

平成 30 年度

気候変動適応計画推進のための浅海域生態系  
現況把握調査業務

報告書

平成 31 年（2019 年）3 月

環境省自然環境局生物多様性センター



## 要約

サンゴ礁や藻場等の浅海域生態系は様々な生態系サービスを提供しているが、気候変動の影響を受けやすく、近年ではサンゴの白化現象や藻場の磯焼けが発生するなど、浅海域生態系の劣化が進むことによる生態系サービスの低下等が懸念されている。このため、モニタリングを重点的に実施し、気候変動影響の評価を行っていくことが重要である。本調査では、近年、海水温の上昇等に伴う白化現象の発生によって現況が著しく変化し、環境影響評価等においても最新情報の取得が必要となっているサンゴ礁生態系を対象として、宮古列島、久米島、与論及び沖永良部島の周辺海域におけるサンゴ礁の分布等について調査を実施し、現況を把握した。

本調査では、サンゴ礁の現況を把握するため、2016年夏季以降に撮影された地上解像度10m以上のSPOT-6/7衛星画像（マルチスペクトル6m解像度、パングロマチック1.5m解像度）を調達した。また、衛星画像による現況把握に基づき、スポットチェック法及びマンタ法による目視観察、衛星画像判読の精度向上のためのシートゥルースデータの取得からなる現地調査を実施した。調査の結果、サンゴ礁被度は全体的に低い傾向にあり、宮古列島、久米島及び沖永良部島では被度5%未満の地点が最も多く、与論島では5%以上25%未満が多いことがわかった。一方、久米島を除く海域では、サンゴの新規加入群体がみられる地点が多く、今後の回復傾向が示唆された。

衛星画像による現況把握及び現地調査で得られた情報のほか、環境省が実施しているモニタリングサイト1000サンゴ礁調査に基づく調査結果等も踏まえてサンゴ礁分布図を作成した。さらに、作成したサンゴ礁分布図について、対象地域のサンゴ礁に詳しい有識者へヒアリングを実施し、その結果を踏まえてサンゴ礁分布図を完成させた。完成させた分布図と現地調査結果のGISデータを重ね合わせ、造礁サンゴ群集、底質、サンゴ被度、生育型を含む成果図を作成した。

また、本調査の対象地域における造礁サンゴ群集の分布域の変化を把握するため、第4回自然環境保全基礎調査及びサンゴ礁マッピング手法検討調査業務（2008年）の分布図と比較し、サンゴ被度の増減状況を面的に表した主題図を作成した。比較の結果、与論及び沖永良部島を除き、サンゴ群集全体の面積が増加する傾向を示した。この面積の増加は、過年度調査と本年度調査の分布域抽出の細かさの違いによると考えられた。一方、全ての調査地域において、過年度調査で存在したサンゴ被度50～100%の領域は、被度が低下したか消滅したことがわかった。

## Summary

Shallow-water ecosystem such as coral reefs and seagrass/seaweed beds provide various ecosystem services. However, in recent years, shallow-water ecosystem is concerned about decline in the ecosystem services by affecting the climate change caused coral bleaching and rocky-shore denudation. It is important to selectively monitor key-factor for understanding the climate change affect. In this report shows we conducted a survey on the distribution of coral reefs for understanding the current coral reefs condition and map coral reefs cover in Miyako Archipelago, Kume Island, Yoron Island, and Okinoerabu Island. In this survey, multispectral satellite images were selected and analyzed AIRBUS SPOT-6/7 (multispectral resolution 6m, panchromatic resolution 1.5m) after acquiring the image after the summer of 2016 which has been occurred large-scaled coral bleaching in Japan.

The ground survey was conducted by the spot check method and manta method. And also, sea truth data was acquired to improve the accuracy of image processing analysis. In the result, coral reefs coverage tends to decline overall. The most distribution legend was “cover ratio less than 5%,” in Miyako Archipelago, Kume Island, and Okinoerabu Island and “cover ratio more than 5% to less than 25%” in Yoron Island. On the other hand, Kume Island tends to recover coral reefs and new coral reefs were found in many sites.

The coral reef distribution map was created based on satellite image analysis and the field survey, and the coral reef survey at the monitoring site 1000 conducted by the Ministry of the Environment as reference information. Also, the coral reefs distribution map was completed, reflecting comments after interviewing by experts who are familiar with coral reefs in the target area. The map includes Hermatypic corals type, sea bottom type, coral reefs coverage ratio, growth type. In the study, the distribution change map was created, compared with “The 4th National Survey on the Natural Environment” and “Reef Mapping Method Investigation Research Project (2008)”. In the result, coral reefs cover ratio was increased, except Yoron Island and Okinoerabu Island. The reason for the increase was considered the details of distribution. On the other hand, “cover ration 50-100%” found in the past coral reeds distribution survey was declined or extinct.

# 目 次

1. 業務概要	1
1.1 業務目的	1
1.2 履行期間	1
1.3 業務項目	1
1.4 業務対象地域	2
1.5 業務内容	2
2. 衛星画像等による現況把握	4
2.1 衛星画像の調達	4
2.2 衛星画像の前処理	6
1) 位置ずれの有無の確認	7
2) 陸域・雲・雲影マスク	7
3) サングリントの補正	7
4) 大気補正（パストラディアンスの除去）	7
5) 底質指標化（水深補正）	8
3. 現地調査による確認・補完	16
3.1 調査概要	16
1) 調査の目的	16
2) 調査実施状況	16
3) 調査方法	17
3.2 調査結果	22
1) スポットチェック法	22
2) マンタ法	27
3) シートウールスデータの取得	27
4. 分布図の作成	34
4.1 衛星画像の分類とサンゴ被度区分の細分化	34
1) サンゴ被度区分の設定	34
2) サンゴ被度区分の細分化の方法	34
3) サンゴ被度の推定	35
4) サンゴ被度区分細分化画像の作成	39
5) オブジェクト指向分類（ポリゴン化）	39
6) 分類結果の統合（サンゴ礁分布素図の作成）	41
4.2 サンゴ礁分布図の作成	41
1) 凡例項目の設定	41
2) サンゴ礁分布素図の修正	42
5. 専門家ヒアリング	53
6. 分布図の完成及び GIS データの作成	54
6.1 サンゴ礁分布図の完成	54
1) 多良間島	54
2) 宮古島・伊良部島	54
3) 久米島	56
4) 与論島	57
5) 沖永良部島	58
6.2 GIS データと成果図の作成	58
6.3 過年度調査成果との比較（主題図の作成）	64
1) 多良間島	64
2) 宮古島・伊良部島	68
3) 久米島	71
4) 与論島	74

5) 沖永良部島.....	77
6.4 地形と関連づけたサンゴ分布状況の分析 .....	80
7. 今後の課題 .....	84
7.1 衛星画像等による現況把握 .....	84
7.2 現地調査による確認・補完 .....	84
7.3 サンゴ礁生態系の現況把握 .....	84
7.4 分布図の作成 .....	84
【参考文献】 .....	86

参考資料

調査個票

# 1. 業務概要

## 1.1 業務目的

サンゴ礁や藻場等の浅海域生態系は、漁場としての供給サービスの他、気候調整、レクリエーションなど様々な生態系サービスを提供しているが、気候変動の影響を受けやすく、近年ではサンゴの白化現象や藻場の磯焼けが発生するなど、浅海域生態系の劣化が進むことによる生態系サービスの低下等が懸念されている。このため、モニタリングを重点的に実施し、気候変動影響の評価を行っていくことが重要である。

また、浅海域生態系は風力発電を始めとした再生可能エネルギー施設の導入候補地として検討されることも多く、同施設の導入に当たって実施される環境影響評価等では浅海域生態系の情報が必要となるが、自然環境保全基礎調査等に基づく情報は必ずしも最新の状況を反映していないため、新たな調査が必要となっている。

このため本業務では、近年、海水温の上昇等に伴う白化現象の発生によって現況が著しく変化し、環境影響評価等においても最新情報の取得が必要となっているサンゴ礁生態系を対象として、サンゴ礁の分布等について調査を実施し、現況を把握することを目的とした。

## 1.2 履行期間

自) 平成 30 年 6 月 29 日  
至) 平成 31 年 3 月 20 日

## 1.3 業務項目

- (1) 衛星画像等による現況把握
- (2) 現地調査による確認・補完
- (3) 分布図の作成
- (4) 専門家ヒアリング
- (5) 分布図の完成及び GIS データの作成
- (6) 打合せ
- (7) 業務報告書の作成

## 1.4 業務対象地域

業務対象地域は、宮古列島（宮古島、多良間島）、久米島、与論島及び沖永良部島の周辺海域とした（図 1.4-1）。

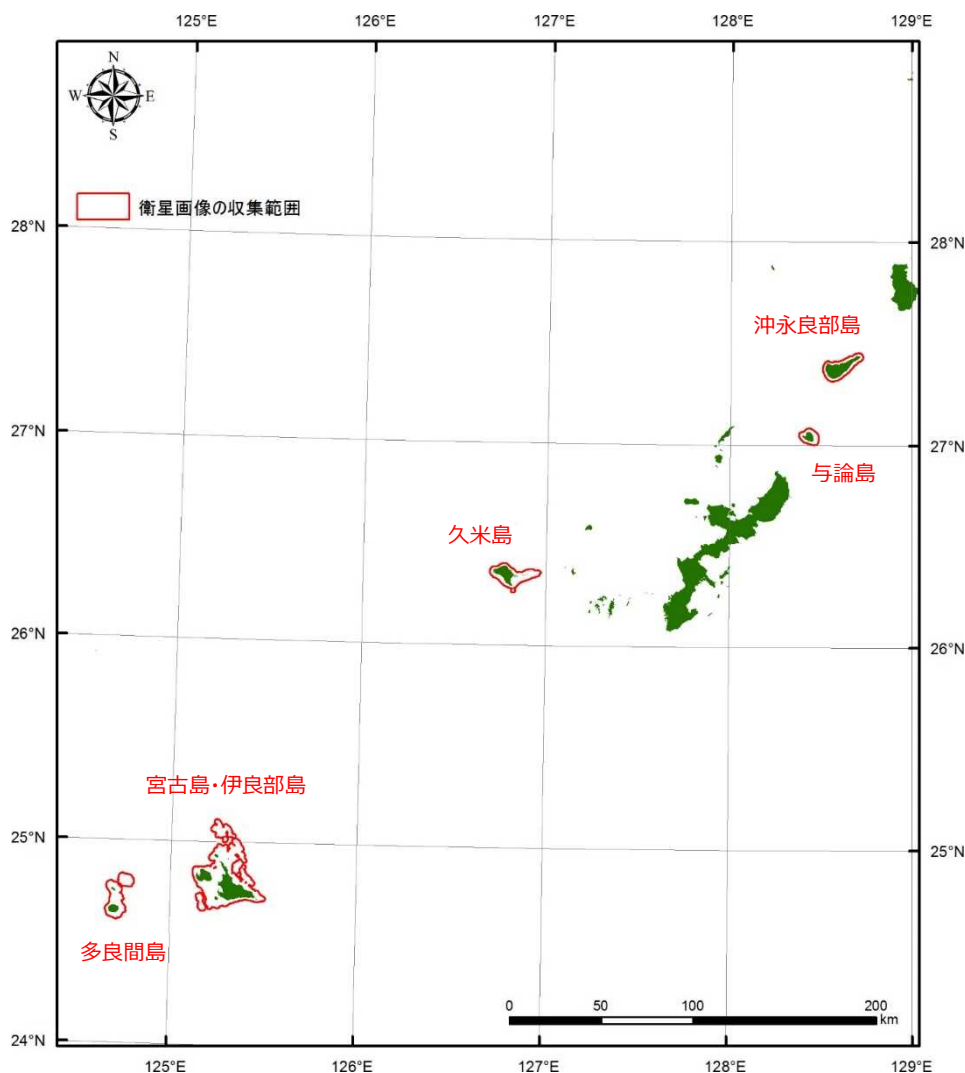


図 1.4-1 業務対象地域

## 1.5 業務内容

### (1) 衛星画像等による現況把握

サンゴ礁の現況を把握するため、2016年夏季以降に撮影された地上解像度10m以上のSPOT-6/7衛星画像（マルチスペクトル6m解像度、パナクロマチック1.5m解像度）を調達した。また、1.5m解像度の画像でも判別が困難な場合があるため、環境省生物多様性センター担当官（以下「環境省担当官」と称する）から「平成30年度環境に配慮した再生可能エネルギー導入検討に向けた藻場分布状況図等整備に係る調査設計及び精度管理等委託業務」において、2016年夏季以降に取得された0.5m解像度の衛星画像の提供を受け、それらを補足的に用いた。調達した衛星画像は、大気補正や底質指標化（水深補正）等の前処理を行い、対象地域の現況を把握するとともに簡易的にサンゴ礁の底質分類図を作成して現地調査地点を選定するための参考資料として用いた。

## (2) 現地調査による確認・補完

衛星画像等による現況把握に基づき、現地調査（シートウールスデータの取得を含む）を計 14 日間実施し、現況把握の内容について、確認及び補完を行った。なお、悪天候により、1 日調査を実施できなかったため、調査体制を強化し、予定していた地点数を調査した。

## (3) 分布図の作成

(1) 及び (2) で得た情報のほか、環境省が実施している重要生態系監視地域モニタリング推進事業に基づく調査結果等も踏まえてサンゴ礁分布図を作成した。本業務では、過年度調査データと比較可能な従来のサンゴ被度区分に加え、被度 5～50%を 5～25%と 25～50%の 2 段階に細分化した凡例についても検討した。作成したサンゴ礁分布図は専門家ヒアリングを行うための資料として用いた。（主題図の作成については (5) 項に記載）

## (4) 専門家ヒアリング

(1) ～ (3) で得られた情報を用いて、対象地域のサンゴ礁に詳しい有識者等 7 名に対し、衛星画像による現況把握手法、現地のサンゴ礁の分布状況等についてのヒアリングを実施した。ヒアリング終了後は記録簿を作成し、専門家の確認を行った。なお、ヒアリングにあたっては、仕様書に基づき謝金を支払った。

## (5) 分布図の完成及び GIS データの作成

作成した分布図について、専門家ヒアリングの結果を踏まえてサンゴ礁分布図を完成させた。完成させた分布図と現地調査結果をシェープファイル形式の GIS データとして作成し、これらの GIS データを重ね合わせて造礁サンゴ群集、底質、サンゴ被度、生育型を含む成果図を作成した。また、第 4 回自然環境保全基礎調査やサンゴ礁マッピング手法検討調査業務（2008 年）の分布図と本業務で作成した分布図を使用してサンゴ被度の変化域を抽出し、面積の増減状況を表した主題図を作成して分布域の変化を把握した。また、調達した衛星画像から海底地形図を作成し、地形と関連づけたサンゴ分布状況の分析を行った。なお、第 5 回自然環境保全基礎調査については、本業務の対象地域を含まないため比較を行わなかった。

## (6) 打合せ

業務の実施期間の期首、中間 2 回、期末に、業務の実施計画や進捗状況等について、環境省担当官と打合せを実施した。

## (7) 業務報告書の作成

(1) ～ (6) までの業務内容を取りまとめた業務報告書を作成した。



## 2. 衛星画像等による現況把握

### 2.1 衛星画像の調達

サンゴの分布や被度の詳細な把握には、高解像度の空中写真判読が適しており、第4回自然環境保全基礎調査で作成された1/25,000サンゴ礁分布図では、1/10,000空中写真（地上解像度1m以内）が判読に用いられている。過年度との比較には、同縮尺の空中写真の使用が望ましいが、2016年夏以降では存在しないため、当時の解像度に近い衛星画像であり、低コストなSPOT-6/7衛星の画像（マルチスペクトル6m解像度、パンクロマチック1.5m解像度）を調達した。パンシャープンと呼ばれる画像処理手法により、低解像度のマルチスペクトル画像と高解像度のパンクロマチック画像を合成し、擬似的に高解像度のマルチスペクトル画像を生成することができるが、元のスペクトル情報を維持したまま高解像度化することは難しい。そのため、元のスペクトル情報が重要となる衛星画像の前処理や画像分類にはパンシャープン化していないマルチスペクトル画像（6m解像度）を、分類結果のベクター化（ポリゴン化）や画像判読にはパンシャープン化したマルチスペクトル画像（1.5m解像度）をそれぞれ用いた。

表 2.1-1 に本業務で調達した衛星画像の撮影日等を示す。SPOT-6/7衛星は、フランスのAirbus Defence and Space社が運用する衛星であり、日本国内の総代理店（株式会社サテライトイメージマーケティング）を通じて画像を入手した。SPOT-6/7衛星には、6m解像度（性能としての空間解像度は直下視8m）の青（450～520nm）、緑（530～600nm）、赤（620～690nm）、近赤外域（760～890nm）、1.5m解像度（性能としての空間解像度は直下視2m）の可視・近赤外域（450～750nm）の観測波長帯を持つセンサが搭載されており、2機の衛星の連携運用により高い頻度での撮影が可能である。本業務ではSPOT-6/7衛星の画像を採用することで、2016年夏以降の画像を解像度の高い同一の衛星で整備することを実現した。なお、衛星画像の収集範囲は、対象地域のサンゴ礁域が全て網羅されるように海岸線から水深30m以浅の範囲の外側1kmとした。

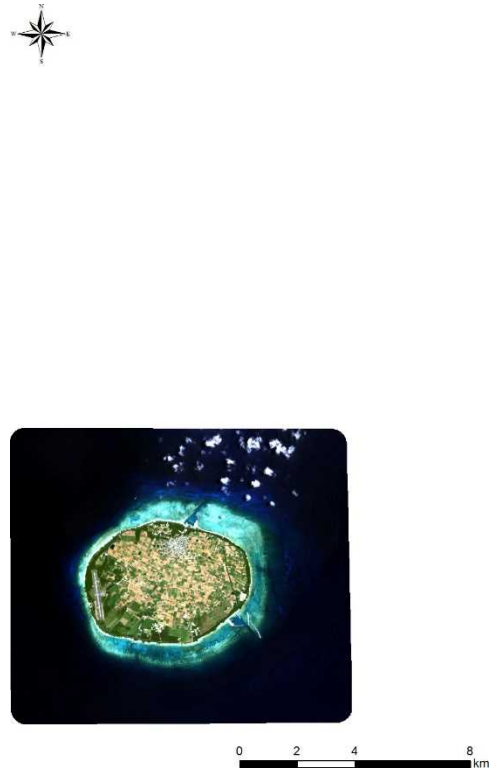
表 2.1-1 本業務で調達した衛星画像

対象地域	衛星名	観測日	面積 (km <sup>2</sup> )
多良間島	SPOT-7	2017年5月3日	211km <sup>2</sup>
多良間島（補完用）	SPOT-7	2018年5月2日	100km <sup>2</sup>
宮古島・伊良部島	SPOT-6	2018年5月15日	994km <sup>2</sup>
宮古島・伊良部島（補完用）	SPOT-7	2018年6月4日	100km <sup>2</sup>
久米島	SPOT-6	2017年12月24日	204km <sup>2</sup>
久米島（補完用）	SPOT-6	2018年3月31日	100km <sup>2</sup>
与論島	SPOT-7	2018年2月15日	100km <sup>2</sup>
沖永良部島	SPOT-6	2017年11月2日	175km <sup>2</sup>

図 2.1-1～図 2.1-4 に本業務において調達した衛星画像のトゥルーカラー合成画像（R、G、Bチャンネルにそれぞれ、赤、緑、青の観測波長帯のバンドを割り当てて合成した画像）を示す。多良間島、宮古島、久米島については、一部雲を含む領域があったため、別の日に撮影された画像を補完用として調達した。



(a) 2017年5月3日撮影 SPOT-7



(b) 2018年5月2日撮影 SPOT-7 (補完用)

図 2.1-1 多良間島の衛星画像 (トゥルーカラー合成画像)

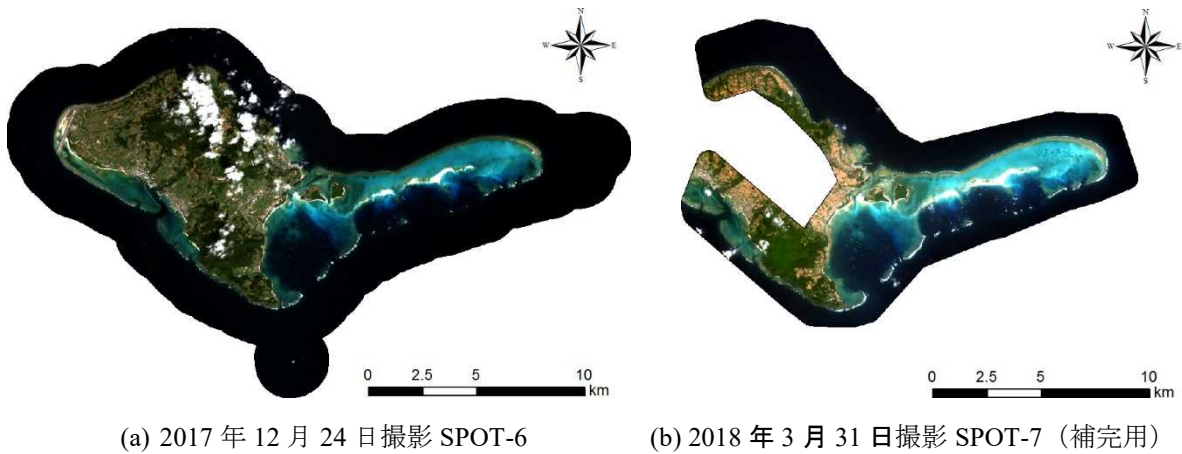


(a) 2018年5月15日撮影 SPOT-6



(b) 2018年6月4日撮影 SPOT-7 (補完用)

図 2.1-2 宮古島・伊良部島の衛星画像 (トゥルーカラー合成画像)



(a) 2017年12月24日撮影 SPOT-6

(b) 2018年3月31日撮影 SPOT-7 (補完用)

図 2.1-3 久米島の衛星画像 (トゥルーカラー合成画像)



(a) 2018年2月15日撮影 SPOT-7、与論島

(b) 2017年11月2日撮影 SPOT-6、沖永良部島

図 2.1-4 与論島・沖永良部島の衛星画像 (トゥルーカラー合成画像)

## 2.2 衛星画像の前処理

衛星画像を用いたサンゴ礁分布図の作成方法は、「平成 19・20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務」(環境省)において検討がなされている。本業務では、上記手法を基本としつつ、礁池外の深い水深帯のサンゴの分布の把握やサンゴの被度区分の細分化、分類結果のベクター化におけるオブジェクト指向分類手法の適用により、従来よりも精密な分布図を効率的に作成するための方法を検討した。

図 2.2-1 に衛星画像の全体の処理フローを示すとともに、以下に衛星画像の前処理の内容を示す(衛星画像の分類等については第 4 章に記載)。

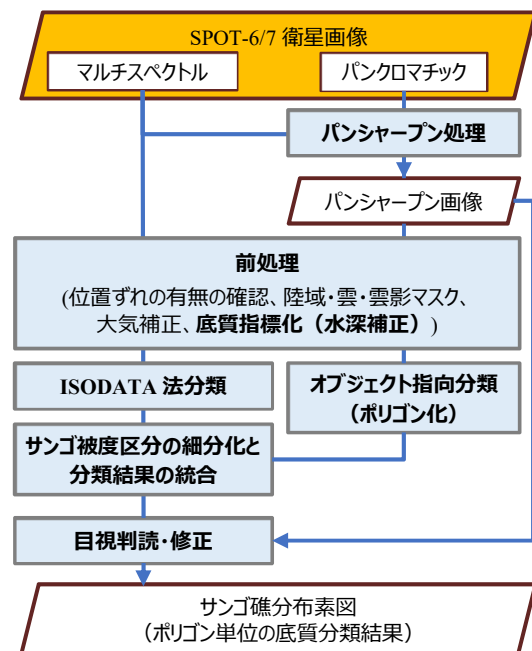


図 2.2-1 衛星画像の処理フロー

### 1) 位置ずれの有無の確認

調達した衛星画像と国土数値情報の行政界データに含まれる海岸線（2万5千分の1相当）を重ね合わせ、画像全体に25mを超える系統的な位置のずれ（縮尺1/25,000の図面上で1mm以上に相当）が生じていないか確認を行った。その結果、いずれの地域においても系統的な位置ずれは認められなかった。図2.2-2に衛星画像と海岸線の重ね合わせの例を示す。



図 2.2-2 衛星画像と海岸線（国土数値情報の行政界）の重ね合わせの例  
（衛星画像：2018年5月15撮影 SPOT-6、伊良部島（下地島））

### 2) 陸域・雲・雲影マスク

国土数値情報の行政界データに含まれる海岸線を参考に各衛星画像の海岸線を読み取り、陸域のマスク画像を作成して画像分類時の誤差要因となる陸域を分類対象から除外した。また、雲が含まれる画像については雲及び雲影を除外した。

### 3) サングリントの補正

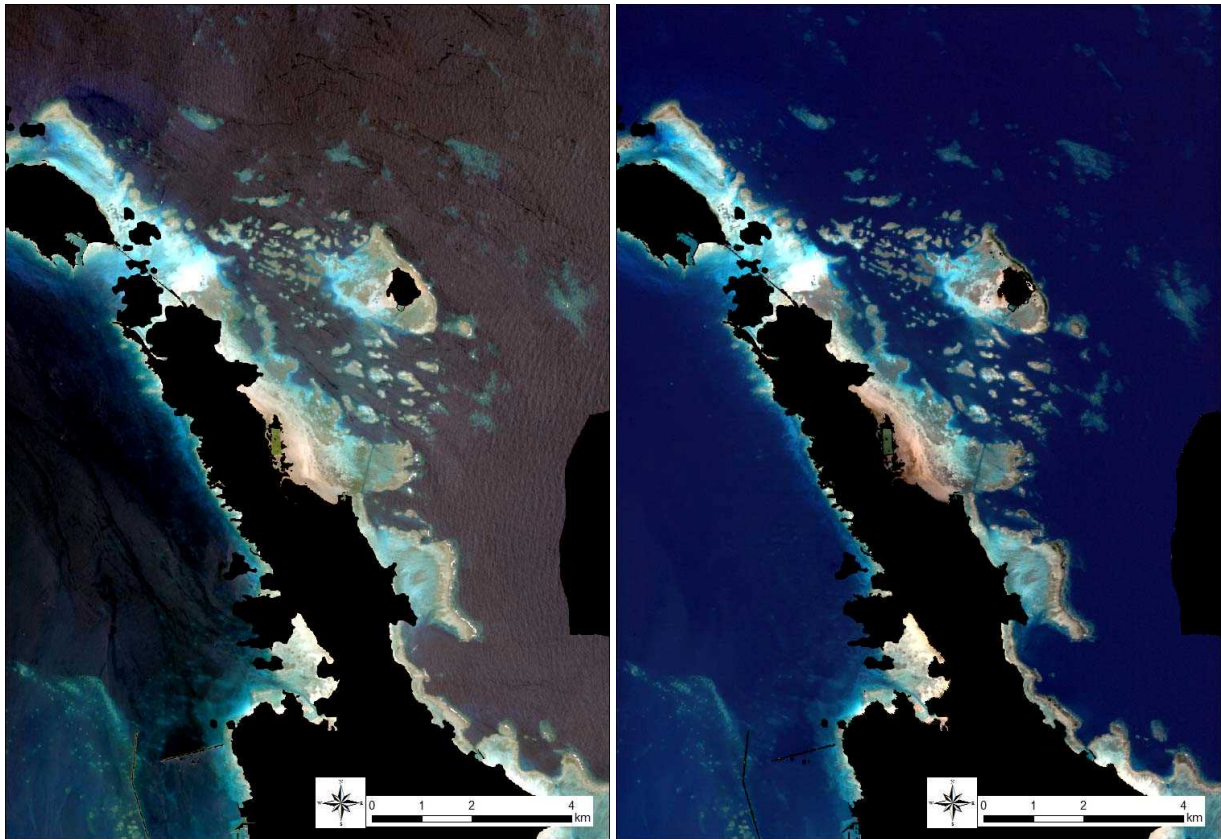
2018年5月15日撮影の宮古島・伊良部島の画像に、サングリント（海面に太陽光が反射して輝度が明るくなる現象）の影響が認められたため、可視域と近赤外域のバンドの相関を利用した式1に示す Hedley et al.の方法<sup>1)</sup>を用いてサングリントの補正を行った。図2.2-3にサングリント補正の結果を示す。

$$L_{sc,i}(VIS) = L_i(VIS) - r_{ij}[L_j(NIR) - L_{jmin}(NIR)] \dots\dots\dots \text{式1}$$

- L<sub>sc,i</sub>(VIS) : サングリント補正後の可視バンドiの輝度値
- L<sub>i</sub>(VIS) : サングリント補正前の可視バンドiの輝度値
- L<sub>j</sub>(NIR) : サングリント補正前の近赤外バンドjの輝度値
- r<sub>ij</sub> : 画像内の小領域の可視バンドiと近赤外バンドjの回帰係数
- L<sub>jmin</sub>(NIR) : 画像内の小領域の近赤外バンドjの最小値

### 4) 大気補正(パスラディアンスの除去)

大気中で散乱した光（パスラディアンス）の影響を除去するため、陸域マスク処理後の画像の濃度ヒストグラムの左端の値を各画素の輝度値から引くことにより、簡易的に大気補正を行った。



(a) サンダリント補正前

(b) サンダリント補正後

図 2.2-3 サンダリント補正の結果 (2018 年 5 月 15 日撮影 SPOT-6、宮古島・伊良部島)

### 5) 底質指標化(水深補正)

水中での光の消散の影響を除去するため、6m と 1.5m 解像度のマルチスペクトル画像についてそれぞれ、Lyzenga の式<sup>2), 3)</sup>に準拠した底質指標<sup>4)</sup>へ変換した。底質指標は、式 2 により算出される値である。Matsunaga et al.<sup>4)</sup>によれば、衛星データの任意の 2 バンド間の補正後の反射率の比であり、画素内の生物群集の比率に対応する。なお、生物群集とは海草、海藻、サンゴを示す。

$$BI_{ij} = \ln(L_i) - \kappa_{ij} \cdot \ln(L_j) \dots\dots\dots \text{式 2}$$

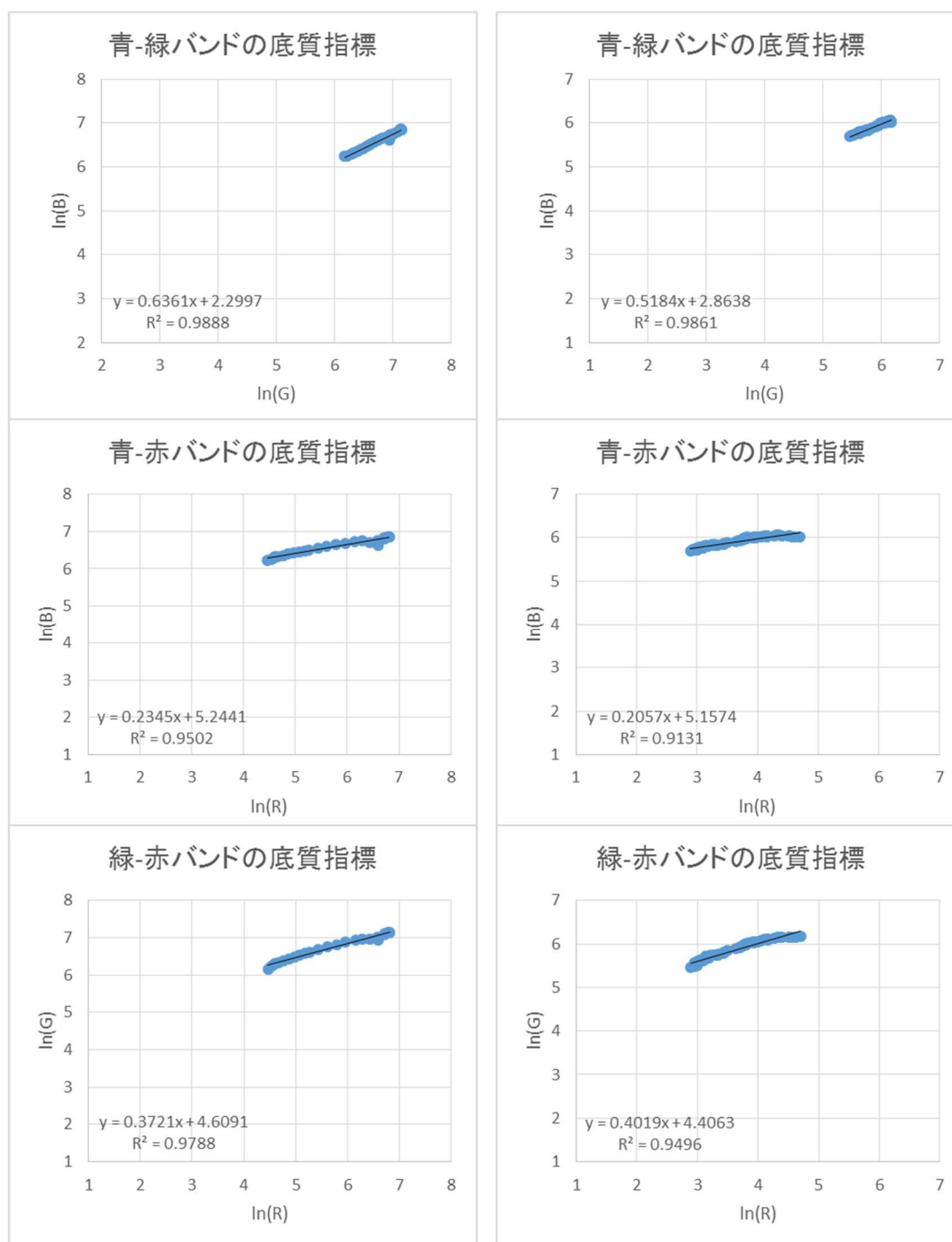
- $BI_{ij}$  : バンド i と j の底質指標
- $L_i$  : パスラディアンズ除去後のバンド i の輝度値
- $L_j$  : パスラディアンズ除去後のバンド j の輝度値
- $\kappa_{ij}$  : バンド i と j の水中消散係数比

式 2 の水中消散係数比  $\kappa_{ij}$  は、水深が異なる砂地の画素を抽出し、パスラディアンズ除去後の値で自然対数を取り、回帰分析を行うことにより得られるが、対象地域によって必ずしも十分なサンプル数の砂地の画素が得られるわけではない。確認の結果、十分なサンプル数の砂地の画素を取得できる地域は、宮古島と久米島のみであった。宮古島と久米島の水中消散係数比を表 2.2-1、散布図と回帰分析結果を図 2.2-4 に示す。なお、水中消散係数比の推定は 6m 解像度のマルチスペクトル画像を用いた。

宮古島と久米島とで水中消散係数比の値に大きな差異は認められないため、同様の水質と見なし、決定係数がより高い宮古島の水中消散係数比を用いて全ての対象地域の底質指標画像を作成した。底質指標画像の例を図 2.2-5 に示す。

表 2.2-1 宮古列島と久米島の水中消散係数比

バンド i	バンド j	宮古列島の水中消散係数比 (2018年5月15日撮影 SPOT-6の画像を使用)	久米島の水中消散係数比 (2017年12月24日撮影 SPOT-6の画像を使用)
緑	青	0.6361 ( $R^2=0.9888$ )	0.5184 ( $R^2=0.9861$ )
赤	青	0.2345 ( $R^2=0.9502$ )	0.2057 ( $R^2=0.9131$ )
赤	緑	0.3721 ( $R^2=0.9788$ )	0.4019 ( $R^2=0.9496$ )



(a) 宮古列島

(b) 久米島

図 2.2-4 水中消散係数比を求める際の散布図と回帰分析結果



(a) 6m 解像度のマルチスペクトル画像  
(トゥルーカラー合成画像)



(b) 底質指標画像  
(カラー合成：R=緑-赤バンド、G=青-赤バンド、B=青-緑バンドの底質指標)

図 2.2-5 底質指標画像の例 (2017年5月3日撮影 SPOT-7、多良間島)

全ての対象地域について現況を把握するため、底質指標画像を作成するとともに、底質指標画像を使用してISODATA法分類を行い、簡易的にサンゴ礁の底質分類図を作成した。図 4.2-6～図 2.2-10にトゥルーカラー合成画像、底質指標画像、サンゴ礁底質分類図を示す。これらの図は現地調査地点を選定する参考資料として用いた。

多良間島 トゥルーカラー画像

SPOT7 20170503



多良間島 底質指標画像

SPOT7 20170503



多良間島 分類画像

SPOT7 20170503

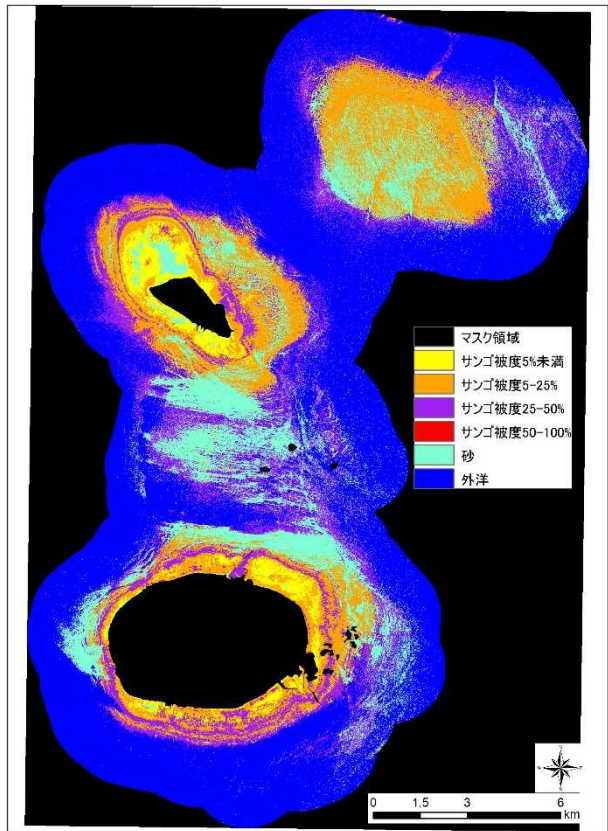
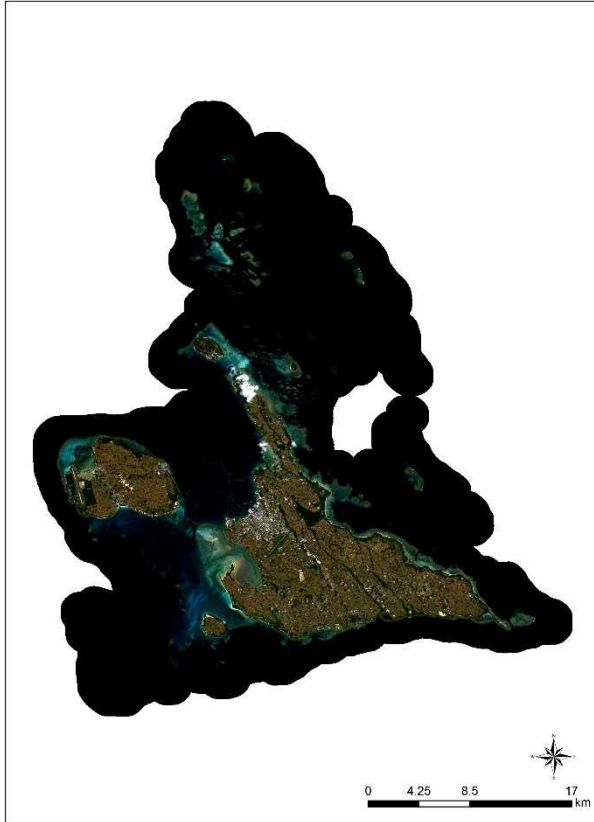


図 2.2-6 底質指標画像とサンゴ礁底質分類図（多良間島）



宮古島 トゥルーカラー画像

SPOT6 20180515



宮古島 底質指標画像

SPOT6 20180515



宮古島 分類画像

SPOT6 20180515

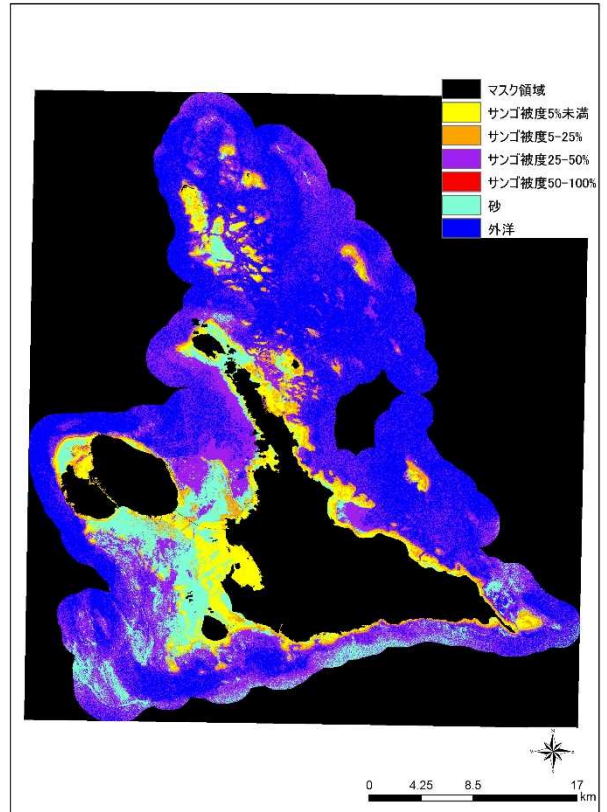
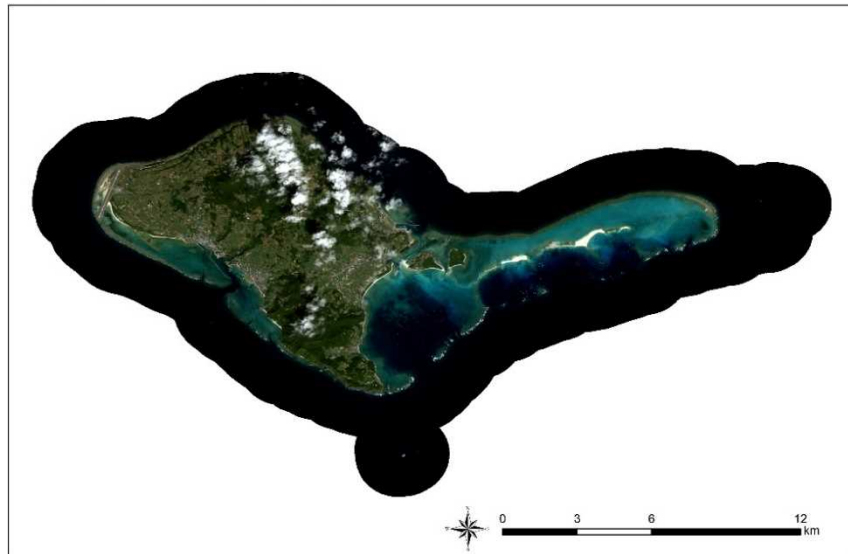
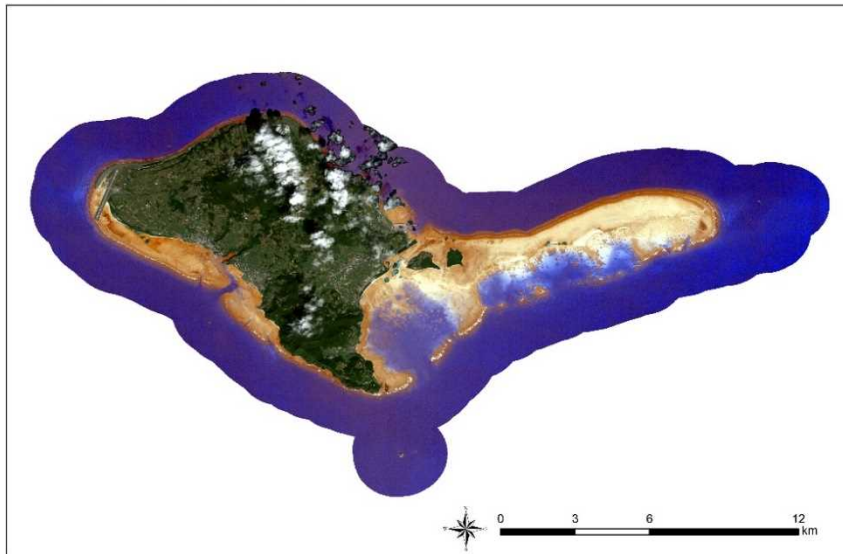


図 2.2-7 底質指標画像とサンゴ礁底質分類図 (宮古島)

久米島 トータルカラー画像 SPOT6 20171224



久米島 底質指標画像 SPOT6 20171224



久米島 分類画像 SPOT6 20171224

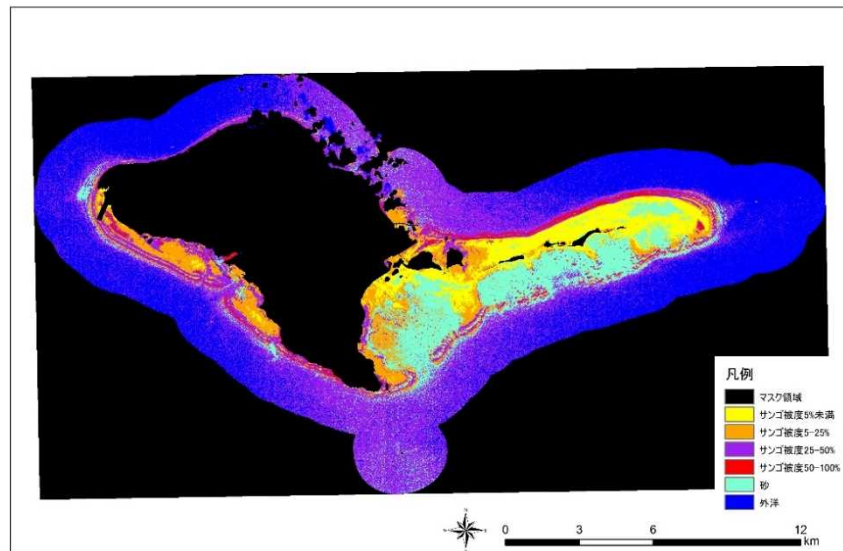
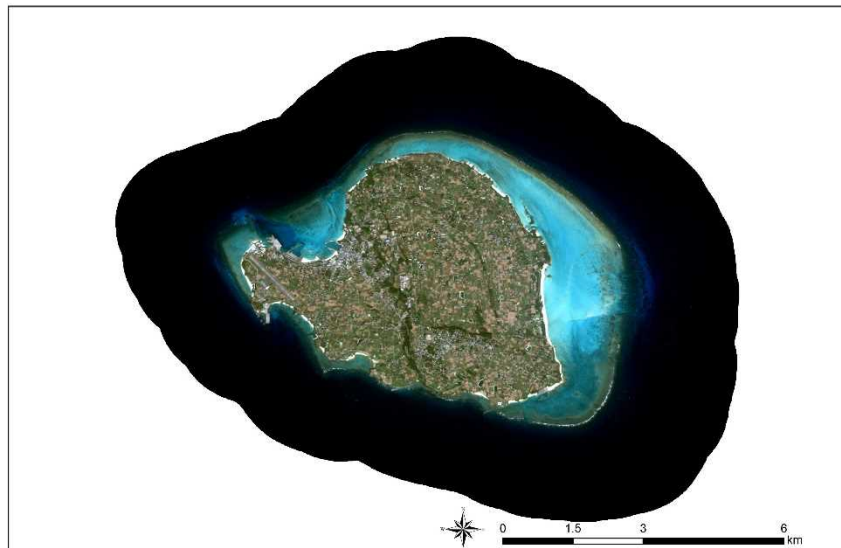


図 2.2-8 底質指標画像とサンゴ礁底質分類図 (久米島)

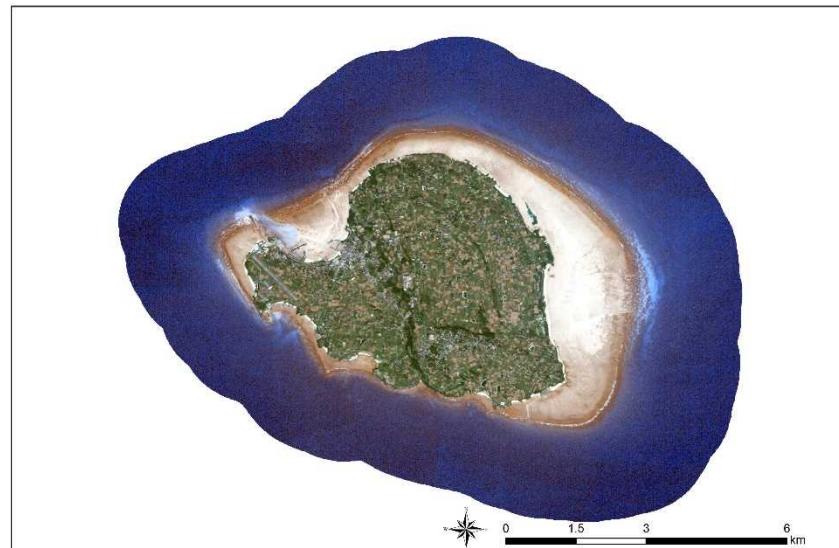
与論島 トゥルーカラー画像

SPOT7 20180215



与論島 底質指標画像

SPOT7 20180215



与論島 分類画像

SPOT7 20180215

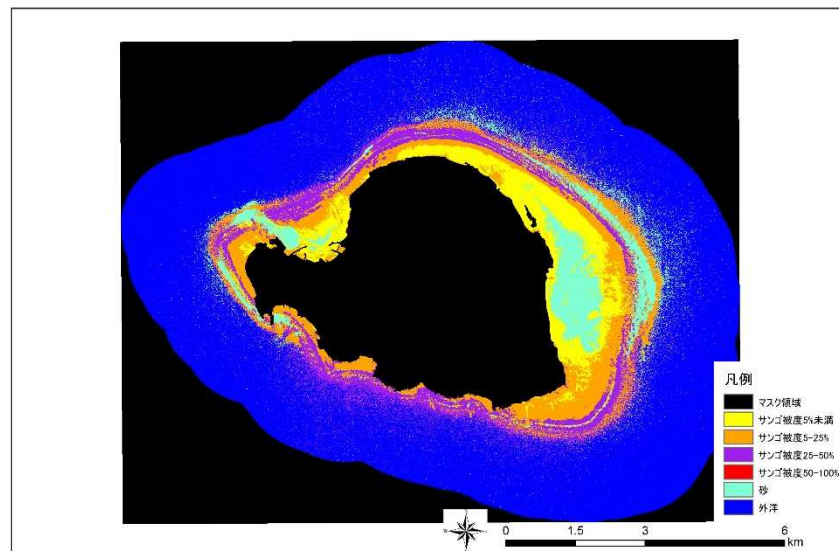
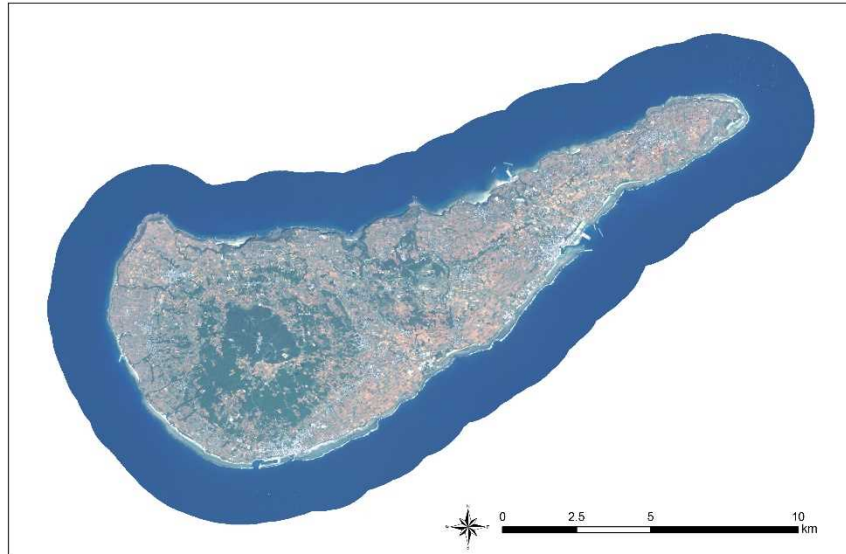


図 2.2-9 底質指標画像とサンゴ礁底質分類図（与論島）

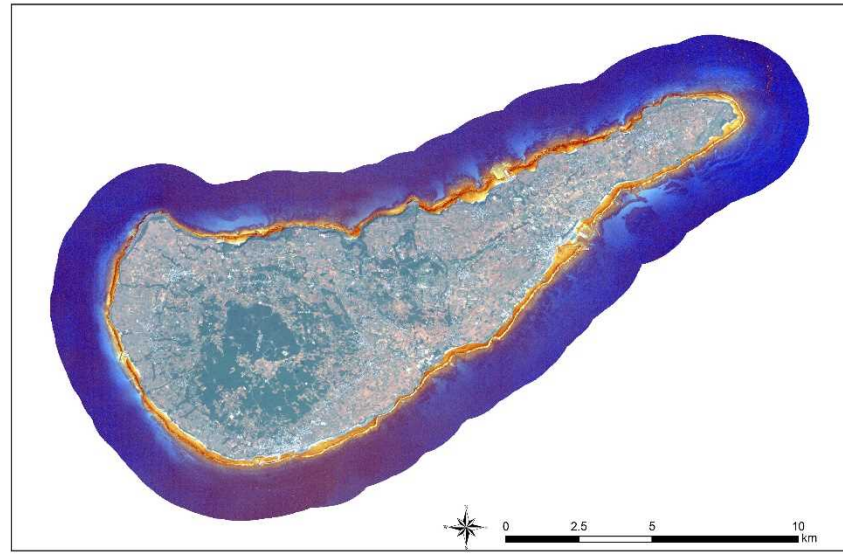
沖永良部島 トゥルーカラー画像

SPOT6 20171102



沖永良部島 底質指標画像

SPOT6 20171102



沖永良部島 分類画像

SPOT6 20171102

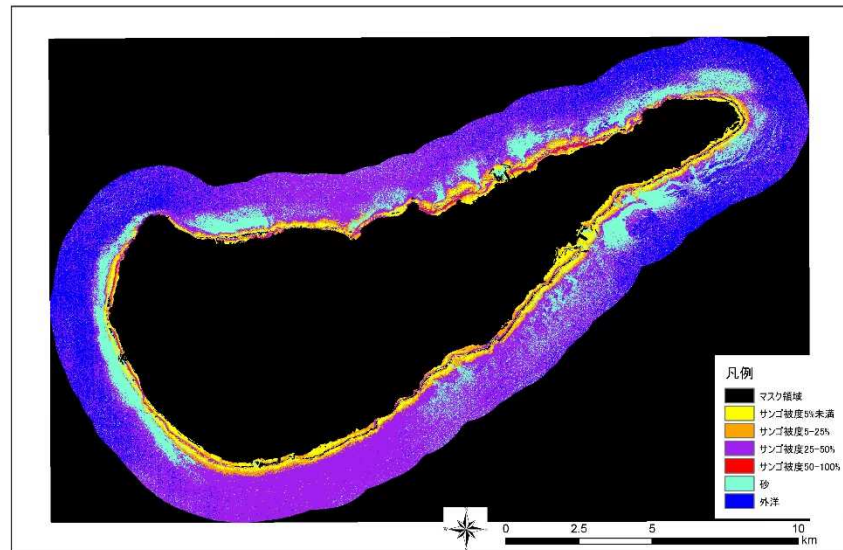


図 2.2-10 底質指標画像とサンゴ礁底質分類図（沖永良部島）

### 3. 現地調査による確認・補完

#### 3.1 調査概要

##### 1) 調査の目的

現地調査では、現況把握のためのスポットチェック法及びマンタ法による目視観察、衛星画像判読の精度向上のためのシートゥルスデータの取得を行った。

現況把握手法は、サンゴ礁地形の特性及び衛星画像の判読精度を勘案し、水深が浅く、明瞭な衛星画像の取得が期待できる礁池及び内側礁原ではスポットチェック法、地形に傾斜があり水深変化が大きい礁縁部ではマンタ法を用いるものとした。

##### 2) 調査実施状況

現地調査は2018年10月9日～2018年10月22日の期間に実施した。調査実施工程一覧を表3.1-1、調査実施状況を図3.1-1に示す。

なお、宮古列島については、10月12日は海が時化しており、予定していた調査が実施できなかったため、環境省担当官の了解を得て、調査人員を増やし、当初予定していた6日間36地点を5日間で調査した。

表 3.1-1 調査実施工程一覧

調査海域	調査日程	調査日数（計14日）
宮古列島	2018/10/11～10/16	5日間
久米島	2018/10/9～10/10	2日間
与論島	2018/10/20～10/22	3日間
沖永良部島	2018/10/16～10/19	4日間

※宮古列島：宮古島及び多良間島

### 3) 調査方法

現地把握手法の調査地点を図 3.1-2～図 3.1-4 に示す。

#### (1) 現況把握手法

##### ① スポットチェック法

約 50m 四方の範囲を調査員 2 名が 15 分間かけて目視観察、写真撮影を行った。サンゴ群集、植物群落については被度の記録による定量調査、その他の項目については定性調査とした。なお、調査はスノーケリングを基本としたが、水納島の暗礁区域については、水深が深いためスキューバ式潜水を実施した。

調査項目については、水深、底質類型、サンゴ被度・優占種生育型、植物被度、大型底生生物（オニヒトデ等）の分布状況、サンゴ白化割合を記録するとともに、サンゴ分布状況・海中景観の撮影を行った。

##### ② マンタ法（調査員曳航法）

調査船で調査員を曳航しながら、海中の観察を計 26km（宮古列島 17km、与論島 4km、沖永良部島 5km）の測線で行った。なお、久米島については、2018 年 4 月に沖縄県による全島調査が実施されていたため、それらのデータを環境省担当官を通じて入手し、使用した。（久米島で予定していた数量は、他の海域に分配した）調査船は調査コースを入力した GPS により誘導し、曳航速度は 2 ノット以下とした。観察結果は、おおよそ曳航 100m の範囲を一つのデータとし、野帳に記録又は船上調査員に報告した。

調査項目については、サンゴ優占種類の生育型、サンゴ被度（生サンゴ）、大型底生生物の分布状況とした。

#### (2) シートゥルースデータの取得

底質区分のシートゥルースデータとして、サンゴ 4 区分（被度 5% 未満、5-25%、25-50%、50% 以上）、海藻類、海草類、砂底、泥底、裸岩、サンゴ礫、死サンゴの 11 種類とし、移動中やマンタ法の実施中にこれらの場所を確認できた際に地点として設定した。

シートゥルースデータは宮古列島、久米島、与論島、沖永良部島の計 150 地点で取得した（宮古列島 36 地点、久米島 10 地点、与論島 63 地点、沖永良部島 41 地点）。なお、シートゥルースデータの取得範囲は、約 20m 四方（マルチスペクトル 3×3 画素）とし、範囲内の底質区分が均一な場所を選定した。



図 3.1-1 現地調査の実施状況

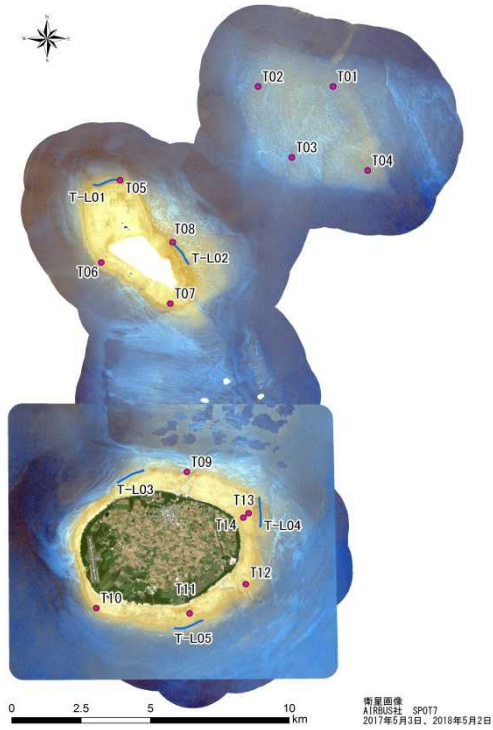
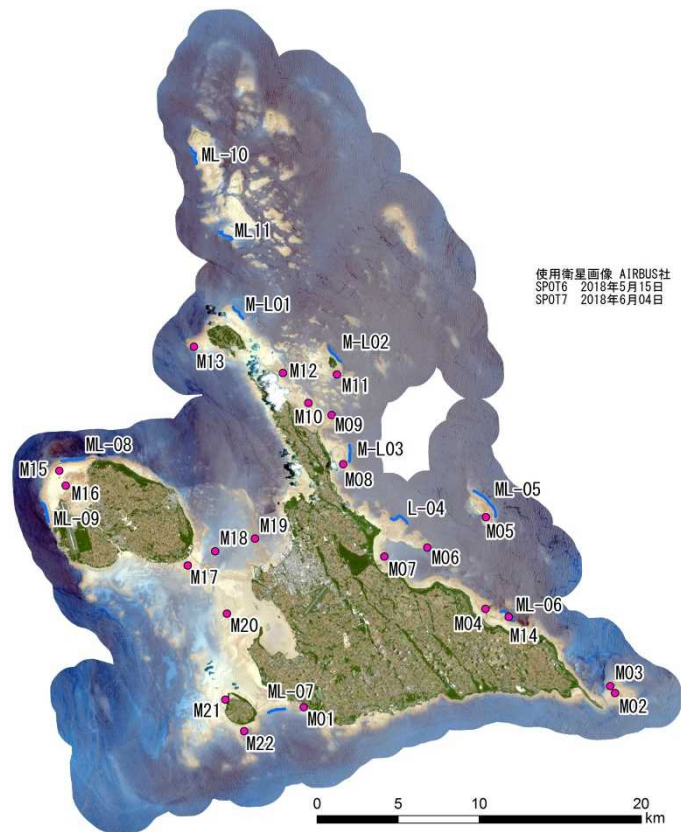


図 3.1-2 現地調査位置図（宮古島、多良間島）



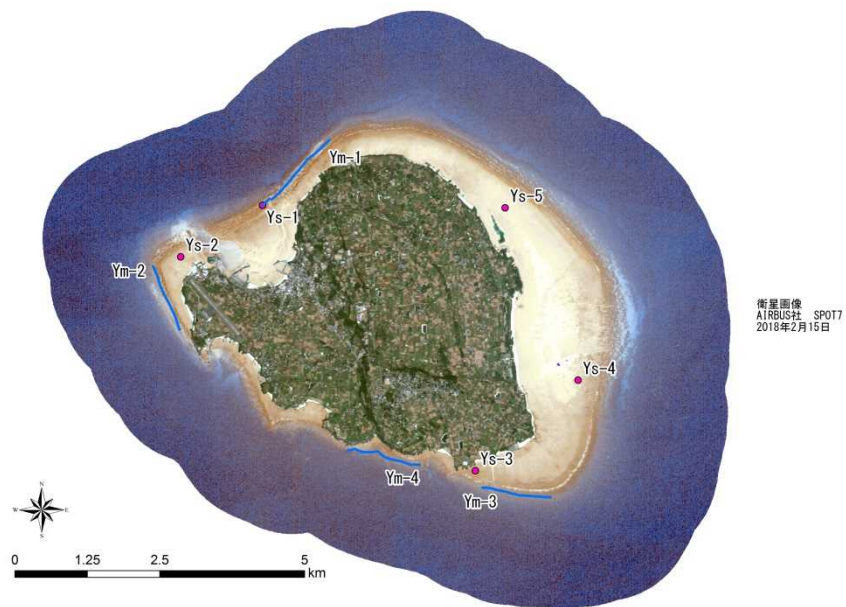
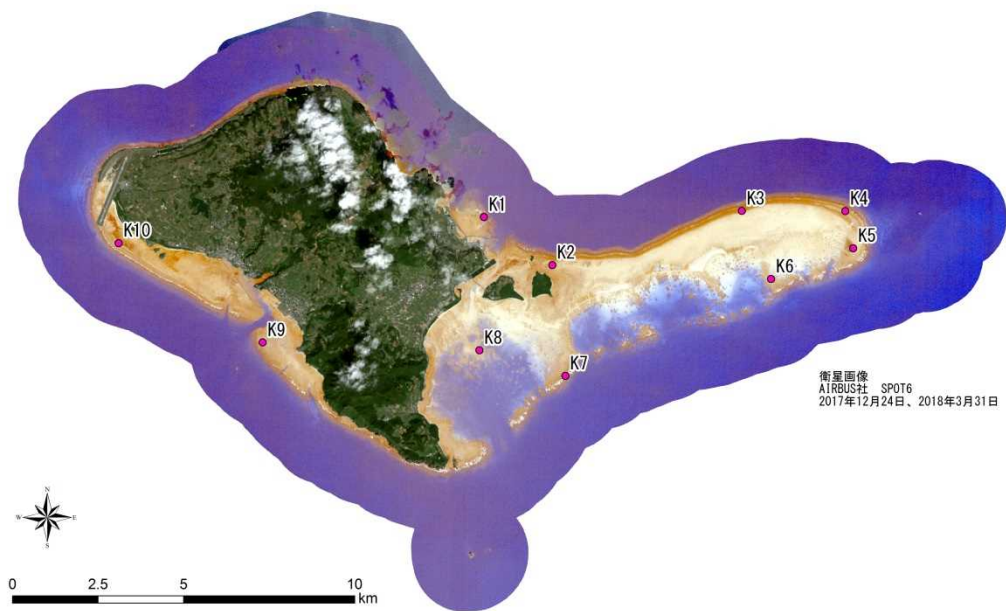


图 3.1-3 現地調査位置図（久米島、与論島）

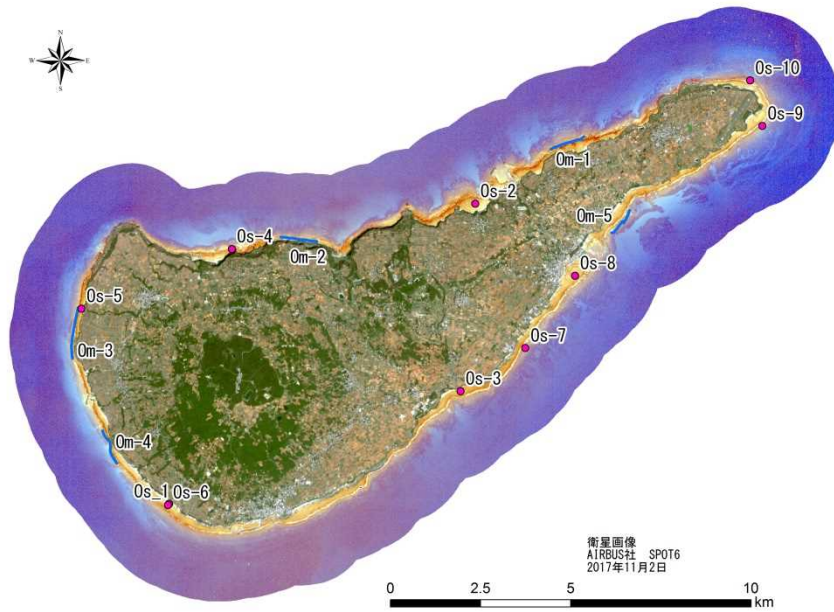


図 3.1-4 現地調査位置図（沖永良部島）

## 3.2 調査結果

### 1) スポットチェック法

衛星画像解析から、サンゴが広く分布する海域と判断される海域 61 地点（宮古列島 36 地点、久米島 10 地点、与論島 5 地点、沖永良部島 10 地点）で実施した。高被度サンゴ分布域については、将来的に健全なサンゴ礁生態系が維持されるであろう海域や保全上重要な海域に特定される可能性を考慮し、重点的に選定した。また、既存調査結果（モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査）を活用する観点から、同調査地点と重複しないように留意した。

スポットチェック法におけるサンゴ礁被度の状況を表 3.2-1、スポットチェック法調査結果を表 3.2-2～表 3.2-4 に示す。

サンゴ礁被度は全体的に低い傾向にあり、宮古列島、久米島及び沖永良部島では被度 5%未満の地点が最も多く、与論島では 5%以上 25%未満が多かった。一方、久米島を除く海域では、サンゴの新規加入群体がみられる地点が多く、今後の回復傾向が示唆された。

各地点の調査結果については、表 3.2-5 に示す調査個票に整理し、巻末資料に添付した。

表 3.2-1 スポットチェック法におけるサンゴ礁被度の状況（地点数）

海域	5%未満	5%以上 25%未満	25%以上 50%未満	50%以上 75%未満	合計
宮古列島※	17	13	3	3	36
久米島	6	2	1	1	10
与論島	1	3	0	1	5
沖永良部島	6	2	2	0	10

※宮古島及び多良間島

表 3.2-2 スポットチェック法調査結果（宮古島）

No.	海域	水深(m)	サンゴ被度(%)	サンゴ生育型	サンゴ加入数	サンゴ白化率(%)	サンゴ被食率(%)	サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	地形	底質割合(%)				ソフト被度(%)
												岩盤	転石	礫	砂	
M-01	宮古島	1.5~5.0	25%以上50%未満	IV(コモンサンゴ)	I	0	<1	葉状コモンサンゴ	被覆状コモンサンゴ	枝状コモンサンゴ	礁池	65	15	10	10	0~5
M-02	宮古島	1.5~2.5	50%以上75%未満	V	II	0	0	アオサンゴ	枝状ハマサンゴ	枝状コモンサンゴ	礁池	90		5	5	0
M-03	宮古島	2.0~3.5	5%以上25%未満	IV(アオサンゴ)	II	0	0	アオサンゴ	被アナサンゴモドキ	-	礁池	65	20	10	5	0~5
M-04	宮古島	0.8~2.0	50%以上75%未満	IV(枝コモンサンゴ)	I	0	<1	枝コモンサンゴ	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ科	礁池	75		20	5	0~5
M-05	宮古島	0.8~2.0	25%以上50%未満	V	II	0	<1	アザミサンゴ	被覆状コモンサンゴ	葉状コモンサンゴ	礁池	85		10	5	0~5
M-06	宮古島	0.0~0.5	5%未満	V	II	0	0	キクメイシ科	被覆状コモンサンゴ	-	礁池	100				0~5
M-07	宮古島	0.3~0.8	5%未満	V	II	0	0	被覆コモンサンゴ	キクメイシ科	-	礁池	100				0~5
M-08	宮古島	2.0~2.5	5%未満	V	II	0	0	-	-	-	礁池	5	5	80	10	0~5
M-09	宮古島	1.5~2.5	5%以上25%未満	I	II	0	0	枝状コモンサンゴ	枝状ミドリイシ	-	礁池	30	5	65		0~5
M-10	宮古島	2.0~3.0	50%以上75%未満	IV(枝コモンサンゴ)	I	0	<1	枝状コモンサンゴ	-	-	礁池	40		20	40	0~5
M-11	宮古島	1.5~2.5	5%以上25%未満	I	II	0	<1	枝状ミドリイシ	葉状コモンサンゴ	-	礁池	60		40		0~5
M-12	宮古島	1.5~3.0	5%以上25%未満	V	II	0	<1	枝状ミドリイシ	枝状コモンサンゴ	クサビライシ	礁池	60		40		0~5
M-13	宮古島	1.2	5%未満	V	III	0	0	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ科	塊状浜ハマサンゴ	礁原	85	5	5	5	0~5
M-14	宮古島	1.0~6.0	5%未満	V	III	0	0	ミドリイシ小群体	キクメイシ科	-	礁斜面	75	5	10	10	0~5
M-15	宮古島	0.5~2.5	5%以上25%未満	V	I	0	0	枝状ハマサンゴ	塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	礁池	20	5	5	70	0~5
M-16	宮古島	1.5~2.5	5%未満	V	I	0	0	-	-	-	礁池			10	90	0
M-17	宮古島	2.0~3.5	5%未満	IV(枝コモンサンゴ)	I	0	<1	枝コモンサンゴ	-	-	礁池	80		10	10	0~5
M-18	宮古島	1.8~4.0	5%未満	V	II	0	0	キクメイシ科	-	-	離礁	75	5	20		0~5
M-19	宮古島	1.5~4.0	5%未満	V	II	0	0	枝状アナサンゴモドキ	-	-	離礁	60		35	5	0~5
M-20	宮古島	1.5~2.0	5%未満	V	I	0	0	-	-	-	礁池	5	5	30	60	0~5
M-21	宮古島	3.0~4.0	5%未満	V	I	0	0	塊状ハマサンゴ	キクメイシ科	被覆状コモンサンゴ	礁池	80	5	5	10	5~10
M-22	宮古島	0.5~5.0	5%未満	V	II	0	0	枝状コモンサンゴ	ハナガササンゴ	-	礁池	50	10	20	20	0~5

※生育型 I：枝ミドリイシ、II：卓ミドリイシ、III：枝卓ミドリイシ、IV：特定種優占、V：多種混生、VI：ソフト優占

※加入数（1m<sup>2</sup>あたり） I：なし、II：5群体未満、III：5群体以上

※表中の「-」はデータなし

表 3.2-3 スポットチェック法調査結果（多良間島、久米島）

No.	海域	水深(m)	サンゴ被度(%)	サンゴ生育型	サンゴ加入数	サンゴ白化率(%)	サンゴ被食率(%)	サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	地形	底質割合(%)				ソフト被度(%)
												岩盤	転石	礫	砂	
T-01	多良間島	12.0～19.5	5%以上25%未満	V	II	0	0	キクメイシ科	塊状ハマサンゴ	スリバチサンゴ	離礁	75	5	5	15	10～20
T-02	多良間島	14.0～22.5	5%以上25%未満	V	II	0	0	キクメイシ科	塊状ハマサンゴ	オオトゲサンゴ科	離礁	90			10	10～20
T-03	多良間島	14.0～17.0	5%以上25%未満	V	II	0	0	キクメイシ科	塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	離礁	85	5	5	5	10～20
T-04	多良間島	11.0～16.0	5%以上25%未満	V	II	0	0	キクメイシ科	アオサンゴ	ハナヤサイサンゴ	離礁	80	5	5	10	5～10
T-05	多良間島	4.0～7.0	5%以上25%未満	V	II	0	0	ミドリイシ小群体	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイサンゴ	礁斜面	90	5		5	0～5
T-06	多良間島	1.0～8.0	5%以上25%未満	V	II	0	0	被覆・葉状コモンサンゴ	散房花状ミドリイシ	卓上ミドリイシ	礁斜面	80	10	5	5	0～5
T-07	多良間島	1.2～4.0	5%未満	V	I	0	0	塊状ハマサンゴ	-	-	礁斜面	60	10	10	20	0～5
T-08	多良間島	3.0～6.0	5%以上25%未満	II(枝卓ミドリイシ)	II	0	0	卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	-	礁斜面	70	10	5	15	0～5
T-09	多良間島	3.5～8.0	5%未満	V	II	0	0	キクメイシ	散房花状ミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	礁斜面	85	10		5	0～5
T-10	多良間島	1.0～3.5	5%未満	V	I	0	0	キクメイシ科	ハナヤサイサンゴ	-	礁原	90	5	5		0～5
T-11	多良間島	1.2～3.0	25%以上50%未満	IV(枝状コモンサンゴ)	I	0	<1	枝状コモンサンゴ	-	-	礁池	90		5	5	0～5
T-12	多良間島	1.0～2.0	5%以上25%未満	IV(枝状コモンサンゴ)	I	0	0	枝状コモンサンゴ	被覆状コモンサンゴ		礁原	90		5	5	0～5
T-13	多良間島	1.1～2.5	5%未満	V	I	0	0	キクメイシ科	-	-	礁池	60	5	10	25	0～5
T-14	多良間島	1.0～2.5	5%未満	V	I	0	0	キクメイシ	塊状ハマサンゴ	ハナヤサイサンゴ	礁原	85		5	10	0～5
K-01	久米島	4.0～7.0	5%以上25%未満	V	-	0	0	塊状ハマサンゴ類	ハナヤサイサンゴ類	被覆状コモンサンゴ類	礁斜面	90	10			0
K-02	久米島	2.0～3.0	25%以上50%未満	IV(塊状ハマサンゴ)	-	0	0	枝状コモンサンゴ類	塊状ハマサンゴ類	-	礁池	10		60	30	0
K-03	久米島	2.0～2.0	5%未満	-	-	0	0	塊状ハマサンゴ類	-	-	礁池	5		5	90	0
K-04	久米島	1.0～1.5	5%未満	-	-	0	0	-	-	-	礁池	10	40		50	0
K-05	久米島	2.0～3.0	50%以上75%未満	IV(枝状コモンサンゴ)	-	0	0	枝状コモンサンゴ類	塊状ハマサンゴ類	-	礁池	10		90		0
K-06	久米島	1.0～7.0	5%未満	V	II	0	0	塊状ハマサンゴ類	キクメイシ類	ハナヤサイサンゴ類	礁斜面	90	10			0～5
K-07	久米島	4.0～8.0	5%以上25%未満	V	-	0	0	ハナヤサイサンゴ類	キクメイシ類	塊状ハマサンゴ類	礁斜面	90	10			0～5
K-08	久米島	1.5～2.5	5%未満	V	-	0	0	キクメイシ類	塊状ハマサンゴ類	被覆状コモンサンゴ類	離礁	60	10	10	20	0
K-09	久米島	1.5～3.5	5%未満	V	-	0	0	塊状ハマサンゴ類	キクメイシ類	-	礁池	60		30	10	0～5
K-10	久米島	0.0～0.0	5%未満	-	-	0	0	-	-	-	礁池	30			70	0

※生育型 I：枝ミドリイシ、II：卓ミドリイシ、III：枝卓ミドリイシ、IV：特定種優占、V：多種混生、VI：ソフト優占

※加入数（1m<sup>2</sup>あたり） I：なし、II：5群体未満、III：5群体以上

※表中の「-」はデータなし

表 3.2-4 スポットチェック法調査結果（与論島、沖永良部島）


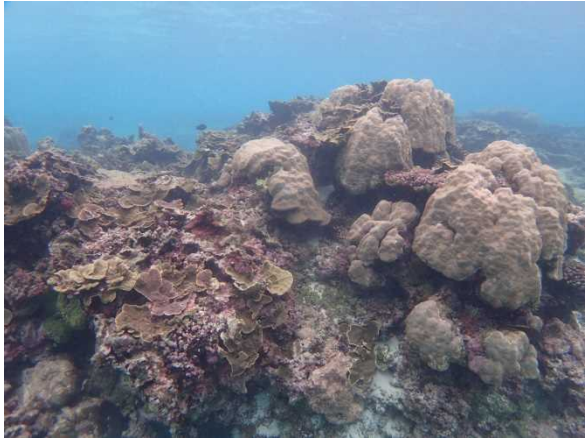


No.	海域	水深(m)	サンゴ被度(%)	サンゴ生育型	サンゴ加入数	サンゴ白化率(%)	サンゴ被食率(%)	サンゴ優占1位	サンゴ優占2位	サンゴ優占3位	地形	底質割合(%)				ソフト被度(%)
												岩盤	転石	礫	砂	
Ys-1	与論島	1.0~7.0	50%以上75%未満	V	V	<1	<1	オヤユビミドリイシ	クシエダハマサンゴ	ショウガサンゴ	礁斜面	90		5	5	0~5
Ys-1	与論島	1.0~7.0	50%以上75%未満	V	V	<1	<1	オヤユビミドリイシ	クシエダハマサンゴ	ショウガサンゴ	礁斜面	90		5	5	0~5
Ys-1	与論島	1.0~7.0	50%以上75%未満	V	V	<1	<1	オヤユビミドリイシ	クシエダハマサンゴ	ショウガサンゴ	礁斜面	90		5	5	0~5
Ys-1	与論島	1.0~7.0	50%以上75%未満	V	V	<1	<1	オヤユビミドリイシ	クシエダハマサンゴ	ショウガサンゴ	礁斜面	90		5	5	0~5
Ys-2	与論島	1.5~2.5	5%以上25%未満	V	I	<1	<1	オヤユビミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	ハマサンゴ(塊状)	礁池	60		10	30	0~5
Ys-2	与論島	1.5~2.5	5%以上25%未満	V	I	<1	<1	オヤユビミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	ハマサンゴ(塊状)	礁池	60		10	30	0~5
Ys-3	与論島	2.0~4.0	5%以上25%未満	V	II	<1	<1	ハマサンゴ類(塊状)	キクメイシ類	ハナヤサイサンゴ	礁池	80		10	10	0~5
Ys-4	与論島	2.0~3.0	5%以上25%未満	V	II	<1	<1	ハマサンゴ類(塊状)	キクメイシ類	-	礁池	15		5	80	0~5
Ys-5	与論島	1.0~2.0	5%未満	IV	I	<1	<1	ハマサンゴ(塊状)	キクメイシ類	-	礁池	95			5	0~5
Ys-5	与論島	1.0~2.0	5%未満	IV	I	<1	<1	ハマサンゴ(塊状)	キクメイシ類	-	礁池	95			5	0~5
Ys-5	与論島	1.0~2.0	5%未満	IV	I	<1	<1	ハマサンゴ(塊状)	キクメイシ類	-	礁池	95			5	0~5
Os-01	沖永良部島	2.0~8.0	25%以上50%未満	II	III	<1	<1	クシハダミドリイシ	オヤユビミドリイシ	テーブル状ミドリイシ類	礁斜面	80			20	0~5
Os-02	沖永良部島	0.5~1.5	5%未満	V	II	<1	<1	ハマサンゴ類(塊状)	キクメイシ類	-	礁池	50			50	0~5
Os-03	沖永良部島	0.2~1.5	5%未満	IV	II	<1	<1	シコロサンゴ	ハマサンゴ類	-	礁池	50		10	40	0~5
Os-04	沖永良部島	5.0~8.0	5%以上25%未満	V	III	<1	<1	オヤユビミドリイシ	ハマサンゴ類	クシハダミドリイシ	礁斜面	90			10	5~10
Os-05	沖永良部島	0.2~0.5	5%未満	IV	I	<1	<1	ハマサンゴ類(塊状)	キクメイシ類	-	礁池	90			10	0~5
Os-06	沖永良部島	0.5~3.0	5%未満	V	II	<1	<1	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類	キクメイシ類	礁池	40		30	30	0~5
Os-07	沖永良部島	1.0~12.0	25%以上50%未満	V	III	<1	<1	コモンサンゴ類	ヘラジカハナヤサイサンゴ	クシハダミドリイシ	礁斜面	90		5	5	5~10
Os-08	沖永良部島	0.5~2.0	5%以上25%未満	V	II	<1	<1	ハマサンゴ類(塊状)	キクメイシ類	ハナヤサイサンゴ	礁池	60		10	30	0~5
Os-09	沖永良部島	1.0~9.0	5%未満	V	III	<1	<1	オヤユビミドリイシ	ヘラジカハナヤサイサンゴ	キクメイシ類	礁斜面	95			5	0~5
Os-10	沖永良部島	2.0~6.0	5%未満	V	III	<1	<1	オヤユビミドリイシ	ヘラジカハナヤサイサンゴ	キクメイシ類	礁斜面	95			5	0~5

※生育型 I：枝ミドリイシ、II：卓ミドリイシ、III：枝卓ミドリイシ、IV：特定種優占、V：多種混生、VI：ソフト優占

※加入数(1m<sup>2</sup>あたり) I：なし、II：5 群体未満、III：5 群体以上

※表中の「-」はデータなし

表 3.2-5 スポット調査の調査個票 (例)

海域：宮古島	地点 No：M-01	調査日時：2018/10/13 11:14		
天候：曇り	波高(m)：0.3	水深(m)：1.5～5.0		
サンゴ(%)	被度：25-50	白化率：0	生育型：IV (コモンサンゴ)	加入数：I
サンゴ上位3種	1位：葉状コモンサンゴ	2位：被覆状コモンサンゴ	3位：枝状コモンサンゴ	
地形：礁池				
底質(%)	岩盤：65	転石：15	礫：10	砂：10
特記事項：海藻被度0～5%				
				
地点全景		塊状ハマサンゴ類		
				
コモンサンゴ類とテルピオス属カイメン類		葉状コモンサンゴ類		

※生育型 I：枝ミドリイシ、II：卓ミドリイシ、III：枝卓ミドリイシ、IV：特定種優占、V：多種混生、VI：ソフト優占

※加入数 (1m<sup>2</sup>あたり) I：なし、II：5 群体未満、III：5 群体以上

## 2) マンタ法

マンタ法は、礁縁部から礁斜面における水深変化に伴うサンゴの分布状況を把握することを目的とするため、事前に取得した衛星画像から水深変化がみられる礁縁部の抽出を行ったうえで、調査コースを設定した。調査コースの延長は、宮古列島 17km、与論島 4km、沖永良部島 5km の計 26km とした。

マンタ法の調査結果を表 3.2-6～表 3.2-10 に示す。

## 3) シートウールスデータの取得

シートウールスデータの取得状況を表 3.2-11 に示す。



表 3.2-6 マンタ法調査結果（宮古島）

No.	海域	調査日	時間	天候	波高 (m)	風向き	サンゴ被度 (%)	底質割合(%)				サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	ソフト被度 (%)	海藻被度 (%)
								岩盤	転石	礫	砂					
ML-06	宮古島	10月14日	10:32	晴れ	1.5	北東	<5	70	30			塊ハマサンゴ	キクメイシ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:35	晴れ	1.5	北東	5-25	30	50	20		被覆状アナサンゴモドキ	塊状ハマサンゴ	キクメイシ	<5	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:38	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	<5	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:41	晴れ	1.5	北東	5-25	80	20			塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	<5	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:43	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	塊状ハマサンゴ	5-25	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:46	晴れ	1.5	北東	<5	90	5	5		キクメイシ	被覆状コモンサンゴ	塊状ハマサンゴ	5-25	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:48	晴れ	1.5	北東	<5	80	10		10	キクメイシ	塊状ハマサンゴ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-06	宮古島	10月14日	10:51	晴れ	1.5	北東	5-25	30	40		30	キクメイシ	塊状ハマサンゴ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:43	晴れ	1.5	北東	<5	100				ハナヤサイ	キクメイシ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:45	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイ	キクメイシ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:47	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:50	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:52	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイ	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:55	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	ミドリイシ小群体	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	12:57	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	ミドリイシ小群体	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:00	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	ミドリイシ小群体	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:02	晴れ	1.5	北東	5-25	80	10	10		被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:05	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:07	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ミドリイシ小群体	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:10	晴れ	1.5	北東	5-25	80	20			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ミドリイシ小群体	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:12	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	ミドリイシ小群体	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:15	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモン	キクメイシ	塊状ハマサンゴ	<5	<5
ML-05	宮古島	10月14日	13:17	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモン	キクメイシ	ミドリイシ小群体	<5	<5
ML-05	宮古島	10月15日	13:20	晴れ	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状コモン	キクメイシ	ミドリイシ小群体	5-25	<5
ML-07	宮古島	10月13日	11:56	曇り	0.5	北東	<5	100				ハナヤサイ	被覆状コモンサンゴ	塊状ハマサンゴ	<5	<5
ML-07	宮古島	10月13日	11:58	曇り	0.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイ	塊状ハマサンゴ	被覆状コモン	<5	<5
ML-07	宮古島	10月13日	12:01	曇り	0.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイ	塊状ハマサンゴ	被覆状コモン	<5	<5
ML-07	宮古島	10月13日	12:03	曇り	0.5	北東	<5	100				ハナヤサイ	塊状ハマサンゴ	被覆状コモン	<5	<5
ML-07	宮古島	10月13日	12:05	曇り	0.5	北東	5-25	100				ハナヤサイ	被覆状コモン	塊状ハマサンゴ	<5	<5
ML-07	宮古島	10月13日	12:08	曇り	0.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイ	塊状ハマサンゴ	被覆状コモン	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:36	曇り	1.5	北東	5-25	100				被覆状アナサンゴモドキ	塊状ハマサンゴ	ハナヤサイ	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:39	曇り	1.5	北東	5-25	80	20			ハナヤサイ	被覆状コモンサンゴ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:42	曇り	1.5	北東	<5	70	30			ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	被覆状コモンサンゴ	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:44	曇り	1.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	キクメイシ	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:47	曇り	1.5	北東	5-25	90	10			ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	被覆状コモンサンゴ	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:49	曇り	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	塊状ハマサンゴ	<5	<5
ML-09	宮古島	10月13日	15:52	曇り	1.5	北東	5-25	90	10			被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	被覆状コモンサンゴ	<5	<5
ML-08	宮古島	10月14日	9:45	曇り	1.0	北東	5-25	80	10	10		被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	被覆状コモンサンゴ	<5	<5
ML-08	宮古島	10月14日	9:48	曇り	1.0	北東	5-25	70	10	10	10	被覆状コモンサンゴ	ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-08	宮古島	10月14日	9:50	曇り	1.0	北東	5-25	90	10			被覆状コモン	ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-08	宮古島	10月14日	9:53	曇り	1.0	北東	5-25	90	10			被覆状コモン	ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-08	宮古島	10月14日	9:55	曇り	1.0	北東	5-25	90	10			被覆状コモン	ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML-08	宮古島	10月14日	9:57	曇り	1.0	北東	5-25	80	20			被覆状コモン	ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5

表 3.2-7 マンタ法調査結果（宮古島）続き

No.	海域	調査日	時間	天候	波高 (m)	風向き	サンゴ被度 (%)	底質割合(%)				サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	ソフト被度 (%)	海藻被度 (%)
								岩盤	転石	礫	砂					
ML-08	宮古島	10月14日	9:59	曇り	1.0	北東	5-25	90	10			被覆状アナサンゴモドキ	被覆状コモン	ハナヤサイ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:00	曇り	1.0	東	5-25	80	20			卓状ミドリイシ	ハナヤサイ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:02	曇り	1.0	東	5-25	60	20	10	10	卓状ミドリイシ	塊状ハマサンゴ	ハナヤサイ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:05	曇り	1.0	東	5-25	80	10	5	5	卓状ミドリイシ	被覆状アナサンゴモドキ	塊状ハマサンゴ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:07	曇り	1.0	東	5-25	70	20	10		卓状ミドリイシ	キクメイシ	ハナヤサイ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:10	曇り	1.0	東	25-50	70	30			卓状ミドリイシ	被覆状コモンサンゴ	塊状ハマサンゴ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:12	曇り	1.0	東	25-50	70	30			卓状ミドリイシ	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:15	曇り	1.0	東	5-25	70	20	10		卓状ミドリイシ	塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	<5	<5
M-L01	宮古島	10月14日	13:44	曇り	1.0	東	25-50	60	30	5	5	taAc卓状ミドリイシ	Poハナヤサイサンゴ	brAc枝状ミドリイシ	<5	<5
M-L01	宮古島	10月14日	13:46	曇り	1.0	東	25-50	80	20			taAc卓状ミドリイシ	brAc枝状ミドリイシ	Bハナヤサイサンゴ	<5	<5
M-L01	宮古島	10月14日	13:49	曇り	1.0	東	25-50	80	10	10		taA卓状ミドリイシ	brA枝状ミドリイシ	-	<5	<5
M-L01	宮古島	10月14日	13:52	曇り	1.0	東	5-25	40	40	10	10	brAc枝状ミドリイシ	ta卓状ミドリイシ	Poハナヤサイサンゴ	<5	<5
M-L01	宮古島	10月14日	13:55	曇り	1.0	東	25-50	60	20	20		ba枝状ミドリイシ	ta卓状ミドリイシ	Poハナヤサイサンゴ	<5	<5
L-04	宮古島	10月14日	14:46	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイサンゴ	被覆コモンサンゴ	-	<5	<5
L-04	宮古島	10月14日	14:59	晴れ	1.5	北東	<5	70	30			ハナヤサイサンゴ	キクメイシ	被覆コモンサンゴ	<5	<5
L-04	宮古島	10月14日	15:02	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイサンゴ	塊状ハマサンゴ	-	<5	<5
L-04	宮古島	10月14日	15:04	晴れ	1.5	北東	<5	90	10			ハナヤサイサンゴ	被覆コモンサンゴ	塊状ハマサンゴ	<5	<5
L-04	宮古島	10月14日	15:07	曇り	1.5	北東	<5	80		20		被コモンサンゴ	ハナヤサイサンゴ	-	5-25	<5
L-04	宮古島	10月14日	15:10	曇り	1.5	北東	<5	70		20	10	-	-	-	5-25	<5
L-04	宮古島	10月14日	15:13	曇り	1.5	北東	5-25	85		10	5	ミドリイシ小群体	ハナヤサイサンゴ	塊ハマサンゴ	5-25	<5
ML-10	宮古島	10月14日	11:51	曇り	1.0	東	<5	80	20			ハナヤサイサンゴ	塊状ハマサンゴ	被覆コモンサンゴ	<5	<5
ML-10	宮古島	10月14日	11:54	曇り	1.0	東	<5	65	15	10	10	ハナヤサイサンゴ	塊状ハマサンゴ	-	<5	<5
ML-10	宮古島	10月14日	11:56	曇り	1.0	東	<5	66	30	5		ハナヤサイサンゴ	-	-	<5	<5
ML-10	宮古島	10月14日	11:59	曇り	1.0	東	<5	50	50			塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	ハナヤサイサンゴ	<5	<5
ML-10	宮古島	10月14日	12:02	曇り	1.0	東	5-25	70	25	5		ハナヤサイサンゴ	被覆状コモンサンゴ	キクメイシ	<5	<5
ML-10	宮古島	10月14日	12:04	曇り	1.0	東	5-25	80	20			塊状ハマサンゴ	ハナヤサイサンゴ	-	<5	<5
ML-10	宮古島	10月14日	12:07	曇り	1.0	東	5-25	90	10			ハナヤサイサンゴ	塊状ハマサンゴ	枝状アナサンゴモドキ	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:18	曇り	1.0	東	5-25	80	20			卓状ミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	被覆状コモン	<5	<5
ML11	宮古島	10月14日	13:20	曇り	1.0	東	<5	30	60	10		卓状ミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	-	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	13:57	曇り	1.5	東	25-50	60	20	20		枝状ミドリイシ	卓状ミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	14:25	曇り	1.5	東	5-25	90	10			卓状ミドリイシ	キクメイシ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	14:28	曇り	1.5	東	5-25	90		5	5	卓状ミドリイシ	キクメイシ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	14:30	曇り	1.5	東	5-25	80	20			卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	キクメイシ	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	14:33	曇り	1.5	東	5-25	80	20			卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	キクメイシ	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	14:35	曇り	1.5	東	5-25	60	30	10		卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	キクメイシ	<5	<5
M-L02	宮古島	10月14日	14:37	曇り	1.5	東	5-25	70	30			被覆状コモンサンゴ	卓状ミドリイシ	キクメイシ	<5	<5
M-L03	宮古島	10月14日	15:00	曇り	1.5	東	5-25	100				Poハナヤサイサンゴ	Acミドリイシ群体	enMo被覆状コモンサンゴ	<5	<5
M-L03	宮古島	10月14日	15:02	曇り	1.5	東	5-25	95	5			ハナヤサイサンゴ	ミドリイシ小群体	被覆状コモンサンゴ	5-25	<5
M-L03	宮古島	10月14日	15:05	曇り	1.5	東	5-25	95	5			Poハナヤサイサンゴ	brAc枝状ミドリイシ	-	5-25	<5
M-L03	宮古島	10月14日	15:08	曇り	1.5	東	5-25	90	5	5		Poハナヤサイサンゴ	Ac小ミドリイシ小群体	brAc枝状ミドリイシ	5-25	<5
M-L03	宮古島	10月14日	15:10	曇り	1.5	東	<5	70	25	5		Poハナヤサイサンゴ	enMo被覆コモンサンゴ	Ac小ミドリイシ小群体	<5	<5
M-L03	宮古島	10月14日	15:13	曇り	1.5	東	<5	70	30			ミドリイシ小群体	塊状ハマサンゴ	-	<5	<5

表 3.2-8 マンタ法調査結果 (多良間島)

No.	海域	調査日	時間	天候	波高 (m)	風向き	サンゴ被度 (%)	底質割合(%)				サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	ソフト被度 (%)	海藻被度 (%)
								岩盤	転石	礫	砂					
T-L05	多良間	10月15日	14:05	曇り	0.5	東	<5	90	10			FAキクメイシ	Poハナヤサイサンゴ	naPa塊ハマサンゴ	<5	<5
T-L05	多良間	10月15日	14:08	曇り	0.5	東	<5	70	30			enMo被覆状コモンサンゴ	naR塊状ハマサンゴ	Poハナヤサイサンゴ	<5	<5
T-L05	多良間	10月15日	14:10	曇り	0.5	東	<5	70	30			Poハナヤサイサンゴ	naR塊ハマサンゴ	-	<5	<5
T-L05	多良間	10月15日	14:13	曇り	0.5	東	5-25	60	30			enMo被覆状コモンサンゴ	naR塊状ハマサンゴ	Poハナヤサイサンゴ	<5	<5
T-L05	多良間	10月15日	14:16	曇り	0.5	東	5-25	60	25	5		naR塊状ハマサンゴ	enMo被覆状コモンサンゴ	Poハナヤサイサンゴ	<5	<5
T-L05	多良間	10月15日	14:18	曇り	0.5	東	5-25	70	20	5	5	塊状ハマサンゴ	被覆状コモンサンゴ	ハナヤサイサンゴ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:26	晴れ	0.5	北東	5-25	80	20			卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	キクメイシ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:28	晴れ	0.5	北東	5-25	90	10			卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	被覆状アナサンゴモドキ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:30	晴れ	0.5	北東	<5	80	20			卓状ミドリイシ	被覆状アナサンゴモドキ	キクメイシ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:33	晴れ	0.5	北東	<5	70	20	10		ミドリイシ小群体	被覆状アナサンゴモドキ	キクメイシ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:35	晴れ	0.5	北東	5-25	80	10	10		ミドリイシ小群体	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:38	晴れ	0.5	北東	5-25	80	10	10		ミドリイシ小群体	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:40	晴れ	0.5	北東	5-25	80	10	10		ミドリイシ小群体	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	<5	<5
T-L01	多良間	10月16日	14:43	晴れ	0.5	北東	5-25	80	10	10		ミドリイシ小群体	被覆状アナサンゴモドキ	塊ハマサンゴ	<5	<5
T-L02	多良間	10月16日	15:29	晴れ	0.5	北東	<5	80	10	5	5	卓状ミドリイシ	br枝状ミドリイシ	-	<5	<5
T-L02	多良間	10月16日	15:32	晴れ	0.5	北東	<5	80	10	5	5	卓状ミドリイシ	-	-	<5	<5
T-L02	多良間	10月16日	15:34	晴れ	0.5	北東	<5	85	5	5	5	ta卓状ミドリイシ	br枝状ミドリイシ	Poハナヤサイサンゴ	<5	<5
T-L02	多良間	10月16日	15:37	晴れ	0.5	北東	<5	60	20	20		taAc卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	ハナヤサイサンゴ	<5	5-25
T-L02	多良間	10月16日	15:39	晴れ	0.5	北東	<5	40	5	25	30	卓状ミドリイシ	枝状ミドリイシ	naR塊状ハマサンゴ	<5	<5
T-L04	多良間	10月16日	16:14	曇り	0.5	北東	<5	85	10	5	5	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	-	5-25	<5
T-L04	多良間	10月16日	16:17	曇り	0.5	北東	<5	90	5	5	5	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	-	<5	<5
T-L04	多良間	10月16日	16:19	曇り	0.5	北東	<5	90	5	5	5	被覆状アナサンゴモドキ	ハナヤサイ	-	<5	<5
T-L04	多良間	10月16日	16:22	曇り	0.5	北東	<5	90	5	5	5	-	-	-	<5	<5
T-L04	多良間	10月16日	16:24	曇り	0.5	北東	<5	80	5	5	10	-	-	-	<5	<5
T-L04	多良間	10月16日	16:27	曇り	0.5	北東	<5	65	15	15	5	卓状ミドリイシ	被覆状アナサンゴモドキ	-	<5	<5
T-L03	多良間	10月16日	16:52	晴れ	0.5	北東	<5	80	10	5	5	Poハナヤサイサンゴ	naR塊状ハマサンゴ	-	<5	<5
T-L03	多良間	10月16日	16:55	晴れ	0.5	北東	<5	90	5	5	5	Poハナヤサイサンゴ	brAc枝状ミドリイシ	naR塊状ハマサンゴ	<5	<5
T-L03	多良間	10月16日	16:57	晴れ	0.5	北東	<5	60	20	10	10	-	-	-	<5	<5
T-L03	多良間	10月16日	17:00	晴れ	0.5	北東	5-25	70	20	10	10	naR塊状ハマサンゴ	Poハナヤサイサンゴ	-	<5	<5
T-L03	多良間	10月16日	17:02	晴れ	0.5	北東	<5	90	10			Poハナヤサイサンゴ	naR塊状ハマサンゴ	-	<5	<5
T-L03	多良間	10月16日	17:05	晴れ	0.5	北東	<5	50	40	5	5	-	-	-	5-25	<5
T-L03	多良間	10月16日	17:07	晴れ	0.5	北東	<5	70	5	5	20	ハナヤサイサンゴ	naR塊状ハマサンゴ	-	5-25	<5

表 3.2-9 マンタ法調査結果（与論島）

No.	海域	調査日	時間	天候	波高 (m)	風向き	サンゴ被度 (%)	底質割合(%)				サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	ソフト被度 (%)	海藻被度 (%)
								岩盤	転石	礫	砂					
Ym-1	与論島	10月22日	10:05	晴れ	0.5-1.0	東北東	<5	90			10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ハナヤサイサンゴ類	5-25	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:08	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	90			10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ハナヤサイサンゴ類	5-25	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:11	晴れ	0.5-1.0	東北東	<5	70		20	10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	5-25	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:14	晴れ	0.5-1.0	東北東	<5	60		30	10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:17	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	90			10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:20	晴れ	0.5-1.0	東北東	<5	90			10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:23	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	80			20	ハマサンゴ類(塊状)	ミドリイシ類(卓状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:26	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	90			10	ハマサンゴ類(塊状)	ミドリイシ類(卓状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:29	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	70		10	20	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ハマサンゴ類(塊状)	<5	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:32	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	80		10	10	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ハマサンゴ類(塊状)	5-25	<5
Ym-1	与論島	10月22日	10:35	晴れ	0.5-1.0	東北東	5-25	80		10	10	ミドリイシ類(卓状)	ミドリイシ類(コリンボース)	コモンサンゴ類(被覆状)	<5	<5
Ym-2	与論島	10月22日	8:54	晴れ	0.5	北東	5-25	80			10	ハナヤサイサンゴ類	クメイシ類	コモンサンゴ類	5-25	<5
Ym-2	与論島	10月22日	8:57	晴れ	0.5	北東	5-25	70		30		ハナヤサイサンゴ類	クメイシ類	ハマサンゴ類(塊状)	5-25	<5
Ym-2	与論島	10月22日	9:00	晴れ	0.5	北東	5-25	65			35	クメイシ類	ハマサンゴ類(塊状)	ハナヤサイサンゴ類	<5	<5
Ym-2	与論島	10月22日	9:03	晴れ	0.5	北東	5-25	80			20	ミドリイシ類(被覆状)	コモンサンゴ類	ハナヤサイサンゴ類	<5	<5
Ym-2	与論島	10月22日	9:06	晴れ	0.5	北東	5-25	90			10	ハマサンゴ(枝状)	ミドリイシ類(被覆状)	ハナヤサイサンゴ類	<5	<5
Ym-2	与論島	10月22日	9:09	晴れ	0.5	北東	25-50	95			5	ミドリイシ類(卓状)	ミドリイシ類(被覆状)	ハマサンゴ(枝状)	5-25	<5
Ym-2	与論島	10月22日	9:12	晴れ	0.5	北東	5-25	90			10	ミドリイシ類(卓状)	ミドリイシ類(被覆状)	ハマサンゴ(枝状)	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:40	晴れ	0.5-1.5	北	<5	100				コモンサンゴ類(被覆状)	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(塊状)	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:43	晴れ	0.5-1.5	北	5-25	95			5	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ミドリイシ類(コリンボース)	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:46	晴れ	0.5-1.5	北	5-25	95			5	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ミドリイシ類(コリンボース)	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:49	晴れ	0.5-1.5	北	5-25	90			10	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ミドリイシ類(コリンボース)	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:52	晴れ	0.5-1.5	北	5-25	90			10	ミドリイシ類(卓状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ミドリイシ類(コリンボース)	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:55	晴れ	0.5-1.5	北	<5	90			10	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	10:58	晴れ	0.5-1.5	北	<5	95			5	ミドリイシ類(コリンボース)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	11:00	晴れ	0.5-1.5	北	<5	95			5	ハマサンゴ類(塊状)	ミドリイシ類(卓状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	11:02	晴れ	0.5-1.5	北	<5	95			5	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-3	与論島	10月21日	11:04	晴れ	0.5-1.5	北	<5	95			5	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:13	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	95			5	ミドリイシ類(コリンボース)	ミドリイシ類(卓状)	ハマサンゴ類(塊状)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:16	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	95			5	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ミドリイシ類(卓状)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:19	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	90			10	コモンサンゴ類(被覆状)	ハマサンゴ類(塊状)	ミドリイシ類(コリンボース)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:22	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	90			10	コモンサンゴ類(被覆状)	ハマサンゴ類(塊状)	ミドリイシ類(コリンボース)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:25	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	80			20	ミドリイシ類(卓状)	ハナヤサイサンゴ類(枝状)	コモンサンゴ類(被覆状)	5-25	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:28	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	75			25	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	ハナヤサイサンゴ類(枝状)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:31	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	90			10	ミドリイシ類(卓状)	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:34	晴れ	0.5-1.0	北	5-25	90			10	ミドリイシ類(卓状)	ハマサンゴ類(塊状)	コモンサンゴ類(被覆状)	<5	<5
Ym-4	与論島	10月21日	11:36	晴れ	0.5-1.0	北	<5	95			5	コモンサンゴ類(被覆状)	ハマサンゴ類(塊状)	ハナヤサイサンゴ類(枝状)	<5	<5

表 3.2-10 マンタ法調査結果（沖永良部島）

No.	海域	調査日	時間	天候	波高 (m)	風向き	サンゴ被度 (%)	底質割合(%)				サンゴ 優占1位	サンゴ 優占2位	サンゴ 優占3位	ソフト被度 (%)	海藻被度 (%)
								岩盤	転石	礫	砂					
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:15	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	70			30	ミドリイシ類(卓状)	枝状ミドリイシ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:18	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	80			20	ミドリイシ類(卓状)	枝状ミドリイシ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:21	晴れ	1.0-1.5	東	<5	80			20	ミドリイシ類(卓状)	太い枝状サンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:24	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	80			20	ミドリイシ類(卓状)	太い枝状サンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:27	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	80			20	ミドリイシ類(卓状)	太い枝状サンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:30	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	80			20	ミドリイシ類(卓状)	太い枝状サンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:33	晴れ	1.0-1.5	東	<5	90			10	ミドリイシ類(卓状)	太い枝状サンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-1	沖永良部島	10月16日	10:37	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	80			20	被覆状サンゴ類	太い枝状サンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:18	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	80			20	枝状(太い)ハマサンゴ類	被覆状サンゴ	クメイシ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:21	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	90			10	被覆状サンゴ類	クメイシ類	コモンサンゴ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:24	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	90			10	被覆状サンゴ類	クメイシ類	卓状ミドリイシ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:27	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	90			10	被覆状サンゴ類	ハマサンゴ類(塊状)	クメイシ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:30	晴れ	1.0-1.5	東	<5	90			10	被覆状サンゴ類	ハマサンゴ類(塊状)	クメイシ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:33	晴れ	1.0-1.5	東	<5	90			10	被覆状サンゴ類	被覆状ミドリイシ類	クメイシ類	<5	<5
Om-2	沖永良部島	10月16日	11:40	晴れ	1.0-1.5	東	<5	90			10	被覆状サンゴ類	被覆状ミドリイシ類	クメイシ類	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	11:43	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	90			10	コモンサンゴ類(被覆状)	ハナヤサイサンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	11:46	晴れ	1.0-1.5	東	<5	90			10	ハナヤサイサンゴ類	被覆状サンゴ	クメイシ類	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	11:49	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	90			10	被覆状サンゴ	クメイシ類	ハマサンゴ類(塊状)	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	11:52	晴れ	1.0-1.5	東	5-25	85			15	被覆状ミドリイシ類	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	11:55	晴れ	1.0-1.5	東	<5	95			5	コリンボース状サンゴ	被覆状ミドリイシ類	クメイシ類	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	11:58	晴れ	1.0-1.5	東	<5	80			20	オヤユビミドリイシ	被覆状ミドリイシ類	クメイシ類	<5	<5
Om-3	沖永良部島	10月16日	12:01	晴れ	1.0-1.5	東	<5	80			20	オヤユビミドリイシ	クメイシ類	ハマサンゴ類(塊状)	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:39	晴れ	0.2-0.5	北北東	5-25	85			15	ハマサンゴ類(コブ状)	コモンサンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:42	晴れ	0.2-0.5	北北東	5-25	80			20	ハマサンゴ類(コブ状)	コモンサンゴ類	クメイシ類	5-25	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:45	晴れ	0.2-0.5	北北東	5-25	90			10	コモンサンゴ類	クメイシ類	ハマサンゴ類(塊状)	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:48	晴れ	0.2-0.5	北北東	<5	90			10	コモンサンゴ類	クシエダミドリイシ	ハマサンゴ類	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:51	晴れ	0.2-0.5	北北東	5-25	90			10	コモンサンゴ類	クシエダミドリイシ	クメイシ類	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:54	晴れ	0.2-0.5	北北東	<5	90			10	クメイシ類	クシエダミドリイシ	アナサンゴモドキ類	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	12:57	晴れ	0.2-0.5	北北東	<5	95			5	コモンサンゴ類	クメイシ類	クシエダミドリイシ	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	13:02	晴れ	0.2-0.5	北北東	<5	95			5	コモンサンゴ類	クメイシ類	クシエダミドリイシ	<5	<5
Om-4	沖永良部島	10月18日	13:08	晴れ	0.2-0.5	北北東	<5	95			5	コモンサンゴ類	クメイシ類	ハマサンゴ類	<5	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:11	晴れ	0.5-1.5	北東	5-25	85			15	ハナヤサイサンゴ類	被覆状サンゴ類	ハマサンゴ類	<5	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:14	晴れ	0.5-1.5	北東	5-25	90			10	ハナヤサイサンゴ類	クメイシ類	ミドリイシ類(卓状)	5-25	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:17	晴れ	0.5-1.5	北東	<5	95			5	被覆状サンゴ類	ハナヤサイサンゴ類	クメイシ類	<5	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:20	晴れ	0.5-1.5	北東	<5	90			10	被覆状サンゴ類	クシエダミドリイシ	クメイシ類	<5	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:25	晴れ	0.5-1.5	北東	5-25	90			10	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	-	<5	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:28	晴れ	0.5-1.5	北東	5-25	90			10	コモンサンゴ類(被覆状)	クシエダミドリイシ	クメイシ類	5-25	<5
Om-5	沖永良部島	10月18日	10:37	晴れ	0.5-1.5	北東	<5	90			10	コモンサンゴ類(被覆状)	クメイシ類	ミドリイシ類(卓状)	<5	<5

表 3.2-11 シートウールズデータの取得状況

NO.	緯度	経度	水深	サンゴ礁被度	NO.	緯度	経度	水深	サンゴ礁被度
宮古1	24.8299	125.2190	1.5	5%未満	与論30	27.0624	128.4460		5%未満
宮古2	24.9268	125.2230	1.4	5%未満	与論31	27.0533	128.4530		5%以上25%未満
宮古3	25.0298	125.2270	4.2	5%以上25%未満	与論32	27.0207	128.4610		5%以上25%未満
宮古4	24.9889	125.2440	5.3	5%以上25%未満	与論33	27.0207	128.4610		5%以上25%未満
宮古5	24.9894	125.2430	2.3	5%以上25%未満	与論34	27.0206	128.4610		5%以上25%未満
宮古6	24.9903	125.2410	3.1	5%以上25%未満	与論35	27.0209	128.4620		5%未満
宮古7	24.9911	125.2400	4.5	5%以上25%未満	与論36	27.0209	128.4620		5%未満
宮古8	24.9473	125.2480	6.9	25%以上50%未満	与論37	27.0209	128.4620		5%未満
宮古9	24.9464	125.2500	8.1	25%以上50%未満	与論38	27.0207	128.4620		5%未満
宮古10	24.9457	125.2510	5.1	5%以上25%未満	与論39	27.0206	128.4610		5%以上25%未満
宮古11	24.9443	125.2520	5.3	5%以上25%未満	与論40	27.0209	128.4590		5%未満
宮古12	24.9432	125.2530	4.4	5%以上25%未満	与論41	27.0211	128.4580		5%以上25%未満
宮古13	24.9234	125.3060	6.7	5%未満	与論42	27.0210	128.4570		5%未満
宮古14	24.8181	125.2590	3.5	5%未満	与論43	27.0208	128.4560		5%未満
宮古15	24.8113	125.2340	3.1	5%未満	与論44	27.0206	128.4550		5%未満
宮古16	24.8035	125.2170	2.6	5%未満	与論45	27.0205	128.4540		5%未満
宮古17	24.7761	125.2410	2.1	5%未満	与論46	27.0204	128.4530		5%未満
宮古18	24.7225	125.2870	1.8	25%以上50%未満	与論47	27.0205	128.4520		5%未満
宮古19	24.7198	125.2650	4.5	5%以上25%未満	与論48	27.0199	128.4470		5%未満
宮古20	24.7097	125.2500	3.1	5%未満	与論49	27.0194	128.4470		5%以上25%未満
宮古21	24.7277	125.2390	3.4	5%未満	与論50	27.0185	128.4460		5%以上25%未満
宮古22	24.8496	125.1440	2.3	5%未満	与論51	27.0185	128.4470		5%未満
宮古23	24.8578	125.1400	2.5	5%未満	与論52	27.0185	128.4470		5%以上25%未満
宮古24	24.8475	125.1350	2.6	5%未満	与論53	27.0187	128.4470		5%以上25%未満
多良間1	24.7881	124.7480	14.0	5%以上25%未満	与論54	27.0193	128.4470		5%未満
多良間2	24.8121	124.7360	20.0	5%以上25%未満	与論55	27.0192	128.4470		5%以上25%未満
多良間3	24.8119	124.7630	19.0	5%以上25%未満	与論56	27.0192	128.4470		5%以上25%未満
多良間4	24.7832	124.7750	16.0	5%未満	与論57	27.0194	128.4470		5%以上25%未満
多良間5	24.7395	124.7040	2.8	5%以上25%未満	与論58	27.0198	128.4470		5%未満
多良間6	24.7396	124.7040	1.2	5%以上25%未満	与論59	27.0196	128.4470		5%未満
多良間7	24.7535	124.6800	1.5	25%以上50%未満	与論60	27.0195	128.4470		5%以上25%未満
多良間8	24.7535	124.6800	1.5	25%以上50%未満	与論61	27.0191	128.4470		5%未満
多良間9	24.7536	124.6800	5.0	5%以上25%未満	与論62	27.0189	128.4470		5%以上25%未満
多良間10	24.7811	124.6870	6.5	5%以上25%未満	与論63	27.0187	128.4480		5%以上25%未満
多良間11	24.7599	124.7050	4.0	25%以上50%未満	沖永良1	27.3908	128.6570		5%未満
多良間12	24.6829	124.7090	5.5	5%以上25%未満	沖永良2	27.3909	128.6570		5%以上25%未満
久米1	26.3580	126.8220	4.0	5%未満	沖永良3	27.3911	128.6580		5%以上25%未満
久米2	26.3457	126.8430	2.0	5%未満	沖永良4	27.3917	128.6600		5%未満
久米3	26.3607	126.8980	2.0	5%未満	沖永良5	27.3917	128.6600		5%未満
久米4	26.3612	126.9280	1.0	5%未満	沖永良6	27.3923	128.6590		5%以上25%未満
久米5	26.3514	126.9310	2.0	5%未満	沖永良7	27.3911	128.6570		5%以上25%未満
久米6	26.3430	126.9070	1.0	5%未満	沖永良8	27.3639	128.6280		50%以上75%未満
久米7	26.3165	126.8470	4.0	5%未満	沖永良9	27.3627	128.6300		5%未満
久米8	26.3229	126.8220	1.5	5%未満	沖永良10	27.3632	128.6290		5%未満
久米9	26.3240	126.7580	1.5	5%未満	沖永良11	27.3632	128.6270		5%未満
久米10	26.3495	126.7160	0.0	5%未満	沖永良12	27.3350	128.5470		5%以上25%未満
与論1	27.0593	128.4140		5%以上25%未満	沖永良13	27.3345	128.5470		5%以上25%未満
与論2	27.0593	128.4140		50%以上75%未満	沖永良14	27.3344	128.5470		5%未満
与論3	27.0595	128.4140		25%以上50%未満	沖永良15	27.3344	128.5480		5%未満
与論4	27.0596	128.4140		5%以上25%未満	沖永良16	27.3343	128.5480		5%未満
与論5	27.0595	128.4140		50%以上75%未満	沖永良17	27.3346	128.5480		5%未満
与論6	27.0517	128.3950		5%以上25%未満	沖永良18	27.3347	128.5480		5%未満
与論7	27.0530	128.3970		5%以上25%未満	沖永良19	27.3420	128.5350		5%以上25%未満
与論8	27.0533	128.3980		5%以上25%未満	沖永良20	27.3393	128.5370		5%以上25%未満
与論9	27.0611	128.4110		5%以上25%未満	沖永良21	27.3364	128.5400		5%以上25%未満
与論10	27.0611	128.4110		5%以上25%未満	沖永良22	27.3330	128.5460		5%以上25%未満
与論11	27.0602	128.4100		5%以上25%未満	沖永良23	27.3316	128.5480		5%以上25%未満
与論12	27.0596	128.4130		25%以上50%未満	沖永良24	27.3300	128.5830		5%以上25%未満
与論13	27.0630	128.4120		5%以上25%未満	沖永良25	27.3366	128.5970		5%以上25%未満
与論14	27.0618	128.4120		25%以上50%未満	沖永良26	27.3364	128.5970		5%以上25%未満
与論15	27.0615	128.4120		50%以上75%未満	沖永良27	27.4094	128.6340		5%以上25%未満
与論16	27.0602	128.4520		5%以上25%未満	沖永良28	27.4095	128.6340		5%未満
与論17	27.0602	128.4520		5%以上25%未満	沖永良29	27.4097	128.6330		5%以上25%未満
与論18	27.0601	128.4520		5%以上25%未満	沖永良30	27.4099	128.6330		5%以上25%未満
与論19	27.0601	128.4520		5%以上25%未満	沖永良31	27.4100	128.6330		5%以上25%未満
与論20	27.0601	128.4520		5%以上25%未満	沖永良32	27.4103	128.6330		5%以上25%未満
与論21	27.0601	128.4520		5%以上25%未満	沖永良33	27.4108	128.6320		5%以上25%未満
与論22	27.0600	128.4520		5%以上25%未満	沖永良34	27.3964	128.5570		5%未満
与論23	27.0600	128.4520		5%以上25%未満	沖永良35	27.3966	128.5580		5%未満
与論24	27.0600	128.4520		5%未満	沖永良36	27.3970	128.5570		5%未満
与論25	27.0600	128.4520		5%未満	沖永良37	27.3965	128.5580		5%未満
与論26	27.0599	128.4520		5%未満	沖永良38	27.3963	128.5590		5%未満
与論27	27.0331	128.4650		5%以上25%未満	沖永良39	27.3962	128.5590		5%未満
与論28	27.0334	128.4650		5%以上25%未満	沖永良40	27.3964	128.5590		5%未満
与論29	27.0331	128.4640		5%以上25%未満	沖永良41	27.3838	128.5220		5%未満

## 4. 分布図の作成

### 4.1 衛星画像の分類とサンゴ被度区分の細分化

環境省による「平成 21 年度第 2 次サンゴ礁分布図作成業務」や「平成 27 年度慶良間諸島国立公園自然再生データベース作成業務」では、観測日毎の潮位差の影響を受けにくい教師なし分類（ISODATA 法）を用いた方法が用いられている。この方法では、画像の輝度値やテクスチャ、サンゴの生育立地条件を勘案して、得られた分類クラスに対し、砂地、サンゴ被度 5%未満、サンゴ被度 5-50%といった凡例を割り当てることが可能であるものの、より詳細なサンゴの被度区分を割り当てることは困難である。そこで、現地調査データと調査地点に対応する底質指標画像の画素値を用いて、回帰分析によりサンゴの被度を定量化し、教師なし分類の結果と組み合わせることにより、詳細なサンゴ被度区分を持つサンゴ礁分布素図を作成した。

#### 1) サンゴ被度区分の設定

底質指標画像は水深の影響が軽減されているものの、礁池外などのやや深い海域では水深の影響が残っている。そのため、水深の影響がより少ない礁池内ではサンゴの被度区分を 4 区分とする一方、礁池外では従来と同じ 3 区分とした。表 4.1-1 にサンゴの被度区分を示す。

表 4.1-1 サンゴ被度区分の設定

礁池内のサンゴ被度区分	礁池外のサンゴ被度区分
5%未満	5%未満
5-25%	5-50%
25-50%	
50-100%	50-100%

#### 2) サンゴ被度区分の細分化の方法

上述したとおり、礁池内と礁池外ではサンゴ被度区分の設定が異なるため、まず、底質指標化前の衛星画像を用いて ISODATA 法分類により礁池内と礁池外に区分した。このとき、クラス数は 20 クラスとし、各分類クラスの割り当ては目視判読により行った。次に、礁池内と礁池外それぞれについて、現地調査データと底質指標画像を用いてサンゴ被度の推定を行うとともに、底質指標画像を用いて ISODATA 法分類により 20~30 クラス程度に分類した。次に、サンゴ被度の推定結果と ISODATA 法分類の結果を重ね合わせ、各分類クラスに対して推定サンゴ被度の平均値を求めて表 4.1-1 の設定にしたがってサンゴ被度区分を割り当てた。ここで、底質指標画像から推定したサンゴ被度は、サンゴと海藻が混在している場所が全てサンゴと見なされ、サンゴ被度が過大評価される傾向が認められたため、特に重要なサンゴ被度 5%未満の区分については、砂底と同様に目視判読の結果を採用する方針とした。また、礁池外において、水深が深く海底からの光の反射がない画素が被度の高いサンゴの画素と同様の底質指標を示すことから、こうした分類クラスを目視判読により「分類不可」とした。礁池内外の被度区分の画像を統合し、10 画素未満の小領域を除去することにより、サンゴ被度区分細分化画像を作成した。図 4.1-1 にサンゴ被度区分細分化のフロー図を示す。

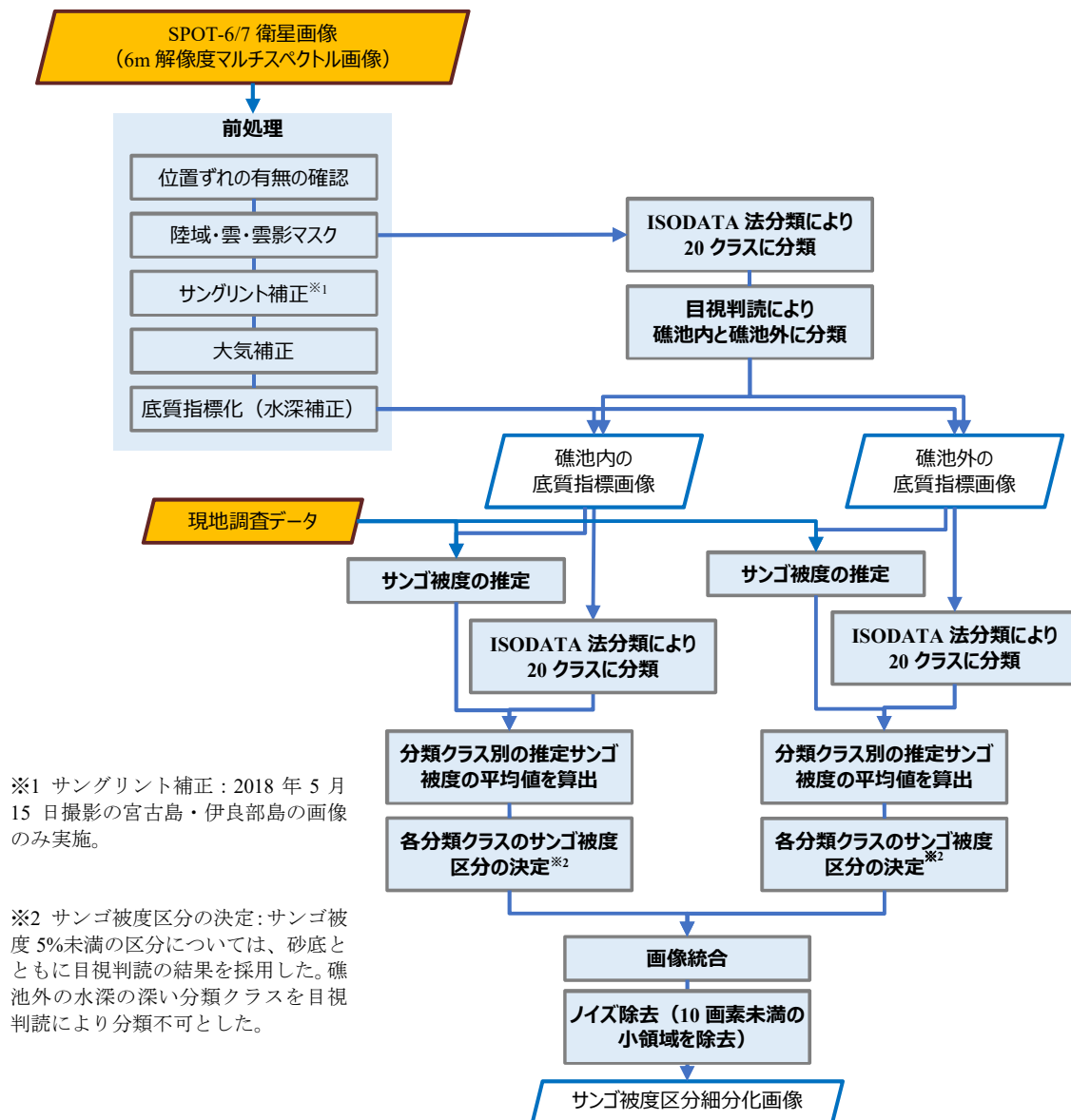


図 4.1-1 サンゴ被度区分細分化のフロー図

### 3) サンゴ被度の推定

サンゴ被度の推定に用いる現地調査データは、基本的にはシートウルースデータとした。ただし、被度を推定するデータ数が極端に少ない場合やデータに偏りがある場合は、スポットチェック法で得られたデータや、本業務外で取得された現地調査データを補足的に用いることとした。本業務外で取得された現地調査データは以下の3種類である。

- 平成30年度モニタリングサイト1000サンゴ礁調査のデータ（宮古島・多良間島）
- 「平成30年度沖縄県サンゴ礁保全再生地域モデル事業（沖縄県環境部自然保護課）」の一環として実施された調査データ（久米島）
- 国立環境研究所・朝日新聞提供の現地調査データ（八重干瀬）

サンゴ被度を推定するモデルは、青-緑バンド、青-赤バンド、緑-赤バンドの3種類の底質指標をそれぞれ用いた単回帰モデルの他、3種類の底質指標を全て用いた重回帰モデルの4種類とし、これらのうち最も決定係数が高いモデルを採用した。なお、各種現地調査データのサンゴ被度は、被度が1つの値で表されている場合もあるが、「5%未満」や「5-25%」など幅を持つ値で表されている場合があるため、分析の際はそれらの区間の中央値を用いた。



図 4.1-2 に与論島における単回帰分析の例を示す。サンゴ被度と底質指標は、基本的には負の相関を持つと考えられるが、同例では相関がないか、相関の逆転（正の相関）が生じていることがわかる。そこで、相関を求める上で各被度階層のサンプル数に偏りが生じないように、以下の作業を行ってシートウールズの内容を精査した。

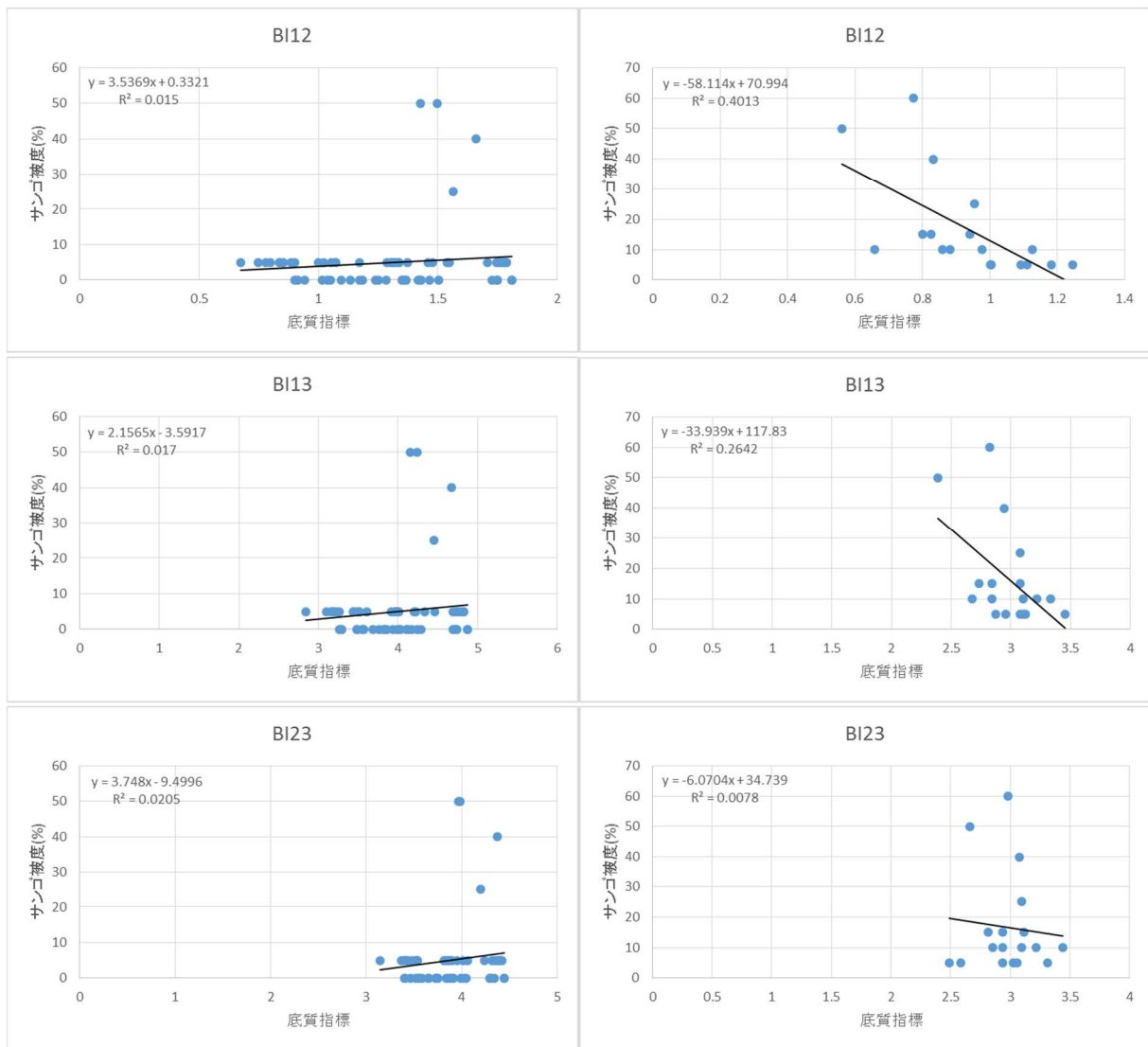
- 地点毎に底質指標画像と調査結果のサンゴ被度を比較し、位置のズレが判明した地点については現地調査を行った者の判断により位置の修正を行った。
- 被度が大きく異なる領域の境界に地点がある場合はミクセル（混合画素）となっている可能性があるため除外した。
- 海草や海藻が含まれる地点を除外した。

図 4.1-3 に与論島の精査後のシートウールズデータを用いて単回帰分析を行った結果を示す。礁池外の緑-赤バンド以外は全て決定係数が改善していることがわかる。続いて、図 4.1-4 に与論島の精査後のシートウールズデータと 3 種類の底質指標を全て用いた重回帰モデルにより推定したサンゴ被度と実測値の散布図を示す。いずれの単回帰モデルよりも決定係数が高いことがわかる。

表 4.1-2 に、各対象地域において最終的に採用したサンゴ被度の推定モデルと決定係数、予測値から実測値を引いた差の平均、式 3 より求められる RMSE（二乗平均平方根誤差）を示す。サンゴ被度の誤差は、対象地域によっては最大 10 ポイント程度と言える。なお、多良間島、宮古島、久米島の補完用の画像については、主となる画像に対して輝度値レベルを合わせた上で同じ推定モデルを適用することによりサンゴ被度を求めた。

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2} \dots\dots\dots \text{式 3}$$

N：標本数  
 $y_i$ ：実測値  
 $\hat{y}_i$ ：予測値

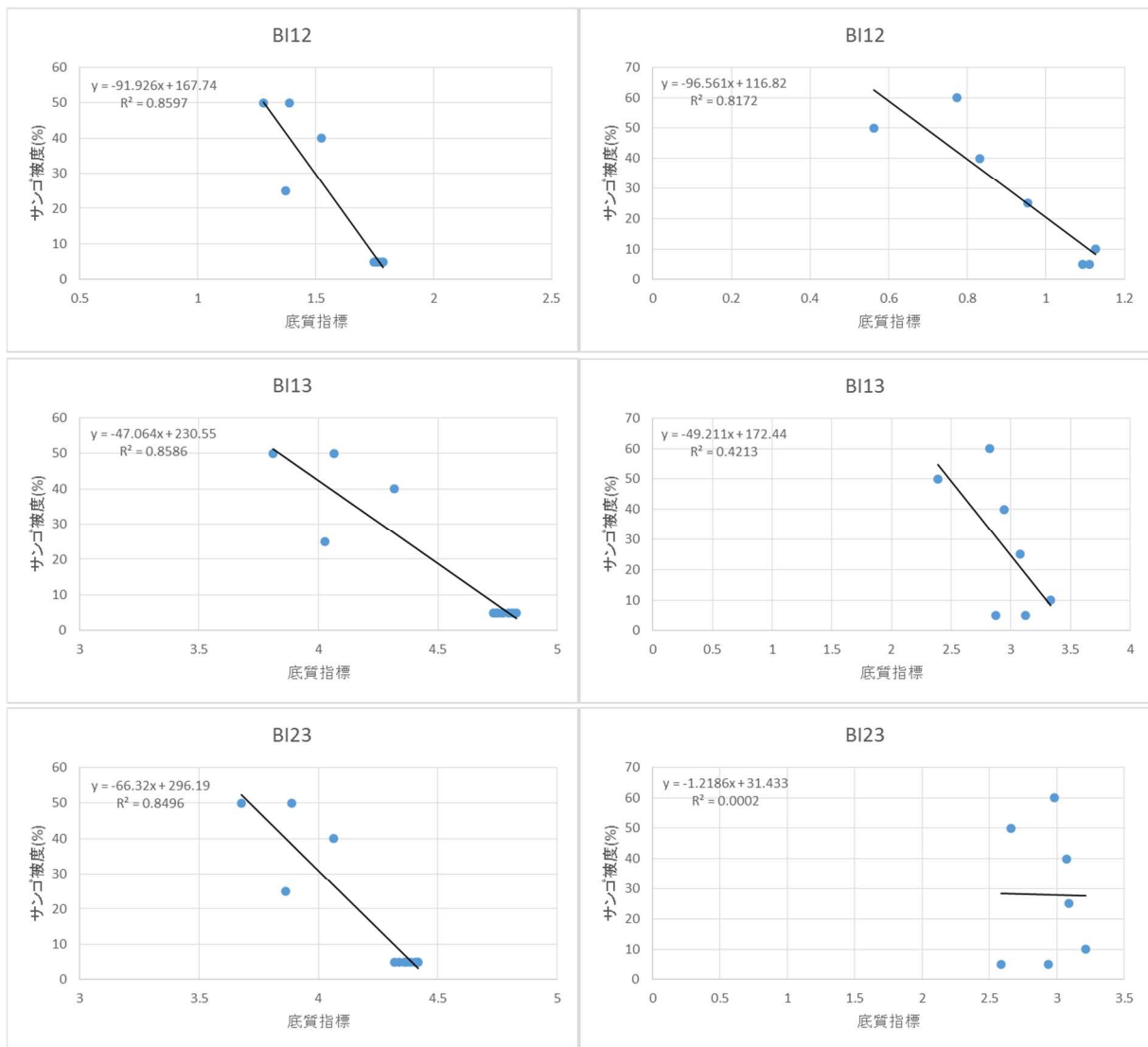


(a) 礁池内

(b) 礁池外

※BI<sub>12</sub>: 青-緑バンドの底質指標、BI<sub>13</sub>: 青-赤バンドの底質指標、BI<sub>23</sub>: 緑-赤バンドの底質指標

図 4.1-2 与論島における単回帰分析の例  
(2018/2/15 撮影 SPOT 画像とシートウールスデータ全点を用いた結果)

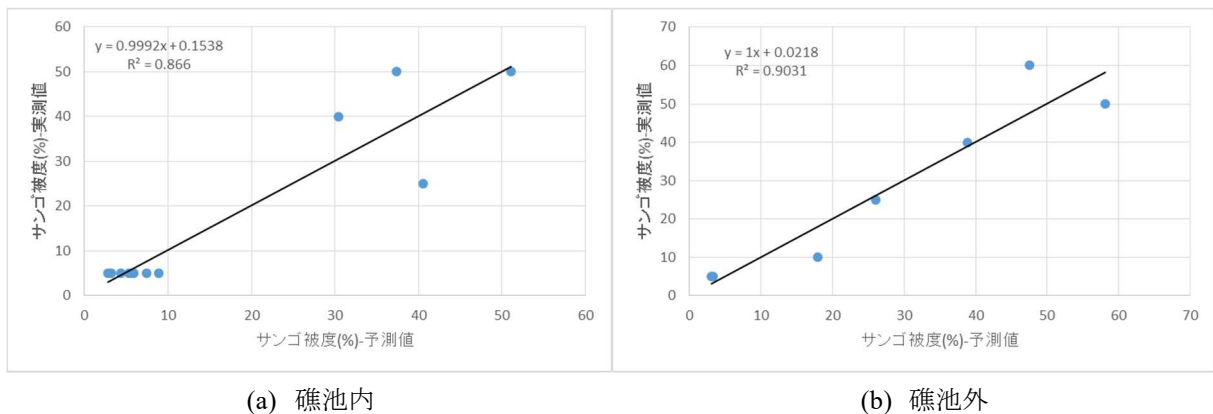


(a) 礁池内

(b) 礁池外

※BI12: 青-緑バンドの底質指標、BI13: 青-赤バンドの底質指標、BI23: 緑-赤バンドの底質指標

図 4.1-3 精査後のシートゥルースデータを用いて単回帰分析した結果  
(2018/2/15 撮影 SPOT 画像、与論島)



(a) 礁池内

(b) 礁池外

図 4.1-4 精査後のシートゥルースデータを用いて3種類の底質指標を全て用いた重回帰モデルにより推定したサンゴ被度と実測値の散布図 (2018/2/15 撮影 SPOT 画像、与論島)

表 4.1-2 精査後の現地調査データを用いたサンゴ被度推定モデルと精度

対象地域	区分	サンゴ被度モデル	決定係数	差の平均 (%)	RMSE (%)
多良間島	礁池内	$\% = -62.19 + 631.58 * BI_{12} - 772.14 * BI_{13} + 599.83 * BI_{23}$	0.7728	0.00	6.94
	礁池外	$\% = 57.27 - 390.52 * BI_{12} + 371.25 * BI_{13} - 260.38 * BI_{23}$	0.9932	0.00	1.13
宮古島・伊良部島	礁池内	$\% = 80.02 - 457.58 * BI_{12} + 416.50 * BI_{13} - 287.70 * BI_{23}$	0.7966	0.02	10.78
	礁池外	$\% = 64.52 - 181.38 * BI_{12} + 177.93 * BI_{13} - 136.39 * BI_{23}$	0.8632	-0.02	2.08
久米島	礁池内	$\% = 253.4 + 3466.4 * BI_{12} - 3449.3 * BI_{13} + 2305.5 * BI_{23}$	0.9103	0.18	6.56
	礁池外	$\% = 2804.3 - 16026.0 * BI_{12} + 15014.7 * BI_{13} - 10537.8 * BI_{23}$	0.9897	0.00	1.57
与論島	礁池内	$\% = 265.1 + 904.0 * BI_{12} - 914.3 * BI_{13} + 574.4 * BI_{23}$	0.866	-0.14	6.62
	礁池外	$\% = -29.47 - 4108.24 * BI_{12} + 3996.44 * BI_{13} - 2692.54 * BI_{23}$	0.9031	-0.02	6.49
沖永良部島	礁池内	$\% = 195.4 - 771.6 * BI_{12} + 731.2 * BI_{13} - 541.8 * BI_{23}$	0.9369	-0.02	5.28
	礁池外	$\% = 68.62 - 2115.10 * BI_{12} + 2085.64 * BI_{13} - 1438.59 * BI_{23}$	0.6709	0.02	10.19

※BI<sub>12</sub>: 青-緑バンドの底質指標、BI<sub>13</sub>: 青-赤バンドの底質指標、BI<sub>23</sub>: 緑-赤バンドの底質指標

#### 4) サンゴ被度区分細分化画像の作成

図 4.1-1 のフロー図にしたがい、サンゴ被度区分細分化画像を作成した。図 4.1-5 に与論島の例を示す。

図中の A 付近は、シートウールスではサンゴの被度が 5%であるが分類結果では 5-25%と判定されている。これらのシートウールスは、岩が 75%~90%の割合であり、海藻も分布していることから、底質指標画像の値が低くなり、サンゴの被度が高く推定されたと考えられる。

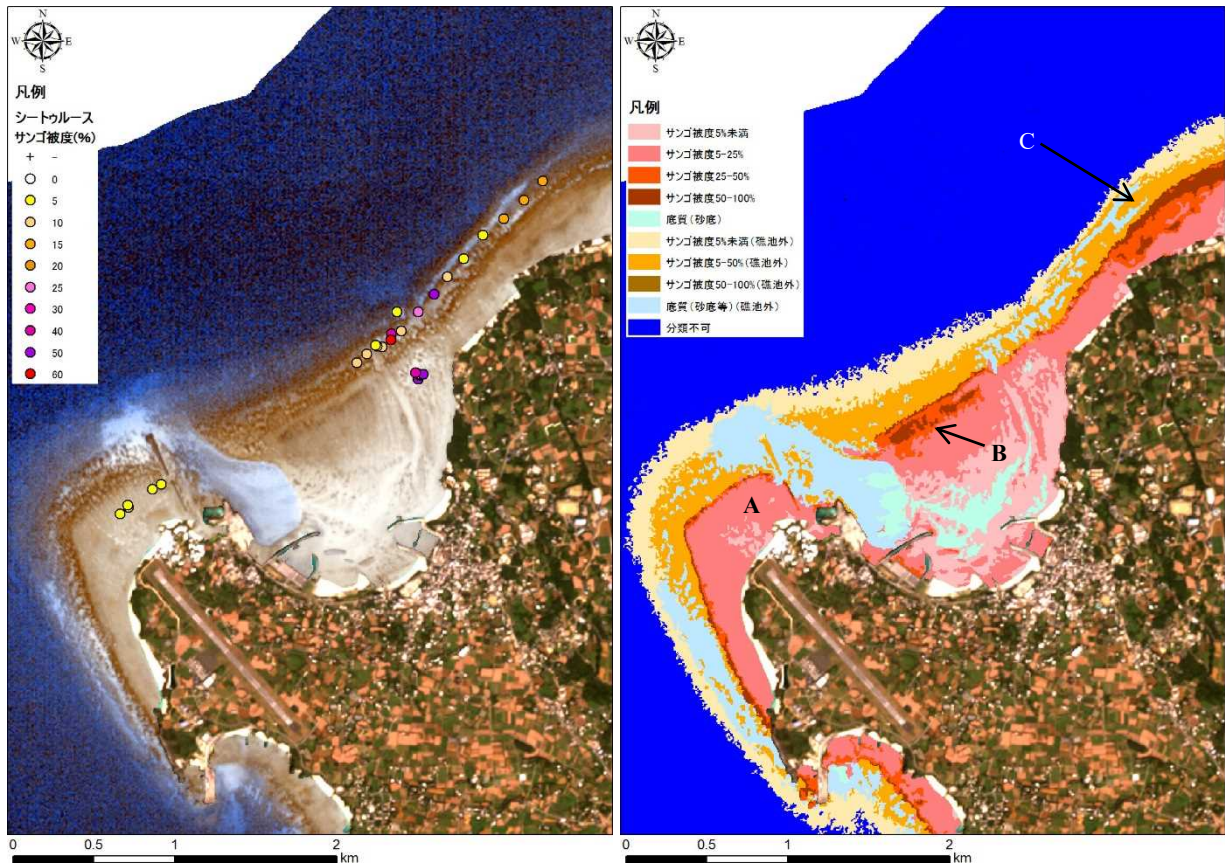
一方、矢印 B が示す領域は、平成 29 年度重要サンゴ群集モニタリング調査報告書（奄美群島サンゴ礁保全対策協議会）において、「茶花航路西側の礁原 300m にわたり特に被度の高い海域」との記載があり、サンゴ被度が 95%とされている。分類結果においても、サンゴ被度が 50-100%と判定されており、妥当と考えられた。

また、矢印 C が示す領域は画像分類により礁池外に分類された領域であるが、シートウールスではサンゴ被度が 15%、分類結果では 5-50%に判定されており、妥当な結果と考えられる。

#### 5) オブジェクト指向分類(ポリゴン化)

画像分類の結果をベクター化（ポリゴン化）するため、1.5m 解像度の底質指標画像を用いて、オブジェクト指向分類を行った。なお、分類結果をポリゴン化する方法は、同じ値を持つ隣接画素領域の外側の境界を GIS の機能によりポリゴン化する方法があるが、ISODATA 法分類の結果をそのままポリゴン化した場合、後続の工程において分布図を修正する際に、手動でポリゴンの形状を修正する必要があり、作業が繁雑になるとともに、自動で生成された形状と違和感が生じる。そのため、本業務では、一定の面積の単位でポリゴン化でき、良好な領域分割結果が得られる Trimble 社製 eCognition を用いてポリゴンを生成した。

本作業では、礁池内に分布する被度の高いサンゴのパッチがなるべくオリジナルに近い形状で抽出されるよう、パラメータを設定した。図 4.1-6 にポリゴン化の例を示す。



(a) 底質指標画像

(b) 分類結果 (サング被度区分細分化画像)

図 4.1-5 サング被度区分細分化画像の例 (2018年2月15日撮影 SPOT-7、与論島)

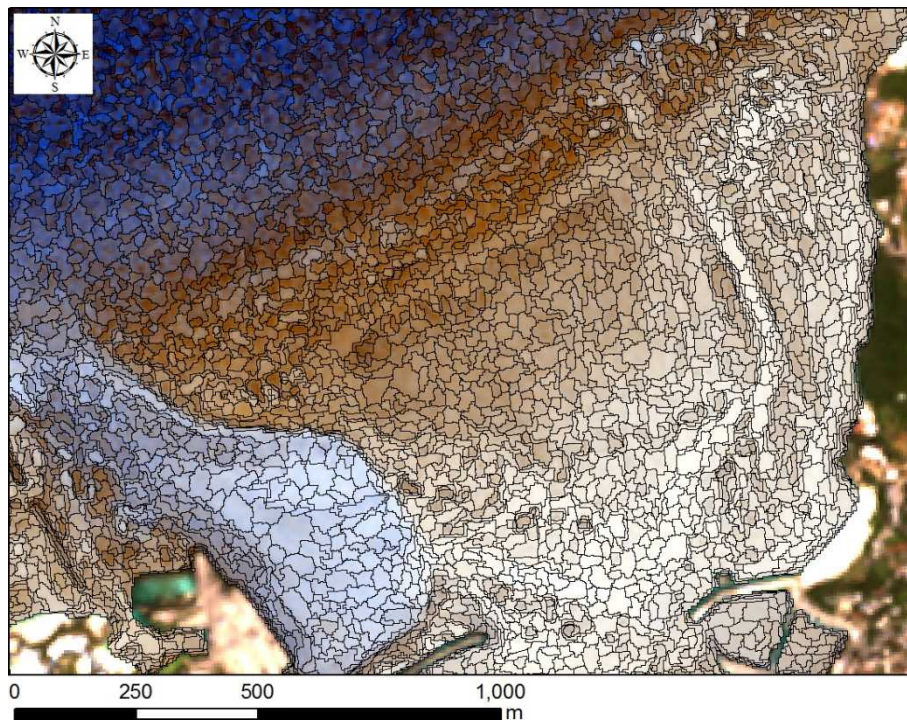
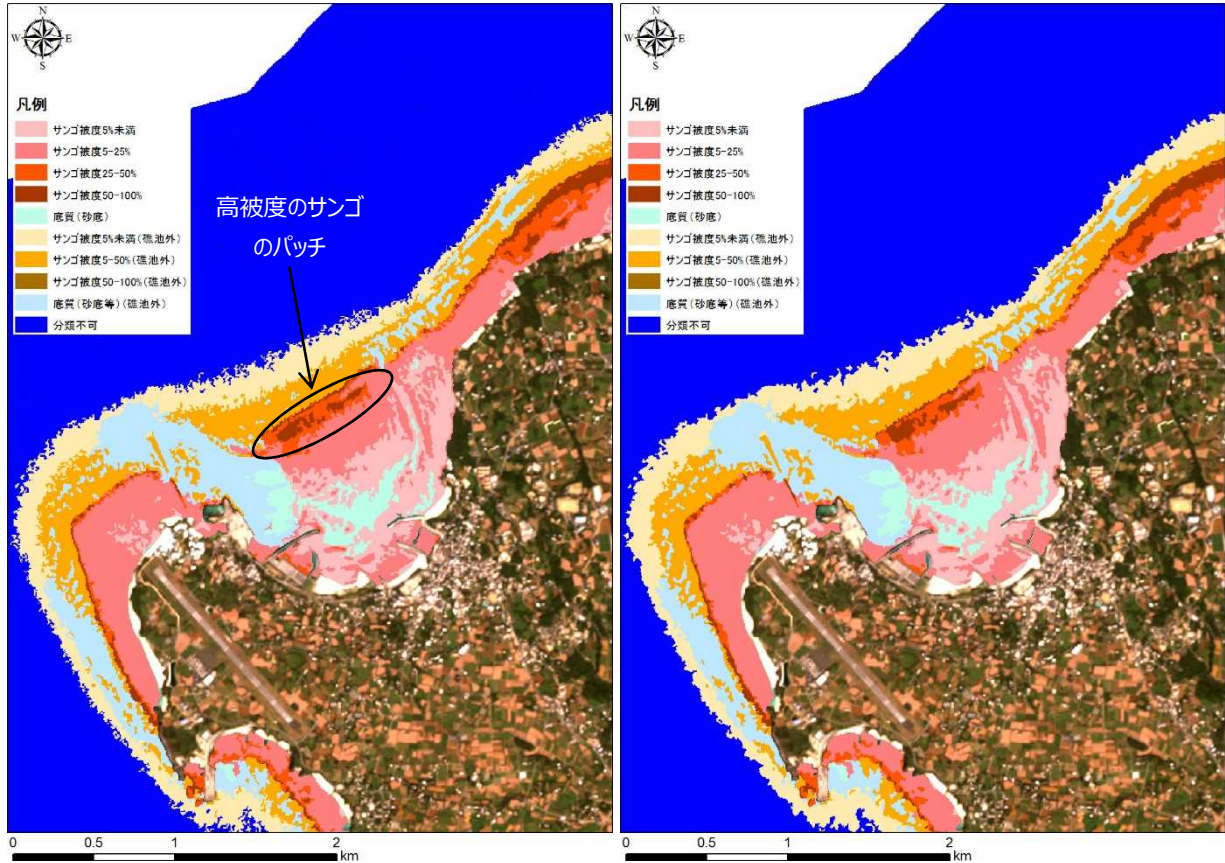


図 4.1-6 ポリゴン化の例 (2018年2月15日撮影 SPOT-7、与論島)

## 6) 分類結果の統合(サンゴ礁分布素図の作成)

サンゴ被度区分の細分化の結果とポリゴン化の結果を重ね合わせ、各ポリゴンに含まれる分類クラスの最頻値を集計してポリゴンの属性に付与することにより、分類結果を統合した。

図 4.1-7 に分類結果の統合により得られたサンゴ礁分布素図の例を示す。礁池内に分布する被度の高いサンゴのパッチがポリゴン化後も残っていることがわかった。



(a) 分類結果 (サンゴ被度区分細分化画像)

(b) サンゴ礁分布素図  
(ポリゴン化による統合後)

図 4.1-7 サンゴ礁分布素図の例 (2018年2月15日撮影 SPOT-7、与論島)

## 4.2 サンゴ礁分布図の作成

### 1) 凡例項目の設定

サンゴ礁分布図の凡例項目は、4.1 項におけるサンゴ被度区分の細分化の検討結果を踏まえたものと、過年度の調査成果と比較可能な凡例の2種類を設定した。表 4.2-1 にサンゴ礁分布図のポリゴンデータに付与した属性のコード番号と対応する凡例を示す。細分化凡例では、礁池内の造礁サンゴ群集の被度区分を4段階とし、深い水深帯の被度区分を3段階としているが、比較用凡例では、被度区分を3段階に統一し、礁池内と深い水深帯を同じコード番号で表すこととした。また、深い水深帯では、サンゴの被度は不明であるものの、砂地でないことが判別できる場合があるため、このような領域に対して「サンゴまたは岩」という凡例を設定した。

表 4.2-1 サンゴ礁分布図の凡例項目

コード 番号	細分化凡例 ※サンゴ被度区分を細分化した凡例	コード 番号	比較用凡例 ※過年度調査成果と比較可能な凡例
1	造礁サンゴ群集被度 5%未満	1	造礁サンゴ群集被度 5%未満
2	造礁サンゴ群集被度 5～25%	—	—
3	造礁サンゴ群集被度 25～50%	2	造礁サンゴ群集被度 5～50%
4	造礁サンゴ群集被度 50～100%	3	造礁サンゴ群集被度 50～100%
11	底質（干出裸岩）	11	底質（干出裸岩）
12	底質（沈水裸岩）	12	底質（沈水裸岩）
13	底質（礫底）	13	底質（礫底）
14	底質（泥底）	14	底質（泥底）
15	底質（砂底）	15	底質（砂底）
16	底質（ソフトコーラル）	16	底質（ソフトコーラル）
17	底質（海藻）	17	底質（海藻）
18	底質（海草）	18	底質（海草）
21	造礁サンゴ群集被度 5%未満（深い水深帯）	—	—
22	造礁サンゴ群集被度 5～50%（深い水深帯）	—	—
23	造礁サンゴ群集被度 50～100%（深い水深帯）	—	—
24	底質（砂底等）（深い水深帯）	—	—
25	サンゴまたは岩（深い水深帯）	25	サンゴまたは岩（深い水深帯）

## 2) サンゴ礁分布素図の修正

4.1 項において作成したサンゴ礁分布素図のポリゴンには衛星画像の ISODATA 法分類の結果が属性値として付与されているが、サンゴ、海草、海藻、裸岩を衛星画像の輝度値のみに基づいて分類することは難しいため、ポリゴンの属性に誤分類の結果が付与されている場合がある。そこで、1.5m 解像度のパンシャープン画像及び底質指標画像を目視判読し、画像の輝度値やテクスチャの他、サンゴ礁地形の成り立ち（図 4.2-1）や過去のサンゴ礁分布図、現地調査データを参考にして、サンゴに誤分類された海草、海藻、干出裸岩のポリゴンの属性を修正した。なお、参考とした過去のサンゴ礁分布図は以下のとおり。

- 平成 8 年度環境庁第 4 回自然環境保全基礎調査成果図（サンゴ礁分布図）
- 平成 20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務の成果図

また、参考とした現地調査データは以下のとおり。

- 平成 30 年度モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査のデータ（宮古島・多良間島）
- 「平成 30 年度沖縄県サンゴ礁保全再生地域モデル事業（沖縄県環境部自然保護課）」の一環として実施された調査データ（久米島）
- 国立環境研究所・朝日新聞提供の現地調査データ（八重干瀬）

1.5m 解像度の画像でもサンゴと海草の判別が困難な場合があるため、環境省担当官から「平成 30 年度環境に配慮した再生可能エネルギー導入検討に向けた藻場分布状況図等整備に係る調査設計及び精度管理等委託業務」において、2016 年夏以降に取得された 0.5m 解像度の衛星画像の提供を受け、それらを補足的に用いて判読を行った。

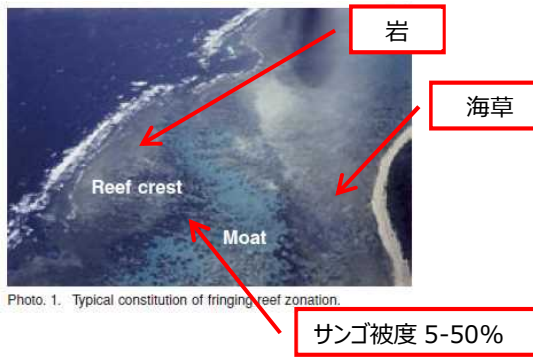


Photo. 1. Typical constitution of fringing reef zonation.

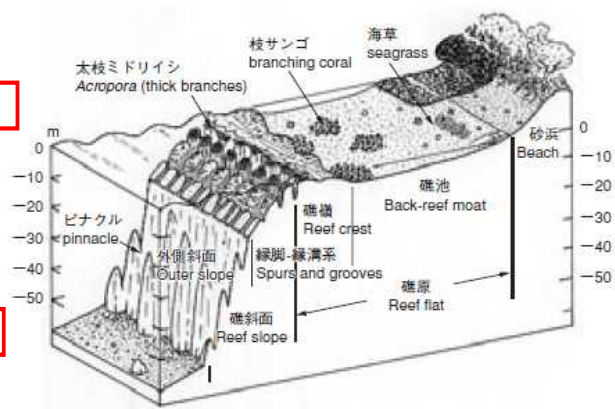


Fig. 4. Constitution of coral reef zonation. Reef crest and moat at Shiraho, Ishigaki Island.

出典：「日本のサンゴ礁」（環境省発行）

### 図 4.2-1 サンゴ礁地形の成り立ち

図 4.2-2～図 4.2-5 にサンゴ、海草、干出裸岩、サンゴまたは岩の判読例を示す。

図 4.2-2 は、礁池内の砂地（明るい水色で表示される）の上に、サンゴが黒色で塊状に分布している状況を示す。1.5m 解像度の画像においても黒色のサンゴが点状に分布していることが把握できる。サンゴの分布状況がこのように疎らな場合を被度 5%未満と判読した。

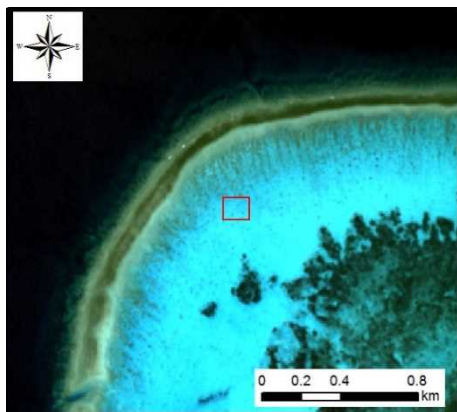
図 4.2-3 は、図 4.2-2 と同じ礁池内の砂地の上に、海草が分布している状況を示す。1.5m 解像度の画像ではやや不明瞭であるものの、黒色で滲んだように周囲に広がっているように見え、0.5m 解像度の画像ではより詳細に把握できる。

図 4.2-4 は、礁嶺部に干出裸岩が明るい茶色で表示されている状況を示す。

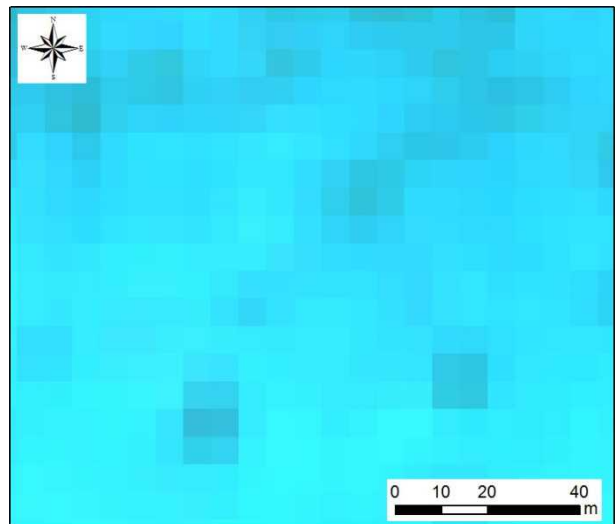
図 4.2-5 は、礁池外の水深が深い領域において、砂地（明るい水色で表示される）とサンゴまたは岩（黒色または暗い青色で表示される）が分布している状況を示し、6m 解像度と 1.5m 解像度のいずれの底質指標画像においても把握が可能である。

図 4.2-6～図 4.2-10 に被度 5%未満のサンゴ、海草、干出裸岩、サンゴまたは岩の属性を修正した結果のサンゴ礁分布素図（細分化凡例）を示す。この結果を基に分布図の妥当性等について専門家ヒアリングを行った。主題図の作成については、第 6 章に記載する。

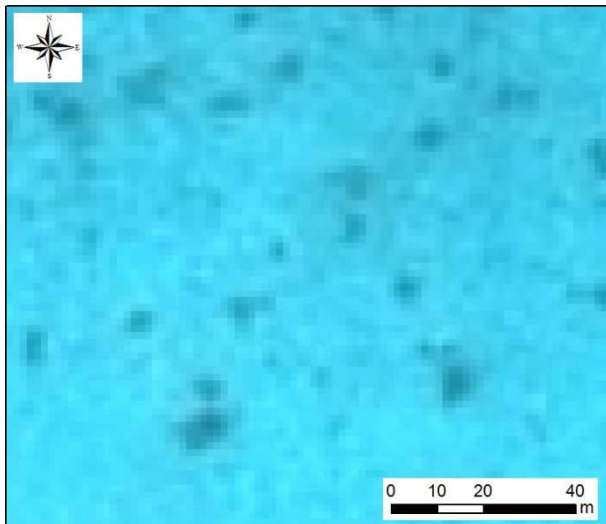




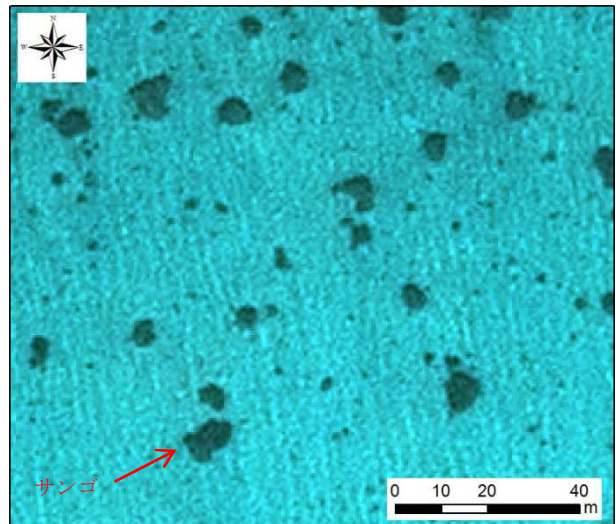
(a) 配置図（宮古島（伊良部島））



(b) 6m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2018年5月15日撮影 SPOT-6)



(c) 1.5m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2018年5月15日撮影 SPOT-6)

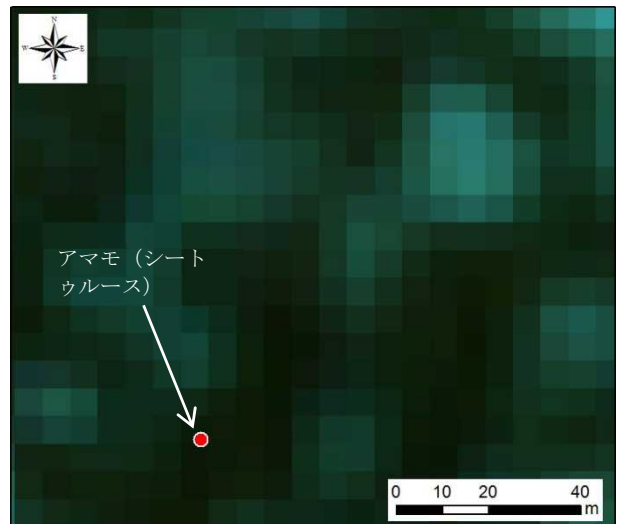


(d) 0.5m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2017年12月29日撮影 Pleiades)

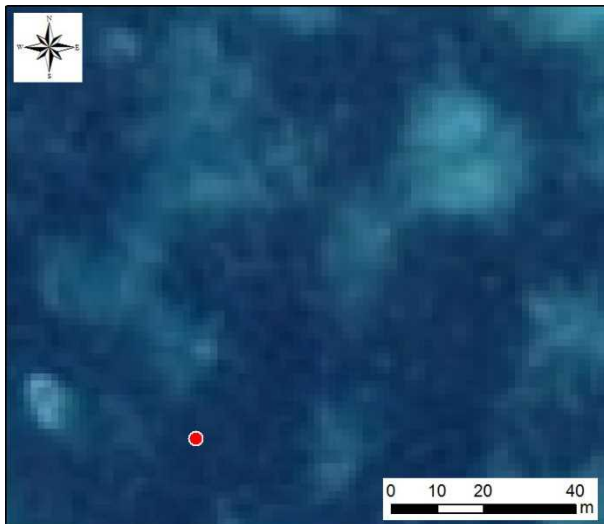
図 4.2-2 サンゴ被度 5%未満の判読例



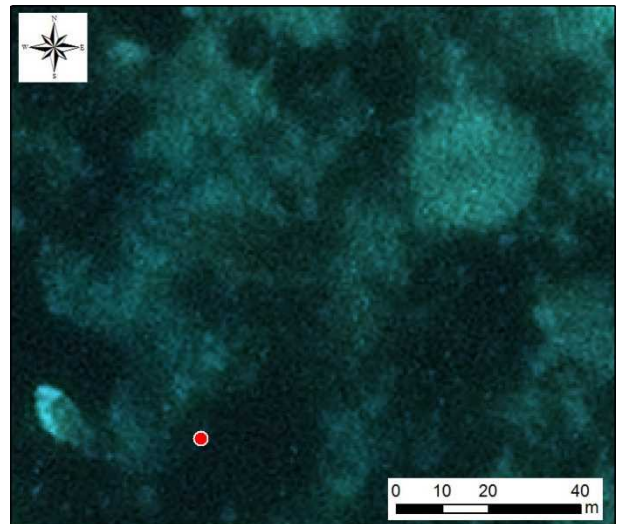
(b) 配置図（宮古島（伊良部島））



(b) 6m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2018年5月15日撮影 SPOT-6)

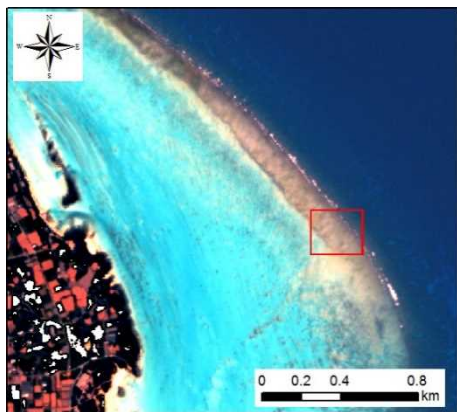


(c) 1.5m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2018年5月15日撮影 SPOT-6)

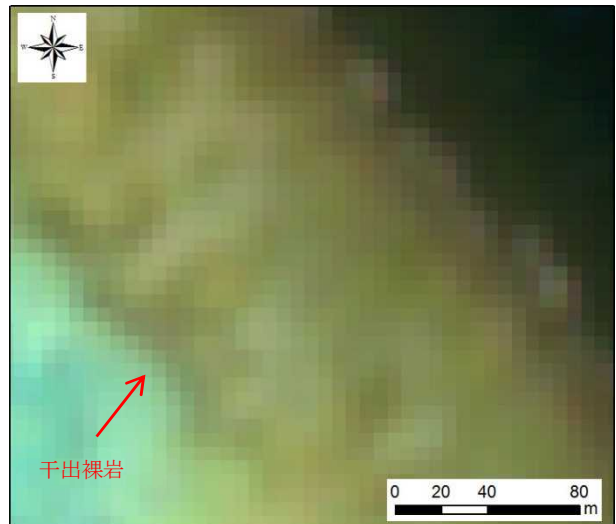


(d) 0.5m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2017年12月29日撮影 Pleiades)

図 4.2-3 海草の判読例



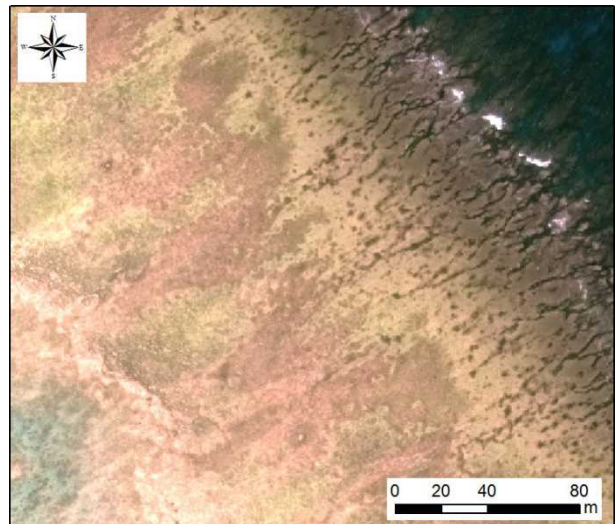
(c) 配置図（与論島）



(b) 6m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2018年2月15日撮影 SPOT-7)

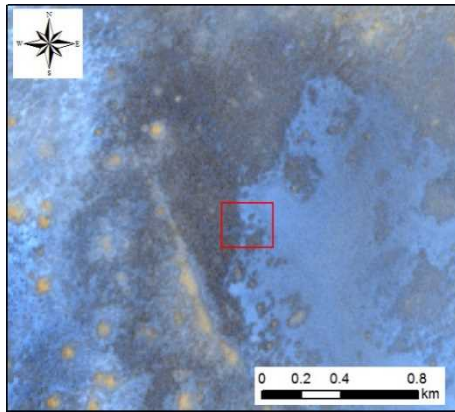


(c) 1.5m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2018年2月15日撮影 SPOT-7)

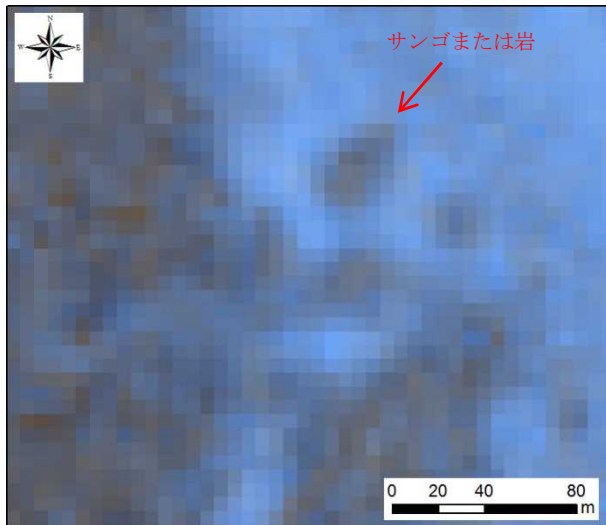


(d) 0.5m 解像度のトゥルーカラー合成画像  
(2017年6月22日撮影 WorldView-4)

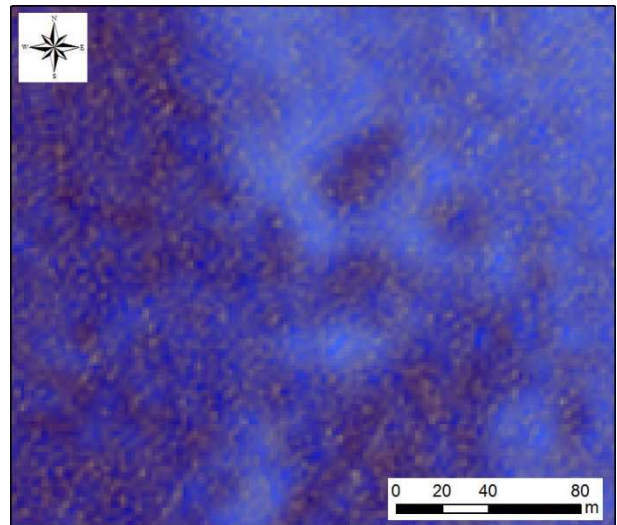
図 4.2-4 干出裸岩の判読例



(a) 配置図 (宮古島)



(b) 6m 解像度の底質指標画像  
(2018年5月15日撮影 SPOT-6)



(c) 1.5m 解像度の底質指標画像  
(2018年5月15日撮影 SPOT-6)

図 4.2-5 サンゴまたは岩の判読例

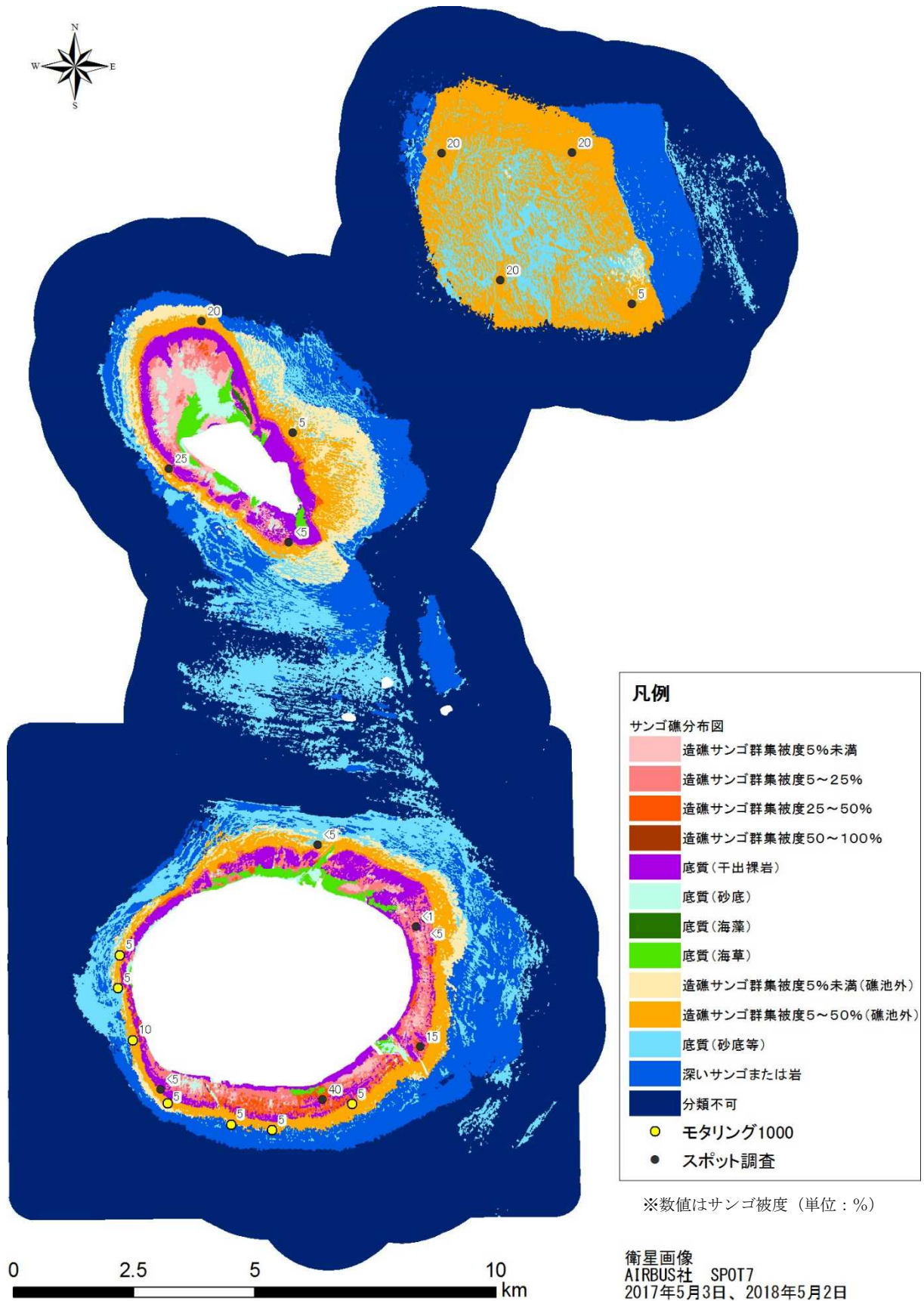
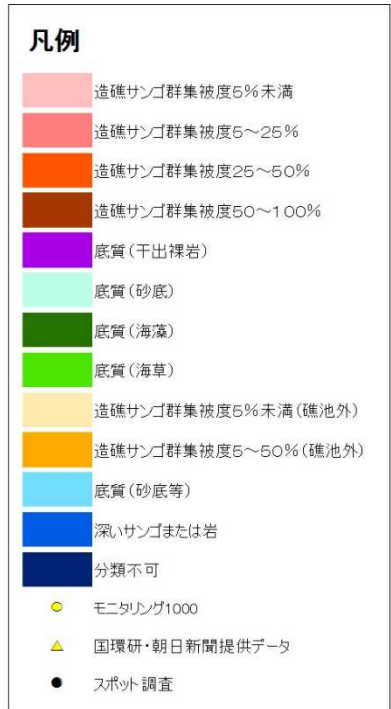


図 4.2-6 修正後のサンゴ礁分布素図 (多良間島)



※数値はサンゴ被度 (単位: %)

衛星画像 AIRBUS社  
 SPOT6 2018年5月15日  
 SPOT7 2018年6月04日

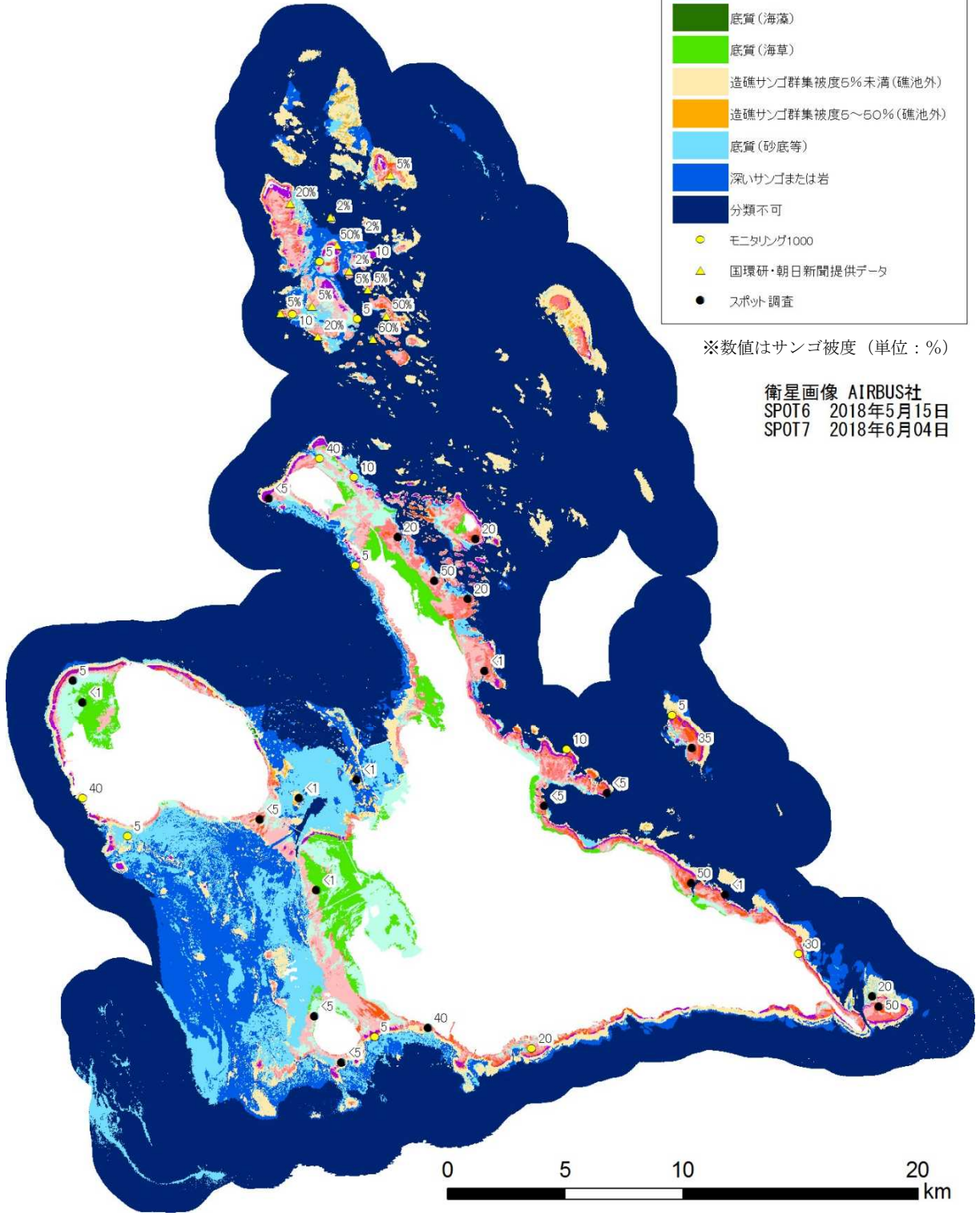


図 4.2-7 修正後のサンゴ礁分布素図 (宮古島)

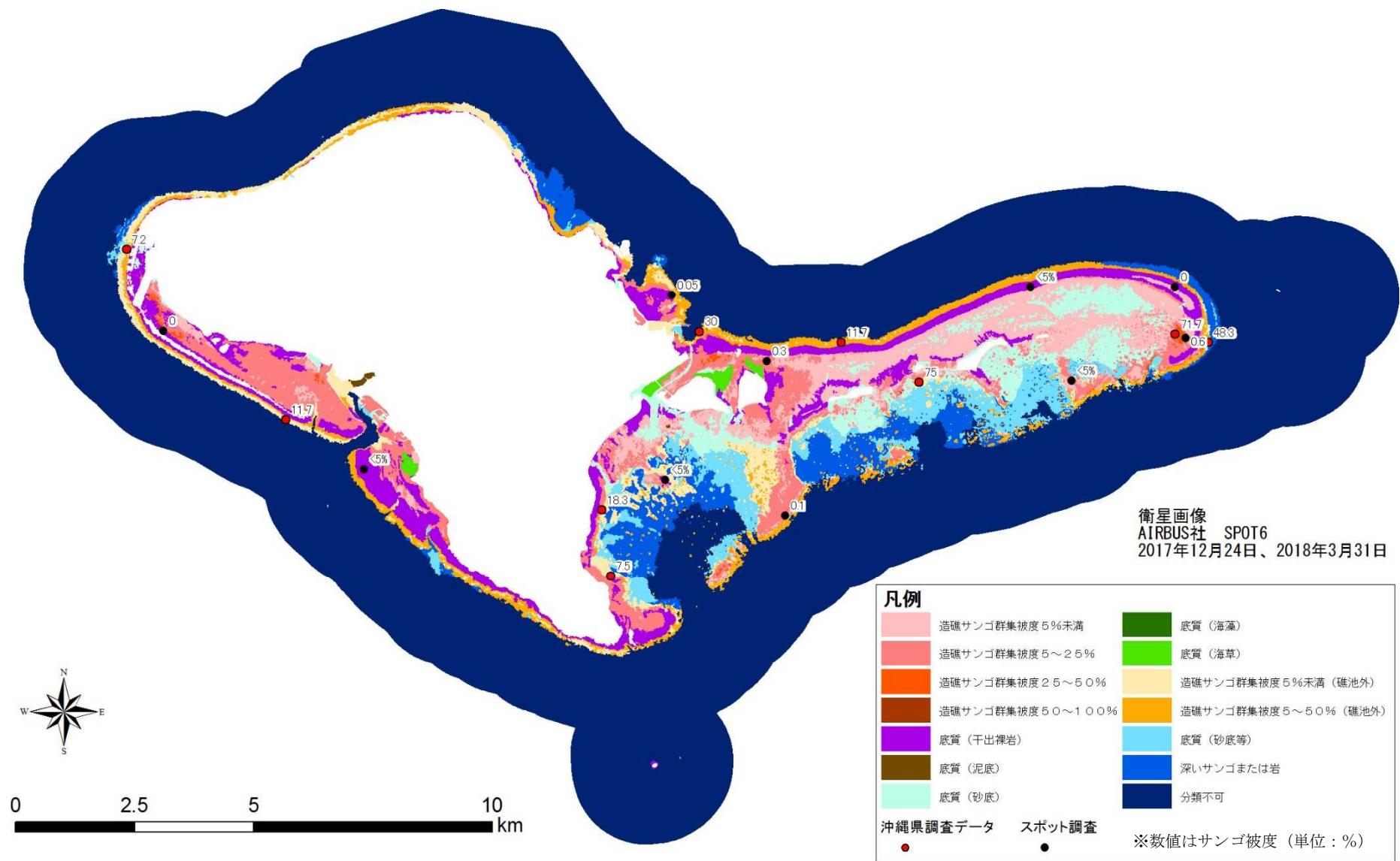


図 4.2-8 修正後のサンゴ礁分布素図 (久米島)

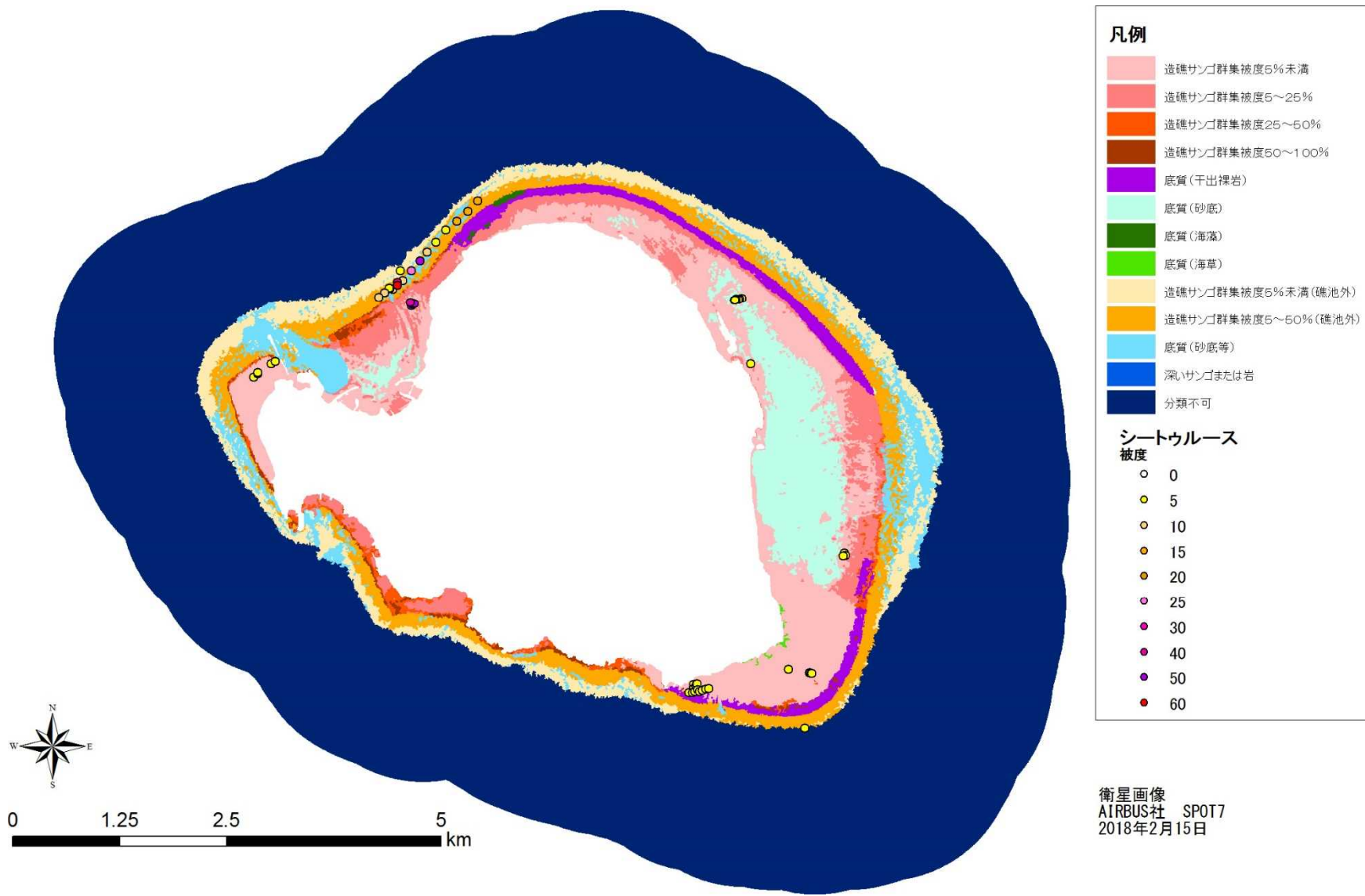


図 4.2-9 修正後のサンゴ礁分布素図 (与論島)



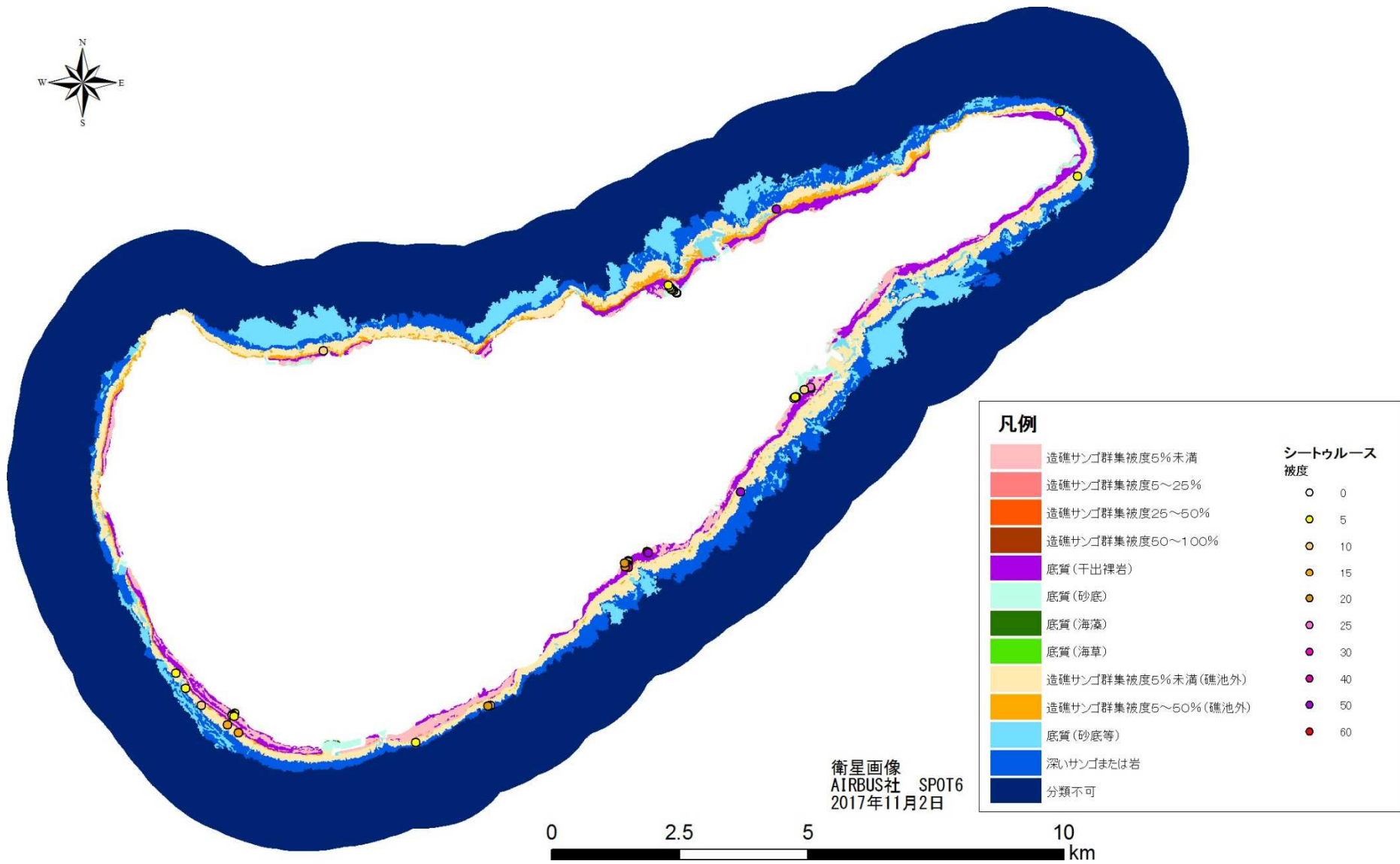


図 4.2-10 修正後のサンゴ礁分布素図（沖永良部島）

## 5. 専門家ヒアリング

対象地域のサンゴ礁に詳しい有識者にヒアリングを行った。  
ヒアリング対象者の一覧を表 5-1 に示す。

表 5-1 ヒアリング対象者一覧

氏名	所属	専門	選定理由とヒアリング内容
山野 博哉	国立研究開発法人 国立環境研究所 生物・生態系環境研究 センター センター長	自然地理学/ 環境変動、サン ゴ礁、リモ ートセンシ ング	リモートセンシングによるサンゴ礁分布の把握の専門家であり、環境省事業「平成 19・20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務」や「平成 21 年度サンゴ礁分布図作成業務」の実績を有する。業務着手時に本業務全般の方針について、中間時に調査結果全般の妥当性について助言を得た。
鈴木 倫太郎	(公財)世界自然保護 基金ジャパン WWF サ ンゴ礁保護研究センタ ー WWF ジャパン自 然保護室 南西諸島プロジェクト 担当	サンゴ礁地 形、サンゴ礁 保全	対象地域のサンゴ礁分布に関して幅広い知見を有し、「平成 21 年度サンゴ礁分布図作成業務」の実績を有する。衛星画像による現況把握や現地調査、分布図作成結果の妥当性について助言を得た。
梶原 健次	宮古島市水産課 水産学博士	サンゴ礁モ ニタリング 調査	モニタリングサイト 1000 サンゴ礁調査における宮古島(サイト 9~10)の調査代表者を務める。現地調査や分布図作成結果の妥当性について助言を得た。
竹下 尚登	ヨロンダイビングサ ービス	サンゴ礁モ ニタリング 調査	奄美群島サンゴ礁保全協議会において、与論島調査のモニタリング調査を担当している。
東 進一郎	シードリーム沖永良部	サンゴ礁モ ニタリング 調査	奄美群島サンゴ礁保全協議会において、沖永良部島のモニタリング調査を担当している。
菅 浩伸	九州大学 浅海底フロ ンティア研究センター センター長 教授	サンゴ礁及 び浅海域地 形	サンゴ礁及び浅海域地形学の専門家であり、対象地域のサンゴ礁分布に関して幅広い知見を有している。現地調査や分布図作成結果の妥当性について助言を得たほか、久米島のサンゴ礁の現況について伺った。
長谷川 均	国土舘大学 文学部 地理・環境専攻 教授	サンゴ礁地 域の環境保 全	サンゴ礁地域の環境保全、自然地理学の専門家であり、対象地域のサンゴ礁分布に関して幅広い知見を有している。現地調査や分布図作成結果の妥当性について助言を得た。

## 6. 分布図の完成及び GIS データの作成

### 6.1 サンゴ礁分布図の完成

4.2 項の修正後のサンゴ礁分布素図を基に地域のサンゴ礁分布に詳しい専門家へヒアリングを実施し、必要な修正を行ってサンゴ礁分布図を完成させた。以下に最終確定の過程を整理する。

#### 1) 多良間島

多良間島のサンゴ礁分布素図について、国土館大学教授の長谷川均氏と九州大学教授の菅浩伸氏より以下のコメントを得た。

長谷川氏：

- 「干出裸岩」という凡例項目は少し違和感がある。「造礁サンゴ被度 5～25%」でよいのではないか。
- ビーチロックを「干出裸岩」に含めるのは成り立ちから行くと違和感がある。しかし、衛星画像解析の観点から見れば同じでも仕方がないかもしれない。
- 凡例は、国土地理院の資料も参考にしてみるとよい（提供資料参照）
- 多良間村集落から北海岸において、「干出裸岩」が少し多い気がする。
- 多良間島の東海岸には、棚瀬（ビーチロック）が存在するため「干出裸岩」でよい。
- 多良間島の南海岸の造礁サンゴは変化が著しいが、「造礁サンゴ被度 25～50%」は多すぎるのではないか。
- 指導した学生が多良間島の「砂床分布図」と「海草藻場分布図」を作成したので、参考にするとよい。（提供資料参照）
- 水納島は、調査していないからわからない。
- 水納島の北西にあるサンゴ礁は、知らなかった。学会発表してもよいのではないか。

菅氏：

- 造礁サンゴの成り立ち的に特におかしいところはない。
- 港内に「海草」に割り当てられているが、ここは「砂底」でよいのではないか。

上記のコメントに対して以下の対応を行った。

- 多良間島の南海岸の「造礁サンゴ被度 25～50%」の領域について、現地調査地点（被度 40%）の輝度値を基に、それよりも高い輝度値の領域を「造礁サンゴ被度 5～25%」に修正した。
- 多良間村集落から北海岸の「干出裸岩」の領域について、0.5m 解像度の衛星画像を判読した結果、明確に岩であることが把握できたため、一部の領域のみ「造礁サンゴ被度 5%未満」へ修正した。

#### 2) 宮古島・伊良部島

宮古島・伊良部島のサンゴ礁分布素図について、国立環境研究所生物・生態系環境研究センター長の山野博哉氏より以下のコメントを得た。

- 全体の印象だが、浅い礁嶺に相当する部分のサンゴ被度が高く出すぎているように思う。礁嶺部分が海の基本図で重ねられるのであれば、その部分の被度は低くすると良い。

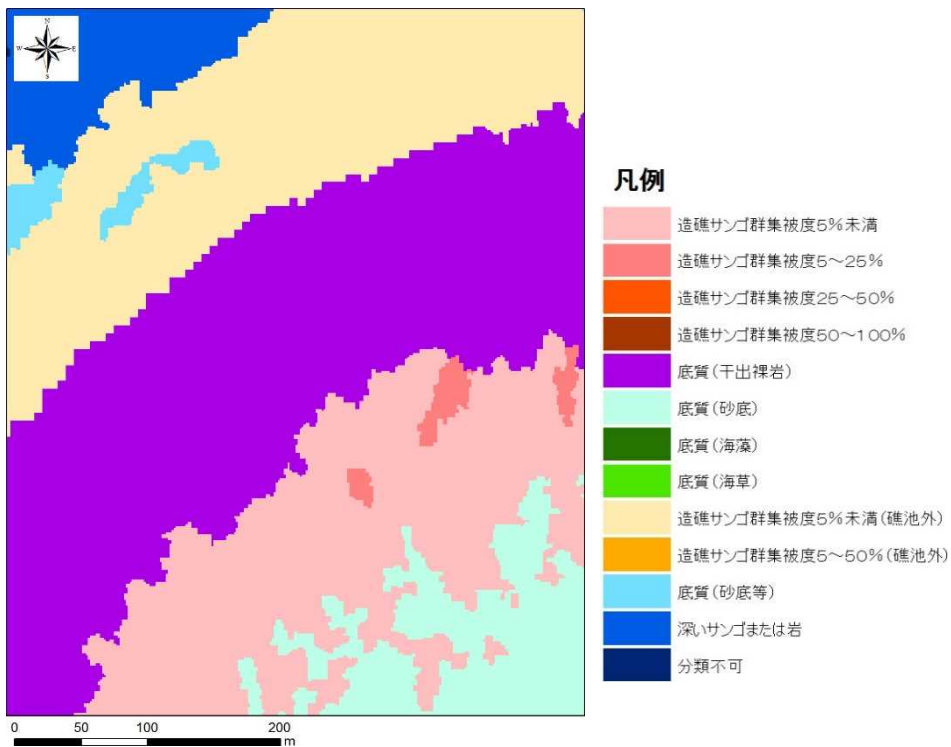
上記のコメントに基づき、礁嶺部を中心に 0.5m 解像度の衛星画像を確認し直し、必要な修正を行った。具体的には、図 6.1-1 に示すような礁嶺部において、0.5m 解像度の衛星画像上で輝度値が低い領域のテクスチャを確認し、海藻と判断される場合は干出裸岩に修正した。



(a) 2018年5月15日撮影 SPOT-6  
トゥルーカラー合成画像



(b) 2017年12月10日撮影 Pleiades  
トゥルーカラー合成画像



(c) 修正後の分布図

図 6.1-1 礁嶺部の被度の確認 (宮古島)

### 3) 久米島

久米島のサンゴ礁分布素図について、九州大学教授の菅浩伸氏より以下のコメントを得た。（地名は図 6.1-2 を参照）

- ハテノ浜から北東側に位置する礁嶺の一部が「造礁サンゴ被度 5～25%」となっているが、「干出裸岩」とした方が適しているかもしれない。
- ハテノ浜の形態は、1年で大きく変化する。
- 中里漁港と奥武島の間にあるえびの養殖場の脇に沿って「海草」となっているが、「海藻」が分布しているかもしれない。
- 奥武島の東側では、アーサ養殖を行っているため「干出裸岩」を「海藻」に修正した方がよい。
- 上記の場所付近の「砂地」は、島（陸）である。
- オーハ島の南側は、海草が繁茂しているため、「造礁サンゴ被度 5～25%」を「海草」に修正した方がよい。また、「海草」より深い場所では、もずく養殖を行っている。「造礁サンゴ被度 5%未満」でも「海藻」でもよい。
- 奥武島とオーハ島との間の「造礁サンゴ被度 5～25%」の部分は、アマモが生息しているため「海草」が適している。
- イーフビーチの南側にある河川から赤土が流出しているため、水質がかなり濁っている。そのため、「造礁サンゴ被度 5～25%」より「造礁サンゴ被度 5%未満」もしくは「底質（泥底）」の方がしっくりくる。
- アーラ浜の「造礁サンゴ被度 5～25%」は「海草」もしくは「海藻」かもしれない。
- アーラ浜の「干出裸岩」がサンゴ礁の成り立ちから考えると若干多い感じがする。

上記のコメントに対して以下の対応を行った。

- 奥武島とオーハ島との間の「造礁サンゴ被度 5～25%」の領域について、アマモが繁茂しているとの情報の他、0.5m 解像度の衛星画像上で同じテクスチャと輝度値の領域が広がっていたため、それらの領域も含めてサンゴから海草へ修正した。
- イーフビーチの南側の「造礁サンゴ被度 5～25%」の領域について、0.5m 解像度の衛星画像を判読した結果、サンゴの分布を確認することができた。また、現地調査データ（沖縄県のマンタ及びスポットチェック法）と照らし合わせた結果、「造礁サンゴ被度 5～25%」は妥当であったため、修正は行わなかった。
- アーラ浜の「造礁サンゴ被度 5～25%」の領域について、0.5m 解像度の衛星画像を判読し、「造礁サンゴ被度 5～25%」を「海草」へ、「干出裸岩」を「造礁サンゴ被度 5～25%」へ修正した。

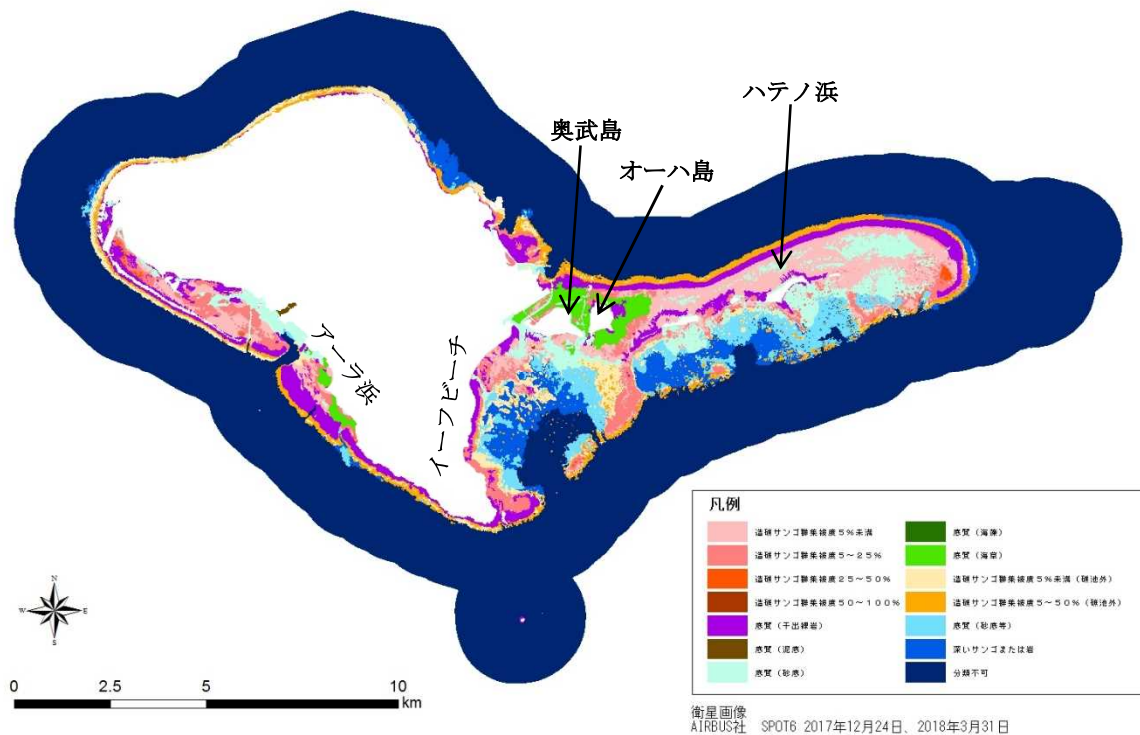


図 6.1-2 ヒアリング結果を反映したサンゴ礁分布図 (久米島)

#### 4) 与論島

与論島のサンゴ礁分布素図について、ヨロンタイピングサービスの竹下尚登氏と WWF ジャパン 自然保護室南西諸島プロジェクト担当の鈴木太一郎氏より以下のコメントを得た。(地名は図 6.1-3 を参照)

竹下氏：

- 確認したところ特に変更はない。

鈴木氏：

- 東側の百合ヶ浜付近、礁嶺が切れているところのサンゴ被度が 5~25%となっているが生きた造礁サンゴはほぼ認められない。よってサンゴ被度は 5%未満で良い。
- 北側礁嶺の南側、礁舗に相当する場所および陸に近い礁池側の場所もほぼ造礁サンゴは認められない。よってサンゴ被度は 5%未満で良い。
- 皆田海岸のミナタ離と島の間も一部サンゴ被度が 5~25%となっているが、ここは港を回った南側はソフトコーラルが群生する場所が一部あるが、造礁サンゴはほぼない。よってサンゴ被度は 5%未満で良い。
- 礁池の中はほぼ 5%未満と考えて良い。

上記の他、分布図作成の前に行ったヒアリングにおいて両氏から茶花航路付近のサンゴの被度が高いことが伝えられているため、茶花航路周辺を除く礁池内のサンゴ被度を 5%未満に修正した。

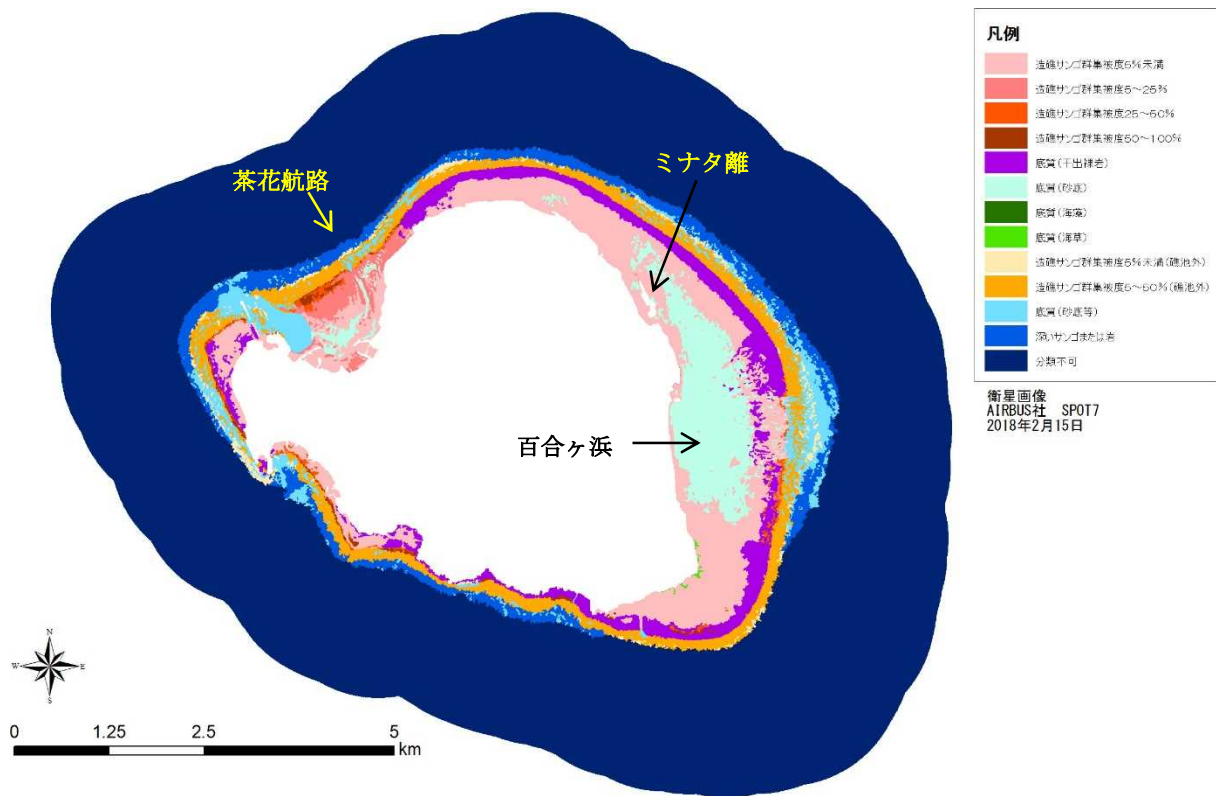


図 6.1-3 ヒアリング結果を反映したサンゴ礁分布図（与論島）

## 5) 沖永良部島

沖永良部島のサンゴ礁分布素図について、シードリーム沖永良部の東進一郎氏より、送付した情報で違いがないとのコメントを得たため、そのまま完成版とした。

## 6.2 GIS データと成果図の作成

6.1 項で完成させたサンゴ礁分布図と 3.2 項で得られた現地調査結果を表 4.2-1 に示す GIS データ（シェープファイル）として作成した。これらの GIS データの座標系は緯度経度座標系、地球楕円体は WGS84 とした。

表 6.2-1 GIS データ（シェープファイル）の諸元

データの種類	フィーチャタイプ	フィールド名	フィールドのデータタイプ	内容
サンゴ礁分布図	ポリゴン	CODE	Long	細分化凡例のコード番号
		CODE2	Long	比較用凡例のコード番号
現地調査結果 (スポットチェック法)	ポイント	NO_	Text	地点名
		サ_被度	Text	サンゴ礁被度
		サ_生育	Text	サンゴ生育型
		サ_加入	Text	サンゴ新規加入度
		水深	Text	水深
		地形	Text	地形
現地調査結果 (マンタ法)	ライン	NO_	Text	測線名
		サ_被度	Text	サンゴ礁被度
現地調査結果 (シートゥールース)	ポイント	NO_	Text	測線名
		サ_被度	Text	サンゴ礁被度
		水深	Text	水深

サンゴ礁分布図については、個々の面積が小さいポリゴンで構成されているため、そのままではデータ容量が大きく扱いづらい場合がある。そのため、隣接し属性情報（細分化凡例のコード番号）が同じポリゴンを集約したデータも併せて作成した。図 6.2-1 にポリゴンを集約した例を示す。

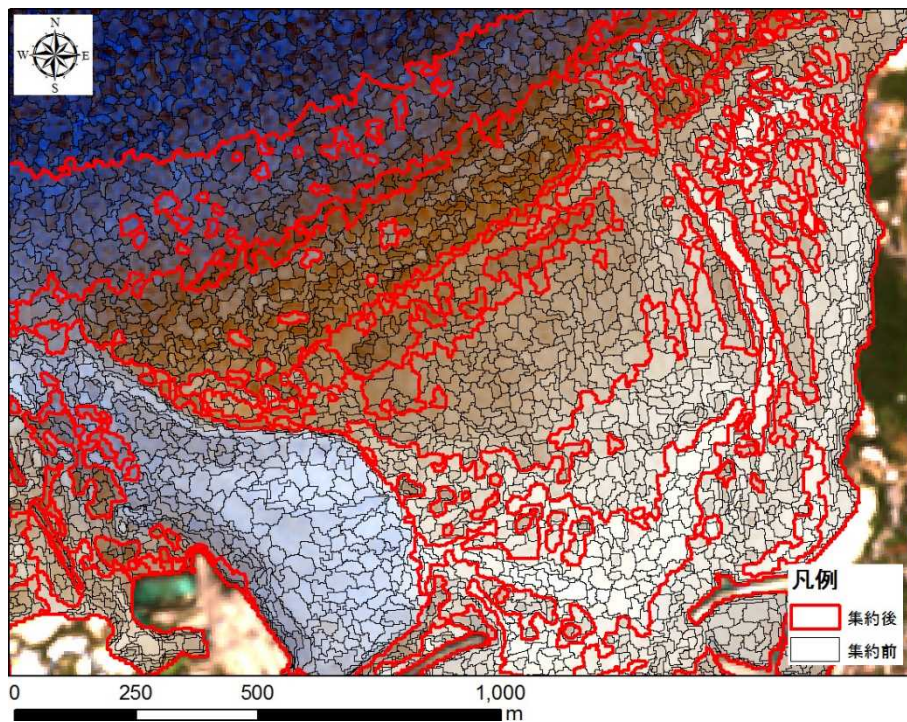


図 6.2-1 ポリゴン集約の例（与論島）

上記のサンゴ礁分布図と現地調査結果（スポットチェック法及びマンタ法）の GIS データを重ね合わせ、造礁サンゴ群集、底質、サンゴ被度、生育型を含む成果図を作成した。成果図の凡例は、サンゴ被度区分を細分化した凡例と過年度調査成果と比較可能な凡例の 2 種類とした。また、成果図の縮尺は、2 万 5 千分の 1 のほか、10 万分の 1 についても作成し、対象地域全域を含む図面とした。なお、縮尺 2 万 5 千分の 1 の図面については、国土地理院刊行の 2 万 5 千分の 1 地形図と同じ図郭を使用した場合、深い水深帯のサンゴ礁が完全に含まれない場合がある。そのため、深い水深帯のサンゴ礁が含まれるよう、図郭の配置を調整した。図 6.2-2、図 6.2-3、図 6.2-4、図 6.2-5 に成果図の例を示す。



# 宮古島 M-6

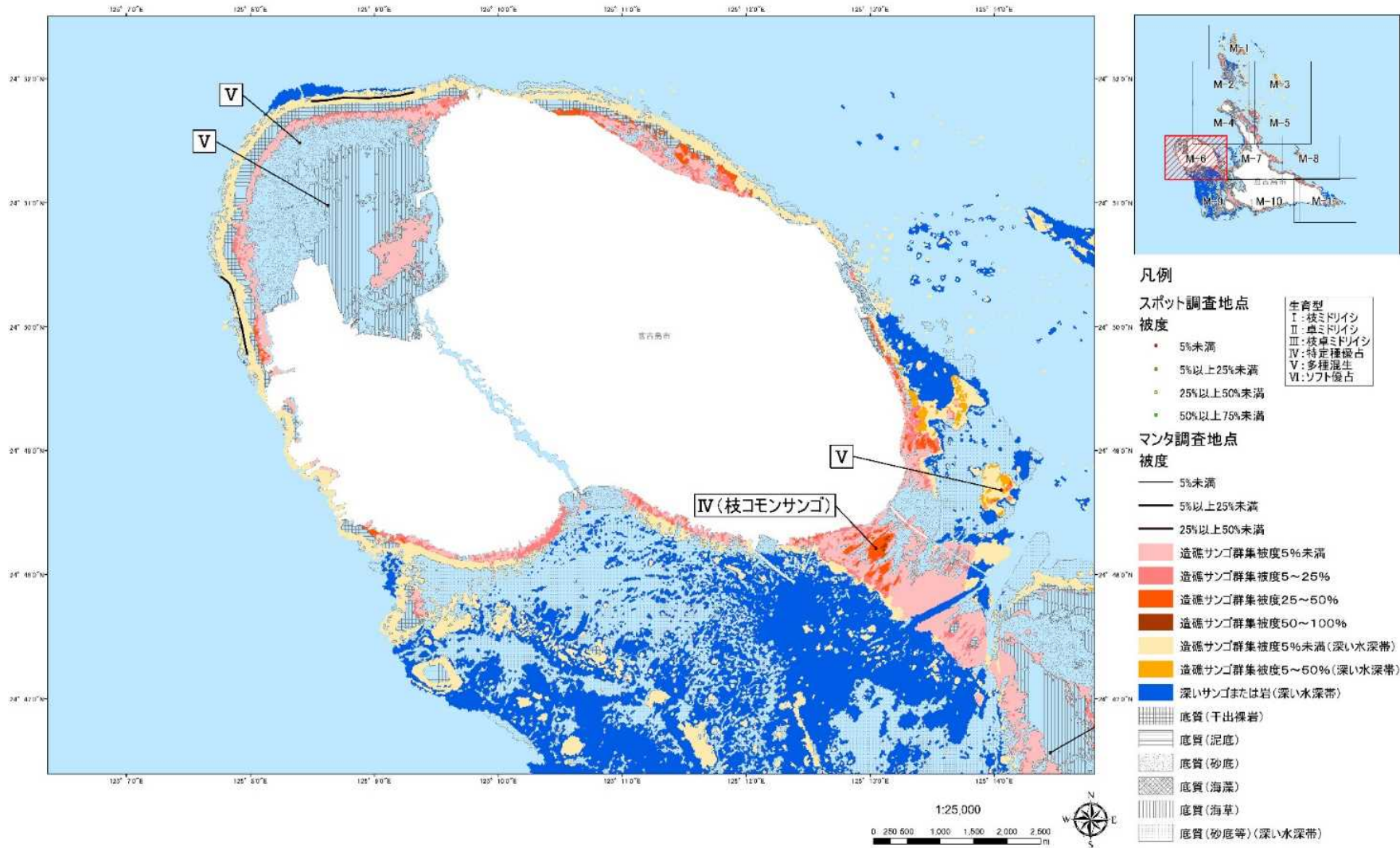


図 6.2-2 成果図の例 (縮尺 2 万 5 千分の 1、サンゴ被度区分を細分化した凡例)

# 宮古島 M-6

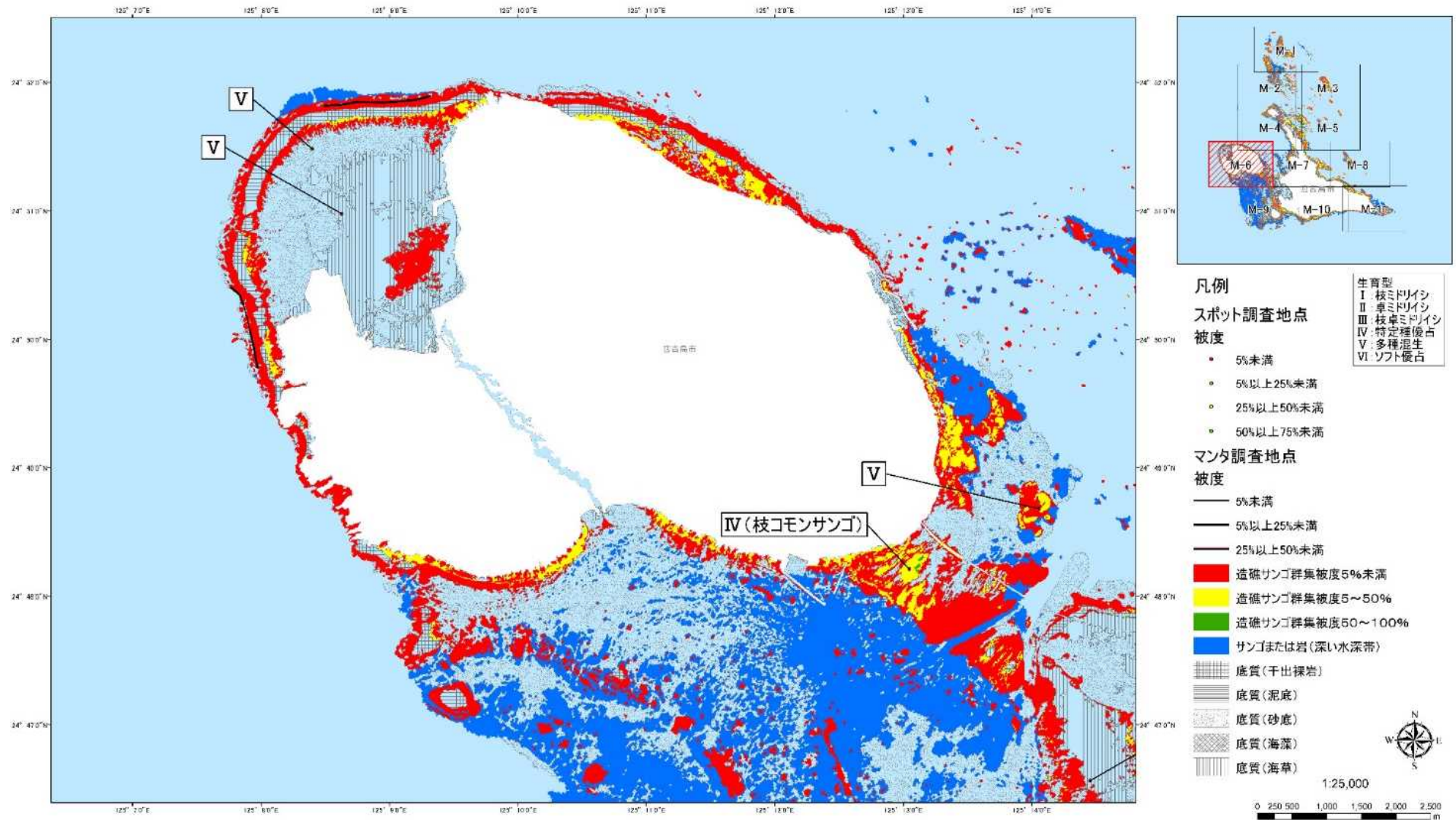


図 6.2-3 成果図の例 (縮尺 2 万 5 千分の 1、過年度調査成果と比較可能な凡例)

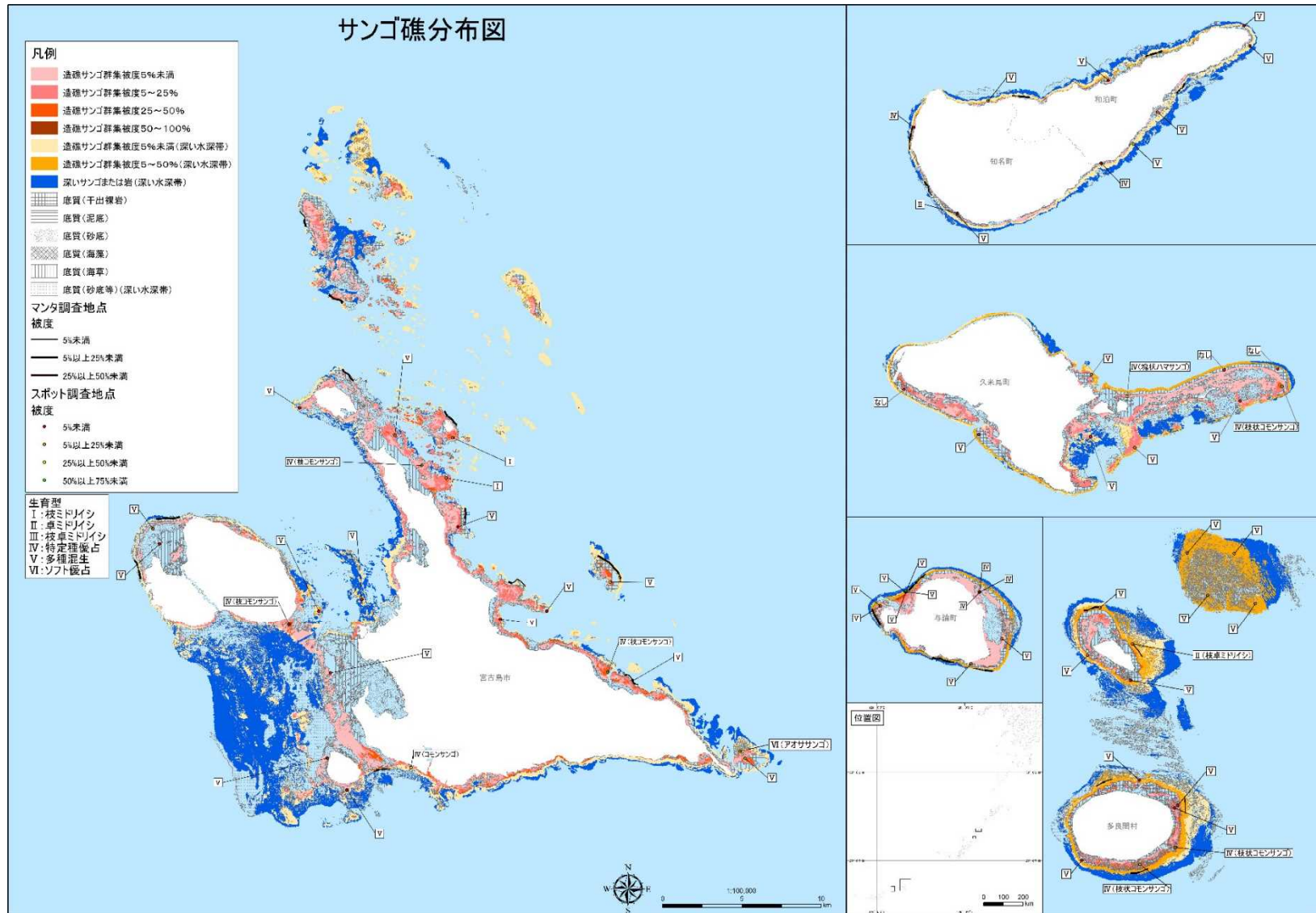


図 6.2-4 成果図の例 (縮尺 10 万分の 1、サンゴ被度区分を細分化した凡例)

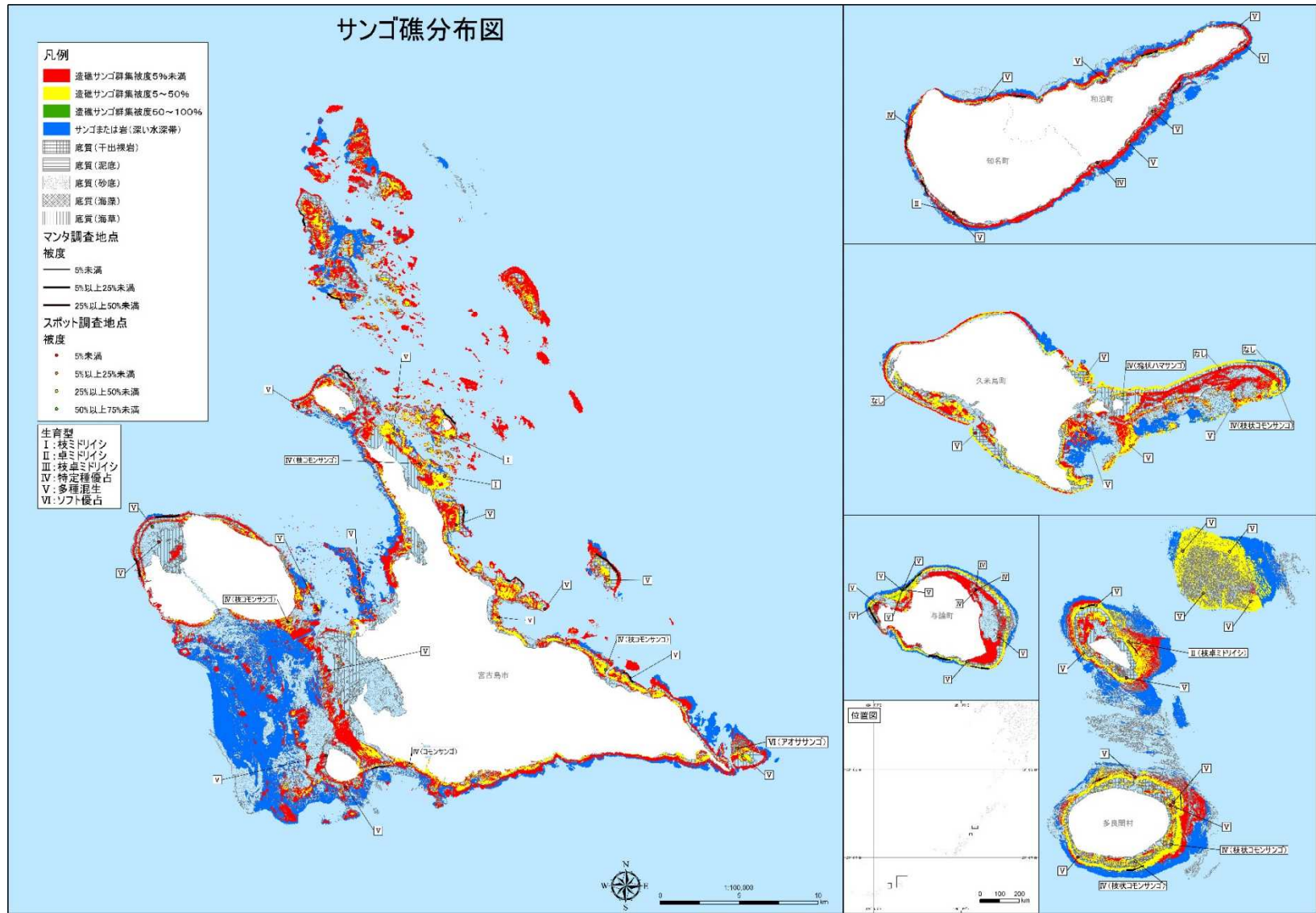


図 6.2-5 成果図の例 (縮尺 10 万分の 1、過年度調査成果と比較可能な凡例)

### 6.3 過年度調査成果との比較(主題図の作成)

本業務の対象地域における造礁サンゴ群集の分布域の変化を把握するため、下記の過年度調査成果と比較を行った。

- 第4回自然環境保全基礎調査(海域生物環境調査)(環境庁、平成1~3年度)※以降、第4回基礎調査と称する
- サンゴ礁マッピング手法検討調査業務(環境省、平成20年度)※以降、平成20年度調査と称する

なお、第5回自然環境保全基礎調査(海辺調査)(環境庁、平成9~12年度)におけるサンゴ群集生物調査の対象地域は予備調査も含めて下記の10箇所であり、本業務の対象地域が含まれないため比較を行わなかった。

- 平成9年度：沖縄県西表島崎山湾(1997~1998年)、徳島県宍喰町阿波竹ヶ島海中公園(1998年)
- 平成10年度：東京都小笠原村父島(1999年)、和歌山県串本町鏑浦(1998年)、熊本県天草下島沿岸(1999年)、奄美大島摺子崎(1998年)
- 平成11年度：沖縄県竹富町黒島(1999年)、高知県大月町尻貝(1999年)
- 平成12年度：沖縄県恩納村真栄田岬(2000年)、沖縄県座間味村阿嘉島(2000年)

本業務で作成した分布図は、礁池内の極浅い海域から礁縁部のやや深い海域までの面的分布を示すものとして整備されているが、過年度調査成果には礁縁部の面的分布が含まれていない。そのため、深い海域を除いた範囲でGISのオーバーレイ処理によりサンゴ被度の変化域を抽出し、面積の増減状況を表した主題図を作成した。一方、サンゴの生育型については、第4回基礎調査は紙の図面(GISデータなし)のみであり、平成20年度調査はデータが整備されていない。また、第4回基礎調査と平成30年度調査の地点は異なっており、代表性を比較し得る十分な情報が不足しているため比較は行わないこととした。

以下に地域別の比較結果を示す。

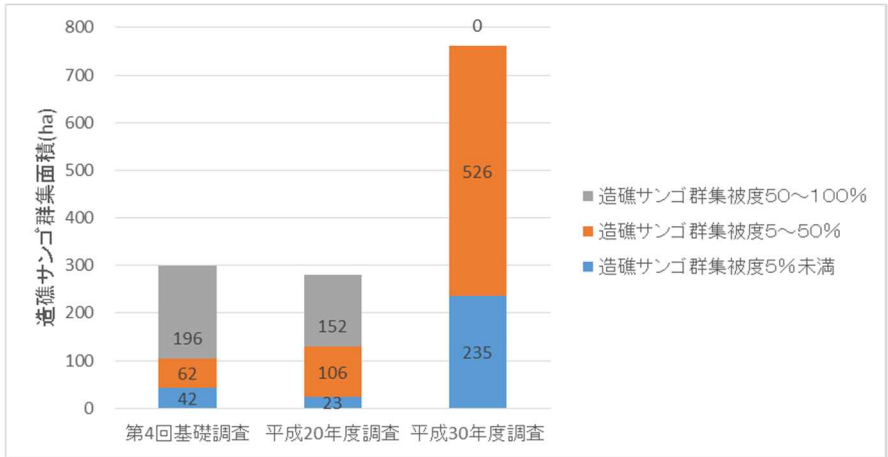
#### 1) 多良間島

各調査におけるサンゴ群集の被度区分別の面積と変化域の面積を図6.3-1、サンゴ礁分布図を図6.3-2、変化抽出図を図6.3-3に示す。

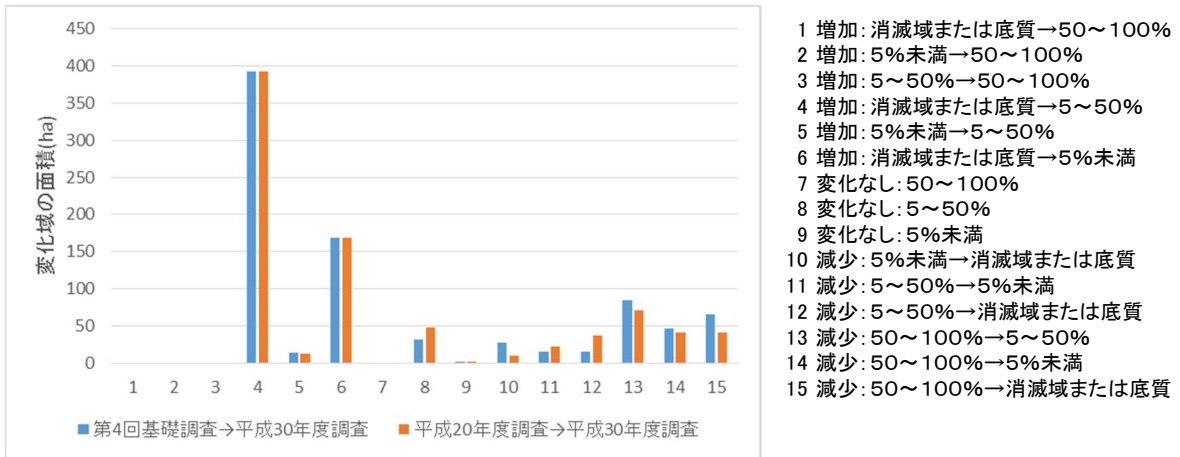
サンゴ群集全体の面積(図6.3-1(a))は、第4回基礎調査と平成20年度調査ではほぼ変化がないが、平成30年度調査では約2.5倍に増加した。変化域面積の内訳(図6.3-1(b))は、「4増加：消滅域または底質→5~50%」、「6増加：消滅域または底質→5%未満」の順に大きな割合を占めた。一方で、第4回基礎調査と平成20年度調査に存在したサンゴ被度50~100%の領域は、平成30年度調査では、被度が低下したか消滅した。

上記の面積の変化は、過年度調査と平成30年度調査における分布域抽出の細かさの違いによると考えられる(図6.3-2)。多良間島南岸は、過年度調査では被度50~100%または5~50%のサンゴと干出裸岩の領域に明確に分けられているが、平成30年度調査では干出裸岩を覆うように地形の変化に合わせて被度5~50%のサンゴが分布している。

サンゴ被度の変化抽出図(図6.3-2)では、過年度調査においてサンゴ被度50~100%であった水納島北岸と多良間島南岸の領域で被度が減少していることがわかる。一方、その他の領域では全般的に被度が増加している。



(a) サンゴ群集の被度区別の面積(ha)



(b) サンゴ群集の変化域の面積(ha)

図 6.3-1 サンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積 (多良間島)

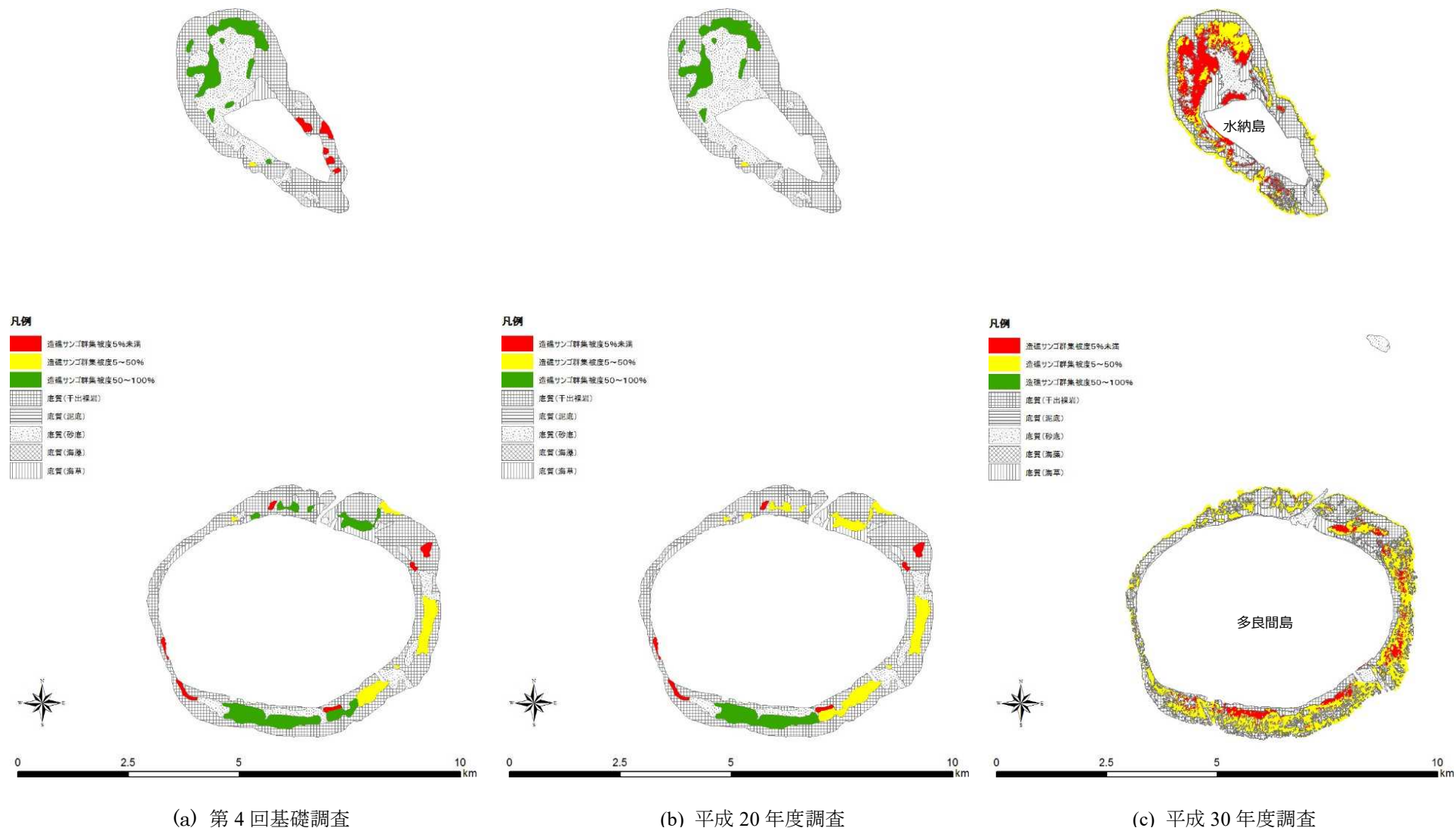
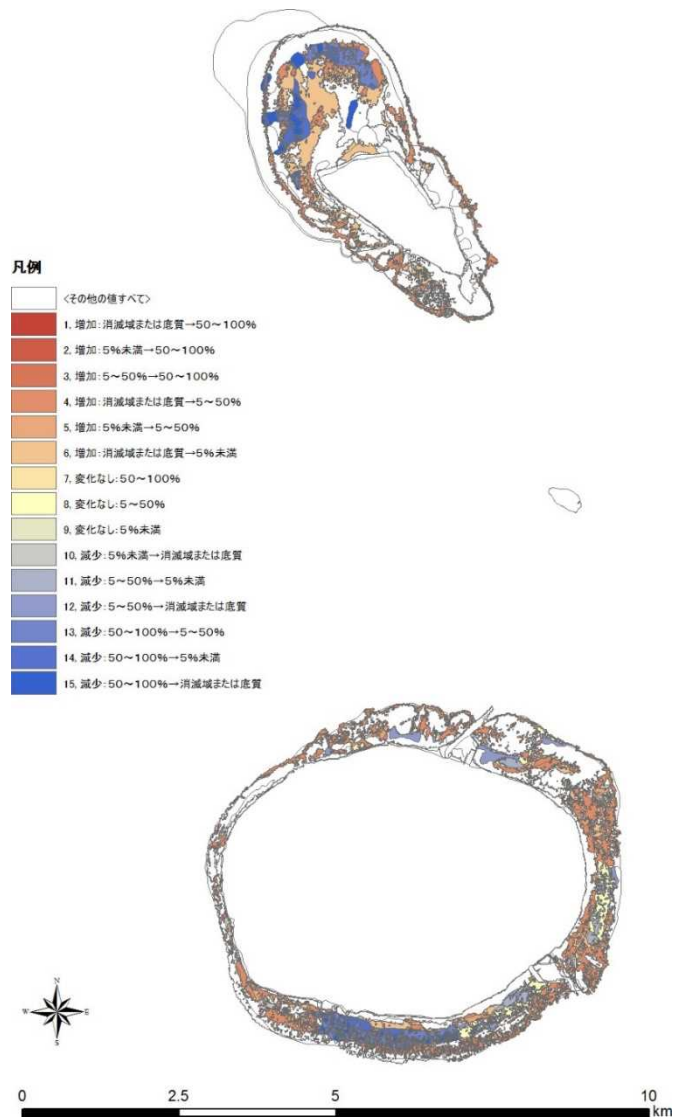
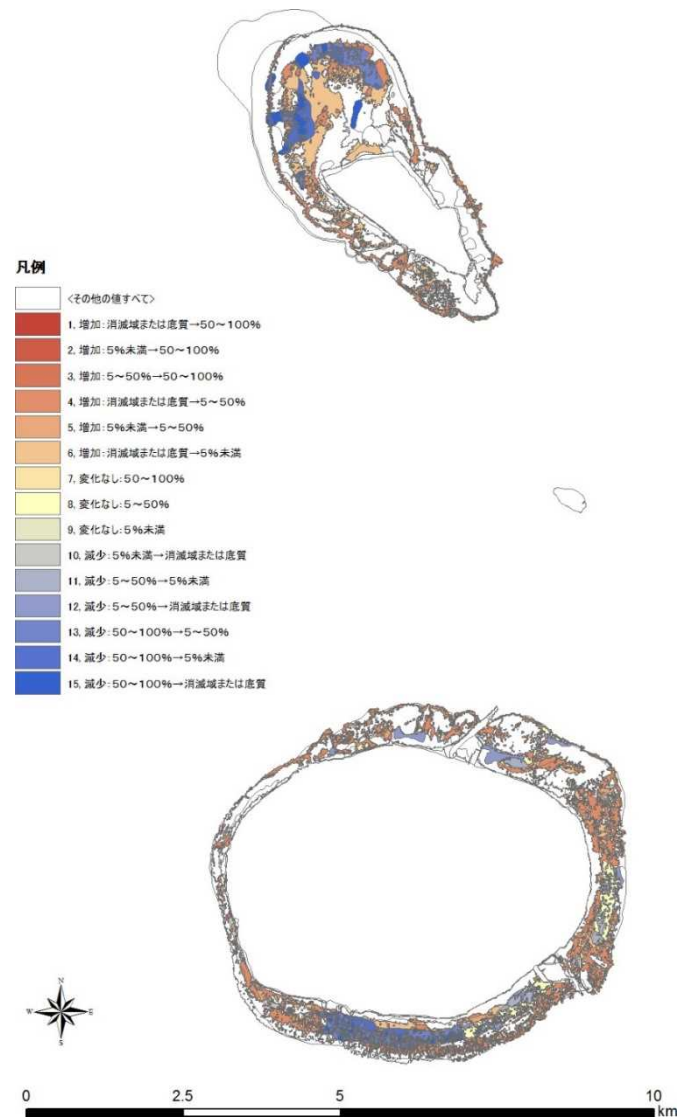


図 6.3-2 サンゴ礁分布図 (多良間島)



(b) 第4回基礎調査から平成30年度調査への変化



(b) 平成20年度調査から平成30年度調査への変化

図 6.3-3 サンゴ被度の変化抽出図 (多良間島)

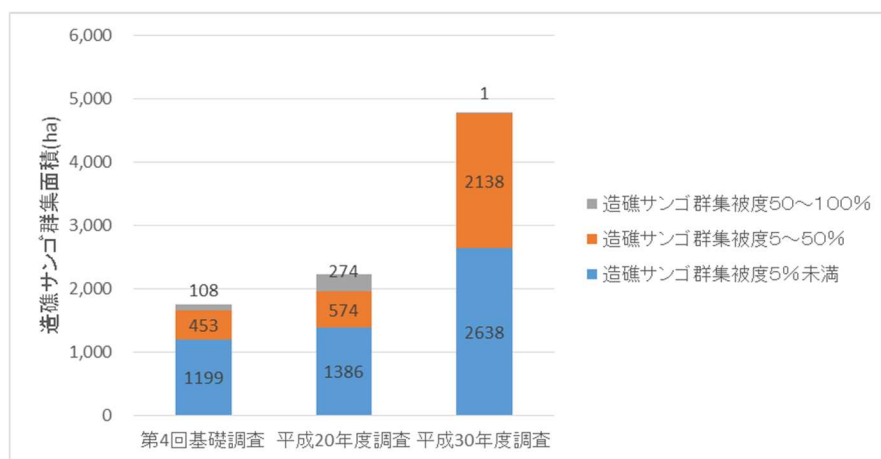


## 2) 宮古島・伊良部島

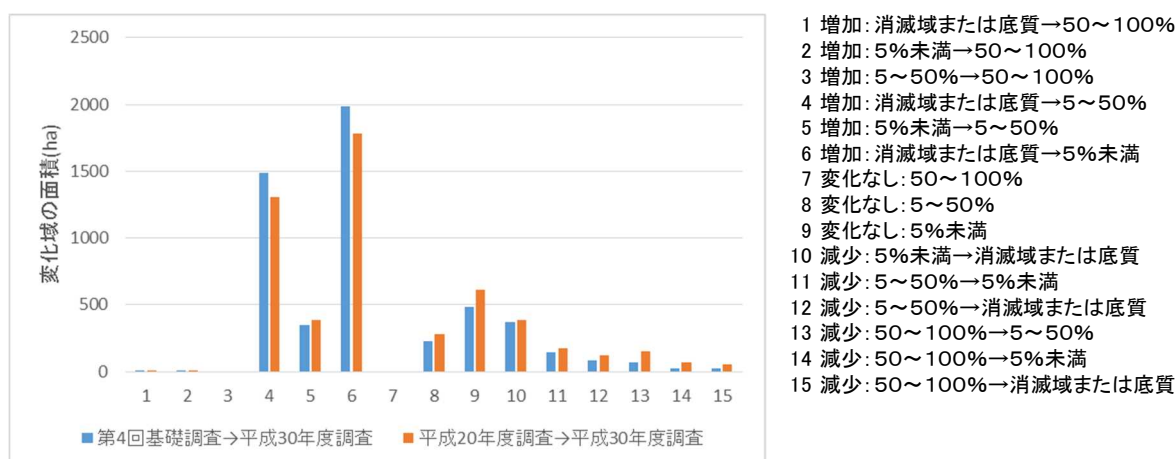
各調査におけるサンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積を図 6.3-4、サンゴ礁分布図を図 6.3-5、変化抽出図を図 6.3-6 に示す。

サンゴ群集全体の面積（図 6.3-4 (a)）や変化域面積の内訳（図 6.3-4 (b)）は、多良間島における状況と同様の傾向を示した。第 4 回基礎調査と平成 20 年度調査ではサンゴ群集の面積はほぼ変化がないが、平成 30 年度調査では約 2 倍に増加しており、その変化の内訳は「4 増加：消滅域または底質→5～50%」、「6 増加：消滅域または底質→5%未満」が大きな割合を占めた。また、第 4 回基礎調査と平成 20 年度調査に存在したサンゴ被度 50～100%の領域は、平成 30 年度調査では、被度が低下したか消滅した。

平成 30 年度調査における面積増加の原因は多良間島と同様であり、衛星画像によって細かい分布が拾われた結果、面積が増加したと考えられる。各調査のサンゴ礁分布図（図 6.3-5）と変化抽出図（図 6.3-6）を比較すると、過年度調査で被度 50～100%であった領域の被度の減少が顕著であるとともに、5%未満に増加している領域が全般的に多い傾向である。

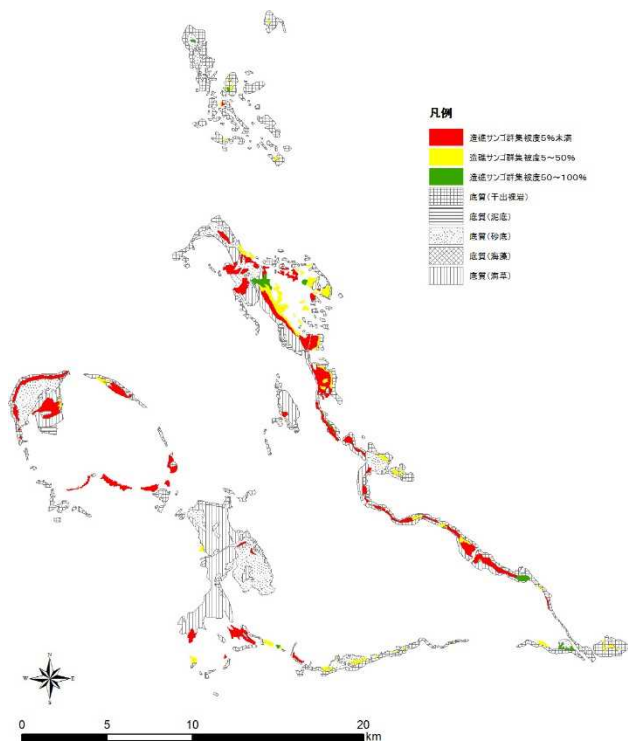


(a) サンゴ群集の被度区別の面積(ha)

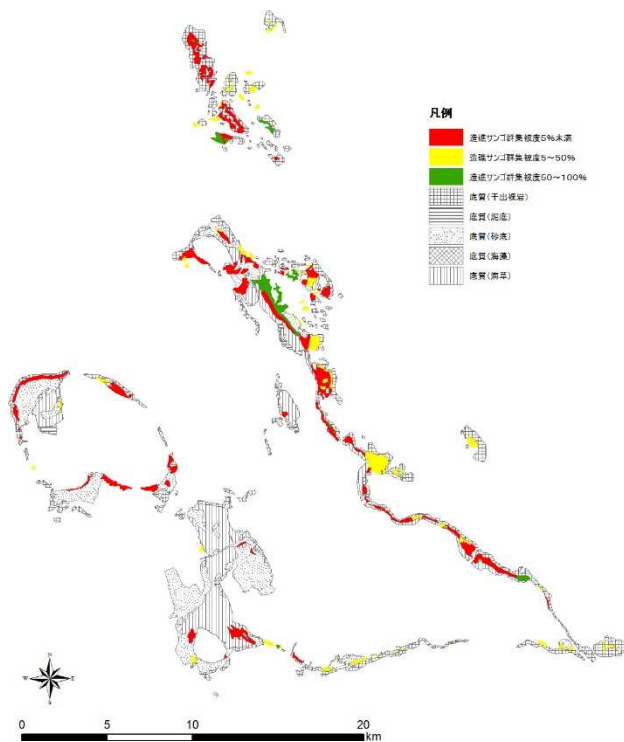


(b) サンゴ群集の変化域の面積(ha)

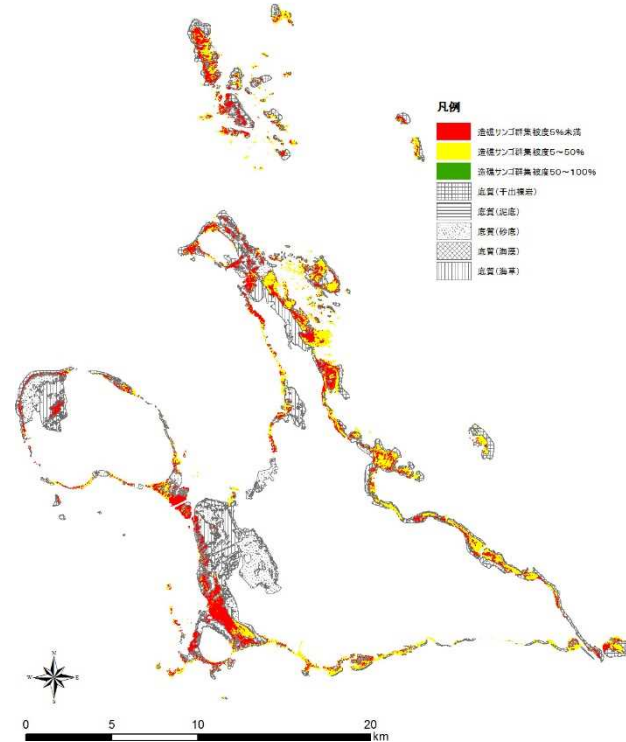
図 6.3-4 サンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積（宮古島・伊良部島）



(c) 第4回基礎調査

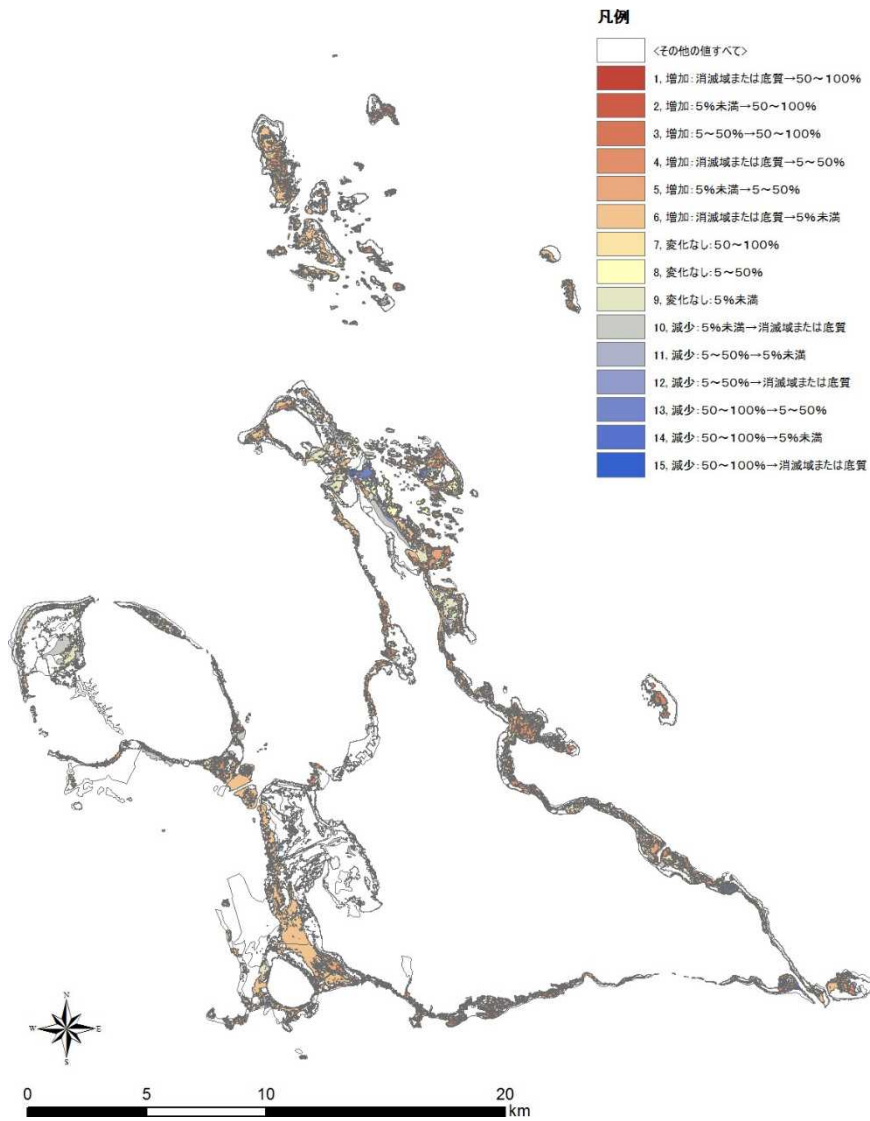


(b) 平成20年度調査

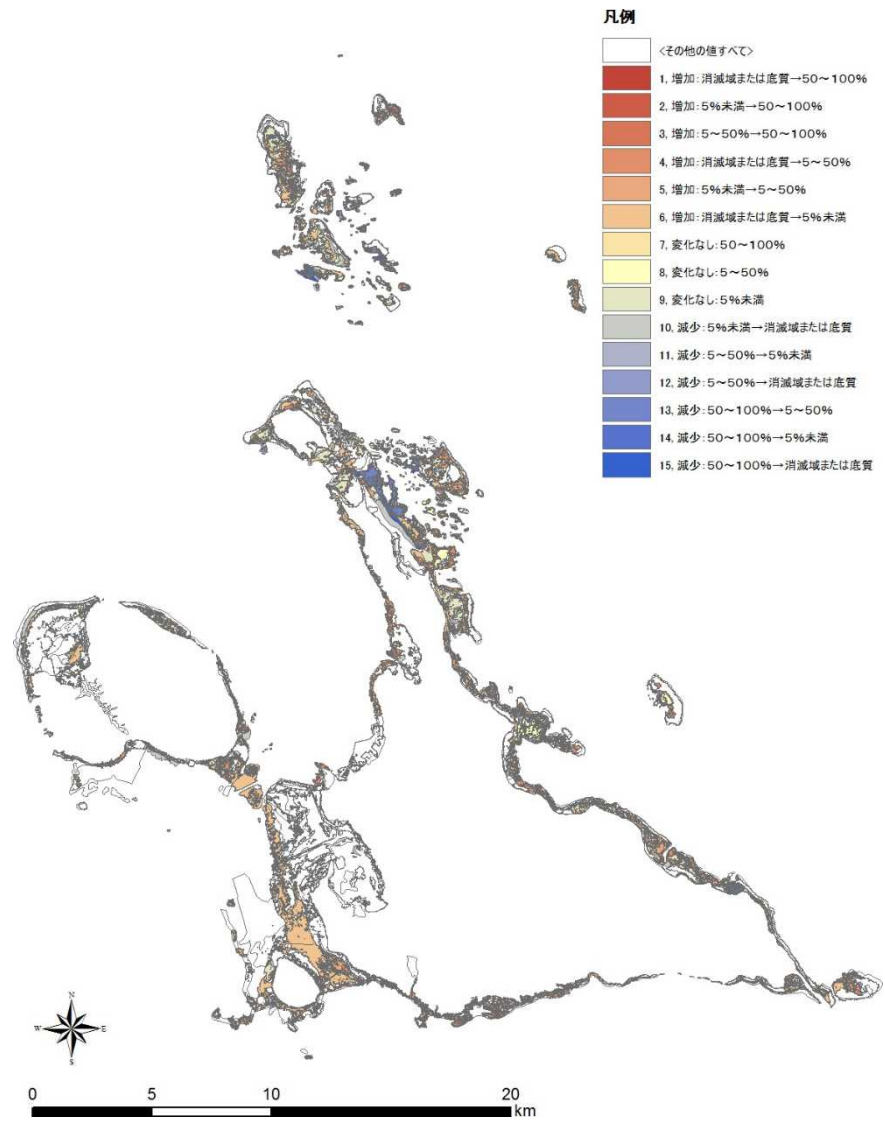


(c) 平成30年度調査

図 6.3-5 サンゴ礁分布図(宮古島・伊良部島)



(d) 第4回基礎調査から平成30年度調査への変化



(b) 平成20年度調査から平成30年度調査への変化

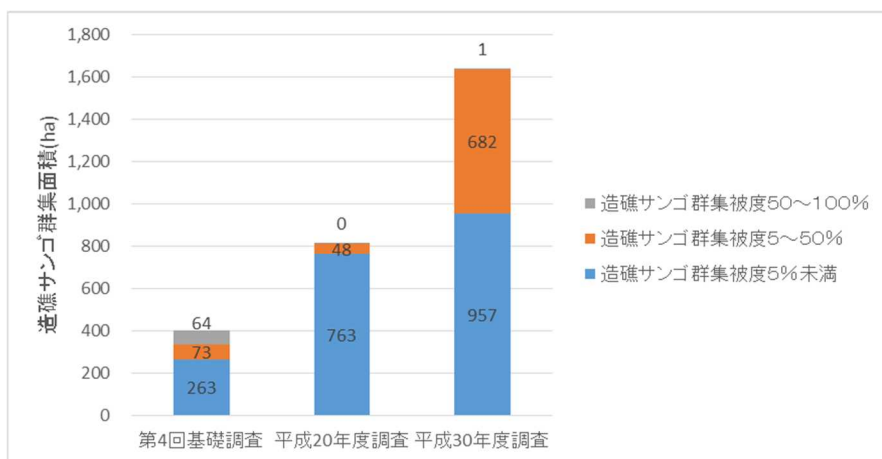
図 6.3-6 サンゴ被度の変化抽出図 (宮古島・伊良部島)

### 3) 久米島

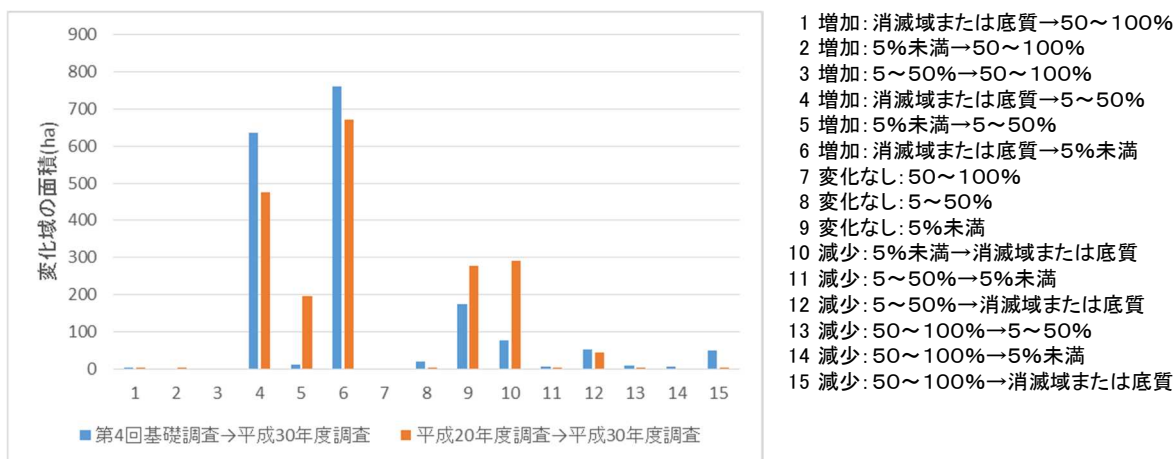
各調査におけるサンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積を図 6.3-7、サンゴ礁分布図を図 6.3-8、変化抽出図を図 6.3-9 に示す。

サンゴ群集全体の面積（図 6.3-7 (a)）は平成 20 年度調査では第 4 回基礎調査の約 2 倍、平成 30 年度調査では平成 20 年度調査の約 2 倍と増加傾向を示した。変化域面積の内訳（図 6.3-7 (b)）は、多良間島、宮古島と同様に「4 増加：消滅域または底質→5～50%」、「6 増加：消滅域または底質→5%未満」が大きな割合を占めたが、「9 変化なし：5%未満」と「10 減少：5%未満→消滅域または底質」の面積が大きい点異なる。

各調査のサンゴ礁分布図（図 6.3-8）と変化抽出図（図 6.3-8）を確認すると、上記の「9 変化なし：5%未満」の領域はハテノ浜周辺の領域であることがわかる。また、オーハ島の南側では、平成 20 年度調査で被度 5%未満のサンゴの面積が増加し、平成 30 年度調査では同領域の被度が 5～50%に増加していることがわかる。第 4 回基礎調査から平成 20 年度調査への面積の増加については、平成 20 年度調査から衛星画像が使用されたため、画像解析により把握可能な領域が拡大したことも考えられる。一方、奥武島の北西側と、奥武島とオーハ島の間の領域では、サンゴ被度の減少が顕著であった。

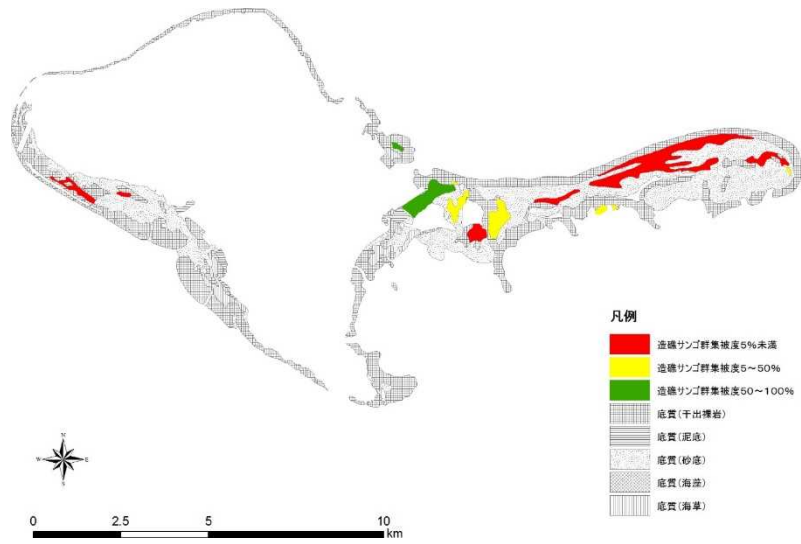


(a) サンゴ群集の被度区別の面積(ha)

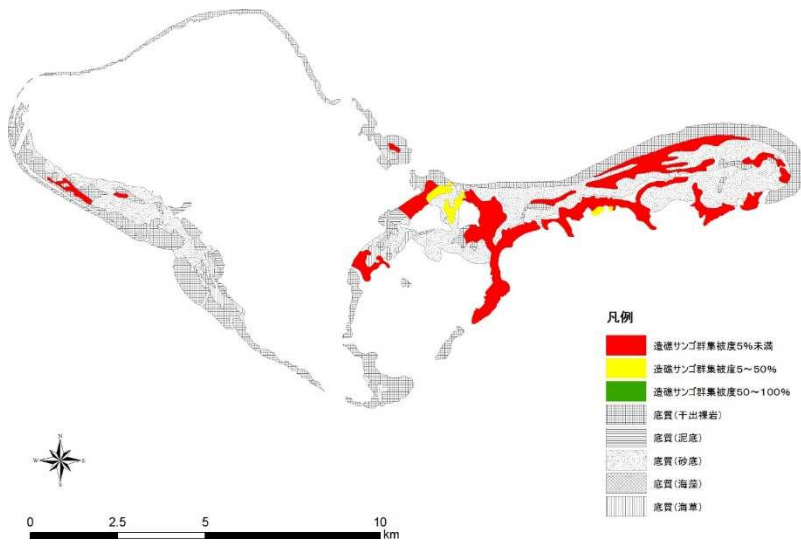


(b) サンゴ群集の変化域の面積(ha)

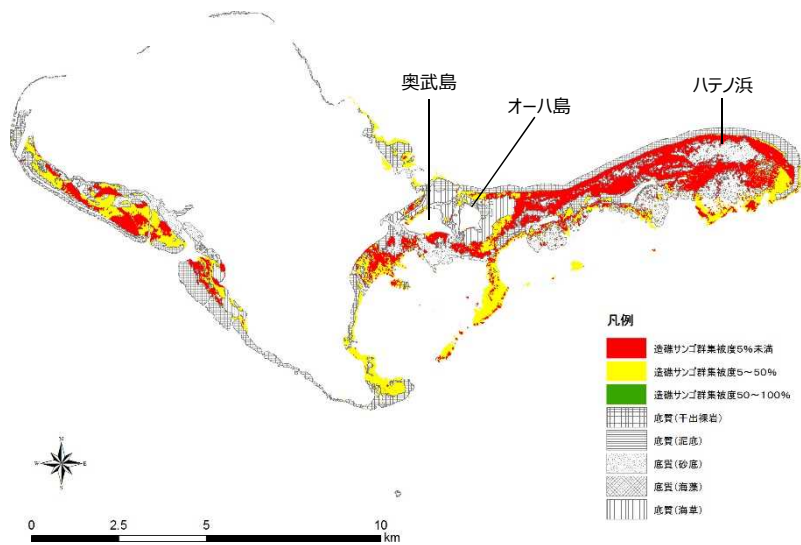
図 6.3-7 サンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積（久米島）



(a) 第4回基礎調査

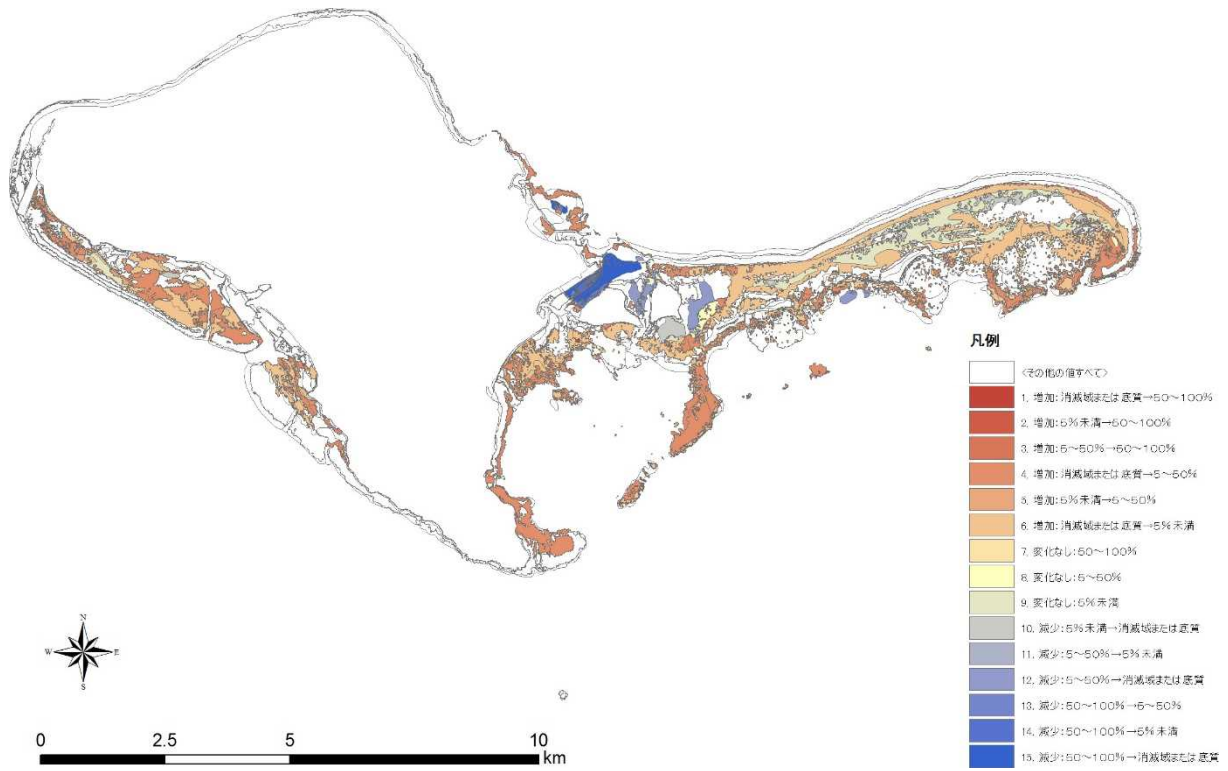


(b) 平成20年度調査

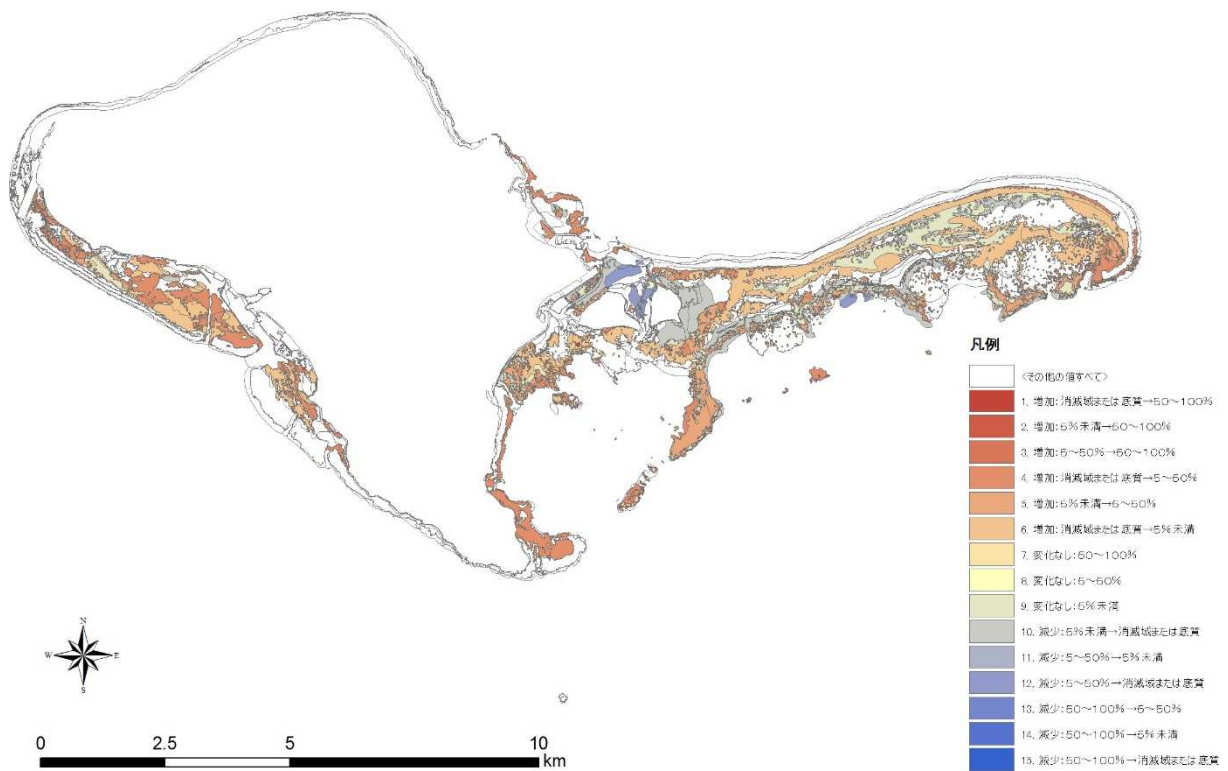


(c) 平成30年度調査

図 6.3-8 サンゴ礁分布図 (久米島)



(a) 第4回基礎調査から平成30年度調査への変化



(b) 平成20年度調査から平成30年度調査への変化

図 6.3-9 サンゴ被度の変化抽出図 (久米島)

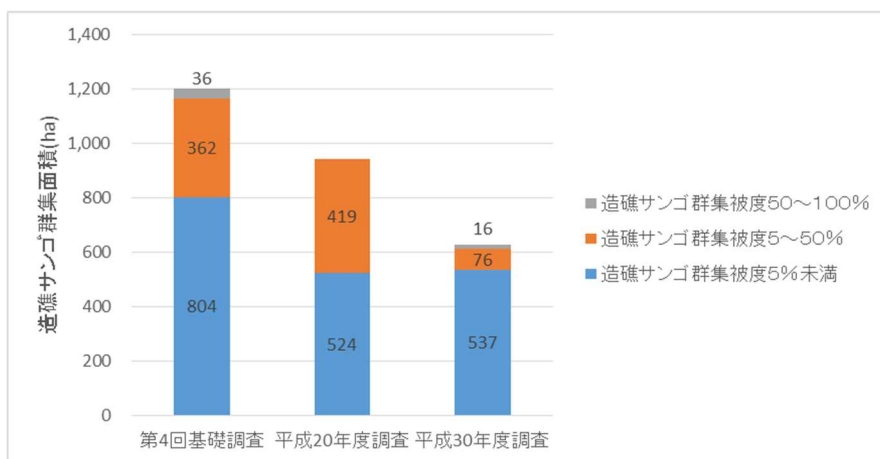
#### 4) 与論島

各調査におけるサンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積を図 6.3-10、サンゴ礁分布図を図 6.3-11、変化抽出図を図 6.3-12 に示す。

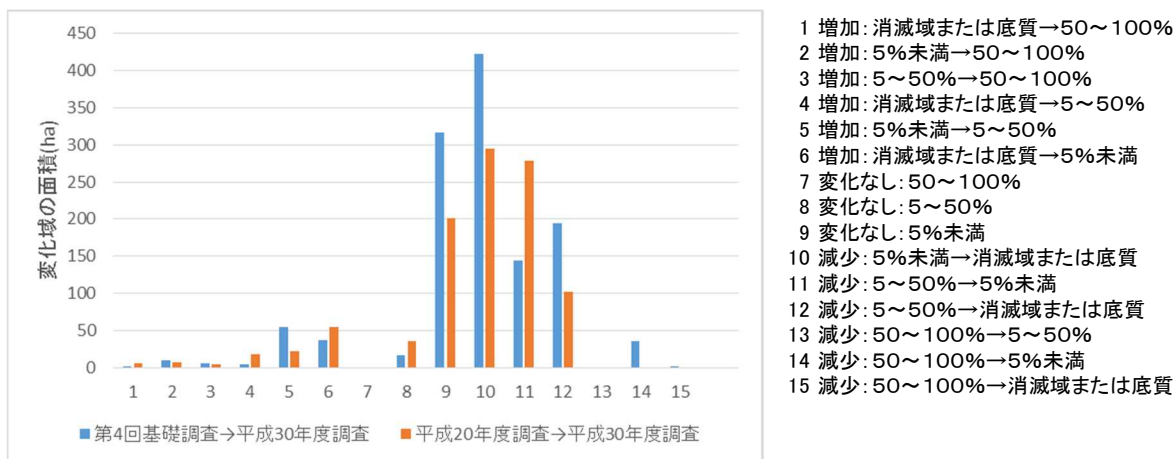
サンゴ群集全体の面積（図 6.3-10(a)）は年代の変化に伴って数百 ha ずつ減少しており、平成 30 年度調査では第 4 回基礎調査の約半分の面積に減少した。平成 20 年度調査との比較では、被度 5～50%の面積の減少が顕著である。

変化域の面積（図 6.3-10(b)）については、第 4 回基礎調査及び平成 20 年度調査と比較して、「9 変化なし：5%未満」の面積が大きい一方で、サンゴ被度の減少域が大きく、その内訳は主に「10\_減少：5%未満→消滅域または底質」、「11 減少：5～50%→5%未満」、「12 減少：5～50%→消滅域または底質」であった。

第 4 回基礎調査から平成 30 年度調査への変化（図 6.3-12(a)）については、茶花航路周辺でサンゴ被度が増加した一方で、北側の被度 50～100%の領域が消滅した。また、南東部のサンゴ被度が全体的に減少した。平成 20 年度調査から平成 30 年度調査への変化（図 6.3-12(b)）については、茶花航路周辺域でのサンゴ被度の増加領域は限定的であり、茶花航路周辺を除く礁池内は全体的にサンゴ被度が減少した。

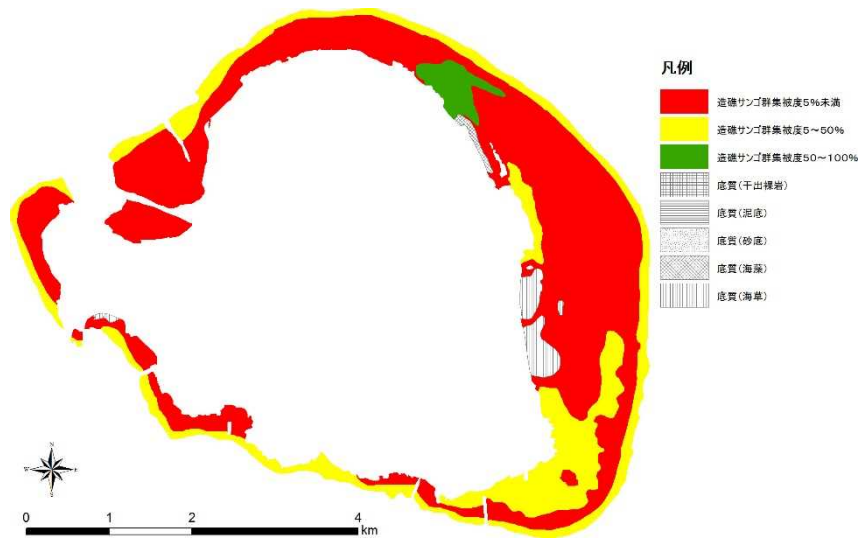


(a) サンゴ群集の被度区別の面積(ha)

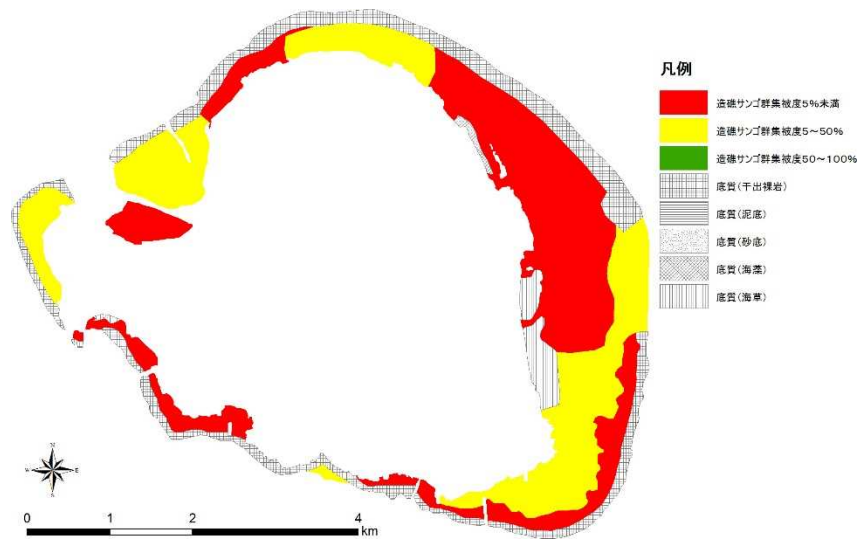


(b) サンゴ群集の変化域の面積(ha)

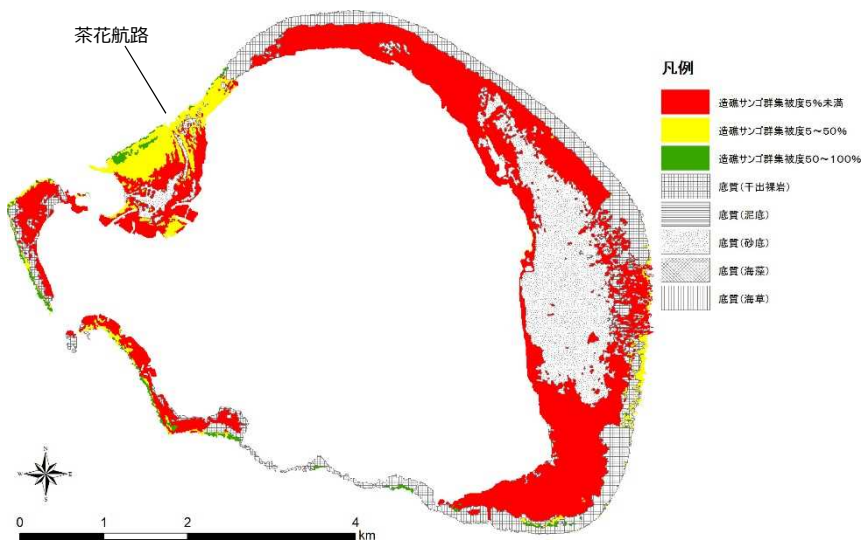
図 6.3-10 サンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積（与論島）



(a) 第4回基礎調査



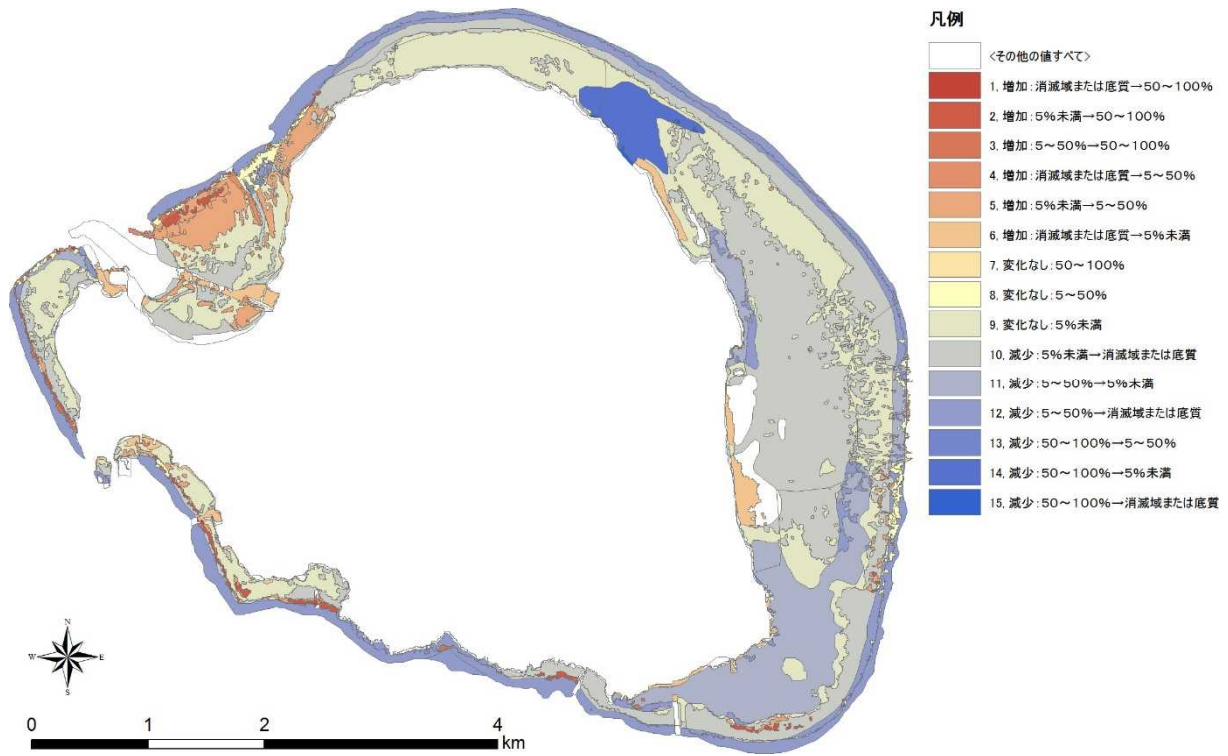
(b) 平成20年度調査



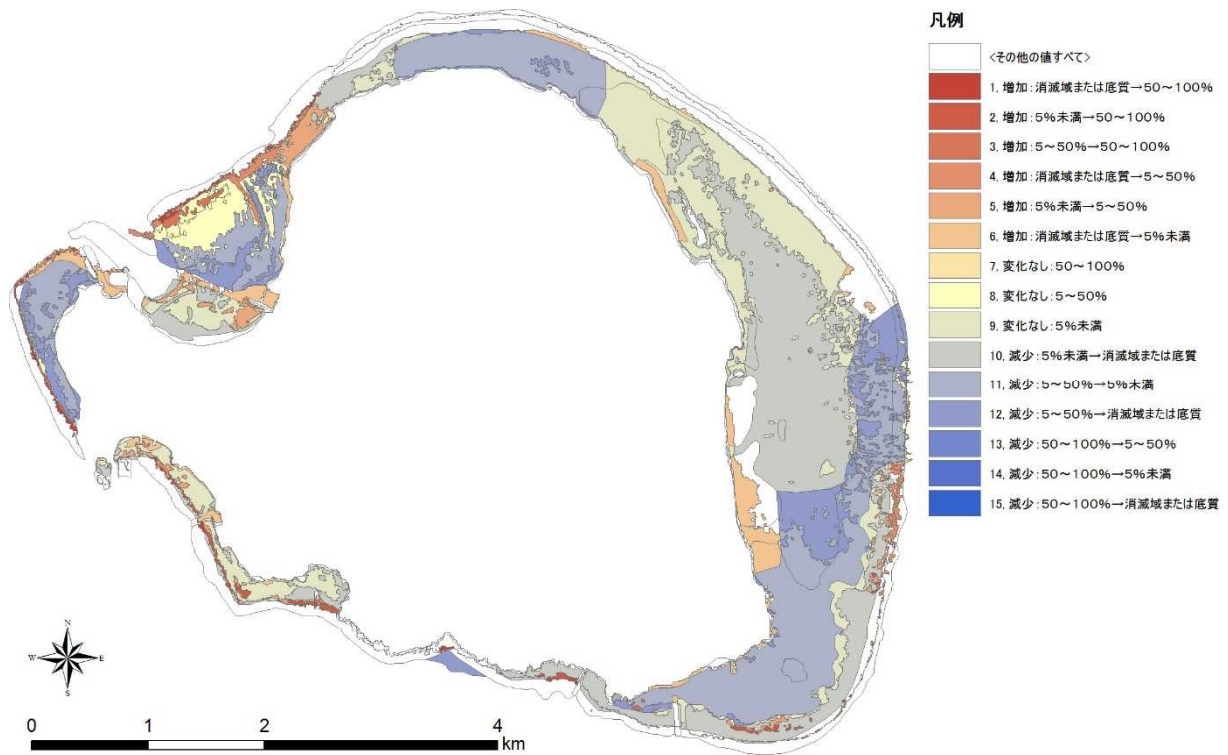
(c) 平成30年度調査

図 6.3-11 サンゴ礁分布図(与論島)





(a) 第4回基礎調査から平成30年度調査への変化



(b) 平成20年度調査から平成30年度調査への変化

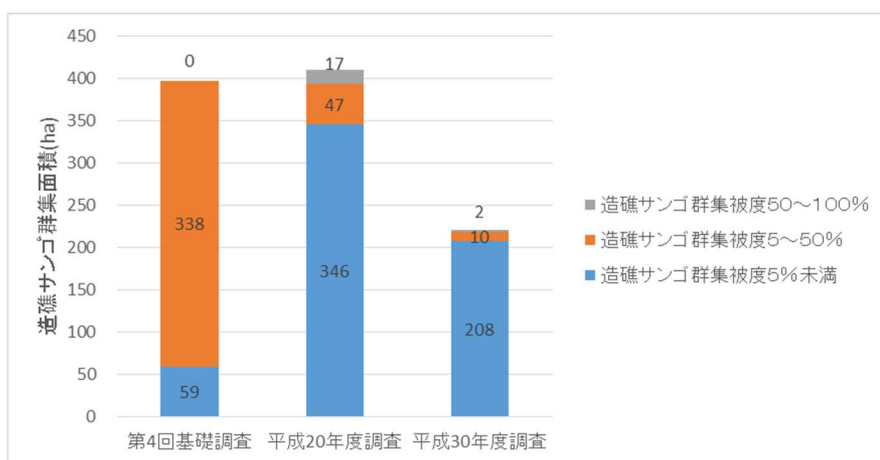
図 6.3-12 サンゴ被度の変化抽出図（与論島）

## 5) 沖永良部島

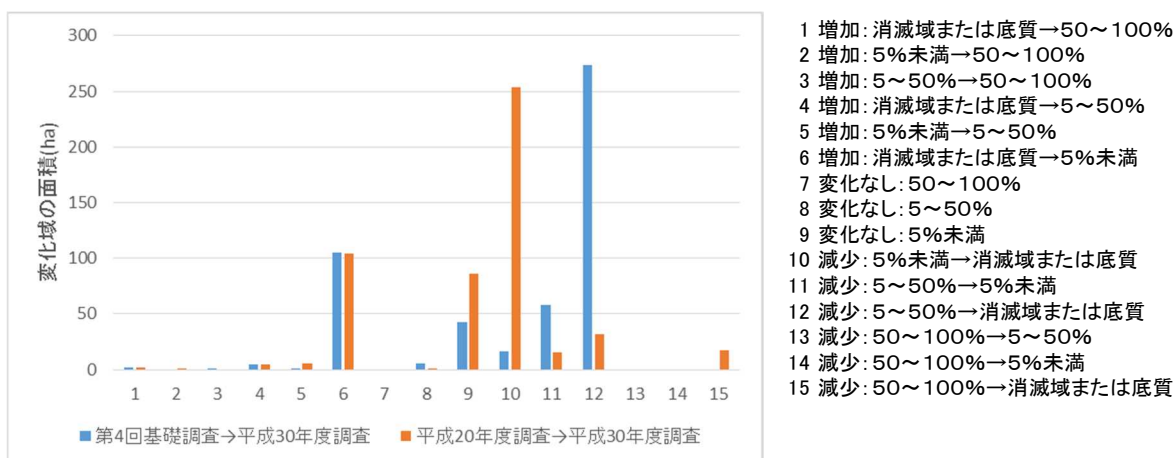
各調査におけるサンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積を図 6.3-13、サンゴ礁分布図を図 6.3-14、変化抽出図を図 6.3-15 に示す。

サンゴ群集全体の面積（図 6.3-13 (a)）は過年度調査に比べ、平成 30 年度調査では約 1/2 に減少した。変化域面積の内訳（図 6.3-13 (b)）は、第 4 回基礎調査からの変化では「10 減少：5%未満→消滅域または底質」、平成 20 年度調査からの変化では「12 減少：5～50%→消滅域または底質」の面積が最も大きい値を示した。一方、「6 増加：消滅域または底質→5%未満」の面積は、第 4 回基礎調査と平成 20 年度調査ではほぼ同じであった。

各調査のサンゴ礁分布図（図 6.3-14）と変化抽出図（図 6.3-15）を確認すると、第 4 回基礎調査からは全体的にサンゴの被度が減少しており、平成 20 年度調査からは北東部のサンゴ被度 50～100% の領域の被度の減少が顕著である。

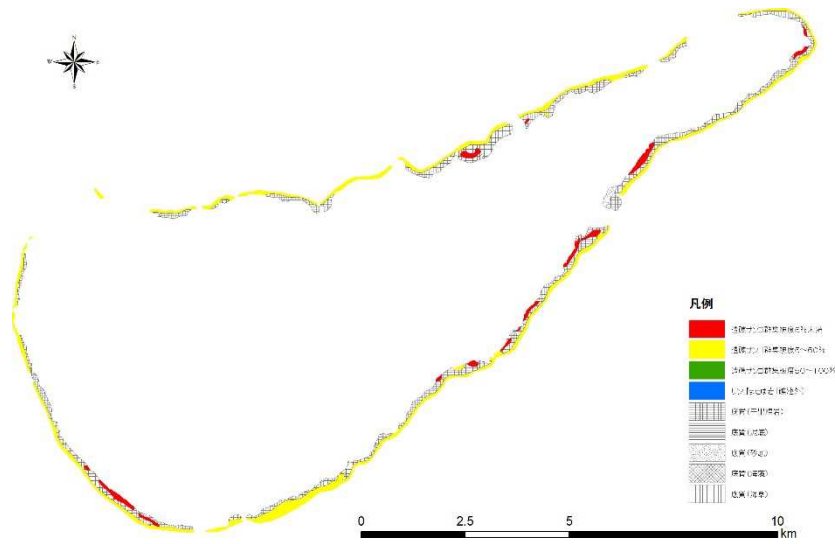


(a) サンゴ群集の被度区別の面積(ha)

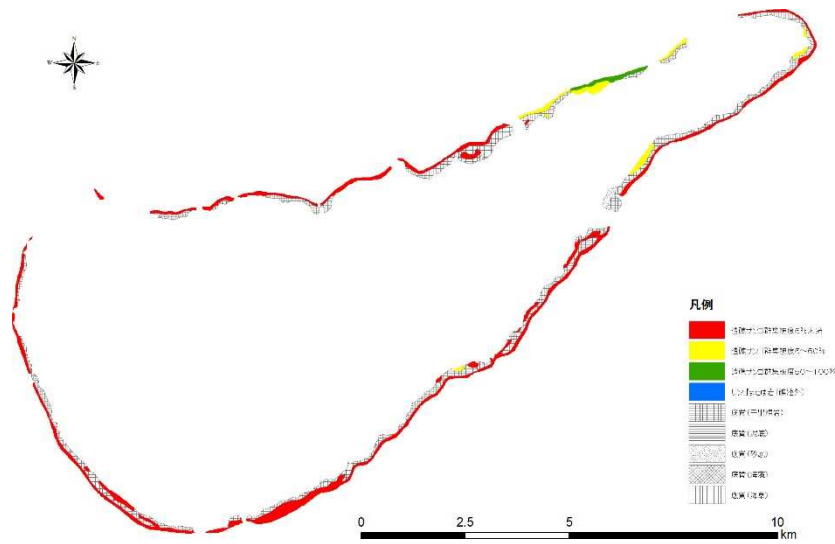


(b) サンゴ群集の変化域の面積(ha)

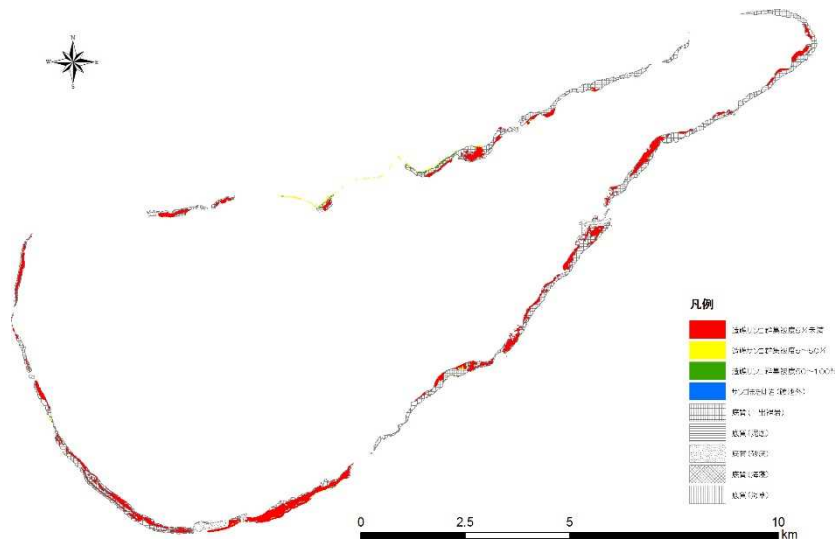
図 6.3-13 サンゴ群集の被度区別の面積と変化域の面積（沖永良部島）



(a) 第4回基礎調査

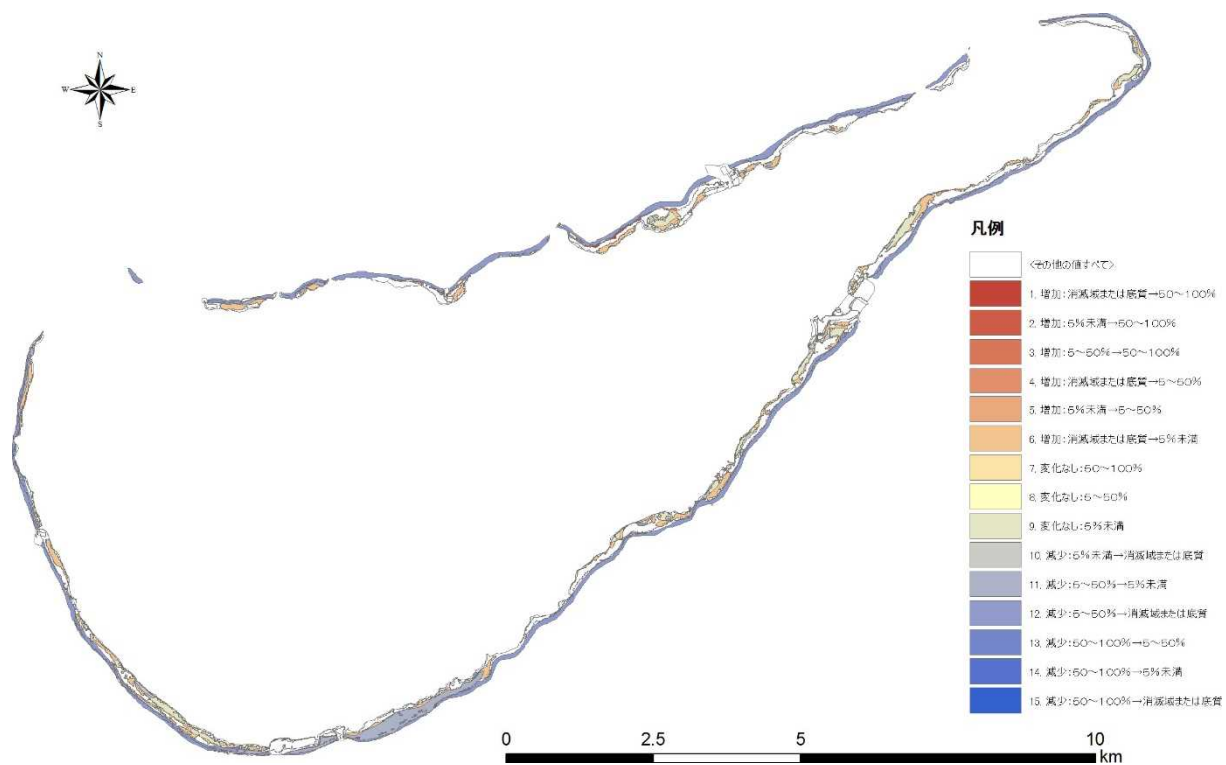


(b) 平成20年度調査

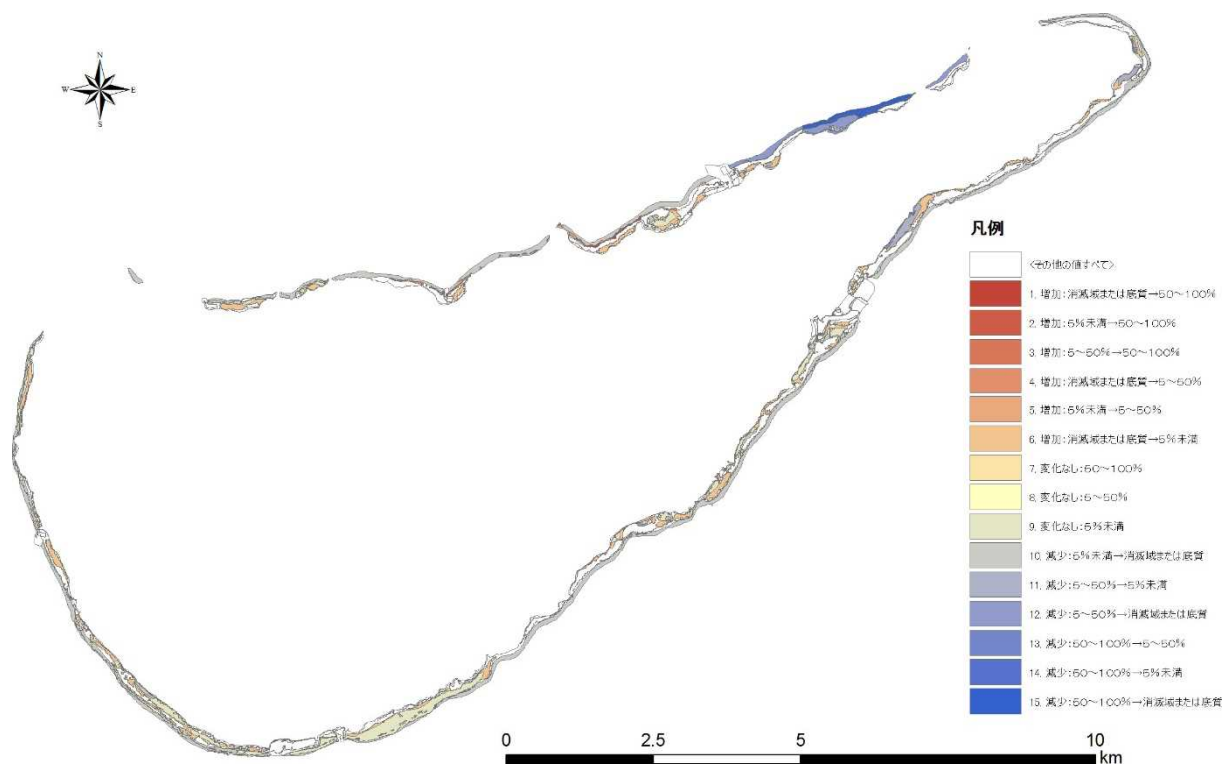


(c) 平成30年度調査

図 6.3-14 サンゴ礁分布図(沖永良部島)



(a) 第4回基礎調査から平成30年度調査への変化



(b) 平成20年度調査から平成30年度調査への変化

図 6.3-15 サンゴ被度の変化抽出図 (沖永良部島)

## 6.4 地形と関連づけたサンゴ分布状況の分析

浅海域の海底地形は潮流や漂砂に影響をおよぼし、サンゴの生息環境を規定する重要な要素である。しかし、移植サンゴの生残率と地形条件との関連を指摘する報告等は存在するものの、サンゴの面的な分布状況を地形と関連づけて分析した事例は乏しいのが現状である。2017年4月に開催されたサンゴ大規模白化緊急対策会議の宣言でも、緊急性の高い取り組みの一つとして、「地理・地形特性を考慮したサンゴ礁生態系の多様性に注目したモニタリング」が挙げられている。

一方、我が国の沿岸域において整備されている海底地形データ（M7000）は測線間隔が粗く、サンゴ礁の微地形が反映されていない。そこで、本業務で取得した解像度の高い衛星画像を解析することで水深情報を取得し、サンゴ礁分布図および過年度データとの変化抽出図と比較することで、サンゴの分布変化と地形要素との関連を分析した。

図 6.4-1～図 6.4-5 に衛星画像から作成した海底地形図（カラー段彩陰影図）を示す。海底地形図は衛星画像から得られる水深情報を基に作成されているが、礁池内の極浅海域ではサンゴや海藻の輝度値が低いことが水深推定に影響しており、水深が深く見積もられている点に注意する必要がある。海底被覆物の影響が比較的少なく、海底地形の状況が把握しやすい場所として久米島を選定して海底地形図との比較を行った。図 6.4-6 に底質指標画像、衛星画像から作成した海底地形図、平成30年度調査のサンゴ礁分布図、平成20年度調査と平成30年度調査の変化抽出図を示す。図中に白線で囲んだオーハ島の南側はサンゴにより形成された礁嶺部であり、ハテノ浜周辺よりもサンゴ被度が高い傾向を示している。周囲の砂地よりある程度の比高差をもった礁嶺部の高まりはサンゴの被度が相対的に高いことが読み取れる。また、イーフビーチ東側の礁池内には塊状のサンゴが分布していることが海底地形図からも把握できる。

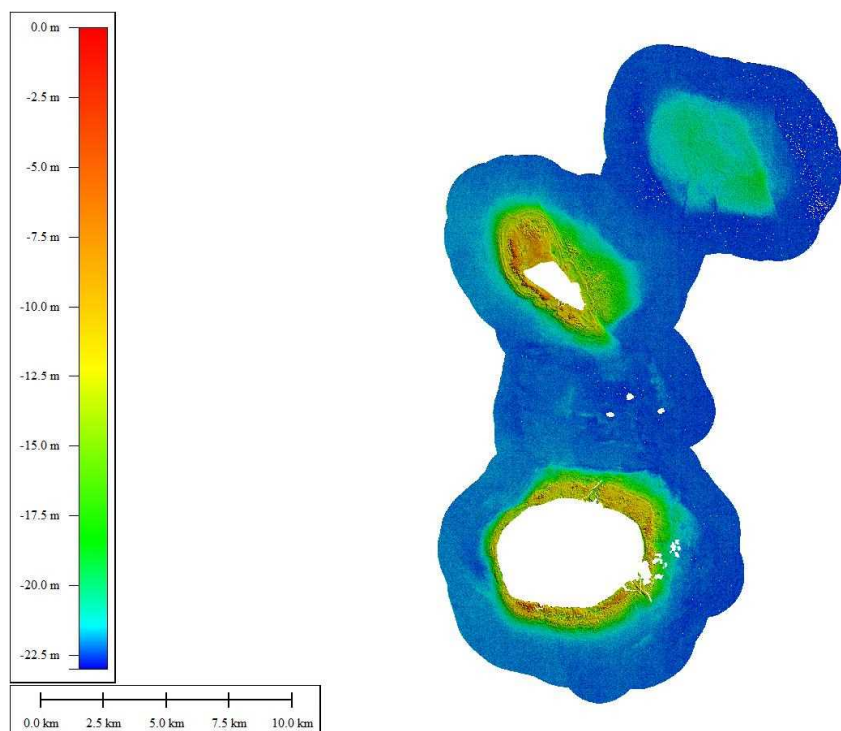


図 6.4-1 衛星画像から作成した海底地形図（カラー段彩陰影図、多良間島）

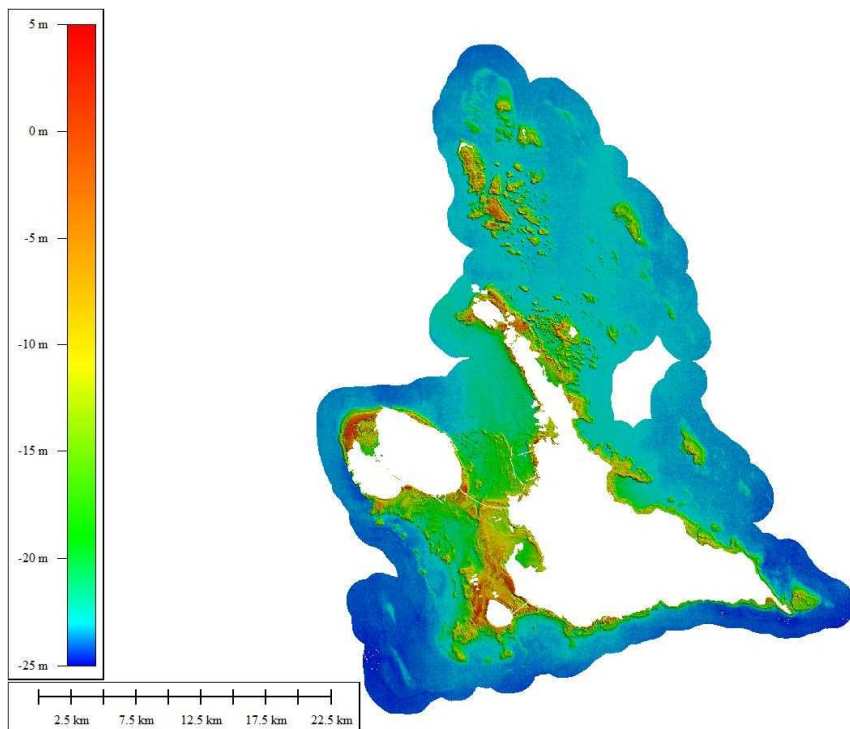


図 6.4-2 衛星画像から作成した海底地形図（カラー段彩陰影図、宮古島・伊良部島）

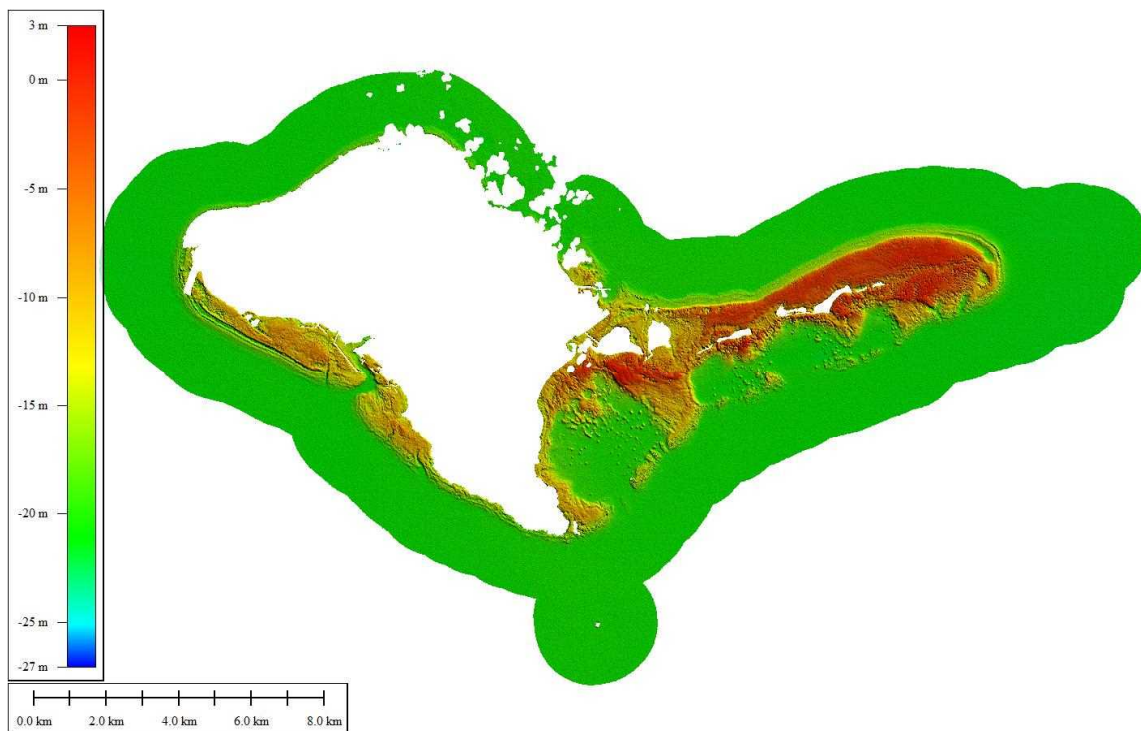


図 6.4-3 衛星画像から作成した海底地形図（カラー段彩陰影図、久米島）

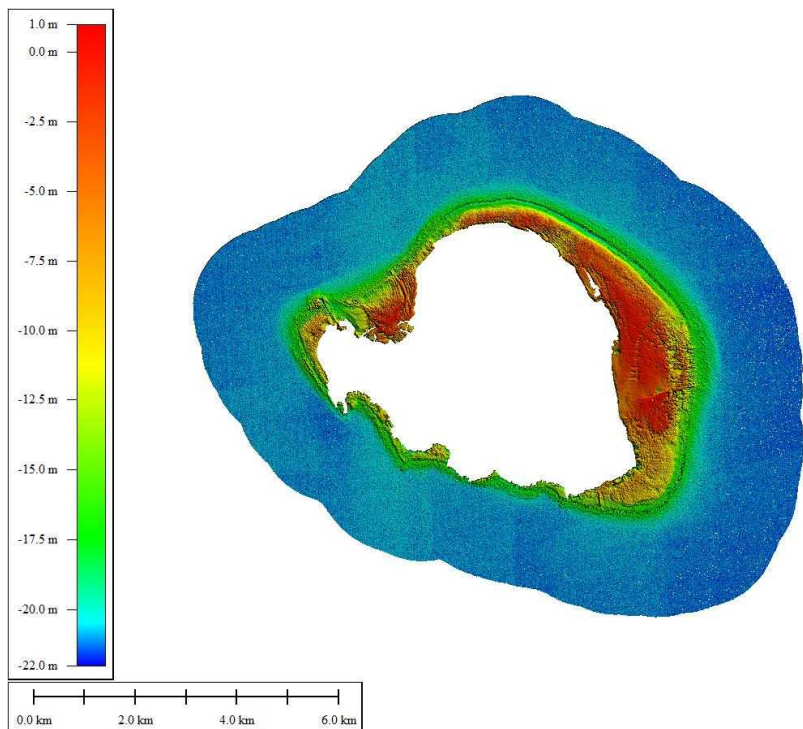


図 6.4-4 衛星画像から作成した海底地形図（カラー段彩陰影図、沖縄永良部島）

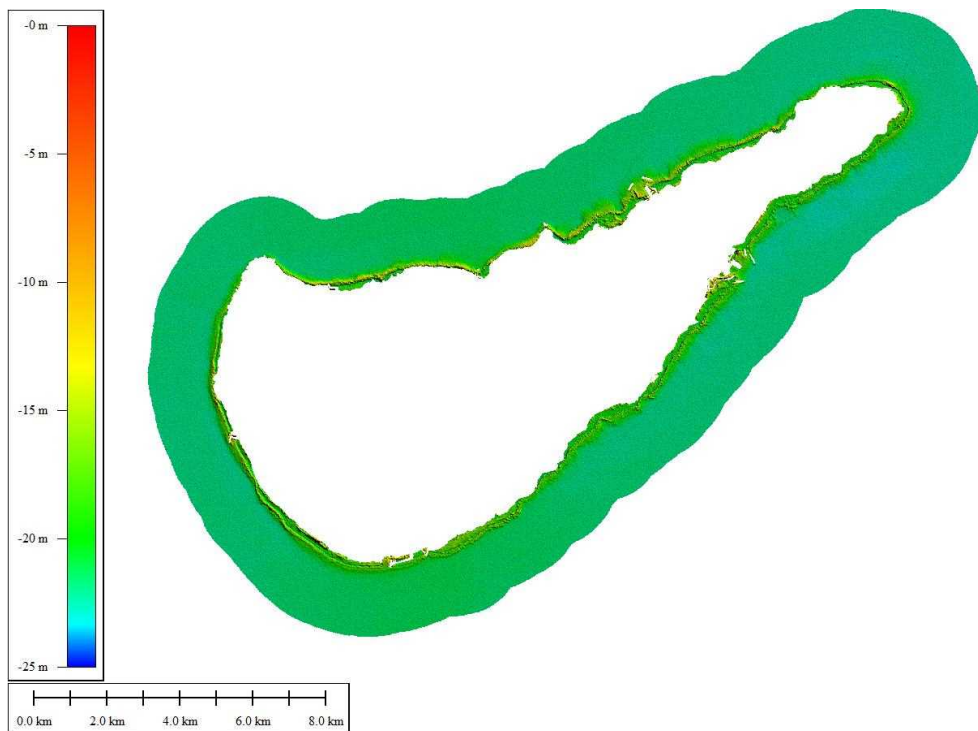


図 6.4-5 衛星画像から作成した海底地形図（カラー段彩陰影図、沖縄永良部島）

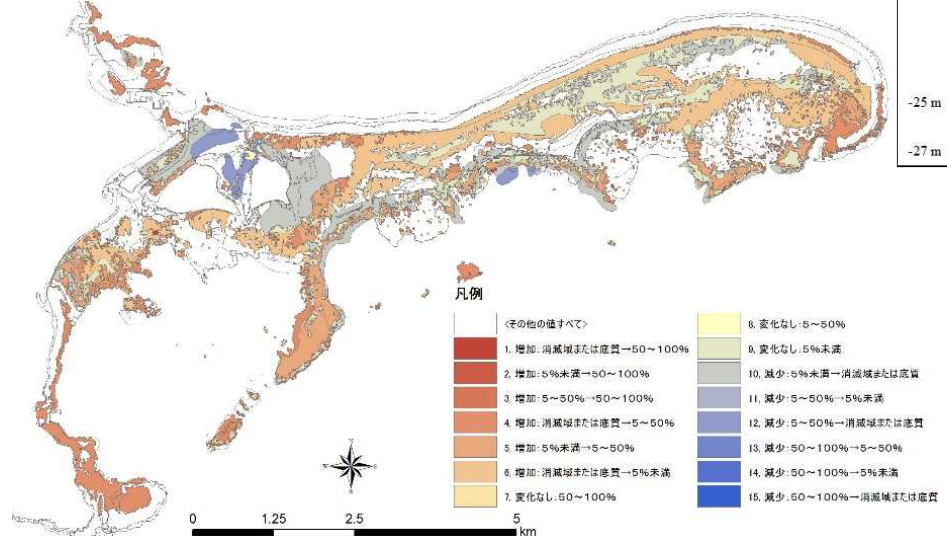
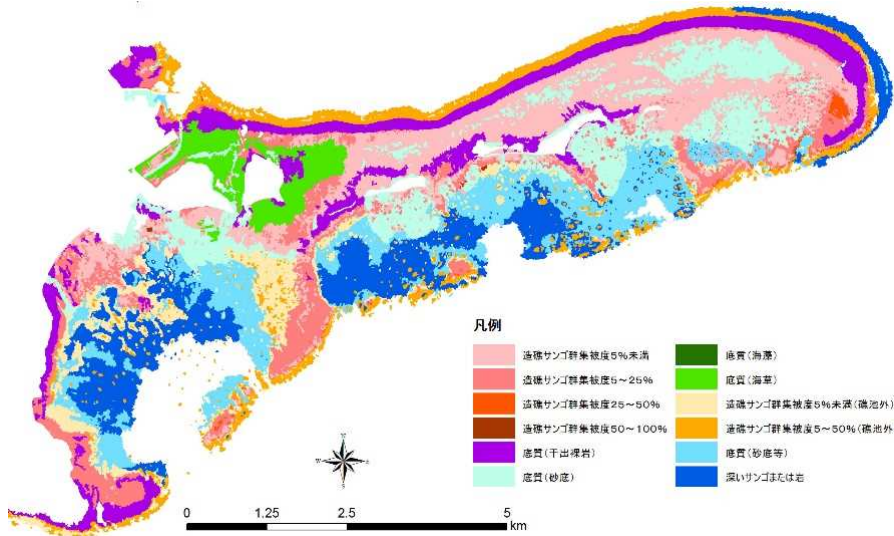
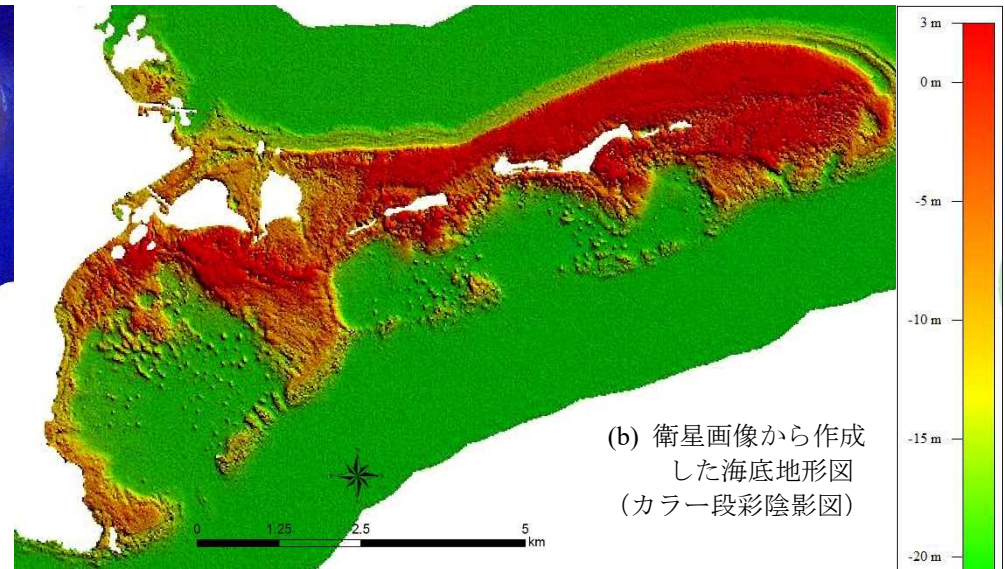
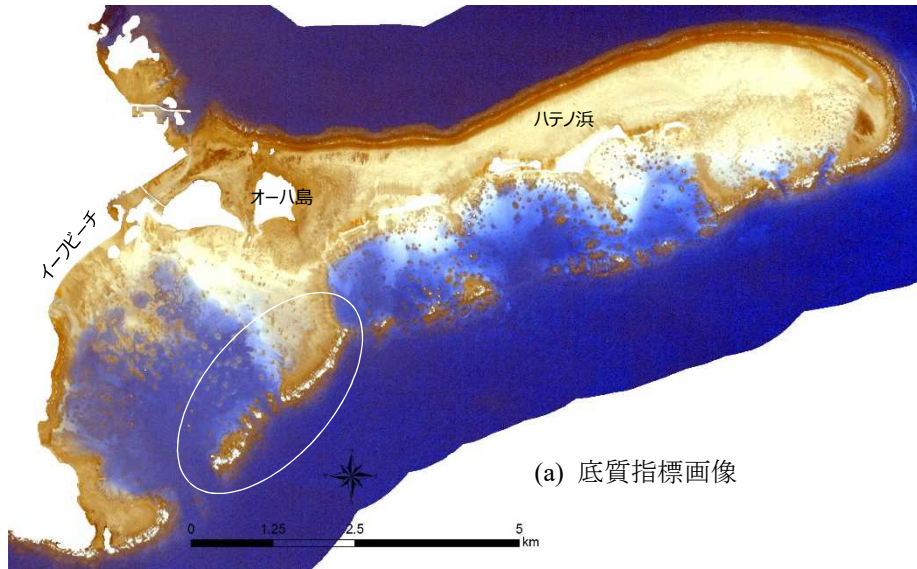


図 6.4-6 海底地形とサンゴ礁分布の比較 (久米島)



## 7. 今後の課題

### 7.1 衛星画像等による現況把握

本業務では、2016年に発生したサンゴの白化後の衛星画像を使用するため、観測頻度が高く高解像度のSPOT-6/7衛星の画像を調達した。そのため、同一スペックの画像を使用した解析が可能となり、統一した手法で異なる地域の分布図を作成することができた。一方で、1.5m解像度では、サンゴと海草のテクスチャの違いなどを判別できない場合があり、他業務で調達された0.5m解像度の衛星画像を補足的に使用することとなった。画像解析を行う場合は、パンシャープン化していないマルチスペクトル画像（SPOT-6/7では6m解像度）が向いているものの、正確な分布情報を得るために詳しく判読を行う場合は0.5m程度の解像度が必要であることから、必要に応じて追加調達することも予め見込むことが適当と考えられる。

### 7.2 現地調査による確認・補完

本業務では、衛星画像分類時の参考情報として、ならびに、衛星画像からサンゴ被度を定量化するための教師データとして使用するため、スポットチェック法よりも狭い調査範囲（約20m四方）を設定して底質区分が均一な場所のシートウールズデータを取得した。しかし、船上での位置計測では精密な位置情報を得ることが難しいことや、サンゴ礁内の底質分布が多様であり20m四方の範囲で均一な底質区分の領域を取得することが困難であることが課題となった。そのため、サンゴ被度を定量化し、検証するための十分なデータを全ての地域で得ることはできなかった。今後、現地での位置特定のさらなる工夫が求められる。

### 7.3 サンゴ礁生態系の現況把握

専門家ヒアリング等によると、2013年夏季に発生した高水温によって南西諸島のサンゴ礁は白化・斃死等の大きな影響を受け、その後のサンゴ礁の分布は低い水準で推移している。本調査においてもサンゴ礁の被度は各海域で低く、2013年の衰退から未だ回復していないと考えられた。今後、サンゴ礁の変遷状況を把握するためには、白化率や食害生物の分布状況のみではなく、サンゴの新規加入群体の出現状況を確認する必要がある。本調査では、久米島を除く海域において、サンゴの新規加入群体が多く確認されており、今後の回復が示唆された。一方、本調査では局所的なサンゴ高被度分布域が確認されている。これらの海域については、高被度のサンゴ礁が残存する要因を把握するため、水温、光量、流況などの物理環境に関する詳細な調査が必要と考えられる。

### 7.4 分布図の作成

本業務では、底質指標画像を使用してサンゴの被度区分を細分化する検討を行ったが、底質指標画像から推定したサンゴ被度は、サンゴと海藻が混在している場所が全てサンゴと見なされ、サンゴ被度が過大評価される傾向が認められた。そのため、特に重要なサンゴ被度5%未満の区分については、目視判読の結果を採用した。専門家ヒアリングにおいて、サンゴの被度5~50%を細分化することは原理的に困難との指摘もあったが、衛星のセンサ性能や処理技術の向上も期待できることから、今後も検討を継続していくことが求められる。一方、礁池外の深い水深帯については、分布の把握が重要であるにも関わらず、これまで面的な分布は得られていなかったため、本業務で採用した手法を用いることで、今後同様の分布を整備でき、変化を把握することが可能となると考えられる。

## 【参考文献】

- 1) J. Hedley, A. Harborne, P. Mumby: Simple and Robust Removal of Sun Glint for Mapping Shallow-Water Benthos. *Int. J. Remote Sensing*, 26, pp.2107-2112, 2005.
- 2) D. R. Lyzenga: Passive remote sensing techniques for mapping water depth and bottom features. *Applied Optics*, 17, pp.379-383, 1978.
- 3) D. R. Lyzenga: Remote sensing of bottom reflectance and water attenuation parameters in shallow water using aircraft and Landsat data. *Int. J. Remote Sensing*, 2(1), pp.71-82, 1981.
- 4) T. Matsunaga, A. Hoyano and Y. Mizukami: Monitoring of coral reefs on Ishigaki Island in Japan using multitemporal remote sensing data, *SPIE*, 4154, pp.212-222, 2000.

