

第4章 藻場のモニタリング手法

(1) コドラート法

1) 必要資材

潜水機材、コドラート（1m×1m）（図 4-1）、耐水用紙、えんぴつ（ロケットえんぴつ等）、クリップボード（バインダー）、デジカメ、水深計の付いているダイバーズウォッチ。

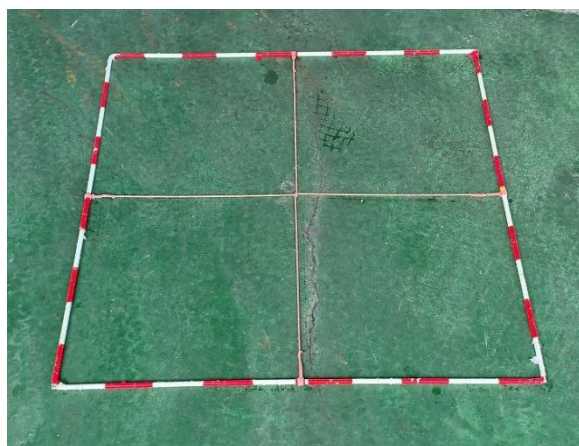


図 4-1 コドラート

2) 計測手順

調査は次の手順で行う。

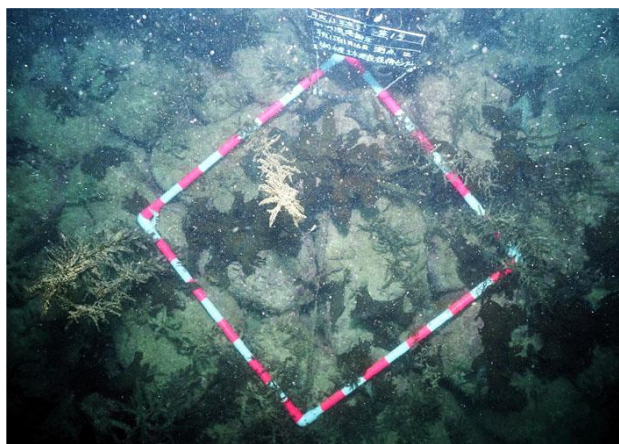


図 4-2 コドラートを海藻の上に設置した状況

- ① GPS 等を用いて、モニタリング定点へ船を移動する。
- ② 観察者はコドラートを持って海に潜り、海底にコドラートを設置する（図 4-2）。その際、岩の割れ目や段差、凹凸、砂礫の見られる場所はできるだけ避けて、コドラート内の環境が均一になる場所に設置する。

- ③ 海藻の種類ごとにコドラート内をどれだけ覆っているか記録する（図 4-3）。記録対象は大型海藻と小型海藻とし、殻状のサンゴモ類は対象外とする（または参考程度に記録しておく）。同時に裸地の占める割合と、海藻以外の固着動物（カキやフジツボ等）、植食動物（ウニ、小型巻貝）の有無（可能なら個体数）を記録する。もし、種類がわからない場合は、特徴（例えば、ホンダワラ類の幼体、無節サンゴモ等）を記録し、近接の写真を撮影、または標本を持ち帰って調べる。
- ④ 各種の被度は、耐水用紙に記録する。被度は百分率（%）で測定するが、困難な場合には階級値を用いる（図 4-4）。
- ⑤ 大型海藻は、藻体の高さ（葉体長）を計測する（図 4-5）。横臥するコンブ類は長さを計測する。
- ⑥ 写真はコドラート全体が写り込むように真上からと、真横からの撮影する（図 4-6～8）。撮影には、高性能のカメラよりハウジングがなくても水深 10m まで撮影可能なデジカメの方が使いやすい（図 4-9）。
- ⑦ 観察者は、複数の判読結果の平均をこの場所の被度とする。
- ⑧ 戻ってから、撮影した写真と観察時の被度を見直し、海藻種ごとに記録表へ記録する。表 4-1 は水産多面的事業で使用されている記録用紙である。

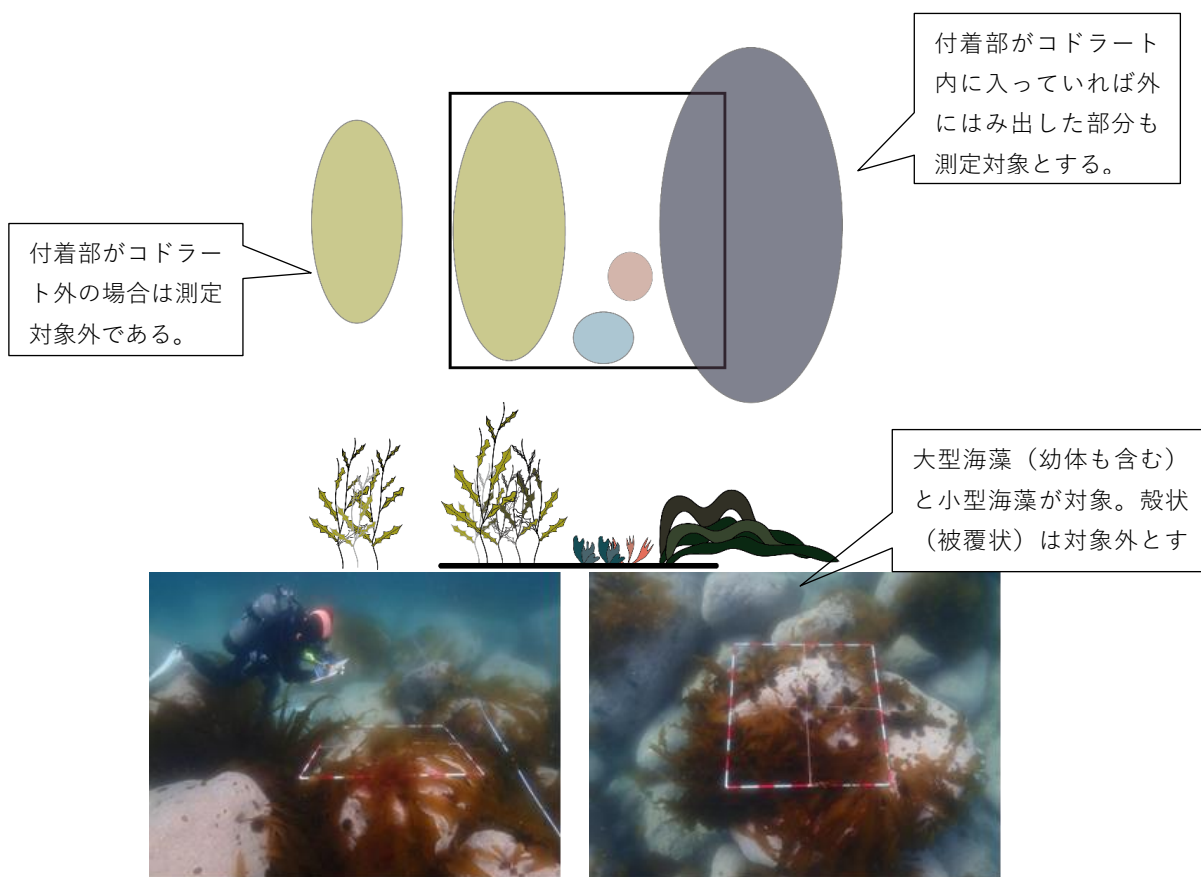


図 4-3 コドレート法による海藻被度の記録

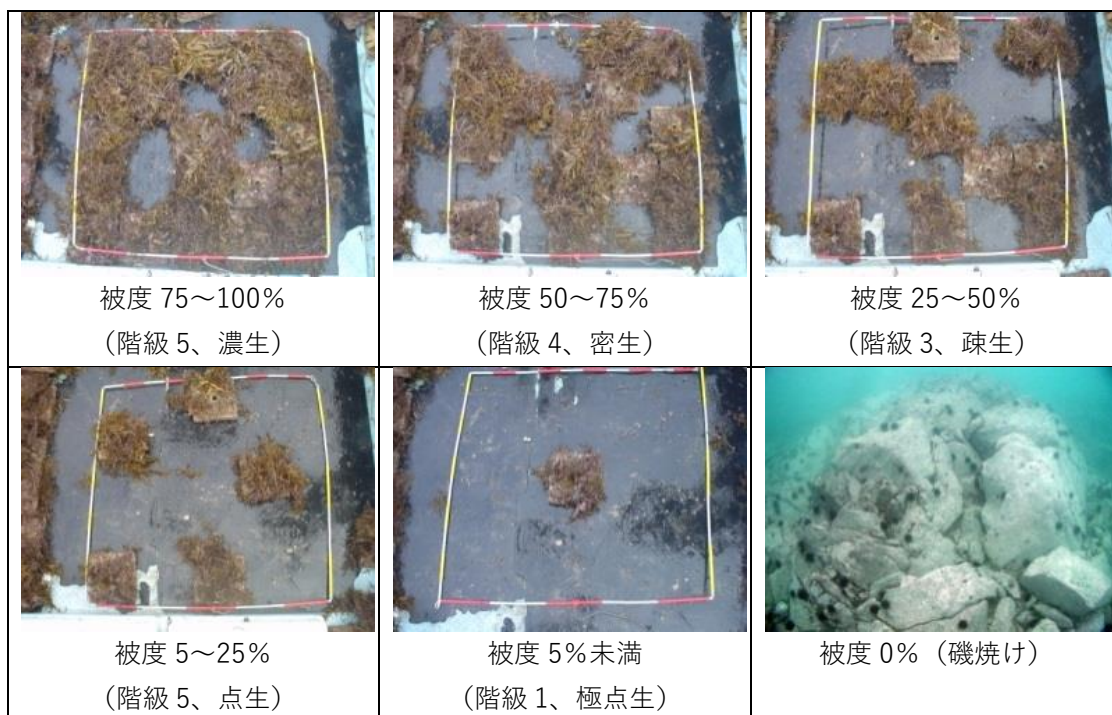


図 4-4 海藻の被度階級



図 4-5 藻体の計測イメージ

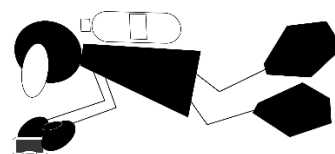


図 4-6 真上からの撮影イメージ

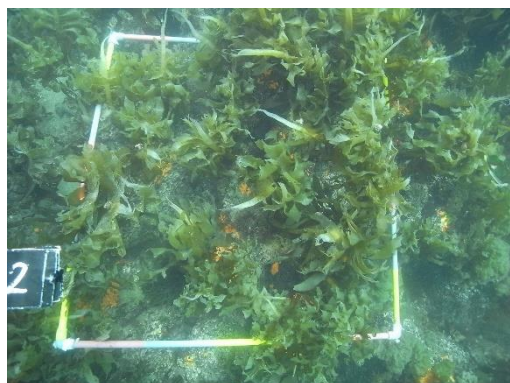


図 4-7 真上からの撮影例

図 4-8 真横からの撮影例



図 4-9 タイムラプス機能付きデジカメ (例)

デジカメの広角側の焦点距離の画角は、人間の視野よりやや狭い。そのため、撮影時は広角側で撮影する。

モニタリング結果整理表 (藻場の保全)

都道府県: _____ 市町村: _____
 活動組織名: _____ 記入者氏名: _____

●協定面積等
 協定面積: 10 ha 活動面積: 2 ha モニタリング年月日: 令和 年 月 日
 モニタリング方法: コドラート法 景観被度 その他()

●海藻・海藻群落の被度

定点番号	種別 ※1	活動内容 ※2	被度※3		主な海藻種	主な海藻種 の量	その他 (食害生物の個体数 等)
			(%)	階級			
L1-1	A	⑤	25		ホンダワラ類	150	ムラサキウニ5
L1-2	A	①⑤⑦	18		ホンダワラ類	120	ムラサキウニ2
L2-1	N		22		カジメ	60	ムラサキウニ2
L2-2	N		36		カジメ	50	ムラサキウニ2
L3-1	N		45		小型海藻類	10	ムラサキウニ2
L3-2	N		25		小型海藻類	10	ムラサキウニ2
L4-1	N		17		ホンダワラ類	80	ムラサキウニ15
L4-2	N		20		ホンダワラ類	100	ムラサキウニ7
L5-1	N		24		ホンダワラ類	150	ムラサキウニ4
L5-2	N		10		ホンダワラ類	60	ムラサキウニ10
平均値 (%)			24.2				

※1 A: 活動区(協定面積内で実質的な活動を行った場所)、N: 非活動区(協定面積内で活動を行っていない場所)
 ※2 活動区で実施した活動内容の番号を以下から選択して記入
 ※3 各モニタリング定点の被度(%)または被度階級を記入

【活動内容】

① 母藻の設置	⑥ 食害生物の除去(魚類)	⑪ 流域における植林
② 海藻の種苗生産	⑦ 保護区域の設定	⑫ 浮遊・堆積物の処理
③ 海藻の種苗投入	⑧ ウニの密度管理	⑬ その他特認活動
④ アマモの移植及び播種	⑨ 栄養塩の供給	
⑤ 食害生物の除去(ウニ類)	⑩ 岩盤清掃	

●海藻群落(藻場)面積(計測している場合に記入)
 _____ ha 測定方法: _____

●その他、活動に伴って増加した水産有用種等
 (種名) _____ (詳細) _____

表 4-1 記録用紙 (例)

<コラム5>水中ドローンを用いた被度の計測

香川県さぬき市の鴨庄漁協活動組織（以下、活動組織）は、令和2年度まで、干潮時を狙って目視観察でアマモの被度を把握していた（図1を参照）。しかし、保全活動海域がノリ漁場（12月～7月まで）であるため、ロープが張り巡らされており、モニタリングが難しかった（図2を参照）。この課題に対処するため、令和3年度からは、近隣の徳島文理大学を構成員に加え、水中ドローン（図3を参照）を利用して被度の調査を実施することにした。この方法では、モニタリング地点にコドラートを投げ込み、水中ドローンでコドラートを見つけ出し、真上から写真を撮影している。大学からは、教員と学生1名がオペレータとして参加し、大学へ戻ってパソコンに撮影した画像を取り込み、被度を判読して記録した。

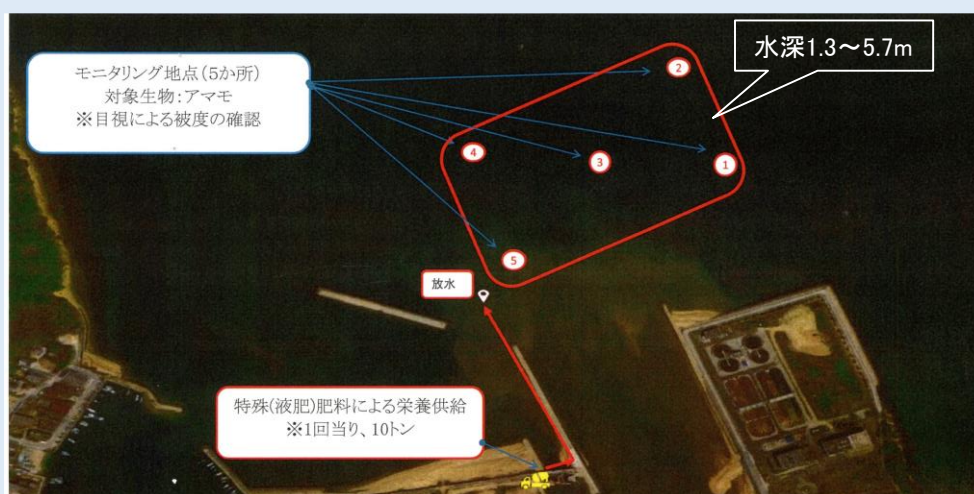


図1 赤色枠内が保全活動面積（2.5ha）

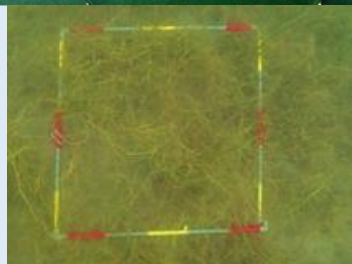


図2 ノリ漁場の下にあるアマモ場



【主な仕様と価格】

最大潜航：100m、稼働時間：2時間
 最大速度：3ノット、カメラ：4Kカメラ
 価格：45万円（付属品含）

図3 水中ドローン（チェイシングM）

(2) 景観被度法

1) 必要資材

潜水道具（マスク、シュノーケル、フィン）、耐水用紙、えんぴつ（ロケットえんぴつ等）、クリップボード（バインダー）、デジカメ。

2) 計測手順

- ① GPS 等を使用して、モニタリング定点へ船を移動する。
- ② 観察者は海に入り、モニタリング定点周辺を遊泳する。
- ③ モニタリング定点の代表的な地点から、水面または水深の半分くらいまでの海中を斜め下に見下ろす角度で、景観 4 方（例として東西南北、同じ水深帯で周辺の 4 点）に対して観察する（図 4-10）。見える大型海藻、小型海藻、その他（無節サンゴモ、付着動物、裸地、砂地）の 3 つに分けて被度を記録する（3 分類の合計被度は 100%になる）。視認可能であれば、植食動物の有無も記録する。撮影に際しては、水中では画角が狭くなるため、ズームにしない広角側（焦点距離が 24～28mm）で撮影する。また、浮遊物が写らないようにするため、ストロボは発光させない（透明度が悪い場合はモニタリングを行わない方が望ましい）。

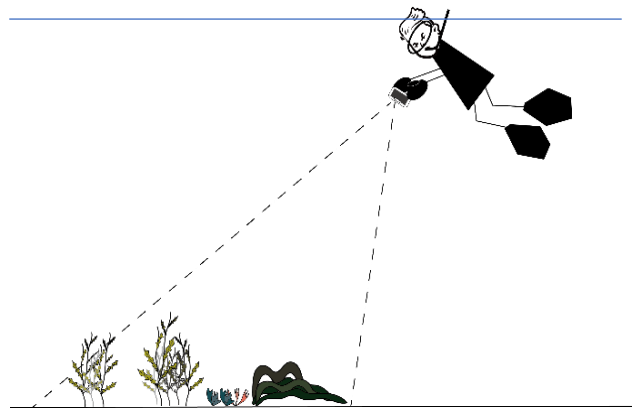


図 4-10 景観被度法

- ④ 可能であれば、大型海藻の藻体の高さ（葉体長）を計測する。
- ⑤ 観察者は、複数の判読結果の平均をこの場所の被度とする。
- ⑥ 戻ってから、撮影した写真と観察時の被度を見直し、海藻種ごとに記録表へ記録する。

(3) 船上からの景観被度法

1) 必要資材

耐水用紙、えんぴつ（ロケットえんぴつ等）、クリップボード（バインダー）、デジカ

メ、または防水型アクションカメラ。

2) 観察手順

A) 箱メガネを使う場合

① GPS等を使用して、モニタリング定点へ船を移動する。

② 観察者は船上から、箱メガネを使用して観察する。

③ モニタリング定点の代表的な海底を観察する(図4-11)。「見える部分」を大型海藻、小型海藻、その他(無節サンゴモ、付着動物、裸地・砂地)の3つに分けて被度を記録する(3分類の合計被度は100%になる)。

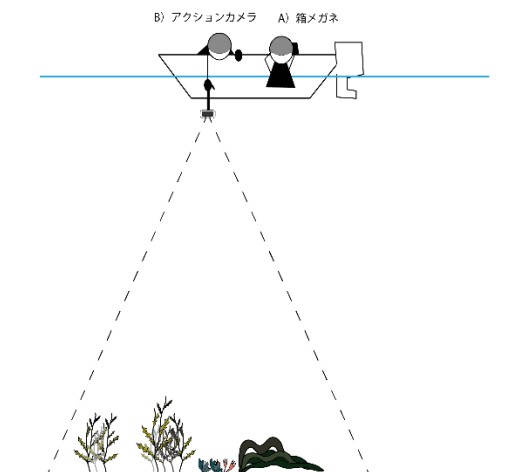


図4-11 船上からの景観被度法

ただし、カメラに写る範囲が狭いこと、透明度の影響でよく映らないこともあるため、写真は複数枚撮影する。さらに、視認が可能であれば植食動物の有無も記録する。

④ 同じ定点で位置をずらしながら、③と同様の要領で複数回被度を判読する。

⑤ 海面近くまで海藻が立ち上がる、あるいは海面でたなびいている場合は、水深から大型海藻のおおよその長さを記録する。

⑥ 観察者は、複数の判読結果の平均をこの場所の被度とする。

⑦ 戻ってから、観察者は現場の被度判読と写真を見比べ、海藻種ごとに記録表へ記録する。

B) デジカメ、またはアクションカメラ(図4-12)を使う場合

① GPS等を使用して、モニタリングポイントへ船を移動する。

② カメラをタイムラプス機能に切り替える。撮影間隔は5秒に設定し、浮遊物が写らないようにストロボ自動発光をオフにしておく。(デジカメは、レンズを広角側にしておく。)

③ カメラをロッドに取り付ける。



図4-12 廉価版アクションカメラ(右)とロッド(左)

- ④ 観察者はモニタリング定点周辺で、海底が写り込むように、水面から真下にカメラを入れて自動撮影（5秒間隔）を開始し、時計を見ながら30秒後に引き上げる。
- ⑤ 戻ってから、写真をパソコンへ取り込み、複数の写真から被度判読し、その平均をこの場所の被度とし、海藻種ごとに記録表へ記録する。

<コラム6> 廉価版アクションカメラ

アクションカメラ（図1）とは、主にアウトドアやスポーツのシーンでの撮影に特化したカメラである。手ブレ補正機能や防水性能があり、画角約170°の広角レンズを搭載し、専用の防水ハウジングケースを装着して水中撮影が可能である。本手引きの中では、価格が1万円以下で入手でき、高精細な4Kでの映像も録画できる廉価版アクションカメラを使用している。高価なアクションカメラ（例：GoProなど）との違いは、画面サイズが小さいことや防水性や耐衝撃性能が劣ることなどが挙げられる。



図1 廉価版アクションカメラ





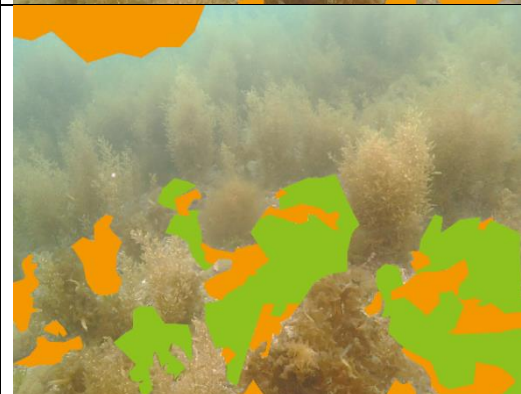

図2 撮影の様子

(4) 水中写真からの被度計測方法

戻って水中写真から海藻の被度を判読する手順は次の通りである。

- ① 撮影した写真から大型海藻、小型海藻、その他（無節サンゴモ、付着動物、裸地・砂地、海中）の3つに分類する。最初にその他の面積割合（%）を目分量で決めて、次に全体（100%）からその他の割合を減じて、残った面積を大型海藻と小型海藻に按分する（図4-13）。景観被度法の場合は、これを4枚の写真から、船上からの箱メガネの場合は複数以上の写真から、タイムラプス撮影の場合は6枚の写真から判読する。
- ② 写真から判読した被度を、その場所の平均被度とする。
- ③ 平均被度は、海藻種ごとに記録表へ記録する。

このほか、パソコンのアプリを使用して、被度を計測する方法があるので、参考にする（コラム7, 8）。

	<p>右の写真が計測時に撮影した代表的なモニタリング定点の景観写真。</p>
	<p>① 写真全体を面積割合 100%と考え、その他（無節サンゴモ、付着動物、裸地・砂地、海中）の面積割合を目測する。 この場合は 20%と判断した。</p>
	<p>② 残りの面積は 80% (100-20%) を大型海藻と小型海藻に分けて、大型海藻、小型海藻に按分する。ここでは、小型海藻の面積割合を 20%と判断した。</p>
	<p>③ 大型海藻は、残りの面積割合なので 60% (100-20-20) となる。</p>

注) この図では説明をわかりやすくするため写真を加工して表記した。実際は色を付ける必要はなく、観察者の判断で3分類して被度を決める。

図 4-13 写真から海藻被度を判読する手順

<コラム 7> 画像処理ソフトによる被度算定方法の紹介（その1）

画像処理ソフト RSP は、日本大学の青山教授個人のホームページで公開されているフリーの画像処理ソフトウェアである (<http://rs.aoyaman.com/rsp/index.html>)。このソフトは、リモートセンシングの実務や、大学及び専門学校の教育・研究に使用されている。このソフトを利用することで、衛星データから土地被覆分類画像を作成する要領で被度を求めることが可能である。

【手順】

- ① 画像ファイルを用意する。
被度を求める画像ファイルの形式は BMP、RAW、JPEG が使用可能である。
- ② RSP (図 1) を起動させる。
- ③ 画像ファイルを開く (図 2)。
ファイル>開く
- ④ 元画像を Blue 画像、Green 画像、Red 画像に分割する。ファイル>カラー分解
24 ビットカラー画像は、3つの 8 ビット画像 (青色画像ファイル、緑色画像ファイル、赤色画像ファイル) に分解され、保存される (図 3)。それぞれの画像ファイル名はわかりやすい名前を付けておく。
作成が終了すると、終了メッセージが表示される。
作成した青色画像ファイル例を図 4 に示す。



図 1 RSP Ver3.06

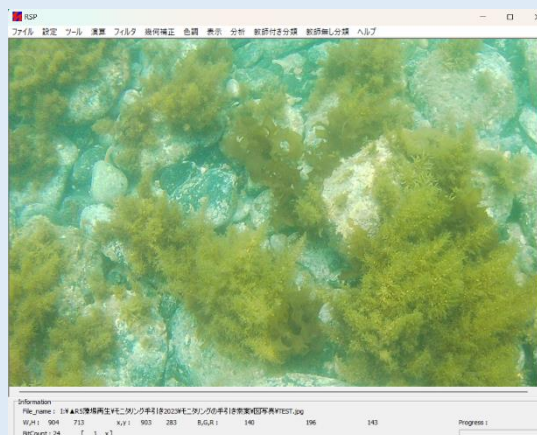


図 2 開いた画像ファイル

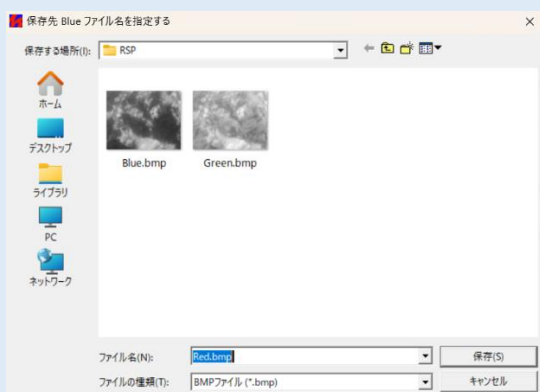


図 3 カラー分解の保存先ダイアログ



図 4 青色画像ファイル (例)

⑤ 教師データを取得する。

「大型海藻」、「小型海藻」、「その他」の3種類の分類クラスとするため、それぞれの教師データを取得する(図5)。

教師付き分類>クリック教師数設定>新規取得

1クリックで取得する座標数は、初期設定では3×3ピクセル分(9画素分)となっている(変更可能)。クリックした箇所は、色付けされる(標準設定の表示色は赤色、変更は可能)(図6)。教師座標取得の終了は、右クリック。右クリックすると、保存先ダイアログが表示され、教師データはテキストファイル形式で保存される。この作業を「大型海藻」、「小型海藻」、「その他」毎に繰り返す。

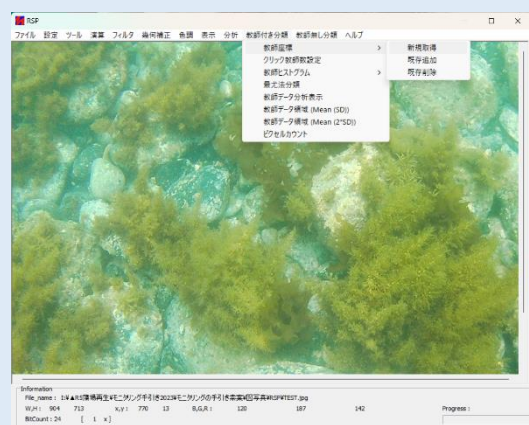


図5 教師座標の新規取得

⑥ 分類画像を作成する。

教師付き分類>最尤法分類> (図7)

上段で④の保存した3つの教師データを指定し、下段で③の作成したカラー分割画像を指定する。設定後「分類画像作成」ボタンをクリックすると3種類に色分けされた画像が作られる(図8)。

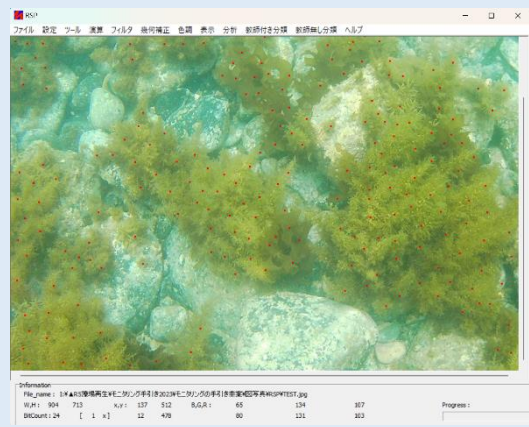
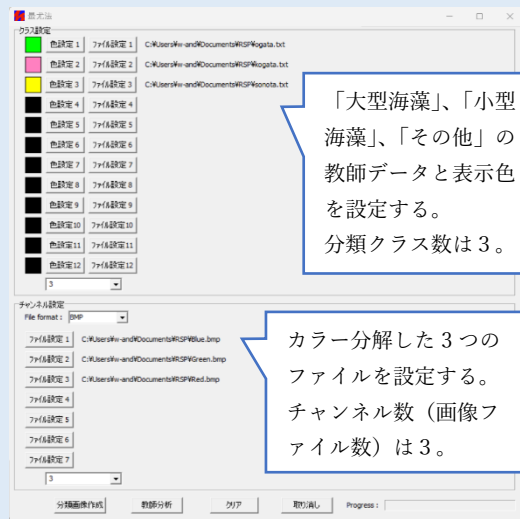


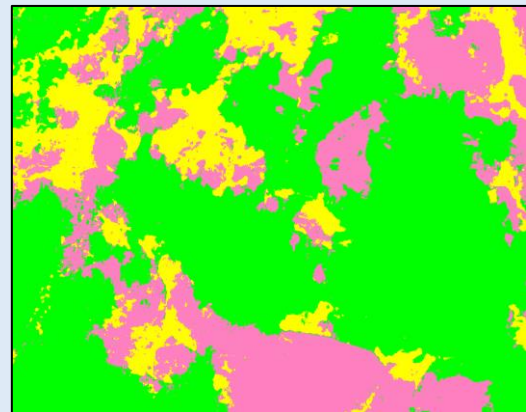
図6 大型海藻の教師座標取得(赤点)



「大型海藻」、「小型海藻」、「その他」の教師データと表示色を設定する。分類クラス数は3。

カラー分解した3つのファイルを設定する。チャンネル数(画像ファイル数)は3。

図7 最尤法フォーム



■大型海藻、■小型海藻、■その他

図8 最尤法で分類された分類画像

⑦ 分類画像から被度を求める。

教師付き分類>ピクセルカウント

分類画像(図8)を開くと、画像全体のピクセル範囲を表示。全範囲を指定すると、自動的にExcelが立ち上がり、クラス別にピクセル数が表示される。各クラスの被度は、被度(%) = 分類ピクセル数 ÷ 全ピクセル数の式をつくり算出する。表1はExcelで計算した結果である。

表1 分類画像からの被度計算値

Class	ピクセル数	被度
1 大型海藻	372,155	58%
2 小型海藻	167,477	26%
3 その他	104,920	16%
合計	644,552	

<コラム 8> 画像処理ソフトによる被度算定方法の紹介（その2）

AreaQ は、(国研)水産研究・教育機構が開発したシェアウェアの画像処理ソフトウェアである (<https://www.fra.go.jp/home/cooperation/tokkyo/program/list/p2010-1.html>)。このソフトは、画像ファイルを読み込み、色補正、回転した画像を、拡大・縮小しながら、写真に写る海藻の被度を、座標変換を行うことで、歪んだ画像からでも正確かつ容易に測定することができる。ただし、画像の歪みを補正するには、寸法がわかるコドラートを写し込む必要がある。

【手順】

- ① 画像ファイルを用意する。
被度を求める画像ファイルの形式は BMP、JPEG が使用可能である。



図1 AreaQ Ver Version 2.8.3.3

- ② AreaQ (図1) を起動させる。

- ③ 画像ファイルを開く (図2)。

ファイル>画像の読み込み

イメージ調整タグで、画像のコントラスト、色補正、画像の角度を必要に応じて調整する。

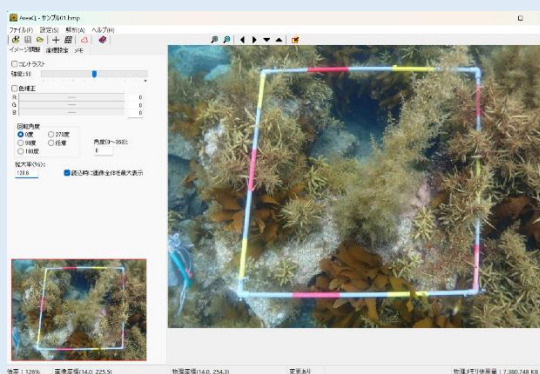


図2 開いた画像ファイル

- ④ 画像の歪みを補正したグリッドを作成する。
距離が既知の点が必要 (コドラート等)。物理座標の単位を設定する。
画像に点を追加するとともに、表に物理座標の XY 値を入力する。その後、画像に適した座標変換式で計算するとグリッドが表示される (図3)。

- ⑤ 海藻の面積を求める。
面積測定の前に分類 (大型、小型、その他) を登録する。分類別 (大型海藻、小型海藻) に、コドラート内の海藻の縁をクリックしながらトレースする。トレース後、計算ボタンを押すと、分類別に面積が集計される。
※時計逆まわりでトレースした場合は正の面積、時計回りの場合は負の面積として集計される。

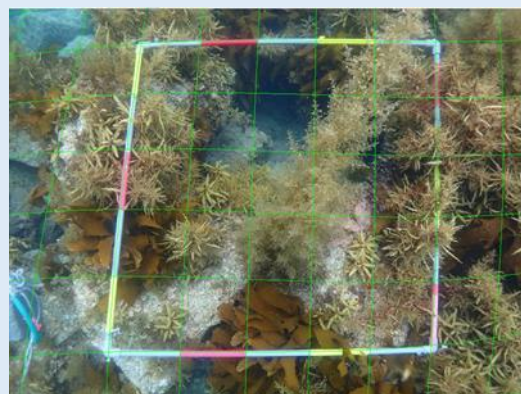


図3 座標設定されたグリッド

- ⑥ 面積から被度を求める。
各分類の面積を 1m角のコドラートの面積で除して被度を求める。

このソフトには、操作マニュアルがついているので、詳細はそちらを参考されたい。

(5) モニタリング手法による精度の違い

ここまで、藻場保全活動を行う漁業者等が自ら継続的に行える被度の計測方法について解説した。モニタリングは観察者のスキルに依存する手法であり、同じ場所で計測しても精度や観察内容に差が生じることがある。例えば、表4-2(1)～(3)に示す通り、潜水する場合には海藻に接近して観察できるので、種類や葉体長の把握が可能である。また、潜水の場合は船上からの場合と比較して、海中を広く観察できるため、気づいたことをメモすることができる。したがって、被度に関しては、モニタリング手法の特徴(表4-3)を理解した上で、その値の取り扱いに注意する必要がある。

表 4-2 (1) モニタリング手法の違いによる計測結果の事例① (水深 3.8m, コンブ場の例)

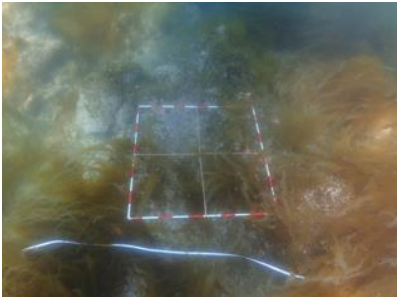
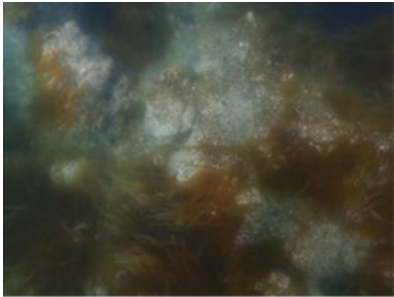

	コドラート法	景観被度法	箱メガネ	タイムラプス機能付きカメラ
写真			写真なし	
大型海藻被度	40%	40%	44%	58%
小型海藻被度	15%	10%	17%	11%
その他被度	45%	50%	41%	31%
種類 葉体長	ワカメ 5 株 30 cm ホソメコンブ 35 株 60 cm フクロノリ カタモノリ属 ケウルシグサ	ワカメ 5 株 30 cm ホソメコンブ 35 株 60 cm フクロノリ カタモノリ属	ワカメ ホソメコンブ	ワカメ ホソメコンブ
その他	キタムラサキウニ 12 個/m ²	キタムラサキウニ 12 個/m ²	キタムラサキウニ	

表 4-2 (2) モニタリング手法の違いによる計測結果の事例② (水深 4.2m, 混生藻場の例)

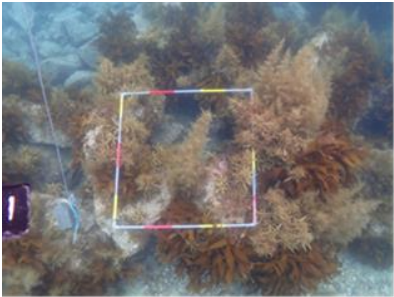
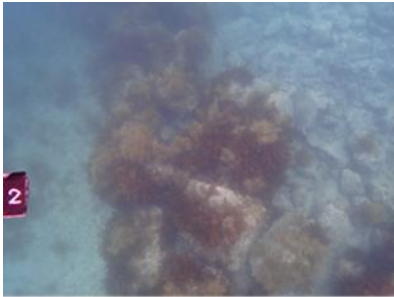

	コドラート法	景観被度法	箱メガネ	タイムラプス機能付きカメラ
写真			写真なし	
大型海藻被度	40%	40%	44%	58%
小型海藻被度	15%	10%	17%	11%
その他被度	45%	50%	41%	31%
種類 葉体長	ワカメ 5 株 30 cm ホソメコンブ 35 株 60 cm フクロノリ カタモノリ属 ケウルシグサ	ワカメ 5 株 30 cm ホソメコンブ 35 株 60 cm フクロノリ カタモノリ属	ワカメ ホソメコンブ	ワカメ ホソメコンブ
その他				

表 4-2 (3) モニタリング手法の違いによる計測結果の事例③ (水深 2.8m, アマモ場の例)

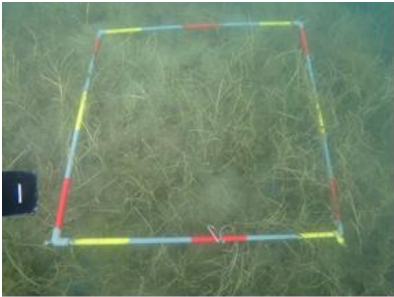


	コドラート法	景観被度法	箱メガネ	タイムラプス機能付きカメラ
写真			写真なし	
大型海藻被度	65%	70%	49%	60%
小型海藻被度	10%	15%	0%	5%
その他被度	25%	15%	51%	40%
種類 葉体長	アマモ平均草長 30 cm イバラノリ属 5% ウミヒルモ属 5%	アマモ平均草長 30 cm カゴメノリ 5% イバラノリ属 5% ウミヒルモ属 5%	アマモ	アマモ
その他				

表 4-3 モニタリング手法別の特徴

	コドラート法	景観被度法	箱メガネ	タイムラプス機能付きカメラ
長所	<ul style="list-style-type: none"> ・ 枠内の海藻・海草の種類別被度と葉体長を計測することができる。 ・ 経験豊かな観察者が行う場合、一定の精度が期待され、客観的な結果が得られる。 ・ 潮流や濁りの影響を受けにくく、信頼性が高い。 ・ 記録が写真として残り、後で確認や詳細な分析ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海藻・海草の葉体長の計測ができる。 ・ 3分類（大型海藻、小型海藻、その他）であれば、比較的容易に計測できる。 ・ 経験豊かな観察者であれば、ある程度客観的な結果が期待できる。 ・ 記録が写真として残り、後で確認ができる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 潜水しなくてよい。 ・ 3分類（大型海藻、小型海藻、その他）であれば、比較的容易に計測できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 潜水しなくてよい。 ・ 3分類（大型海藻、小型海藻、その他）であれば、比較的容易に計測できる。 ・ 記録を写真として残すことができる。
短所	<ul style="list-style-type: none"> ・ スキューバのスキルが必要であり、潜水機材などが必要である。 ・ 観察者は海藻を正確に識別する能力が求められる。 ・ 経験が浅いとコドラートを高密度の藻場のある場所に置いてしまいがちである。 ・ 狭い範囲の観察になるので、複数地点を観察しないと全体が把握できない。このため、観察に時間がかかることがある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大型海藻の幼体や小型海藻などの判別が難しい場合がある。 ・ 観察者は海藻を正確に識別する能力が求められる。 ・ 透明度が悪いと記録写真の撮影が困難になる。 ・ 計測にはやや時間がかかる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海藻・海草の葉体長の計測ができない。 ・ 透明度や潮流が結果に影響する。 ・ 観察者の経験によってバラツキが生じる。 ・ 船が動くため、動きながら被度を捉えるスキルが必要である。 ・ 記録を写真として残しにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 海藻・海草の葉体長の計測ができない。 ・ 透明度や潮流が結果に影響する。 ・ 観察者の経験によってバラツキが生じる。 ・ 現場で写真を確認することが難しい。 ・ タイムラプス機能付きカメラとロッド（撮影棒）が必要である。 ・ 戻ってから写真をパソコンに取り込んで判読する必要がある。
確からしさ	◎	○	△	○