

## 2. 攪乱要因とその変遷

攪乱とは、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。特に大きな攪乱には、オニヒトデの大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。ここでは宮古地域の攪乱の状況を、文献資料をもとに整理した。ただし、観光業や漁業などの利用による直接・間接的な影響については、「第3節 宮古地域におけるサンゴ礁の保全に関する情報」で取り上げた。

表3-2-3. サンゴ群集に影響を与える主な攪乱要因一覧.

| 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、たびたび大発生することで、大きな被害をもたらしている。   |
| 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、陸域の流域と海域区分を用いて作成した陸域海域区分を用いた。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 宮古地域におけるサンゴ群集の変遷と攪乱要因の分析」の項で詳細を示す。

## 2-1. オニヒトデの大発生

### 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、大発生が起これると考えられている。オニヒトデの大発生の原因は、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、慶良間諸島で大発生が起これり、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。

### 2-1-2. 宮古における調査や対策

宮古地域で実施されたサンゴに関する調査をもとに、年毎のサンゴ被度とオニヒトデ個体数の分布を図3-2-19～32に示す。

宮古地域では、調査地点は限られるが、1973年の調査でサンゴ被度の高い場所と、非常に低い場所の差が大きく、池間島周辺でオニヒトデが多く確認されている。1992年の調査では、全体的にサンゴ被度は低く、多良間島周辺でオニヒトデが比較的多く確認されている。1993年の調査では、宮古島周辺のサンゴ被度が比較的高い場所もみられるが、多良間島や伊良部島周辺のサンゴ被度は低い。1999年の調査では、宮古島周辺ではサンゴ被度が高い地点が多く、オニヒトデの確認はないが、伊良部島周辺のサンゴ被度は低い。1998年と2002年までの調査ではオニヒトデはほとんど確認されていなかったが、2004年に八重干瀬や来間島周辺や下地島南側で非常に多くのオニヒトデが確認され、多良間島周辺でもオニヒトデが確認されている。以降の調査でも宮古地域で多くのオニヒトデが確認されている。

宮古地域におけるオニヒトデ駆除個体数等を表3-2-4に示す。宮古地域では1950年代からオニヒトデの駆除が行われており、2009年にも多くのオニヒトデが駆除されている。

表3-2-4. 宮古地域において駆除および確認したオニヒトデ個体数. 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. 沖縄県(2007)に加筆.

| 年      | 場所    | 個体数等              | 参考文献                                |
|--------|-------|-------------------|-------------------------------------|
| 1957   | 宮古    | 駆除:212700         | 山里 1969, 環境庁 1973(駆除数については環境庁 1974) |
| 1958   | 宮古    | 補助金交付の申請を行った      | 山里 1969, 環境庁 1973                   |
| 1973   | 池間島南  | 高密度:46個体/10分観察    | 政策科学研究所 1974                        |
| 2004年度 | 八重干瀬  | 高密度:20個体以上/15分間観察 | 沖縄県 2005                            |
|        | 来間島南  | 高密度:20個体以上/15分間観察 | 沖縄県 2005                            |
|        | 多良間島南 | 高密度:20個体以上/15分間観察 | 沖縄県 2005                            |
| 2009   | 宮古    | 駆除:7985           | ニュージエック 2010                        |

表3-2-3に挙げる各年の調査と表3-2-4からオニヒトデ個体密度の平均値、中央値<sup>\*</sup>、第一四分位値<sup>\*</sup>、第三四分位値<sup>\*</sup>、最大値及び最小値およびオニヒトデ駆除個体数を算出し、沖縄島周辺離島地域における簡易遊泳観察によるオニヒトデ個体密度の変遷として箱ひげ図を作成した(図2-2-18)。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%)。また、1973年から1997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ことや、全体的に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3-2-18より、宮古地域で1地点あたりのオニヒトデ個体密度の最大値が、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度(10個体/10分または15分)を超えた年は、1973年、2004年~2008年、2010年であった。

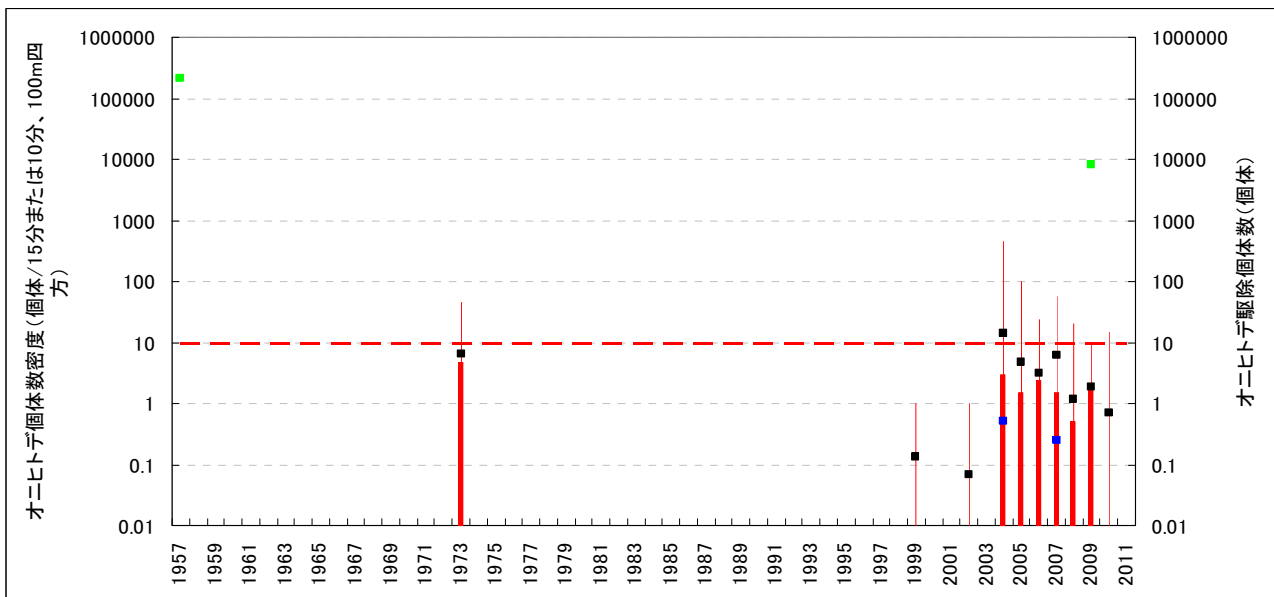


図3-2-18. 簡易遊泳観察法による宮古地域のオニヒトデ個体数密度の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)は平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している. 赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度. 1973年から1997年の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である。

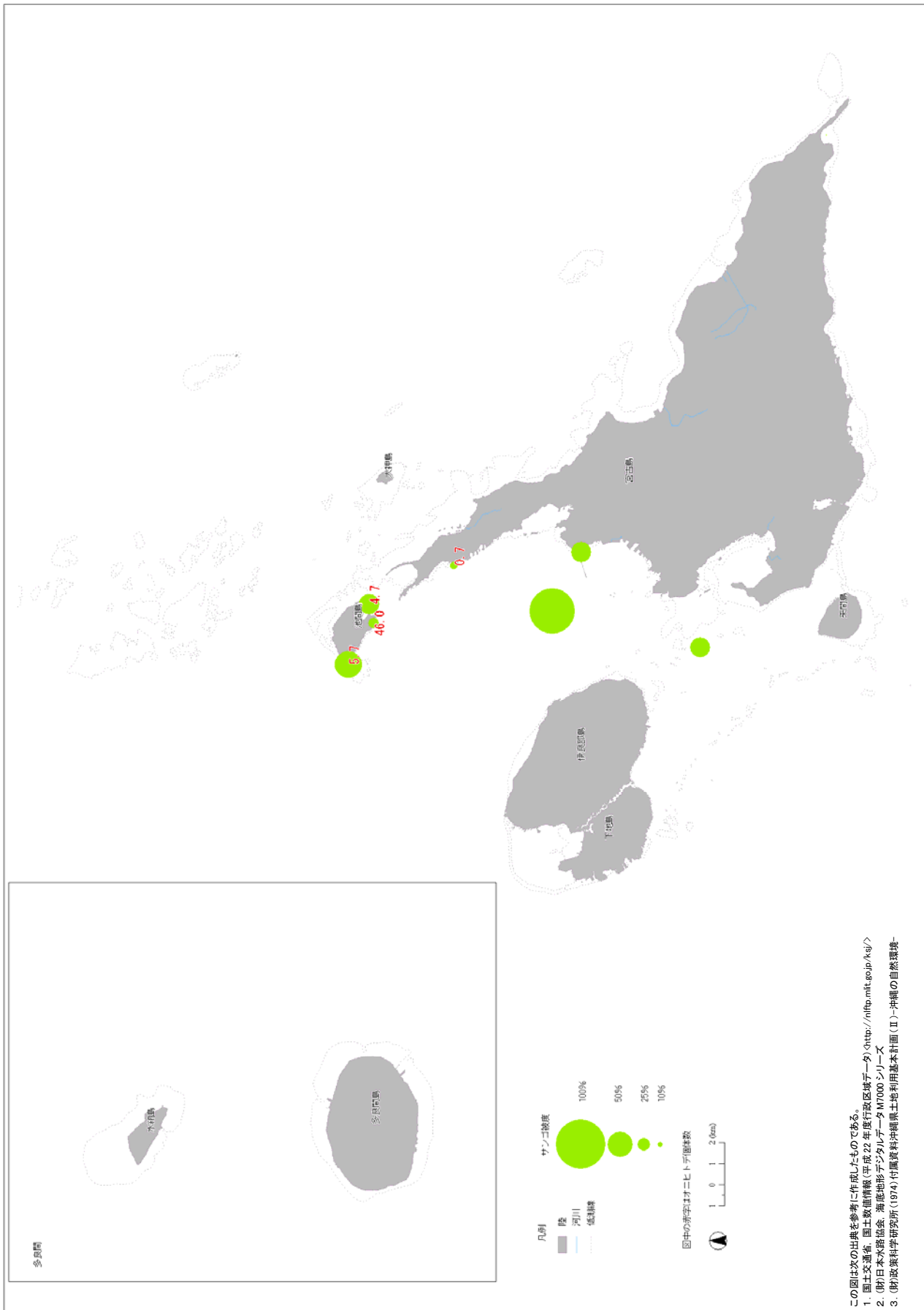


図3-2-19. 1973年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

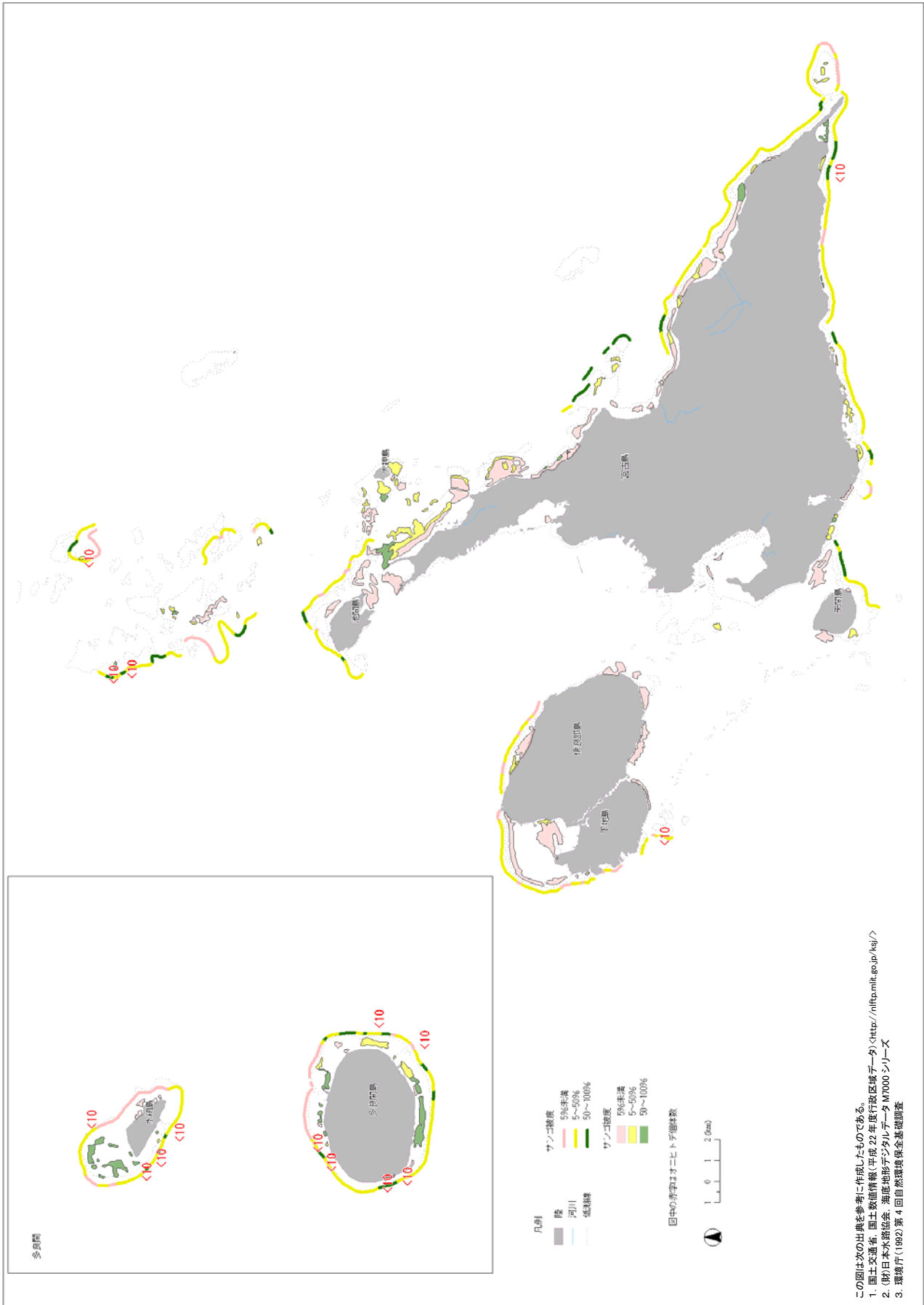


図3-2-20. 1992年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査と広域概況調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

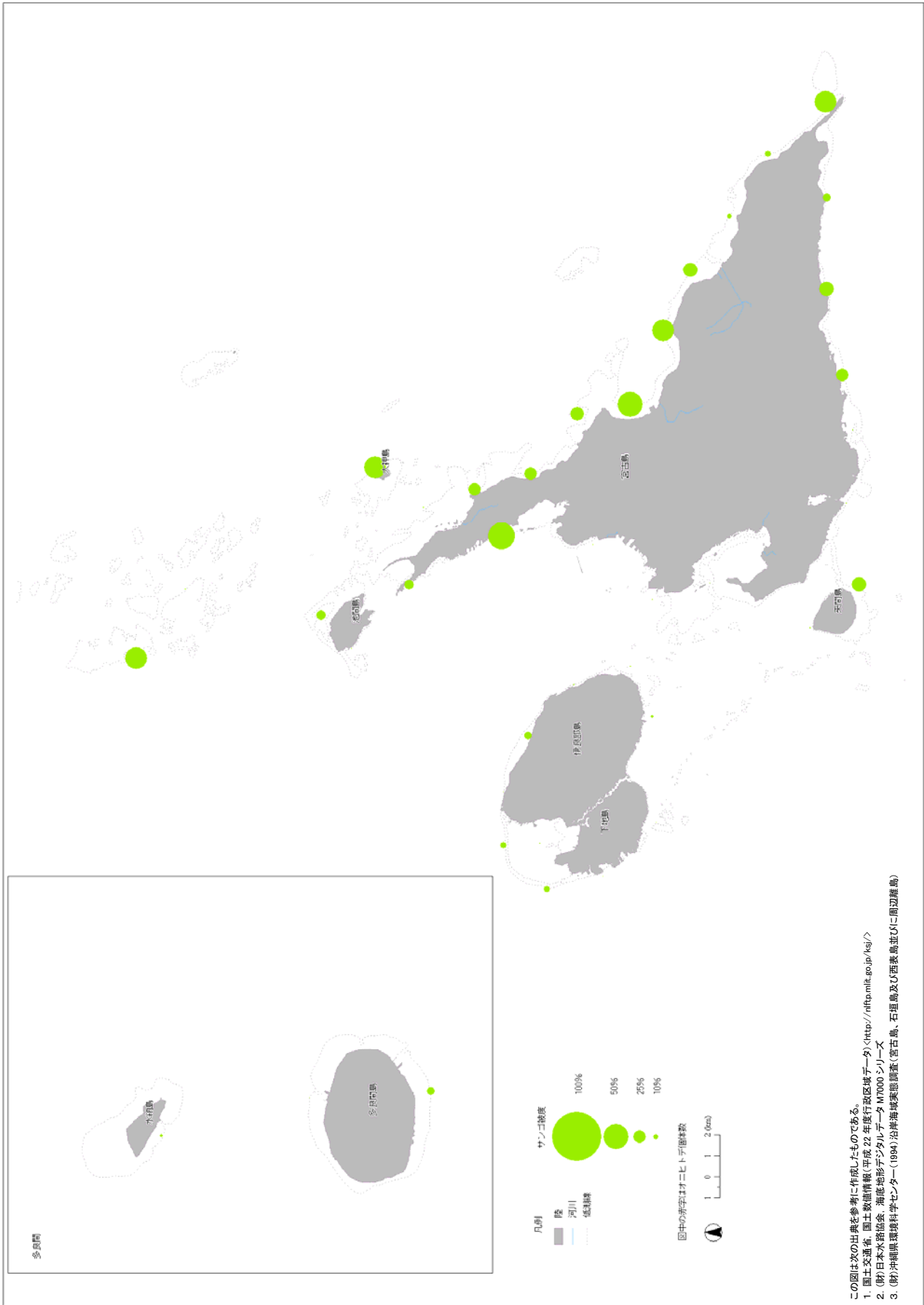


図3-2-21. 1993年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

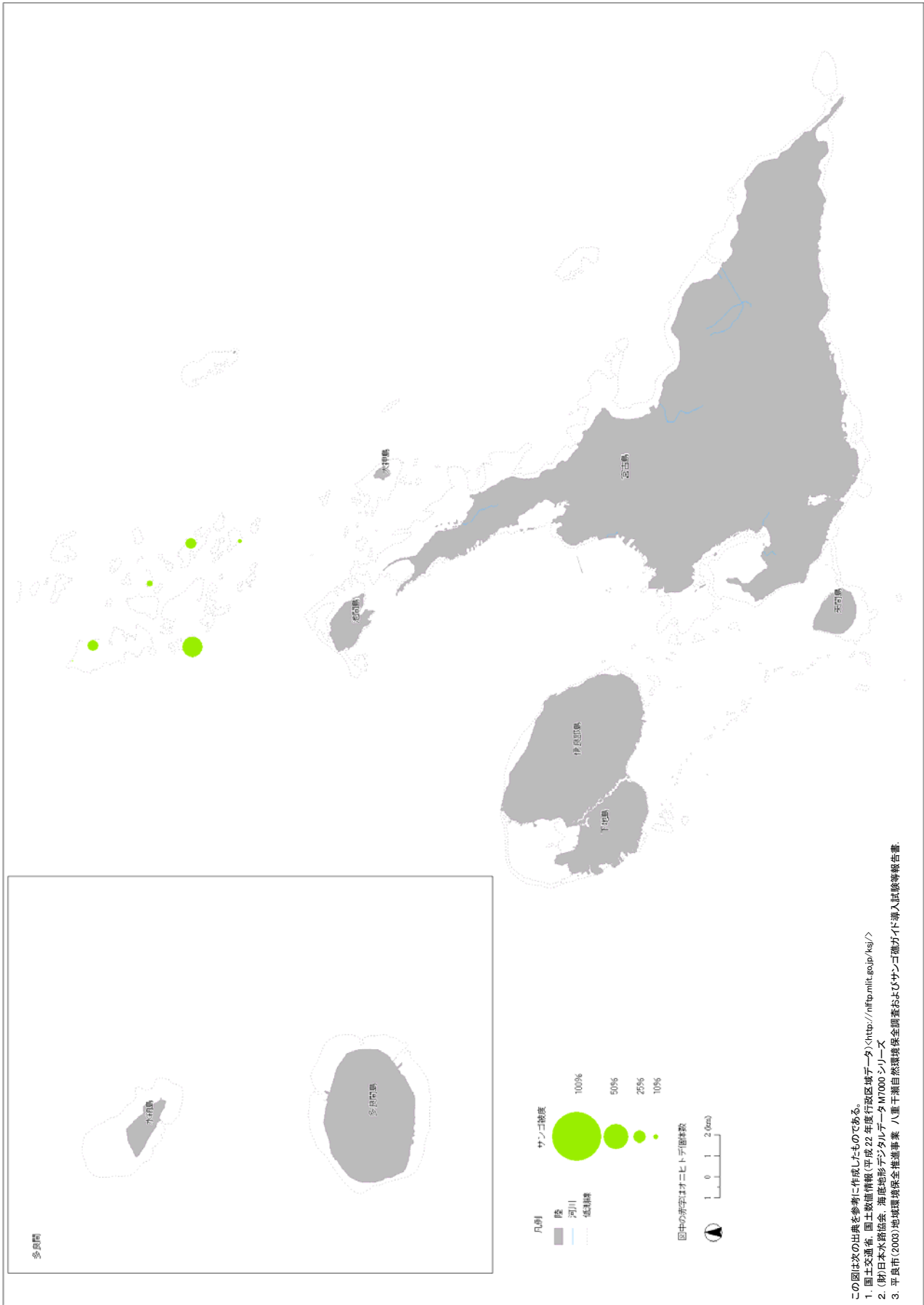


図3-2-22. 1998年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニトロフェン個体数。

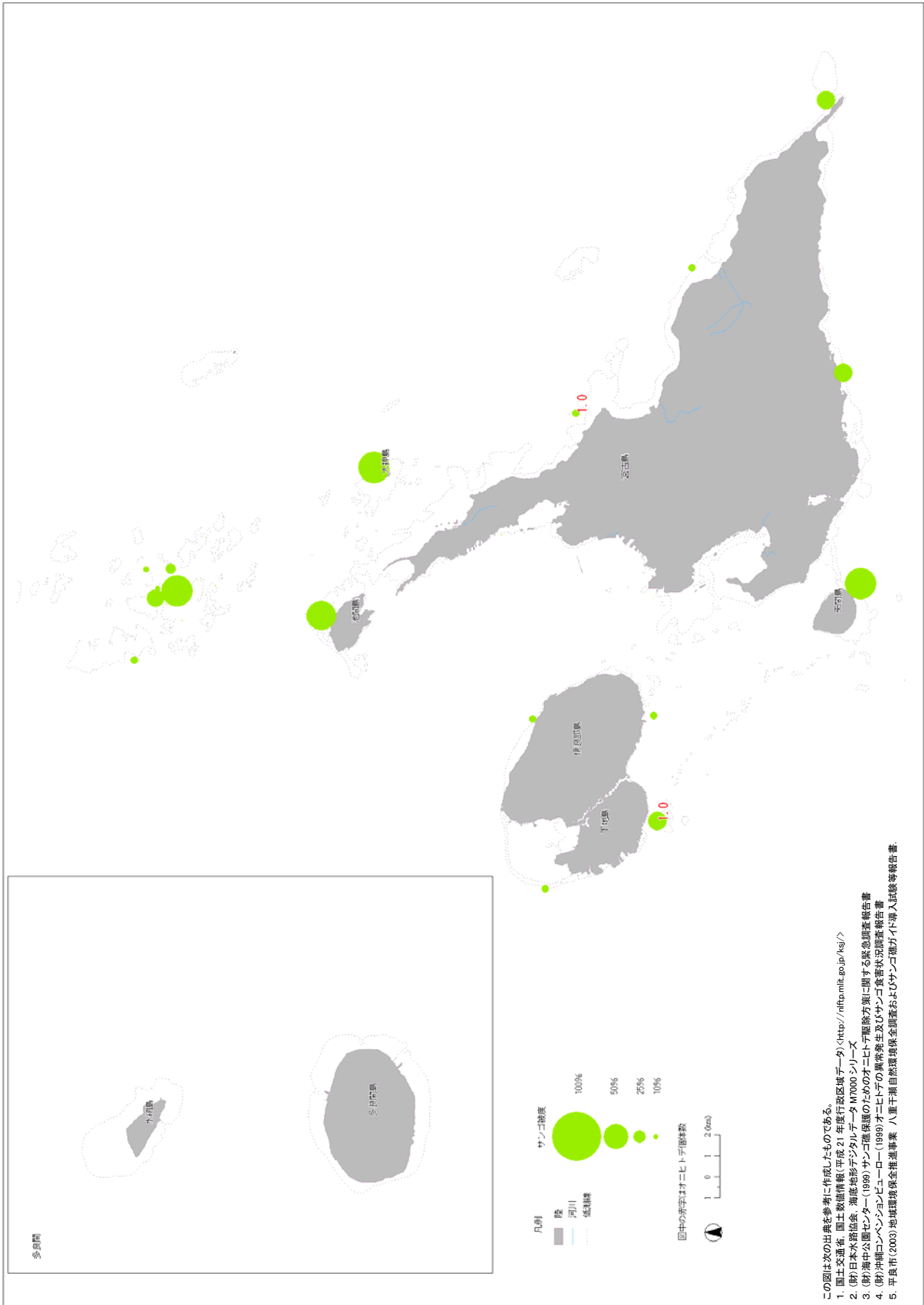


図3-2-23. 1999年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。



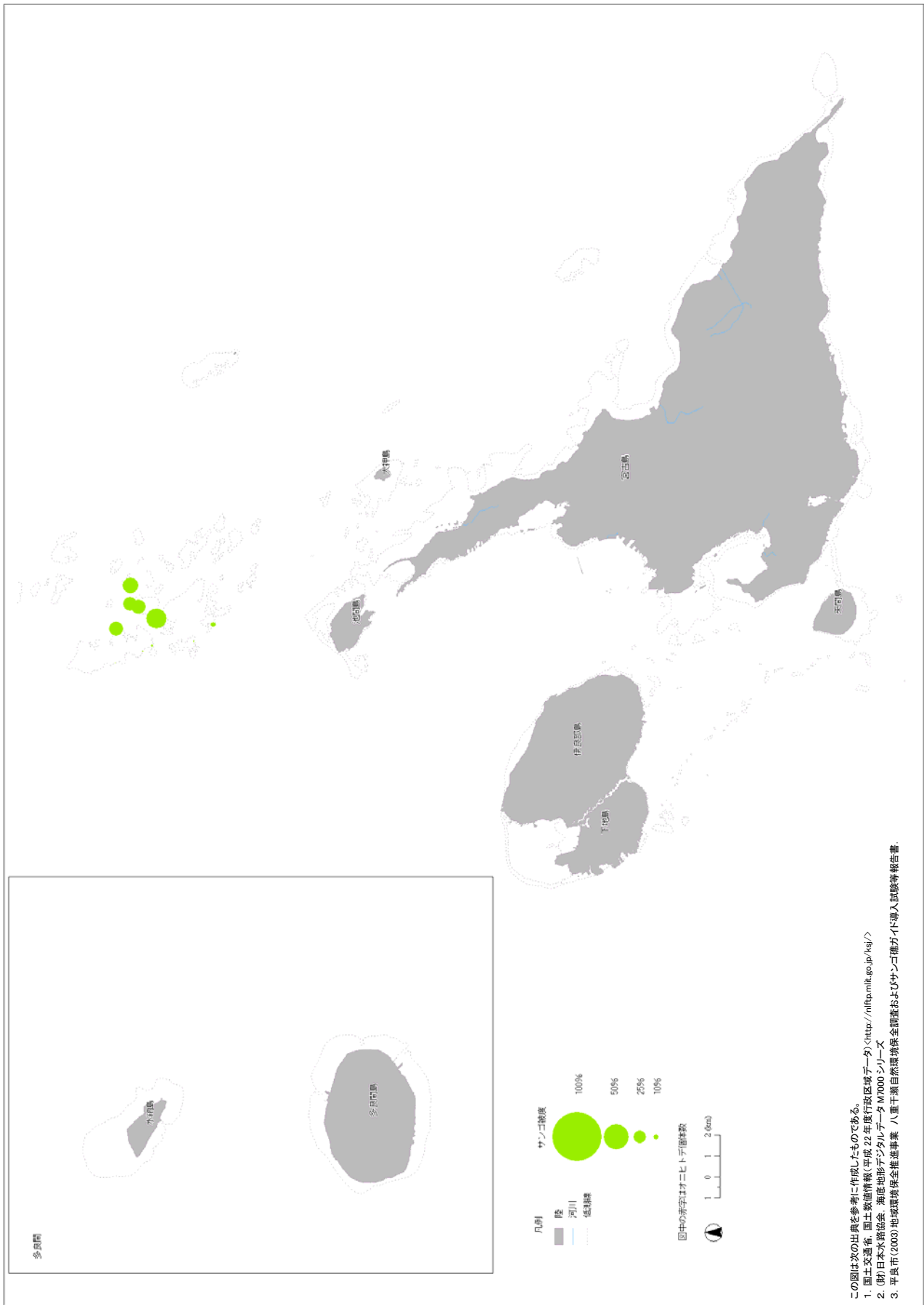


図3-2-24. 2000年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。

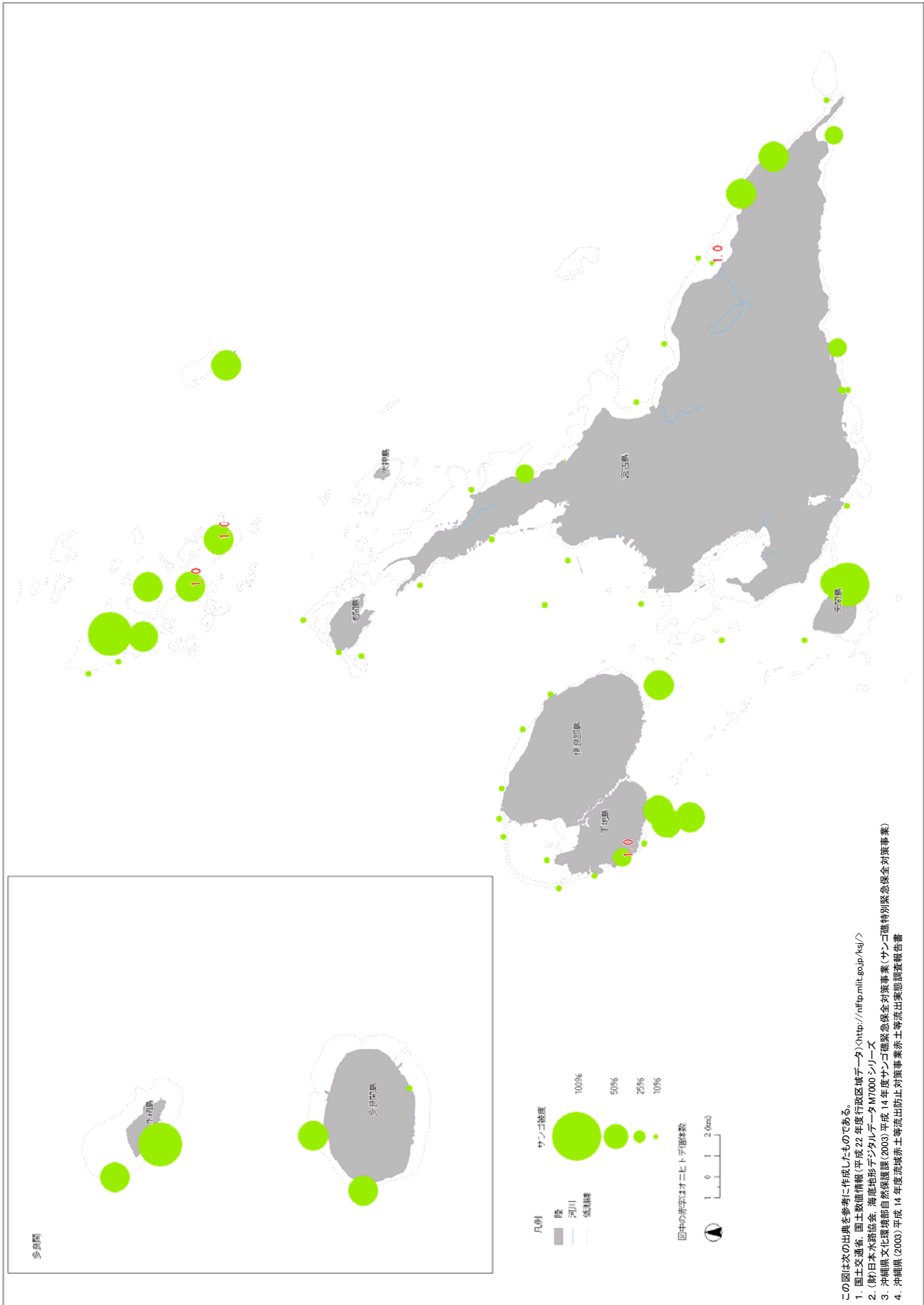


図3-2-25. 2002年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニトロフェンol個体数.

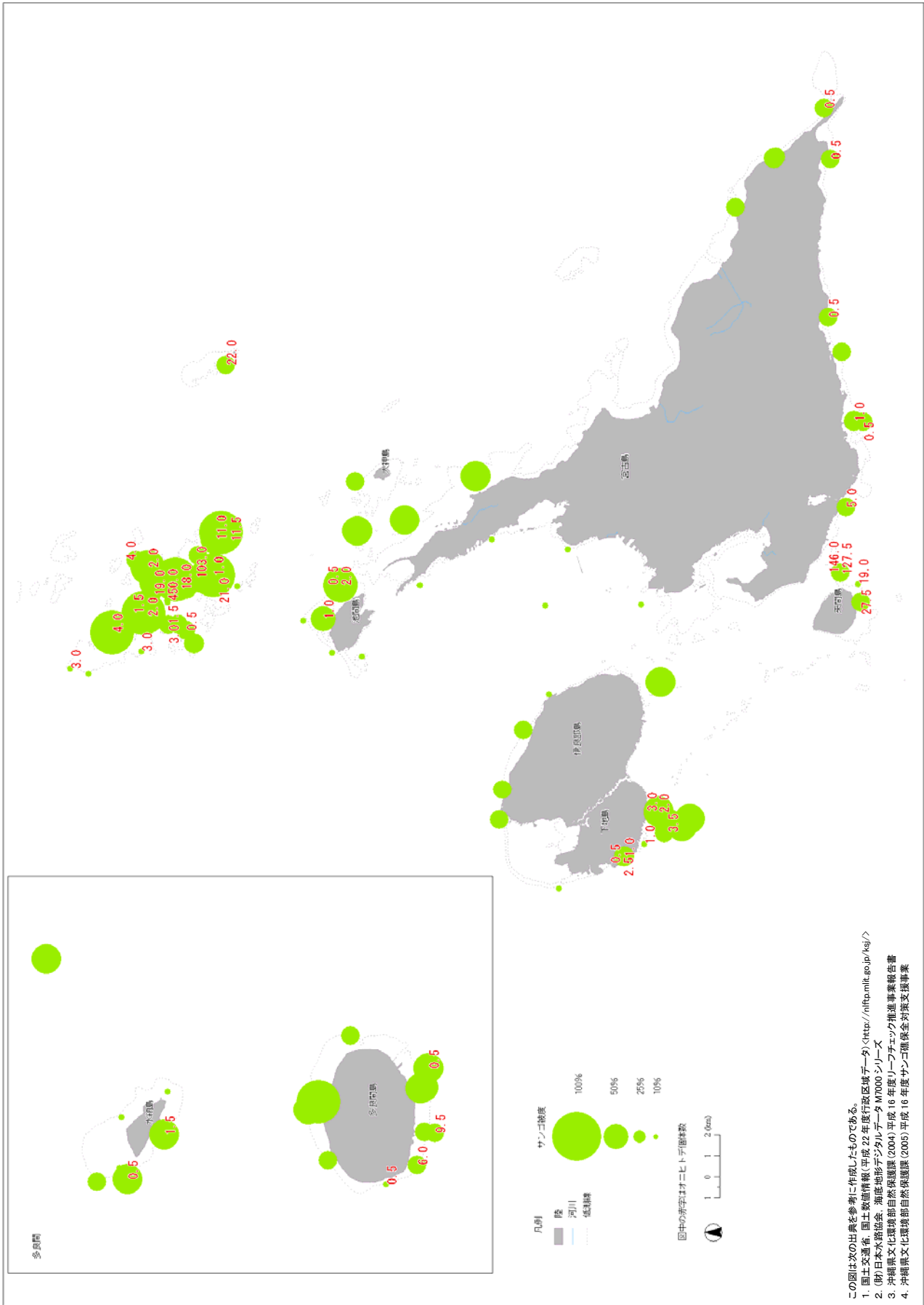


図3-2-26. 2004年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。

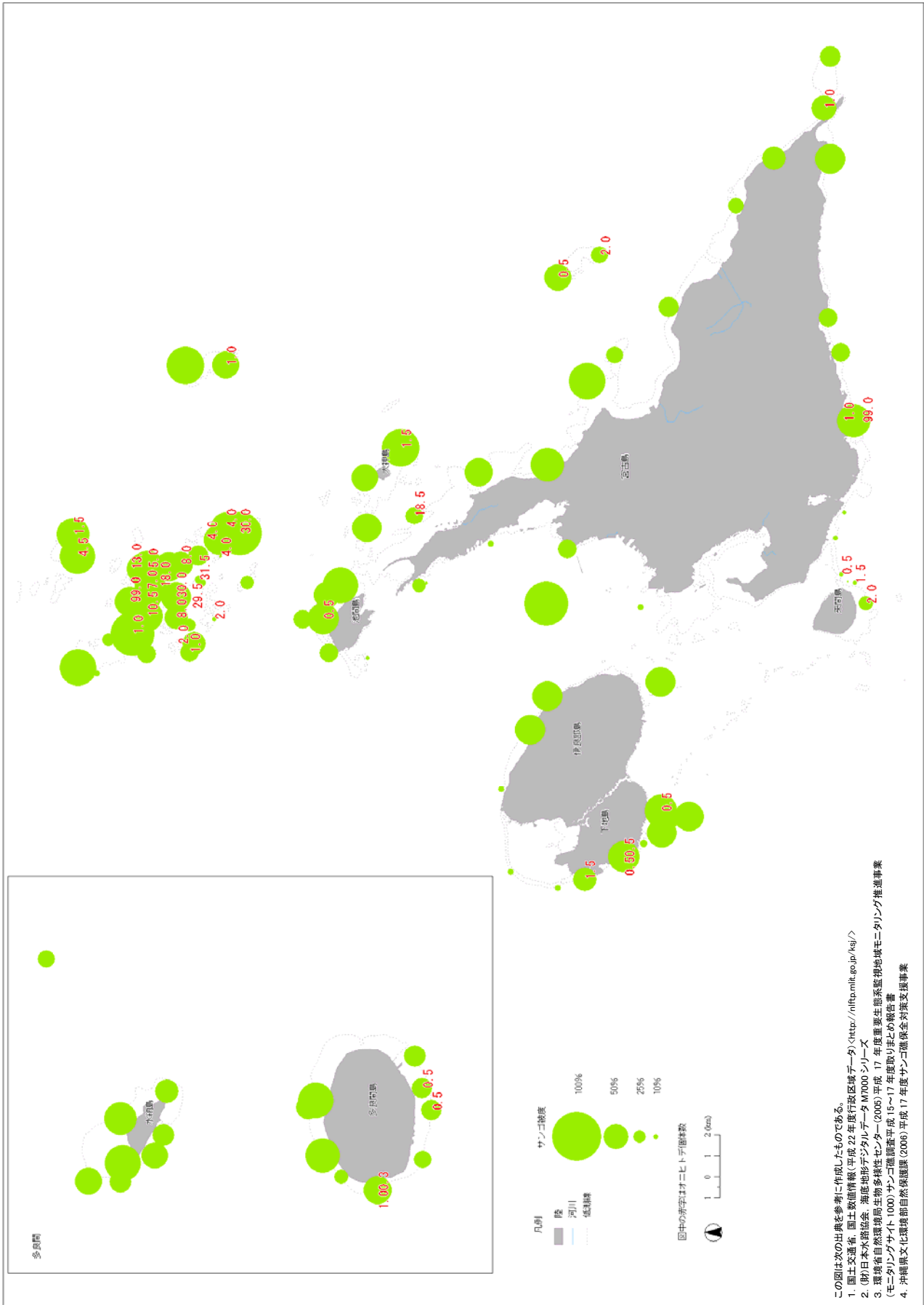


図3-2-27. 2005年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

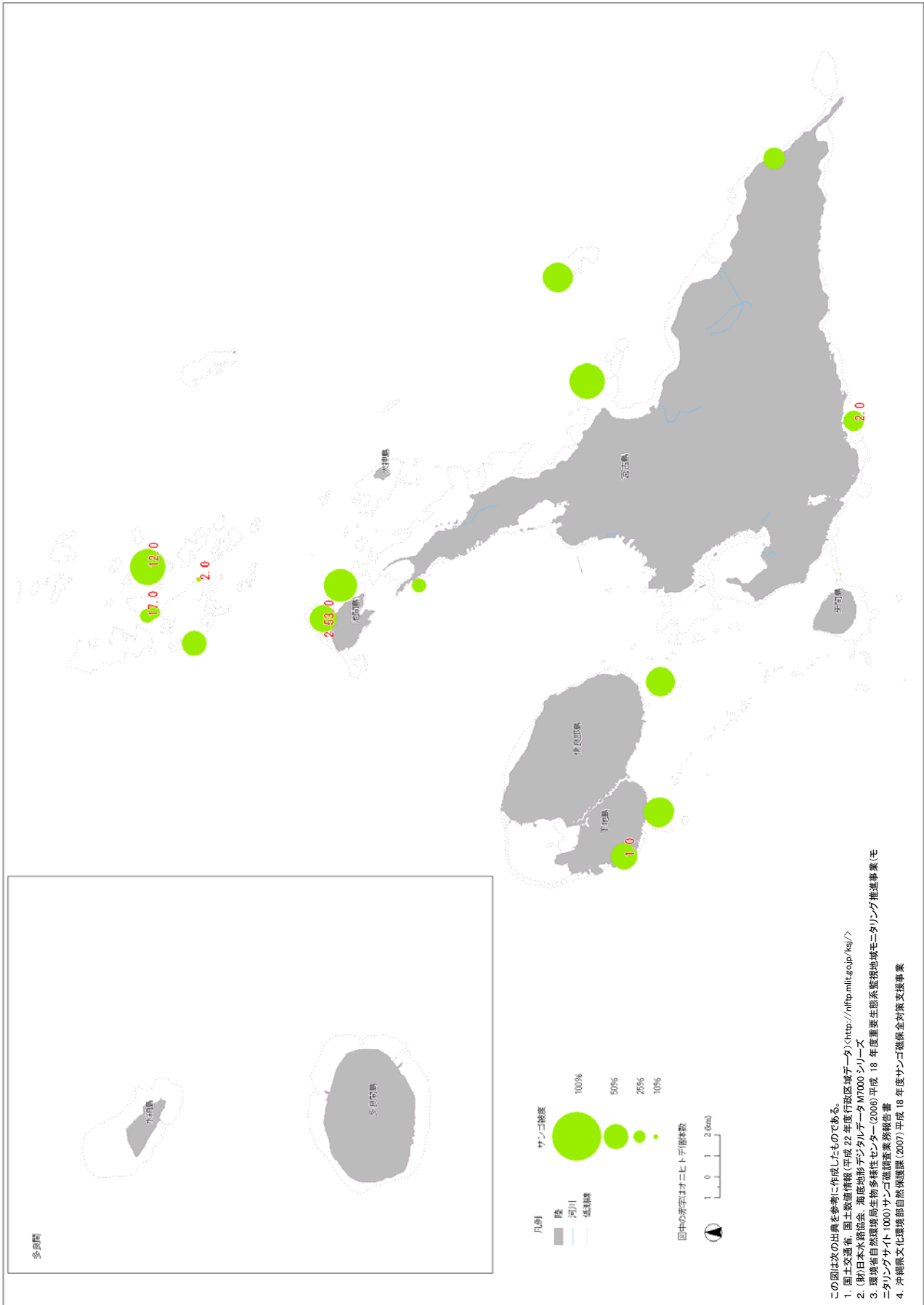


図3-2-28. 2006年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。

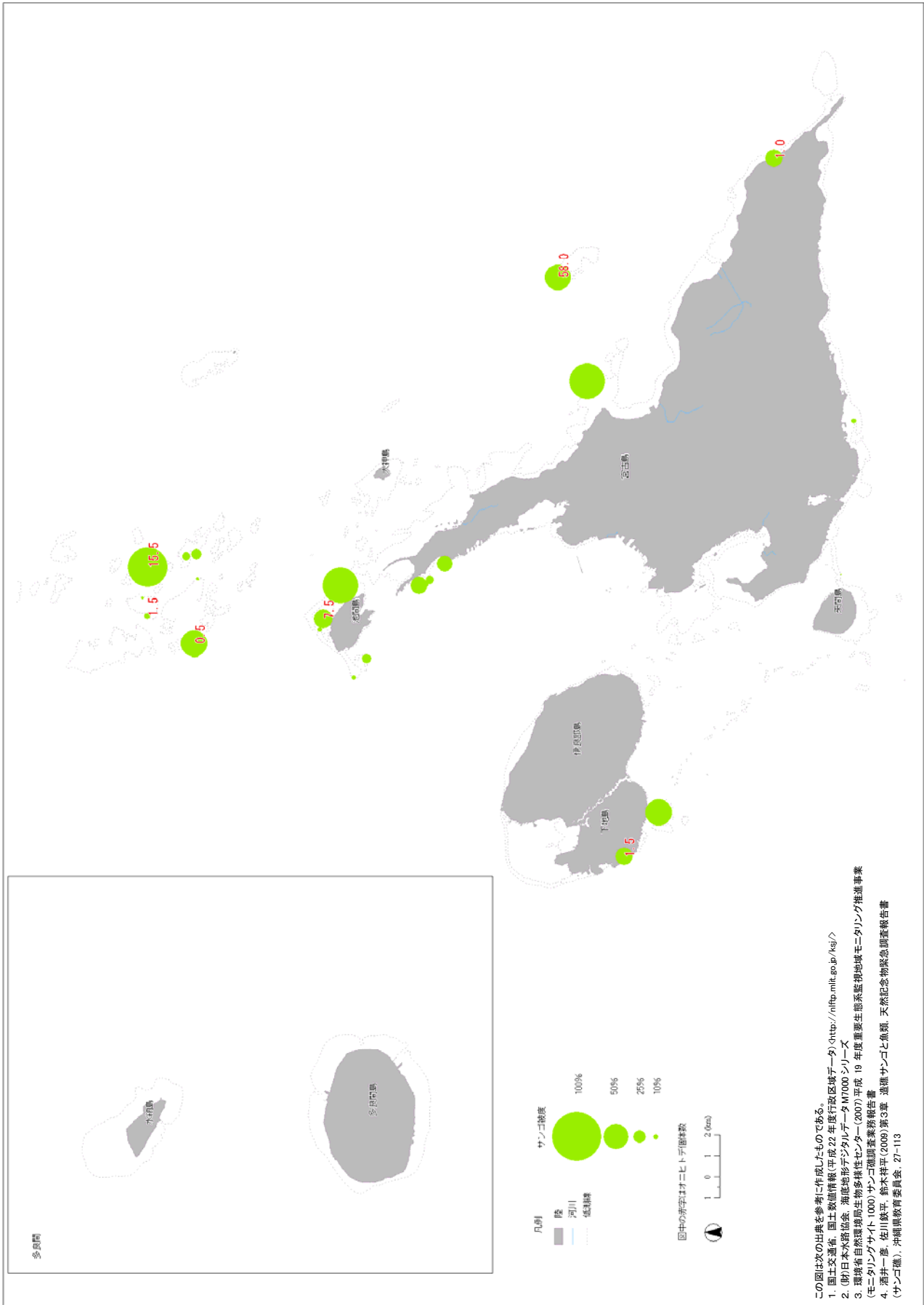


図3-2-29. 2007年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

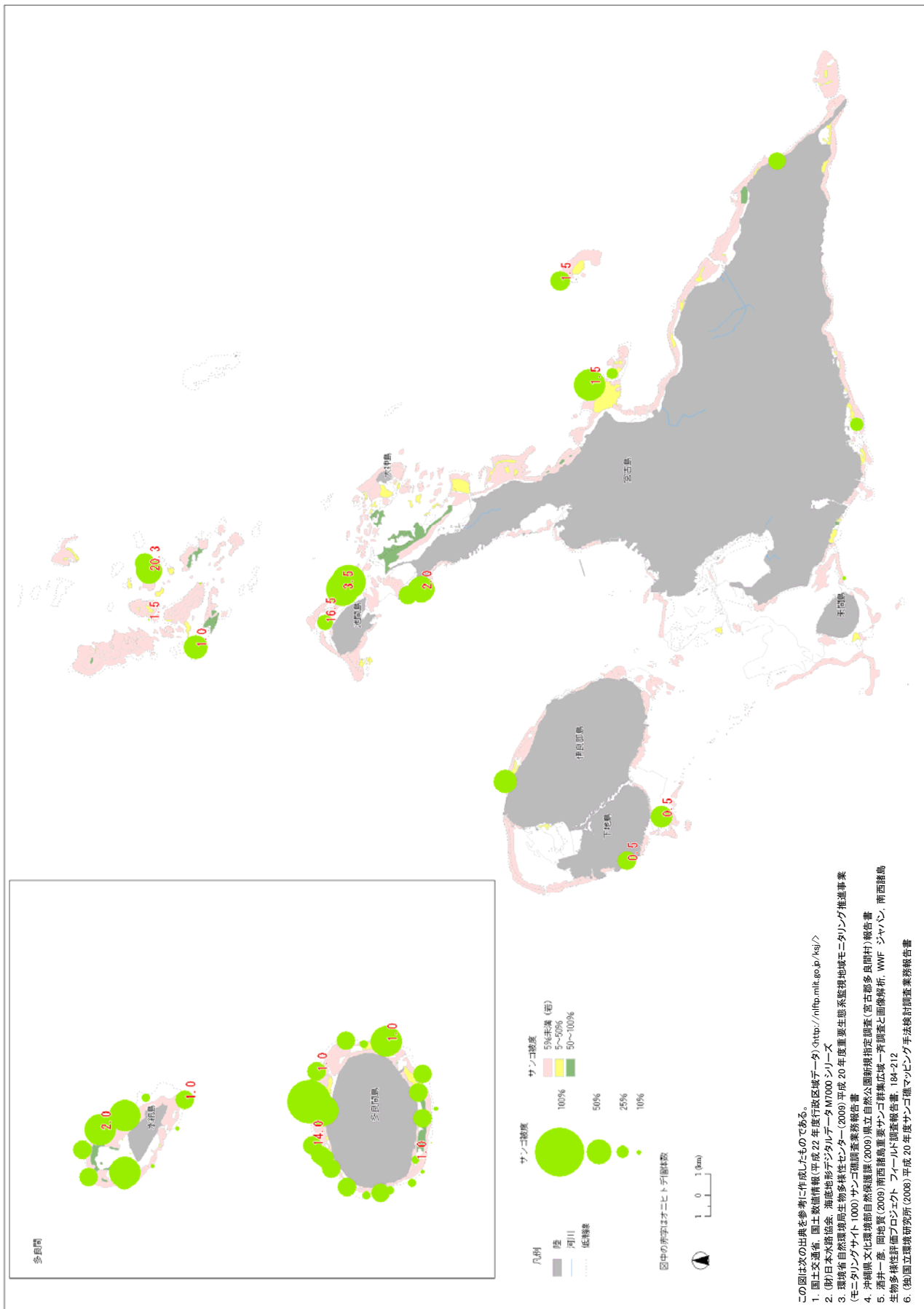


図3-2-30. 2008年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査と広域概況調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

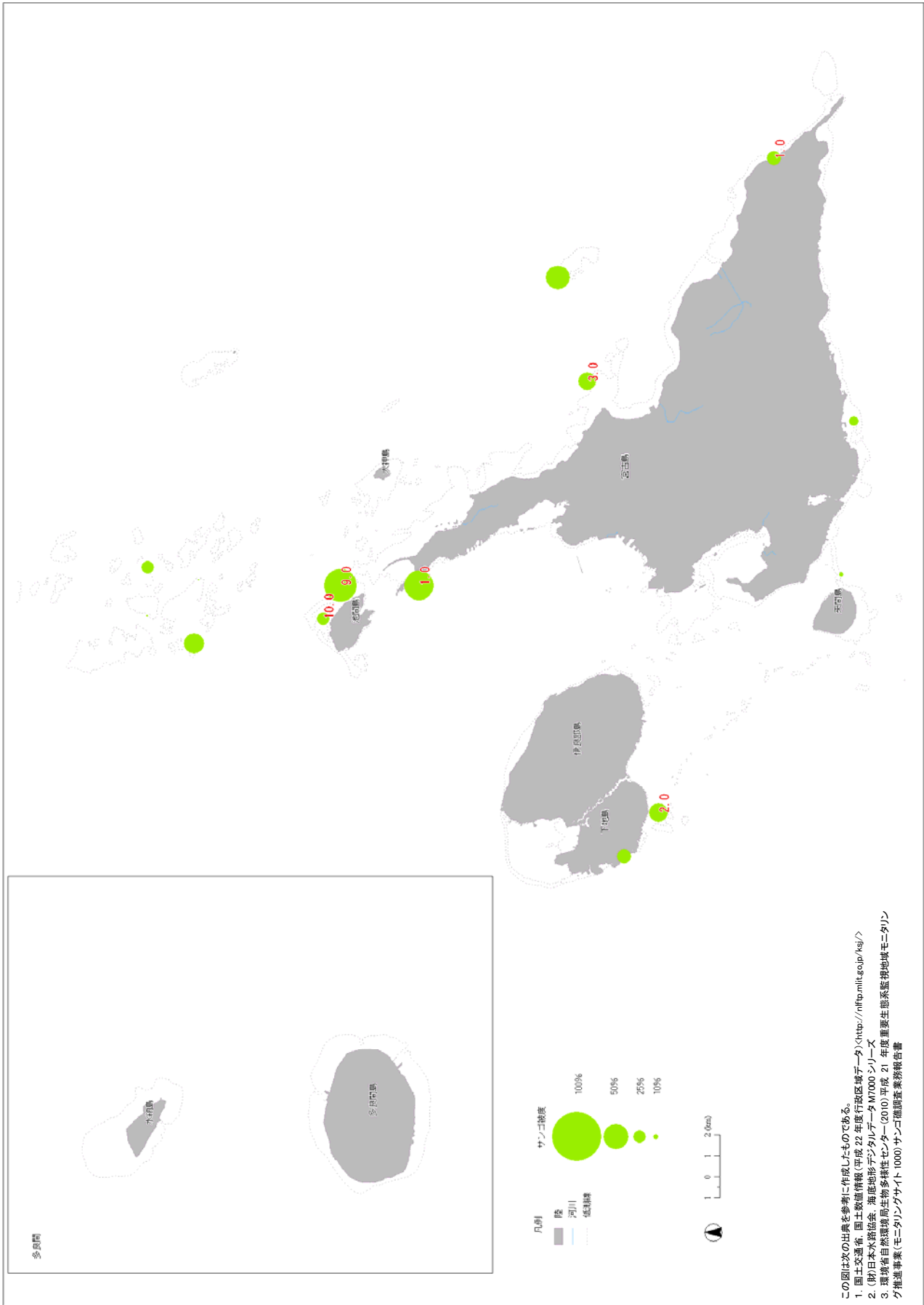


図3-2-31. 2009 年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.



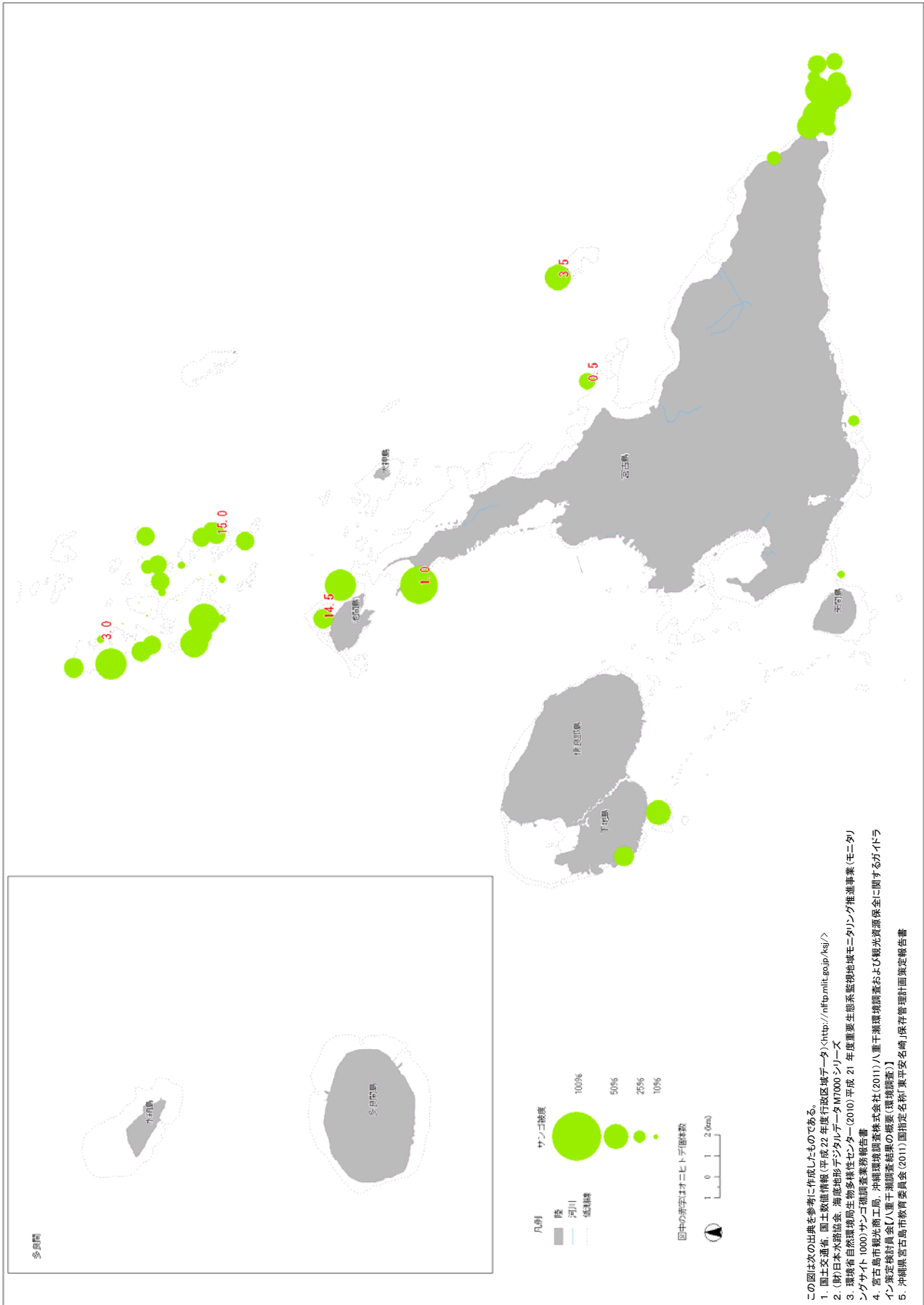


図3-2-32. 2010年に宮古地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

### 2-1-3. 宮古地域におけるオニヒトデの大発生サンゴ群集への影響

宮古地域では1950年代からオニヒトデの駆除が行われており、1973年の調査ではサンゴ被度の高い場所と非常に低い場所の差が大きく、池間島周辺でオニヒトデが多く確認されている。1973年から1990年代後半までは調査等がほとんど行われていないためオニヒトデの大発生等についてはほとんど不明であるが、2004年に八重干瀬や来間島周辺や下地島南側で非常に多くのオニヒトデが確認され、多良間島周辺でもオニヒトデが確認されている。以降の調査でも宮古地域で多くのオニヒトデが確認されており、2009年にも多くのオニヒトデが駆除されている。オニヒトデの大発生は、宮古地域のサンゴ群集へ大きな影響を与え、群集の構成を変化させる程度の攪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、沖縄島本島地域における慢性的なオニヒトデの大発生を引き起こし、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もの提言がなされ、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

- (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 (1994) 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)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 (1974) 附属資料沖縄県土地利用基本計画 (II) -沖縄の自然環境-
- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ
- (独)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
- 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
- ニュージェック (2010) オニヒトデ緊急駆除事業報告書
- 沖縄県 (2003) 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 (2005) 平成16年度サンゴ礁保全対策支援事業報告書.
- 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 (2004) 平成16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（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（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  
環境省自然環境局生物多様性センター（2005）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 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 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）.  
環境庁（1992）第 4 回自然環境保全基礎調査  
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）】  
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/>>  
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  
山里清（1969）サンゴを食害するオニヒトデ. 今日の琉球，13，7-9  
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  
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  
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  
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.

## 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3-2-33）。

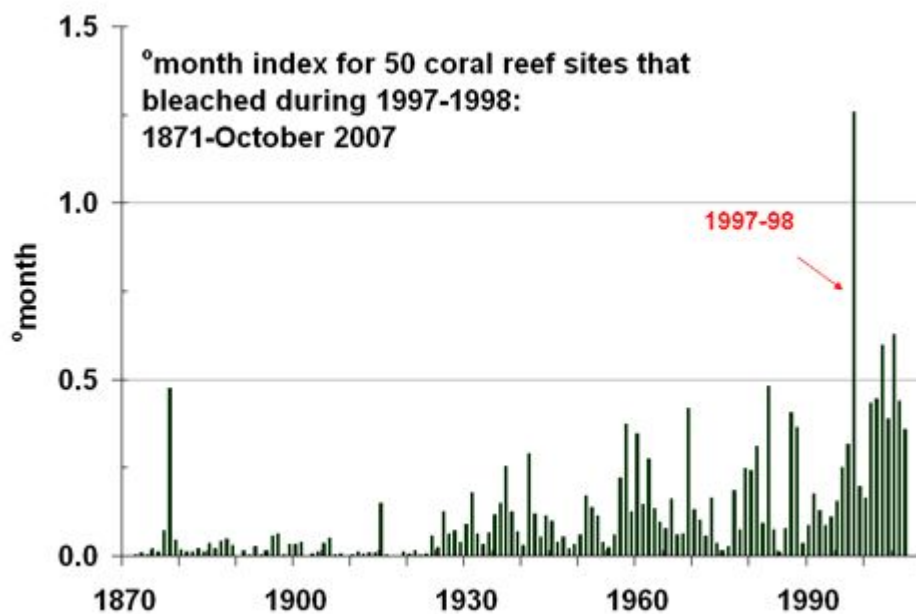


図3-2-33. 世界のサンゴ礁 50 ヶ所における高水温指数(UK Hadley Centre global monthly SST;1871-1999 と NOAA NCEP EMC CMB Global Reyn-Smith Olv2 Satellite and observations data set をもとに作成). °month は 1982 年から 1999 年のデータをもとに、年間の月々の平均最大水温を超える月を合計した高水温指数. 解析の詳細は Lough (2000) を参照. オーストラリア海洋科学研究所ホームページより.

## 2-2-2. 宮古地域における白化現象の記録

宮古地域でのサンゴの白化現象に関する情報は少ないが、1993年の調査で白化現象が観察されている(沖縄県環境科学センター 1994)。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)。また、1986年に白化現象が起こったことが新聞で報道されている(沖縄タイムス 1986年8月11日夕刊)。

## 2-2-3. 宮古地域における白化現象のサンゴ群集への影響

宮古地域における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では、八重干瀬や城辺町で多くのサンゴが白化したようである。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、宮古地域でもサンゴ群集は大きく攪乱されたと推測される。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攪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>>
- Lough JM (2000) Sea surface temperature variations on coral reefs: 1903-1998. AIMS Report No. 31. Australian Institute of Marine Science, Townsville.
- 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
- (財)沖縄県環境科学センター(1994)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)

## 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入の経緯は「第2章 第2節 2-3-1. 赤土等の土壌流出とその歴史」を参照。

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 法による宮古地域の現況と、「2-3-3. 赤土等の流れやすい流域」とを比較した。

## 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、各海域の最大値のランクを図 3-2-2 1 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/m<sup>3</sup>/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/m<sup>3</sup> 以上の海域を表 3-2-3 に示す。

表3-2-3. SPSS の最大値が 30kg/m<sup>3</sup>/年以上の海域。（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。

| 海域名           | SPSS(Max) |
|---------------|-----------|
| 大浦湾(77-3)     | 427.1     |
| 新城海岸(111-14)  | 166.4     |
| 新城海岸(111-30)  | 129.2     |
| 大浦湾(77-2)     | 63.6      |
| 新城海岸(111-37)  | 56.5      |
| 浦底排水路地先(80-3) | 51.4      |
| 新城海岸(111-29)  | 50.6      |
| 新城海岸(111-27)  | 38.8      |
| 新城海岸(111-5)   | 37.4      |
| 新城海岸(111-38)  | 31.3      |

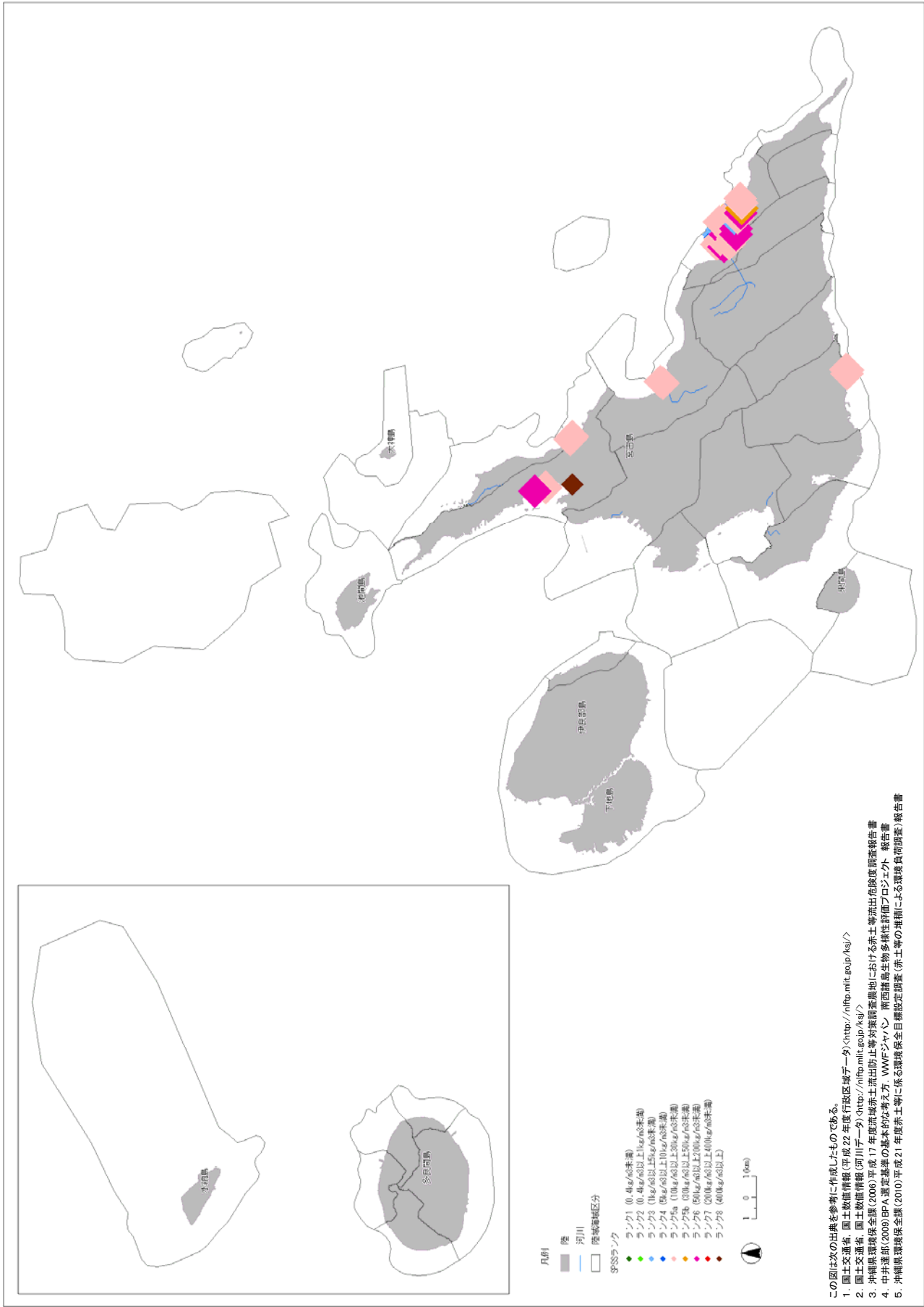


図3-2-34. 沖縄県環境保全課(2010)で調査されたSPSSの最大値のランク。



### 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。各係数の設定方法は「第 2 章 第 2 節 2-3-3. 赤土等の流れやすい流域」を参照。

$$\text{USLE 式: } A=R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

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。

### 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3-2-36に示す。宮古地域では、単位面積あたりの土壌流出量が多いほ場はほとんどない。また、陸域海域区分毎の総流出量と単位面積あたりの土壌流出量を図3-2-37に示す。宮古地域の赤土等土壌流出量は全体的に低く、高野周辺で総流出量が少し高いランク4がみられた程度であった。

USLE式による土壌流出量を地目ごとに集計した結果を図3-2-35に示す。USLE式による土壌流出量は、宮古地域では裸地、サトウキビ畑、普通畑の順に多かった。

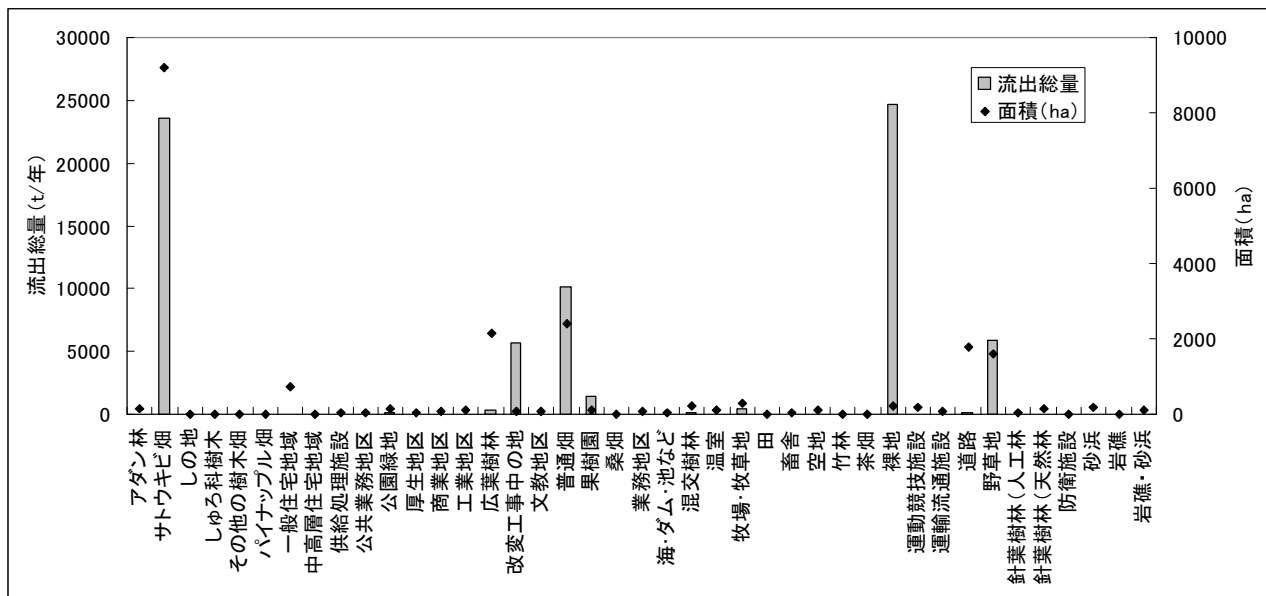


図3-2-35. 宮古地域における各地目の土壌流出量。

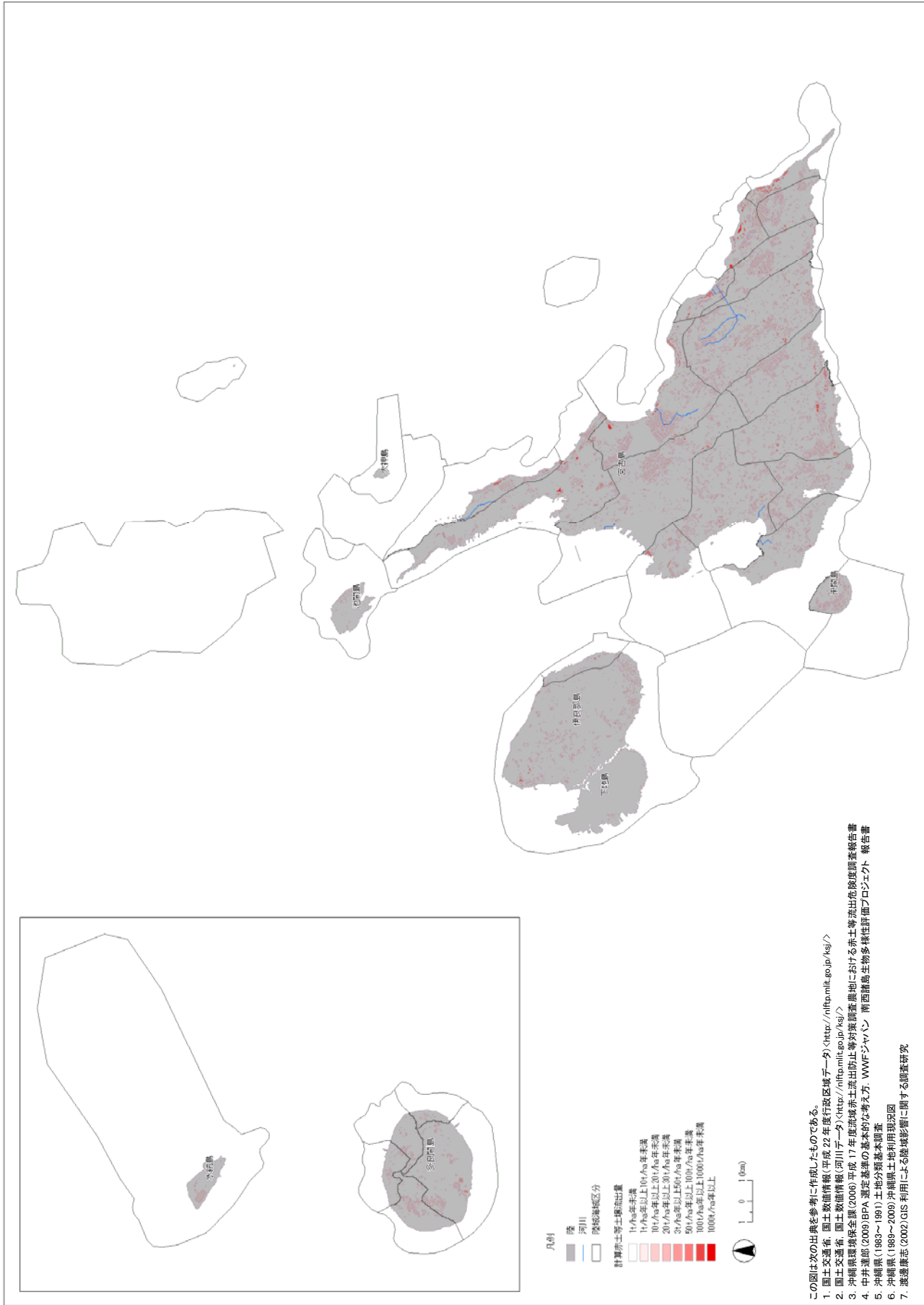


図3-2-36. 宮古地域における土壌流出量の算定結果.

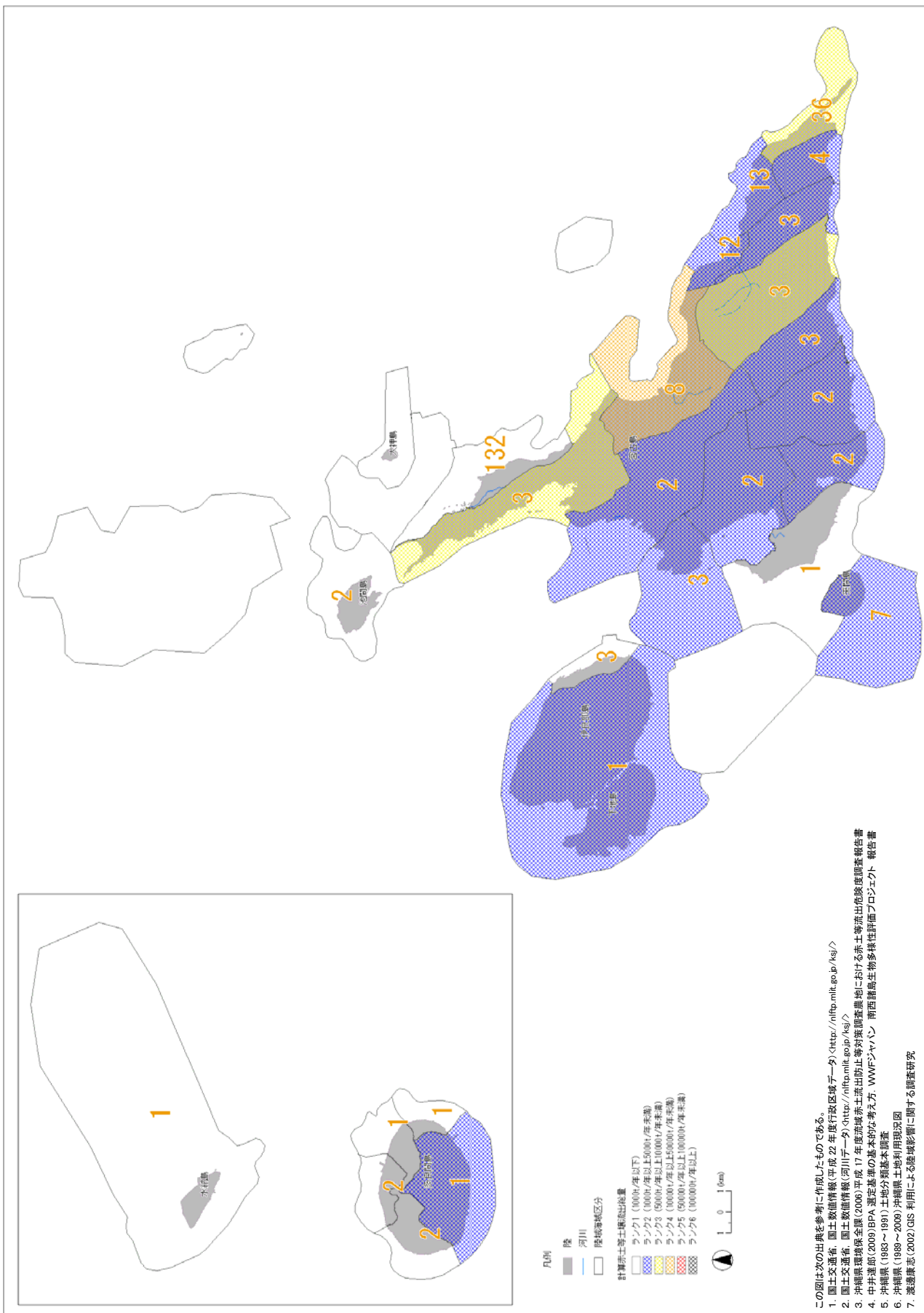


図3-2-37. 陸域海域区分毎の赤土等土壌流出総量と単位面積あたりの土壌流出量.

## 2-3-4. 宮古地域における赤土等の土壌流出のサンゴ群集への影響

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。

USLE 式による土壌流出推定量の結果は、宮古地域の赤土等土壌流出量は全体的に低く、平成 21 年度に沖縄県環境保全課で実施された調査でも SPSS の最大値が 30kg/m<sup>3</sup>以上の海域は少なかった（沖縄県環境保全課 2010）。

### 参考文献

- Nishihira M. (1987) Natural and human interference with the coral reef and coastal environments in Okinawa. *Galaxea*, 6, 311-321
- 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
- Yamazato K. (1987) Effects of deposition and suspension of inorganic particulate matter on the reef building corals in Okinawa, Japan. *Galaxea*, 6, 289-309
- 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壌侵食の評価と対策. 土壌の物理特性, 63, 19-34
- 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 (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.
- 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/>>

- 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
- 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
- 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
- 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

## 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。

### 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。このうち、宮古地域の調査地点は、図 3-2-38 に示した海域 9 地点である。今回、宮古地域の水質について、国立環境研究所環境数値データベースで公開されている沖縄県公共用水域データ（COD、大腸菌）を整理した。

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わけではない。
- ・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。

また、宮古地域では地下水の水質保全対策を目的として、農薬や廃棄物に関する調査や、地下水量に関する調査等が行われている。

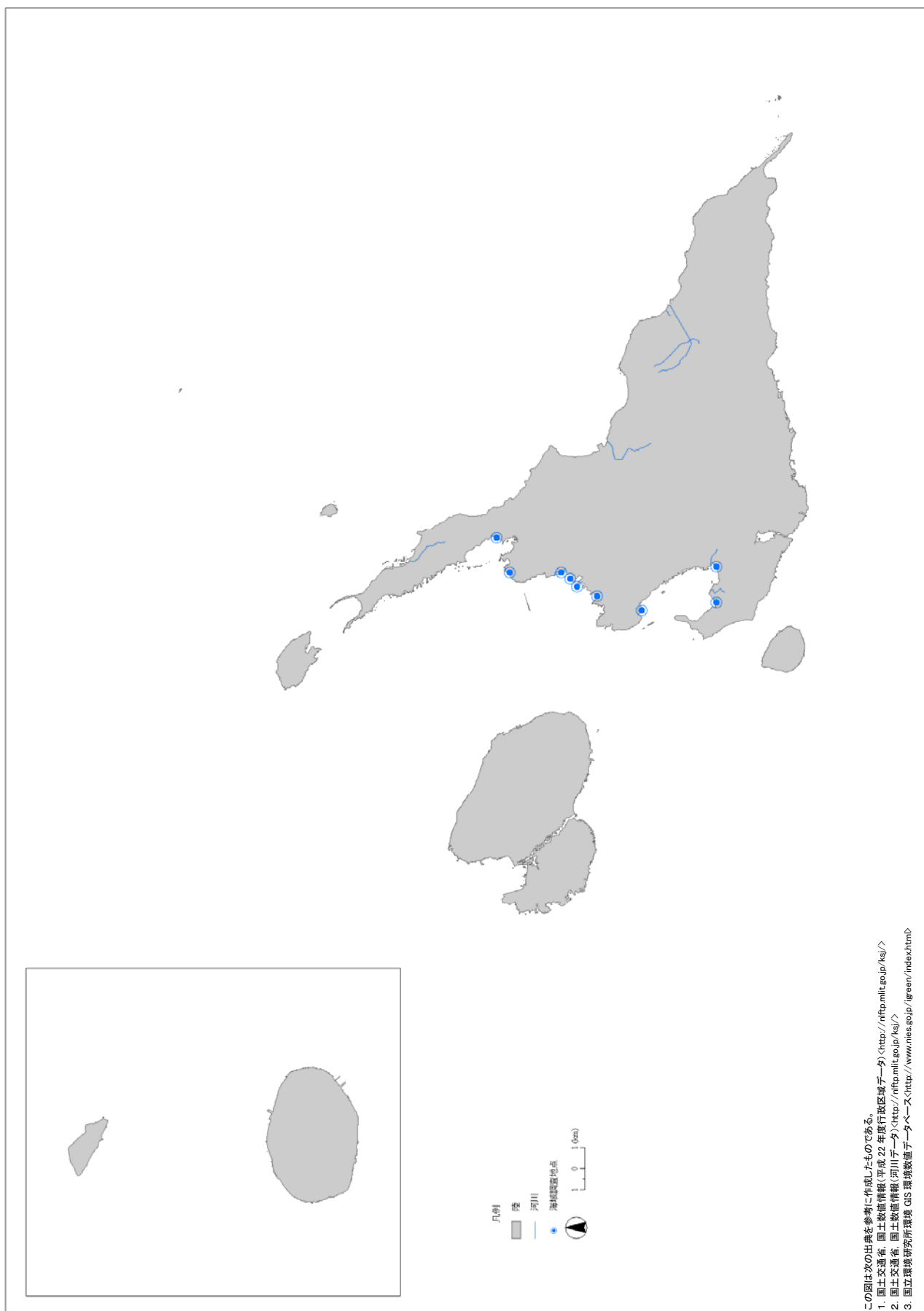


図3-2-38. 宮古地域における公共用水域調査地点.



<COD（化学的酸素要求量）>

図3-2-39に宮古地域の公共用水域で測定されたCODの年平均値を海域毎に示した。与那覇湾では、1998年から2001年にかけてCODの値が高くなっているが、2002年以降は低い値で推移している。

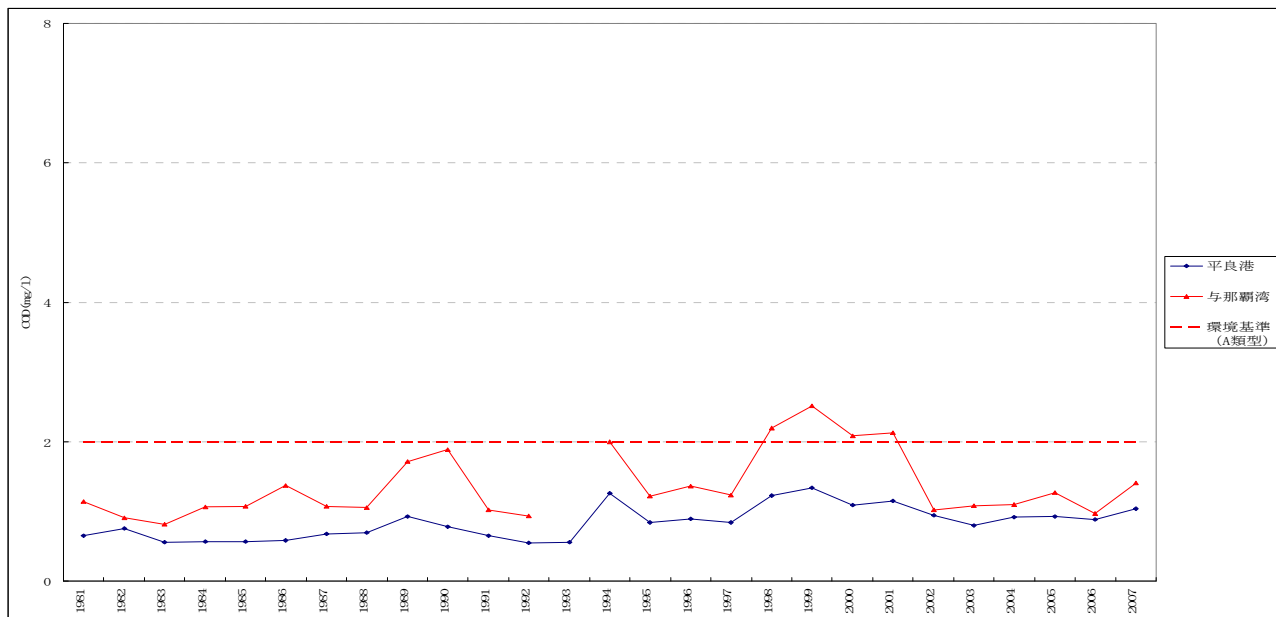


図3-2-39. 宮古地域におけるCODの年平均値の推移. 公共用水域水質調査地点で測定されたCOD値(検体値)から年平均値を求めた.

<大腸菌について>

図3-2-40に宮古地域の公共用水域で測定された大腸菌群数の年平均値を、海域毎に示した。

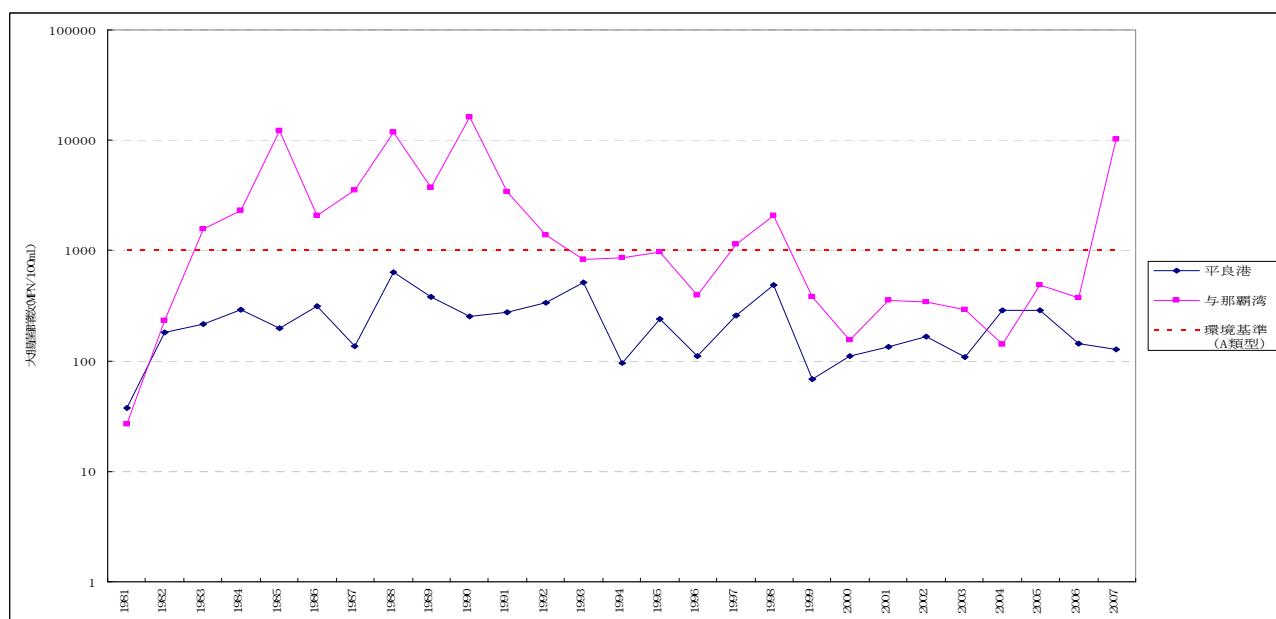
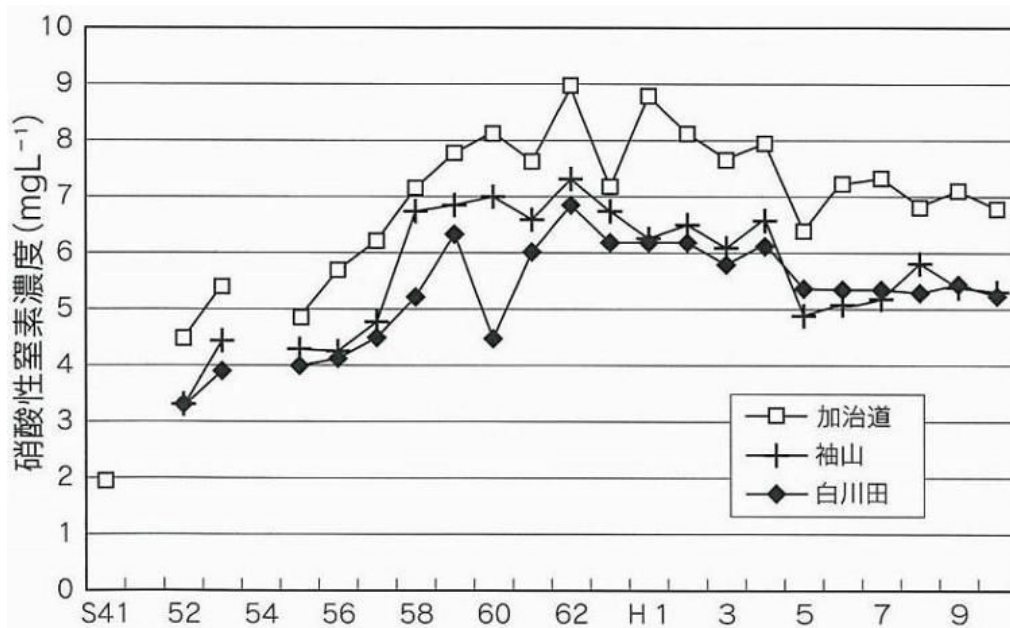


図3-2-40. 宮古地域における大腸菌群数の年平均値の推移. 公共用水域水質調査地点で測定された大腸菌群数値(検体値)から年平均値を求めた.

宮古地域の地下水に関する調査では、昭和 50 年代に硝酸性窒素濃度が急増し、その後硝酸性窒素濃度は少しずつ減ってきており、近年は硝酸性窒素濃度が 5mg/L 前後で推移している（宮古島市企画政策部・宮古島市水道局 2009）。



図資-7 主要三水源の硝酸性窒素濃度の推移

図3-2-41. 宮古島における主要三水源の硝酸性窒素濃度の推移. 田代(2002)より引用.

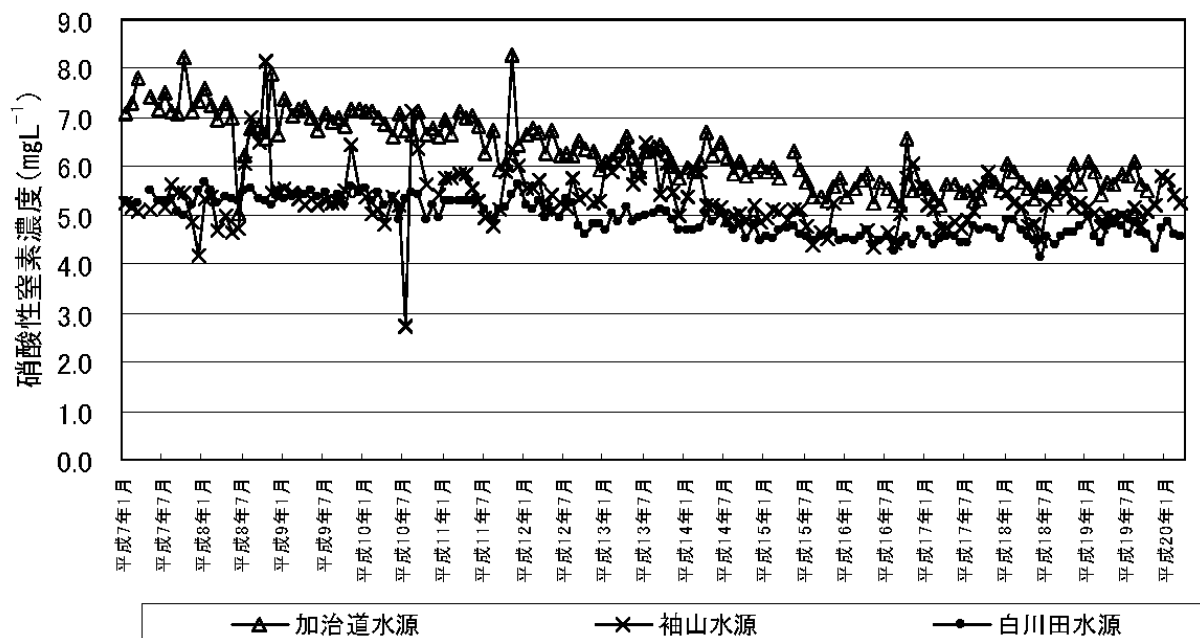


図5-12 主要三水源の硝酸性窒素濃度の推移

資料：硝酸性窒素濃度（東京農大地下水イオン分析結果表）

図3-2-42. 宮古島における主要三水源の硝酸性窒素濃度の推移. 宮古島市企画政策部・宮古島市水道局(2009)より引用.

### 2-4-3. 宮古地域における水質の悪化とサンゴ群集への影響

宮古地域の水質は、沖縄県公共用水域水質測定結果の調査地点が少なく、情報が限定的であった。宮古地域の海域の水質は調査地点等が少ないためよくわからないが、宮古地域の地下水に関する調査では、昭和50年代に硝酸性窒素濃度が急増し、その後硝酸性窒素濃度は少しずつ減ってきており、近年は硝酸性窒素濃度が5mg/L前後で推移している。そのため、地下水の水質に関しては改善傾向にあると考えられる。

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。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、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。

#### 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.
- 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
- 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
- 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(平成22年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
- 国土交通省, 国土数値情報(河川データ) <<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>>
- 田代豊 (2002) 地下水の質にかんすることから. 中西康博編, サンゴの島の地下水保全—「水危機の世紀」を迎えて—, 131-158

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

沖縄県の埋め立ての変遷は「第2章 第2節 2-5-1. サンゴ群集への影響と問題点」を参照。

### 2-5-2. 宮古地域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。宮古地域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年のポリゴンデータを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3-2-42)。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。また、第4回自然環境保全基礎調査と第5回自然環境保全基礎調査の海岸調査より、人工海岸を抽出した。

宮古地域では与那覇湾の一部で広い面積が埋め立てられており、狩俣東には養殖場が建設されている。また、人工海岸は港や空港周辺に限られている。

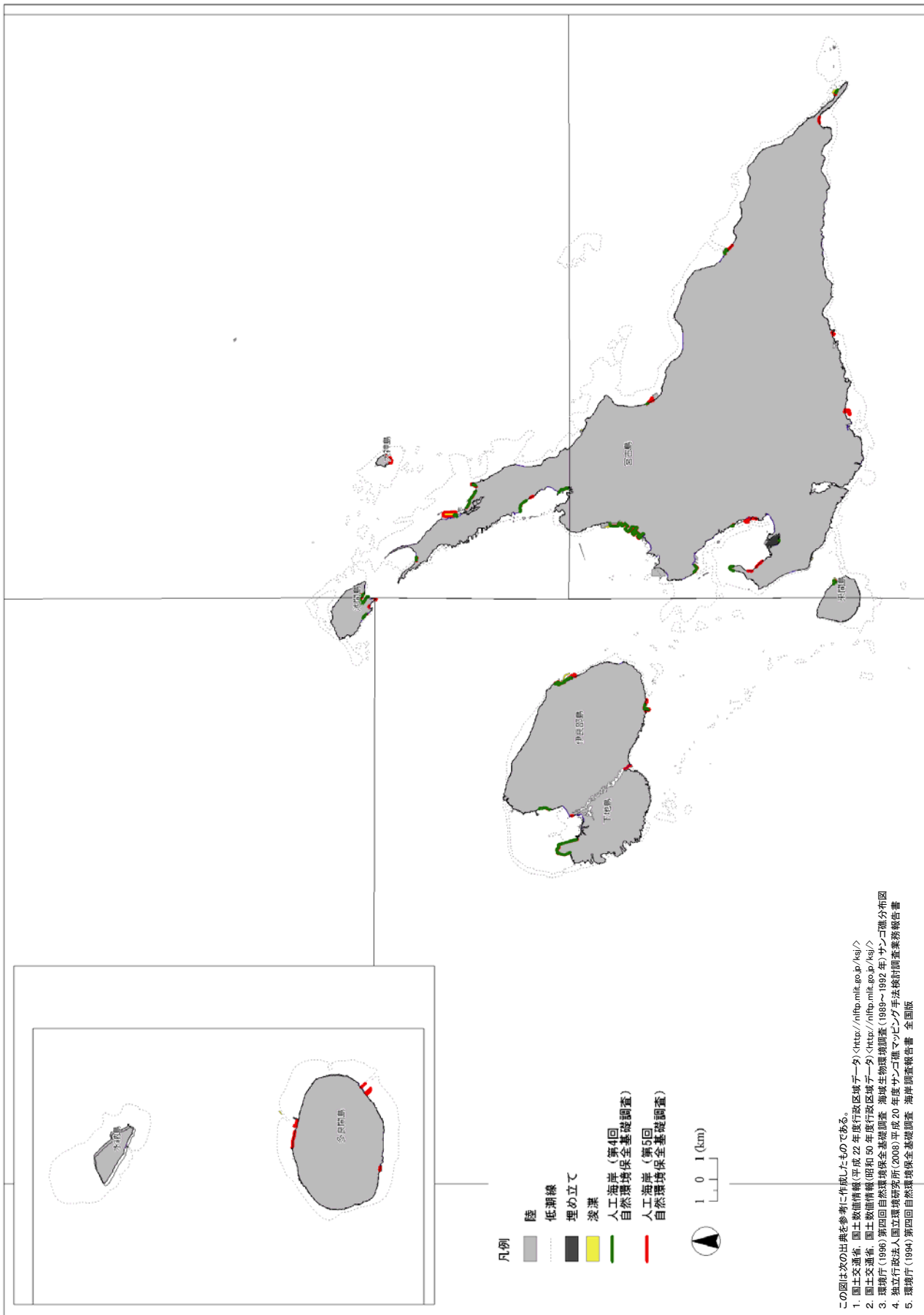


図3-2-42. 宮古地域における1974年以降の埋め立て地。

### 2-5-3. 宮古地域における埋め立て及び浚渫の影響

埋め立てと宮古地域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。宮古地域では、1974年以降の埋め立ては与那覇湾等で行われており、消失した干潟やサンゴ礁は若干広い。

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101.02 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。宮古地域の人工海岸は港や空港周辺に限られている。

#### 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>

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

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.

## 2-6. その他の攪乱

サンゴ群集に影響を与える主な攪乱要因を2-1から2-5まで紹介したが、その他の攪乱要因として、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。これらの攪乱要因の規模や頻度は、前述した攪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。各攪乱の概要は「第2章 第2節 2-6. その他の攪乱」を参照。

## 第3節 宮古地域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>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

#### <保全に関する区域の効用>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

#### <保全に関する区域の事例>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

今後の宮古地域の保護区管理の参考とするために、現在の宮古地域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

第2章 第3節記載のとおり、沖縄における海域の保全に係る区域の種類は表2-3-1に示してある。

#### 1-2. 宮古地域における海域の保全に関する区域

サンゴ礁を守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、宮古地域においてサンゴ礁域に直接かかるものを図3-3-1に整理した。ただし、明確な指定区域がない天然記念物は、図に含めていない。池間島や宮古島狩俣東、与那覇湾周辺は鳥獣保護区に指定されている。宮古島東平安崎周辺の隆起珊瑚礁海岸風衝植物群落は県の天然記念物に指定されている。また、伊良部島や下地島周辺は自然公園地域と鳥獣保護区に指定されている。多良間島、水納島は平成21年度に自然公園地域に指定されている。

沖縄県の自然環境の保全に関する指針では宮古地域の各評価ランクの分布は図3-3-2のようになっている。港の周辺などを除き多くの範囲が評価ランク1になっている。

WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトにおいて、宮古地域の生物多様性優先保全地域として抽出された地域を図3-3-3に示した。宮古島東側の島尻、新城、吉野などが、生物多様性優先保全地域に指定されている。





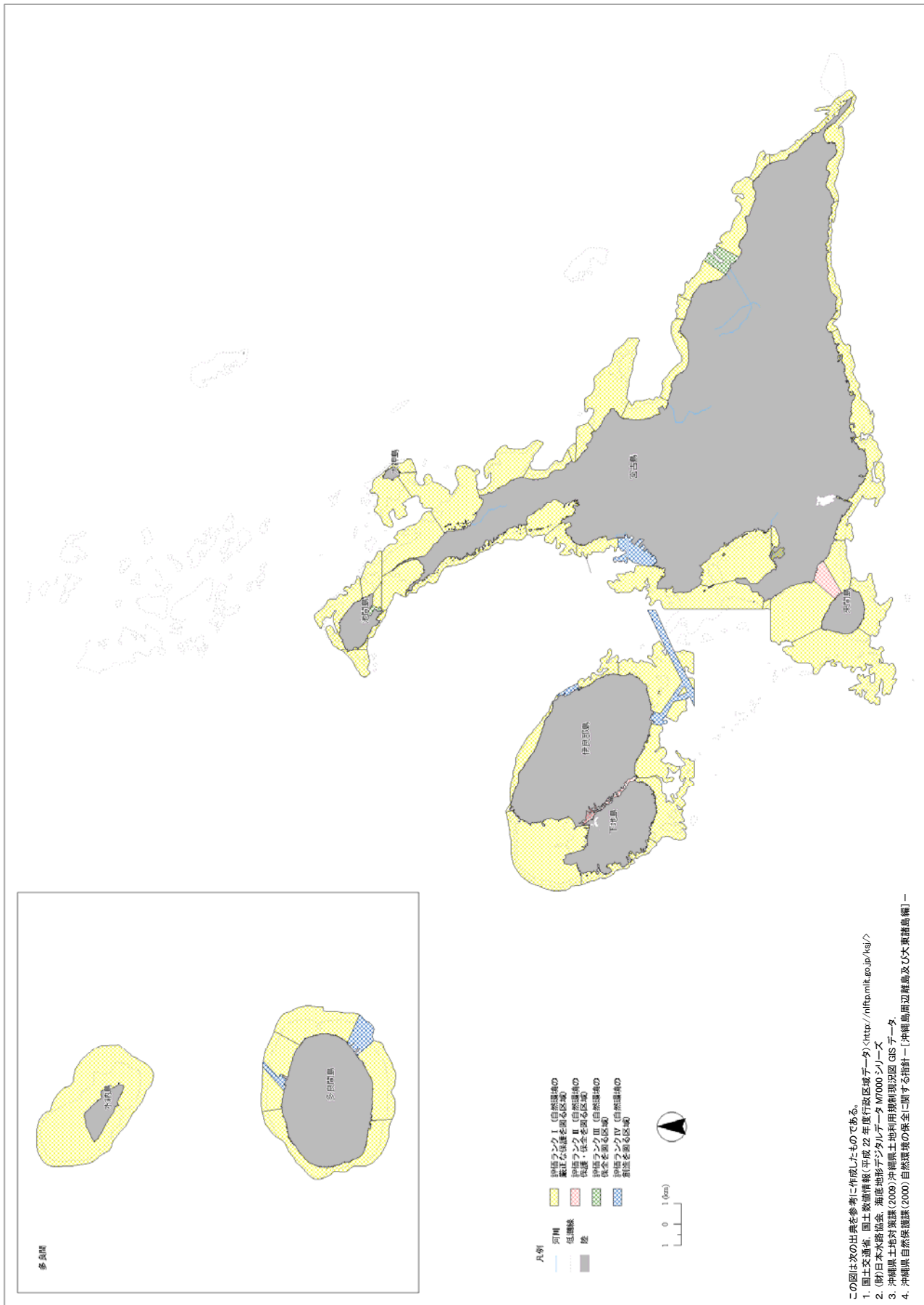


図3-3-2. 自然環境の保全に関する指針.

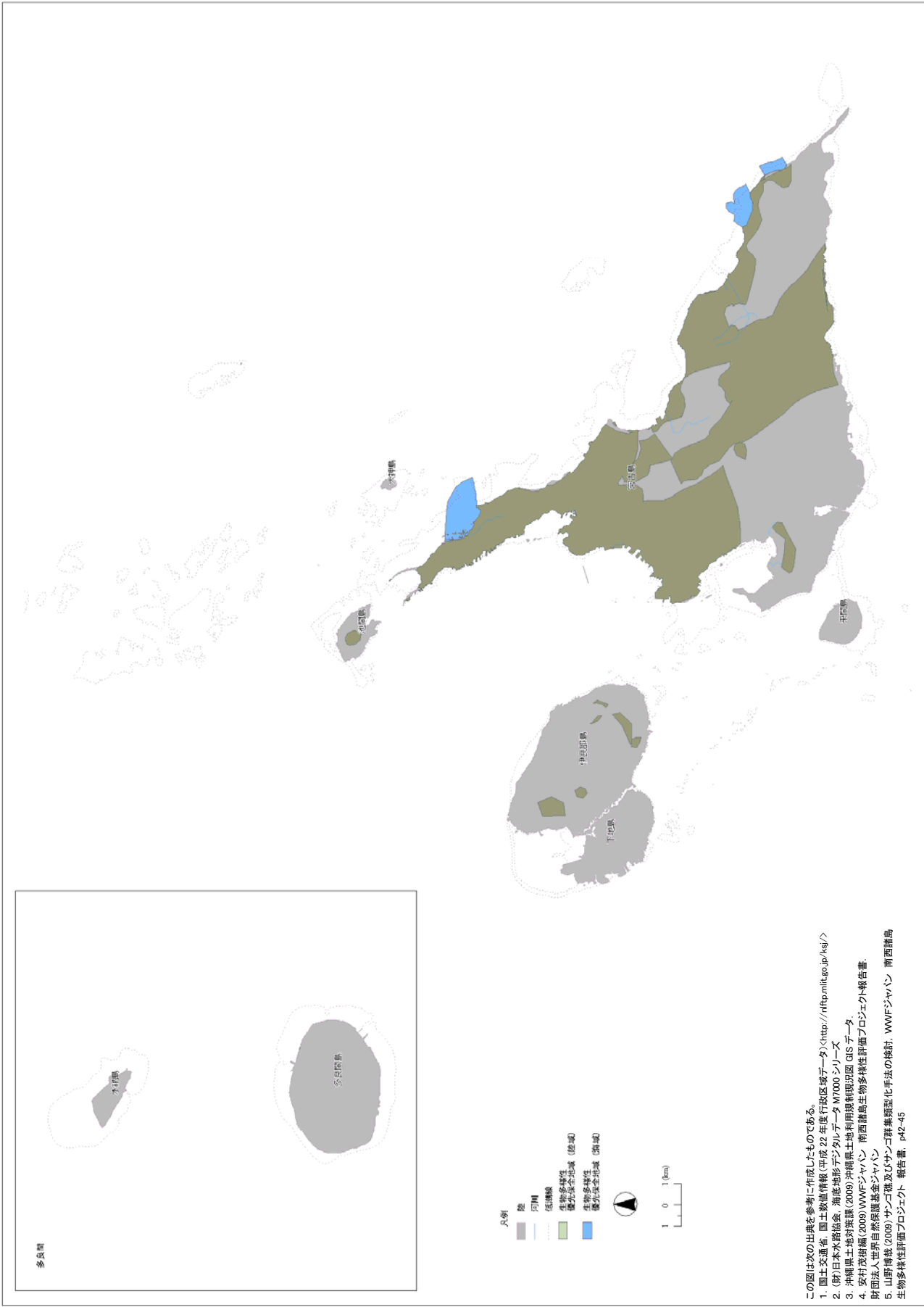


図3-3-3. 生物多様性優先保全地域(WWF 2009).

### 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で評価されたサンゴ分布高ポテンシャル地点を図3-3-4に示す。さらに、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3-3-5および図3-3-6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3-3-1に示した。

表3-3-1. 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  | ほぼ全ての礁池         |
| 礁斜面 | 八重干瀬、伊良部島、下地島周辺 |



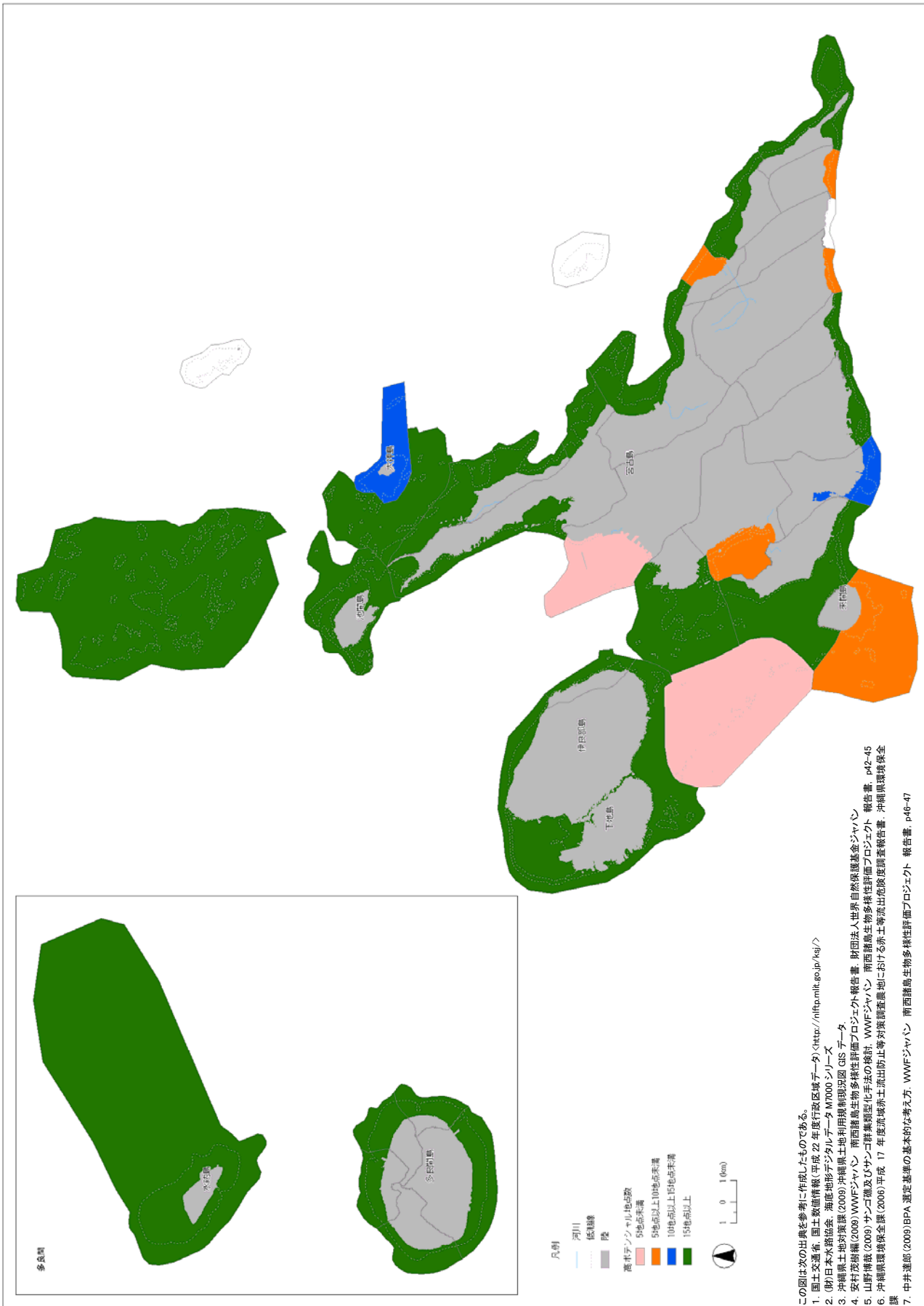


図3-3-5. サングポテンシャルの海域集計結果(礁池).

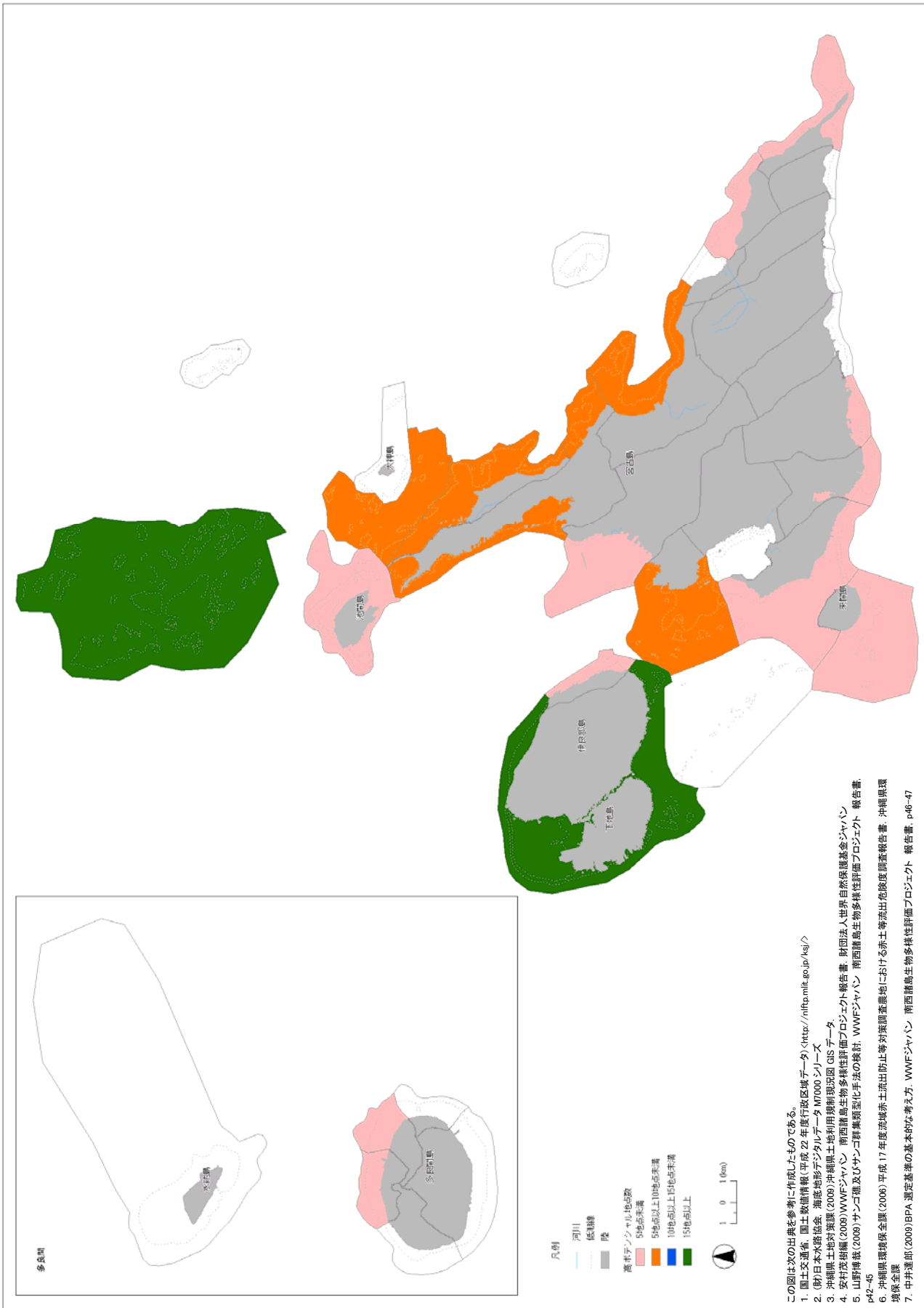


図3-3-6. サンゴポテンシャルの海域集計結果(礁斜面).

## 1-4. 宮古地域における海域の保全に関する区域の現状

宮古地域の保全に関する区域は、種類や管理主体が多様であり、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

- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ  
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  
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  
沖縄県自然保護課 (2000) 自然環境の保全に関する指針ー [沖縄島周辺離島及び大東諸島編] ー  
沖縄県土地対策課 (2009) 沖縄県土地利用規制現況図 GIS データ.  
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/>>  
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, p46-47



## 2. 観光に関する情報

### <サンゴ礁域における観光>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

### <観光によるサンゴ礁への影響>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

### <持続可能な観光利用：エコツーリズム>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

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。今後の観光とサンゴ礁保全の参考とするため、宮古地域の観光地域について整理した。

## 2-1. 宮古地域における観光地

サンゴ礁を適切に利用するための基礎情報として、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、主要な観光ポイントを整理した（図3-3-7）。

宮古地域では、八重干瀬や宮古島東側、伊良部島周辺にダイビングポイントがある。観光利用されているビーチは宮古島と伊良部島にあった。今回整理した観光地点以外にもまだ多くのダイビングポイントやビーチ、釣り場が存在していると考えられる。今回整理した観光地点を陸域海域区分で集計した結果を、図3-3-8に示した。宮古地域では、観光ポイントが10ポイント以上の区分はなく、伊江島東や粟国島東で5ポイント以上10ポイント未満と少し多かった。

表3-3-2. 宮古地域におけるダイビングポイント一覧.

| No. | 地点名        | No. | 地点名          |
|-----|------------|-----|--------------|
| 1   | 白鳥崎        | 13  | ハナダイアーチ      |
| 2   | Wアーチ       | 14  | 八重干瀬プロビデンス   |
| 3   | L字アーチ      | 15  | キンメモドキ根      |
| 4   | クロスホール     | 16  | ホホワイトバレー     |
| 5   | トリプルスリー    | 17  | ツツツワ干瀬インナーリー |
| 6   | 魔王の宮殿      | 18  | 新城           |
| 7   | 通り池        | 19  | エンジェルケーブ     |
| 8   | ミニグロット     | 20  | 東平名崎         |
| 9   | アントニオ・ガウディ | 21  | 東平安名崎        |
| 10  | 中の島チャネル    | 22  | パナリ干瀬インリーフ   |
| 11  | 一の瀬ドロップ    | 23  | パナリtoパナリ     |
| 12  | ロックビューティ   | 24  | 友利元島         |

表3-3-3. 宮古地域におけるビーチ一覧.

| No. | 地点名      |
|-----|----------|
| 1   | 砂山ビーチ    |
| 2   | パイナガマビーチ |
| 3   | シギラビーチ   |
| 4   | 与那覇前浜ビーチ |
| 5   | 渡口ビーチ    |

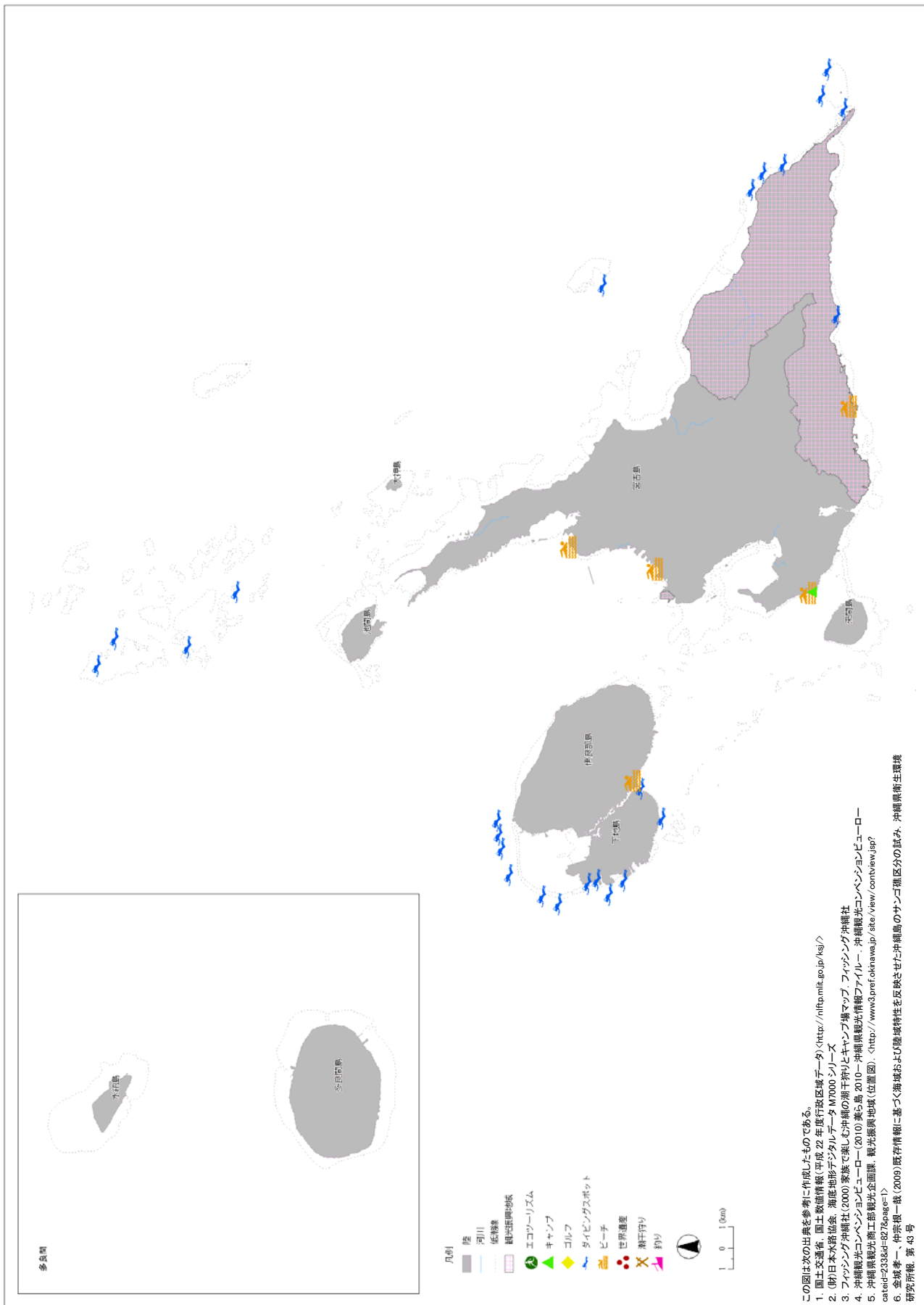


図 3-3-7. 主な観光地と観光振興地域.

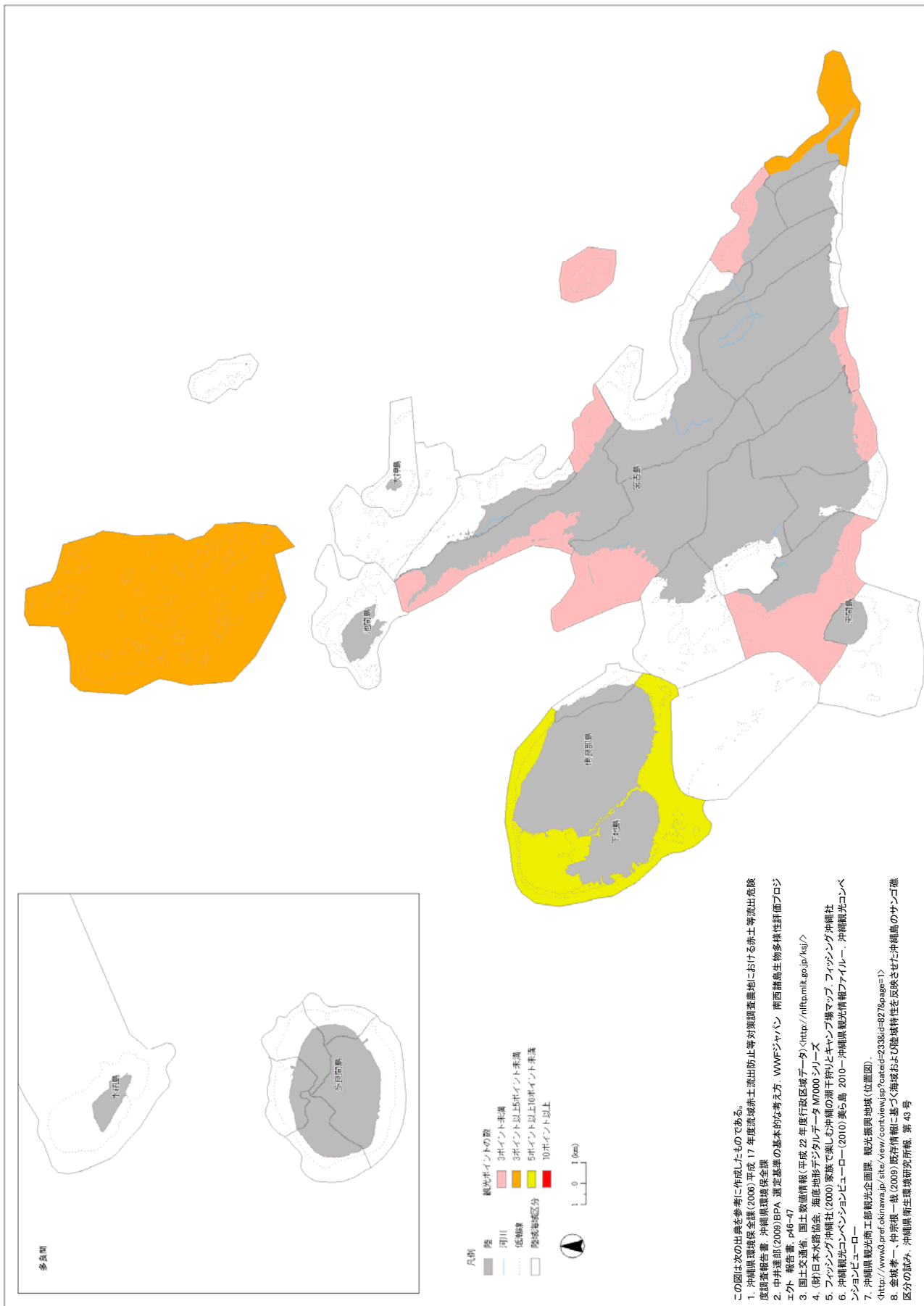


図3-3-8. 観光地等の海域・流域毎の集計結果.

## 2-2. 観光まとめ

観光地が集中する地域は八重干瀬や伊良部島・下地島周辺、東平安名崎などで多かった。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

- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ
- 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
- 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
- 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
- 沖縄県観光商工部観光企画課, 観光振興地域 (位置図).  
<<http://www3.pref.okinawa.jp/site/view/contview.jsp?cateid=233&id=827&page=1>>
- 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
- 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/>>
- 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. 漁業に関する情報

#### <沖縄県における漁業概要>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

#### <漁業によるサンゴ礁への影響>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

#### <持続可能な漁業：資源管理>

第2章 第3節記載のとおりのため省略。

### 3-1. 宮古地域における漁業利用の範囲

宮古地域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。宮古地域の沿岸全域には漁業を営む区域として共同漁業権が設定されており、池間漁業協同組合、宮古島漁業協同組合、伊良部漁業協同組合などが存在している（図3-3-9）。また、共同漁業権のほか、モズクやウニ、シャコガイ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いる。サンゴを養殖する区画は1箇所設定されている。

表3-3-4. 宮古地域における特定区画漁業権の設定状況.

| No. | 漁場番号    | 漁業権者          | 漁業種類      | 漁業の名称         |               |
|-----|---------|---------------|-----------|---------------|---------------|
| 1   | 特区第271号 | 池間漁業協同組合      | 第一種特定区画漁業 | モズクひび建て式養殖業   |               |
| 2   | 特区第272号 |               |           |               |               |
| 3   | 特区第273号 | 宮古島漁業協同組合     | 第一種特定区画漁業 | シャコガイ小割式養殖業   |               |
| 4   | 特区第274号 |               |           | キリンサイひび建て式養殖業 |               |
| 5   | 特区第275号 |               |           | モズクひび建て式養殖業   |               |
| 6   | 特区第276号 |               |           | キリンサイひび建て式養殖業 |               |
| 7   | 特区第277号 |               |           | モズクひび建て式養殖業   |               |
| 8   | 特区第278号 |               |           |               |               |
| 9   | 特区第279号 |               |           |               |               |
| 10  | 特区第280号 |               |           |               |               |
| 11  | 特区第281号 |               |           |               |               |
| 12  | 特区第282号 |               |           |               |               |
| 13  | 特区第283号 |               |           |               |               |
| 14  | 特区第284号 |               |           | シャコガイ小割式養殖業   |               |
| 15  | 特区第285号 |               |           | サンゴ小割式養殖業     |               |
| 16  | 特区第286号 |               |           | 第三種特定区画漁業     | シャコガイ地蒔式養殖業   |
| 17  | 特区第287号 |               |           | 第一種特定区画漁業     | シャコガイ小割式養殖業   |
| 18  | 特区第288号 |               |           |               | クビレヅタひび建て式養殖業 |
| 19  | 特区第289号 |               |           |               | モズクひび建て式養殖業   |
| 20  | 特区第290号 | クビレヅタひび建て式養殖業 |           |               |               |
| 21  | 特区第291号 | キリンサイひび建て式養殖業 |           |               |               |
| 22  | 特区第292号 | ヒトエグサひび建て式養殖業 |           |               |               |
| 23  | 特区第293号 | モズクひび建て式養殖業   |           |               |               |
| 24  | 特区第294号 | ヒトエグサひび建て式養殖業 |           |               |               |
| 25  | 特区第297号 | モズクひび建て式養殖業   |           |               |               |
| 26  | 特区第298号 | モズクひび建て式養殖業   |           |               |               |
| 27  | 特区第299号 | 伊良部漁業協同組合     | 第一種特定区画漁業 | モズクひび建て式養殖業   |               |
| 28  | 特区第300号 |               |           | 魚類小割式養殖業      |               |
| 29  | 特区第301号 | 知念 正勝         | 第一種特定区画漁業 | モズクひび建て式養殖業   |               |
| 30  | 特区第302号 |               |           | ヒトエグサひび建て式養殖業 |               |
| 31  | 特区第303号 | 波平 喬          | 第一種特定区画漁業 | キリンサイ垂下式養殖業   |               |

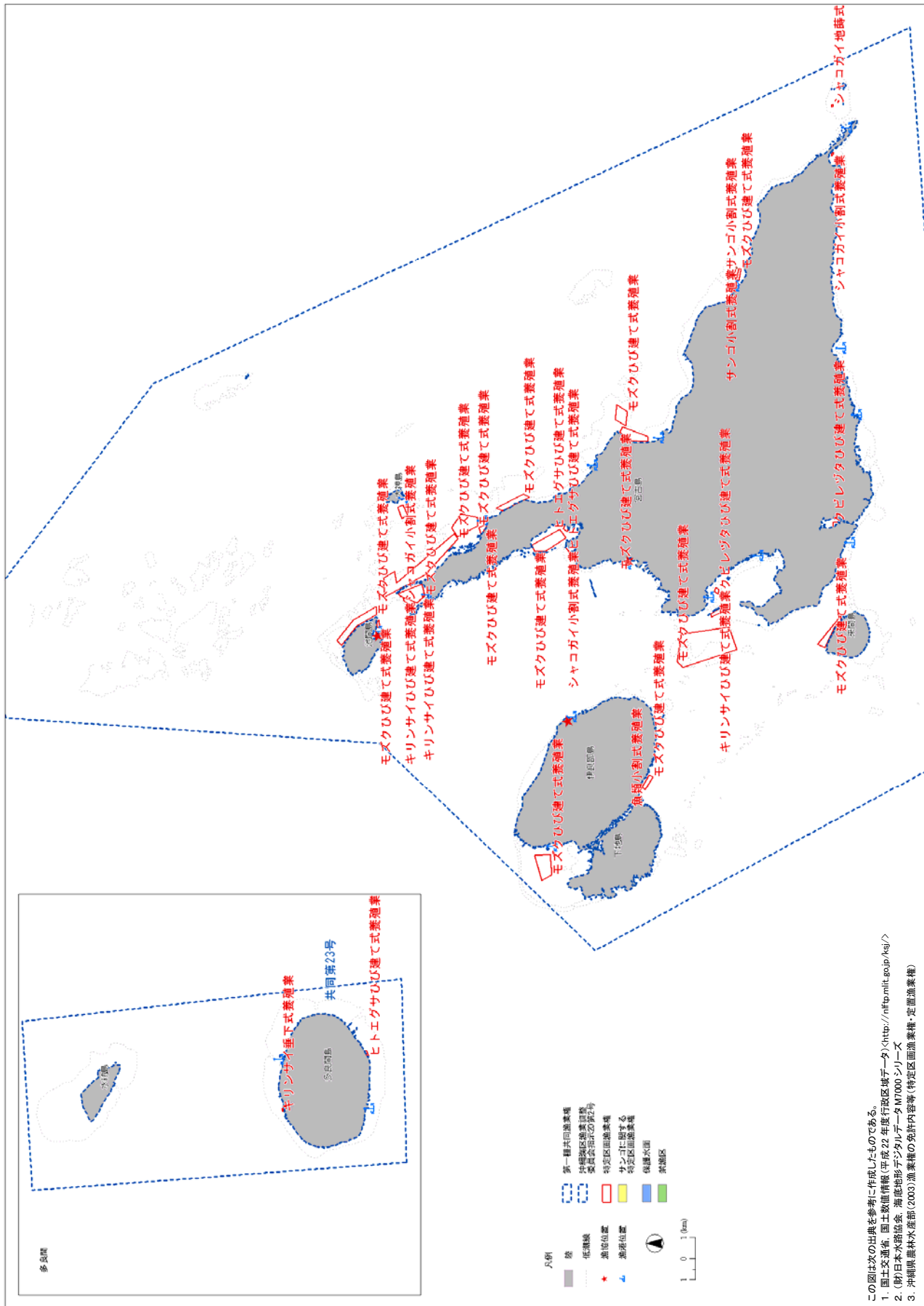


図3-3-9. 特定区画漁業権の設定状況および漁業協同組合の位置(★)  
 (漁業権の免許内容(特定区画漁業・定置漁業)沖根県農林水産部(2009))を基に、漁業協同組合の位置を重ねた)

### 3-2. 漁業まとめ

宮古地域における漁業は、宮古諸島の沿岸全域で行われ、3つ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

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/>>

(財)日本水路協会，海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ

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）



## 第4節 宮古地域におけるサンゴ群集の変遷と攪乱要因の分析

### 1. 陸域と海域の区分

今回の調査結果を過去の調査結果などと比較するため、陸域と海域をそれぞれ地形から区分をして作成した「陸域海域区分」を元に集計した。宮古地域の陸域海域区分を図3-4-1に示す。

#### 1-1. 陸域区分の作成

沖縄島は沖縄県環境保全課が地形図をもとに作成した流域区分データを、陸域区分として使用した(沖縄県環境保全課 2006))。それ以外の地域は、国土地理院基盤地図情報の10mメッシュデータを利用し、GISソフトにて作成した流域を、陸域区分とした。西表浦内川、与那田川が同じ流域になったため、計算の過程で、浦内川河口部をヌル値処理(湾として処理)し、2つの流域に区分した。宮古島の陸域区分は、宮古島市企画政策部・宮古島市水道局(2009)を参考に、地下水の流域をもとにした。

#### 1-2. 海域区分の作成

海域区分は、WWFJの南西諸島生物多様性評価プロジェクトで中井(2009)が作成した海域区分(自然地理的ユニット)を使用し、今回のマンタ法調査のラインが入るように修正した。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、陸域の流域に相当する。修正方法は、海上保安庁水路部低潮線データを用い沿岸の浅場が含まれるように修正後、マンタ法調査航跡データを重ね、航跡が海域区分内に含まれるように修正した。

#### 1-3. 流域・海域の統合

作成した陸域区分、海域区分をGIS上で重ねて表示し、国土数値情報の河川データ、海上保安庁の水路部の低潮線データなどを参考に、各流域が接している海域と統合した。流域が二つの海域をまたいでいる場合は、海岸線が長い方の海域と統合した。

##### 1-3-1. 陸域海域区分を用いるときの注意

今回作成した陸域海域区分は、流域が直接接する海域と統合したため、流域と海域が1対1の対応となっている。各流域は直に接する海域だけでなく、隣接する海域へも影響を与えていることもあることに注意が必要である。また、風向きや潮の干満、潮流などの気象条件により影響の範囲や方向が変化することも注意すべき点である。さらに、下水道が整備されている地域などは地形的な流域区分では分けられなかったり、隆起珊瑚礁域では地下水系が発達していたり、解析する年や地域、項目ごとに流域が変化することにも注意

が必要である。例えば、下水道整備地域が関係する栄養塩類の排水系（流域）と、主に地形や土壌が関係する赤土等の土壌の流出の排水系（流域）は、同じ排水系ではないので注意が必要である。

このように多くの注意点があるため、他の解析等で陸域海域区分を使用する場合は、上記注意点を考慮すべきである。

#### 1-4. 地域区分の作成

宮古地域の各地域の傾向を解析するために、陸域海域区分を東西などの大きな区分でまとめた（図3-4-2）。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分けした。この単位を「地域区分」とした。

##### 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。

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（平成22年度行政区域データ、河川データ）  
<<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>

国土交通省国土地理院 基盤地図情報（10mメッシュ標高）  
<<http://fgd.gsi.go.jp/download/>>

国土地理院基盤地図情報< <http://fgd.gsi.go.jp/download/>>

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

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

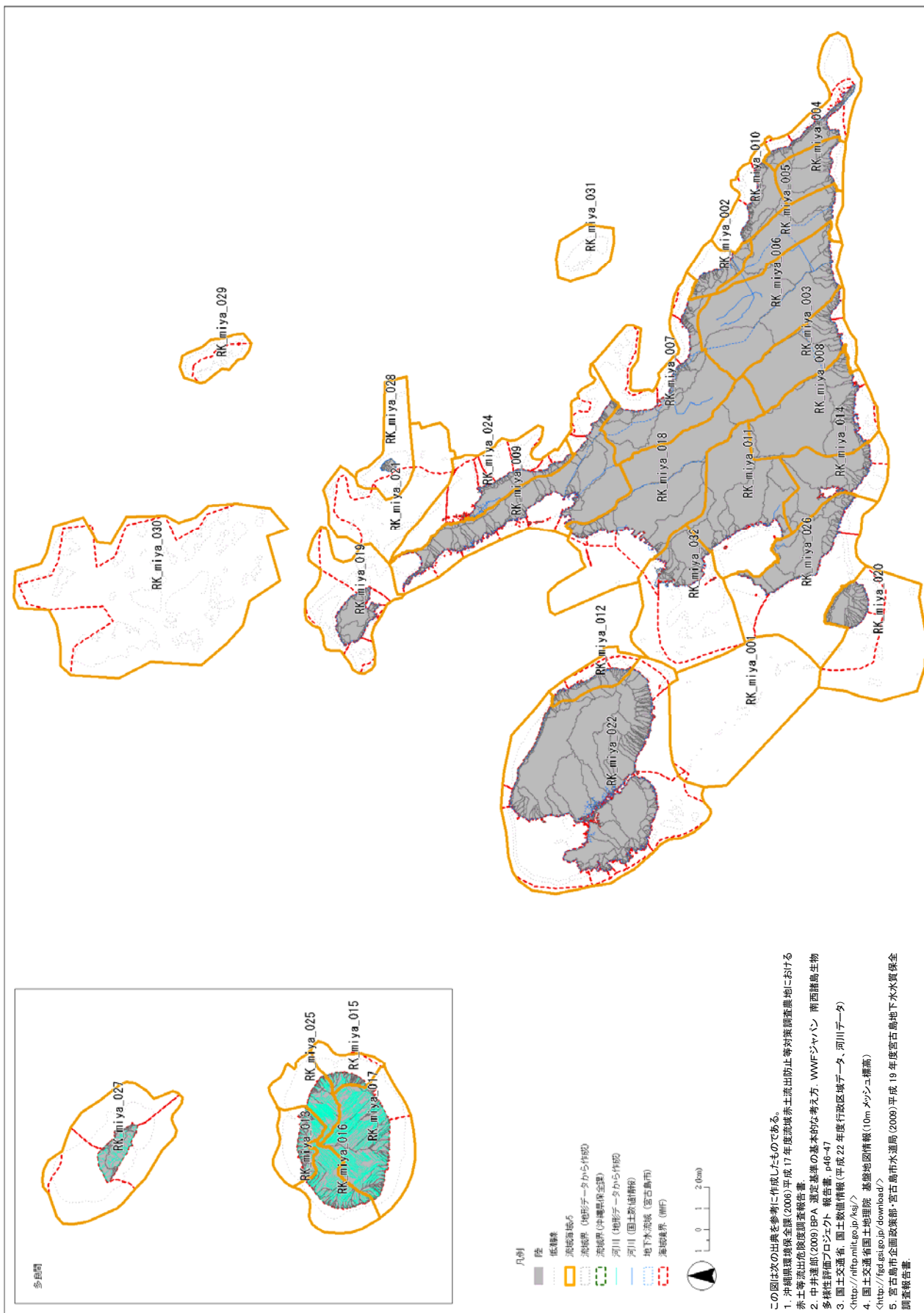


図3-4-1. 宮古地域における陸域海域区分.

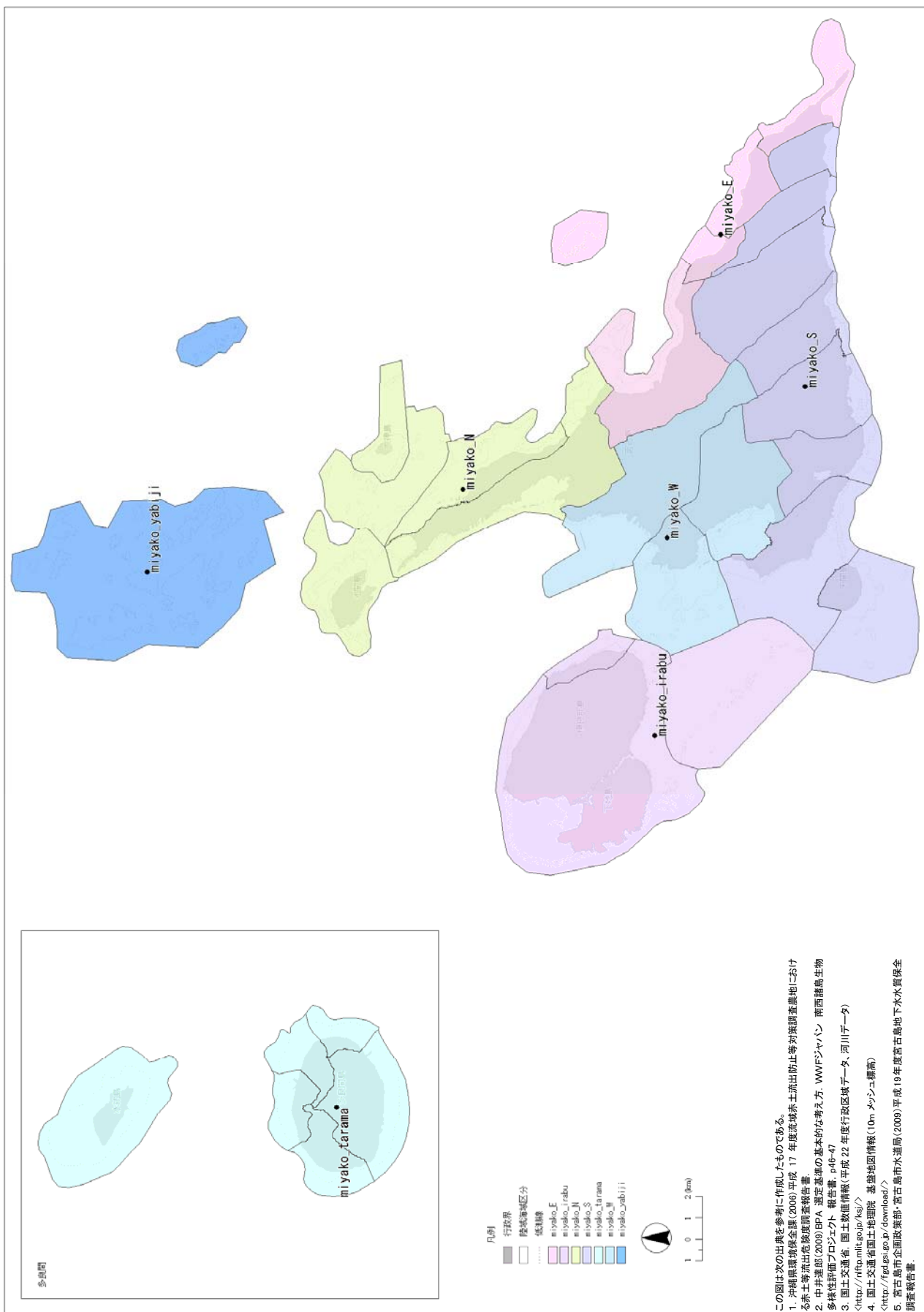


図3-4-2. 宮古地域における地域区分.

## 2. サンゴ群集の現況と変遷

### 2-1. 宮古地域におけるサンゴ群集の現況

#### <宮古地域のサンゴ被度の概況>

宮古地域は多くの地域区分でサンゴ被度ランク 10～25%の割合が最も高く、25～50%の割合も比較的高かった。50%以上のサンゴ被度の占める割合は、全体の1割に満たず、75～100%は全体で0.8%と非常に少ない（表3-4-1）。

表3-4-1. マンタ法調査における距離に対するサンゴ被度ランクの割合(%)。

赤い塗りつぶしは最も高い割合。

| 地域名  | 地域区分          | サンゴ被度ランク(%) |      |       |       |       |        |
|------|---------------|-------------|------|-------|-------|-------|--------|
|      |               | 0～5         | 5～10 | 10～25 | 25～50 | 50～75 | 75～100 |
| 八重干瀬 | miyako_yabiji | 26.5        | 23.1 | 24.2  | 20.2  | 4.1   | 2.0    |
| 宮古北  | miyako_N      | 13.5        | 25.7 | 35.0  | 22.1  | 3.6   | 0.0    |
| 宮古東  | miyako_E      | 13.1        | 22.8 | 33.7  | 21.6  | 8.8   | 0.0    |
| 宮古西  | miyako_W      | 17.5        | 33.6 | 27.1  | 8.9   | 12.2  | 0.7    |
| 宮古南  | miyako_S      | 14.0        | 32.7 | 42.5  | 10.0  | 0.8   | 0.0    |
| 伊良部  | miyako_irabu  | 11.3        | 17.9 | 34.1  | 25.1  | 11.6  | 0.0    |
| 多良間  | miyako_tarama | 4.3         | 7.3  | 21.2  | 34.0  | 28.7  | 4.6    |
| 宮古   |               | 15.9        | 23.8 | 31.6  | 20.8  | 7.1   | 0.8    |

#### <八重干瀬>

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが0～5%の割合が最も高く、26.5%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は非常に低く2.0%であった。スポットチェック法による調査では、ウグス北礁斜面、ウツ北礁斜面、ウツ南礁斜面、ウツヌタカウリ東礁斜面、カナマラタカウリ礁斜面、キジャカ礁斜面でサンゴ被度が高かった。

#### <宮古北>

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが10～25%の割合が最も高く、35.0%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は低く0.0%であった。スポットチェック法による調査では、池間東礁池、大神島北礁斜面、南西園礁池、真謝漁港礁池、平瀬尾神崎礁池でサンゴ被度が高かった。

#### <宮古東>

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが10～25%の割合が最も高く、33.7%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は低く0.0%であった。スポットチェック法による調査では、新城礁池・礁斜面でサンゴ被度が高かった。

#### <宮古西>

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが5～10%の割合が最も高く、33.6%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は低く0.7%であった。スポットチェック法による調査では、久貝エレガンスビーチ礁斜面でサンゴ被度が高かった。

### ＜宮古南＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが10～25%の割合が最も高く、42.5%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は低く0.0%であった。スポットチェック法による調査では、博愛漁港南礁池、棚根礁斜面でサンゴ被度が高かった。

### ＜伊良部＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが10～25%の割合が最も高く、34.1%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は低く0.0%であった。スポットチェック法による調査では、シンビシ礁池、ビシヤス礁池、佐和田北礁池、カヤツファ礁池・礁斜面でサンゴ被度が高かった。

### ＜多良間＞

マンタ法による調査では、サンゴ被度ランクが25～50%の割合が最も高く、34.0%を占めている。サンゴ被度ランク75～100%の割合は低く4.60%であった。スポットチェック法による調査では、水納島北礁池、水納島西礁池・礁斜面、水納島東、多良間島前泊港西礁斜面、多良間島前泊港礁池、多良間島北西礁斜面、多良間島前泊港東礁池、多良間島東礁斜面、多良間島旧空港南礁池でサンゴ被度が高かった。

## 2-2. 宮古地域におけるサンゴ群集の変遷

### 2-2-1. 広域概況調査結果の変遷（マンタ法）

1992年に沖縄島周辺離島地域で実施された第4回自然環境保全基礎調査の調査結果を表3-4-2に、今年度（2011年～2012年）の調査結果を表3-4-3に示す。今年度の調査結果は、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。

宮古地域全体では、1992年の調査ではサンゴ被度50%以上の割合が13.0%あったが、今年度の調査では10.7%に減少している。サンゴ被度5～50%の割合は、1992年は70.6%であったのが今年度の調査では75.5%に増加している。サンゴ被度0～5%の割合は、1992年では16.4%であったが、今年度は13.8%に減少している。

地域別にみると、1992年の調査では全ての地域区分でサンゴ被度5～50%の割合が最も高く、今年度の調査結果でも全ての地域区分でサンゴ被度5～50%の割合が最も高かった。また、伊良部、多良間でサンゴ被度ランク50～75%の割合が大きく増加しているが、宮古北、宮古南、八重干瀬でサンゴ被度ランク50～75%の割合が大きく減少している。陸域海域区分別にみると、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が見られるが、増加しているところはない。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。（図3-4-3）。

表3-4-2. 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（宮古地域）。赤い塗りつぶしは最も高い割合。

| 地域名  | 地域区分          | サンゴ被度ランク(%) |      |        |
|------|---------------|-------------|------|--------|
|      |               | 0～5         | 5～50 | 50～100 |
| 宮古東  | miyako_E      | 10.2        | 75.4 | 14.4   |
| 伊良部  | miyako_irabu  | 26.1        | 73.9 | 0.0    |
| 宮古北  | miyako_N      | 8.4         | 73.3 | 18.3   |
| 宮古南  | miyako_S      | 5.6         | 77.9 | 16.5   |
| 多良間  | miyako_tarama | 28.3        | 59.2 | 12.6   |
| 宮古西  | miyako_W      | N.D.        | N.D. | N.D.   |
| 八重干瀬 | miyako_yabiji | 19.6        | 64.0 | 16.4   |
| 宮古   |               | 16.4        | 70.6 | 13.0   |

N.D.はデータ無し

表2-4-3. 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（宮古地域）。赤い塗りつぶしは最も高い割合。1992年との比較のため第4回自然環境保全基礎調査の未調査地域は含めていない。

| 地域名  | 地域区分          | サンゴ被度ランク(%) |      |        |
|------|---------------|-------------|------|--------|
|      |               | 0～5         | 5～50 | 50～100 |
| 宮古東  | miyako_E      | 13.1        | 78.1 | 8.8    |
| 伊良部  | miyako_irabu  | 11.3        | 77.1 | 11.6   |
| 宮古北  | miyako_N      | 13.6        | 82.8 | 3.6    |
| 宮古南  | miyako_S      | 14.0        | 85.2 | 0.8    |
| 多良間  | miyako_tarama | 4.3         | 62.5 | 33.3   |
| 宮古西  | miyako_W      | N.D.        | N.D. | N.D.   |
| 八重干瀬 | miyako_yabiji | 26.5        | 67.4 | 6.2    |
| 宮古   |               | 13.8        | 75.5 | 10.7   |

N.D.は第4回自然環境保全基礎調査で未調査



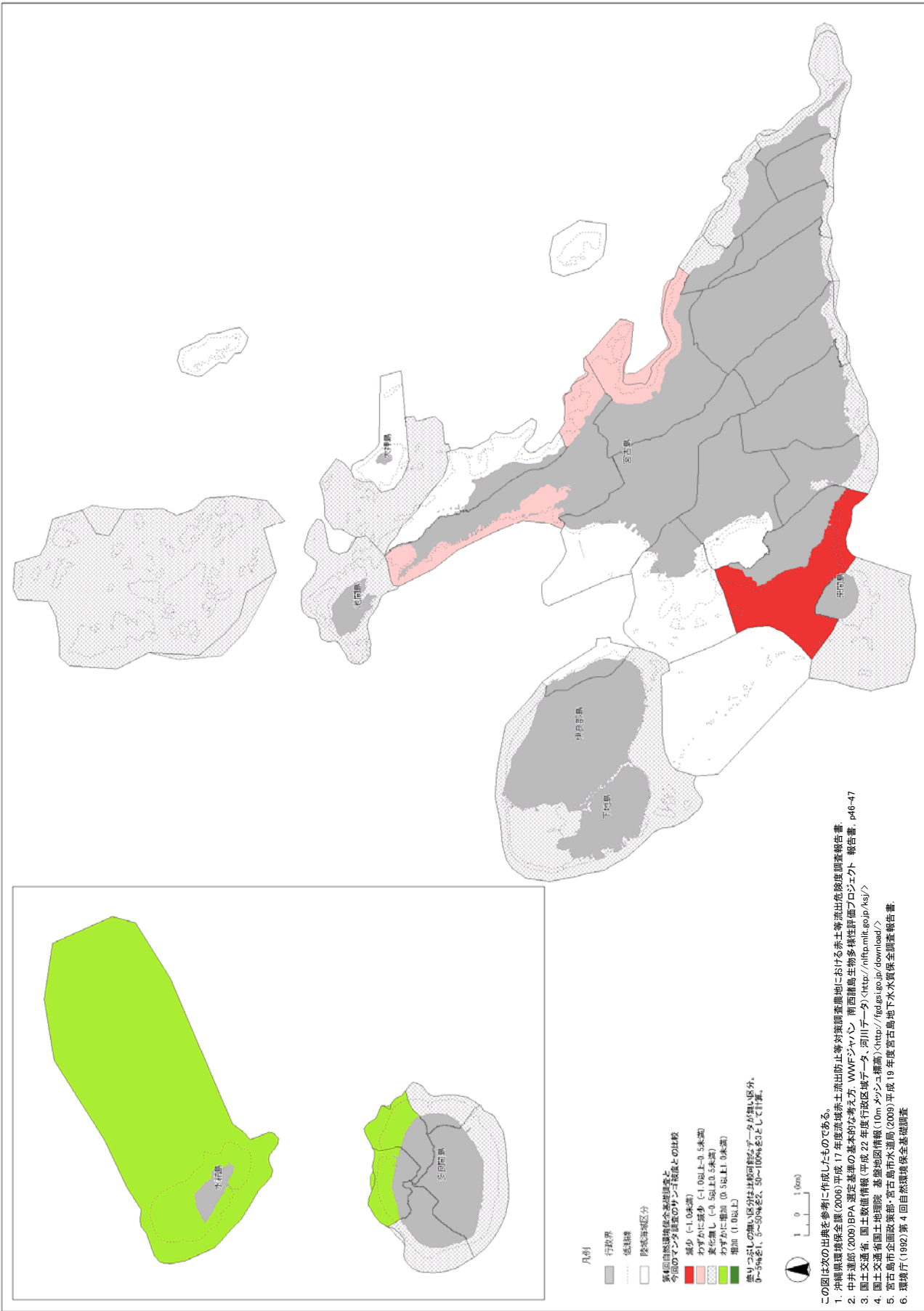


図3-4-3. 第4回自然環境保全基礎調査とマンタ調査結果の陸域海域区分毎の変化。



## 2-2-2. 簡易遊泳観察調査結果の変遷

宮古地域における簡易遊泳観察による1972年から2010年までのサンゴ被度の経年変化を図2-4-7に示す。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。

陸域海域区分毎のサンゴ被度の変遷を図3-4-5～図3-4-11に示す。これまで行われてきた簡易遊泳観察による各地点のサンゴ被度を、陸域海域区分毎に集計し調査年ごとに平均化した。ただし、サンゴ被度がランクで表現されている場合は中央値を用いた(例えば、10～25%の場合は17.5%)。

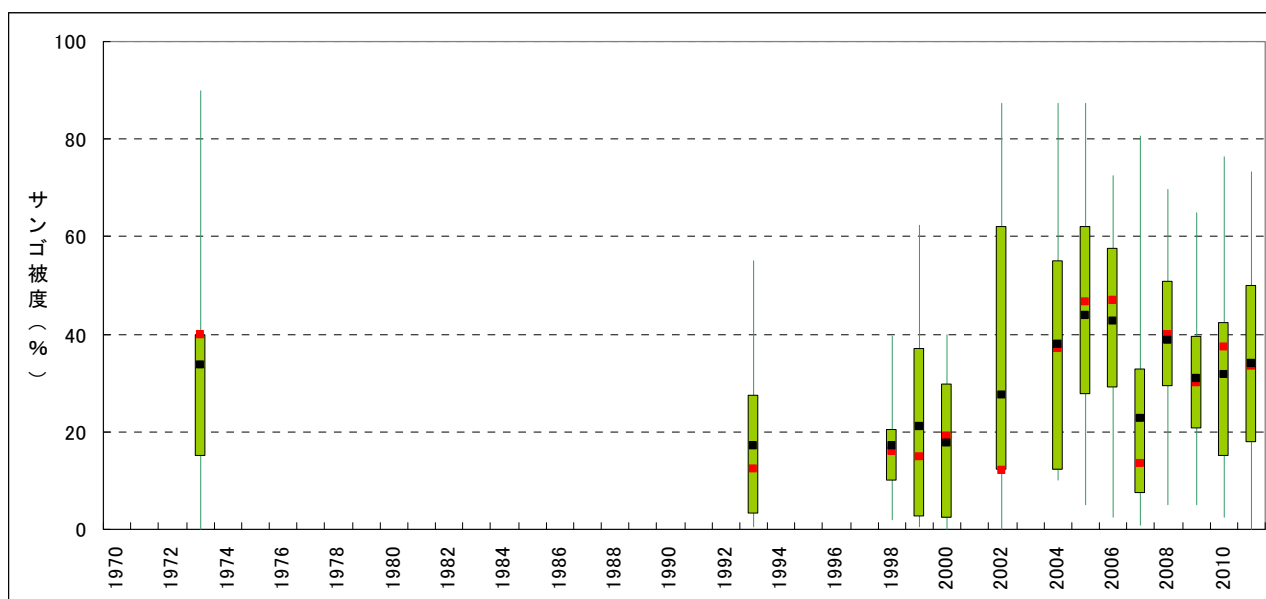


図3-4-4. 簡易遊泳観察法による宮古島周辺のサンゴ被度(%)の変遷。横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している。1997年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断片的で、サンゴ被度の変遷は断片的である。調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である。

### <八重干瀬 (miyako\_yabiji) >

1993年以前の簡易遊泳調査によるサンゴ被度は不明である。1990年代のサンゴ被度は低く、2000年以降のサンゴ被度が一気に高くなっている。その後、2005年にサンゴ被度が大きく下がっている。2012年のサンゴ被度が高いのは、本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。

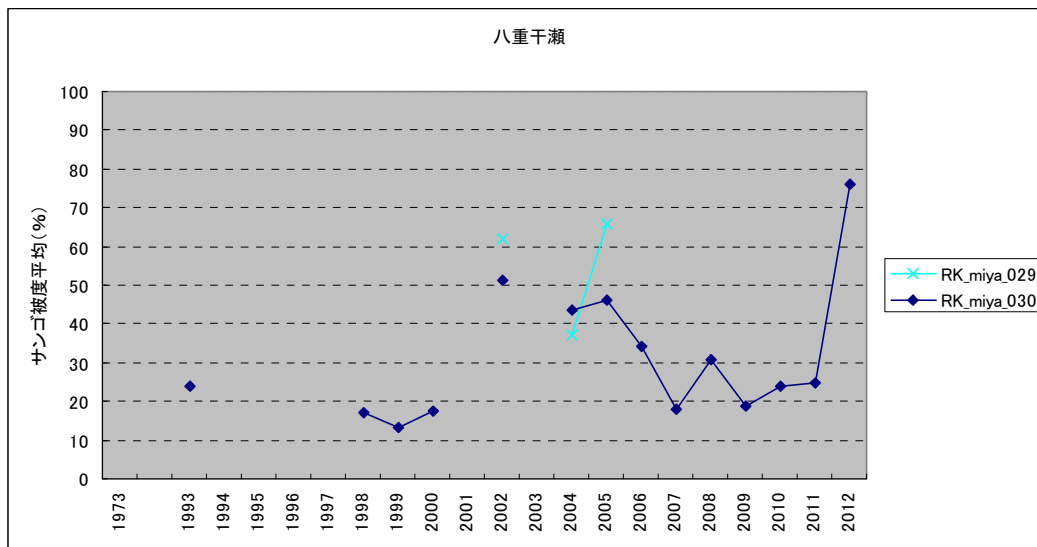


図3-4-5. 八重干瀬におけるサンゴ被度の変化.

### <宮古北 (miyako\_N) >

1973年の調査地点は多くなく、サンゴ被度の平均は約40%であった。1993年の調査では、サンゴ被度の低い地点が多いが、その後2010年まで徐々にサンゴ被度は回復しているようである。2010年から2011年にかけてはサンゴ被度が大きく減少している。2012年は本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ことや、宮古北地域でオニヒトデが大発生していることを考慮すると、宮古北地域のサンゴ被度は大きく減少していると考えられる。

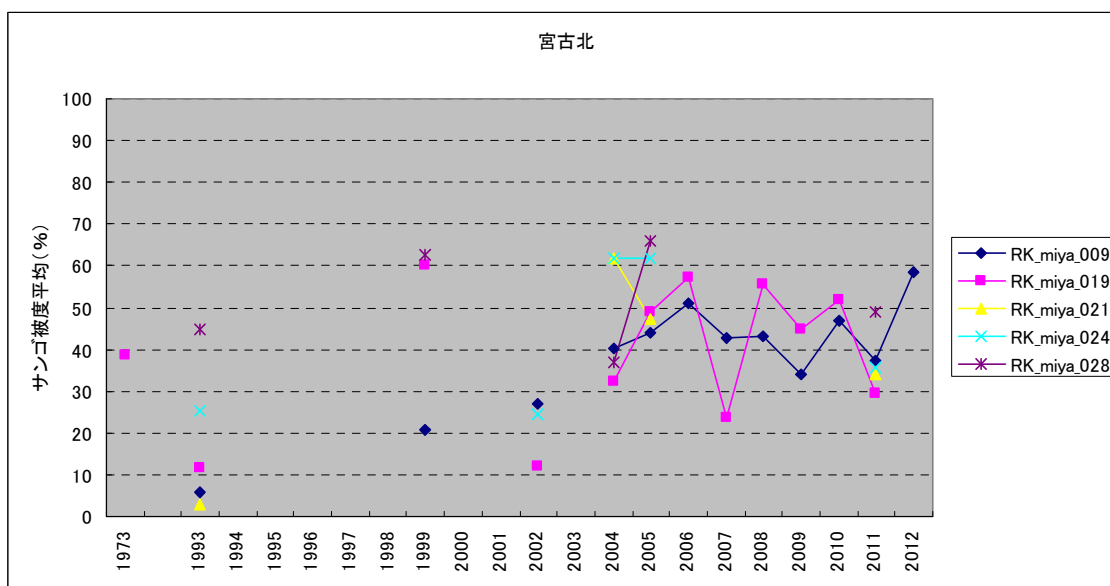


図3-4-6. 宮古北におけるサンゴ被度の変化.

<宮古東 (miyako\_E) >

1973年の調査では、どの調査地点もサンゴ被度の平均は非常に低い。1993年の調査では、サンゴ被度の低い地点が多いが、その後2000年まで徐々にサンゴ被度は回復しているようである。2005年以降はサンゴ被度が減少傾向にあり、2010年から2011年にかけてはサンゴ被度が大きく減少している。

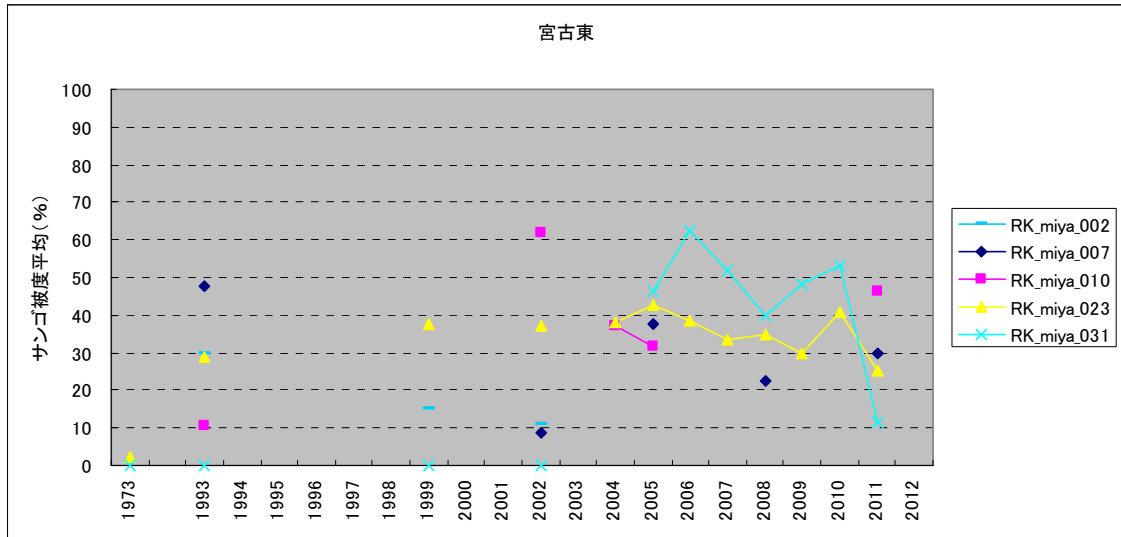


図3-4-7. 宮古東におけるサンゴ被度の変化.

<宮古西 (miyako\_W) >

1973年の調査では、サンゴ被度の平均が60%を超える地域と20%程度の地域があり、場所による差が激しい。その後はどの地点もサンゴ被度の平均は非常に低い。場所によりサンゴ被度が大きく高くなる年があるが、サンゴ被度が高い調査地点が含まれたためだと考えられる。

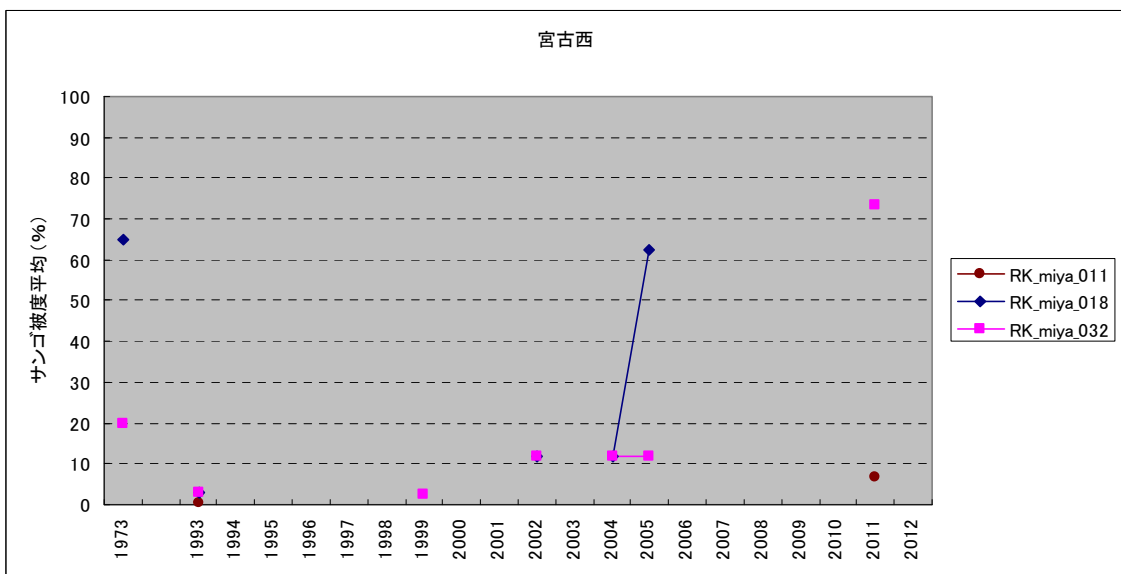


図3-4-8. 宮古西におけるサンゴ被度の変化.

### <宮古南 (miyako\_S) >

1993年以前の簡易遊泳調査によるサンゴ被度は不明である。1993年は全体的にサンゴ被度の平均が低く、30%以上の地域はない。RK\_miya\_020は2002年のサンゴ被度の平均が非常に高かったが、その後大きくサンゴ被度の平均は減少している。来間島周辺では、この頃にオニヒトデの大発生が確認されている。2005年以降は、2010年及び2012年は本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ことや、宮古北地域でオニヒトデが大発生していることを考慮すると、サンゴ被度は減少傾向にあるものと考えられる。

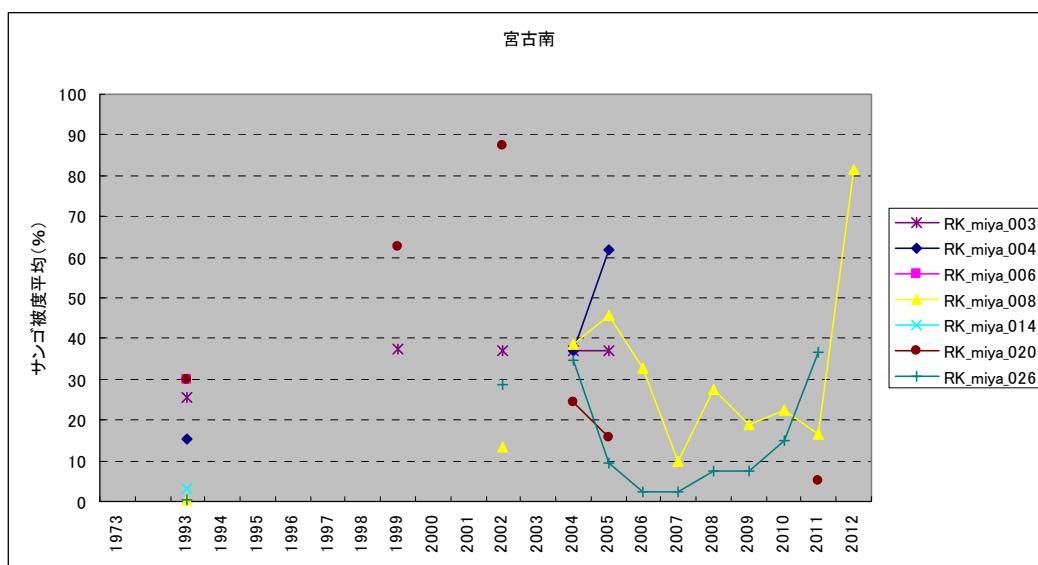


図3-4-9. 宮古南におけるサンゴ被度の変化。

### <伊良部 (miyako\_irabu) >

1993年以前の簡易遊泳調査によるサンゴ被度は不明である。1993年は全体的にサンゴ被度の平均が低いが、その後徐々にサンゴ被度は回復しているようである。しかしながら、今回の調査では、伊良部島周辺で大規模なオニヒトデの集団が確認されているため、今後大きくサンゴ被度が減少することが予想される。

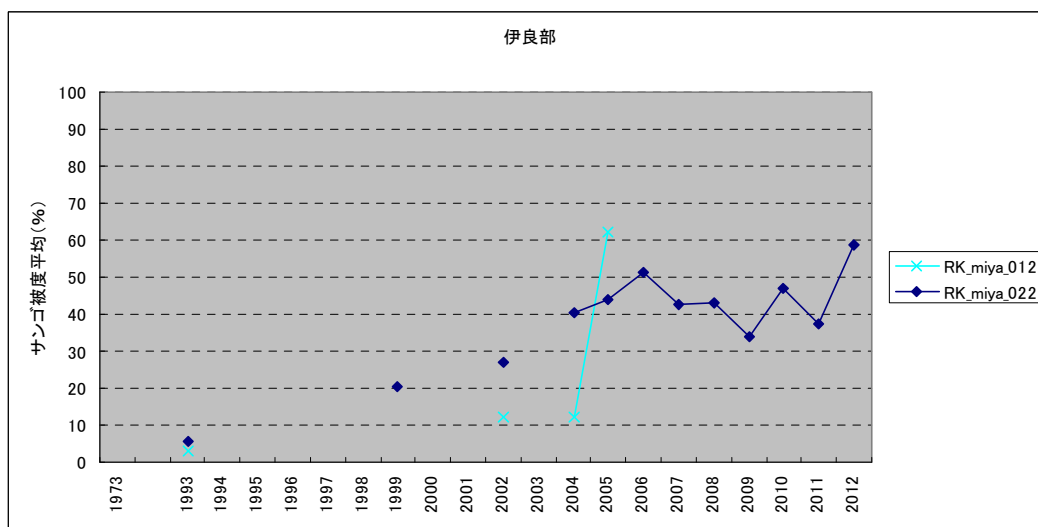


図3-4-10. 伊良部におけるサンゴ被度の変化。

### <多良間 (miyako\_tarama) >

1993年以前の簡易遊泳調査によるサンゴ被度は不明である。1993年は全体的にサンゴ被度の平均が低いですが、その後徐々にサンゴ被度は回復しているようである。しかしながら、今回の調査では、水納島周辺で大規模なオニヒトデの集団が確認されているため、今後大きくサンゴ被度が減少することが予想される。

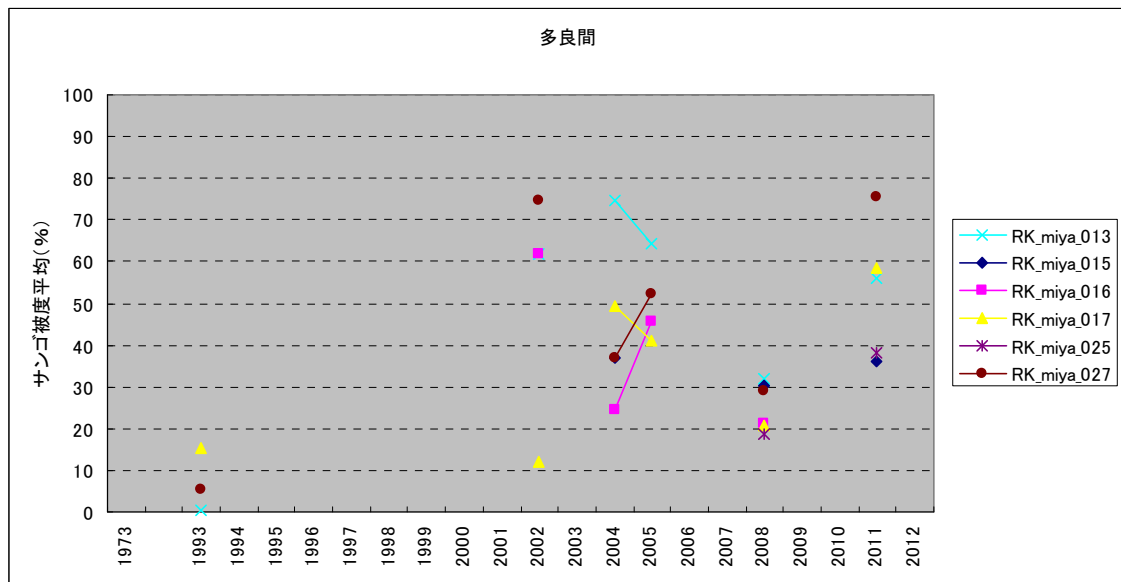


図3-4-11. 多良間におけるサンゴ被度の変化.

### 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 (1994) 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) 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 (1974) 附属資料沖縄県土地利用基本計画 (II) -沖縄の自然環境-
- (財) 日本水路協会, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ
- (独) 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
- 沖縄県 (2003) 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 (2004) 平成 16 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 (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 (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  
環境省自然環境局生物多様性センター（2005）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  
環境庁（1992）第4回自然環境保全基礎調査  
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）】  
国土交通省，国土数値情報（平成21年度行政区域データ）<<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/>>  
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  
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  
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.

### 3. サンゴ群集と攪乱要因との関係

#### <オニヒトデ、白化現象>

宮古地域における簡易遊泳観察法によるサンゴ被度、オニヒトデ個体数密度の経年変化および白化現象による影響が大きかったと考えられる年を図3-4-12と図3-4-13に示す。

宮古地域では、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が、サンゴ被度は調査が行われていないため不明である。1973年の調査ではサンゴ被度はあまり高くなく、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おり、2007年にサンゴ被度は大きく減少している。

宮古地域では1998年の白化現象による影響が大きかったという聞き取り調査結果があるため、高水温による白化現象の影響は他の地域と同様に、宮古地域全体に及んだと推測される(第3章 第2節2-2.を参照)。

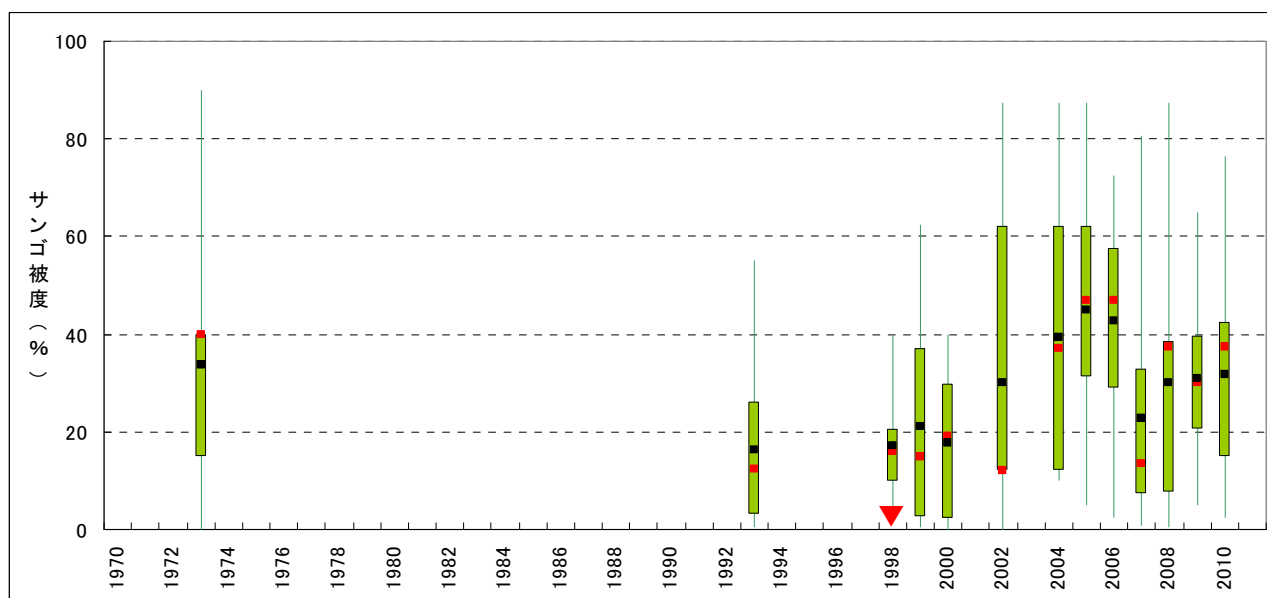


図3-4-12. 簡易遊泳観察法による宮古地域のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー( | )は最大最小値を表している. 図中の(▼)は白化現象による影響が大きかったと考えられる年. 1973年から1997年の変遷は調査が断片的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

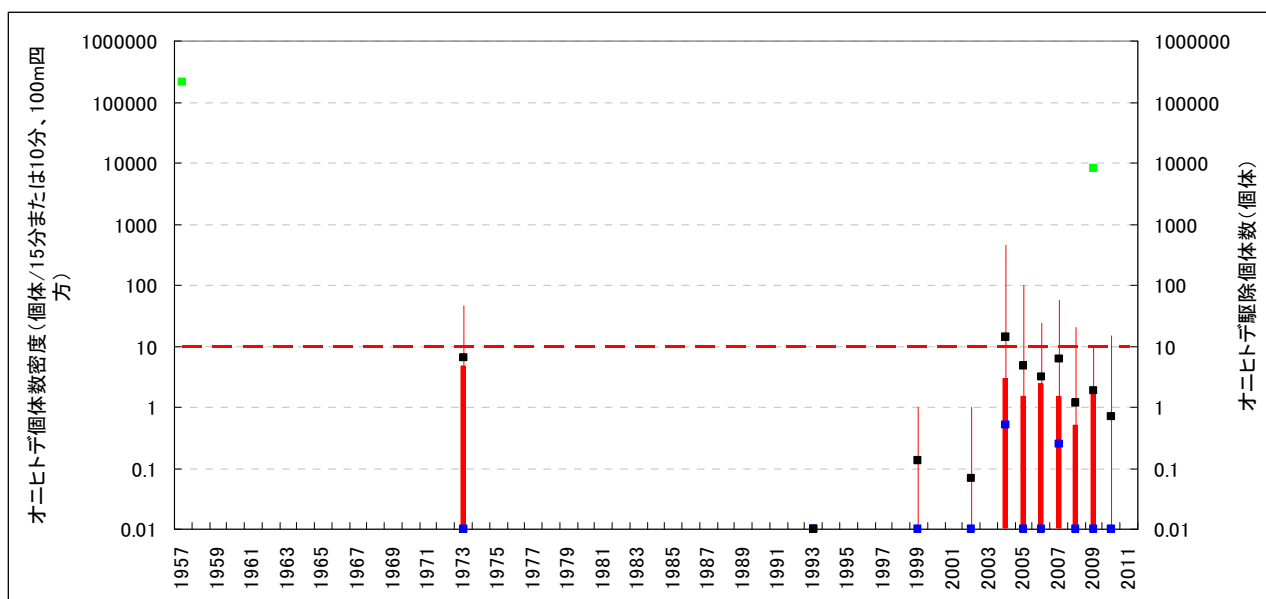


図3-4-13. 簡易遊泳観察法による宮古島周辺のオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体密度の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している. 赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度. 1997年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

#### <赤土等土壌流出>

沖縄県内の赤土等土壌流出は、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。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。

USLE式による土壌流出推定量の結果は、宮古地域の赤土等土壌流出量は全体的に低く、平成21年度に沖縄県環境保全課で実施された調査でもSPSSの最大値が30kg/m<sup>3</sup>以上の海域は少なかった(沖縄県環境保全課 2010)。

#### <水質>

宮古地域の水質は、沖縄県公共用水域水質測定結果の調査地点が少なく、情報が限定的であった。宮古地域の海域の水質は調査地点等が少ないためよくわからないが、宮古地域の地下水に関する調査では、昭和50年代に硝酸性窒素濃度が急増し、その後硝酸性窒素濃度は少しずつ減ってきており、近年は硝酸性窒素濃度が5mg/L前後で推移している。そのため、地下水の水質に関しては改善傾向にあると考えられる。ただし、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おり(Fabricius 2005)、慶良間地域外の水質の悪化がオニヒトデの大発生を引き起こすなど、他海域の水質が宮古地域のサンゴ群集へ間接的に影響を与える可能性もある。



## <観光>

観光地が集中する地域は八重干瀬や伊良部島・下地島周辺、東平安名崎などで多かった。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。

## <埋め立て、浚渫、人工海岸>

宮古地域では、1974年以降の埋め立ては与那覇湾等で行われており、消失した干潟やサンゴ礁は若干広いが、人工海岸は港周辺に限られている。埋め立てと宮古地域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。

## <まとめ>

宮古地域のサンゴ礁は、オニヒトデの大発生や大規模な白化現象により大きな打撃を受けている。宮古地域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、攪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攪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

- (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 (1994) 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)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 (1974) 附属資料沖縄県土地利用基本計画 (Ⅱ) -沖縄の自然環境-
- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ
- (独)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
- 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
- ニュージェック (2010) オニヒトデ緊急駆除事業報告書
- 沖縄県 (2003) 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 (2005) 平成 16 年度サンゴ礁保全対策支援事業報告書.
- 沖縄県環境政策課 (2009) 平成 19 年度沖縄県環境白書. pp232
- 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（2004）平成16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（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（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  
環境省自然環境局生物多様性センター（2005）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）.  
環境庁（1992）第4回自然環境保全基礎調査  
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）】  
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/>>  
山口正士（1986）オニヒトデ問題1ーオニヒトデとの付き合い方. 海洋と生物，47，408-412  
山里清（1969）サンゴを食害するオニヒトデ. 今日の琉球，13，7-9  
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  
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  
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  
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  
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.

## 第5節 宮古地域におけるサンゴ群集の現状と攪乱要因

### ＜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。

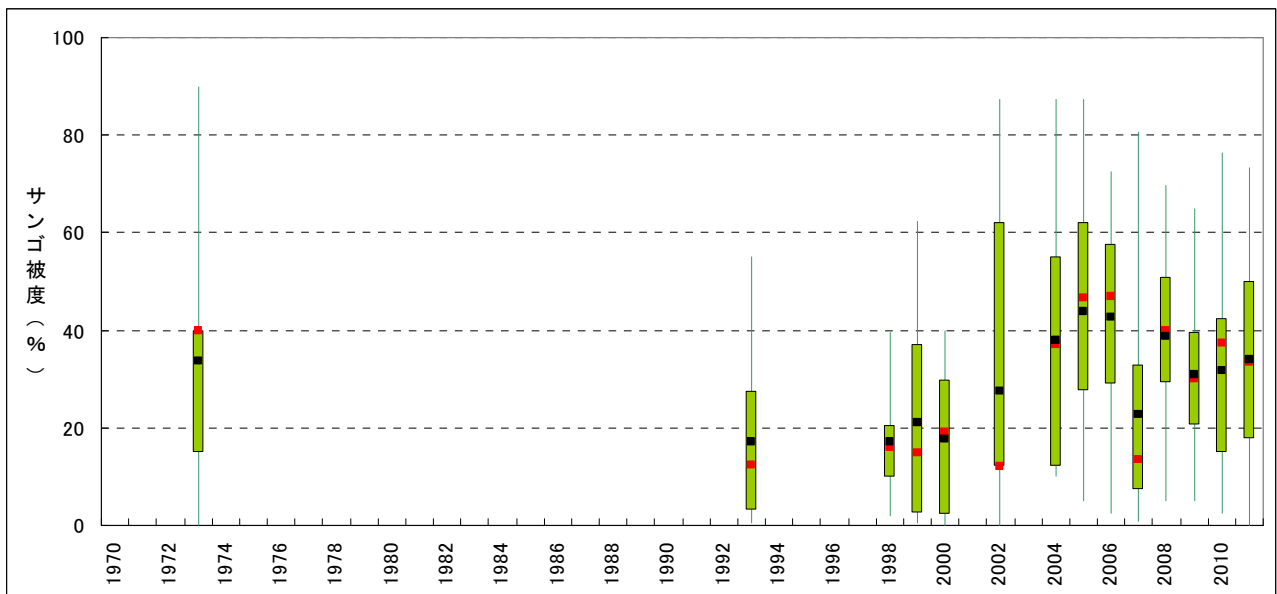


図3-5-1. 簡易遊泳観察法による宮古島周辺のサンゴ被度(%)の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は平均値、赤い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 1997年以前のサンゴ被度の変遷は調査が断続的で、サンゴ被度の変遷は断片的である. 調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である.

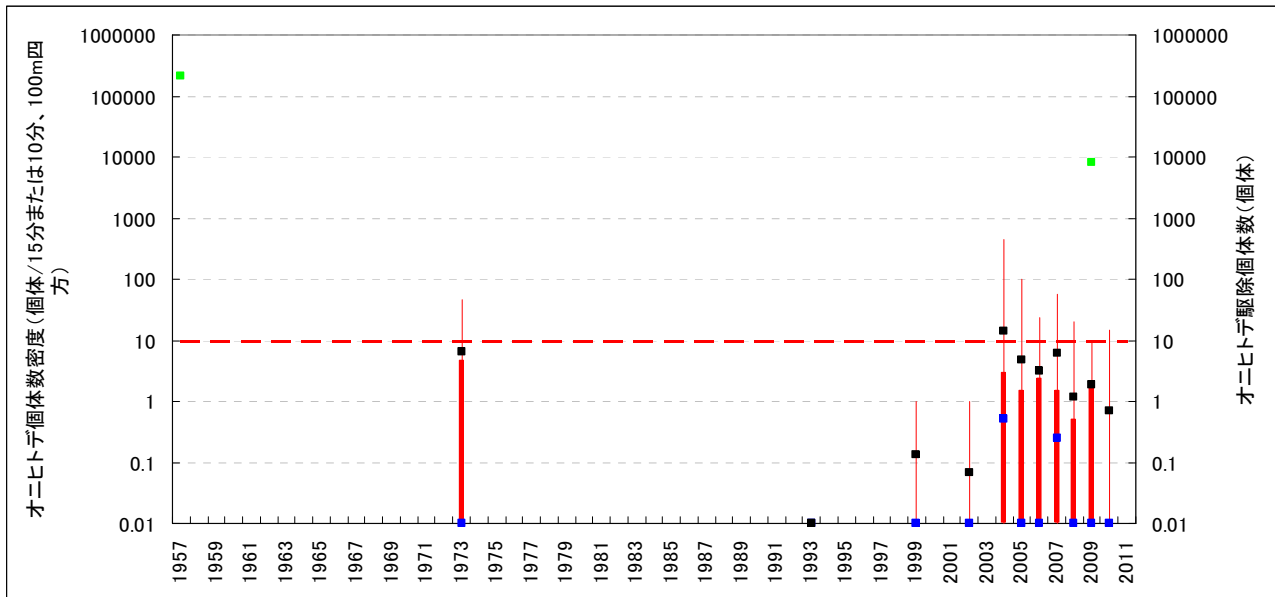


図3-5-2. 簡易遊泳観察法による宮古島周辺のオニヒトデ個体数密度と駆除個体数の変遷. 横軸は調査年、左の縦軸はオニヒトデ個体数密度(10分もしくは15分あたり)の対数を、右の縦軸はオニヒトデ駆除個体数を、図中の黒い点(■)はオニヒトデ個体密度の平均値、青い点(■)は中央値、赤色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値、緑の点(■)は駆除個体数を表している。赤い破線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度。1997年以前は調査が断続的で、オニヒトデ大発生の変遷は断片的である。調査地点数が非常に少ない年もあることに注意が必要である。

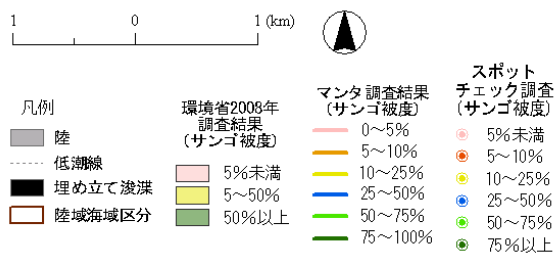
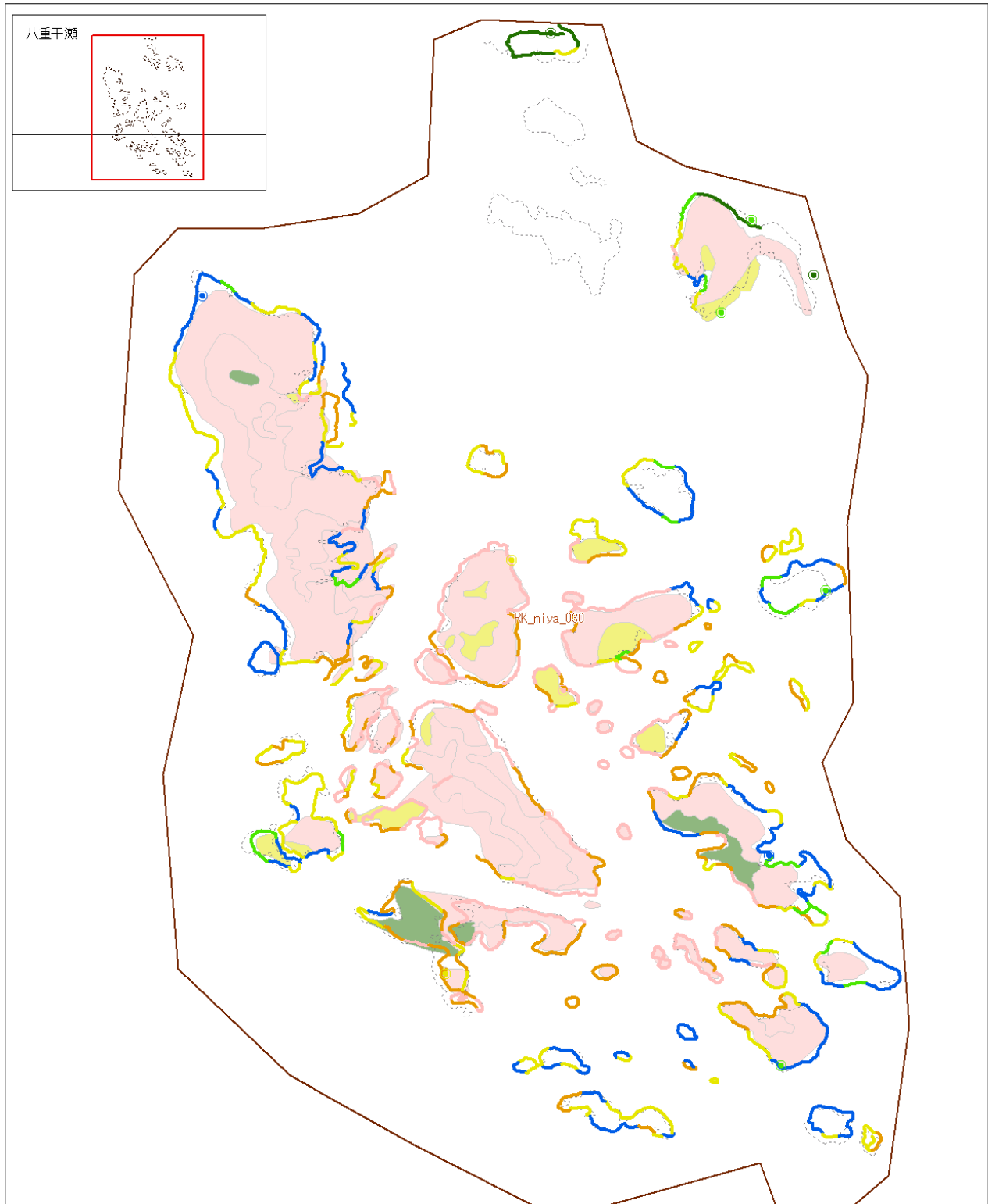
※中央値、第一四分位値、第三四分位値について

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 $100\alpha$ 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。

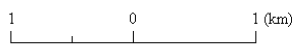
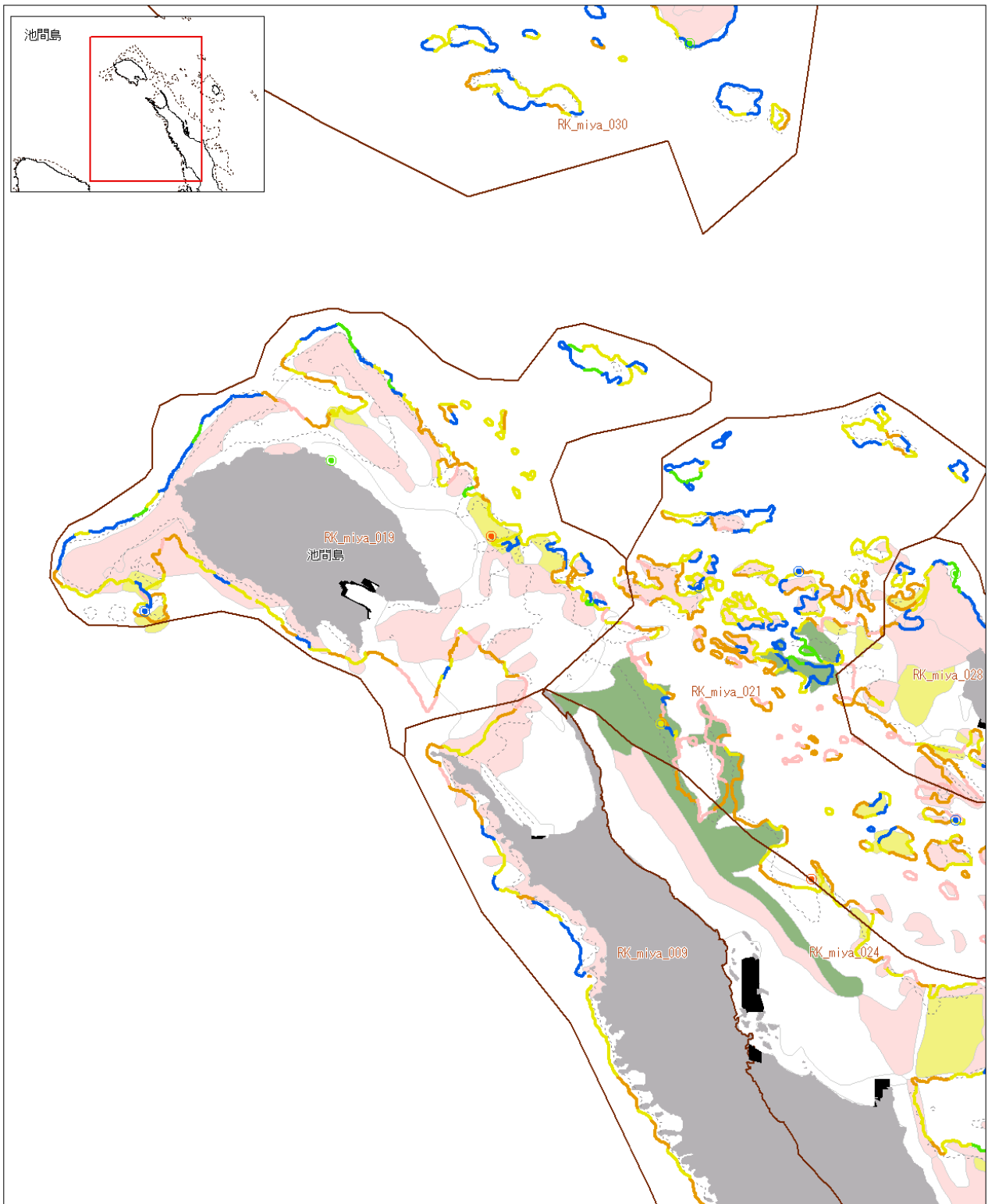
### ＜宮古地域のサンゴ礁地図＞

現在の宮古地域のサンゴ礁地図を、現況調査結果をもとに作成した。礁池内のデータは環境省作成のサンゴ礁マップ 2008 年のデータに今回の現地調査の結果を重ね合わせ、埋め立て地については、過去の調査をもとに今回の整理した結果を用いた。陸域・海域区分はそれぞれ沖縄県環境保全課の「赤土等流出危険度予測評価システム」調査結果で作成された流域区分と、WWF 南西諸島生物多様性評価プロジェクトで中井（2009）により作成された海域区分をもとに作成した。



この図は次の出典を参考にして作成したものである。

- 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
- 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
- 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
- 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
- (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



凡例

- 陸
- 低潮線
- 埋め立て浚渫
- 陸域海域区分
- 環境省2008年調査結果 (サンゴ被度)
- 5%未満
- 5~50%
- 50%以上

マンタ調査結果 (サンゴ被度)

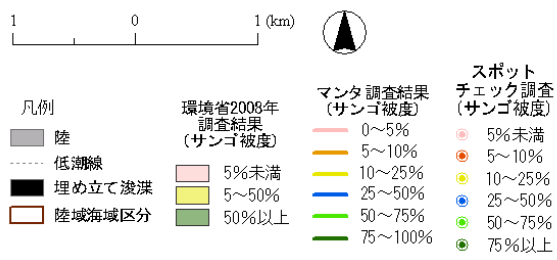
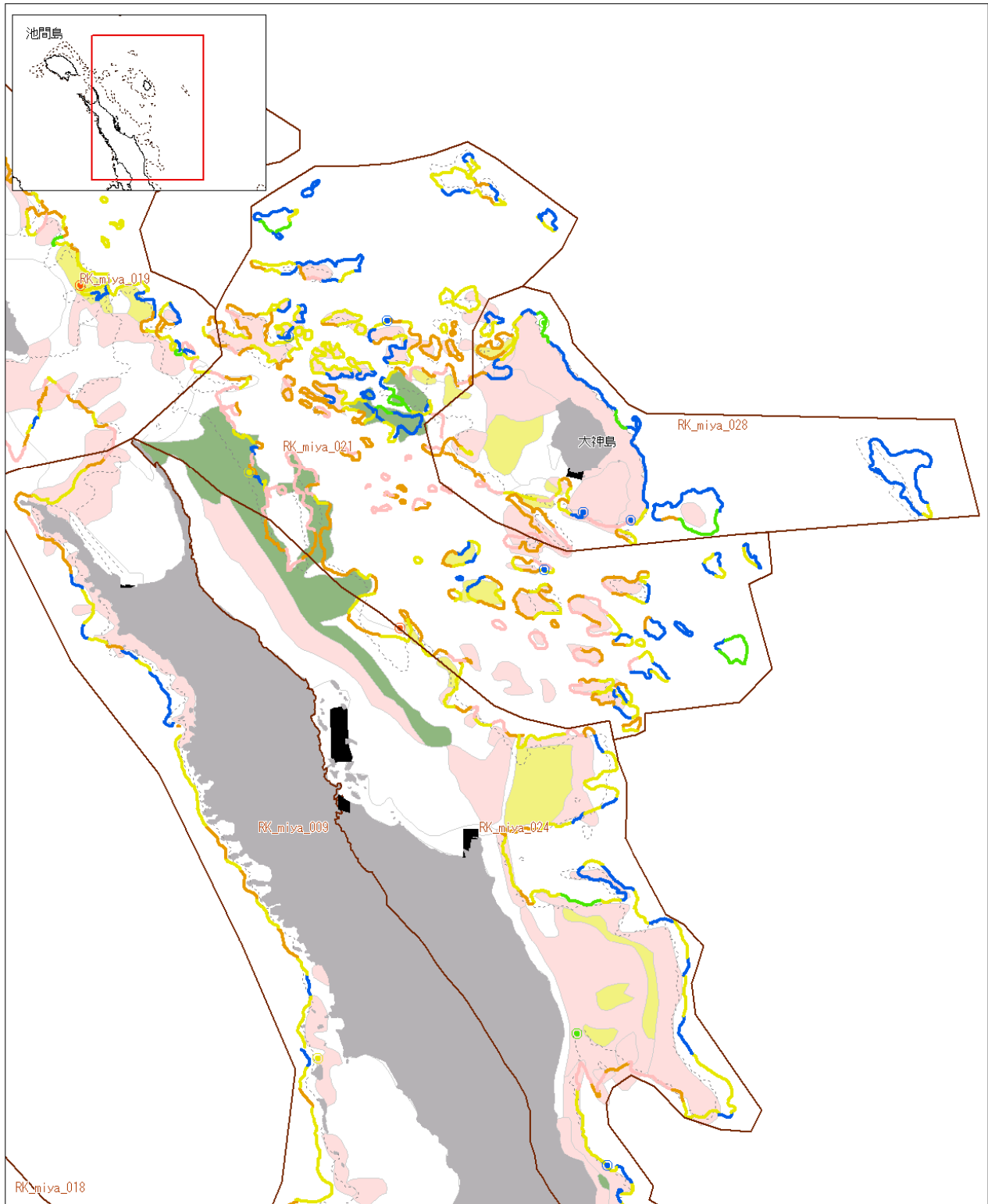
- 0~5%
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75~100%

スポットチェック調査 (サンゴ被度)

- 5%未満
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75%以上

この図は次の出典を参考に作成したものである。

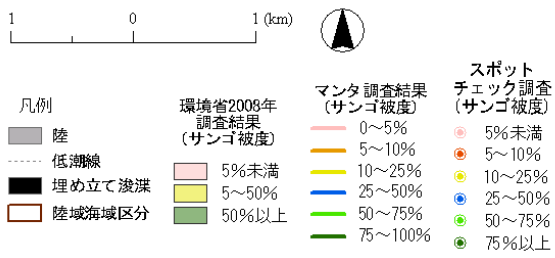
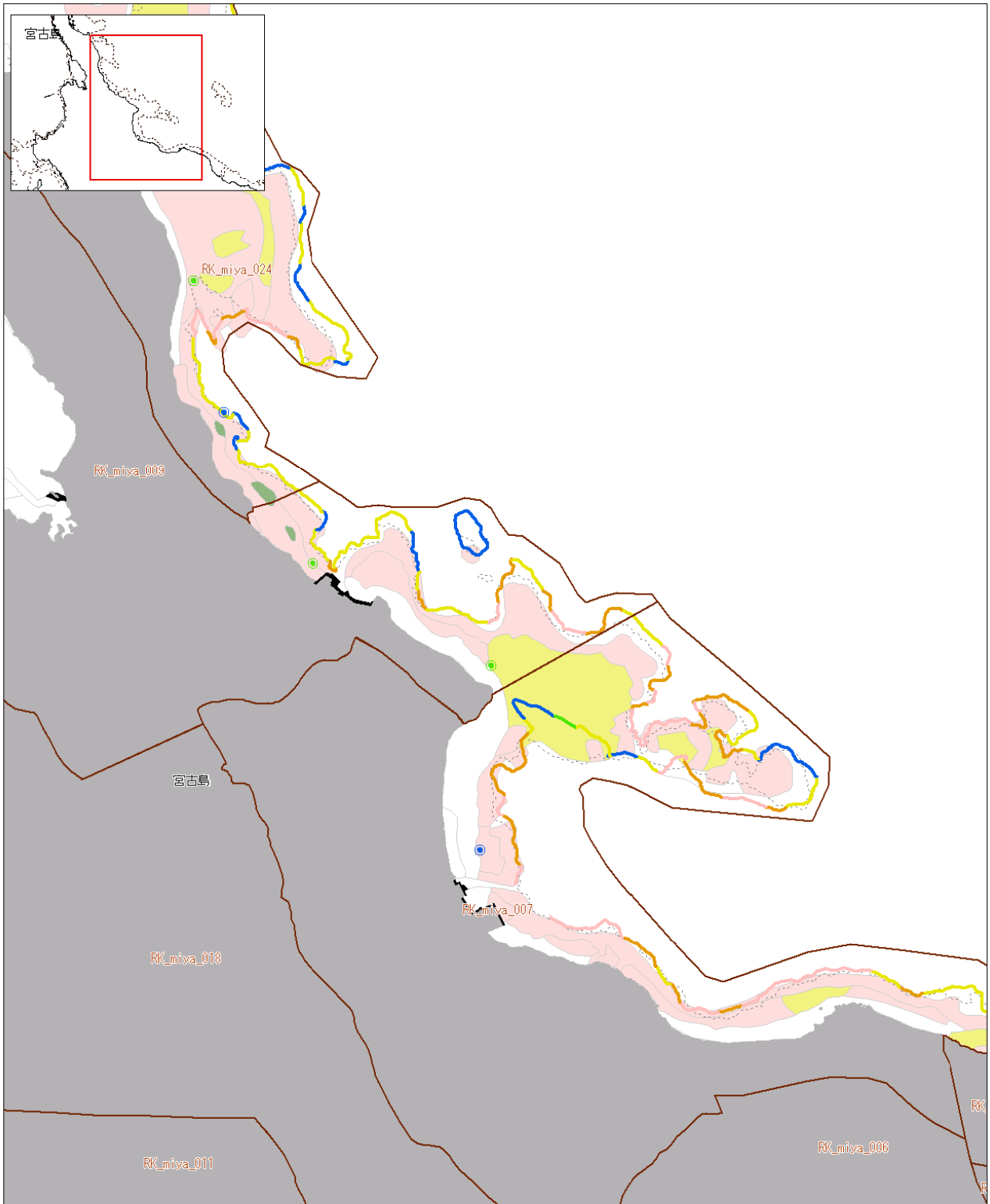
1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区画データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
3. 沖縄県環境保全課 (2006) 平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書, 沖縄県環境保全課
4. 中井達郎 (2009) BPA選定基準の基本的な考え方, WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト報告書, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原葉・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書, サンゴ礁分布図 (1/10万), 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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, 環境省請負, 10pp



この図は次の出典を参考に作成したものである。

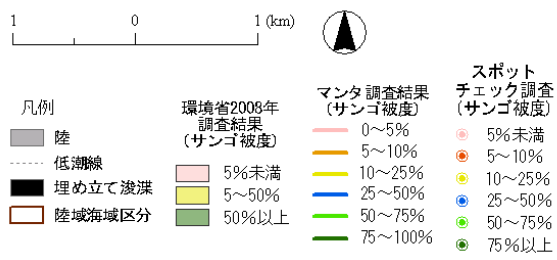
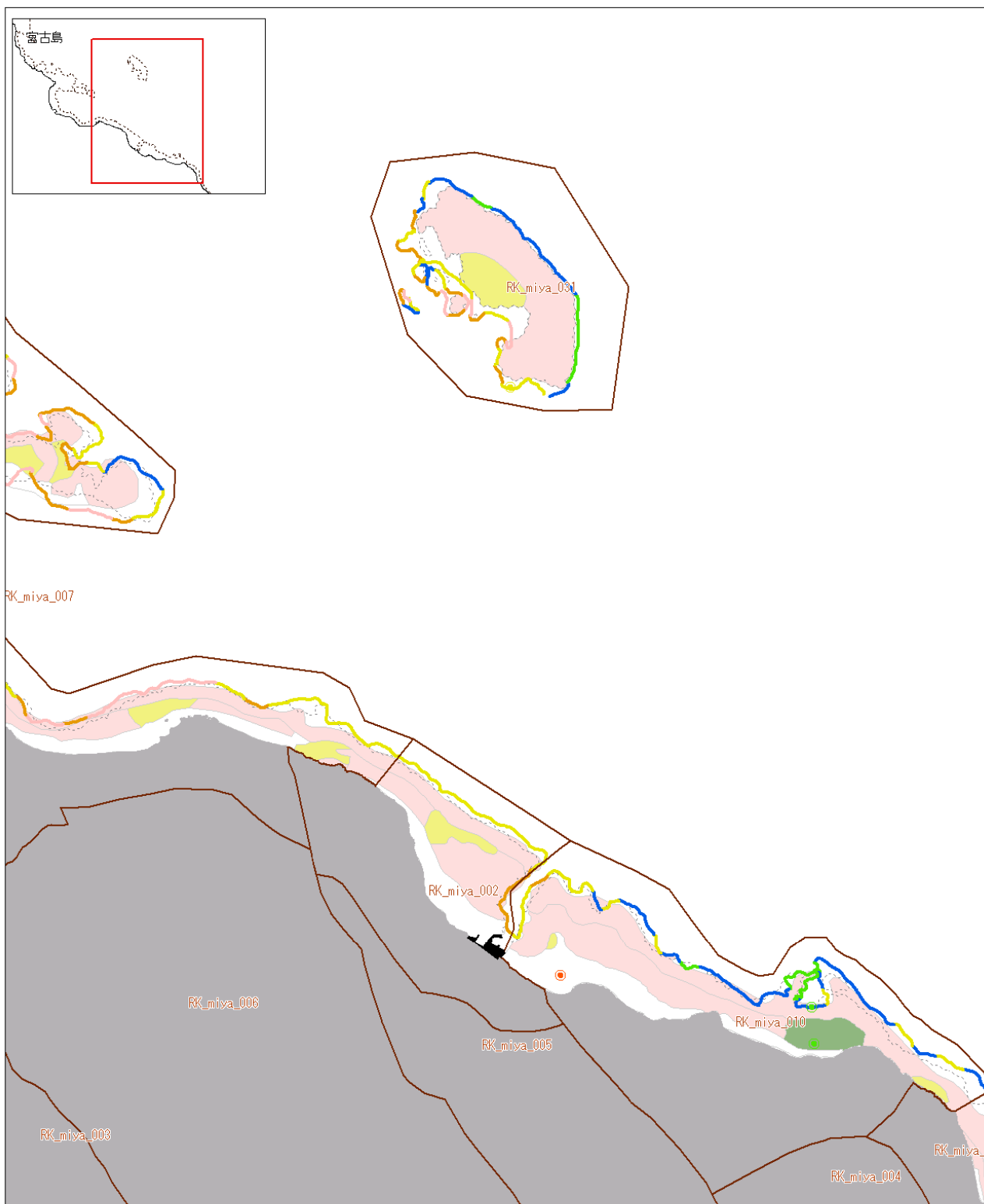
1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
3. 沖縄県環境保全課 (2006) 平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課
4. 中井達郎 (2009) BPA選定基準の基本的な考え方. WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト報告書, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp





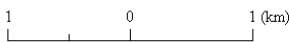
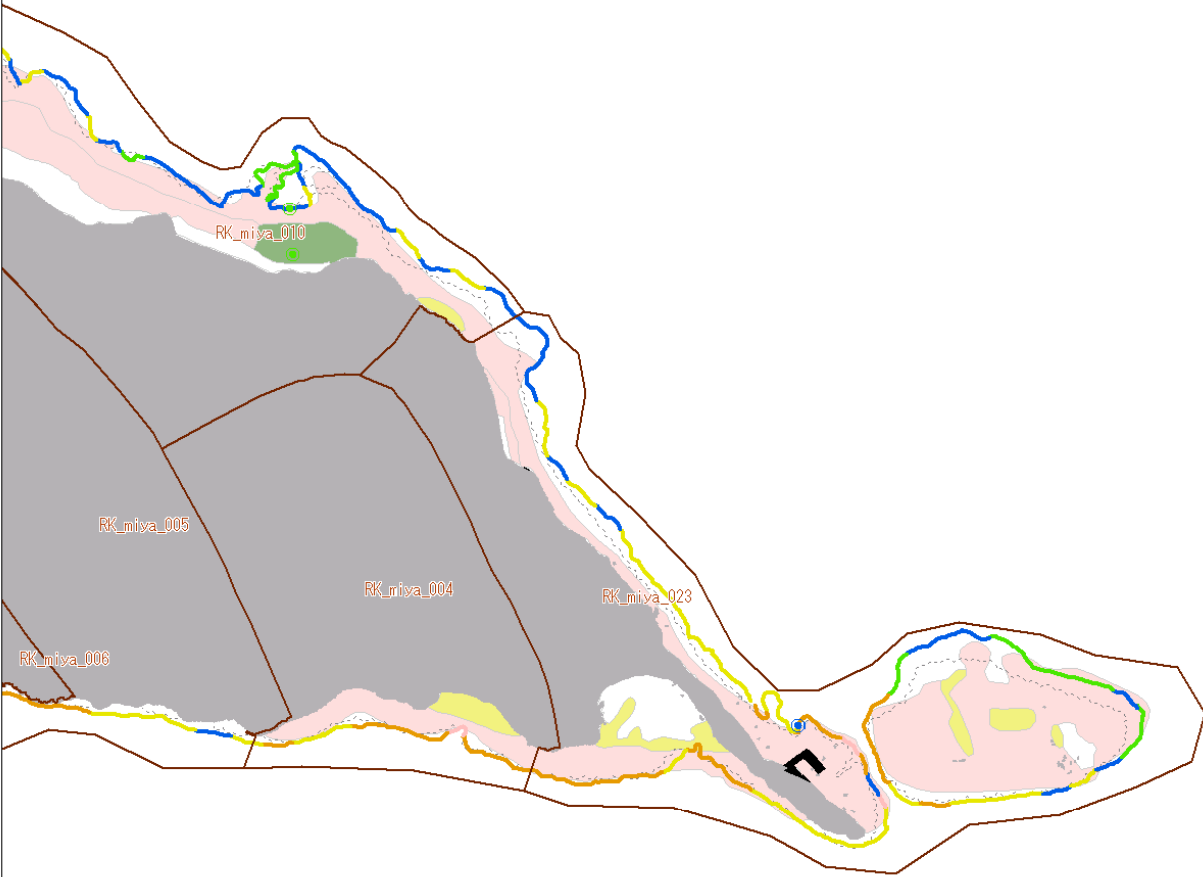
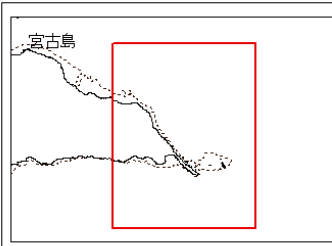
この図は次の出典を参考に作成したものである。

- 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区画データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
- 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
- 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
- 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
- (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



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20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



凡例

- 陸
- 低潮線
- 埋め立て浚渫
- 陸域海域区分
- 環境省2008年調査結果 (サンゴ被度)
  - 5%未満
  - 5~50%
  - 50%以上

マンタ調査結果 (サンゴ被度)

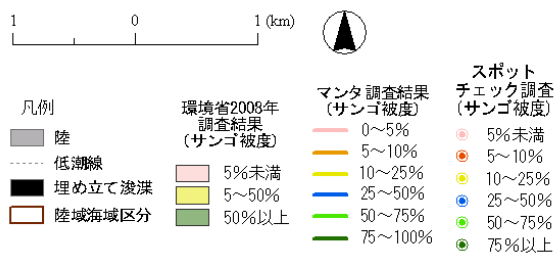
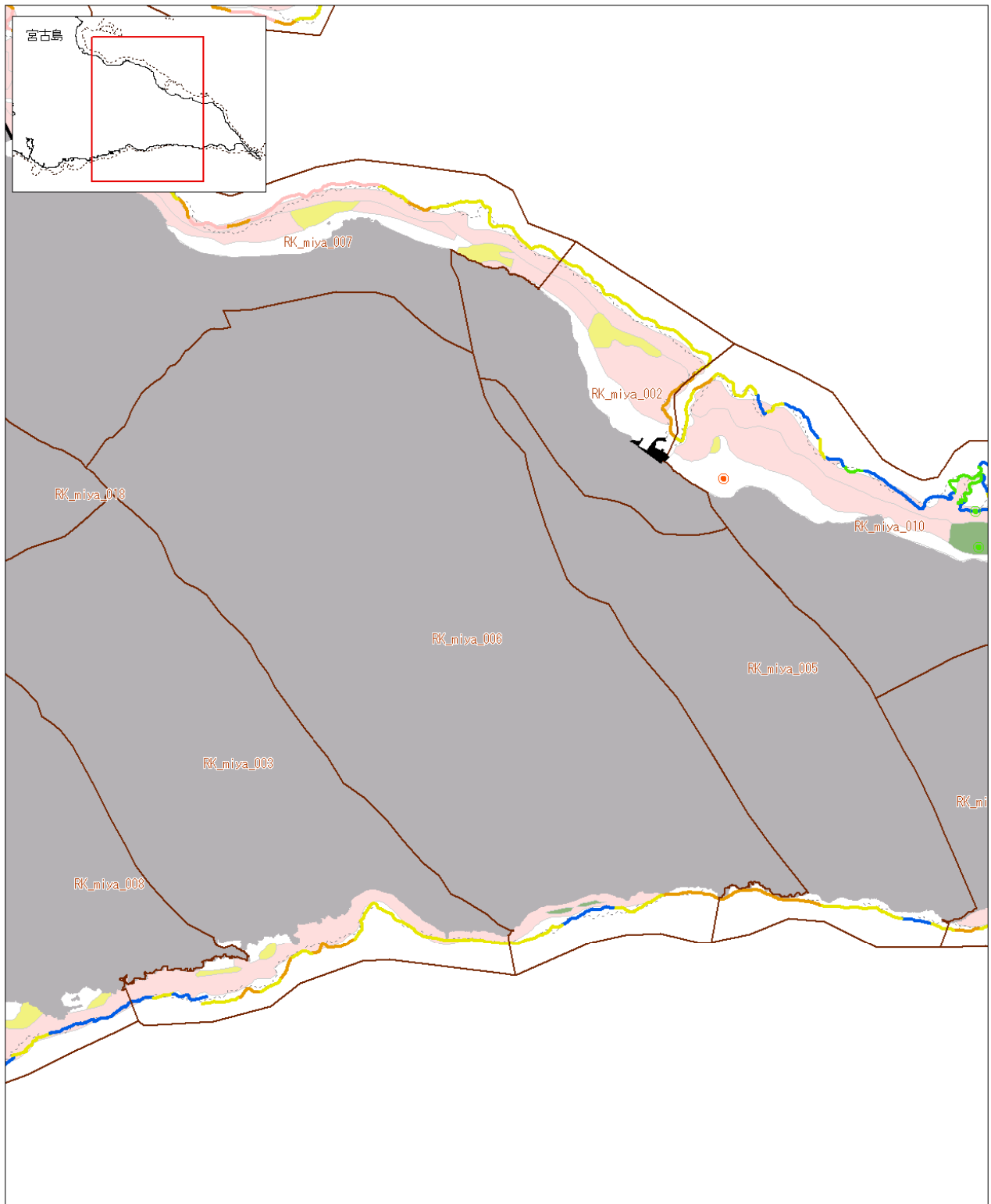
- 0~5%
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75~100%

スポットチェック調査 (サンゴ被度)

- 5%未満
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75%以上

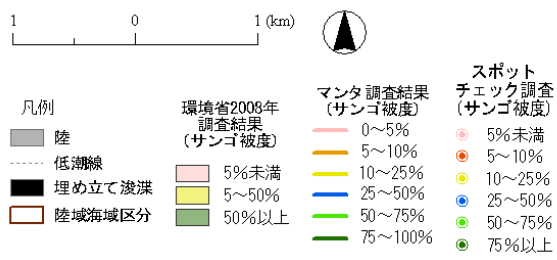
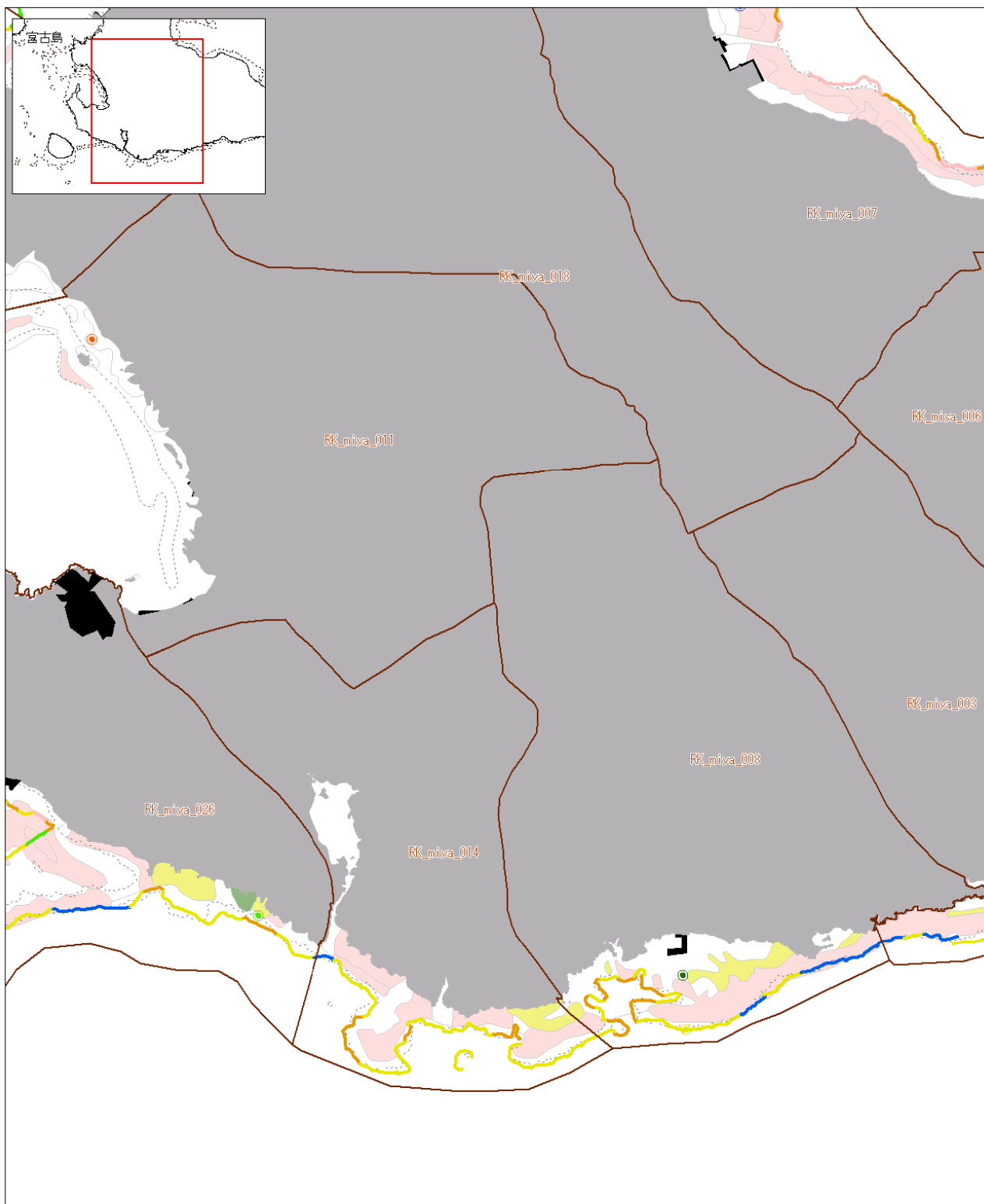
この図は次の出典を参考に作成したものである。

1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区画データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書 サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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, 環境省請負, 10pp



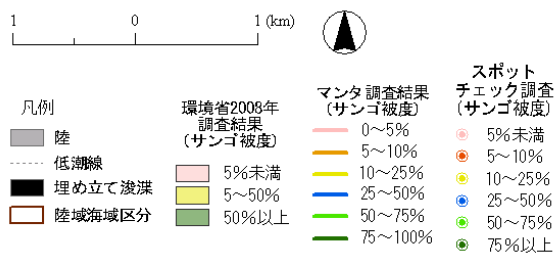
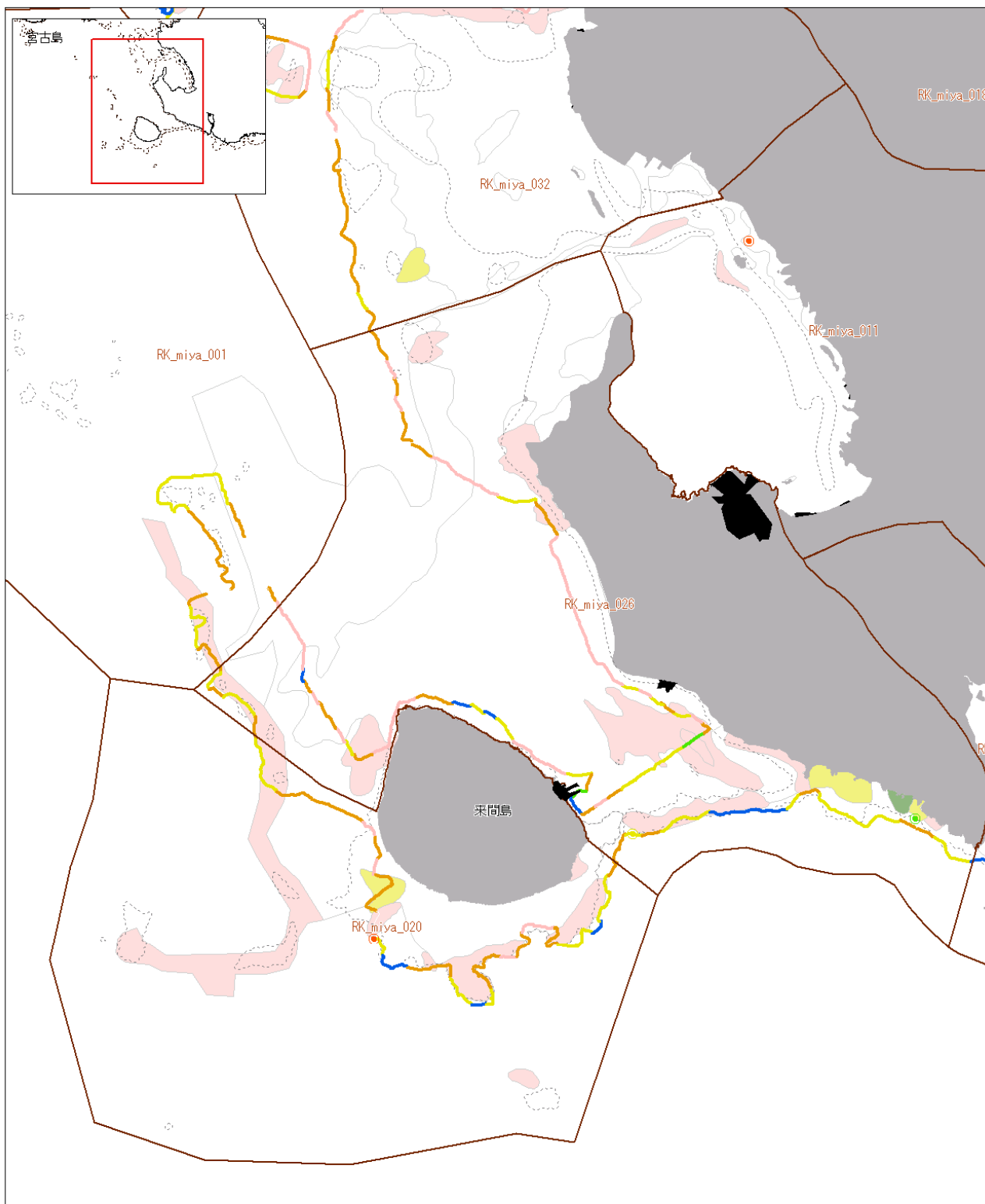
この図は次の出典を参考に作成したものである。

1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



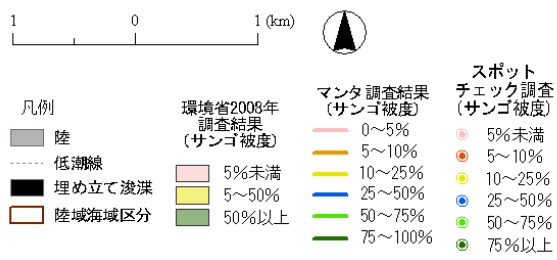
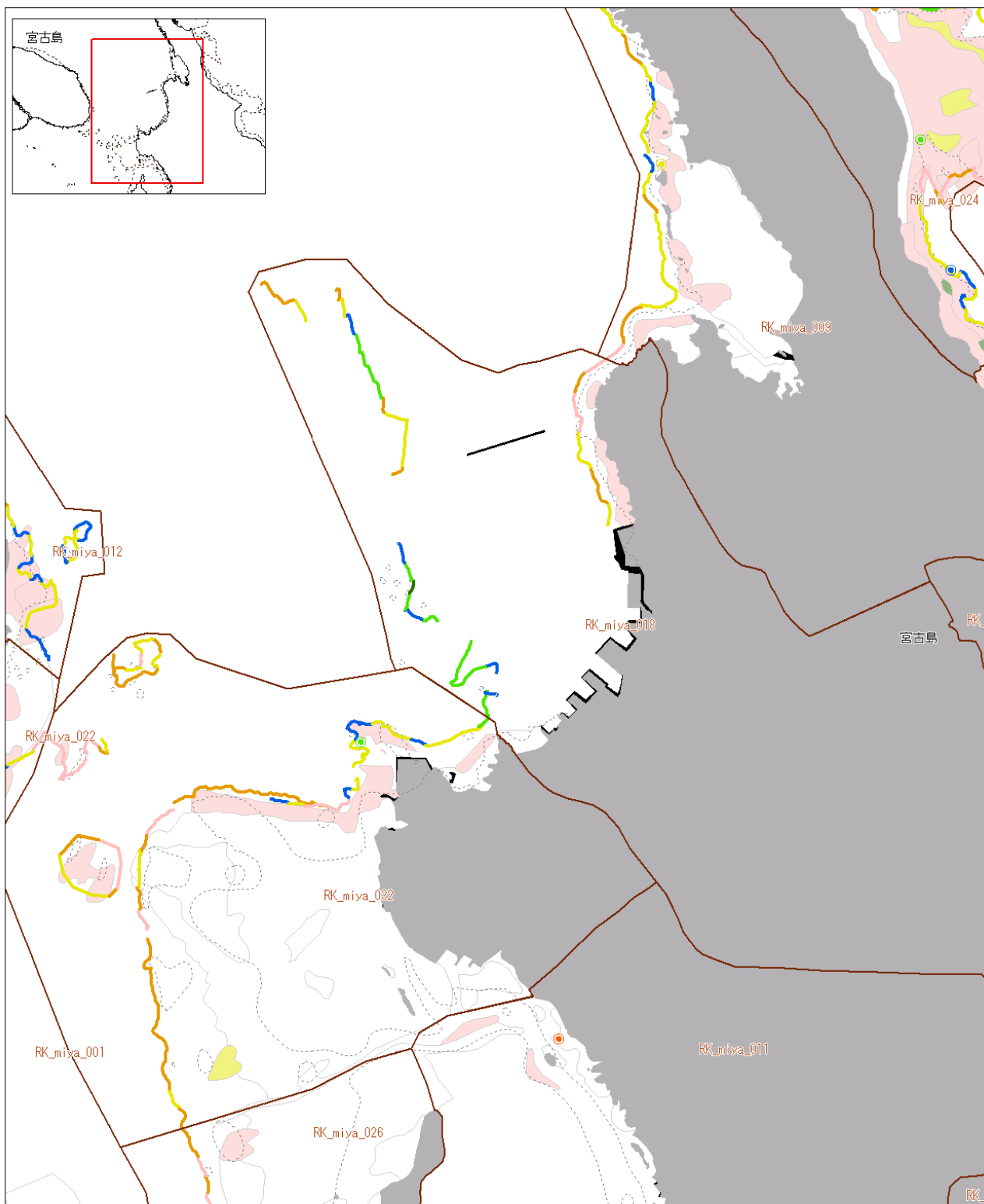
この図は次の出典を参考に作成したものである。

1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



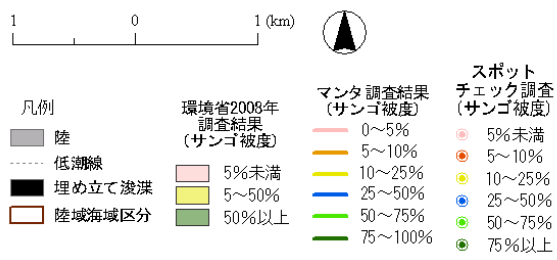
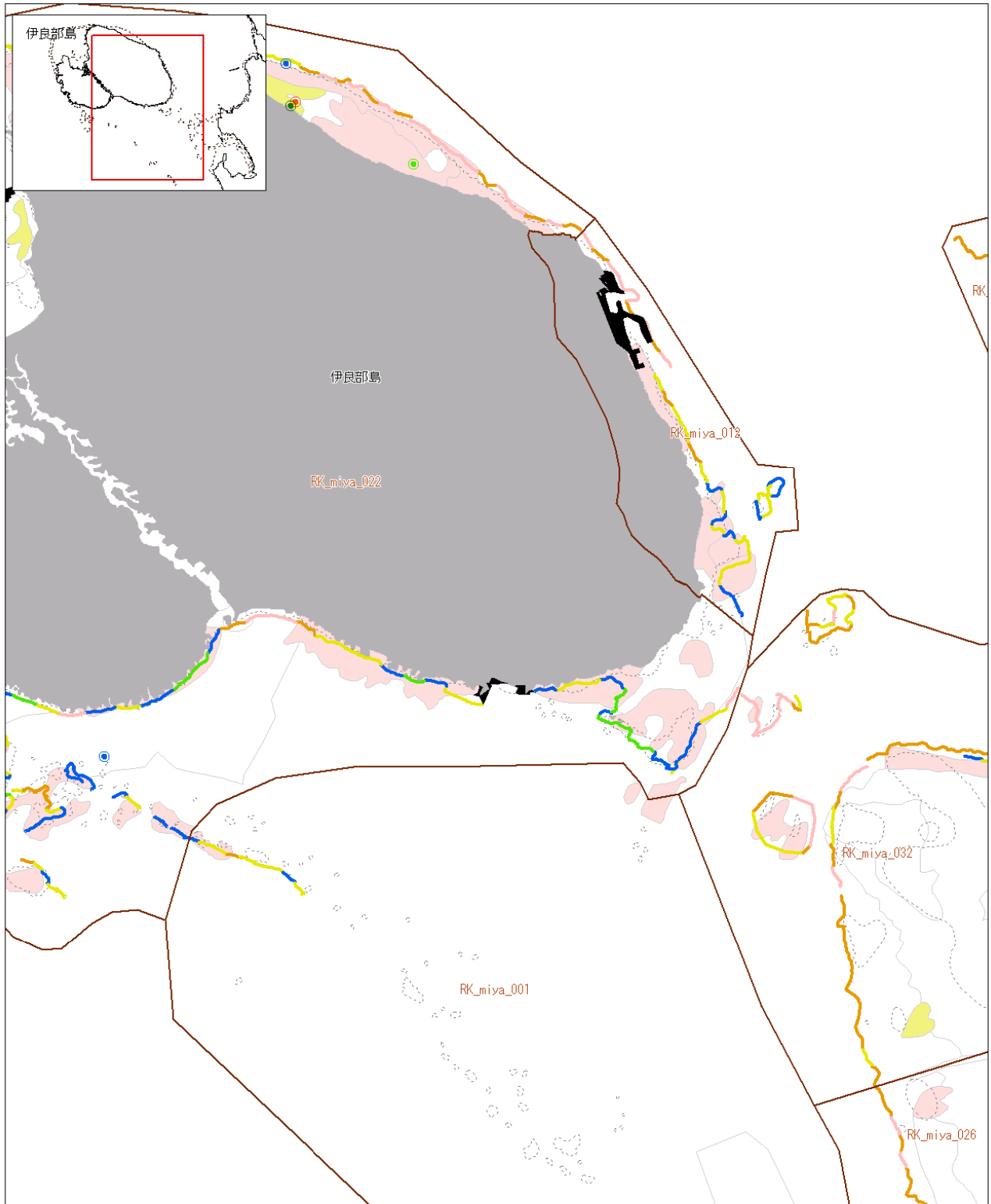
この図は次の出典を参考に作成したものである。

1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



この図は次の出典を参考に作成したものである。

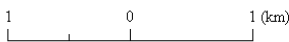
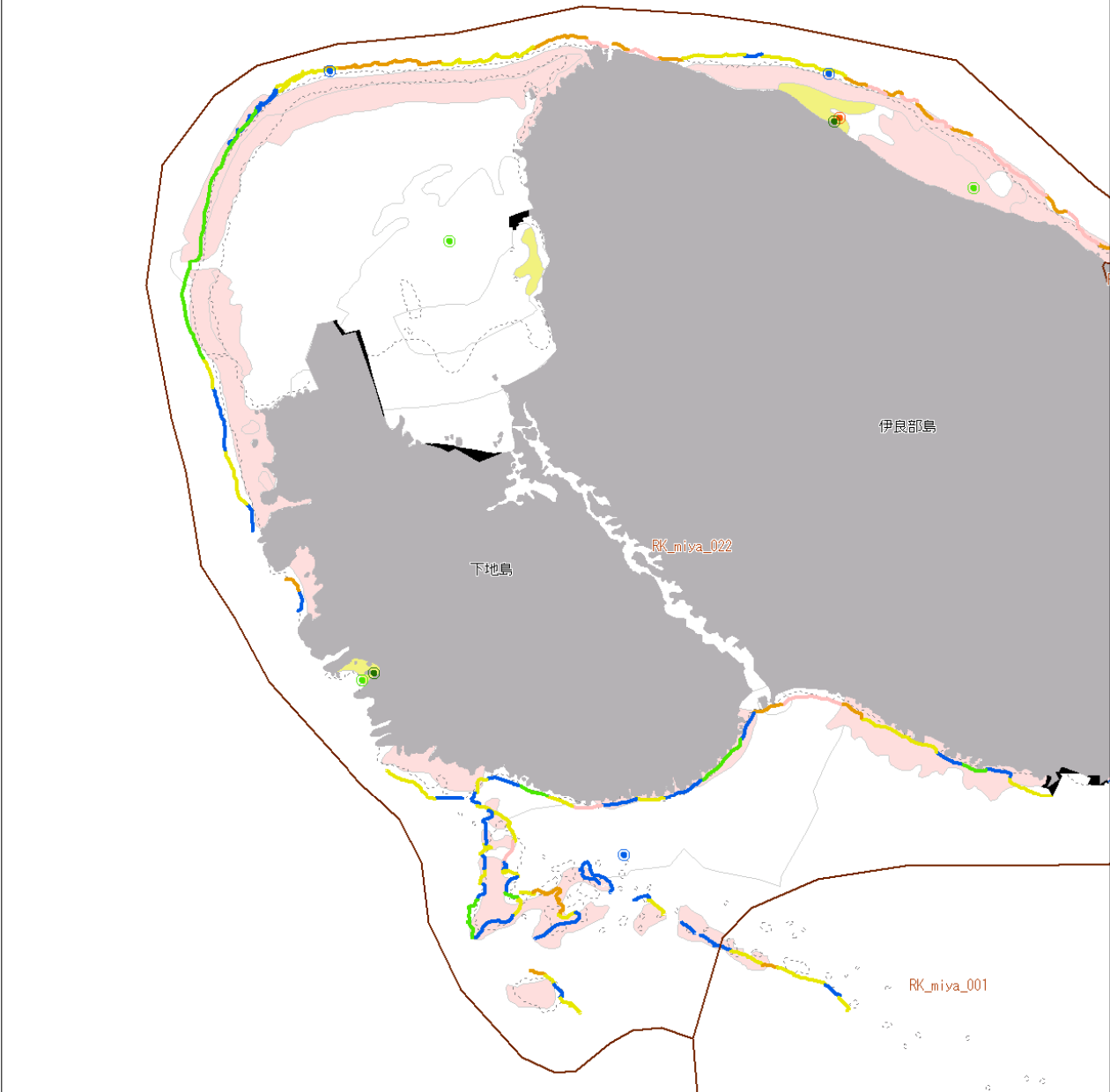
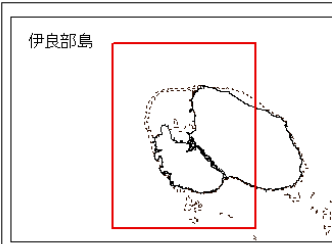
1. 国土交通省, 国土数値情報 (平成20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
3. 沖縄県環境保全課 (2006) 平成17年度流域赤土流出防止等対策調査農地における赤土等流出危険度調査報告書. 沖縄県環境保全課
4. 中井達郎 (2009) BPA選定基準の基本的な考え方. WWFジャパン 南西諸島生物多様性評価プロジェクト報告書, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



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20年度行政区データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
- 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
- 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
- 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
- (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp





凡例

- 陸
- 低潮線
- 埋め立て浚渫
- 陸域海域区分
- 環境省2008年調査結果 (サンゴ被度)
  - 5%未満
  - 5~50%
  - 50%以上

マンタ調査結果 (サンゴ被度)

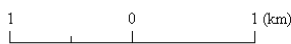
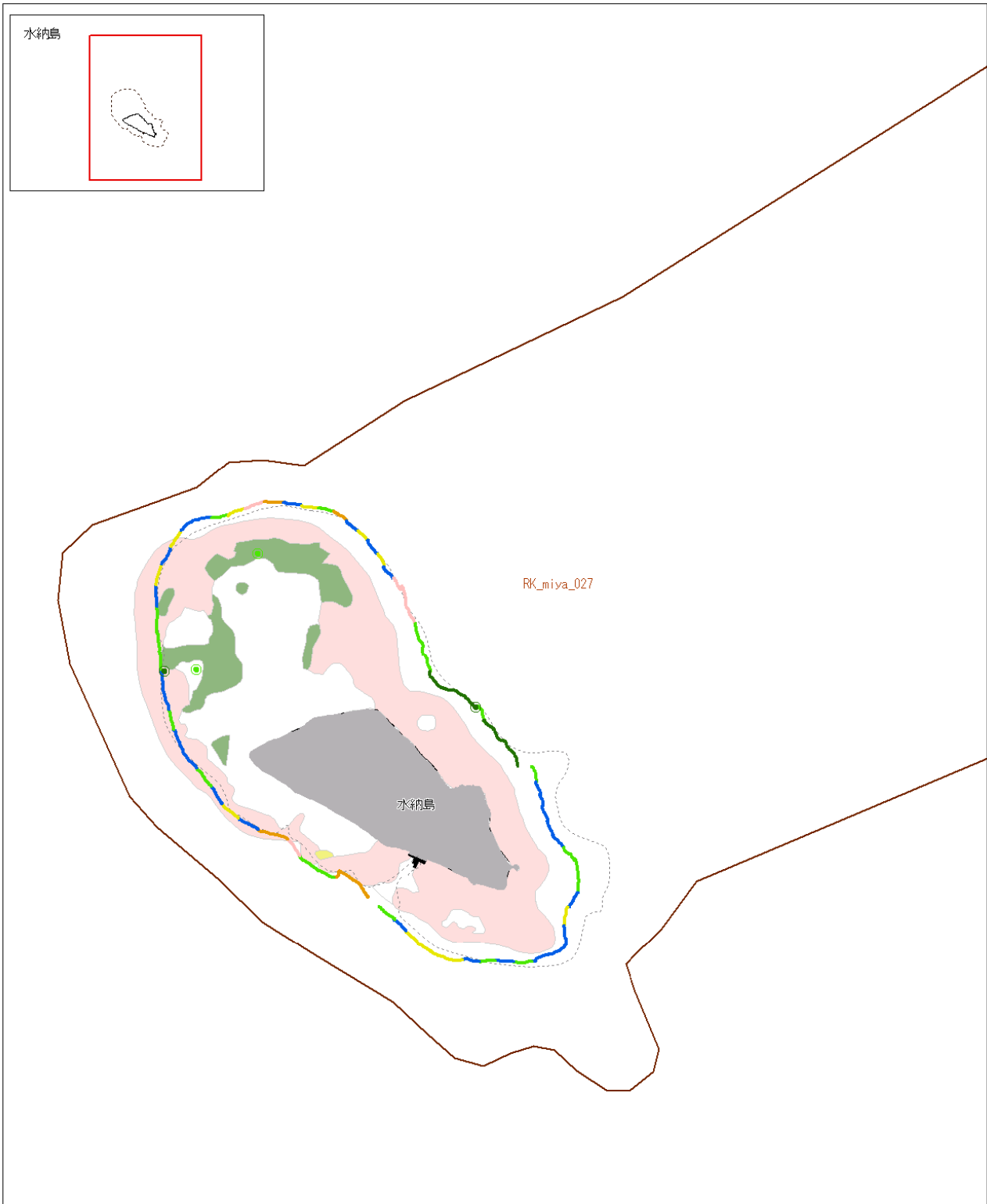
- 0~5%
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75~100%

スポットチェック調査 (サンゴ被度)

- 5%未満
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75%以上

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20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



凡例

- 陸
- 低潮線
- 埋め立て浚渫
- 陸域海域区分

環境省2008年調査結果 (サンゴ被度)

- 5%未満
- 5~50%
- 50%以上

マンタ調査結果 (サンゴ被度)

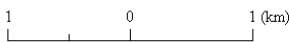
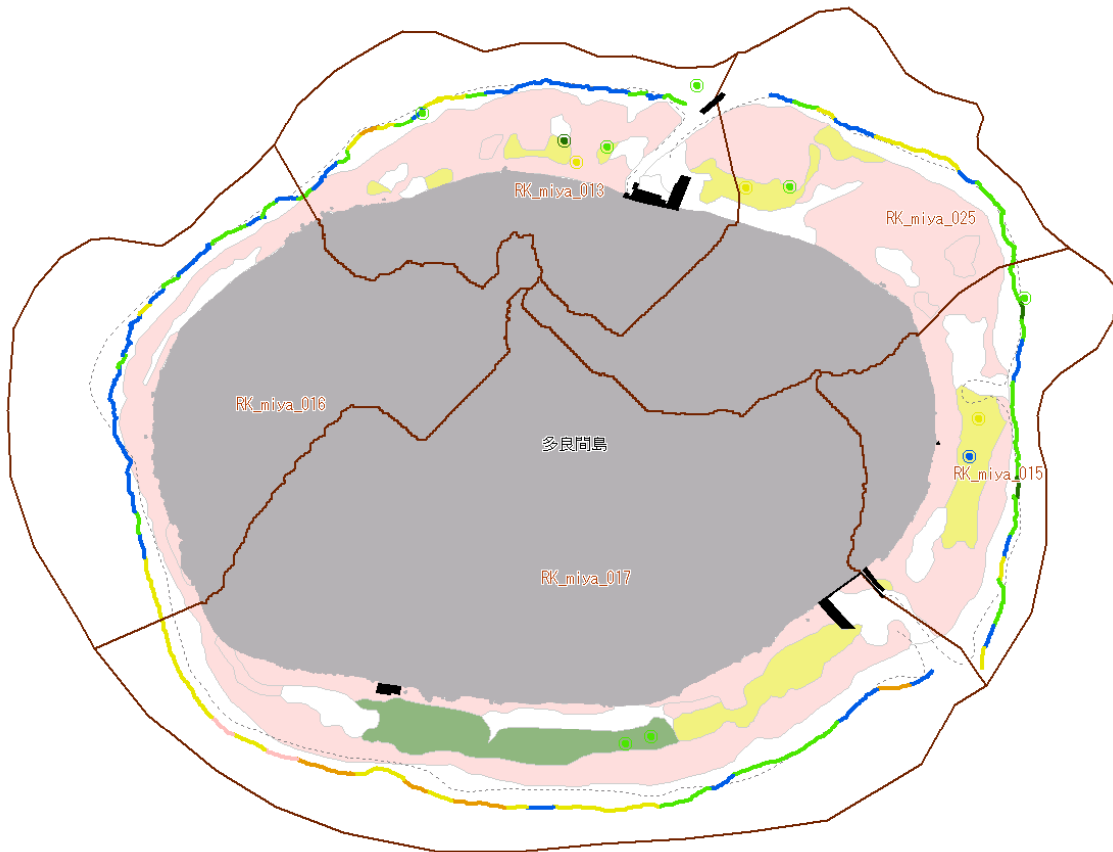
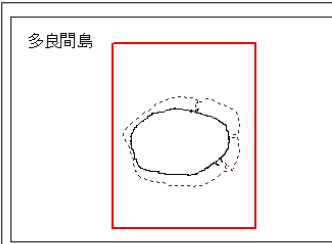
- 0~5%
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75~100%

スポットチェック調査 (サンゴ被度)

- 5%未満
- 5~10%
- 10~25%
- 25~50%
- 50~75%
- 75%以上

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20年度行政区域データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
2. (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
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. 沖縄県環境保全課
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, p46-47
5. 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
6. (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp



凡例

|        |                           |
|--------|---------------------------|
| 陸      | 環境省2008年調査結果 (サンゴ被度) 5%未満 |
| 低潮線    | 5~50%                     |
| 埋め立て浚渫 | 50%以上                     |
| 陸域海域区分 |                           |

| マンタ調査結果 (サンゴ被度) | スポットチェック調査 (サンゴ被度) |
|-----------------|--------------------|
| 0~5%            | 5%未満               |
| 5~10%           | 5~10%              |
| 10~25%          | 10~25%             |
| 25~50%          | 25~50%             |
| 50~75%          | 50~75%             |
| 75~100%         | 75%以上              |

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20年度行政区画データ) <<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/>>
- (財)日本水路協会, 海底地形デジタルデータM7000シリーズ
- 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
- 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
- 環境庁自然保護局・(財)海中公園センター (1990) 原票・未製本報告書等 海域生物環境調査報告書サンゴ礁調査報告書. サンゴ礁分布図 (1/10万). 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, <<http://www.biodic.go.jp/reports/reef/index.html>>
- (独)国立環境研究所 (2009) 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. 環境省請負, 10pp