Istigobius decoratus</i> ホシカザリハゼ	TM		r	r	rr	r
ホシカザリハゼ(juv.)			rr		rr	r
<i>Istigobius campbelli</i> クツワハゼ	TM	r	r	rr	r	
クツワハゼ(juv.)			rr	rr		
<i>Amblyeleotris japonica</i> ダテハゼ	TM	r			rr	r
ダテハゼ(juv.)						r
<i>Amblygobius phalaena</i> サラサハゼ	ST					r
<i>Asterropteryx semipunctata</i> ホシハゼ	ST					r
ホシハゼ(juv.)						c
<i>Amblyeleotris wheeleri</i> クビアカハゼ	ST	rr				
<i>Parioglossus dotui</i> サツキハゼ	ST	rr				
Gunnellichthyidae オオメワラスボ科						
Ptereleotrinae クロユリハゼ亜科						
<i>Ptereleotris hanae</i> ハナハゼ(juv.)	ST-TM	r				
<i>Ptereleotris evides</i> クロユリハゼ(juv.)	ST	r				
<i>Ptereleotris microlepis</i> イトマンクロユリハゼ(juv.)	ST				c	r
Acanthuridae ニザダイ科						
<i>Prionurus scalprum</i> ニザダイ	TM		rr	r	rr	
ニザダイ(juv.)		rr	r		r	rr
<i>Zebrasoma veliferum</i> ヒレナガハギ(juv.)	ST					
<i>Ctenochaetus striatus</i> サザナミハギ(juv.)	ST					r
<i>Acanthurus nigrofuscus</i> ナガニザ	ST				rr	c
ナガニザ(juv.)						
<i>Acanthurus lineatus</i> ニジハギ(juv.)	ST		rr			
<i>Acanthurus dussumieri</i> ニセカンランハギ	ST			r		
ニセカンランハギ(juv.)		r				r
<i>Acanthurus xanthopterus</i> クロハギ(juv.)	ST		r	r		rr
Paralichthyidae ヒラメ科						
<i>Paralichthys olivaceus</i> ヒラメ(juv.)	TM				rr	
Balistidae モンガラカワハギ科						
<i>Sufflamen chrysotus</i> ツマジロモンガラ	ST	rr				
Monacanthidae カワハギ科						
<i>Paramonacanthus japonicus</i> ヨソギ(juv.)	ST	rr				
Ostraciidae ハコフグ科						
<i>Lactoria fornasini</i> シマウミスズメ	ST	rr			rr	
<i>Ostracion immaculatus</i> ハコフグ	TM	rr	rr		r	
Diodontidae ハリセンボン科						
<i>Diodon holocanthus</i> ハリセンボン	ST		rr	rr		rr
<i>Chilomycterus reticulatus</i> イシガキフグ	ST	rr			rr	

脚注：地理的分布は中坊編(2000)に従い、熱帯・亜熱帯型(ST)、温帯型(TM)に分類した。

cc, ≥ 50 ; c, $50 > x \geq 11$; r, $10 \leq x \leq 2$; rr=1.



起点付近 ウニが多数生息



台風により損傷したイソバナ



ミドリイシ類



ハナガササンゴ



カタトサカ属の一種



イソギンチャクとクマノミ



砂泥地



岩盤に付着したミドリイシ類

写真3-1. St.1 弁天島西側の双子礫 (平成16年11月8日撮影)



起点付近 バラウネタケ



ヒバリガイモドキが多数付着



ウニと海藻



卓状ミドリイシ類



砂泥地に生息するニセクロナマコ



ハナガササンゴ



砂泥地



終点 砂泥地

写真 3-2. St.2 桜浜沖の桜中礮 (平成 16 年 11 月 16 日撮影)



起点付近 岩と砂地



砂地（泥の堆積はない）



ツマジロナガウニや被覆性のサンゴ類



あまり付着物が見られない岩と砂地



泥の堆積が見られない砂地



少し泥をかぶった転石



カタトサカ属の一種



付着動物があまり見られない転石帯

写真3-3. St.3 竜串海中公園2号（平成16年11月29日撮影）



起点付近 砂泥地



岩場に生息するイセエビ



ソフトコーラル類



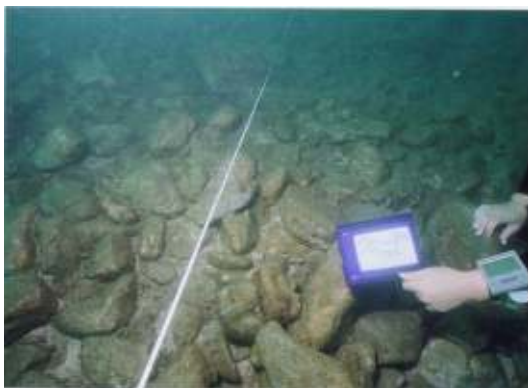
ウニや付着生物が多い岩



岩陰に集まるクロホシイシモチ



ミドリイシ類



少し泥をかぶった転石帯

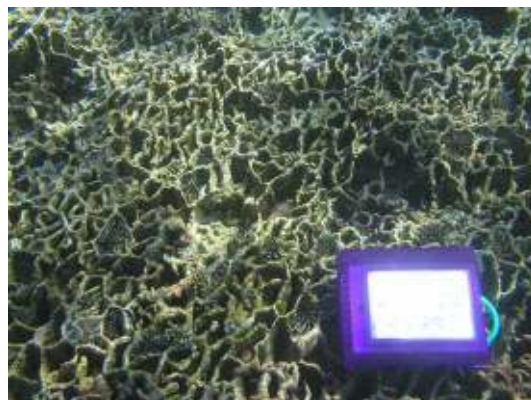


成長中のイシサンゴ類

写真3-4. St.4 竜串海中公園3号大礫 (平成16年11月29日撮影)



ひっくり返ったシコロサンゴ



死んだシコロサンゴ上で成長するミドリイシ



シコロサンゴ



シコロサンゴとイバラカンザシ



シコロサンゴの群生地



転石と泥地に集まるマガキガイ



少し泥をかぶった転石帯



砂泥地

写真 3-5. St.5 見残し海中公園 4 号 (平成 16 年 11 月 30 日撮影)

Ⅲ まとめ

平成 16 年度は、1. サンゴ群集の現況と動態の把握、2. 竜串湾の水質及び底質環境に関する追加調査、3. 海域環境モニタリング調査の大きく 3 つの項目に分けて調査を行った。

1. サンゴ群集の現況と動態

1-A. 爪白地先のサンゴ群集

平成 15 年度調査で爪白地先に存在することが明らかになった高被度なサンゴ群集について詳細な調査を行ったところ、この群集は浅い岩盤上ではクシハダミドリイシが優占する中～高被度の卓状・枝状のミドリイシ群集、6m より深いところではキクメイシ科多種を中心とした低～高被度の塊状・被覆状のサンゴ群集、海底地形が複雑で水深変化の大きいところでは、ミドリイシ科とキクメイシ科の混成群集が形成されていることがわかった。出現したサンゴは 13 科 33 属 81 種で、非サンゴ礁海域のサンゴ群集としては非常に多様性が高い群集であることがわかった。

この群集は弁天島西岸にあった群集が近年になって西方に拡大し、2001 年 9 月の水害にも大きな被害を受けることなく存続したもので、現状では竜串湾内で最も生育状態の良いやや内湾性の健全な群集であり、竜串湾のサンゴ群集再生を支える幼生の供給源になり得る貴重な群集である。

1-B. 高知県西南部豪雨後のサンゴ相の変化

弁天島より西側と竜串湾口東側では大きな変化はないが、海域で泥土の堆積が著しかった弁天島東岸と大湊南ではサンゴが大きく減少した。湾最奥の桜浜と三崎川河口は元々サンゴの少ない地点で、大きな変化は見られない。海中公園 2 号地の竜串メクスレでは被度が増加しており、加入によってサンゴが増加している可能性が高いことがわかった。

1-C. サンゴの成長段階に応じた生育状況

竜串湾内ではおそらく爪白地先の群集を中心とする既存のサンゴ群集から幼生の供給があり、稚サンゴが育っているものの、その量の多寡については未だはっきりしないので、調査を継続する必要がある。水害による泥土の堆積が多かった大湊において成長が阻害されたり斃死したりする群体が多く、竜串でも成長が阻害されている可能性が示唆された。

2. 竜串湾の水質及び底質環境

2-A. 長期的な海域環境の変化

高知県公共用水域の水質測定結果、足摺海底館（海中展望塔）の観測結果の最新の資料を追加収集したが、昨年度調査報告書でまとめた傾向に変化はない。pH と DO はほぼ横ばい、COD は増加傾向を示し、大腸菌群数は 1980～90 年代のような高い値を示すことはなく、低めの値で推移し、水害以降低した水中透視度は、3 年半が経過し、弁天島東の海域では泥土の堆積量が減少しているにもかかわらず、依然として改善していない。水温は今年度台風が多かったためか若干低めに推移した。

空中写真からは、19687～68 年ころ三崎川の河口に設けられた導流堤により、三崎川から海域に流入する河川水の流路が、湾央にまっすぐ向かう南東向きから、千尋崎西岸沿いの南向きに変わった。昨年度報告した堆積土砂の移動状況によれば、千尋崎西岸には非常に静穏な海域があり、ここに堆積した土砂は容易に移動しないことがわかっている。この静穏な海域に三崎川から濁質を含む河川水が流れ込むようになったことが、長期的にみて海域全体の濁度の増加につながった可能性がある。

その他、港湾工事や国道拡幅工事、観光開発などが行われており、これらの事象を含め、竜串湾で起こった主な出来事を年表にまとめた（p. 99～101）。1960 年代後半から 1970 年代、1980 年代にかけて様々な攪乱が次々と発生しており、これらの攪乱が複合的にサンゴの生育環境を悪化させたものと考えられる。

2－B. 濁水拡散状況・水質調査など

竜串湾の濁りの発生源は、海底に堆積している細かい粒子が波浪によって巻き上がることで、河川から新たに流入する濁水の 2 つがある。

このうち波浪による巻き上げについては、現在サンゴがある岩礁底には泥はほとんど見られないが、濁りは泥のある場所で発生して岩礁底に拡散してくることがわかった。その拡散状況をシミュレーションの手法を用いて検討したところ、弁天島東と大碓南東に濁質が滞留しやすい地域があり、実際に堆積泥の存在が確認されている。また、桜浜前面、竜串港南、湾央部にも濁質が滞留しやすい地域があるが、これらの地域では砂と泥が攪拌されて堆積している。堆積土は徐々に湾央部に移動しているものの、湾外へ流出する結果は得られず、堆積泥について何らかの対策を講じる必要があると考えられる。

また、河川から新たに流入する濁水については、宗呂川からの流入量が非常に大きい、宗呂川から流入した濁水は南下して竜串湾外に出ている可能性が高い。常時の洪水で湾内に大きな影響を与えるのは三崎川であり、雨の規模によっては遠奈呂川も影響があることがわかった。

三崎川から流入する濁水は、流入直後は表層に高濃度の濁りを発生させるが、半日～1 日後には濁りは中～下層に移行する。波浪の影響がなければ高濃度の濁りは 2 日後には収まるが、表層から底層に至る低濃度の濁りが数日間継続する。

この濁りは低濃度であるが、海中に透過する光を減衰させ、特に表層付近の濁りは低濃度であっても光の透過量を大きく減少させることがわかった。

湾内 8 ヶ所で SPSS を周年計測したが、沖縄で健全なミドリイシ群集が見られる限界値である SPSSmax 30kg/m³以下の地点はなかった。桜浜は多くの場合 SPSS が 30kg/m³を下回るが、水温など別の要因でサンゴの生育には向かない可能性がある。その他の地点は全て 30kg/m³を大幅に上回っており、度重なる台風の来襲にもかかわらず、SPSS が減少する傾向は見られなかった。このことは、波浪によって巻き上がった濁質が湾外に出て行かないというシミュレーションの結果を支持している。

3. 海域環境モニタリング調査

3-A. 魚類相調査

3-B. 海藻相調査

昨年度に引き続き、魚類相と海藻相の調査を行った。調査結果は魚類相・海藻相とも昨年度とほぼ同様である。これらの調査は長期間継続して行うことによって環境変化の傾向を読み取るべき性質のものである。今年度は潮間帯の坪刈り調査を実施していないが、この調査は非常に手間のかかる調査なので5年に1回程度行うとして、これらの調査は、サンゴの生育状況調査と共に継続していくことが望まれる。

なお、環境省のモニタリングサイト1000事業などにより、平成15年度より竜串湾内でスポットチェック調査を行っている。その結果を資料6に掲載する。

○ モニタリング調査として平成17年度以降継続すべき調査（海域）

1. サンゴ関係

- ・ 定点サンゴ被度・攪乱要因調査（モニタリングサイト1000によるスポットチェック調査）
- ・ サンゴ群体の生育状況調査（定点写真撮影）
- ・ サンゴの加入状況調査（定着板調査）
- ・ 移植サンゴ生育状況調査

2. 水質・底質関係

- ・ 水質（濁り、栄養塩等）調査
- ・ 竜串湾内のSPSS調査

3. 生物相関係

- ・ 魚類相調査
- ・ 海藻相調査
- ・ 潮間帯坪刈り調査

資料１－１．各調査日における移植サンゴ片の生残と成長状況（大瀬）その１

	2003/7/2	2004/2/18				2004/3/20					2004/4/23						2004/5/26						
群体 番号	投影面積 (cm²)	投影面積 (cm²)	対前回		備考	投影面積 (cm²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm²)	対前回		累計		備考
			増加量 (cm²)	面積比 (%)			増加量 (cm²)	面積比 (%)	増加量 (cm²)	面積比 (%)			増加量 (cm²)	面積比 (%)	増加量 (cm²)	面積比 (%)			増加量 (cm²)	面積比 (%)			
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	101.7	52.1	166.5		132.1	1.6	101.2	53.7	168.6		142.3	10.3	107.8	64.0	181.6	
5	102.6				剥離																		
6	139.7	104.2	-35.6	74.5	部分死						斃死												
7	71.1				斃死																		
8	57.6				斃死																		
9	55.7				斃死																		
10	48.0				斃死																		
11	61.9				剥離																		
12	96.3				剥離																		
13	91.5				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	105.3	67.5	186.2		151.4	5.7	103.9	73.2	193.5		149.3	-2.1	98.6	71.1	190.8	
17	88.0				斃死																		
18	121.4				剥離																		
19	278.7				剥離																		
20	75.5				剥離																		
21	106.1				斃死																		
22	150.9				斃死																		
23	96.1				斃死																		
24	94.9				剥離																		
25	83.5	164.8	81.4	197.4		156.3	-8.5	94.8	72.8	187.2		149.9	-6.4	95.9	66.4	179.5		160.9	11.0	107.4	77.4	192.7	
26	134.4				剥離																		
27	52.3				斃死																		
28	115.3				剥離																		
29	80.8				剥離																		
30	157.0				斃死																		
31	146.6	202.0	55.4	137.8	部分死	188.0	-14.0	93.1	41.4	128.2	部分死	(188.0)	0.0	100.0	41.4	128.2	写真不良	214.7	26.7	114.2	68.1	146.4	
32	38.1				剥離																		
33	158.2	95.5	-62.7	60.4	部分死	30.8	-64.7	32.3	-127.4	19.5	部分死	43.3	12.5	140.4	-114.9	27.4		31.8	-11.5	73.3	-126.5	20.1	部分死進行
34	82.4				剥離																		
35	136.1				斃死																		
36	125.6				剥離																		
37	53.1				剥離																		
38	90.0	183.9	94.0	204.5		154.6	-29.4	84.0	64.6	171.8		176.8	22.3	114.4	86.9	196.6		198.7	21.9	112.4	108.7	220.9	
39	91.4				剥離																		
40	161.7				剥離																		
41	104.6				斃死																		
42	282.4	325.1	42.7	115.1		305.0	-20.1	93.8	22.6	108.0	部分死	288.0	-17.0	94.4	5.6	102.0	部分死進行(シルト堆積)	326.7	38.7	113.4	44.3	115.7	
43	34.4	57.8	23.4	167.9		53.8	-4.0	93.1	19.4	156.3		66.1	12.3	122.9	31.7	192.0		72.5	6.4	109.7	38.1	210.6	
44	29.6	52.9	23.3	178.7		46.9	-6.1	88.6	17.3	158.3		60.8	14.0	129.8	31.2	205.4		55.3	-5.5	90.9	25.7	186.7	
45	108.4				剥離																		
46	114.9	128.6	13.8	112.0		124.4	-4.3	96.7	9.5	108.3	食痕あり	(124.4)	0.0	100.0	9.5	108.3	写真不良	127.3	3.0	102.4	12.4	110.8	
47	17.9				剥離																		
48	268.9				斃死																		
49	48.6	69.8	21.2	143.7		64.3	-5.6	92.0	15.7	132.2		75.1	10.9	116.9	26.6	154.6		74.2	-0.9	98.8	25.7	152.8	
50	83.9	105.3	21.4	125.4		111.4	6.1	105.8	27.5	132.7		104.1	-7.3	93.5	20.2	124.0		120.2	16.1	115.5	36.3	143.2	
51	49.3				斃死																		
52	95.2				斃死																		
53	113.6				剥離																		
54	92.3				剥離																		
55	54.0				剥離																		

資料 1－1．各調査日における移植サンゴ片の生残と成長状況（大礫）その2

群 体 番 号	2004/6/28						2004/7/28						2004/9/20						2004/10/28					
	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考
		増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	
1																								
2																								
3																								
4	167.8	25.5	117.9	89.5	214.2		189.9	22.1	113.2	111.6	242.4		146.5	-43.5	77.1	68.1	186.9	枝折れ	144.8	-1.7	98.8	66.4	184.7	
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16	179.2	29.9	120.0	101.0	229.0		191.8	12.6	107.0	113.6	245.2		194.9	3.0	101.6	116.6	249.0		235.9	41.1	121.1	157.7	301.6	
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25	187.8	26.9	116.7	104.3	224.9		221.8	34.0	118.1	138.3	265.7		103.0	-118.9	46.4	19.5	123.3	枝折れ	107.4	4.4	104.3	23.9	128.6	部分死進行
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31	255.1	40.4	118.8	108.5	174.0		291.3	36.2	114.2	144.7	198.7		248.2	-43.2	85.2	101.5	169.3	枝折れ	265.1	17.0	106.8	118.5	180.8	
32																								
33	41.1	9.3	129.4	-117.1	26.0		28.1	-13.0	68.4	-130.1	17.8	部分死進行						斃死						
34																								
35																								
36																								
37																								
38	241.5	42.8	121.5	151.5	268.4		293.5	52.1	121.6	203.6	326.3		(293.5)	0.0	100.0	203.6	326.3	写真なし	223.2	-70.4	76.0	133.2	248.1	枝折れ9月
39																								
40																								
41																								
42	344.2	17.5	105.4	61.8	121.9		361.7	17.5	105.1	79.3	128.1		210.3	-151.4	58.1	-72.1	74.5	部分死進行	141.8	-68.5	67.4	-140.6	50.2	部分死進行
43	75.1	2.6	103.5	40.7	218.1		79.9	4.8	106.4	45.5	232.1		81.0	1.0	101.3	46.5	235.0		93.8	12.8	115.8	59.3	272.3	
44	67.0	11.7	121.1	37.4	226.1		68.8	1.8	102.7	39.1	232.1		70.8	2.1	103.0	41.2	239.1	腫瘍？	75.8	5.0	107.0	46.2	255.9	
45																								
46	132.4	5.1	104.0	17.5	115.3		136.9	4.6	103.4	22.1	119.2		124.9	-12.1	91.2	10.0	108.7	腫瘍？	138.3	13.4	110.8	23.5	120.4	
47																								
48																								
49	84.0	9.8	113.2	35.4	172.9		90.3	6.3	107.5	41.7	185.8		89.5	-0.8	99.1	40.9	184.2		99.6	10.1	111.3	51.1	205.1	
50	130.3	10.1	108.4	46.4	155.2		139.5	9.2	107.1	55.6	166.2		161.9	22.4	116.1	78.0	192.9	腫瘍？	169.8	7.9	104.9	85.9	202.3	
51																								
52																								
53																								
54																								
55																								

資料 1－1. 各調査日における移植サンゴ片の生残と成長状況（大碗）その 3

群 体 番 号	2004/11/29						2004/12/22						2005/1/27						2005/3/1					
	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考
		増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	
1																								
2																								
3																								
4	169.9	25.2	117.4	91.6	216.9		180.6	10.7	106.3	102.2	230.5		174.7	-5.9	96.8	96.4	223.0		161.7	-13.0	92.5	83.4	206.4	枝折れ
5																								
6																								
7																								
8																								
9																								
10																								
11																								
12																								
13																								
14																								
15																								
16	253.7	17.8	107.5	175.5	324.3		249.5	-4.2	98.3	171.3	318.9		256.4	6.9	102.8	178.2	327.7		257.2	0.8	100.3	179.0	328.8	
17																								
18																								
19																								
20																								
21																								
22																								
23																								
24																								
25	98.4	-9.0	91.7	14.9	117.8	部分死進行	108.5	10.1	110.3	25.0	130.0		92.1	-16.4	84.9	8.7	110.4	部分死進行						斃死
26																								
27																								
28																								
29																								
30																								
31	306.9	41.8	115.8	160.3	209.3		309.6	2.7	100.9	163.0	211.2		313.6	3.9	101.3	166.9	213.9		149.2	-164.3	47.6	2.6	101.8	
32																								
33																								
34																								
35																								
36																								
37																								
38	244.1	21.0	109.4	154.2	271.4		267.8	23.7	109.7	177.8	297.7		265.0	-2.8	99.0	175.1	294.6							斃死
39																								
40																								
41																								
42	94.6	-47.2	66.7	-187.8	33.5	部分死進行	62.3	-32.4	65.8	-220.2	22.0	部分死進行	46.4	-15.8	74.6	-236.0	16.4	部分死進行	6.9	-39.5	14.8	-275.5	2.4	部分死進行
43	90.1	-3.7	96.1	55.7	261.6		95.6	5.5	106.1	61.2	277.7		102.9	7.2	107.6	68.4	298.7		117.3	14.5	114.1	82.9	340.7	
44	82.0	6.2	108.2	52.4	276.9	嚙り痕あり	50.3	-31.7	61.4	20.7	169.9	部分死進行	35.2	-15.1	70.0	5.6	118.9	部分死進行	25.5	-9.8	72.3	-4.2	86.0	部分死進行
45																								
46	129.3	-9.0	93.5	14.4	112.6	嚙り痕あり	130.9	1.6	101.3	16.1	114.0		135.9	5.0	103.8	21.1	118.3		144.3	8.4	106.2	29.5	125.7	
47																								
48																								
49	117.9	18.3	118.4	69.3	242.7		122.5	4.5	103.8	73.9	252.0		123.7	1.2	101.0	75.1	254.6		129.9	6.2	105.0	81.3	267.3	
50	173.5	3.7	102.2	89.6	206.8		175.7	2.2	101.3	91.8	209.4		191.8	16.1	109.2	107.9	228.6		190.0	-1.8	99.1	106.1	226.4	
51																								
52																								
53																								
54																								
55																								

資料 1-2. 各調査日における移植サンゴの生残と成長状況（竜串）その 1

2003/11/8		2003/12/8				2004/1/16					2004/2/18						2004/3/20						
群体 番号	投影面積 cm ²	投影面積 (cm ²)	対前回		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考
			増加量 (cm ²)	面積比 (%)			増加量 (cm ²)	面積比 (%)	増加量 (cm ²)	面積比 (%)			増加量 (cm ²)	面積比 (%)	増加量 (cm ²)	面積比 (%)			増加量 (cm ²)	面積比 (%)	増加量 (cm ²)	面積比 (%)	
1	33.3				剥離																		
2	37.8	40.8	2.9	107.8		45.9	5.2	112.7	8.1	121.5		44.9	-1.0	97.7	7.1	118.7		44.2	-0.7	98.3	6.3	116.8	
3	56.7	67.6	10.9	119.3		67.2	-0.4	99.4	10.5	118.6		67.3	0.0	100.0	10.6	118.6		63.3	-4.0	94.1	6.6	111.6	
4	98.7	108.3	9.7	109.8		110.7	2.4	102.2	12.0	112.2		114.4	3.7	103.3	15.8	116.0		112.2	-2.3	98.0	13.5	113.7	
5	149.1	151.8	2.7	101.8		151.7	-0.2	99.9	2.5	101.7							斃死						
6	101.9	102.8	0.9	100.9		107.8	5.1	104.9	6.0	105.9		118.2	10.3	109.6	16.3	116.0		118.1	-0.1	99.9	16.2	115.9	
7	92.5	99.2	6.7	107.2		101.7	2.5	102.6	9.2	110.0		107.9	6.2	106.1	15.5	116.7		103.6	-4.3	96.0	11.1	112.0	
8	95.7	80.5	-15.2	84.2	一部欠落	83.2	2.6	103.3	-12.5	86.9		69.4	-13.8	83.4	-26.3	72.5	部分死・褐変部あり	51.3	-18.0	74.0	-44.4	53.6	部分死・褐変部あり
9	119.5	144.3	24.8	120.7		153.1	8.8	106.1	33.6	128.1		151.8	-1.3	99.1	32.3	127.0		160.2	8.4	105.6	40.7	134.1	
10	84.1	89.8	5.7	106.8		102.8	13.0	114.5	18.8	122.3		100.3	-2.6	97.5	16.2	119.3		103.4	3.1	103.1	19.3	123.0	
11	169.5				剥離																		
天然群体のため除外																							
13	121.0	139.0	18.0	114.9		152.3	13.3	109.6	31.3	125.9		152.7	0.4	100.3	31.7	126.2		153.5	0.8	100.5	32.5	126.9	
14	54.5	57.2	2.8	105.1		67.4	10.2	117.8	13.0	123.8		72.8	5.3	107.9	18.3	133.6		66.6	-6.2	91.5	12.2	122.3	
15	88.7	89.3	0.6	100.7							斃死												
16	232.2	239.0	6.8	102.9		241.2	2.2	100.9	9.0	103.9		264.4	23.2	109.6	32.1	113.8		270.8	6.4	102.4	38.6	116.6	
17	92.9	122.6	29.7	131.9		129.0	6.5	105.3	36.1	138.9		148.0	19.0	114.7	55.1	159.3		151.6	3.6	102.4	58.7	163.2	
18	119.9	124.9	5.0	104.2		135.0	10.2	108.1	15.1	112.6		132.1	-2.9	97.8	12.2	110.2	藻類付着・褐変部あり	120.3	-11.8	91.1	0.4	100.4	部分死・褐変部あり
19	131.4	155.1	23.7	118.0		157.4	2.3	101.5	26.0	119.8		161.2	3.8	102.4	29.8	122.6	褐変部あり	163.7	2.6	101.6	32.3	124.6	褐変部あり
20	118.1	130.2	12.1	110.3		144.5	14.2	110.9	26.4	122.3		147.8	3.4	102.3	29.7	125.2	褐変部あり	142.3	-5.6	96.2	24.2	120.5	部分死・褐変部あり
21	45.4	51.3	5.9	113.0		50.5	-0.8	98.4	5.1	111.2		49.2	-1.2	97.6	3.9	108.5		45.1	-4.2	91.5	-0.3	99.3	
22	112.9	126.4	13.5	112.0		127.5	1.1	100.9	14.6	112.9		118.1	-9.4	92.6	5.2	104.6	部分死	99.5	-18.7	84.2	-13.4	88.1	部分死
23	47.4	53.3	5.9	112.5		49.9	-3.4	93.7	2.6	105.4		51.5	1.6	103.1	4.1	108.7		52.6	1.1	102.1	5.2	111.0	
24	62.4	64.8	2.4	103.8		69.8	5.0	107.7	7.3	111.8		71.4	1.7	102.4	9.0	114.5		73.8	2.3	103.2	11.3	118.2	
25	34.1	38.3	4.2	112.3		40.6	2.3	106.0	6.5	119.0		44.6	4.0	109.7	10.4	130.6		41.2	-3.4	92.5	7.1	120.7	褐変部あり
26	85.2	80.3	-4.8	94.3	部分死	91.8	11.5	114.3	6.6	107.8							斃死						
27	79.5	77.3	-2.2	97.2		88.9	11.6	115.0	9.4	111.9		88.0	-0.9	99.0	8.5	110.7		78.8	-9.3	89.5	-0.8	99.1	部分死
28	224.7	248.2	23.5	110.4		255.6	7.4	103.0	30.9	113.7		277.0	21.4	108.4	52.2	123.2		247.1	-29.9	89.2	22.4	110.0	部分死
29	79.7	89.1	9.4	111.8		86.5	-2.6	97.1	6.8	108.5		56.6	-29.9	65.4	-23.1	71.0	部分死	10.5	-46.1	18.5	-69.2	13.2	部分死
30	220.3	219.3	-1.1	99.5		218.6	-0.6	99.7	-1.7	99.2		236.6	18.0	108.2	16.3	107.4		234.5	-2.1	99.1	14.2	106.4	
31	194.7	193.9	-0.8	99.6		206.3	12.4	106.4	11.6	106.0		224.6	18.3	108.9	29.9	115.3		212.8	-11.8	94.8	18.1	109.3	
32	88.0	95.0	7.0	107.9		102.3	7.3	107.7	14.3	116.2		94.3	-8.0	92.2	6.3	107.2	褐変部あり	102.1	7.8	108.3	14.1	116.0	褐変部あり
33	142.4	165.6	23.2	116.3		167.9	2.2	101.3	25.4	117.8		172.4	4.5	102.7	30.0	121.0		170.4	-2.0	98.9	28.0	119.6	
34	78.1	86.9	8.7	111.2		85.0	-1.8	97.9	6.9	108.9		86.8	1.7	102.0	8.7	111.1		92.8	6.0	106.9	14.6	118.7	
35	169.3	175.5	6.1	103.6		183.2	7.8	104.4	13.9	108.2		91.7	-91.5	50.0	-77.6	54.2	部分死						斃死
36	119.7	127.5	7.8	106.5		134.8	7.3	105.7	15.1	112.6		143.7	9.0	106.7	24.1	120.1	褐変部あり	138.0	-5.7	96.0	18.3	115.3	褐変部あり
37	154.9	157.8	2.8	101.8		176.8	19.0	112.1	21.9	114.1		183.5	6.7	103.8	28.6	118.4		179.8	-3.7	98.0	24.8	116.0	
38	219.2	237.5	18.3	108.3		237.3	-0.2	99.9	18.1	108.2		228.7	-8.5	96.4	9.5	104.3		243.9	15.1	106.6	24.6	111.2	
39	202.9	223.9	21.0	110.4		226.7	2.8	101.3	23.9	111.8		247.5	20.7	109.2	44.6	122.0		218.7	-28.8	88.3	15.8	107.8	
40	103.9	85.1	-18.8	81.9	一部欠落	107.5	22.4	126.4	3.6	103.5		105.3	-2.2	98.0	1.4	101.4		99.5	-5.8	94.5	-4.4	95.8	
41	296.2	291.3	-5.0	98.3		294.0	2.7	100.9	-2.2	99.2							斃死						
42	77.1	87.6	10.5	113.6		92.6	5.1	105.8	15.5	120.1		92.0	-0.6	99.3	14.9	119.3		93.2	1.2	101.3	16.1	120.9	
43	43.7	58.6	14.9	134.0		64.5	5.9	110.1	20.8	147.5		68.4	3.9	106.1	24.7	156.5		71.7	3.3	104.8	28.0	164.0	
44	96.5	103.7	7.2	107.5		104.3	0.5	100.5	7.7	108.0		105.4	1.1	101.1	8.9	109.2							

資料 1-2. 各調査日における移植サンゴの生残と成長状況（竜串）その 2

群体 番号	2004/4/23						2004/5/26						2004/6/28						2004/7/28					
	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考
		増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	
1																								
2	67.3	23.1	152.4	29.5	177.9		54.1	-13.2	80.4	16.3	143.1		63.2	9.1	116.8	25.4	167.0		65.8	2.7	104.2	28.0	174.1	
3	72.5	9.3	114.7	15.9	128.0		69.6	-3.0	95.9	12.9	122.7		77.9	8.3	111.9	21.2	137.3		80.1	2.2	102.9	23.4	141.2	
4	111.2	-1.0	99.2	12.5	112.7		117.8	6.6	106.0	19.2	119.4		132.7	14.8	112.6	34.0	134.5		133.7	1.1	100.8	35.1	135.6	
5																								
6	128.6	10.5	108.9	26.7	126.2		127.0	-1.6	98.8	25.1	124.7		138.4	11.3	108.9	36.5	135.8		135.7	-2.6	98.1	33.8	133.2	
7	119.8	16.2	115.6	27.3	129.5		115.4	-4.4	96.3	22.9	124.8		131.1	15.7	113.6	38.6	141.7		126.5	-4.5	96.5	34.0	136.8	
8	61.9	10.6	120.6	-33.8	64.7		59.8	-2.1	96.6	-35.9	62.5		60.9	1.1	101.9	-34.8	63.7		71.0	10.1	116.6	-24.7	74.2	
9	173.5	13.3	108.3	54.0	145.2		183.4	10.0	105.7	63.9	153.5		207.7	24.2	113.2	88.2	173.8		213.0	5.3	102.6	93.5	178.2	
10	118.0	14.6	114.1	33.9	140.3		120.7	2.7	102.3	36.6	143.5		146.9	26.2	121.7	62.9	174.8		156.4	9.4	106.4	72.3	186.0	
11																								
13	(153.5)	0.0	100.0	32.5	126.9	写真不良	161.8	8.3	105.4	40.8	133.8		185.8	24.0	114.8	64.8	153.6		178.4	-7.4	96.0	57.4	147.4	わずかに写真切れ
14	79.1	12.4	118.7	24.6	145.2		77.9	-1.1	98.6	23.5	143.1		92.3	14.4	118.5	37.9	169.5		98.6	6.3	106.8	44.1	181.0	
15																								
16	287.8	17.0	106.3	55.5	123.9		309.9	22.1	107.7	77.7	133.4		343.5	33.6	110.8	111.2	147.9		340.7	-2.8	99.2	108.4	146.7	
17	145.9	-5.7	96.2	53.0	157.1		168.8	22.8	115.6	75.9	181.7		204.7	35.9	121.3	111.8	220.3		206.3	1.7	100.8	113.4	222.1	
18	134.3	14.0	111.6	14.5	112.1		130.3	-4.1	97.0	10.4	108.7	部分死	146.9	16.7	112.8	27.0	122.6		141.3	-5.6	96.2	21.5	117.9	
19	170.2	6.4	103.9	38.7	129.5	色淡いところあり	170.6	0.5	100.3	39.2	129.8		183.5	12.9	107.5	52.1	139.6		186.8	3.3	101.8	55.3	142.1	
20	148.2	6.0	104.2	30.1	125.5		149.6	1.4	100.9	31.5	126.7		157.2	7.6	105.1	39.1	133.1		153.8	-3.4	97.8	35.7	130.2	
21	46.8	1.8	103.9	1.4	103.2		54.1	7.3	115.5	8.7	119.2		56.8	2.7	105.0	11.4	125.2		54.3	-2.5	95.5	8.9	119.6	
22	86.9	-12.6	87.4	-26.0	77.0	部分死	86.8	-0.1	99.9	-26.1	76.9		93.3	6.4	107.4	-19.6	82.6		97.1	3.8	104.1	-15.8	86.0	
23	65.6	13.0	124.8	18.2	138.5		56.6	-9.0	86.3	9.3	119.6		62.4	5.8	110.2	15.0	131.7		61.4	-1.0	98.4	14.1	129.7	
24	80.4	6.7	109.0	18.0	128.8		77.1	-3.3	95.9	14.7	123.6				0.0			斃死						
25	40.6	-0.6	98.5	6.4	118.9		42.4	1.8	104.4	8.2	124.1		47.5	5.2	112.2	13.4	139.2		48.8	1.3	102.8	14.7	143.0	
26																								
27	98.9	20.1	125.5	19.3	124.3		94.2	-4.6	95.3	14.7	118.5		100.8	6.6	107.0	21.3	126.8		102.3	1.5	101.5	22.8	128.7	
28	289.3	42.2	117.1	64.5	128.7		288.2	-1.1	99.6	63.5	128.2		332.1	43.9	115.2	107.3	147.8		313.1	-19.0	94.3	88.3	139.3	
29	3.8	-6.7	36.1	-75.9	4.8	一部写真キレ						斃死												
30	257.2	22.7	109.7	36.8	116.7		258.6	1.4	100.5	38.2	117.4		274.3	15.7	106.1	53.9	124.5		270.7	-3.6	98.7	50.3	122.8	
31	207.1	-5.7	97.3	12.4	106.4		227.9	20.8	110.0	33.2	117.0		256.4	28.5	112.5	61.7	131.7		267.5	11.1	104.3	72.8	137.4	
32	109.5	7.4	107.2	21.5	124.4		113.2	3.7	103.3	25.2	128.6		121.1	7.9	107.0	33.1	137.6		123.3	2.2	101.8	35.3	140.1	
33	196.4	26.0	115.3	54.0	137.9		200.8	4.4	102.2	58.3	141.0		226.9	26.2	113.0	84.5	159.3		235.4	8.5	103.7	93.0	165.3	
34	105.5	12.8	113.8	27.4	135.1		98.3	-7.2	93.2	20.2	125.9		99.9	1.5	101.6	21.7	127.8		107.6	7.8	107.8	29.5	137.8	
35																								
36	140.4	2.4	101.8	20.8	117.4		146.8	6.3	104.5	27.1	122.7		155.7	8.9	106.1	36.0	130.1		165.4	9.7	106.3	45.8	138.2	
37	(179.8)	0.0	100.0	24.8	116.0	写真不良	200.1	20.3	111.3	45.2	129.1		210.4	10.4	105.2	55.5	135.8		213.2	2.7	101.3	58.2	137.6	
38	263.0	19.1	107.8	43.8	120.0		264.5	1.5	100.6	45.3	120.6		281.8	17.3	106.5	62.6	128.5		289.1	7.3	102.6	69.9	131.9	
39	241.0	22.3	110.2	38.1	118.8		260.8	19.8	108.2	57.9	128.5		274.9	14.1	105.4	72.0	135.5		261.7	-13.2	95.2	58.8	129.0	
40	103.1	3.6	103.6	-0.9	99.2		111.0	8.0	107.7	7.1	106.8		146.3	35.3	131.8	42.4	140.8		159.7	13.4	109.1	55.7	153.6	
41																								
42	111.1	17.9	119.2	34.0	144.1		109.3	-1.8	98.4	32.2	141.8		133.1	23.9	121.8	56.0	172.7		136.7	3.6	102.7	59.6	177.3	
43	81.1	9.4	113.1	37.4	185.5		93.0	12.0	114.8	49.3	212.8		112.9	19.9	121.4	69.2	258.4		149.5	36.6	132.4	105.8	342.1	
44	107.4	4.0	103.9	10.9	111.3	色淡いところあり	110.9	3.5	103.2	14.4	114.9	一部変色・色淡い	128.2	17.3	115.6	31.6	132.8		118.4	-9.8	92.4	21.8	122.6	部分死（巻き貝の食痕？）
45	99.9	4.5	104.7	12.9	114.8		103.8	3.9	103.9	16.8	119.3		114.6	10.8	110.4	27.6	131.8		120.4	5.8	105.0	33.4	138.4	
46	47.4	2.2	104.9	6.5	115.9		46.6	-0.8	98.4	5.7	114.0		55.5	8.9	119.1	14.7	135.9		48.4	-7.2	87.1	7.5	118.3	部分死進行
47	183.4	14.1	108.3	29.5	119.2		184.2	0.8	100.4	30.3	119.7		193.5	9.2	105.0	39.5	125.7		199.7	6.3	103.2	45.8	129.8	
48	127.3	14.4	112.8	26.3	126.0		124.4	-2.9	97.7	23.4	123.1		136.9	12.6	110.1	35.9	135.6		139.0	2.1	101.5	38.0	137.6	
49	46.9	4.0	109.3	16.3	153.5		53.8	6.9	114.7	23.2	176.0		63.0	9.3	117.2	32.5	206.3		78.2	15.2	124.1	47.7	256.0	
50																								
51						斃死																		
52	67.6	2.1	103.2	27.9	170.6		81.8	14.2	121.0	42.2	206.4		93.9	12.1	114.8	54.3	237.0		105.0	11.1	111.8	65.3	265.0	
53																								
54	188.2	23.6	114.4	55.6	142.0		200.2	12.0	106.3	67.6	151.0		240.9	40.7	120.3	108.3	181.7		235.0	-5.9	97.6	102.4	177.2	
55	167.3	16.5	110.9	34.2	125.7		169.1	1.8	101.1	36.0	127.0		182.8	13.7	108.1	49.7	137.3		179.8	-3.0	98.4	46.7	135.1	

資料 1-2. 各調査日における移植サンゴ片の生残と成長状況（竜串）その3

群 体 番 号	2004/9/20						2004/10/28						2004/11/29						2004/12/22					
	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考
		増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)			増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	増加量 (cm ⁺)	面積比 (%)	
1																								
2	68.7	2.9	104.3	30.9	181.7		74.7	6.0	108.7	36.9	197.5		73.3	-1.4	98.1	35.5	193.8		75.2	1.9	102.6	37.4	198.9	
3	86.5	6.4	108.0	29.8	152.5		91.9	5.4	106.3	35.2	162.1		96.0	4.1	104.4	39.3	169.3		94.8	-1.2	98.8	38.1	167.2	
4	143.9	10.2	107.6	45.3	145.9		139.7	-4.3	97.0	41.0	141.6		138.8	-0.9	99.4	40.1	140.7		144.1	5.3	103.8	45.5	146.1	
5																								
6	131.9	-3.8	97.2	30.0	129.5	先端異常	121.7	-10.2	92.2	19.8	119.4	部分死	130.1	8.4	106.9	28.2	127.6		131.5	1.5	101.1	29.7	129.1	部分死（食痕？）
7	126.7	0.2	100.2	34.3	137.0		122.2	-4.6	96.4	29.7	132.1		124.1	2.0	101.6	31.7	134.2		128.9	4.8	103.9	36.4	139.4	
8	66.4	-4.7	93.4	-29.3	69.3	部分死	73.3	7.0	110.5	-22.4	76.6		71.3	-2.0	97.2	-24.4	74.5		76.1	4.8	106.7	-19.6	79.5	
9	226.7	13.7	106.4	107.1	189.7		236.4	9.8	104.3	116.9	197.8		248.9	12.5	105.3	129.4	208.3		273.2	24.3	109.8	153.7	228.7	
10	155.4	-1.0	99.4	71.3	184.8		157.6	2.2	101.4	73.6	187.5		164.8	7.1	104.5	80.7	196.0		175.6	10.9	106.6	91.5	208.9	
11																								
13	186.7	8.3	104.6	65.7	154.3		196.3	9.6	105.1	75.3	162.2		194.3	-2.0	99.0	73.3	160.6		209.5	15.2	107.8	88.5	173.2	
14	96.7	-1.9	98.1	42.2	177.5		101.2	4.5	104.7	46.7	185.8		104.3	3.1	103.1	49.9	191.6		114.2	9.9	109.5	59.8	209.8	
15																								
16	330.3	-10.4	97.0	98.1	142.2		329.8	-0.5	99.9	97.6	142.0		349.4	19.5	105.9	117.1	150.4		352.1	2.7	100.8	119.9	151.6	嚙り痕あり
17	210.6	4.3	102.1	117.7	226.7	色淡い	201.1	-9.5	95.5	108.2	216.5		187.5	-13.6	93.3	94.6	201.9	部分死	183.7	-3.8	97.9	90.8	197.7	部分死
18	141.1	-0.2	99.8	21.2	117.7	先端異常	142.1	1.0	100.7	22.2	118.5		151.9	9.8	106.9	32.0	126.7		163.2	11.3	107.4	43.3	136.1	嚙り痕あり（小）
19	185.7	-1.0	99.5	54.3	141.3	先端異常	198.5	12.7	106.9	67.1	151.0		193.7	-4.8	97.6	62.3	147.4		197.4	3.7	101.9	66.0	150.2	嚙り痕あり
20	152.8	-0.9	99.4	34.7	129.4		148.2	-4.6	97.0	30.1	125.5		153.6	5.4	103.6	35.5	130.1		159.5	5.8	103.8	41.4	135.0	
21						斃死																		
22	101.2	4.1	104.2	-11.7	89.6	先端異常	102.9	1.7	101.7	-10.1	91.1	部分死（縁）	103.5	0.7	100.7	-9.4	91.7		102.2	-1.4	98.7	-10.7	90.5	
23	71.1	9.7	115.8	23.8	150.2		81.0	9.8	113.8	33.6	171.0		81.3	0.3	100.4	33.9	171.6		71.9	-9.4	88.4	24.5	151.7	
24				-62.4																				
25	45.1	-3.7	92.5	11.0	132.2		32.5	-12.7	72.0	-1.7	95.2	部分死進行	29.5	-3.0	90.8	-4.7	86.4	部分死	33.3	3.9	113.1	-0.8	97.7	部分死
26																								
27	101.5	-0.9	99.2	21.9	127.6	部分死（先端一部）	101.8	0.4	100.4	22.3	128.1	部分死（先端一部）	104.8	3.0	102.9	25.3	131.8		113.5	8.7	108.3	34.0	142.8	
28	316.1	3.1	101.0	91.4	140.7	先端異常	322.8	6.6	102.1	98.0	143.6		333.7	10.9	103.4	108.9	148.5		318.0	-15.7	95.3	93.3	141.5	嚙り痕あり
29																								
30	277.1	6.4	102.4	56.7	125.8		276.2	-0.9	99.7	55.8	125.3		291.3	15.2	105.5	71.0	132.2		292.8	1.4	100.5	72.4	132.9	
31	260.1	-7.4	97.2	65.3	133.6	部分死（先端一部）	235.0	-25.0	90.4	40.3	120.7	部分死	244.9	9.8	104.2	50.2	125.8		256.0	11.1	104.5	61.3	131.5	
32	118.7	-4.6	96.3	30.7	134.9	先端異常・色淡い	123.8	5.1	104.3	35.8	140.6		123.3	-0.5	99.6	35.3	140.0		129.3	6.0	104.9	41.3	146.9	
33	228.4	-7.0	97.0	86.0	160.3		228.4	0.0	100.0	85.9	160.3		233.9	5.6	102.4	91.5	164.2		244.0	10.0	104.3	101.5	171.3	
34	108.5	0.8	100.8	30.3	138.8	先端病変？	108.2	-0.3	99.8	30.1	138.5		123.5	15.3	114.1	45.3	158.0		118.3	-5.2	95.8	40.2	151.4	
35																								
36	179.0	13.6	108.2	59.3	149.6		168.0	-11.0	93.9	48.4	140.4		173.1	5.1	103.0	53.4	144.7		172.3	-0.8	99.6	52.7	144.0	
37	216.8	3.6	101.7	61.9	139.9	先端病変？	198.5	-18.3	91.6	43.6	128.1	部分死	212.2	13.6	106.9	57.2	136.9		220.9	8.7	104.1	66.0	142.6	
38	252.3	-36.8	87.3	33.1	115.1	部分死（大）	224.4	-27.9	88.9	5.1	102.3	部分死（大）	226.6	2.2	101.0	7.3	103.3	部分死	241.1	14.6	106.4	21.9	110.0	部分死（小）白斑あり
39	217.7	-44.0	83.2	14.8	107.3	部分死（大）先端病変？	200.5	-17.2	92.1	-2.4	98.8	部分死（大）	197.7	-2.7	98.6	-5.2	97.5	部分死	197.3	-0.4	99.8	-5.5	97.3	部分死
40	163.4	3.8	102.4	59.5	157.3	色淡い	165.7	2.3	101.4	61.8	159.4		181.8	16.1	109.7	77.8	174.9		201.4	19.6	110.8	97.5	193.8	
41																								
42	152.2	15.5	111.3	75.1	197.4	先端病変？	139.1	-13.1	91.4	62.0	180.4		145.9	6.8	104.9	68.8	189.3		148.9	3.0	102.0	71.8	193.2	
43	194.9	45.3	130.3	151.1	445.8		229.3	34.4	117.7	185.6	524.5		291.3	62.1	127.1	247.6	666.6		316.7	25.4	108.7	273.0	724.6	
44						斃死																		
45	131.2	10.8	109.0	44.2	150.8		120.3	-10.9	91.7	33.3	138.3		131.3	10.9	109.1	44.3	150.9		136.2	5.0	103.8	49.2	156.6	
46						斃死																		
47	195.8	-3.9	98.0	41.9	127.2		190.4	-5.4	97.2	36.5	123.7		198.1	7.7	104.1	44.2	128.7		201.0	2.9	101.5	47.1	130.6	
48	132.8	-6.2	95.5	31.8	131.5	先端病変？	134.5	1.7	101.3	33.5	133.2		133.0	-1.5	98.9	32.0	131.7		141.1	8.1	106.1	40.1	139.7	
49	80.9	2.7	103.5	50.4	264.9	色淡い	76.9	-4.0	95.1	46.4	251.8		89.4	12.4	116.2	58.8	292.5		91.3	1.9	102.1	60.7	298.7	
50																								
51																								
52	86.2	-18.8	82.1	46.5	217.5	部分死進行（先端一部）色淡い	87.2	1.1	101.3	47.6	220.3		94.5	7.3	108.3	54.9	238.6		107.9	13.3	114.1	68.2	272.3	
53																								
54	214.7	-20.4	91.3	82.1	161.9	色淡い	196.3	-18.4	91.4	63.7	148.0	部分死（大）	206.7	10.4	105.3	74.1	155.9		217.1	10.4	105.1	84.5	163.8	
55	163.3	-16.5	90.8	30.2	122.7	部分死進行	151.4	-11.9	92.7	18.3	113.8		167.5	16.2	110.7	34.5	125.9		167.2	-0.3	99.8	34.2	125.7	

資料 1-2. 各調査日における移植サンゴ片の生残と成長状況（竜串）その 4

群体 番号	2005/1/27						2005/3/1						2005/3/24					
	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考	投影面積 (cm ²)	対前回		累計		備考
		増加量 (cm ²)	面積比 (%)	増加量 (cm ²)	面積比 (%)			増加量 (cm ²)	面積比 (%)	増加量 (cm ²)	面積比 (%)			増加量 (cm ²)	面積比 (%)	増加量 (cm ²)	面積比 (%)	
1																		
2	80.8	5.6	107.5	43.0	213.7		81.0	0.2	100.2	43.2	214.2		78.67	-2.3	97.1	40.9	208.0	
3	98.3	3.5	103.7	41.6	173.4		100.1	1.8	101.8	43.4	176.6		94.90	-5.2	94.8	38.2	167.4	
4	148.5	4.3	103.0	49.8	150.5		133.9	-14.6	90.2	35.2	135.7		141.02	7.2	105.4	42.4	142.9	
5																		
6	129.6	-1.9	98.5	27.7	127.2		130.1	0.5	100.4	28.2	127.7		122.14	-7.9	93.9	20.3	119.9	
7	131.1	2.1	101.7	38.6	141.7		113.3	-17.8	86.4	20.8	122.5	部分死	68.88	-44.4	60.8	-23.6	74.5	部分死
8	84.0	7.9	110.4	-11.7	87.8		89.4	5.4	106.5	-6.3	93.5		80.78	-8.7	90.3	-14.9	84.4	
9	282.8	9.5	103.5	163.3	236.6		313.2	30.5	110.8	193.7	262.1		307.35	-5.9	98.1	187.8	257.2	
10	191.7	16.0	109.1	107.6	227.9		181.1	-10.6	94.5	97.0	215.3	変色	177.24	-3.8	97.9	93.2	210.8	部分変色
11																		
13	216.2	6.7	103.2	95.2	178.7		209.5	-6.7	96.9	88.5	173.1		204.83	-4.6	97.8	83.9	169.3	
14	129.7	15.5	113.5	75.2	238.1		131.0	1.3	101.0	76.5	240.5		121.55	-9.4	92.8	67.1	223.2	
15																		
16	352.3	0.2	100.0	120.0	151.7		350.4	-1.9	99.5	118.1	150.9	嚙り痕あり	370.48	20.1	105.7	138.2	159.5	嚙り痕あり
17	151.8	-31.9	82.6	58.9	163.4	部分死	55.7	-96.1	36.7	-37.2	59.9	部分死	30.19	-25.5	54.2	-62.7	32.5	部分死
18	162.2	-1.0	99.4	42.3	135.3		157.9	-4.3	97.3	38.0	131.7		160.34	2.5	101.6	40.5	133.7	
19	184.4	-13.0	93.4	53.0	140.3	先端嚙り痕	176.8	-7.7	95.9	45.3	134.5	部分死・変色	164.61	-12.1	93.1	33.2	125.3	部分死
20	161.3	1.8	101.1	43.2	136.6		166.8	5.5	103.4	48.7	141.2		155.44	-11.3	93.2	37.4	131.6	
21																		
22	102.2	0.0	100.0	-10.7	90.5		100.5	-1.7	98.3	-12.4	89.0	先端部欠け	103.01	2.6	102.5	-9.9	91.2	
23	86.1	14.2	119.8	38.7	181.7		77.3	-8.8	89.8	29.9	163.1		83.65	6.4	108.3	36.3	176.6	
24																		
25	35.2	1.8	105.4	1.0	103.0	部分死（小）	33.2	-1.9	94.5	-0.9	97.3	部分死	28.22	-5.0	84.9	-5.9	82.7	部分死（小）
26																		
27	114.8	1.3	101.1	35.3	144.4		110.1	-4.8	95.9	30.6	138.4		116.85	6.8	106.2	37.3	147.0	
28	346.5	28.4	108.9	121.7	154.2		362.9	16.4	104.7	138.1	161.5		359.72	-3.2	99.1	135.0	160.1	
29																		
30	307.5	14.8	105.0	87.2	139.6		313.2	5.6	101.8	92.8	142.1		313.57	0.4	100.1	93.2	142.3	
31	246.3	-9.8	96.2	51.5	126.5		168.9	-77.3	68.6	-25.8	86.8	部分死	140.89	-28.1	83.4	-53.8	72.4	部分死
32	132.0	2.7	102.1	43.9	149.9		133.1	1.2	100.9	45.1	151.3		131.83	-1.3	99.0	43.8	149.8	部分変色
33	251.3	7.3	103.0	108.9	176.4		259.1	7.8	103.1	116.7	181.9		257.63	-1.5	99.4	115.2	180.9	部分変色
34	142.9	24.7	120.8	64.8	183.0		130.2	-12.8	91.1	52.1	166.6		148.76	18.6	114.3	70.6	190.4	
35																		
36	180.4	8.1	104.7	60.8	150.8	部分変色	173.4	-7.0	96.1	53.7	144.9	部分変色	176.27	2.9	101.7	56.6	147.3	部分変色
37	217.4	-3.5	98.4	62.5	140.3							斃死						
38	224.5	-16.6	93.1	5.3	102.4							斃死						
39	140.3	-57.1	71.1	-62.6	69.1	部分死						斃死						
40	218.2	16.8	108.4	114.3	210.0		205.6	-12.6	94.2	101.7	197.9		210.43	4.8	102.3	106.5	202.5	
41																		
42	143.4	-5.5	96.3	66.3	186.0		145.2	1.8	101.3	68.1	188.3		152.09	6.9	104.7	75.0	197.3	
43	246.8	-69.9	77.9	203.1	564.6	枝折れ	233.2	-13.5	94.5	189.5	533.7		242.67	9.4	104.0	199.0	555.2	
44																		
45	138.6	2.4	101.8	51.6	159.4		135.7	-2.9	97.9	48.7	156.0		138.02	2.3	101.7	51.0	158.7	
46																		
47	201.9	0.9	100.4	47.9	131.1		201.0	-0.8	99.6	47.1	130.6		203.81	2.8	101.4	49.9	132.4	
48	139.7	-1.4	99.0	38.7	138.3		140.0	0.3	100.2	39.0	138.7		145.00	5.0	103.5	44.0	143.6	
49	88.6	-2.7	97.1	58.0	289.9	部分死・部分変色						斃死						
50																		
51																		
52	115.7	7.9	107.3	76.1	292.2		110.0	-5.8	95.0	70.4	277.7	部分死						斃死
53																		
54	222.7	5.5	102.6	90.1	167.9		211.3	-11.4	94.9	78.7	159.3		220.44	9.2	104.3	87.9	166.3	部分変色
55	172.8	5.6	103.3	39.7	129.9		176.8	4.0	102.3	43.8	132.9		187.82	11.0	106.2	54.7	141.1	

資料2－1 定点写真 爪白 第1回（2004年9月20日）



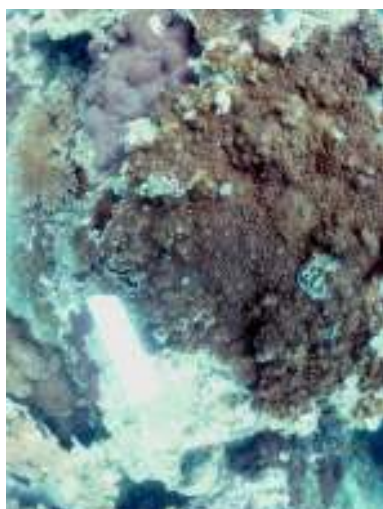
L1-1



L2-1



L3-1



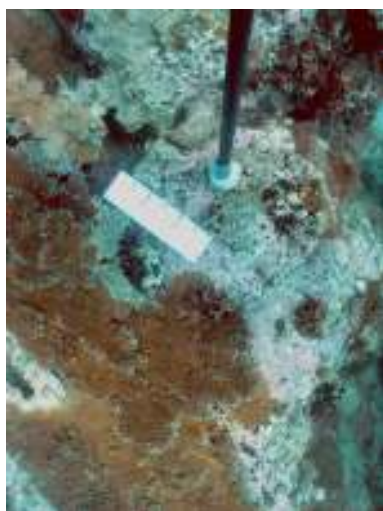
L1-2



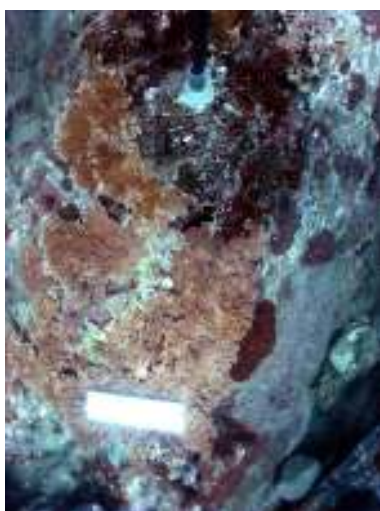
L2-2



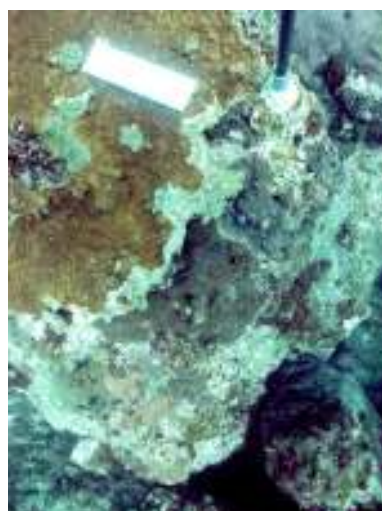
L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－1 定点写真 爪白 第2回（2004年11月4日）



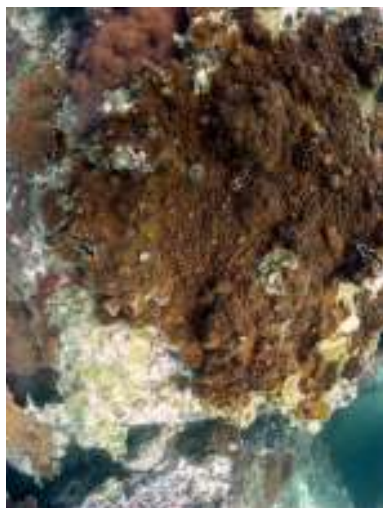
L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－1 定点写真 爪白 第3回（2005年3月1日）



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



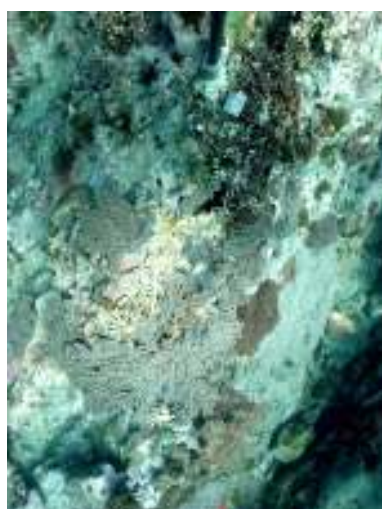
L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－2 定点写真 弁天島東 第1回（2004年9月20日）



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



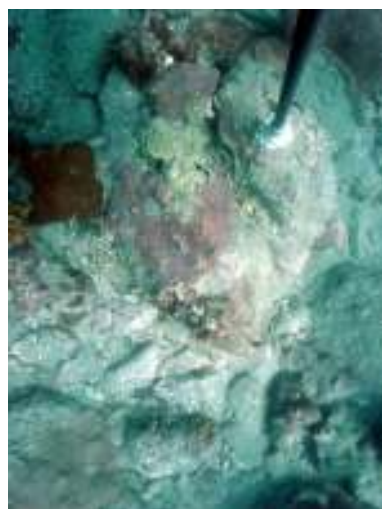
L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2-2 定点写真 弁天島東 第2回 (2004年11月4日) 濁り強く撮影不能

資料2-2 定点写真 弁天島東 第3回 (2005年3月1日)



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－3 定点写真 桜浜 第1回（2004年9月20日）



L1-1



L2-1



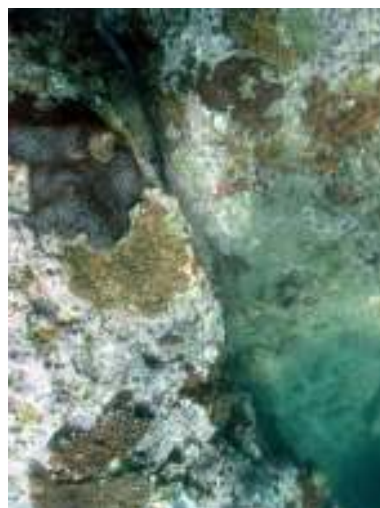
L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－3 定点写真 桜浜 第2回（2004年11月4日）



L1-1



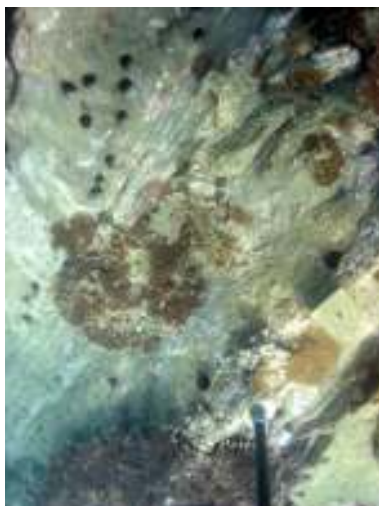
L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－3 定点写真 桜浜 第3回（2005年3月1日）



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



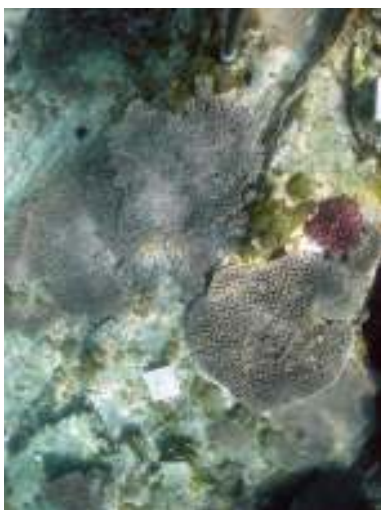
L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2-4 定点写真 竜串西 第1回 (2004年9月20日)



L1-1



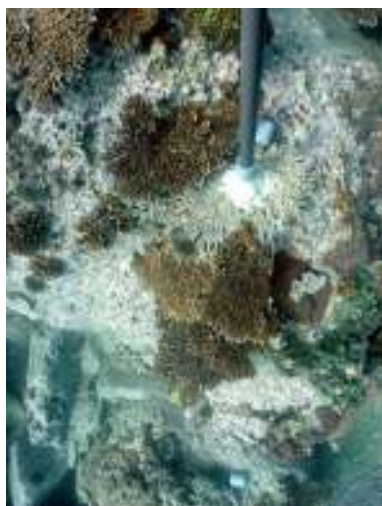
L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3

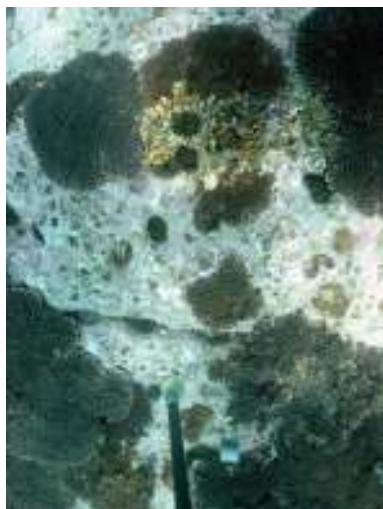


L2-3



L3-3

資料2－4 定点写真 竜串西 第2回（2004年11月4日）



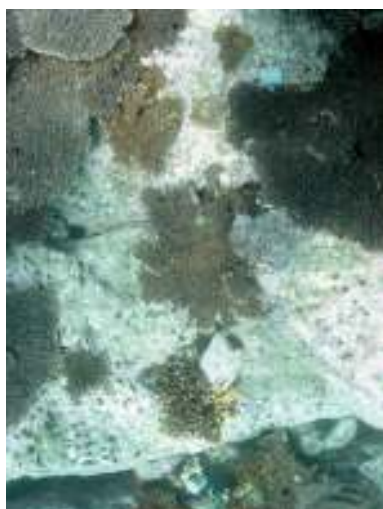
L1-1



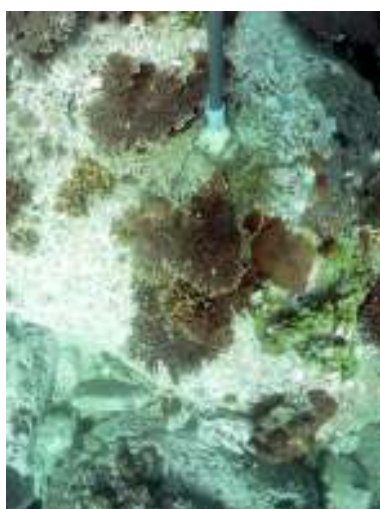
L2-1



L3-1



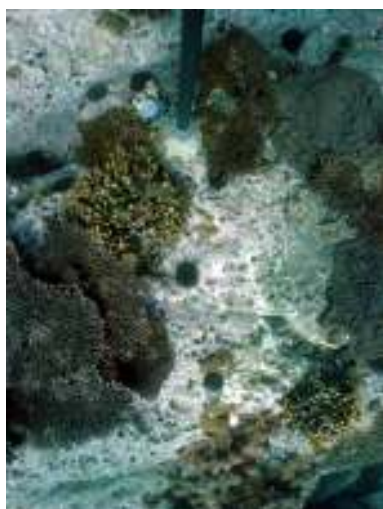
L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2-4 定点写真 竜串西 第3回 (2005年3月1日)



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3

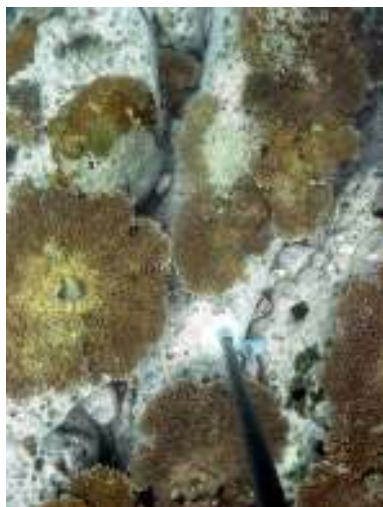


L2-3



L3-3

資料2-5 定点写真 竜串東 第1回 (2004年9月20日)



L1-1



L2-1



L3-1



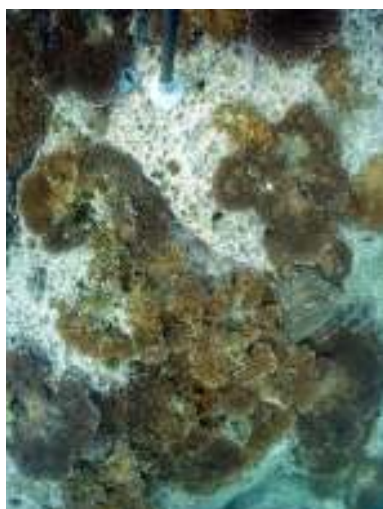
L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－5 定点写真 竜串東 第2回（2004年11月4日）



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3

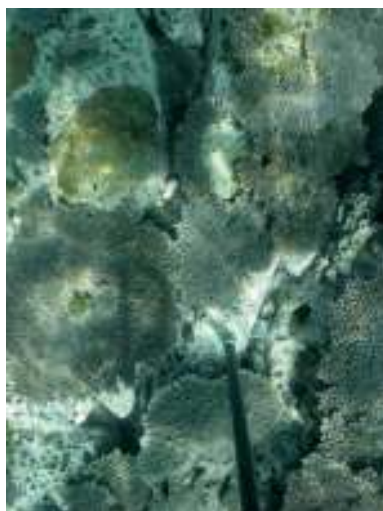


L2-3



L3-3

資料2－5 定点写真 竜串東 第3回（2005年3月1日）



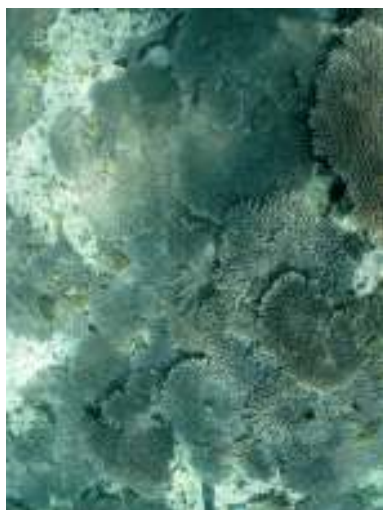
L1-1



L2-1



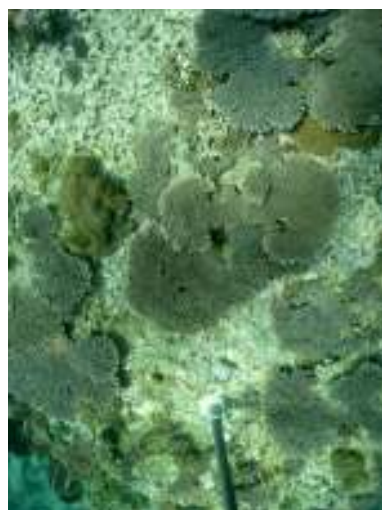
L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－6 定点写真 大礫 第1回（2004年9月20日）



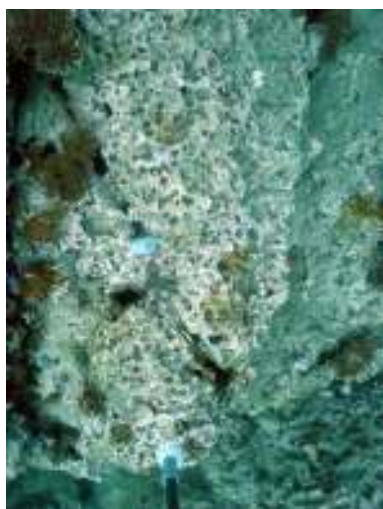
L1-1



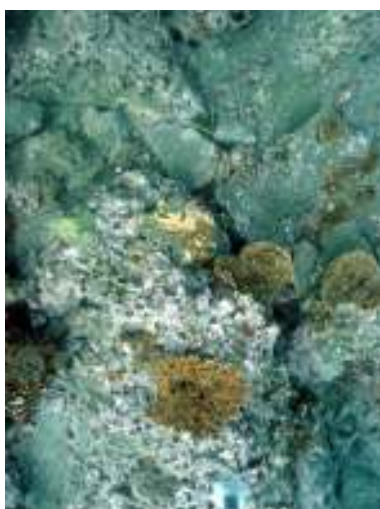
L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2－6 定点写真 大礫 第2回（2004年11月4日）



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

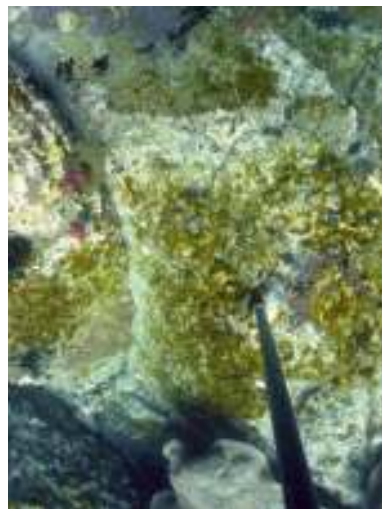
資料2－6 定点写真 大礫 第3回（2005年3月1日）



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2-7 定点写真 見残し 第1回 (2004年9月20日)



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2-7 定点写真 見残し 第2回 (2004年11月4日)



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料2-7 定点写真 見残し 第3回 (2005年3月1日)



L1-1



L2-1



L3-1



L1-2



L2-2



L3-2



L1-3



L2-3



L3-3

資料3-1. 高知県公共用水域の水質測定結果（2002年度） S t . 1

St. 1		備考	2002年度					
一般項目		採取年月日	02/05/28	02/08/05	02/09/19	02/11/22	03/01/15	03/03/14
		採取時刻	12:39	10:07	10:50	10:48	9:59	10:20
		天候	晴	晴	晴	曇	晴	曇
		気温 °C	24.8	25.4	32.4	13.9	16.1	14.3
		水温 °C	23.9	27.9	27.4	17.7	16.8	16.0
		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
		臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
		採取水深 m	上層	上層	上層	上層	上層	上層
		全水深 m	3.0	3.5	4.5	4.3	4.1	4.5
		透明度 m	>3.0	>3.5	>4.5	>4.3	>4.1	>4.5
生活環境項目		濁度 mg/l						
		pH	8.2	8.0	8.2	8.2	8.3	8.3
		DO mg/l	10.3	7.8	7.4	8.0	8.2	9.3
		BOD mg/l						
		COD mg/l	1.2	2.5	1.3	1.2	<0.5	0.7
		SS mg/l						
		大腸菌群数 MPN/100ml	8		23		5	
		n-ヘキサン抽出物質 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					
		全シアン mg/l						
		鉛 mg/l	<0.002					
		六価クロム mg/l	<0.02					
		砒素 mg/l	<0.005					
		総水銀 mg/l	<0.0005					
		アルキル水銀 mg/l						
		PCB mg/l	<0.0005					
特殊項目		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	<0.1					
		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						
その他		塩素イオン mg/l	19,000	19,000	18,000	18,000	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	<0.005					
		硝酸性窒素 mg/l	<0.01					
		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						

資料３－１．高知県公共用水域の水質測定結果（2003年度） S t . 1

St. 1		備考	2003年度						濁りあり
		採取年月日	03/05/20	03/07/04	03/09/05	03/11/14	04/01/09	04/03/01	
		採取時刻	10:45	10:30	10:20	10:45	9:50	9:10	
		天候	薄曇	曇	晴	晴	晴	曇	
		気温 °C	26.7	28.2	35.1	25.4	13.9	11.6	
		水温 °C	22.1	24.7	30.6	22.3	18.7	16.3	
		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	
		臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
		採取水深 m	上層	上層	上層	上層	上層	上層	
		全水深 m	4.0	4.0	4.3	4.7	4.5	4.5	
		透明度 m	>4.0	1.5	>4.3	>4.7	>4.5	1.5	
		濁度 mg/l							
一般項目	生活環境項目	pH	8.2	8.2	8.1	8.2	8.2	8.1	
		DO mg/l	9.1	7.4	6.8	7.7	8.2	8.3	
		BOD mg/l							
		COD mg/l	1.0	2.0	1.6	1.3	0.8	1.6	
		SS mg/l							
		大腸菌群数 MPN/100ml	49		4		<0.2		
		n-ヘキサン抽出物質 mg/l							
健康項目		全窒素 mg/l							
		全リン mg/l							
		カドミウム mg/l	<0.005						
		全シアン mg/l							
		鉛 mg/l	<0.002						
		六価クロム mg/l	<0.02						
		砒素 mg/l	<0.005						
特殊項目		総水銀 mg/l	<0.0005						
		アルキル水銀 mg/l							
		PCB mg/l	<0.0005						
		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	0.02						
		フェノール類 mg/l							
		銅 mg/l							
		亜鉛 mg/l							
その他		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	18,000	20,000	20,000	19,000	20,000	20,000	
		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	<0.005						
		硝酸性窒素 mg/l	0.02						
		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							

資料 3 - 2. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2002 年度) S t . 2

St. 2		備考	2002年度					
		採取年月日	02/05/28	02/08/05	02/09/19	02/11/22	03/01/15	03/03/14
		採取時刻	12:33	10:20	10:58	10:55	10:03	10:15
一般項目		天候	晴	晴	晴	曇	晴	曇
		気温 °C	24.8	22.7	32.5	13.8	15.4	15.0
		水温 °C	22.3	27.2	26.9	19.8	16.2	15.9
		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
		臭気	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
		全水深 m	12.2	12.4	12.2	13.2	13.0	13.3
		透明度 m	5.5	12.0	10.0	>13.2	10.0	6.0
		濁度 mg/l						
		pH	8.2	8.1	8.3	8.2	8.2	8.3
生活環境項目		DO mg/l	10.5	8.2	7.2	8.1	8.2	9.2
		BOD mg/l						
		COD mg/l	1.0	1.9	1.1	1.0	<0.5	0.8
		SS mg/l						
		大腸菌群数 MPN/100ml	13		2		8	
		n-ヘキサン抽出物質 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					
		全シアン mg/l						
		鉛 mg/l	<0.002					
		六価クロム mg/l	<0.02					
		砒素 mg/l	<0.005					
		総水銀 mg/l	<0.0005					
		アルキル水銀 mg/l						
		PCB mg/l	<0.0005					
特殊項目		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	<0.01					
		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						
その他		塩素イオン mg/l	19,000	19,000	18,000	19,000	19,000	19,000
		電気伝導度 µs/cm						
		アンモニア性窒素 mg/l	<0.005					
		亜硝酸性窒素 mg/l	<0.01					
		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						

資料３－２．高知県公共用水域の水質測定結果（2003年度） S t . 2

St. 2	備考		2003年度					
	採取年月日		03/05/20	03/07/04	03/09/05	03/11/14	04/01/09	濁りあり 04/03/01
一般項目	採取時刻		10:52	10:39	10:29	10:52	9:56	9:17
	天候		薄曇	曇	晴	晴	晴	曇
	気温 °C		26.1	27.1	36.4	23.9	17.1	10.9
	水温 °C		21.6	24.4	29.5	22.3	19.2	16.5
	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
	臭気		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
	全水深 m		14.3	13.0	12.8	13.4	13.5	13.5
	透明度 m		9.0	1.5	>12.8	10.0	>13.5	4.5
	濁度 mg/l							
	生活環境項目	pH	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.1
		DO mg/l	8.4	7.4	7.0	7.2	8.2	8.4
		BOD mg/l						
		COD mg/l	1.1	1.3	1.6	1.0	0.6	1.0
		SS mg/l						
		大腸菌群数 MPN/100ml	13		4		<0.2	
		n-ヘキサン抽出物質 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					
	全シアン mg/l							
	鉛 mg/l		<0.002					
	六価クロム mg/l		<0.02					
	砒素 mg/l		<0.005					
	総水銀 mg/l		<0.0005					
	アルキル水銀 mg/l							
	PCB mg/l		<0.0005					
特殊項目	硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l		0.01					
	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							
その他	塩素イオン mg/l		20,000	19,000	20,000	20,000	20,000	20,000
	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		<0.005					
	硝酸性窒素 mg/l		0.01					
	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							

資料 3 - 3. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2002 年度) S t . 3

St. 3	備考		2002年度					
	採取年月日		02/05/28	02/08/05	02/09/19	02/11/22	03/01/15	03/03/14
一般項目	採取時刻		12:26	10:30	11:06	10:59	10:10	10:05
	天候		晴	晴	晴	晴	晴	晴
	気温 °C		24.6	22.3	31.4	13.3	13.9	14.5
	水温 °C		22.3	27.6	26.7	18.5	17.2	15.9
	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
	臭気		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
	全水深 m		17.1	15.9	14.7	16.7	17.3	17.5
	透明度 m		7.0	11.0	9.0	16.0	12.0	8.0
	濁度 mg/l							
	生活環境項目	pH	8.2	8.1	8.3	8.2	8.2	8.3
		DO mg/l	10.8	7.6	7.3	7.9	8.4	9.1
		BOD mg/l						
		COD mg/l	1.2	1.4	1.1	1.2	<0.5	<0.5
		SS mg/l						
		大腸菌群数 MPN/100ml	8		<0.2		5	
		n-ヘキサン抽出物質 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					
	全シアン mg/l							
	鉛 mg/l		<0.002					
	六価クロム mg/l		<0.02					
	砒素 mg/l		<0.005					
	総水銀 mg/l		<0.0005					
	アルキル水銀 mg/l							
	PCB mg/l		<0.0005					
特殊項目	硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l		<0.01					
	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							
その他	塩素イオン mg/l		19,000	19,000	18,000	19,000	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		<0.005					
	硝酸性窒素 mg/l		<0.01					
	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							

資料 3 - 3. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2003 年度) S t . 3

St. 3		備考	2003年度						濁りあり
		採取年月日	03/05/20	03/07/04	03/09/05	03/11/14	04/01/09	04/03/01	
		採取時刻	10:58	10:45	10:35	11:00	10:04	9:24	
一般項目		天候	薄曇	曇	晴	晴	晴	曇	
		気温 °C	25.7	28.3	34.9	21.2	14.3	11.2	
		水温 °C	21.5	24.5	29.6	22.1	19.2	16.6	
		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	
		臭気	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	
		全水深 m	17.2	17.0	16.0	16.4	16.3	16.8	
		透明度 m	8.5	2.5	11.0	8.0	>16.3	3.0	
		濁度 mg/l							
		pH	8.2	8.2	8.2	8.2	8.3	8.1	
生活環境項目		DO mg/l	8.1	7.3	7.8	7.7	8.2	8.5	
		BOD mg/l							
		COD mg/l	0.9	1.1	1.5	0.8	0.9	0.8	
		SS mg/l							
		大腸菌群数 MPN/100ml	23		4		<0.2		
		n-ヘキサン抽出物質 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						
		全シアン mg/l							
		鉛 mg/l	<0.002						
		六価クロム mg/l	<0.02						
		砒素 mg/l	<0.005						
		総水銀 mg/l	<0.0005						
		アルキル水銀 mg/l							
		PCB mg/l	<0.0005						
特殊項目		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	0.02						
		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							
その他		塩素イオン mg/l	19,000	20,000	21,000	20,000	20,000	20,000	
		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	<0.005						
		硝酸性窒素 mg/l	0.02						
		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							

資料 3 - 4. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2002 年度) S t . 4

St. 4		備考	2002年度			
一般項目		採取年月日	02/05/28	02/08/05	02/09/19	03/01/15
		採取時刻	12:21	10:45	11:12	10:17
		天候	晴	晴	晴	晴
		気温 °C	24.8	26.2	31.9	16.4
		水温 °C	22.5	27.9	26.6	17.1
		色相	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明
		臭気	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
		全水深 m	21.8	21.5	23.0	22.3
		透明度 m	8.5	16.0	13.0	10.0
生活環境項目		濁度 mg/l				
		pH	8.2	8.0	8.2	8.2
		DO mg/l	10.6	8.4	7.6	8.4
		BOD mg/l				
		COD mg/l	1.1	1.7	1.1	<0.5
		SS mg/l				
		大腸菌群数 MPN/100ml		23		8
		n-ヘキサン抽出物質 mg/l				
健康項目		全窒素 mg/l				
		全リン mg/l				
		カドミウム mg/l	<0.005			
		全シアン mg/l				
		鉛 mg/l	<0.002			
		六価クロム mg/l	<0.2			
		砒素 mg/l	<0.005			
		総水銀 mg/l	<0.0005			
特殊項目		アルキル水銀 mg/l				
		PCB mg/l	<0.0005			
		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	<0.01			
		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				
その他		クロム mg/l				
		フッ素 mg/l				
		塩素イオン mg/l	19,000	19,000	18,000	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	<0.005			
		硝酸性窒素 mg/l	<0.01			
		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				

資料 3 - 4. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2003 年度) S t . 4

St. 4		備考	2003年度			
一般項目		採取年月日	03/05/20	03/07/04	03/09/05	04/01/09
		採取時刻	11:04	10:50	10:41	10:10
		天候	晴	曇	晴	晴
		気温 °C	28.9	29.5	36.5	13.1
		水温 °C	21.8	24.3	29.7	19.4
		色相	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明
		臭気	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
		全水深 m	23.2	17.0	22.3	23.0
		透明度 m	10.0	7.0	16.0	>23.0
生活環境項目		濁度 mg/l				
		pH	8.2	8.2	8.2	8.3
		DO mg/l	8.6	7.4	7.2	8.2
		BOD mg/l				
		COD mg/l	0.8	1.1	1.4	0.6
		SS mg/l				
		大腸菌群数 MPN/100ml	3			
		n-ヘキサン抽出物質 mg/l	2			
		全窒素 mg/l				
		全リン mg/l				
健康項目		カドミウム mg/l	<0.005			
		全シアン mg/l				
		鉛 mg/l	<0.002			
		六価クロム mg/l	<0.02			
		砒素 mg/l	<0.005			
		総水銀 mg/l	<0.0005			
		アルキル水銀 mg/l				
		PCB mg/l	<0.0005			
特殊項目		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	0.01			
		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				
その他		塩素イオン mg/l	19,000	20,000	20,000	20,000
		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	<0.005			
		硝酸性窒素 mg/l	0.01			
		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				

資料 3 - 5. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2002 年度) S t . 5

St. 5		備考	2002年度			
一般項目		採取年月日	02/05/28	02/08/05	02/09/19	03/01/15
		採取時刻	12:14	10:50	11:17	10:24
		天候	晴	晴	晴	晴
		気温 °C	24.9	26.0	32.8	18.1
		水温 °C	22.4	28.0	26.1	16.9
		色相	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明
		臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
		採取水深 m	上層	上層	上層	上中層混合
		全水深 m	2.3	3.7	3.7	5.1
		透明度 m	>2.3	>3.7	>3.7	>5.1
生活環境項目		濁度 mg/l				
		pH	8.2	8.1	8.3	8.2
		DO mg/l	10.8	8.5	8.1	8.6
		BOD mg/l				
		COD mg/l	1.1	1.3	1.1	1.4
		SS mg/l				
		大腸菌群数 MPN/100ml		23		27
		n-ヘキサン抽出物質 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			
		全シアン mg/l				
		鉛 mg/l	<0.002			
		六価クロム mg/l	<0.02			
		砒素 mg/l	<0.005			
		総水銀 mg/l	<0.0005			
		アルキル水銀 mg/l				
		PCB mg/l	<0.0005			
特殊項目		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	<0.01			
		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				
その他		塩素イオン mg/l	19,000	17,000	17,000	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				
		クロロフィル-a mg/l				
		LAS mg/l				
		油分 mg/l				

資料 3 - 5. 高知県公共用水域の水質測定結果 (2003 年度) S t . 5

St. 5		備考	2003年度			
一般項目		採取年月日	03/05/20	03/07/04	03/09/05	04/01/09
		採取時刻	11:10	10:57	10:46	10:16
		天候	雲	雲	晴	晴
		気温 °C	26.3	29.8	35.8	16.8
		水温 °C	21.6	24.2	29.4	18.2
		色相	無色透明	無色透明	無色透明	無色透明
		臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
		採取水深 m	上中層混合	上中層混合	上層	上層
		全水深 m	5.1	6.0	4.8	4.9
		透明度 m	4.0	2.5	>4.8	>4.9
生活環境項目		濁度 mg/l				
		pH	8.2	8.2	8.2	8.3
		DO mg/l	9.0	7.6	7.0	8.6
		BOD mg/l				
		COD mg/l	1.4	1.4	1.7	1.0
		SS mg/l				
		大腸菌群数 MPN/100ml	540			
		n-ヘキサン抽出物質 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			
		全シアン mg/l				
		鉛 mg/l	<0.002			
		六価クロム mg/l	<0.02			
		砒素 mg/l	<0.005			
		総水銀 mg/l	<0.0005			
		アルキル水銀 mg/l				
		PCB mg/l	<0.0005			
特殊項目		硝酸性及び亜硝酸性窒素 mg/l	0.02			
		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				
その他		塩素イオン mg/l	19,000	19,000	19,000	20,000
		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	<0.005			
		硝酸性窒素 mg/l	0.02			
		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				

SPSS簡易測定法とその解説

大見謝辰男

Convenient Measuring Method of Content of Suspended Particles in Sea Sediment

Tatsuo OMIJA

Abstract : Since its administrative restoration to Japan in 1972, Okinawa has discharged a large amount of its soil into the surrounding ocean. As a result of this Okinawa's beautiful and arguably necessary coral reefs are being irrevocably damaged. This is having dire effects on the nearby ecosystem. In 1985 a method of monitoring the soil run-off was developed and named SPSS (content of Suspended Particles in Sea Sediment) Convenient Measuring Method. It is now the accepted method of soil sedimentation monitoring in the Okinawa Prefecture. This method has several key advantages and these are fast measuring times, mobile and simple operation and no special equipment is required. Several organizations regularly implement SPSS; namely educational establishments, the fishery commission, environmental groups and other administrative bodies.

The SPSS method is as follows:

- * Sieve the sample to remove any shells, pebbles and other unwanted debris.
- * Place between 5-100ml of the sample into a bottle and add clean water so there is 500ml of solution.
- * Shake and stand for one minute.
- * Measure the transparency of the solution and perform the appropriate calculation.

Key words : 土壌流出、サンゴ礁、底質、堆積、簡易測定

I はじめに

沖縄県では、1972年の日本復帰後、大型開発工事があいついで進められ、工事現場から流出した赤土等（土壌ばかりでなく泥岩も含む）は沖縄各地海域の環境を悪化させた。この現象は赤土汚染とよばれ、海域生態系ばかりでなく水産業や観光産業にも悪い影響を及ぼした。沖縄県衛生環境研究所では、1983年より干潟やサンゴ礁海域における赤土汚染モニタリング手法の開発に取り組んだ。1985年に、海域の底質を用いて簡便な器材や手法で赤土等堆積の度合いを測定する「底質中の赤土（微粒子）濃度簡易測定法」が完成したり、その後「赤土（微粒子）濃度」の呼称を「懸濁物質含量」に改め、さらに近年の国際交流促進に伴いSPSS（content of Suspended Particles in Sea Sediment）の略称も併用している。

SPSS簡易測定法は、行政や大学の調査研究のみならず、漁場管理や小中学校での環境教育などで活用されている。さらに、サンゴ礁を抱える発展途上国への国際協力事業団研修でも技術移転しており、今後さらに普及し

ていくものと思われる。SPSS簡易測定法を用いて調査する際に、測定時の誤差を小さくし、より適切な解析結果を得るため、ここでは標準的測定手法を成文化し解説を加え、資料編として掲載する。

II 採泥

1. 採泥時期

赤土等の流出がみられる海域では、一般的に梅雨の直後に赤土等堆積（SPSS）のピークが出現する。また、沿岸の地形が外海に開放的で、台風や季節風による強い波が発生する海域では、堆積泥の巻き上げ・移動が生じてSPSSは減少する¹⁾。年間を通して数回採泥し、SPSS季節変動を把握するのが望ましいが、年1回の調査であれば、SPSSの最高値が把握できる時期を選ぶ。

2. 採泥地点

海岸線の波打ち際は常時波で洗われており、赤土等が堆積しにくいので採泥地点からはずす。

概況調査時は河口や排水口周辺に3地点ほど採泥地点を設ける。地点の選定は、外観が最も赤土等の堆積が著

しいと思われる地点と、これと比較する地点を含むようにする。

分布調査時は調査海域の広さや作業能力に応じてメッシュで採泥地点を設定し、河口等の堆積泥の分布状況が変化しやすい場所等においては必要に応じ採泥地点を増加する。

3. 採泥方法

干潟では大潮の最干潮時±2時間以内にスコップで複数回底質を採取し、500mlプラスチック容器に移す。

水深30m以内の海域では、水深に応じてシュノーケルや潜水器具を用い採泥作業を行う。スコップで採取した底質を、底質中の懸濁物質が海中に散逸しないように500mlプラスチック容器に移す作業を複数回繰り返した後、蓋で密閉して持ち帰る。

船上からの採泥は、底質が泥状であればエクマンバージ式などのグラブ採泥器、サンゴ礁混じりの時はカンナドレッジ採泥器を用いる。採泥器から底質をビニール袋に移し、静置して懸濁物質を沈殿させ、上澄みをよく切った後、底質を500mlプラスチック容器に移す。

III 測定方法

1. 結果の表示

2 前処理を行った底質の試料容量あたりの懸濁物質質量(kg/ml)で、有効数字3桁まで表示するが、最小桁を小数点第1位とする。検出限界値を0.4 kg/mlとする。

2. 底質の前処理

採取した底質の懸濁物質を沈殿させた後、上澄みをよく切り、500mlプラスチック容器内の底質全量を4mm目のふるいに通し、小石や貝殻などを除去して試料とする。

3. 操作(図1)

(1) 試料5mlを計量スプーンで量り取り、漏斗を上に乗せた500mlボトルに水道水で流し込み、水道水を加えて500mlにメスアップする。

(2) 500mlボトルに栓をして激しく振り混ぜる。

(3) 1分間静置した後の水層を検水とする。

(4) 検水を30cm透視度計いっぱいに注ぎ、透視度を計測する。

(5) 透視度が30cmを超える時は、(1) 試料を適宜増量して透視度が5～30cmの範囲に収まるよう調整する。ただし、試料の量は、最大100mlとする。

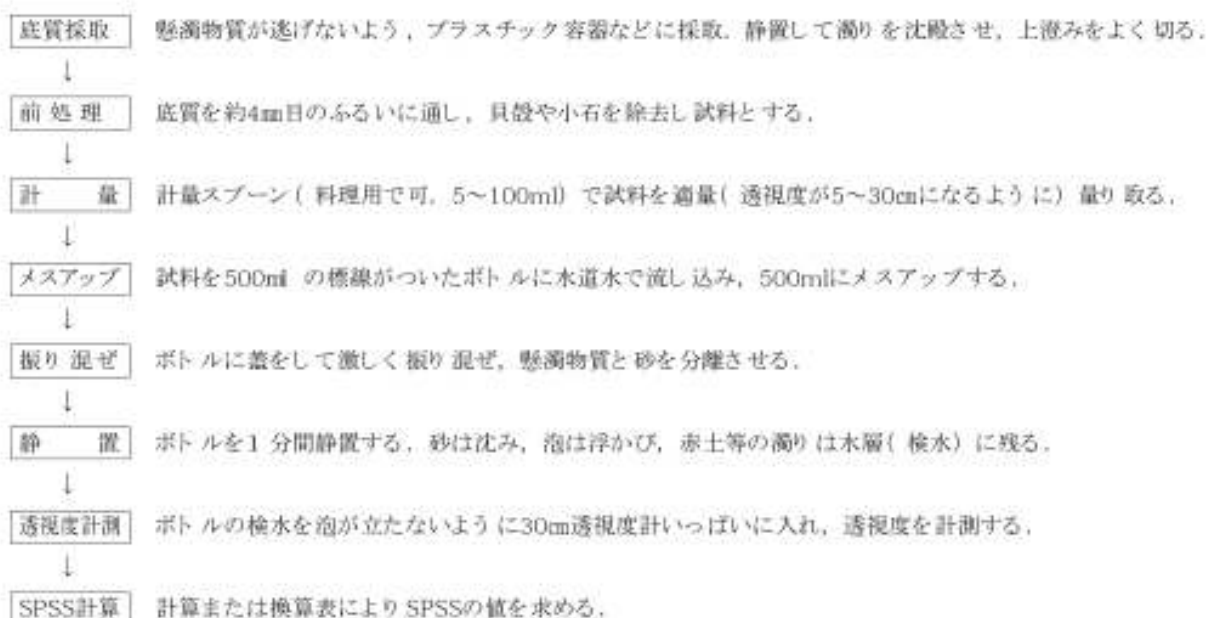


図1 SPSS簡易測定法

SPSS:content of Suspended Particls in Sea Sediment

SPSSの和訳は底質中懸濁物質含量、サンゴ礁海域の底質は大部分がサンゴ等の生物由来でできた砂で、流出してきた土壌粒子と粒径が異なる。これを利用し、底質1mlあたりに懸濁物質(赤土等)として何kg含まれているかを求める。

(6) 透視度が5cm未満の時は、(2)激しく振り混ぜた後、透視度が5～30cmになるよう手早く適量分取し、別の500mlボトルに移し水道水を加えて500mlにメスアップした後、(2)以下の操作を行う。

4. SPSSの算出

(1) 計算式

次式を用いて、計算によりSPSSを算出する。

$$C = (1718 \div T - 17.8) \div S \times D \cdots \cdots \textcircled{1}$$

C: SPSS (kg/ml)

T: 透視度 (cm)

S: 検査に用いた底質試料の容量 (ml)

D: 希釈倍率 (希釈なしの時は1)

(2) 換算表

①式を用いて作成した換算表(表1)よりSPSSを求める。

IV SPSS簡易測定法の解説

1. 測定原理

通常、沖縄沿岸海域の底質は造礁サンゴ(炭酸カルシウムで骨格を作るイシサンゴ、以下、サンゴと称す)など海産生物の遺骸が砂になったものが大半を占めており、比較的粒度がそろっている。そして、底質中には生物活動など自然由来の粒径が小さな懸濁物質がいくらか混在している。海域に濁水が流れ込んで赤土等が堆積すると、底質中に懸濁物質が増加してくる。底質を採取し、ボトルに入れて水を加えてよく振り混ぜしばらく静置すると、ストークスの理論に基づき、相対的に粒径が大きな砂は速く沈降し、細かな懸濁物質は分離され水層に残る。水層の濁りを計測することでSPSSを求め、赤土等堆積のめやすにする。

2. 採泥

SPSSの季節変動が大きい海域では、SPSSの年間最高値がサンゴ群落の種の組成や被度(生きているサンゴが海底を覆っている割合)の制限因子になっている⁹⁾。このため、採泥はSPSSの年間最高値が得られる時期を逃さないように設定するのが望ましい。

水中で採泥するときは、底質から水中に散逸する懸濁物質を最少に抑えるようていねいに作業する。スコップは、角型のペットボトルの下部を斜めに切り落として作ることができる。底質を入れる500mlプラスチック容器は、ゴムパッキン付の弁当箱などが使用しやすい。

船上から採泥器を用いて採泥する時は、底質の状況を判断して器材を選定する。一般的に、サンゴ礁の海底はサンゴれきが散在しており、エクマンバージ式などのグ

ラブ採泥器はサンゴれきが歯に挟まって採泥できない場合が多い。このような海域では、カンナドレッジ採泥器を動力船で引っ張り採泥する。その際、サンゴ群落などを損傷しないよう気をつけるのは言うまでもない。

3. 底質の前処理

環境省が示した底質調査法¹⁰⁾では、2mm目ふるい使用を標準にしているが、水分を含んでいるサンゴ砂底質は2mm目ではふるい分けにかなりの時間がかかるので、4mm目のふるいを用いる。ふるい目のサイズが4mmに近い園芸用ふるいでも十分に使用できる。

4. 操作

前処理をした底質試料表層にまだ水分がにじみ出ている時は、上水をよく切ってから操作に入る。計量スプーンの容量は正確でないことが多いので、計量スプーンに水を入れ、その水の重さを量ることで容量を補正できる。計量スプーンは市販の調理用が安価で入手しやすい。1983年11月～2003年5月に沖縄県内各地海域で採泥された3552件のSPSSデータ分布を調べたところ、5mlの計量スプーンがあれば全体の82%の測定が可能であった。これ以外に、25ml、100mlの計量容器を準備しておくとう便利である。

測定で用いる500mlボトルは、清涼飲料水容器のペットボトルが使用しやすい。あらかじめメスシリンダーで水を500ml計ってペットボトルに入れ、マジックインキなどで標線を記しておく。また、ペットボトルの口に入る漏斗も準備する。500mlにメスアップする水は、十分に透明度があれば雨水や地下水などでもよい。

試料と水を入れた500mlボトルの栓を閉め激しく振とうすると、試料の間隙に含まれていた懸濁物質が水層に移る。1分間静置すると気泡は浮き上がり、粒径が大き

いサンゴ砂は沈降

し、水層に懸濁物質が残って分離される

(検水)。赤土等の堆

積が著しいほど検水の濁りが濃くなる。

この濁りの度合いを透視度計で計る。

透視度計の規格や使用法はJIS K0102 工場排水試験法に示されている¹¹⁾。

透視度計は30cmのガラスの筒で、水の濁りを

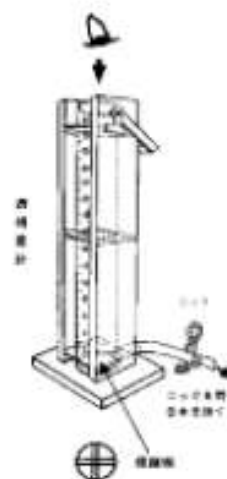


図2 透視度計

表1 SPSS換算表 (kg/m³)

底質試料量 (ml)	100	25	10	5	5	5	5
檢水分取量 (ml)	-	-	-	-	100	50	20
希釈倍率 (倍)	1	1	1	1	5	10	25
透視度 (cm)	30.0	0.4	1.6	3.9	7.9	39.5	78.9
	29.8	0.4	1.6	4.0	8.0	39.9	79.7
	29.6	0.4	1.6	4.0	8.0	40.2	80.5
	29.4	0.4	1.6	4.1	8.1	40.6	81.3
	29.2	0.4	1.6	4.1	8.2	41.0	82.1
	29.0	0.4	1.7	4.1	8.3	41.4	82.9
	28.8	0.4	1.7	4.2	8.4	41.9	83.7
	28.6	0.4	1.7	4.2	8.5	42.3	84.5
	28.4	0.4	1.7	4.3	8.5	42.7	85.4
	28.2	0.4	1.7	4.3	8.6	43.1	86.2
	28.0	0.4	1.7	4.4	8.7	43.6	87.1
	27.8	0.4	1.8	4.4	8.8	44.0	88.0
	27.6	0.4	1.8	4.4	8.9	44.4	88.9
	27.4	0.4	1.8	4.5	9.0	44.9	89.8
	27.2	0.5	1.8	4.5	9.1	45.4	90.7
	27.0	0.5	1.8	4.6	9.2	45.8	91.7
	26.8	0.5	1.9	4.6	9.3	46.3	92.6
	26.6	0.5	1.9	4.7	9.4	46.8	93.6
	26.4	0.5	1.9	4.7	9.5	47.3	94.6
	26.2	0.5	1.9	4.8	9.6	47.8	95.5
	26.0	0.5	1.9	4.8	9.7	48.3	96.6
	25.8	0.5	2.0	4.9	9.8	48.8	97.6
	25.6	0.5	2.0	4.9	9.9	49.3	98.6
	25.4	0.5	2.0	5.0	10.0	49.8	99.7
	25.2	0.5	2.0	5.0	10.1	50.4	101
	25.0	0.5	2.0	5.1	10.2	50.9	102
	24.8	0.5	2.1	5.1	10.3	51.5	103
	24.6	0.5	2.1	5.2	10.4	52.0	104
	24.4	0.5	2.1	5.3	10.5	52.6	105
	24.2	0.5	2.1	5.3	10.6	53.2	106
	24.0	0.5	2.2	5.4	10.8	53.8	108
	23.8	0.5	2.2	5.4	10.9	54.4	109
	23.6	0.5	2.2	5.5	11.0	55.0	110
	23.4	0.6	2.2	5.6	11.1	55.6	111
	23.2	0.6	2.3	5.6	11.3	56.3	113
	23.0	0.6	2.3	5.7	11.4	56.9	114
	22.8	0.6	2.3	5.8	11.5	57.6	115
	22.6	0.6	2.3	5.8	11.6	58.2	116
	22.4	0.6	2.4	5.9	11.8	58.9	118
	22.2	0.6	2.4	6.0	11.9	59.6	119
	22.0	0.6	2.4	6.0	12.1	60.3	121
	21.8	0.6	2.4	6.1	12.2	61.0	122
	21.6	0.6	2.5	6.2	12.3	61.7	123
	21.4	0.6	2.5	6.2	12.5	62.5	125
	21.2	0.6	2.5	6.3	12.6	63.2	126
	21.0	0.6	2.6	6.4	12.8	64.0	128
	20.8	0.6	2.6	6.5	13.0	64.8	130
	20.6	0.7	2.6	6.6	13.1	65.6	131
	20.4	0.7	2.7	6.6	13.3	66.4	133
	20.2	0.7	2.7	6.7	13.4	67.2	134
	20.0	0.7	2.7	6.8	13.6	68.1	136
	19.8	0.7	2.8	6.9	13.8	69.0	138
	19.6	0.7	2.8	7.0	14.0	69.9	140
	19.4	0.7	2.8	7.1	14.2	70.8	142
	19.2	0.7	2.9	7.2	14.3	71.7	143
	19.0	0.7	2.9	7.3	14.5	72.6	145
	18.8	0.7	2.9	7.4	14.7	73.6	147
	18.6	0.7	3.0	7.5	14.9	74.6	149
	18.4	0.8	3.0	7.6	15.1	75.6	151
	18.2	0.8	3.1	7.7	15.3	76.6	153
	18.0	0.8	3.1	7.8	15.5	77.6	155
	17.8	0.8	3.1	7.9	15.7	78.7	157
	17.6	0.8	3.2	8.0	16.0	79.8	160
	17.4	0.8	3.2	8.1	16.2	80.9	162
	17.2	0.8	3.3	8.2	16.4	82.1	164
	17.0	0.8	3.3	8.3	16.7	83.3	167
	16.8	0.8	3.4	8.4	16.9	84.5	169
	16.6	0.9	3.4	8.6	17.1	85.7	171
	16.4	0.9	3.5	8.7	17.4	87.0	174
	16.2	0.9	3.5	8.8	17.6	88.2	176
	16.0	0.9	3.6	9.0	17.9	89.6	179
	15.8	0.9	3.6	9.1	18.2	90.9	182
	15.6	0.9	3.7	9.2	18.5	92.3	185
	15.4	0.9	3.8	9.4	18.8	93.8	188
	15.2	1.0	3.8	9.5	19.0	95.2	190

底質試料量 (ml)	100	25	10	5	5	5	5
檢水分取量 (ml)	-	-	-	-	100	50	20
希釈倍率 (倍)	1	1	1	1	5	10	25
透視度 (cm)	15.0	1.0	3.9	9.7	19.3	96.7	193
	14.8	1.0	3.9	9.8	19.7	98.3	197
	14.6	1.0	4.0	10.0	20.0	99.9	200
	14.4	1.0	4.1	10.2	20.3	102	203
	14.2	1.0	4.1	10.3	20.6	103	206
	14.0	1.0	4.2	10.5	21.0	105	210
	13.8	1.1	4.3	10.7	21.3	107	213
	13.6	1.1	4.3	10.9	21.7	109	217
	13.4	1.1	4.4	11.0	22.1	110	221
	13.2	1.1	4.5	11.2	22.5	112	225
	13.0	1.1	4.6	11.4	22.9	114	229
	12.8	1.2	4.7	11.6	23.3	116	233
	12.6	1.2	4.7	11.9	23.7	119	237
	12.4	1.2	4.8	12.1	24.1	121	241
	12.2	1.2	4.9	12.3	24.6	123	246
	12.0	1.3	5.0	12.5	25.1	125	251
	11.8	1.3	5.1	12.8	25.6	128	256
	11.6	1.3	5.2	13.0	26.1	130	261
	11.4	1.3	5.3	13.3	26.6	133	266
	11.2	1.4	5.4	13.6	27.1	136	271
	11.0	1.4	5.5	13.8	27.7	138	277
	10.8	1.4	5.7	14.1	28.3	141	283
	10.6	1.4	5.8	14.4	28.9	144	289
	10.4	1.5	5.9	14.7	29.5	147	295
	10.2	1.5	6.0	15.1	30.1	151	301
	10.0	1.5	6.2	15.4	30.8	154	308
	9.9	1.6	6.2	15.6	31.1	156	311
	9.8	1.6	6.3	15.8	31.5	158	315
	9.7	1.6	6.4	15.9	31.9	159	319
	9.6	1.6	6.4	16.1	32.2	161	322
	9.5	1.6	6.5	16.3	32.6	163	326
	9.4	1.6	6.6	16.5	33.0	165	330
	9.3	1.7	6.7	16.7	33.4	167	334
	9.2	1.7	6.8	16.9	33.8	169	338
	9.1	1.7	6.8	17.1	34.2	171	342
	9.0	1.7	6.9	17.3	34.6	173	346
	8.9	1.8	7.0	17.5	35.0	175	350
	8.8	1.8	7.1	17.7	35.5	177	355
	8.7	1.8	7.2	18.0	35.9	180	359
	8.6	1.8	7.3	18.2	36.4	182	364
	8.5	1.8	7.4	18.4	36.9	184	369
	8.4	1.9	7.5	18.7	37.3	187	373
	8.3	1.9	7.6	18.9	37.8	189	378
	8.2	1.9	7.7	19.2	38.3	192	383
	8.1	1.9	7.8	19.4	38.9	194	389
	8.0	2.0	7.9	19.7	39.4	197	394
	7.9	2.0	8.0	20.0	39.9	200	399
	7.8	2.0	8.1	20.2	40.5	202	405
	7.7	2.1	8.2	20.5	41.1	205	411
	7.6	2.1	8.3	20.8	41.7	208	417
	7.5	2.1	8.5	21.1	42.3	211	423
	7.4	2.1	8.6	21.4	42.9	214	429
	7.3	2.2	8.7	21.8	43.5	218	435
	7.2	2.2	8.8	22.1	44.2	221	442
	7.1	2.2	9.0	22.4	44.8	224	448
	7.0	2.3	9.1	22.8	45.5	228	455
	6.9	2.3	9.2	23.1	46.2	231	462
	6.8	2.3	9.4	23.5	47.0	235	470
	6.7	2.4	9.5	23.9	47.7	239	477
	6.6	2.4	9.7	24.3	48.5	243	485
	6.5	2.5	9.9	24.7	49.3	247	493
	6.4	2.5	10.0	25.1	50.1	251	501
	6.3	2.5	10.2	25.5	51.0	255	510
	6.2	2.6	10.4	25.9	51.9	259	519
	6.1	2.6	10.6	26.4	52.8	264	528
	6.0	2.7	10.7	26.9	53.7	269	537
	5.9	2.7	10.9	27.3	54.7	273	547
	5.8	2.8	11.1	27.8	55.7	278	557
	5.7	2.8	11.3	28.4	56.7	284	567
	5.6	2.9	11.6	28.9	57.8	289	578
	5.5	2.9	11.8	29.5	58.9	295	589
	5.4	3.0	12.0	30.0	60.1	300	601
	5.3	3.1	12.3	30.6	61.3	306	613
	5.2	3.1	12.5	31.3	62.5	313	625
	5.1	3.2	12.8	31.9	63.8	319	638
	5.0	3.3	13.0	32.6	65.2	326	652

目視で読み取ることができる(図2)。

透視度が5cm以下では測定誤差が大きくなるので、検水を希釈して計測し、換算時に希釈倍率を補正する。試料を500mlボトルに入れてメスアップし振り混ぜた後、ボトルを握った指が透けて見えなければ検水が濃すぎるので希釈する。一方、透視度が30cmを超える時は、検査に用いる底質試料の量を増やして透視度が30cm以下になるように調整する。すなわち、透視度を5～30cmの範囲で、試料量を5～100mlの範囲で操作する。測定に使用する底質試料量、検水分取量とSPSSの範囲の関係を表2に示す。

表2 測定に用いる底質試料量・検水分取量とSPSSの範囲

試料量 (ml)	検水分取量 (ml)	希釈倍率 (倍)	SPSSの範囲 (kg/m ³)
100	-	1	0.4 ～ 3.3
25	-	1	1.6 ～ 13.0
10	-	1	3.9 ～ 32.6
5	-	1	7.9 ～ 65.2
5	100	5	39.5 ～ 326
5	50	10	78.9 ～ 652
5	20	25	197 ～ 1630

5. SPSSの算出

①式は、赤土(国頭マージ)の標準品を用いて赤土の量と透視度の関係の検量線を作成し、これより導き出した¹⁾。赤土標準品は次のように調整した。沖縄島北部の10地点から種々の赤土を採取して105～110℃で一晩乾燥し、0.074mmのふるいでシルト以下の粉末を得た。こ

透視度(cm)	44.5	36.8	24.4	14.8	10.2	7.6	5.4
透視度の逆数(cm ⁻¹)	0.022	0.027	0.041	0.068	0.098	0.132	0.185
赤土の量(g)	0.02	0.03	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30

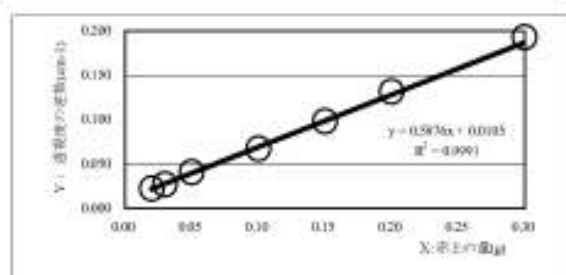


図3 赤土の量と透視度の逆数の検量線(1985/9/13に試験)透視度5cm以上では、赤土の量と透視度の逆数は原点を通らない直線を示す。

れをさらに105～110℃で2時間乾燥させた。このように調整した10地点の赤土粉末について、それぞれ赤土の量(g)と透視度(cm)の関係を求めた。10地点の赤土のうち、最も平均的値を示したのは大宜味村大園林道で採取した砂岩泥岩互層を母岩とする赤色土・黄色土の混合物であった。この赤土粉末を標準品とした。

濁りが強いほど透視度は小さくなる。一般的に、透視度5cm以上では、赤土の量と透視度の逆数は原点を通らない直線関係が得られる。赤土標準品と50cm透視度計を用いて得られた検量線の一例を図3に示す。

図1 SPSS換算表では、底質試料量が5、10、25、100mlの例を示している。計量スプーンの実際の容量がこれらと合致しない時の補正計算を次式で示す。

$$C = C' \times S' \div S \cdots \cdots \textcircled{2}$$

C: SPSS(kg/ m³)

C': 換算表でのSPSSの読み(kg/ m³)

S: 検査に用いた底質試料の実容量(ml)

S': 換算表で用いた底質試料量(ml)

6. データの解析

SPSS測定値は対数正規分布する⁴⁾ので、平均や標準偏差など統計値を求める時は、いったん対数に変換して計算を行うのが望ましい。平均値は幾何(相乗)平均で求めることになるが、表計算ソフトのエクセルでは、GEOMEANのコマンドで簡単に求められる。

また、SPSSの面的分布を表すコンター(等レベル曲線)を描く時も、測定値を対数に変換してから行う。

7. SPSS簡易測定法の特徴

長所としては、SPSSの実際の測定値と底質の外観などがよく対応しており(表3)、状況を説明しやすい。また、底質は水質と比べて安定しており、非降雨時に計画的に底質を採取できる。さらに、透視度計以外はペットボトルなど身の回りの道具で代用でき、操作が簡単で検査時間が短く、水道水のような清浄水があれば検査する場所を選ばないので、コストが安く経済的である(図4)。測定値の範囲が10⁻¹～10¹ kg/m³と幅広く、データが対数正規分布するので、目視による透視度計測の個人誤差はさほど問題にならない。以上のような利点から、SPSS簡易測定法は沖縄県における赤土汚染モニタリングの標準手法として位置付けられ、沖縄沿岸海域の赤土汚染関連調査に多用されている。

一方でいくつかの問題点もある。礁池のような海底の底質採取はシュノーケリングなどダイビングの技術が必要である。また、データの統計解析は対数換算した後に行うので、パソコンの表計算ソフトをある程度使いこな

せる能力が必要である。ちなみに、濁度や河川のSSなど赤土汚染関連の測定値はほとんどが対数正規分布する。

8. 備考

1989年に沖縄県水産業改良普及所から漁業者を対象としてSPSS簡易測定法の解説書⁹⁾が発行されているが、平易な言葉で理解しやすい。

インターネットでは、「沖縄県衛生環境研究所」→「赤土研究室」→「赤土汚染の話」と検索を進めればSPSS簡易測定法を閲覧できる。2003年9月現在のURLは、

<http://www.c-okinawa.co.jp/eikanken/akaturi/akahp/mokuji.htm>



図4 SPSS簡易測定法使用器材

表3 SPSSと底質状況、サンゴなどとの関係

SPSS kg/m^3			底質状況その他参考事項
下限	ランク	上限	
	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。
$0.4 \leq$	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。
$1 \leq$	3	<5	水中で砂をかき混ぜると懸濁物質の舞い上がり確認できる。生き生きとしたサンゴ礁生態系が見られる。
$5 \leq$	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。
$10 \leq$	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。
$30 \leq$	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。
$50 \leq$	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。
$200 \leq$	7	<400	干潟では靴底の模様がつく。赤土等の堆積が著しいがまだ砂を確認できる。樹枝状ミドリイ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。
$400 \leq$	8		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。

V 参考文献

- 1) 大見謝辰男(1987) 沖縄県の赤土汚染の調査研究(第2報)ー赤土汚染簡易測定法と県内各地における赤土濃度ー。沖縄県公害衛生研究所報, 20: 100-110.
- 2) 大見謝辰男・大山峰吉・池間修宏・八重山保健所衛生課・沖縄県水産業改良普及所・石垣市水産課・伊平屋村漁業協同組合・伊是名漁業協同組合・久米島漁業協同組合・恩納村漁業協同組合(1993) 沖縄県内各地の海域における赤土汚染の現状(第2報), 第23回沖縄県衛生監視員研究発表抄録, 沖縄県環境保健部, 50-60.
- 3) 財団法人沖縄県観光開発公社(1987) 県内主要ビーチにおける赤土汚染実態調査報告書, 14-16.
- 4) 大見謝辰男(1996) 赤土堆積がサンゴに及ぼす影響。沖縄県衛生環境研究所報, 30: 79-86.
- 5) 環境庁水質保全局水質管理課(1988) 改訂版底質調査方法とその解説, 社団法人日本環境測定分析協会, 東京都, p.3.
- 6) JIS K 0102(1998) 工場排水試験方法9, 透視度
- 7) 漁業公害調査指導事業テキスト 赤土汚染簡易測定法の手引き(1989) 沖縄県水産業改良普及所, 35pp

資料6. 平成15, 16年度スポットチェック結果(竜串)

2004年2月スポットチェック結果

地点 番号	地名	被度 %	生育型	加入*1 個/m ²	卓状ミドリイシ サイズ(cm)*2	白化率			オニヒトデ			貝食害 階級*3	大型魚類	地形	底質	水深 範囲	SPSS	
						全体	ミドリイシ	ミドリ死滅率	個体数	サイズ	範囲						測定値	階級
1	爪白	30	卓状ミドリイシ優占	0	150	0	0	0	0	-	-	I	ヒブダイ2, イロブダイ1, アオブダイ1	開放的内湾	岩/転石	2-6	116.7	6
2	弁天東	10	多種混成	<5	80	0	0	0	0	-	-	I	ヒブダイ1	内湾	岩/転石	2-6	116.7	6
3	桜浜	<5	多種混成	<5	100	0	0	0	0	-	-	I	ヒブダイ5, イロブダイ1	内湾	岩/転石	1-4	0.8	2
4	竜串	<5	卓状ミドリイシ優占	<5	70	0	0	0	0	-	-	I	ヒブダイ2, ブダイ1	内湾/岩礁	岩/転石/砂	1-5	55.4	6
5	大暮南	<5	卓状ミドリイシ優占	<5	50	0	0	0	0	-	-	I	ヒブダイ1, アオブダイ1	岩礁	岩/砂/砂	1-8	78.8	6
6	見残し	80	シコロサンゴ優占	0	-	<5	0	0	0	-	-	I	ユカタハク2	内湾	砂	0.5-2	235.7	7

○海底の様子・特記事項

1	爪白	海底は岩盤と転石で起伏が激しい。堆植物は藻が多い。双子岩と呼ばれる岩礁の周りがサンゴ被度高い。タワシウニ・ナガウニ多い。																
2	弁天東	弁天島から急傾斜で比較的平らな海底に落ち込む。沖側(南側)は起伏が大きい。塊状・被覆状のサンゴ、シコロ多い。岸上りにスギノキ・シコロ目立つ。																
3	桜浜	桜浜地先の岩礁。周囲には粒子の揃った粗い砂が堆積。ナガウニ、タワシウニ、ムラサキウニ多い。海藻類が多い。フクロノリ、カゴメノリが岩上を覆う。ニセフサノリ目立つ。																
4	竜串	砂岩が礫の層のように伸びた地形。シコロサンゴが目立つ。堆積した砂の表面を藍藻が覆う。卓状ミドリイシは50cm前後の大きさのものが主体。これまでで一番加入がある。シコロ目立つ。																
5	大暮南	東側強い。40cm以下のミドリイシが目立つ。やや新規加入あり。シコロ多い。オオトゲトサカ、オオイソバナ多い。																
6	見残し	湾奥には細かい砂が堆積。砂礫が露出。シコロサンゴ大群落の干出部白化死亡。ツマジロナガウニ、ガンガゼ多い。フクロノリ目立つ。																

2004年9-10月スポットチェック結果

地点 番号	地名	被度 %	生育型	加入*1 個/m ²	卓状ミドリイシ サイズ(cm)*2	白化率			オニヒトデ			貝食害 階級*3	大型魚類	地形	底質	水深 範囲	SPSS	
						全体	ミドリイシ	ミドリ死滅率	個体数	サイズ	範囲						測定値	階級
28	爪白	10	卓状ミドリイシ優占	1	86	0	0	0	0	-	-	I	-	開放的湾内	岩/礫	10	46.2	5b
29	弁天東	20	多種混成	1	26	0	0	0	0	-	-	I	-	開放的湾内	岩/転石	1-7	113.4	6
30	桜浜	15	多種混成	1	91	0	0	0	0	-	-	I	-	内湾	岩/砂	1-5	1.7	3
31	竜串西	20	多種混成	1	76	0	0	0	0	-	-	I	-	開放的湾内	岩/礫	1-6	60.3	6
32	竜串東	10	多種混成	1	68	0	0	0	0	-	-	I	-	開放的湾内	岩/砂/礫	1-5	158.3	6
33	大暮南	10	多種混成	1	54	0	0	0	0	-	-	I	-	開放的湾内	岩/転石/礫	1-4	21.0	5a

○海底の様子・特記事項

28	爪白	弁天島から西に約200m行った所にある定着板設置地点付近を調査。潮の流れが速かった。																
29	弁天東	弁天島の東側の定着板設置地点付近を調査。岸近くは卓状ミドリイシが多く、岸から離れた所では、キクメイシの仲間が多く見られる。波は穏やかで濁りが少なかった。																
30	桜浜	桜浜から南西に約200m行った所にある中島の定着板設置地点を中心に調査。岩盤の表面に卓状ミドリイシ、キクメイシの仲間が多く見られる。岩がない所は、海底が砂地でサンゴがない。																
31	竜串西	竜串の西側にある定着板設置地点付近を調査。岸から続く岩盤の表面に卓状ミドリイシ、キクメイシの仲間、被覆状サンゴなどが多く見られる。岸の近くは被度が高い傾向がある。																
32	竜串東	竜串の東側にある定着板設置地点付近を調査。地点No.31と同様。濁りがあるためSCUBA潜水で調査を行った。																
33	大暮南	大暮から南に約200m行った所にある定着板設置地点を中心に調査。キクメイシの仲間、卓状ミドリイシ、シコロサンゴなどが多い。海藻類、ウニ類は竜串海域の中で最も少ない。大暮と比べると少し濁りがある。																

*1 5cm以下のミドリイシ類群数

*2 長径上位5群体の平均値

*3 I:食痕目立たない II:小さな食痕、食害部のある群体数 III:食痕大きく、食害部のある群体目立つが、密集した貝集団は見られない IV:餓死群体が目立ち、貝集団が散見される