

平成 21 年度 サンゴ礁資源情報整備事業

サンゴ礁資源調査事業

「沖縄島周辺」

報告書

平成 22 年 3 月

沖縄県文化環境部自然保護課

第1章 事業概要	1
第1節 事業の背景および目的	1
第2節 事業期間	3
第3節 事業内容	3
第2章 沖縄島周辺におけるサンゴ礁の現況と変遷	4
第1節 サンゴ礁の現況調査	4
1. 現況調査の方法	4
1-1. 現況調査の調査範囲	6
1-1-1. 礁斜面の調査範囲	6
1-1-2. 礁池の調査範囲	8
1-2. 現況調査の調査方法	11
1-2-1. マンタ法	11
1-2-2. スポットチェック法	13
1-3. 現況調査の実施時期	15
2. 現況調査の結果	16
2-1. サンゴ群集に関する調査結果	16
2-1-1. サンゴ群集	16
2-1-2. 白化現象	29
2-1-3. 病気	29
2-2. その他の生物調査結果	30
2-2-1. 食害生物	30
2-2-2. その他の生物	38
2-3. かく乱要因調査結果	48
2-3-1. 赤土等堆積概況	48
2-3-2. 底質	48
2-3-3. 濁り	50
2-3-4. その他かく乱要因	50
2-4. 現況調査の結果まとめ	52
第2節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集及びそのかく乱要因の変遷	58
1. サンゴ群集の変遷	58
1-1. 広域概況調査（マンタ法調査；1990年）	59
1-2. 簡易遊泳観察調査（1972年～2001年）	61
1-3. スポットチェック法調査（2004年～2008年）	63
1-4. 沖縄島周辺のサンゴ群集の変遷	68

2. かく乱要因とその変遷	69
2-1. オニヒトデの大量発生	70
2-1-1. サンゴ群集への影響と問題点.....	70
2-1-2. 沖縄島周辺における調査や対策.....	70
2-1-3. 沖縄島周辺におけるオニヒトデの大量発生 のサンゴ群集への影響	73
2-2. サンゴの白化現象.....	75
2-2-1. 白化現象とは.....	75
2-2-2. 沖縄島周辺における白化現象の記録.....	76
2-2-3. 沖縄島周辺における白化現象のサンゴ群集への影響	80
2-3. 赤土等の土壌流出.....	82
2-3-1. 赤土等の土壌流出とその歴史.....	82
2-3-2. 海域の赤土等の堆積状況.....	87
2-3-3. 赤土等の流れやすい流域.....	89
2-3-4. 海域の赤土等の堆積状況と赤土等の流れやすい流域の比較	98
2-3-5. 沖縄島周辺における赤土等の土壌流出のサンゴ群集への影響	101
2-4. 水質.....	103
2-4-1. サンゴ群集への影響	103
2-4-2. これまで行われてきた調査	103
2-4-3. 沖縄島周辺における水質の悪化とサンゴ群集への影響	115
2-5. 埋め立てや浚渫によるサンゴ礁の消失.....	116
2-5-1. サンゴ群集への影響と問題点.....	116
2-5-2. 沖縄島周辺における埋め立て及び浚渫の状況.....	116
2-5-3. 沖縄島周辺における埋め立て及び浚渫の影響.....	119
2-6. その他のかく乱	120
第3節 沖縄島周辺におけるサンゴ礁の保全に関する情報.....	121
1. 海域の保全に関する区域の設定状況	121
1-1. 沖縄における海域の保全に関する区域.....	122
1-2. 沖縄島周辺における海域の保全に関する区域.....	123
1-3. サンゴ分布ポテンシャルマップ.....	128
1-4. 沖縄島周辺における海域の保全に関する区域の現状.....	133
2. サンゴ移植に関する情報.....	134
2-1. 移植の現状と課題.....	134
2-2. サンゴ移植と今後の再生方策の検討	138
3. 観光に関する情報.....	140
3-1. 沖縄島周辺における観光地	143

3-2. 観光まとめ.....	146
4. 漁業に関する情報.....	147
4-1. 沖縄島周辺における漁業利用の範囲	149
4-2. 漁業まとめ.....	150
第4節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因の分析	151
1. 陸域と海域の区分.....	151
1-1. 流域を考慮した陸域区分.....	151
1-2. サンゴ礁の地形を考慮した海域区分	154
1-3. 地域区分（陸域と海域の統合）	156
2. サンゴ群集の現況と変遷.....	159
2-1. 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の現況.....	159
2-2. 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷.....	163
2-2-1. 広域概況調査結果の変遷（マンタ法）	164
2-2-2. 簡易遊泳観察調査結果の変遷.....	166
3. サンゴ群集とかく乱要因との関係	170
第5節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の現状とかく乱要因	173
第3章 サンゴ礁保全・再生・活用計画(素案)の検討について	209
第1節 サンゴ礁保全・再生・活用方策の検討方法.....	209
1. 検討方針	209
2. 保全・再生・活用方策の検討方法	211
第2節 サンゴ礁保全・再生・活用方策における検討事項.....	213
1. 検討の手順.....	213
1-1. 現状.....	213
1-2. 課題.....	213
1-3. 対策.....	214
1-4. 取りまとめの方法.....	214
2. 検討すべき事項	216
2-1. サンゴ礁保全方策の検討.....	216
2-2. サンゴ礁再生方策の検討.....	218
2-3. サンゴ礁活用方策の検討.....	219
第3節 サンゴ礁保全・再生・活用計画（たたき台）目次案	221

第1章 事業概要

第1節 事業の背景および目的

<事業の背景>

サンゴ礁は、沖縄県の豊かな自然環境の基盤として生物多様性の保全、観光資源・漁業資源として重要な価値を有している。環境省による定量的評価の試みによれば、沖縄県のサンゴ礁生態系の経済的価値は、少なくとも年間、①観光・レクリエーションとして2,324億円、②漁業（商業用海産物）として105億円、③海岸防護機能として75.2～839億円と推定されており、サンゴ礁が有する多様な価値のごく一部でも高い価値があることが分かる。

しかし、世界のサンゴ礁はすでにサンゴ礁の20%が消滅し、10～20年後にはさらに15%が消滅するほど危機的な状況にあり、さらに20～40年後にはさらに20%が消滅する危険性があるといわれている。沖縄県下においても、1998年に起こった大規模な白化現象により広範囲のサンゴは大きな被害を受け、その他オニヒトデの大量発生、赤土等の土壌流出や栄養塩類といった様々な陸域からの負荷、沿岸域の開発、漁業や観光による過剰利用、病気など、様々な要因が複合的にサンゴ礁へ影響を与えていることが懸念されている。

サンゴ礁への様々な影響に対し、効果的に対策を実施していくには、サンゴ礁の置かれている状況を科学的に分析し、直面しているかく乱要因を理解することが必要である。サンゴ礁の現状は、例えば環境省によるモニタリングサイト1000事業により、点の情報は取得されているものの、沿岸域全域を網羅的に調べたのは、1990～1992年に環境庁（当時）が実施した第4回自然環境保全基礎調査のみであり、これ以降は部分的にしか更新されておらず、1998年の大規模な白化現象や2000年以降の各地のオニヒトデ大量発生など様々な攪乱による変化は十分に把握されているとはいえない状況にある。

各種かく乱要因に対して、オニヒトデ駆除や、赤土等の流出防止、汚濁負荷対策など個別の対策は実施されている。また、より積極的にサンゴ礁を回復させるためにサンゴ移植を行う活動も活発になっている。これらのサンゴ礁保全に対する対策を効果的に推進していくには、個別に取り組むだけでなく、大きな目標のもとに様々な活動を連携させていくことが必要であり、全体を束ねる計画作成が求められている。日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会では、2004年に沖縄で開催された第10回国際サンゴ礁シンポジウムにおいて採択された「危機にある世界のサンゴ礁の保全と再生に関する沖縄宣言」を受け、「サンゴ礁保全再生行動計画（アクションプラン）Ver.4（2007年9月）」を策定し、環境省でも日本のサンゴ礁生態系の保全の基本的方針並びに今後5年を目途に取り組むべき具体的な行動を示した「サンゴ礁生態系保全行動計画（2009年4月）」を策定している。これらの諸計画を受け、サンゴ礁が最も広く分布している沖縄県においてもサンゴ礁保全に関する総合的で、具体的な計画を策定することが求められている。

<事業の目的>

以上の背景のもと、本事業では沖縄県内の島々のすべての沿岸域において、サンゴ被度や優占群などサンゴ群集に関する調査、オニヒトデやレイシガイ類などの食害生物に関する調査、ソフトコーラルや海藻などサンゴと競争する生物や、サンゴ礁域に生息する魚類やウミガメ、ウミヘビなどの生息状況に関する調査、赤土等堆積概況や濁りなどサンゴのかく乱要因に関する調査など、サンゴ礁に関する総合的な調査を実施し、また、サンゴ群集や、オニヒトデ、白化現象、赤土等の流、水質の悪化、埋め立てなどサンゴ群集のかく乱要因に関して過去に行われた文献資料を調べサンゴ群集やそのかく乱要因に関する変遷を整理し、分析することで、サンゴ礁の現状およびそのかく乱要因を解明することを第一の目的としている。

さらに、保護区の設定、赤土等の流出対策、汚濁負荷対策、環境教育などサンゴを間接的に守る活動としてまとめられる「保全」、サンゴ移植やサンゴの増殖技術の開発などサンゴを直接増やすような活動としてまとめられる「再生」、観光や漁業などサンゴを利用する活動としてまとめられる「活用」のそれぞれについて、具体的に課題解決を図れる方策を検討し、サンゴ礁保全・再生・活用計画（素案）を作成することで、各主体が連携して共通の目標のもとに沖縄県における総合的なサンゴ礁保全を推進することも本事業の大きな目的としている。

上記目的を達成するため、本事業では平成 21 年度から平成 23 年度までの 3 年度を全体の事業期間として計画している。平成 21 年度は沖縄島周辺(沖縄島とその周辺に位置する離島（瀬底島、古宇利島、伊計島、宮城島、平安座島、浜比嘉島、津堅島、久高島など))を対象として、礁斜面を総延長 580km、礁池や離礁では計 221 地点において、サンゴ礁の現状およびそのかく乱要因に関する現地調査を実施し、また文献調査と合わせることで、沖縄島周辺におけるサンゴ群集の現状およびかく乱要因を分析することを目的とした。サンゴ礁保全・再生・活用計画（素案）については、沖縄島周辺の調査結果を整理しサンゴ礁地図を作成するとともに、その情報をもとにしながら、サンゴ礁保全・再生・活用計画（素案）の検討方法及び検討事項を整理し、計画の内容を検討することで、最終年度に総合的かつ具体的な計画となることを目的とした。

第2節 事業期間

平成21年8月13日～平成22年3月31日

第3節 事業内容

平成21年度の事業内容のフローを図1-3-1に示す。本年度のサンゴ礁資源調査事業は沖縄島周辺（沖縄島および周辺離島）を対象とし、まず既存情報の収集整理を実施し、サンゴ礁の現況調査を行った。既存文献と現況調査からサンゴ礁の現状およびかく乱要因をとりまとめ、サンゴ群集とかく乱要因の分析を行った。また、保全に関する情報をとりまとめ、サンゴ礁保全・再生・活用計画（素案）の作成に向け、サンゴ礁保全方策を検討した。なお、専門家からなる検討委員会を2回開催し、一連の事業の調査方法や方向性について、意見を取り込みながら事業を展開した。

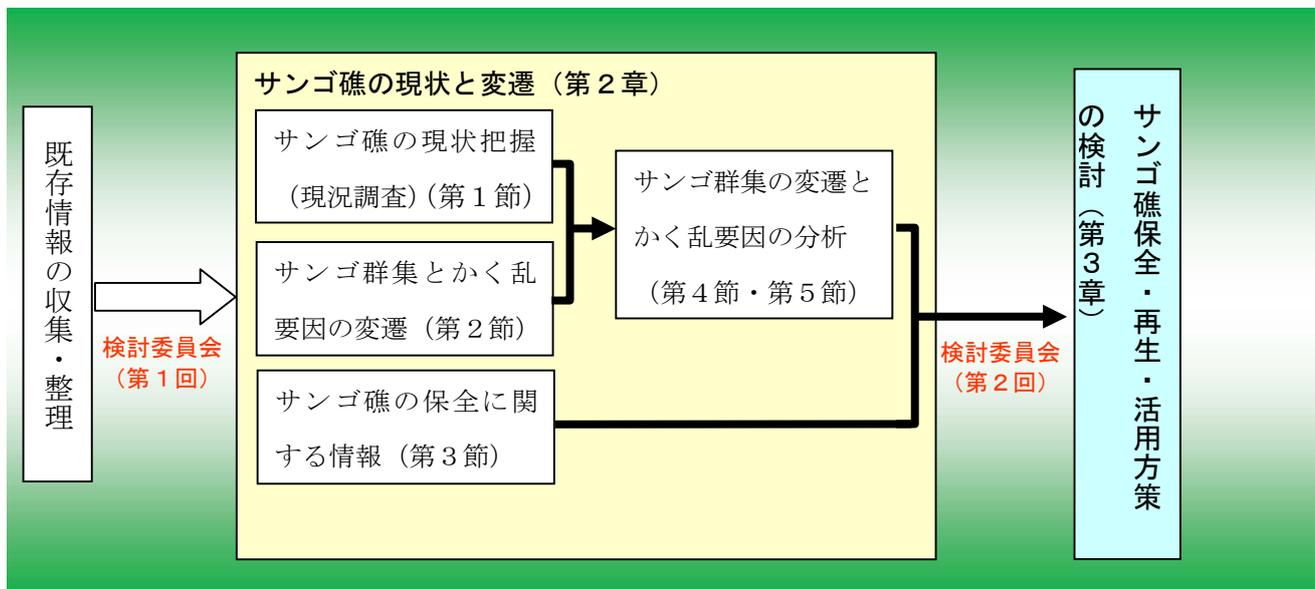


図1-3-1. 業務内容のフロー図

第2章 沖縄島周辺におけるサンゴ礁の現況と変遷

第1節 サンゴ礁の現況調査

1. 現況調査の方法

現況調査は、サンゴ礁の現況把握を目的に、サンゴ群集や各種かく乱要因などについて記録した。サンゴ礁地形は沖合の砕波帯となる礁縁に内と外とで大きく区分されるが、本調査においては、陸側の凹地を礁池、砕波帯から沖側を礁斜面として調査を行った（図2-1-1）。また、離礁における調査は礁池と同様に行った。礁斜面と礁池それぞれの場所でもともに対象となるサンゴ群集の規模や特徴などに応じて、表2-1-1および図2-1-2のとおりマンタ法及びスポットチェック法を使い分けて実施した。

現況調査は複数名の調査員で実施した。現況調査で採用したマンタ法およびスポットチェック法は目視観察を主とするため、調査員間の個人差によるデータの精度が懸念されるが、本業務ではマンタ法およびスポットチェック法の経験豊富な調査員で実施することでこの違いが最小限になるように調査を行った。

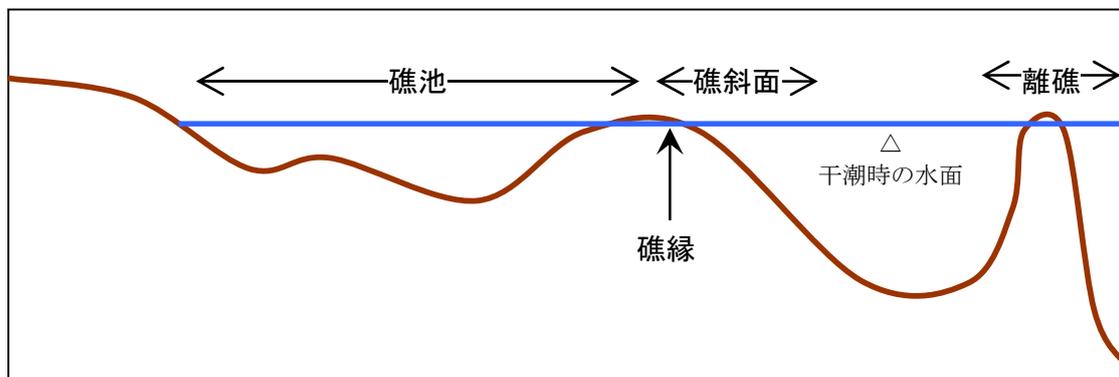


図2-1-1. サンゴ礁地形断面と名称

表2-1-1. サンゴ礁地形と調査方法

	マンタ法	スポットチェック法
礁斜面	沖縄島周辺全域	良好なサンゴ群集
礁池（離礁）	広い範囲	狭い範囲

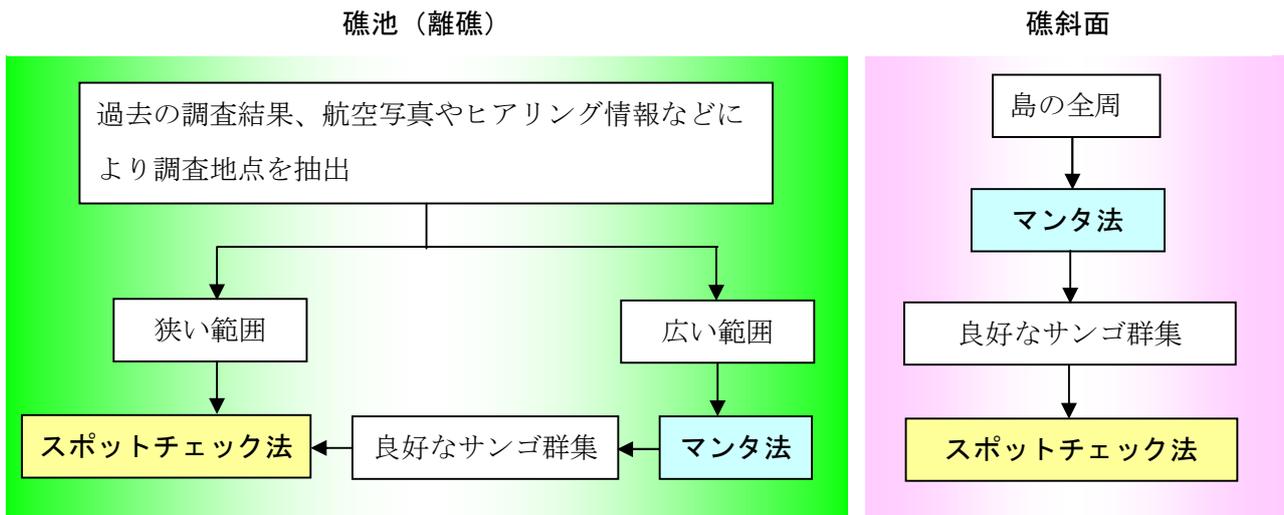


図 2-1-2. 現況調査の流れ

1-1. 現況調査の調査範囲

平成 21 年度は沖縄島とその周辺に位置する離島（瀬底島、古宇利島、伊計島、宮城島、辺座島、浜比嘉島、津堅島、久高島など以下、沖縄島周辺とする）を調査対象海域とした。

1-1-1. 礁斜面の調査範囲

沖縄島周辺の沿岸全周を調査範囲の対象とした（マンタ法で実施。マンタ法については後述する）。さらに、マンタ法で良好なサンゴ群集を確認した場合、その生息状況を把握するために適宜スポットチェック法を実施し、詳細な記録を行った。

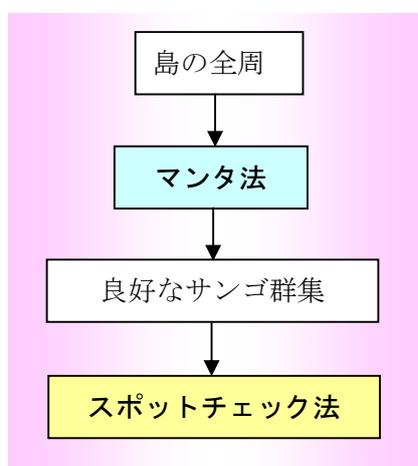
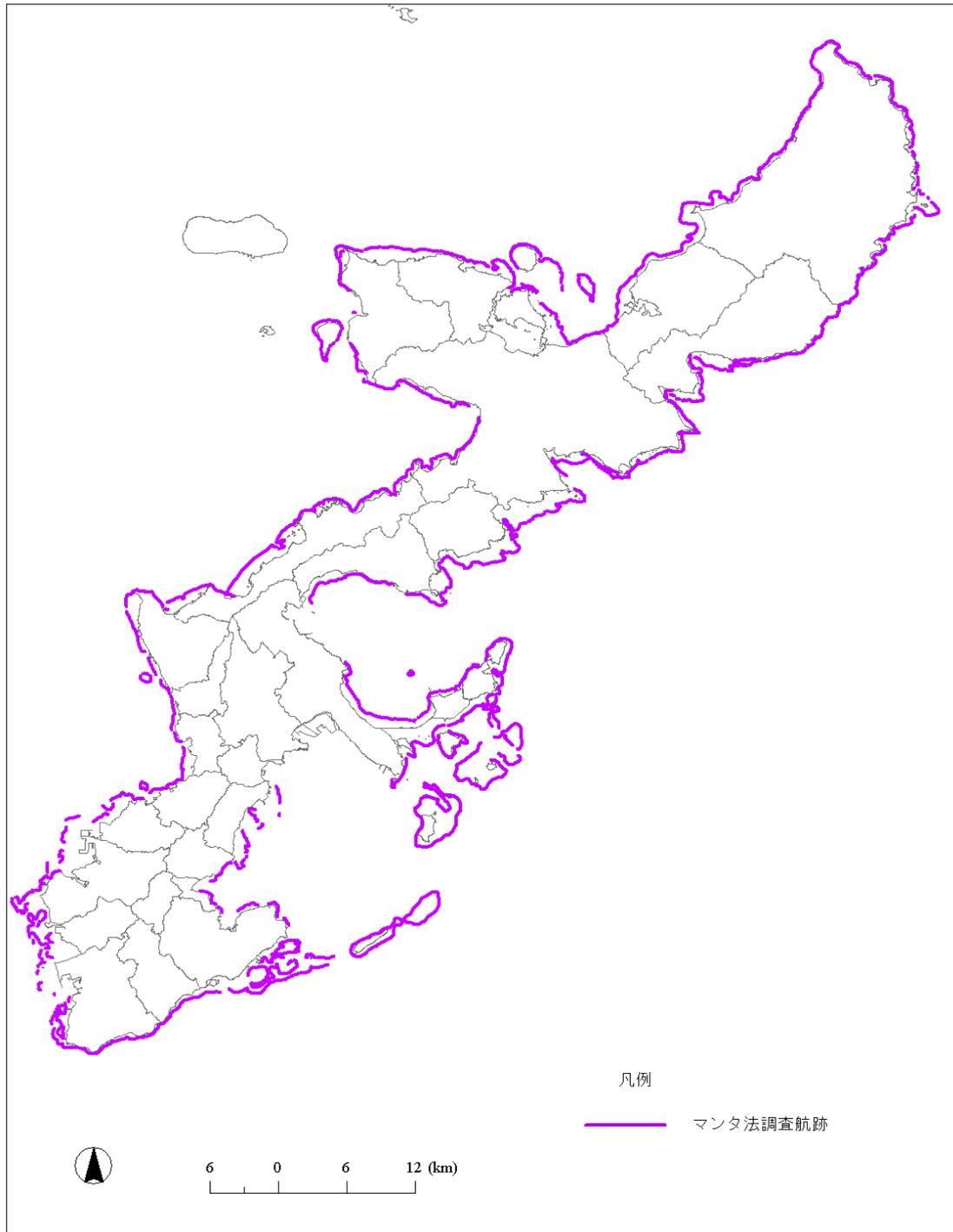


図 2-1-3. 礁斜面における調査の流れ



以下の参考文献をもとに作成
 国土数値情報（行政区域データ）国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
 独立行政法人国立環境研究所（2008）平成20年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書. 環境省, 10pp.

図2-1-4. 礁斜面におけるマンタ法調査側線

1-1-2. 礁池の調査範囲

礁池ではすべての範囲を調査するには面的な調査が必要となり、予算的・労力的に実施するのは困難である。そこで表2-1-2に記した選定条件を用い既存情報から調査海域を絞り込み、最終的に検討委員会の確認を得て調査海域を決定し（図2-1-6）、調査を実施した。

調査範囲が狭い場合はスポットチェック法による調査を行ない、広い場合はまずマンタ法を行い、良好なサンゴ群集を確認した場合その生息状況を把握するために適宜スポットチェック法を実施し、詳細な記録を行った（図2-1-5）。

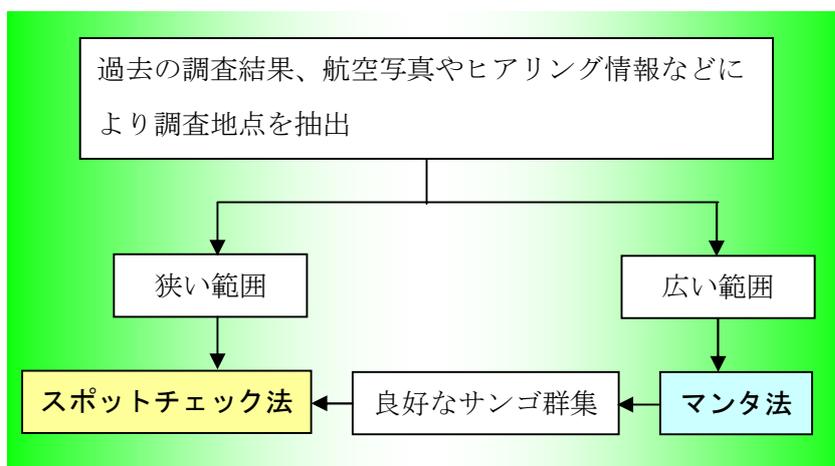


図2-1-5. 礁池調査の流れ（一部離礁を含む）

表 2-1-2. 礁池調査地点の選定条件 (①~⑦)

①から⑦の条件の地図を作製し、重ね合わせ等のうえ調査海域を絞り込み、最終的に検討委員会において委員の確認を得たうえで調査海域を決定した (図 2-1-4)。

① 第 4 回自然環境保全基礎調査で調査を行なったポイント

第 4 回自然環境保全基礎調査で調査を行なったポイントと同じ海域。

② 重要サンゴ礁海域

沖縄県自然保護課が平成 17 年度に設定した重要サンゴ礁海域。過去の調査と比較できる。

③ 被度や多様性の高い地域

第 4 回自然環境保全基礎調査で良好なサンゴ群集が見られた場所やモニタリングサイト 1000 の調査結果で被度や多様性の高い海域。

④ WWF 作成のポテンシャルマップで高ポテンシャルの海域

WWF 作成のポテンシャルマップは物理環境を指標として、サンゴ礁分布のポテンシャルを類型区分している。その中で、高ポテンシャルの海域。

⑤ オニヒトデなど攪乱が顕著な海域

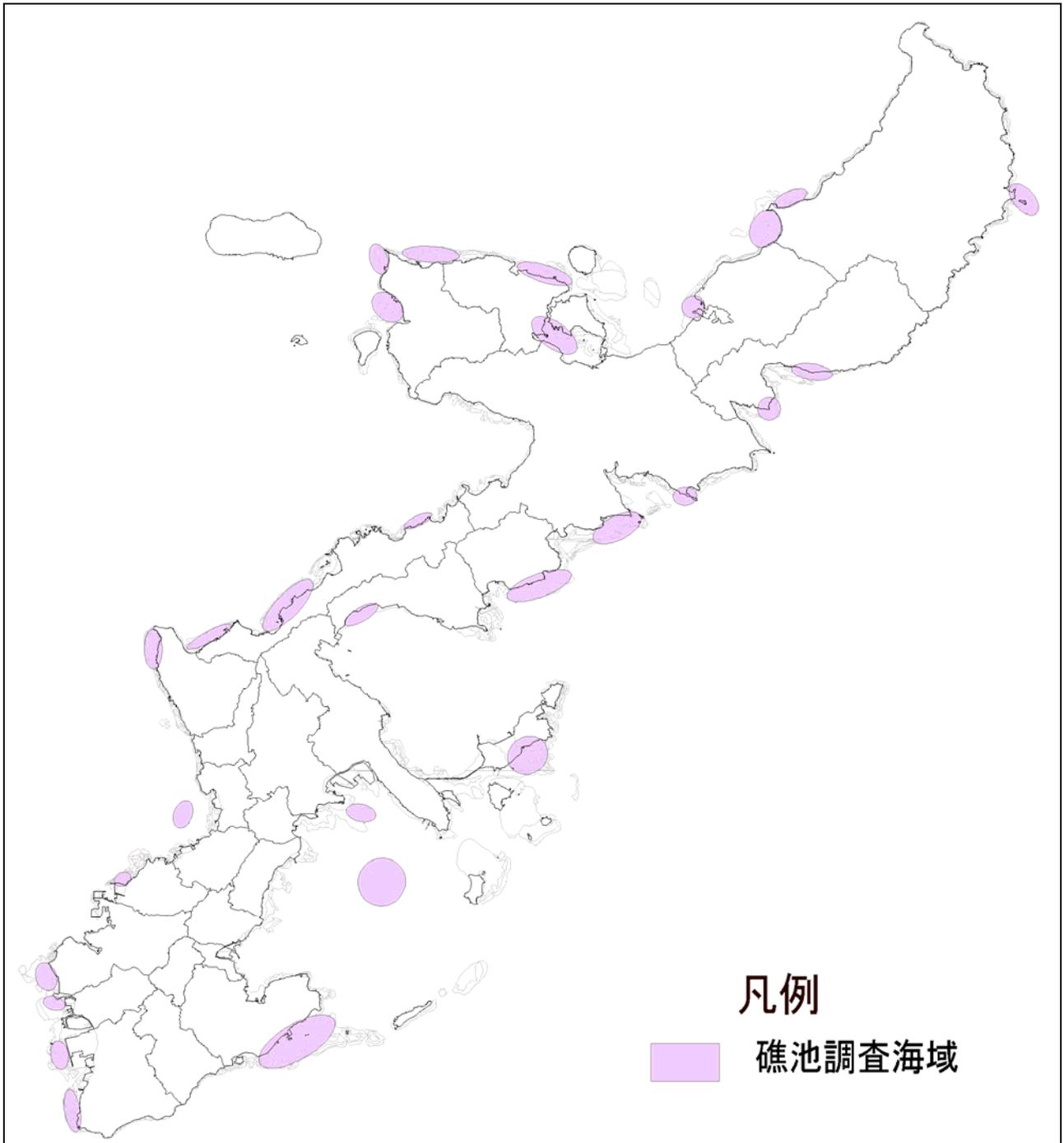
土地利用現況図やヒアリングなどにより特定した、攪乱が顕著な海域。

⑥ 重要な海域で、保護区となっていない海域

自然公園などの保護区を GIS 化し、保護区のかかっている海域を特定する。保護区のかかっている海域のうち、重要な海域。

⑦ 情報のない海域

環境省サンゴ礁分布図の不明な海域、その他情報の無い海域。



以下の参考文献をもとに作成
 国土数値情報（行政区域データ）国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>
 独立行政法人国立環境研究所（2008）平成20年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書. 環境省, 10pp.

図2-1-6. 礁池（一部離礁を含む）における調査海域

1-2. 現況調査の調査方法

1-2-1. マンタ法

サンゴ群集の概要把握のため、マンタ法で調査を実施した。マンタ法とは、小型船に曳航されながら水中を目視で観察し記録する方法である（図2-1-7、Englishら 1997）。広い範囲を対象とした調査に適しており、サンゴ群集や藻場などの概要調査を行う際に一般的に用いられる手法である。調査は、サンゴ群集、サンゴ類に影響を与える攪乱、底質、魚類等について観察した項目を表2-1-3にある項目を記録した。

本事業では、観察者1名が船に曳航され、海底を観察し、調査項目を約2分毎に記録した。ただし、海底の生物群集等に変化がない場合には観察を継続し、変化する地点で区切って記録した。船は出来る限り（水深5m前後の）サンゴ礁礁縁に接近させ、地形に沿って3-4ノット（9.20-12.3m/分）で走行した。

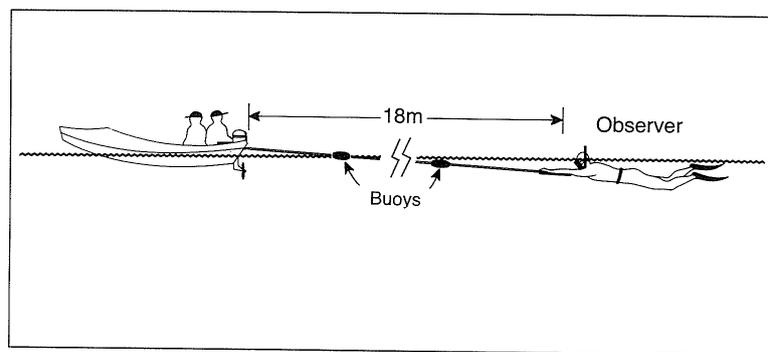


Figure 2.5 The manta tow technique showing the observer being towed along the surface of the water behind a small boat.

図2-1-7. マンタ法模式図 (Englishら 1997)

参考文献

English S., Wilkinson C. and Baker V. (1997) Survey manual for tropical marine resources
2nd edition. Australian institute of marine science

表 2-1-3. マンタ法調査項目

調査項目		記録方法
サンゴ群集	被度	6段階：0～5%、5～10%、10～25%、25～50%、50～75%、75～100%
	優占群	6段階：ミドリイシ属、コモンサンゴ属、ハナヤサイサンゴ属、ハマサンゴ属、キクメイシ科、その他
	優占群体形状	9類型：卓状、樹枝状、塊状、準塊状、枝・塊状、葉状、被覆状、多種混成、その他
	卓状ミドリイシ優占サイズ	5段階：5cm以下、5cm～20cm、20cm～50cm、50cm～100cm、100cm以上
	白化	2段階：0%、5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%
食害生物	個体数	3段階：10個体以下は実数、10～100個体、100個体以上
	サイズ	3段階：<20cm、20～30cm、>30cm
	食痕の数	3段階：10個体以下は実数、10～100個体、100個体以上
	食べられた割合	6段階：0～5%、5～10%、10～25%、25～50%、50～75%、75～100%
	テルピオス	4段階：なし、個体や影響を受けたサンゴが散見される、影響を受けたサンゴが目立つ、密集した集団が散見される
その他の生物	レイシガイ類	
	ソフトコーラル被度	6段階：0～5%、5～10%、10～25%、25～50%、50～75%、75～100%
	海藻被度	
	魚類	3段階：0個体、0～10個体、10個体以上
	ウミヘビ、ウミガメ	実数を記録
かく乱	底質 岩、れき、砂、泥	12段階：0%、5%、10%、20%、30%、40%、50%、60%、70%、80%、90%、100%
	その他攪乱	埋め立て、浚渫、汚濁、過剰利用など

目視観察を主とした調査では生物の正確な種同定は困難であることから、一般名などで記録した。特に、タマンはハマフィナなどフィギヤイ類、イラブチャーはブダイ類、ミーバイはハナ類、カハジャーはモンガラカギ類、チョウチョウウオはチョウチョウウオ類、ヒロサーはカササギ類、グルクンはカササギ類、ミジュンなどはミズンやヒメナなどとした。

1-2-2. スポットチェック法

スポットチェック法とは、複数の調査員がおよそ50m四方の範囲を任意に15分間遊泳し、サンゴ類等の生物の生息状況を調査する方法である（図2-1-8、環境省・日本サンゴ礁学会 2004）。本事業では、観察者1名が調査地点周辺をスノーケリングにて15分間遊泳し調査を実施した。調査は、サンゴ群集、サンゴ類に影響を与えるかく乱の度合い、底質、魚類等について記録した（表2-1-4）。



図2-1-8. スポットチェック法調査の様子

表 2-1-4. スポットチェック法調査項目

調査項目		記録方法	
サンゴ群集	被度	15分の観察時間を5分ずつに区切って3回記録	
	優占群	優占群を属レベルで記録	
	優占群体形状	9類型：卓状、枝状、塊状、準塊状、枝・塊状、葉状、被覆状、多種混成、その他	
	大型卓状ミドリイシ群体直径	大型卓状ミドリイシ群体の長径	
	小型ミドリイシ群体密度	直径1～5cmの小型ミドリイシ群体の0.25㎡当たりの群体数	
	白化	白化している割合（全サンゴ類中白化したサンゴ類の割合）	およその割合
		白化で死んだ割合（全サンゴ類中死亡したサンゴ類の割合）	
白化したミドリイシの割合（全ミドリイシ類中白化したミドリイシ類の割合）			
白化で死んだミドリイシの割合（全ミドリイシ類中死亡したミドリイシ類の割合）			
病気	ホワイトシンドローム、ブラックバンドディーズ、骨格異常、その他に分け、およその割合を記録		
食害生物	オニヒトデ	個体数	20cm以下、20cm～30cm、30cm以上それぞれの個体数
		個体の大きさ	確認された大きさの範囲
		食べられた割合	およその割合
	テルピオス	レイシガイ類	4段階：なし、個体や影響を受けたサンゴが散見される、影響を受けたサンゴが目立つ、密集した集団が散見される
	レイシガイ類		
その他の生物	ソフトコーラル被度		6段階：0～5%、5～10%、10～25%、25～50%、50～75%、75～100%
	海藻被度		
	魚類	タマン、イラブチャー、ミーバイ、ヒロサー	実数を記録
	ウミヘビ、ウミガメ、エイ、サメ		実数を記録
かく乱要因	赤土等堆積概況		素手による攪拌により観測概況を記録 9段階：きれい、わずかに濁る、少し濁る、濁る、わずかに堆積、堆積、厚く堆積、泥
	底質	岩、れき、砂、泥	およその割合を記録
	その他攪乱		埋め立て、浚渫、汚濁、過剰利用など

目視観察を主とした調査では生物の正確な種同定は困難であることから、一般名などで記録した。特に、タマンはハマエキなどエキガイ類、イラブチャーはブダイ類、ミーバイはウミヘビ類、ヒロサーはカサガイ類などとした。

1-3. 現況調査の実施時期

現況調査は、2009年9月29日～2010年1月31日の期間に実施した。

表2-1-5. マンタ調査の調査時期と主な調査海域.

調査時期	主な調査海域
9月下旬	中部西海岸
10月上旬	北部西海岸
10月中旬	中部西海岸・北部東西海岸
10月下旬	中部西海岸・北部西海岸
11月上旬	南部・北部西海岸
11月中旬	南部・中部東海岸
11月下旬	南部・中部西海岸
12月上旬	中部東海岸・南部東西海岸
12月中旬	中部・北部東海岸
12月下旬	中部東海岸・北部東西海岸
1月中旬	北部東海岸
1月下旬	南部・北部東海岸

表2-1-6. スポットチェック調査の調査時期と主な調査海域.

調査時期	主な調査海域
9月下旬	中部・北部西海岸
10月上旬	北部東西海岸
10月中旬	中部西海岸・北部東西海岸
10月下旬	中部西海岸・北部東西海岸
11月上旬	南部西海岸・北部西海岸
11月中旬	中部東海岸
11月下旬	南部・中部西海岸
12月上旬	南部西海岸・中部東海岸
12月中旬	南部・中部東海岸
12月下旬	北部東西海岸
1月中旬	中部西海岸・北部東西海岸
1月下旬	中部西海岸

参考文献

環境省、日本サンゴ礁学会 編 (2004) 日本のサンゴ礁 財団法人自然環境研究センター

2. 現況調査の結果

調査結果は、以下に各調査項目について2つの手法（マンタ法・スポットチェック法）で得られた内容を合わせて整理し、現在の沖縄島周辺のサンゴ礁の概要をまとめた。なお、調査結果を整理するにあたり、陸域の集水域に相当する海域区分を用いた。採用した海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えている。「第4節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因の分析」の項で詳細を示す。

2-1. サンゴ群集に関する調査結果

マンタ法調査による調査曳航距離は580km（延べ45日）であった（主に礁斜面で実施され、その他に古宇利島南、備瀬崎、喜屋武岬～大嶺崎西、知念岬南、勝連半島東などの礁池の一部を含む）。

スポットチェック法調査による調査地点数は、サンゴ群集の有無の確認のみを実施した地点も含め221地点であるが、このうちまとまったサンゴ群集があり15分間のスポットチェック法調査を実施した地点は主に礁池（宜野湾や本部、中城湾の離礁を含む）の145地点であった。

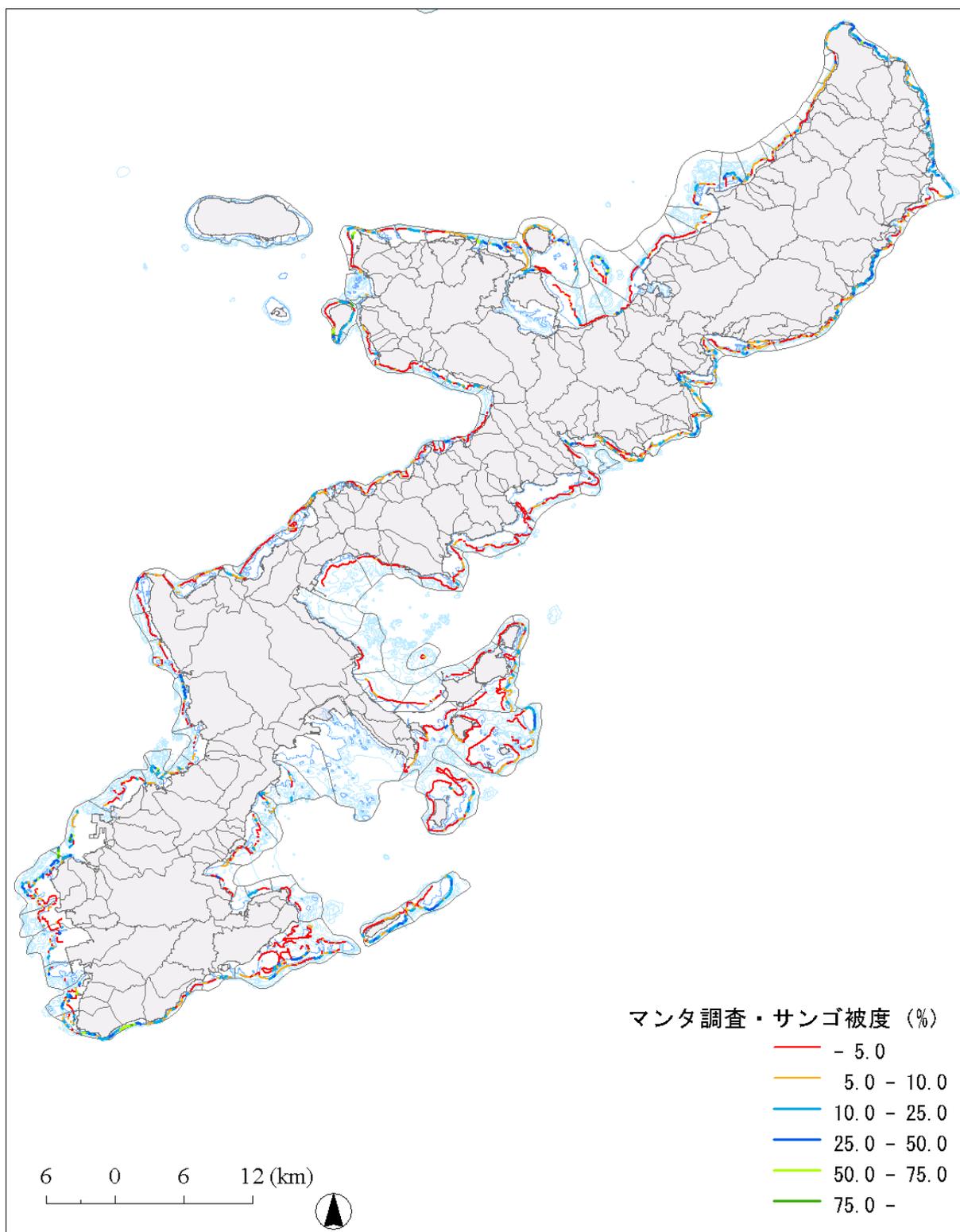
2-1-1. サンゴ群集

(1) 被度（マンタ法）

マンタ法調査で記録されたサンゴ被度ランクの結果を色分けして図2-1-9に示す。下表のとおりサンゴ被度5%以下の全体に対する割合は54.4%、同様に5%-10%が24.6%とほぼ8割は被度が低い範囲であった。被度10%-25%は13.6%と1割強の範囲でやや低い被度とされた。被度がやや高い25%-50%は6.0%の範囲、さらに、被度が高いとした50%以上の範囲は合わせて1.3%、すなわちおよそ1割の範囲で被度が高かった。

表2-1-7. サンゴ被度ランク毎の全体に対する割合

評価	被度ランク	全580kmに対する割合 (%)
ごく低い	■ 5%以下	54.4
低い	■ 5%-10%	24.6
やや低い	■ 10%-25%	13.6
やや高い	■ 25%-50%	6.0
高い	■ 50%-75%	0.9
ごく高い	■ 75%以上	0.4



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図 2-1-9. マンタ法によるサンゴ被度.

マンタ法調査で記録されたサンゴ被度ランクを、岬などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに着目した自然地理的ユニット（中井，2009）による海域区分毎に平均化し整理した（図2-1-10）。下表のとおりサンゴ被度の平均が高い（25%以上）海域は、崎山-渡喜仁（今帰仁村）1海域であった。サンゴ被度がやや低い（10%-25%）海域は南部と北部でみられ、全154海域中14海域（9%）、西海岸では、那覇空港-那覇港・瀬底島南・渡喜仁-運天（今帰仁村）・運天港、東海岸では、辺戸岬-奥漁港・美作-新川崎（国頭村-東村）・当添-仲伊保（南城市）であった。被度が低い（5-10%）海域は全154海域中43海域とおよそ28%を占め、南部東海岸や北部西海岸、中部の両岸など全海域の62%がごく低い被度（5%未満）であった。

表2-1-8. サンゴ被度ランク毎の海域数と全海域数に対する割合

評価	被度ランク	海域数	全154海域に対する割合（%）
ごく低い	● 5%未満	96	62.3
低い	● 5-10%	43	27.9
やや低い	● 10-25%	14	9.0
やや高い	● 25%以上	1	0.6

沖縄島周辺のマンタ調査では、ほとんどの地域でサンゴの被度10%以下であった。全体的に低い被度ではあるが、サンゴ被度50%以上の区間が確認された地域もあった（表2-1-9）。特に、西海岸の、大嶺崎-那覇港-西洲・瀬底島南-瀬底実験所-瀬底大橋北・大井川-今帰仁漁港・古宇利島東離礁北側、東海岸では、辺戸岬-楚洲-安田・宇嘉-高江・有津-天仁屋-嘉陽・浮原北離礁東側・久高島北離礁北側-ウガン岩-久高島徳仁港・摩文仁-米須-喜屋武などでは被度25%以上の区間が部分的に確認された。

表2-1-9. マンタ調査においてサンゴ被度50%以上の区間が確認された地域

	海域
西海岸	糸満礁池、那覇空港西礁斜面、那覇港離礁、牧港沖礁斜面、宜野湾離礁、瀬底島周辺礁斜面、備瀬崎礁池、今帰仁崎山礁斜面、今帰仁運天礁斜面、古宇利島東離礁、
東海岸	辺戸岬礁斜面、安波南礁斜面、大浦湾礁斜面、糸満米須礁斜面、喜屋武岬礁斜面

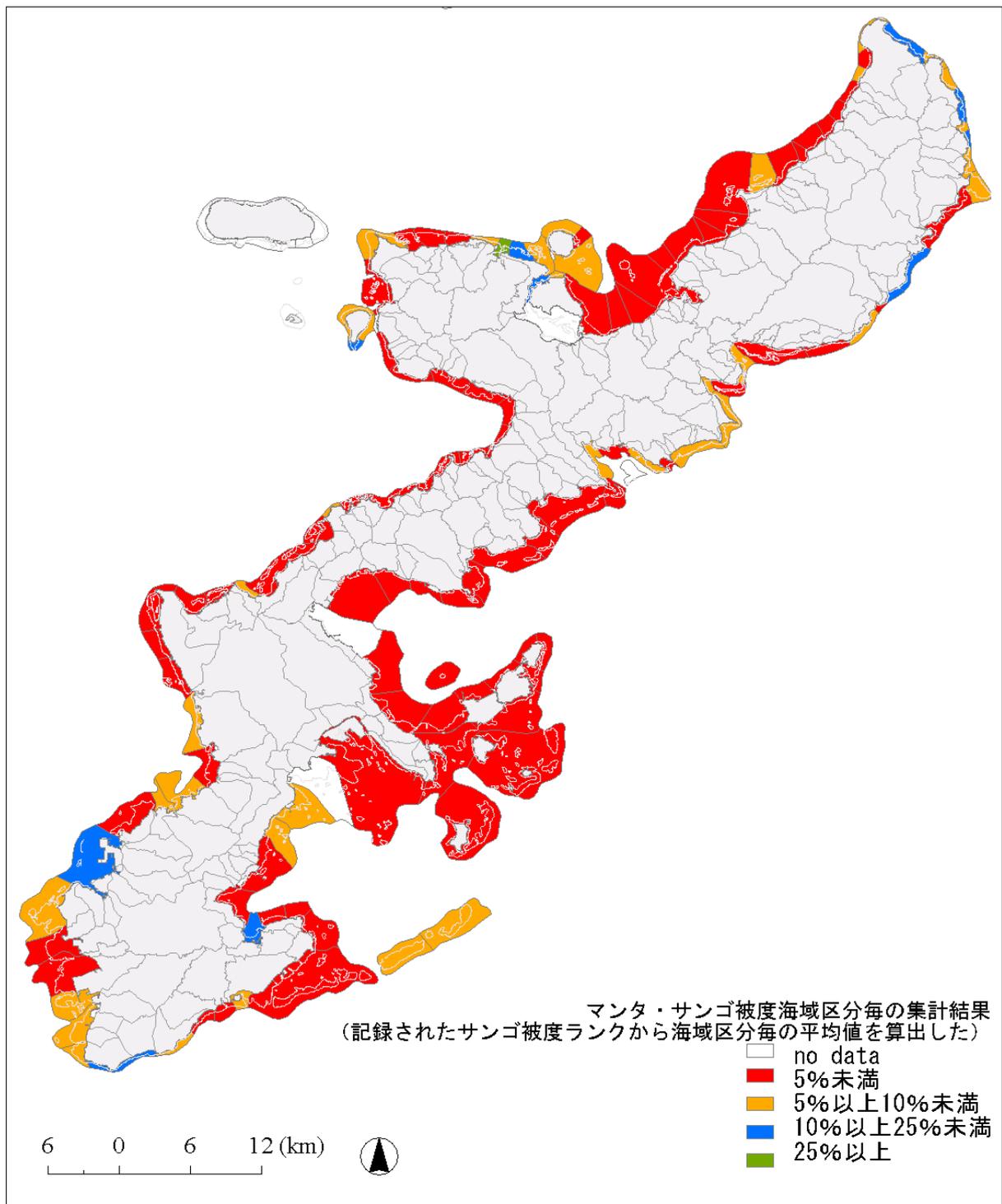


図 2-1-10. マンタ法によるサンゴ被度の海域区分毎の集計結果.

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。

(2) 優占種 (マンタ法)

マンタ法調査における優占種は全区間中、ハマサンゴ属が 29.0%、ハナヤサイ属が 18.9%、ミドリイシ属が 14.2%、コモンサンゴ属が 1.8%、キクメイシ科が 1.5%、混成が 4.4%、その他が 0.8%、優占無しが 29.4%であった。

優占種の割合が最も高かったハマサンゴ属は高水温に強く、オニヒトデに食べられにくい。1998年の白化現象や度重なるオニヒトデの大発生などの大きなかく乱を免れたサンゴ群集が多いものと推測される。また、優占種無しが 29.4%など、サンゴ被度が低いところでは優占種が特定されなかった。

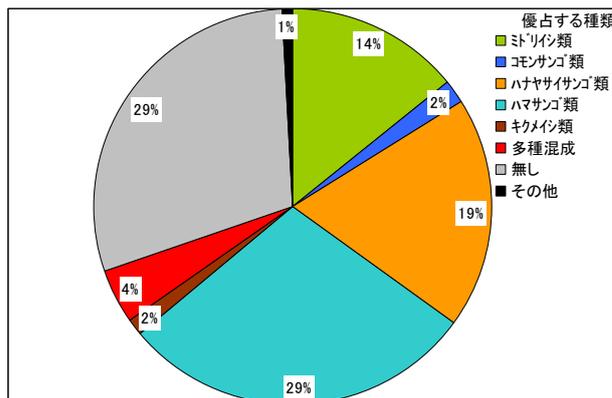


図 2-1-11. マンタ法における優占する種類の割合

(3) 優占する群体形状 (マンタ法)

マンタ法調査における優占する群体形は全区間中、塊状が 25.7%、枝状が 22.0%、卓状が 9.9%、準塊状が 2.8%、枝・塊状が 2.7%、被覆状が 0.6%、葉状が 0.0%、多種混成が 3.6%、その他が 3.4%、無しが 29.5%であった。優占する群体形の割合が最も高かった塊状は、ハマサンゴ属に多い群体形で、さらに枝状の群体も大半はユビエダハマサンゴなどハマサンゴ属であった。また、優占群体形無しが 29.4%と、サンゴ被度が低いところでは優占群体形は特定されなかった。

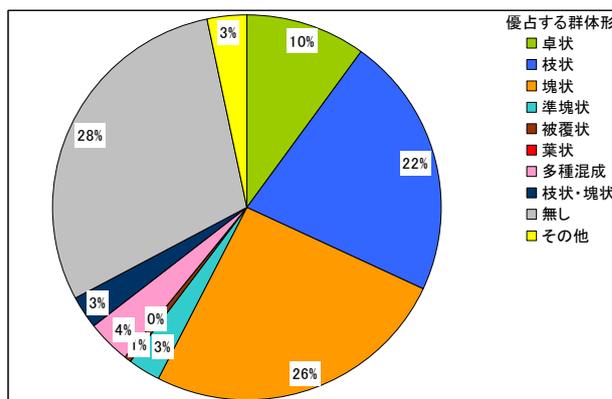


図 2-1-12. マンタ法における優占する群体形の割合

(4) ミドリイシ類の優占群体直径 (マンタ法)

マンタ法調査におけるミドリイシ類の優占群体直径は全区間中、5cm～20cm が41.8%、無しが32.7%、5cm以下が15.2%、20cm～50cmが9.4%、50cm～100cmが0.8%、100cm以上が0.0%であった。直径50cm以下の小型の群体が殆どを占めていることから、沖縄島周辺では長期間白化やオニヒトデからのかく乱を受けていない場所はほとんどないと考えられると同時に、現在は全般に回復過程にあると考えられる。また、ミドリイシが見られない区間も32.7%と高い割合であった。

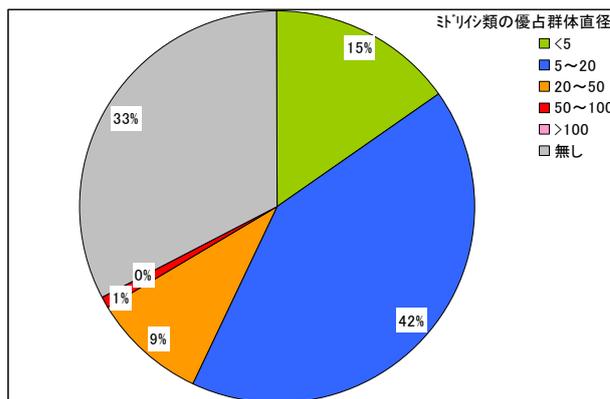


図2-1-13. マンタ法におけるミドリイシ類の優占群体直径の割合

ミドリイシ類群体優占直径が50cm以上の海域は、西海岸が、喜屋武岬-岡波岩(糸満市-豊見城市)・大嶺崎-那覇港-伊佐(那覇市-浦添市-宜野湾市)・砂辺-水釜(北谷町-嘉手納町)・与久田-真栄田岬-仲泊(恩納村)・部瀬名岬-幸喜(名護市)・瀬底島南・備瀬崎-今泊(今帰仁村)・古宇利島東離礁北側・赤丸岬西側(国頭村)、東海岸が辺戸岬-赤崎(国頭村)・金武漁港-屋嘉(金武町)・久高島北離礁北側-ウガン岩-久高島徳仁港・摩文仁-米須(糸満市)であった。

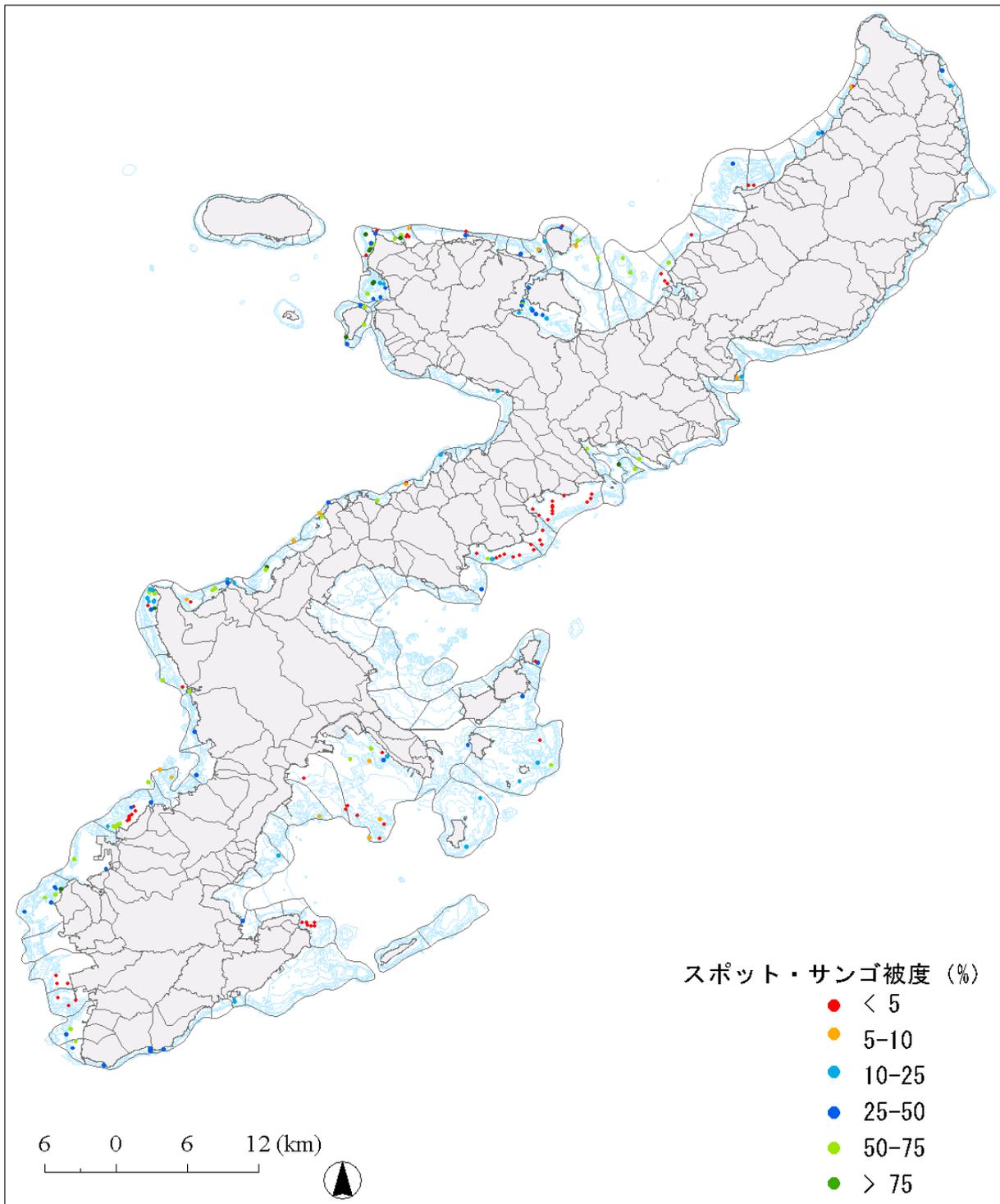
(5) 被度 (スポットチェック法)

スポットチェック法によるサンゴ被度の結果を図2-1-14に示す。ここで、スポットチェック法調査は、主にサンゴ被度が高いと予想された狭い範囲の地点を抽出して実施されており、沖縄島全体のサンゴ被度を概観するものではないことに留意する必要がある。

被度の比較的高い(被度 25%以上) 地点は沖縄島周辺の広い範囲で散在していた(画像集参照)。マンタ法調査で記録されたサンゴの被度が低い海域でも、スポットチェック法調査で記録された被度の高い地点があり、沖縄島周辺は全体的に被度が低いが、部分的には被度の高いサンゴ群集が存在しているといえる。サンゴ被度が 50%以上の地点は一般的な礁斜面や礁池内に加え、土砂の堆積が多い湾奥部(内海)などでも確認され、このような地点を下表に示した。特に、土砂の堆積が多い羽地内海や大浦湾のサンゴ群集は、他の多くの卓状ミドリイシ類の優占する高被度のサンゴ群集と較べ種構成等が特異的で被度も高く、ハマサンゴ類や樹枝状ミドリイシ類、コモンサンゴ類が優占する地点が多かった。その他、高い被度でアオサンゴの優占する群集が那覇空港周辺や浮原島周辺、大浦湾北側で確認された。

表2-1-10. サンゴ被度が50%以上の地点があった地域

	海域
西海岸	那覇空港西礁斜面・礁池、那覇港離礁、牧港礁池、宜野湾離礁、水釜礁池、読谷離礁、残波岬礁池、恩納村塩屋礁池、前兼久礁池、恩納村赤崎礁池、安富祖礁池、瀬底島東、瀬底大橋北、本部浜元離礁、備瀬崎礁池、本新里漁港礁池、古宇利島東離礁、古宇利島東、羽地内海、大宜味礁斜面
東海岸	勝連半島南西、浮原島北離礁東、漢那礁池、大浦湾礁池、大浦湾離礁



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方．WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図2-1-14. スポットチェック法によるサンゴ被度

(6) 優占種 (スポットチェック法)

スポットチェック法調査における優占種は全調査地点中、ハマサンゴ属が25.2%、ミドリイシ属が11.0%、コモンサンゴ属が11.0%、キクメイシ科が1.8%、混成が9.8%、その他が3.1%、ハナヤサイサンゴ属が0.6%、無しが37.4%であった。

マンタ法調査結果と同様に、スポットチェック法調査でもハマサンゴ属が優占する割合が高かった。

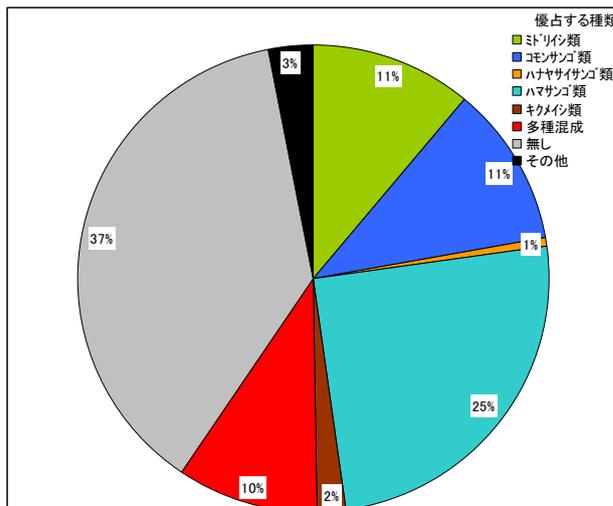


図 2-1-15. スポットチェック法における優占する種類の割合

(7) 優占する群体形状 (スポットチェック法)

スポットチェック法調査における優占する群体形状は全調査地点中、枝状が27.6%、塊状が14.7%、卓状が8.0%、枝・塊状が4.9%、混成が4.9%、準塊が1.8%、被覆状が1.8%、葉状が0.0%、その他が0.0%、無しが36.2%であった。優占群体の形状の割合が最も高かった枝状は主にミドリイシ属とコモンサンゴ属、ハマサンゴ属であった。

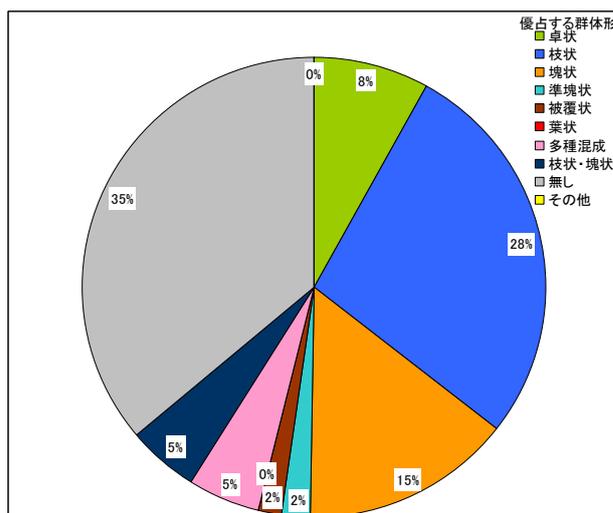


図 2-1-16. スポットチェック法における優占する群体形の割合

(8) 大型卓状ミドリイシ群体直径 (スポットチェック法)

スポットチェック法調査における大型卓状ミドリイシ群体直径は、100cm 以下が大半を占めていた (図2-1-17, 図2-1-18)。全般に直径 50cm 以下の地点が多く、60cm を超える卓状ミドリイシ群体が観察された地点は少なかった。直径 100cm 以上の卓状ミドリイシ群体が観察された地点は瀬底大橋-港原 (離礁、本部町) 海域に限られていた。

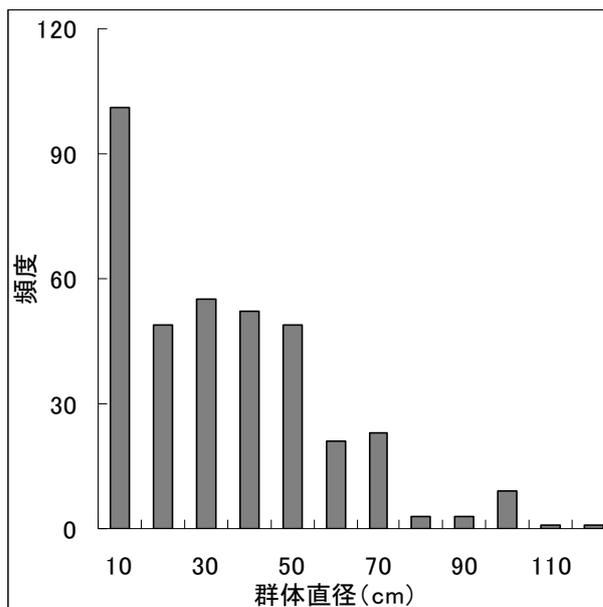
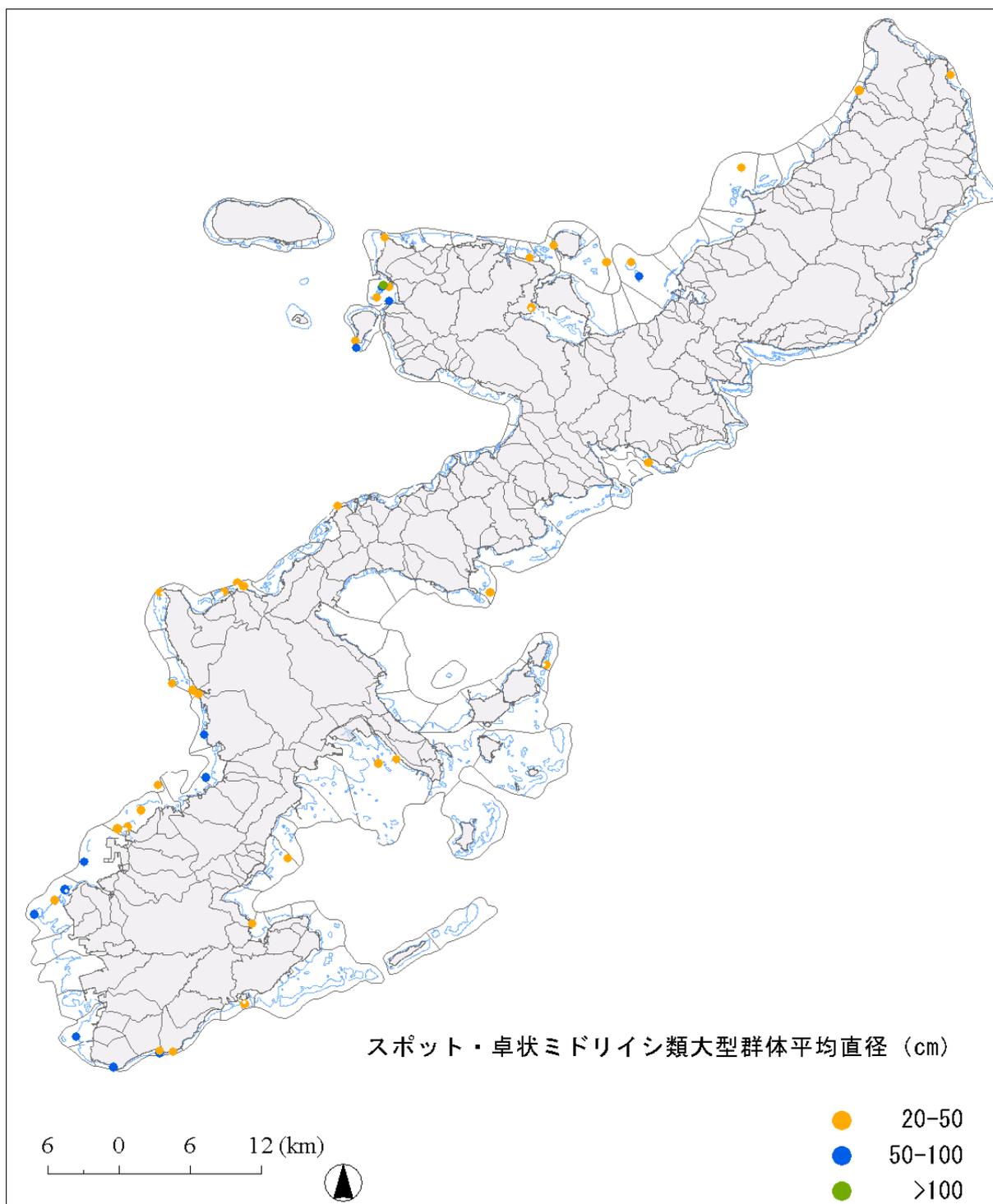


図2-1-17. スポットチェック法におけるミドリイシ類大型卓状群体直径毎の地点出現頻度



以下の参考文献をもとに作成
 陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課
 海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方．WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図2-1-18. スポットチェック法による卓状ミドリイン類大型群体平均直径

(9) 小型ミドリイシ群体密度 (スポットチェック法)

スポットチェック法調査における小型ミドリイシ群体密度は、ほとんどの地点で1 群体以下/ 0.25m^2 であった(図2-1-19, 図2-1-20)。モニタリングサイト1000において2005年に行われた調査によると、八重山では10 群体/ 0.25m^2 を超える地点も多く(環境省自然環境局生物多様性センター2006)、沖縄島周辺における小型ミドリイシ群体密度は低いと考えられる。

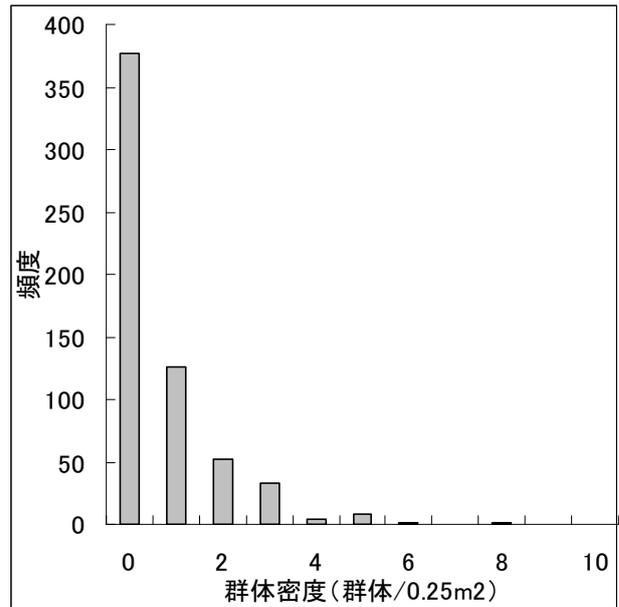
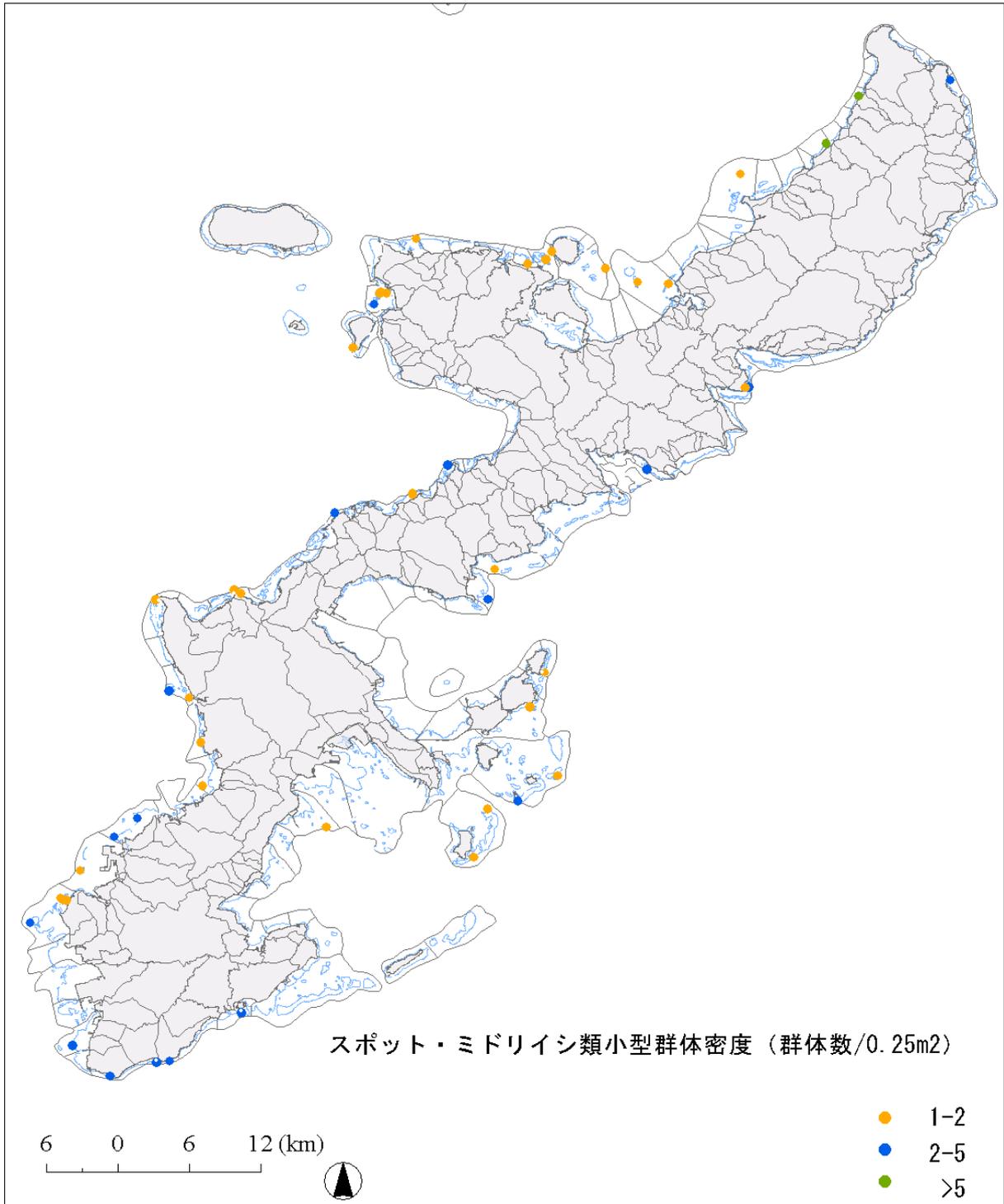


図2-1-19. スポットチェック法におけるミドリイシ類小型群体密度毎の地点出現頻度

小型ミドリイシ群体密度が高かった(5 群体以上/ 0.25m^2) 地点は佐手・座津武(国頭村)で、比較的高い(2~5 群体/ 0.25m^2) 地点は、西海岸では喜屋武漁港・大嶺崎・西洲(浦添市)・イナンビシ(読谷村)・万座毛(恩納村)・部瀬名岬(名護市)・港原(本部町)、東海岸では赤碕北(国頭村)・慶佐次・大浦湾北・金武岬・南ウキバル(うるま市)・奥武島・摩文仁-米須-喜屋武であった。その他の多くの地点では低い密度(2 群体未満/ 0.25m^2)であった。

参考文献

環境省自然環境局生物多様性センター(2006) 平成17年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業(モニタリングサイト1000) サンゴ礁調査平成15~17年度取りまとめ報告書



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方．WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図2-1-20. スポットチェック法によるミドリイシ類小型群体密度

2-1-2. 白化現象

マンタ調査において、調査距離に対するサンゴ群集が白化している割合は0.5%と1%に満たなかった(表2-1-10)。また、白化により死亡しているサンゴ群集や20%以上白化しているサンゴ群集は確認されなかった。なお、中城湾や金武湾の周辺では夏期に白化現象が見られたとの情報を聞き取りで得たが、その記録は無く詳細は位置や時期は不明である。

表2-1-11. マンタ調査での白化の割合.

	白化していない割合	白化の程度(白化したサンゴ群集の割合)ごとの割合				N.D.
	0%	5%	10%	20%	20%以上	
白化の割合	95.62	0.32	0.05	0.08	0.00	3.92
白化で死亡している割合	96.08	0.00	0.00	0.00	0.00	3.92
ミドリイシ類の白化の割合	96.08	0.00	0.00	0.00	0.00	3.92
白化したミドリイシ類の死亡した割合	96.08	0.00	0.00	0.00	0.00	3.92

2-1-3. 病気

マンタ調査において、病気により影響を受けているサンゴ群集は確認されていない。

2-2. その他の生物調査結果

2-2-1. 食害生物

サンゴを捕食することで、サンゴ群集に大きな被害を及ぼすオニヒトデおよびサンゴ食巻貝類、そしてときに広範囲にサンゴを覆い殺すテルピオス(被覆状のカイメン類)について、以下に整理した。

(1) オニヒトデ

オニヒトデはサンゴを捕食するため、大発生した際に大きな打撃をサンゴ群集に与える。今回はマンタ法、スポットチェック法ともに、オニヒトデの個体数とその大きさ、食痕数を調査した。

マンタ法により確認されたオニヒトデの個体数を航跡毎に色分けをして示す(図2-1-23)。また同様に、食痕数を図2-1-24に示す。

沖縄島周辺はオニヒトデの個体数は概して少なく、サンゴが食べ尽くされるようなオニヒトデの大発生は確認されなかった。確認されたオニヒトデ個体数は、本部町備瀬及び恩納村長浜で比較的多かった。しかし、個体が確認されなかった地域で食痕数が多く確認されている地域(摩文仁周辺や宜野湾～浦添周辺、古宇利島周辺など)では、今後オニヒトデの大発生を注意深く監視する必要がある。

マンタ法により確認されたオニヒトデの直径は、20cm～30cm が 56.9%、30cm 以上が 25.5%、20cm 以下が 17.6%であり、直径 20cm 以上のオニヒトデが 80% 以上を占め、ほとんどの個体が産卵可能と推測される。

マンタ法により確認されたオニヒトデの個体数を、海域区分(自然地理的ユニット)毎に平均化した結果を図2-1-25に示す。ほとんどの海域でオニヒトデの確認個体数は少ないものの、一部の

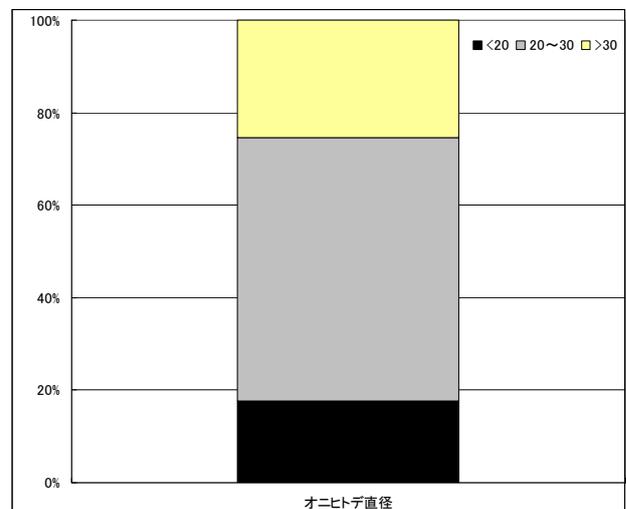
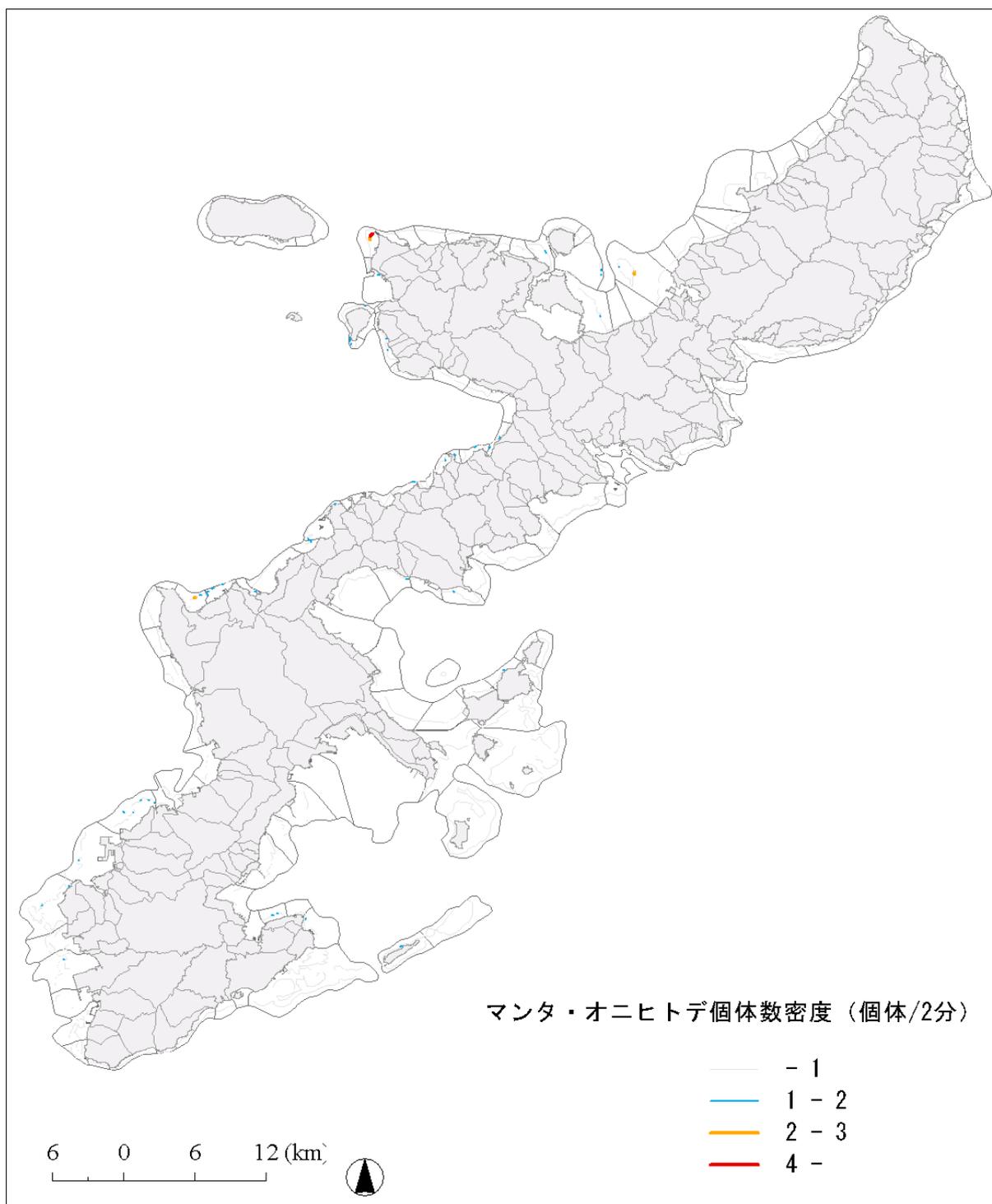


図2-1-22. オニヒトデの直径の割合

海域で要注意段階とされている平均個体密度(0.22 個体/2分)に近いか又は超えていた海域があった。オニヒトデが比較的多く確認された海域は、本部半島西海岸や知念半島北岸及び恩納村周辺の海域で、要注意段階とされている平均個体密度(0.22 個体/2分)に近いか又は超えていた海域は、西海岸では与久田-真栄田岬(0.31、恩納村)・谷茶-屋嘉田(0.25、恩納村)・瀬底島南(0.23、本部町)、東海岸では、仲伊保-海野(0.20、南城市)であった。これらの海域では、今後オニヒトデの大発生を注意深く監視する必要がある。

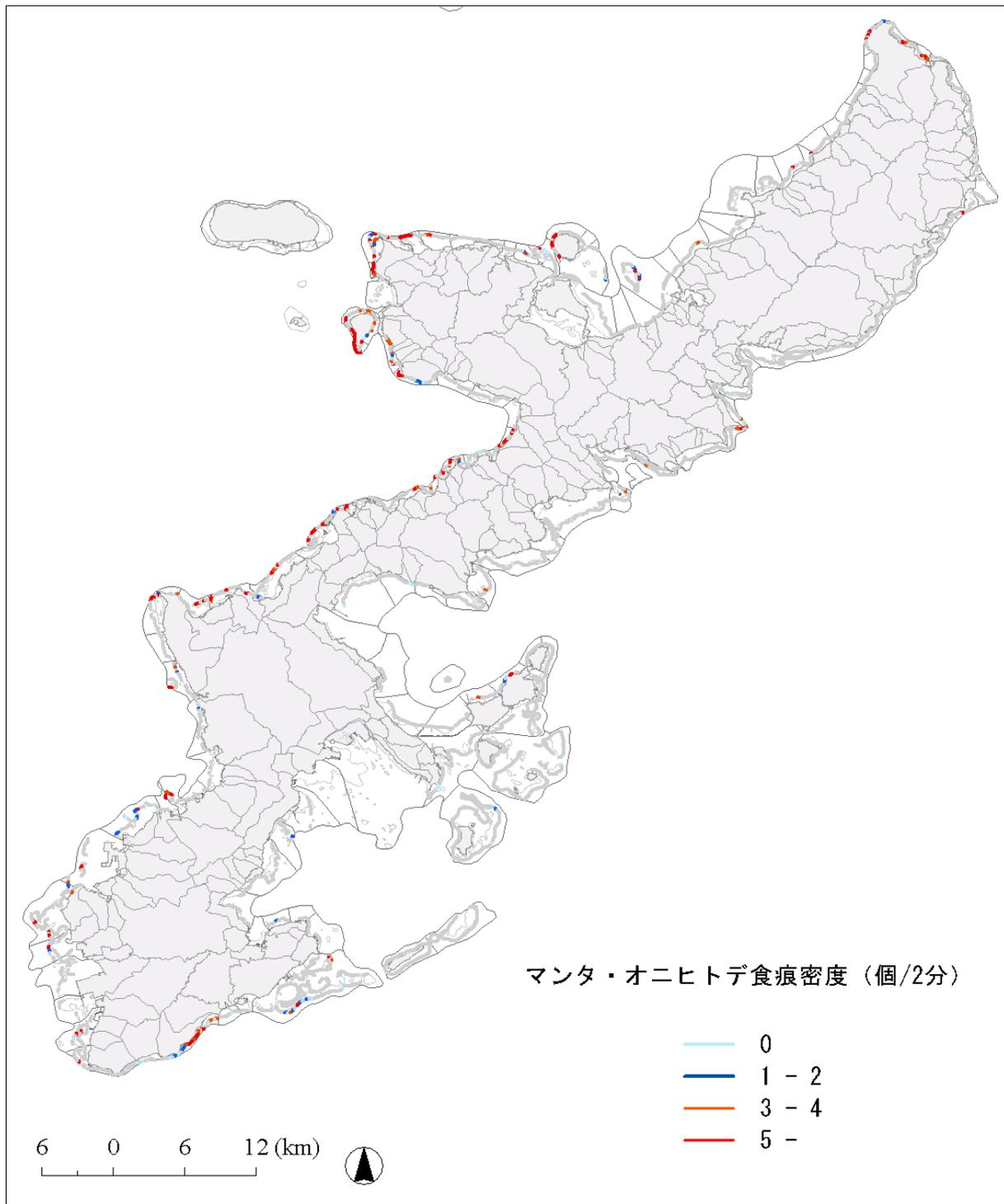


以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方．WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図 2-1-23. マンタ法によるオニヒトデ個体数密度

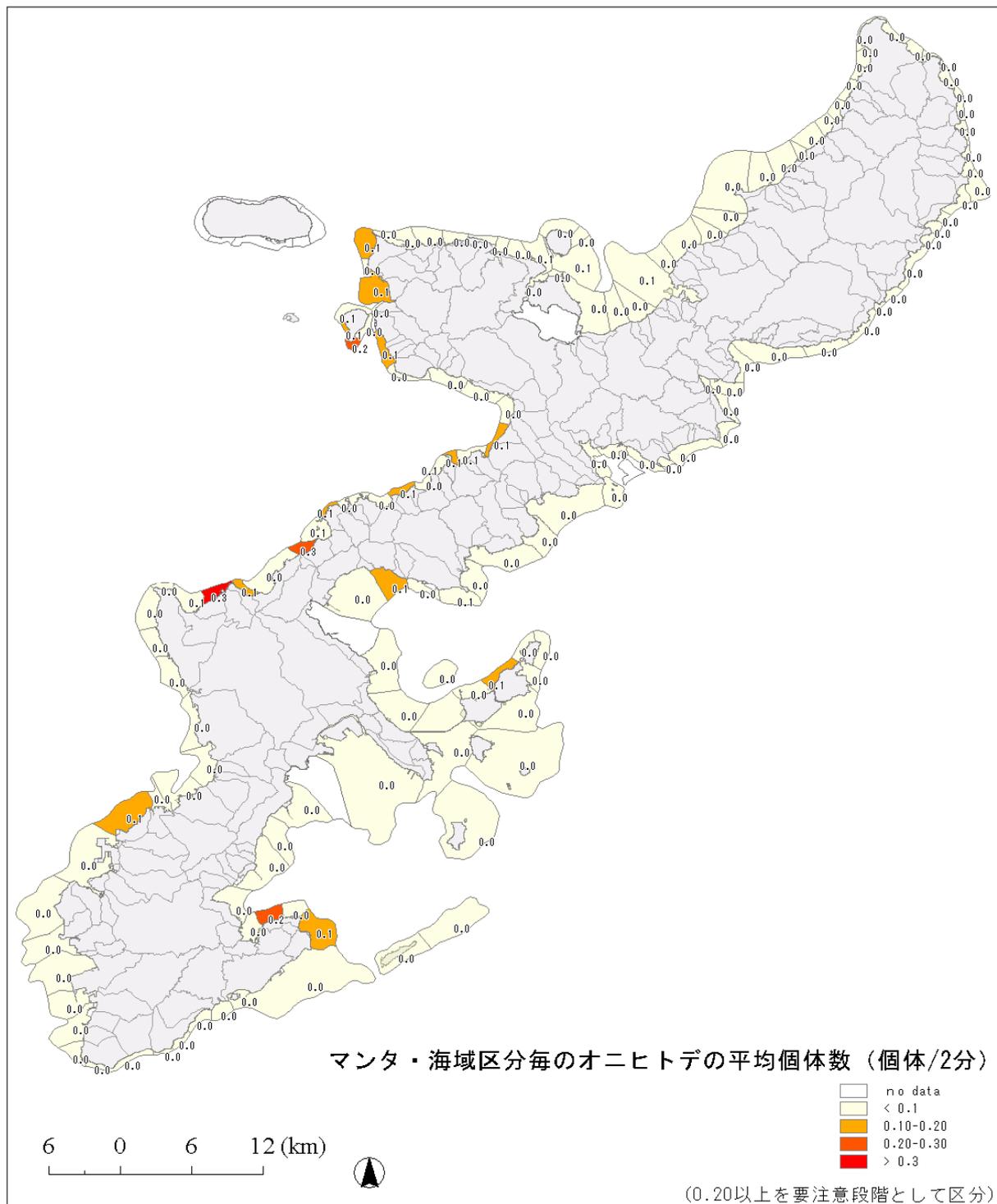


以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方．WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図2-1-24. マンタ法によるオニヒトデ食痕密度



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図2-1-25. マンタ法による海域区分毎のオニヒトデ平均個体数

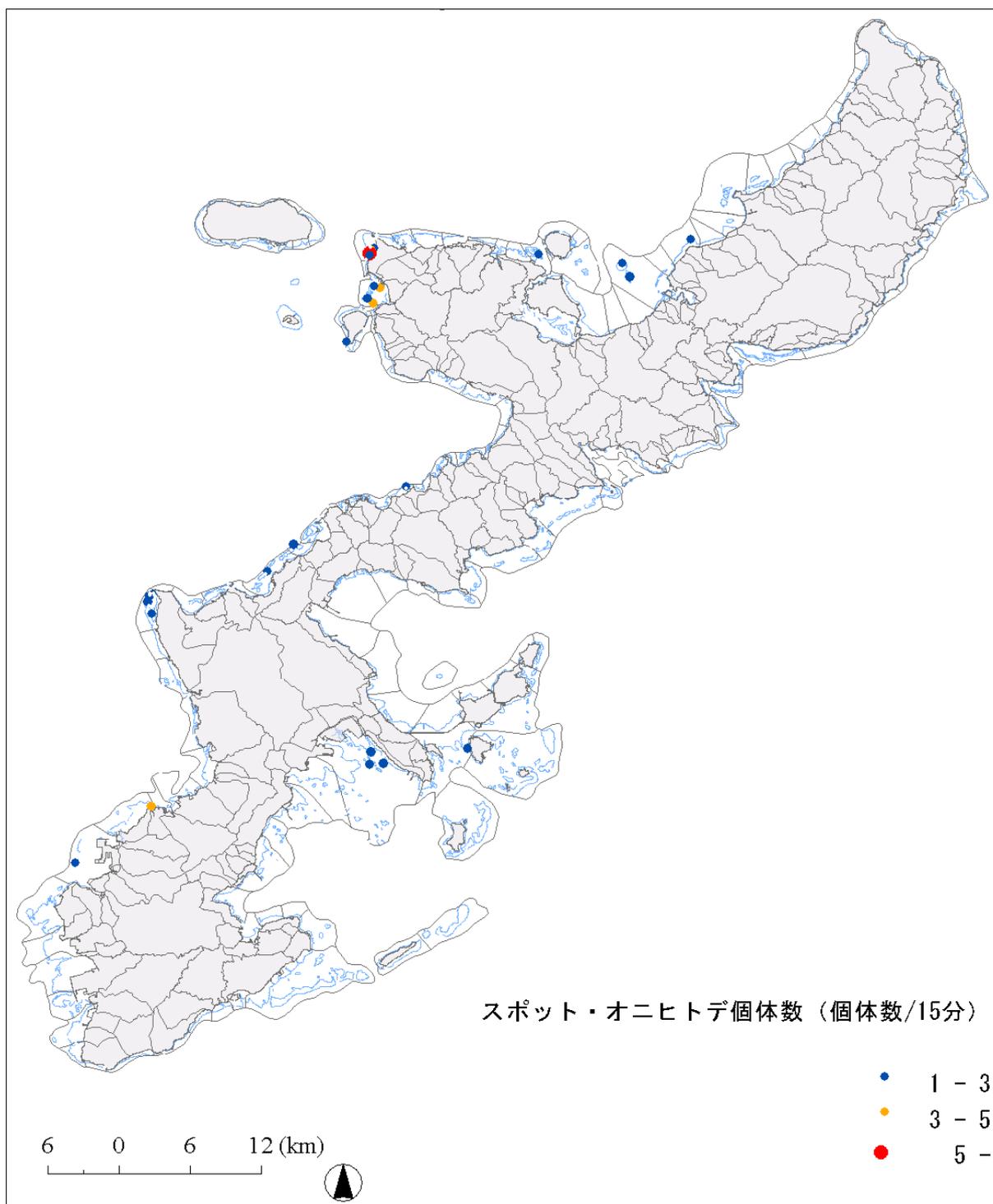
図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。

スポットチェック法により把握されたオニヒトデ個体数（個体数/15分）の結果を図2-1-27に示す。オニヒトデが3個体以上であった地点は空寿崎礁斜面（浦添市）と港原離礁（本部町）、備瀬崎礁池（本部町）の3地点で、備瀬崎礁池では5個体以上と比較的多かった。これらの地点では、マンタ法調査でもオニヒトデ個体数もしくは食痕数が多く観察されている。

マンタ法およびスポットチェック法において、オニヒトデ個体数および食痕数が多く確認された地点のうち、サンゴ被度が高い地域（摩文仁周辺の沖縄島南部や瀬底島・備瀬崎周辺の本部半島西部）は、オニヒトデが生息し餌が豊富にある状態のため、特に注意する必要がある。



図2-1-26. 調査で確認されたオニヒトデ



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方。WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図2-1-27. スポットチェック法によるオニヒトデ個体数

(2) サンゴ食巻貝類

マンタ調査において、サンゴ食巻貝類に影響を受けているサンゴは0.3%で、ほとんど確認されなかった(表2-1-11)。被食されたサンゴ群体数も100群体未満で、深刻な状況は確認されなかった。サンゴ食巻貝類が確認された地点は、空寿崎(浦添市)及び残波岬(読谷村)、備瀬崎(本部町)周辺の各礁池の枝状コモンサンゴ群集であった。

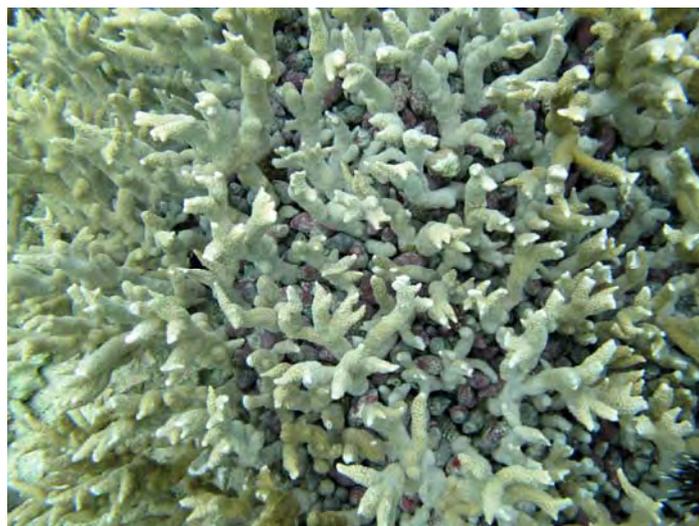


図2-1-28. 調査で確認されたサンゴ食巻貝

(3) テルピオス

マンタ調査において、テルピオスに影響を受けているサンゴは0.1%未満とほとんど確認されなかった(表2-1-11)。被覆されたサンゴ群体数も10群体未満で、深刻な状況は確認されなかった。テルピオスが確認された地点は、佐手(国頭村)及び塩屋(大宜味村)、安和(名護市)周辺であった。

表2-1-12. サンゴ食巻貝類及びテルピオスの影響を受けているサンゴ群体の数の割合.

	0群体	10群体 未満	10群体～ 100群体	N.D.
テルピオス	95.78	0.11	0.18	3.92
レイシガイ	96.02	0.05	0.00	3.92

(4) 沖縄島周辺における食害生物の状況

オニヒトデは、真栄田（恩納村）では、マンタ調査では、要注意段階である個体数（0.22 個体/2分）が確認された。また、野村（2004）はスポットチェック法を用いた調査法を基準に、オニヒトデの発生状態の目安を表 2-1-12 のように示している。表 2-1-12 によると、沖縄島周辺のオニヒトデの状況は、空寿崎礁斜面（浦添市）、港原離礁（本部町）、備瀬崎礁池（本部町）で要注意段階から準大発生段階であった。要注意段階である、真栄田、空寿崎礁斜面、港原離礁では、今後オニヒトデの発生状況を確認しながら、必要であれば駆除などの対策を行うべきである。準大発生段階にある備瀬崎礁池では、サンゴ群集がオニヒトデにより大きく影響を受ける可能性が高い。必要であれば駆除などの対策を行うべきである。

サンゴ群集に影響を与えるようなサンゴ食巻貝類やテルピオスの大発生は確認されていない。

表 2-1-13. オニヒトデ個体数の段階分け.

個体数(15分観察)	発生状態
0~1	通常分布
2~4	多い(要注意)
5~9	準大発生
10以上	大発生

野村（2004）より.

2-2-2. その他の生物

(1) ソフトコーラル

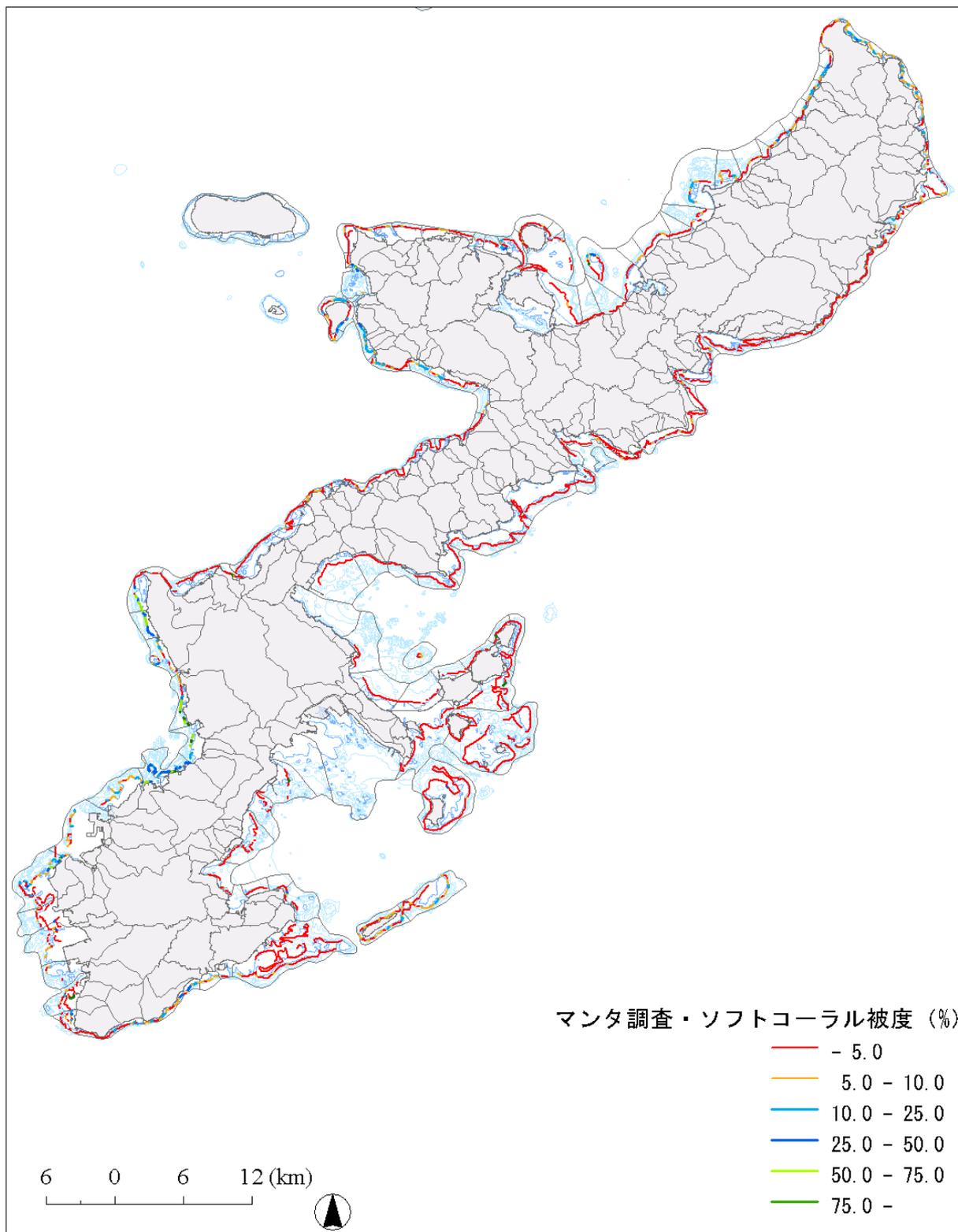
波あたりや水質などの環境条件によって、サンゴと同所的に出現し、同時に競争的な底生生物であるソフトコーラルをマンタ法で調査した。調査の結果を被度ランク別の割合で表2-1-13に示す。全体の約9割は、10%以下の低い被度であった。ソフトコーラルの被度ランクが高かった海域は空寿崎～残波岬の広い範囲に加え、那覇空港北、具志頭、瀬底島東、崎本部西、奥間西、古宇利島東離礁などの狭い範囲でみられた（図2-1-30）。

表2-1-14. マンタ法で確認されたソフトコーラルの各被度ランクの割合.

被度ランク	割合 (%)
0～5%	75.8
6～10%	12.1
11～25%	4.0
26～50%	2.4
50～75%	1.0
75～100%	0.3



図2-1-29. 沖縄島南西の礁斜面では部分的にソフトコーラルが優占する



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方。WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図2-1-30. マンタ法によるソフトコーラル被度 (%)

(2) 海藻類

波あたりや水質などの環境条件によって、サンゴと同所的に出現し、同時に競争的な底生生物である海藻類をマンタ法で調査した。調査対象種には海草類は含まれていない。調査の結果を被度ランク別の割合で表 2-1-14 に示す。全体の約 8 割は、10% 以下の低い被度であった。海藻の被度ランクが高かった海域は知念岬南や海中道路北岸～海中道路南岸～浜比嘉島周辺～津堅島北～宮城島南の水深が 3 m 以上ある比較的深い礁池的な環境でひろくみられた。加えて、安富祖や屋嘉、西原町～中城村などでは狭い範囲で高い被度であることが確認された (図 2-1-32)。

表 2-1-15. マンタ調査で確認された海藻の各被度ランクの割合.

被度ランク	割合 (%)
0~5%	70.6
6~10%	12.5
11~25%	5.2
26~50%	5.4
50~75%	1.8
75~100%	0.2



図 2-1-31. 東海岸の礁池では西海岸の礁池と較べて大型海藻類が優占することが多い

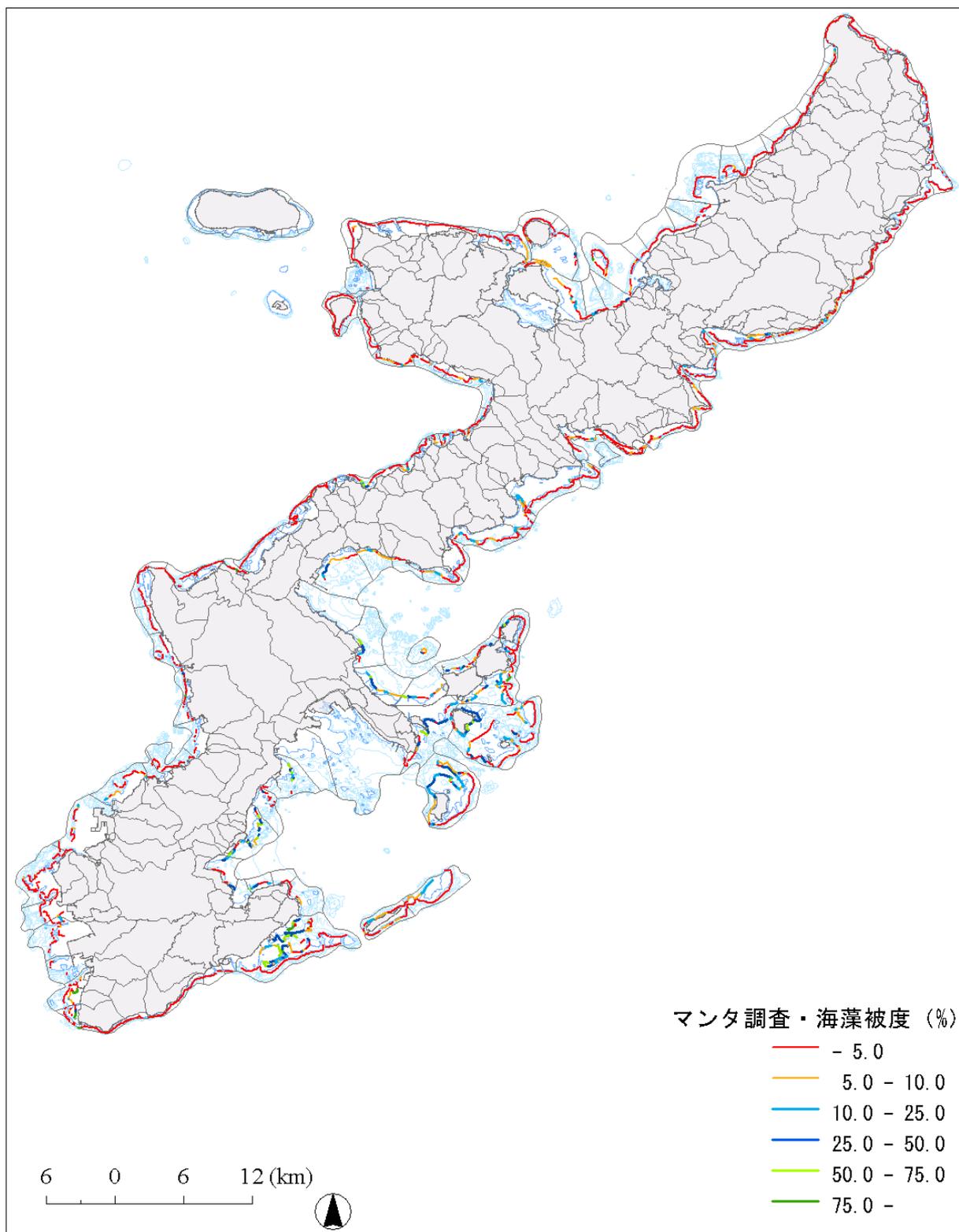


図 2-1-32. マンタ法による海藻被度 (%)
 (海草類は調査対象種に含まれていない)

(3) 魚類

漁業資源および観光資源として重要な魚類の生息状況を把握するため、マンタ法調査およびスポットチェック法調査において、魚類の個体数を記録した。

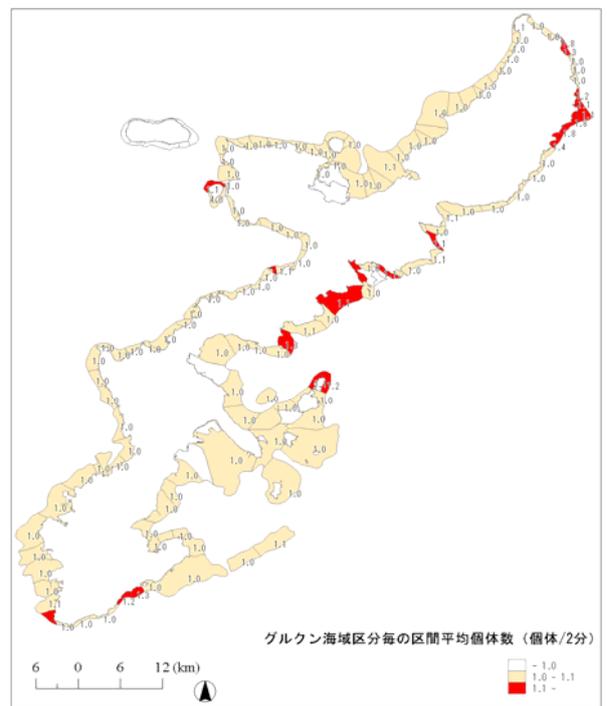
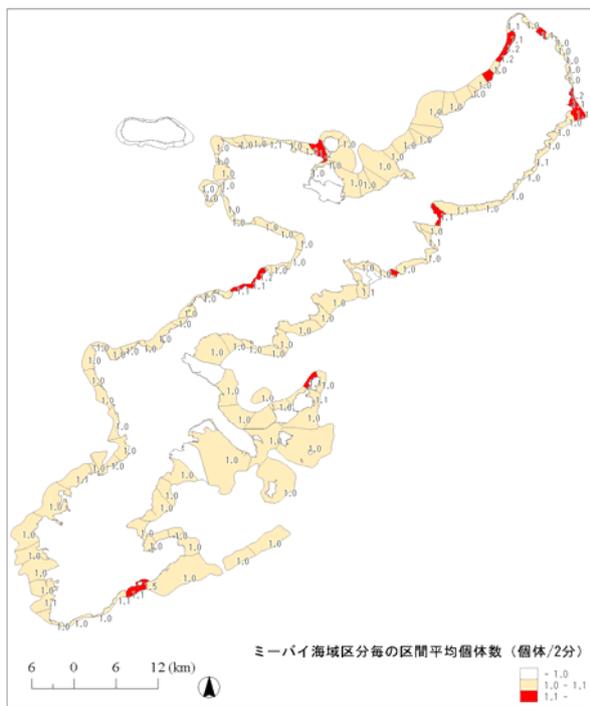
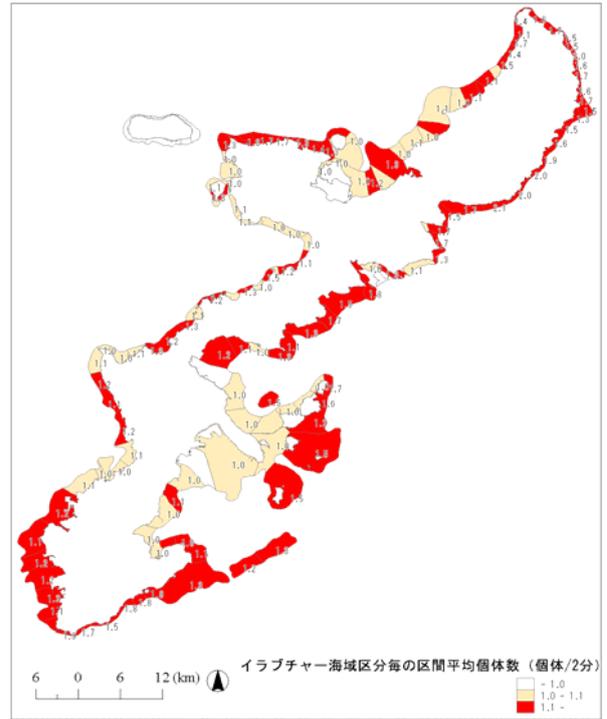
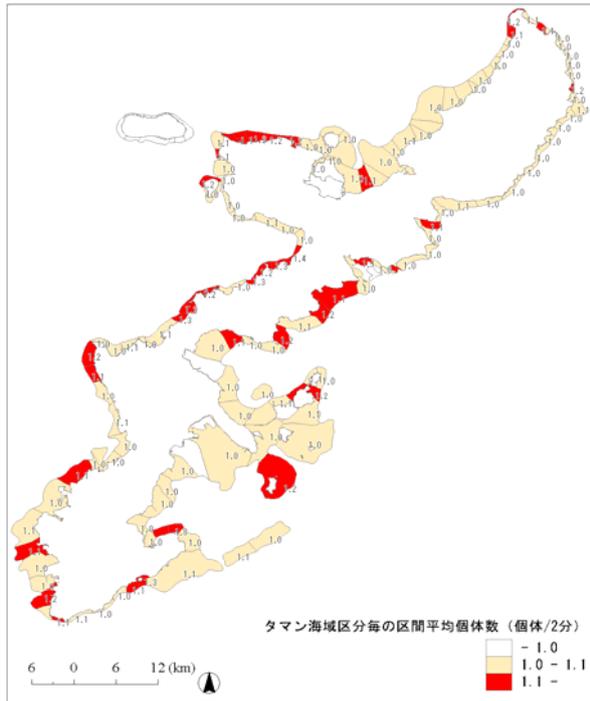
マンタ法調査では、漁業資源を調査する目的で、タマン、イラブチャー、ミーバイ、グルクン、ミジュン、カハジャーについて個体数をランク分けして記録した。また、観光資源を調査する目的で、チョウチョウウオ、ヒロサーについて個体数をランク分けして記録した。それぞれの調査結果を、海域区分（自然地理的ユニット）毎に平均化し図2-1-33と図2-1-34に示し（図中-1.0は確認個体数0を示す）、下表にまとめた。但し、事業の性格上、調査は概況把握に留めており、季節や時間帯に関し厳密な調査設定をしていないことから、異なる季節や時間帯では今回の結果と異なる可能性があることに留意する必要がある。

タマンやイラブチャーは沖縄島の両岸で比較的多くみられ、カハジャーとチョウチョウウオは東海岸で多く、西海岸で少なかった。ミーバイやグルクンは少ないながらも確認されたが、ヒロサーやミジュンは両岸でほとんどみられなかった。その他、古宇利島礁池や残波岬礁池、与勝半島～津堅島間礁池などでは稀にエイ類の分布がみられ、中城湾ではマクブーの大型個体が比較的多く確認された。

表2-1-16. 魚類調査の結果

魚種	海域（沖縄島）	相対的な多寡
タマン	東海岸	多
	西海岸	多
イラブチャー	東海岸	多
	西海岸	多
カハジャー	東海岸	多
	西海岸	少
チョウチョウウオ	東海岸	多
	西海岸	少
ミーバイ	東海岸	少
	西海岸	少
グルクン	東海岸	少
	西海岸	稀
ヒロサー	東海岸	稀
	西海岸	稀
ミジュン	東海岸	稀
	西海岸	稀

一般名などで記録し、タマンはハマエビなどエビ類、イラブチャーはブダイ類、ミーバイはウチ類、カハジャーはモガラカハギ類、チョウチョウウオはチョウウオ類、ヒロサーはカササギウオ、グルクンはカサゴ類、ミジュンなどはミジンやササガなどとした。



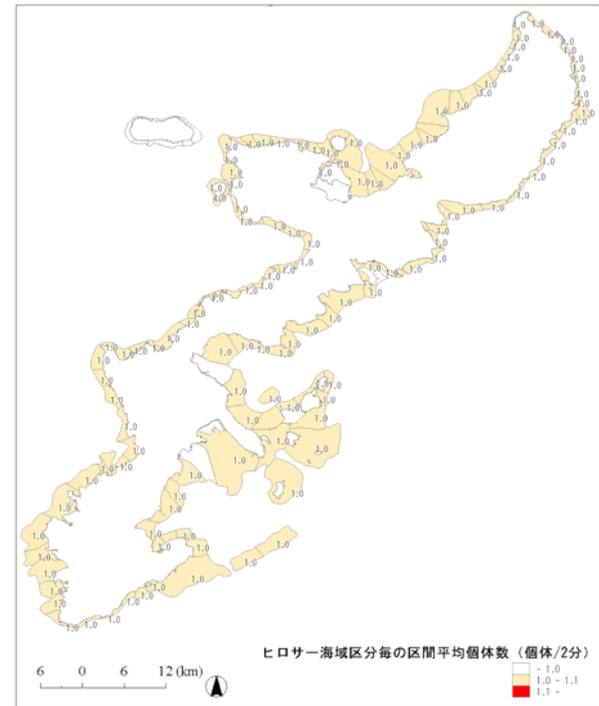
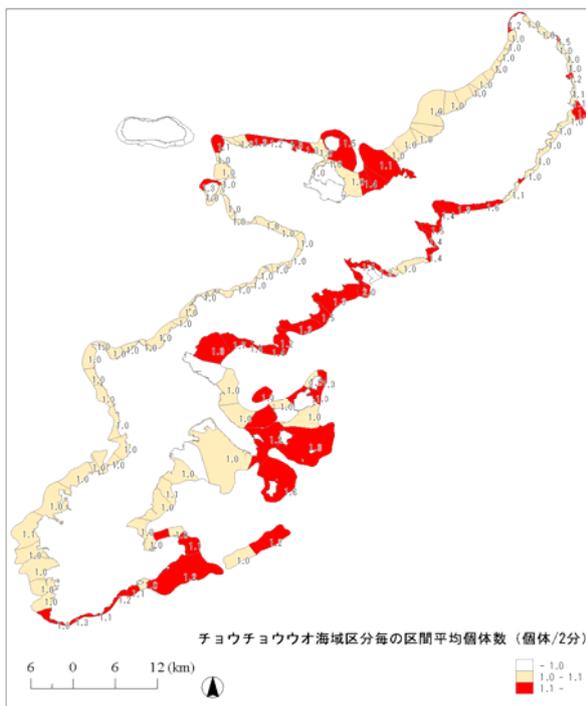
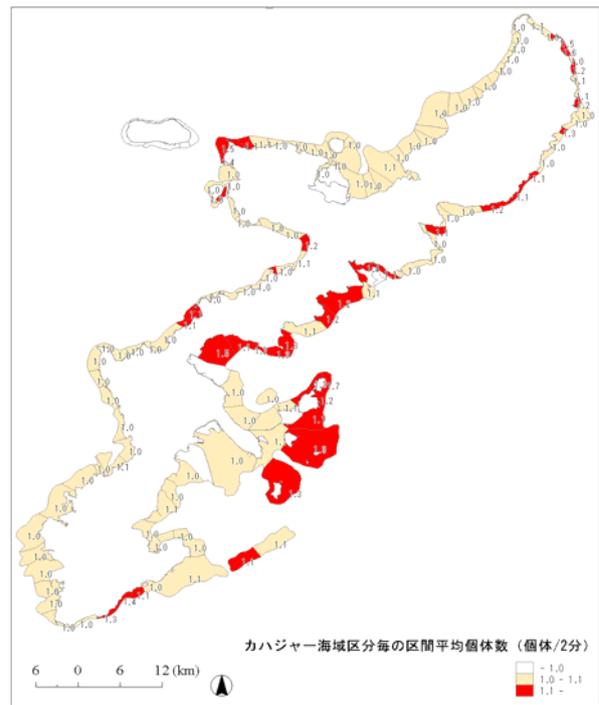
以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方。WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図2-1-33. マンタ法による魚類の海域区分毎の区間平均個体数（その1）

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方。WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図2-1-34. マンタ法による魚類の海域区分毎の区間平均個体数（その2）

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。

(4) ウミガメ類・ウミヘビ類

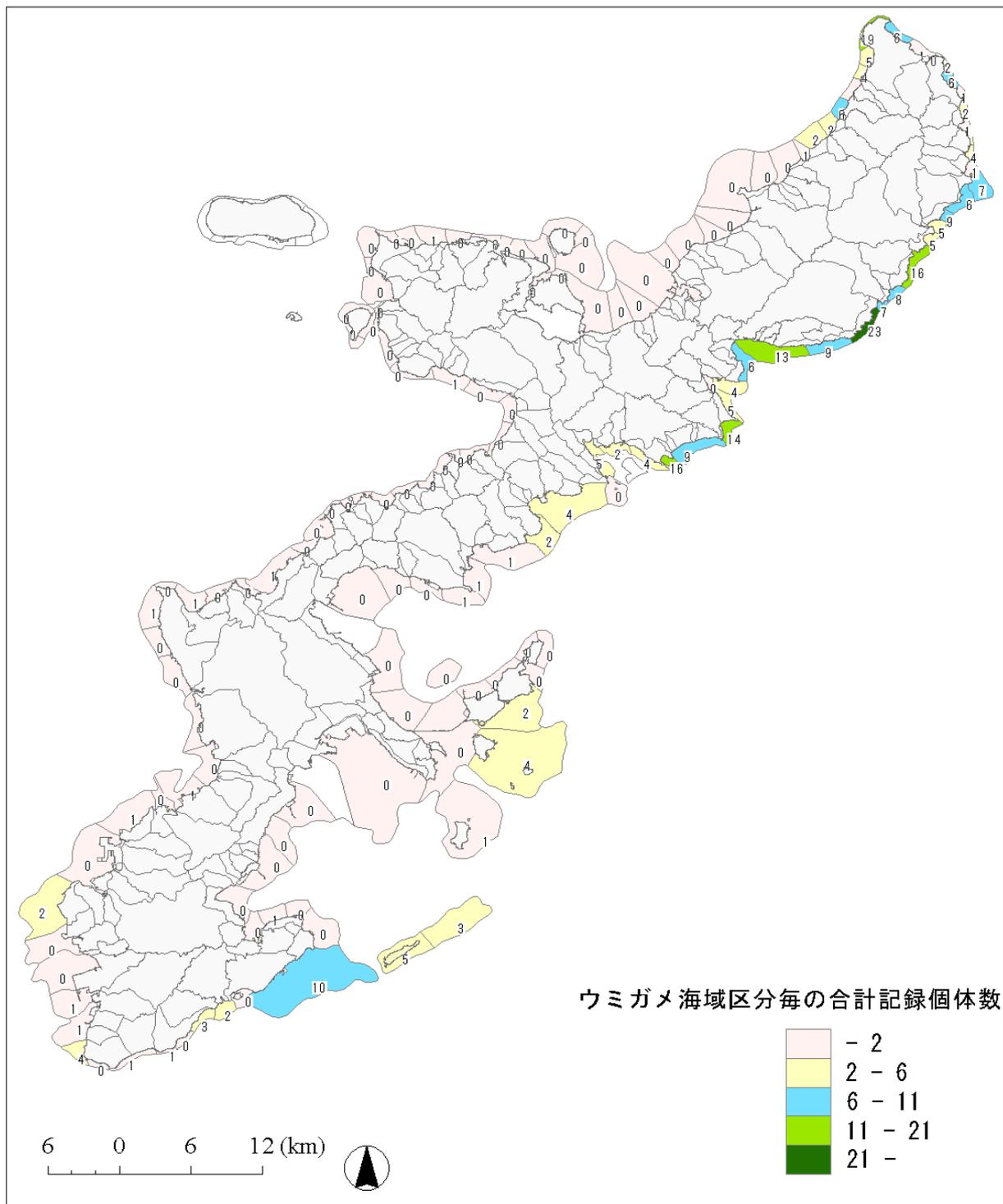
マンタ法で確認されたウミガメ類とウミヘビ類の個体数を、海域区分（自然地理的ユニット）毎に平均化した結果を図2-1-36と図2-1-37に示す。

ウミガメ類はサンゴ礁生態系の一員であり、漁業資源としてだけでなく観光資源としても重要である。沖縄島の南部と北部で主にみられ、特に北部の東海岸で多かった。沖縄島北部東海岸は人の立入が少ない砂浜が多く、背後が崖地となっているなど市街が広がっていないことが関係する可能性がある。確認された個体数が20個体以上の海域は、高江-ギナン崎（東村）であった。また、確認された個体数が5~20個体の海域は、西海岸では、辺野喜-宇嘉・宜名真-ユツパ崎、東海岸では、赤崎北・伊部-カツセノ崎・チュラサク-慶佐次（東村）・天仁屋崎-安部オール島（名護市）・知念岬-クマカ島-新原（南城市）であった。

ウミヘビ類のなかで、特にイイジマウミヘビは、サンゴ群集に依存する複数種のスズメダイ類の卵を専食する。従って、ウミヘビ類には多種のスズメダイ類が生息可能な良好なサンゴ群集の存在が不可欠であると考えられる。ウミヘビ類は、沖縄島の両岸の広い範囲でみられたが、北部では少ない傾向がみられた。確認された個体数が5個体以上の海域は、西海岸では、瀬長島-那覇空港・渡具知-都屋（読谷村）・許田-数久田（名護市）、東海岸では、海中道路南北両岸-浜比嘉島西-藪地島東-カンナ崎（うるま市）であった。



図2-1-35. 調査で確認されたウミヘビ類



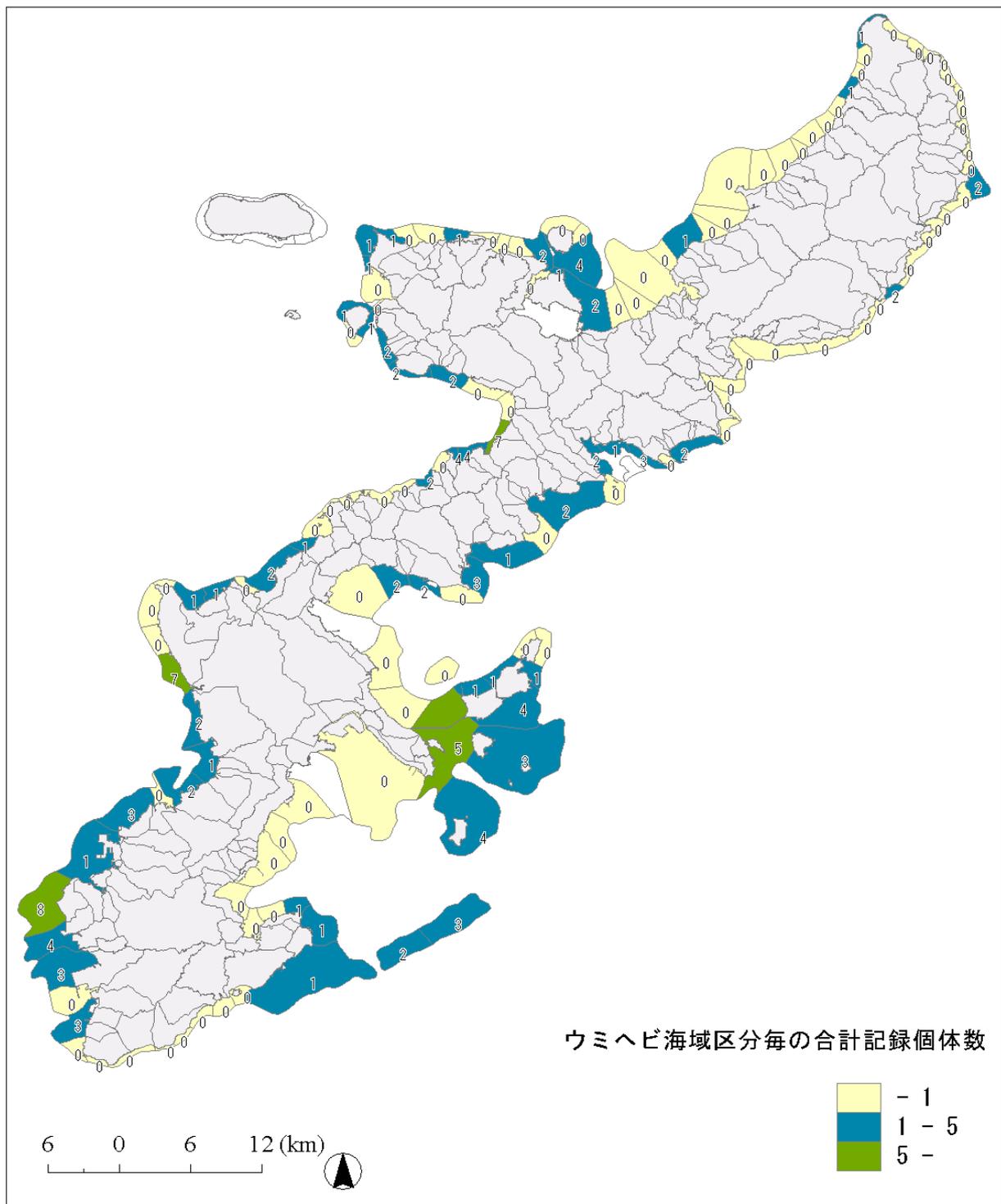
以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図 2-1-36. マンタ法によるウミガメ類の海域区分毎の合計記録個体数

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方、WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図2-1-37. マンタ法によるウミヘビ類の海域区分毎の合計記録個体数

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。

2-3. かく乱要因調査結果

2-3-1. 赤土等堆積概況

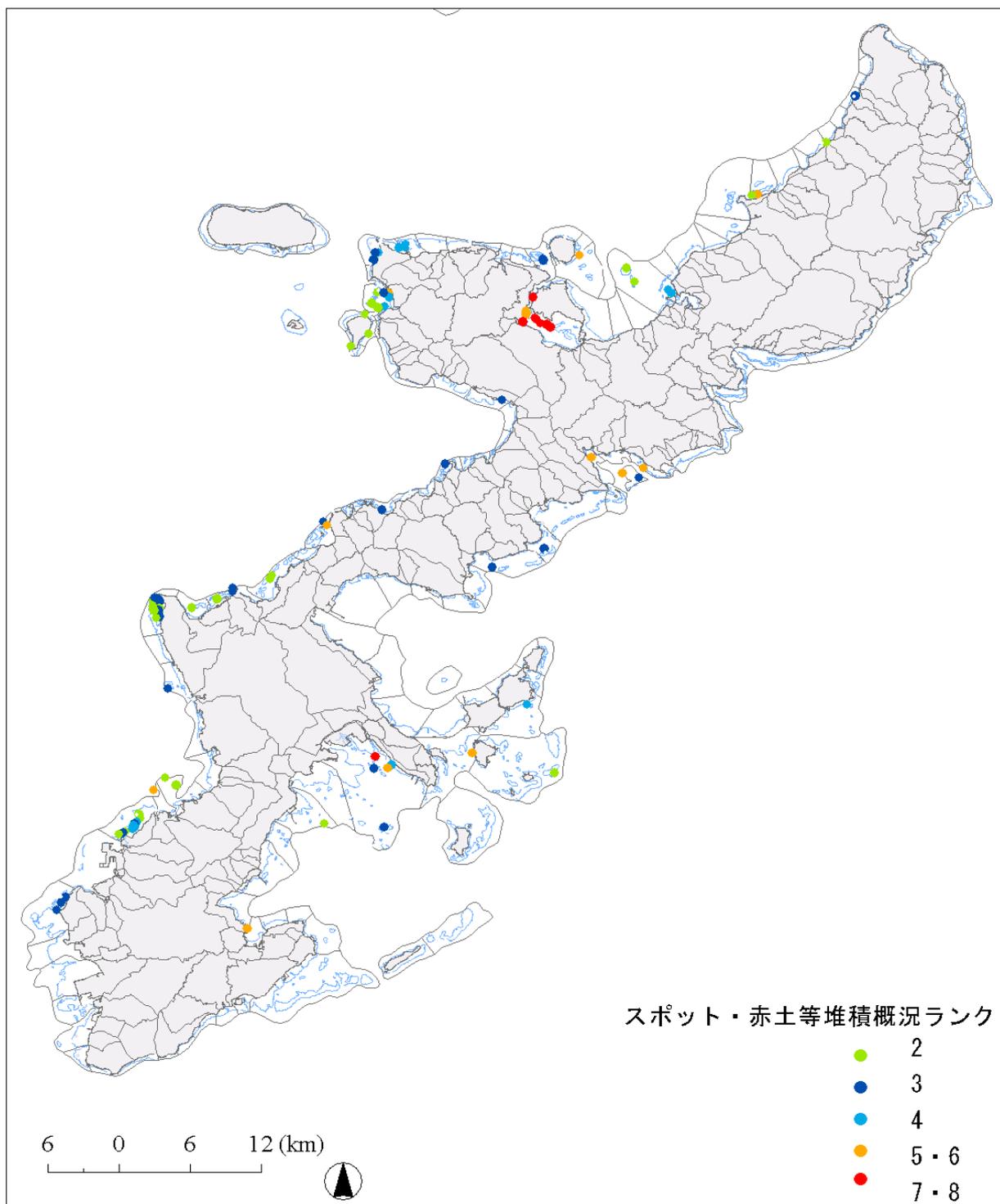
スポットチェック法による現地観測の赤土等堆積概況の結果を図2-1-38に示す。羽地内海礁池及び、大浦湾、与勝半島南西海岸、泡瀬礁池などの海域は、ランクが特に高い（ランク5「少し堆積する」以上）地点が確認された。

2-3-2. 底質

マンタ法による調査測線上の底質は「岩」が最も多く（64.8%）、続いて「砂」、「れき」の順であった。サンゴ群集が主に生息可能な「岩」と「岩とれき」を合計した割合は7割以上であった。

表2-1-17. マンタ法における優占する底質の割合。（合計が100%とならないのは、データ無しの区間があるため）

底質	割合 (%)
岩	64.8
れき	10.8
砂	15.1
泥	0.0
岩とれき	2.9
砂とれき	1.7
岩と砂	0.8



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方．WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

図2-1-38. 赤土等堆積概況ランク

2-3-3. 濁り

セッキ板を用いて測定された透明度の結果（29地点）を海の濁りの指標として図2-1-40に示した。調査は午前11時～午後3時の時間帯に、水深が30m以上の地点で実施された。調査の結果、うるま市ウキバル西や伊計島東、東村ギナン崎東で透明度が25m以上と高かった。一方、金武町伊芸では透明度10m以下と低く、濁っていた。喜屋武岬～残波岬の海域では透明度が10-20mとやや濁っている傾向がみられたが、他の海域では透明度が10-20mの地点と20m以上の地点が混在していた。

この他、マンタ法調査では赤土流出などの大規模な汚濁は確認されなかったものの、塩屋～源河（大宜味村）と砂辺～安良波（北谷町）の区間や谷茶・与那・赤丸岬・安波（国頭村）、古宇利島東・崎山（今帰仁村）、数久田（恩納村）、平安座島北西（うるま市）、那覇港（那覇市）、東浜・当添（与那原町）、港川（八重瀬町）、喜屋武（糸満市）などの地点で濁りが記録された。

2-3-4. その他かく乱要因

<海中ゴミ>

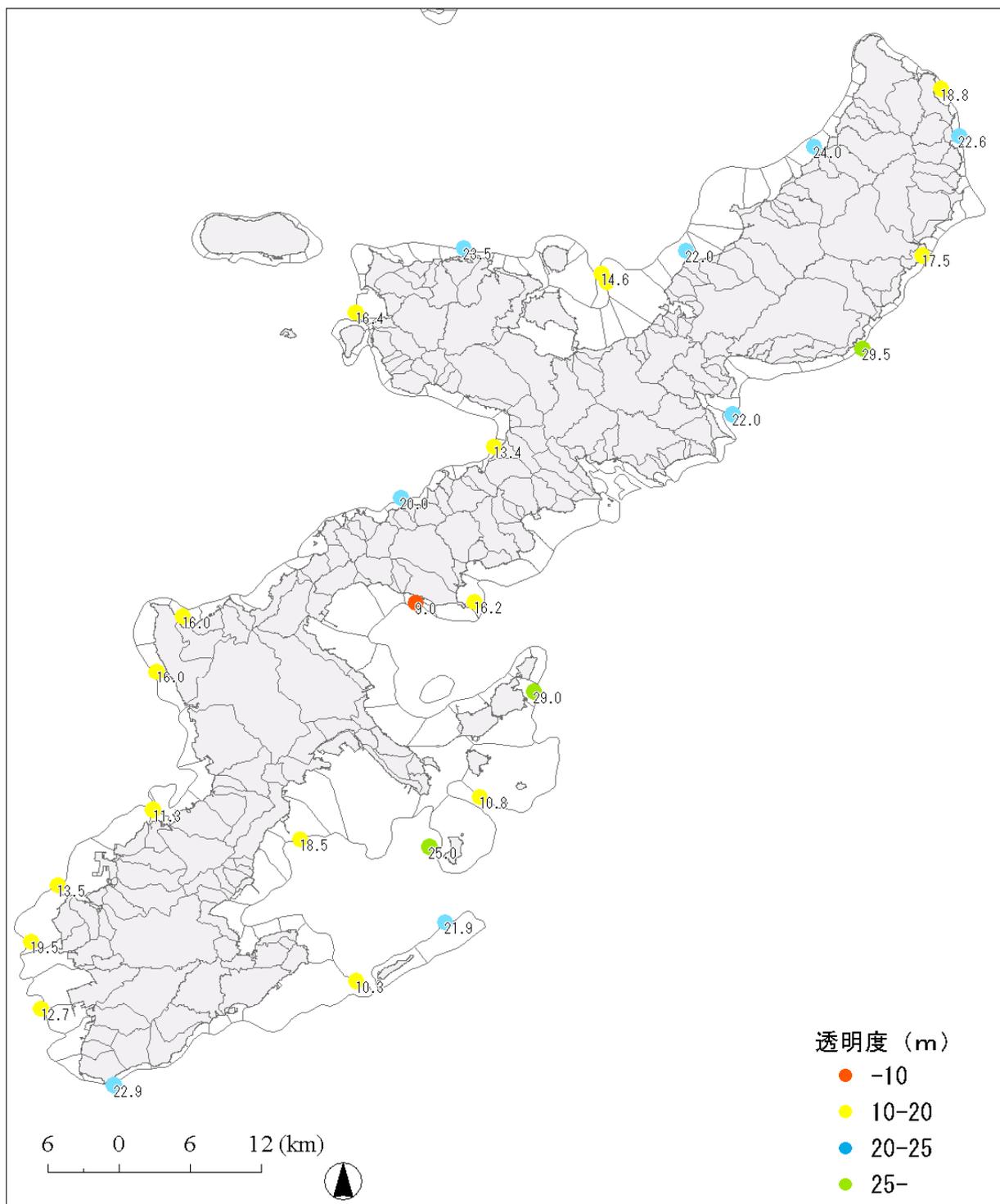
マンタ法およびスポットチェック法による調査では、目立ったゴミの影響はみられなかった。ただし、中城湾内の離礁や与勝半島東礁池、金武・中城両湾内、古宇利島南、知念半島南、喜屋武岬～大嶺崎などの広い礁池では、鉄筋や魚網、コンクリート製または石灰岩製の岩や構造物などが確認された。鉄筋はもずくなどの養殖用に設置され、利用されていない状態が長く続いているとみられる。また、コンクリート製の構造物などは、魚礁として設置されたものと思われる。

<埋め立てや浚渫、汚濁>

埋め立てや浚渫はマンタ法およびスポットチェック法による調査では、後述する資料調査で挙げられた事項以外では確認されなかった。



図2-1-39. 埋め立て工事の様子



以下の参考文献をもとに作成
 陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課
 海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図 2-1-40. 沖縄島周辺の透明度 (m)

2-4. 現況調査の結果まとめ

沖縄島周辺は、大部分でサンゴ群集の被度が低い、部分的に高い被度の群集がみられた(図2-1-41(1)~(4))。沖縄島周辺では、ハナヤサイサンゴ類とハマサンゴ類が優占するサンゴ群集が大部分であり、サンゴ礁で一般的な卓状ミドリイシ類が優占する海域は部分的であった。また、沖縄島周辺でみられた卓状ミドリイシ類の群体の殆どは直径20cm以下であり、直径1mを超える群体は限られた地点でしか確認されなかった。このことから、近年の度重なる大規模な攪乱の影響は沖縄島周辺全域に及んでおり、現在は程度の差こそあれ全般に回復過程にあると考えられた。今後の回復は、ミドリイシ類を中心にすすむと想定すると、現時点で高い被度を維持している海域に加え、ミドリイシ類の大型群体が確認された地点やオ同じく小型群体の密度が比較的高い地点を中心にして、群体の成長と新規の加入を繰り返しすすんでいくと考えられる。

他方の被度が高いサンゴ群集は、沖縄島周辺に散在し、これらの多くは卓状ミドリイシ類が優占する群集であった。湾内など遮蔽的な環境にある被度の高いサンゴ群集では、ハマサンゴ類が優占するか多種が混成するなど特徴的な群集がみられた。特に、沖縄島西側の礁池には被度の高いサンゴ群集が多くみられ、これらは主にコモンサンゴ類やハマサンゴ類が優占するかこれらを含む多種が混成するなど特徴的な群集であった。

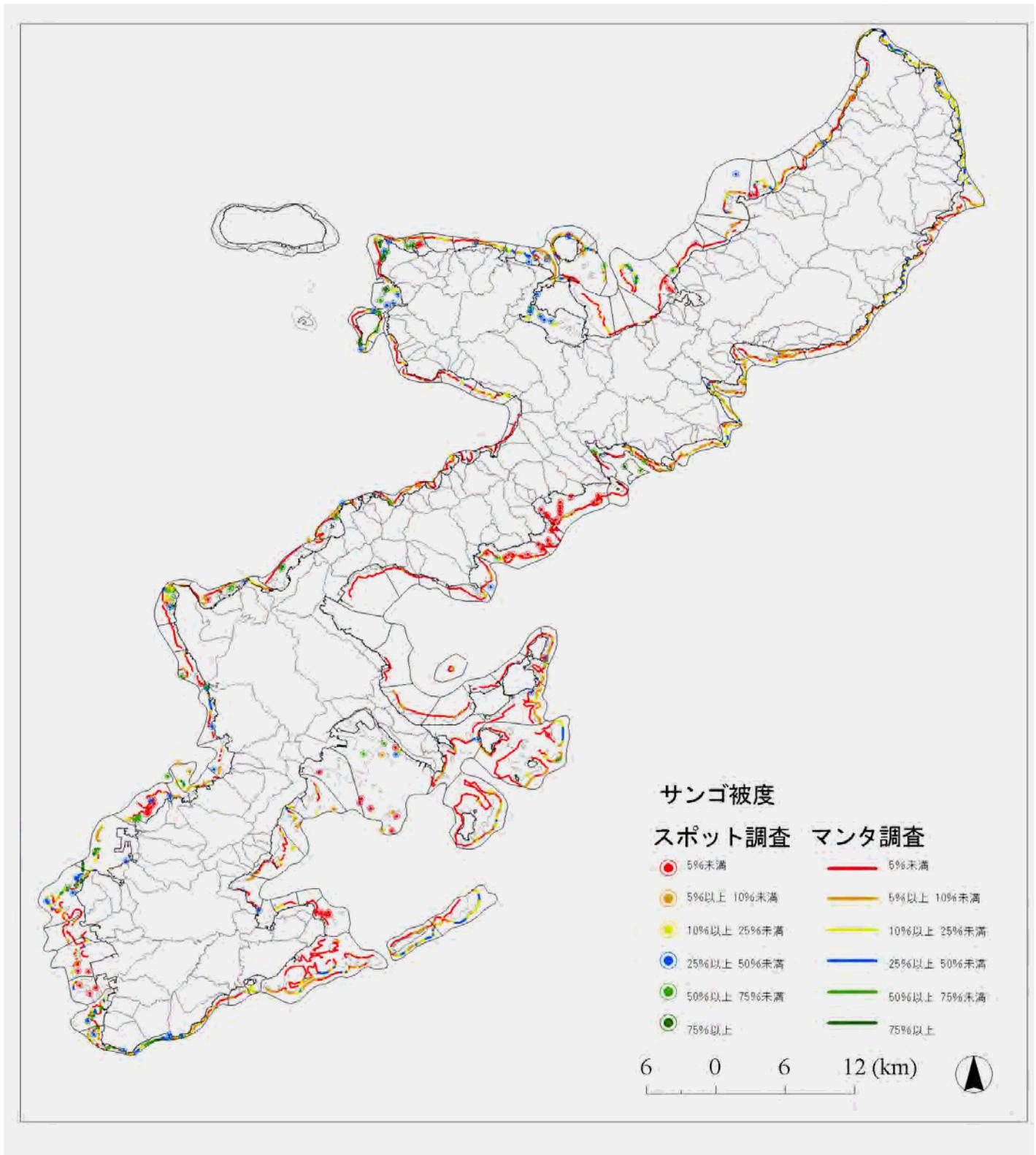
沖縄島周辺では一帯のサンゴを食べ尽くすようなオニヒトデの大発生は確認されなかったものの、オニヒトデ個体数は、本部町備瀬及び恩納村長浜で比較的多かった。しかし、オニヒトデの食痕数が多く確認されている地域(摩文仁周辺や宜野湾~浦添周辺、古宇利島周辺など)では、今後オニヒトデの大発生を注意深く監視する必要がある。サンゴ食巻貝類は空寿崎(浦添市)及び残波岬(読谷村)、備瀬崎(本部町)周辺の礁池で確認され、テルピオスは左手(国頭村)及び塩屋(大宜味村)、安和(名護市)周辺の礁斜面で確認されたが、いずれも深刻な状況ではなかった。

ソフトコーラルおよび海藻の分布は共に、沖縄島全体の8割以上の範囲で10%以下の低い被度であった。ソフトコーラルの被度ランクが高かった海域は主に空寿崎~残波岬の広い範囲でみられ、海藻の被度ランクが高かった海域は知念岬南や海中道路北岸~海中道路南岸~浜比嘉島周辺~津堅島北~宮城島南の比較的水深が深い礁池的な環境でひろく確認された。

沖縄島周辺では、イラブチャーやタマンが比較的全域でみられた一方で、ヒロサーやミジュンなどはほとんどみられなかった。ウミヘビ類は中城湾内や北部西海岸などを除く全域で確認され特に大嶺崎周辺や勝連半島周辺、残波岬南部、名護湾南岸で多く、ウミガメ類は沖縄島の南部と北部の東岸で多く、安田ヶ島~安部オール島で特に多かった。

沖縄島周辺のサンゴ礁におけるかく乱要因の中で、赤土等堆積の程度は羽地内海礁池や大浦湾、勝連半島南西海岸、泡瀬礁池などの海域で高かった。また、濁りの状況を示す透明度は金武湾で低く、沖縄島南西の海岸でやや低い傾向がみられ、同時に実際の濁りが塩屋~源河や砂

辺～安良波などの区間で確認され、これらへの対策が必要だと考えられる。



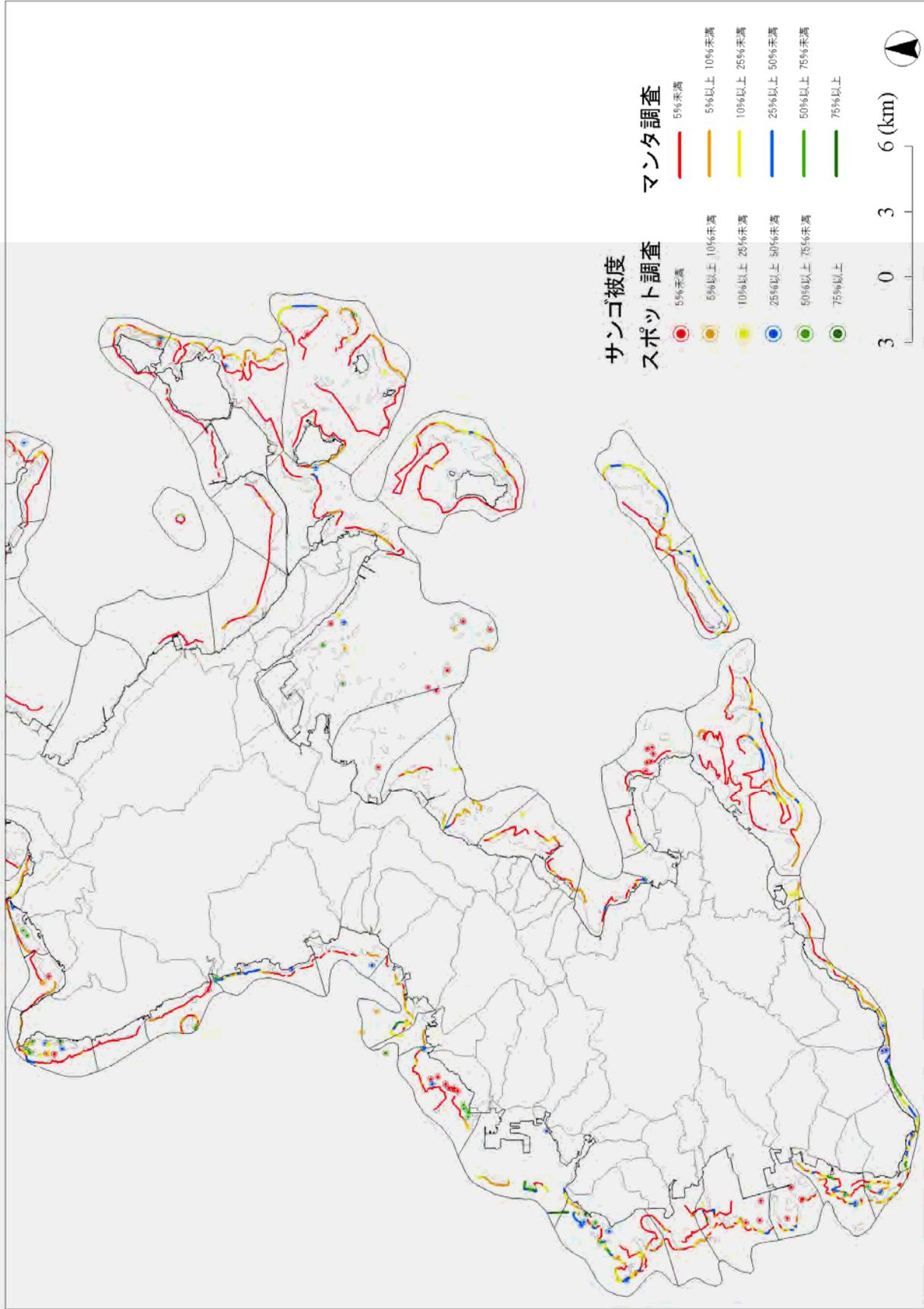
以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方、WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書、p46-47

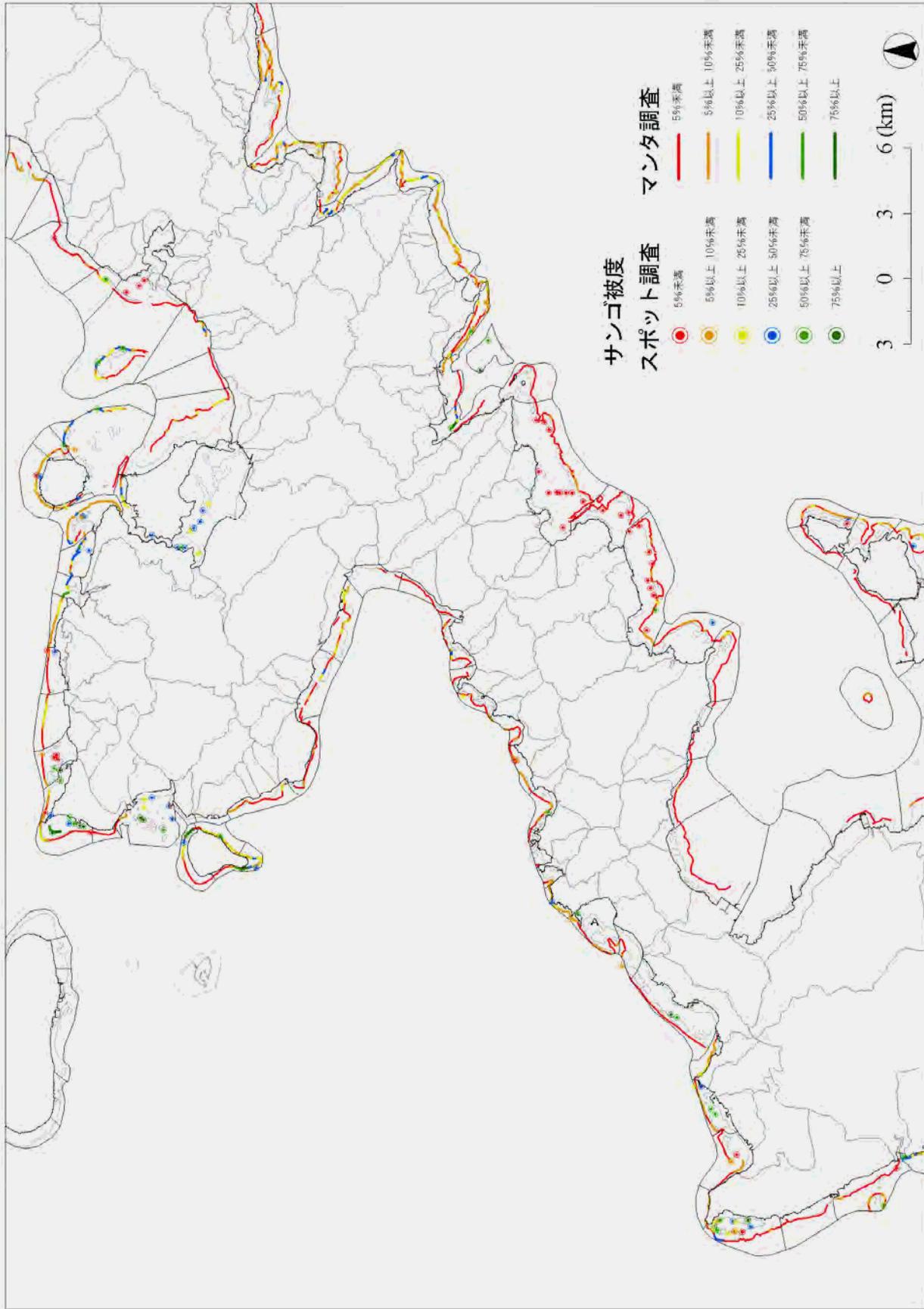
低潮線：（財）日本水路協会、海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ

図 2-1-41 (1). マンタ法およびスポットチェック法によるサンゴ被度まとめ



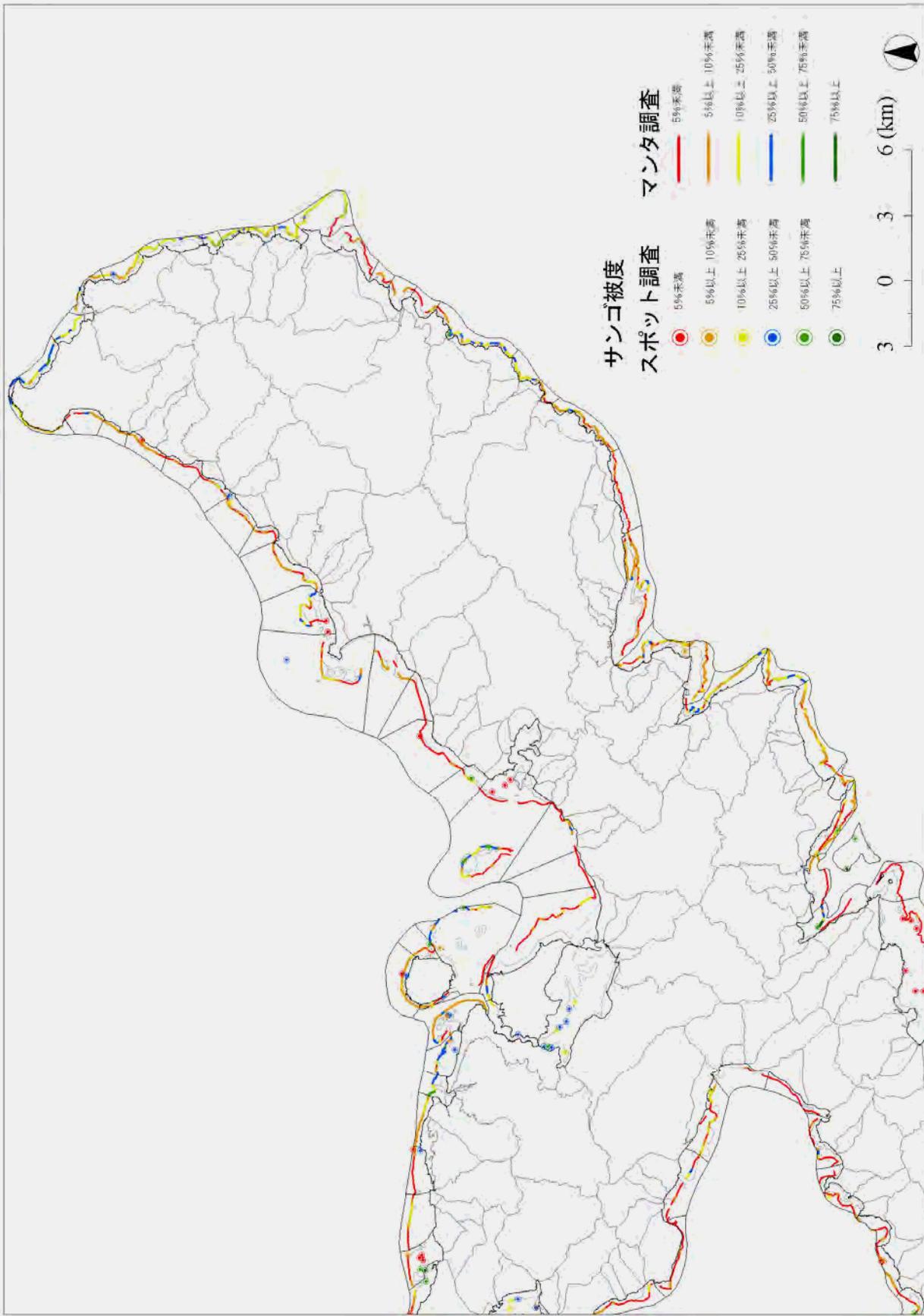
以下の参考文献をもとに作成
 陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課
 海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方、WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書、p46-47
 低潮線：（財）日本水路協会、海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ

図 2-1-4-1 (2). マンタ法およびスポットチェック法によるサンゴ被度まとめ



以下の参考文献をもとに作成
 陸域区分：沖縄県環境保全課 (2006) 平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課
 海域区分：中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方、WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書、p46-47
 低潮線：(財)日本水路協会、海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ

図 2-1-4-1 (3). マンタ法およびスポットチェック法によるサンゴ被度まとめ



以下の参考文献をもとに作成
 陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課
 海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方、WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書、p46-47
 低潮線：（財）日本水路協会、海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ

図 2-1-4-1 (4). マンタ法およびスポットチェック法によるサンゴ被度まとめ

第2節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集及びそのかく乱要因の変遷

1. サンゴ群集の変遷

現在の沖縄島周辺のサンゴ群集が過去と比較してどのような状況にあるのかを評価するために、サンゴ群集の変遷、特に被度に関して、過去の調査結果を整理した。沖縄島周辺では全域のサンゴ群集の変遷が比較可能な、長期にわたる同一手法、同一地点による継続的な調査は実施されておらず、個別または断続的な調査に限られている。その中で、沖縄島周辺の広域で、過去複数回にわたり実施され、同時期に同一手法で実施され、本事業で実施した調査と比較可能な、以下の調査を対象とした。

- ・ 沖縄島周辺で実施された広域概況調査（マンタ法調査；1990年）
- ・ 沖縄島周辺 62 地点で実施された簡易遊泳観察調査（1972年～2001年）
- ・ 沖縄島周辺で実施されたスポットチェック法調査（2004年～2008年）

なお、調査結果を整理するにあたり、陸域の集水域に相当する海域区分を用いた。採用した海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えている。「第4節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因の分析」の項で詳細を示す。

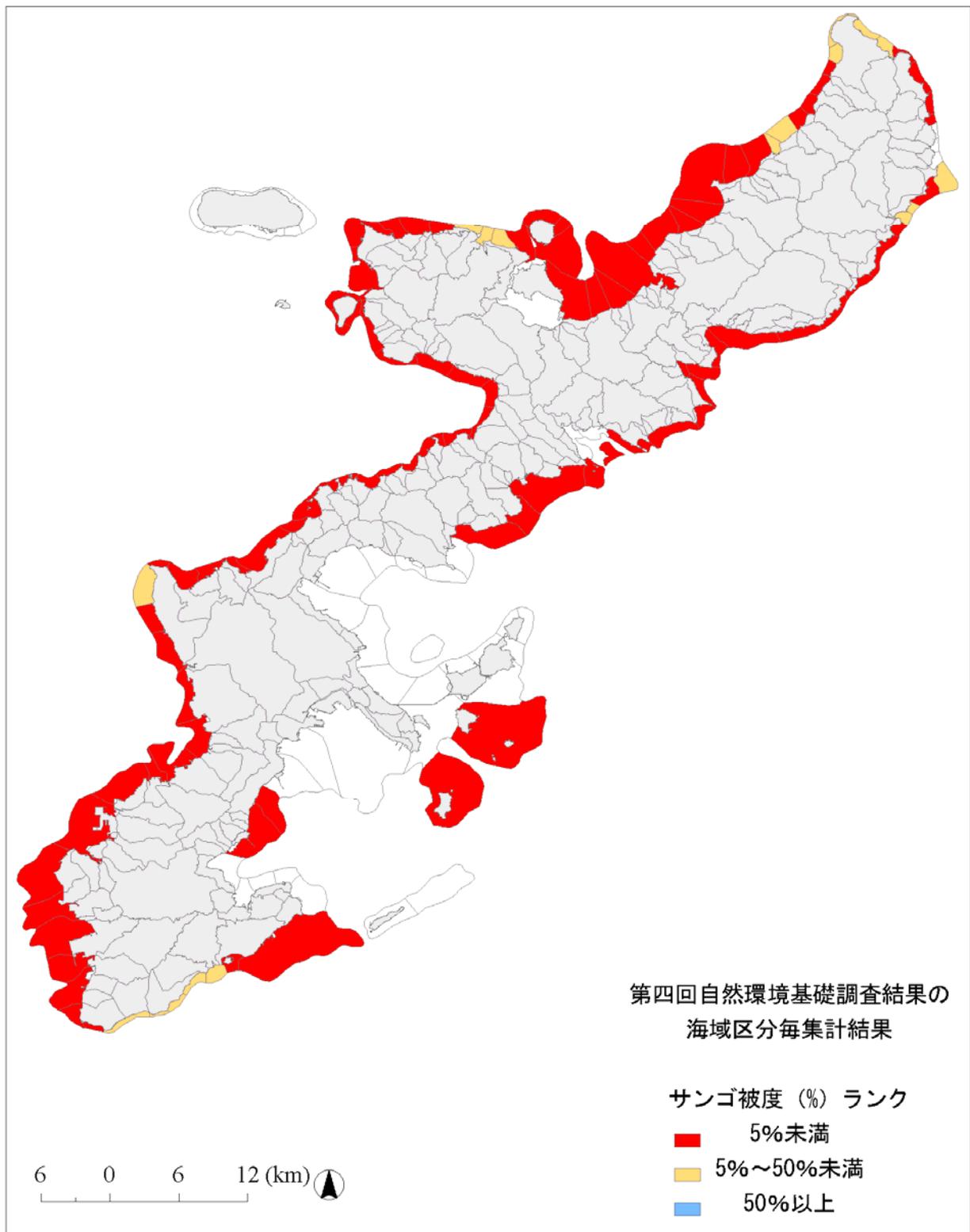
1-1. 広域概況調査（マンタ法調査；1990年）

本事業で実施したマンタ法調査の結果と比較可能な既存資料は、環境庁が1990年～1992年に実施した「第四回自然環境保全基礎調査」による調査の結果である。第四回自然環境保全基礎調査では、沖縄島周辺の調査は1990年に実施されており、今回実施したマンタ法を採用している。厳密な調査側線は同一ではないものの、対象範囲を沖縄島周辺全域のサンゴ礁の浅い礁斜面に設定しているなど、ほぼ同様な範囲が調査されている。サンゴ類に関しては被度が三段階の階級（5%以下、5%-50%、50%以上）で記録されており、前述の自然地理的ユニットで分けた海域区分で再集計（平均）した結果を図2-2-1に示す。

沖縄島周辺のサンゴ被度は1990年の時点でも多くの場所で5%未満であり、南部の一部や、本部半島の一部、辺戸岬周辺など北部地域の一部などの限られた範囲で被度が高い群集が存在し、平均被度が高い海域となった。特に、サンゴ被度が高かった場所は、崎山-渡喜仁（今帰仁村）及び辺戸岬-奥漁港（国頭村）、具志頭-摩文仁（八重瀬町）であった。

表2-2-1. 1990年時点でサンゴ被度が高かった海域.

	海域
西海岸	今帰仁村崎山-渡喜仁、国頭村与那-佐手 読谷村残波岬
東海岸	国頭村辺戸岬-奥漁港、国頭村安田ヶ島 八重瀬町具志頭-摩文仁



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47
 環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992年）サンゴ礁分布図。環境庁
 独立行政法人国立環境研究所（2008）平成20年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書。環境省

図2-2-1. 第四回自然環境基礎調査結果の海域区分毎の集計結果

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の集水域に相当する海域区分。

1-2. 簡易遊泳観察調査（1972年～2001年）

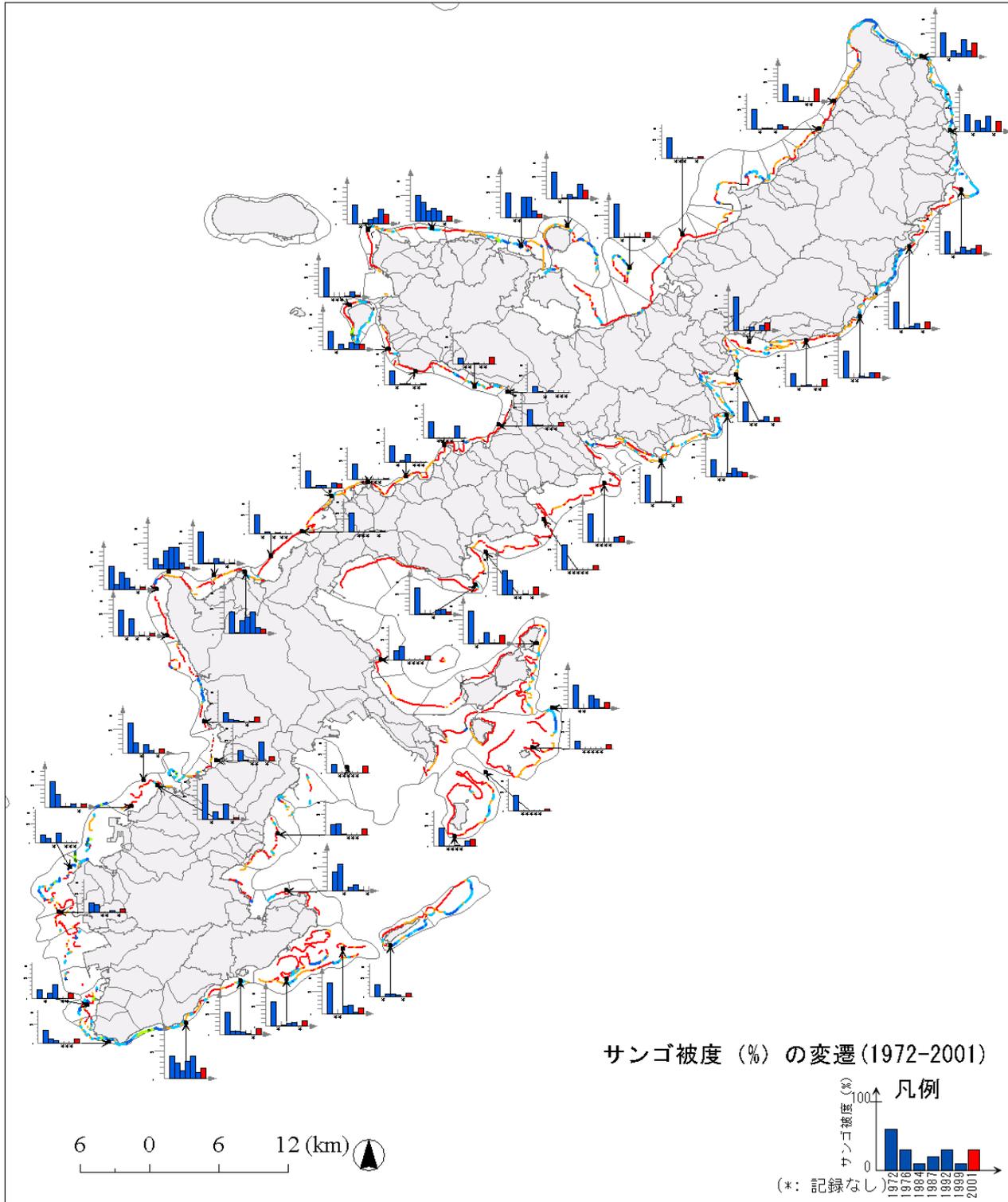
簡易遊泳観察調査はサンゴ礁のある一定の範囲（数十メートル程度）を遊泳し、サンゴ類等の状況を観察する手法である。沖縄島周辺のサンゴ群集の調査は1972年から実施されており、調査地点数は調査年により変化があるが、62地点が記録されている。ただし、これらの地点は、過去の調査地点とほぼ同一の地点であるが、数年の間でサンゴ被度が極端に増減している地点は、調査地点がずれている可能性もある。ここでは沖縄島周辺における過去からのサンゴ群集の変遷を追うために、沖縄島周辺で実施されたサンゴ類の調査について整理した。

環境庁（1973）によって設定された沖縄島周辺の全62地点において、1972年、1976年、1984年、1987年、1992年、1999年、2001年にそれぞれ調査・記載されたサンゴ被度を集計した。集計結果を図2-2-2に示す。但し、サンゴ被度が階級で表現されている場合は中央値を用い（例えば、10-25%の場合は17.5%）、サンゴがほとんどみられなかった場合は1%とした。

過去の調査において以前サンゴ被度が高かったが何らかの原因で被度が低下し、その後再び増加している地点は、表2-2-2に示した海域にある全62地点中12地点であった。これらの地点はオニヒトデや白化などの攪乱を受けてもサンゴ群集が回復しやすい海域であると考えられる。

表2-2-2. サンゴ群集が回復しやすいと考えられる海域.

	海域
西海岸	今帰仁村崎山～備瀬、恩納村真栄田岬 読谷村残波岬、那覇市那覇空港、
東海岸	国頭村奥～安田ヶ島、うるま市宮城島ミルチビシ 糸満市摩文仁



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方．WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47
 環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992 年）サンゴ礁分布図．環境庁
 独立行政法人国立環境研究所（2008）平成 20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書．環境省

図 2-2-2. 簡易遊泳観察調査によるサンゴ被度の変遷 (1972～2001 年)

1-3. スポットチェック法調査（2004年～2008年）

本事業で実施したスポットチェック法調査の結果と比較可能な調査として、環境省が2004年から毎年実施している「モニタリングサイト1000サンゴ礁調査」がある。モニタリングサイト1000サンゴ礁調査は、今回実施したスポットチェック法を採用しているうえ、ほぼ同一地点で実施されているため、経年の比較が可能である。ただし、数年の間でサンゴ被度が極端に増減している地点は、調査地点がずれている可能性もあるため、注意が必要である。モニタリングサイト1000で実施した調査内容は本事業で実施した項目と同様であるが、ここではサンゴ被度、大型卓状ミドリイシ群体の平均直径、小型ミドリイシ群体の平均密度について整理した。

環境省によるモニタリングサイト1000サンゴ礁調査で、2004年から2008年にかけて実施された沖縄島周辺（礁斜面39地点と礁池12地点で全51地点）の調査結果を集計し比較した（データがない場合は0として集計）。集計結果を図2-2-3～図2-2-5に示す。

全般的に、サンゴ被度は低いが2004年以降増加傾向にあるといえる（図2-2-3）。特に、表2-2-3に示したとおり、被度が増加あるいは比較的良好な状態で安定している地点は礁斜面の全39地点中16地点の41%であった。僅かに増加傾向を示す地点は礁斜面の16地点（41%）で、7地点（18%）は低い被度が継続していた。

表2-2-3. 近年においてサンゴ被度が高い海域.

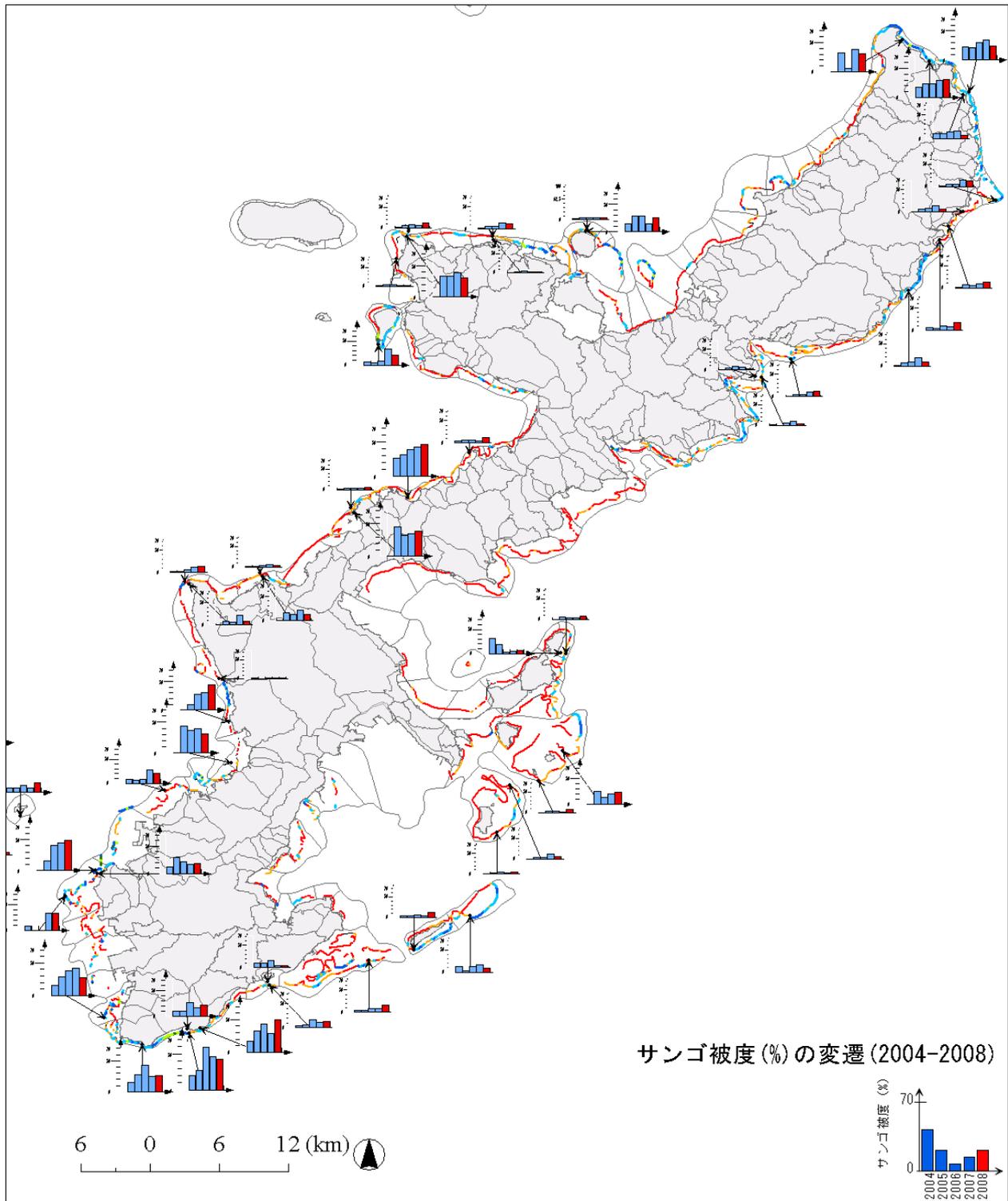
	海域
西海岸	今帰仁村古宇利島北、本部町備瀬、恩納村安富祖 北谷町砂辺～宜野湾市伊佐、那覇市那覇空港、糸満市喜屋武
東海岸	国頭村奥、糸満市摩文仁

大型卓状ミドリイシ群体の平均直径（ $\phi > 20\text{cm}$ ）も、全般的には低い数値ながら回復傾向を示していた（図2-2-4）。一方で、中部の東西両海岸では未だ回復が見られない海域も確認された。増加あるいは比較的良好な状態で安定している海域は表2-2-4のとおりで、礁斜面の全39地点中16地点の41%であった。卓状ミドリイシ群体（ $\phi > 20\text{cm}$ ）がほとんどみられない地点は12地点（31%）であった。

表 2-2-4. 近年において卓状ミドリイシ群体平均直径が大きい海域.

	海域
西海岸	本部町瀬底島、北谷町砂辺～宜野湾市伊佐 那覇市那覇空港
東海岸	国頭村奥、糸満市摩文仁～喜屋武岬

小型ミドリイシ群体平均密度は全ての地点で 5 群体/0.25m² 以下と低いものの、継続的に加入していることを示している (図 2-2-5)。但し、恩納村の数地点の礁斜面や恩納村や伊計島、古宇利島などの礁池では特に低い密度が続いていた。

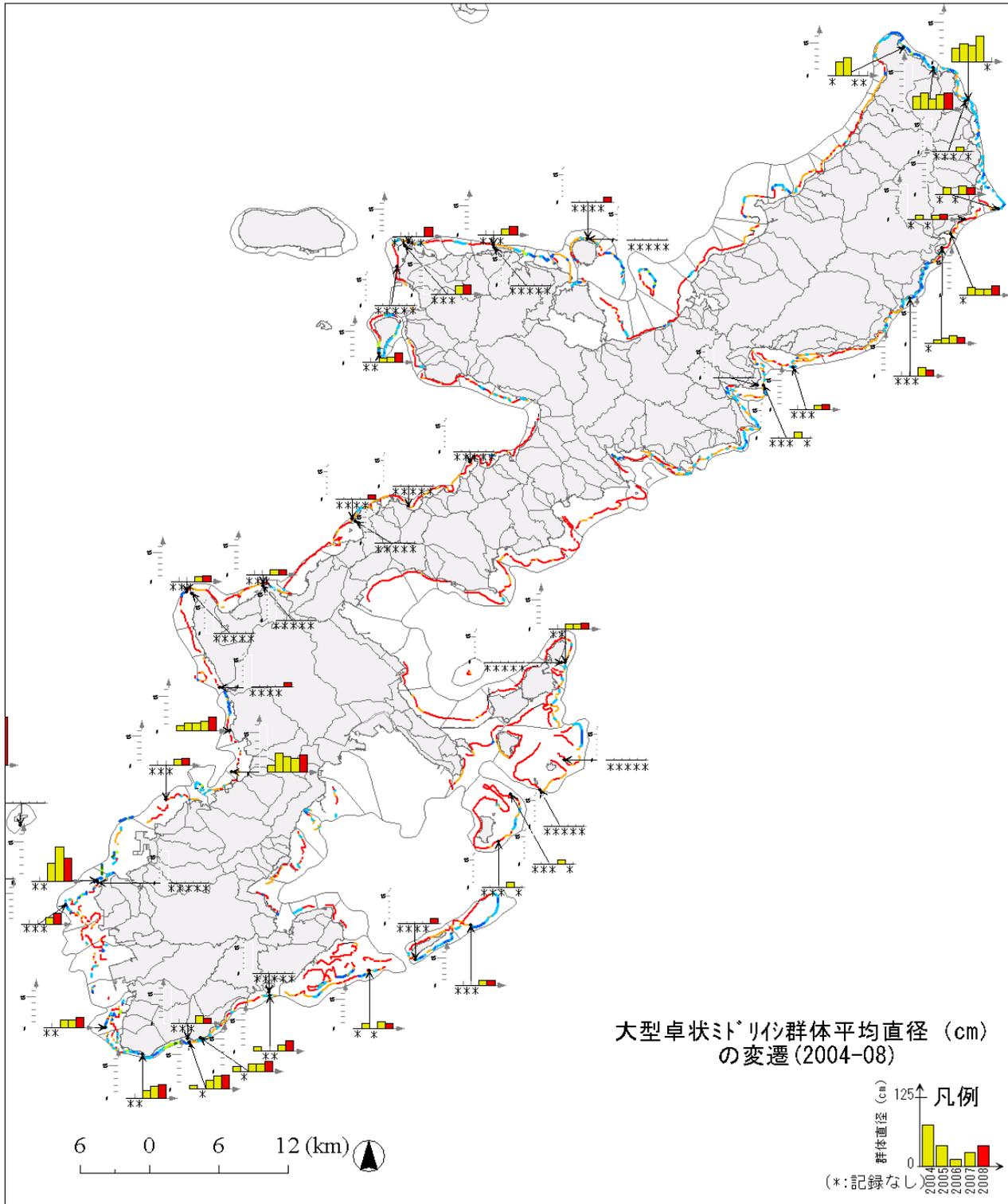


以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47
 環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992 年）サンゴ礁分布図。環境庁
 独立行政法人国立環境研究所（2008）平成 20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書。環境省

図 2-2-3. スポットチェック法によるサンゴ被度の変遷（2004～2008 年）

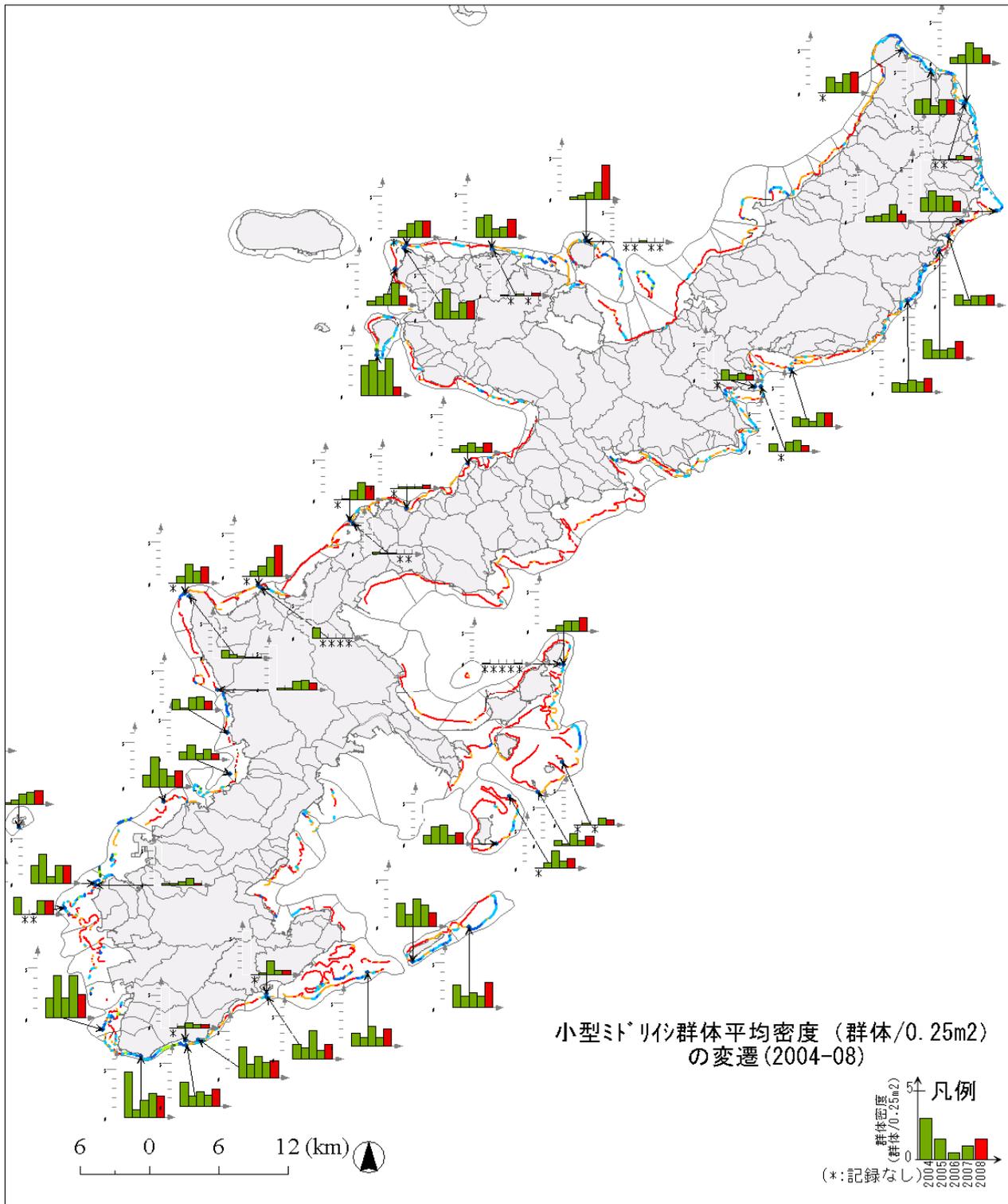


以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方。WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47
 環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992年）サンゴ礁分布図。環境庁
 独立行政法人国立環境研究所（2008）平成20年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書。環境省

図2-2-4. スポットチェック法による大型卓状ミドリシ群体平均直径の変遷 (2004～2008年)



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方．WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47
環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992年）サンゴ礁分布図．環境庁
独立行政法人国立環境研究所（2008）平成20年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書．環境省
環境省自然環境局生物多様性センター（2006）平成17年度重要生態系監視地域モニタリング推進事業（モニタリングサイト1000）サンゴ礁調査平成15～17年度取りまとめ報告書

図2-2-5. スポットチェック法による小型ミドリイシ群体平均密度の変遷（2004～2008年）

1－4． 沖縄島周辺のサンゴ群集の変遷

サンゴ群集の変遷を追うために、サンゴ被度に着目して過去の調査結果を整理した。

沖縄島周辺のサンゴ被度は1972年に初めてまとまった調査がされてから、2008年までの期間に断続的・部分的に実施されてきた。より広域で実施された1990年の調査も含め、長期にわたる被度の変化は「大幅な低下」であるとまとめられ、2004年以降の短期の被度の変化は地域間で程度の差は大きいものの「若干の回復傾向」にあると考えられた。

また、過去サンゴ被度が高かったが何らかの原因で被度が低下し、その後再び増加しているなど、攪乱を受けても回復しやすいと考えられる、辺戸岬周辺や那覇港周辺、喜屋武～摩文仁周辺などの海域の存在も明らかになった。

2. かく乱要因とその変遷

かく乱とは、サンゴ群集の様相を変化させるようなさまざまな要因のことで、オニヒトデによるサンゴの捕食や台風時の波浪による物理的な破壊などがある。特に大きなかく乱には、オニヒトデの大量発生や高水温による白化現象、赤土等の流入、埋め立てによる消失、水質の悪化などが挙げられる。また、観光業や漁業などの利用による直接・間接的な影響なども指摘される、これらは次章で取り上げた。

今年度は沖縄島周辺のかく乱の状況を、文献資料をもとに整理した。

表 2-2-5. サンゴ群集に影響を与える主なかく乱要因一覧

項目	サンゴへの影響
オニヒトデ	オニヒトデはサンゴを摂食するヒトデ類であり、たびたび大量発生することで、大きな被害をもたらしている。近年、沖縄島周辺では1994年に恩納村で大量発生が確認され、2002年ごろまで各地で大量発生が確認された。
白化現象	海水温をはじめとする生息環境の大きな変化によってサンゴがストレスを受け、褐虫藻との共生のバランスが崩れてしまうことで、サンゴの白化が引き起こされる。夏期に高水温が続いた1998年には、世界中の多くのサンゴが白化により死亡した。
赤土等の流入	雨により国頭マージなどの赤土等が河川を通じて海に流れ、海底に堆積する。サンゴ礁に赤土が堆積すると、サンゴが死亡したり、砂浜が赤くなり環境レクリエーションや、水産資源に影響を与える。
水質の悪化	汚濁水の流入による富栄養化などの水質の悪化はサンゴの石灰化や生殖機能などに影響を与えるなど、サンゴの生育環境を脅かすことでサンゴ礁の荒廃をもたらす。
埋め立てや浚渫	埋め立ては、埋め立てられた場所の生物が消滅するだけでなく、陸域とのつながりをも分断するため、生活史の中で海と陸を行き来する生物へも影響を与える。
その他	サンゴの病気や台風による直接的な破壊、過剰な利用、サンゴ食巻貝類による捕食などは、時にサンゴ群集に大きな影響を与える可能性がある。

なお、調査結果を整理するにあたり、陸域の区分は、沖縄県環境保全課（2006）の「赤土等流出危険度予測評価システム調査」結果の、地形図をもとに作成された流域区分を引用した。

「第4節沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因の分析」の項で詳細を示す。

2-1. オニヒトデの大量発生

2-1-1. サンゴ群集への影響と問題点

オニヒトデはサンゴを捕食する生物として有名であるが、自然界では生態系の一員としての役割を持ち、適切な生息密度を保ちながら生息している。しかし、何らかの原因でこのバランスが崩れることで、大量発生が起こると考えられている。オニヒトデの大量発生の原因については、現在も解明されていないことから、抜本的な対策は困難な状況にある。

沖縄県のオニヒトデの大量発生は、1957年頃から琉球列島を中心として、たびたび起こっていたことが記録されている。特に1970年代から1980年代にかけて、全県的な大量発生が起こり、壊滅的な被害を受けた。また、2000年頃からは、慶良間諸島で大量発生が起こり、近年、八重山・宮古など再び県内各地で大量発生が確認されている。

2-1-2. 沖縄島周辺における調査や対策

沖縄島周辺におけるオニヒトデの大量発生の記録を表2-2-6にまとめた。沖縄島周辺では1942年に瀬底島でオニヒトデが大量発生したという聞き取りによる報告が最も古い（(財)沖縄県観光開発公社 1976）。1970年以前の沖縄島周辺ではオニヒトデの駆除数もそこまで多くはなかったようであるが（環境庁 1973）、1970年以前の情報は少ないので、大量発生の規模を推測することは困難である。1970年代になると駆除も活発に行われ、当時行われたオニヒトデの分布調査やその駆除数からも非常に大きな集団のオニヒトデが沖縄島周辺に分布していたことが推測される（環境庁 1973、環境庁 1973、環境庁 1974、(財)沖縄県観光開発公社 1975）。オニヒトデが沖縄島周辺のサンゴを食べ尽くした後と思われる1987年と1992年の調査では、オニヒトデの大量発生は観察されておらず、大量発生は落ち着いていたと考えられる。また、この頃にサンゴ被度が増加した場所もあり、回復の兆しが見られた。しかしながら、1996年の恩納村での大量発生を期に再び沖縄島周辺で大量発生が起こっている。ただ、沖縄島周辺のサンゴ群集は赤土等の流入や（大見謝 1992, 2004）、1998年の高水温の影響を受けているので（中野 2004）、サンゴ群集の減少の原因が全てオニヒトデではないことに留意する必要がある。

小笠原ら（2004）は、沖縄島周辺で行われた1972年から32年間のオニヒトデに関する調査（表2-2-7）からサンゴ被度とオニヒトデ個体数の経年変化の比較を行っており、沖縄島周辺では主に1970年代から1980年代にオニヒトデが大量発生していることが分かる（図2-2-6）。

表 2-2-6. 沖縄島周辺におけるオニヒトデの大量発生. オニヒトデ個体数は聞き取り、駆除個体数、単位時間あたりの個体数として示した. グレーの部分は観察もしくは駆除されたオニヒトデ個体数が少なかった年を表す. 沖縄県 (2007) を改変.

年	場所	個体数等	参考文献
1942	瀬底島	聞き取り	(財)沖縄県観光開発公社 1976
1950-55	伊是名島	聞き取り	環境庁自然保護局 1986
1969	恩納村	駆除:240	環境庁 1973 ※1
	恩納村	駆除:400	山里 1969
1970	恩納村	駆除:60	環境庁 1973 ※1
1971	恩納村	駆除:30500	環境庁 1973 ※1
	名護市	駆除:12000	環境庁 1973 ※1
1972	恩納村	駆除:59000	環境庁 1973 ※1
	名護市	駆除:71500	環境庁 1973 ※1
	本部町	駆除:50813	環境庁 1973 ※1
	残波から備瀬崎 瀬底島周辺	高密度:平均30個体以上/10分間観察 213730(概算)	環境庁 1973 Nishihira and Yamazato 1973
1973	恩納村	駆除:384408	環境庁 1974
	名護市	駆除:283592	環境庁 1974
	本部町	駆除:194970	環境庁 1974
	伊江村	駆除:57343	環境庁 1974
	今帰仁村	駆除:338067	環境庁 1974
	瀬底島周辺	214434(概算)	Nishihira and Yamazato 1973
1974	恩納村	駆除:310784	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	名護市	駆除:61621	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	本部町	駆除:205100	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	伊江村	駆除:19034	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	今帰仁村	駆除:238406	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
1975	恩納村	駆除:55440	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	今帰仁村	駆除:150739	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	読谷村	駆除:233361	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	那覇市	駆除:23065	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	伊是名島	駆除:278699	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	玉城村	駆除:19545	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
1976	読谷村	駆除:6493	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
	那覇市	駆除:113794	(財)沖縄県観光開発公社 1976 ※2
1976	沖縄島南部	高密度:3-284個体/10分間観察	(財)沖縄県観光開発公社 1976
1983	恩納村	大発生	(財)海中公園センター 1999
1984	沖縄島西海岸全域	高密度:0-37個体/10分間観察	Sakai et. al. 1984
1987	沖縄島	すべての地点で25個体以下/10分間観察	(財)沖縄県環境科学検査センター 1988
1992	沖縄本島周辺	高密度のオニヒトデ集団は見られなかった	柳谷 1996
1996	恩納村	駆除:81000	沖縄タイムス 1996 11月7日, 下池 2000
1997	瀬良垣北 熱田	高密度:10分間観察で314個体 高密度:10分間観察で367.5個体	亜熱帯総合研究所1998 亜熱帯総合研究所1998
1998	国頭村宇良離礁 名護市宮里の離礁	高密度:10分間観察で平均94個体 高密度:10分間観察で平均75個体	亜熱帯総合研究所1998 亜熱帯総合研究所1998
2002年度	恩納 国頭	駆除:6162 駆除:15398	沖縄県 2003 沖縄県 2003
2003年度	恩納村 国頭	駆除:11878 駆除:10769	沖縄県 2004 沖縄県 2004
2004年度	沖縄島周辺	ほとんどの調査地点で0-3個体/15分間観察	沖縄県 2005
	恩納村	駆除:6945	恩納村漁業協同組合 2005
2005年度	恩納村	駆除:6071	恩納村漁業協同組合 2006
2006年度	恩納村	駆除:3000	恩納村漁業協同組合 2007
2007年度	恩納村	駆除:2332	恩納村漁業協同組合 2008
2008年度	恩納村	駆除:2878	恩納村漁業協同組合 2009
2009年度	恩納村	駆除:5613	恩納村漁業協同組合 2010

※1は環境庁 (1973) で参照されていた、沖縄県のデータ.

※2は(財)沖縄県観光開発公社 (1976) で参照されていた、沖縄県観光開発公社、沖縄県自然保護課、環境庁 (1974) のデータ.

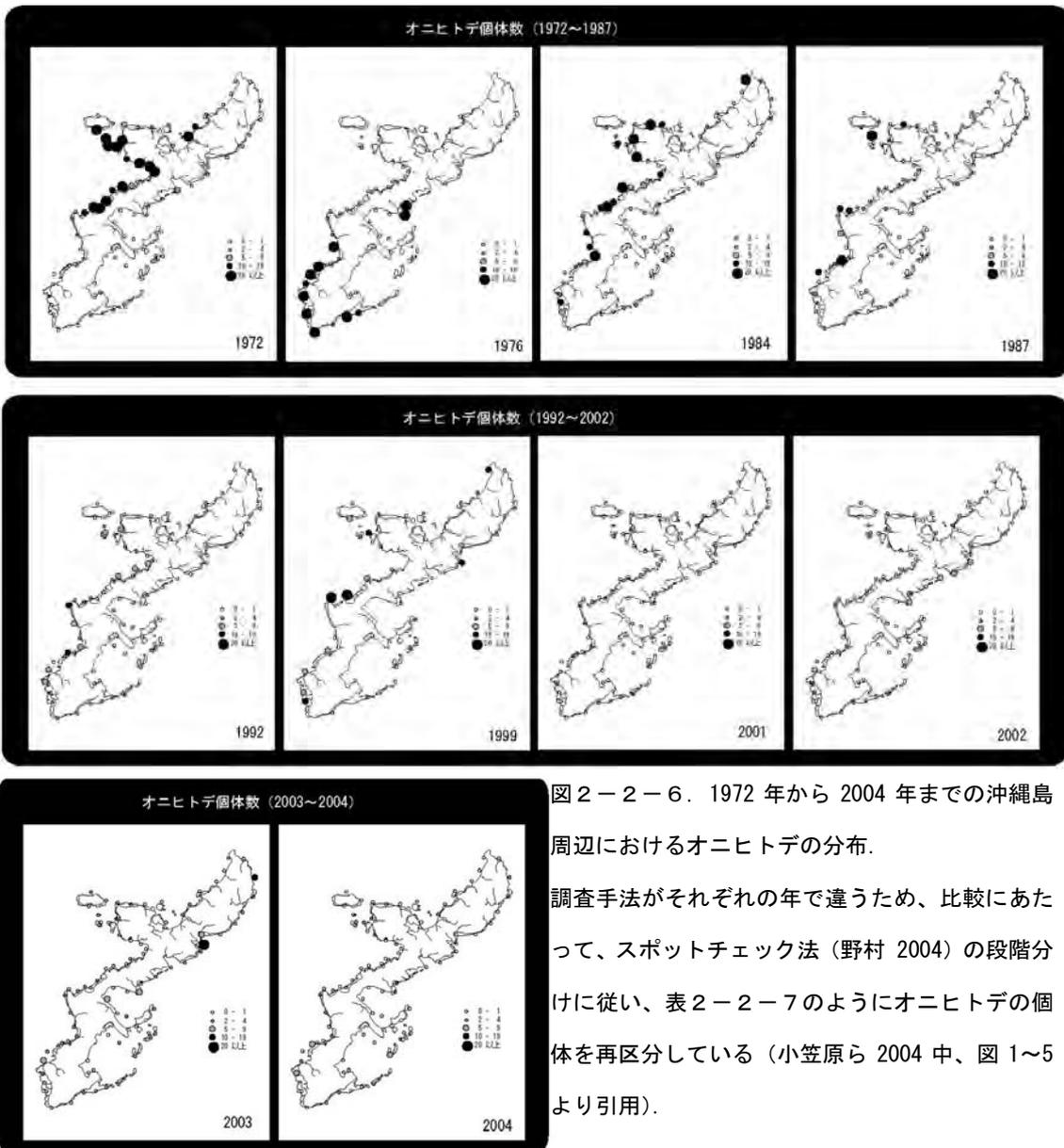


図 2-2-6. 1972 年から 2004 年までの沖縄島周辺におけるオニヒトデの分布.

調査手法がそれぞれの年で違うため、比較にあたって、スポットチェック法(野村 2004)の段階分けに従い、表 2-2-7 のようにオニヒトデの個体を再区分している(小笠原ら 2004 中、図 1~5 より引用).

表 2-2-7. 小笠原ら 2004 中、図 1~5 中で参照されていた参考文献と年代.

年	参考文献
1972年	Nishihira and Yamazato 1974
1976年	沖縄県観光開発公社 1976
1984年	Sakai et. al. 1988
1987年	(財)沖縄県環境科学検査センター 1988
1992年	(財)沖縄県環境科学センター 1993
1999年	(財)沖縄観光コンベンションビューロー 2000
2001年	(財)沖縄県環境科学センター 2000
2002~2004年	沖縄県文化環境部自然保護課 2003b, 2004b

表 2-2-8. オニヒトデ個体数の段階分け(小笠原ら 2004).

個体数(15分間あたり)	発生状況
0~1	通常状況
2~4	多い(要注意)
5~9	準大発生
10~19	大発生
20以上	大発生

2-1-3. 沖縄島周辺におけるオニヒトデの大量発生によるサンゴ群集への影響

環境庁（1973）の調査結果とオニヒトデの大量発生に関する情報から、1970年以前の沖縄島周辺では、非常に良好なサンゴ群集が存在しており（小笠原ら 2004）、1970年代のオニヒトデの大量発生により、沖縄島周辺のサンゴ群集は壊滅的な打撃を受けたと推測される。オニヒトデの大量発生は、10年程度の期間で島単位でのサンゴ群集へ影響を与え、群集の構成を変化させる程度のかく乱要因であると考えられる。

人為的な栄養塩類の海域への流出がオニヒトデの大量発生を引き起こす可能性が指摘されているが（Fabricius 2005）、オニヒトデの大量発生の原因は特定されていないため根本的な対策は困難な状況にある。沖縄県では、1970年代から1980年代にかけて起こったオニヒトデの大量発生に対して、様々な対策に取り組んだが、十分な成果を上げることができず、サンゴ礁は壊滅的な打撃を受けた。特に、駆除が間引きに繋がり、沖縄島周辺における慢性的なオニヒトデの大量発生を引き起こし、その後のサンゴ群集の回復が遅れたとも考えられている（山口 1986）。その時に行われたオニヒトデ対策に対し、学識経験者等からいくつかの提言がなされ、反省点が指摘されている。それらの提言を生かすため、現在沖縄県では「守るべき」「守りうる」「守りたい」という基本方針をもとにした保全区域を設定し、効果的な駆除活動を目指している。

参考文献

- 新垣裕治・山里清（1998）沖縄島恩納村沿岸におけるオニヒトデ異常発生. RIS ニュース・レター, 2, 6-8
- Fabricius K. E. (2005) Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. Mar. Poll. Bull. 50, 125-146
- Fukuda T., Okamoto K. (1976) Observation of the *Acanthaster planci* population in the Yaeyama Islands, Okinawa. Sesoko Mar. Sci. Lab. Tech. Rep., 4, 7-17
- 環境庁（1973）浅海における海中の生態系に関する研究 オニヒトデ異常発生メカニズムとその対策に関する研究.
- 環境庁（1974）浅海における海中の生態系に関する研究 オニヒトデ異常発生メカニズムとその対策に関する研究（継続）.
- 中野義勝（2004）地球環境変動と白化現象. 日本のサンゴ礁, 環境省・日本サンゴ礁学会, 45-50
- Nishihira M., K. Yamazato (1972) Resurvey of the *Acanthaster planci* population on the reefs around Sesoko Island, Okinawa, 1973. Sesoko Mar. Sci. Lab. Tech. Rep., 2, 17-35
- Nishihira M., K. Yamazato (1974) Human interference with the coral reef community and *Acanthaster* infestation of Okinawa. Proc. 2nd Int. Coral Reef Symp., 1, 557-590
- 小笠原敬、小澤宏之、長田智史（2004）沖縄島周辺におけるサンゴ礁現況調査およびオニヒトデ大量発生予知への試み. 沖縄県環境科学センター報, 5, 53-65
- (財)沖縄県環境科学センター（1988）さんご礁海域保全研究会第1回研究報告書. 3-145
- (財)沖縄県環境科学センター（1993）平成4年度沖縄県企画開発部委託調査 沿岸海域実態調査（沖縄島及び周辺離島）. 289pp

- (財)沖縄県環境科学センター (2000) 平成 13 年度沿岸海域実態調査 (沖縄島周辺). 136pp
- (財)沖縄県観光開発公社 (1976) オニヒトデのサンゴ礁生物群に与える影響 (オニヒトデ大発生に関して)
- (財)沖縄観光コンベンションビューロー (2000) オニヒトデの異常発生及びサンゴ食害状況調査報告書. 113pp
- 沖縄タイムス (1996) 11 月 7 日
- 沖縄県 (2003a) 平成 14 年度サンゴ礁緊急保全対策事業.
- 沖縄県 (2003b) 平成 15 年度リーフチェック推進事業報告書
- 沖縄県 (2004a) 平成 15 年度サンゴ礁保全対策支援事業報告書.
- 沖縄県 (2004b) 平成 16 年度リーフチェック推進事業報告書
- 沖縄県 (2005) 平成 16 年度サンゴ礁保全対策支援事業報告書.
- 沖縄県 (2007) オニヒトデ対策ガイドライン
- 大見謝辰男 (1992) 沖縄県における赤土汚染の現状. 沖縄県公害衛生研究所報, 26, 87-96
- 大見謝辰男 (2004) 陸域からの汚濁物質の流入負荷. 日本のサンゴ礁, 環境省・日本サンゴ礁学会, 66-70
- Sakai K., K. Muzik, S. Nakamura, M. Nishihira (1988) A note on resurvey of coral communities and Acanthaster populations around Okinawa Island in 1984. Galaxea, 7, 41-51
- (財)政策科学研究所 (1974) 沖縄県土地利用基本計画(II)－沖縄の自然環境－.
- 下池和幸 (2000) 阿嘉島周辺のサンゴ被度とオニヒトデ分布密度の 10 年間の変化. みどりいし, 11, 19-21
- Yamaguchi M. (1986) Acanthaster planci infestations of reefs and coral assemblages in Japan: a retrospective analysis of control efforts. Coral Reefs, 5, 23-30
- 山口正士 (1986) オニヒトデ問題 1－オニヒトデとの付き合い方. 海洋と生物, 47, 408-412
- 柳谷和彦 (1996) 沖縄島周辺サンゴ礁の環境調査. (財)沖縄県環境科学センター, 1, 51-56

要約 (オニヒトデの大量発生)

- ・沖縄県のオニヒトデの大量発生は、1957 年頃から琉球列島を中心として、たびたび起こっていたことが記録されている。
- ・1970 年代のオニヒトデの大量発生により、沖縄島周辺のサンゴ群集は壊滅的な打撃を受けたと推測される。
- ・オニヒトデの大量発生の原因は特定されておらず、効果的な対策もない。
- ・沖縄県では「守るべき」・「守りうる」・「守りたい」という基本方針をもとにした保全区域を設定し、効果的な駆除活動を目指している。

2-2. サンゴの白化現象

2-2-1. 白化現象とは

サンゴの白化現象とは、サンゴと共生関係にある褐虫藻が何らかの要因でサンゴから抜けだし、サンゴの骨格が透けて白く見える状態を指す。生息環境（海水温、塩分、光条件など）の大きな変化によってサンゴがストレスを受け、褐虫藻との共生のバランスが崩れてしまうことで、サンゴの白化が引き起こされると考えられている。特に、夏期に高水温が続いた1998年には、世界中のサンゴ礁で多くのサンゴが白化し死亡した。近年、高水温による広範囲の白化が頻繁に確認されることから、地球規模的な気候変動に関係があると考えられている（図2-2-7）。

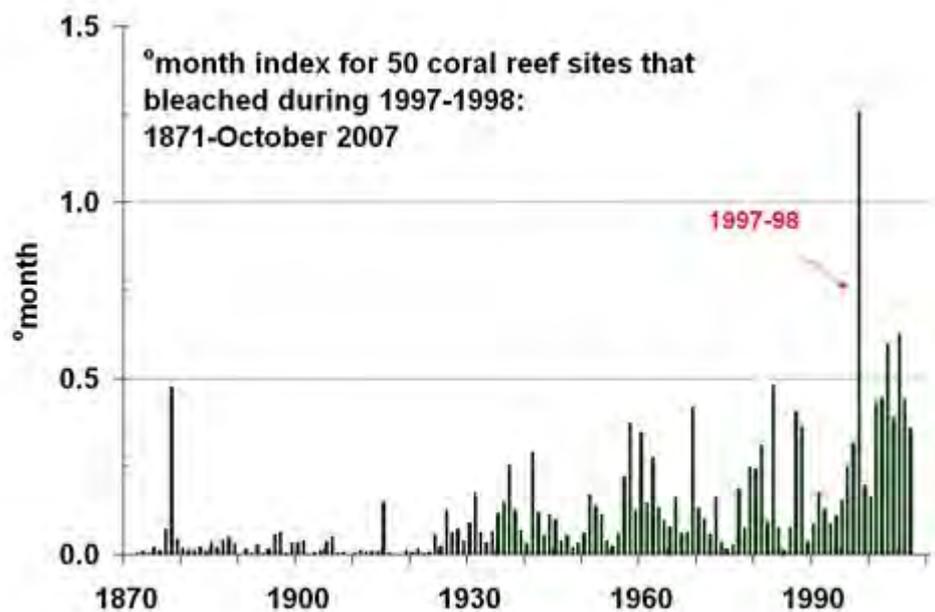


図2-2-7. 世界のサンゴ礁 50 ヶ所における高水温指数 (UK Hadley Centre global monthly SST:1871-1999 と NOAA NCEP EMC CMB Global Reyn-Smith Olv2 Satellite and observations data set をもとに作成). °month は 1982 年から 1999 年のデータをもとに、年間の月々の平均最大水温を超える月を合計した高水温指数. 解析の詳細は Lough (2000) を参照. オーストラリア海洋科学研究所ホームページより.

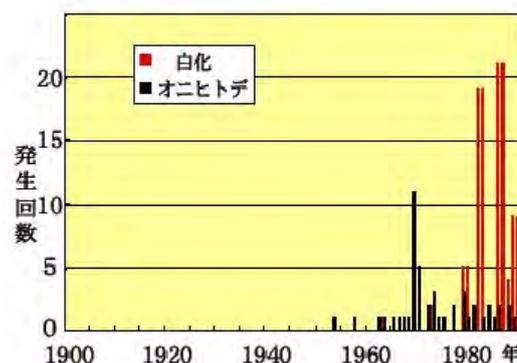
2-2-2. 沖縄島周辺における白化現象の記録

沖縄島周辺で確認された白化現象は、1980年の記録が最も古く、近年では2007年に確認されている（表2-2-9）。1997年以前の白化の記録は局所的で地域が限定されているが、1998年以降の記録は、沖縄島の広い範囲からの報告がもとになっている。このことから、沖縄島周辺の1998年以降の白化は、規模が大きくなっていると推測される。実際、世界における大規模なサンゴの白化現象の報告は1980年代以降急激に増加していることが報告されている（図2-2-8）。ただし、1997年以前のサンゴの白化に関する情報は、関心の度合いが低く、情報が少ないことが考えられることに留意する必要がある。

表2-2-9. 沖縄島周辺のサンゴの白化情報がある年。○は白化現象が観察されたことを示す。中野（2004）をもとに作成。

年	沖縄島・周辺離島	出典
1980	○	Yamazato(1981)
1981		
1982		
1983	○	中野(1984)
1984		
1985		
1986	○	Tsuchiya et al. (1987)
1987		
1988		
1989		
1990		
1991	○	Imai(1992)
1992		
1993		
1994	○	藤岡(1994)
1995	○	中野(未発表資料)
1996	○	中野(未発表資料)
1997		
1998	○	環境庁(2000)、Yamazato(1999)、土屋・酒井(2000)、中野義勝(2004)
1999		
2000		
2001	○	国際サンゴ礁研究モニタリングセンターホームページ
2002		
2003		
2004		
2005		
2006		
2007	○	国際サンゴ礁研究モニタリングセンターホームページ
2008		
2009		

図2-2-8. 1900年から1990年にかけて全世界で起きた白化現象とオニヒトデの大量発生回数。オニヒトデの被害が1970年頃から減少しているのに対し、白化現象は近年になって急激に増加している。Glynn (1993)に基づき中森亨氏作図。日本サンゴ礁学会ホームページより。



沖縄島周辺において1998年に確認された白化現象の状況を、図2-2-9及び表2-2-10に示す。表2-2-10は主にアンケートによる聞き取り調査の結果であるが、沖縄島の北部から南部まで白化の報告があり、死滅サンゴの割合も高かったことが報告されている。瀬底島南東裾礁礁原上では、サンゴの被度の低下と群集組成の変化が生じている(図2-2-10、Loya et al. 2001)。1998年の沖縄島周辺の夏期の水温は他の年に比べて高かった(表2-2-11、図2-2-11)。このように、1998年に起きた白化現象は沖縄島周辺のサンゴ群集へ大きな被害を与え、過去に確認された白化現象より規模や被害状況が大きいと考えられる(Yamazato 1999、環境庁2000)。さらに、過去100年の東シナ海南部の海域平均海面水温も上昇傾向を示しており(図2-2-12)、近年高水温による白化現象が起りやすくなっていると考えられる。

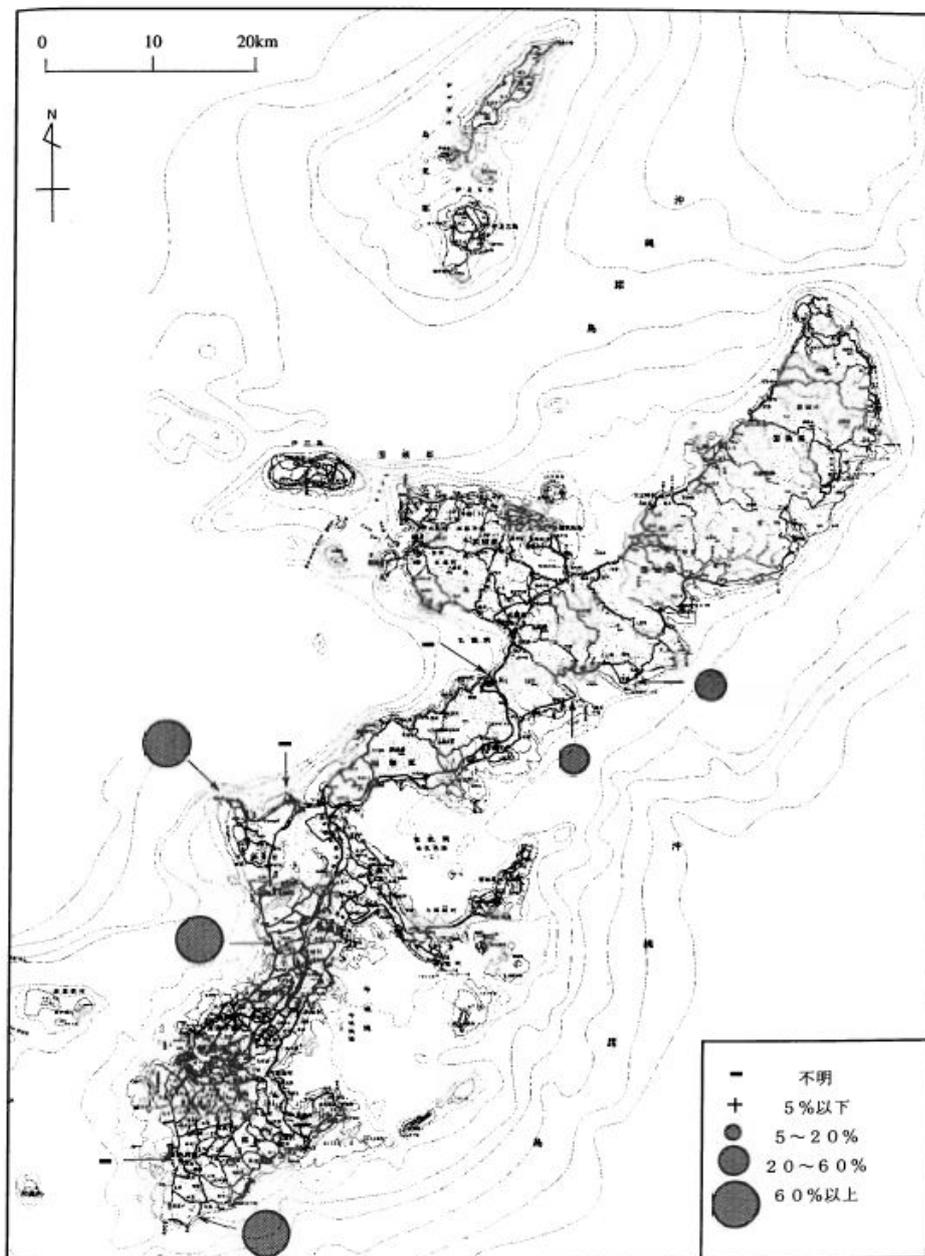


図2-2-9. 1998年に沖縄島周辺で白化が確認された地点. 環境庁(2000)より.

表 2-2-10. 沖縄島周辺で 1998 年に白化の報告があった地域. 環境庁 (2000) と中野 (2004) をもとに作成.

市町村名	地名	白化サンゴ分布域	死滅サンゴの割合
今帰仁村	運天、古宇利	礁池	未確認
本部町	備瀬崎北	水深 2 から 5m	
	備瀬崎南	礁池	
	瀬底島	水深 30mまで	
名護市	許田	礁池	不明
	部瀬名	水深 30m まで	
	辺野古	礁池	70%
	安部	礁池	70%
恩納村	真栄田岬	礁池、水深 30mまで	不明
読谷村	残波	礁池、礁縁	80%
北谷町	宮城海岸	礁池	80%
糸満市	糸満	礁池	確認
	大度	礁池、礁縁	90%

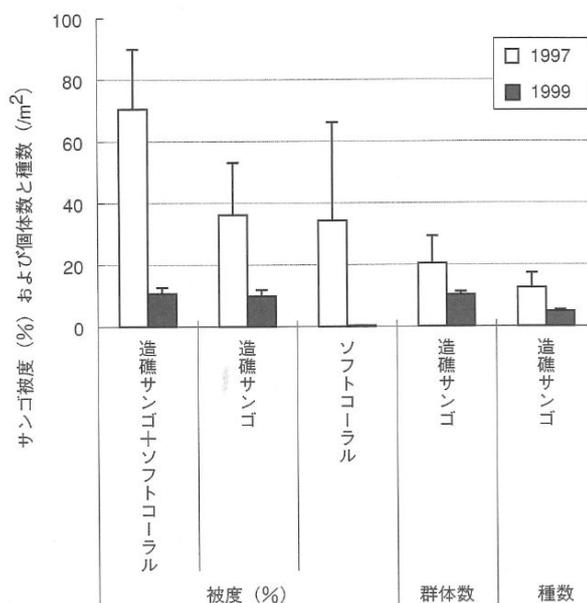


図 1 沖縄島北部、瀬底島南東裾礁礁原上における1997年から1999年にかけての造礁サンゴとソフトコーラル被度、個体数および種数の変化状況 (Loya et al. 2001のデータによる)

図 2-2-10. 沖縄島北西、瀬底島南東裾礁礁原の 1997 年から 1999 年にかけての造礁サンゴとソフトコーラル被度、個体数および種数の変化. Loya et al. (2001) をもとに酒井 (2004) 作成.

表 2-2-11. 東シナ海南部海域の平均海面水温（年平均）の平年差の極値・順位値（高いほうから）。統計期間（1901年～2009年）。気象庁ホームページより。

順位	平年差(°C)	起年
1位	0.9	1998年
2位	0.8	2001年
3位	0.6	2008年
4位	0.6	2007年
5位	0.5	2006年

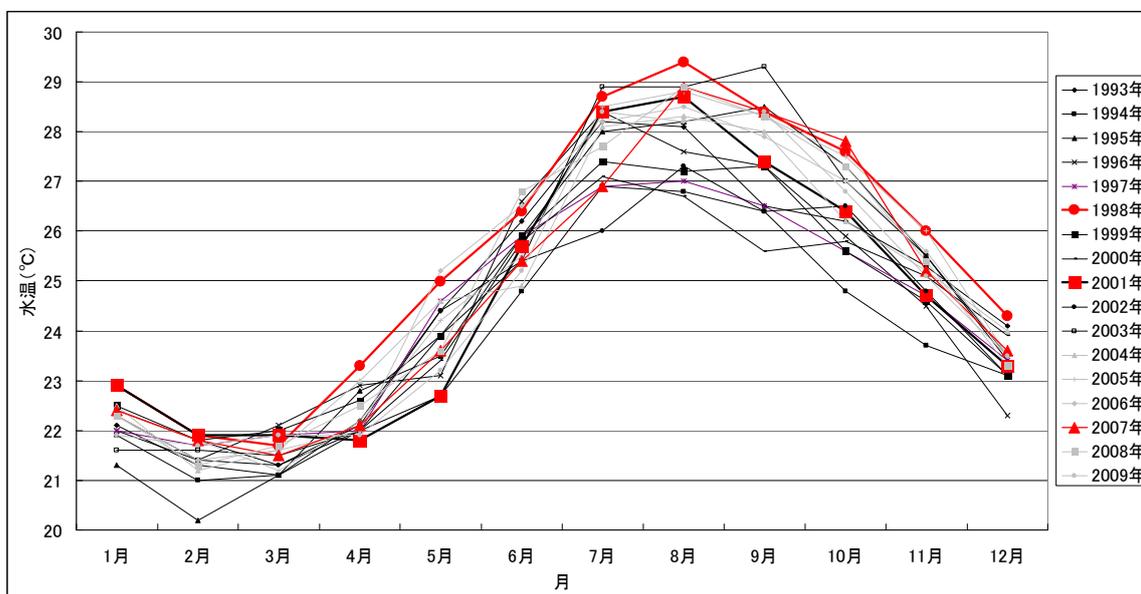


図 2-2-11. 本部半島の 1990 年から 2009 年の月別平均海水温の変化。第十一管区海上保安本部海洋情報調査課が沖縄美ら海水族館の協力を得て、同水族館沖合 300m 地点の水深 20m からポンプ採取した水槽に入る直前の水温をもとに作成。图中的赤い年は白化が確認された年。

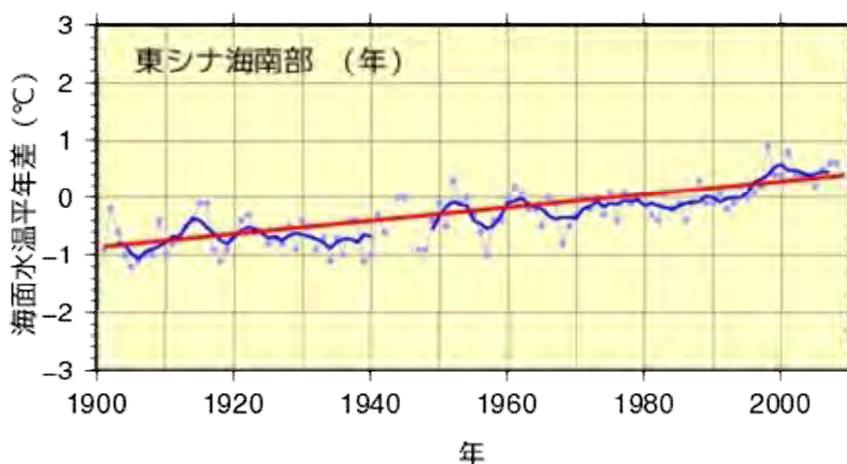


図 2-2-12. 東シナ海南部の 1900 年から 2009 年までの海域平均海面水温。図の青丸は各年の平年差を、青の太い実線は 5 年移動平均値を、赤の太い実線は長期変化傾向を表す。気象庁ホームページより。

2-2-3. 沖縄島周辺における白化現象のサンゴ群集への影響

ヒアリングによる調査結果や水温状況、その後のサンゴ群集の調査から、1998年の高水温による白化現象は、過去の白化現象と規模や程度が大きく異なり、沖縄島周辺のサンゴ群集へ非常に大規模で壊滅的な打撃を与えたと推測される。高水温による白化現象は、数ヶ月程度の期間で世界規模でのサンゴ群集へ影響を与え、群集の構成を変化させるかく乱要因であると考えられる。

高水温による白化現象は、短期間に深刻な影響が大規模に及び、地球規模的な気候変動とも関係するため、直接的な対策がとりにくいことが特徴である。しかしながら、白化現象によるサンゴ群集の変遷をモニタリングすることが対策の第一歩である。また、赤土対策などの既存のかく乱要因の対策をとることにより回復力を高めることは、白化への対策にもなる。さらに、サンゴと白化の関係を広く知らしめ、二酸化炭素排出量の削減を啓発することが白化に対する対策につながると考えられる。地球規模的な気候変動の要因である大気中の二酸化炭素濃度上昇は、これによる海洋の酸性化が指摘されており、そのサンゴ群集への影響も懸念されている。

参考文献

- AIMS ホームページ <<http://www.aims.gov.au/pages/research/coral-bleaching/thermal-stress/tsi-images.html#figure01>>
- Glynn P. W. (1993) Coral reef bleaching: ecological perspectives. *Coral Reefs*, 12, 1-17
- Imai R. (1992) The effects of high temperature and high UV irradiance on hermatypic corals: *Acropora valida*, *Pocillopora damicornis*, *Millepora exaesa*, *Millepora intricata*. Athesis submitted to the graduate school of University of the Ryukyus in partial fulfillment.
- 第十一管区海上保安本部海洋情報調査課水温情報 <http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN11/suion/top_temp.htm>
- 環境庁 (2000) 平成 10 年度造礁サンゴ群集の白化が海洋生態系に及ぼす影響とその保全に関する緊急調査報告書
- 気象庁ホームページ <http://www.data.kishou.go.jp/kaiyou/db/nagasaki/nagasaki_warm/nagasaki_warm.html>
- 中野義勝 (2004) 地球環境変動と白化現象. 環境省・日本サンゴ礁学会編, 日本のサンゴ礁, 44-50
- 中野義勝 (1984) キクメイシ科イシサンゴ 5 種におけるポリプ伸縮の日周性機構の解析. 琉球大学理学部生物学科卒業論文
- 日本サンゴ礁学会ホームページ <<http://www.soc.nii.ac.jp/jcrs/qanda.html>>
- 土屋誠、酒井一彦 (2000) サンゴの幼生供給経路に関する研究. (財) 亜熱帯総合研究所, サンゴ礁の白化現象に関する調査研究報告書, 40-61
- Tsuchiya M., Yanagiya K., Nishihira M. (1987) Mass mortality of the sea urchin *Echinometra mathaei* (Blainville) caused by high water temperature on the reef flats in Okinawa, Japan.. *Galaxea*, 6(2), 375-386
- Yamazato, K. (1999) Coral bleaching in Okinawa, 1980 vs 1998, *Galaxea*, 1, 83-87

要約（サンゴの白化現象）

- 1998年の高水温による白化現象は、沖縄島周辺のサンゴ群集へ非常に大規模で壊滅的な打撃を与えたと推測される。
- 高水温による白化現象は、短期間に深刻な影響が大規模に及び、地球規模的な気候変動とも関係するため、直接的な対策がとりにくい
- 赤土対策などの既存のかく乱要因の対策をとることにより回復力を高めることは、白化への対策にもなる。

2-3. 赤土等の土壌流出

2-3-1. 赤土等の土壌流出とその歴史

赤土等の土壌の流出は海を濁らせ、特に固着生物上に堆積するなど、サンゴ礁生態系をかく乱し、水産業や観光産業の資源へ影響を与えている（沖縄県 1978、西平 1980、西平 1981、Yamazato 1987、Nishihira 1987、Sakai et al. 1989、沖縄県環境保健部 1991、大垣・野池 1992、大見謝 1996、大見謝 1998、大見謝ら 1999）。沖縄の土壌はそれ自体の特性に加え、雨の降り方が激しいうえに急峻な地形が多いため浸食が起こりやすい。特に、開発行為などにより緑地が失われ裸地状態になると、対策のとられていない土地からの土壌の浸食はさらに激しくなる。

沖縄における赤土等の流入の経緯は沖縄県環境保健部（1991）にまとめられており、昭和 20 年代後半（1945 年～1955 年）のパイナップルブームによる畑の造成が始まりとされている（表 2-2-1 2 および表 2-2-1 3）。パイナップルの栽培面積は、1954 年に沖縄島と八重山諸島で合わせて 89ha だったのが 1957 年に 20 倍以上、1967 年には 60 倍（5,380ha）となり、畑地造成はかつてない規模と速さであったとされている（図 2-2-1 3、沖縄県環境保健部 1991）。日本復帰の後、1972 年以降は沖縄振興開発計画により大規模な公共工事や民間企業等による資本投資が各地でなされ、赤土等の流入は漁業被害などの社会問題となっていた（沖縄県環境保健部 1991、大見謝 2004）。これに対し、沖縄県では様々な赤土等流出防止対策がとられてきており（沖縄県 2003）、1994 年には沖縄県赤土等流出防止条例が制定された。現在では、条例の施行により開発地からの赤土等の流出に対して一定の効果がでていますが、農地からの流出などは続いている（図 2-2-1 4、沖縄県環境政策課 2009、大見謝ら 2002）。沖縄県の主要作物であるさとうきびの収穫面積（図 2-2-1 5）やパイナップルの栽培・収穫面積は減少傾向にあり、これまでもさまざまな赤土等流出防止対策がとられてきたが、特に農地での対策を推進する必要がある。

赤土等の流入に関する実態は沖縄県衛生環境研究所が継続的に調査しており、底質中懸濁物質簡易測定法（SPSS 法）を用いることが一般的となっている。底質中懸濁物質質量（content of Suspended Particles in Sea Sediment）とは、底質に含まれるシルト以下の粒径をもった微粒子量のこと、赤土等の堆積の目安とされ、沖縄では SPSS の略称で呼ばれる。この SPSS と同様に海水の濁りの指標とされる透明度は濁度と強い相関があるといわれている（大見謝辰男・満本裕彰 2001）。他方、透明度と SPSS の値は単純には相関がみられないものの、複数年にまたがるような長期の観測で得られた透明度と SPSS の値の平均は互いに強い相関がみられる（大見謝辰男・満本裕彰 2001）。SPSS 法の詳細は大見謝（2003）に記述されている。ここでは、「2-3-2. 海域の赤土等の堆積状況」に示した平成 21 年度に沖縄県環境保全課で実施された SPSS 法による沖縄島周辺の海域の現況と、「2-3-3. 赤土等の流れやすい流域」とを比較した。

表 2-2-12. 主な赤土等流出の歴史的経過 I. 沖縄県環境保健部 (1991) より.

年 代	主要な赤土流出の状況	主な汚濁地域	備 考 (主な条例、行事等)
昭和35年 (1960)	●パインブームによる畑の造成が進み、赤土が海域に流出しだす 	本島北部地域	
昭和36年 (1961)	●ベトナム戦争激化による米軍の演習地の建設に伴う赤土流出がみられるようになる(飛行場、弾薬庫、宿舎等の建設が相次ぐ) 		
昭和37年 (1962)			
昭和38年 (1963)			
昭和39年 (1964)			
昭和40年 (1965)			
昭和41年 (1966)			
昭和42年 (1967)			
昭和43年 (1968)			
昭和44年 (1969)	●国道拡張工事、ゴルフ場開発、土地改良事業及び米軍都市型戦闘施設内からの赤土流出により、海域の汚染が始まる 	恩納村一帯	●都市計画法
昭和45年 (1970)			
昭和46年 (1971)			●沖縄振興開発特別措置法
昭和47年 (1972)			●本土復帰 ●第1次沖縄振興開発
昭和48年 (1973)	●農・林道、多目的ダム及び土地改良事業等による大型公共工事により赤土汚染が広まり始める ●米軍基地及びその周辺において、実弾演習等による赤土汚濁が見られ、水源地等の汚染が生じた	本島中・北部地域	●沖縄特別国民体育大会(若夏国体) ●沖縄県県土保全条例
昭和49年 (1974)	●赤土流出による河川の汚染が進行、米軍基地からの土砂流出 ●戦車道、高速道路工事、導水管敷設工事、各ダム工事及び宅地造成、土地改良事業等による各開発工事により、赤土流出が目立つ	辺野喜川・与那川・源河川 本島中・北部地域	●国土利用計画法
昭和50年 (1975)	●赤土流出によるマングローブ林の破壊と生物の生息地の破壊が進行する。 ●土砂流出によるダムの水源汚染及びダムの機能低下(原因はゴルフ場建設による) ●パイン畑開墾及び戦車道、一般道路工事等により本島北部海岸が広域に赤土で汚染される	本島中・南部の東海岸、西表島・小浜島等 北部海域(特に西海岸)	●沖縄国際海洋博覧会 ●恩納村地域開発指導要綱 ●県として、赤土汚染が広がりつつあることを指摘
昭和51年 (1976)	●森林伐採、ダム建設、林道開設等による森林の環境破壊が進む ●土地改良事業等により、宮良湾等の海域で赤土汚染が広がる	本島北部森林(特に国頭村) 石垣島	●沖縄県公害防止条例の改正(赤土等の流出防止義務)
昭和52年 (1977)	●農地基盤整備事業と比例して赤土による海域汚染が広がる	久米島	●金武湾泥堆積調査を実施

表 2-2-13. 主な赤土等流出の歴史的経過 II. 沖縄県環境保健部 (1991) より.

年 代	主要な赤土流出の状況	主な汚濁地域	備 考(主な条例、行事等)
昭和53年 (1978)	<ul style="list-style-type: none"> ●本島北部東海岸(羽地内海～国頭村辺土名の奥間ビーチ)一帯で赤土汚染が深刻化。 ●久米島・石垣島で養殖モズクが全滅 ●安波川が赤土に汚染し川エビ、ウナギ、ウルガイ等の生息生物の減少 ●米軍実弾砲撃演習で赤土が取水源に流れ込む 	本島北部地域(特に東海岸) 離島 本島中・北部地域	<ul style="list-style-type: none"> ●石川川流域における赤土流出源実態調査の実施
昭和54年 (1979)	<ul style="list-style-type: none"> ●パイン畑開墾、土地改良、道路工事等により、恩納村の西海岸沿いから名護市の部間方面及び、羽地内海から大宜味、国頭村宜名真までの広域赤土汚染が進行する ●土地改良区や米軍基地からの赤土流出により、金武湾の赤土汚染が進行(サンゴ礁の死滅により、モズク、アオサ等が激減) ●米軍戦車道工事による川田ダムの赤土汚染及び宜野座地区の飲料水汚染 	本島中・北部地域 金武町、宜野座村一帯	<ul style="list-style-type: none"> ●沖縄観光振興条例 ●東村赤土等の流出汚染防止条例 ●国頭村地域開発規則 ●中城湾泥堆積状況を実施
昭和55年 (1980)	<ul style="list-style-type: none"> ●金武湾が赤く汚染(海域生物生息体系の崩壊でモズク、貝など激減) ●安田海岸の赤土汚染(漁獲半減) ●億首川の汚染が進む(ヒルギ群などに影響) ●金武湾・天願など25海域、28河川の赤土汚染 ●大宜味村・塩屋湾内のカキ養殖の全滅、及び宜野座村松田区の湯原一帯の漁場喪失 ●恩納村沿岸一帯のモズク養殖被度、金武湾の漁網具の汚染と漁獲量の減少 	本島中・北部地域	<ul style="list-style-type: none"> ●土砂流出防止対策基本方針(沖縄県農林水産部) ●中城湾におけるサンゴと底生生物分布調査を実施
昭和56年 (1981)	↓		<ul style="list-style-type: none"> ●赤土流出機構調査の開始
昭和57年 (1982)	<ul style="list-style-type: none"> ●米軍基地内の戦車道開設工事、実弾演習による森林破壊 	金武町、宜野座村	<ul style="list-style-type: none"> ●第2次沖縄振興開発計画 ●宜野座村赤土等の流出防止条例
昭和58年 (1983)	↓		<ul style="list-style-type: none"> ●県内における赤土汚濁の調査研究を開始
昭和59年 (1984)	<ul style="list-style-type: none"> ●米軍の砲撃演習、戦車道構築による赤土流出 ●農地開発等各種開発による赤土流出汚濁の進行 ●赤土・土砂によるサンゴ被害(本島周辺) 	金武町・宜野座村・県全域 (特に本島北部)	<ul style="list-style-type: none"> ●金武町赤土等の流出汚染防止条例 ●赤土流出機構及び流出防止に関する研究
昭和60年 (1985)	<ul style="list-style-type: none"> ●赤土流出による海域の海洋生物の生育阻害と漁場汚染が深刻化する。さらに、海浜、海域の自然景観の破壊 	県全域	<ul style="list-style-type: none"> ●赤土流出機構及び流出防止に関する研究
昭和61年 (1986)	<ul style="list-style-type: none"> ●林道開設など森林伐採によるノグチゲラ等の貴重種の生息地寸断と生態かく乱 ●赤土流出による農地の土壌生産力低下と農用地等の埋設 	本島北部の森林 県全域	<ul style="list-style-type: none"> ●県内各地における赤土濃度の測定を実施
昭和62年 (1987)	<ul style="list-style-type: none"> ●開発による赤土流出に基づく漁獲種類の変動、漁網具の汚染と漁獲量の減少 ●内需拡大の景気回復により、リゾートホテル、ゴルフ場の建設が増加する 	県全域	<ul style="list-style-type: none"> ●総合保養地整備法 ●第42回国民体育大会(海邦国体) ●「沖縄県赤土等流出防止対策連絡協議会」幹事会を開催
昭和63年 (1988)	<ul style="list-style-type: none"> ●乱開発による赤土流出で業者を告発 ●米軍の都市型戦闘施設の建設に従って恩納村海域で赤土汚染が進む 	恩納村仲泊	
平成1年 (1989)	<ul style="list-style-type: none"> ●米軍都市型戦闘訓練施設内から、河川及び海域に赤土が流出 ●恩納村喜瀬武原の米軍ヘリパッドから赤土が流出 	恩納村	
平成2年 (1990)	<ul style="list-style-type: none"> ●海域・海岸の赤土汚染による漁業被害及び観光へのマイナスイメージ深刻化 ●ゴルフ場等の工事により、本部町崎本部の海岸、名護市嵐山地先、国頭村安田海域で赤土汚染が深刻化 ●ダム下流の河川、金武湾及び羽地内海等で大量の赤土が堆積している 	本島中・北部地域	

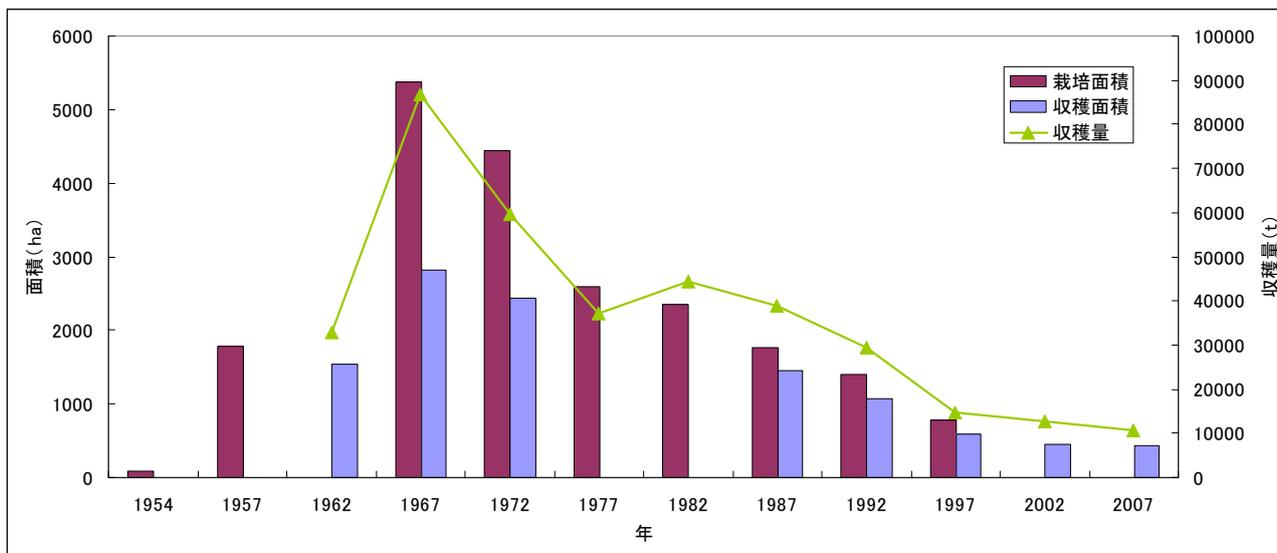


図 2-2-13. 沖縄県のパイナップルの栽培・収穫面積・収穫量の変遷. 沖縄県環境保健部(1991)及び沖縄県統計年鑑をもとに作成. 栽培・収穫面積・収穫量の全ての年で、北部の割合が97%以上を占めている.

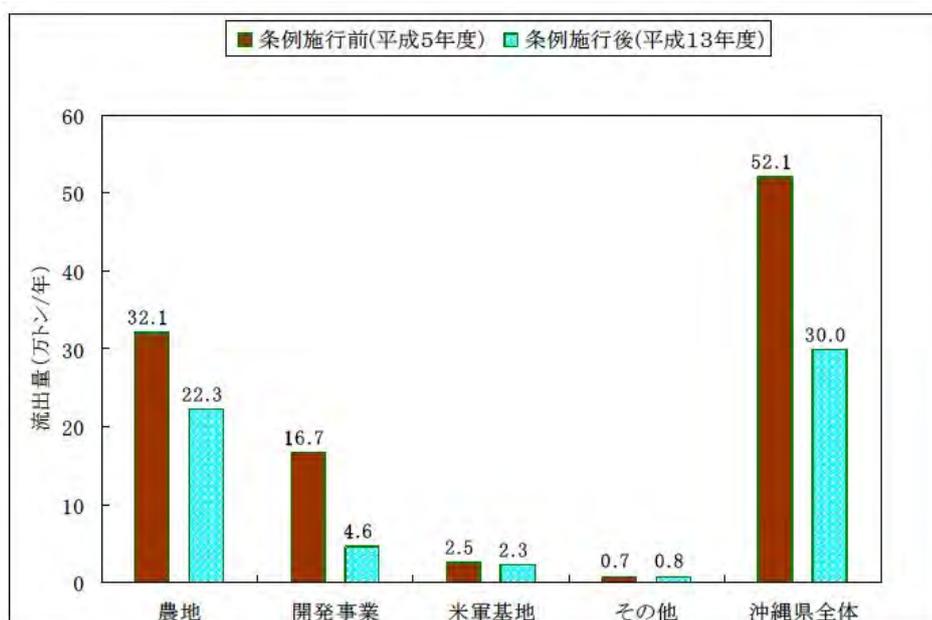


図 2-2-14. 沖縄県の赤土等流出量の推移. 沖縄県(2009)より.

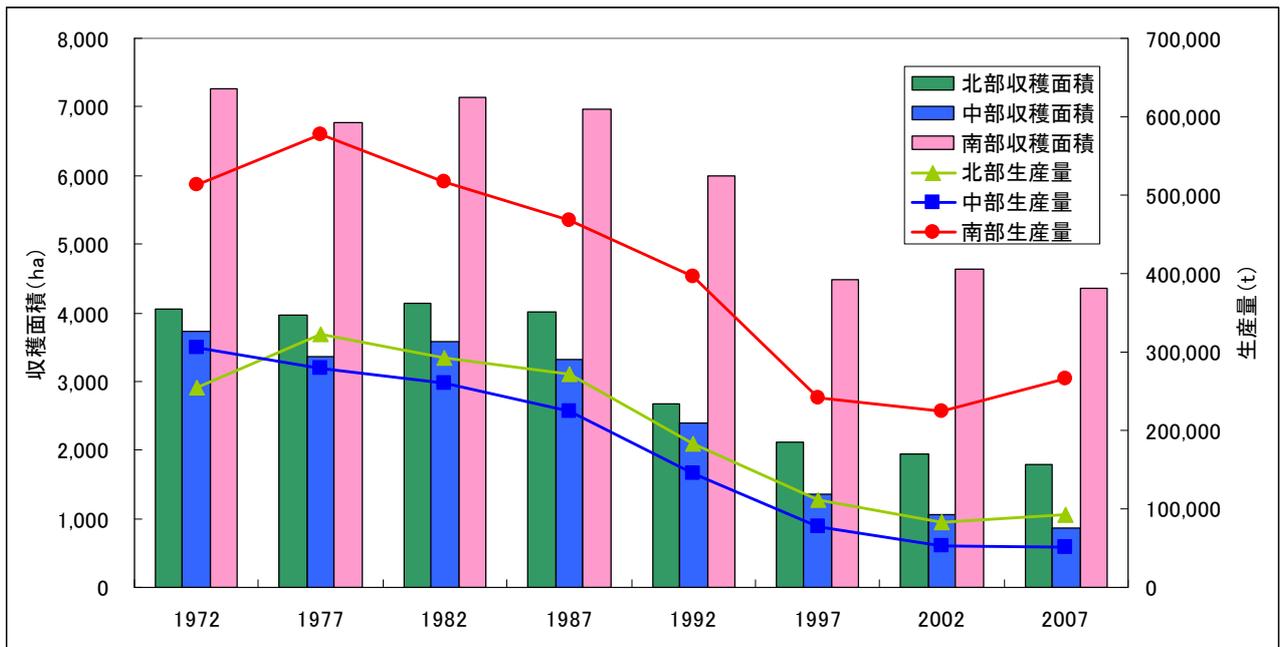


図 2-2-15. 沖縄島周辺のさとうきびの収穫面積・生産量. 沖縄県統計年鑑をもとに作成.

2-3-2. 海域の赤土等の堆積状況

海域の赤土等の堆積状況を把握するため、沖縄県環境保全課（2010）が沖縄県内全域で実施した赤土堆積実態調査の底質中懸濁物質質量（SPSS）のデータを整理した。底質が巻き上げられやすい礁池では、SPSS の値の季節変動が確認され（大見謝 1993）、そのような礁池では SPSS の最大値がサンゴの被度の上限と対応しているため（大見謝ら 1996、大見謝ら 1999）、沖縄県環境保全課（2010）で行われた SPSS 調査のうち、各海域の最大値を図 2-2-16 に示す。

沖縄県環境保全課（2008）では、赤土等に係る環境保全目標（案）を作成している。赤土等に係る環境保全目標（案）では、赤土等の流出が季節的に変動の大きな降水などに左右されることを考慮して SPSS の年間の最大値を指標としており、これが 30kg/m³/年を超えると、サンゴ類の生息に影響が出始めるとしている。平成 21 年度に沖縄県環境保全課で実施された調査の SPSS の最大値が 30kg/m³以上の海域を表 2-2-14 に示す。

表 2-2-14. SPSS の最大値が 30kg/m³/年以上の海域. 地域区分はそれぞれ、ME は沖縄島中央東域、MW は沖縄島中央西域、NE は沖縄島北東域、NW は沖縄島北西域、SE は沖縄島南東域、SW は沖縄島南西域を示す（図は 2-4-4 を参照）。SPSS の値は沖縄県環境保全課（2010）をもとに作成。

地域区分	流域海域区分	海域名	spss_max	地域区分	流域海域区分	海域名	spss_max	地域区分	流域海域区分	海域名	spss_max
ME	RK 8	石川川河口	1726.4	NE	RK 35	慶佐次川河口	320.8	SE	RK 104	マリンタウン	1328.3
ME	RK 11	天願川	487.5	NE	RK 48	平良川河口	253.9	SE	RK 109	大度海岸	1300.0
ME	RK 2	漢那中港川河口	102.7	NE	RK 33	二見地先	230.2	SE	RK 98	屋宜地先	809.4
ME	RK 4	下の川河口	101.5	NE	RK 38	安田川河口	158.5	SE	RK 111	富祖崎	632.4
ME	RK 7	屋嘉地先	66.5	NE	RK 48	古島川河口	130.0	SE	RK 97	平安名地先	222.7
ME	RK 13	ブルービーチ西	61.7	NE	RK 45	天仁屋川河口	120.0	SE	RK 103	泡瀬地先	220.4
ME	RK 9	宜野座福地川河口	55.0	NE	RK 33	瀬嵩地先	112.4	SE	RK 100	池味地先	166.9
ME	RK 6	加武川河口	46.8	NE	RK 37	美作地先	74.6	SE	RK 110	雄樋川河口	105.7
ME	RK 13	金武町石川川河口	30.4	NE	RK 34	楚州川河口	65.2	SE	RK 108	アージ島海域	76.6
				NE	RK 63	安部川河口	39.0	SE	RK 108	久手堅ワンジン川河口	46.5
MW	RK 30	湖辺底地先	886.0	NE	RK 47	奥川河口	36.4	SE	RK 107	サザンリンクス地先	39.2
MW	RK 27	屋嘉田潟原	390.0								
MW	RK 24	新川河口	90.1	NW	RK 94	塩屋湾	1174.8	SW	RK 117	普天間川河口	1329.0
MW	RK 24	都田	64.0	NW	RK 80	我部祖河川	751.4	SW	RK 121	瀬長島南	1133.5
MW	RK 18	屋部川河口	59.4	NW	RK 64	満名川河口	501.3	SW	RK 119	牧港川河口	805.0
MW	RK 15	長浜川河口	52.2	NW	RK 90	塩川河口	457.4	SW	RK 126	北名城地先	199.7
MW	RK 19	世富慶川河口	49.3	NW	RK 82	大井川河口	312.7	SW	RK 120	翁長地先	97.7
MW	RK 23	赤瀬海岸	43.5	NW	RK 94	渡海川河口	273.3	SW	RK 116	比謝川河口	56.5
MW	RK 20	数久田	33.0	NW	RK 88	大小堀川河口	145.8	SW	RK 118	那覇港防波堤	45.1
				NW	RK 73	平南川河口	110.0				
				NW	RK 64	浦崎川河口	85.7				
				NW	RK 83	シゲマ川河口	67.1				
				NW	RK 91	済井出川河口	42.7				
				NW	RK 69	源河川河口	41.7				

2-3-3. 赤土等の流れやすい流域

陸域からの赤土等の土壌流出量を推定するため、既存の GIS データ等を利用して、土壌流亡予測式 (USLE 式) を用い、土壌流出量を算出した。USLE は Universal Soil Loss Equation の略で、USLE 式は米国において土壌流出を推定するために開発された、面状侵食およびリル侵食に対する年間流亡量を予測する実験式である。USLE 式は下に示す式で表され、単位等がわが国での実状にあわせて修正されている (翁長ら 1994、沖縄県 1997)。USLE 式はほ場単位での流出量を予測するために作成された計算式であるため、流域単位での流出量を求める場合、河川内にとどまる量などが把握できない。そのため、実際に海域に流出している量よりも多めに流出量が算出されるおそれがあることに留意する必要がある。

$$A=R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

A : 単位面積あたりの年間流亡量 (t/ha/year)

R : 降雨係数。降雨侵食指数を数値化したもの。平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査 (沖縄県環境保全課 2006) で採用されている 6 地域 (名護、那覇、久米島、宮古島、石垣島、西表島) の年降雨係数を使用した。

K : 土壌係数。単位降雨辺りの流亡量を与える係数。

L : 斜面長係数。基準斜面長 (20m) に対する比率から求められる係数。

S : 傾斜係数。傾斜勾配の関数で、日本では基準勾配 (5°) で LS=1 と仮定されている。

C : 作物係数。作物の種別とその生育状態で定まる係数。裸地の場合を 1 とした侵食流亡土量の軽減割合を示す。

P : 保全係数。畝立て方向、等高線栽培など保全的耕作の効果を示す係数。

GIS での作業の流れ

土地利用現況図、土壌図、傾斜区分図をオーバーレイし、USLE の降雨係数 (R)、土壌係数 (K)、斜面長係数 (L)、傾斜係数 (S)、作物係数 (C)、保全係数 (P) を代入し、単位面積あたりの年間流亡量 (A) を算出した。各係数は次ページからの説明のとおり、決定した。

降雨係数 (R)

降雨係数 (R) は、降雨侵食指数を数値化したものである。平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査（沖縄県環境保全課 2006）で採用されている 6 地域（名護、那覇、久米島、宮古島、石垣島、西表島）の年降雨係数を使用した（表 2-2-15）。降雨係数は次の式により算出さる。

$$\text{降雨係数 (R)} = (E \times I_{60}) / 100$$

E：一連降雨の降雨エネルギー (m・tf/ha)

I₆₀：60 分降雨強度の最大値 (cm/hr)

※一連降雨とは、降雨開始後無降雨の状況が 6 時間以上続くまでの降雨

降雨係数は、各観測施設間の距離が最小になるように領域を作成して決定した。

表 2-2-15. 各地域の年降雨係数

年 地域	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	10 年 平均
名 護	451	396	308	638	747	369	765	1,641	992	1,213	752
那 覇	712	760	408	547	612	663	734	2,448	1,475	1,321	968
久米島	882	797	426	966	930	613	463	1,216	988	921	820
宮古島	747	928	506	419	643	624	562	845	680	965	692
石垣島	746	1,191	402	1,012	738	434	774	1,576	594	1,032	850
西表島	1,016	616	311	906	1,450	594	1,288	1,652	555	921	931

沖縄県環境保全課 (2006) より

土壌係数 (K)

土壌係数 (K) は、単位降雨辺りの流亡量を与える係数である。この係数は土の種類により、変化する。また、同一土壌でも土の物理・化学的変化などにより変化するが、年間の平均値は一定値を示すものと考えられている (翁長ら 1991)。土壌係数は沖縄県 (1997) をもとに渡邊 (2002) で用いられた係数を参考に、表 2-2-16 のように決定した。

表 2-2-16. 各土壌の土壌係数

土壌群	土壌名	土壌計数 (K)
赤色土	赤色土壌	0.3
黄色土	黄色土壌	0.3
赤・黄色度	表層グライ系赤黄色土壌	0.3
灰色台地土	灰色台地土壌	0.3
グライ土壌	グライ土壌	0.2
グライ台地土	グライ土壌	0.2
グライ土	グライ土壌	0.2
褐色低地土	低地土壌	0.2
灰色低地土	低地土壌	0.2
造成低地土	低地土壌	0.2
未熟土壌	未熟土壌	0.2
暗赤色度	暗赤色土壌	0.1
暗赤色土	暗赤色土壌	0.1
岩屑土	岩屑性土壌	0

渡邊 (2002) をもとに作成

斜面長係数 (L)

斜面長係数 (L) は、基準斜面長 (20m) に対する比率から求められる係数である。斜面長係数は次の式で計算される。

$$(L) = (l / 20.0)^{0.5}$$

l : 斜面長 (m)

今回は斜面長計数の算出が困難だったため、すべての斜面長を 20m として計算した。

傾斜係数 (S)

傾斜係数 (S) は、傾斜勾配の関数で、日本では基準勾配 (5°) で LS=1 と仮定されている。傾斜係数は次の式で計算される。

$$(S) = (68.19\sin^2\theta + 4.75\sin\theta + 0.068)$$

θ : 斜面勾配 (度)

沖縄県土地対策課保有の傾斜区分の GIS データは、傾斜区分により段階分けされているため、傾斜区分の中間値を用いて傾斜係数を算出した (表 2-2-17)。また、傾斜区分 3 度以上 8 度未満以上の農地 (普通畑、パイナップル畑、サトウキビ畑) は、傾斜区分をすべて 3 度以上 8 度未満 (5.5°) として計算した。

表 2-2-17. 傾斜区分ごとの傾斜係数

傾斜区分	計算に使用した傾斜角度	傾斜係数
1 度未満	0.5	0.114643877
1 度以上 3 度未満	1.5	0.239066517
3 度未満	1.5	0.239066517
3 度以上 8 度未満	5.5	1.149688505
8 度以上 15 度未満	11.5	3.72538471
15 度以上 20 度未満	17.5	7.662363598
15 度以上 30 度未満	22.5	11.8719406
20 度以上 30 度未満	25	14.25459319
30 度以上 40 度未満	35	25.22631129
30 度以上	30	19.4905
40 度以上	40	31.29570653

作物係数 (C) と保全係数 (P)

作物係数 (C) は、作物の種別とその生育状態で定まる係数である。裸地の場合を 1 とした侵食流亡土量の軽減割合を示す。保全係数 (P) は、保全係数。畝立て方向、等高線栽培など保全的耕作の効果を示す係数である。それぞれの係数は、渡邊 (2002) でもちいられた係数を参考に、表 2-2-18 のように決定した。

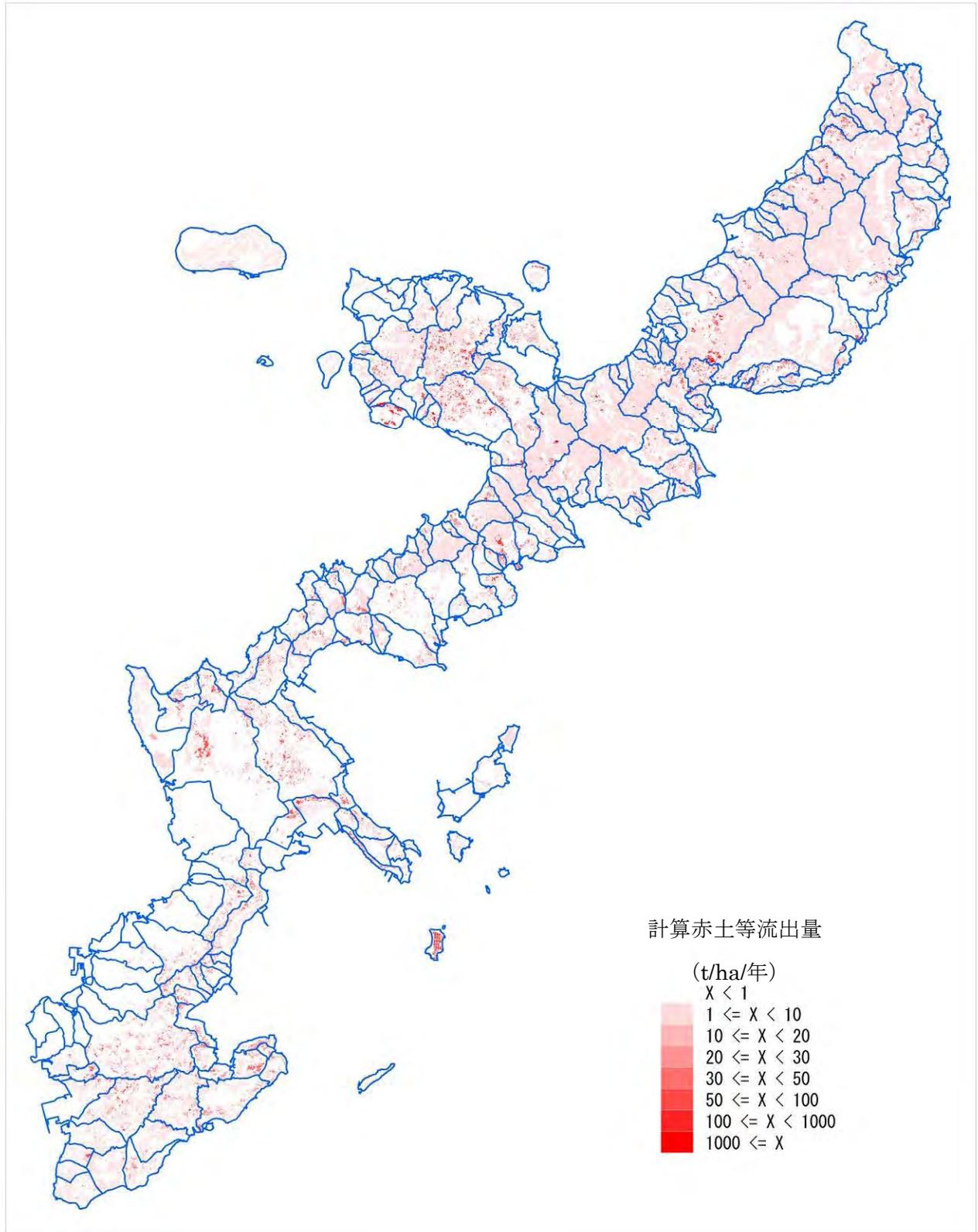
表 2-2-18. 各地目の作物係数および保全係数

地目	作物係数 (C)	保全係数 (P)	地目	作物係数 (C)	保全係数 (P)
アダン林	0.005	0.1	桑畑	0.4	0.3
サトウキビ畑	0.2	0.3	業務地区	0.01	0.1
しの地	0.005	0.1	海・ダム・池など	0	0
しゅろ科樹木	0.005	0.1	混交樹林	0.005	0.1
その他の樹木畑	0.4	0.3	温室	0.01	0.1
パイナップル畑	0.6	0.3	牧場・牧草地	0.05	0.3
一般住宅地域	0.01	0.1	田	0.01	0.1
中高層住宅地域	0.01	0.1	畜舎	0.01	0.1
供給処理施設	0.01	0.1	空地	0.05	0.3
公共業務地区	0.01	0.1	竹林	0.005	0.1
公園緑地	0.02	0.1	茶畑	0.3	0.3
厚生地区	0.01	0.1	裸地	1	1
商業地区	0.01	0.1	運動競技施設	0.02	0.1
工業地区	0.01	0.1	運輸流通施設	0.01	0.1
広葉樹林	0.005	0.1	道路	0.01	0.1
改変工事中的地域	1	1	野草地	0.05	0.3
文教地区	0.01	0.1	針葉樹林 (人工林)	0.005	0.1
普通畑	0.4	0.3	針葉樹林 (天然林)	0.005	0.1
果樹園	0.4	0.3	防衛施設	0.01	0.1

赤土等流出量の算出結果

ほ場単位での土壌流出量の算定結果を図 2-2-17 に示す。北部地域及び南部の一部で土壌流出量が多い傾向がある。USLE の値 100t/ha/年以上のほ場を抜き出し、土地利用現況図をオーバーレイし、地目ごとにクロス集計した結果を図 2-2-18 に示す。USLE 式による土壌流出量が多くなる地目は裸地であった。次に多いのは、改変工事中の地域、普通畑、果樹園と続いた。普通畑と果樹園の土壌流出量が多いのは、面積が大きいためと考えられる。

また、地域区分ごとにクロス集計した結果を図 2-2-19 に示す。NW および NE の地域で土壌流出量が多い。さらに、流域ごとの単位面積あたりの土壌流出量を図 2-2-20 に示す。北部西海岸で USLE の値が高い傾向がある。これは、地域区分ごとにクロス集計した結果の傾向と同様な傾向を示している。



出典

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課，590pp.

図 2 - 2 - 1 7 . 土壌流出量の算定結果

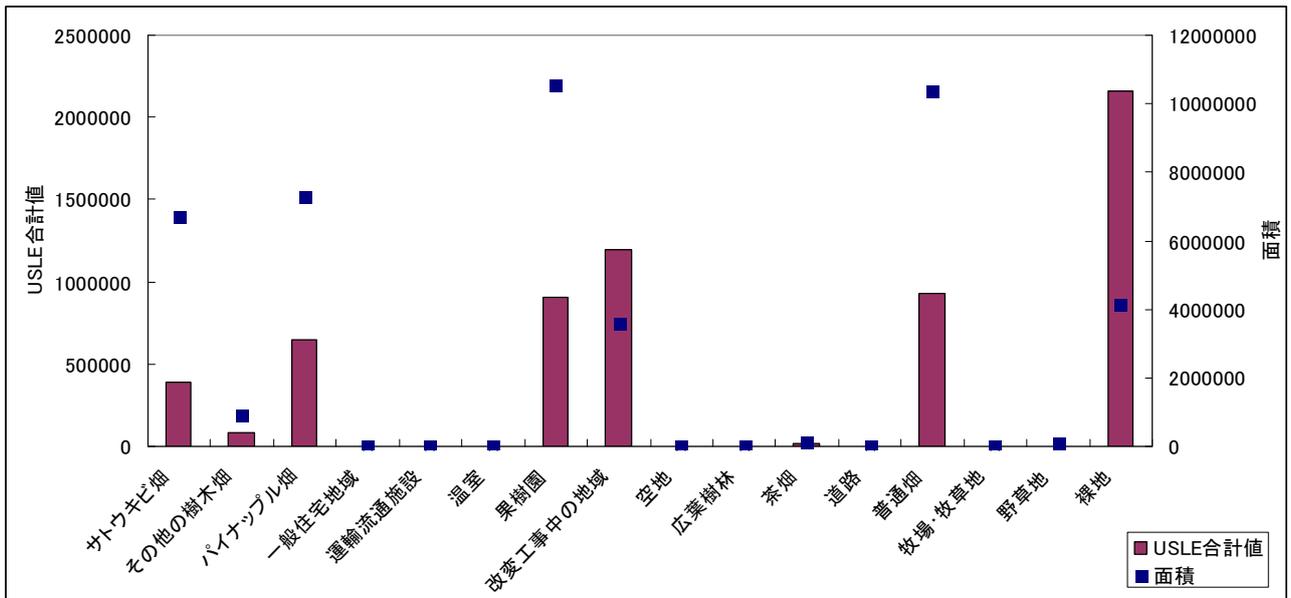


図 2-2-18. 各地目の土壌流出量

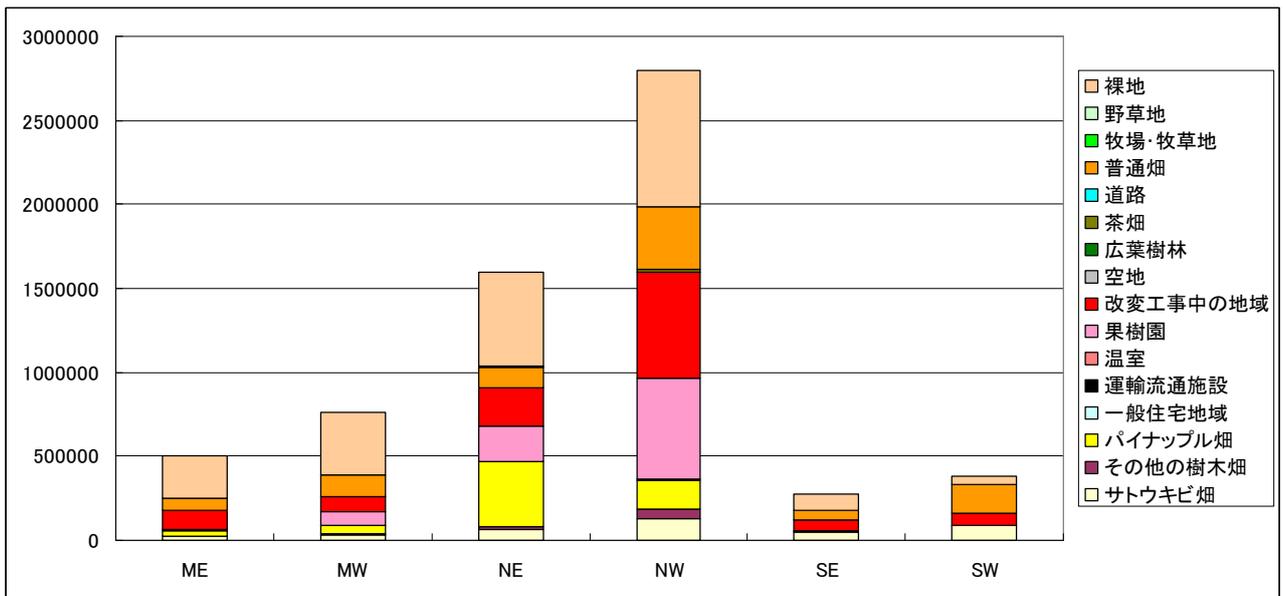
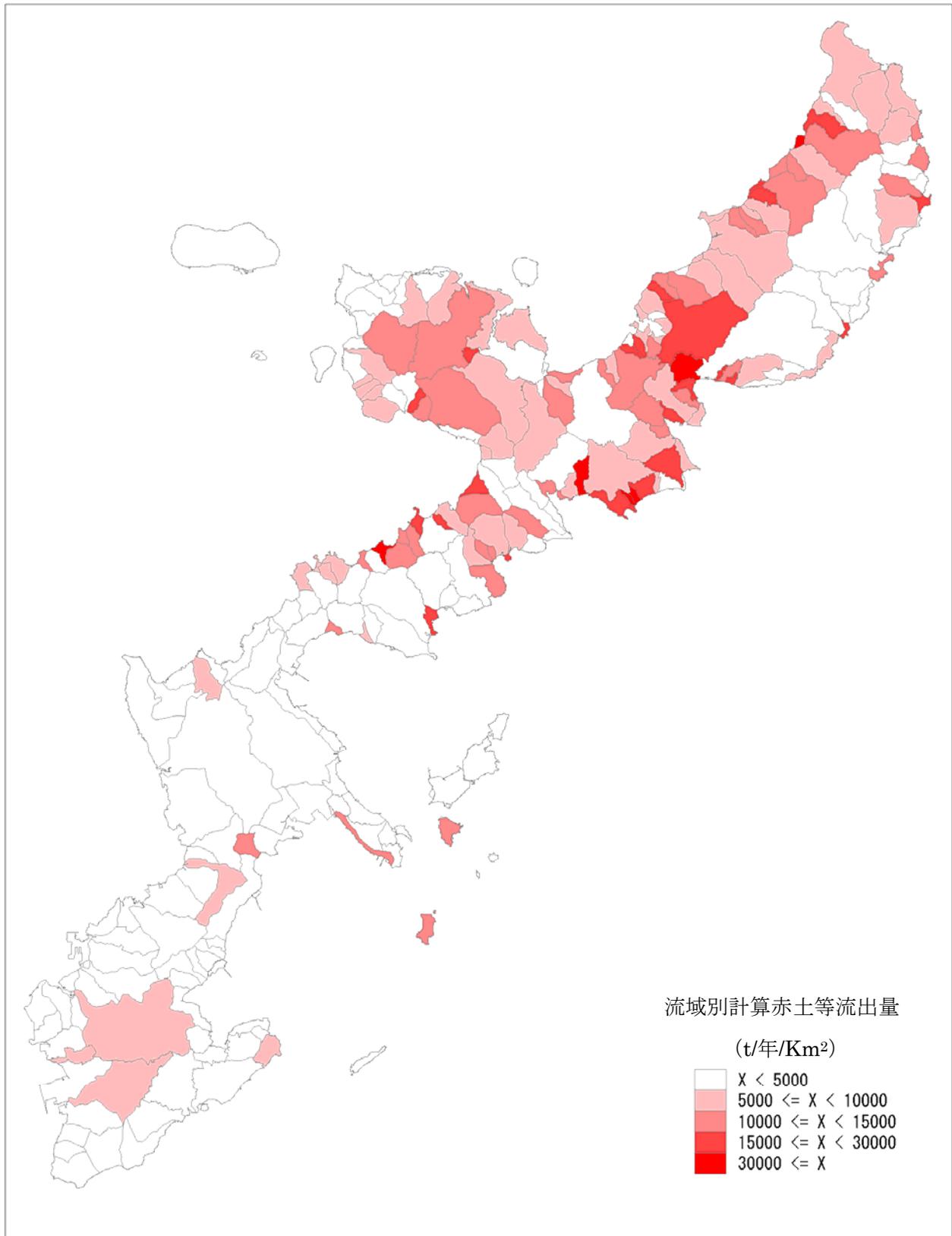


図 2-2-19. 各地域区分の土壌流出量



出典

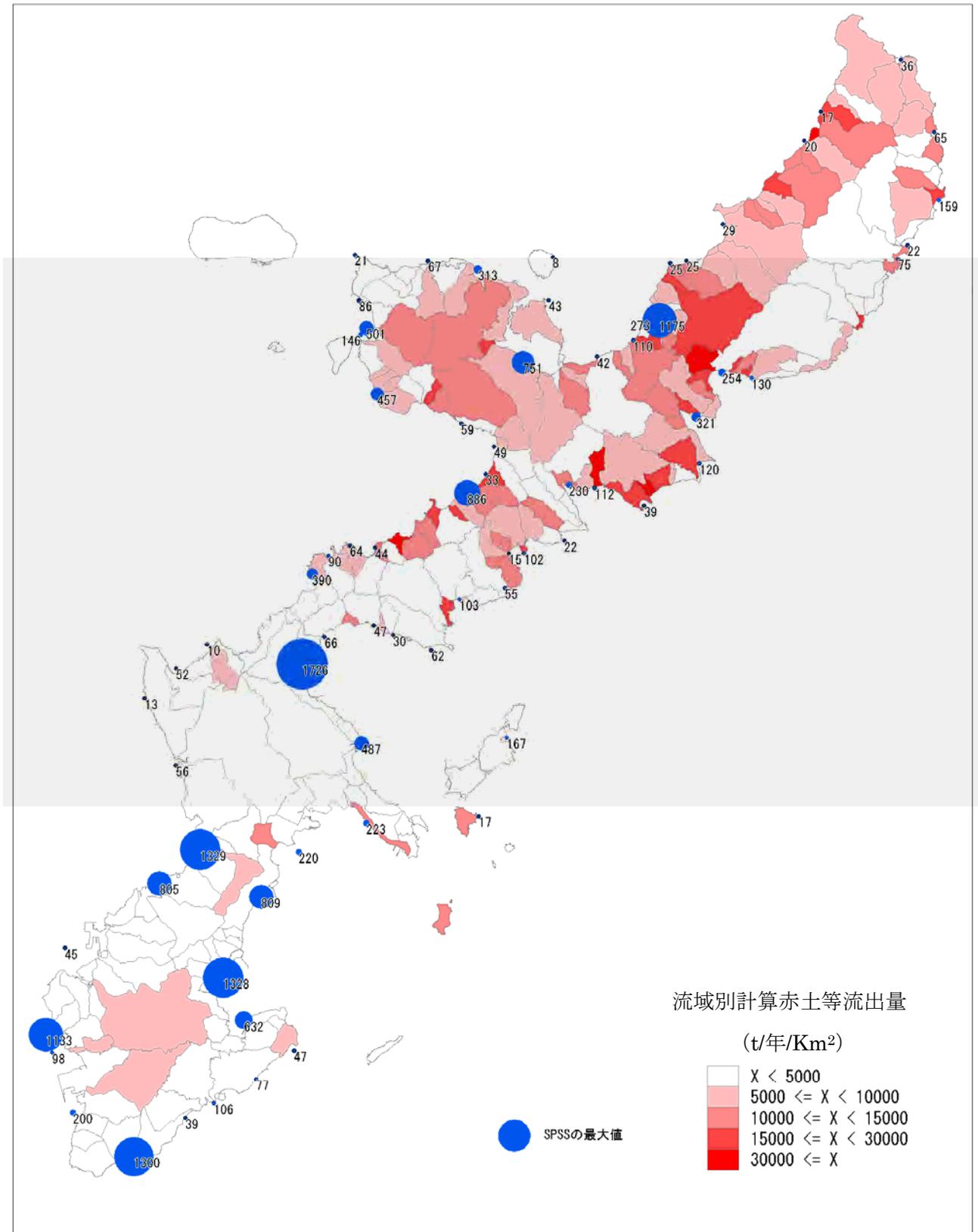
陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課，590pp.

図 2-2-20. 流域ごとの単位面積あたりの土壌流出量

2-3-4. 海域の赤土等の堆積状況と赤土等の流れやすい流域の比較

流域ごとの単位面積あたりの土壌流出量と平成 21 年度赤土等に係る環境保全目標設定調査で行われた SPSS 調査のうち、各海域の最大値を図 2-2-21 に示す。沖縄島中部以南では、SPSS の最大値が高くても、単位面積あたりの土壌流出量が多くない流域がある。また、SPSS の値と USLE 式による土壌流出推定量の結果に相関はなかった ($R^2=0.0013$)。USLE 式による土壌流出推定量と SPSS の値に相関がみられないことには、次のような理由が考えられる。

- ① 那覇、宜野湾、西原などは USLE 式による土壌流出推定量の値が低く、SPSS の値が高い。那覇、宜野湾、西原などの SPSS の値は、SPSS が赤土等の土壌の流入だけでなく、有機物による懸濁物も調査してしまうため SPSS の値が高くなった可能性がある。
- ② USLE 式による土壌流出推定量は、ほ場単位での土壌流出量を推定するのが目的であるため、流域での流出量を表せない可能性がある。そのため、USLE で流域単位の流出量を推定する場合、流出量が多めに算出される可能性がある。ただし、このことは那覇などの USLE の推定値が低く、SPSS の値が高いことの説明にはならない。
- ③ USLE 式による土壌流出推定量を計算の元になった土地利用現況図の作成年と SPSS の調査を実施した年が違う。
- ④ SPSS の値は年間を通して変動し、波浪等の影響で SPSS の値が低くなることがある。ただし、海域が湾になっているかなど開放系と閉鎖系で SPSS の値に影響を与える波浪の傾向が違う。



出典

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課，590pp.

図 2-2-2 1. SPSS と流域ごとの土壌流出量の比較

2-3-5. 沖縄島周辺における赤土等の土壌流出のサンゴ群集への影響

USLE 式による土壌流出推定量の結果は、沖縄島北部地域で相対的に土壌流出量が多かった。しかしながら、サンゴの被度の変遷や現状について明確な関係性は見いだせなかった。室内実験では、SPSS 値が $0\text{kg}/\text{m}^3$ と $320\text{kg}/\text{m}^3$ ではユビエダハマサンゴやエダコモンサンゴに影響は見られず、SPSS 値が $160\text{kg}/\text{m}^3$ 以上でオトメミドリイシへの影響が確認されている（沖縄県環境保全課 2009）。

赤土等の流出は、沖縄県赤土等流出防止条例の施行などさまざまな流出防止対策により、流出の総量が減少している。特に、沖縄県赤土等流出防止条例の施行後の開発に伴う赤土等の土壌の流出が減少している（大見謝ら 2002、沖縄県環境政策課 2009）。また、パイナップル畑の面積の変化から 1960 年代後半から 1970 年代前半にかけて、農地からの赤土等の土壌の流出が大きかったものと推測される。北部の一部の流域では、1960 年代から 1970 年代にかけて大規模な森林伐採と農地造成が確認されることから（渡邊 2008）、赤土等の土壌流出は 1970 年代頃までが最大であったと考えられる。

参考文献

- 西平守孝（1980）潮間帯群集の人為的攪乱，特に陸地からの赤土の影響．琉球列島における島嶼生態系とその人為的変革，127-131
- 西平守孝（1981）久米島における潮間帯群集の人為的攪乱－特に赤土の影響について－．池原貞雄編，琉球列島における島嶼生態系とその人為的変革（Ⅱ），243-261
- Nishihira M. (1987) Natural and human interference with the coral reef and coastal environments in Okinawa. *Galaxea*, 6, 311-321
- 大垣俊一、野池元基（1992）沖縄県石垣島の土地改良事業と白保のサンゴ礁．日本生態学会，42(1), 9-20
- 大見謝辰男、仲宗根一哉、満本裕彰、小林孝（1999）赤土堆積がサンゴに及ぼす影響（第 2 報）－サンゴの赤土堆積耐性について－．沖縄県衛生環境研究所報，33，111-120
- 大見謝辰男・比嘉榮三郎・仲宗根一哉・満本裕彰（2002）赤土条例施行前後における沖縄沿岸の赤土等堆積状況比較．沖縄県衛生環境研究所報 第36号
- 大見謝辰男、大山峰吉、池間修宏、八重山保健所衛生課、沖縄県水産業改良普及所、石垣市水産課、伊平屋村漁業協同組合、伊是名漁業協同組合、久米島漁業協同組合、恩納村漁業協同組合、（1993）沖縄県内各地の海域における赤土汚染の現状（第2報）．第23回沖縄県衛生監視員研究発表会（抄録），沖縄県環境保健部，50-60
- 大見謝辰男、満本裕彰（2001）サンゴ礁における濁度・水平透明度・SPSS 測定値の関係について．沖縄県衛生環境研究所報，35，103-109
- 大見謝辰男（1996）赤土堆積がサンゴに及ぼす影響．沖縄県衛生環境研究所報，30，79-86
- 大見謝辰男（1998）石垣島白保海域の赤土汚染とサンゴ礁の現況．沖縄県衛生環境研究所報，32，113-117

- 大見謝辰男 (2003) SPSS 簡易測定法とその解説. 沖縄県衛生環境研究所報, 37, 99-104
- 大見謝辰男 (2004) 陸域からの汚濁物質の流入負荷. 環境省・日本サンゴ礁学会編, 日本のサンゴ礁, 66-70
- 沖縄県 (1978) 赤土の流出による漁場の汚染状況調査報告書. pp164
- 沖縄県 (1997) 宮良川流域赤土流出実態調査.
- 沖縄県 (2003) 沖縄県環境基本計画. pp218
- 沖縄県 (2009) 平成 19 年度沖縄県環境白書. pp232
- 沖縄県環境保健部 (1991) 赤土流出防止対策の手引き. pp228
- 沖縄県環境保全課 (2006) 平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書.
- 沖縄県環境保全課 (2008) 平成 19 年度赤土等の発生源対策推進事業赤土等に係る環境保全目標設定基礎調査報告書.
- 沖縄県環境保全課 (2009) 平成 20 年度赤土等の発生源対策推進事業赤土等に係る環境保全目標設定基礎調査報告書.
- 沖縄県環境保全課 (2010) 平成 21 年度赤土等に係る環境保全目標設定調査 (赤土等の堆積による環境負荷調査) 報告書.
- 翁長謙良, 吉永安俊, 安里維大 (1994) 改良山成畑における耕地組織と砂防. 琉球大学農学部学術報告, 279-289
- 翁長謙良・呉屋昭・松村輝久 (1991) 沖縄島北部黄色土の土壤浸食の評価と対策. 土壤の物理特性, 63, 19-34
- Sakai K., Nishihira M., Kakinuma Y and Song J. I. (1989) A short-term field experiment on the effect of siltation on survival and growth of transplanted *Pocillopora damicornis* branchlets. *Galaxea*, 8, 143-156
- 渡邊康志 (2002) GIS 利用による陸域影響に関する調査研究. 平成 13 年度内閣府委託事業「サンゴ礁に関する調査」, (財) 亜熱帯総合研究所, 103-134
- 渡邊康志 (2008) 統合的管理のための環境 GIS の構築. 沖縄県企画部科学技術振興課, 平成 19 年度亜熱帯島嶼域における統合的沿岸・流域・森林管理に関する研究推進事業報告書, 291-341
- Yamazato K. (1987) Effects of deposition and suspension of inorganic particulate matter on the reef building corals in Okinawa, Japan. *Galaxea*, 6, 289-309

要約 (赤土等の土壤流出)

- ・ USLE 式による土壤流出推定量の結果とサンゴの被度の変遷や現状について明確な関係性は見いだせなかった。
- ・ パイナップル畑の面積の変化から 1960 年代後半から 1970 年代前半にかけて、農地からの赤土等の土壤の流出が大きく、赤土等の土壤流出は 1970 年代頃までが最大であったと考えられる。

2-4. 水質

2-4-1. サンゴ群集への影響

サンゴは水中に生息し、海水を媒体として体の中と外の物質交換を行っている。その体を取り巻く海水の環境が変化すると、さまざまな生理的な影響が見られる（中野 2002）。水質汚濁、富栄養化などの水質の悪化はサンゴの生育環境を脅かし、サンゴ礁の荒廃をもたらす（Pastorok and Bilyard 1985, Done 1992, Laws 1993）。さらに、高濃度ではあるが、船底塗料や除草・殺虫剤などに使用されている化学物質の暴露による影響も確認されている（渡邊 2006）。サンゴは貧栄養の海水に適応した生物であるため、水質を本来のサンゴ礁で見られる貧栄養に保つことはサンゴ礁生態系を健全に保つ上で基本的な対策であると考えられる。特に近年、サンゴ礁を取り巻く環境は変化しており、海水温の上昇、陸からの赤土等の土壌や栄養塩類等の流入など、さまざまなかく乱要因により複合的なストレスを受け、サンゴ群集の健康度が低下しているのではないかと懸念されている。このようにストレスを受けているサンゴは、日和見感染による病気にかかりやすくなるなど、かく乱に対して抵抗力が低下すると考えられている。

2-4-2. これまで行われてきた調査

沖縄県では公共用水域の水質汚濁状況の常時監視を目的として、水質測定調査が実施されている。今回、沖縄島周辺の水質について、沖縄県の公共用水域の水質測定で実施されている沖縄県公共用水域データの BOD、COD、SS、大腸菌、全窒素、全リンについて整理した。沖縄島周辺で実施されている公共用水域の水質測定地点は計 189 地点で、1981 年から調査が実施されている。沖縄島周辺で調査されている公共用水域の調査地点を図 2-2-2 に示す。なお、北部、中部、南部の流域で図を 3 つに分けているが、各地域の区分けは次のとおりとした。

北部：安波川流域、羽地大川流域、我部祖河流域、漢那川流域、源河川流域、新川川流域、大保川流域、汀間川流域、普久川流域、福地川流域、平南川流域、辺野喜川流域、満名川流域。羽地内海海域、恩納海域、名護湾海域。

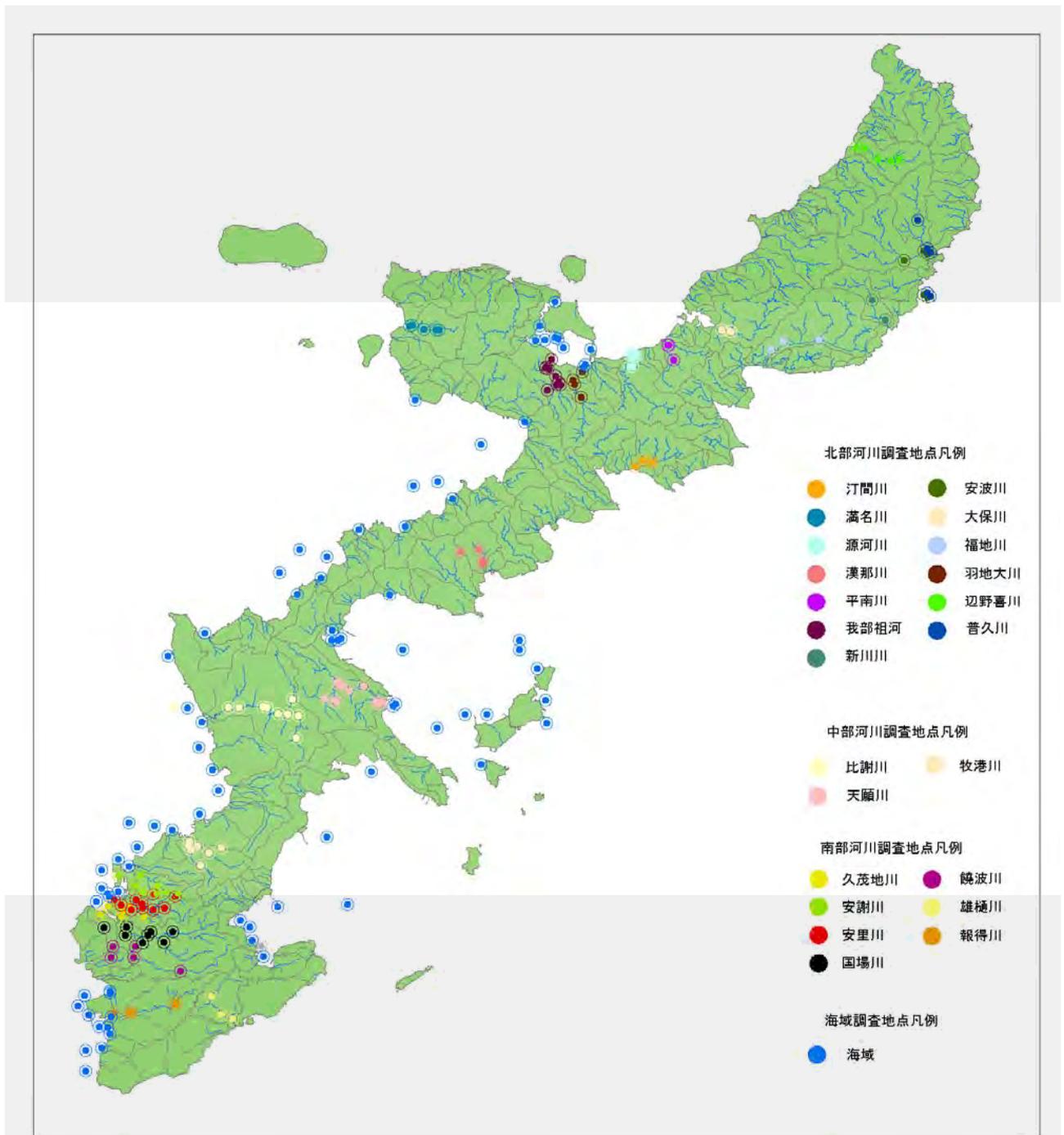
中部：牧港川流域、天願川流域、比謝川流域。伊佐海域、金武湾海域、中城湾海域、与勝海域。

南部：安謝川流域、安里川流域、久茂地川流域、国場川流域、報得川流域、饒波川流域、雄樋川流域。糸満海域、那覇港海域。

国立環境研究所環境数値データベースには、全国の公共用水域のデータがまとめられており、今回は国立環境研究所環境数値データベースに整理されている公共用水域のデータを用いた。

なお、公共用水域のデータについては、次の点に注意する必要がある。

- ・ 総量でない。沖縄県での公共用水域の水質測定では、河川の流量が測定されていないため、負荷の総量は不明である。
- ・ 断片的な値である。河川は常に流れ続けているが、水質測定されたサンプルはある時点の瞬間値である。
- ・ 降雨時は平常時に比べより負荷が大きいと考えられるが、降雨時など平常時と異なる状態の値は不明である。
- ・ 測定地点が限定されている。特に、公共用水域の調査地点は、負荷が高いと予想される河川や海域が調査地点として選定されており、他の地点の状況は不明である。



出典

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課，590pp.

図 2 - 2 - 2 2 . 公共用水域の調査地点

図 2-2-23～図 2-2-28 は、各測定項目を測定地域（流域単位）ごとに各調査年で平均した結果である。また、水質汚濁の原因となる人口と畜産（牛、豚）の飼育頭数を図 2-2-29 および図 2-2-30 に示す。

<BOD について>

図 2-2-23 に沖縄島における BOD の公共用水域測定結果を示す。

北部：BOD の水質は、測定開始がされた 1981 年から 2007 年まで他の地域と較べ相対的に低いままである。

中部：1981 年から 2007 年まで牧港川流域では、BOD の値は 8～15mg/l あたりで増減を繰り返している。

南部：BOD の水質は、ほとんどの流域で 1980 年代に最も悪く、右肩下がりに下がっている。しかし、2007 年の値を北部地域と比較すると依然高い傾向にある。

BOD から推測される負荷は主に、生活、畜産、産業などの有機汚濁である。沖縄島では、人の活動に起因する BOD 負荷が南部で大きいものと推測される。

<COD について>

図 2-2-24 に沖縄島周辺における COD の公共用水域測定結果を示す。北部、中部、南部とも海域の測定地点では、2mg/l 以下を維持している。

<SS について>

図 2-2-25 に沖縄島周辺における SS の公共用水域測定結果を示す。流域ごとに突発的に高い値が記録されている。赤土等の流入に起因する SS の負荷は主に降雨時であるため、平常時に採水されている公共用水域の水質測定結果では、有機物の流れ込みや雨後や上流の降雨の影響により SS の値が高くなっている可能性がある。

<大腸菌について>

図 2-2-26 に沖縄島周辺における SS の公共用水域測定結果を示す。南部では 1992 年あたりでピークとなり、その後徐々に減少している。

<全窒素について>

図 2-2-27 に沖縄島周辺における全窒素の公共用水域測定結果を示す。那覇港海域では 1991 年で大きく下がり、1991 年から徐々に高くなってきている。その他の海域では 1991 年以降 0.2mg/l を大きく超えてはいない。

<全磷について>

図 2-2-28 に沖縄島周辺における全磷の公共用水域測定結果を示す。那覇港海域では 1992 年まで徐々に下がってきた値が、1992 年で大きく上がり、その後他の海域と比較して高い値を維持している。その他の海域では 1993 年以降 0.02mg/l を大きく超えてはいない。

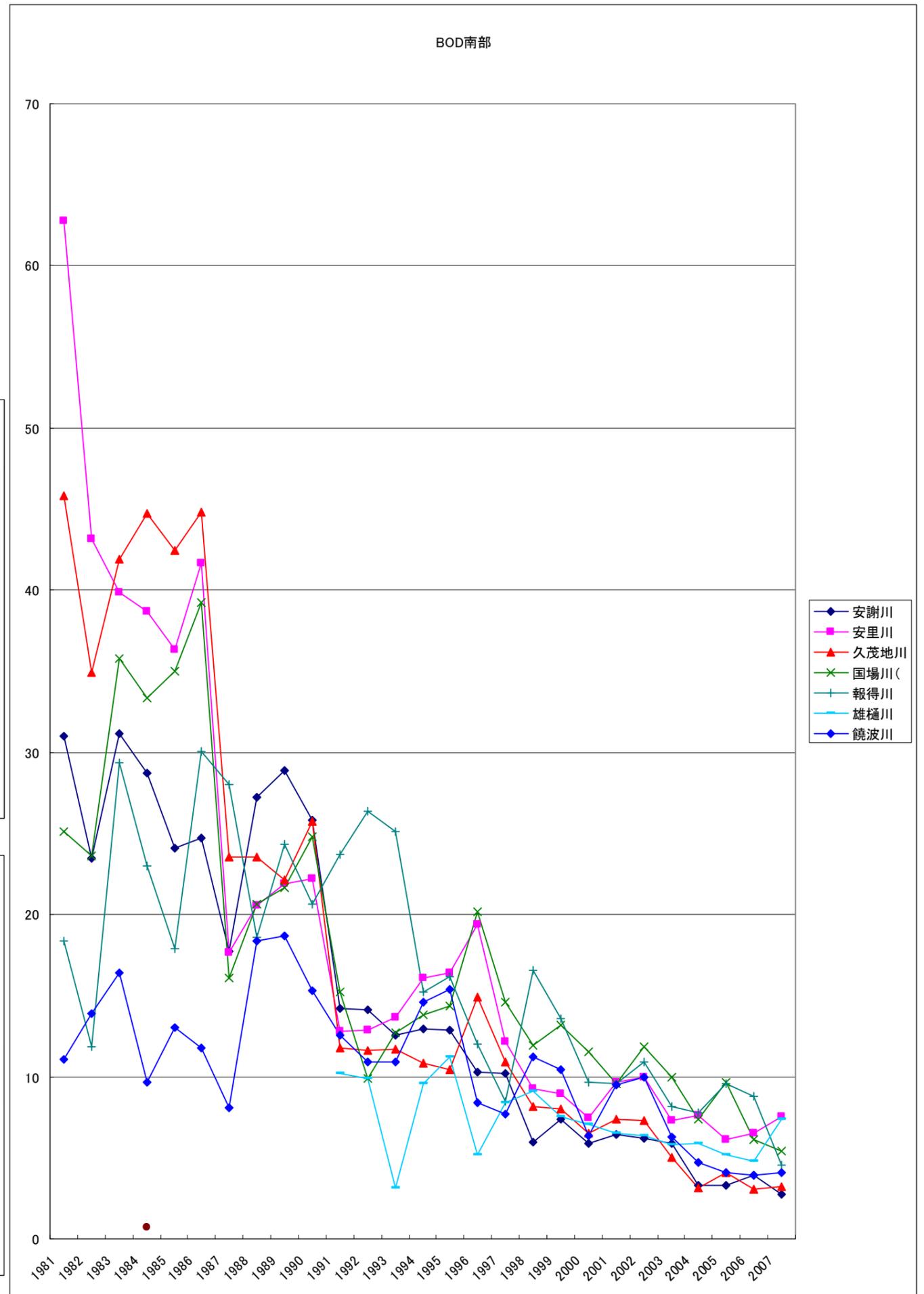
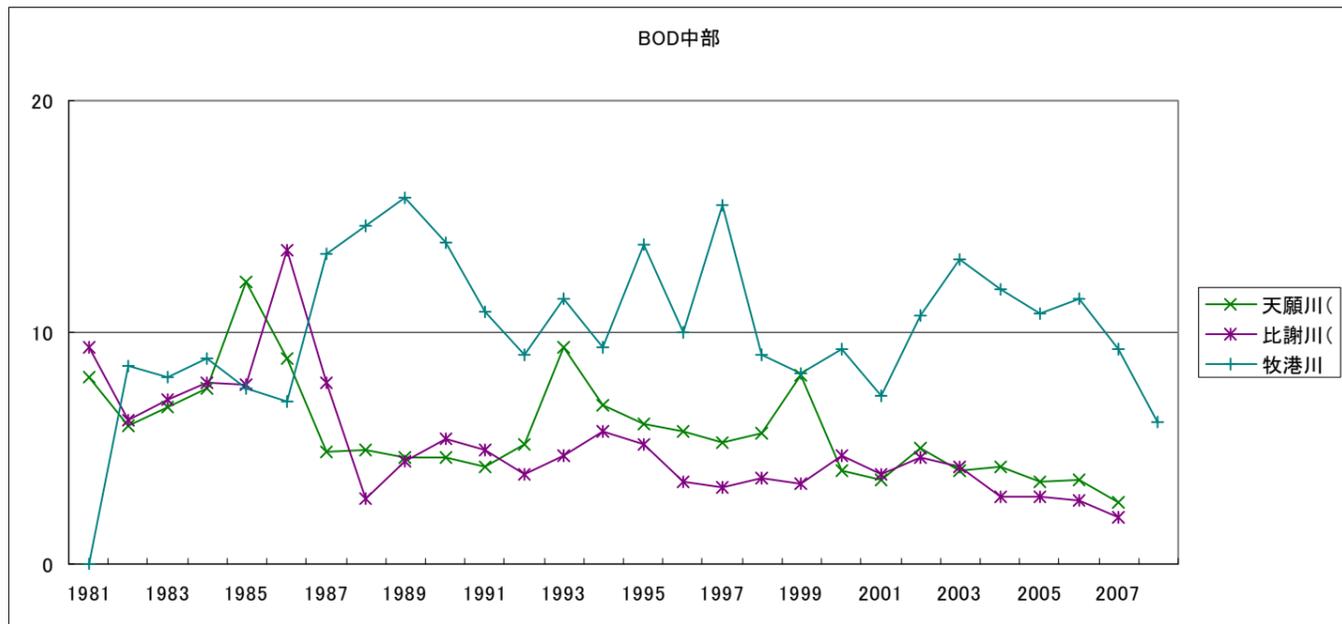
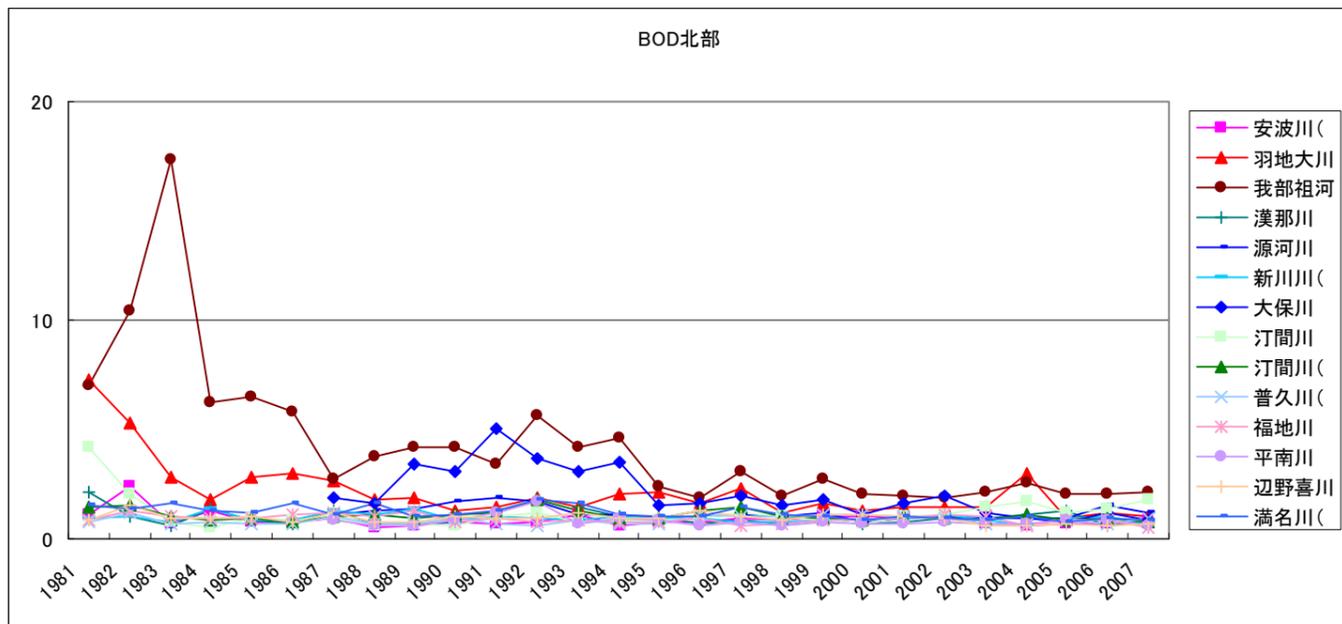
<沖縄島周辺の水質>

BOD 結果からみると、沖縄島の北部では、測定が開始された 1981 年から 2007 年までの期間で他の地域と比べ負荷は小さいと考えられ、同じく中部では、1981 年から 2007 年まで牧港川流域で負荷が増減を繰り返していると考えられる。南部では、ほとんどの流域で 1980 年代に最も負荷が大きく、これが減少傾向にあるが、北部地域と比較の上では依然大きい傾向にあると考えられる。同時に、BOD から推測される負荷は主に、生活、畜産、産業などを主源とする有機汚濁であり、沖縄島では人の活動に起因する負荷が南部で大きいものと推測された。

沖縄島周辺の SS 測定結果では、流域ごとに突発的に高い値が記録されており、これは有機物の流れ込みや雨後や上流の降雨の影響が現れていると考えられる。

全窒素と全磷の測定結果では、那覇港海域と他の海域では異なる傾向がみられた。那覇港以外の海域では、全窒素は 1991 年以降 0.2mg/l を、全磷は 1993 年以降 0.02mg/l をそれぞれ大きく超えていない。他方の那覇港海域では、全窒素が 1991 年で大きく下がりその後徐々に上昇、全磷は 1992 年まで徐々に下がってきた値が、その後大きく上がりそのまま比較的高い値を維持しているなど、富栄養化の傾向がみられると考えられる。

図2-2-23. 沖縄島におけるBODの公共用水域測定結果. 公共用水域の水質測定結果(検体値)における流域ごとのBODの平均値を各年でプロットした。



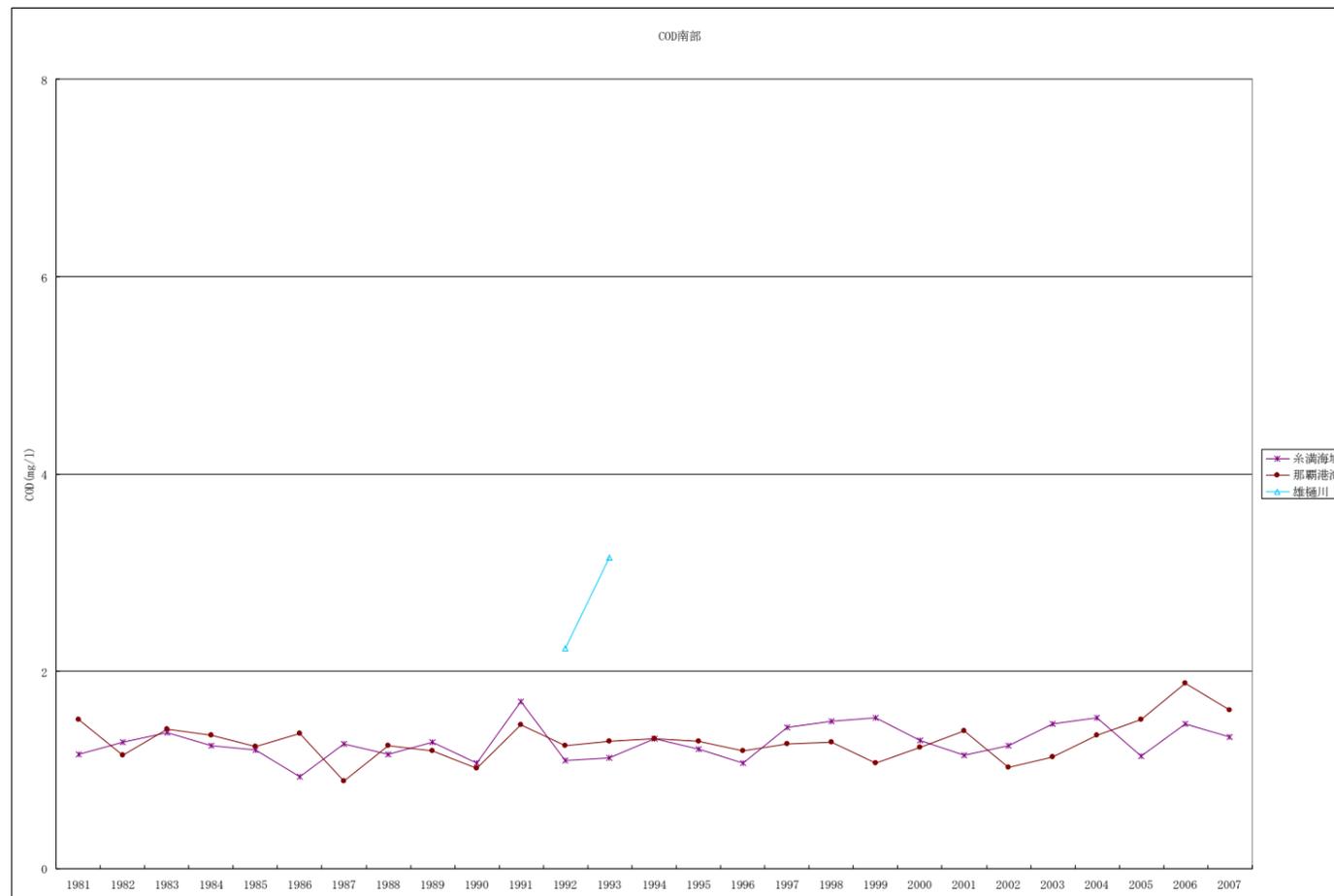
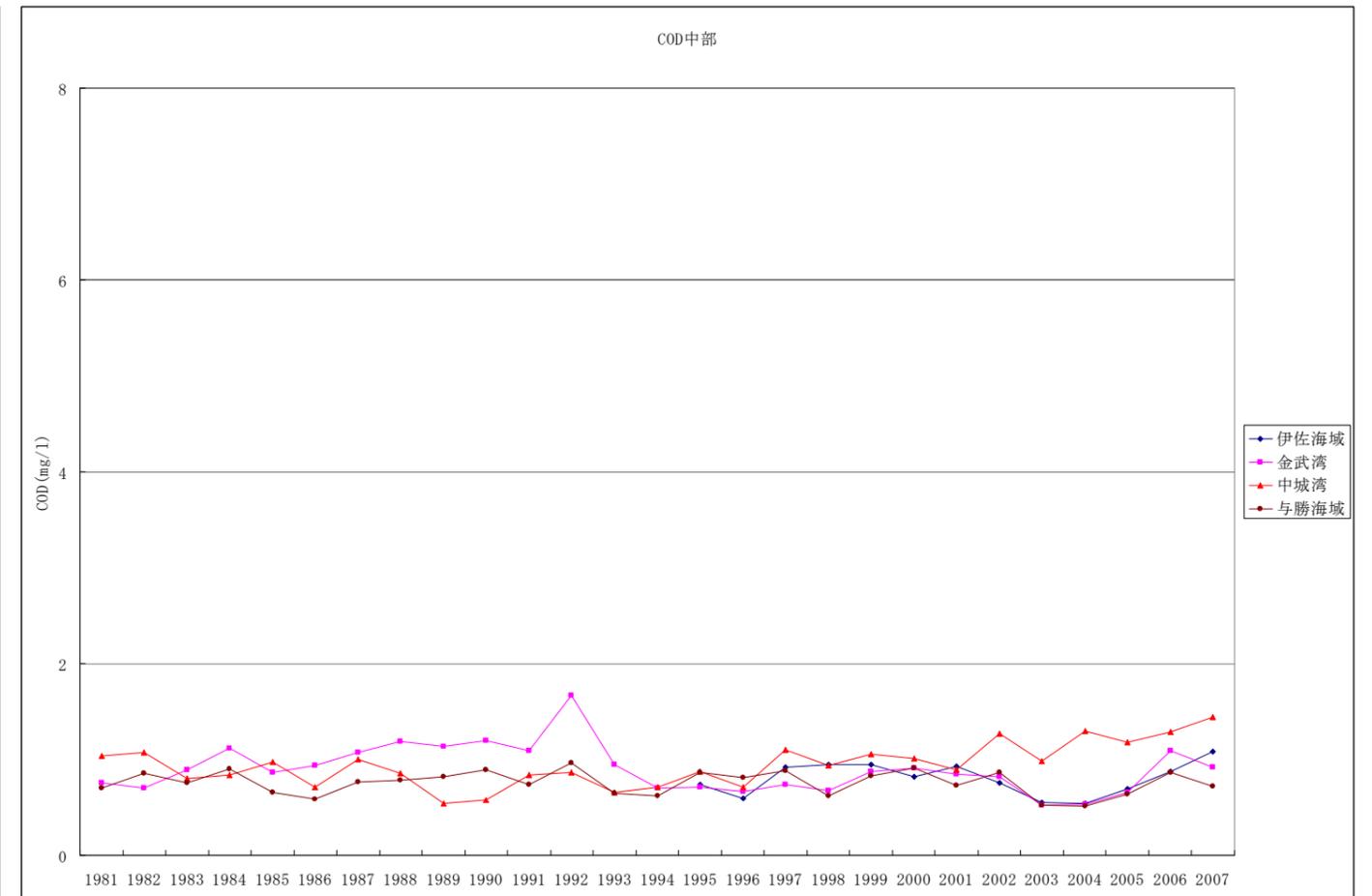
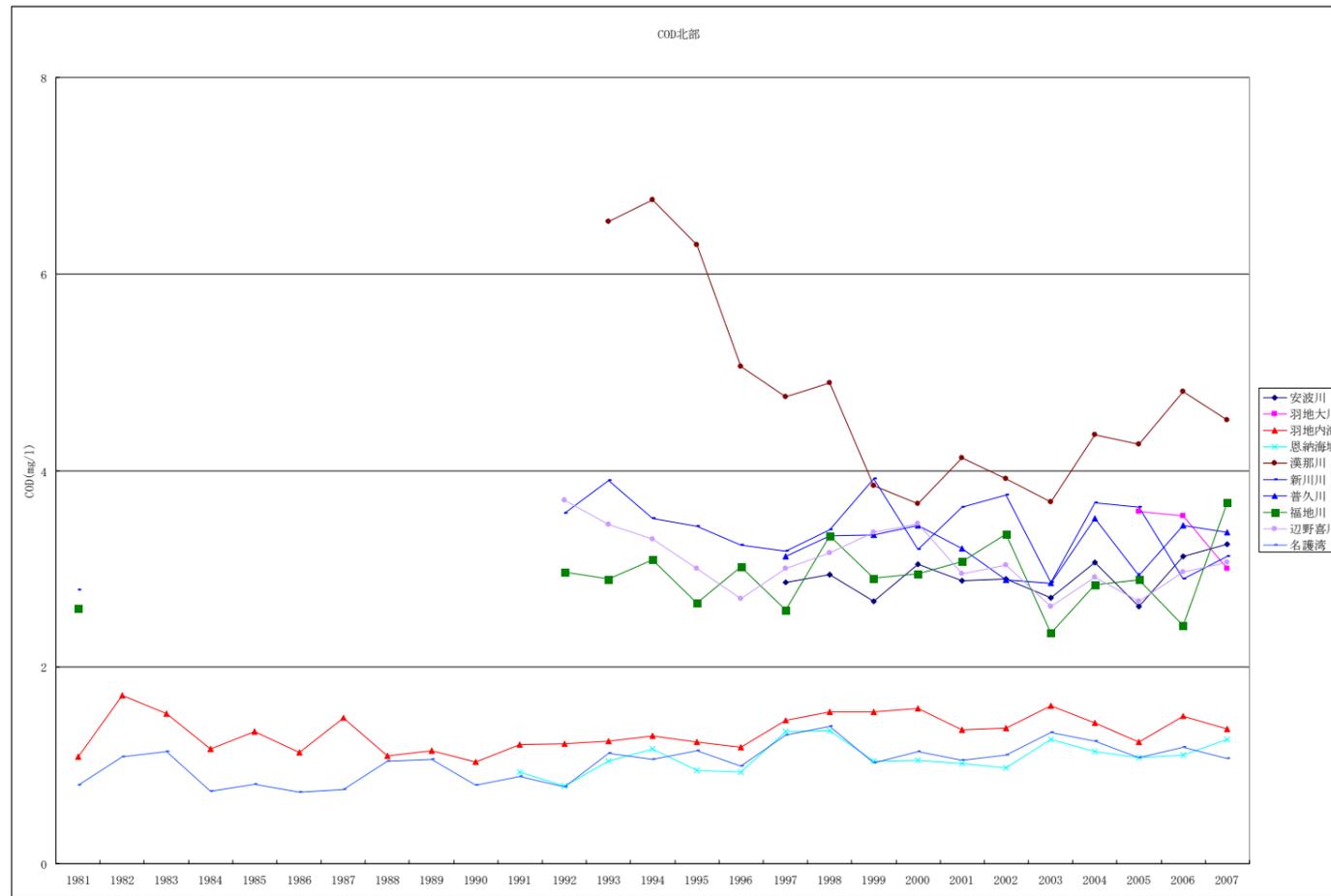


図2-2-24. 沖縄島におけるCODの公共用水域測定結果。公共用水域の水質測定結果（検体値）における流域ごとのCODの平均値を各年でプロットした。

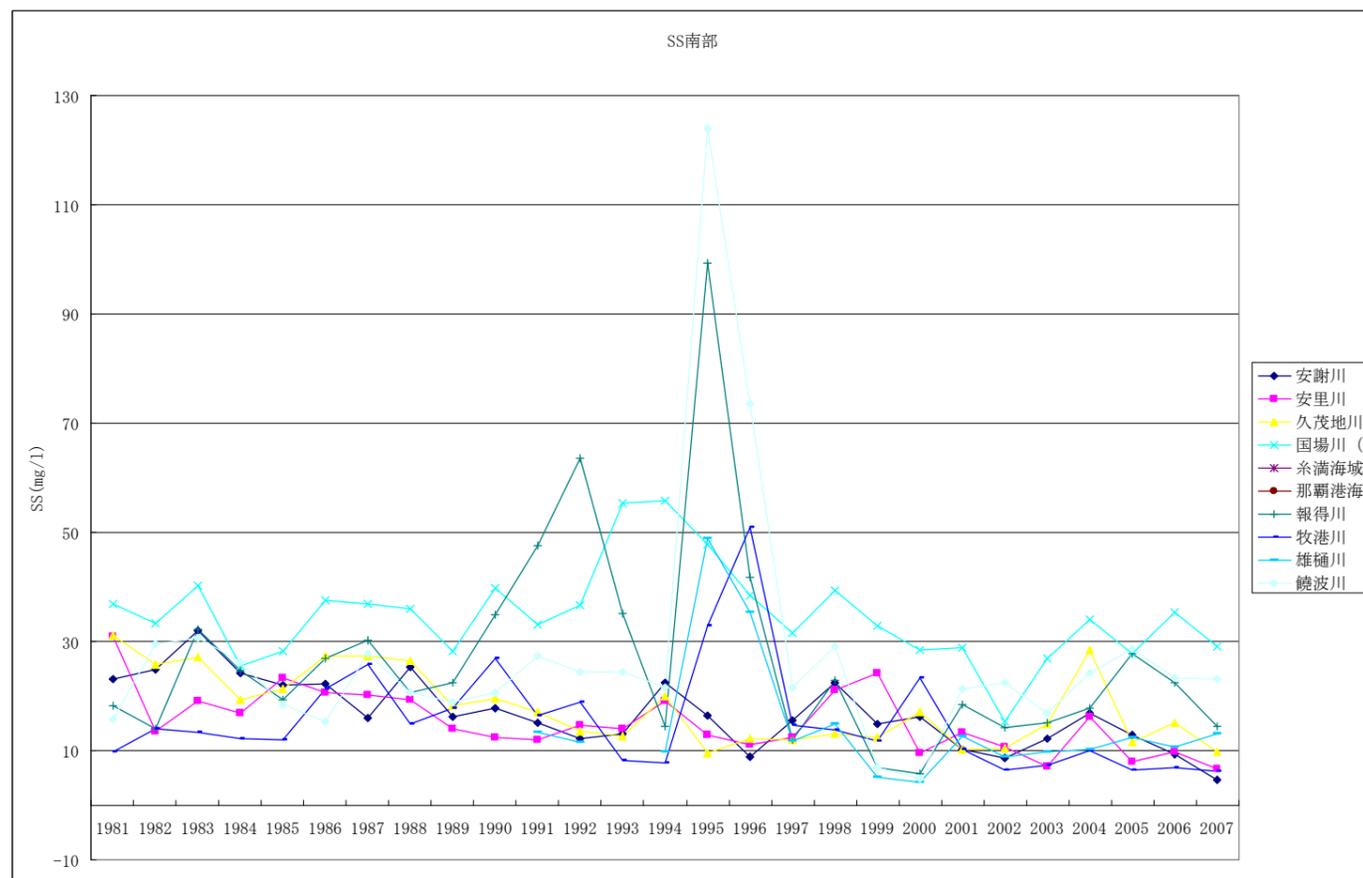
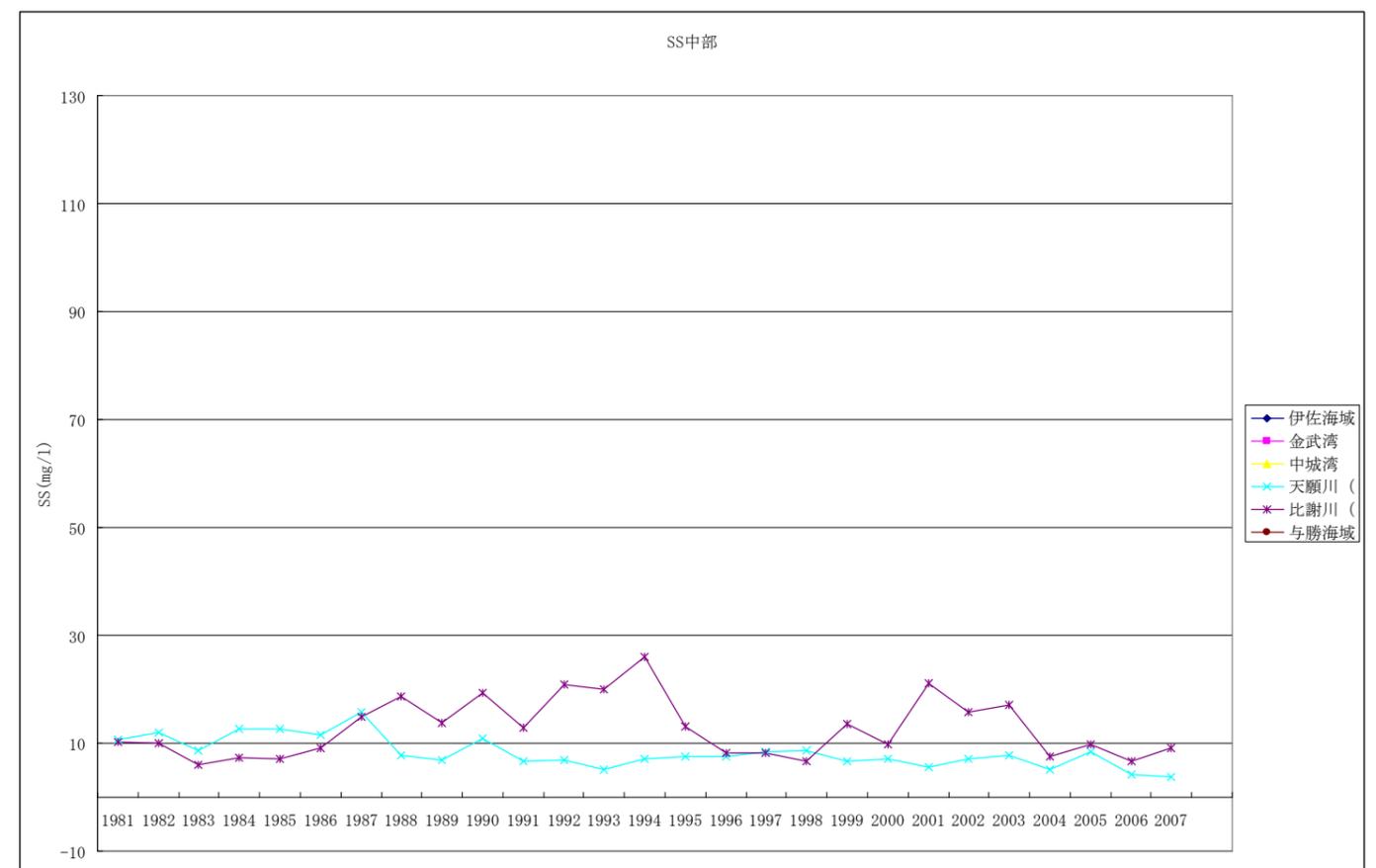
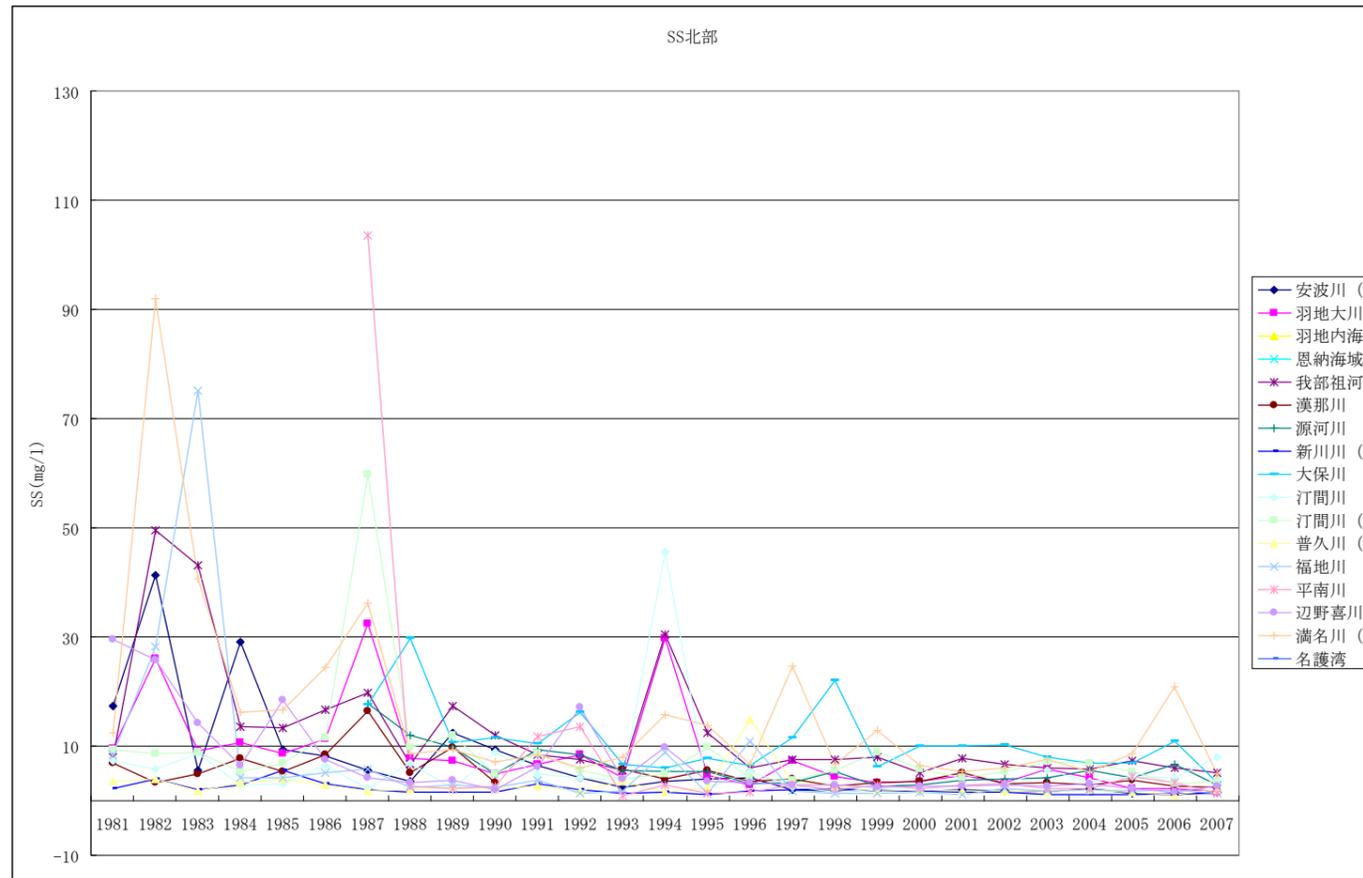


図2-2-25. 沖縄島におけるSSの公共用水域測定結果. 公共用水域の水質測定結果(検体値)における流域ごとのCODの平均値を各年でプロットした。

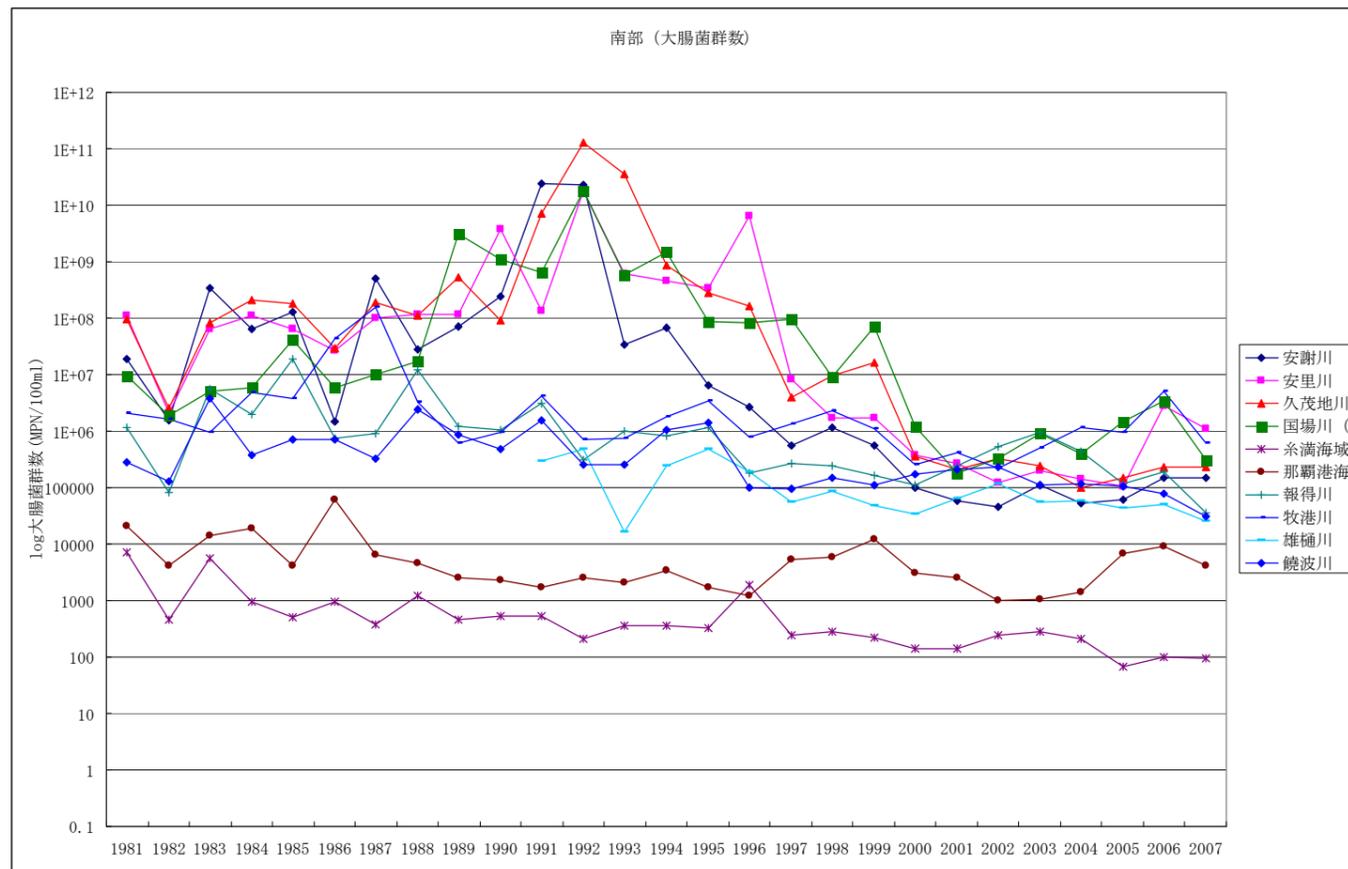
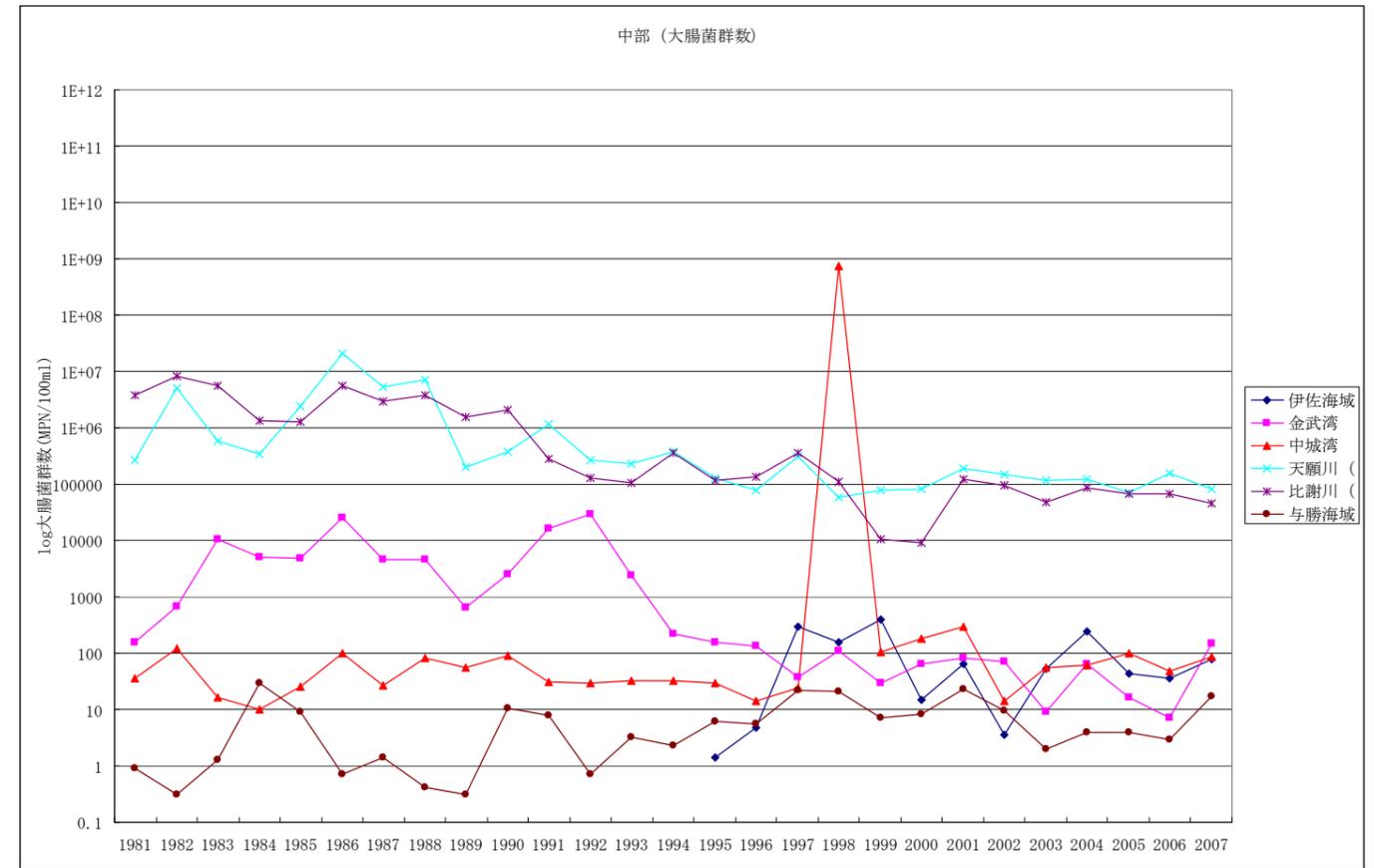
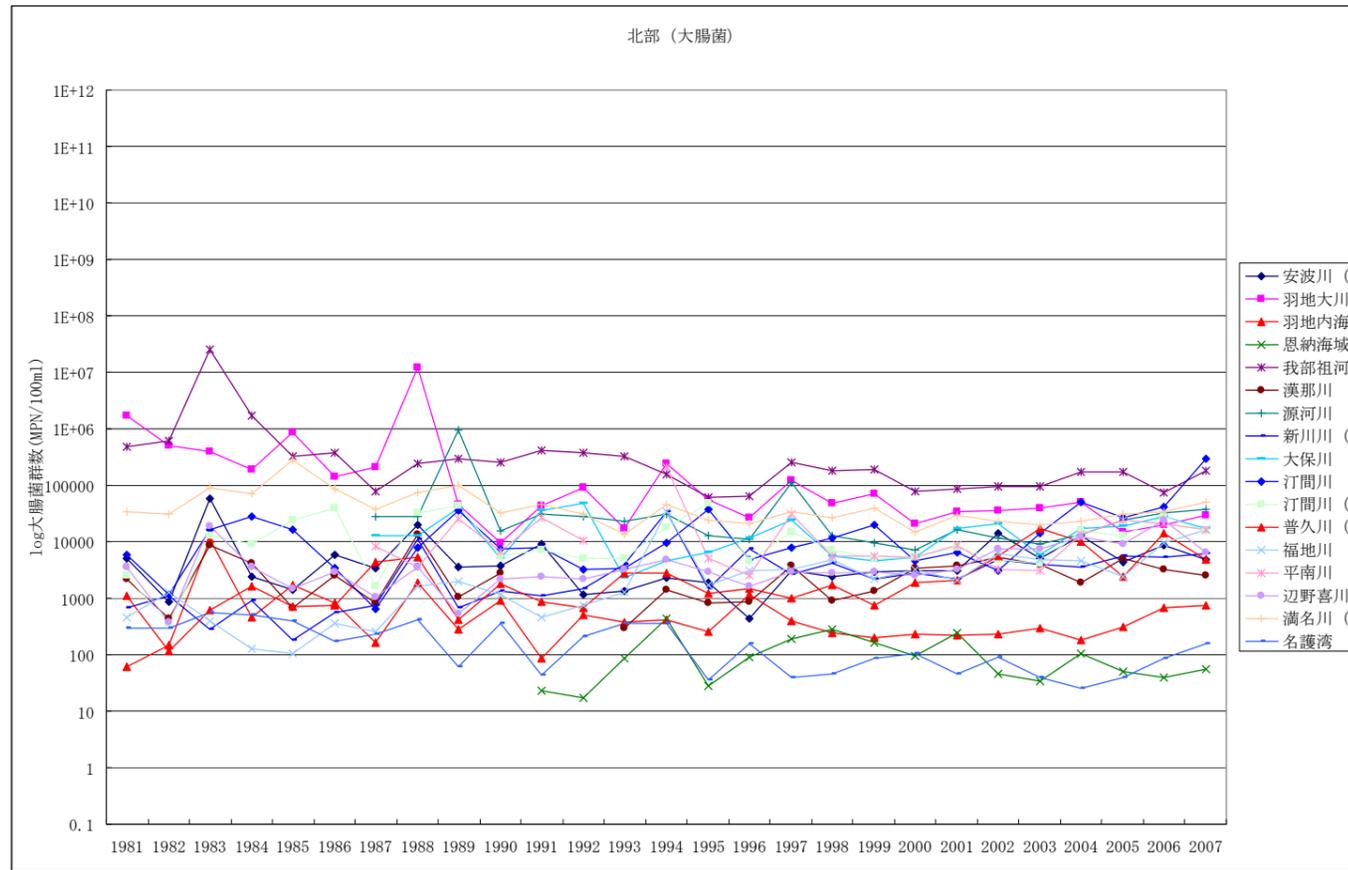


図2-2-26. 沖縄島における大腸菌の公共用水域測定結果. 公共用水域の水質測定結果(検体値)における流域ごとの大腸菌の平均値を各年でプロットした。

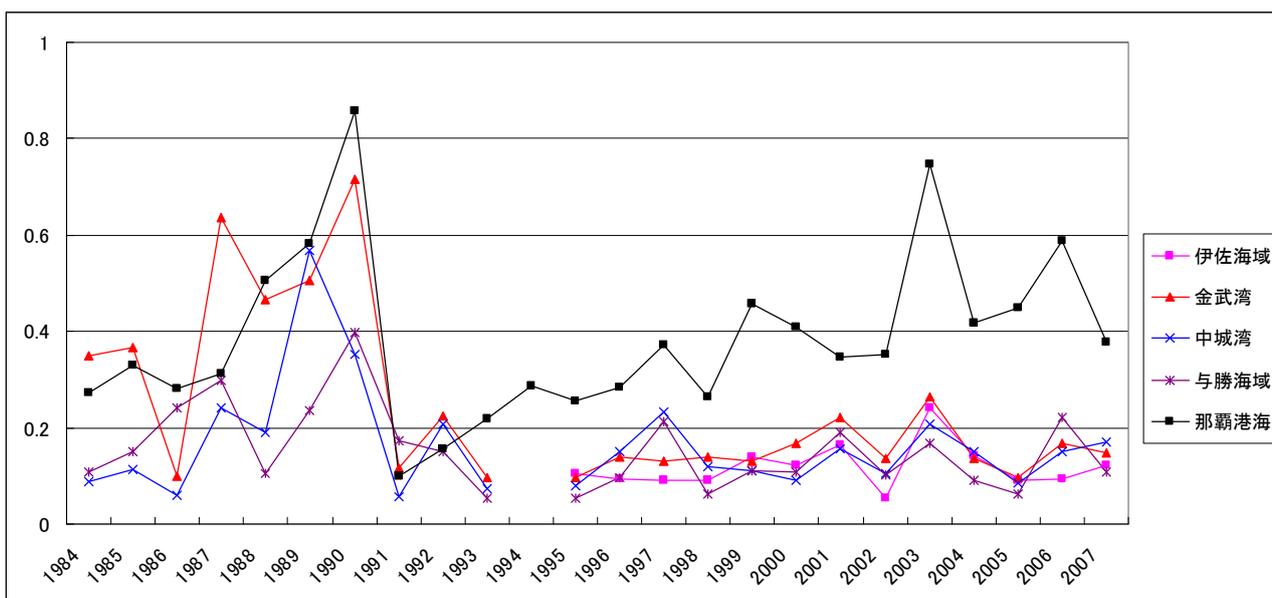
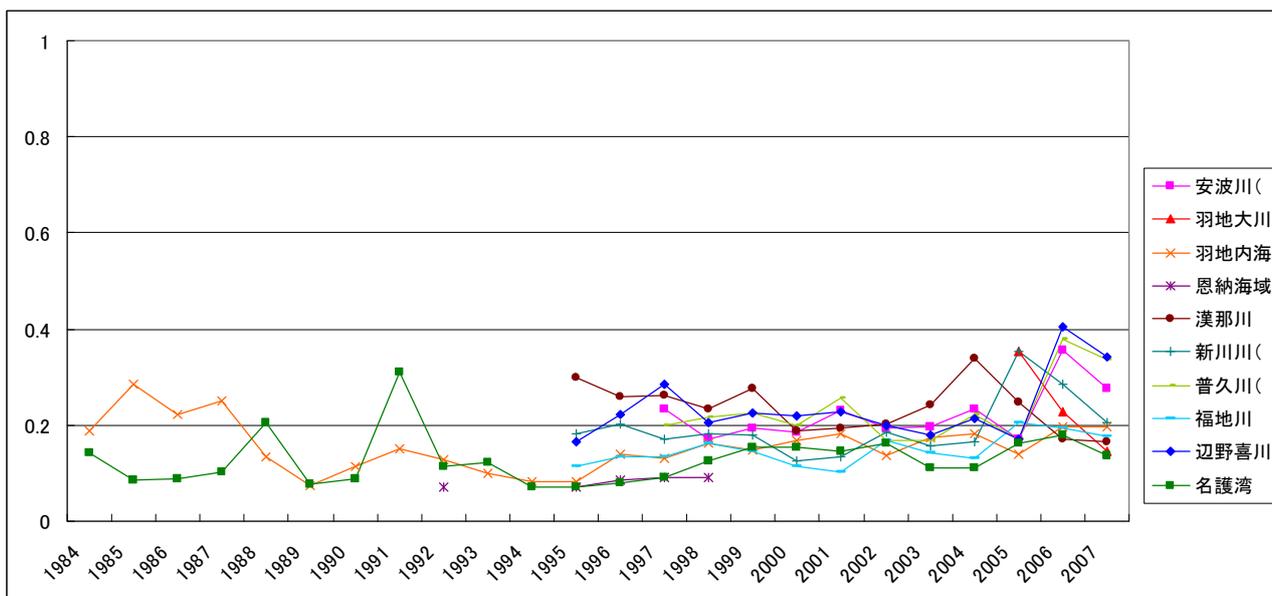


図 2-2-27. 沖縄島における全窒素の公共用水域測定結果. 公共用水域の水質測定結果(検体値)における流域ごとの全窒素の平均値を各年でプロットした。

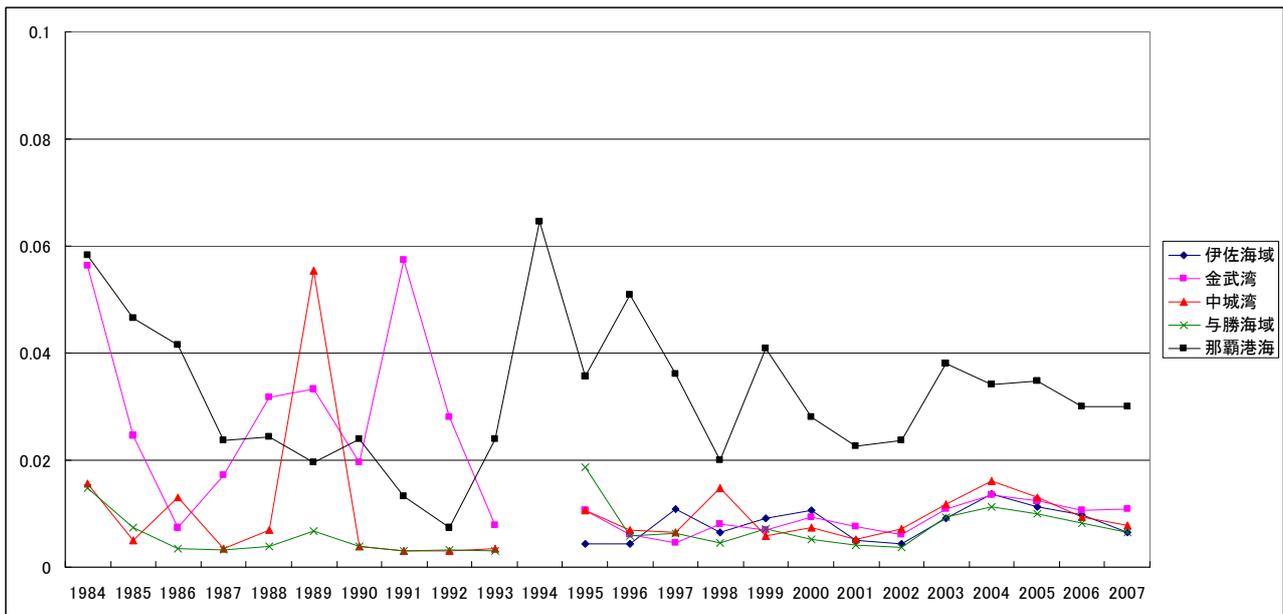
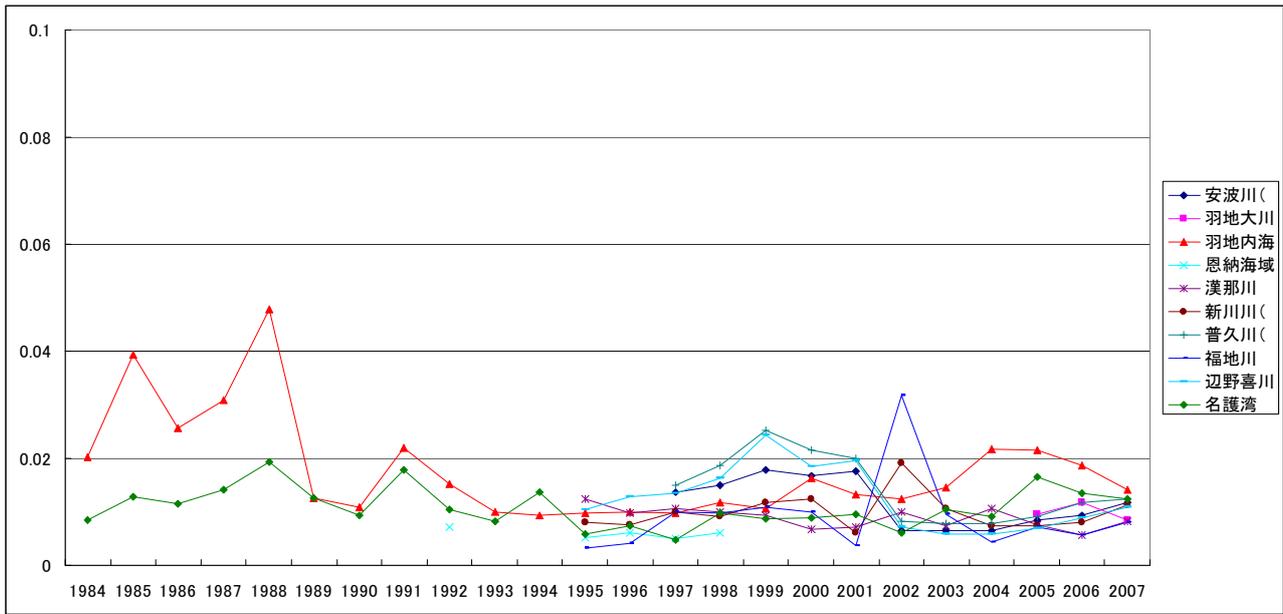


図 2 - 2 - 28 . 沖縄島における全隣の公共用水域測定結果.

公共用水域の水質測定結果 (検体値) における流域ごとの全隣の平均値を各年でプロットした。

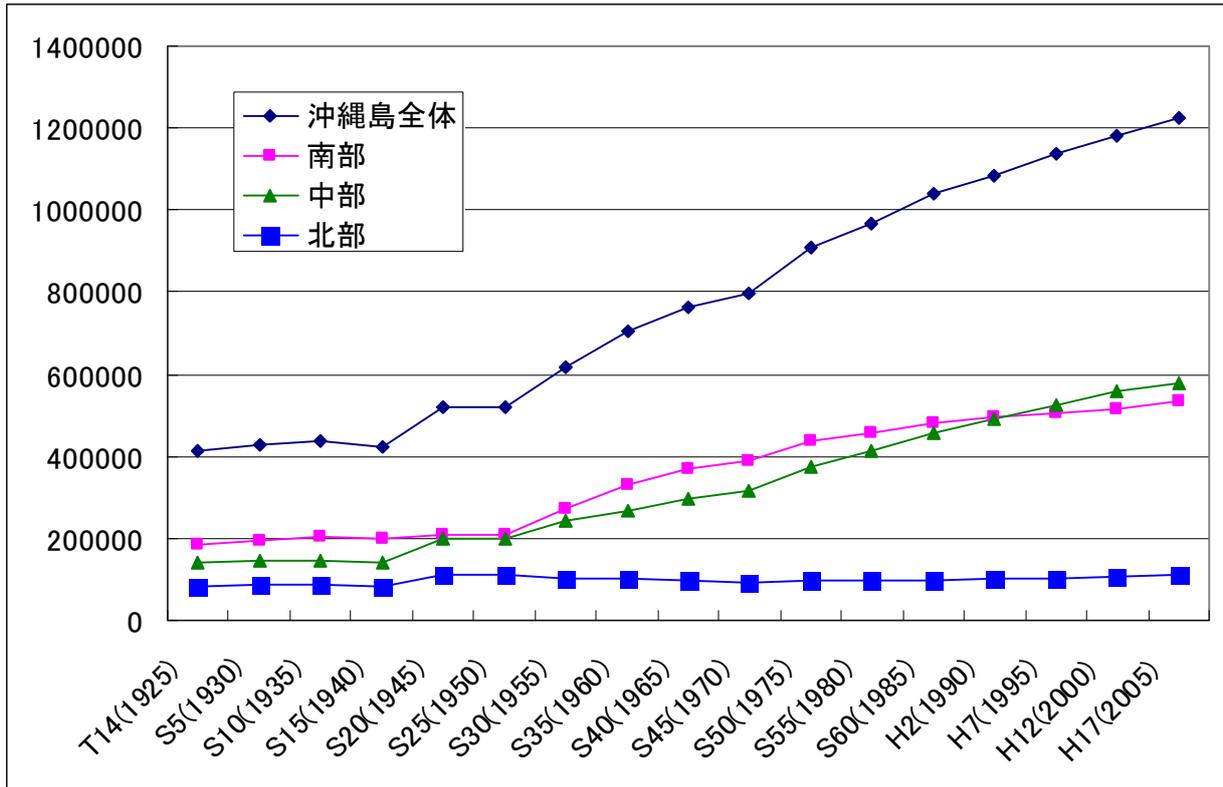


図 2 - 2 - 2 9. 沖縄県の人口の変遷. 沖縄県統計年鑑をもとに作成.

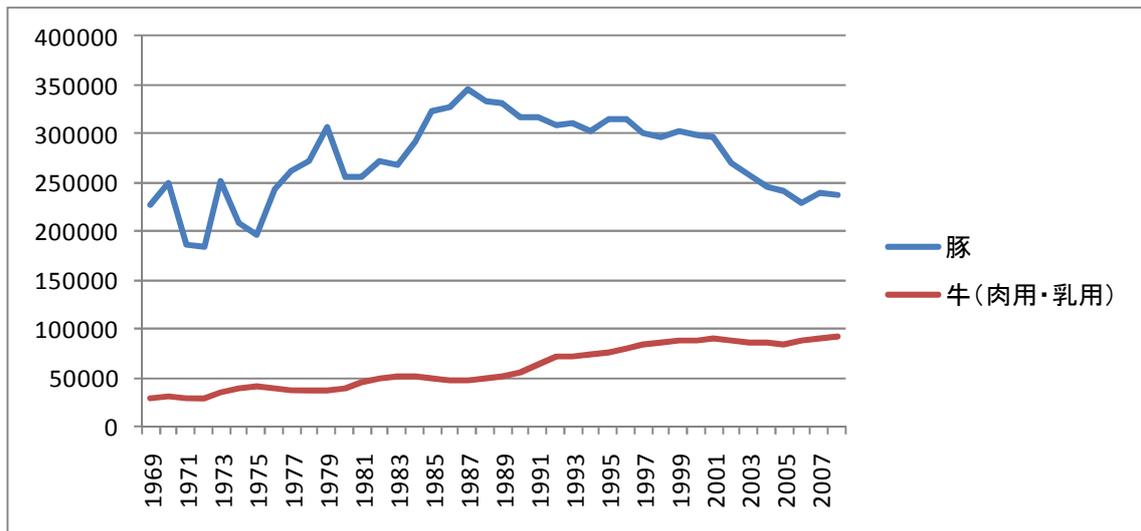


図 2 - 2 - 3 0. 沖縄県の豚および牛の飼育頭数の変遷

2-4-3. 沖縄島周辺における水質の悪化とサンゴ群集への影響

沖縄島周辺の水質は、沖縄県公共用水域水質測定結果によると、BOD の値は南部で高い傾向にあり、1981 年以降改善されてきている。BOD の値は、水質測定が実施されている期間の中では、南部のほとんどの流域で 1980 年代に最も悪い（近年では改善される傾向にある）。そのため、沖縄島周辺のサンゴ群集の変遷と BOD の変遷の間には関係が見いだせないが、栄養塩類等の流入と水温の上昇や赤土等の土壌流出など、さまざまなかく乱要因により複合的なストレスを受け、サンゴ群集の健康度が低下しているのではないかと懸念されている。特にストレスを受けているサンゴは、日和見感染による病気にかかりやすくなるなど、かく乱に対して抵抗力が低下すると考えられている。また、人為的な栄養塩類の海域への流出がオニヒトデの大発生を引き起こす可能性が指摘されているため（Fabricius 2005）、栄養塩類とその他のかく乱要因が複合的にサンゴに与える影響を調査・研究していく必要がある。

参考文献

- Done, T.J. (1992) Phase shifts in coral reef communities and their ecological significance. *Hydrobiologica* (The ecology of mangrove and related ecosystems). 247, 121-132.
- Fabricius K. E. (2005) Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Mar. Poll. Bull.* 50, 125-146
- 国立環境研究所環境数値データベース < <http://www.nies.go.jp/igreen/index.html> >
- Laws, E.A. (1993) *Aquatic pollution, an introductory text*, 2nd edn. John Wiley and Sons, New York, 611 pp
- 中野義勝 (2002) 造礁サンゴの環境負荷への生理生態的反応に関わる研究の概観. 中森亨編, 日本におけるサンゴ礁研究 I, 43-49
- Pastorok, R. A., Bilyard, G.R. (1985) Effects of sewage pollution on coral-reef communities. *Marine Ecology Progress Series*. 21, 175-189.
- 渡邊俊樹 (2006) 造礁サンゴ幼若体の褐虫藻獲得に対する有害化学物質暴露の影響試験に関する調査報告. 安村茂樹・新井秀子編, WWF ジャパン・プロジェクト報告書南西諸島における野生生物の有害化学物質調査 ('05~'07), 49-55

要約 (水質)

- ・沖縄島周辺の水質は、BOD の値は南部で高い傾向にあり、1981 年以降改善されてきている。
- ・BOD の値は、水質測定が実施されている期間の中では、南部のほとんどの流域で 1980 年代に最も悪い。
- ・水質とその他のかく乱要因との複合的な影響を調査・研究していく必要がある。

2-5. 埋め立てや浚渫によるサンゴ礁の消失

2-5-1. サンゴ群集への影響と問題点

埋め立てによるサンゴ礁の消失は、埋め立てにより新たな土地を生み出す一方、サンゴ礁が二度とサンゴ礁生態系となることがないため、最も影響の大きなかく乱といえる。また、埋め立ては、埋め立てられた場所の生物が消滅するだけでなく、陸域とのつながりをも分断するため、生活史の中で海と陸を行き来する生物へも影響を与える。浚渫は工事区域内の生物が消滅するだけでなく、サンゴ礁地形を改変し水の流れを変化させる。その結果、周辺の生物の生息環境を変化させる。

沖縄県統計年鑑の市町村別面積から、埋め立ての変遷をまとめた。年間の面積の変化を図2-2-31に、面積の累積を図2-2-32に示す。その結果、1972年以降多い年で年間4km²以上、少ない年でも0.2km²程度の埋め立てが継続して行われており（図2-2-31）、累積では31.55km²の面積が埋め立てられている（図2-2-32）。なお、1987年から1988年の間で大幅な差が生じているがこれは、面積を計算する元となった地形図の縮尺の違いによるもので、埋め立てなど実際の土地面積の増加ではないことに注意が必要である。

2-5-2. 沖縄島周辺における埋め立て及び浚渫の状況

埋め立て地や浚渫された場所については、第四回自然環境保全基礎調査でサンゴ礁消滅域として整理されている。沖縄島周辺における埋め立て及び浚渫の現状を把握するため、国土数値情報の行政区域の2008年のポリゴンを用いて1975年のポリゴンで処理し、面積が増えた行政区域を抽出した（図2-2-33）。この際、ポリゴン作成の精度上の問題で、埋め立てられていない部分も抽出されたため、第四回自然環境保全基礎調査（環境庁1996）およびサンゴ礁分布図（環境省2008）の浚渫埋め立ての情報と、沖縄県土地対策課所有の航空写真（平成3年及び4年撮影）をもとに修正を行なった。なお、復帰（1972年）以前の那覇市、北谷町や宜野湾市などにおける大規模な埋め立ては、図中には含まれていない。

その結果、沖縄島における1974年以降の大規模な埋め立ては、東海岸と西海岸ともに沖縄島中央から南に集中していた。このうち大規模な埋め立ては、1973-1992年の期間に平安座島および洲崎、1994-1998年の期間に具志川・勝連周辺、1999年と2002年には西原-与那原周辺および糸満-豊見城周辺で行われていた。

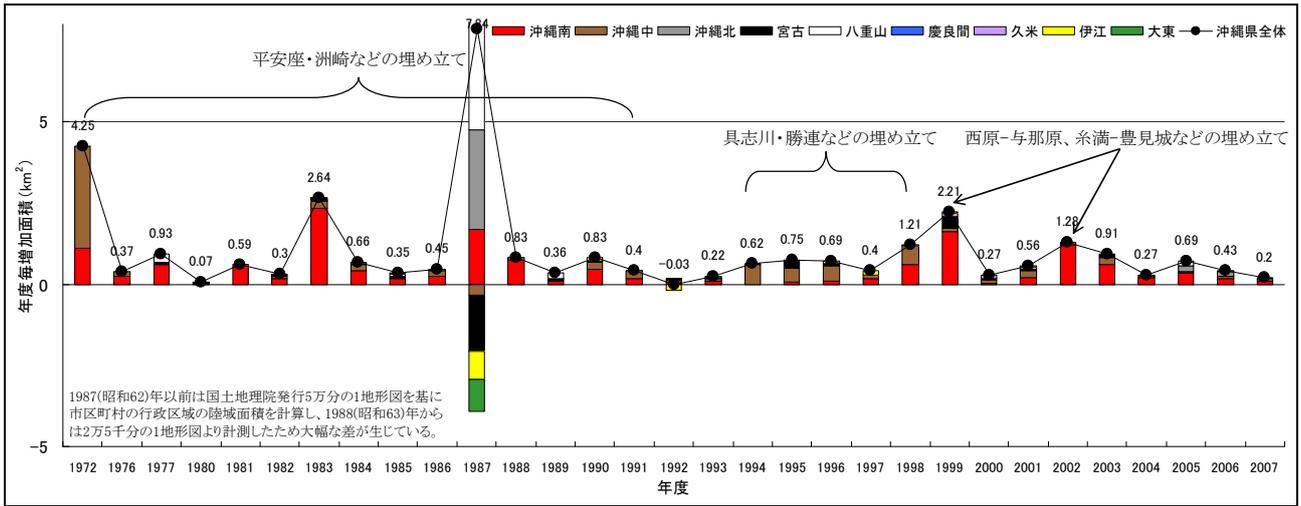


図 2-2-31. 沖縄県の面積の変遷 (変化)。「沖縄県統計年鑑」より。

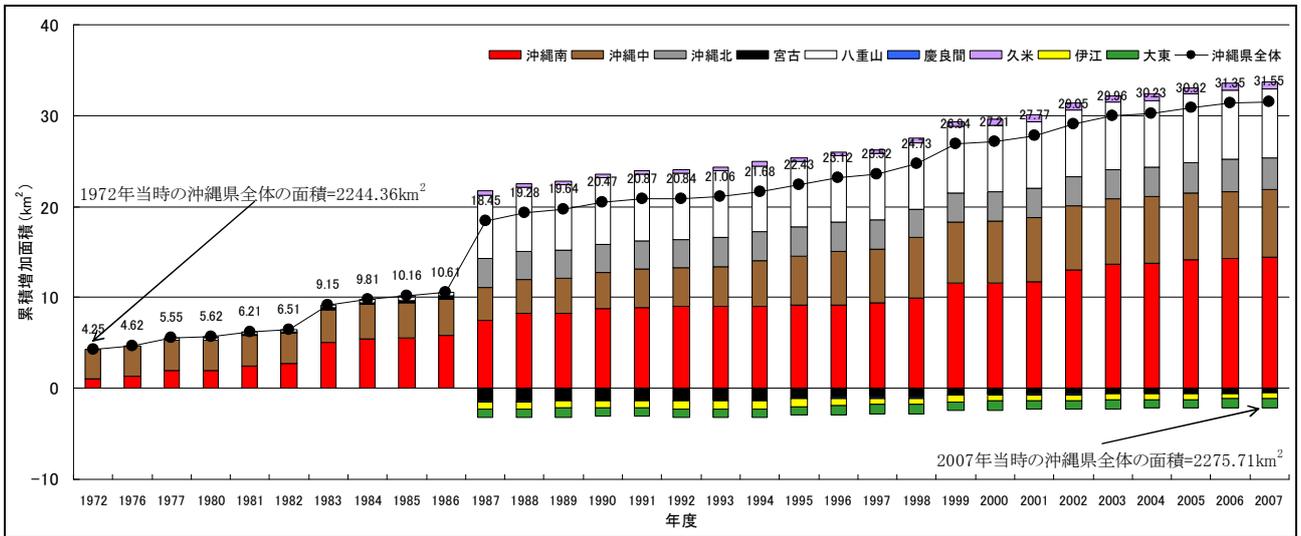
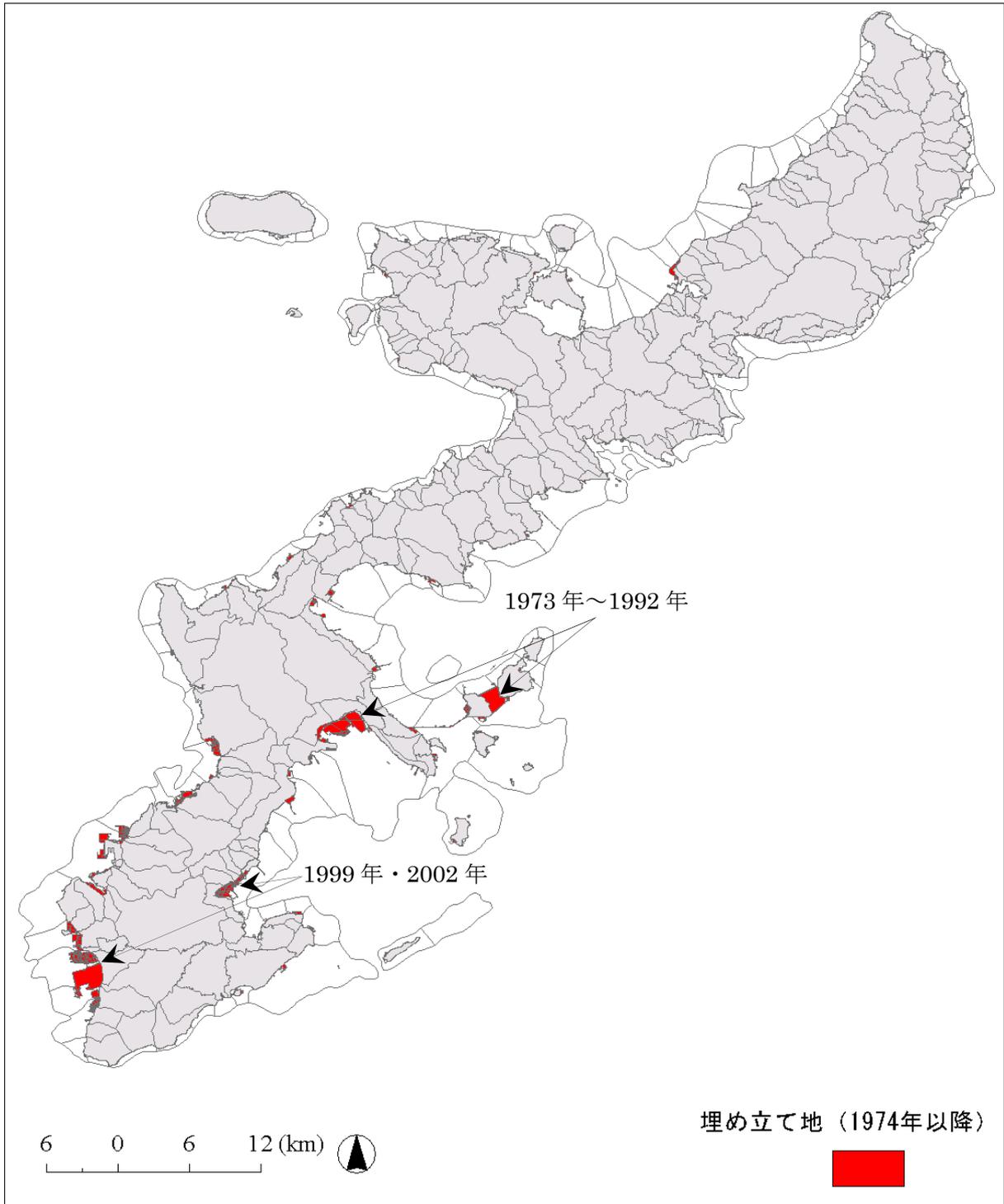


図 2-2-32. 沖縄県の面積の変遷 (累積)。「沖縄県統計年鑑」より。

表 2-2-19. 近年の沖縄島における主な埋め立て

年代	地域
1973年～1992年	平安座島および洲崎
1994年～1998年	具志川・勝連周辺
1999年・2002年	西原-与那原周辺および糸満-豊見城周辺



以下の参考文献をもとに作成

国土数値情報 (行政区画データ昭和 50 年) 国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

国土数値情報 (行政区画データ平成 20 年) 国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

環境庁 (1996) 第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査 (1989～1992 年) サンゴ礁分布図. 環境庁.

独立行政法人国立環境研究所 (2008) 平成 20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書. 環境省, 10pp.

国土地理院 (1991～1992) 空中写真. 沖縄県土地対策課 GIS データ.

海域区分: 中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

陸域区分: 沖縄県環境保全課 (2006) 平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課, 590pp.

図 2-2-33. 沖縄島周辺における 1974 年以降の埋め立て地

2-5-3. 沖縄島周辺における埋め立て及び浚渫の影響

埋め立てと沖縄島周辺のサンゴ礁の劣化との関係は、埋め立てによるサンゴ礁の消失が明白であるが、このことを除く劣化との関係を見出すことは出来なかった。

調査精度の誤差も含まれるが、1972年から2007年までに、沿岸の埋め立て等により県土面積は3,155ha拡大しており、広い面積の干潟やサンゴ礁が消滅したと考えられる。沖縄島周辺では、消失した干潟やサンゴ礁のうち、特に中央から南の範囲の東西の海岸で割合が高く、このほとんどが埋め立てである。特に大規模な埋め立ては、1973年から1992年の期間に平安座島および洲崎、1994年から1998年の期間に具志川・勝連周辺、1999年と2002年には西原から与那原周辺および糸満から豊見城周辺で行われた。

埋め立てと同様に海岸の人工化は著しく、沖縄県では1984～1993年の間に101.02 kmの人工海岸が増加しており（環境庁1994）、これは全国一の増加である。他方、この間に自然海岸は30.83 km減少している（環境庁1994）。埋め立てのみならず道路建設や護岸による海岸の人工化は、生活史の中で陸と海を行き来する生物の移動を分断し、大きな影響を与える。また、埋め立て地に人工ビーチを付設する際には砂の採取と造成を伴うため、サンゴ礁生態系への影響が大きいと考えられる。

参考文献

環境庁（1994）第四回自然環境保全基礎調査 海岸調査報告書 全国版. pp349

環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992年）サンゴ礁分布図. 環境庁.

国土地理院（1991～1992）空中写真. 沖縄県土地対策課 GIS データ.

国土数値情報（行政区域データ昭和50年）国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

国土数値情報（行政区域データ平成20年）国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

独立行政法人国立環境研究所（2008）平成20年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書. 環境省, 10pp.

要約（埋め立てや浚渫によるサンゴ礁の消失）

- ・1972年から2007年までに、沿岸の埋め立て等により県土面積は3,155ha拡大しており、同等の面積の干潟やサンゴ礁が消滅したと考えられる。
- ・沖縄島周辺では中南部地域での埋め立ての割合が高い。
- ・1984～1993年の間に101.02 kmの人工海岸が増加しており（環境庁1994）、これは全国一の増加である。

2-6. その他のかく乱

サンゴ群集に影響を与える主なかく乱要因を2-1から2-5まで紹介したが、その他のかく乱要因として、サンゴの病気による死亡や台風による直接的な破壊、過剰な利用による破壊や資源の減少、サンゴ食巻貝類による捕食などがあげられる。これらのかく乱要因の規模や頻度は、前述したかく乱要因ほどではないが、今後環境の変化などによりサンゴ群集に大きな影響を与える可能性もある。

病気による死亡

サンゴの病気には帯状の病変部徐々に広がっていくものや、骨格異常をきたし腫瘍ができるものなど様々な種類がある。これらの病気を引き起こす細菌の中には、人の暮らしの中でも生息する身近な細菌も含まれており、抵抗力などが低下したときなどに感染を引き起こす日和見感染により広がっている。

台風による破壊

台風はサンゴを直接的に破壊し、時として壊滅的な打撃をサンゴ群集に与えることがある。近年気候変動による台風の大型化による影響の拡大が心配されている。

過剰利用

ダイビングや漁業などによるサンゴ礁の直接的な利用による破壊や、漁業資源の採取など、過剰な利用はサンゴ礁生態系に影響を与える。観光や漁業とサンゴ礁に関しては、「第2章3節沖縄島周辺におけるサンゴ礁の保全に関する情報」に記述した。

サンゴ食巻貝による捕食

巻貝の仲間であるレイシガイダマシ類は、サンゴを捕食し、時として大発生することが知られている。

第3節 沖縄島周辺におけるサンゴ礁の保全に関する情報

1. 海域の保全に関する区域の設定状況

<保全に関する区域>

保全に関する区域（保護区）は一定の範囲や地域において人の行動を制限し、景観の保全、漁業資源の保全、観光資源の保全など自然資源を保全することを目的として設定される。サンゴ礁域では、国や県が管理する自然公園などの保全に関する区域、地域主体で設置・管理しているコミュニティベースの資源管理や観光資源保全を目的とした保護区などがある。

<保全に関する区域の効用>

沖縄島の羽地・今帰仁地区ではハマフエフキの漁業資源管理を目的として、禁漁区や禁漁期間が設定され、漁獲量の回復などの効果が現れている（環境省自然環境局 2006、内閣府沖縄総合事務局ホームページ）。また、慶良間諸島では漁協の組合員が中心となり、漁業もダイビングも利用を控える保護区を設定し、サンゴの回復がみられた地点もある（環境省自然環境局 2006）。

<保全に関する区域の事例>

サモアでは漁法を制限した緩衝域の中に漁業禁止の保護区を設定し、漁業資源管理が行われている（鹿熊 2006）。オーストラリアではサンゴ礁生態系を目的とした海洋保護区を許認可と利用域の区分け（ゾーニング）で管理している。保護区内では、特定の行為に対して許可を必要とし、漁業を規制する区域や立ち入りを禁止する区域などのように利用域を区分けし、保護区を管理している。

生物の保全を目的とする上で、管理された保護区の設定は非常に有効である。今後の沖縄島周辺の保護区管理の参考とするために、現在の沖縄島周辺における海域の保全に関する区域の設定状況等を整理した。

1-1. 沖縄における海域の保全に関する区域

沖縄における海域の保全に係る区域の種類を表2-3-1に示す。海域の保全に係る区域の種類は非常に多様で、規制の方法・対象・期間などは様々である。そのため、種類の違う区域を組み合わせることで、効果的な保全に関する区域の設定が必要となる。また、担当所管の部署が複数存在するものもあり、保護区の体系が非常に複雑なため一般へ周知する際には注意が必要である。

表2-3-1. 沖縄の海域の保全に係る区域. 前川・山本(2009)をもとに作成. コミュニティーベースの保護区は把握が困難なため含めていない.

根拠法など	保全に関する区域の名称	捕獲規制対象	開発規制	備考
自然公園法	普通地域	なし	届出制	計画には観光、レジャーなどの利用も含まれる
	海中公園地区	漁業資源をのぞく水産動植物	許可制	
自然環境保全法	海中特別地区	漁業資源をのぞく水産動植物	許可制	
鳥獣保護法	鳥獣保護区	鳥類、ほ乳類	届出制	汚水対策等に関連する規定がない
	特別保護地域	鳥類、ほ乳類	該当無し	
水産資源保護法	保護水面	水産動植物(すべてor指定種)	許可制	
漁業法	禁止区域	指定した水産動植物	届出制	
文化財保護法	天然記念物	指定種	許可制	
沖縄県の自然環境の保全に関する指針	指針ランクI~IV	なし	なし	
沖縄県の重要なサンゴ礁海域	最重要保全区域	なし	なし	オニヒトデ対策など優先的に守るべき地点
	重要サンゴ礁海域	なし	なし	
	重要サンゴ群集	なし	なし	
海岸法	海岸保全区域	なし	許可制	区域内の占用や土石等の採取など
琉球諸島沿岸海岸保全基本計画(海岸法)	海岸環境を積極的に保全する区域	なし	原則海岸保全施設設置せず	
ラムサール条約	ラムサール登録湿地	なし	なし	

1-2. 沖縄島周辺における海域の保全に関する区域

サンゴ礁をまもる重要な方策の一つとして、保護区の制定及び保全すべき地域の提案が挙げられ、これらを保護区等に関する情報として整理した。

表2-3-1の海域の保全に関する区域で法的な規制のある区域のうち、国定・国立公園などの自然公園地域、鳥獣保護区で、沖縄島周辺においてサンゴ礁域に直接かかるものを図2-3-1に整理した。ただし、天然記念物は明確な指定区域がないことなどから、図に含めなかった。沖縄島の西側に自然公園地域が多く、東側には少ない。

沖縄県の自然環境の保全に関する指針では保全すべき地域が沖縄県から提案されている。自然環境の保全に関する指針では、沖縄県の沿岸域は、表2-3-2の基準で評価されており、沖縄島周辺の各評価ランクの分布は図2-3-2のようになっている。この指針には開発行為などを規制する法的な裏付けがないため、厳正な保護を図る必要のある区域となっているところでも開発や計画が進んでいる。

表2-3-2. 沿岸情報の評価基準

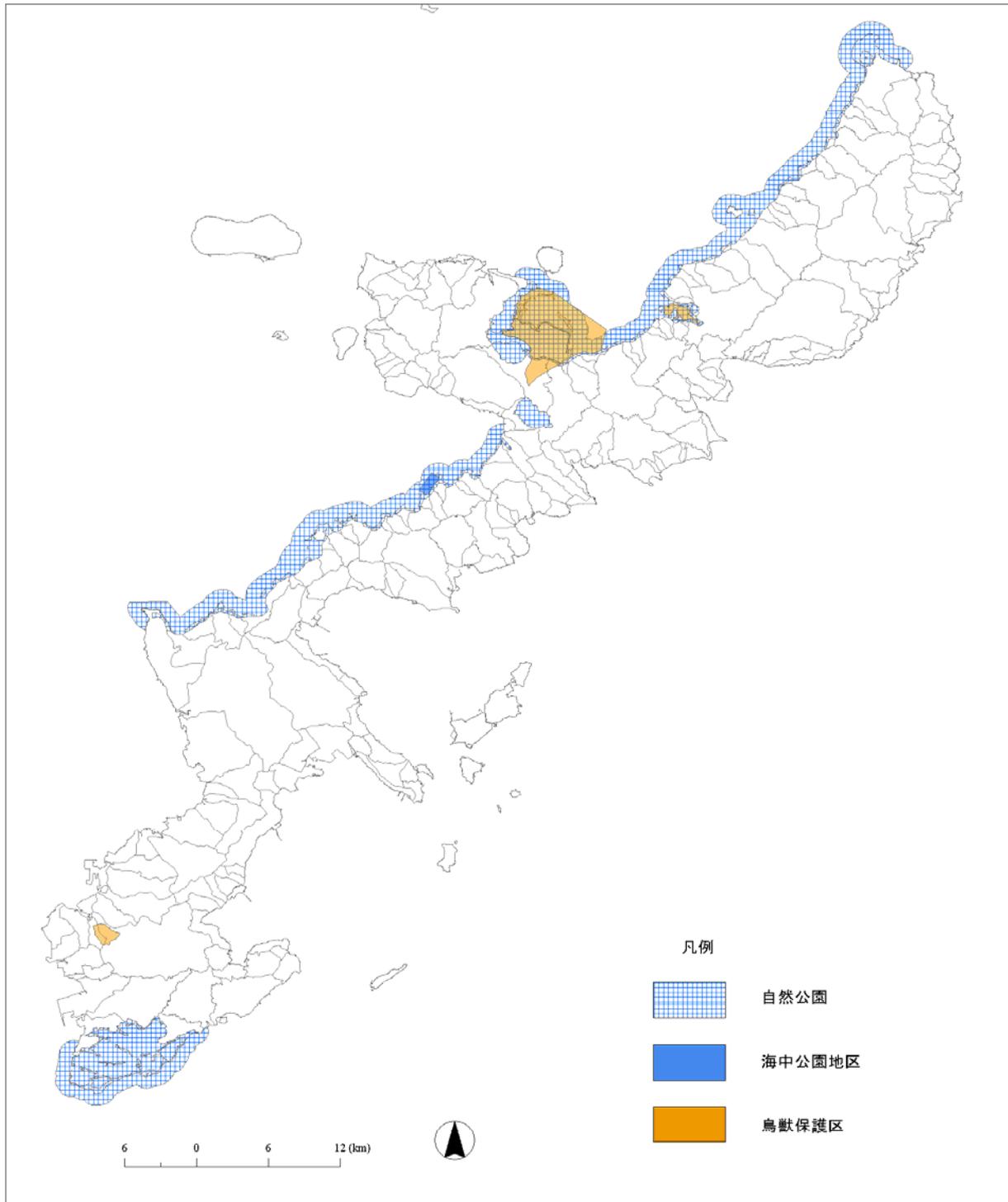
評価基準	概要	内容
1（評価ランクⅠ）	自然環境の厳正な保護を図る区域	藻場、干潟、サンゴ礁等が発達するなど、健全で多様な生態系が維持されている沿岸海域で、厳正な保護を図る必要のある区域
2（評価ランクⅡ）	自然環境の保護・保全を図る区域	藻場、干潟、サンゴ礁等が分布するなど、良好な生態系が維持されている沿岸海域で、保護・保全を図る必要のある区域
3（評価ランクⅢ）	自然環境の保全を図る区域	人為的改変等が見られる沿岸海域であり、サンゴ礁等の機能の維持や生態系の保全を図る必要のある区域
4（評価ランクⅣ）	自然環境の創造を図る区域	人為的改変等が進んでいる沿岸海域であり、サンゴ礁等の機能の回復を図る必要のある区域

WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトにおいて、沖縄島周辺の生物多様性優先保全地域として抽出された地域を図2-3-3に示した。WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトでは、生物群レベルの多様度や島々に生息する固有種の分布、自然度の高い植生や海岸環境の有無、集水域等を考慮し、全生物群の重要地域をあわせた領域が最低でも3割以上が抽出されるような条件を設定し、生物多様性優先保全地域として抽出している。沖縄島周辺の、

海域における生物多様性優先保全地域を表 2-3-3 に示した。ここで、WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトにおいては、生物多様性優先保全地域は直ちに保護区として設定すべき地域を厳密に表しているものでなく、この地域以外が開発適地ではないことに留意する必要があるとされている（安村 2009）。

表 2-3-3. WWF 生物多様性優先保全地域（海域）

		海域
沖縄島周辺	西海岸	佐手～与那（国頭村）、喜如嘉～赤丸岬（国頭村、宜味村）、塩谷湾周辺（大宜味村）、大井川（今帰仁村）、新里（今帰仁村）、赤碓（恩納村）、大嶺崎（那覇市）
	東海岸	辺戸岬～奥（国頭村）、伊江（国頭村）、伊部（国頭村）、高江～平良（東村）、汀間～金武岬（名護市、宜野座村、金武町）、海中道路南北両岸-浜比嘉島西-藪地島東-カンナ崎-川田-泡瀬-和仁屋-中城湾北（うるま市、沖縄市、北中城村、中城村）、佐敷（南城市）、知名崎-知念岬-クマカ島-新原（南城市）



以下の参考文献をもとに作成

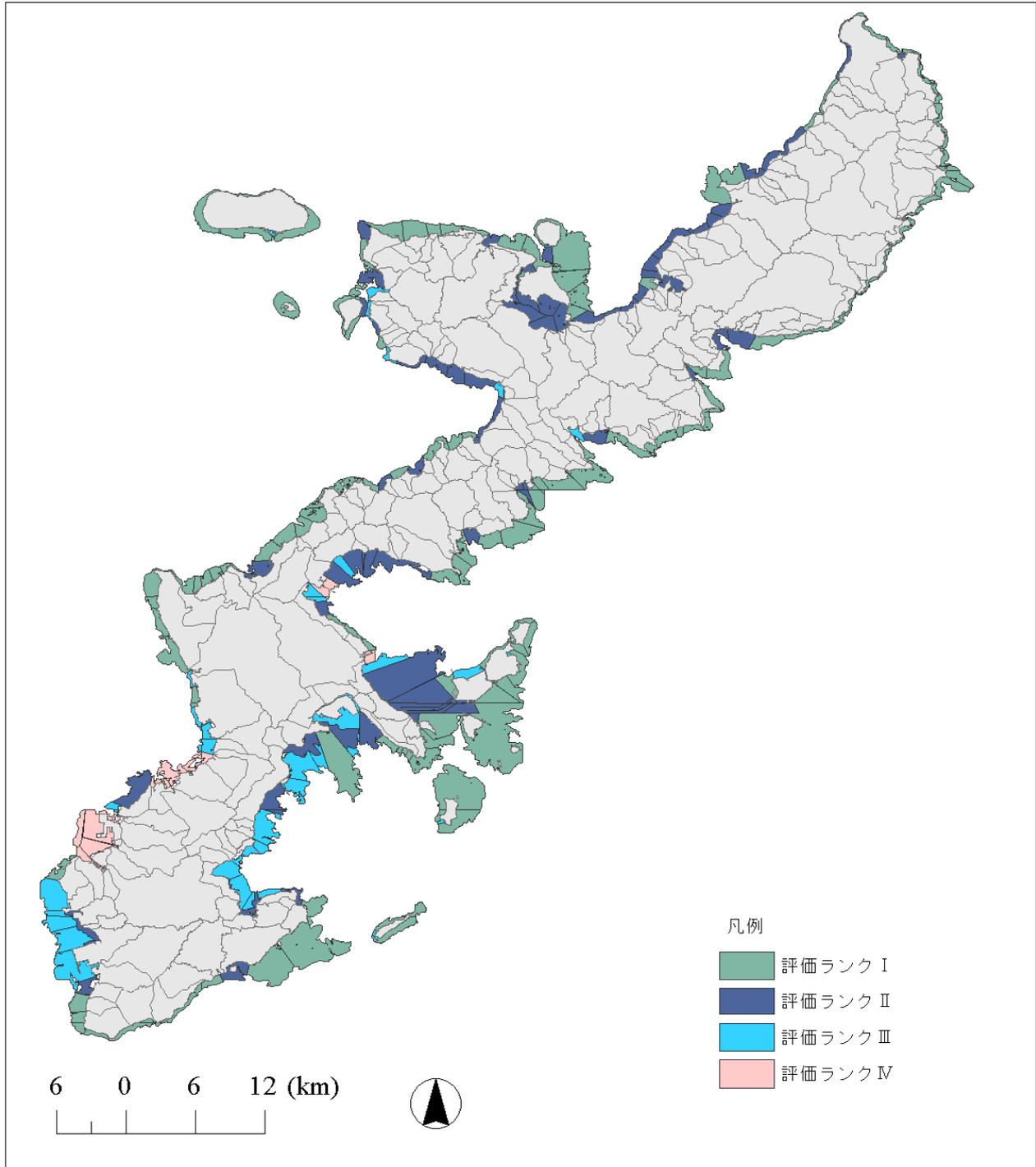
国土数値情報（自然公園地域データ）国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

沖縄県自然保護課（1998）自然環境の保全に関する指針－〔沖縄島編〕－. 沖縄県自然保護課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課

図2-3-1. 沖縄島周辺における海洋保護区に関する区域

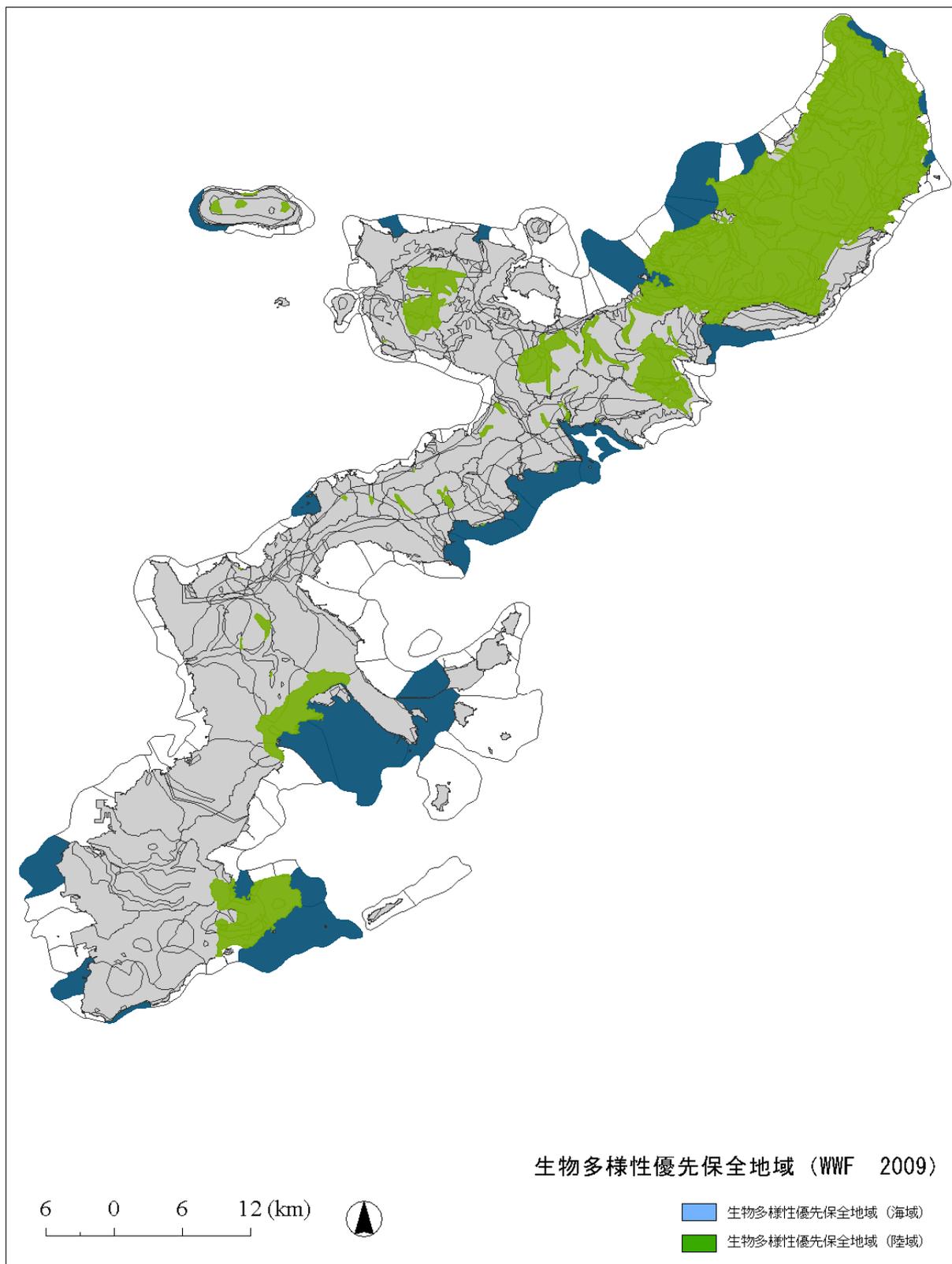


以下の参考文献をもとに作成

海域指針ランク：沖縄県自然保護課（1998）自然環境の保全に関する指針－[沖縄島編]－。沖縄県自然保護課

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

図2-3-2. 沖縄県の自然環境に関する指針



以下の参考文献をもとに作成

安村茂樹編 (2009) WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト報告書. (財)世界自然保護基金ジャパン

海域区分: 中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

陸域区分: 沖縄県環境保全課 (2006) 平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課

図 2-3-3. 生物多様性優先保全地域 (WWF 2009)

1-3. サンゴ分布ポテンシャルマップ

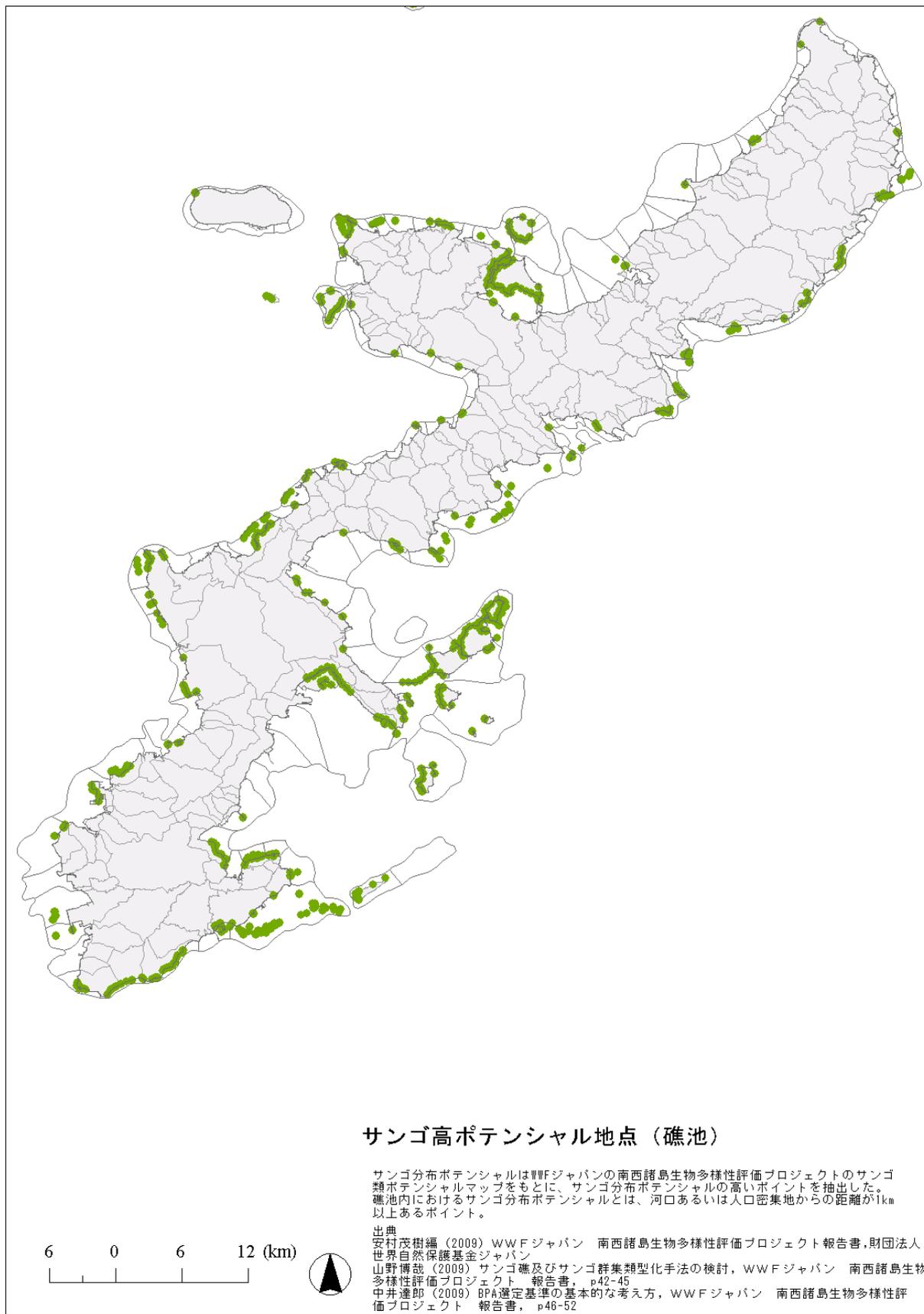
WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトにおいては、物理環境に基づいたサンゴ分布ポテンシャルが評価されており、サンゴ分布の高ポテンシャル地域が抽出されている（安村 2009、山野 2009）。このサンゴ分布ポテンシャルマップは保護区等の設定に際し、今後参考となりうることから、これを整理した。

サンゴ分布のポテンシャルとは、サンゴ礁では中程度の攪乱がある時に多様性が高くなるという中規模攪乱仮説をもとに、エネルギーの指標と陸域負荷の指標をもとにサンゴ分布のポテンシャルを評価したものである（図 2-3-4、図 2-3-5）。礁池では、河口あるいは人口密集域からの距離が 1km 以上あるポイントを高ポテンシャル、礁斜面では、うねり、風、台風を考慮してエネルギーが中程度になるポイントを高ポテンシャルとしている。

前出の WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトにおいて、サンゴ分布高ポテンシャル地域と評価されたポイントを自然地理的ユニットで集計した結果を、図 2-3-6 および図 2-3-7 に示した。サンゴ分布高ポテンシャルポイントが 10 ポイント以上であった海域を表 2-3-4 に示した。

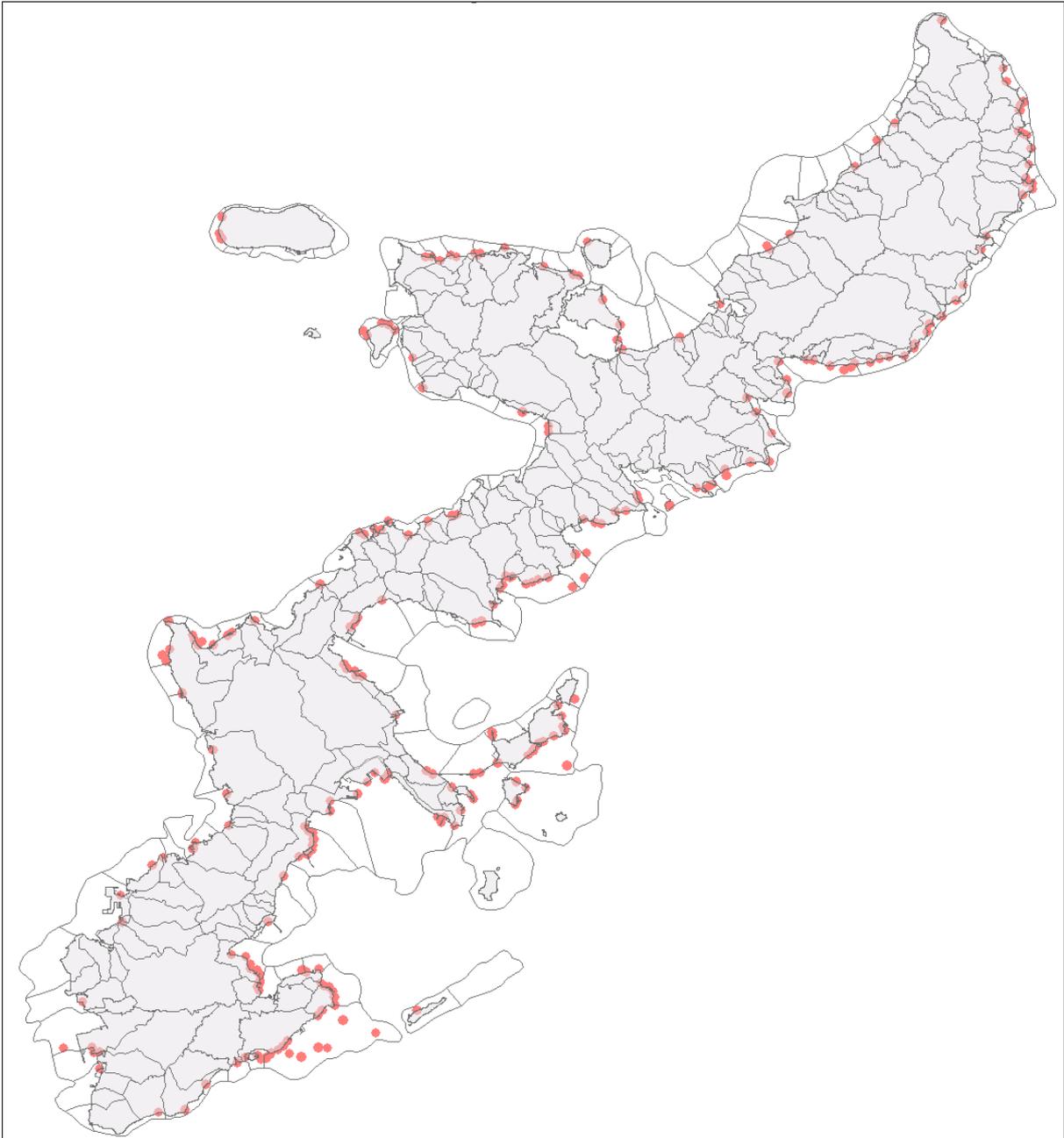
表 2-3-4. サンゴ分布高ポテンシャルポイントが 10 以上の海域

		海域
礁池	西海岸	運天～我部（今帰仁村、名護市）、仲泊～谷茶（恩納村）
	東海岸	伊計島東岸（うるま市） 海中道路南北両岸～浜比嘉島西～藪地島東-カンナ崎（うるま市） カンナ崎～川田-泡瀬（うるま市、沖縄市） 知念岬～クマカ島～新原（南城市）
礁斜面		知念岬～クマカ島～新原（南城市）



陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

図2-3-4. サンゴ高ポテンシャル地点（礁池）

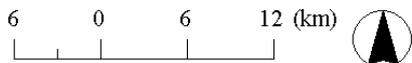


サンゴ高ポテンシャル地点（礁斜面）

サンゴ分布ポテンシャルはWWFジャパンの南西諸島生物多様性評価プロジェクトのサンゴ類ポテンシャルマップをもとに、サンゴ分布ポテンシャルの高いポイントを抽出した。礁斜面におけるサンゴ分布ポテンシャルとは、物理的な指標をもとにサンゴの分布の可能性をランク分けしたものである。

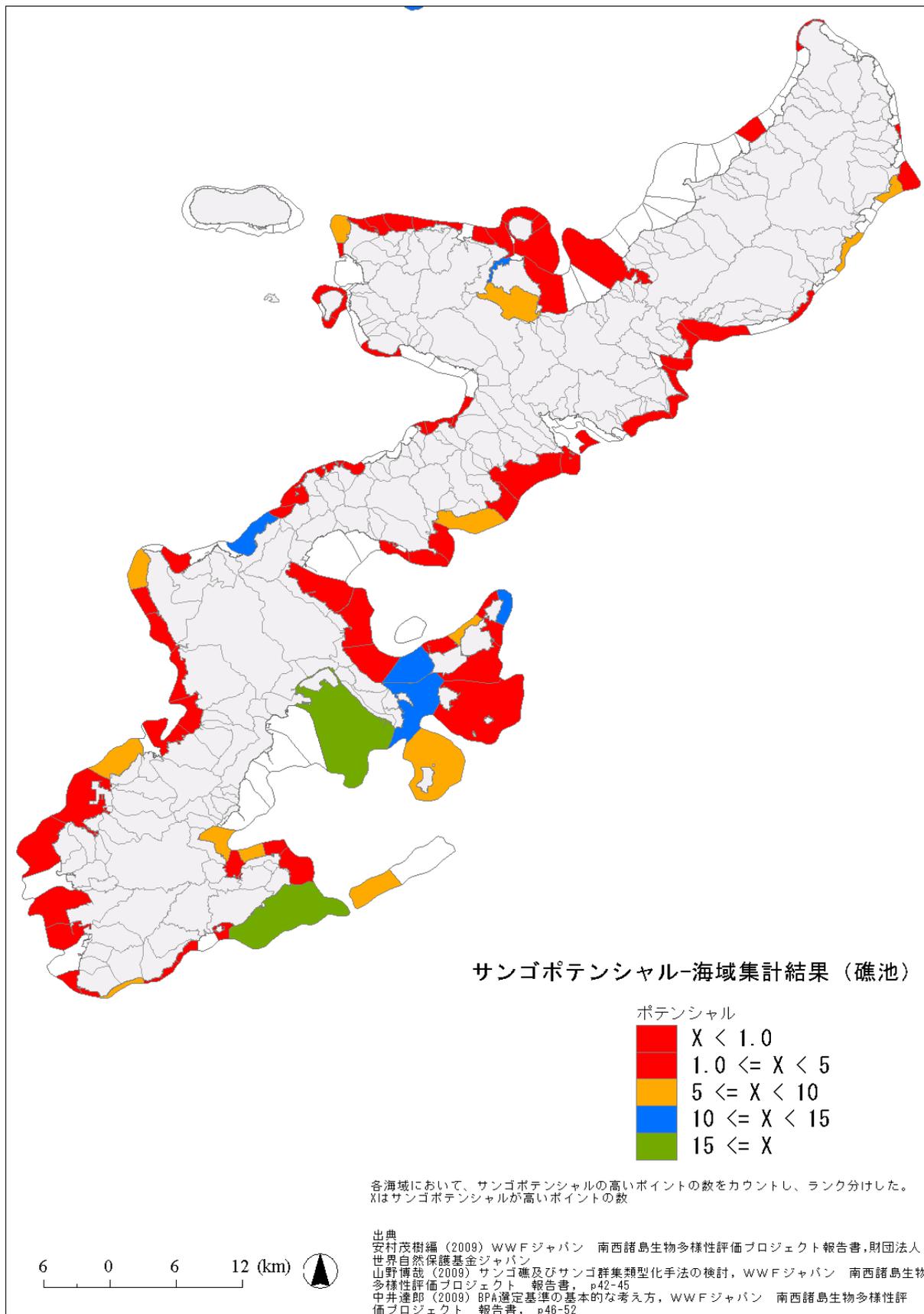
物理的な指標は、うねり、風、台風を考慮している。うねりと風のエネルギー指標の中間値を境界としてその値を超えるか超えないかで区分を行なエネルギー小（うねりエネルギーと風速どちらも小）、エネルギー中（うねりエネルギーあるいは風速のどちらかが大）、エネルギー大（うねりエネルギーと風速どちら也大）の3つに区分し台風時の風速に関して南西諸島全体のポイントの中間値を超えるか超えないかで区分したあとエネルギー指標が中程度（うねりエネルギーあるいは風速のどちらかが大）で台風の影響が小さい地点を高ポテンシャルとして抽出している。

出典
 安村茂樹編（2009）WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト報告書、財団法人世界自然保護基金ジャパン
 山野博哉（2009）サンゴ礁及びサンゴ群集類型化手法の検討、WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書、p42-45
 中井達郎（2009）BPA選定基準の基本的な考え方、WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書、p46-52



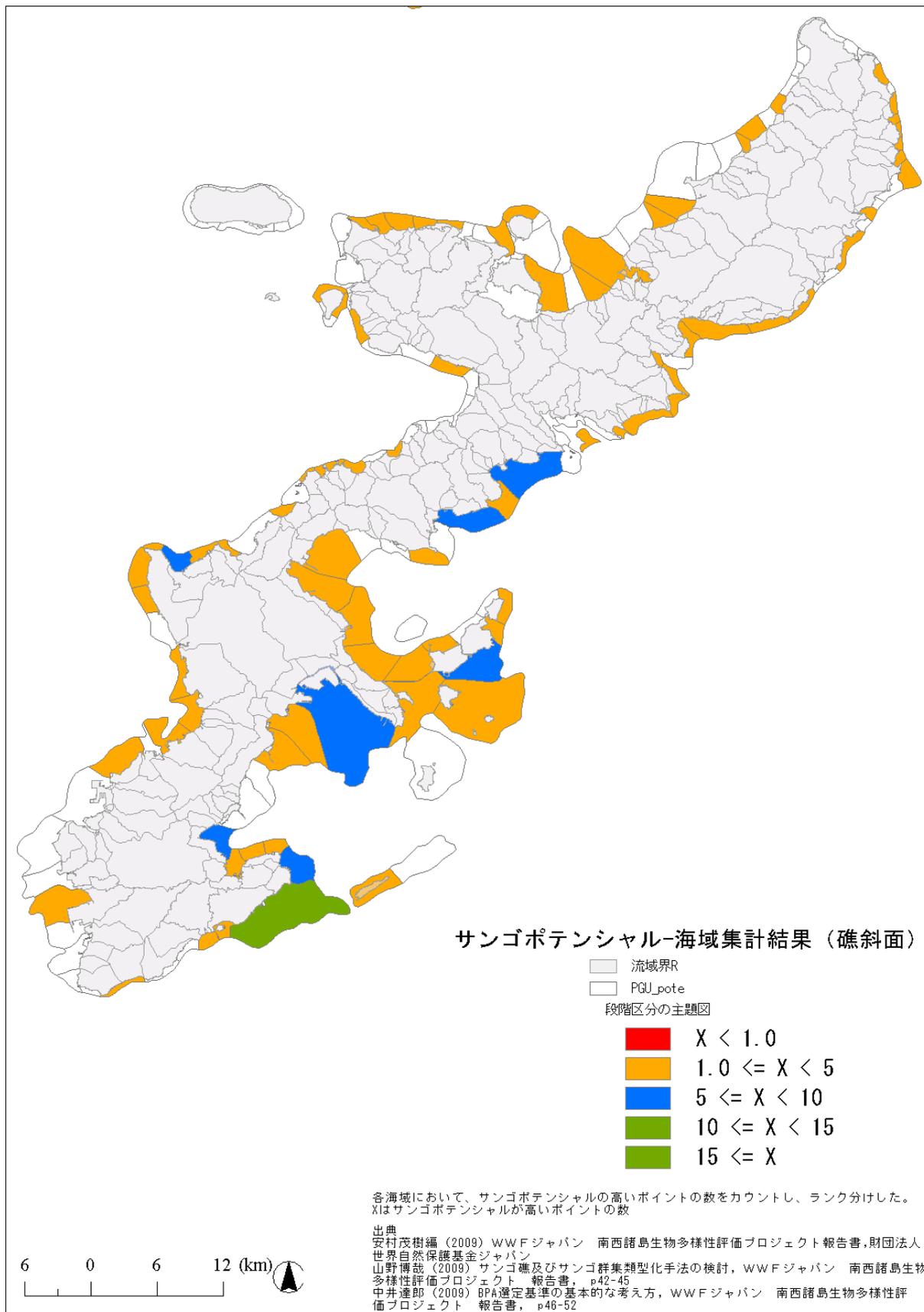
陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

図2-3-5. サンゴ高ポテンシャル地点（礁斜面）



陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書、沖縄県環境保全課

図2-3-6. サンゴポテンシャルの海域集計結果（礁池）



陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

図2-3-7. サンゴポテンシャルの海域集計結果（礁斜面）

1-4. 沖縄島周辺における海域の保全に関する区域の現状

沖縄島周辺の海域の保全に関する区域は、種類や管理主体が多様（表2-3-1）であり、サンゴ礁生態系を保全するには、現行の制度で様々な種類の保護区を複雑に組み合わせなければならない。海域の保全に関する区域は、漁業資源の保護、観光資源の保護、生態系の保護などの目的により、管理主体も水産行政、自然保護行政、コミュニティーなど多岐にわたり、その種類により規制が異なるなど非常に複雑である。また、自然環境保全に関する指針のように保全すべき地域として提案されているが、実際の保全には結びついていない地域が多くある。このような現状の中、自然環境および生物多様性を保全するにあたり、生物や生物多様性の保護を目的とし、立ち入りの制限、全ての動植物の採取捕獲を禁止、開発などの生物の生息環境に影響を与える行為の規制が行える海域の保全に関する区域の設定について多様な主体と連携して検討していく必要がある。

参考文献

- 鹿熊信一郎（2006）アジア太平洋島嶼における破壊的漁業と海洋保護区ーサンゴ礁生態系と漁業の両立を目指してー。基盤研究(A)先住民による海洋保護区の流通と管理，平成17年度持続可能な漁業・観光利用調査
- 環境省自然環境局（2006）平成17年度持続可能な漁業・観光利用調査
- 国土数値情報（自然公園地域データ）国土交通省。<<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>>
- 前川聡、山本朋範（2009）日本における海洋保護区の設定状況（2009）～CBD2012年海洋保護区目標の達成度評価と今後の課題～
- 内閣府沖縄総合事務局ホームページ，羽地・今帰仁地区におけるハマフエフキ（タマン）の資源保護への取り組み
<http://www.ogb.go.jp/nousui/kakusyu/nousui_toukei_genchi_haneji.html>
- 沖縄県自然保護課（1998）自然環境の保全に関する指針ー〔沖縄島編〕ー。沖縄県自然保護課
- 安村茂樹編（2009）WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト報告書。（財）世界自然保護基金ジャパン

2. サンゴ移植に関する情報

2-1. 移植の現状と課題

<サンゴ移植の背景>

サンゴ移植はサンゴ礁再生の試みの一つとして、特に、市民が実感を得ながら取り組める活動としてここ数年でひろく社会で取り上げられてきている。そこで、沖縄県では自然環境や地域社会を配慮した適切な活動を薦めることを目的に、日本サンゴ礁学会（2004）のガイドラインを参考にしながら、「サンゴ移植マニュアル」（沖縄県自然保護課，2009）を作成し、あるべきサンゴ移植の道筋を紹介してきた。

サンゴ移植は大きな普及啓発的効果が期待される一方で、サンゴ群集の回復には技術的な改良の必要性や、費用や労力の調達、更にサンゴ群集の遺伝学的知見や群集生態学的知見、サンゴの病気に関する知見など明らかにすべき研究課題も多い。

<移植の現状>

サンゴ移植に際しての留意事項について、活動が実施される海域の関連情報を中心にまとめた。移植したサンゴの生存率を決定する要因とその条件を、沖縄県サンゴ移植マニュアルを基に整理した。その上で、サンゴを移植する際に考慮すべき条件を満たしているかどうかの判定をする基準を社会的、環境的側面を分けて表2-3-5に整理した。

社会的側面として、移植するサンゴの入手や保護区等の規制状況を示した。適切な移植活動の実施に際しては、これらの状況に配慮することが必要である。移植に加えて、市民による継続的調査や、ダイビング業者によるアンカーブイの設置、その他海岸清掃など、サンゴを保全する他の活動を実施、協力あるいは計画していることも併せて考慮されるべきである。

環境的側面として、対象海域のサンゴに対する攪乱や過去と現在のサンゴ群集の状況を示した。これらの移植したサンゴの生存と成長と既存のサンゴ群集へのかく乱に関わる事項として十分に配慮したうえで、適切な海域で活動が実施されることが重要である。

<移植における課題>

移植の目的は、基本的にサンゴ礁生態系を再生させることであるが、具体的な目標は実施主体によって異なる。サンゴ移植活動に限れば、当面は任意に定めた対象海域の目標面積において、サンゴの目標被度を達成することがゴールとなる（日本サンゴ礁学会サンゴ礁保全委員会，2008）。サンゴ移植後に長期間モニタリングした事例は多くないものの、石垣港で実施された事例では3種類のみドリイシ類の10年後の生残率は30%以上であった。この生残率は特別高いほうで、その他の種類はもっと低いと報告されている。

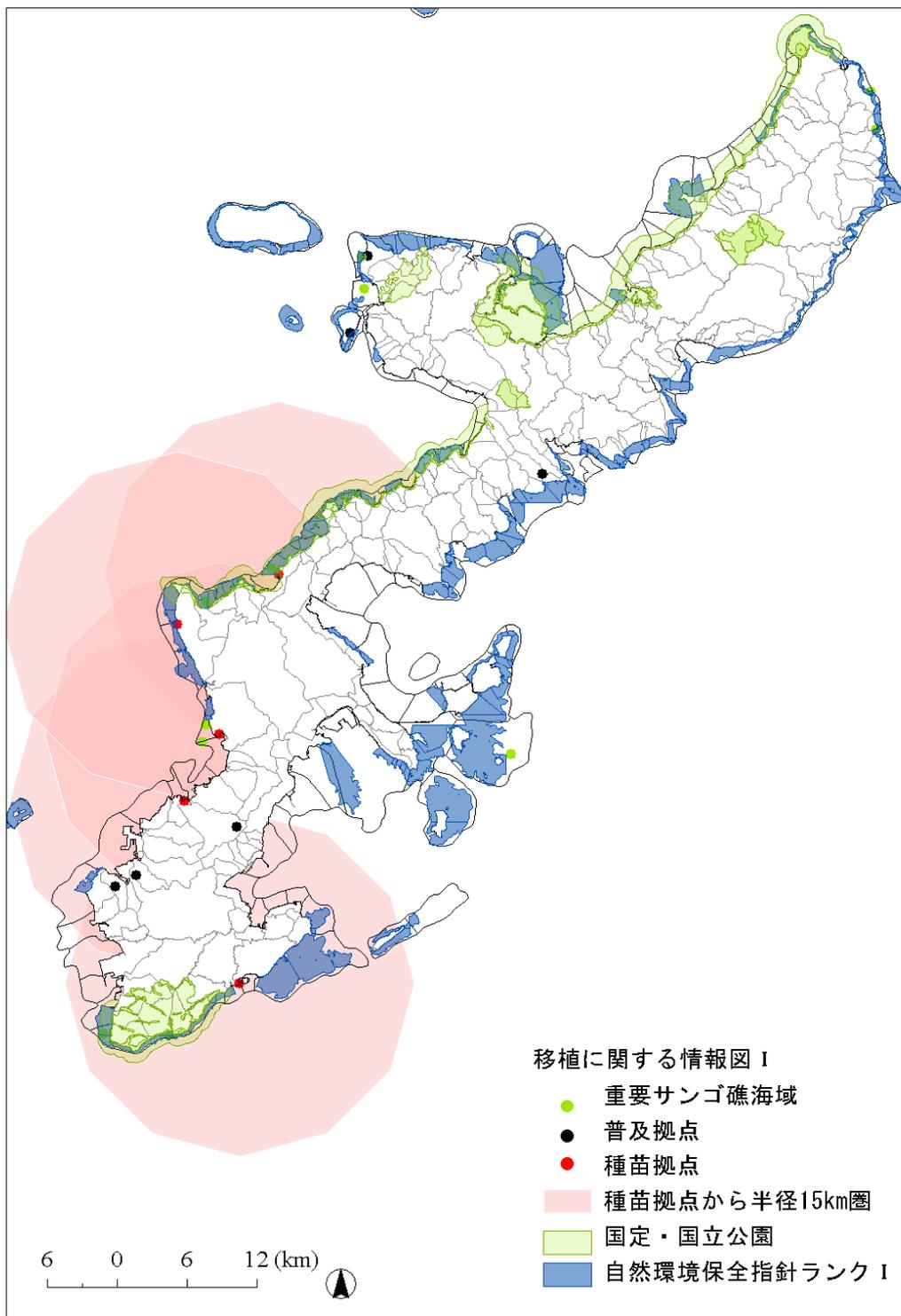
また、現在の技術では、移植するには1haあたり1千万から1億円かかることから、数百から数千ヘクタールの海域のサンゴ礁を移植の直接効果だけで再生させることは予算的に極め

て困難である。さらに、移植適地選定や移植後の管理法など技術的に解決すべき事項も多い。

表 2-3-5. サンゴを移植する際の検討事項

	検討項目	考慮すべき事	判定基準
社会的側面	サンゴ入手可能地域	生態学的に懸念されることのない範囲で、移植するサンゴが入手可能かどうかを考慮する。	サンゴ入手可能地域は、サンゴを供給している業者（産地）から半径 15km
	保護区等の規制状況	制約が課せられている海域での活動は困難であるから、規制のある保護区などの指定を考慮する。	自然公園内でない 自然環境保全に関する指針のランク I 範囲内でない
環境的側面	かく乱要因	環境が移植するサンゴに適しているかどうか、移植したサンゴが死なない、かく乱が少ない環境であるかを考慮する。	赤土が流れてこないなど、水質が良好（河口から距離がある） オニヒトデがない 波あたりが適度
	サンゴ被度の変遷	サンゴの非生息域や逆にサンゴの高被度域で移植するのではなく、過去健全なサンゴ群集があり現在はサンゴの被度が低い状況であるかを考慮する。	現在サンゴの被度がゼロでなく、1972 年の調査結果など過去の記録
	新規加入の多寡	サンゴの新規加入が十分に見込める環境で移植するのではなく、サンゴの加入が少ない、すなわち回復の見込みが低いかどうかを考慮する。	サンゴの新規加入群体が、50cm×50cm あたり〇〇群体以下（今回は未検討）

上記の判定基準をもとに、自然公園、自然環境保全指針ランク I、種苗拠点および種苗拠点からの距離が半径 15km 圏（保護区設定時の手順で提案されている区間距離を参考とした IUCN-WCPA 2008）、普及拠点を図 2-3-8 のとおり抽出した。さらに、同様に SPSS50kg/L 以上の海域と赤土等の流域毎の流れやすさのランクが 5 の流域、汚濁負荷量が 100kg/日以上の流域、1970 年代のサンゴ被度が 50%以上かつ 2009 年のサンゴ被度が 10%以下のポイントを抽出し図 2-3-9 に示した。



以下の参考文献をもとに作成

国土数値情報（自然公園地域データ）国土交通省. <http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>

沖縄県自然保護課（1998）自然環境の保全に関する指針－〔沖縄島編〕－. 沖縄県自然保護課

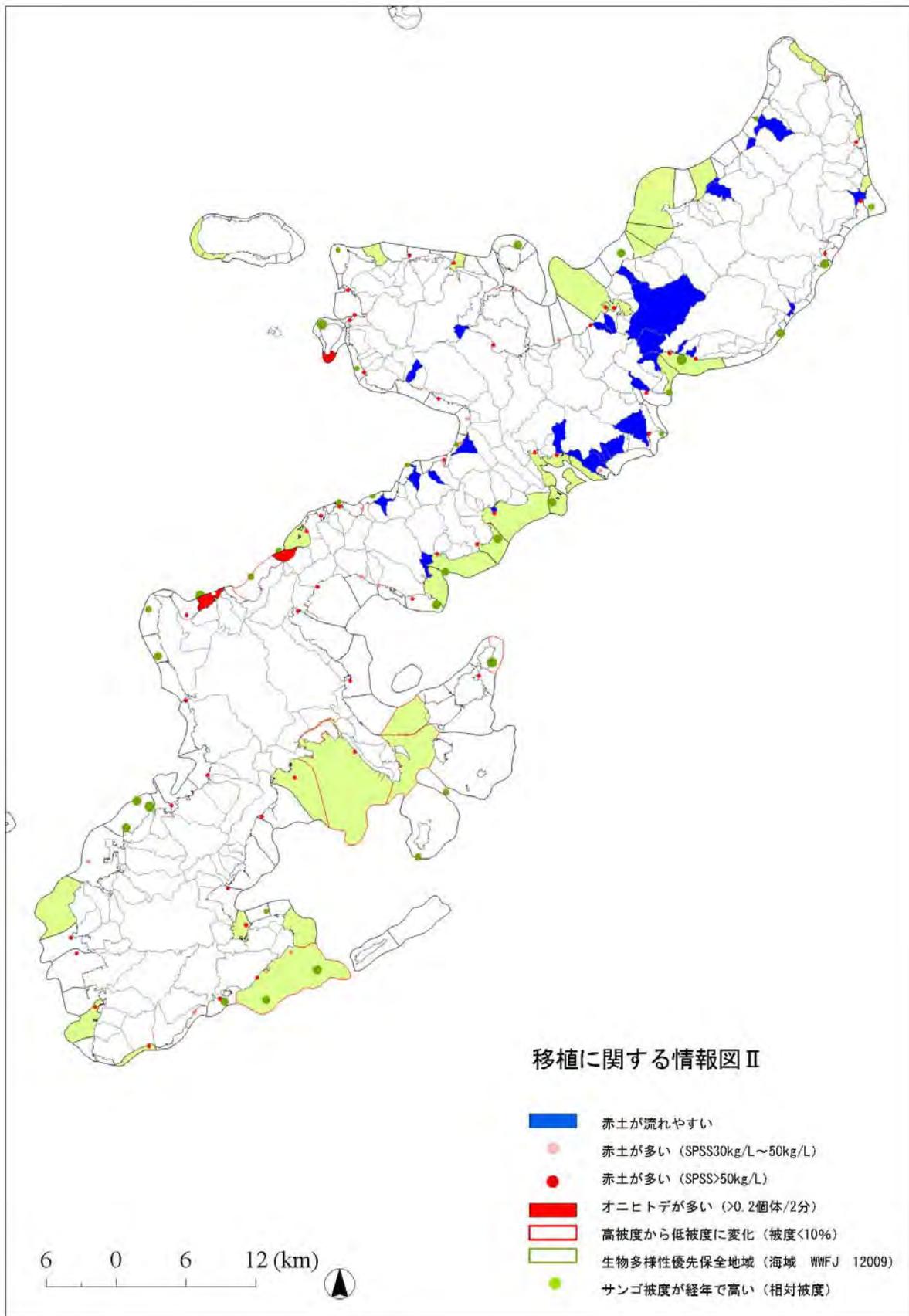
IUCN-WCPA（2008）Establishing Marine Protected Area Networks-Making It Happen. Washington, D.C.: IUCN-WCPA, NOAA and TNC.

沖縄県自然保護課（2009）サンゴ移植マニュアル平成20（2008）年度版. 沖縄県自然保護課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課

図2-3-8. 移植に関する情報図（社会的側面）



以下の参考文献をもとに作成

国土数値情報 (自然公園地域データ) 国土交通省. <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html>>

海域区分: 中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

陸域区分: 沖縄県環境保全課 (2006) 平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課

SPSS: 沖縄県環境保全課 (2010) 平成 21 年度赤土等に係る環境保全目標設定調査. 沖縄県環境保全課

図 2-3-9. 移植に関する情報図 (環境的側面)

2-2. サンゴ移植と今後の再生方策の検討

現在、沖縄県では、観光旅行のイベントとしてのサンゴ移植ツアーや民間事業者による普及啓発目的の移植事業、移植事業を対象にした漁業協同組合によるサンゴの増養殖など、サンゴ移植を取り巻く活動がビジネスとして成長しつつある。このことは、地球規模の環境問題を含め、世間一般の関心が自然環境の保全に強く向いており、実際に行動に移す人々のポテンシャルが高いことを示している。また、移植をビジネスの視点で考えると、これら保全活動を行動に移す人々という潜在的なマーケットを想定し、今後さらに多くの事業者が移植事業に参入し、沖縄県における移植活動がますます活発化する可能性も示している。

これら事業者による小規模な移植活動が行われている中で、民間や独立法人の研究機関による有性生殖を用いた再生研究や、環境省の石西礁湖における自然再生事業など、移植を利用したサンゴ礁再生技術の開発が行われている。東京都沖ノ鳥島で実施されている水産庁のサンゴ礁再生試験や、タイやインドネシアなど東南アジア各国で行われている移植・再生事業等とも併せて考えると、国内のみならず国際的にもサンゴ礁の再生に大きな期待と希望が託されていると言える。一方で、既存の民間レベルの移植活動については、その成果がほとんど明らかにされておらず、既存の情報をもとに生態系の再生に対するサンゴ移植の効果を評価することは難しい。国内のサンゴ礁に関する唯一の学術団体である日本サンゴ礁学会からは、サンゴ移植の保全活動としての分かりやすさ、普及啓発効果は認められるものの、赤土流出防止や栄養塩対策などのより重要な保全対策への連動が重要であると指摘している。実際に、再生技術開発においては、有性生殖による稚サンゴの生産や限られた範囲での群集の再生等の成果は見られるが、広大な面積のサンゴ群集を再生させるまでのレベルには至っておらず、さらなる研究が必要とされている。

このような状況の中で、今後の本事業では、一般のサンゴ礁保全に対する関心を維持し、民間事業者の保全活動に対するインセンティブを育てながら、現在の技術を用いて、より効果的で意義のある再生手法、方策を検討し、既存の移植活動をよりよい方向に誘導することを目的とする。検討に当たっては、サンゴ移植の生態系への回復についての様々な制限を踏まえ、それらの制約の中で実現可能な規模や手法、現実的な実施体制を想定しながら、現状での具体的な最善策を抽出することに留意する。また、環境保全に関心の高い一般市民、移植を持続可能なビジネスとして捉える民間事業者、科学的な生態系への貢献を求める研究者や研究機関等との連携とともに沖縄県や市町村等の行政機関の支援も視野に入れ、将来的な実施を想定したモデル事業も想定しながら、十分な議論を行いたい。

参考文献

IUCN-WCPA (2008) Establishing Marine Protected Area Networks-Making It Happen. Washington, D.C.: IUCN-WCPA, NOAA and TNC

3. 観光に関する情報

<サンゴ礁域における観光>

沖縄における観光とサンゴ礁は密接に関わっている。ダイビングや海水浴などのマリレジャーはサンゴ礁を直接利用し、また万座毛をはじめとする景勝地はサンゴ礁由来の地形であり、グラスボートや水族館などの観光スポットもサンゴ礁を見せることで成り立っている。さらに、景観のよいサンゴ礁沿岸に隣接しているリゾートホテルも数多い。沖縄を訪れる多くの観光客は「沖縄の海の美しさ」に期待を寄せていることから（図2-3-10、沖縄県観光商工部 2007）、これらの多くがサンゴ礁のイメージ大きく依存していることがよくわかる。サンゴ礁は観光の場としてだけでなくイメージとしても観光への寄与が大きく、そのことはサンゴ礁生態系を健全に維持する重要性にもつながる。

<観光によるサンゴ礁への影響>

観光によるサンゴ礁への影響は直接的な利用による破壊や観光施設建設に伴う開発の影響、入域者数の増加に伴う汚水負荷の増大などがある。実際、沖縄県の入域観光者数は増加しており（図2-3-11）、平成20年の沖縄県の統計では、人口の約4.4倍の観光客が県内に訪れている（沖縄県 2009）。入域観光者数が増えれば、これらの負荷は増加するが、観光は沖縄県経済にとって重要な地位を占めているため（図2-3-12）、総消費額を維持もしくは増加させながらサンゴ礁生態系への配慮が必要である。沖縄の自然環境保全に対する観光客からの視点は、沖縄観光客満足度調査において、「自然環境の保全状況」に対して「大変満足」と回答した割合が他の項目と比較して低くなっていることから（図2-3-13、沖縄県観光商工部 2007）、よりいっそうの自然環境保全の努力が必要であると考えられる。

<持続可能な観光利用：エコツーリズム>

沖縄県ではエコツーリズムを推進しており、エコツーリズムガイドラインを作成し、保全利用協定の認定制度を設けている（沖縄県自然保護課）。慶良間諸島における利用禁止区域（ダイビングと漁業）の設定（谷口 2003）や白保での観光業者のルール（白保魚湧く海保全協議会ホームページ）など、自主的なルールを策定するなどサンゴ礁への負荷を低減させる試みも各地ではじまっている。

このように、沖縄の重要な産業である観光とその資源であるサンゴ礁は、密接に関わっている。今後の沖縄島周辺の観光とサンゴ礁保全の参考とするため、沖縄島周辺の観光地域について整理した。

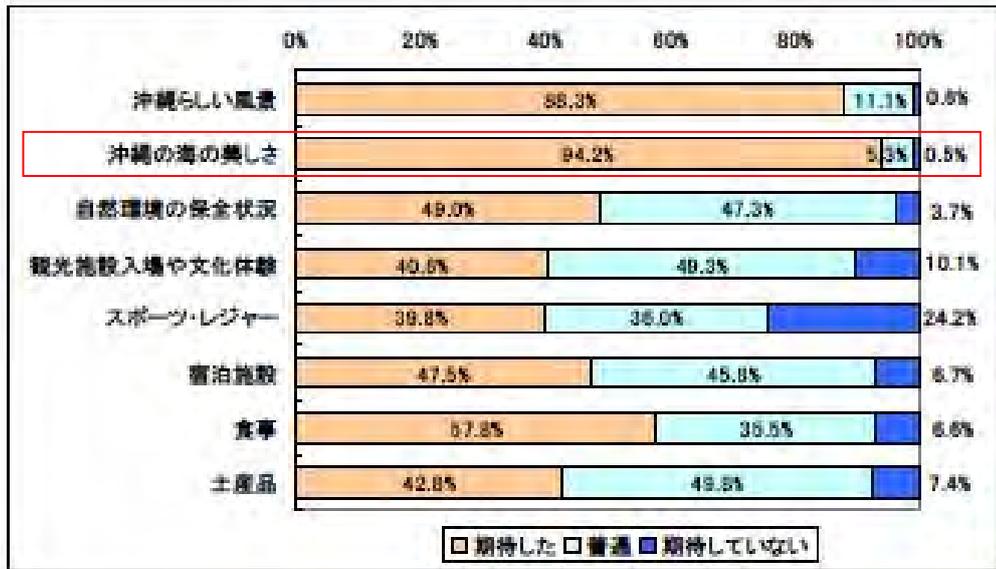


図 2-3-10. 旅行前の期待度. 沖縄県観光商工部 (2007) より.

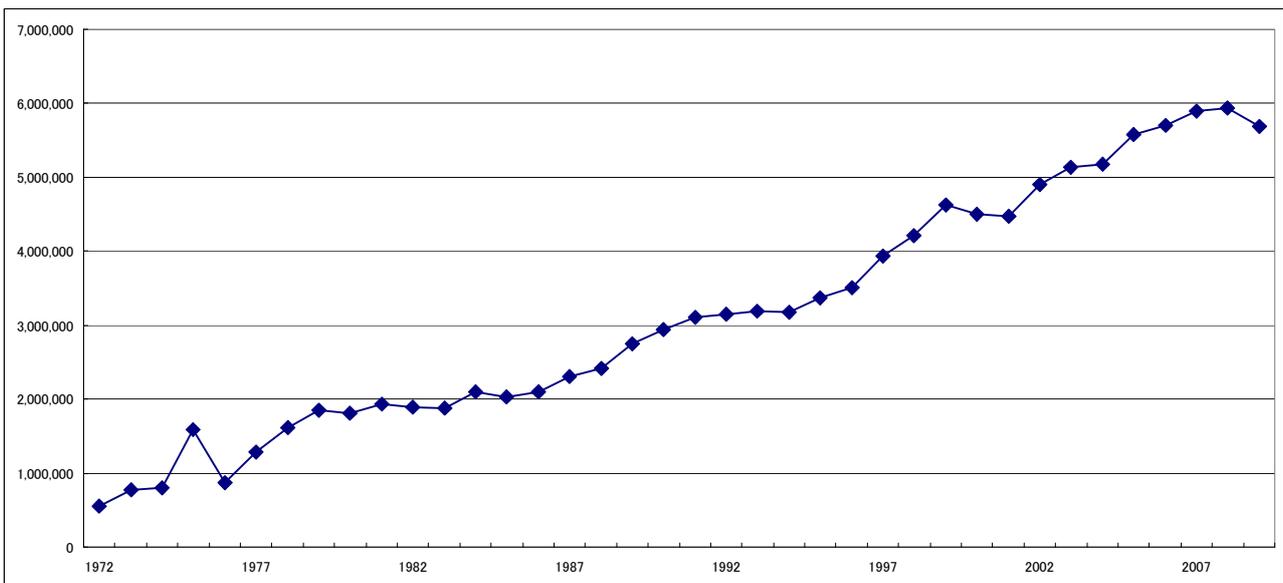


図 2-3-11. 沖縄県の入域観光者数の推移. 沖縄県観光企画課ホームページのデータをもとに作成.

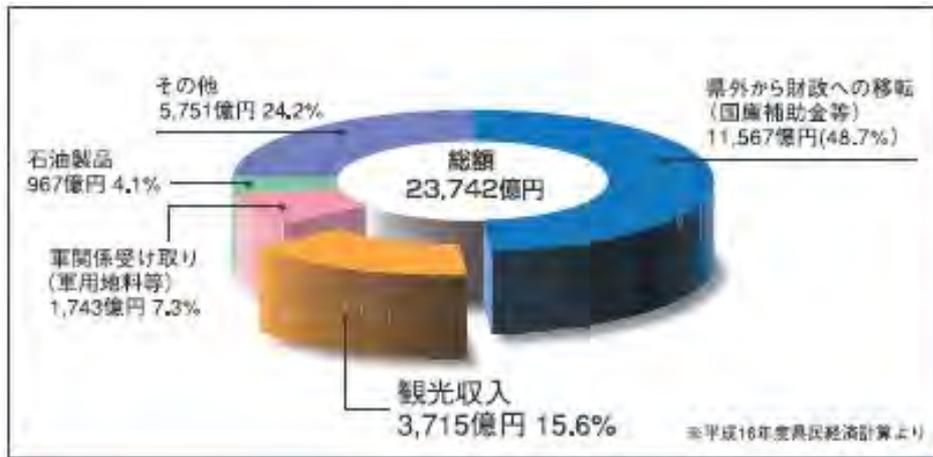


図 2-3-12. 県外受け取りの内訳. 沖縄県観光商工部 (2007b) より.

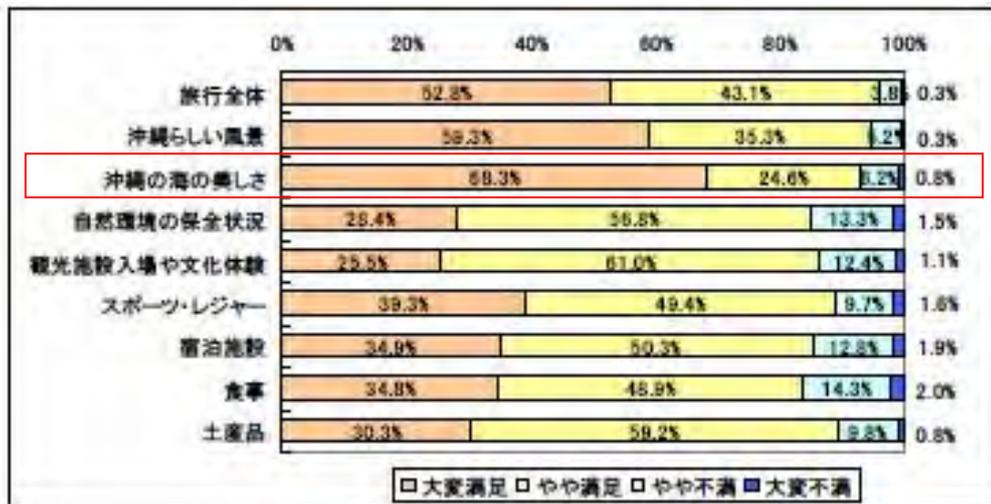
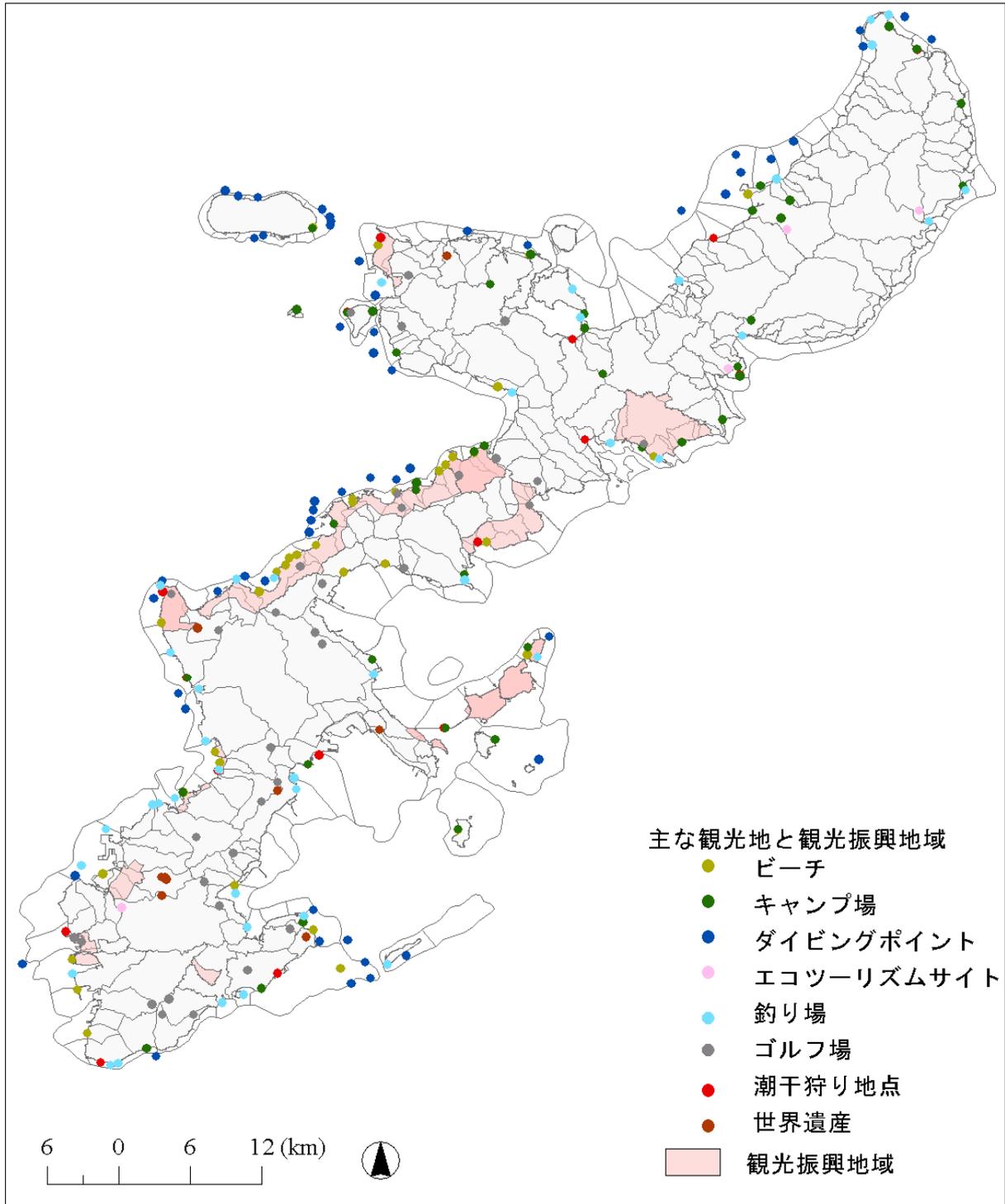


図 2-3-13. 旅行の満足度. 沖縄県観光商工部 (2007) より.

3-1. 沖縄島周辺における観光地

サンゴ礁を適切に利用するための基礎情報として、主要な観光ポイントを整理した。観光ポイントは文献情報（金城・仲宗根 2009、財団法人沖縄コンベンションビューロー2010、フィッシング沖縄社 2000）を基に、ダイビングポイント、ビーチ、潮干狩り、エコツアーリズムサイト、キャンプ場、ゴルフ場、釣り場、世界遺産の地点及び観光振興地域などを整理し地図上に示した（図2-3-14）。南部では、荒崎-喜屋武岬-瀬長（釣り場、ダイビングポイント、ビーチ）、海野-知念岬-港川（ダイビングポイント、ビーチ、釣り場）、中部では、砂辺-残波岬-許田（ダイビングポイント、ビーチ、キャンプ場）、北部では、崎本部-備瀬（ダイビングポイント）・奥間-辺戸岬-奥（ダイビングポイント）・慶佐次-汀間（キャンプ場）で観光ポイントが多かった。

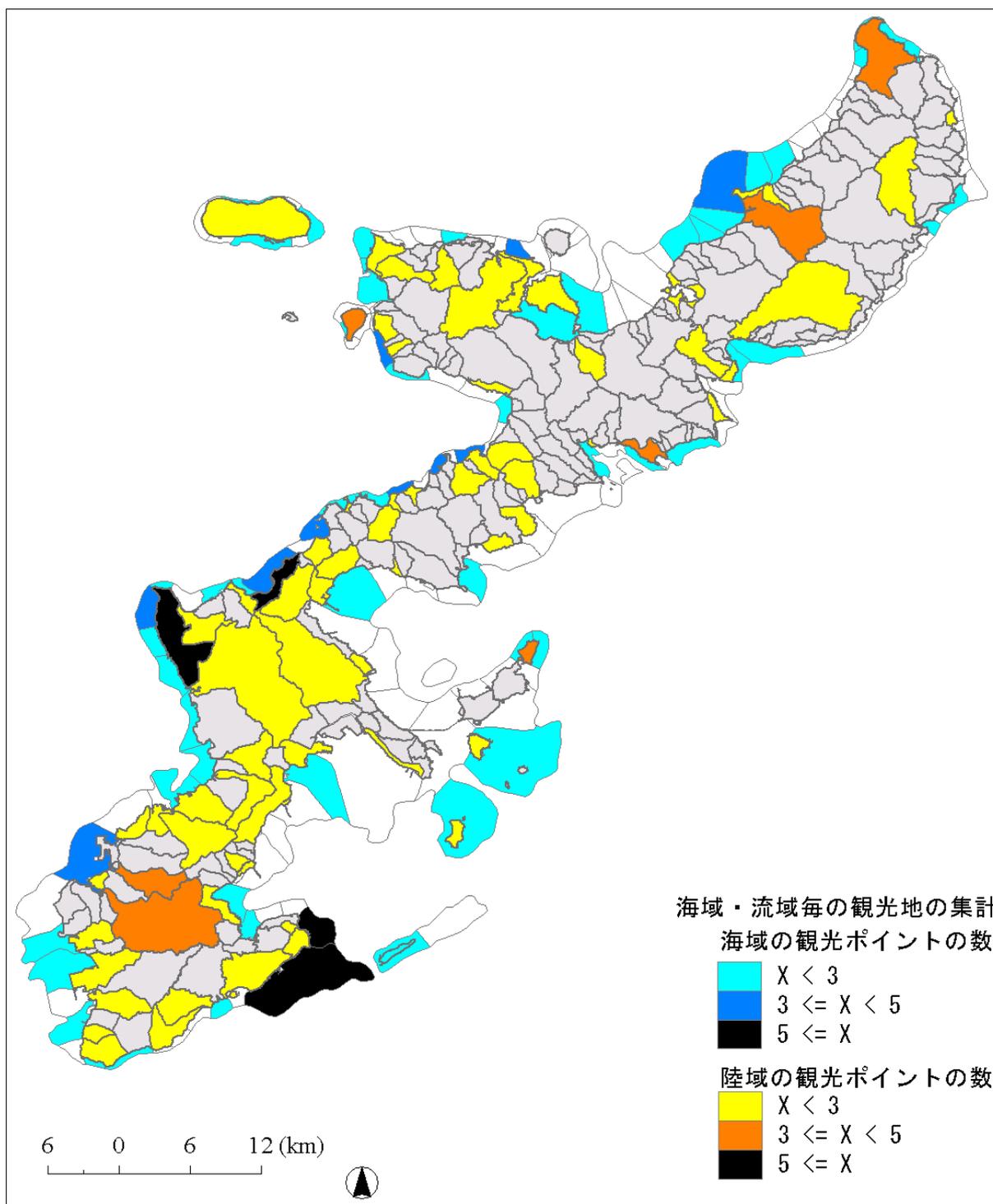
上記でまとめた観光ポイントを、流域区分（陸域）および海域区分（海域）毎に再集計し、図2-3-15に示した。陸域は恩納村と読谷村の一部、海域は知念岬周辺で観光ポイントが5ポイント以上と、比較的集中していた。



以下の参考文献をもとに作成

金城孝一・仲宗根一哉 (2009) 既存情報に基づく海域および陸域特性を反映させた沖縄島のサンゴ礁区分の試み. 沖縄県衛生環境研究所報 第43号
 沖縄観光コンベンションビューロー (2010) 美ら島 2010-沖縄県観光情報ファイル. 沖縄観光コンベンションビューロー
 フィッシング沖縄社 (2000) 家族で楽しむ沖縄の潮干狩りとキャンプ場マップ. フィッシング沖縄社
 海域区分: 中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47
 陸域区分: 沖縄県環境保全課 (2006) 平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課

図2-3-14. 主な観光地と観光振興地域



以下の参考文献をもとに作成
 金城孝一・仲宗根一哉 (2009) 既存情報に基づく海域および陸域特性を反映させた沖縄島のサンゴ礁区分の試み. 沖縄県衛生環境研究所報 第43号
 沖縄観光コンベンションビューロー (2010) 美ら島 2010—沖縄県観光情報ファイル. 沖縄観光コンベンションビューロー
 フィッシング沖縄社 (2000) 家族で楽しむ沖縄の潮干狩りとキャンプ場マップ. フィッシング沖縄社
 海域区分: 中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47
 陸域区分: 沖縄県環境保全課 (2006) 平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課

図2-3-15. 観光地等の海域・流域毎の集計結果

3-2. 観光まとめ

観光地が集中する地域は南部および西海岸が多かった。観光地の数や入域観光客数とサンゴ被度の変遷・現状について明確な関係性は見出せなかった。しかし、沖縄県への入域観光客数は年々増加傾向にあり、環境収容量も考慮しながら、今後もサンゴ礁生態系へ配慮していく必要がある。

参考文献

- フィッシング沖縄社（2000）家族で楽しむ沖縄の潮干狩りとキャンプ場マップ．フィッシング沖縄社
- 金城孝一・仲宗根一哉（2009）既存情報に基づく海域および陸域特性を反映させた沖縄島のサンゴ礁区分の試み．沖縄県衛生環境研究所報 第43号
- 沖縄県（2009）第52回沖縄県統計年鑑平成21年版．
- 沖縄県観光企画課ホームページ<<http://www3.pref.okinawa.jp/site/view/contview.jsp?cateid=233&id=17154&page=1>>
- 沖縄観光コンベンションビューロー（2010）美ら島2010ー沖縄県観光情報ファイルー．沖縄観光コンベンションビューロー
- 沖縄県観光商工部（2007a）平成18年度観光統計実態調査．
- 沖縄県観光商工部（2007b）採点！沖縄観光平成18年度観光統計実態調査（概要版）．
- 沖縄県自然保護課，エコツーリズムと保全利用協定制度の紹介，<<http://www3.pref.okinawa.lg.jp/site/view/contview.jsp?cateid=70&id=16928&page=1>>
- 谷口洋基（2003）座間味村におけるダイビングポイント閉鎖の効果と反省点ー「リーフチェック座間味村の結果より」ー．みどりいし，14，16-19
- 白保魚湧く海保全協議会ホームページ，<<http://www.sa-bu.com/rules/rules.html>>

4. 漁業に関する情報

<沖縄県における漁業概要>

沖縄県の漁業は、熱帯海域の特性であるサンゴ礁沿岸域での様々な漁業、モズク養殖、クルマエビ養殖等が行われ、沖合ではカツオ・マグロ等回遊性魚類やソデイカ及び瀬付きのマチ類等を対象とする漁業が行われている。1972年から2006年までの部門別の漁業生産量の推移を図2-3-16に示す。1970年代には遠洋漁業や沖合漁業が盛んであったが、1980年代以降は大きく減少した。沿岸漁業は1980年代半ばから1990年代までは1.5万トンで横ばいであったが、2000年ごろから減少しはじめ、2006年には1万トン弱まで減少している。一方、海面養殖は1980年代後半から盛んになり、2006年には総量の約5割を占める2.3万トンの生産量まで増加し、生産量からみると現在の漁業は海面養殖が中心になっている。

上記区分は沿岸漁業にしても沖合いでの漁業を含んでいる（沿岸漁業とは漁船非使用漁業、無動力船及び10トン未満の動力船並びに定置網漁業、地びき網漁業をいう）。そこで、サンゴ礁周辺で行われている漁業に限った生産量を把握するために「その他、追込網、建干網、潜水器、採藻、採貝、一本釣、その他のはえ縄、定置網、その他の巻き網、その他の敷網、その他の刺網」を集計した（図2-3-17）。本区分は、石西礁湖自然再生協議会（2007）を参考にした。その結果、サンゴ礁周辺での漁業生産量は1980年代の1.2~1.4万トンをピークに徐々に減少し、2006年は0.4万トンまで減少していた。生産量の減少は、就業者数の減少も大きく影響していると考えられるものの（図2-3-18）、沖縄県の漁業は近年、開発に伴う漁場喪失、陸上からの赤土流入による漁場汚染、資源状態の悪化等の課題を抱えており（沖縄県水産課ホームページ）、これらの影響による生産量の減少も考えられる。

<漁業によるサンゴ礁への影響>

漁業によるサンゴ礁への影響として、ウニや海藻などサンゴの競合生物を食べる魚の乱獲が、間接的にサンゴ礁を荒廃させていると考えられている（鹿熊 2007）。サンゴ礁生態系を退廃させてきた最大の要因はかなり以前より漁業活動であり、漁業を厳しく規制すべきとの指摘もあるが、サンゴ礁生態系を守る目的の一つは、それを構成する水産資源を守り、持続的に利用することでもある。

<持続可能な漁業：資源管理>

サンゴ礁生態系保全と漁業のバランスをとるには、持続可能な漁業を確立することが必要である。持続可能な漁業を行うには、資源管理が有効であり、そのための手法には、禁漁区、禁漁サイズ、漁具・漁法制限、漁場制限、参入制限、漁獲量制限等がある。沖縄県では、漁業調整規則でいくつかの種の禁漁期や禁漁サイズが定められている。

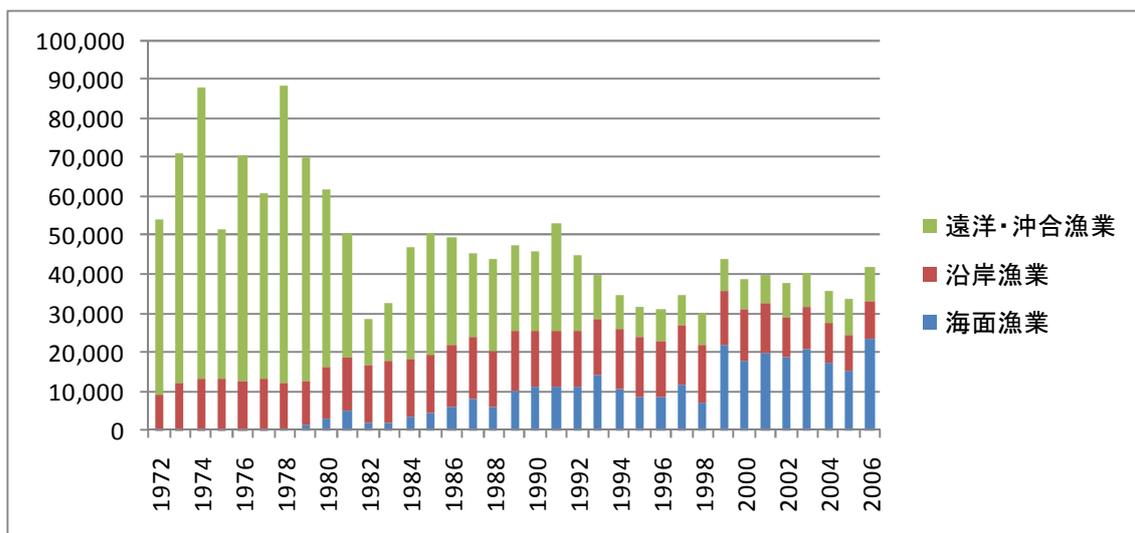


図 2-3-16. 部門別の漁業生産量 (トン)

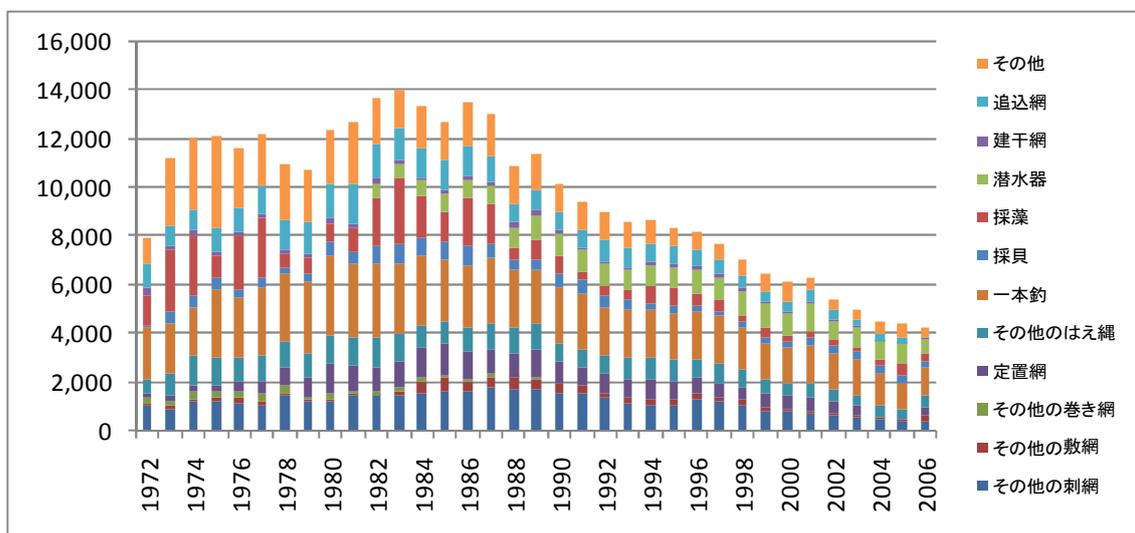


図 2-3-17. サング礁周辺での漁業生産量 (トン).

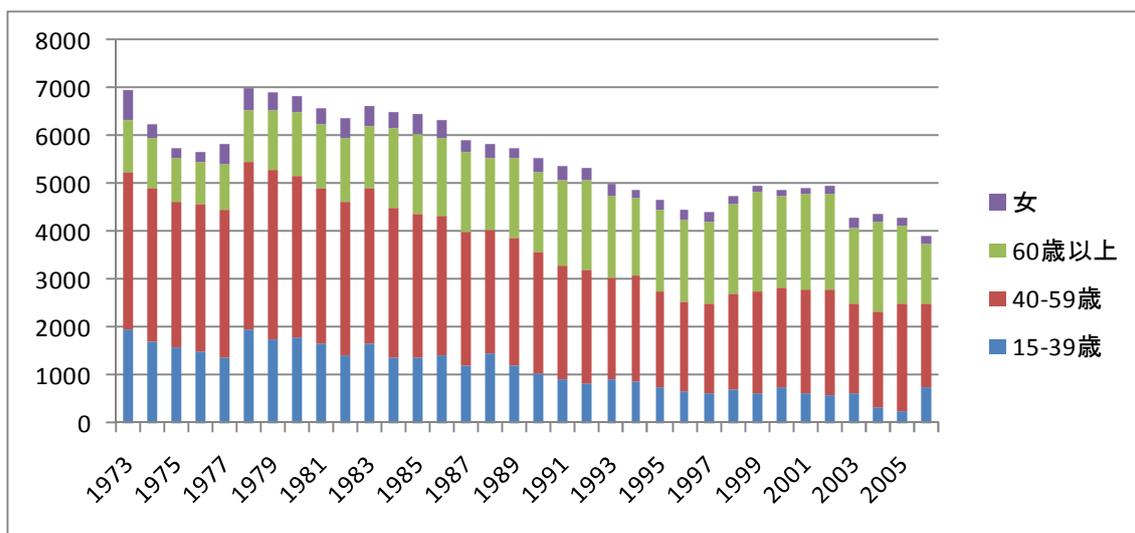


図 2-3-18. 漁業就業者数

4-1. 沖縄島周辺における漁業利用の範囲

沖縄島周辺における漁業利用の範囲について、一定範囲の漁業を独占排他的に営みその利益を享受することができる漁業権の設定状況、並びにこの権利の主体となる漁業協同組合の位置を整理した。沖縄島の周囲沿岸全域にはシャコガイ、イセエビ、刺網などの漁業を営む区域として共同漁業権が設定されており、23の漁業協同組合が存在している（図2-3-19）。また、共同漁業権のほか、モズクやクルマエビ、サンゴなどの養殖業を営む区域として区画漁業権が設定されており、定置網漁業を営む区域としては定置漁業権が設定されている。

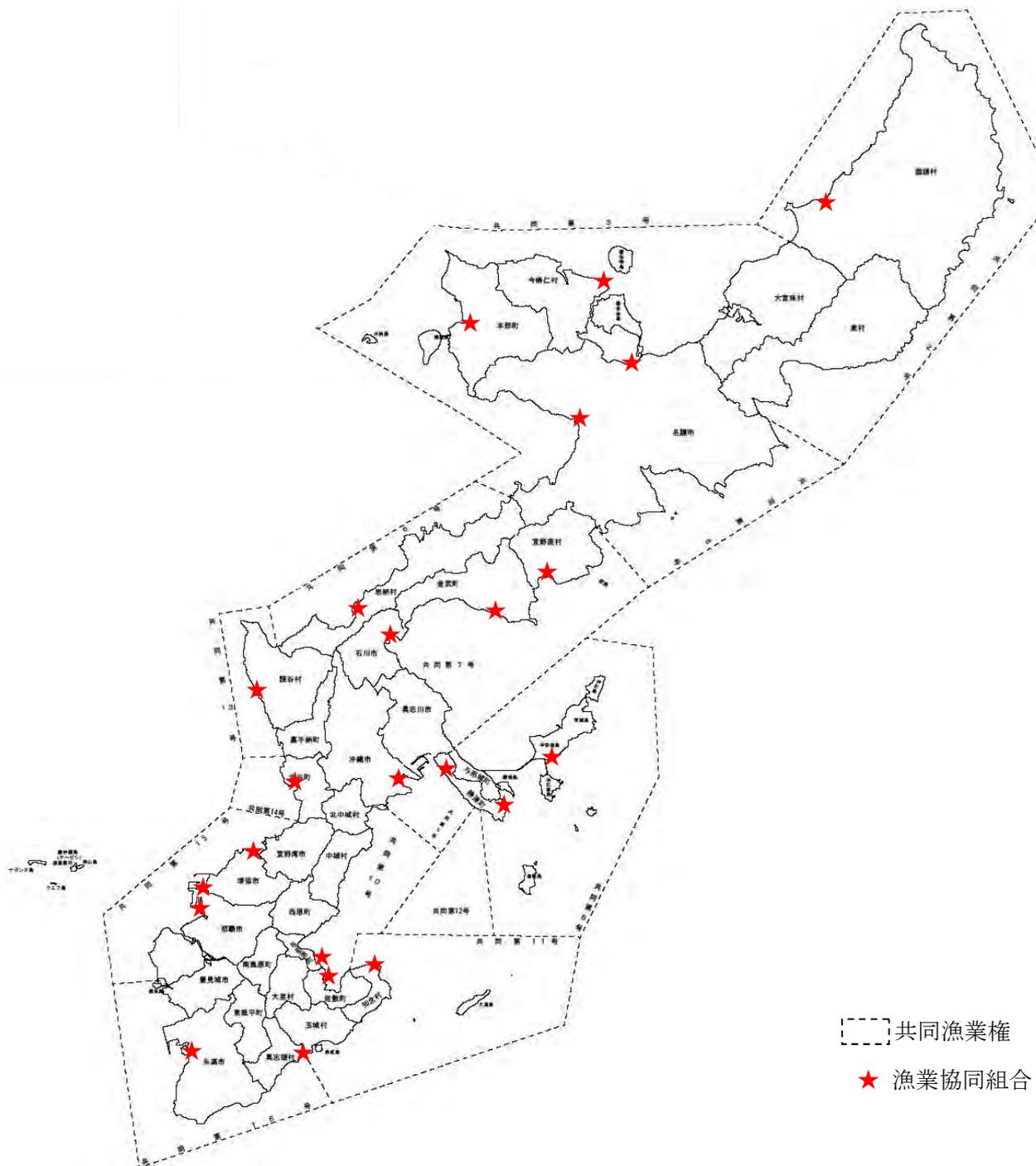


図2-3-19. 共同漁業権の設定状況および漁業協同組合の位置
 (沖縄県共同漁業権図No.1. 沖縄県水産課ホームページをもとに漁業協同組合の位置を重ねた)

4-2. 漁業まとめ

沖縄県におけるサンゴ礁周辺での漁業は1980年代をピークに減少傾向にある。沖縄島周辺における漁業は、沖縄島の沿岸全域で行われ、23の漁業協同組合が存在している。サンゴ礁生態系保全と漁業を両立していくには、禁漁区、禁漁サイズ、保護区など資源管理を手法とした持続的な漁業を展開していくことが重要である。

参考文献

沖縄県農林水産部（2002）沖縄の水産業

沖縄県農林水産部（2003）漁業権の免許内容等（共同漁業権・区画漁業権）

沖縄県農林水産部（2003）漁業権の免許内容等（特定区画漁業権・定置漁業権）

沖縄県水産課ホームページ <<http://www.pref.okinawa.jp/suisan/index.html>>

鹿熊信一郎（2007）アジア太平洋島嶼における破壊的漁業と海洋保護区—サンゴ礁生態系と漁業の両立をめざして—。基盤研

究(A)「先住民による海洋資源の流通と管理」（課題番号15251012）研究成果報告書. 213 - 242.

鹿熊信一郎（2007）4-4 漁業. 日本のサンゴ礁. 122 - 126.

石西礁湖自然再生協議会（2007）石西礁湖自然再生全体構想

第4節 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因の分析

1. 陸域と海域の区分

陸域と海域はそれぞれ区分をし、得られた調査結果を区分毎に集計した。

1-1. 流域を考慮した陸域区分

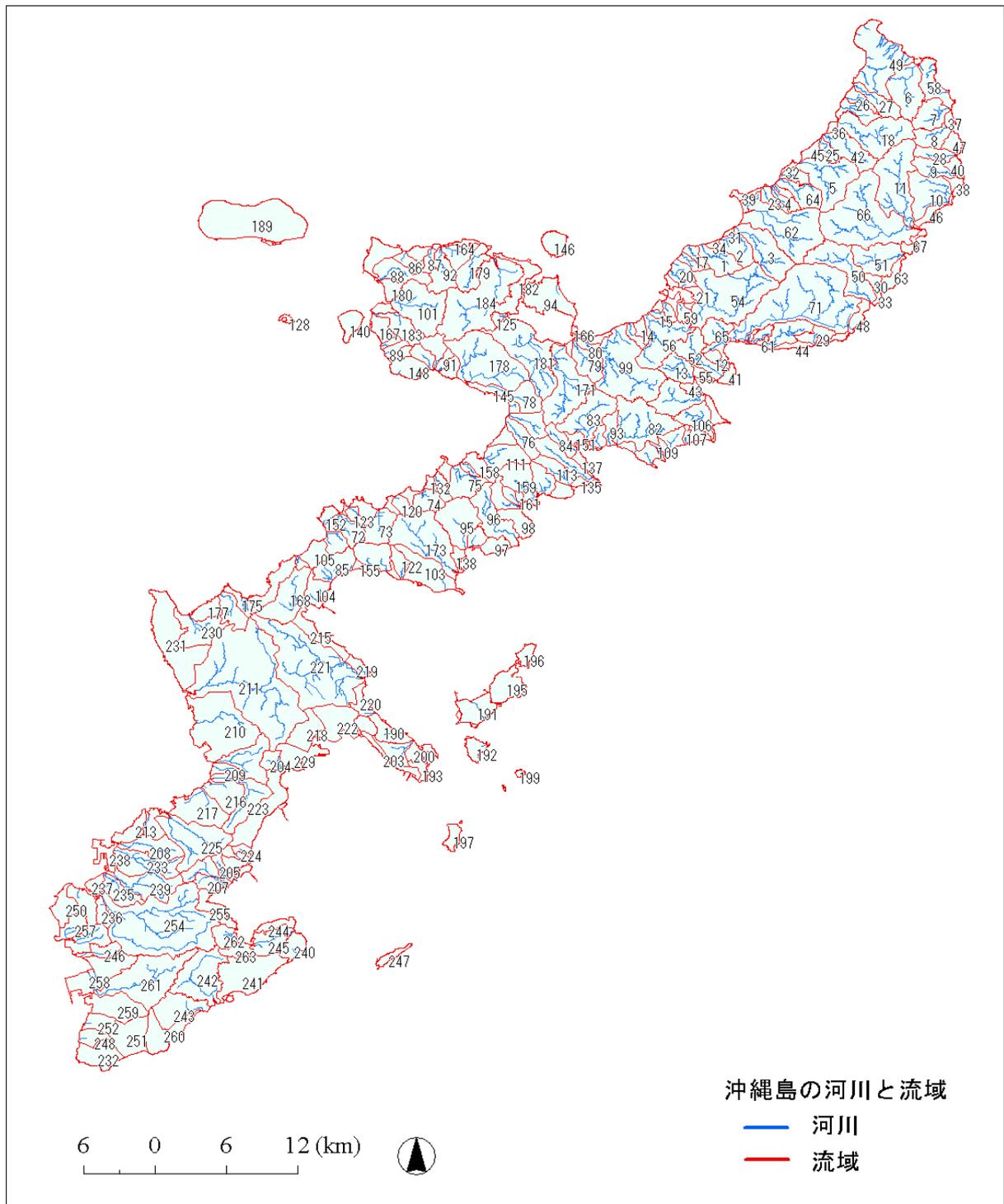
陸域の区分は、沖縄県環境保全課（2006）の「赤土等流出危険度予測評価システム調査」結果の、地形図をもとに作成された流域区分を引用した。流域区分毎の番号と名称を表1-1-4に、区分図を図2-4-1に示す。沖縄島とその周辺離島の流域数は258流域であった。

参考文献

沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

表 2-4-1. 流域の番号と名称

地域名	流域番号	流域名	地域名	流域番号	流域名	地域名	流域番号	流域名
北部1	1	饒波川流域	北部2	88	本部町港川流域	北部2	176	垂川流域
北部1	2	外掘田川流域	北部2	89	シンナナ川流域	北部2	177	恩納村6流域
北部1	3	田嘉里川流域	北部2	90	塩川流域	北部2	178	屋部川流域
北部1	4	又伊名川流域	北部2	91	名護市1流域	北部2	179	シニンサ川流域
北部1	5	与那川流域	北部2	92	志慶真川流域	北部2	180	本部町3流域
北部1	6	奥川流域	北部2	93	ネマダ川流域	北部2	181	我部祖河川流域
北部1	7	伊江川流域	北部2	94	屋我地島流域	北部2	182	今帰仁村5流域
北部1	8	楚洲川流域	北部2	95	漢那福地川流域	北部2	183	大小掘川流域
北部1	9	伊都川流域	北部2	96	宜野座福地川流域	北部2	184	今帰仁村大井川流域
北部1	10	安田川流域	北部2	97	宜野座村4流域	北部2	174	恩納村10流域
北部1	11	普久川流域	北部2	98	宜野座村2流域	中部1	190	うるま市与那城1流域
北部1	12	伊是名川流域	北部2	99	源河川流域	中部1	191	平安座島流域
北部1	13	有津川流域	北部2	100	名護市後原川流域	中部1	192	浜比嘉島流域
北部1	14	力夕川流域	北部2	101	満名川流域	中部1	193	うるま市勝連1流域
北部1	15	力ソナ川流域	北部2	102	今帰仁村6流域	中部1	194	うるま市勝連2流域
北部1	16	渡海川流域	北部2	103	金武町2流域	中部1	195	宮城島流域
北部1	17	大兼久川流域	北部2	104	うるま市石川2流域	中部1	196	伊計島流域
北部1	18	辺野喜川流域	北部2	105	恩納村9流域	中部1	197	津堅島流域
北部1	19	根路銘川流域	北部2	106	天仁屋川流域	中部1	198	南浮原島流域
北部1	20	安根川流域	北部2	107	シッタ川流域	中部1	199	厚原島流域
北部1	21	大宜味村5流域	北部2	108	ナーミチ川流域	中部1	200	うるま市与那城2流域
北部1	22	山地名川流域	北部2	109	ギキ川流域	中部1	201	敷地島流域
北部1	23	辺土名川流域	北部2	110	瀬高川流域	中部1	202	屋慶名川流域
北部1	24	大宜味村1流域	北部2	111	名護市福地川流域	中部1	203	うるま市勝連3流域
北部1	25	佐手前川流域	北部2	112	前川流域	中部2	204	渡口川流域
北部1	26	国頭村1流域	北部2	113	辺野古川流域	中部2	205	内間川流域
北部1	27	座津武川流域	北部2	114	ミジャ川流域	中部2	206	小波津川流域
北部1	28	我地川流域	北部2	115	伊武部川流域	中部2	207	兼久川流域
北部1	29	東村1流域	北部2	116	名護市2流域	中部2	208	小巻川流域
北部1	30	国頭村2流域	北部2	117	安和与那川流域	中部2	209	北谷町1流域
北部1	31	大宜味村2流域	北部2	118	崎本部川流域	中部2	210	大道川流域
北部1	32	国頭村3流域	北部2	119	屋嘉下口川流域	中部2	212	白比川流域
北部1	33	東村4流域	北部2	120	恩納村1流域	中部2	213	浦添市1流域
北部1	34	大宜味村3流域	北部2	121	オート川流域	中部2	214	浦添市港川流域
北部1	35	大宜味村4流域	北部2	122	金武町石川川流域	中部2	215	うるま市石川1流域
北部1	36	国頭村4流域	北部2	123	セバンダ川流域	中部2	216	青小堀川流域
北部1	37	国頭村5流域	北部2	124	今帰仁村1流域	中部2	217	宜野湾市後原川流域
北部1	38	国頭村6流域	北部2	125	今帰仁村港川流域	中部2	218	沖繩市2流域
北部1	39	国頭村7流域	北部2	126	今帰仁村2流域	中部2	219	うるま市具志川3流域
北部1	40	国頭村9流域	北部2	127	名護市3流域	中部2	220	うるま市具志川2流域
北部1	41	東村5流域	北部2	128	水納島流域	中部2	221	天願川流域
北部1	42	佐手川流域	北部2	129	名護市4流域	中部2	222	うるま市具志川1流域
北部1	43	東村6流域	北部2	130	名護市5流域	中部2	223	普天間川流域
北部1	44	東村7流域	北部2	131	名護市6流域	中部2	224	中城村2流域
北部1	45	国頭村10流域	北部2	132	恩納村3流域	中部2	225	牧港川流域
北部1	46	国頭村11流域	北部2	133	恩納村4流域	中部2	226	中城村3流域
北部1	47	国頭村12流域	北部2	134	恩納村5流域	中部2	227	西原町1流域
北部1	48	東村9流域	北部2	135	名護市7流域	中部2	228	中城村1流域
北部1	49	国頭村8流域	北部2	136	名護市8流域	中部2	229	沖繩市1流域
北部1	50	東村新川流域	北部2	137	名護市9流域	中部2	230	長浜川流域
北部1	51	国頭村東宇嘉川流域	北部2	138	宜野座村1流域	中部2	231	読谷村1流域
北部1	52	慶佐次川流域	北部2	139	本部町2流域	中部2	211	比謝川流域
北部1	53	国頭村西宇嘉川流域	北部2	140	瀬底島流域	南部	232	糸満市7流域
北部1	54	大保川流域	北部2	141	名護市10流域	南部	233	安謝川流域
北部1	55	東村8流域	北部2	142	名護市11流域	南部	234	安里川流域
北部1	56	平南川流域	北部2	143	名護市12流域	南部	235	潮渡川流域
北部1	57	東村2流域	北部2	144	名護市13流域	南部	236	国場川2流域
北部1	58	国頭村14流域	北部2	145	名護市14流域	南部	237	那覇市2流域
北部1	59	半崎川流域	北部2	146	今帰仁村4流域	南部	238	那覇市3流域
北部1	60	伊地川流域	北部2	147	名護市15流域	南部	239	久茂地川流域
北部1	61	東村3流域	北部2	148	名護市16流域	南部	240	志喜屋川流域
北部1	62	比地川流域	北部2	149	本部町4流域	南部	241	南城市玉城1流域
北部1	63	国頭村13流域	北部2	150	名護市17流域	南部	242	雄樋川流域
北部1	64	宇良川流域	北部2	151	名護市18流域	南部	243	白水川流域
北部1	65	宇出那覇流域	北部2	152	恩納村7流域	南部	244	南城市佐敷1流域
北部1	66	安波川流域	北部2	153	恩納村8流域	南部	245	浜崎川流域
北部1	67	国頭村15流域	北部2	154	恩納村2流域	南部	246	保栄茂川流域
北部1	68	平良川流域	北部2	155	金武町1流域	南部	247	南城市知念1流域
北部1	69	フコフツツ川流域	北部2	156	金武町3流域	南部	248	糸満市5流域
北部1	70	古島川流域	北部2	157	名護市20流域	南部	249	那覇市1流域
北部1	71	東村福地川流域	北部2	158	名護市21流域	南部	250	那覇市4流域
北部2	72	当袋川流域	北部2	159	才一川流域	南部	251	糸満市1流域
北部2	73	安富祖川流域	北部2	160	松田鍋川流域	南部	252	糸満市4流域
北部2	74	名嘉真川流域	北部2	161	宜野座村3流域	南部	253	知名大川流域
北部2	75	名護市真謝川流域	北部2	162	慶武原川流域	南部	254	国場川1流域
北部2	76	名護市轟川流域	北部2	163	安和前川流域	南部	255	与那原町1流域
北部2	77	世富慶川流域	北部2	164	今帰仁村3流域	南部	256	豊見城市1流域
北部2	78	幸地川流域	北部2	165	今帰仁村7流域	南部	257	具志川流域
北部2	79	真喜屋大川流域	北部2	166	奥武島流域	南部	258	糸満市3流域
北部2	80	真喜屋濁川流域	北部2	167	本部町1流域	南部	259	糸満市2流域
北部2	81	有銘川流域	北部2	168	うるま市石川川流域	南部	260	糸満市6流域
北部2	82	汀間川流域	北部2	169	漢那中港川流域	南部	261	報徳川流域
北部2	83	名護市大浦川流域	北部2	170	美徳川流域	南部	262	南城市大井川流域
北部2	84	杉田川流域	北部2	171	羽地大川流域	南部	263	南城市佐敷2流域
北部2	85	渡久比那川流域	北部2	172	名護市19流域			
北部2	86	大港川流域	北部2	173	億首川流域			
北部2	87	今帰仁村8流域	北部2	175	東西川流域			



出典
 沖縄県環境保全課（2006）平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

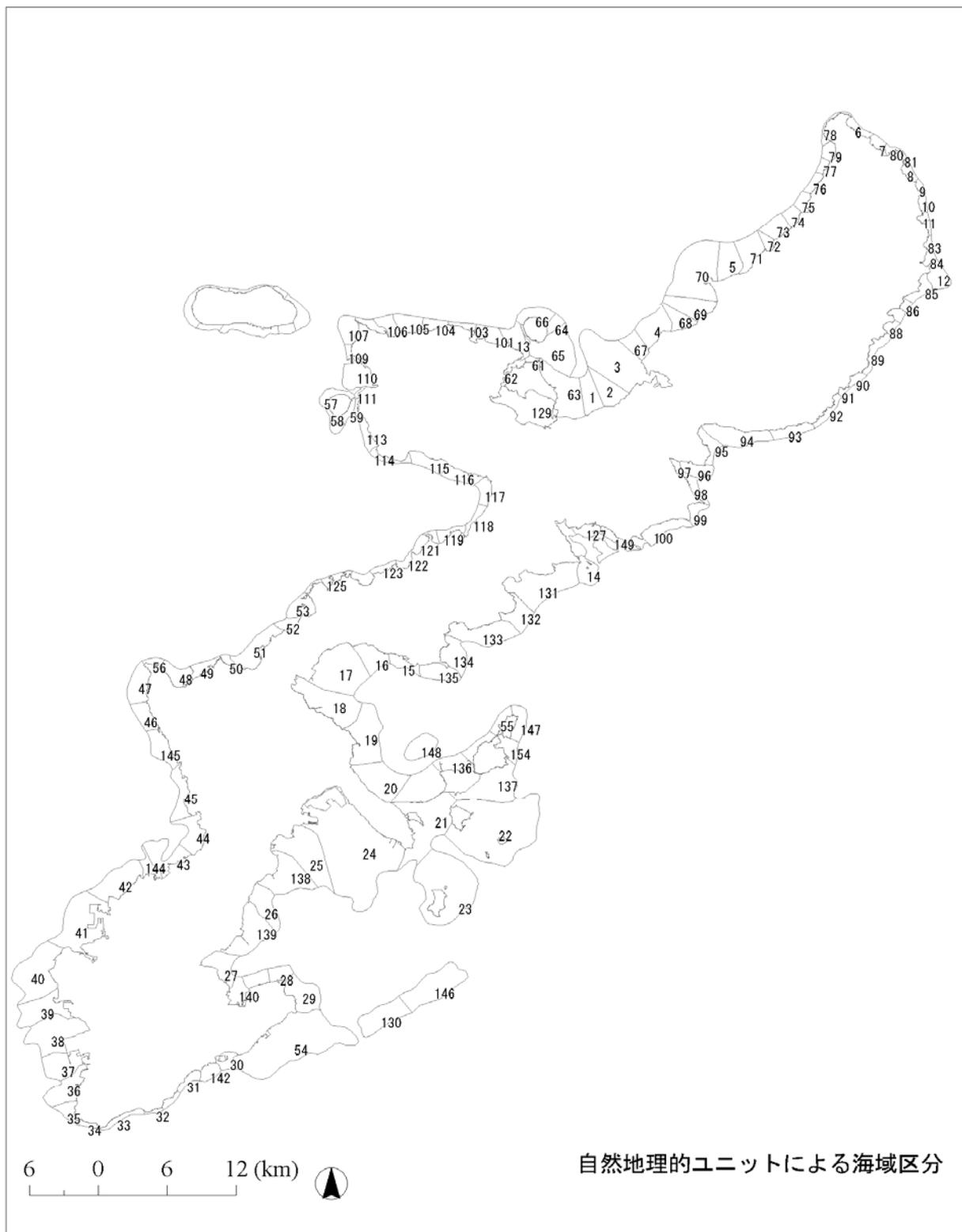
図2-4-1. 流域を考慮した陸域区分
 （各流域の番号と名称は表2-4-1参照）

1-2. サンゴ礁の地形を考慮した海域区分

今回の調査結果を過去の調査結果などと比較するため、海域を区切って集計を行なった。海域区分は、中井(2009)の自然地理的ユニットを引用した。自然地理的ユニットとは、岬、水路、礁原(礁嶺)などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えており、陸域の集水域に相当する。自然地理的ユニットで区切った海域区分を図2-4-2に示す。沖縄島とその周辺離島の海域数は154海域であった。

参考文献

- 中井達郎(2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47
- 中井達郎(2007) サンゴ礁裾礁における空間構想把握のための自然地理的ユニットの設定—与論島東部サンゴ礁を例に—. 地学雑誌, 116(2), 223-242



出典

中井達郎 (2009) BPA 選定基準の基本的な考え方. WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書, p46-47

図 2-4-2. サンゴ礁の地形を考慮した海域区分

1－3. 地域区分（陸域と海域の統合）

今回の調査結果を解析するために、海域の現況と各海域に影響を与える流域を一つの単位とした（図2－4－3）。流域と海域を一つの単位とするにあたり、沖縄県環境保全課（2006）の流域区分と中井（2009）の自然地理的ユニットを参考とした。GIS上で、河川がある流域は、河口と接する海域を統合した。河川のない流域は、接する部分大きい海域と統合した。この単位を「陸域・海域区分」とし、各単位を「RK_○」と番号で名称を付けた。

また、沖縄島の各地域の傾向を解析するために、上記陸域海域区分を東西などの大きな区分でまとめた（図2－4－4）。各地域にまとめるにあたっては、「陸域・海域区分」を基本とし、湾や岬などの地形を考慮しながら沖縄島周辺で6等分になるように分けした。この単位を「地域区分」とし、各単位を沖縄島北東、沖縄島北西、沖縄島中央東、沖縄島中央西、沖縄島南東、沖縄島南西とした。なお、この区分には伊江島や水納島は含まれていない。

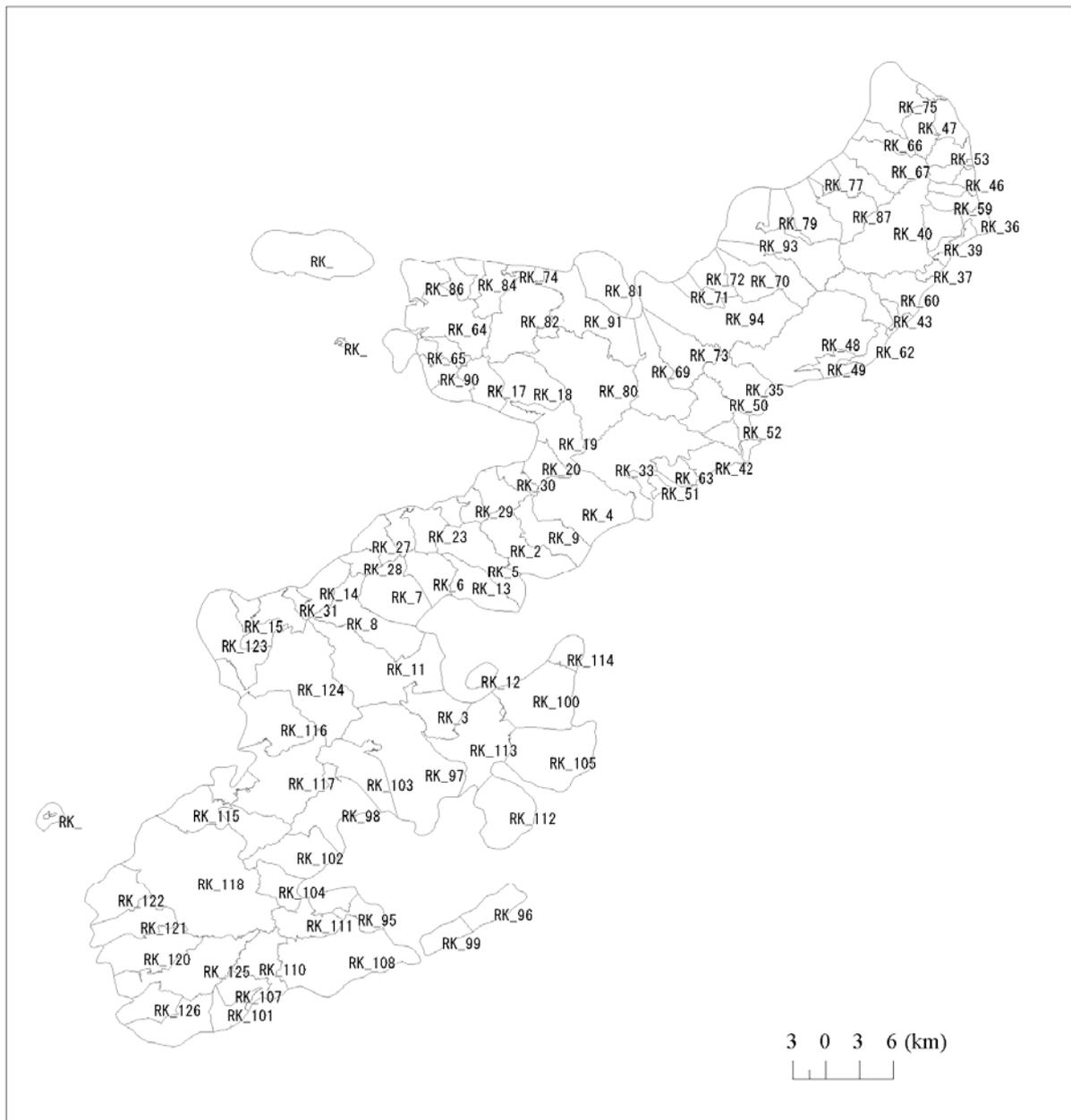


图 2-4-3. 陸域・海域区分

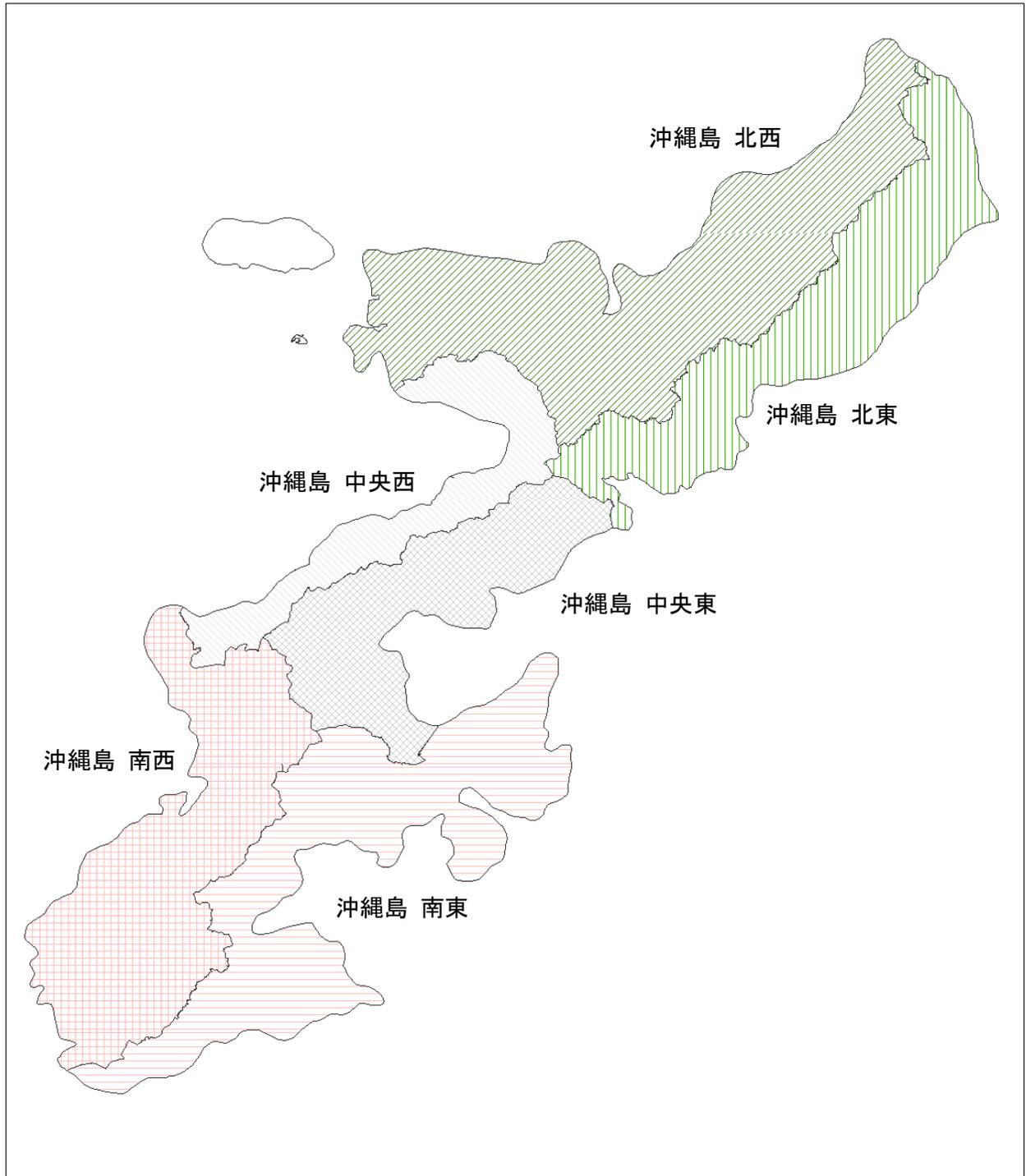


図 2-4-4. 地域区分

2. サンゴ群集の現況と変遷

2-1. 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の現況

<沖縄島周辺の概況>

沖縄島周辺のサンゴ群集の被度は約半数の地域区分で5%未満であり、5%～10%の割合も全体の約4分の1を占めた。25%以上のサンゴ被度の占める割合は、全体の10%に満たなかった（表2-4-2）。各海域のサンゴ礁の概況を以下に記し、表2-4-3および表2-4-4にまとめた。

表2-4-2. マンタ法調査におけるサンゴ被度の距離に対する割合。赤い塗りつぶしは最も高い割合。

地域区分	5%未満	5%～10%	10%～25%	25%～50%	50%～75%	75%以上
沖縄島北東	28.4	35.9	27.7	7.4	0.3	0.3
沖縄島北西	44.2	29.2	14.9	8.9	2.0	0.8
沖縄島中央東	87.7	11.8	0.5	0.0	0.0	0.0
沖縄島中央西	68.8	24.6	5.8	0.9	0.0	0.0
沖縄島南東	65.4	20.5	9.5	3.6	0.8	0.1
沖縄島南西	53.4	20.9	12.9	9.9	1.9	1.0
総計	54.4	24.6	13.6	6.0	0.9	0.4

<沖縄島北東>

マンタ法による調査では、サンゴ被度が5%～10%の割合が最も高く35.9%を占めており、10%～25%の割合も比較的高い。サンゴ被度が5%未満の割合が28.4%と沖縄島周辺の海域の中では比較的低く、5%～25%のサンゴ被度が5割以上を占めている。しかしながら、サンゴ被度50%以上の割合は低く、沖縄島北東の区間全体で0.6%しかなかった。今回調査を実施した沖縄島周辺の海域の中で最もサンゴ被度の状態がよい海域と考えられる。奥～辺戸岬や大浦湾にある離礁などの礁斜面でサンゴ被度が高く、離礁を除く大浦湾や平良湾周辺は被度が低い。ウミガメ類が多い。

<沖縄島北西>

マンタ法による調査では、サンゴ被度5%未満の割合が44.2%と最も高く、次いで5%～25%のサンゴ被度の割合が29.2%であった。サンゴ被度10%～25%、25%～50%の割合もそれぞれ約1割ずつ占めているが、サンゴ被度50%以上の割合は非常に低い。スポットチェックによる調査では、瀬底島南～瀬底島北離礁及び大井川～古宇利島東離礁などの礁斜面でサンゴ被度が高く、備瀬崎や羽地内海などの礁池でも被度が高い。崎山～備瀬崎などの広い範囲でオニヒトデの動向に注意を要する。

＜沖繩島中央東＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度が 5%未満の割合が最も高く 87.7%も占めている。特に、25%以上のサンゴ被度の区間が全くない状態であった。スポットチェック法による調査でも、ごく限られた範囲に被度の高いサンゴ群集がみられた。

＜沖繩島中央西＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度 5%未満の割合が 68.8%と最も高く、次いで 5%～25%のサンゴ被度の割合が 24.6%であった。サンゴ被度 50%以上は全くない状態であった。スポットチェック法による調査では、複数の礁池で被度の高いサンゴ群集がみられた。全般にオニヒトデの動向に注意を要する。

＜沖繩島南東＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度 5%未満の割合が 65.4%と最も高く、次いで 5%～25%のサンゴ被度の割合が 20.5%であった。サンゴ被度 25%以上の割合が沖繩島南東区域全体の 1割に達していない状態であった。スポットチェック法による調査では、中城湾内与勝半島周辺など限られた範囲では、被度の高いサンゴ群集がみられる。摩文仁周辺などではオニヒトデの動向に注意を要する。ウミガメ類とウミヘビ類が多い。

＜沖繩島南西＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度 5%未満の割合が 53.4%と最も高く、次いで 5%～25%のサンゴ被度の割合が 20.9%であった。サンゴ被度 10%～25%、25%～50%の割合もそれぞれ約 1割ずつ占めているが、サンゴ被度 50%以上の割合は非常に低い。スポットチェック法による調査では、喜屋武岬周辺及び大嶺崎～那覇港、宜野湾～北谷など、サンゴ被度が高い場所が確認された。複数の礁池では、被度の高いサンゴ群集がみられる。

表2-4-3 沖繩島周辺の各海域のサンゴ群集の概要

海域	被度	大型卓状ミドリイシ群体	小型ミドリイシ群体
北東	礁池	全般に低い 大浦湾内の限られた範囲で高い	-
	礁斜面	全般に高く、特に奥～辺戸岬間で高い 大浦湾離礁で特に高い 平良湾周辺と大浦湾周辺で低い	大浦湾北および慶佐次、奥漁港南で比較的多い 全般に少ない
北西	礁池	備瀬崎および羽地内海で特に高い 塩屋湾～辺戸岬間で低い	-
	礁斜面	瀬底島南～瀬底島東間で高い 瀬底島北離礁で特に高い 大井川～古宇利島東間で高い 古宇利島東離礁で特に高い 瀬底島西～大井川間や屋我地島～宜名真間の広い範囲で低い	瀬底島北離礁および与那～座津武間で比較的多い 全般に少ない
	礁池	全般に低い	-
	礁斜面	全般に低い	金武岬で比較的多い 全般に少ない
中央東	礁池	真栄田岬および赤崎周辺の限られた範囲で高い 真栄田岬～崎本部の広い範囲で低い	-
	礁斜面	全般に低い	赤崎および部瀬名岬で比較的多い 全般に少ない
南東	礁池	中城湾内の限られた範囲で高い 知念岬周辺の広い範囲で低い	-
	礁斜面	太平洋に面する範囲で高く、特に摩文仁～喜屋武岬間で高い 中城湾内で低い 中城湾内の離礁で低い	摩文仁～喜屋武岬間、ウキバール周辺で比較的多い 全般に少ない
南西	礁池	喜屋武岬および大嶺崎、空寿崎、残波岬周辺の限られた範囲で高い ウカハ岩～大嶺崎間で低い	-
	礁斜面	喜屋武岬周辺および大嶺崎～那覇港間で特に高い 宜野湾～北谷間で高い ウカハ岩～大嶺崎間や水釜～残波岬間で低い	喜屋武岬および大嶺崎、空寿崎周辺、水釜北離礁で比較的多い

表2-4-4 沖繩島周辺の各海域の他の生物と赤土等堆積の概要

海域		オニヒトデ	ウミヘビ	ウミガメ	赤土等堆積
北東	礁池	殆どみられない	-	-	大浦湾で比較的高い
	礁斜面	全般に少ない 食痕は大浦湾北及び天仁屋岬周辺、奥～辺戸岬間でみられる	全般に少ない	全般に多い 特に平良湾周辺及びびギナン崎～安田ヶ島間で多い	-
北西	礁池	全般に少ない 備瀬崎周辺で個体数が比較的多い 食痕は備瀬崎周辺で比較的多い	-	-	羽地内海で特に高い
	礁斜面	瀬底島北離礁及び備瀬崎周辺で個体数が比較的多い 食痕は崎本部～古宇利島間で比較的多い	全般に少ない	全般に少ない 辺戸岬周辺でみられる	-
中央東	礁池	殆どみられない	-	-	-
	礁斜面	全般に少ない 金武湾周辺で個体のみられる 食痕は金武湾周辺でみられる	全般に少ない 与勝半島～平安座島間でみられる	全般に少ない 久志周辺でみられる	-
中央西	礁池	全般の広い範囲で個体のみられる	-	-	赤崎周辺で比較的高い
	礁斜面	真栄田岬周辺で個体数が比較的多い 食痕は全般の広い範囲で比較的多い	全般に少ない 右護湾南でみられる	全般に少ない	-
南東	礁池	殆どみられない	-	-	与勝半島南西で特に高い
	礁斜面	全般に少ない 知念半島北で個体数が比較的多い 食痕は摩文仁～知念半島間で比較的多い	全般に少ない 与勝半島～平安座島間でみられる	全般に少ない 久高島周辺及びウキバル～宮城島間でみられる 特に知念岬南で多い	-
南西	礁池	殆どみられない	-	-	-
	礁斜面	全般に少ない 空寿崎周辺で個体のみられる 食痕は全般の広い範囲でみられる	全般に少ない 大嶺崎周辺及び水釜北離礁周辺でみられる	全般に少ない 喜屋武岬及び大嶺崎周辺でみられる	-

2-2. 沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷

広域概況調査結果（マンタ法）と簡易遊泳観察調査に分けて、調査方法ごとに沖縄島周辺のサンゴ群集の変遷を整理し比較した。調査方法ごとに比較したのは、沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷を整理するにあたり、過去に実施された調査の方法が複数種類あり、調査結果を同列に比較できなかったためである。今回実施した広い範囲の概況を把握するためのマンタ法と同様な手法で実施された調査は、第4回自然環境保全基礎調査しかなく、1990年の状態としか比較ができない。しかし、一定の範囲を遊泳観察し概況を把握する調査は、沖縄島周辺で1972年から断続的に実施されているため、地点が限定されているが、1972年から実施されている簡易遊泳観察調査結果を用いて1990年以前の状態と比較した。

2-2-1. 広域概況調査結果の変遷（マンタ法）

1990年に実施された第4回自然環境保全基礎調査の調査結果を表2-4-5に、今年度（2009年）の調査結果を表2-4-6に示す。2009年の調査結果は、第4回自然環境保全基礎調査の調査結果と比較するためサンゴ被度の区分を第4回自然環境保全基礎調査の調査結果に合わせて再集計した。また、2009年の調査は一部の礁池内でもマンタ調査を実施しているため、第4回自然環境保全基礎調査と比較可能な礁斜面の調査結果を抽出、整理した。

1990年の調査ではサンゴ被度5%未満の割合が66.5%であったのに対し、2009年の調査では50.5%と少し割合が低くなっている。サンゴ被度5%～50%の割合は、1990年は27.5%であったのが2009年には48.2%に増加している。サンゴ被度50%以上の割合は、1990年では6%であったが、2009年は1.3%に減少している。

1990年の調査では全ての地域区分でサンゴ被度5%未満の割合が最も高かったが、2009年の調査では沖縄北の東西および沖縄島南西の区域において、サンゴ被度5%～50%の割合が最も高くなっている。また、全ての調査区分で5%～50%の割合が増加している。

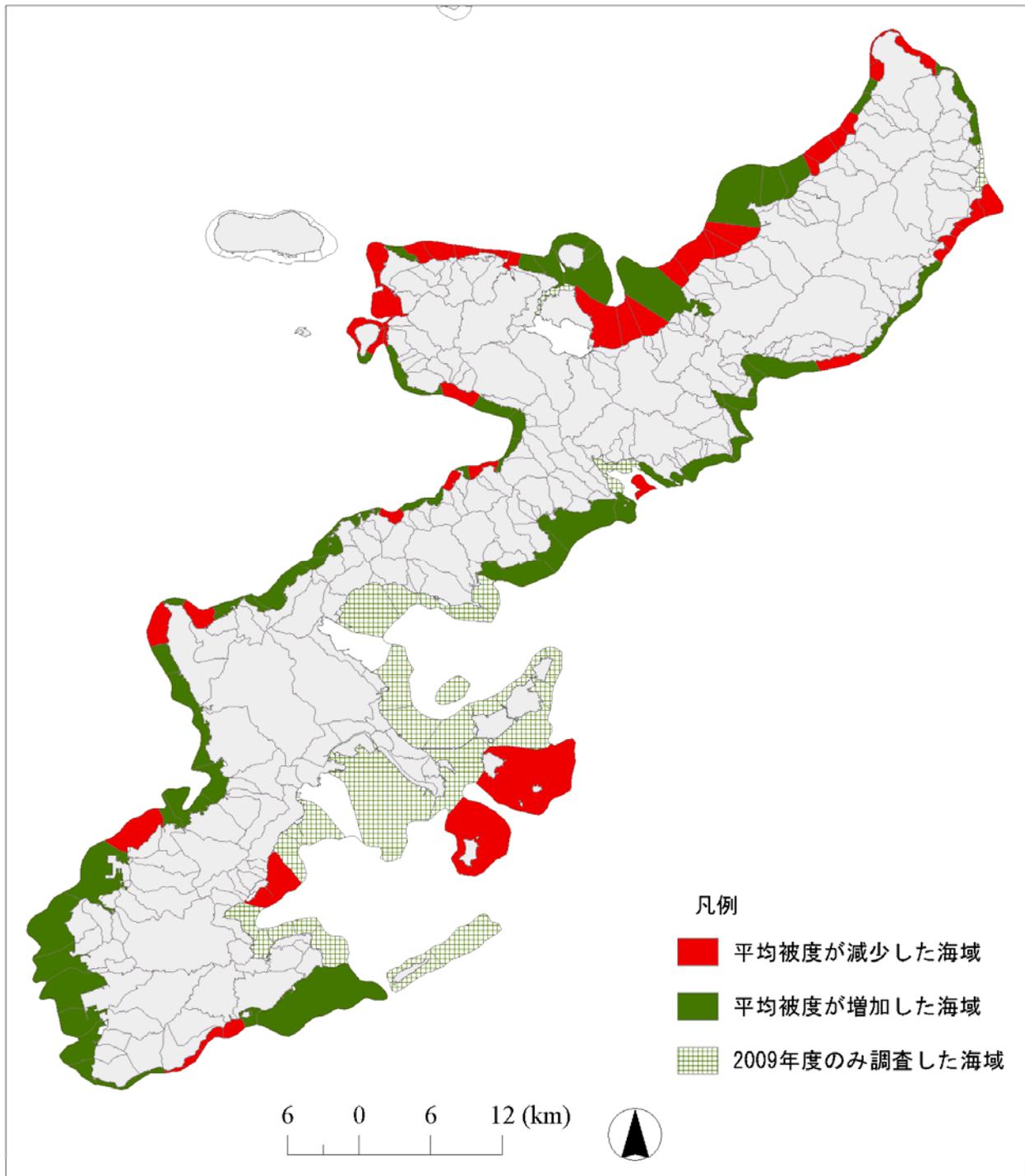
今回の現況調査結果と比較すると、沖縄島南部や本部半島、辺戸岬周辺など部分的に被度が高い海域が重なっており、被度が高い海域として重なった海域は、オニヒトデや白化などの攪乱を受けてもサンゴ群集が回復しやすい海域であると考えられる。

表2-4-5. 第4回自然環境保全基礎調査のサンゴ被度の距離に対する割合（1990年の調査結果）。赤い塗りつぶしは最も高い割合。

地域区分	5%未満	5%～50%	50%以上
沖縄島北東	64.4	32.0	3.6
沖縄島北西	51.7	37.4	10.9
沖縄島中央東	100.0	0.0	0.0
沖縄島中央西	85.7	14.1	0.2
沖縄島南東	57.4	30.7	11.9
沖縄島南西	78.3	19.3	2.4
総計	66.5	27.5	6.0

表2-4-6. 本事業で実施したマンタ法によるサンゴ被度の距離に対する割合（2009年の調査結果）。赤い塗りつぶしは最も高い割合。

地域区分	5%未満	5%～50%	50%以上
沖縄島北東	28.0	71.3	0.6
沖縄島北西	43.4	54.3	2.3
沖縄島中央東	87.7	12.3	0.0
沖縄島中央西	68.6	31.4	0.0
沖縄島南東	55.9	42.7	1.3
沖縄島南西	47.9	49.1	3.0
総計	50.5	48.2	1.3



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書．沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方．WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992 年）サンゴ礁分布図．環境庁

図 2 - 4 - 5. 広域概況調査による 1990 年と 2009 年の変化

2-2-2. 簡易遊泳観察調査結果の変遷

沖縄島周辺 62 地点における 1972 年から 2001 年までのサンゴの被度の変化を図 2-4-6 に示す。ほとんどの地点で、1972 年のサンゴ被度が最も高く、1972 年以降急激にサンゴ被度が減少している。

流域海域区分ごとのサンゴ被度の変遷を図 2-4-6 に示す。2009 年のサンゴ被度は今年度実施したマンタ調査の結果であるが、1972 年の調査と比較するため重複する地点からデータを抜き出して整理した。ほとんどの流域海域区分で 1972 年以降急激にサンゴ被度が減少している。

<沖縄島北東のサンゴ被度の変遷>

1976 年の多くの地点は調査が実施されていないため、1976 年のサンゴ被度は不明の地点が多いが、1972 年以降サンゴ被度は急激に減少しており、その後多くの地点においてサンゴ被度 30%以下で増減を繰り返している。奥 (RK_47) では 1972 年から 1984 年にかけてサンゴ被度は急激に減少し、その後他の地点よりサンゴ被度は高い値で増減を繰り返している。

<沖縄島北西のサンゴ被度の変遷>

1976 年の多くの地点は調査が実施されていないため、1976 年のサンゴ被度は不明の地点が多いが、1972 年以降サンゴ被度は急激に減少しており、その後多くの地点においてサンゴ被度 50%以下で増減を繰り返している。今帰仁の崎山 (RK_91) では 1992 年にサンゴ被度が 50%まで回復しており、その後被度が低下した後、2001 年から 2009 年にかけて回復傾向にある。また、仲尾ゾネ (RK_94) は 2009 年にサンゴ被度 60%以上となっている。一方で、古宇利 (RK_81) や備瀬 (RK_86) では 1999 年以降減少傾向にあり、辺野喜 (RK_67) は 2001 年から 2009 年にかけて急激に被度が減少している。

<沖縄島中央東のサンゴ被度の変遷>

1972 年以降サンゴ被度は急激に減少したままほとんど回復していない。

<沖縄島中央西のサンゴ被度の変遷>

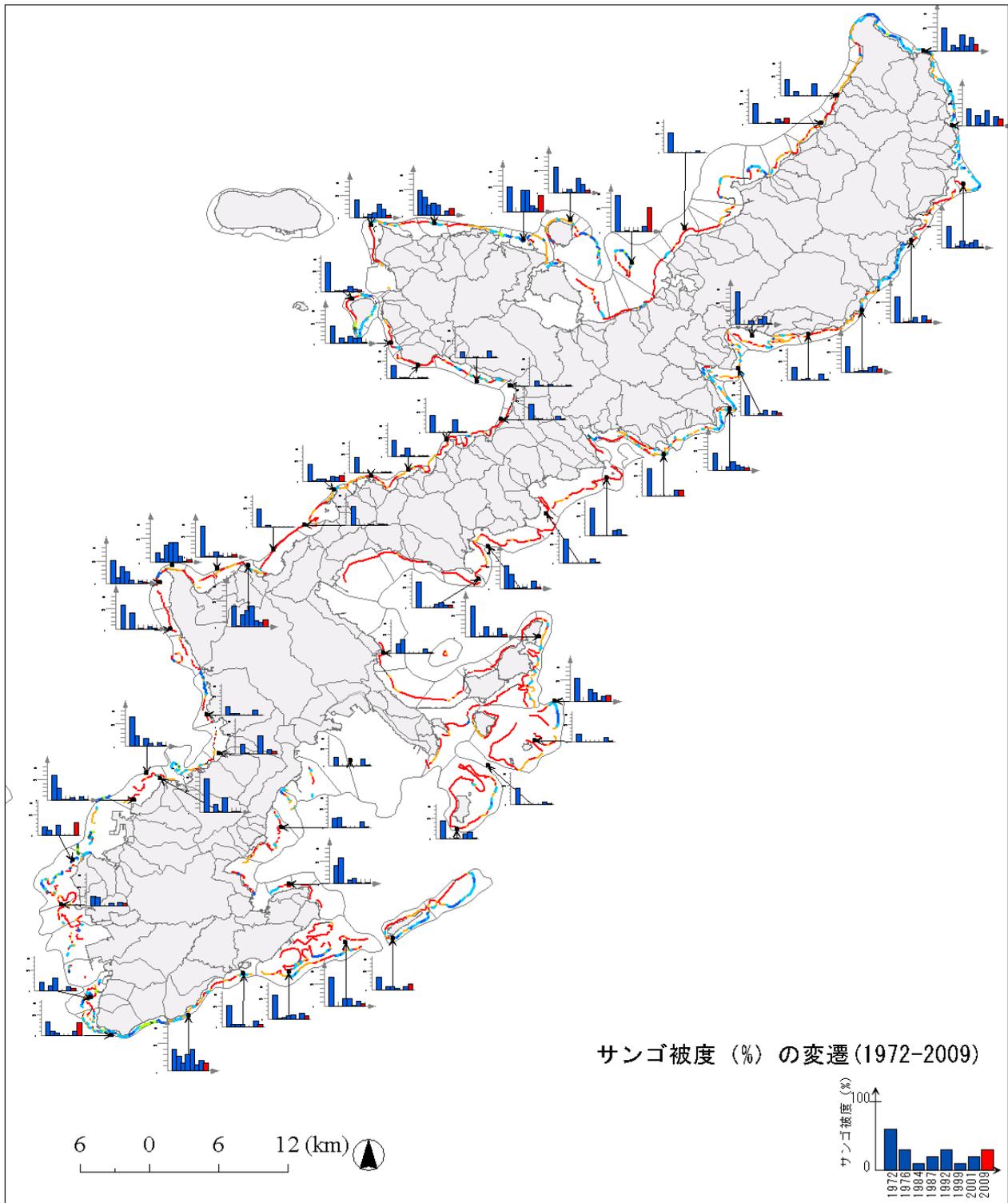
1972 年以降サンゴ被度は急激に減少しており、その後多くの地点においてサンゴ被度 30%以下で増減を繰り返している。真栄田岬周辺 (RK_31) は 1972 年以降に急激にサンゴ被度が減少した後、1992 年まで徐々に回復してきていたが、1999 年に大きく被度を下げた後、あまり回復していない。

<沖縄島南東のサンゴ被度の変遷>

多くの地点で 1972 年以降サンゴ被度は急激に減少しており、その後多くの地点においてサンゴ被度 30%以下で増減を繰り返している。摩文仁 (RK_101) は 1972 年以降のサンゴ被度の大きな減少後、1992 年には 1972 年の水準まで回復したが、1999 年には被度は減少し、その後大幅な回復は見られない。

<沖縄島南西のサンゴ被度の変遷>

1972 年以降サンゴ被度は急激に減少しており、その後多くの地点においてサンゴ被度 30%以下で増減を繰り返している。残波 (RK_123) は 1972 年以降に急激にサンゴ被度が減少した後、被度はずっと低いままである。砂辺 (RK_116) も 1972 年以降サンゴ被度が減少した後、被度が低い状態が続いている。



以下の参考文献をもとに作成

陸域区分：沖縄県環境保全課（2006）平成 17 年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書。沖縄県環境保全課

海域区分：中井達郎（2009）BPA 選定基準の基本的な考え方。WWF ジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書，p46-47

環境庁（1996）第四回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査（1989～1992 年）サンゴ礁分布図。環境庁

独立行政法人国立環境研究所（2008）平成 20 年度サンゴ礁マッピング手法検討調査業務報告書。環境省

図 2-4-6. 簡易遊泳観察調査結果による 1972 年から 2009 年の変遷

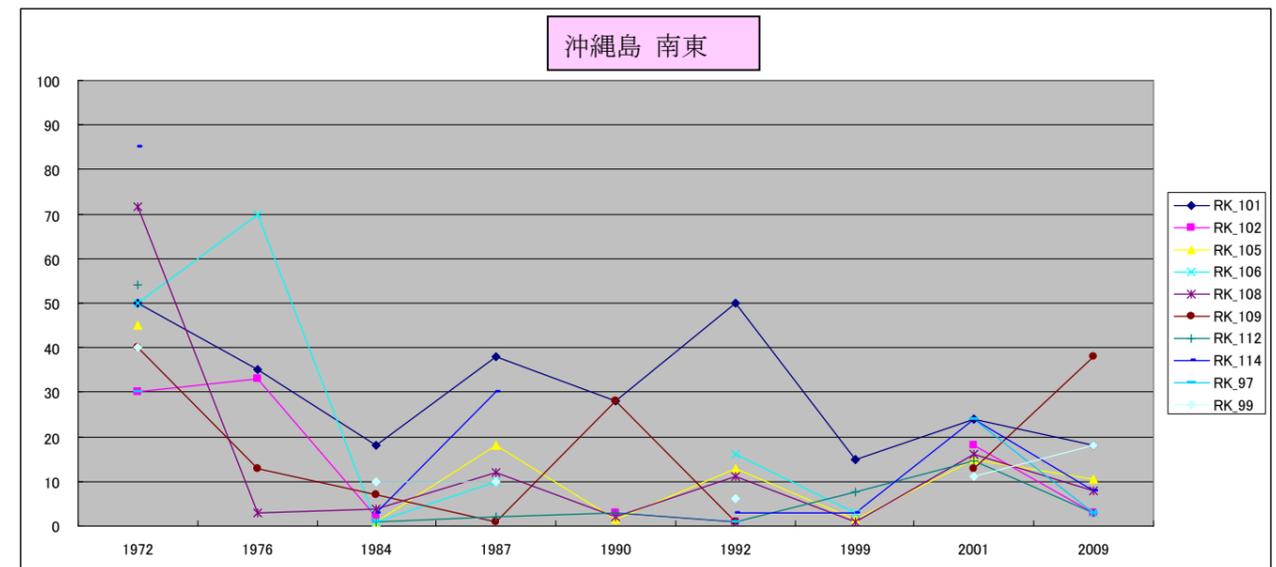
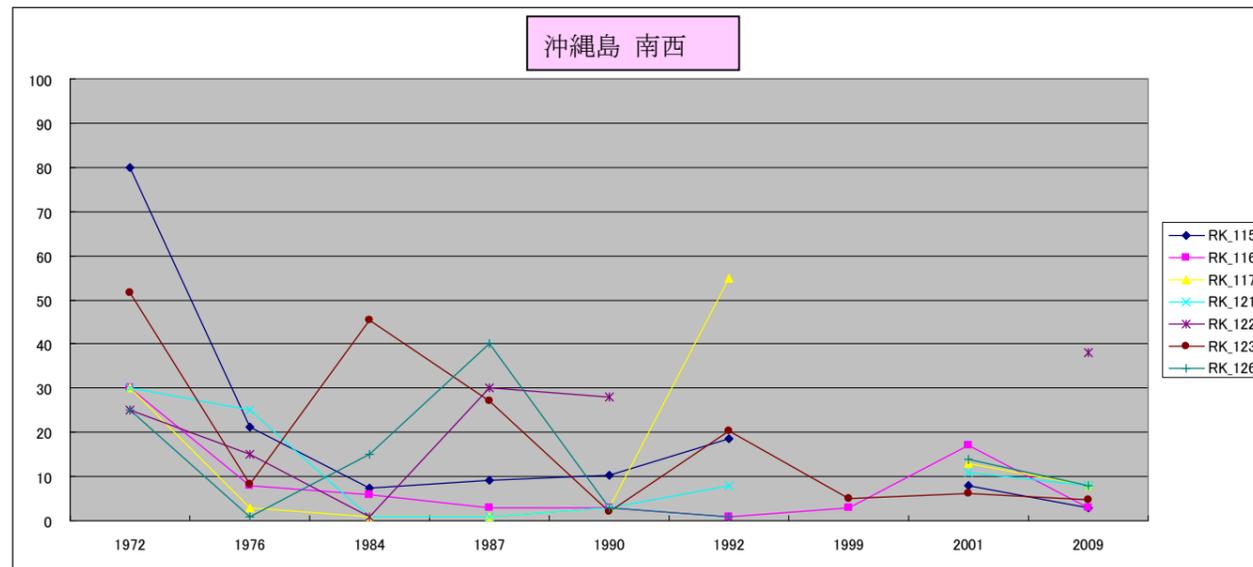
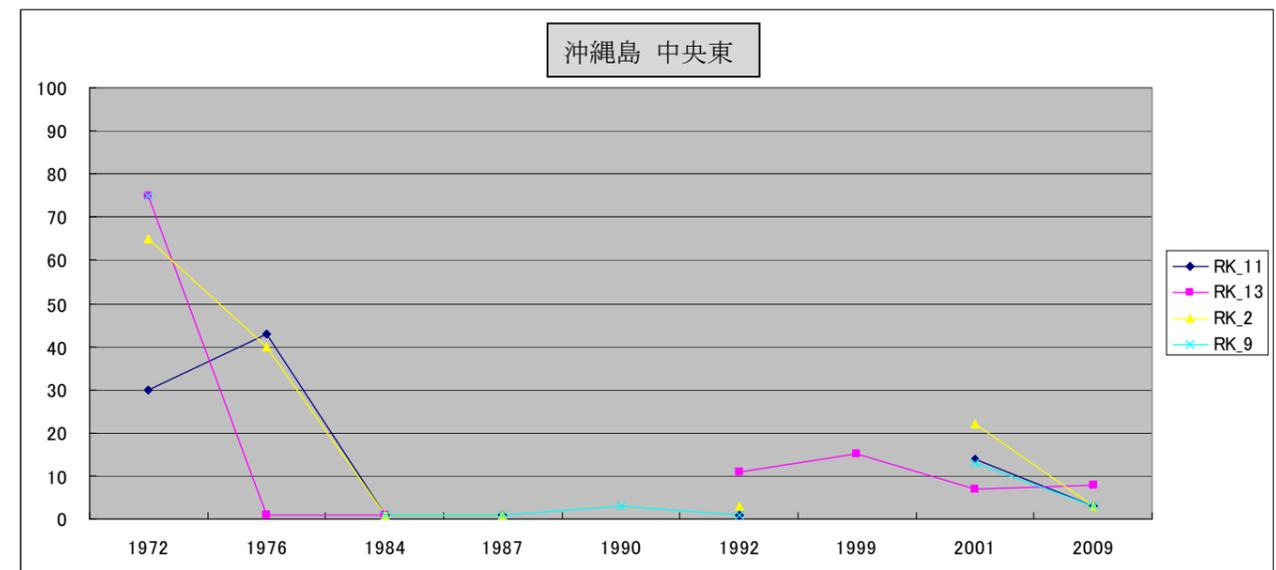
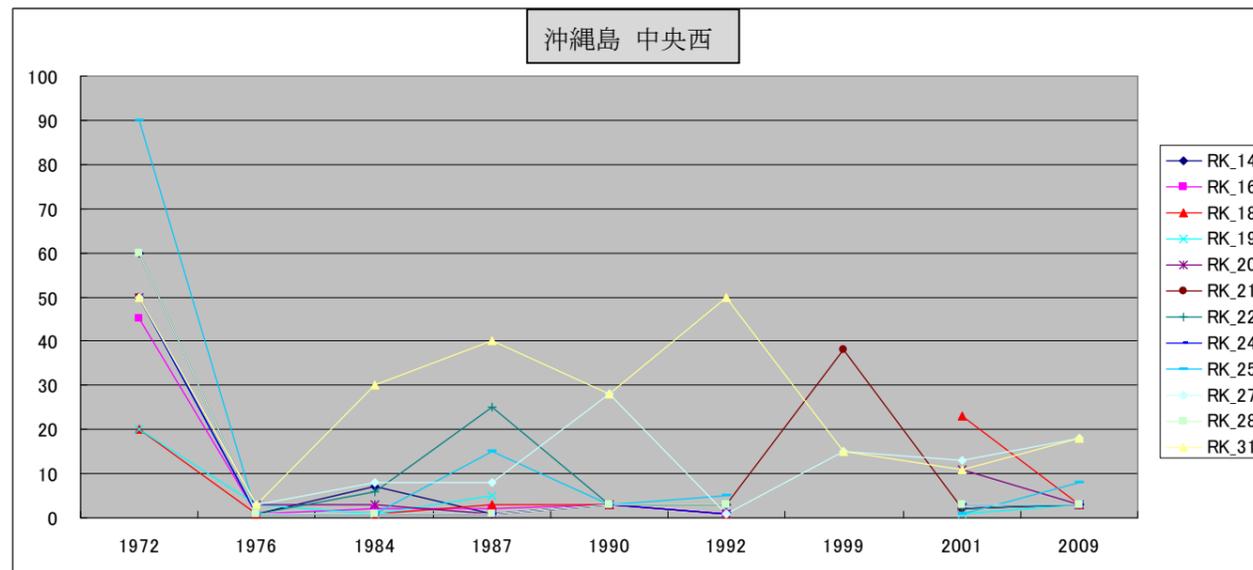
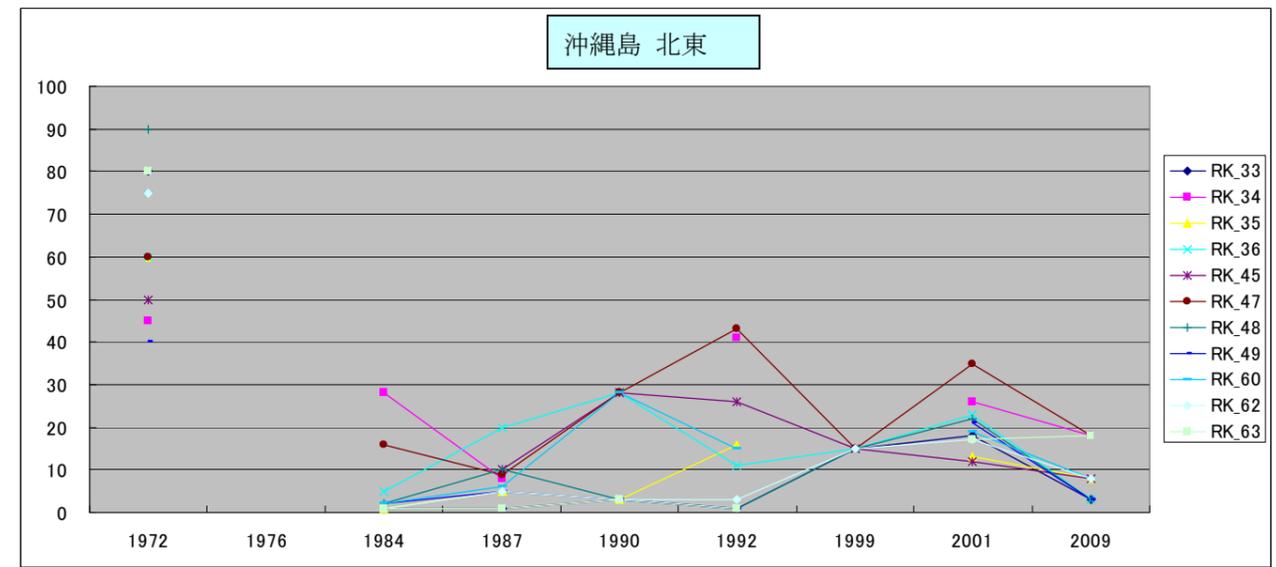
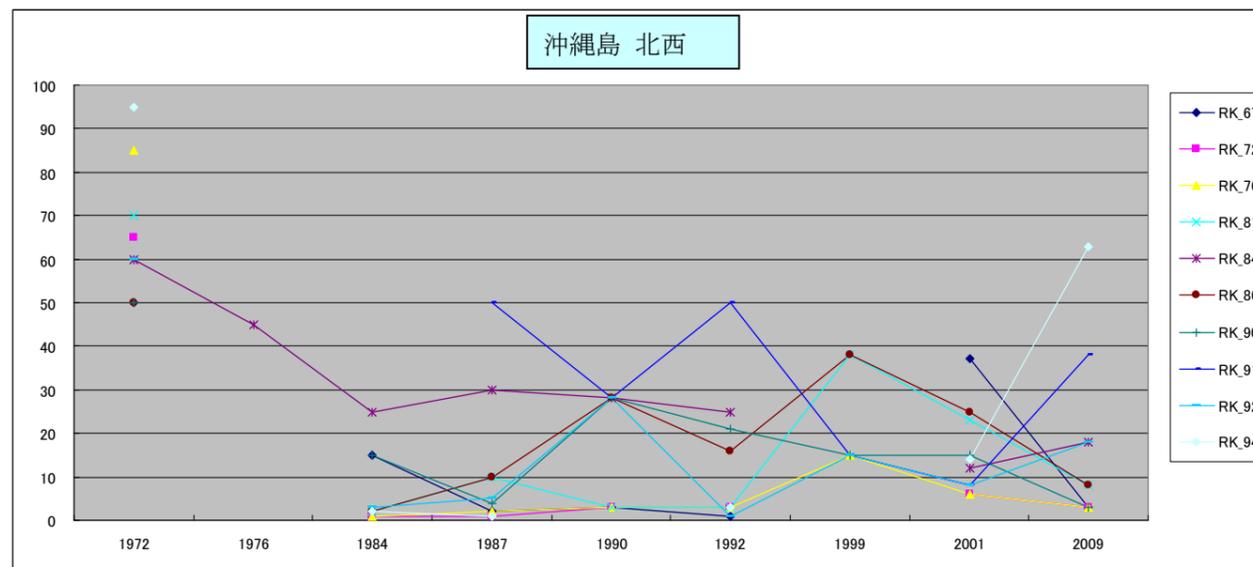


図2-4-7. 沖縄島の流域・海域区分ごとのサンゴ被度の変遷.

3. サンゴ群集とかく乱要因との関係

<オニヒトデ、白化現象>

流域・海域区分ごとのサンゴ被度の変遷を示した図 2-4-7 より、ほとんどの流域・海域区分で 1972 年と比較してサンゴ被度が低下している。沖縄島周辺では、1971 年から 1976 年にかけてオニヒトデを大量に駆除した記録が残っていることから（環境庁 1973、環境庁 1974、Nishihira and Yamazato 1973、（財）沖縄県観光開発公社 1976）、オニヒトデの大量発生により、サンゴ被度が低下したものと考えられる。また、多くの流域・海域区分でサンゴ被度が 1992 年に上がり 1999 年に下がる傾向を示している。これは、1998 年の高水温による大規模な白化現象が、サンゴ群集に大きなダメージを与えたものと考えられる。今回のサンゴ群集の調査結果より、被度の高いサンゴ群集の多くはオニヒトデに食べられにくく、白化にも比較的強い種（主に、塊状ハマサンゴ類やユビエダハマサンゴ）が優占種となっていることから、これらのかく乱をくぐり抜けてきた群集と考えられる。このようなサンゴ群集は、度重なるかく乱をくぐり抜けて、群集を維持していることが推測され、その生態的重要性は非常に高い。

<赤土等>

USLE 式による土壌流出推定量の結果は、沖縄島北部地域で相対的に土壌流出量が多かった。しかしながら、サンゴの被度の変遷や現状について明確な関係性は見いだせなかった。

赤土等の流出は、沖縄県赤土等流出防止条例の施行などさまざまな流出防止対策により、流出の総量が減少している。特に、沖縄県赤土等流出防止条例の施行後の開発に伴う赤土等の土壌の流出が減少している（大見謝ら 2002、沖縄県環境政策課 2009）。また、パイナップル畑の面積の変化から 1960 年代後半から 1970 年代前半にかけて、農地からの赤土等の土壌の流出が大きかったものと推測される。北部の一部の流域では、1960 年代から 1970 年代にかけて大規模な森林伐採と農地造成が確認されることから（渡邊 2008）、赤土等の土壌流出は 1970 年代頃までが最大であったと考えられる。

1970 年代以降のサンゴ群集の被度の低下は、赤土等の流出だけでなく、前述のオニヒトデ大発生や白化現象も重なっており、赤土等の土壌の流出とサンゴ被度との関係は明確ではない。ただし、北部の一部の流域では 1990 年以降に大規模農地造成が確認されているため（渡邊 2008）、1990 年代にも赤土等の流出はサンゴ群集へ影響を与えていたものと考えられる。

<水質>

沖縄島周辺の水質は、沖縄県公共用水域水質測定結果によると、BOD の値が南部で高い傾向にあり、1981 年以降改善されてきている。BOD の値は、水質測定が実施されている期間の中では南部のほとんどの流域で 1980 年代に最も悪くなっているが、1970 年代のサンゴ群集の被度の低下は、赤土等の流出やオニヒトデの大発生も重なっており、水質とサンゴ被度との関係は明確ではない。

<観光>

観光地が集中する地域は南部および西海岸が多かった。観光地の数や入域観光客数とサンゴ被度の変遷・現状について明確な関係性は見出せなかった。特に、1970 年代以降のサンゴ群集の被度の低下は、赤土等の土壌の流出やオニヒトデの大発生、白化現象も重なっており、観光とサンゴ被度との関係は明確ではない。しかし、沖縄県への入域観光客数は年々増加傾向にあり、今後もサンゴ礁生態系へ配慮していく必要がある。

<埋め立て>

埋め立てと沖縄島周辺のサンゴ礁の劣化との関係は、埋め立てによるサンゴ礁の消失が明白であるが、このことを除き劣化との関係を見出すことは出来なかった。埋め立て地に人工ビーチを付設する際には砂の採取と造成を伴うため、サンゴ礁生態系への影響は大きいと考えられる。

沖縄県の面積は年々増加を続けており、沖縄島周辺では特に東西の海岸で中央から南の範囲の割合が高く、このほとんどは埋め立てである。特に大規模な埋め立ては、1973 から 1992 年の期間に平安座島および洲崎、1994 から 1998 年の期間に具志川・勝連周辺、1999 年と 2002 年には西原から与那原周辺および糸満から豊見城周辺で行われていた。

<まとめ>

沖縄島周辺のサンゴ礁は、オニヒトデの大量発生や大規模な白化現象により大きな打撃を受けており、赤土等の土壌の流出や水質の変化により複合的な影響を受けている可能性がある。また、沖縄島中南部地域は埋め立てによるサンゴ礁の消失面積は大きい。沖縄島周辺のサンゴ礁を保全するためには、今あるサンゴ礁を保全し、かく乱要因などサンゴ礁に与える負荷をできるだけ少なくすることが最も重要である。また、地域ごとのサンゴ群集を守ることは、サンゴ群集の回復が見込めるなど、地球規模的にかく乱に対しても有効である。さらにサンゴ礁の劣化に根本的に対処するために、オニヒトデの大量発生と栄養塩類、白化現象と地球規模の気候変動、サンゴの病気と水質など可能性のあるかく乱要因に対して調査、研究することも重要である

参考文献

沖縄県環境政策課（2009）平成 19 年度沖縄県環境白書. pp232

大見謝辰男・比嘉榮三郎・仲宗根一哉・満本裕彰（2002）赤土条例施行前後における沖縄沿岸の赤土等堆積状況比較. 沖縄県衛生環境研究所報 第36号

沖縄県観光商工部観光企画課ホームページ, 月別・空海路別・国内外別入域観光客数
<<http://www3.pref.okinawa.jp/site/view/contview.jsp?cateid=233&id=17154&page=1>>

（財）沖縄県観光開発公社（1976）オニヒトデのサンゴ礁生物群に与える影響（オニヒトデ大発生に関して）. pp110

環境庁（1973）浅海における海中の生態系に関する研究 オニヒトデ異常発生のメカニズムとその対策に関する研究.

環境庁（1974）浅海における海中の生態系に関する研究 オニヒトデ異常発生のメカニズムとその対策に関する研究（継続）.

Nishihira and Yamazato（1973）Resurvey of the *Acanthaster planci* population on the reefs around Sesoko Island, Okinawa, 1973. Sesoko Mar. Sci. Lab. Tec. Rep., 2, 17-35

渡邊康志（2008）統合的管理のための環境 GIS の構築. 沖縄県企画部科学技術振興課, 平成 19 年度亜熱帯島嶼域における統合的沿岸・流域・森林管理に関する研究推進事業報告書, 291-341

