

第6章 沖縄県のサンゴ群集の現況と変遷

第1節 サンゴ群集の現況

サンゴ礁資源情報整備事業で実施したマンタ法調査による各地域の優占底質の割合を図6-1-1に示す。陸の面積が一定の値を超えるとれきや砂を含む優占底質の割合が多くなっている。これは、陸域の面積が大きい島は、湾や礁池などの多様な地形が存在しているためと考えられ、これらの多様な地形は、生物にとって多様な生息環境を提供していると考えられる。ただし、サンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査では、全ての地域の礁池をまんべんなく調査しているわけではないことに注意が必要である。また、水深の深い場所や濁った場所はマンタ法では調査できないため、調査結果にはそのような場所のサンゴ群集は含まれていないことに注意が必要である。本章では、サンゴ礁資源情報整備事業で実施した現況調査を、図6-1-1で整理した地域ごとにまとめた(図6-1-2)。

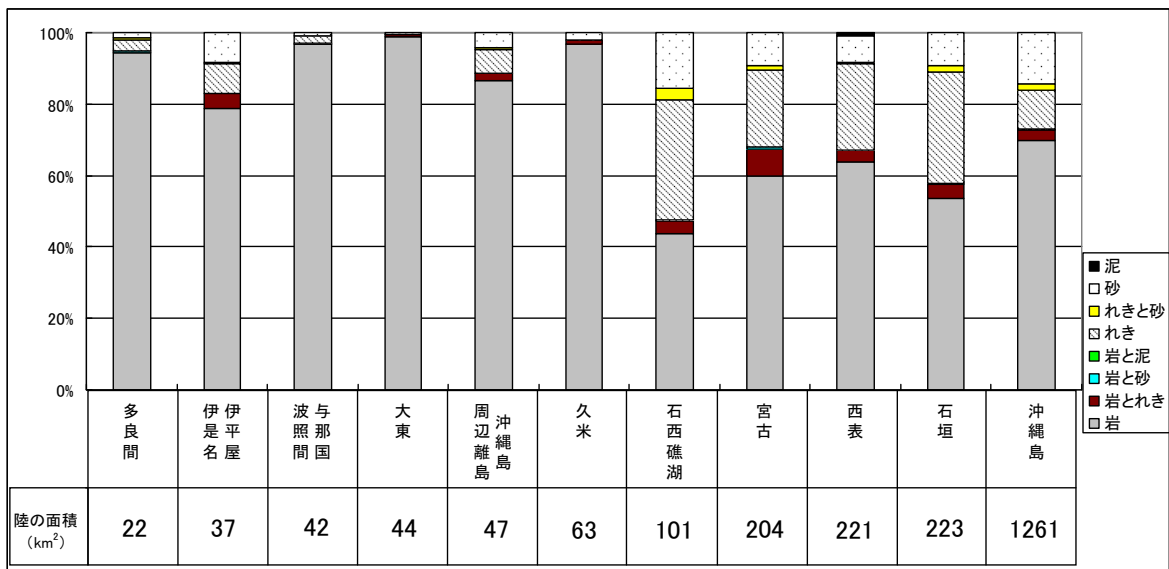


図6-1-1. サンゴ礁資源情報整備事業における、マンタ法調査による各地域の優占底質の割合。

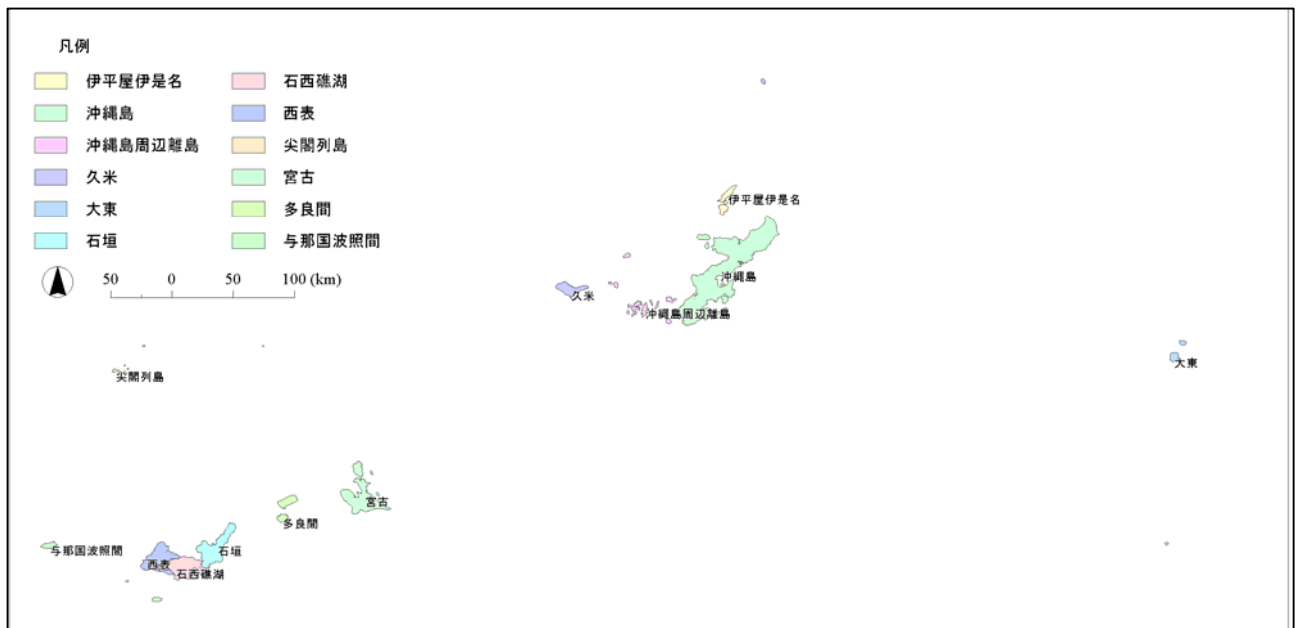


図6-1-2. 各地域の優占底質の割合で整理した地域。

サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域のサンゴ被度ランクの割合を図6-1-3に示す。多良間と西表地域は25%以上のサンゴ被度ランクの割合が6割以上を占めており、50%以上のサンゴ被度ランクの割合も他の地域に比べて非常に高い。久米、石垣地域は25%以上のサンゴ被度ランクの割合が4割以上あり、多良間と西表地域に次いで25%以上のサンゴ被度ランクの割合が高い。伊平屋伊是名、与那国波照間、大東、沖縄島周辺、石西礁湖、宮古地域は、5~25%のサンゴ被度ランクの割合が多く、0~5%のサンゴ被度ランクの割合も2割以上を占める地域もある。沖縄島地域は、0~5%のサンゴ被度ランクの割合が最も高く、他の地域と比較しても0~5%のサンゴ被度ランクの割合が高い。

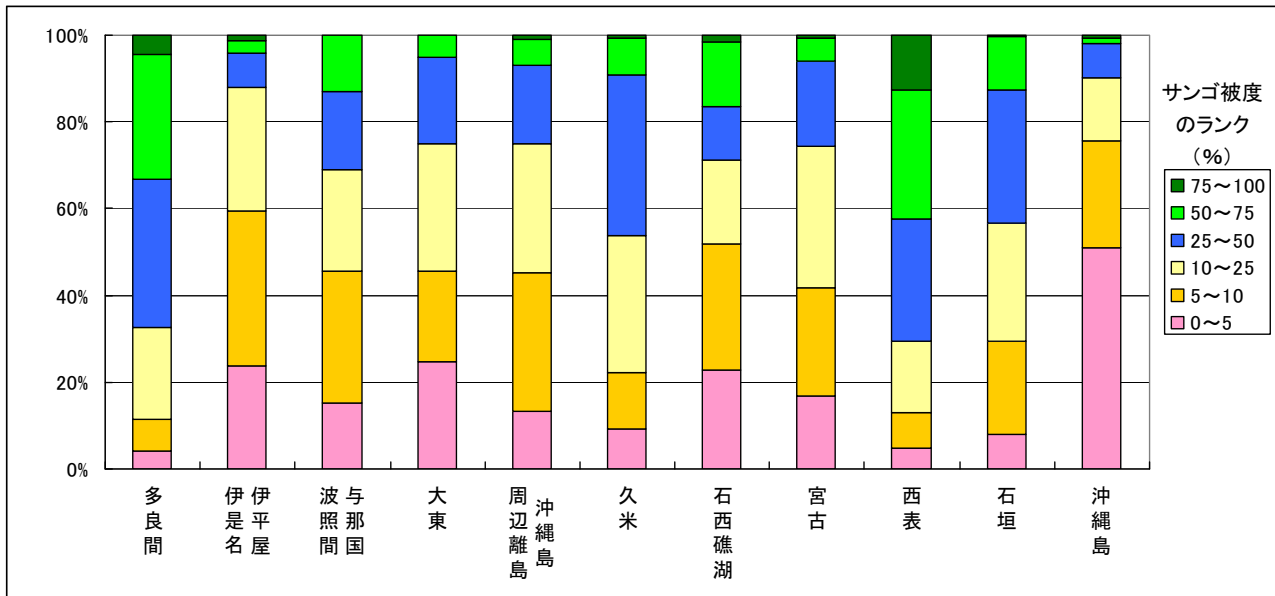


図6-1-3. サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域のサンゴ被度ランクの割合。

マanta法調査による調査距離に対するサンゴ被度ランクの平均を陸域海域区分毎に色分けした結果を図6-1-4~7に示す。陸域海域区分は、流域もしくは地下水系を元に分けた陸域区分と岬、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て分けた海域区分をもとに作成した（詳細は各章の第4節）。

伊平屋島、伊是名島周辺では全体的にサンゴ被度は低かった（図6-1-4）。全体的にサンゴ被度は低いですが、伊平屋島の北側と南側、伊是名島の西側から南側などの限られた範囲で被度が高いところもあった（図6-1-8）。

久米島周辺のサンゴ被度は全体的にあまり高くないが、ハテノ浜や久米島南西などの一部海域ではサンゴ被度が少し高いところがあった（図6-1-4）。全体的にサンゴ被度は高くないが、場所によってはサンゴ被度が高いところがあり、ハテノ浜南や島尻湾南（ナンハナリ）などのスポットチェック法調査では、被度の高いサンゴ群集が確認されている（図6-1-8）。

沖縄島周辺のサンゴ被度は非常に低く、0~5%のサンゴ被度区分が非常に多い（図6-1-4~5）。特に大浦湾から中城湾にかけてと名護湾から浦添にかけては0~5%のサンゴ被度区分が多い。25%以上のサンゴ被度区分は今帰仁に1ヶ所みられるのみで、その他の場所では全て25%以下のサンゴ被度区分である。全体的にサンゴ被度は非常に低いですが、限られた狭い範囲で被度の高いサンゴ群集が存在する場所や（那覇空港沖や古宇利島東など）、アオサンゴやユビエ

ダハマサンゴなど特定の種が大きな群落を形成している場所もあった（大浦湾や浮原島東など、図6-1-8～9）。また、濁りの強い泥底などの特異な環境でもサンゴ群集が確認されており、沖縄島周辺に存在する多様な環境が多様なサンゴ群集の景観を創り出していると考えられる（羽地内海や塩屋湾など）。

沖縄島周辺離島（伊江島周辺、粟国島周辺、渡名喜島周辺、慶良間地域）のサンゴ被度は全体的にあまり高くなく 5～10%や 10～25%のサンゴ被度区分が多いが、伊江島周辺や慶良間地域の一部で 25～50%のサンゴ被度区分もみられる（図6-1-4～5）。慶良間地域の西側では、25～50%のサンゴ被度区分が比較的多く、一部では 50～75%のサンゴ被度区分もみられる。全体的にサンゴ被度は高くないが、場所によってはサンゴ被度が高いところがあり、伊江島東礁池、水納島南、粟国島フデン崎、渡名喜島南東などのスポットチェック法調査では、被度の高いサンゴ群集が確認されている（図6-1-8～9）。

大東地域のサンゴ被度は全体的にあまり高くない。スポットチェック法調査で確認された被度の高いサンゴ群集も少なく、南大東島北側礁斜面の1地点のみであった（図6-1-10）。

宮古島周辺のサンゴ被度は全体的に低く、宮古島の東側の一部で 25～50%のサンゴ被度区分がみられるのみであった（図6-1-6）。全体的にサンゴ被度は高くないが、場所によってはサンゴ被度が高いところがあり、八重干瀬や池間島周辺などのスポットチェック法調査では、被度の高いサンゴ群集が確認されている（図6-1-10）。

多良間島周辺においては、水納島周辺や多良間島北および東側のサンゴ被度が比較的高い。多良間の 50%以上のサンゴ被度ランクの割合は他の地域に比べて非常に高かったが、オニヒトデの大発生によりサンゴ被度が極端に低くなっている場所があったため、全体的なサンゴ被度の区分は高くならなかつたものと思われる。スポットチェック法調査では、被度の高いサンゴ群集が多く確認されている（図6-1-10）。

石垣島周辺は場所によりサンゴ被度が高いところもあるが、あまり高くないサンゴ被度区分（5～25%）も多い（図6-1-7）。特に石垣島南東のサンゴ被度区分は低く、5～10%や 10～25%のサンゴ被度区分がほとんどを占める。ただ、八重山以外の他の地域と比較すると、25～50%や 50～75%のサンゴ被度区分が多い。スポットチェック法調査では石垣島西側にサンゴ被度が高い地点が多いが、これらの地点はオニヒトデ大発生により大きく状況が変化している可能性がある（図6-1-11）。

石西礁湖周辺においては北側とヨナラ水道周辺でサンゴ被度が比較的高いが、石西礁湖南側では 5～10%や 10～25%のサンゴ被度区分が多くサンゴ被度が低い（図6-1-7）。スポットチェック法調査では、ヨナラ水道や竹富島南西など被度の高いサンゴ群集が確認されている（図6-1-11）。

西表島周辺では 50%以上のサンゴ被度区分が多くみられサンゴ被度は非常に高い（図6-1-7）。全体的に 25%以下のサンゴ被度区分が少なく、特に島の西側では 50%以上のサンゴ被度区分が多くを占める。スポットチェック法調査のサンゴ被度も高い場所が多い（図6-1-11）。

与那国島、波照間島周辺のサンゴ被度は高くなく、25%以下のサンゴ被度区分が多いが、場所により 25～50%や 50～75%のサンゴ被度区分がわずかにみられる（図6-1-7）。全体的にサンゴ被度は高くないが、場所によってはサンゴ被度が高いところがあり、与那国島南礁池や波照間島北礁斜面などのスポットチェック法調査では、被度の高いサンゴ群集が確認されて

いる（図6-1-11）。

宮古や八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度や構成が短期間で大きく変化する可能性がある。特に石垣島や石西礁湖、西表島周辺の調査は主に2010年に実施されているため、現在（2012年）の状況と大きく違っていることが予想される。

サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域の優占種群の割合を図6-1-12に、優占群体系の割合を図6-1-13に示す。多良間や石西礁湖、宮古、西表、石垣地域ではミドリイシ類の優占種群の割合が高い。与那国、波照間地域はミドリイシ類の割合が少なく、多種混成とその他の種群の割合が高い。大東地域はハナヤサイサンゴ類の割合が最も高く、優占種群に占めるミドリイシ類はほとんど無い。沖縄島周辺離島と久米地域も、優占種群のハナヤサイサンゴ類の割合は他の地域と比較して高い。沖縄島地域では他の地域と比較して、ハマサンゴ類と優占なしの割合が高く、ハナヤサイサンゴ類の割合も比較的高い。

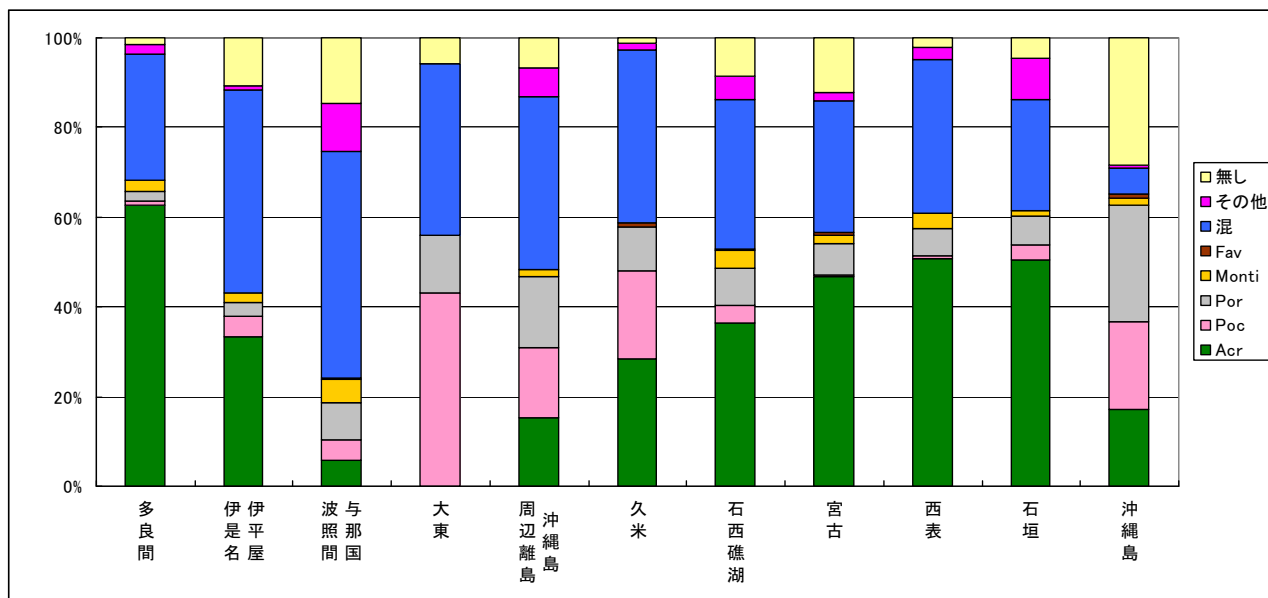


図6-1-12. サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域の優占種群の割合. 凡例はそれぞれ、次の種群を指す. 無し: 優占無し、その他: その他の種、混: 多種混成、Fav: キクメイシ類、Monti: モンサンゴ類、Por: ハマサンゴ類、Poc: ハナヤサイサンゴ類、Acr: ミドリイシ類.

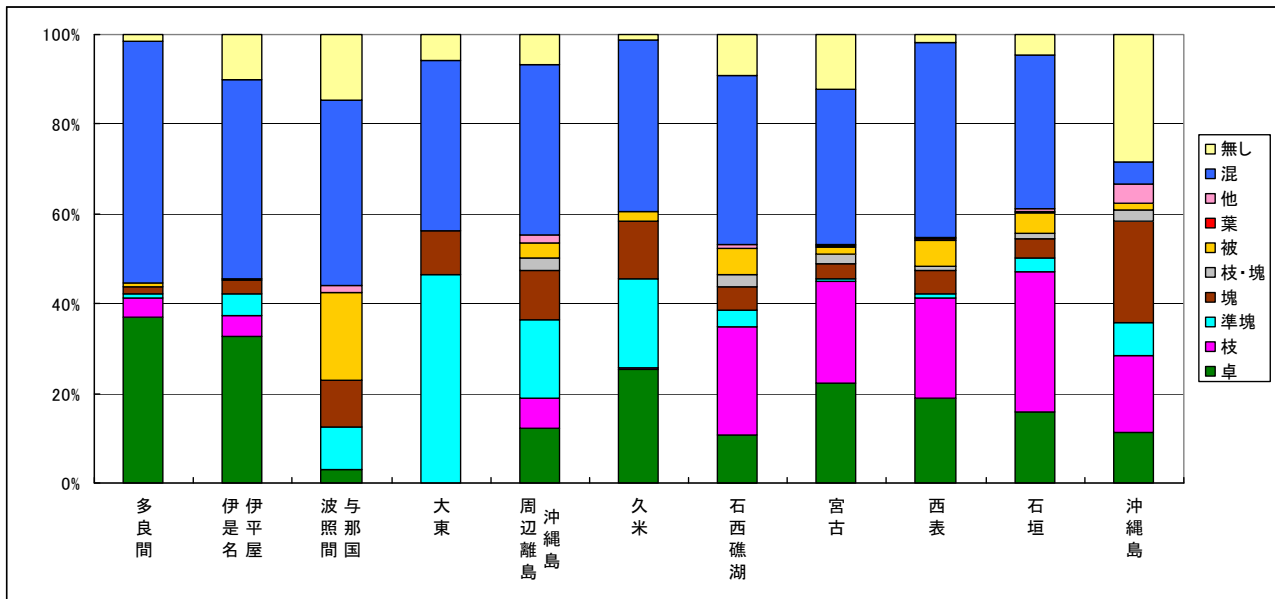


図6-1-13. サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域の優占群体形の割合. 凡例はそれぞれ、次の種群を指す. 無し: 優占群体形無し、混: 多種混成、その他: その他の形、葉: 葉状、被: 被覆状、枝・塊: 枝状と塊状、塊: 塊状、準塊: 準塊状、枝: 枝状、卓: 卓状.

サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域の卓状ミドリイシ類優占群体直径の割合を図6-1-14に示す。多良間地域の卓状ミドリイシ類優占群体直径は、他の地域と比較して大きく、卓状ミドリイシ類が無い割合も非常に低い。また、卓状ミドリイシ優占群体直径のサイズも50cm以上の割合が高い。伊平屋伊是名、沖縄島周辺離島、久米地域では、5~20cmのサイズの割合が高く、50cm以上のサイズが優占することはほとんど無い。与那国波照間、大東地域は、卓状ミドリイシ類がみられない割合が他の地域と比べて高い。石西礁湖、宮古、西表、石垣地域は50cm以上の卓状ミドリイシ類が優占する場所がある程度みられる。大東や与那国周辺は他の地域と比較して外洋からの波などの影響を大きく受けている。これらの地域の、優占種群や優占群体形の割合が他の地域と大きく異なり、優占する卓状ミドリイシ類も少ないという結果は、波の影響を大きく受ける大東や与那国周辺の生息環境を大キック反映している。沖縄島地域では、卓状ミドリイシ類がみられない割合が高く、5cm以下のサイズの割合も他の地域と比べて高い。また、50cm以上のサイズはほとんどみられない。

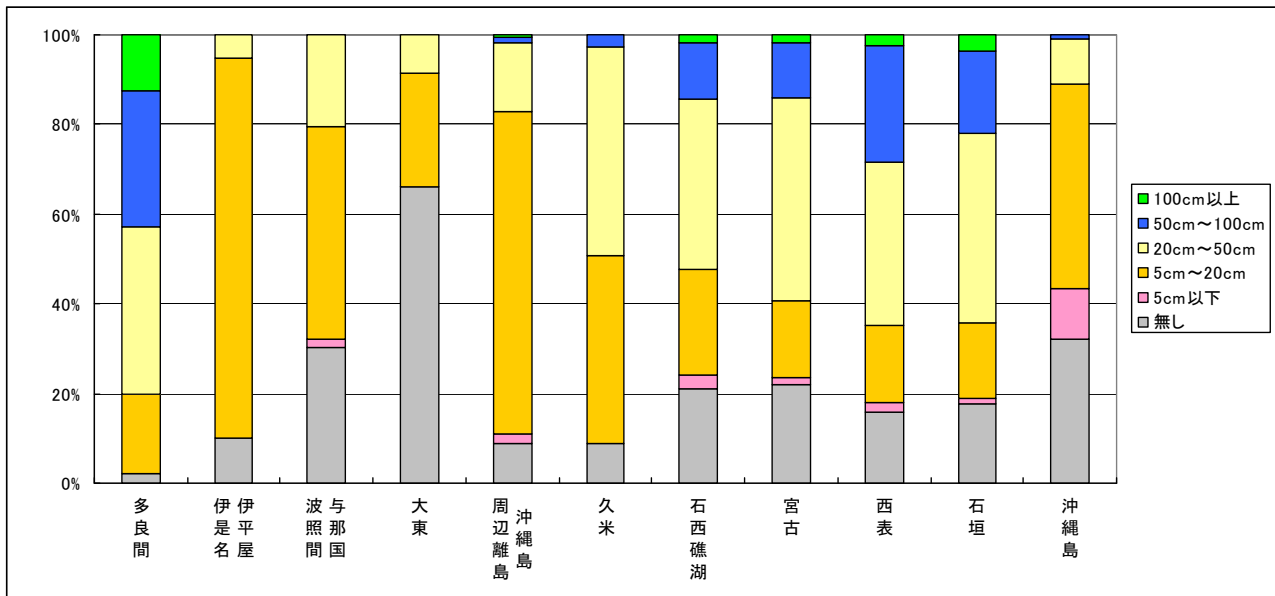


図6-1-14. サンゴ礁資源情報整備事業のマanta法調査による各地域の卓状ミドリイシ類優占群体直径形の割合。

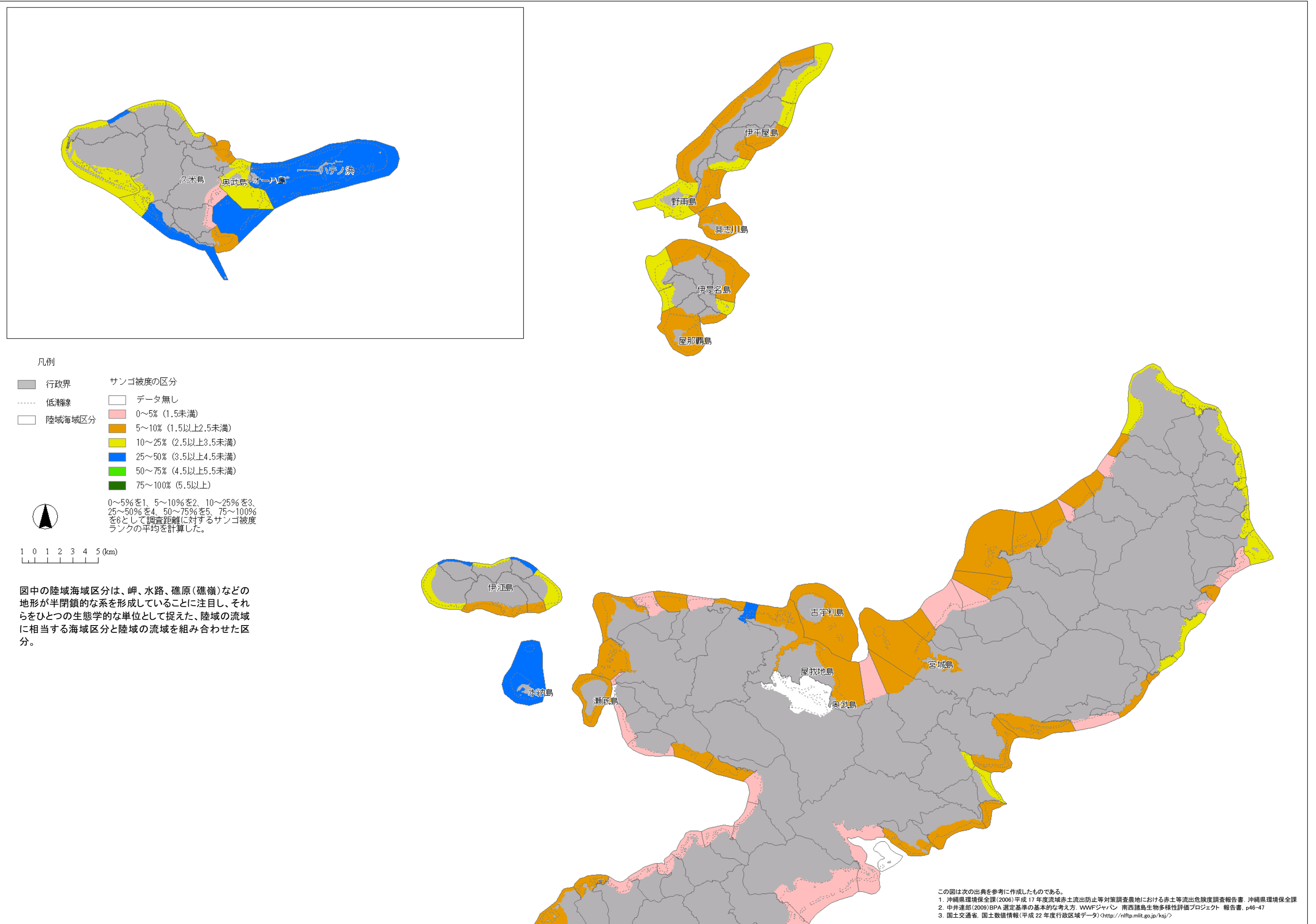


図6-1-4. マンタ法調査によるサンゴ被度の陸域海域区分毎の集計結果(沖縄島北).

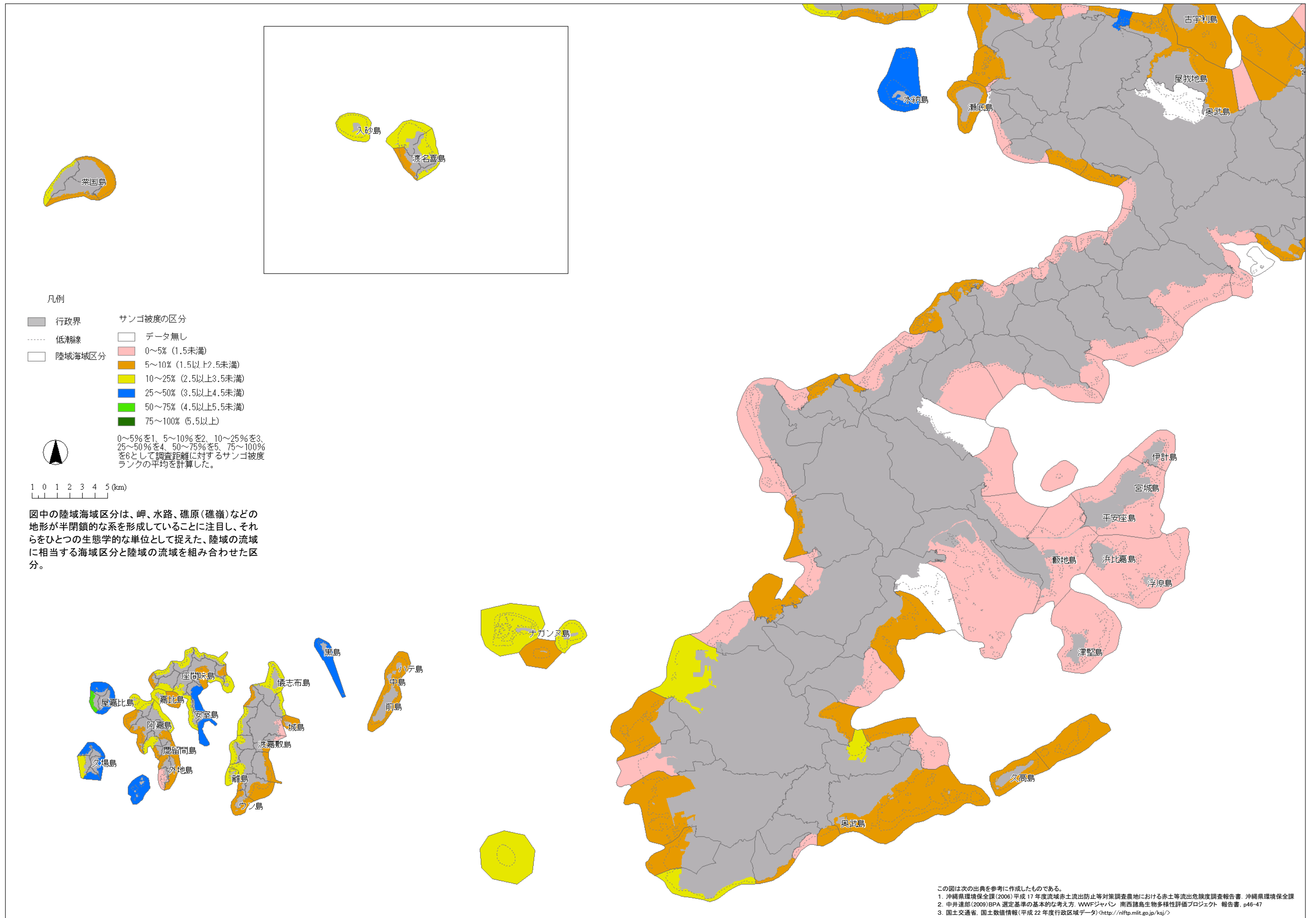
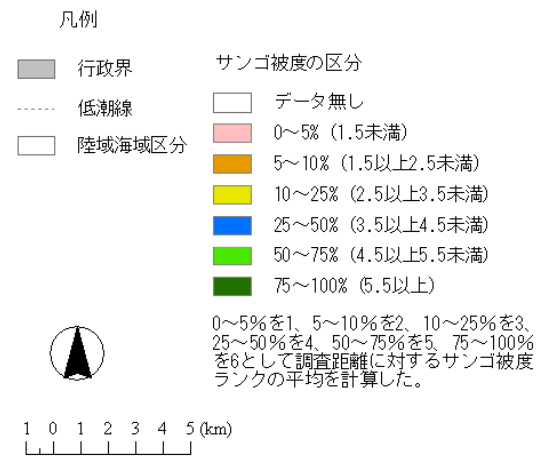
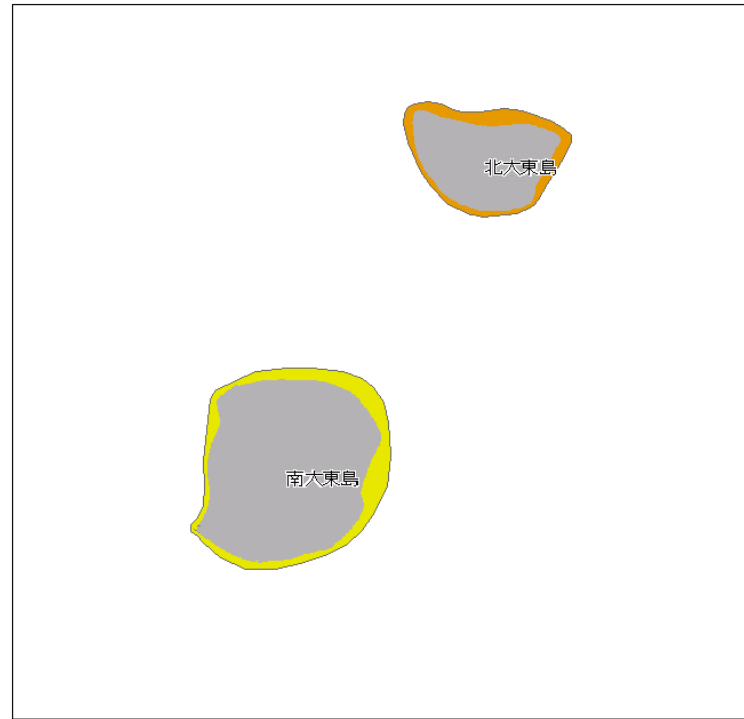
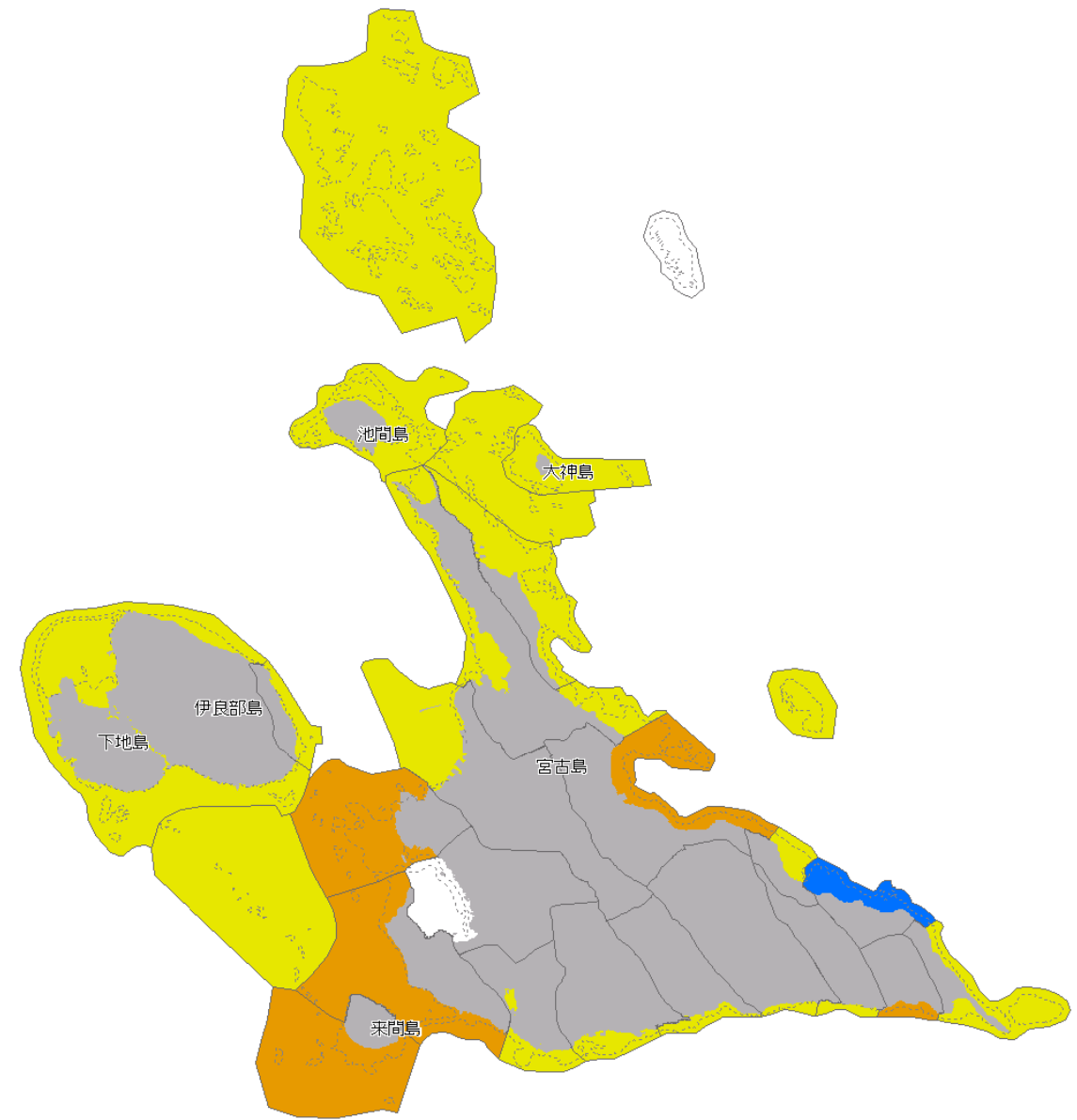
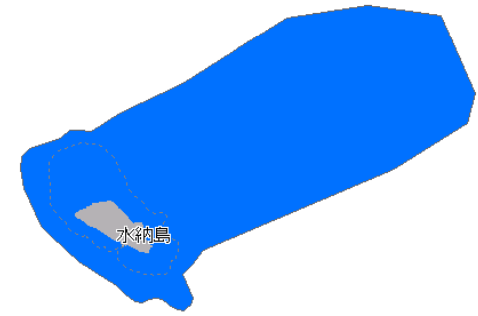


図6-1-5. マンタ法調査によるサンゴ被度の陸域海域区分毎の集計結果(沖縄島南).

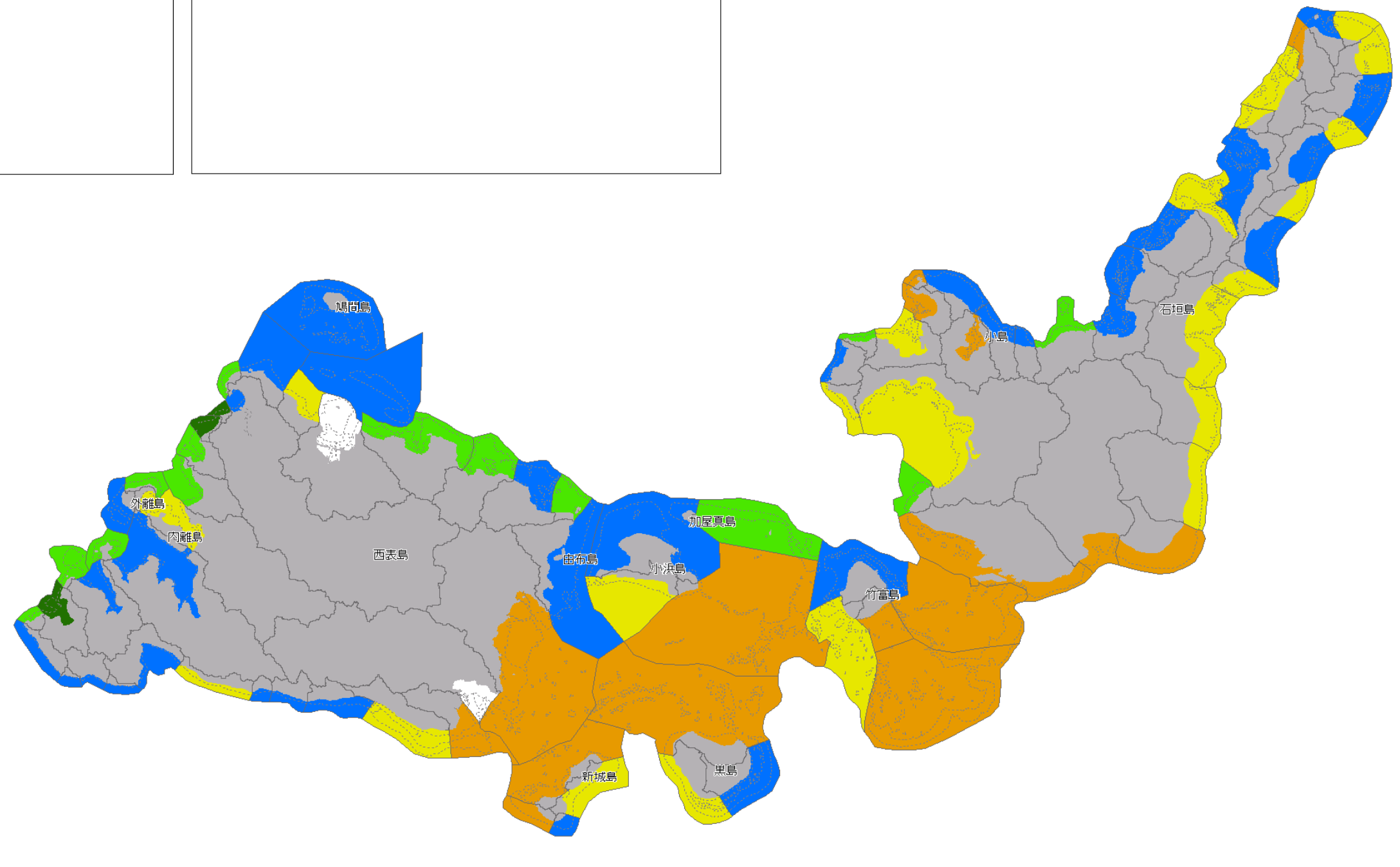
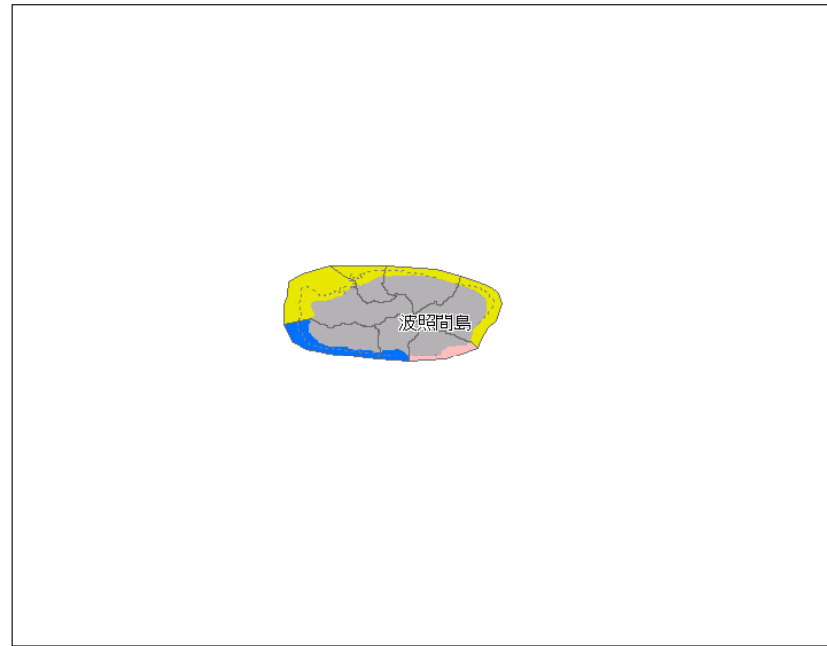
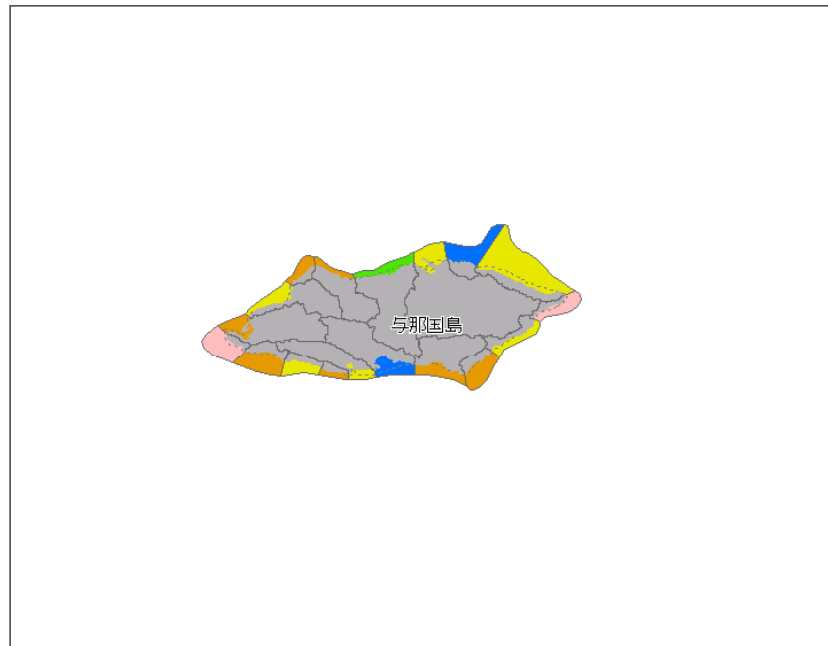


図中の陸域海域区分は、岬、水路、礁原(礁嶺)などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の流域に相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。



この図は次の出典を参考に作成したものである。
 1. 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。
 2. 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
 3. 国土交通省、国土数値情報(平成22年度行政区域データ)(<http://nlfo.mlit.go.jp/ksj/>
 4. 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局(2009)平成19年度宮古島地下水水質保全調査報告書。

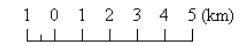
図7-1-6. マンタ法調査によるサンゴ被度の陸域海域区分毎の集計結果(宮古・大東).



凡例

行政界	サンゴ被度の区分
低潮線	データ無し
陸域海域区分	0~5% (1.5未満)
	5~10% (1.5以上2.5未満)
	10~25% (2.5以上3.5未満)
	25~50% (3.5以上4.5未満)
	50~75% (4.5以上5.5未満)
	75~100% (5.5以上)

0~5%を1、5~10%を2、10~25%を3、25~50%を4、50~75%を5、75~100%を6として調査距離に対するサンゴ被度をランクの平均を計算した。



図中の陸域海域区分は、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、陸域の流域に相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

中御前島

この図は次の出典を参考に作成したものである。
 1. 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
 2. 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
 3. 国土交通省。国土数値情報(平成22年度行政区域データ)<<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>

図6-1-7. マンタ法調査によるサンゴ被度の陸域海域区分毎の集計結果(八重山).

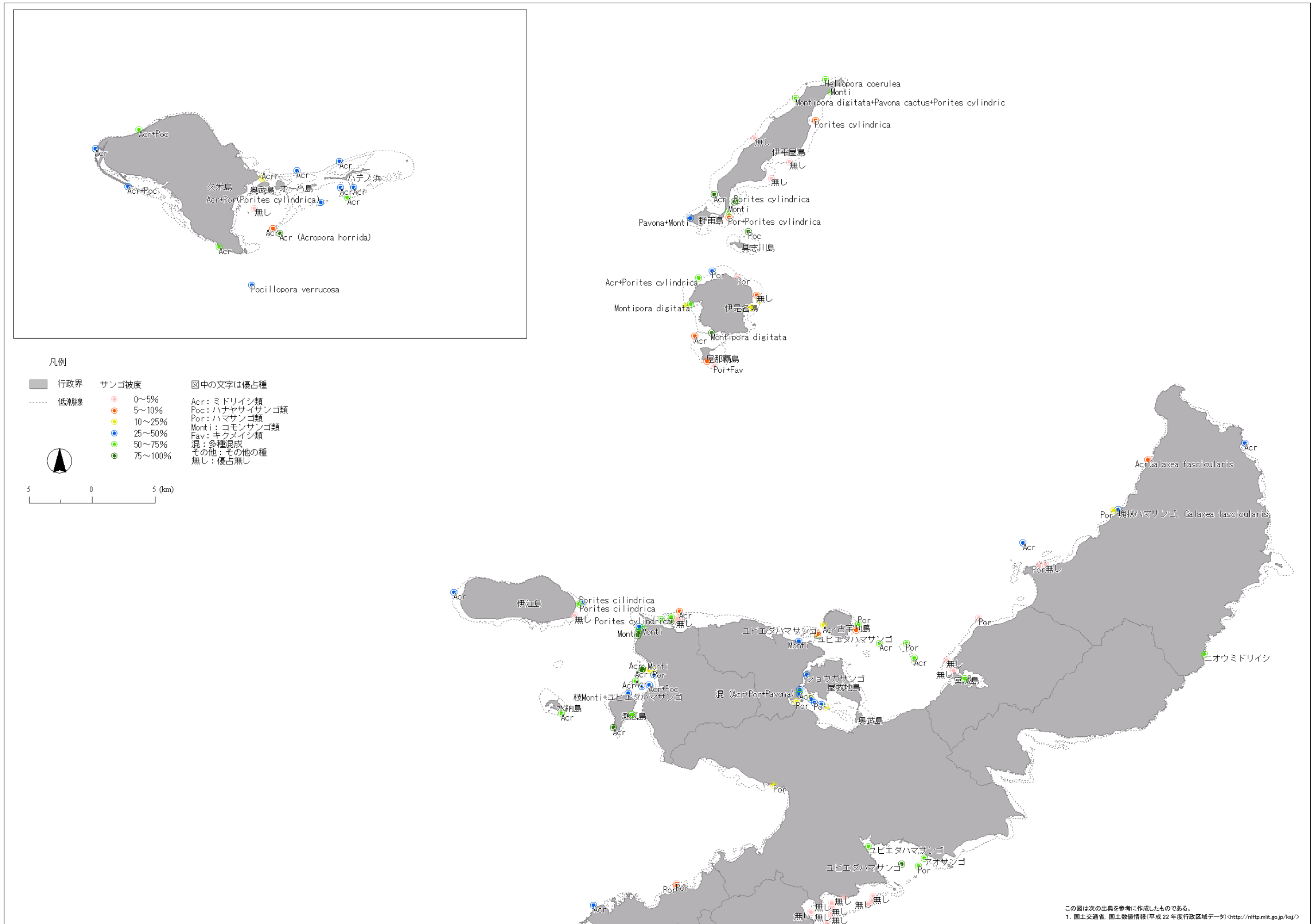


図6-1-8. スポットチェック法調査によるサンゴ被度と優占種(沖縄島北).

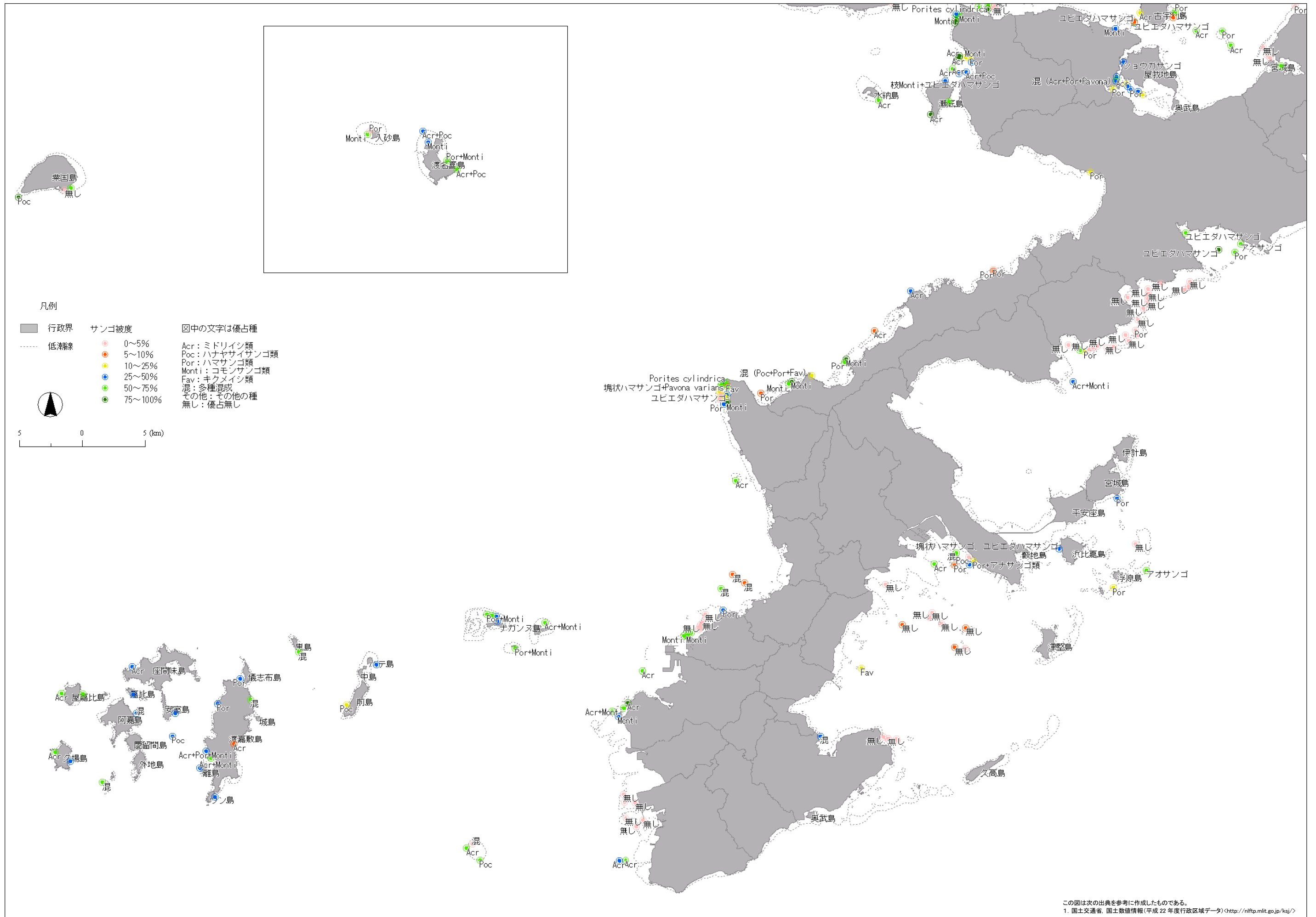
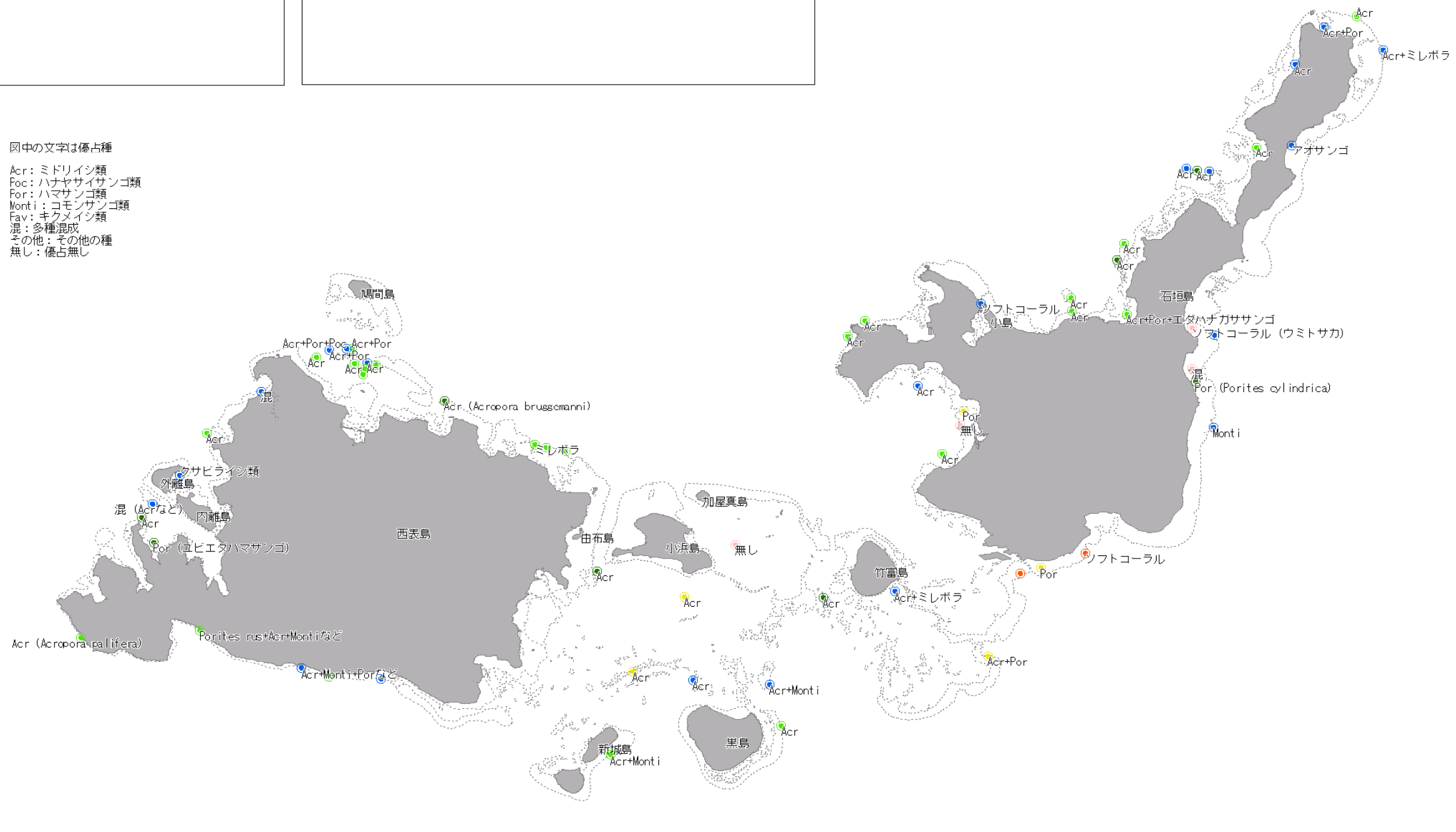
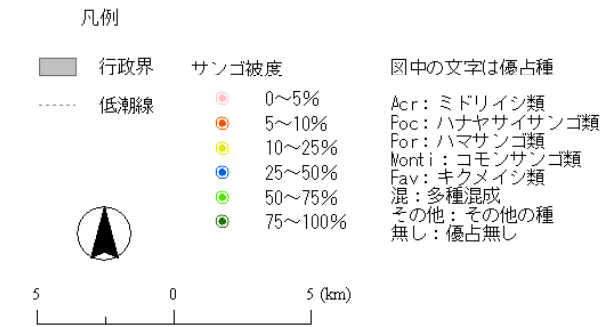
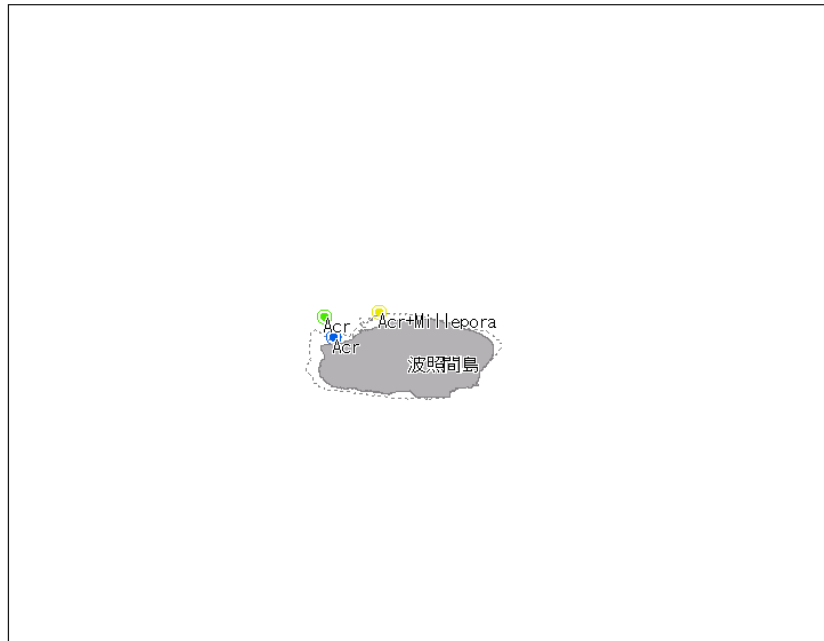
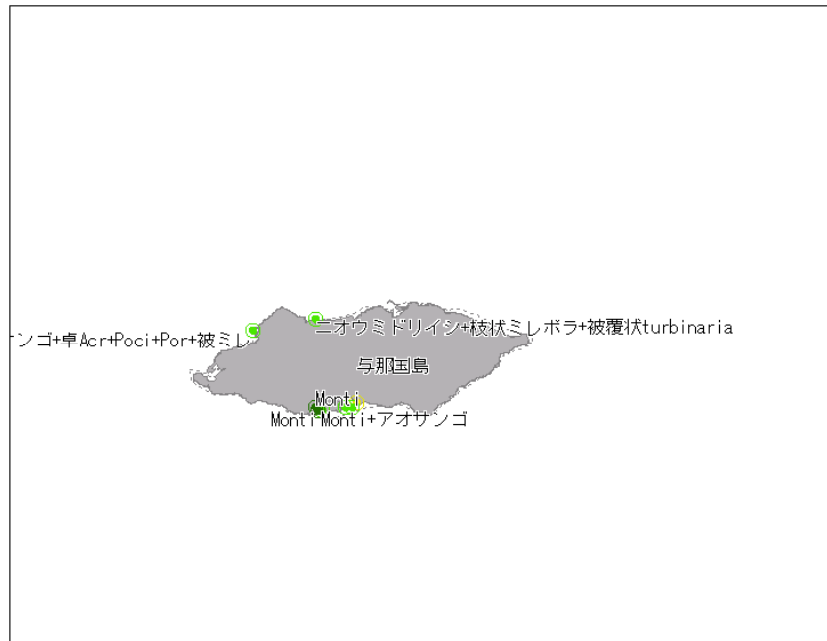


図6-1-9. スポットチェック法調査によるサンゴ被度と優占種(沖縄島南).



この図は次の出典を参考に作成したものである。
 1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成22年度行政区域データ) <<http://nftp.mlit.go.jp/ksj/>>

図6-1-11. スポットチェック法調査によるサンゴ被度と優占種(八重山).

第2節 サンゴ群集の被度の変遷

1. マンタ法による調査結果の比較

第4回自然環境保全基礎調査とサンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査結果の陸域海域区分毎の変化を図6-2-1~4に示す。図6-2-1~4はマンタ法調査による調査距離に対するサンゴ被度ランクの平均を、第4回自然環境保全基礎調査とサンゴ礁資源情報整備事業のそれぞれについて求め、陸域海域区分毎に差を算出した。その際にそれぞれの調査でのサンゴ被度ランクが違うため、サンゴ礁資源情報整備事業のサンゴ被度ランクを0~5%、5~50%、50~100%に再区分して計算した。第4回自然環境保全基礎調査は1990年から1992年に調査を実施し、サンゴ礁資源情報整備事業は2009年から2012年に調査を実施している。

伊平屋島、伊是名島周辺では全体的にサンゴ被度は低下している。特に伊平屋島周辺では多くの場所でサンゴ被度が低下している(図6-2-1)。久米島周辺はサンゴ被度に大きな変化はない。

沖縄島周辺のサンゴ被度は大きく変化していないところが最も多いが、大浦湾以北の東海岸ではサンゴ被度がわずかに増加しているところが多くみられる(図6-2-1~2)。また、西海岸では古宇利島や名護湾、恩納村瀬良垣周辺などでわずかに増加しているところがあり、那覇港では増加している。一方で本部半島の北側や具志頭周辺ではサンゴ被度が減少している。全体的にサンゴ被度が減少しているところが少ないのは、第4回自然環境保全基礎調査が行われた1990年代はじめから、沖縄島周辺のサンゴ被度は低かったためと考えられる。

沖縄島周辺離島(水納島周辺、渡名喜島周辺、慶良間地域)では、水納島周辺でサンゴ被度は増加しており、渡名喜島周辺では大きな変化はない(図6-2-1~2)。慶良間地域ではサンゴ被度が減少しているところやわずかに減少しているところが多いが、一部でわずかに増加しているところがある。第4回自然環境調査では伊江島周辺と粟国島周辺で調査は行われていない。

第4回自然環境調査では大東周辺で調査は行われていない(図6-2-3)。

宮古島周辺のサンゴ被度は大きく変化していないところが多く、減少しているところのみられるが、増加しているところはない(図6-2-3)。多良間島周辺や水納島周辺では、わずかに増加しているところがある。

八重山では全体的にサンゴ被度が増加しているところが多く、特に石垣島の西側や石西礁湖、西表西側では多くの海域でサンゴ被度は増加している(図6-2-4)。また、与那国島、波照間島周辺のサンゴ被度も増加しているところが多い。

宮古や八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度や構成が短期間で大きく変化する可能性がある。特に石垣島や石西礁湖、西表島周辺の調査は主に2010年に実施されているため、現在(2012年)の状況と大きく違っていることが予想される。そのため、第4回自然環境保全基礎調査と比較して増加しているところは、減少に変わる可能性がある。

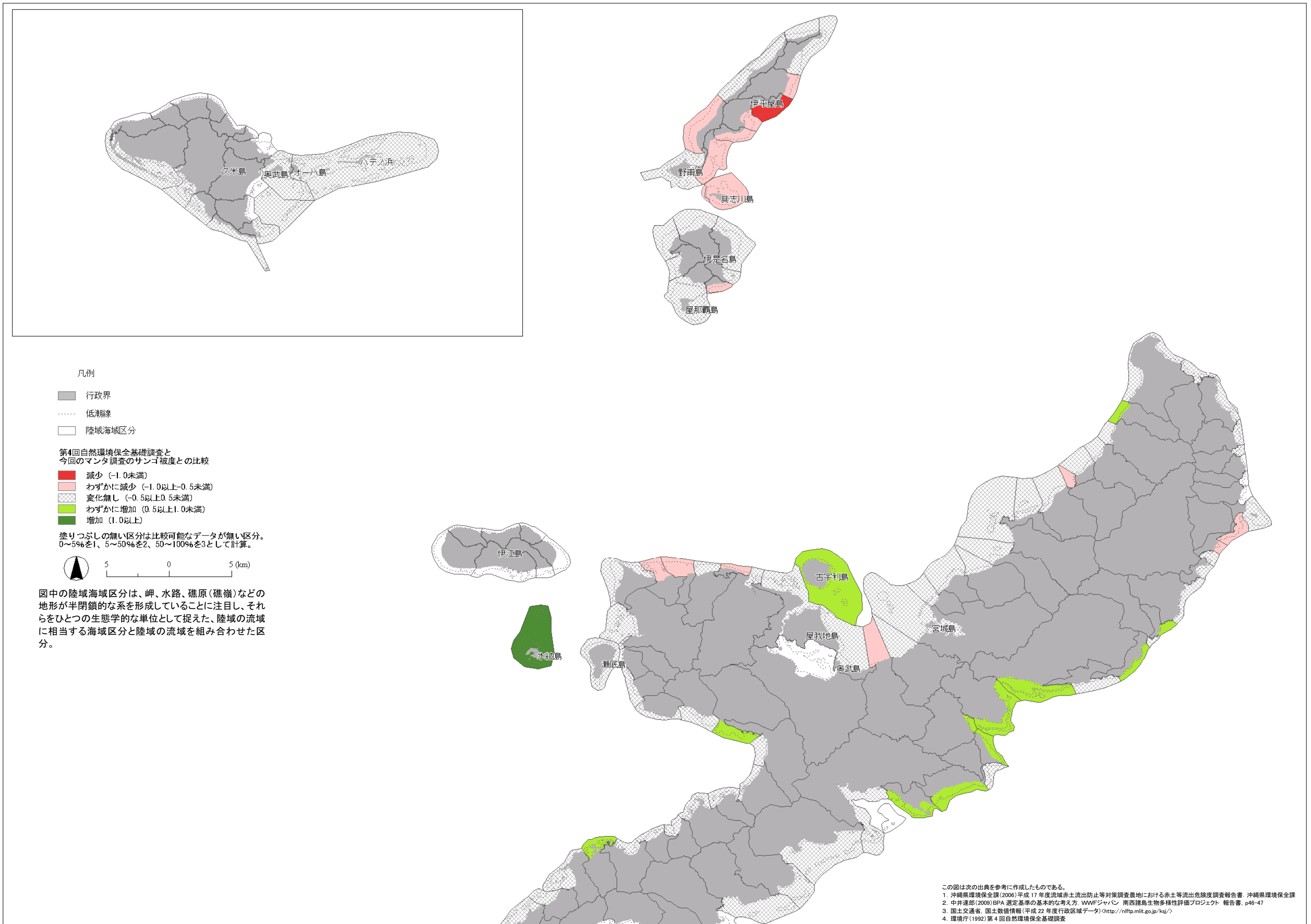


図6-2-1. 第4回自然環境保全基礎調査とサンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査結果の陸域海域区分毎の変化(沖縄島北).

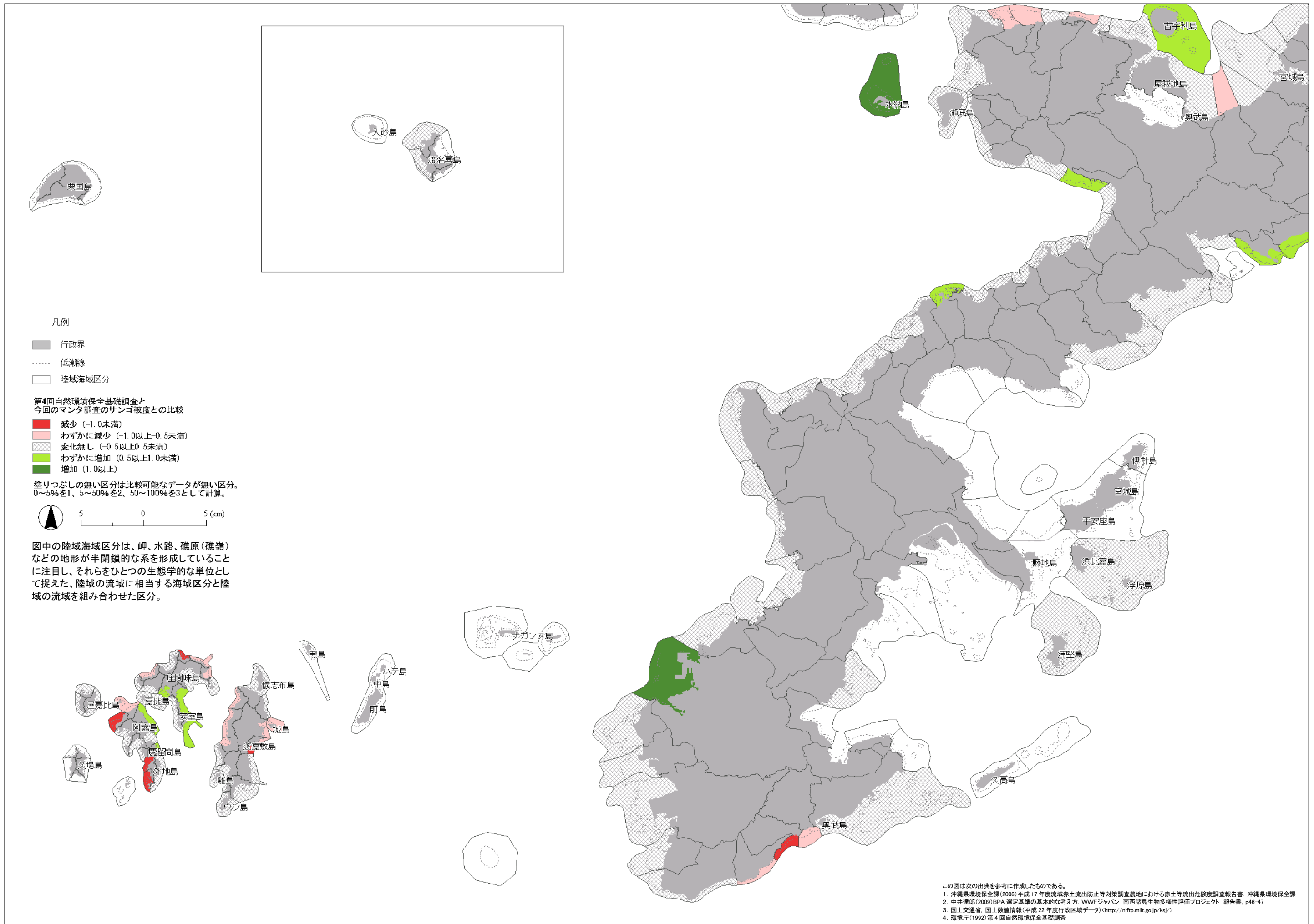
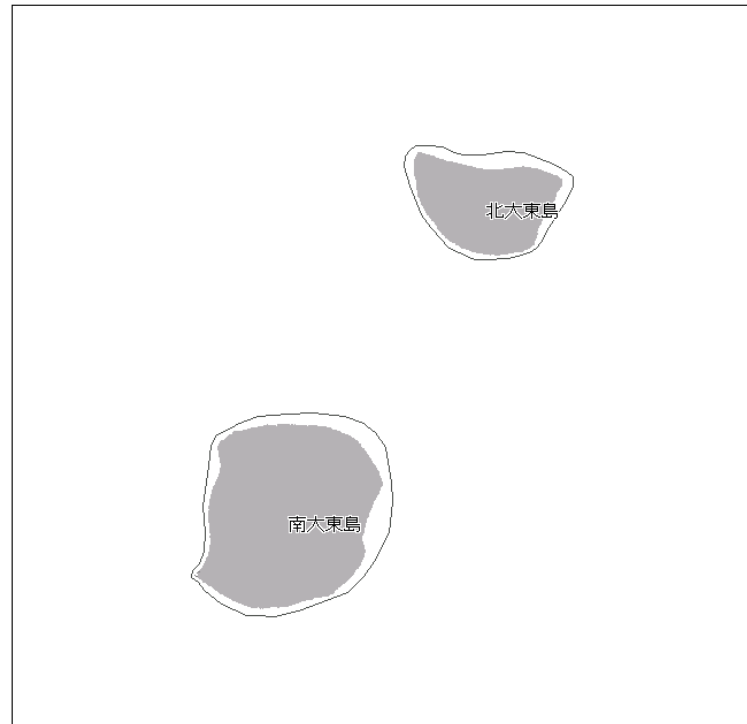
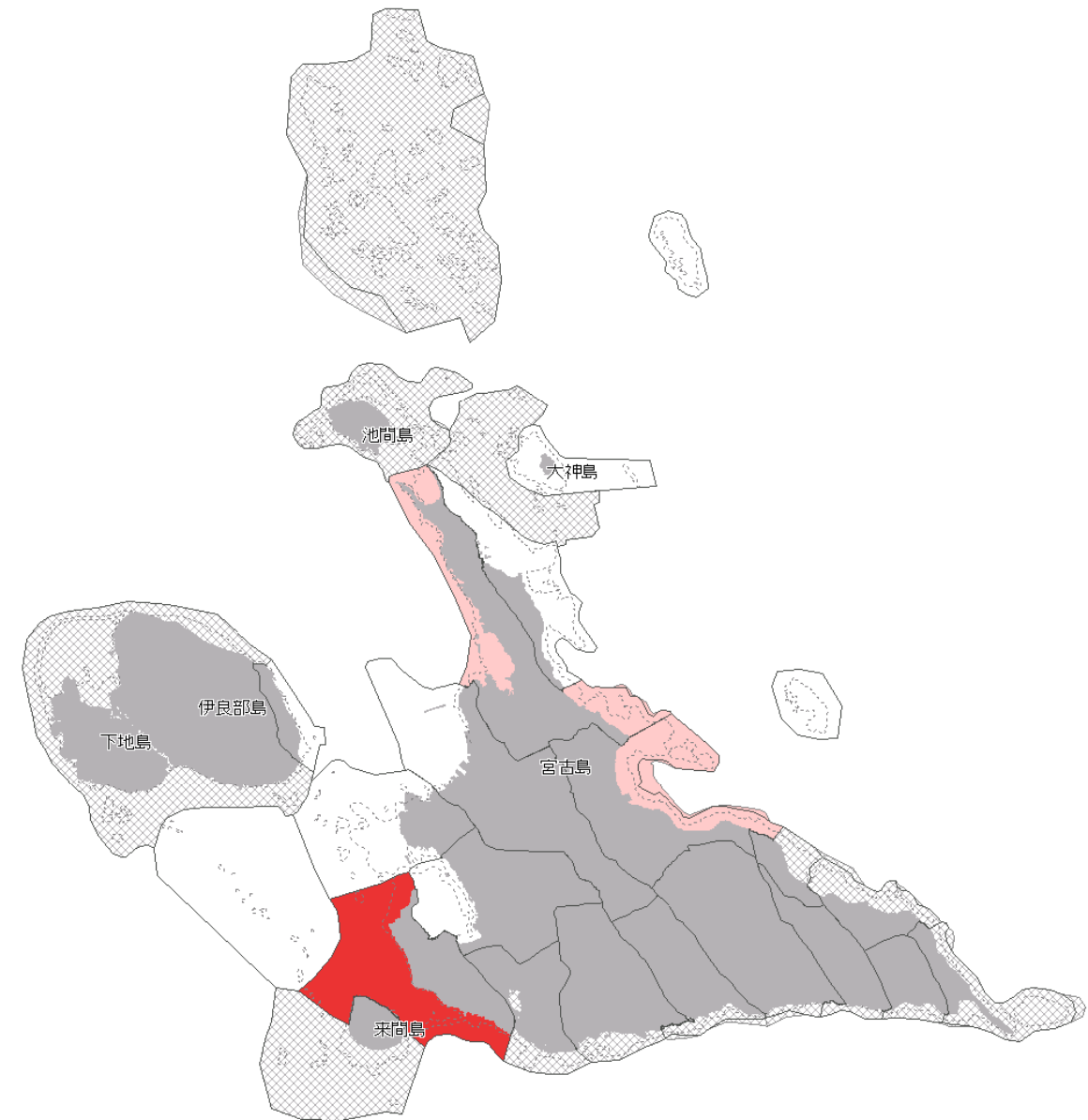
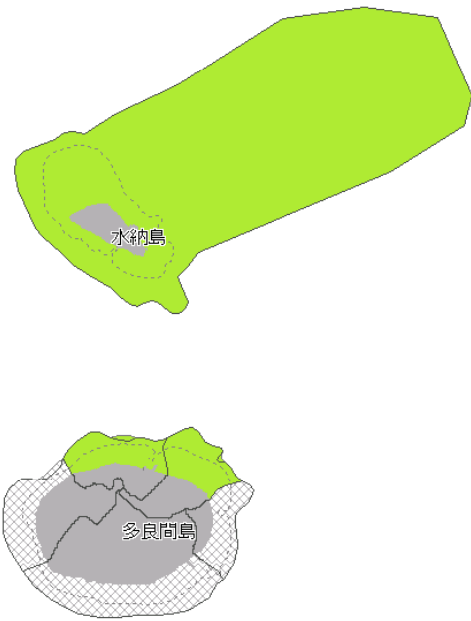


図6-2-2. 第4回自然環境保全基礎調査とサンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査結果の陸域海域区分毎の変化(沖縄島南).



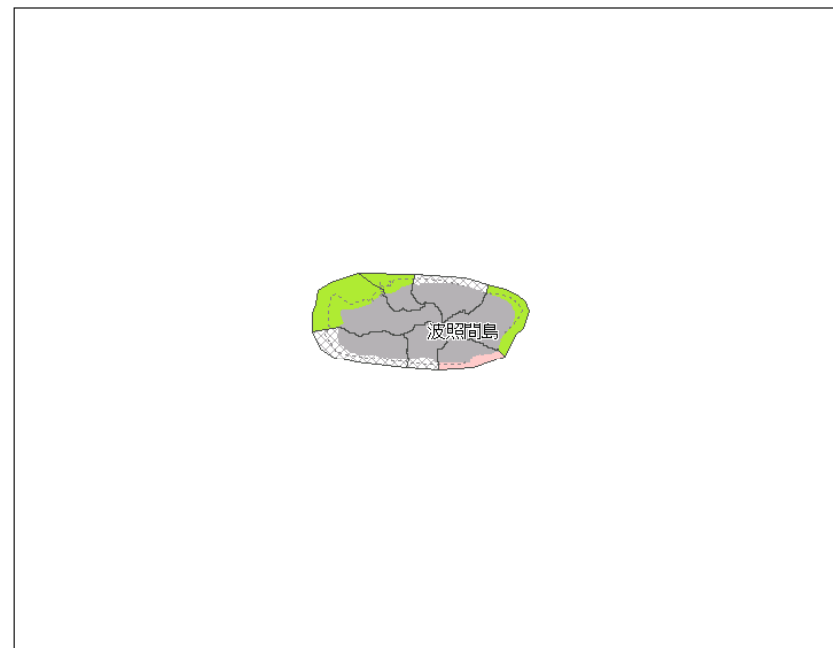
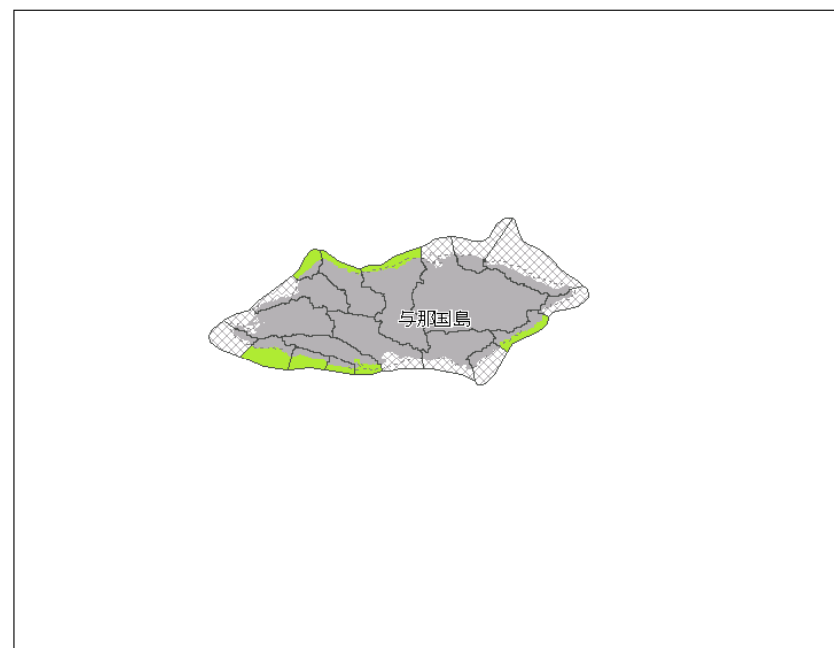
図中の陸域海域区分は、岬、水路、礁原(礁嶺)などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた、陸域の流域に相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。



この図は次の出典を参考に作成したものである。

1. 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。
2. 中井達郎(2008)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
3. 国土交通省, 国土数値情報(平成22年度行政区域データ) <http://nftp.mlit.go.jp/ks/>
4. 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局(2009)平成19年度宮古島地下水水質保全調査報告書。
5. 環境庁(1992)第4回自然環境保全基礎調査

図6-2-3. 第4回自然環境保全基礎調査とサンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査結果の陸域海域区分毎の変化(宮古・大東).



- 凡例
- 行政界
 - 低潮線
 - 陸域海域区分

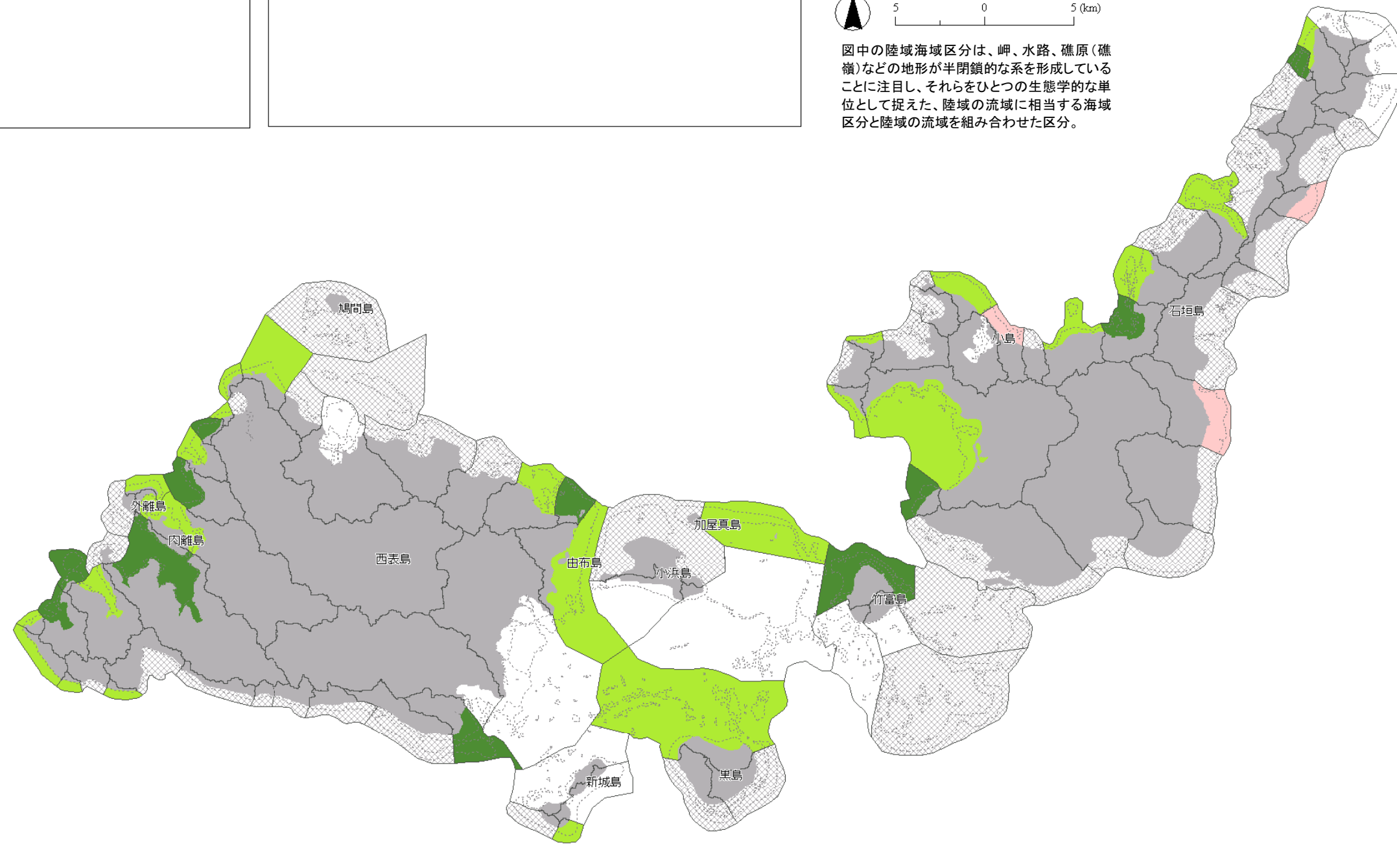
第4回自然環境保全基礎調査と
今回のマンタ調査のサンゴ被度との比較

- 減少 (-1.0未満)
- わずかに減少 (-1.0以上-0.5未満)
- 変化無し (-0.5以上0.5未満)
- わずかに増加 (0.5以上1.0未満)
- 増加 (1.0以上)

塗りつぶしの無い区分は比較可能なデータが無い区分。
0~5%を1、5~50%を2、50~100%を3として計算。



図中の陸域海域区分は、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、陸域の流域に相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。



中御前島

この図は次の出典を参考に作成したものである。
 1. 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
 2. 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
 3. 国土交通省、国土数値情報(平成22年度行政区域データ)<<http://nlfp.mlit.go.jp/ksj/>>
 4. 環境庁(1992)第4回自然環境保全基礎調査

図6-2-4. 第4回自然環境保全基礎調査とサンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査結果の陸域海域区分毎の変化(八重山).

2. 簡易遊泳観察法によるサンゴ被度の変遷

沖縄県内で実施された簡易遊泳観察法調査によるサンゴ被度の変遷を図6-2-5～16に示す。簡易遊泳観察調査はサンゴ礁の一定の範囲（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。沖縄県における過去からのサンゴ群集の変遷を追うために、1970年以降に実施されていたサンゴ類の調査について整理した（表6-2-1）。どの調査も調査地点は厳密には同一ではないが、各地域での簡易遊泳調査で浅い礁斜面や礁池を調査している。また、各調査は調査時間や用いているサンゴ被度ランクなどに違いがあるため、全く同一手法ではなく、調査年により調査地域が偏っているため比較する際には注意が必要である。なお、近年モニタリング等で実施されているスポットチェック法は、簡易遊泳観察法の一つであり、詳細な調査手法は野村（2004）に定められている。調査結果を整理するにあたり、簡易遊泳観察法による調査データが非常に少ない地域が出てきたため、一部の年や地域にコドラート調査によるサンゴ被度データを加えている。

沖縄県内で実施された簡易遊泳観察法による調査を整理し、得られた各年毎のサンゴ被度から平均値、中央値※、第一四分位値※、第三四分位値※、最大値及び最小値を算出し、各地域における簡易遊泳観察によるサンゴ被度の変遷として箱ひげ図を作成した（図6-2-5～16）。但し、得られたサンゴ被度情報がランクで表現されていた場合には中央値を用いて計算した（例えば、10～25%の場合は17.5%）。

※中央値、第一四分位値、第三四分位値について

第一四分位数（25パーセンタイル）とは、データを小さい順に並べたとき、初めから数えて25%の位置にある数。中央値とは、観測値を大きさの順に並べたデータのちょうど中央にあるデータのことで、50パーセンタイルに等しい。第三四分位数（75パーセンタイル）とは、データを小さい順に並べたとき、初めから数えて75%の位置にある数。

パーセンタイルとは、データを小さい順に並べたとき、初めから数えて全体の $100\alpha\%$ に位置する値を 100α パーセンタイルという（ $0 \leq \alpha \leq 1$ ）。65パーセンタイルであれば、最小値から数えて65%に位置する値を指す。

表6-2-1. 1970年以降に沖縄県内で実施されたサンゴ類の調査.

調査年	調査地域	参考文献
1972	沖縄島	Nishihira・Yamazato (1973)、環境庁 (1973)
1973	久米島	環境庁 (1974)
	慶良間	政策科学研究所 (1974)
	宮古	
1976	八重山	沖縄県観光開発公社 (1976)
1980	沖縄島	環境庁 (1981)
1983	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1983)
1984	沖縄島、伊平屋伊是名	Sakai et. al. (1988)
	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山研究所 (1984)
1985	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山研究所 (1985)
1986	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山研究所 (1986)
1987	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山研究所 (1987)
1988	沖縄島	沖縄県環境科学検査センター (1988)
1988	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山研究所 (1988)
1989	慶良間	岡地・中村 (1990)
1989	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1989)
1990	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1990)
1991	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1991)
1992	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1992)
	沖縄島、慶良間、久米島	沖縄県環境科学センター (1993)
1993	宮古、八重山	沖縄県環境科学センター (1994)
1993	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1993)
1994	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1994)
1995	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1995)
1996	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1996)
1997	石西礁湖	(財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1997)
1998	石西礁湖	環境庁自然保護局 (1998)
	石垣	環境庁自然保護局 (1998)
	慶良間	海中公園センター (1999)
	宮古	平良市 (2003)
1999	慶良間	(財)海中公園センター (1999)
	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	(財)沖縄観光コンベンションビューロー (2000)
	宮古	平良市 (2003)
2000	石西礁湖	環境庁自然保護局 (1999)
	石垣	環境庁自然保護局 (1999)
	石西礁湖	環境庁自然保護局 (2000)
2001	石垣	環境庁自然保護局 (2000)
	宮古	平良市 (2003)
	石西礁湖	環境省自然環境局 (2001)
2002	石垣	環境省自然環境局 (2001)
	石西礁湖	環境省自然環境局 (2002)
	石垣	環境省自然環境局 (2002)
	沖縄島、慶良間、宮古、八重山、久米島、伊平屋伊是名	沖縄県環境保全課 (2003)
	石西礁湖	環境省自然環境局 (2005)
2003	沖縄島、慶良間	沖縄県自然保護課 (2002)
	宮古、八重山	沖縄県自然保護課 (2003)
	沖縄島、慶良間、久米島	沖縄県自然保護課 (2003)
2004	石西礁湖	環境省自然環境局 (2005)
	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2006)
	沖縄島、慶良間	沖縄県自然保護課 (2004)
2005	久米島	沖縄県自然保護課 (2005)
	石西礁湖	環境省自然環境局 (2006)
	宮古、八重山	沖縄県自然保護課 (2005)
2006	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2006)
	石西礁湖	環境省那覇自然環境事務所 (2007)
	慶良間、宮古、八重山	沖縄県自然保護課 (2006)
2007	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2006)
	石西礁湖	環境省那覇自然環境事務所 (2007)
	宮古、八重山	沖縄県自然保護課 (2007)
2008	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2009)
	西表島	酒井ら (2009)
	石西礁湖	環境省那覇自然環境事務所 (2007)
2009	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2008)
	宮古島	酒井ら (2009)
	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2009)
2010	久米島、沖縄島	酒井ら (2009)
	多良間	沖縄県自然保護課 (2009)
	波照間	環境省自然保護局 (2008)
2011	沖縄島、宮古、八重山	酒井・岡地 (2009)
	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2010)
	久米島	小笠原ら (2010)
2012	伊是名伊平屋	小笠原ら (2010)
	沖縄島	沖縄県自然保護課 (2010)
	沖縄島、慶良間、宮古、八重山	環境省自然環境局生物多様性センター (2011)
2013	宮古島	沖縄県宮古島市教育委員会 (2011)
	八重干瀬	宮古島市 (2011)
	慶良間、久米島、八重山	沖縄県自然保護課 (2011)
2014	伊平屋伊是名、栗国渡名喜、宮古、大東	沖縄県自然保護課 (2012)

沖縄県全体（図6-2-5）

沖縄県全体における簡易遊泳観察法による調査は、1980年以前は断続的でサンゴ被度の変遷の詳細ははっきりしないが、1972年には、サンゴ被度の平均値、中央値共に40%を超え、第三四分位値が60%を超えている。この他に同様なサンゴ被度が高い年は、1994年、1995年、2005年しかなく、1994年と1995年のサンゴ被度は高めに記録されたことが指摘されていることを考慮すると（八重山海中公園研究所 1997）、2005年しか該当しない。1972年の調査がオニヒトデの大発生がおこっている時期に調査されていることを考慮すると、1970年代以前のサンゴ被度は1980年から2010年までのサンゴ被度よりも高かったと考えられる。1970年から2010年にかけての長い期間で見ると、沖縄県全体のサンゴ被度は減少傾向にあると考えられる。

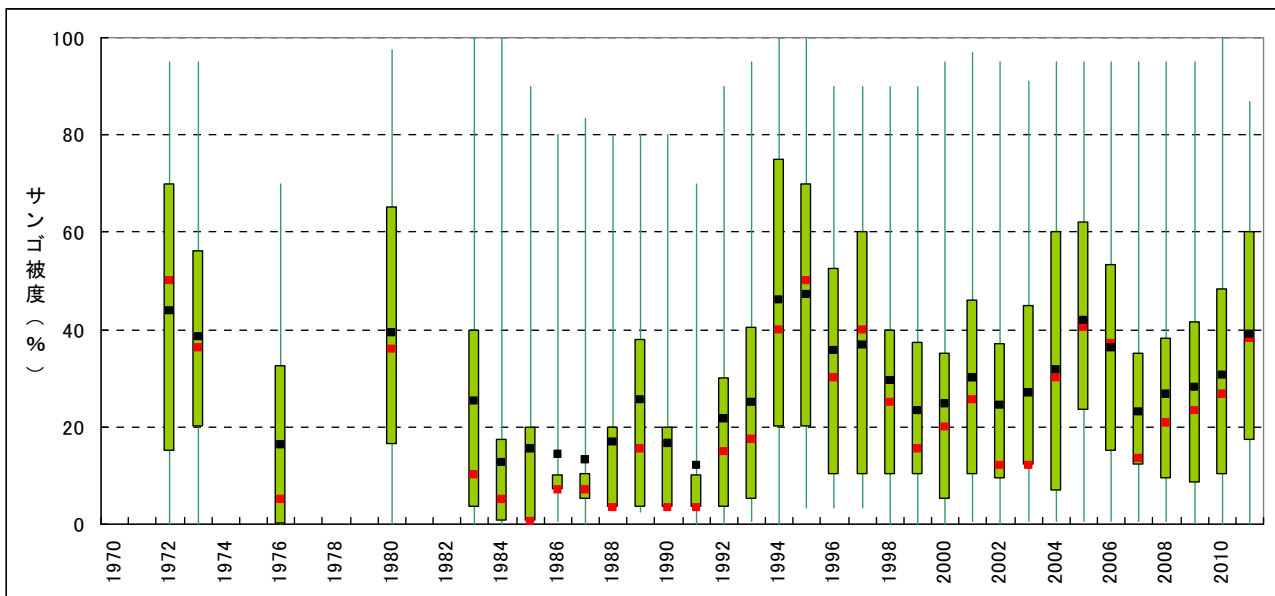


図6-2-5. 簡易遊泳観察法による沖縄県全体のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 1974年から1982年の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 1994年と1995年のサンゴ被度は高めに記録されたことが指摘されている(八重山海中公園研究所 1997). 調査地点数が非常に少ない年や地点数が特定の地域に偏っている年があることに注意が必要である.

伊平屋島、伊是名島周辺（図6-2-6）

伊平屋島、伊是名島周辺では簡易遊泳観察法による調査は少なく、サンゴ被度の変遷は不明である。特に2000年以前の簡易遊泳調査はほとんど実施されておらず大半の年が不明である。1984年の調査ではサンゴ被度の平均値、中央値ともに高くはないが、1992年の調査では平均値、中央値共に60%近く、第三四分位値が80%を超えている。2000年以降の伊平屋島、伊是名島周辺のサンゴ被度は2005年と2011年を除き平均値、中央値ともに非常に低い。2005年のサンゴ被度も高いとはいえず、平均値、中央値共に30%程度である。2011年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査であるため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。

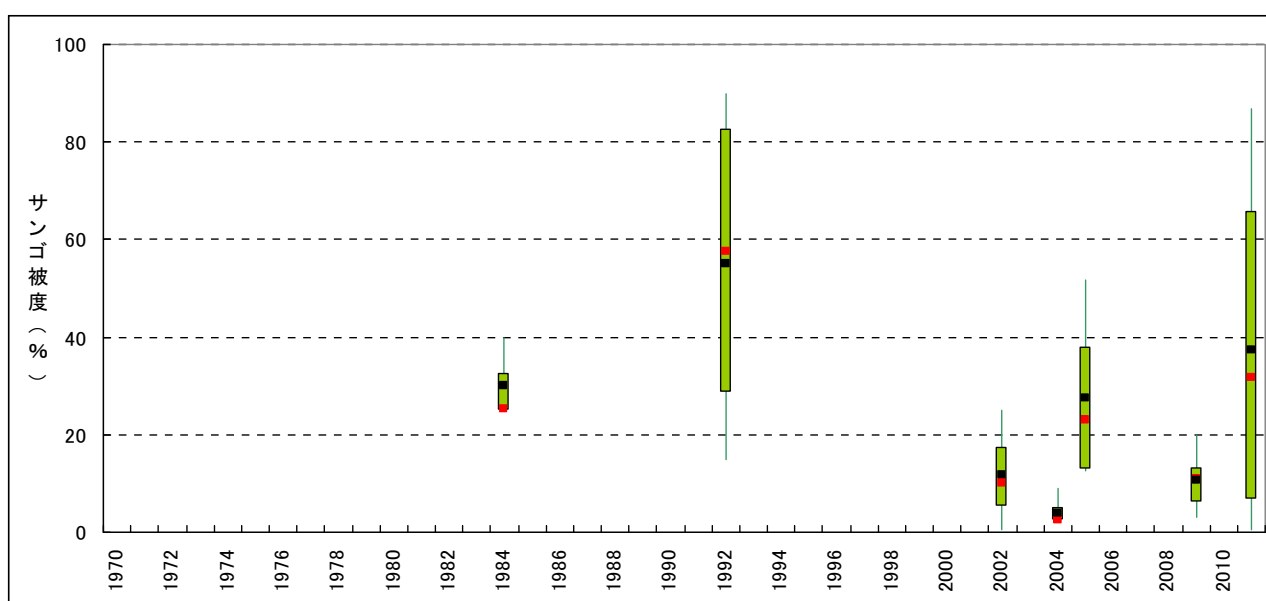


図6-2-6. 簡易遊泳観察法による伊平屋島、伊是名島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 2002年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

沖縄島周辺（図6-2-7）

沖縄島周辺では簡易遊泳観察法による2000年以前の調査は断続的でサンゴ被度の変遷の詳細ははっきりしないが、1972年の調査では平均値、中央値が共に50%以上と高く、第三四分位値が70%近くあり、70年代以前のサンゴ被度は高かったものと推測される。1972年に高かったサンゴ被度は1976年の調査では、平均値が20%を下回るほど大きく下がり、その後2004年頃まで、サンゴ被度の平均値、中央値、第三四分位値は低いまま推移している。2005年以降はサンゴ被度の平均値と第三四分位値は20%を超え、わずかに増加傾向にある。2009年～2011年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査データが含まれているため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。

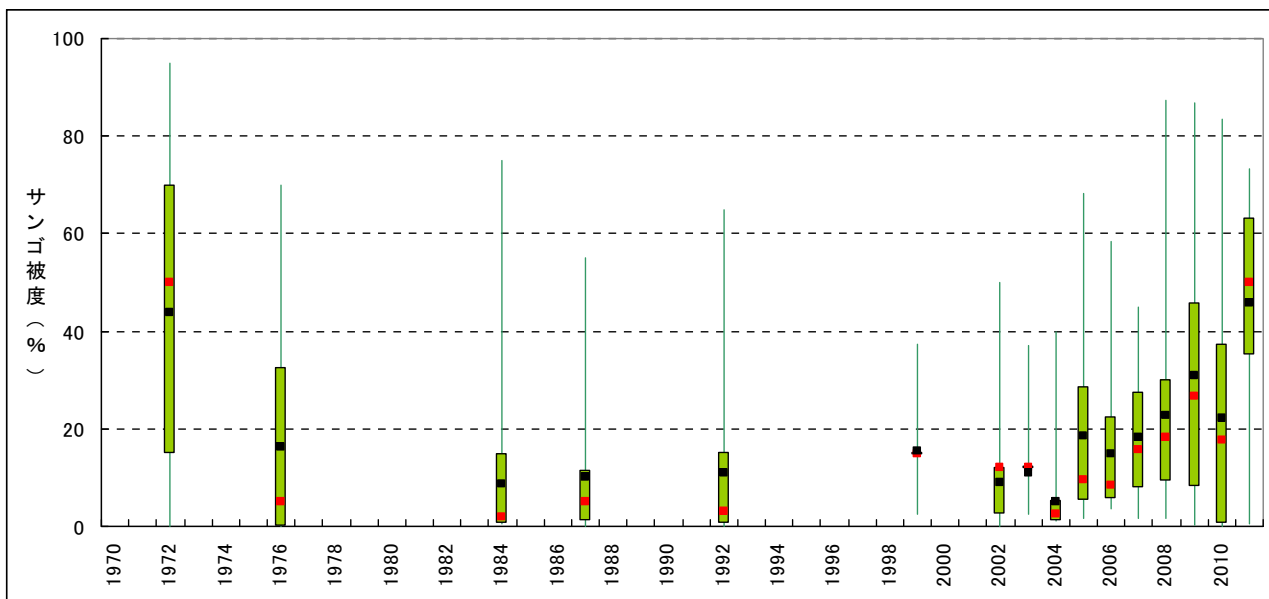


図6-2-7. 簡易遊泳観察法による沖縄島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 2000年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的でサンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

沖縄島周辺離島（図6-2-8）

沖縄島周辺離島（栗国島、渡名喜島、チービシ、慶良間）のサンゴ被度の変遷は、1973年に平均値、中央値が共に50%以上と高く、第三四分位値が70%を超えており、70年代以前のサンゴ被度は高かったものと推測される。1989年の調査は阿嘉島周辺に限られており、サンゴ被度の平均値は30%程度あるが、中央値が低く20%以下である。1992年の調査ではサンゴ被度の平均値、中央値共に40%以上となっており、第三四分位値が60%を超えている。その後、1998年までサンゴ被度の変遷は不明であるが、1999年に被度の中央値が大きく低下しており、世界規模で起こった白化現象の影響を沖縄島周辺離島でも受けたためと考えられる。2002年以降は2009年までサンゴ被度の中央値は低く推移している。沖縄島周辺離島では、2002年以降サンゴ被度の回復が顕著でないと考えられる。2010年と2011年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査データが含まれているため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。

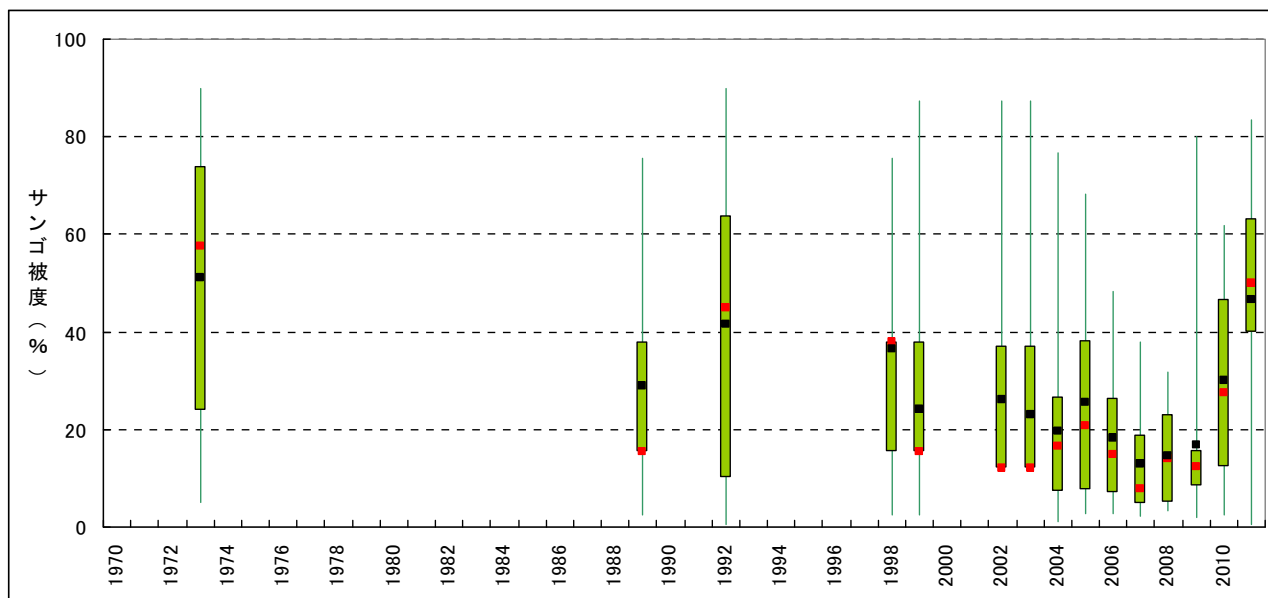


図6-2-8. 簡易遊泳観察法による沖縄島周辺離島地域のサンゴ被度(%)の変遷。横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している。2002年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である。調査地点数が非常に少ない年や一部地域に偏っていることもあることに注意が必要である。

久米島周辺（図6-2-9）

久米島周辺では簡易遊泳観察法による調査は少なく、サンゴ被度の変遷は不明である。特に2000年以前の簡易遊泳調査はほとんど実施されておらず大半の年が不明であるが、1973年の調査と1992年の調査でのサンゴ被度はあまり高くはなく、平均値、中央値共に30%前後である。2000年以降の久米島周辺のサンゴ被度は2002年に非常に低かったが、徐々にサンゴ被度が増加しているようである。

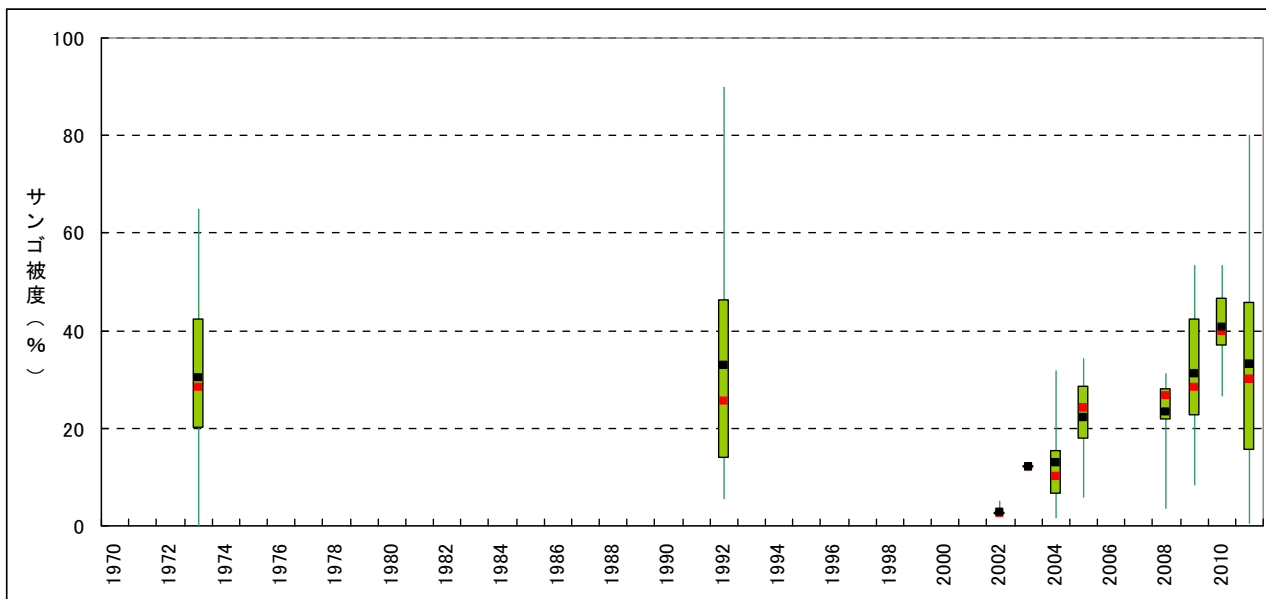


図6-2-9. 簡易遊泳観察法による久米島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 2002年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

大東地域（図6-2-10）

大東地域では簡易遊泳観察法による調査は2007年と2011年にしか実施されておらず、サンゴ被度の変遷は不明である。

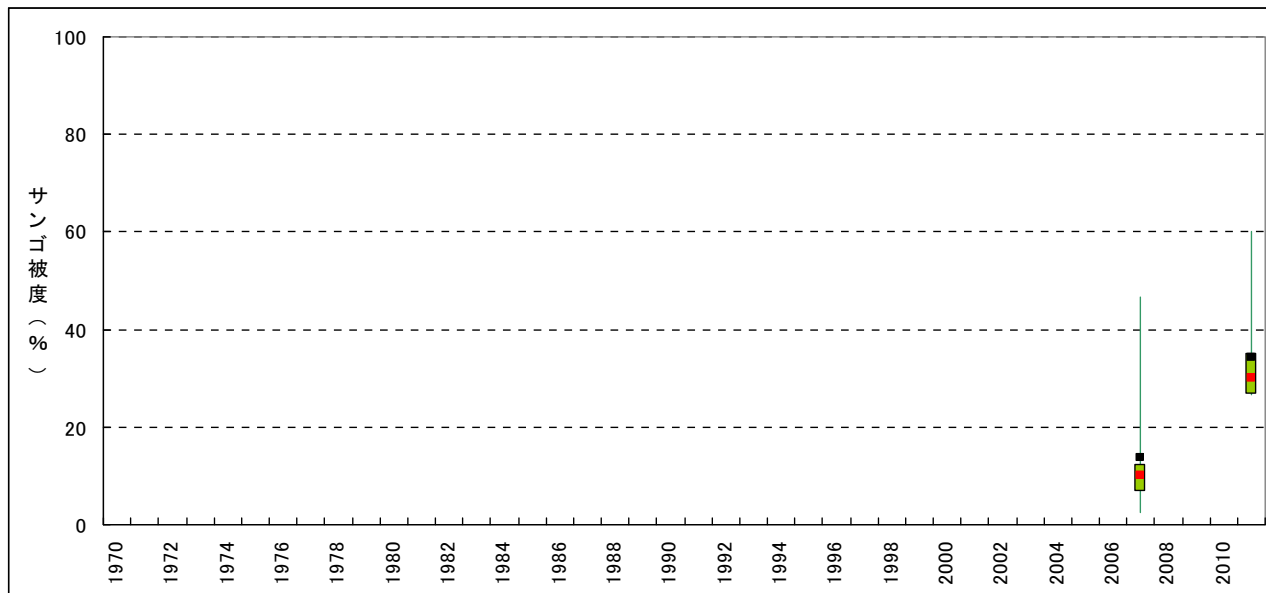


図6-2-10. 簡易遊泳観察法による大東地域のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. サンゴ被度の変遷は調査がほとんど行われていないため不明である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

宮古島周辺（図6-2-11）

宮古島周辺では1997年以前の簡易遊泳観察法による調査は少なく、サンゴ被度の変遷は不明である。1973年の調査ではサンゴ被度の中央値が40%近くあるが、全体的にサンゴ被度は高くない。宮古島周辺では1960年代以前にオニヒトデが大発生したという記録があるため、1973年にはオニヒトデ大発生の影響を受けていたものと推測される。1993年のサンゴ被度も低く、平均値、中央値共に20%を切っている。1998年以降は2000年初め頃までサンゴ被度は高くないが、2004年以降サンゴ被度の平均値と中央値が40%を超えるまでに回復している。その後、2007年にサンゴ被度は大きく落ち込み、減少傾向にある。2011年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査データが含まれているため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。また、宮古島周辺ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度は短期間で大きく減少するものと予想される。

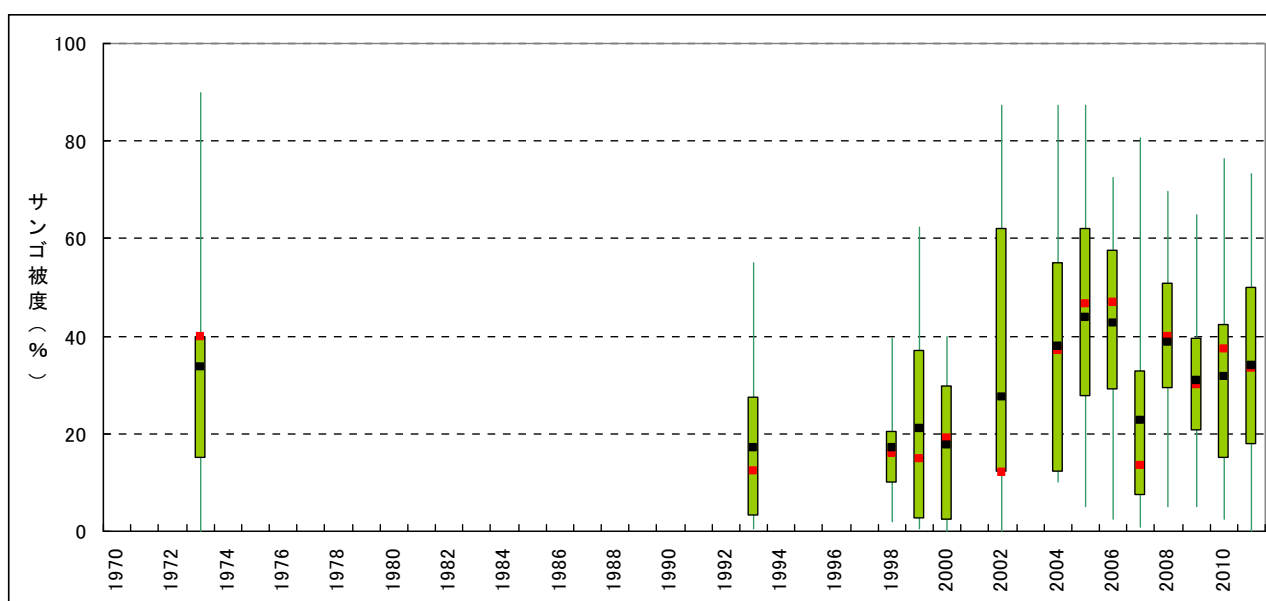


図6-2-11. 簡易遊泳観察法による宮古島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 1997年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

多良間島周辺（図6-2-12）

多良間島周辺では簡易遊泳観察法による調査は少なく、サンゴ被度の変遷は不明である。特に2000年以前の簡易遊泳調査はほとんど実施されていない。2000年以降の多良間島周辺のサンゴ被度は2008年を除きサンゴ被度40%以上の地点が多い。サンゴ被度が2005年から2011年のような増減をすることは考えられないため、調査地点によりサンゴ被度の高低の差が激しいものと思われ、場所によりサンゴ群集の状況が大きく違うものと考えられる。また、多良間島周辺ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度は短期間で大きく減少するものと予想される。

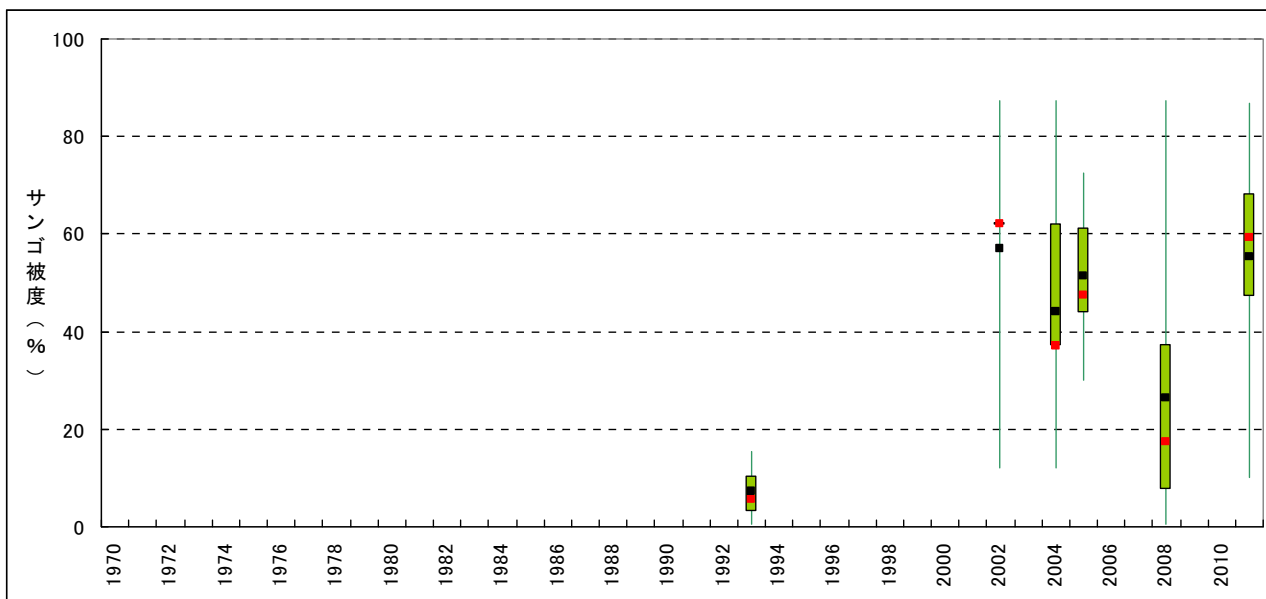


図6-2-12. 簡易遊泳観察法による多良間島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. サンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

石垣島周辺（図6-2-13）

石垣島周辺では簡易遊泳観察法による1982年以前の調査は断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である。1972年の調査では、サンゴ被度の平均値、中央値、第三四分位値は40%弱であり高くはない。石垣島周辺では1960年代以前にオニヒトデが大発生したという記録があるため、1972年にはオニヒトデ大発生の影響を受けていたものと推測される。1972年から1982年までは調査が行われておらず、サンゴ被度の変遷は不明であるが、1983年から1991年までは多くの年でサンゴ被度の平均値、中央値、第三四分位値は低く、この頃の石垣島周辺のサンゴ被度は高くなかったと推測される。1994年にサンゴ被度が大きく増加しているが、1994年と1995年のサンゴ被度は高めに記録されたことが指摘されているため（八重山海中公園研究所 1997）、実際のサンゴ被度はグラフにあるほど大きく増加していなかったと考えられる。また、1983年から1997年までの石垣島周辺の簡易遊泳調査地点は非常に少ないことに注意が必要である。

1998年にはサンゴ被度の平均値、中央値共に大きく落ち込んだが、その後徐々に増加し、2004年にサンゴ被度の平均値、中央値共に大きく増加している。2007年に再びサンゴ被度が大きく減少したがその後はわずかに増加している。2010年から2011年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査データが含まれているため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。また、八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度は短期間で大きく減少するものと予想される。

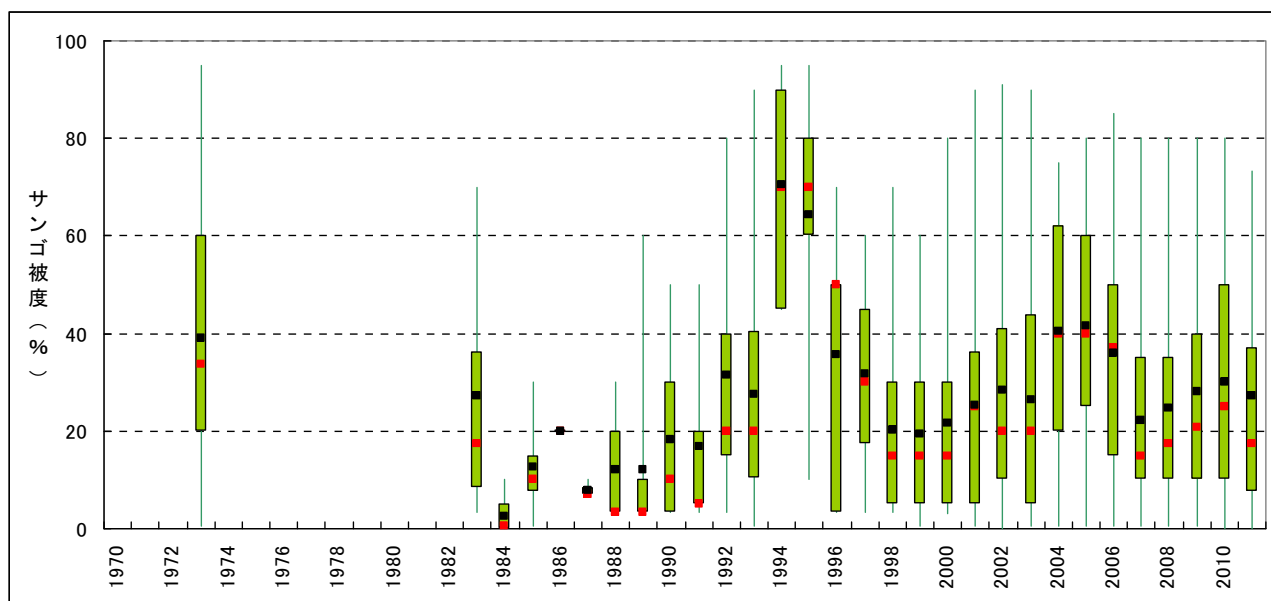


図6-2-13. 簡易遊泳観察法による石垣島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 1982年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 1994年と1995年のサンゴ被度は高めに記録されたことが指摘されている(八重山海中公園研究所 1997). 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

石西礁湖周辺（図6-2-14）

石西礁湖周辺では簡易遊泳観察法による1982年以前の調査は断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である。1973年の調査では、サンゴ被度の平均値は60%を超え、中央値も60%に近い。1972年から1983年までは調査がほとんど行われておらず、サンゴ被度の変遷は不明であるが、1983年から1991年までは多くの年でサンゴ被度の平均値、中央値、第三四分位値は低く、特に中央値が非常に低い値で推移している。そのため、この頃の石西礁湖周辺のサンゴ被度は高くなかったと推測される。1994年にサンゴ被度が大きく増加しているが、1994年と1995年のサンゴ被度は高めに記録されたことが指摘されているため（八重山海中公園研究所 1997）、実際のサンゴ被度はグラフにあるほど大きく増加していなかったと考えられる。

1996年から2002年までは1999年に大きく中央値が下がるものの、サンゴ被度の平均値、中央値は20~40%で推移しており、2003年から2005年には40~60%で推移している。1996年から2005年の石西礁湖周辺のサンゴ被度は、1998年に白化現象の影響を受けながらも、徐々に回復していたものと考えられる。しかしながら、2006年と2007年にはサンゴ被度の平均値、中央値が大きく落ち込んでいる。石西礁湖周辺では2003年頃からオニヒトデが多くなっており、2007年には白化現象が広範囲で確認されているため、2006年と2007年のサンゴ被度の減少はオニヒトデの大発生と白化現象が大きな要因と推測される。2008年以降のサンゴ被度は20%前後で推移している。

2010年から2011年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査データが含まれているため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。また、八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度は短期間で大きく減少するものと予想される。

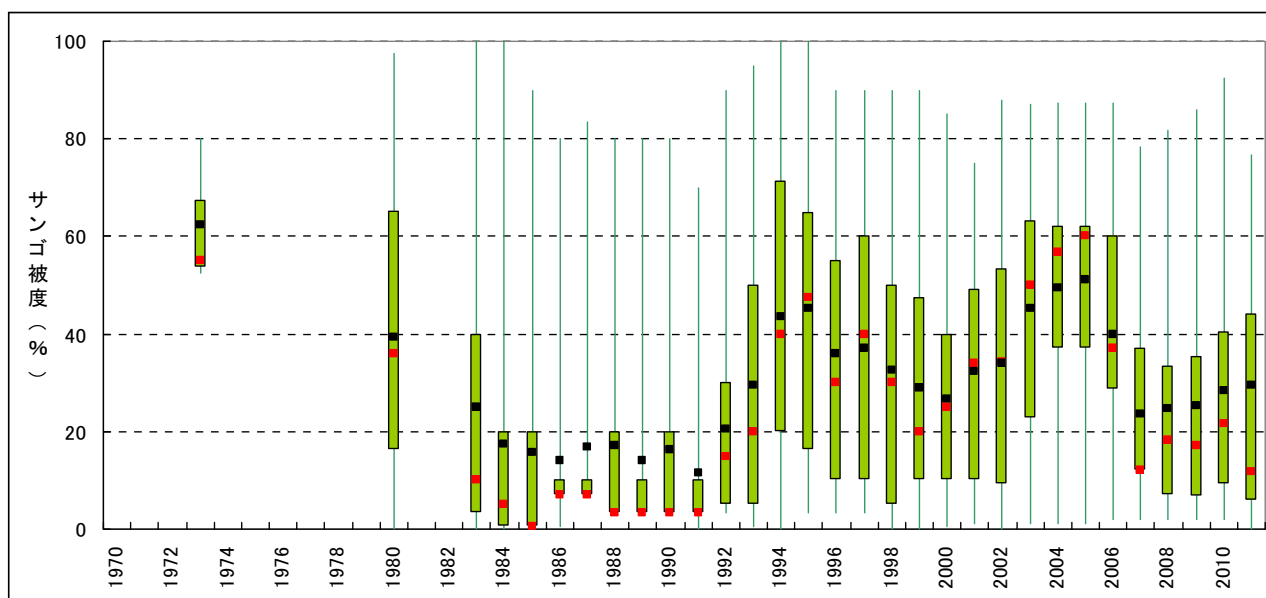


図6-2-14. 簡易遊泳観察法による石西礁湖周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 1982年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 1994年と1995年のサンゴ被度は高めに記録されたことが指摘されている(八重山海中公園研究所 1997). 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

西表島周辺（図6-2-15）

西表島周辺では簡易遊泳観察法による1998年以前の調査は断続的で、サンゴ被度の変遷は不明である。1993年の調査では、サンゴ被度の平均値、中央値は20%弱でありあまり高くない。西表島周辺では1950年頃からオニヒトデが大発生したという記録があるため、西表島周辺のサンゴ群集は古くからオニヒトデの大発生の影響を受けていたものと推測される。

1999年から2003年までは2000年に大きく中央値が下がるものの、サンゴ被度の平均値、中央値は20~40%で推移しており、2004年から2010年には40~60%で推移している。西表島周辺のサンゴ群集も1998年の白化現象の影響を受けたと考えられるが、1999年以降徐々に回復していたものと考えられる。しかしながら、西表島周辺の一部海域では2004年頃からオニヒトデが多くなっており、サンゴ被度が大きく減少しているところもある。

2010年のサンゴ被度はサンゴ礁資源情報整備事業のスポットチェック法調査データが含まれているため、調査場所がサンゴ被度の高い場所に偏っている可能性がある。また、八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度は短期間で大きく減少するものと予想される。

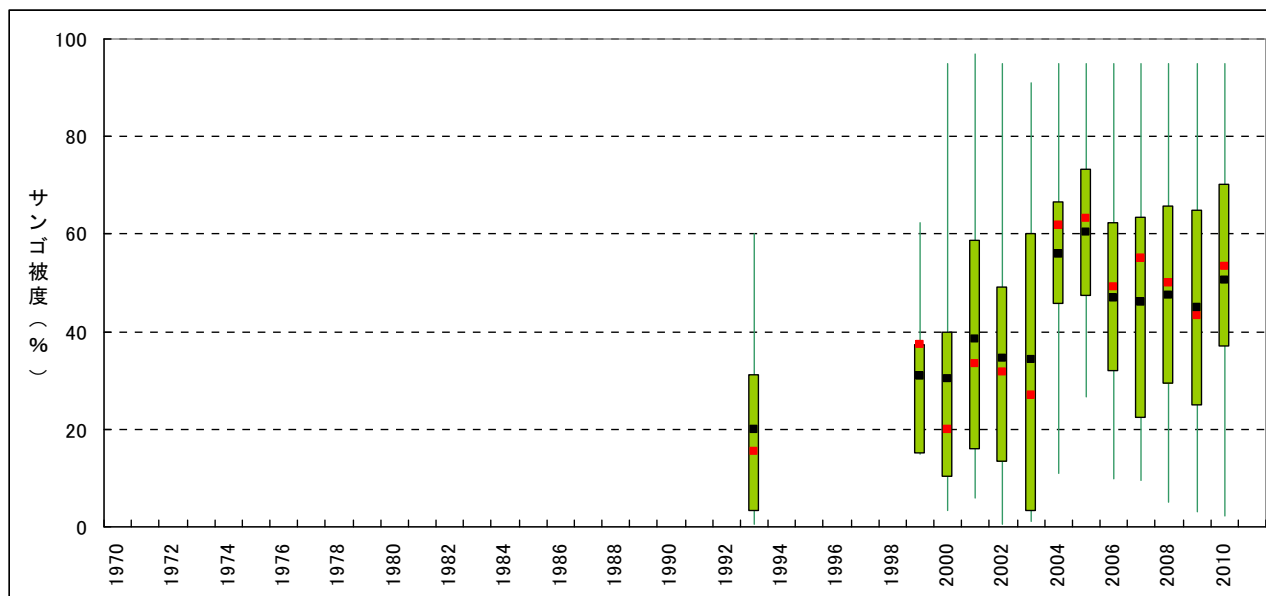


図6-2-15. 簡易遊泳観察法による西表島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 1998年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

与那国島、波照間島周辺（図6-2-16）

与那国島、波照間島周辺では簡易遊泳観察法による調査は非常に少なく、年により調査地域に偏りがあるため、サンゴ被度の変遷は不明である。

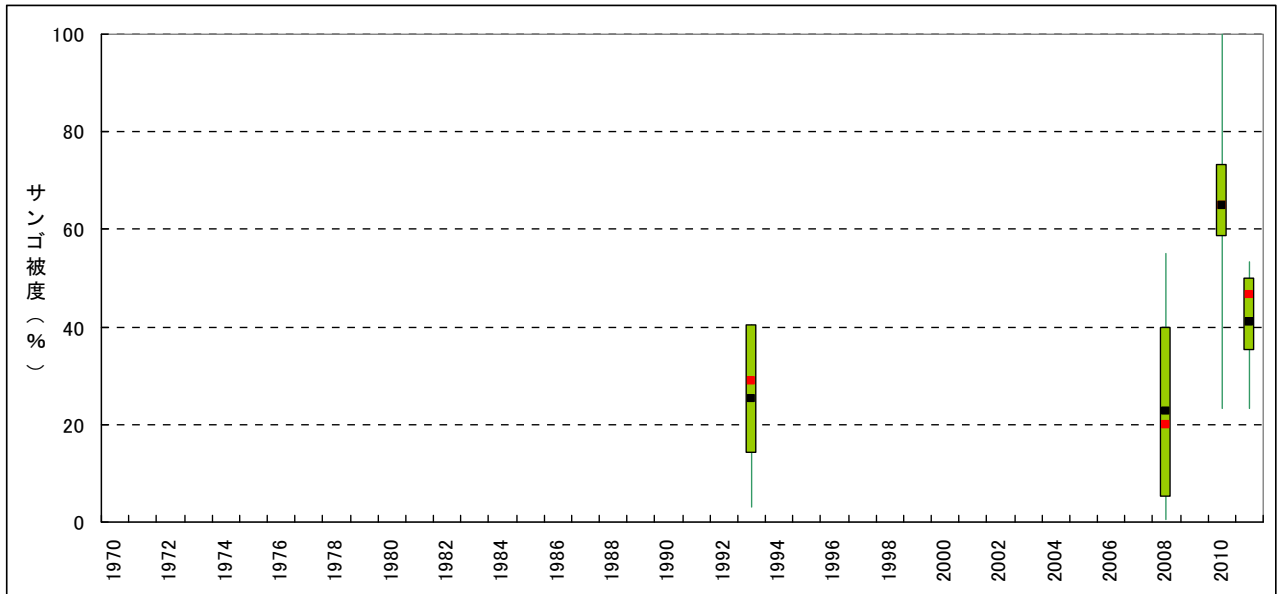


図6-2-16. 簡易遊泳観察法による与那国島、波照間島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. サンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

第3節 攪乱要因の変遷

1. オニヒトデの大発生

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、大発生が起これると考えられている。オニヒトデ大発生の原因は、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、全県的な大発生が起これ、壊滅的な被害を受けた。また、2000年頃からは、慶良間諸島で大発生が起これ、近年、八重山・宮古など再び県内各地で大発生が確認されている。ここではサンゴ礁資源情報整備事業で行った現況調査と資料調査から、オニヒトデ大発生の現況と変遷を整理した。

1-1. オニヒトデ大発生の現況

サンゴ礁資源情報整備事業におけるマンタ法調査によるオニヒトデ個体数及び食痕数の平均を陸域海域区分毎に色分けした結果を図6-3-6~7に示す。

伊平屋島、伊是名島周辺ではオニヒトデはほとんど確認されなかったが、食痕が伊平屋島南西で多かった。沖縄島周辺ではチービシを除きオニヒトデは多くはないが、本部半島周辺や名護湾から残波岬にかけて少しみられる。チービシのナガンヌ島礁池では、オニヒトデが非常に多い。食痕は沖縄島西海岸に多く、特に本部半島周辺で食痕数の平均が10個を超えている。大東地域ではオニヒトデも食痕も確認されなかった。

沖縄島周辺離島（久米島、粟国島周辺、渡名喜島周辺、慶良間地域）ではオニヒトデはほとんど確認されなかったが、食痕がハテノ浜周辺で多く座間味島周辺でも少しみられる。

宮古地域では池間島や大神島周辺でオニヒトデが多く、伊良部島や水納島周辺ではオニヒトデが非常に多い。食痕は宮古地域のほぼ全域でみられ、その数も多い。宮古地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度や構成が短期間で大きく変化し、オニヒトデの発生状況も短期間で大きく変化する可能性がある。

石垣島周辺では北部にオニヒトデが非常に多く、他の地域と比較してもその数は桁が違う。食痕はほぼ全域で非常に多く、既にオニヒトデに食べられた後の石垣島南東では食痕が少ない。

石西礁湖では小浜島東や黒島東でオニヒトデが非常に多く、同地域では食痕も多い。オニヒトデがほとんどみられない海域でも食痕が多くみられるヨナラ水道や竹富島北付近では、今後オニヒトデが大発生すると思われる。

西表島周辺では鳩間島周辺でオニヒトデが非常に多く確認されており、食痕は西表島北から西にかけて非常に多い海域がある。

八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集の被度や構成が短期間で大きく変化し、オニヒトデの発生状況も短期間で大きく変化する可能性がある。特に石垣島や石西礁湖、西表島周辺の調査は主に2010年に実施されているため、現在（2012年）の状況と大きく違って

いることが予想される。食痕が非常に多く確認されている地域は、近い将来にオニヒトデの大発生が確認される可能性が高い。

与那国島周辺ではオニヒトデも食痕も確認されなかった。波照間島周辺では、食痕が少し確認されている。

1-2. オニヒトデ大発生の変遷

沖縄県内で実施された簡易遊泳観察法調査によるオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷を図6-3-1～5に示す。簡易遊泳観察調査はサンゴ礁の一定の範囲（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。沖縄県における過去からのサンゴ群集の変遷を追うために、1970年以降に実施されていたサンゴ類の調査について整理した（表6-2-1）。どの調査も調査地点は厳密には同一ではないが、各地域での簡易遊泳調査で浅い礁斜面や礁池を調査している。また、各調査は調査時間や用いているサンゴ被度ランクなどに違いがあるため、全く同一手法ではなく、調査年により調査地域が偏っているため比較する際には注意が必要である。なお、近年モニタリング等で実施されているスポットチェック法は、簡易遊泳観察法の一つであり、詳細な調査手法は野村（2004）に定められている。

沖縄県内で実施された簡易遊泳観察法による調査を整理し、得られた各年毎のオニヒトデ個体数密度から平均値、中央値^{*}、第一四分位値^{*}、第三四分位値^{*}、最大値及び最小値を算出し、各地域における簡易遊泳観察によるオニヒトデ個体数密度の変遷として箱ひげ図を作成した（図6-3-1～5）。

※中央値、第一四分位値、第三四分位値について

第一四分位数（25パーセンタイル）とは、データを小さい順に並べたとき、初めから数えて25%の位置にある数。中央値とは、観測値を大きさの順に並べたデータのちょうど中央にあるデータのこと、50パーセンタイルに等しい。第三四分位数（75パーセンタイル）とは、データを小さい順に並べたとき、初めから数えて75%の位置にある数。

パーセンタイルとは、データを小さい順に並べたとき、初めから数えて全体の $100\alpha\%$ に位置する値を 100α パーセンタイルという（ $0 \leq \alpha \leq 1$ ）。65パーセンタイルであれば、最小値から数えて65%に位置する値を指す。

沖縄島周辺離島（図6-3-1）

沖縄島周辺では簡易遊泳観察法による2000年以前の調査は断続的でオニヒトデ個体数密度の変遷の詳細ははっきりしないが、1970年代はじめの調査ではオニヒトデ個体数密度の平均値が10個体/10分または15分を超え、駆除数も1万個体/年を超えている。特に1973年から1975年にかけては約100万個体/年も駆除されており、1976年にはオニヒトデ個体数密度の平均値と第三四分位値は10個体/10分または15分を超えている。

1970年代後半から2000年頃までの調査は断続的ではあるが、オニヒトデ個体数密度の平均値や第三四分位値は1~10個体/10分または15分の間で推移している。そのため、1970年代後半から2000年頃までの間、沖縄島周辺にはオニヒトデがある程度いたのではないかとと思われる。

2000年以降は駆除個体数も10万個体/年を下回り、オニヒトデ個体数密度の最大値も2005年からは最大値も10個体/10分または15分を超えることはなくなっており、1970年代はじめと比べると少ない。

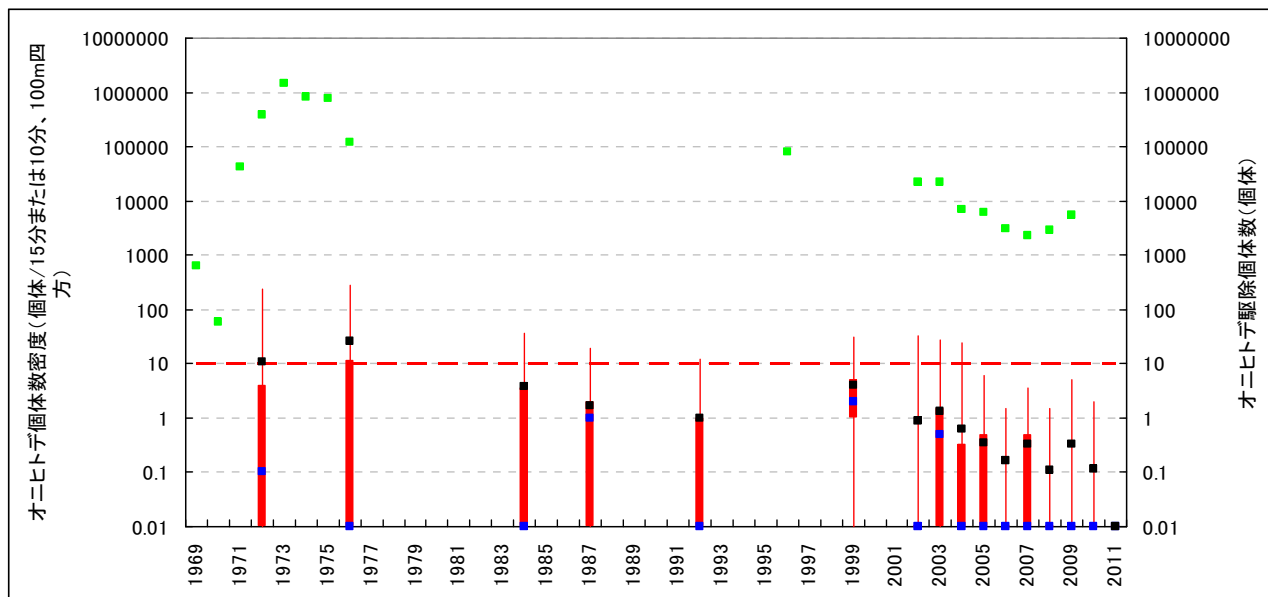


図6-3-1. 簡易遊泳観察法による沖縄島周辺のオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体密度の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している。赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度。2000年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である。調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である。

沖縄島周辺離島（図6-3-2）

沖縄島周辺離島（栗国島、渡名喜島、チービシ、慶良間）では簡易遊泳観察法による2002年以前の調査は断続的でオニヒトデ個体数密度の変遷の詳細ははっきりしないが、1973年の調査でオニヒトデ個体数密度の平均値、中央値が共に10個体/10分または15分を超え、駆除数も1975年には10万個体/年を超えている。

1984年から1992年までの調査は断続的ではあるが、オニヒトデ個体数密度の平均値や第三四分位値は0.1~1個体/10分または15分の間で推移しており、沖縄島周辺のオニヒトデ個体密度と比較すると低い。1999年以降には、オニヒトデ個体数密度の平均値や第三四分位値が1個体/10分または15分を超え、駆除個体数も比較的多い。2006年以降はオニヒトデ個体密度の平均値や第三四分位値は低い値で推移している。沖縄島周辺のオニヒトデ個体密度や駆除数は、規模は違うが1970年代はじめや2000年はじめの沖縄島のオニヒトデ個体密度や駆除数の変動と類似している。

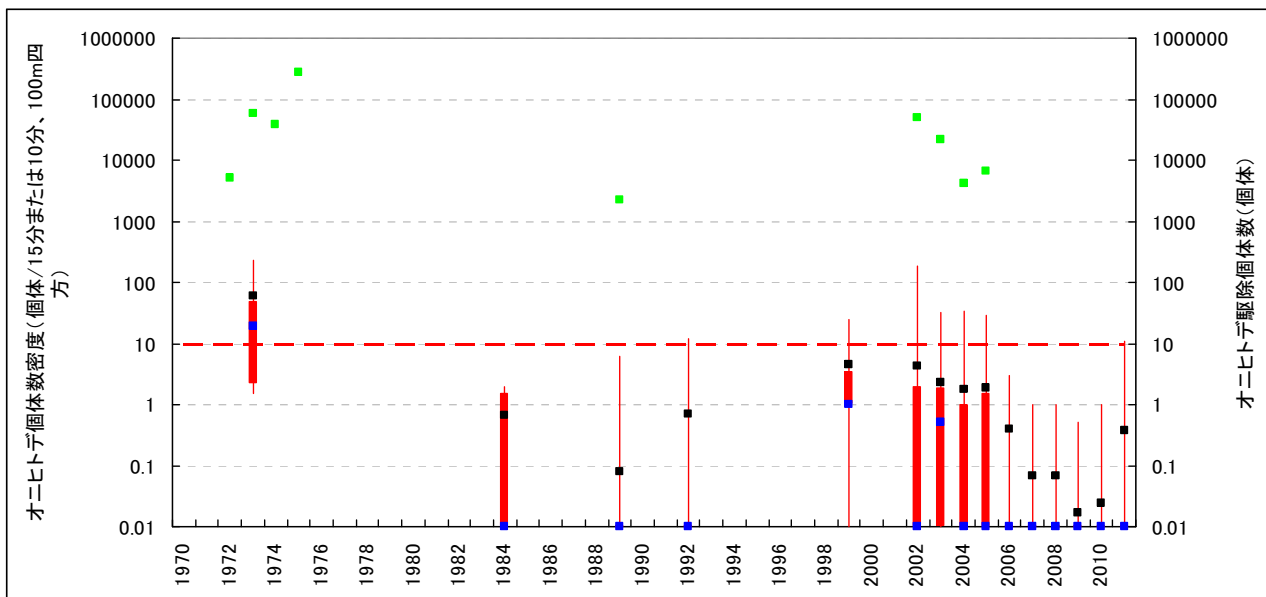


図6-3-2. 簡易遊泳観察法による沖縄島周辺離島のオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体密度の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している. 赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度. 2002年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

久米島周辺（図6-3-3）

久米島周辺では簡易遊泳観察法による調査は少なく、オニヒトデ個体数密度の変遷は不明である。特に2000年以前の簡易遊泳調査はほとんど実施されておらず大半の年が不明であるが、1973年のオニヒトデ個体密度や駆除数をみると、1970年代はじめにはオニヒトデが大発生していたと考えられる。2002年から2005年までの調査ではオニヒトデある程度確認されているが、2009年の調査では全く確認されていない。2010年に行われたサンゴ礁資源情報整備事業のマンタ法調査でもオニヒトデはほとんど確認されていないが、ハテナ浜周辺で比較的多くの食痕が確認されている（図6-3-7）。

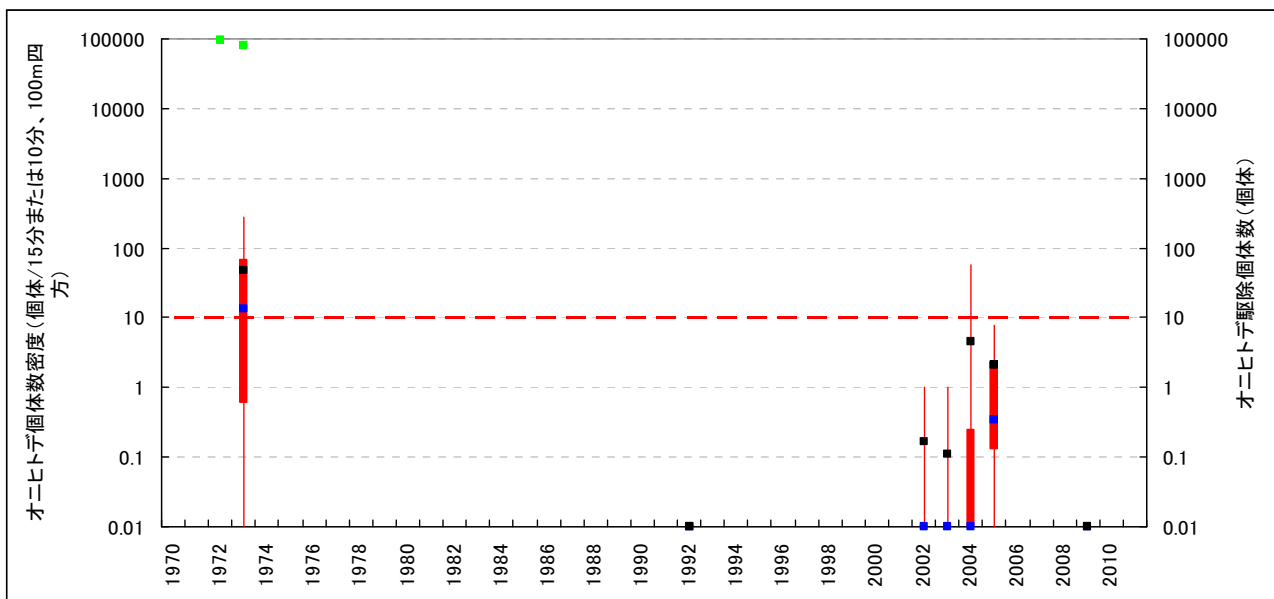


図6-3-3. 簡易遊泳観察法による久米島周辺のオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体数の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している。赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体数密度。2002年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である。調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である。

宮古地域（図6-3-4）

宮古地域では1997年以前の簡易遊泳観察法による調査は少なく、オニヒトデ個体数密度の変遷は不明である。1957年に10万個体以上のオニヒトデが駆除されており、1957頃に宮古地域でオニヒトデが大発生していたと推測される。1973年の調査ではオニヒトデ個体数密度の平均値が10個体/10分または15分近くあるが、平均値は第三四分位値を超えているため、特定の場所に非常に多くのオニヒトデが生息していたと考えられる。その後1993年、1999年、2002年の調査ではほとんどオニヒトデは確認されていないが、2004年から平均値が10個体/10分または15分を超え、オニヒトデ個体数密度は高くなっている。

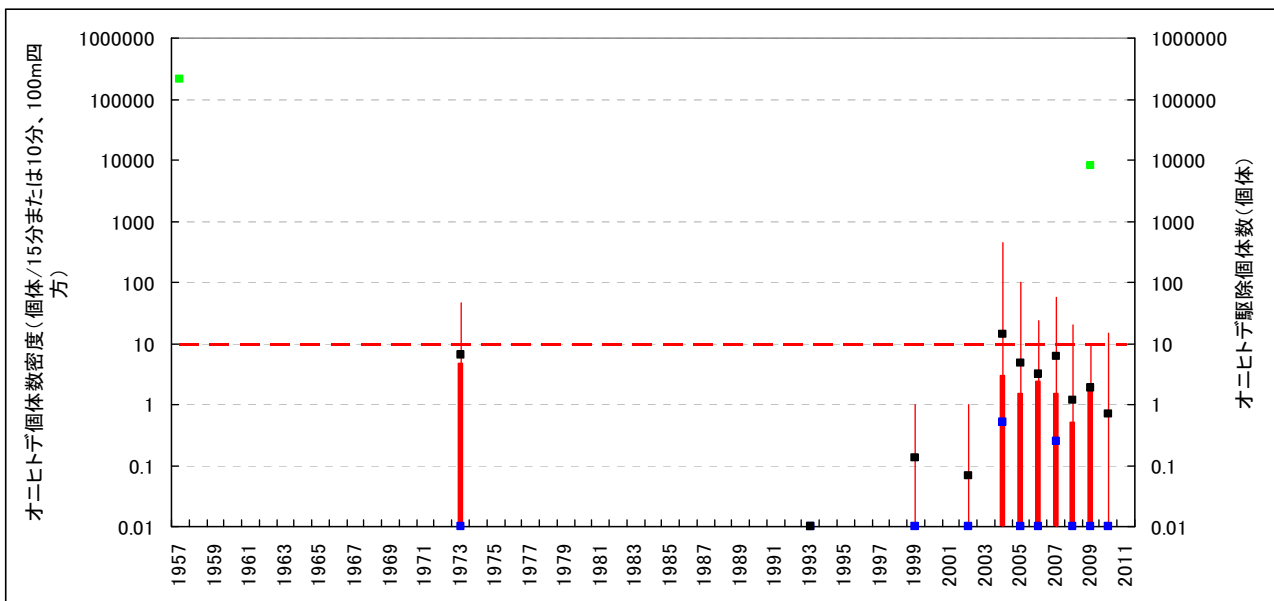


図6-3-4. 簡易遊泳観察法による宮古島周辺のオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体密度の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している。赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度。1997年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である。調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である。

八重山地域（図6-3-5）

八重山地域では簡易遊泳観察法による1982年以前の調査は断続的で、オニヒトデ個体数密度の変遷は断片的である。1973年の調査では、オニヒトデ個体数密度はそれほど高くないが、駆除個体数が1969年から1万個体/年を超えており、この頃からオニヒトデが大発生していたと推測される。オニヒトデ駆除個体数は1982年の約100万個体/年がピークで1985年まで10万個体/年以上で推移し、1986年に約1万個体/年まで大きく減っている。その後オニヒトデ個体数密度や駆除数は低い値で推移し、2004年頃からオニヒトデ個体数密度が増加しはじめると共に駆除個体数も右肩上がり増加している。

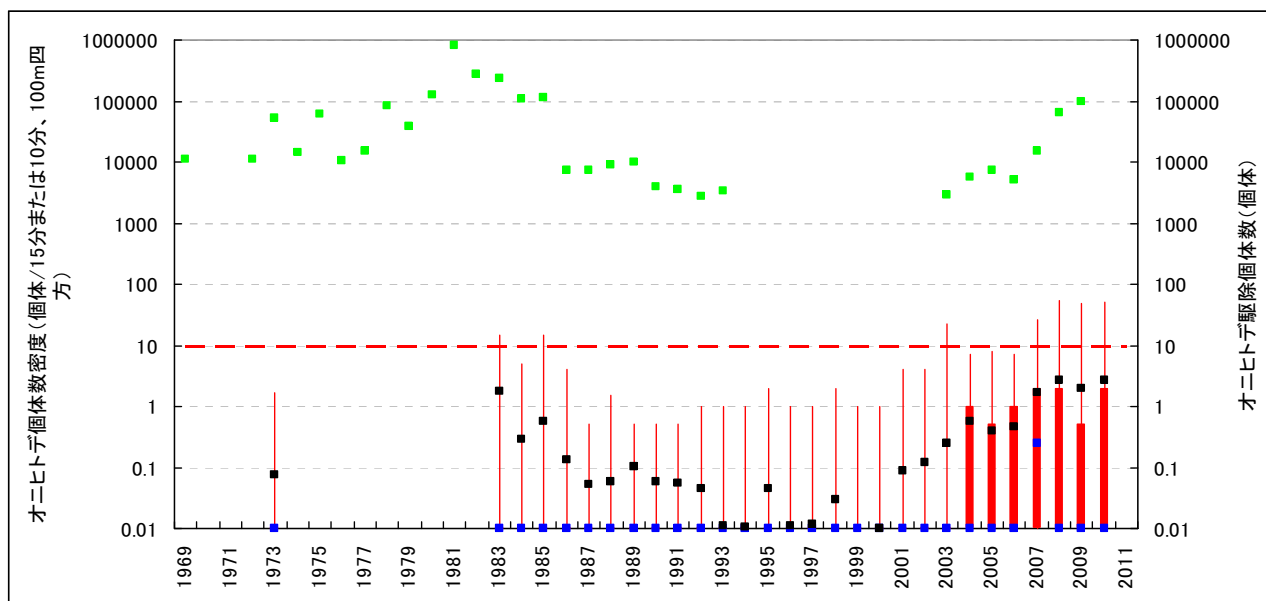


図6-3-5. 簡易遊泳観察法による八重山のオニヒトデ個体数密度の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体密度の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している. 赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度. 1982年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

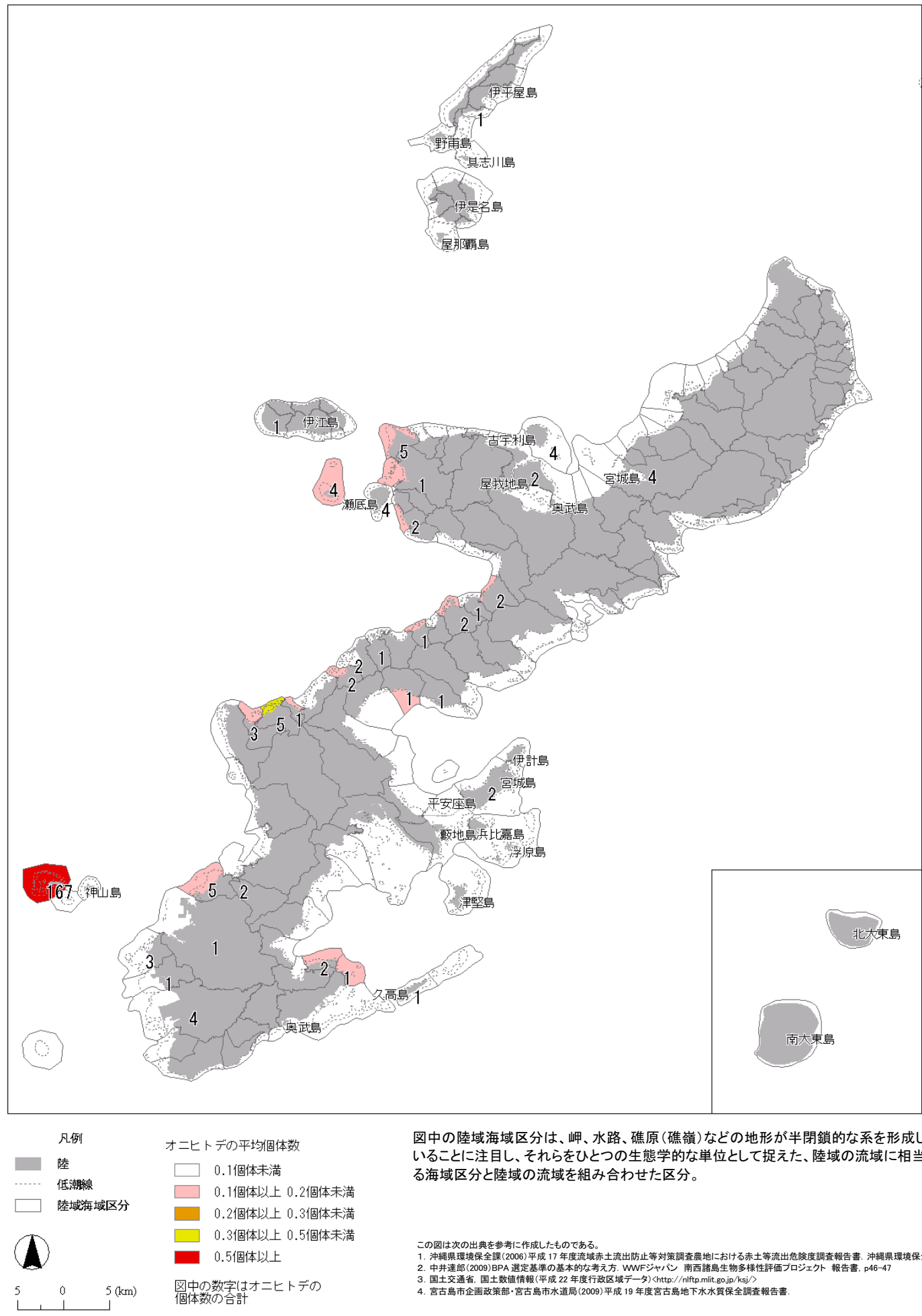
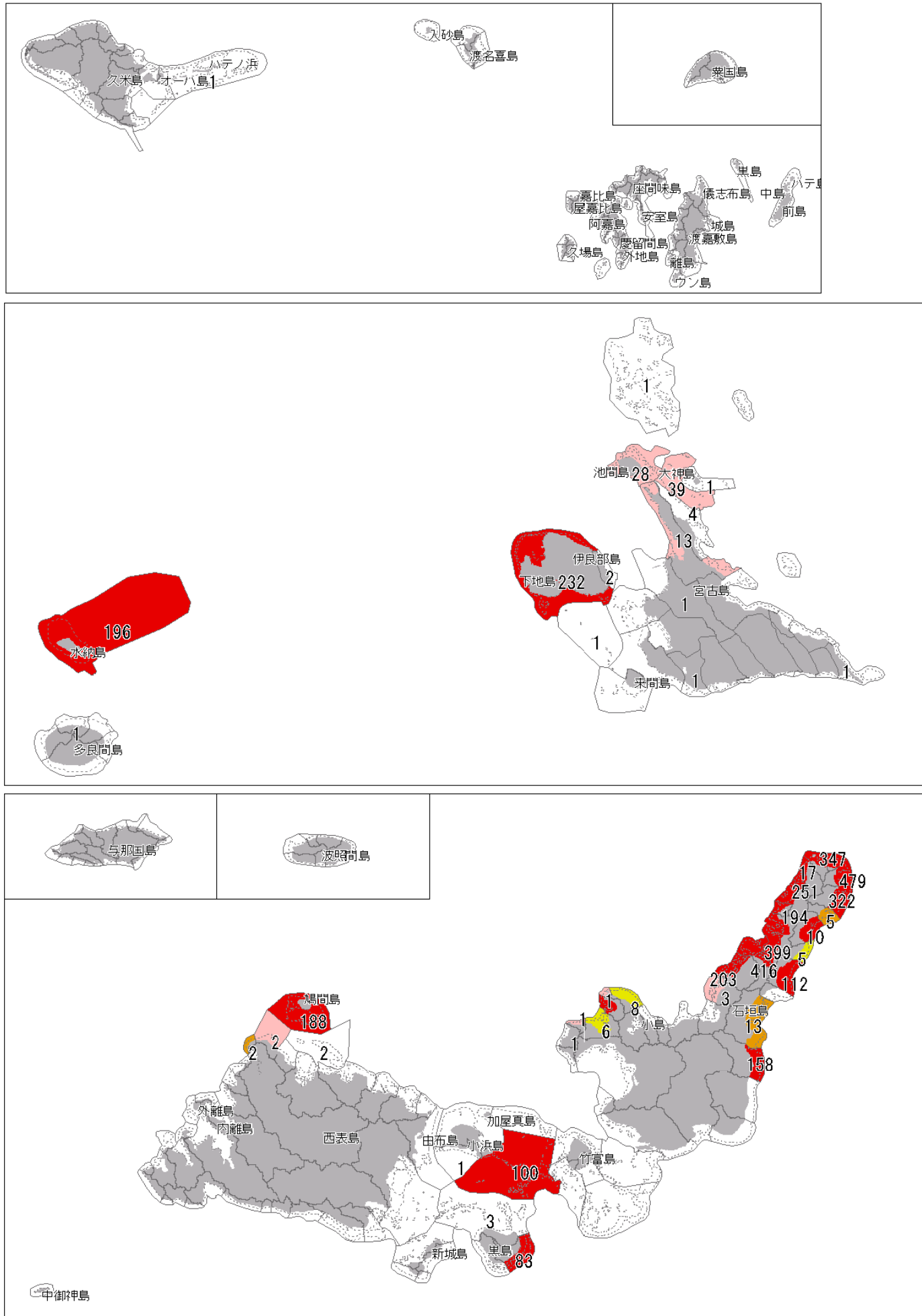


図7-3-6. マンタ法調査による陸域海域区分毎のオニヒトデ平均個体数.

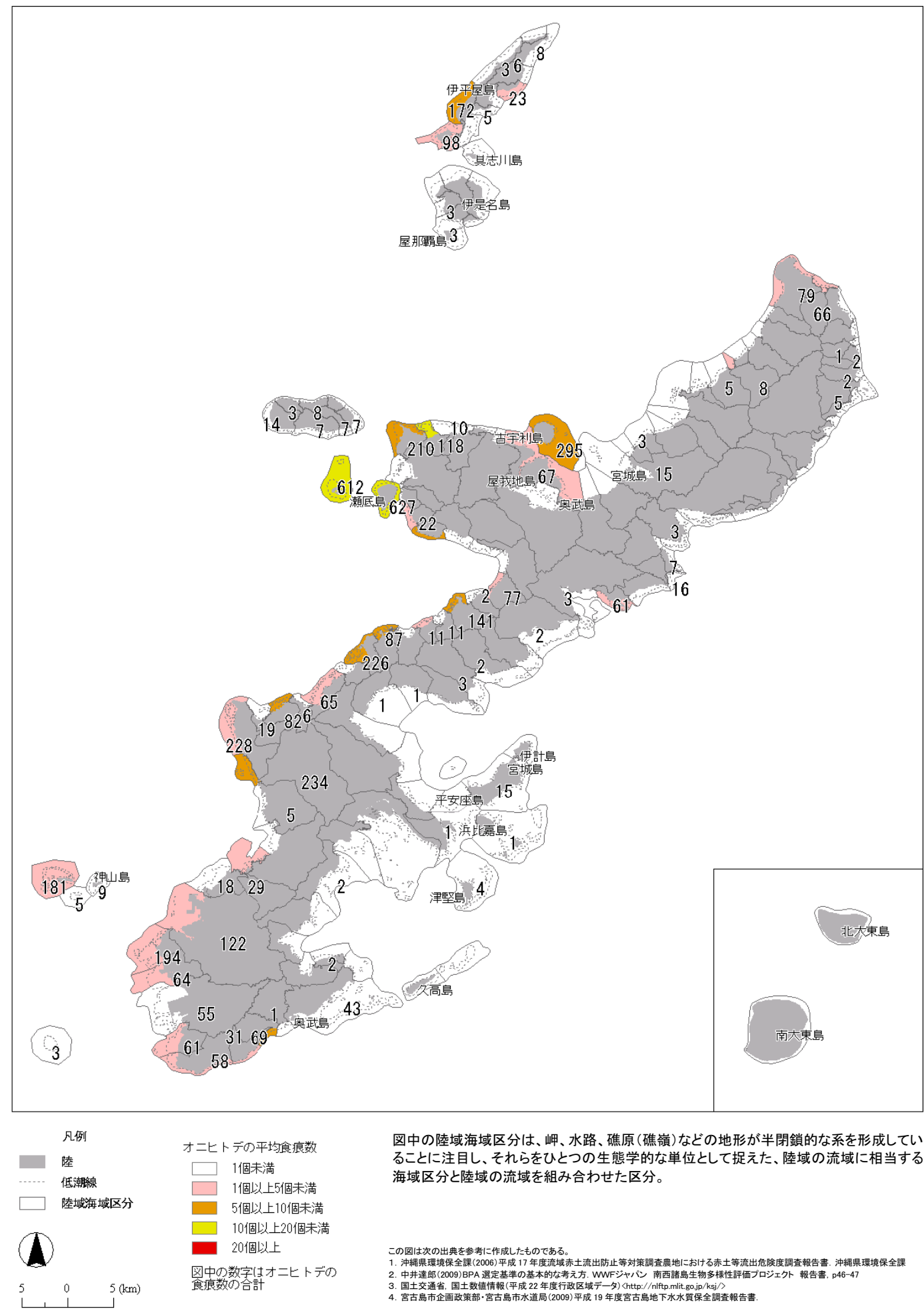
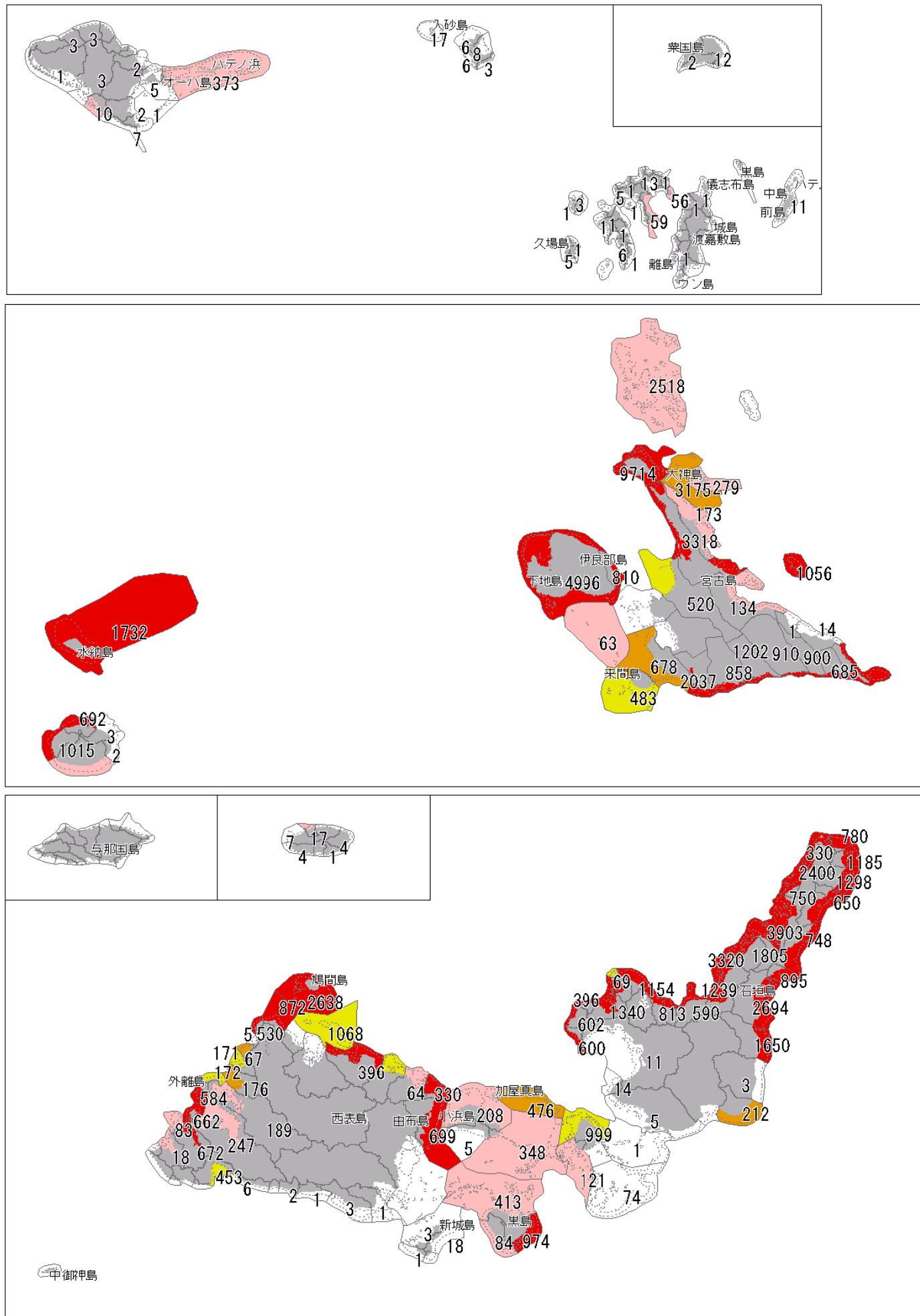


図6-3-7. マンタ法調査による陸域海域区分毎のオニヒトデ食痕数.

2. サンゴの白化現象

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 6-3-8）。

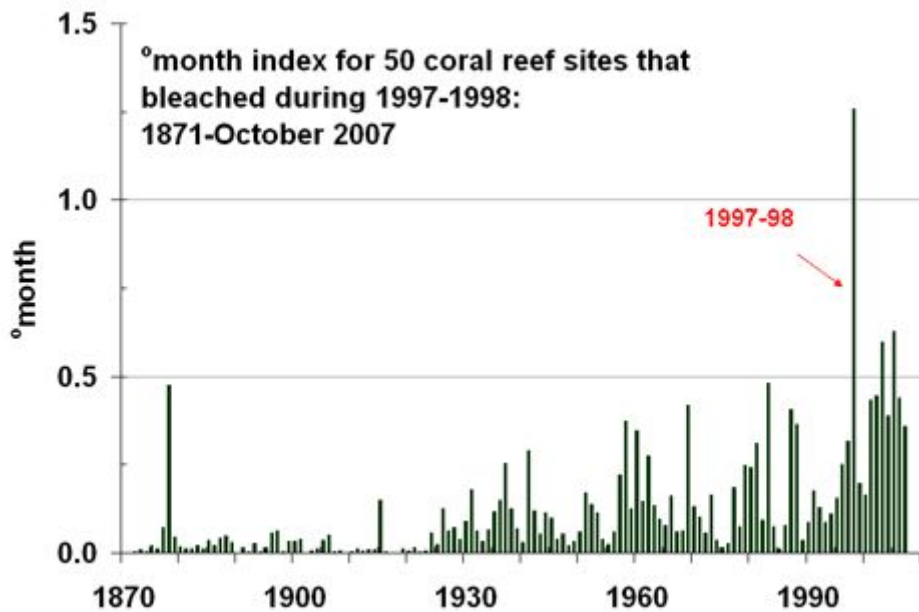


図6-3-8. 世界のサンゴ礁 50 ヶ所における高水温指数(UK Hadley Centre global monthly SST;1871-1999 と NOAA NCEP EMC CMB Global Reyn-Smith Olv2 Satellite and observations data set をもとに作成). °month は 1982 年から 1999 年のデータをもとに、年間の月々の平均最大水温を超える月を合計した高水温指数. 解析の詳細は Lough (2000) を参照. オーストラリア海洋科学研究所ホームページより.

沖縄島周辺では、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。

慶良間地域では、阿嘉島周辺で 1998 年の大規模な白化現象の前後に行われた調査結果から、1998 年の白化現象は慶良間地域のサンゴ群集へ広範囲で大きな打撃を与えたと推測される。久米島地域における 1998 年の白化による影響を直接調査した結果はないが、ヒアリングによる調査結果によると、久米島地域でも多くのサンゴが白化し死亡しているようである（環境庁 2000）。1998 年の高水温が沖縄島本島地域のサンゴ群集へ非常に大規模で壊滅的な打撃を与えたのと同様に、久米島地域でもサンゴ群集は大きく攪乱されたと推測される。

宮古地域では、1998年には八重干瀬で60%以上が白化し、30～80%が死亡したという聞き取り調査結果や、城辺町で20～60%が白化し、ほとんどが死亡したという聞き取り調査結果がある（環境庁2000）。宮古地域でも1998年の白化現象によるサンゴ群集への影響は大きかったものと推測される。

八重山地域では1998年と2007年に高水温による白化現象により、大きな影響を受けたと考えられる。1998年は八重山地域で行われた調査結果や世界的な規模で白化現象が確認され沖縄でも多くの地域で白化現象が確認されていることなどから、八重山地域のサンゴ群集へ広範囲で大きな打撃を与えたと推測される。また、2007年は白化現象だけでなく、オニヒトデも多くの地点で確認されていることから、広範囲のサンゴ群集が大きな打撃を受けたと推測される。

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。このような白化現象は、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攪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、白化現象と気候変動の関係を広く知らせ、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。

4. 赤土等の土壌流出

4-1. 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、サンゴ礁生態系を攪乱し、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侵食が起こりやすい。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侵食はさらに激しくなる。

沖縄における赤土等の流出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 6-3-1 および表 6-3-2)。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 6-3-9、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、赤土等の流出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 6-3-10、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 6-3-11)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。

沖縄県における土地利用の変遷を図 6-3-12 に示す。1986 年から 1990 年にかけて畑の面積が少しずつ増加しているが、その他に大きな変化はない。1990 年から 1995 年にかけて山林や畑、原野の面積が大きく増加しているが、原因は不明である。1995 年から 1999 年にかけては山林の面積が少しずつ減少し、原野の面積が増加している。1976 年以降には宅地の面積が大きく増加し、田の面積が減少している。1995 年から 2006 年にかけて畑の面積は少しずつ増加している。

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、底質中懸濁物質質量簡易測定法(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。

表6-3-1. 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)	●パイプ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
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) ●パイプ畑開墾及び戦車道、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、赤土汚染が広がりが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6-3-2. 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	

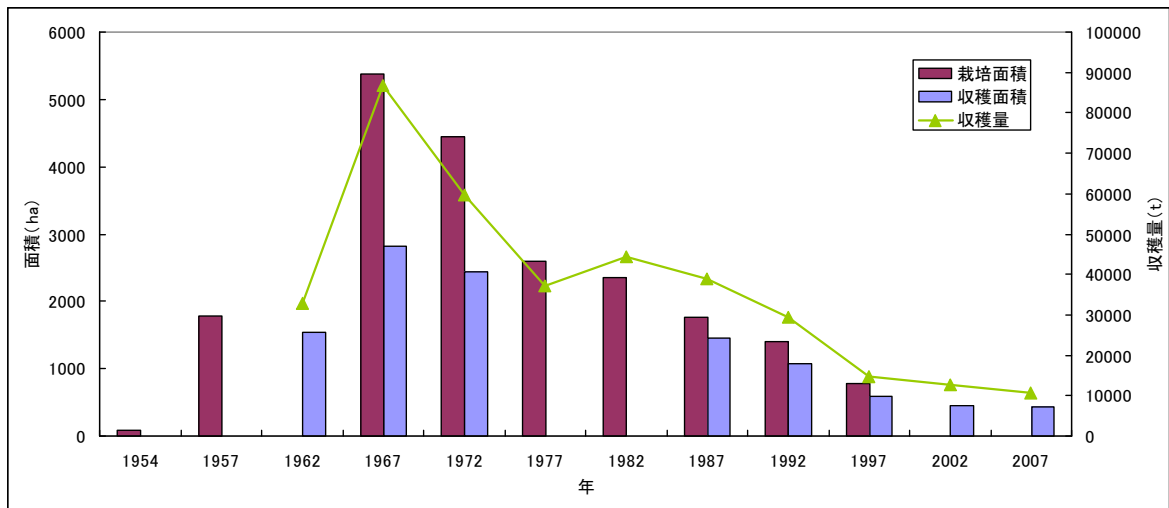


図6-3-9. 沖縄県のパイナップルの栽培・収穫面積・収穫量の変遷. 沖縄県環境保健部(1991)及び沖縄県統計年鑑をもとに作成.

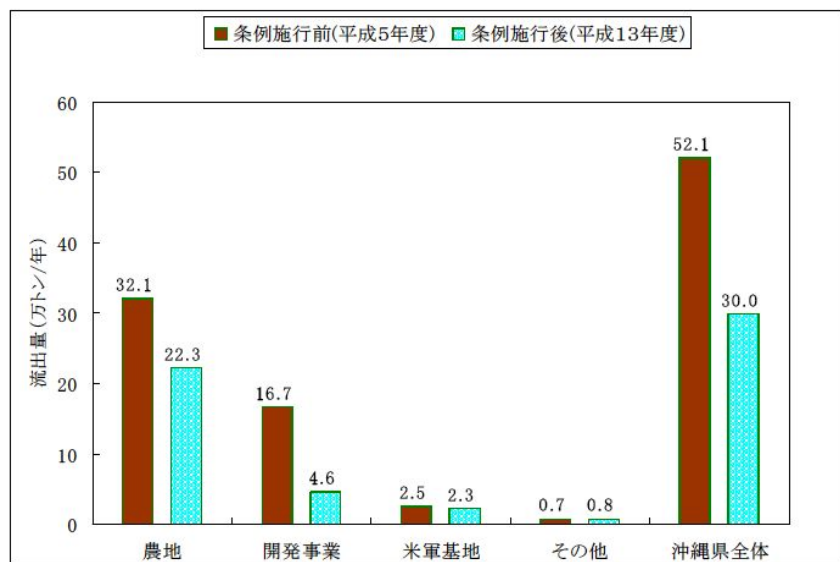


図6-3-10. 沖縄県の赤土等流出量の推移. 沖縄県(2009)より.

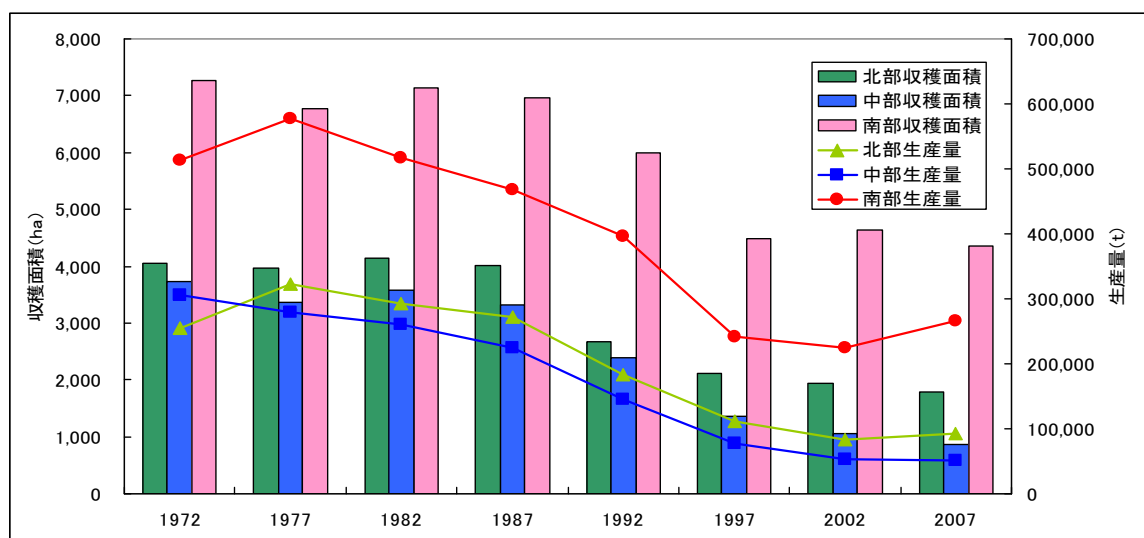


図6-3-11. 沖縄島本島地域のさとうきびの収穫面積・生産量. 沖縄県統計年鑑をもとに作成.

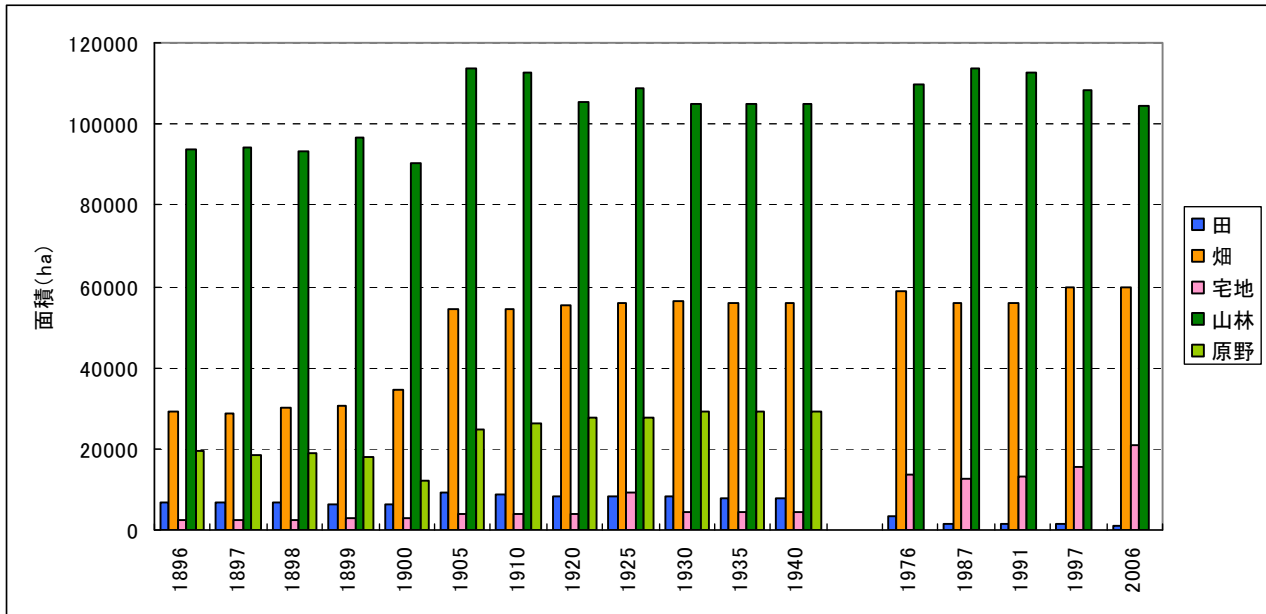


図6-3-12. 沖縄県における土地利用の変遷. 1896年から1940年のデータは奄美沖縄環境史資料集成に付属する統計データを利用して作成した(早石周平 2011). 1976年以降のデータは、国土数値情報の土地利用細分メッシュデータを元に作成した. 1905年から1910年の山林の面積は、民有地の山林と第三種官有地の合計とした. 1920年から1930年の山林の面積は、民有地の山林と第三種官有地の山林の合計とした. 1935年及び1940年の山林のデータは民有地の山林と農林省の官有地の合計とした. 奄美沖縄環境史資料集成の統計資料にある沖縄県統計書のデータには、1930年のデータの単位は「反」とあるが、単位が「町」と考えられたため、単位を「町」として計算した. 国土数値情報の土地利用細分メッシュは1メッシュを1.15haとして計算した. 国土数値情報の土地利用細分メッシュデータは、国土地理院の地形図、土地利用現況図、衛星画像などをもとに作成されている. 土地利用細分メッシュには「原野」の種別は無い.

4-2. 赤土等の土壌流出量の推定と海底への堆積

サンゴ礁資源情報整備事業では、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（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6-3-15～18に示す。

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（図6-3-15～18）。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。計算方法等の詳細は「第2章 第2節 2-3. 赤土等の土壌流出」を参照。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。このような条件があるが、図6-3-15～18の計算赤土等土壌流出総量は、ランクを相対的に比較することで地理的な流出総量の大小を知ることができる。

USLE式による計算赤土等土壌総流出量のランク5以上は沖縄島北部、沖縄島南部の一部、石垣島宮良川、西表島南風見岳にみられる。特に沖縄島北部にはランク5の陸域海域区分が多く、場所によってはランク6がみられる。これらの場所は、相対的に赤土等の土壌流出総量が多いと考えられる。

USLE式による計算赤土等土壌総流出量は降雨係数に、各種の係数を掛け合わせて算出されている。そのため、降雨係数が大きく変動すると、計算赤土等土壌総流出量も同じように変動する。今回使用した降雨係数は沖縄県（2006）で採用されている1991年から2000年の降雨係数の平均値を用いている。一方で、1971年から2010年の年間降水量と降雨係数をみると、年により大きく変動している（図6-3-13～14）。そのため、USLE式で算出した計算赤土等土壌総流出量の降雨係数は、一定期間の平均値を用いるため、算出した計算赤土等土壌層流出量は、平均化されたものとなっていることに注意が必要である。実際に降雨係数と主な赤土流出の歴史的経過をみると、1978年や1985年などの降雨係数と赤土等の流出の深刻さが合致している。例えば、1978年の名護における降雨係数は $1500\text{m}^2 \cdot \text{ft}/\text{ha} \cdot \text{hr}$ を超えており、1978年の主な赤土流出の歴史的経過（表6-3-1～2）をみると「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」となっていたり、1985年の名護における降雨係数は $1500\text{m}^2 \cdot \text{ft}/\text{ha} \cdot \text{hr}$ を超えており、1985年の主な赤土流出の歴史的経過をみると「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」となっていたりする。実際の赤土等土壌流出は降雨係数が大きく関係している可能性がある。

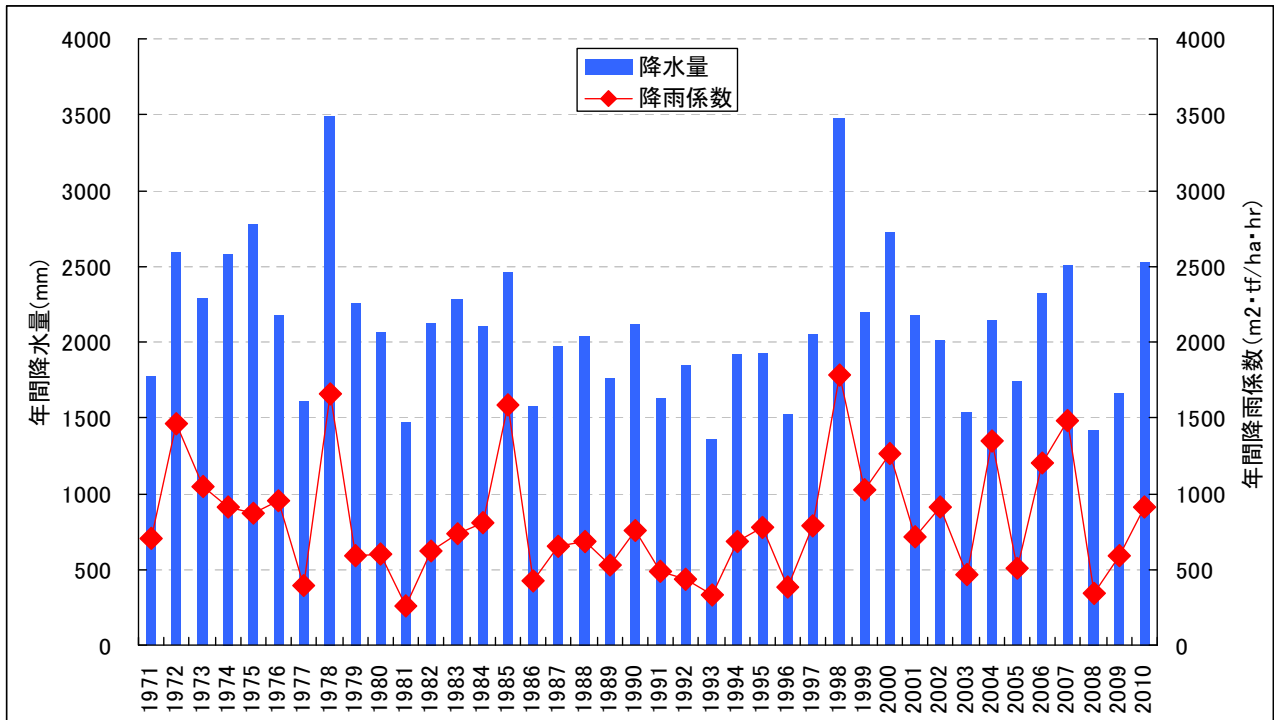


図6-3-13. 名護における年間降水量と降雨係数(気象庁ホームページより).

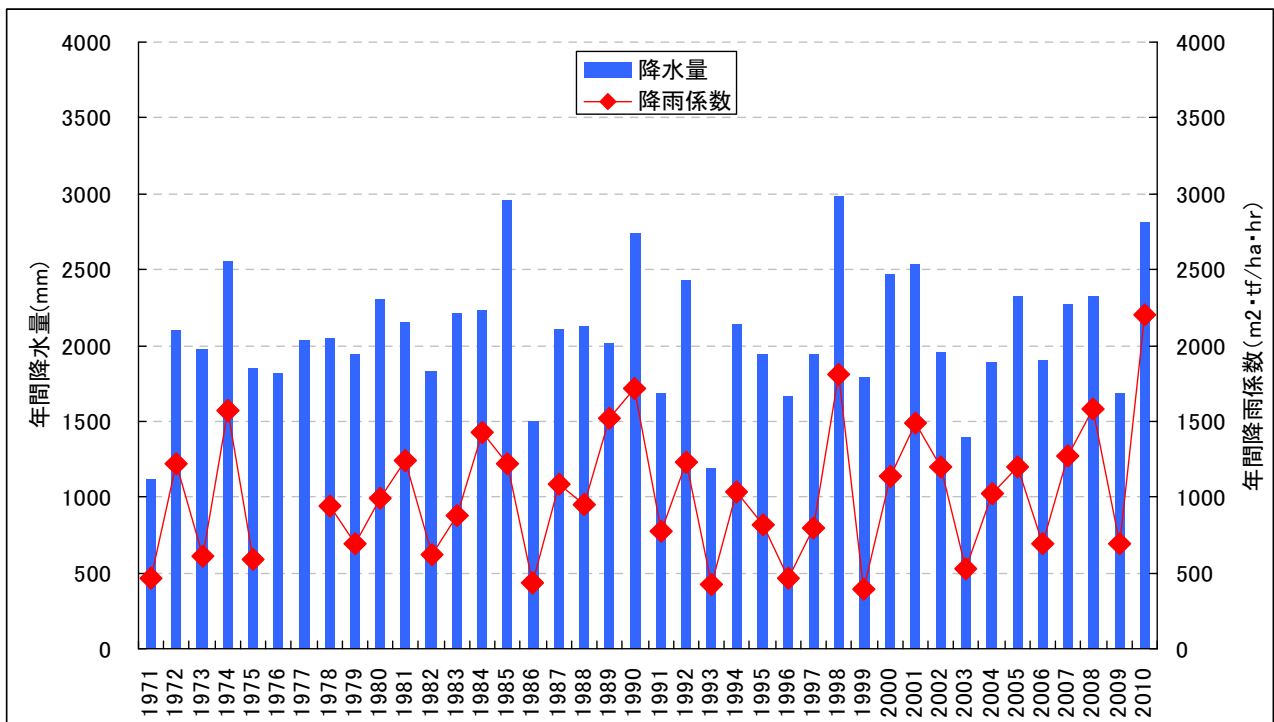


図6-3-14. 石垣における年間降水量と降雨係数(気象庁ホームページより). 1976年と1977年の降雨係数は、毎時降水量が不明なため、算出ができなかった。

沖縄県における赤土等の土壌流出は、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ものと考えられる。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。

沖縄島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 年代頃までが非常に多かったと考えられる。

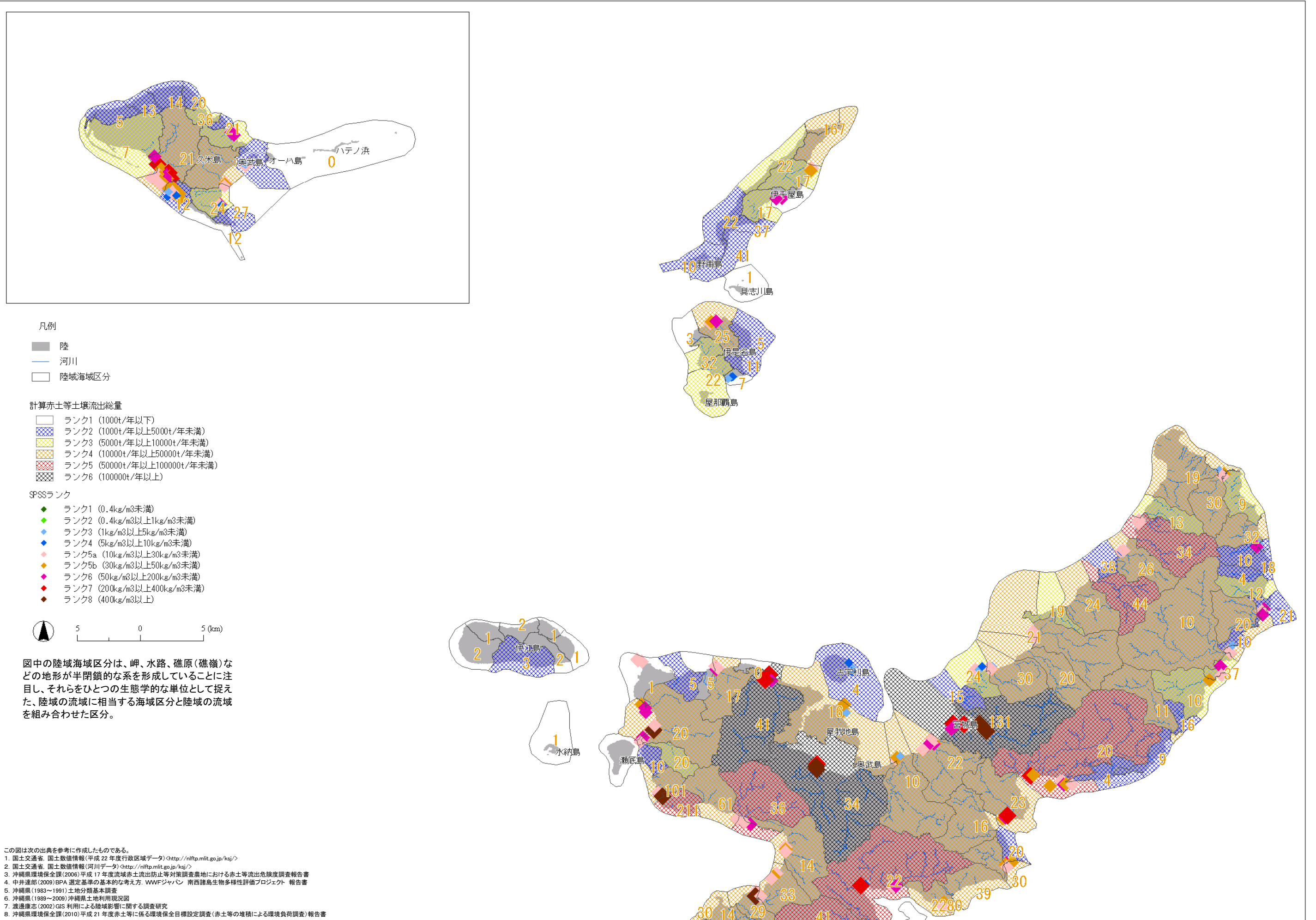


図6-3-15. 沖縄県環境保全課(2010)で調査された SPSS の最大値のランクと陸域海域区分毎の赤土等土壌流出総量と単位面積あたりの土壌流出量(沖縄島北).

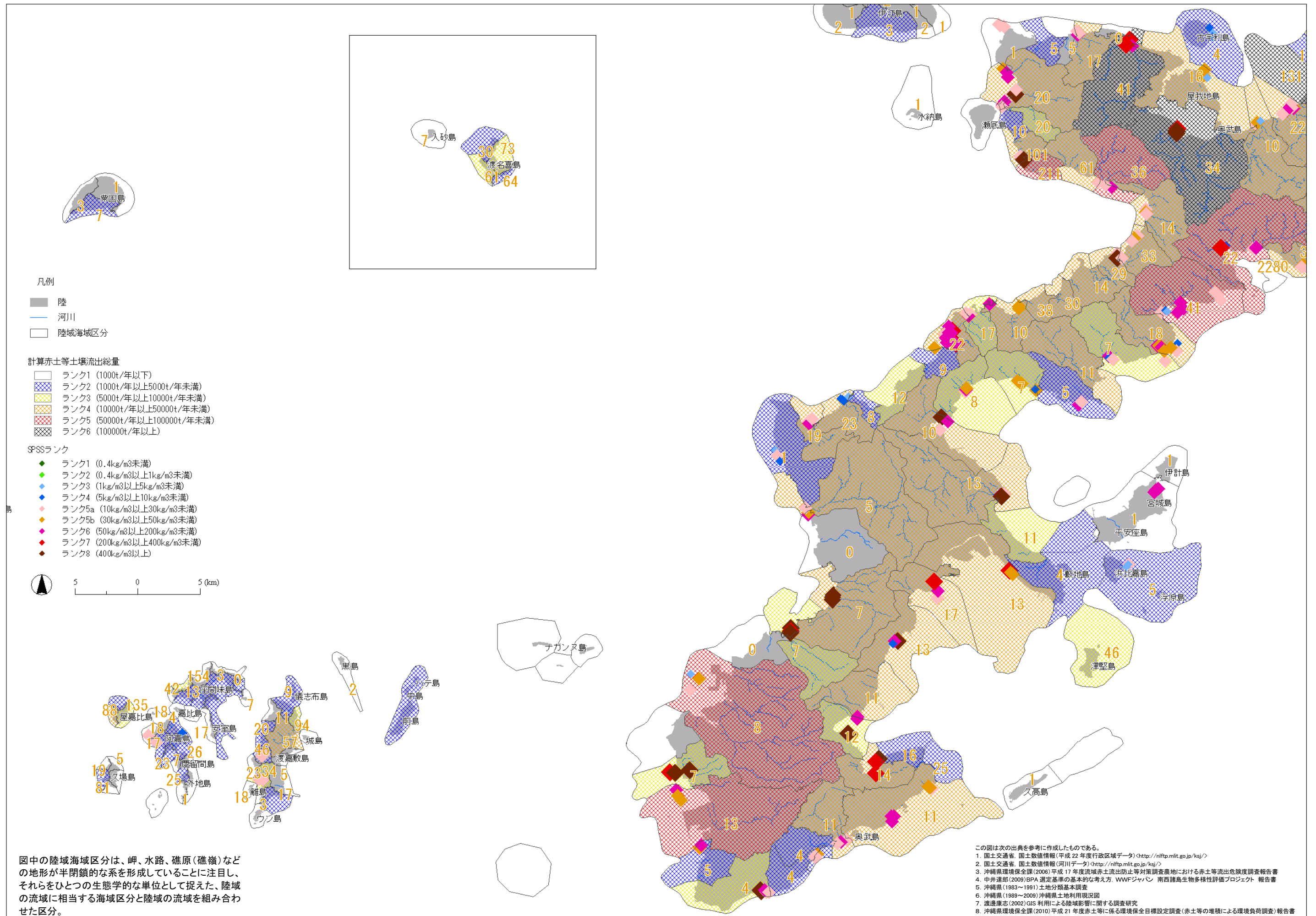
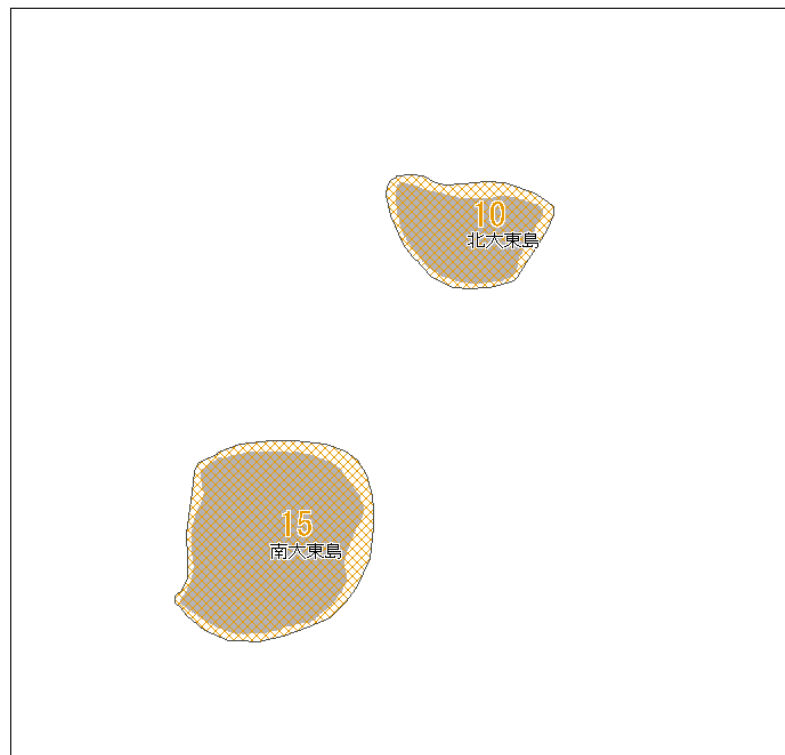


図6-3-16. 沖縄県環境保全課(2010)で調査された SPSS の最大値のランクと陸域海域区分毎の赤土等土壌流出総量と単位面積あたりの土壌流出量(沖縄島南).



凡例

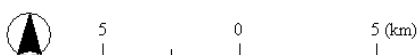
- 陸
- 河川
- 陸域海域区分

計算赤土等土壌流出総量

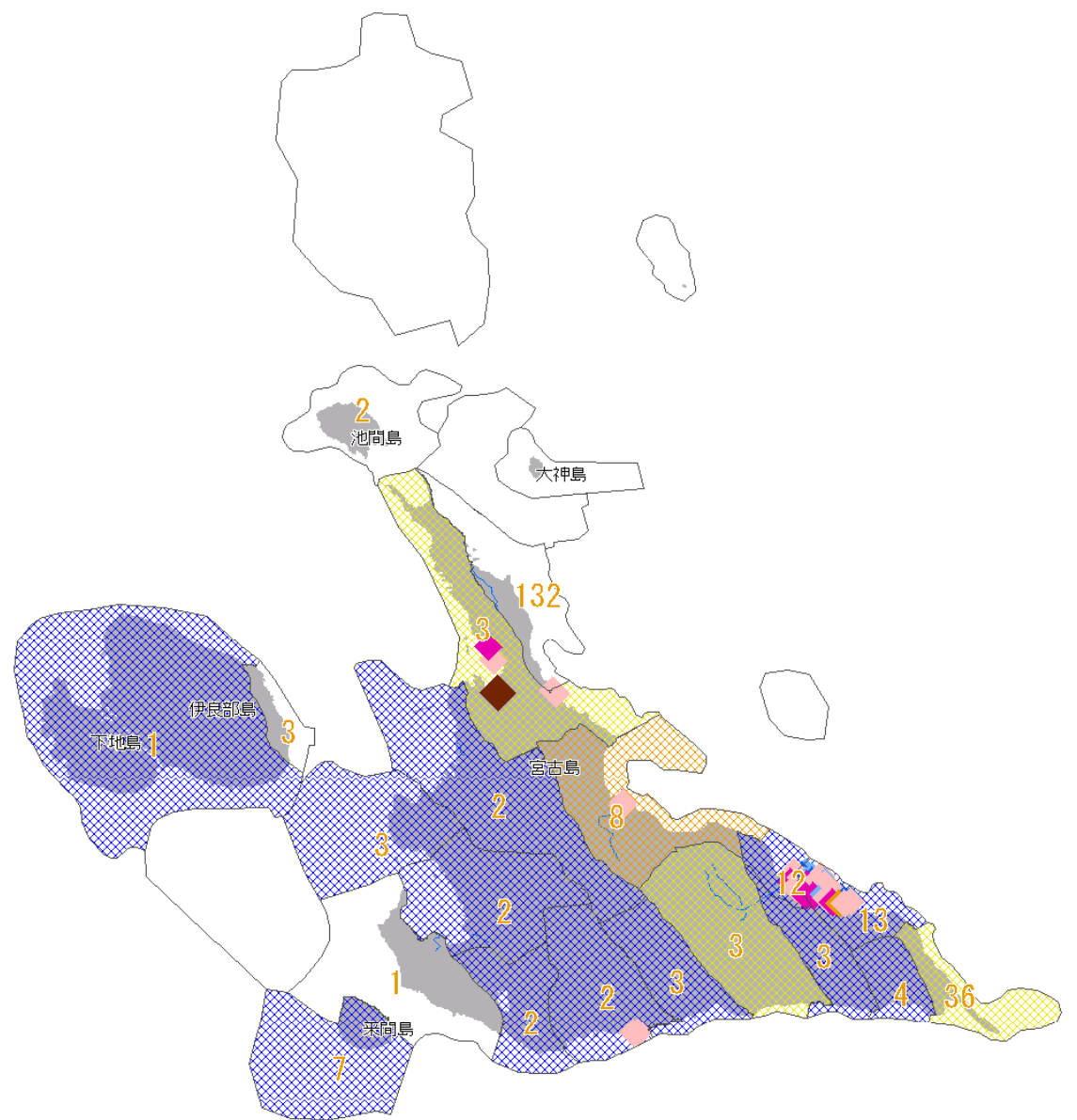
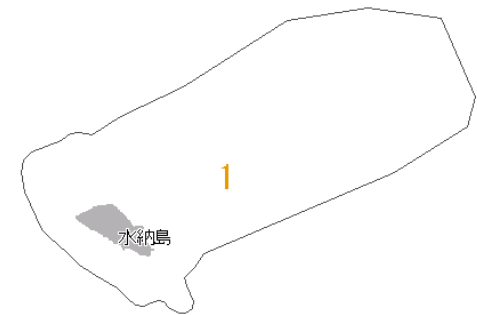
- ランク1 (1000t/年以下)
- ▨ ランク2 (1000t/年以上5000t/年未満)
- ▩ ランク3 (5000t/年以上10000t/年未満)
- ▧ ランク4 (10000t/年以上50000t/年未満)
- ▦ ランク5 (50000t/年以上100000t/年未満)
- ▤ ランク6 (100000t/年以上)

SPSSランク

- ◆ ランク1 (0.4kg/m³未満)
- ◆ ランク2 (0.4kg/m³以上1kg/m³未満)
- ◆ ランク3 (1kg/m³以上5kg/m³未満)
- ◆ ランク4 (5kg/m³以上10kg/m³未満)
- ◆ ランク5a (10kg/m³以上30kg/m³未満)
- ◆ ランク5b (30kg/m³以上50kg/m³未満)
- ◆ ランク6 (50kg/m³以上200kg/m³未満)
- ◆ ランク7 (200kg/m³以上400kg/m³未満)
- ◆ ランク8 (400kg/m³以上)

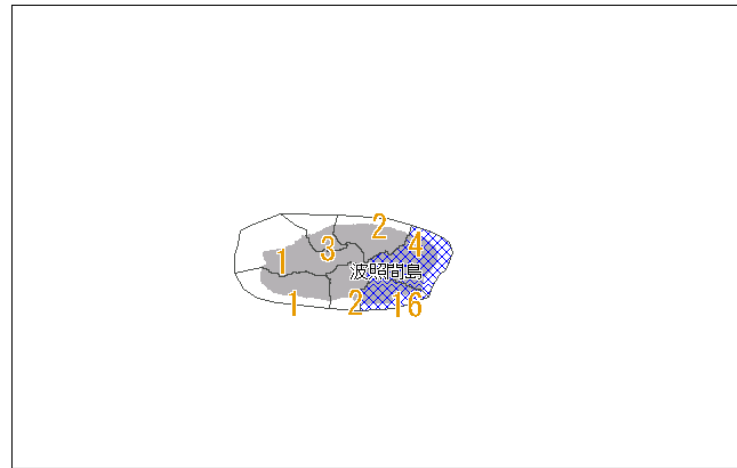
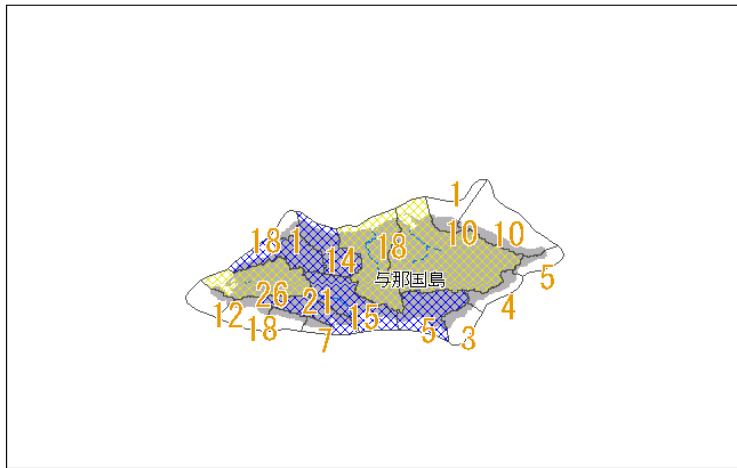


図中の陸域海域区分は、岬、水路、礁原(礁嶺)などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらをひとつの生態学的な単位として捉えた。陸域の流域に相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

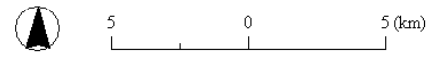


- この図は次の出典を参考に作成したものである。
1. 国土交通省 国土数値情報(平成22年度行政区域データ) <http://nftp.mlit.go.jp/ksj/>
 2. 国土交通省 国土数値情報(河川データ) <http://nftp.mlit.go.jp/ksj/>
 3. 沖縄県環境保全課(2006)平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書
 4. 中井達郎(2009)BPA 選定基準の基本的な考え方. WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト 報告書
 5. 沖縄県(1983~1991)土地分類基本調査
 6. 沖縄県(1989~2009)沖縄県土地利用現況図
 7. 渡邊康志(2002)GIS 利用による陸域影響に関する調査研究
 8. 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
 9. 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局(2009)平成19年度宮古島地下水水質保全調査報告書

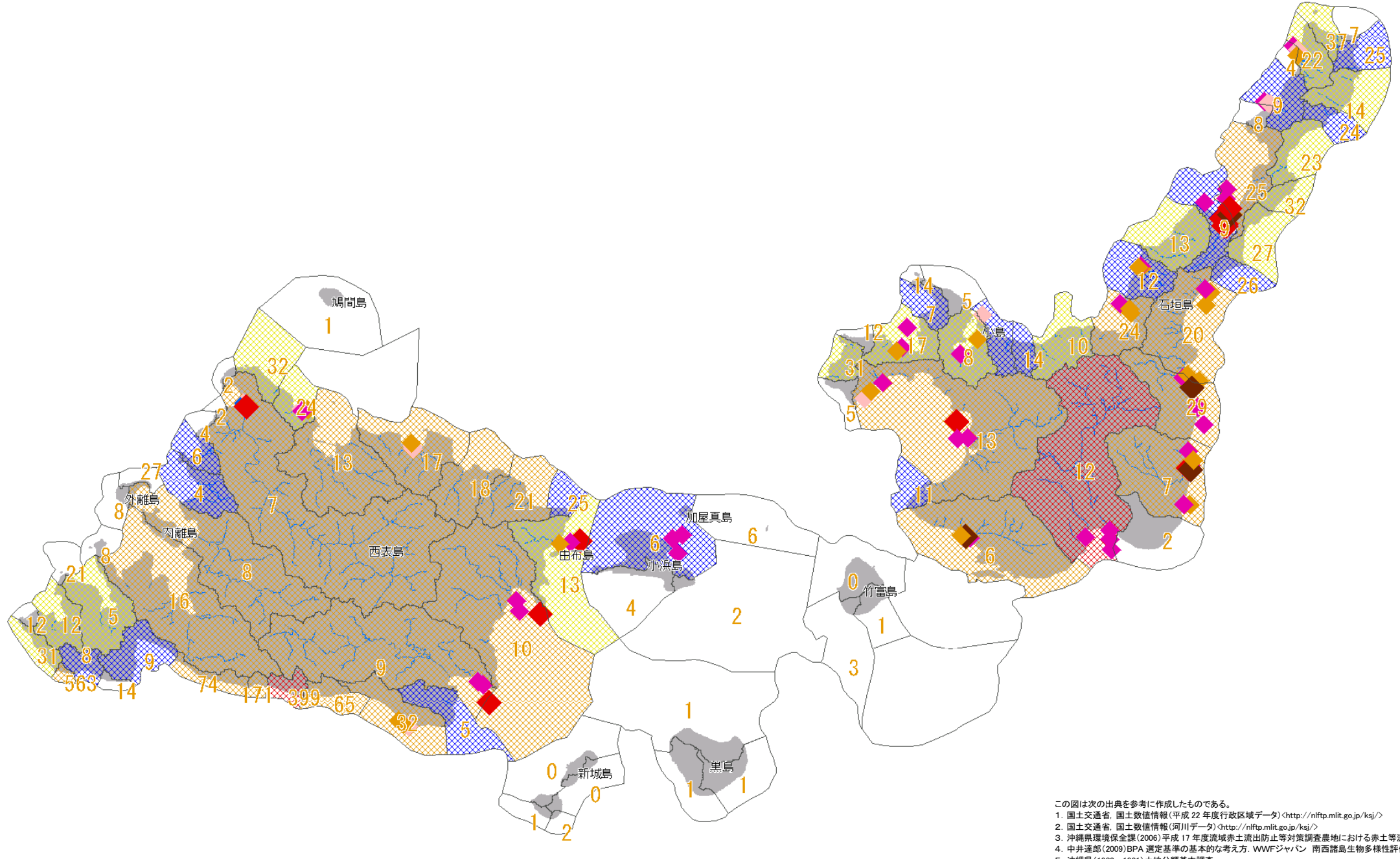
図6-3-17. 沖縄県環境保全課(2010)で調査された SPSS の最大値のランクと陸域海域区分毎の赤土等土壌流出総量と単位面積あたりの土壌流出量(宮古・大東).



- 凡例
- 陸
 - 河川
 - 陸域海域区分
- 計算赤土等土壌流出総量
- ランク1 (1000t/年以下)
 - ランク2 (1000t/年以上5000t/年未満)
 - ランク3 (5000t/年以上10000t/年未満)
 - ランク4 (10000t/年以上50000t/年未満)
 - ランク5 (50000t/年以上100000t/年未満)
 - ランク6 (100000t/年以上)
- SPSSランク
- ランク1 (0.4kg/m³未満)
 - ランク2 (0.4kg/m³以上1kg/m³未満)
 - ランク3 (1kg/m³以上5kg/m³未満)
 - ランク4 (5kg/m³以上10kg/m³未満)
 - ランク5a (10kg/m³以上30kg/m³未満)
 - ランク5b (30kg/m³以上50kg/m³未満)
 - ランク6 (50kg/m³以上200kg/m³未満)
 - ランク7 (200kg/m³以上400kg/m³未満)
 - ランク8 (400kg/m³以上)



図中の陸域海域区分は、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、陸域の流域に相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。



この図は次の出典を参考に作成したものである。

- 国土交通省 国土数値情報(平成22年度行政区域データ) <http://nlfo.mlit.go.jp/ksj/>
- 国土交通省 国土数値情報(河川データ) <http://nlfo.mlit.go.jp/ksj/>
- 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
- 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
- 沖縄県(1983~1991)土地分類基本調査
- 沖縄県(1989~2009)沖縄県土地利用現況図
- 渡邊康志(2002)GIS 利用による陸域影響に関する調査研究
- 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

図7-3-18. 沖縄県環境保全課(2010)で調査された SPSS の最大値のランクと陸域海域区分毎の赤土等土壌流出総量と単位面積あたりの土壌流出量(八重山).

5. 水質

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、さまざまな攪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、攪乱に対して抵抗力が低下すると考えられている。

沖縄県では、公共用水域の水質汚濁状況の監視を目的として、1981年から県内約190ヶ所で水質測定調査が実施されている。沖縄県公共用水域水質のBODは、図6-3-20のように変化している（国立環境研究所環境数値データベースをもとに作成）。

ただし、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：

- ・総量は不明である。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、負荷の総量を算出することができない。
- ・断片的な値である。河川は常に流れ続けていて、水質測定されたサンプルはある時点での値にすぎず、常に同様な値である可能性は低い。
- ・降雨時など平常時と異なる状態の値はわからない。降雨時などは負荷が大きくなると考えられるが、そのような状態での水質は不明である。
- ・測定地点が限定されている。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、全体を代表するものではない。

BODの結果からみると、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。

宮古地域や八重山地域の水質は、沖縄県公共用水域水質測定結果の調査地点が少なく、情報が限定的である。宮古地域や八重山地域の水質（BOD）は沖縄島本島地域の水質と比較すると良好である。

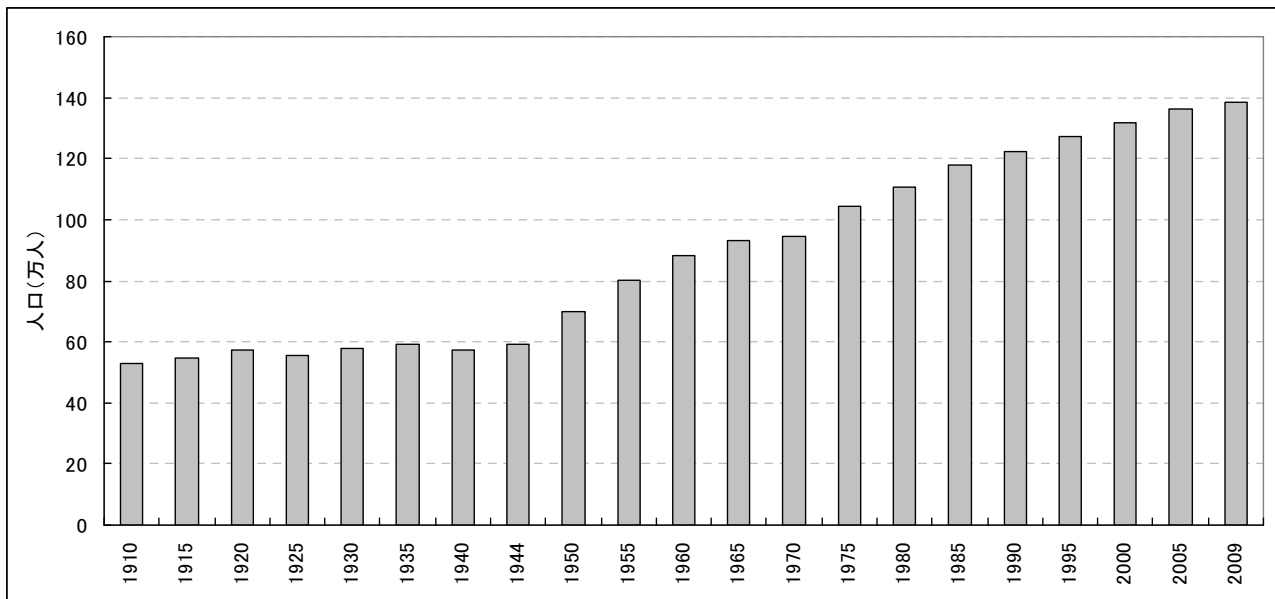


図6-3-19. 沖縄県の人口.

近年の沖縄県の人口増加と下水道普及率を考慮すると、栄養塩等の流入により、海域への負荷は高まっていると考えられる。特に、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、さまざまな攪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。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、攪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攪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。

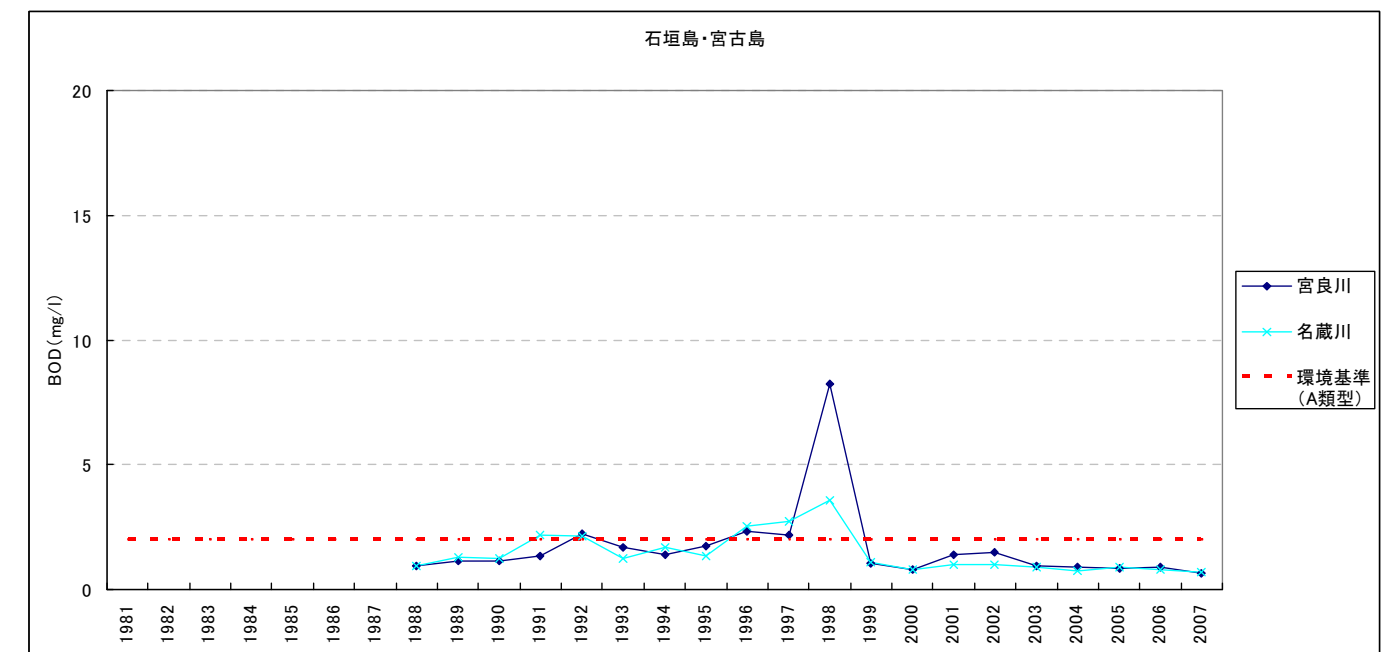
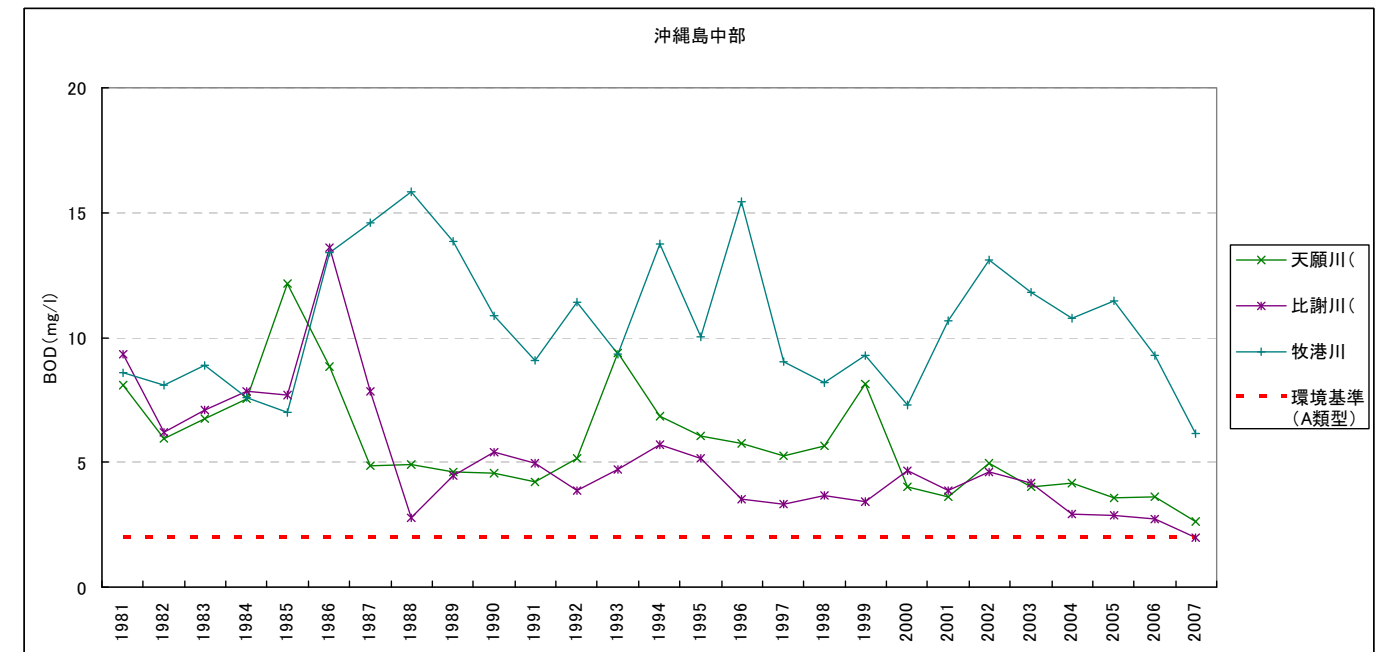
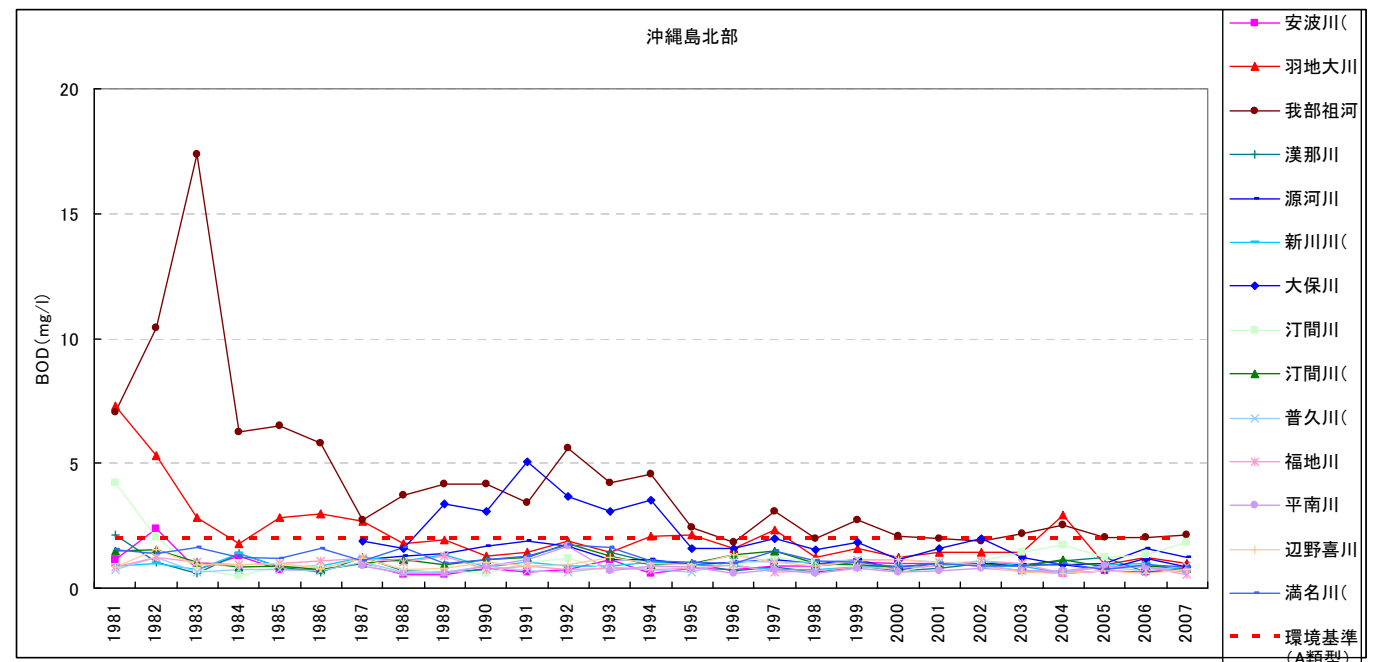
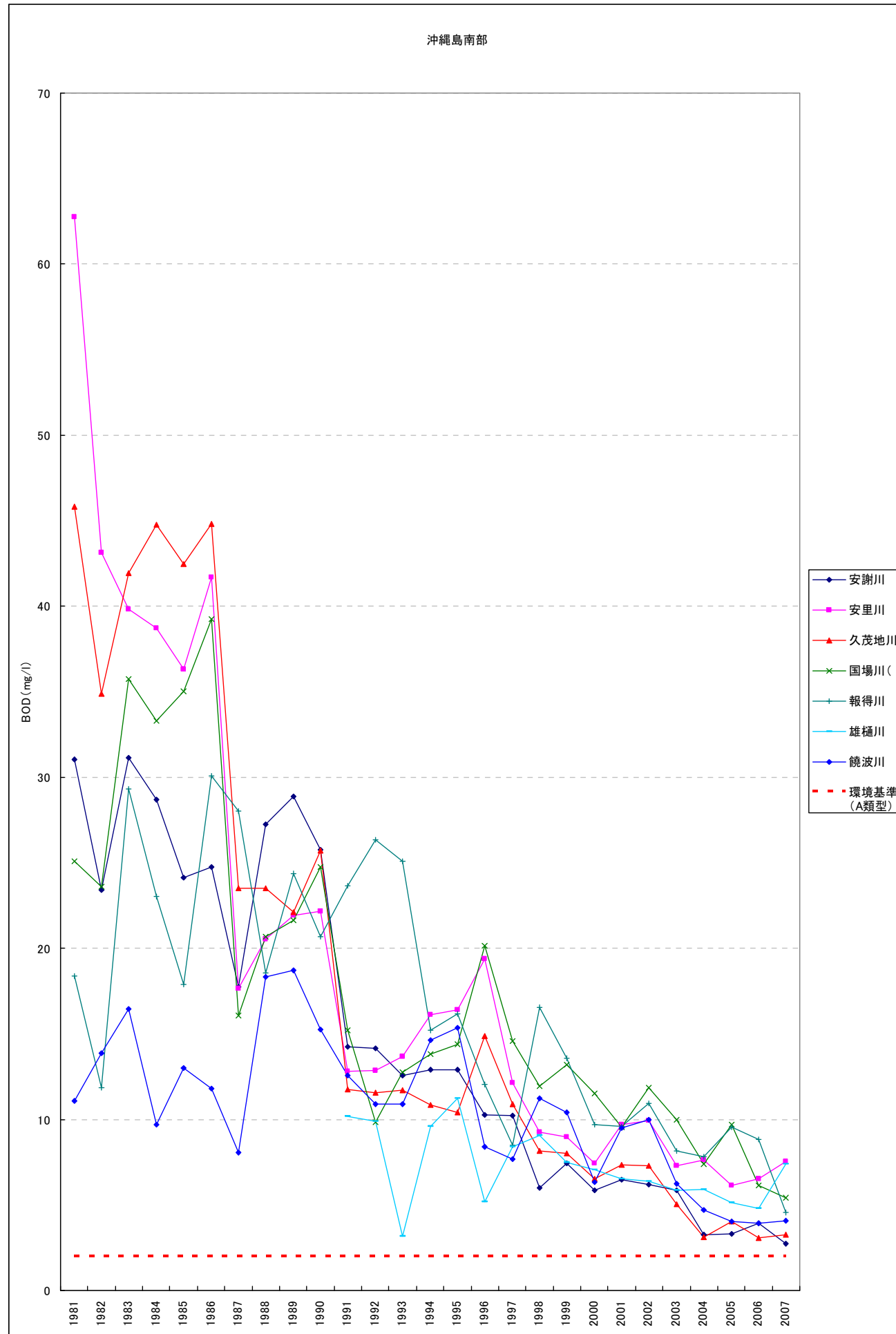


図6-3-20. 沖縄県公共用水域の水質測定結果におけるBODの測定結果。公共用水域の水質測定結果(検体値)における流域毎のBODの平均値を各年でプロットした。

6. 埋め立てや浚渫によるサンゴ礁の消失

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、最も影響の大きな攪乱の一つといえる。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ため、サンゴ礁生態系へ与える影響は大きい。

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6-3-21に、面積の累積を図6-3-22に示す。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、累積では31.55km²の面積が埋め立てられている。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。

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。沖縄県全体での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101.02km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30.83km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。

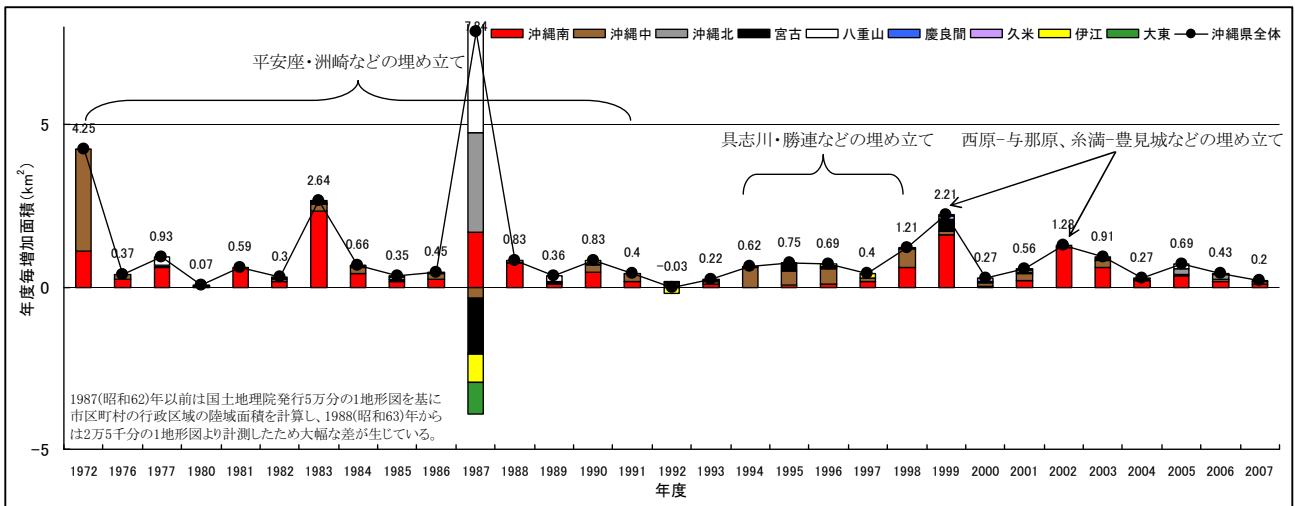


図6-3-21. 沖縄県の面積の変遷(累積).「沖縄県統計年鑑」より.

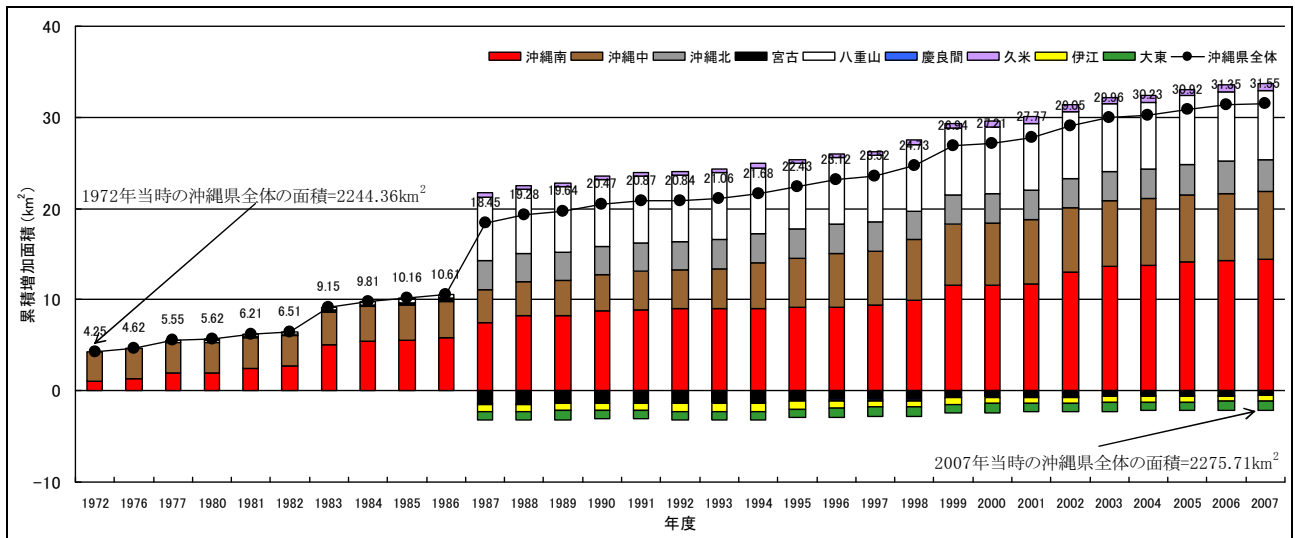


図6-3-22. 沖縄県の面積の変遷(累積). 「沖縄県統計年鑑」より.

第4節 サンゴ群集の変遷と攪乱要因

＜沖縄島周辺におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因＞

沖縄島周辺のサンゴ群集は1970年代と比較して、サンゴ被度は大きく減少し、その後の回復は十分でない。その主な原因は、オニヒトデの大発生と高水温による白化現象だと考えられる。さらに赤土等の流出や水質の悪化などかく乱要因などが複雑に影響しあい、サンゴ礁を劣化させていると推察される。

2009年の調査では、沖縄島周辺で確認された被度の高いサンゴ群集は、オニヒトデに食べられにくい種や高水温に強く白化しにくい種が多くみられた。これらのサンゴ群集は度重なるかく乱をくぐり抜けてきた群集である可能性が高く、長い年月をかけて生態系を形成・維持していることから、生態的価値が非常に高いと考えられる。また、近年の調査結果との比較においては、サンゴ被度が増加している地域も確認される。これらの地域では、サンゴ群集が回復傾向にあると考えられ、各種のかく乱要因をより一層取り除くことで回復を推し進めていくことが求められる。

＜慶良間地域におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因＞

慶良間地域では1970年代から1980年代にかけて、オニヒトデの大発生によりサンゴ被度は大きく減少した。その後1990年代以降にある程度回復したが、白化現象やオニヒトデの大発生などで再びサンゴ被度は大きく減少している。慶良間地域のサンゴ被度は長期的にみて、低下傾向にある。

サンゴ群集と攪乱要因との関係より、1970年代から1980年代にかけてオニヒトデの食害により被度は大きく低下したと推測されるが、1990年代初めには被度50%以上の地域が多くみられ、1990年代後半まで徐々に回復傾向にあったものと考えられる。しかし、1998年の白化現象や、2000年から2005年にかけてのオニヒトデの大発生により、サンゴ被度は大きく低下した。

2010年の調査では、ナガンヌ島周辺を除きオニヒトデはほとんど確認されず、被度が高い場所も部分的に確認されている（屋嘉比島、久場島、安室島、渡嘉敷島阿波連など）。近年の調査結果を考慮すると、慶良間地域のサンゴ群集は、全体としては減少傾向にあるものの、回復の兆しがみられる地域がある。

＜久米島地域におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因＞

久米島地域のサンゴ群集は過去の調査データが少ないため、サンゴ被度の長期的な傾向は明確ではないが、1970年代から1980年代にかけてサンゴ被度は大きく減少した。その後1990年代以降にある程度回復したが、白化現象やオニヒトデの大発生などで再びサンゴ被度は大きく減少している。

サンゴ群集と攪乱要因との関係より、1970年代から1980年代にかけては、沖縄島本島地域や慶良間地域と同様にオニヒトデの大発生により被度が大幅に低下したと考えられる。1992年の調査ではサンゴ被度50%以上の地域がみられ、徐々にサンゴ群集は回復していたと考えられる。しかしながら、2003年の調査では1992年と比較して被度が大きく低下しており、1998年の白化現象やオニヒトデの大発生などの影響を受けたと推測される。

2010年の調査では、久米島地域ではオニヒトデはほとんど確認されず、被度が高い場所も部

分的に確認されている（ハテノ浜南、ハテノ浜北、久米島南、久米島西など）。近年の調査結果を考慮すると、久米島地域のサンゴ群集は、全体としては低いサンゴ被度であるものの、場所により回復の兆しがみられる。

<宮古地域におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因>

宮古地域のサンゴ群集は1970年代はじめにはオニヒトデ大発生の影響を受け、サンゴ被度が大きく減少しているが、その後のサンゴ被度の変遷は1990年代はじめまでよくわからない。1990年代のサンゴ被度は全体的に高くなかったようであるが、2000年代にかけてある程度回復していたようである。しかしながら、2004年頃からオニヒトデが再び大発生し、宮古島地域のサンゴ群集は大きな影響を受けている。

サンゴ群集と攪乱要因との関係より、1970年代にはオニヒトデの食害により被度は大きく低下していたと推測される。その後の調査はほとんど実施されていないためサンゴ被度の変遷は不明であるが、1993年の調査でサンゴ被度があまり高くないことから、サンゴ被度の回復は進んでいなかったのかもしれない。ヒアリング等の過去の調査結果より、宮古地域も他の地域と同様に、1998年の白化現象の影響を受けていたと考えられるが、1998年以前の調査は1992年と期間が空いているため、白化現象の影響はよくわからない。宮古島地域では2004年以降からオニヒトデの個体数密度が増加しており、オニヒトデの大発生により2006年頃からサンゴ被度は減少傾向にある。

2011年の調査では、宮古周辺のサンゴ被度は全体的に低かったが、多良間島や水納島周辺のサンゴ被度は比較的たかった。宮古地域全域でオニヒトデの食痕数が非常に多いことから、宮古地域全域でオニヒトデの影響を受けており、特に、池間島、下地島、水納島周辺などでオニヒトデの集団によりサンゴ群集は大きな攪乱を受けている。宮古地域のサンゴ群集は今後さらにオニヒトデによる攪乱を受け、サンゴ被度は大きく減少すると考えられる。

<八重山地域におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因>

八重山地域では、1970年代から1980年代にかけてオニヒトデの大発生によりサンゴ被度は大きく減少した。その後1990年代以降にある程度回復したが、白化現象やオニヒトデの大発生などで再びサンゴ被度は大きく減少した。八重山地域（情報の少ない与那国島と波照間島を除く）のサンゴ被度は、長期的にみて大きく変動している。

サンゴ群集と攪乱要因との関係より、八重山地域のサンゴ群集は1980年代にオニヒトデの大発生で大きな攪乱を受けたが、1990年代には石西礁湖のサンゴ群集の回復がすすんだ。1998年の大規模な白化現象で再び攪乱を受けたが、2000年から2006年にかけてゆるやかに回復していた。しかしながら、石西礁湖では2000年頃から少しずつオニヒトデが確認されはじめ、2007年に急増している。また、2007年には八重山全域で大規模な白化現象が確認されており、石西礁湖ではオニヒトデと白化現象により、サンゴ被度は大きく低下したものと考えられる。また、石垣島周辺や鳩間島周辺でも2008年頃からオニヒトデが大発生しており、サンゴ群集が大規模な食害を受けつつある。

2010年の調査では、八重山地域のサンゴ被度は地域により非常に高いところと低いところの差が大きい。また、与那国島を除く八重山地域全体にオニヒトデが大発生しており、八重山地域のサンゴ群集は大きく攪乱を受けている。環境省モニタリングサイト1000など近年の調査結果

を考慮すると、八重山地域のサンゴ群集は今後さらにオニヒトデによる攪乱を受け、サンゴ被度は大きく減少すると考えられる。

<その他の地域におけるサンゴ群集の変遷とかく乱要因>

伊平屋島、伊是名島周辺では、サンゴの調査があまり行われていないため、サンゴ被度の変遷はよくわからない。1990年頃のサンゴ被度は比較的に高かったが、オニヒトデも多く確認されていたため、オニヒトデによる攪乱を受けサンゴ被度は大きく減少したと推測される。その後のサンゴ被度は低いまま推移したと思われ、2011年の調査ではサンゴ被度の高いところは限定的で、伊平屋島、伊是名島周辺のサンゴ被度は全体的に低かった。

伊江島、粟国島、渡名喜島周辺では、1970年頃のサンゴ被度は伊江島などで高かったが、オニヒトデも大発生しており、オニヒトデによる攪乱を受けサンゴ被度は大きく減少したと推測される。その後1990年代には場所によりサンゴ被度が回復したと推測されるが、同時期にオニヒトデが多く確認されているため、再びサンゴ被度は大きく減少したと推測され、現在に至るまでサンゴ被度は低いまま推移したと考えられる。2011年の調査では、伊江島、粟国島、渡名喜島周辺のサンゴ被度は全体的にあまり高くなかったが、伊江島周辺の一部と水納島周辺でサンゴ被度が少し高い場所がみられた。

大東地域のサンゴ被度は調査がほとんど行われていないため、不明である。2011年の調査では、大東地域のサンゴ被度はあまり高くなかった。

参考文献

- (財) 沖縄コンベンションビューロー (1999) オニヒトデの異常発生及びサンゴ食害状況調査報告書
(財) 沖縄県環境科学センター (1993) 沿岸海域実態調査 (沖縄島及び周辺離島)
(財) 沖縄県環境科学センター (1993) 沿岸海域実態調査 (宮古島、石垣島及び西表島並びに周辺離島)
(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). 110pp
(財) 海中公園センター (1999) サンゴ礁保護のためのオニヒトデ駆除方策に関する緊急調査報告書
(財) 政策科学研究所 (1973) 附属資料沖縄県土地利用基本計画 (II) -沖縄の自然環境-
(財) 政策科学研究所 (1974) 沖縄県土地利用基本計画
AIMS ホームページ <<http://www.aims.gov.au/pages/research/coral-bleaching/thermal-stress/tsi-images.html#figure01>>
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
Laws, E. A. (1993) *Aquatic pollution, an introductory text*, 2nd edn. John Wiley and Sons, New York, 611 pp
Lough JM (2000) Sea surface temperature variations on coral reefs: 1903-1998. AIMS Report No. 31. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
Nishihira M. (1987) Natural and human interference with the coral reef and coastal environments in Okinawa. *Galaxea*, 6, 311-321
Nishihira M. and Yamazato K. (1974) Human interference with the coral reef community and *Acanthaster* infestation of Okinawa.
Pastorok, R. A., Bilyard, G. R. (1985) Effects of sewage pollution on coral-reef communities.

- Marine Ecology Progress Series. 21, 175-189.
- Sakai K., Muzuik K., Nakamura S. and Nishihira M. (1988) A note on resurvey of coral communities and Acanthaster populations around Okinawa Island in 1984. *Galaxea*, 7, 41-51
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1983) 昭和 58 年石西礁湖におけるオニヒトデ及びイシサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1984) 昭和 59 年石西礁湖におけるオニヒトデ及びイシサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1985) 昭和 60 年石西礁湖におけるオニヒトデ及びイシサンゴ類の分布調査
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1986) 昭和 61 年度石西礁湖におけるオニヒトデ及びイシサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1987) 昭和 62 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びイシサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1988) 昭和 63 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びイシサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1989) 平成元年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1990) 平成 2 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1991) 平成 3 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1992) 平成 4 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1993) 平成 5 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1994) 平成 6 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1995) 平成 7 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1996) 平成 8 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1997) 平成 9 年度石西礁湖及びその近隣海域におけるオニヒトデ及びサンゴ類の分布調査報告書
- (財) 海中公園センター八重山海中公園研究所 (1998) 平成 10 年度西表国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 岡地賢・中村良太 (1990) 阿嘉島周辺のサンゴ礁とオニヒトデ分布密度. *みどりいし*, (1), 16-22
- 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 (1983~1991) 土地分類基本調査
- 沖縄県 (1989~2009) 沖縄県土地利用現況図
- 沖縄県 (1997) 宮良川流域赤土流出実態調査.
- 沖縄県 (2002) 平成 14 年度流域赤土等流出防止対策事業赤土等流出実態調査報告書
- 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 (2010) 第 53 回沖縄県統計年鑑 (平成 22 年版)
- 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。
 沖縄県宮古島市教育委員会（2011）国指定名称「東平安名崎」保存管理計画策定報告書
 沖縄県宮古島市教育委員会（2011）国指定名称「東平安名崎」保存管理計画策定報告書
 沖縄県文化環境部（2001）平成 12 年度水質測定結果（公共用水域及び地下水）。
 沖縄県文化環境部自然保護課（2002）平成 14 年度リーフチェック推進事業報告書
 沖縄県文化環境部自然保護課（2003）平成 14 年度サンゴ礁緊急保全対策事業（サンゴ礁特別緊急保全対策事業）
 沖縄県文化環境部自然保護課（2003）平成 15 年度リーフチェック推進事業報告書。 228pp
 沖縄県文化環境部自然保護課（2004）平成 16 年度リーフチェック推進事業報告書。 226pp
 沖縄県文化環境部自然保護課（2005）平成 16 年度サンゴ礁保全対策支援事業
 沖縄県文化環境部自然保護課（2005）平成 17 年度サンゴ礁保全対策支援事業（重要サンゴ群集選定）
 沖縄県文化環境部自然保護課（2006）平成 17 年度サンゴ礁保全対策支援事業
 沖縄県文化環境部自然保護課（2007）平成 18 年度サンゴ礁保全対策支援事業
 沖縄県文化環境部自然保護課（2009）県立自然公園新規指定調査（宮古郡多良間村）報告書
 環境省自然環境局（2002）平成 14 年度サンゴ礁研究・モニタリング活動推進事業報告書
 環境省自然環境局（2004）平成 17 年度石西礁湖サンゴ群集変動調査報告書
 環境省自然環境局沖縄奄美地区自然保護事務所（2002）平成 16 年度石西礁湖自然再生技術手法検討調査報告書
 環境省自然環境局沖縄奄美地区自然保護事務所（2003）平成 16 年度石西礁湖自然再生技術手法検討調査報告書
 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
 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
 環境省自然環境局生物多様性センター（2007）平成 18 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）サンゴ礁調査業務報告書
 環境省自然環境局生物多様性センター（2007）平成 18 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）サンゴ礁調査業務報告書
 環境省自然環境局生物多様性センター（2008）平成 19 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）サンゴ礁調査業務報告書
 環境省自然環境局生物多様性センター（2009）平成 20 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）サンゴ礁調査業務報告書
 環境省自然環境局生物多様性センター（2010）平成 21 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）サンゴ礁調査業務報告書
 環境省那覇自然環境事務所（2005）平成 19 年度石西礁湖オニヒトデ分布調査報告書
 環境省那覇自然環境事務所（2006）平成 19 年度石西礁湖オニヒトデ分布調査報告書
 環境省那覇自然環境事務所（2006）平成 19 年度石西礁湖オニヒトデ分布調査報告書
 環境省那覇自然環境事務所（2007）平成 19 年度石西礁湖オニヒトデ分布調査報告書
 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）。
 環境庁（1981）浅海における海中景観の保全と活用の推進に関する調査報告書（西表国立公園石西礁湖の保全と活用）。
 環境庁（1992）第 4 回自然環境保全基礎調査
 環境庁（1999）平成 11 年度サンゴ礁堡とためのオニヒトデ駆除方策に関する緊急調査報告書。
 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。
 環境庁自然保護局・海中公園センター（1991）第 4 回自然環境保全基礎調査 海域生物環境調査報

- 告書（干潟，藻場，サンゴ礁調査）第3巻サンゴ礁
- 環境庁自然保護局・国立公園協会（1980）浅海における海中景観の保全と活用の推進に関する調査報告書（西表国立公園石西礁湖の保全と活用）
- 環境庁自然保護局（1998）平成10年度西表国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（1998）平成10年度石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（1999）平成11年度西表国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（1999）平成11年度石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（2000）平成12年度西表国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（2000）平成12年度石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（2001）平成13年度西表国立公園石西礁湖及びその近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（2001）平成13年度石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 環境庁自然保護局（2002）平成14年度石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書
- 気象庁ホームページ〈<http://www.jma.go.jp/jma/menu/report.html>〉
- 宮古島市観光商工局，沖縄環境調査株式会社（2011）八重干瀬環境調査および観光資源保全に関するガイドライン策定検討委員会【八重干瀬調査結果の概要（環境調査）】
- 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局（2009）平成19年度宮古島地下水水質保全調査報告書。
- 国土交通省，国土数値情報（河川データ）〈<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>〉
- 国土交通省，国土数値情報（平成22年度行政区域データ）〈<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>〉
- 国立環境研究所環境GIS環境数値データベース〈<http://www.nies.go.jp/igreen/index.html>〉
- 酒井一彦，岡地賢（2009）南西諸島重要サンゴ群集広域一斉調査と画像解析，WWF ジャパン，南西諸島生物多様性評価プロジェクト フィールド調査報告書，184-212
- 酒井一彦，佐川鉄平，鈴木祥平（2009）第3章 造礁サンゴと魚類，天然記念物緊急調査報告書（サンゴ礁），沖縄県教育委員会，27-113
- 小笠原敬・山川英治・長田智史（2010）久米島，渡名喜島及び粟国島におけるサンゴ現況調査．沖縄県環境科学センター報 第10号，（財）沖縄県環境科学センター，65-70
- 小笠原敬・長井隆・山川英治・長田智史（2010）伊平屋島及び伊是名島におけるサンゴ現況調査．沖縄県環境科学センター報 第11号，（財）沖縄県環境科学センター，73-76
- 西平守孝（1980）潮間帯群集の人為的攪乱，特に陸地からの赤色土の影響．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
- 早石周平（2011）近代の統計書 数値の合間にみる奄美・沖縄の人々の暮らし．安溪遊地・当山昌直編，奄美沖縄環境史資料集成．p749-766
- 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，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，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，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・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（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
- 大見謝辰夫・仲宗根一哉・満本裕彰・比嘉榮三郎 (2003) 陸上起源の濁水・栄養塩類のモニタリング手法に関する研究. サンゴ礁に関する調査研究報告書. (財) 亜熱帯総合研究所. 86-102
- 谷口洋基・岩尾研二・大森信 (1999) 慶良間列島阿嘉島周辺の造礁サンゴの白化 I, 1998 年 9 月の調査結果. Galaxea, JCRS, 1, 59-64
- 谷口洋基 (2002) 阿嘉島周辺における 2001 年の白化現象—1998 年との比較. みどりいし, 13, 26-29
- 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
- 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
- 渡邊康志 (2002) GIS 利用による陸域影響に関する調査研究
- 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
- 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
- 平良市 (2003) 地域環境保全推進事業 八重干瀬自然環境保全調査およびサンゴ礁ガイド導入試験等報告書.
- 野村恵一 (2004) スポットチェック法によるサンゴ調査マニュアル. 日本のサンゴ礁、環境省・日本サンゴ礁学会編、319-324