

## 2-2-2. その他の生物

### (1) ソフトコーラル

波あたりや水質などの環境条件によって、サンゴと同所的に出現し、同時に競争的な底生生物であるソフトコーラルをマンタ法で調査した。調査の結果を被度ランク別の割合で表4-1-13に示す。八重山地域のソフトコーラル被度は、石垣島東や西表島南の広い海域で比較的高かった。被度ランクが高かった海域は、主に伊野田東～カーラ岳東や石垣島南の広い範囲、南風見田南であった(図4-1-23-I~III)。

表4-1-13. マンタ法で確認されたソフトコーラルの各被度ランクの割合(%)。(総区間数に対する各被度ランクの割合)

被度ランク	割合(%)
0~5%	64.5
5~10%	21.7
10~25%	9.9
25~50%	2.7
50~75%	0.3
75~100%	0.0

### (2) 海草藻類

波あたりや水質などの環境条件によって、サンゴと同所的に出現し、同時に競争的な底生生物である海草藻類をマンタ法で調査した。調査の結果を被度ランク別の割合で表4-1-14に示す。

海藻類は石垣港南～竹富島南や小浜島東石西礁湖内を除く全海域で被度ランクは低かった。被度ランクが高かった石垣港南～竹富島南では被度ランク25~50%の割合が多く、石西礁湖内小浜島東では75~100%の被度ランクも確認された(図4-1-24-I~III)。

海草類は湾奥を除いてほぼ全域で0~5%の被度ランクであった。伊原間湾奥や名蔵湾奥、石垣港北、白浜、船浮湾、網取湾など湾奥や礁池的な環境で25%以上の被度ランクが確認された(図4-1-25-I~III)。

表4-1-14. マンタ法で確認された海草藻類の各被度ランクの割合(%)。(総区間数に対する各被度ランクの割合)

被度ランク	海藻	海草
0~5%	85.7	96.1
5~10%	5.9	0.8
10~25%	3.8	0.6
25~50%	2.0	1.0
50~75%	1.3	0.6
75~100%	0.5	0.1

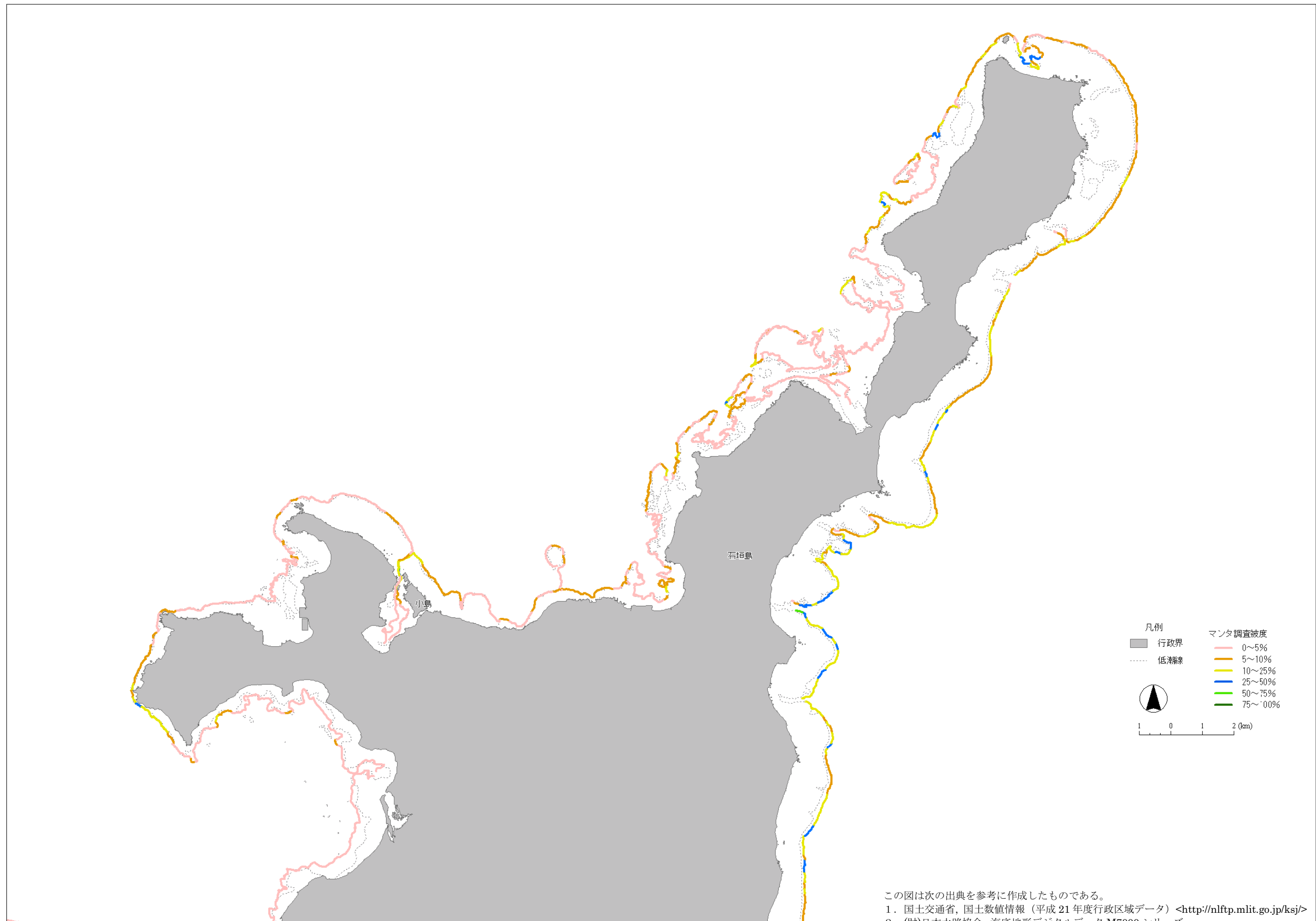


図 4-1-23-I. マンタ法による石垣島周辺のソフトコーラル被度 (%)

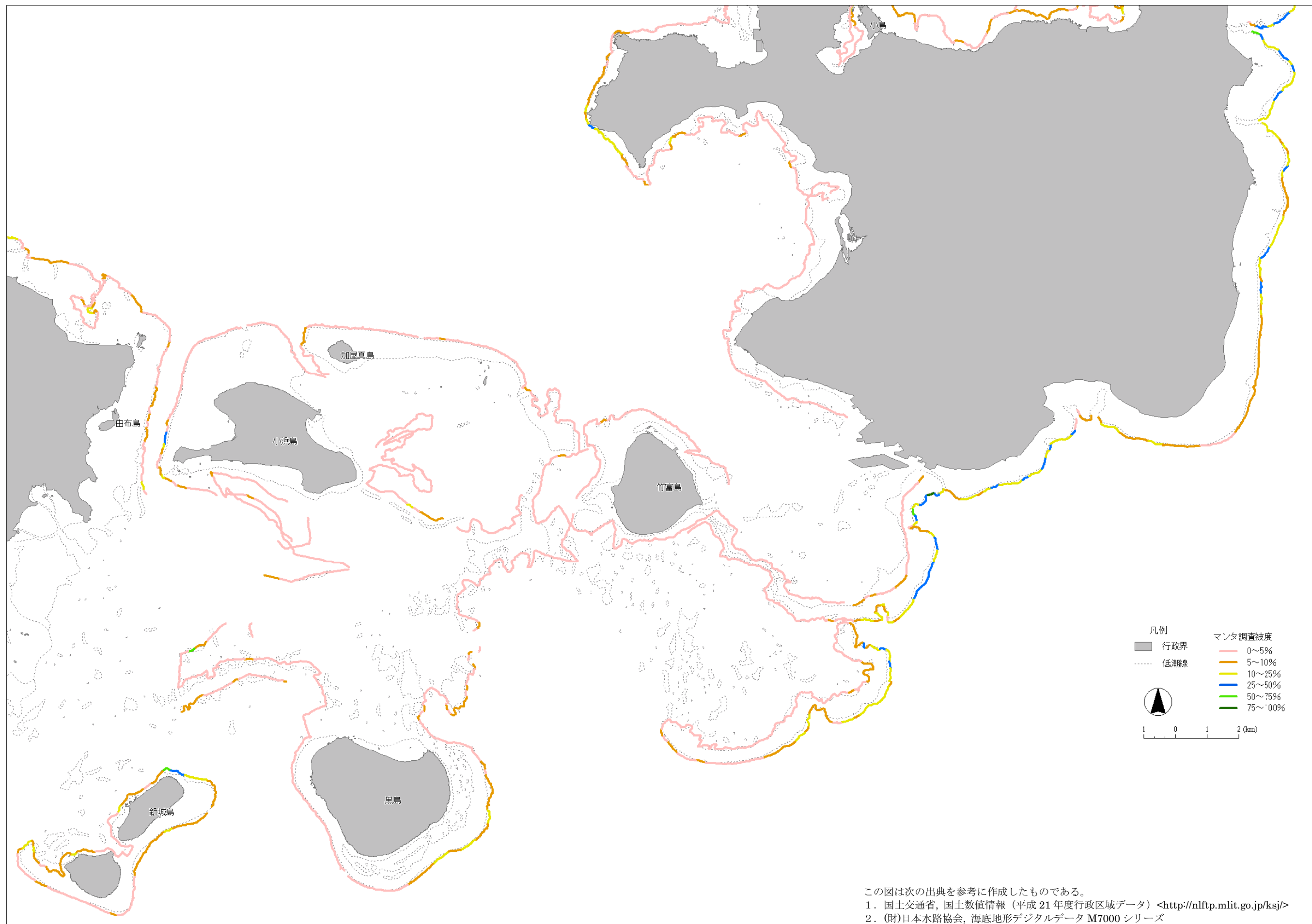


図 4-1-23-II. マンタ法による石西礁湖のソフトコーラル被度 (%)

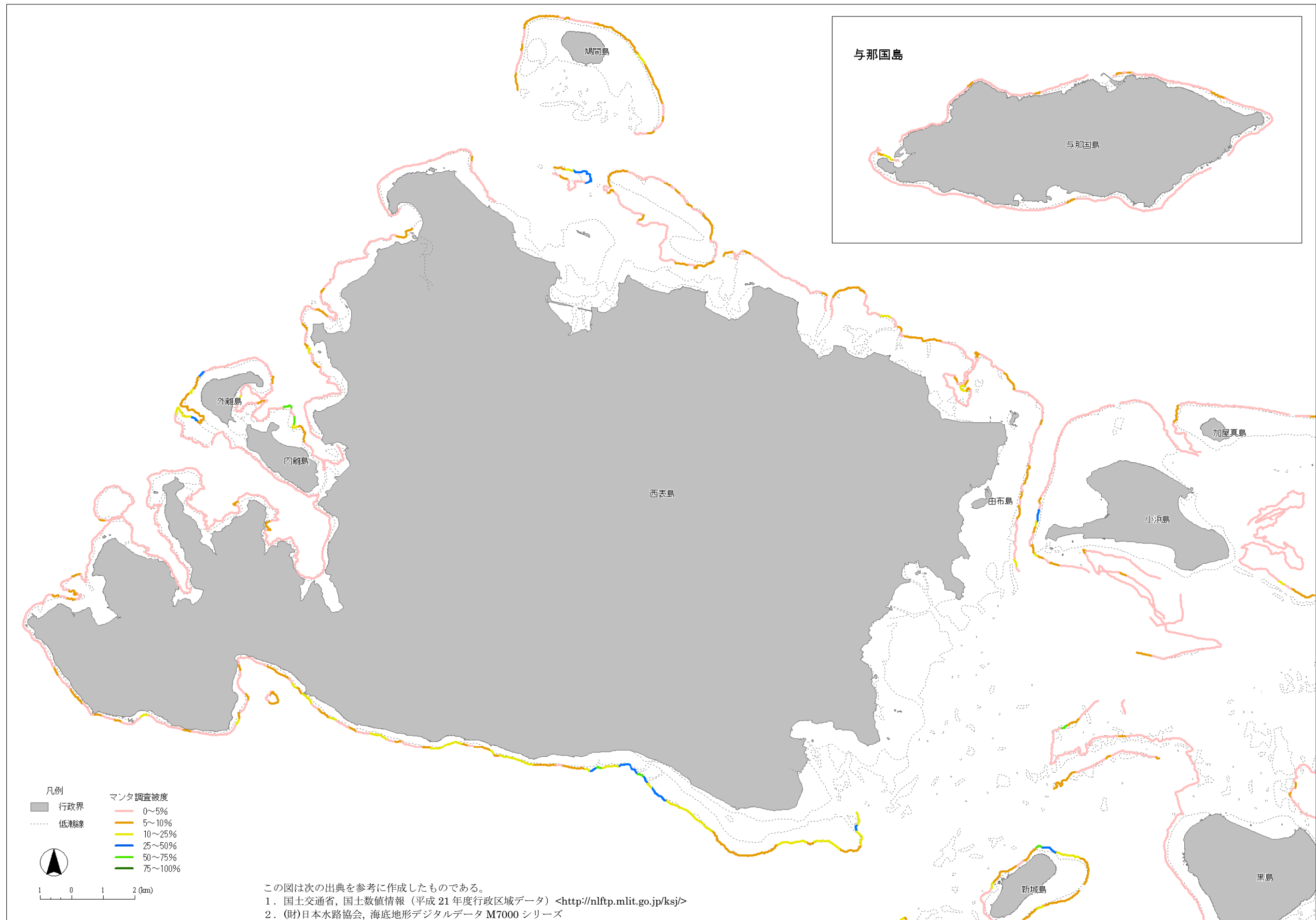


図 4-1-23-Ⅲ. マンタ法による西表島周辺のソフトコーラル被度 (%)

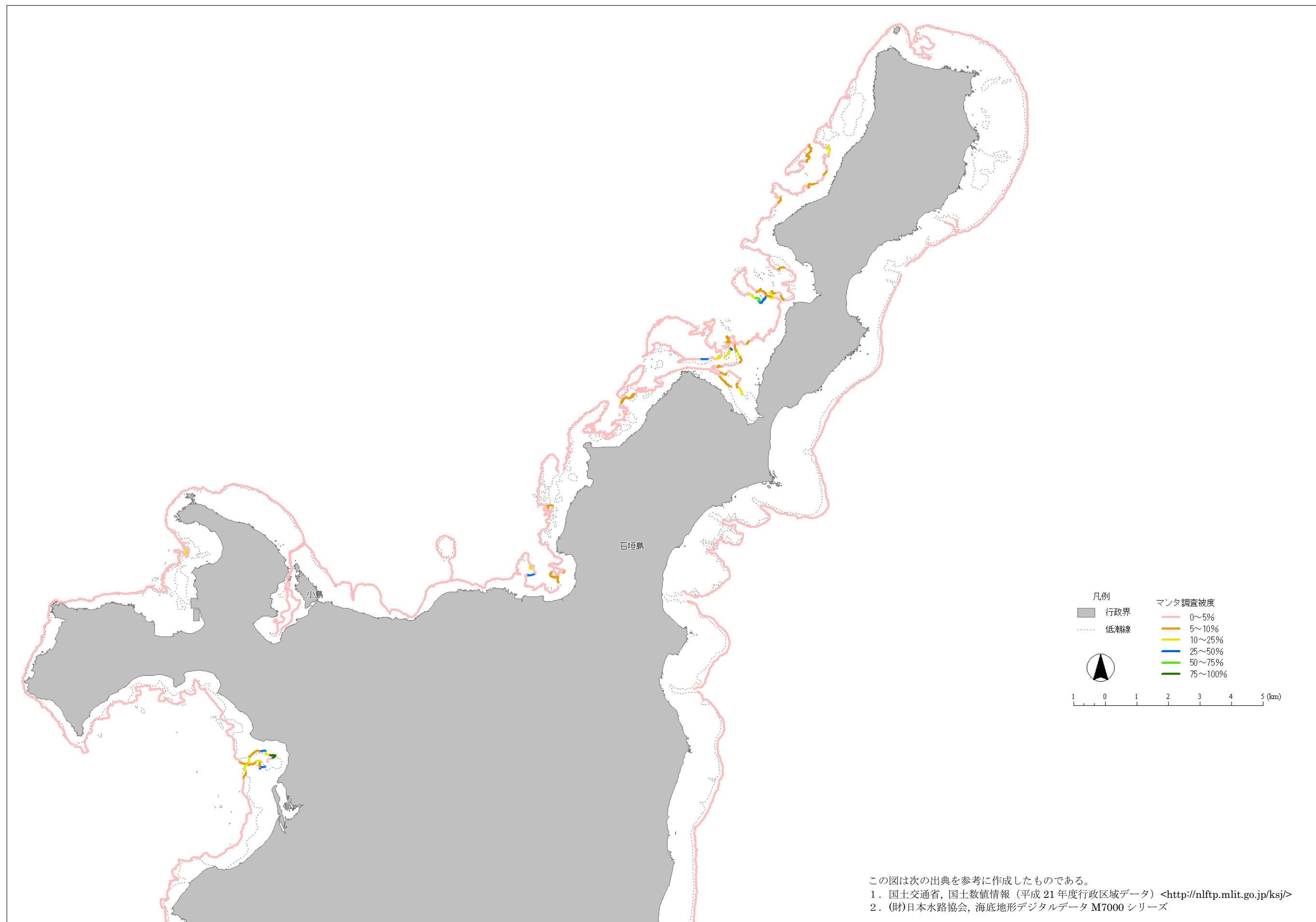


図 4-1-24-I. マンタ法による石垣島周辺の海藻被度 (%、海草類は含まれていない)

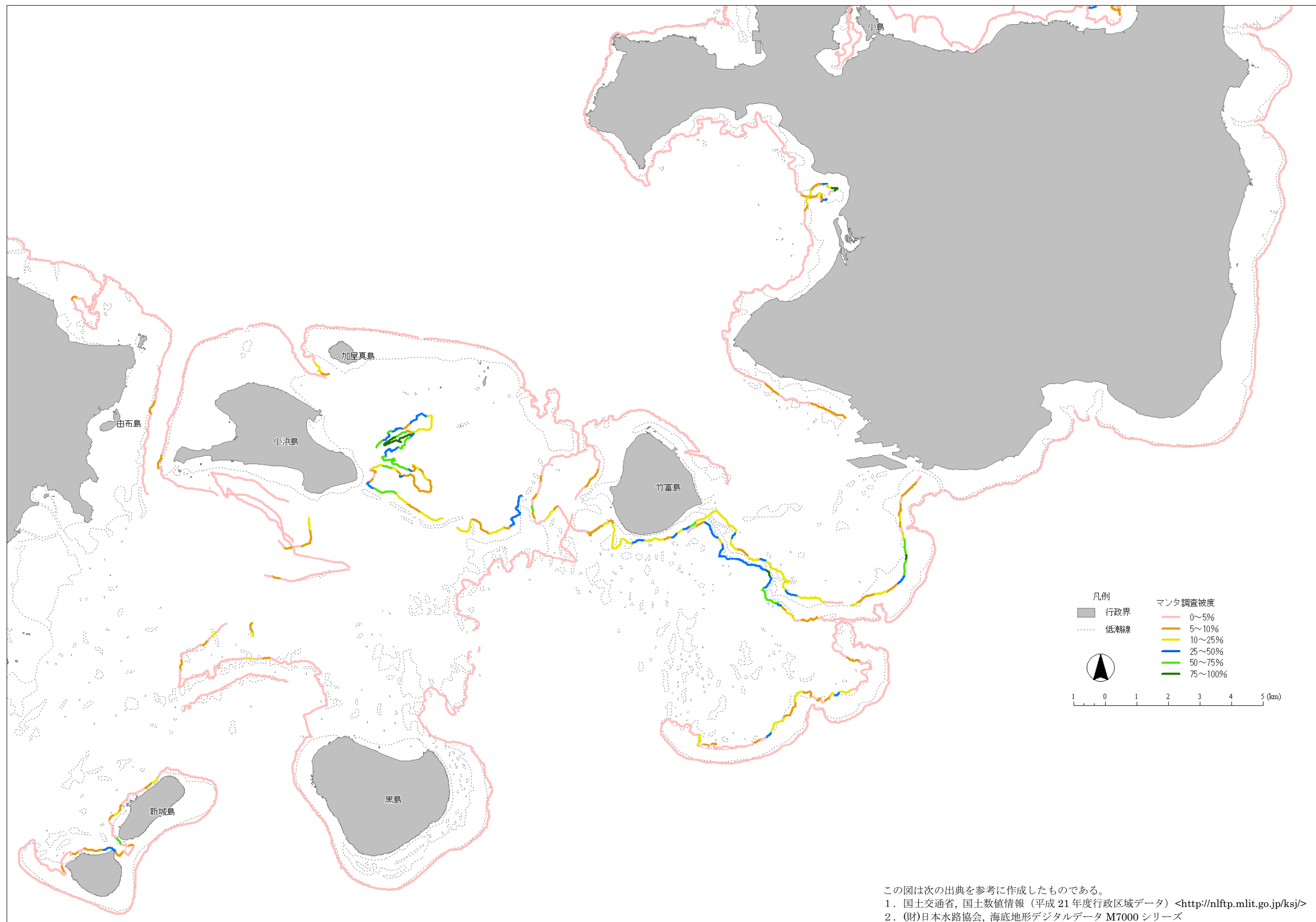


図 4-1-24-II. マンタ法による石西礁湖の海藻被度(%, 海草類は含まれていない)

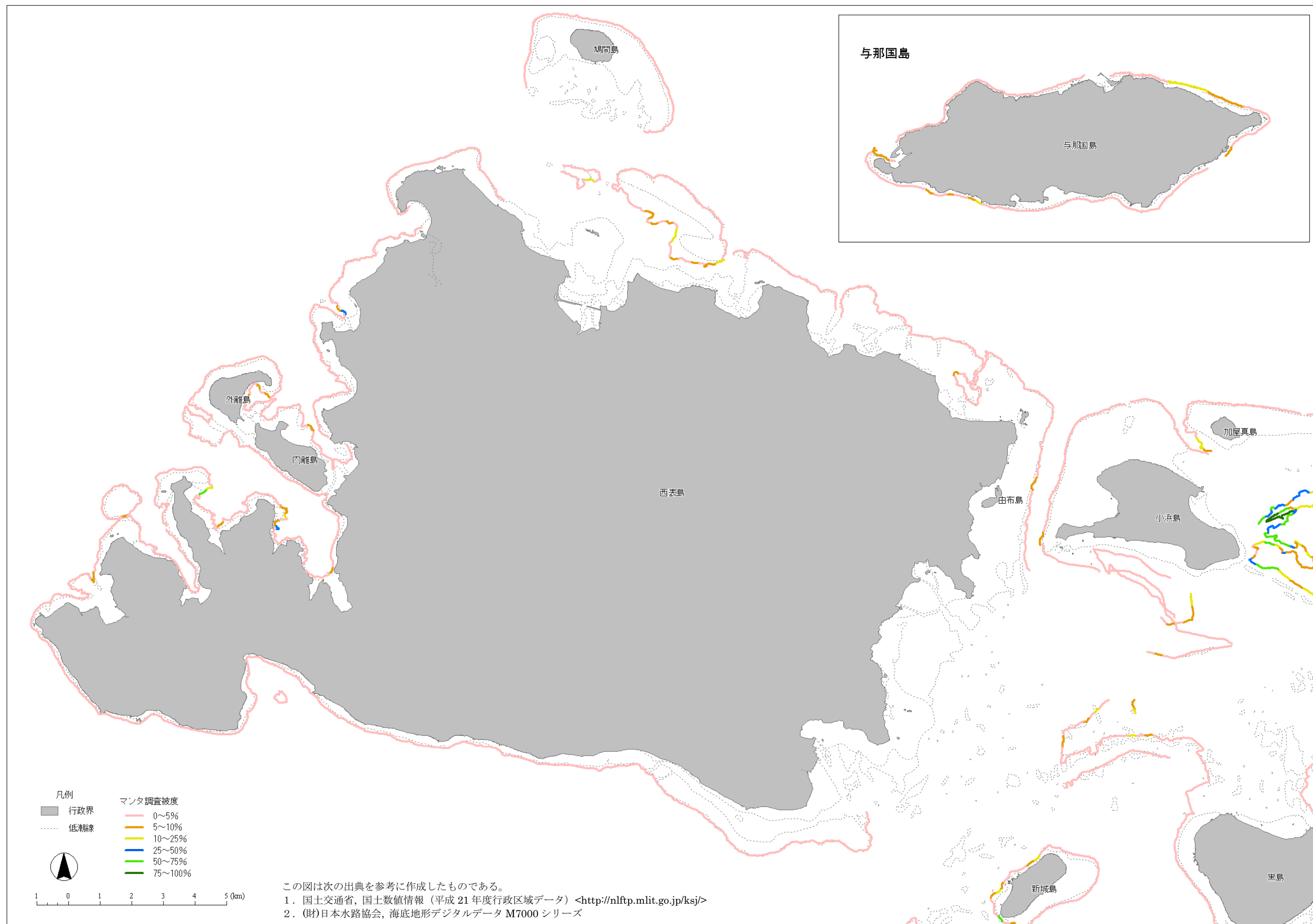


図4-1-24-Ⅲ. マンタ法による西表島周辺の海藻被度(%, 海草類は含まれていない)

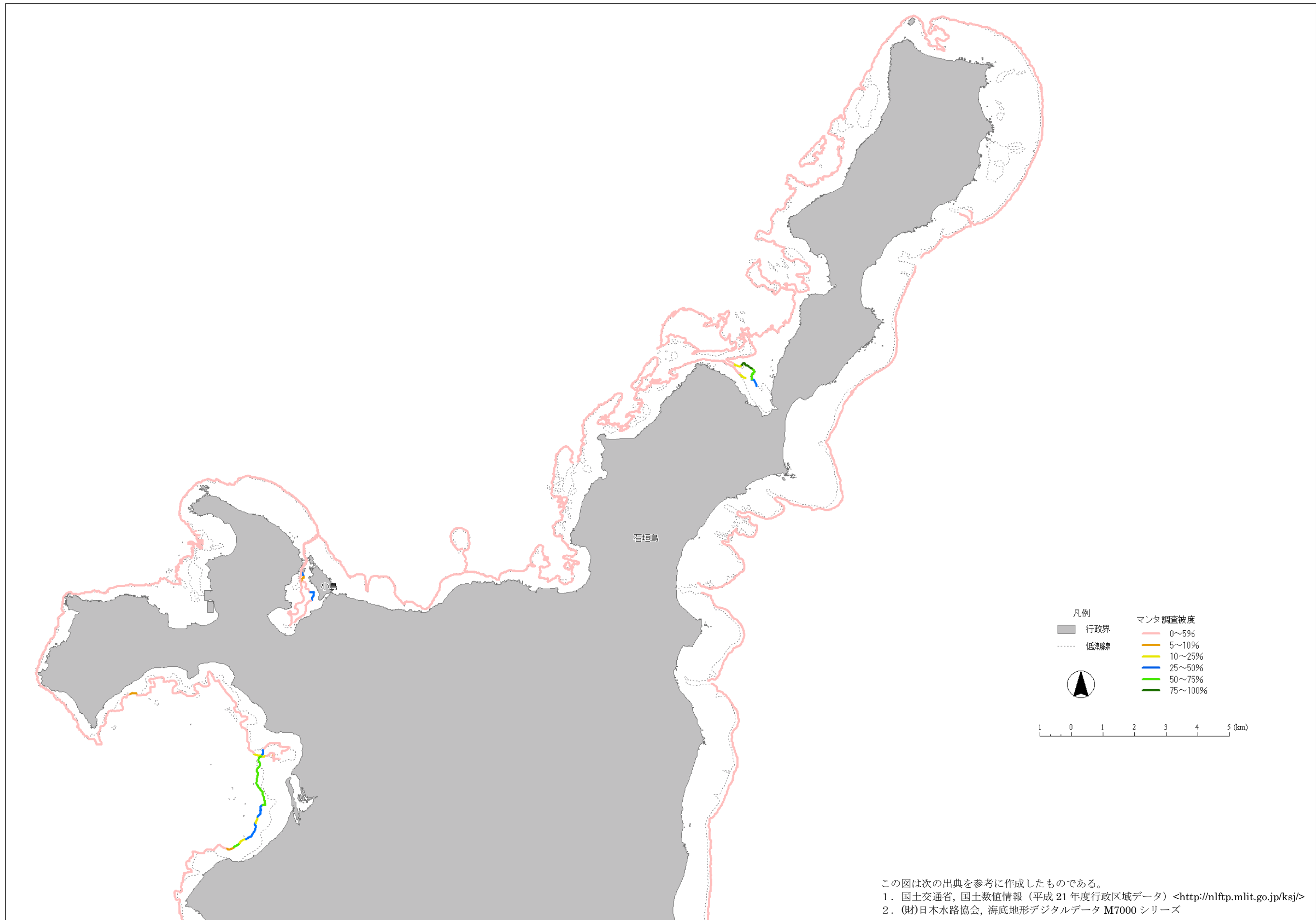


図 4-1-25-I. マンタ法による石垣島周辺の海草被度 (%、海藻類は含まれていない)



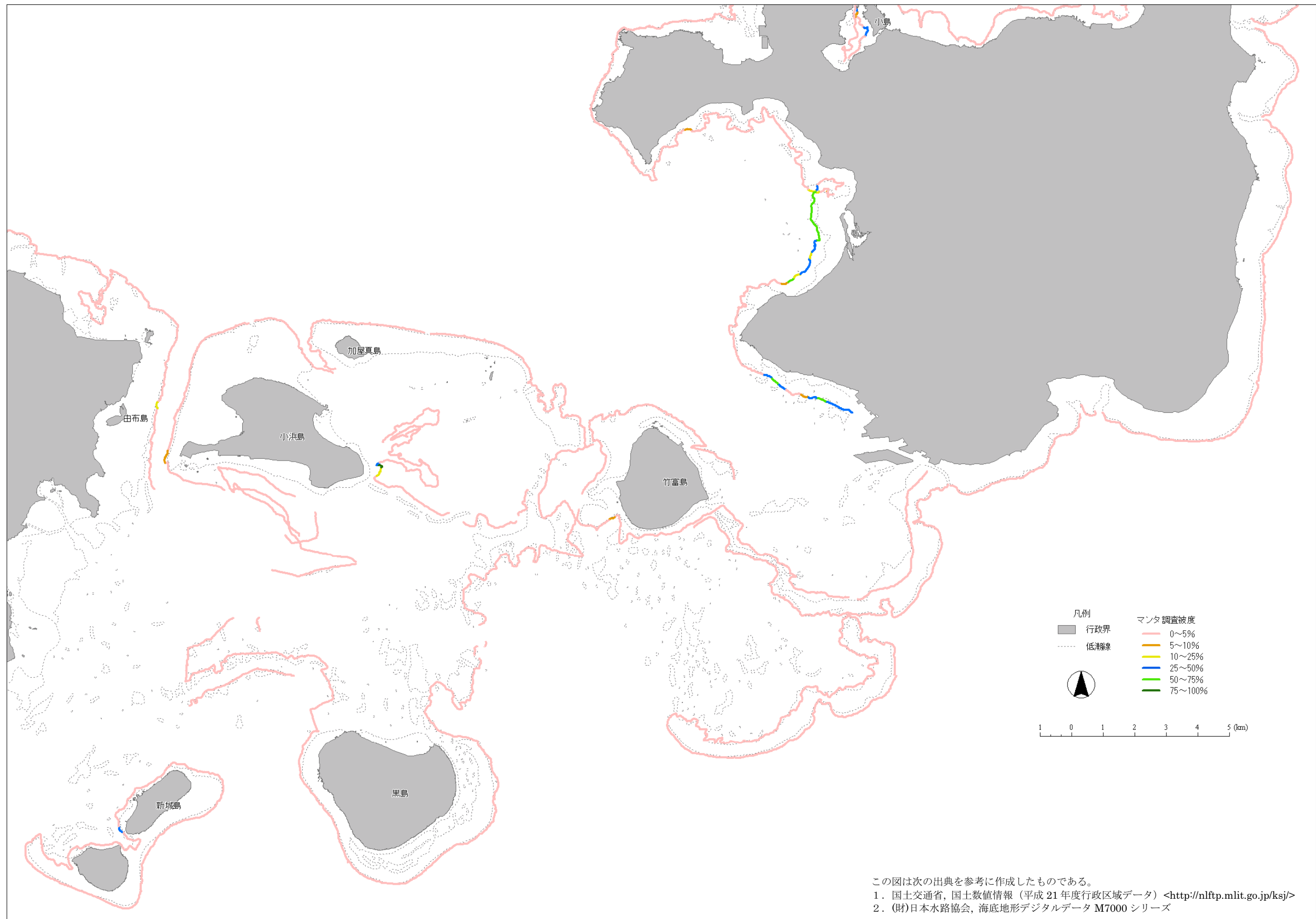


図 4-1-25-II. マンタ法による石西礁湖の海草被度 (%、海藻類は含まれていない)

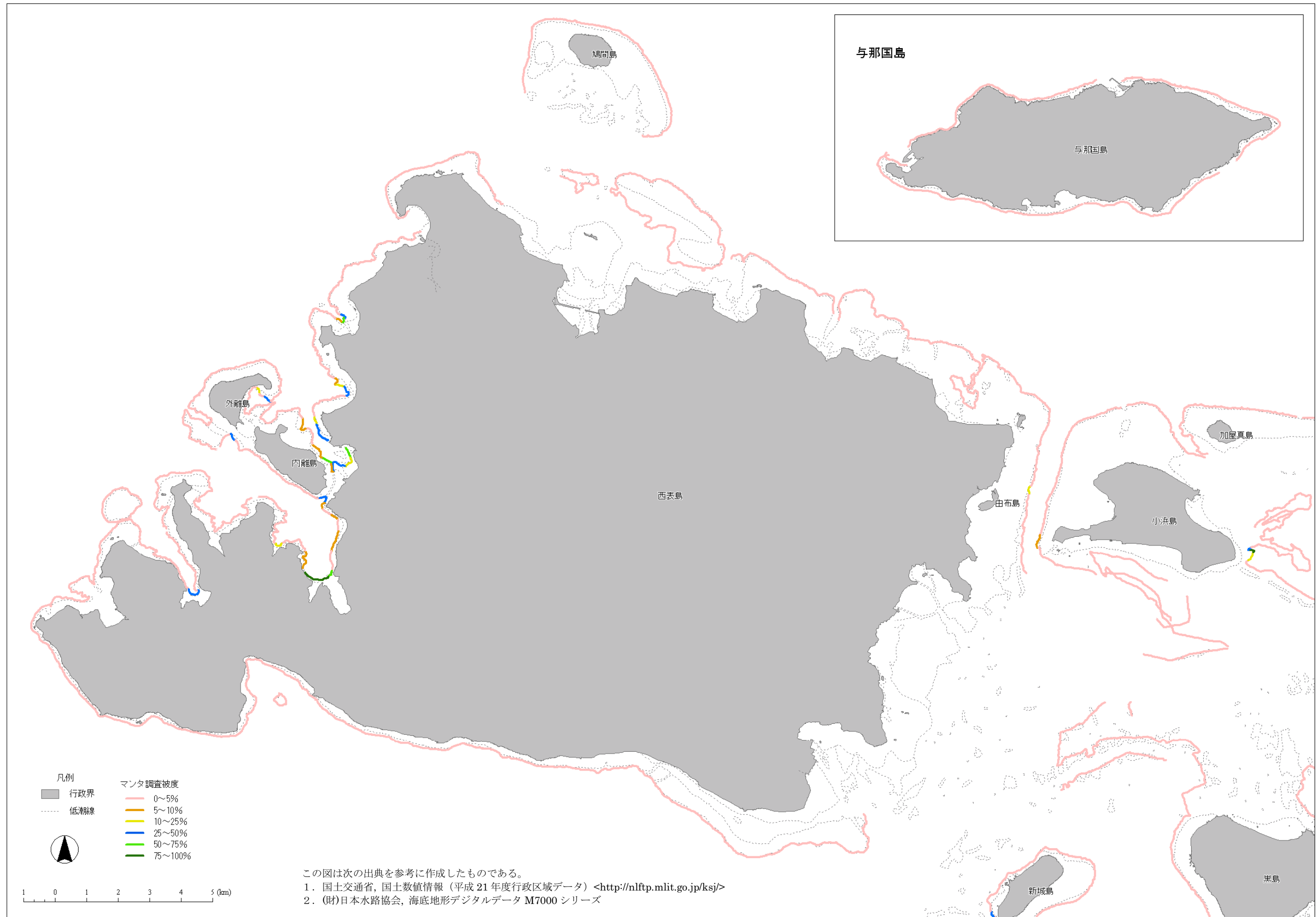


図 4-1-25-Ⅲ. マンタ法による西表島周辺の海草被度 (%、海藻類は含まれていない)

### (3) 魚類

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

マンタ調査では、漁業資源を調査する目的で、タマン、イラブチャー、ミーバイ、グルクン、ミジュン、カハジャーについて個体数をランク分けして記録した。また、観光資源を調査する目的で、チョウチョウウオ、ヒロサーについて個体数をランク分けして記録した。それぞれの調査結果を、陸域海域区分毎に平均化し図4-1-26～33に示す（図中の1.0は確認個体数0を示す）。これを下表にまとめた。但し、事業の性格上、調査は概況把握に留めており、季節や時間帯に関し厳密な調査設定をしていないことから、異なる季節や時間帯では今回の結果と異なる可能性があることに留意する必要がある。

タマンやミーバイ、ヒロサー、ミジュンは海域全域で少なく、他方イラブチャーとチョウチョウウオは全般に多かった。カハジャーは海域の一部で多く、グルクンは一部の海域で少なかった（表4-1-15）。

表4-1-15. 魚類調査の結果

魚種	相対的な多寡
タマン	全域で少ない
イラブチャー	全域で多い
カハジャー	一部で多い
チョウチョウウオ	全域で多い
ミーバイ	全域で少ない
グルクン	一部で少ない
ヒロサー	全域で少ない
ミジュン	全域で少ない

一般名などで記録し、タマンはハマアサギなどアサギ類、イラブチャーはブダイ類、ミーバイはウチ類、カハジャーはモウガラクハギ類、チョウチョウウオはチョウウオ類、ヒロサーはカササギ類、グルクンはカサゴ類、ミジュンなどはミズンやヒメジなどとした。

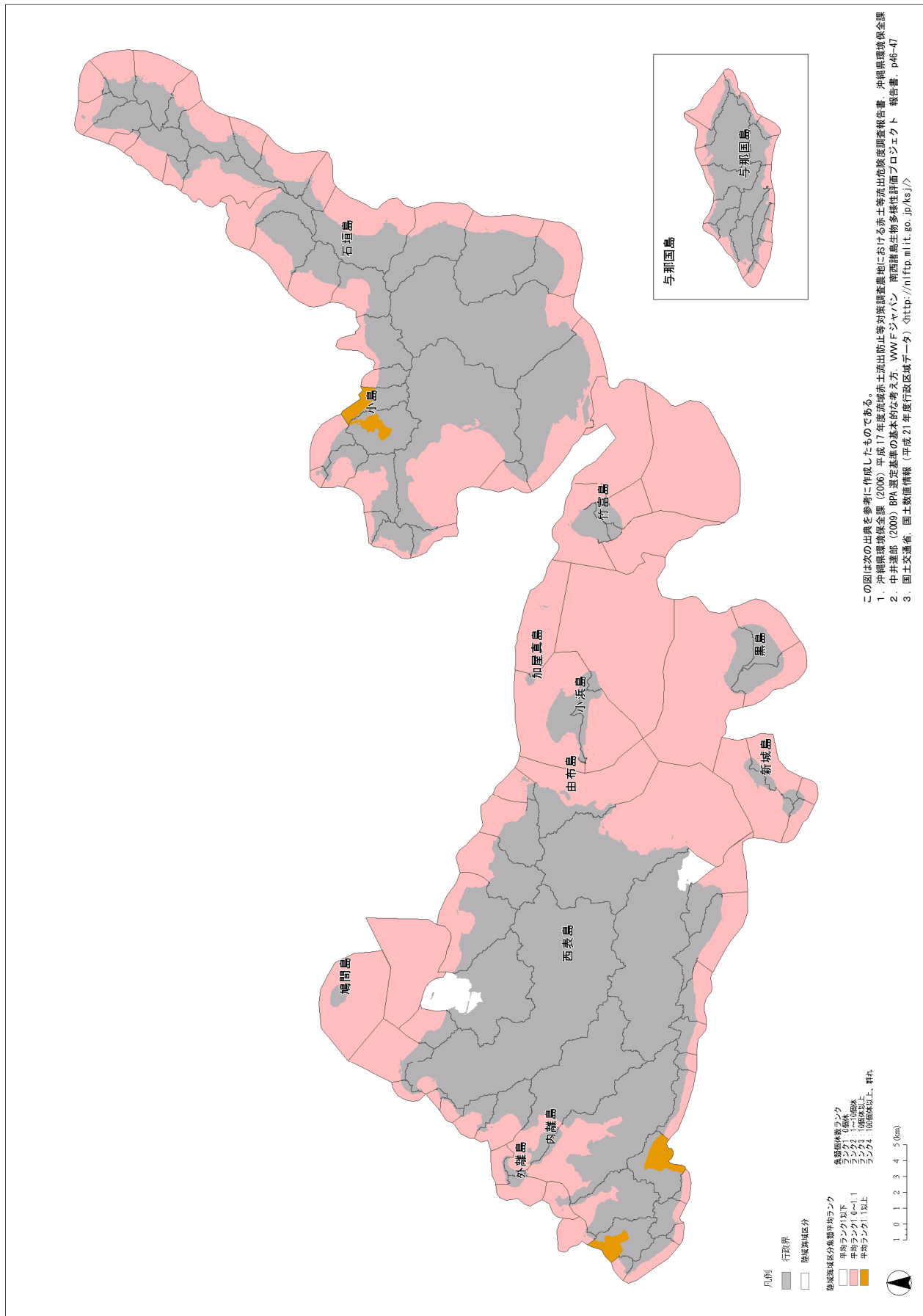


図4-1-2-6. マンタ法による魚類の陸域海域区分毎の平均ランク (タマノシマ)

図中の陸域海域区分は、岬、水路、礫原 (礫積) などの地形が半開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、陸域の流域と相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

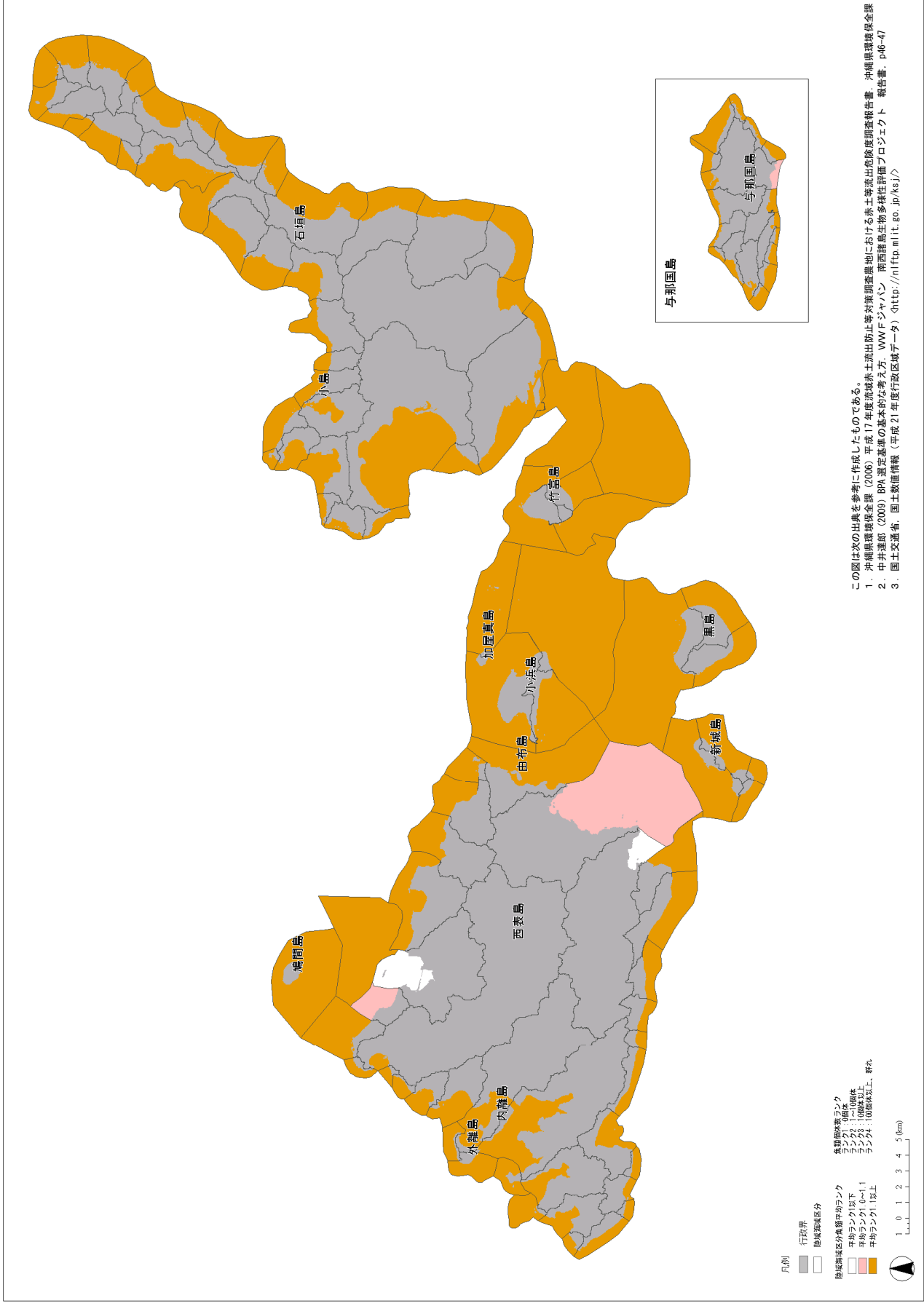


図4-1-27. マンタ法による魚類の陸域海域区分毎の平均ランク (イラブチャ)

図中の陸域海域区分は、岬、水路、礁原 (礁嶺) などの地形が半開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、陸域の流域ご相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

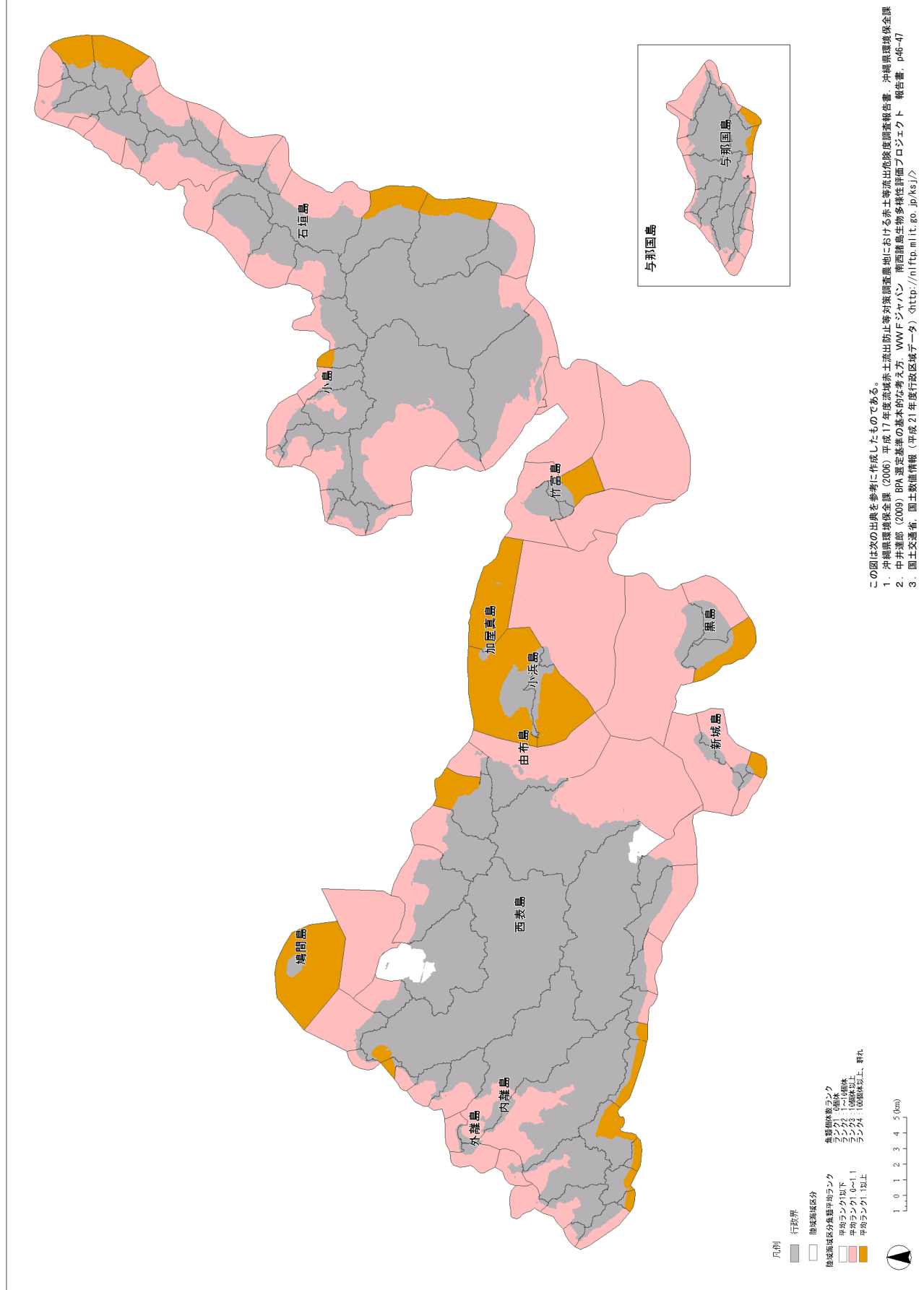


図4-1-28. マンタ法による魚類の陸域海区域毎の平均ランク (カハジャー)

図中の陸域海区域分は、岬、水路、礁原 (磯場) などの地形幼半群集が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、陸域の流域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

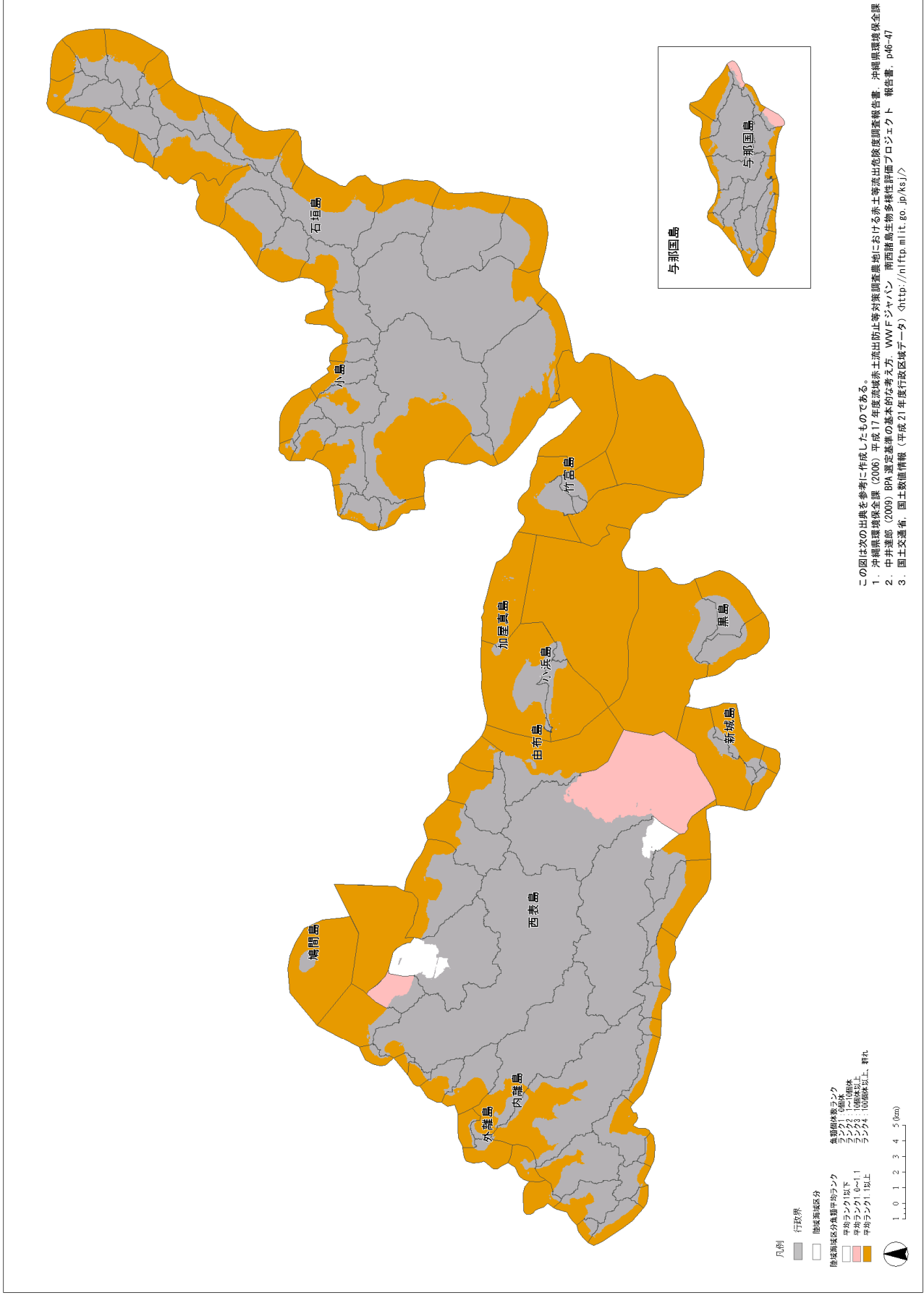


図 4-1-29. マンタ法による魚類の陸域海区域分毎の平均ランク (チヨウチヨウオ)

図中の陸域海区域分は、岬、水窪、磯原 (磯嶺) 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。陸域の流域ご相当する海区域分と陸域の流域を組み合わせた区分。







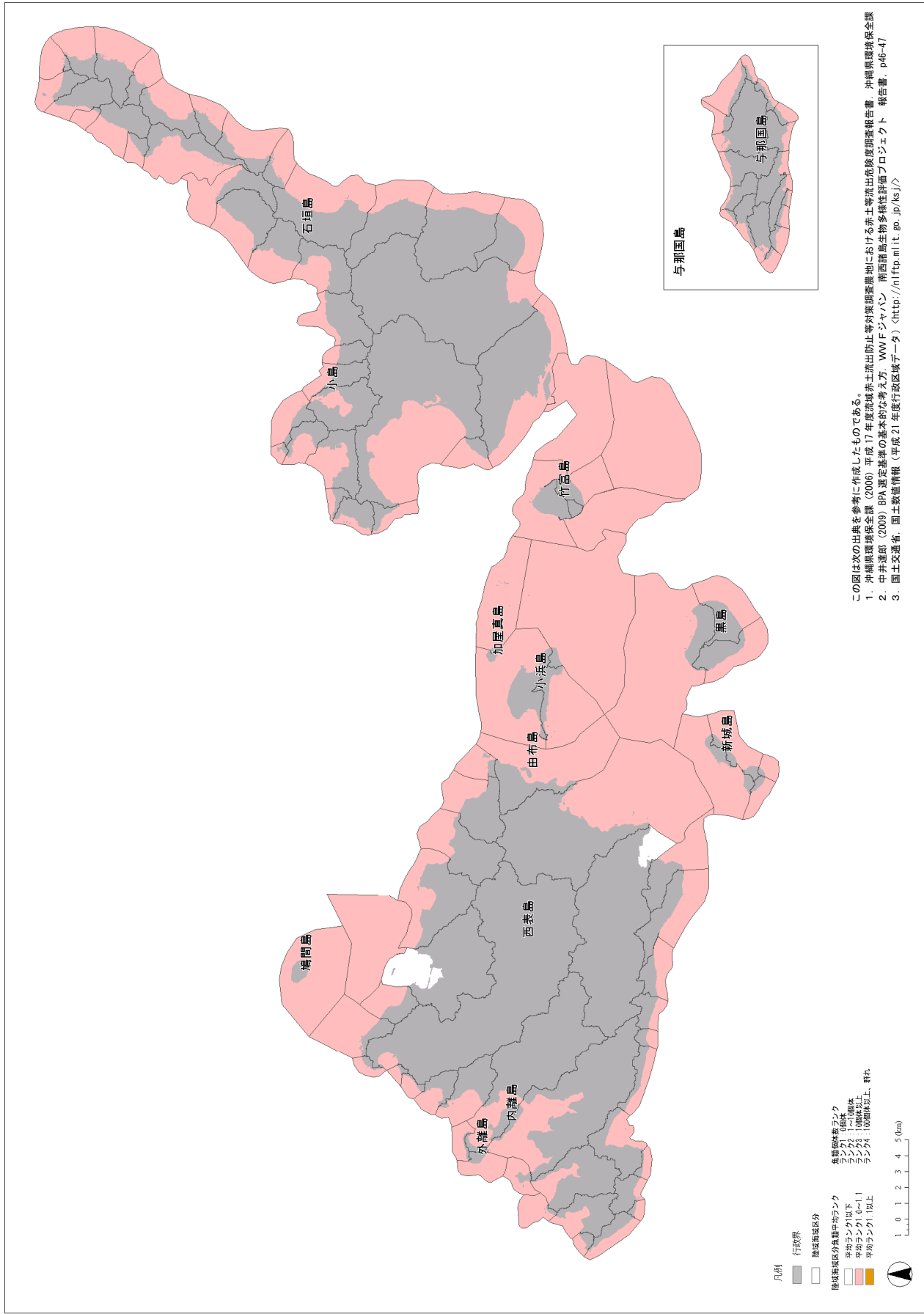


図 4-1-3 2. マンタ法による魚類の陸域海域区分毎の平均ランク (ヒロサ一)

図中の陸域海域区分は、岬、水路、礁原 (礁嶺) などの地形が半環状的な系を形成していることに注目し、それらをもとに生態学的な単位として捉え、陸域の流域ご相当する海域区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

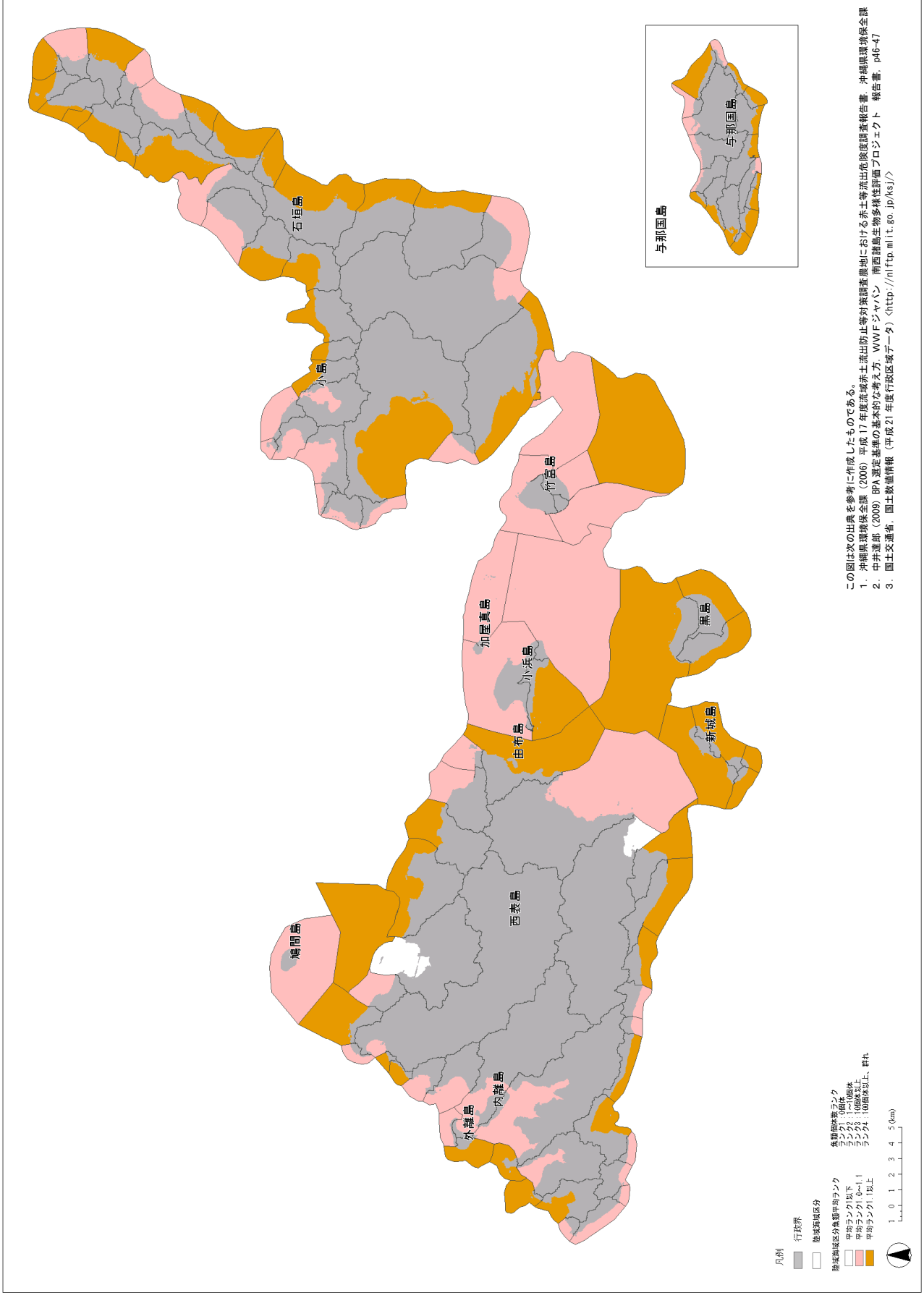


図 4-1-33. マンタ法による魚類の陸域海区分毎の平均ランク (ミジユン)

図中の陸域海区分は、岬、水路、礁原 (礁嶺) などの地形が半開閉的な系を形成していることに注目し、それらを一と一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区分と陸域の流域を組み合わせた区分。

#### (4) ウミガメ類・ウミヘビ類

マンタ調査で確認されたウミガメ類とウミヘビ類の個体数を、陸域海域区分毎に平均化した結果を図4-1-34と図4-1-35に示す。

ウミガメ類はサンゴ礁生態系の一員であり、漁業資源としてだけでなく観光資源としても重要である。ウミガメ類は名蔵湾周辺や竹富島周辺等を除く八重山地域全域で確認された。確認された個体数が10個体以上と多かった海域は、西表島船浮湾や与那国島北東であった。また、確認された個体数が5~10個体の海域は、平久保崎西、野底周辺、野原崎周辺、川平北、竹富南、黒島北、船浮湾周辺であった。

ウミヘビ類のなかで、特にイイジマウミヘビは、サンゴ群集に依存する複数種のスズメダイ類の卵を専食する。従って、このようなウミヘビ類には多種のスズメダイ類が生息可能な良好なサンゴ群集の存在が不可欠であると考えられる。ウミヘビ類は、主に石垣島北西、石垣港周辺、石西礁湖、船浮湾、与那国島北東で確認された。確認された個体数が5個体以上の海域は、与那国島北東のみであった。確認された個体数が1.5~5.0個体の海域は、伊原間周辺、石垣港周辺、石西礁湖、船浮湾などであった。

但し、ウミガメ類とウミヘビ類も魚類と同様、調査は概況把握に留めており、季節や時間帯に関し厳密な調査設定をしていないことから、異なる季節や時間帯では今回の結果と異なる可能性があることに留意する必要がある。

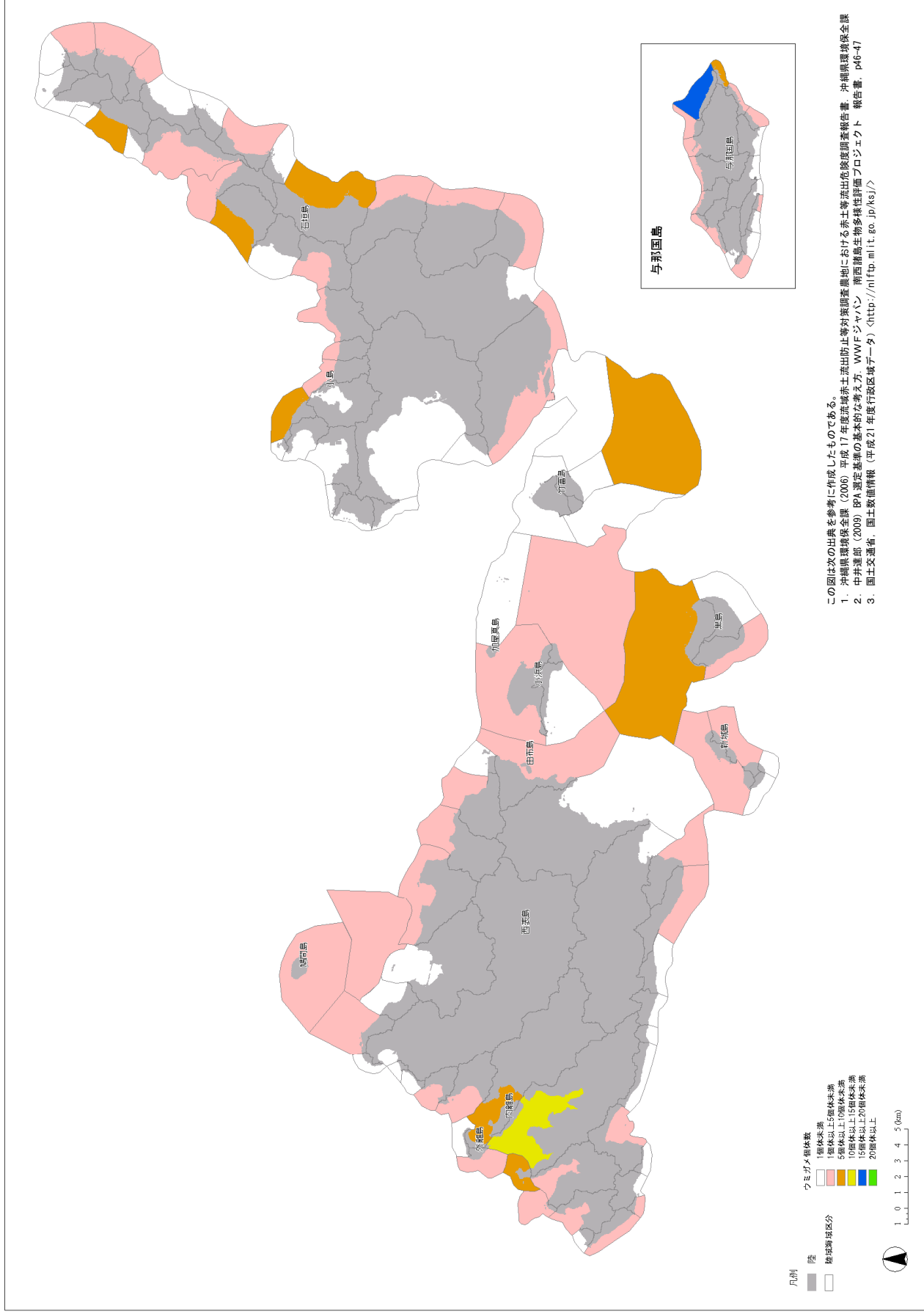


図4-1-34. マンタ法によるウミガメ類の陸域海域区分毎の合計記録個体数

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

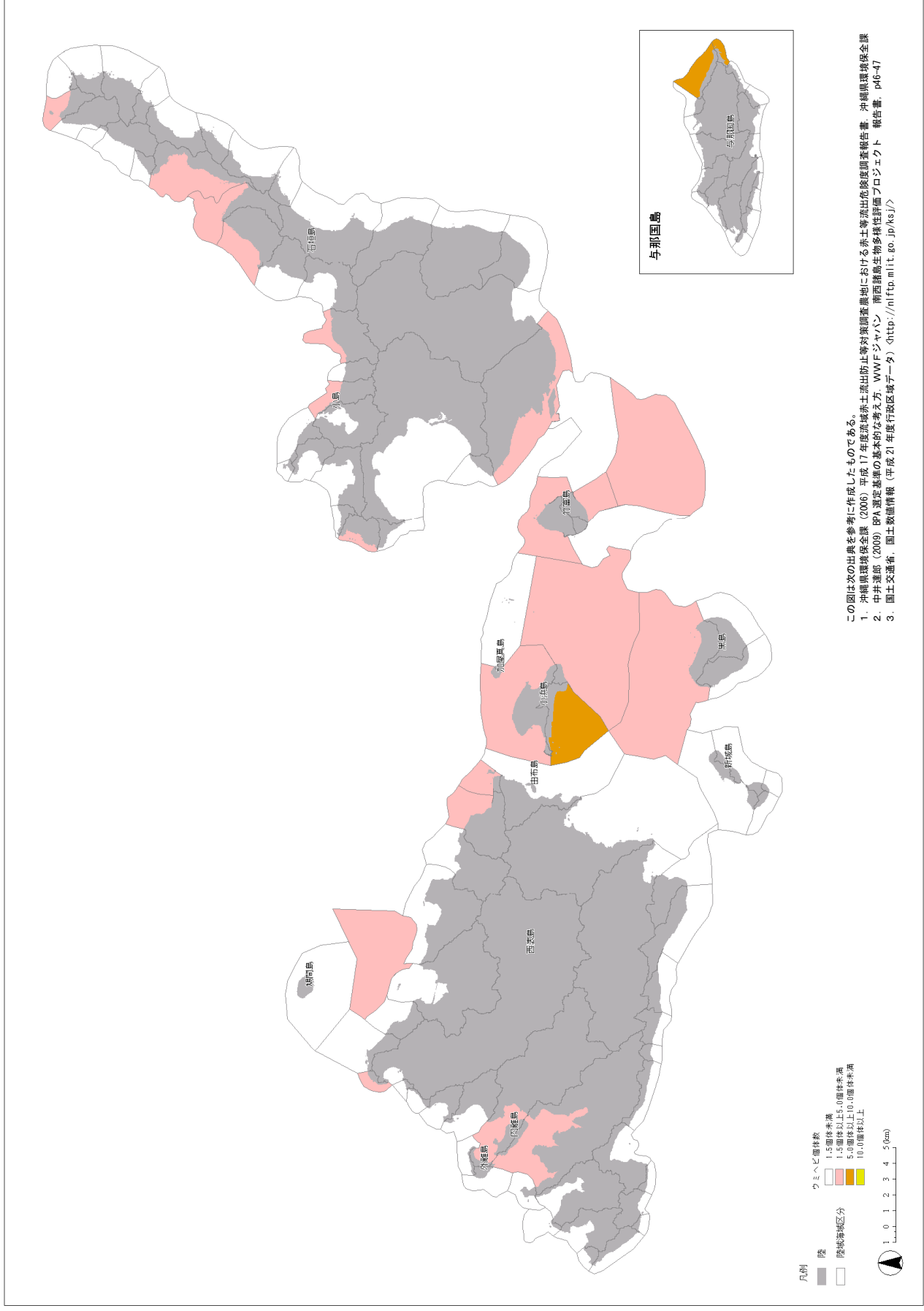


図4-1-35. マンタ法によるウミヘビ類の陸域海域区分毎の合計記録個体数

図中の海域区分は、岬、水路、礁原（礁嶺）などの地形が半閉鎖的な系を形成していることに注目し、それらを一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。

## 2-3. 攪乱要因調査結果

### 2-3-1. 赤土等堆積概況

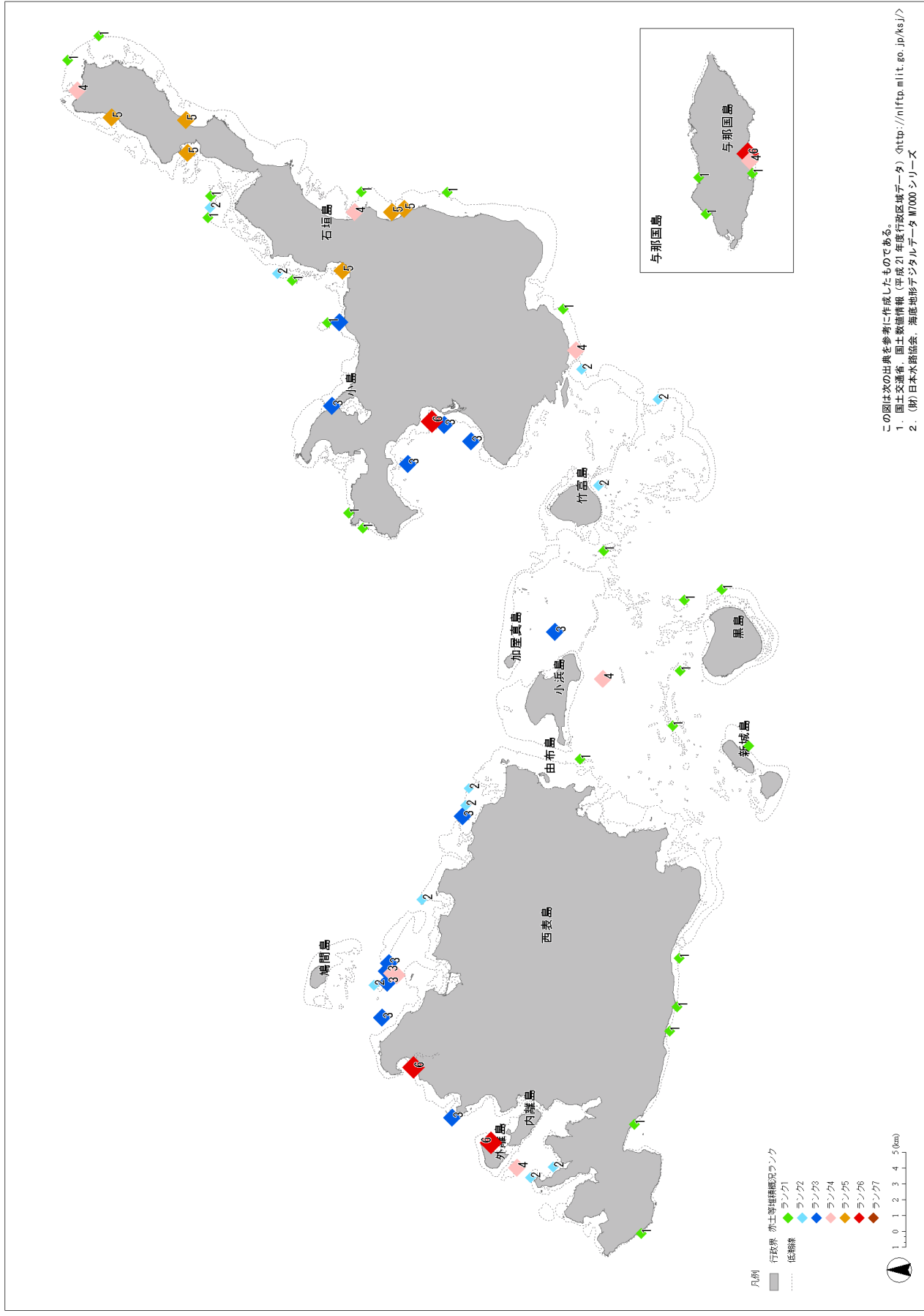
スポットチェック調査による現地観測の赤土等堆積概況の結果を図4-1-36に示す。八重山地域の赤土等堆積概況ランクは、湾奥や河口、礁池などでランクが高い(ランク5「僅かに堆積」以上)傾向があった。

### 2-3-2. 底質

マンタ調査による調査測線上の優占する底質は「岩」が最も多く(63.6%)、続いて「れき」、「砂」の順であった。サンゴ群集が主に生息可能な「岩」と「岩とれき」を合計した割合は6割以上であった。

表4-1-16. マンタ調査における優占する底質の割合。  
(合計が100%とならないのは、データ無しの区間があるため)

底質	割合 (%)
岩	63.6
れき	27.5
砂	7.7
泥	0.4
岩とれき	3.2
岩と砂	0.3
岩と泥	0.1
れきと砂	0.3



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21年度行楽区画データ）」<http://nftp.mit.go.jp/ks/>
- （財）日本水質協会「海底地形デジタルデータ M/7000 シリーズ」

図4-1-36. 八重山地域の赤土等堆積概況ランク



### 2-3-3. 濁り

セッキ板を用いて測定された透明度の結果(20地点)を海の濁りの指標として図4-1-38に示した。調査の結果、石西礁湖小浜島南で最も低く14.4mであった。最も高かったのは、伊原間東で33.4mであった。八重山地域の透明度は、外洋に面した地点で高く、湾内や湾口、礁湖内では低い傾向がみられた。



図4-1-37. 名蔵湾湾奥の濁りの様子(セッキ板測定地点とは別地点)

### 2-3-4. その他攪乱要因

#### <海中ゴミ>

マンタ法およびスポットチェック法による調査で、目立ったゴミの影響はみられなかった。

#### <埋め立てや浚渫、汚濁>

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

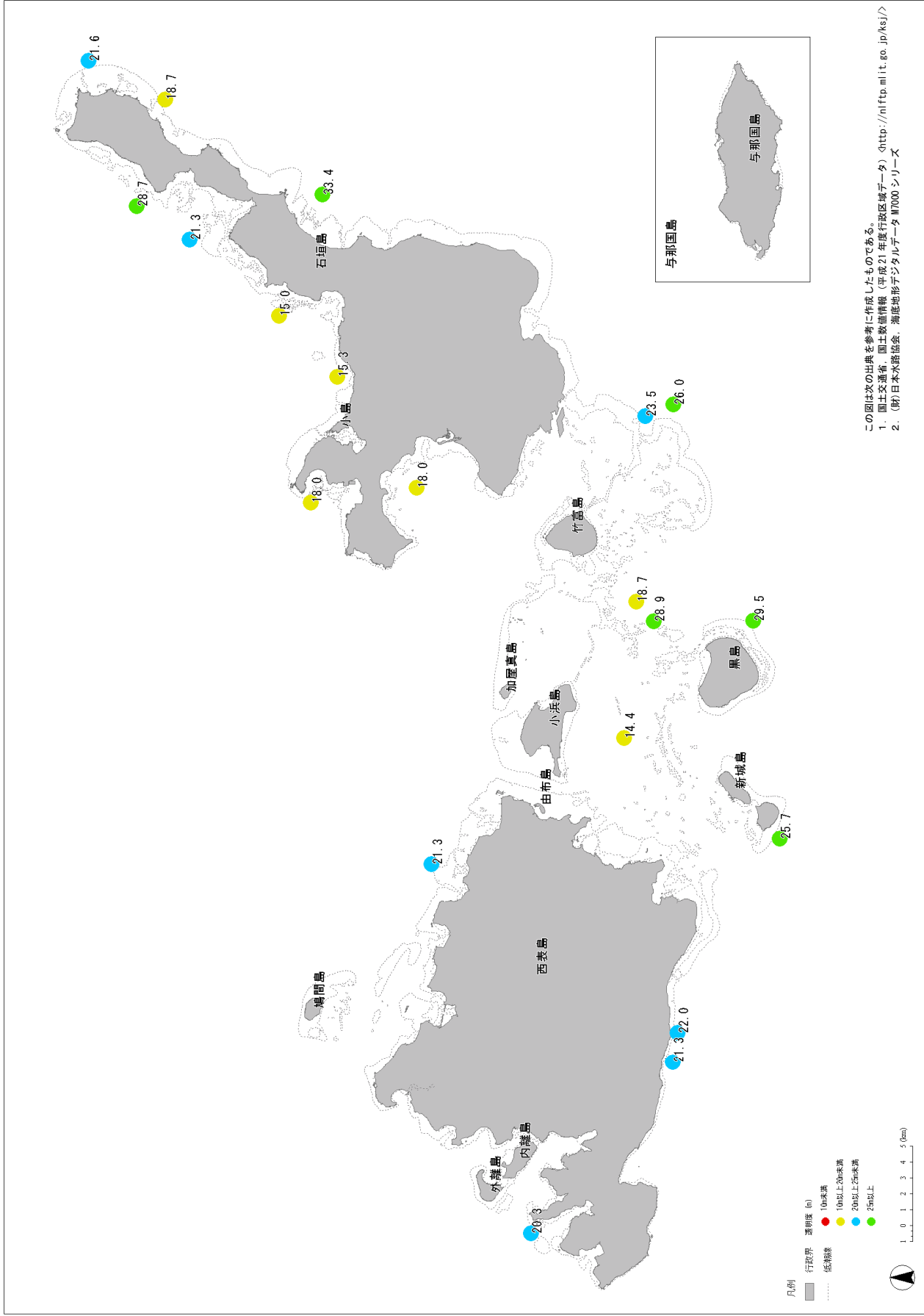


図4-1-38. 八重山地域の透明度 (m)

## 2-4. 現況調査の結果まとめ

八重山地域のマンタ調査では、全体の約5割がサンゴ被度25%未満であった。陸域海域区分毎のサンゴ被度ランクの平均は、10%未満（非常に低い～やや低い）の海域が多かった（107海域中54海域）。八重山地域の中では、石垣島米原周辺や石西礁湖北、西表島北、西表島西などで被度が高く、石西礁湖中央部や石垣島南西は被度が低い傾向があった（図4-1-5）。石西礁湖北や西表島北東及び西では、被度50%以上のサンゴ群集が広い範囲に渡って確認され、被度ランクの平均が50%以上の海域区分は西表島西や北東に多かった。ただし、現在八重山地域ではオニヒトデが大発生しており、短期間で調査結果とは異なる状態になる可能性がある。

マンタ調査において確認された卓状ミドリイシ優占群体直径ランクは、20～50cmの割合が最も高く（37.4%）、無し、5～20cm、50～100cmが同じような割合（約2割）であった。直径50cm以上の卓状ミドリイシが優占する地域は、過去数年間は白化やオニヒトデによる攪乱の影響を受けていない海域と考えられ、八重山地域では50cm以上の群体が優占する場所が全体の約2割を占めていることから、それらの海域は白化現象やオニヒトデの影響を受けていないと思われる。

スポットチェック調査による、ミドリイシ小型群体密度が10群体以上/0.25m<sup>2</sup>確認された地点が多く、大型卓状ミドリイシ群体直径の最大値も大きかった。

サンゴの白化は、石垣島平久保半島西岸をはじめ竹富島北、西表島北西岸などの広い範囲で確認された。病気、サンゴ食巻貝、テルピオスに大きく影響を受けているサンゴ群集はほとんど確認されなかった。

オニヒトデはマンタ調査において、石垣島平久保半島北～浦底湾北の広い範囲と伊原間東、カーラ岳東、黒島東及び北で非常に多くの個体が確認された。オニヒトデの食痕は石垣島南東と石西礁湖南東、西表島南を除く八重山地域全体で多く確認された。また、陸域海域区分毎に平均化した結果でも平均個体数が0.2個体以上/2分の海域が多く、特に平久保半島周辺や石垣島北西、川平石崎南、石西礁湖中央、黒島東、鳩間島周辺では0.5個体以上/2分であった。これらの海域では、大発生段階である平均個体密度（0.22個体/2分）を大幅に超えており、今後の動向に特に注意を要する。スポットチェック調査においては、伊原間西でオニヒトデが3個体以上/15分と多かった。八重山地域全体で、今後サンゴ群集がオニヒトデにより大きく影響を受ける可能性が高く、駆除の対象地域を絞るなど戦略的なオニヒトデ対策を検討すべきである。

八重山地域のソフトコーラルの被度は、石垣島東や西表島南の広い海域で若干高かった。海藻類は、石垣港南～竹富島南や小浜島東石西礁湖内を除いて被度は高くなかった。石垣港南～竹富島南では被度ランク25～50%の海藻類の割合が多く、小浜島東石西礁湖内では75～100%の被度の海藻類も確認された。海草類の被度は湾奥を除くほぼ全域で0～5%であった。伊原間湾奥や名蔵湾奥、石垣港北、白浜、船浮湾、網取湾など湾奥や礁池的な環境で被度25%以上の海草類が確認された。

魚類は、タマンやミーバイ、ヒロサー、ミジュンが海域全域で少なく、他方イラブチャーとチョウチョウオは全般に多かった。カハジャーは海域の一部で多く、グルクンは一部の海域で少なかった。

ウミガメ類は名蔵湾周辺や竹富島周辺等を除く八重山地域全域で確認され、西表島船浮湾

や与那国島北東で多く、10 個体以上が記録された海域があった。ウミヘビ類は、主に石垣島北西、石垣港周辺、石西礁湖、船浮湾、与那国島北東で確認されたが、5 個体以上の海域は、与那国島北東のみであった。

赤土等堆積概況は、湾奥や河口、礁池などでランクが高い（ランク 5「僅かに堆積」以上）傾向があった。八重山地域の透明度は、石西礁湖小浜島南で最も低く 14.4m、最も高かったのは、伊原間東で 33.4m であった。八重山地域の透明度は、外洋に面した地点では高く、湾内や湾口、礁湖内の方が低い傾向があった。

## 第2節 八重山地域におけるサンゴ群集及びその攪乱要因の変遷

### 1. サンゴ群集の変遷

現在の八重山地域のサンゴ群集が過去と比較してどのような状況にあるのかを評価するために、サンゴ群集の変遷、特に被度に関して、過去の調査結果を整理した。八重山地域では全域のサンゴ群集の変遷が比較可能な、長期にわたる同一手法、同一地点による継続的な調査として、「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」、「西表島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」が継続して行われている。そのほかにも、八重山地域を広域かつ同時期に同一手法で実施され、本事業で実施した調査と比較可能な以下の調査を対象とした。

- ・八重山地域で実施された広域概況調査（マンタ調査；1991年、2003年、画像解析；1970年代、2008年）
- ・八重山地域で実施された簡易遊泳観察調査（1983年～2009年）
- ・八重山地域で実施されたその他の調査（リーフチェック；1997年～2009年）

なお、調査結果を整理するにあたり、流域で分けた陸域区分と、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、それらをひとつの生態学的な単位として捉えて分けた海域区分から作成した陸域海域区分を用いた。「第4節八重山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。

## 1-1. 広域概況調査

本事業で実施したマンタ調査の結果と比較可能な既存資料は、環境庁が1990年～1992年に実施した「第四回自然環境保全基礎調査」の結果及び環境省が2003年に実施した「石西礁湖自然再生技術手法検討調査」の結果である。第四回自然環境保全基礎調査では、八重山地域の調査は1991年に実施されており、調査方法は第四回自然環境保全基礎調査と石西礁湖自然再生技術手法検討調査ともに今回実施したマンタ法が採用されている。両調査とも調査側線は厳密には同一ではないものの、対象範囲を沖縄県全域のサンゴ礁の浅い礁斜面に設定しているなど、ほぼ同様な範囲が調査されている。サンゴ類に関しては、第四回自然環境保全基礎調査では被度が三段階のランク（5%未満、5～50%、50～100%）、石西礁湖自然再生技術手法検討調査では被度が五段階のランク（5%未満、5～25%未満、25～50%未満、50～75%未満、75%以上）で記録されている。また、「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」や「第四回自然環境保全基礎調査」、「石西礁湖自然再生技術手法検討調査」、「サンゴ礁マッピング手法検討調査」（2008年の状態を調査）では、広範囲な礁池を対象とした調査も実施されている。これらの調査は航空写真もしくは衛星画像の読みとりと現地調査によりサンゴ群集の分布を把握したものである。

1972年から1978年は石西礁湖内に被度の高いサンゴ群集が広く分布していた（図4-2-1）。1991年の調査では、石西礁湖南東や新城島周辺の被度の高かったサンゴ群集が無くなっていた（図4-2-2、図4-2-5）。2003年の調査では、1991年と比較すると全体的に礁斜面のサンゴ被度は高くなっていた。特に石垣島東の礁斜面、石垣島西の礁斜面、石垣港と竹富島間の石西礁湖内、黒島東の礁斜面、新城島東の礁斜面、西表島周辺の礁斜面は、1991年と比較するとサンゴの被度が高くなっていた（図4-2-3、図4-2-6）。2008年の調査では、石西礁湖内の被度50%以上のサンゴ群集がほとんど無くなっていた（図4-2-4）。

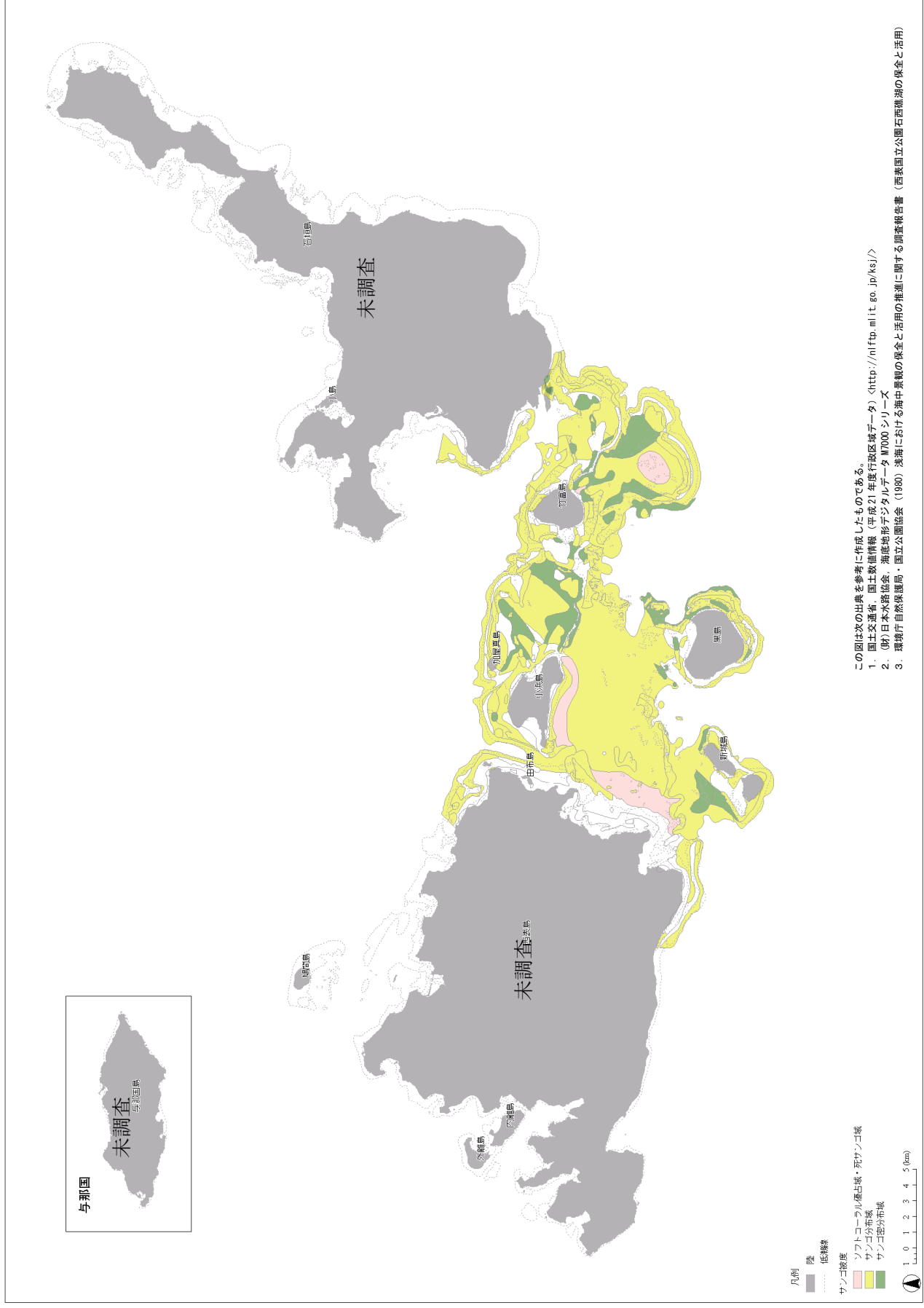


図4-2-1. 八重山地域における1972年～1978年のサンゴ被度。

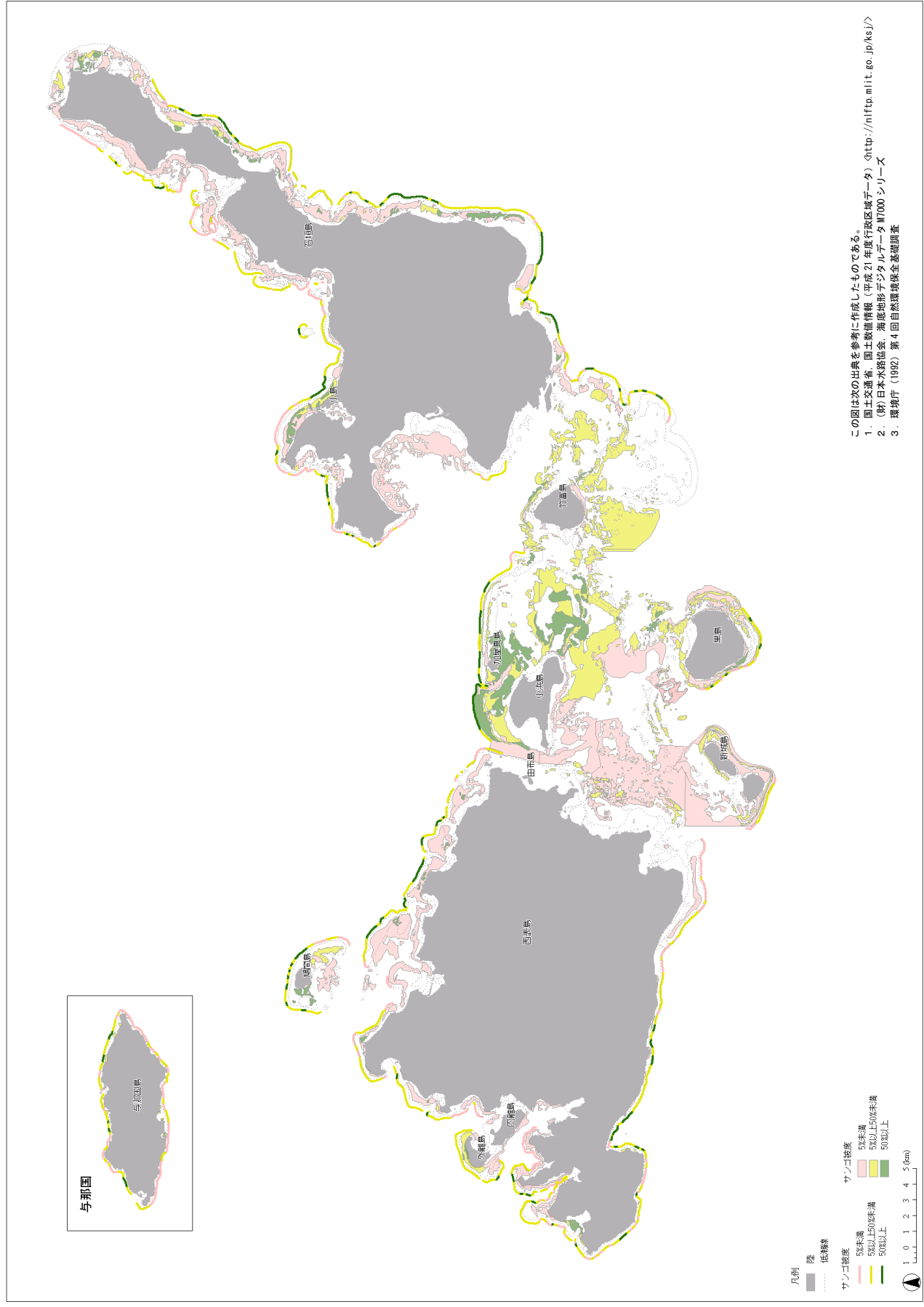


図4-2-2. 八重山地域における1991年のサンゴ被度.



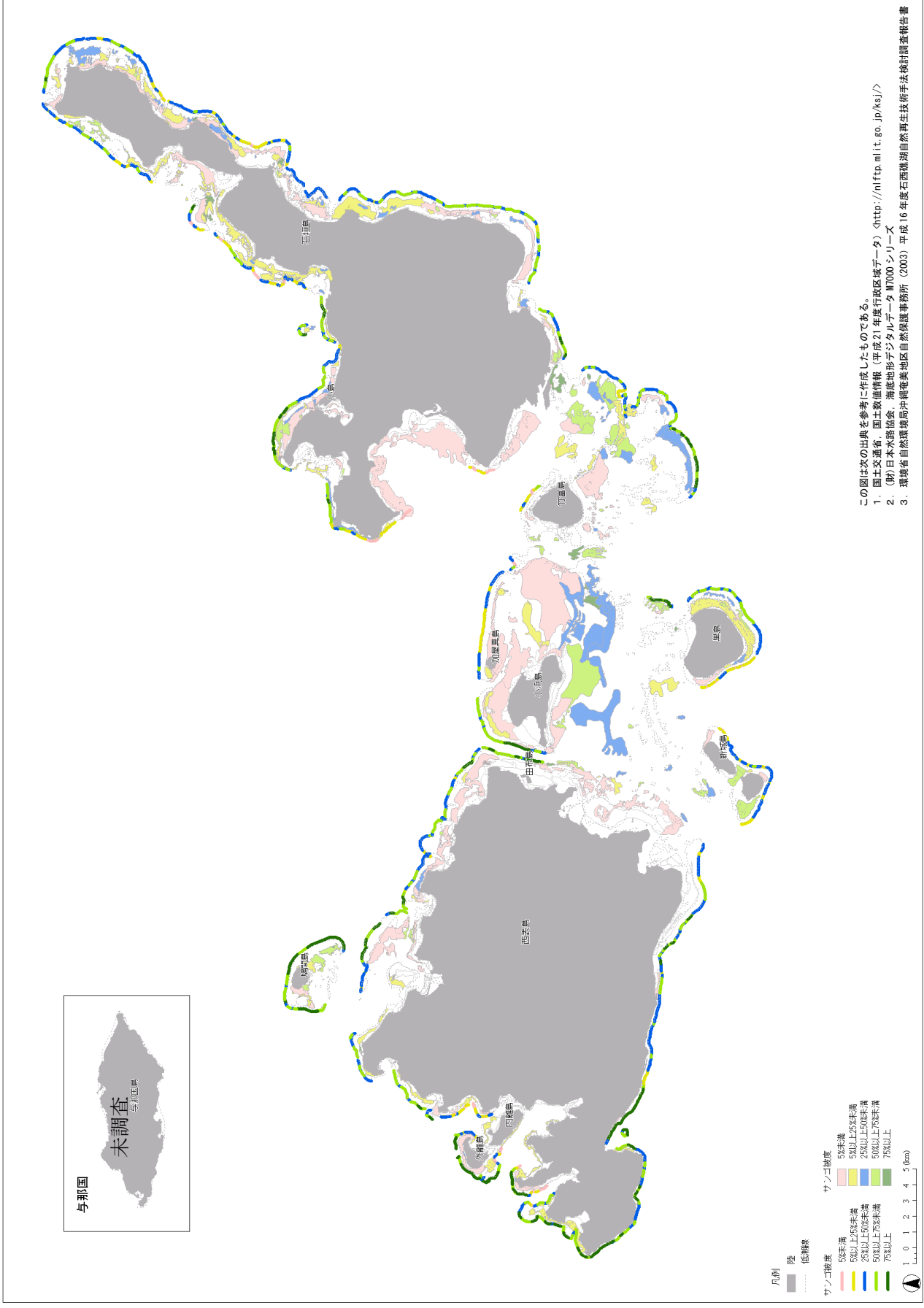


図4-2-3. 八重山地域における2003年のサンゴ被度。

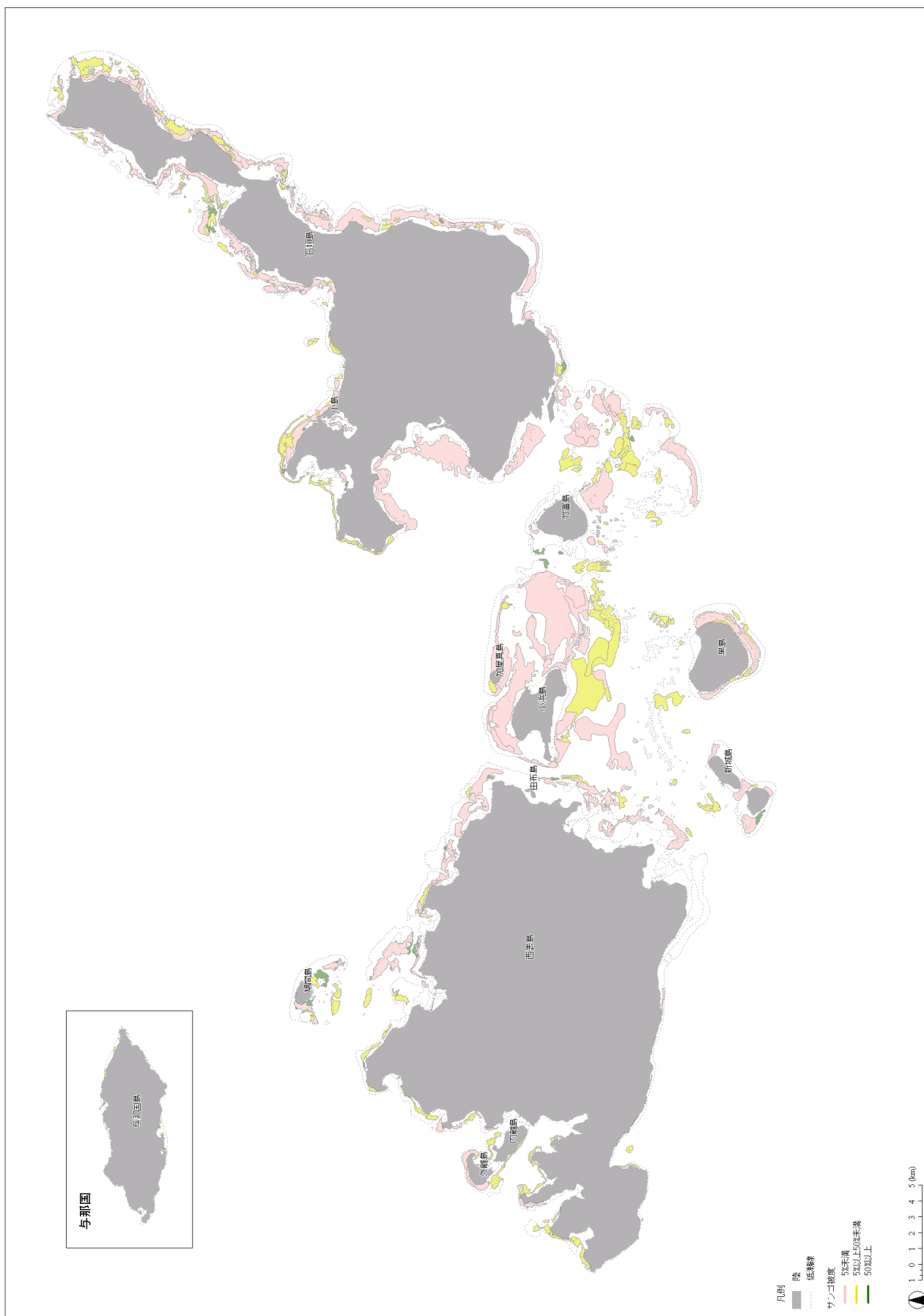


図 4-2-4. 八重山地域における 2008 年のサンゴ被度.

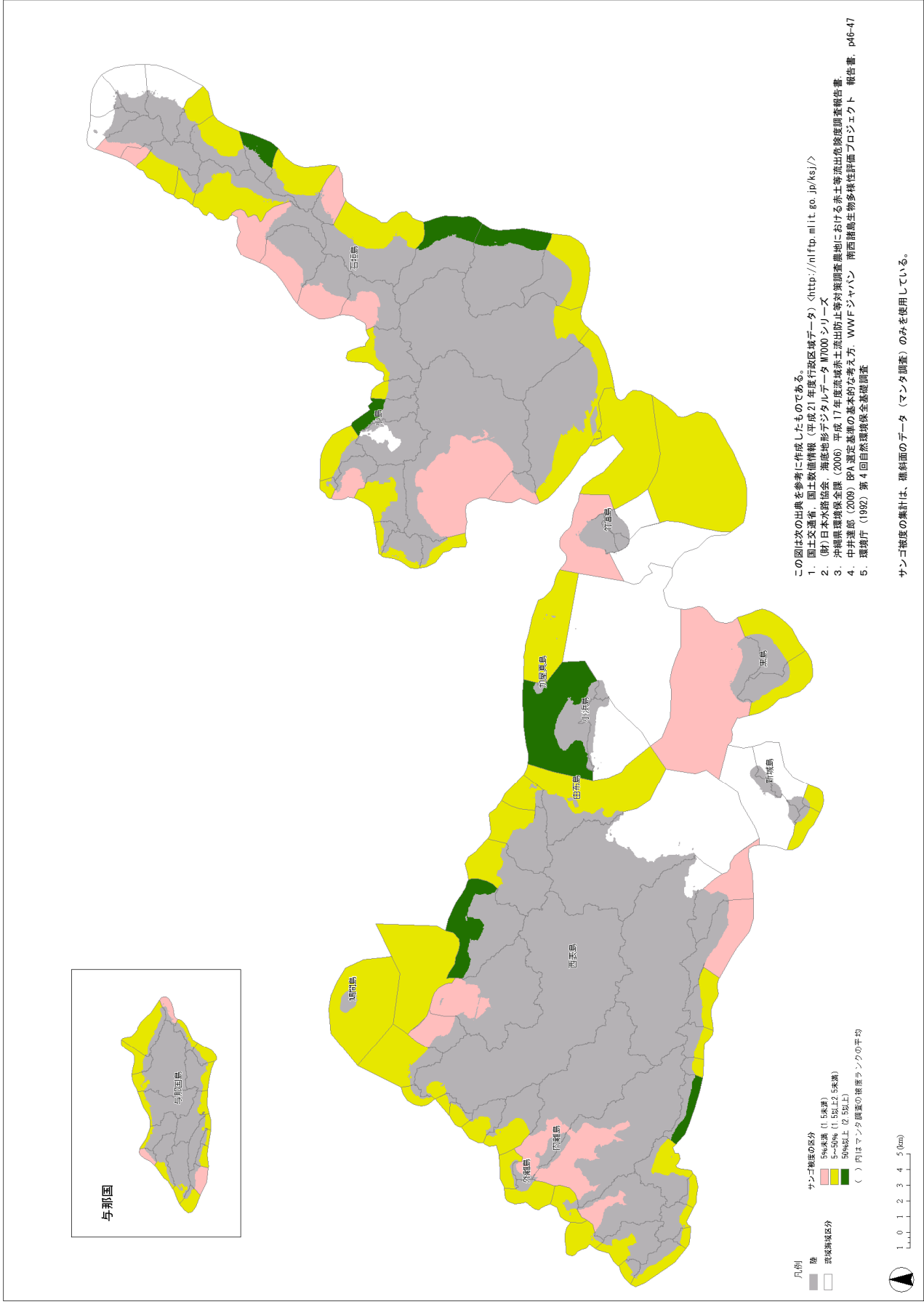


図4-2-5. 八重山地域における第四回自然環境基礎調査結果の陸域海域区分毎のサンゴ被度の集計結果。

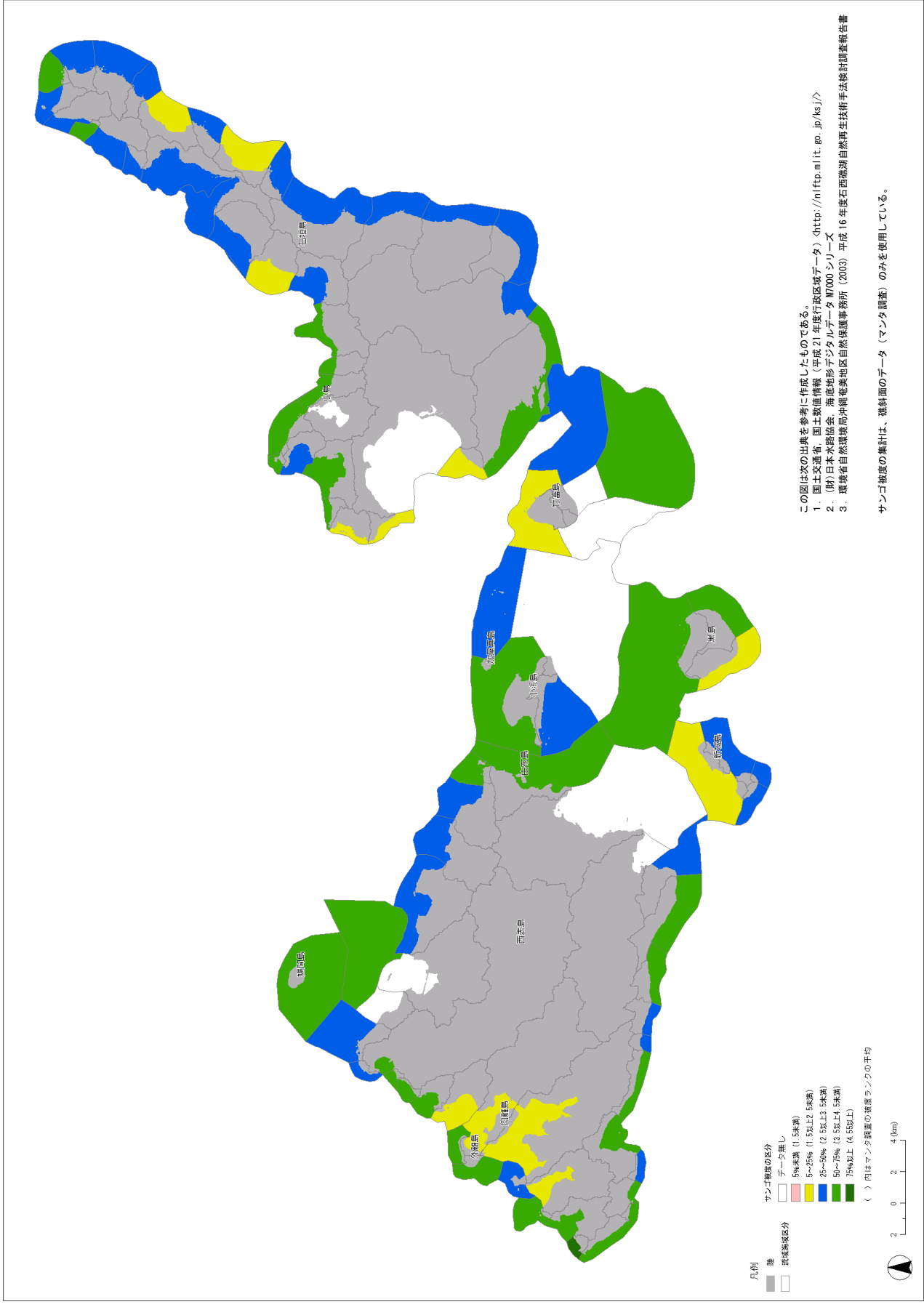


図 4-2-6. 2003 年に八重山地域で実施された調査結果の陸域海域毎のサンゴ被度の集計結果。

## 1-2. 簡易遊泳観察調査

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。八重山地域における過去からのサンゴ群集の変遷を追うために、1973年から実施されていたサンゴ類の調査について整理した。どの調査も調査地点は厳密には同一ではないが、簡易遊泳調査で礁池内及び浅い礁斜面を調査している。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、簡易遊泳調査の一つであり、詳細な調査手法は野村（2004）に定められている。

得られた各年毎の被度から中央値\*、第一四分位値\*、第三四分位値\*、最大値及び最小値を算出し、八重山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4-2-7）。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、1974年から1982年までは調査が実施されておらず、詳細な変遷は不明である。それ以降の調査でも調査範囲が年代で異なる（表4-1-1）ことや1994～1995年に石西礁湖で実施された調査のサンゴ被度は、実際より高めに記録されたことが指摘されていること（八重山海中公園研究所1997）にも注意が必要である。

表4-1-1. 八重山地域で実施された簡易遊泳調査の調査年と主な調査範囲.

調査年	主な調査範囲
1973	石垣島周辺、石西礁湖北
1983～1992	石西礁湖
1993	石垣島周辺、石西礁湖、西表島周辺
1994～1997	石西礁湖
1998	石垣島周辺、石西礁湖
1999～2009	石垣島周辺、石西礁湖、西表島周辺

### ※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。

1973年にはサンゴ被度の中央値は50%前後であったが、1980年代から1993年頃までサンゴ被度は低いまま推移している。ただし、1973年の調査と1983年の調査は、調査地点がほとんど重ならないため比較には注意が必要である。1994年と1995年の調査では実際のサンゴ被度よりも高く記録されているようであるが、そのような過大評価を考慮しても1994年から1997年までのサンゴ被度の中央値は増加傾向にある。しかしながら、1998年にサンゴ被度の中央値は大きく減少し、2000年頃まで横ばいで推移している。2001年から2004年まではサンゴ被度の中央値は徐々に増加し、2005年から2006年まで横ばいで推移していたが、2007年には大きく被度の中央値は下がり、2007年以降は横ばいで推移している。

地理的なサンゴ被度の変遷を、図4-2-8～図4-2-35に示す。1980年代は石西礁湖の小浜島周辺はサンゴ被度が高く、竹富島南や黒島北など石西礁湖の南側はサンゴ被度が低かった。1990年代には、石垣島周辺のサンゴ被度は低いままであったが、石西礁湖南側ではサンゴ被度が高くなっていった。2000年代には石垣島周辺を含め、石西礁湖や西表島周辺のサンゴ被度が高かった。

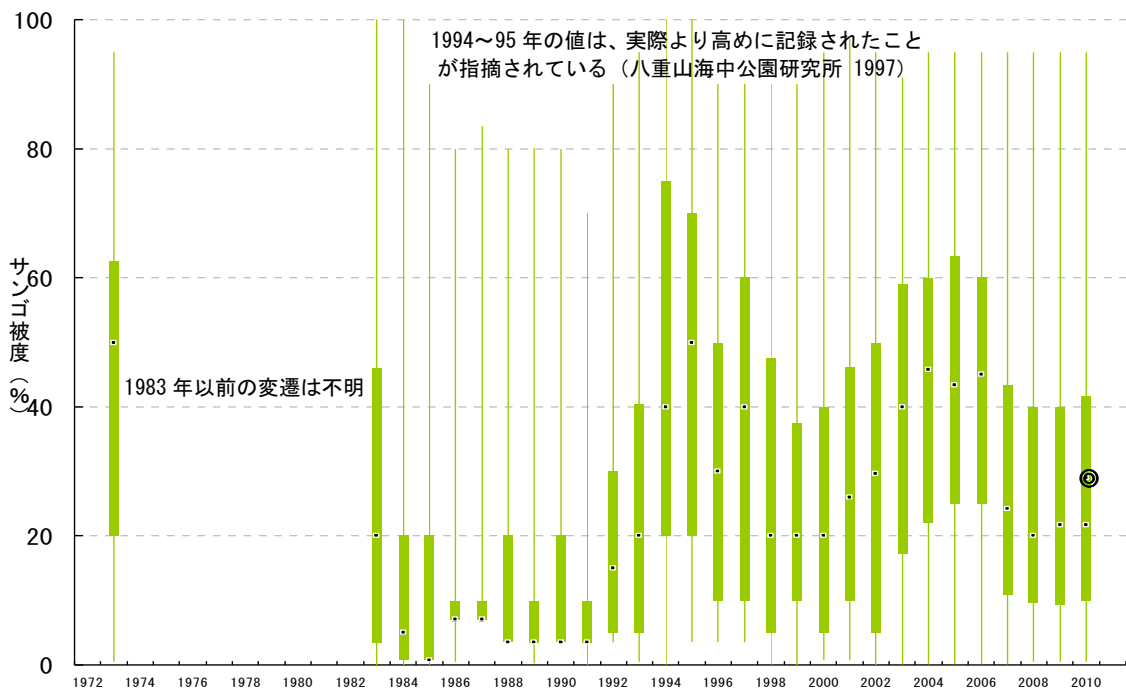


図4-2-7. 簡易遊泳観察法による八重山地域のサンゴ被度の変遷. 横軸は調査年、縦軸はサンゴ被度(%)を、図中の黒い点(■)は中央値、緑色のボックス(■)は第一第三各四分位値、エラーバー(|)は最大最小値を表している. 参考として2010年のマンタ調査結果の平均値を二重丸(◎)で表す. 1983年以前は、1973年しか調査が実施されておらず、1974年から1983年の間のサンゴ被度の変遷は不明である. また、調査範囲が年代で異なり、1994～1995年に石西礁湖で実施された調査のサンゴ被度は、実際より高めに記録されたことが指摘されている.









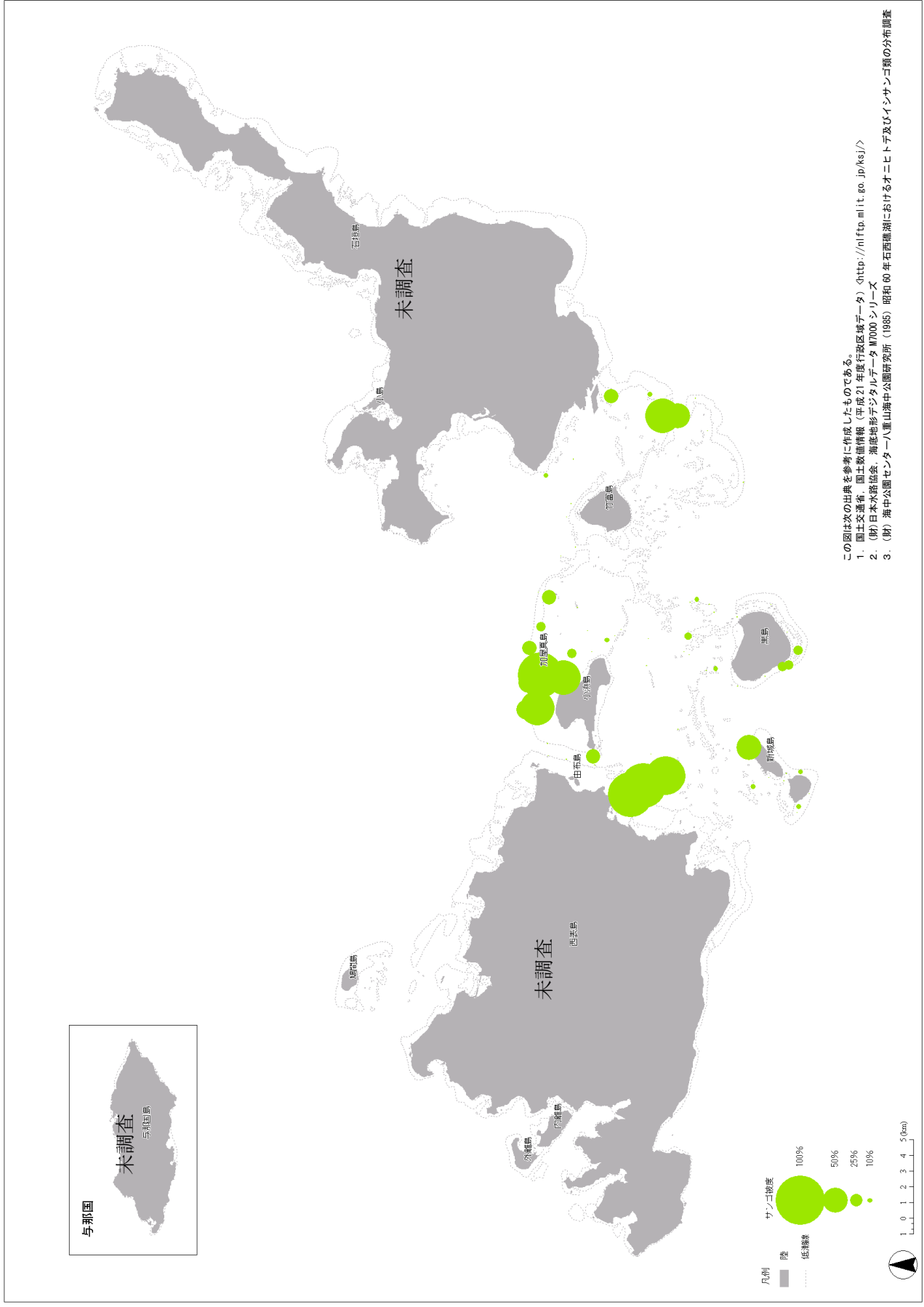


図4-2-1 1. 1985年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度。





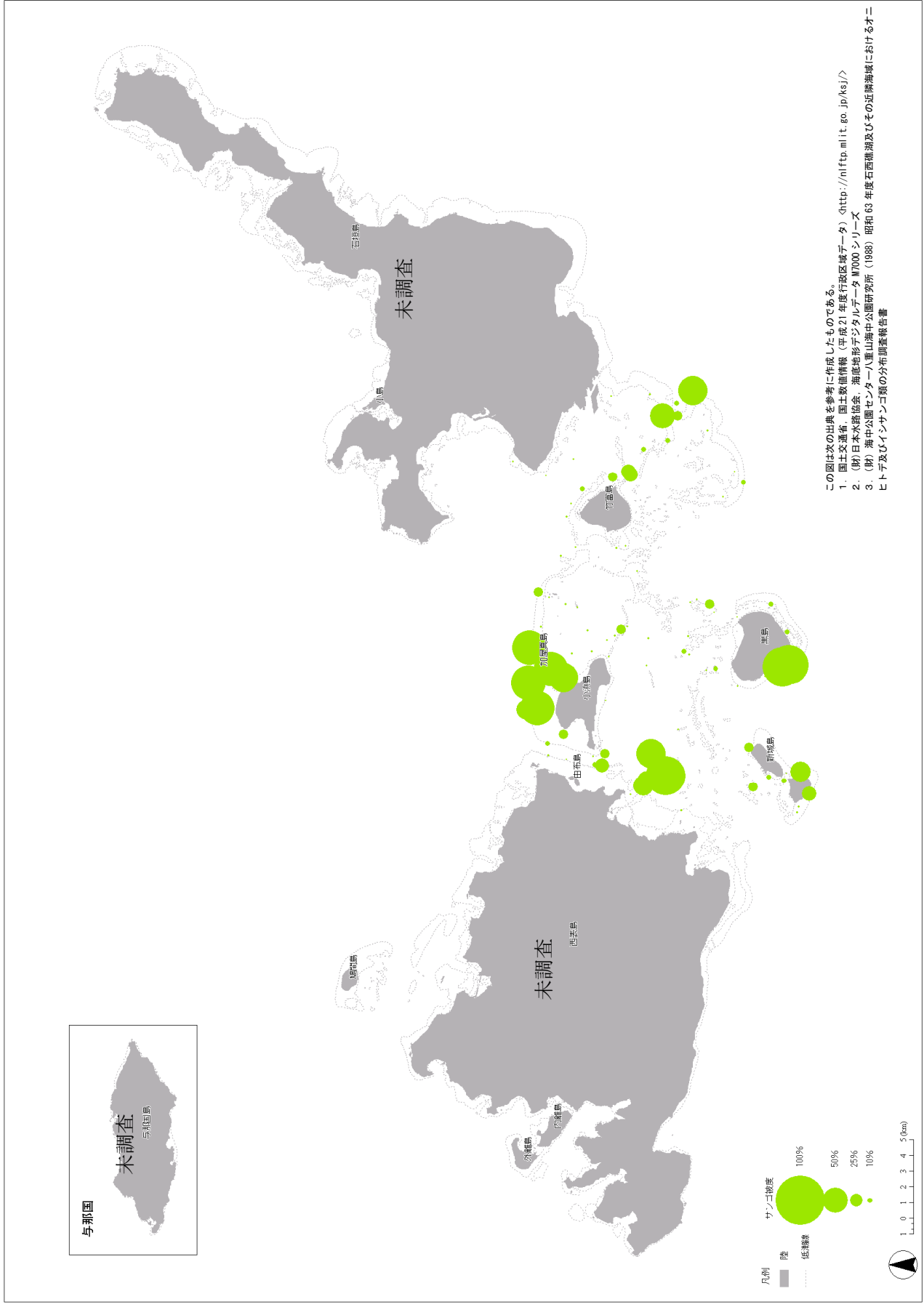


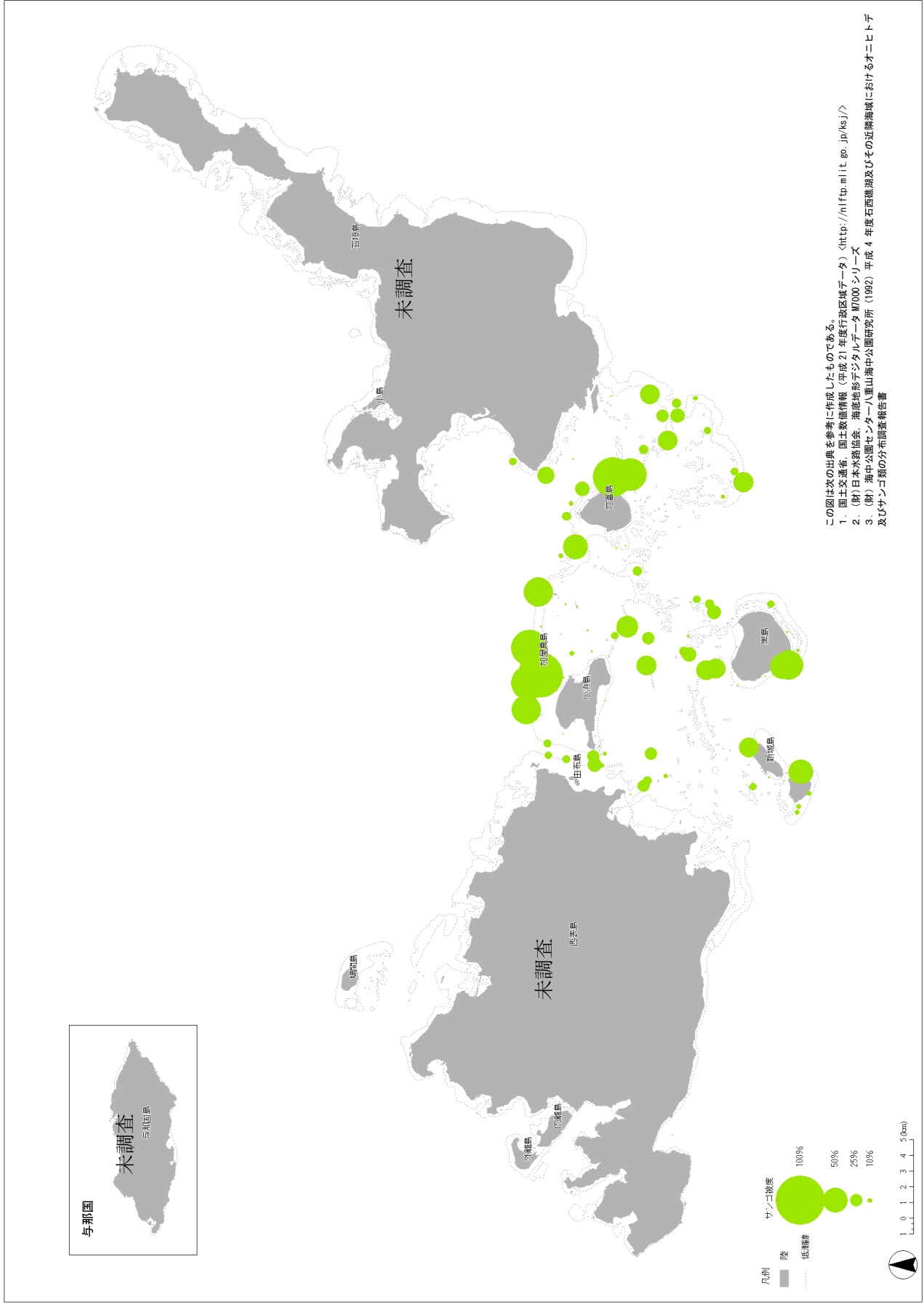
図4-2-14. 1988年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.











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21年度行政区域データ) <http://nftp.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. (財)海中公園センター八重山海中公園研究所 (1992) 平成4年度石西海域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

図4-2-18. 1992年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.







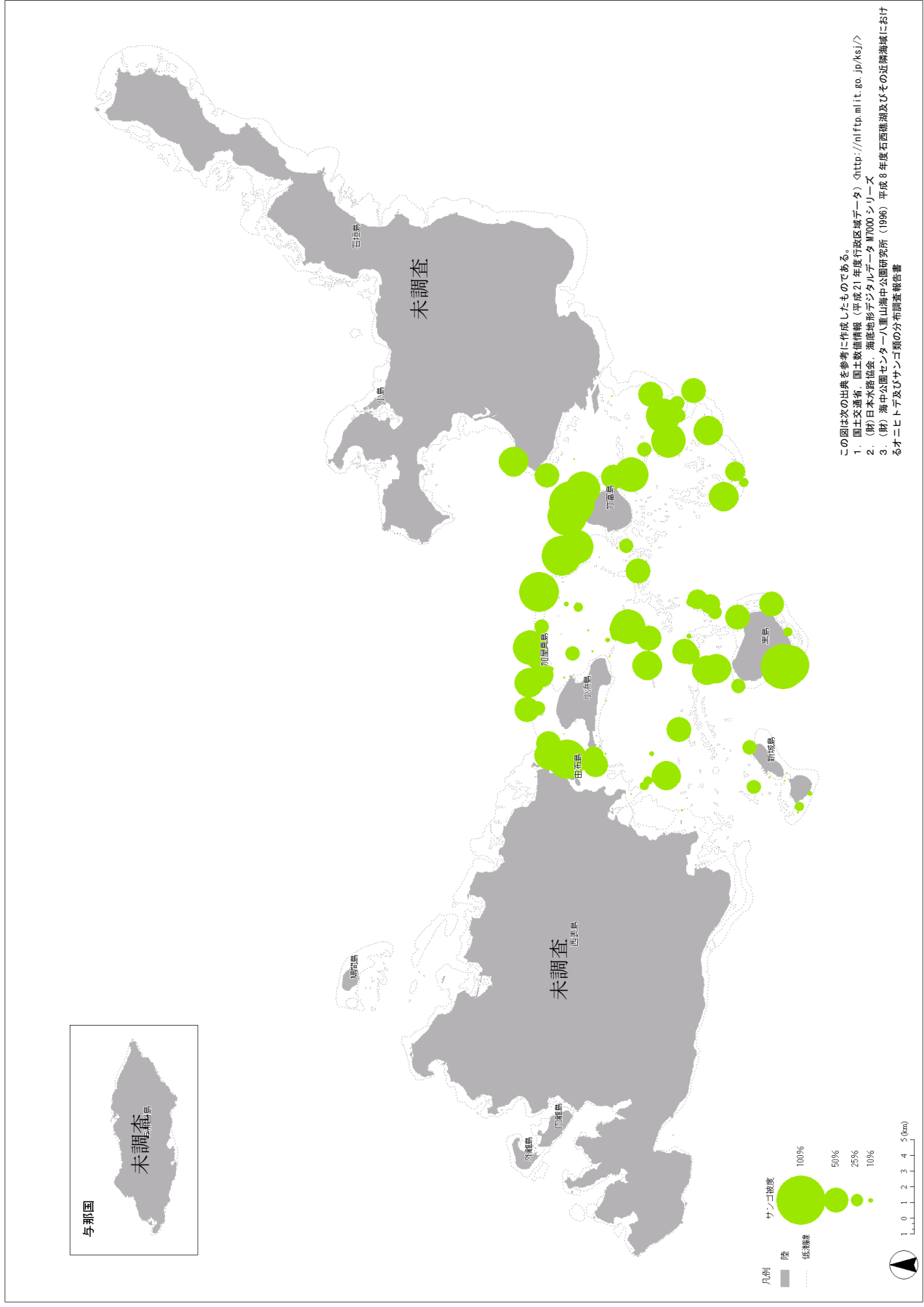


図4-2-2. 1996年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度。

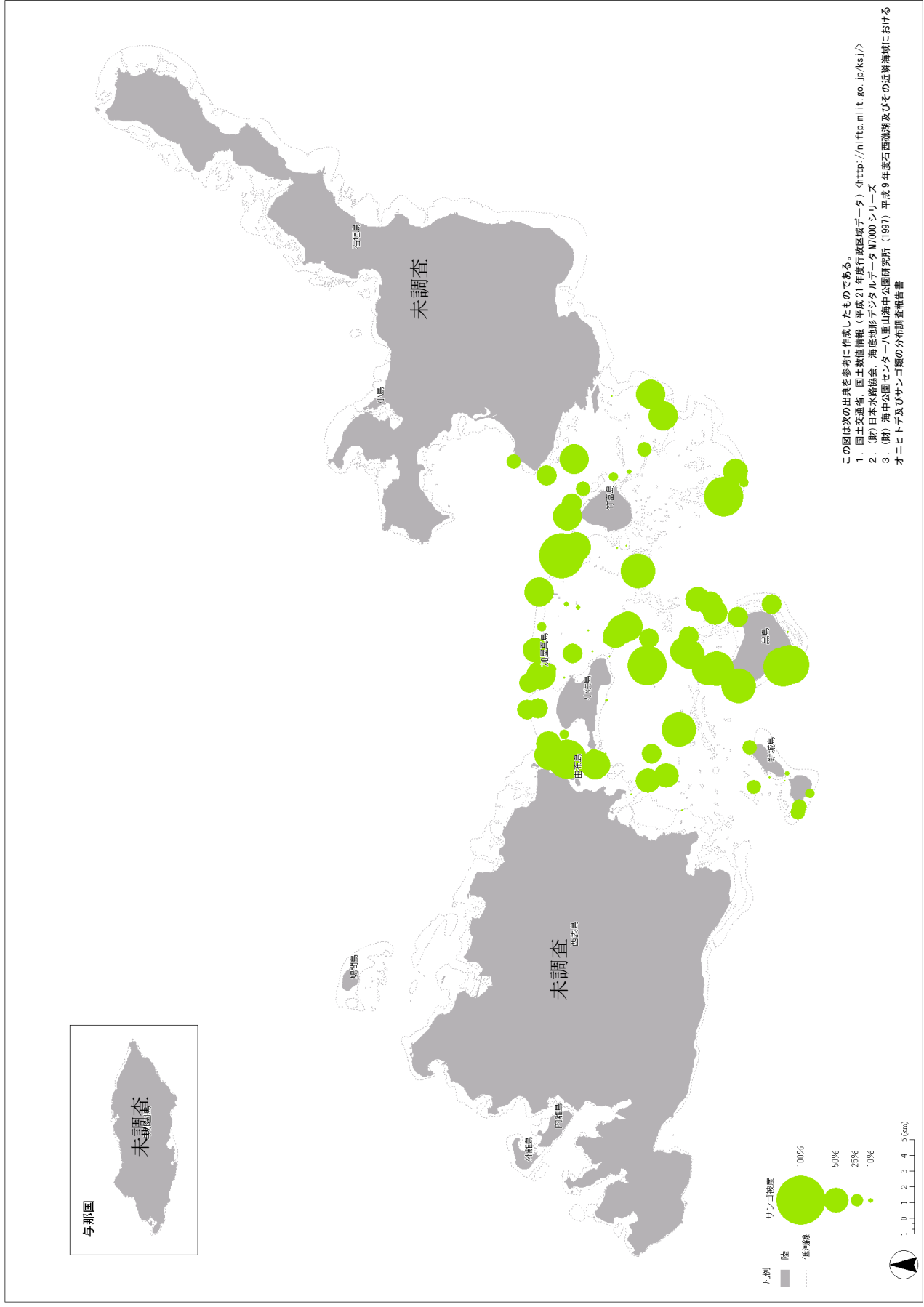


図4-2-2-3. 1997年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

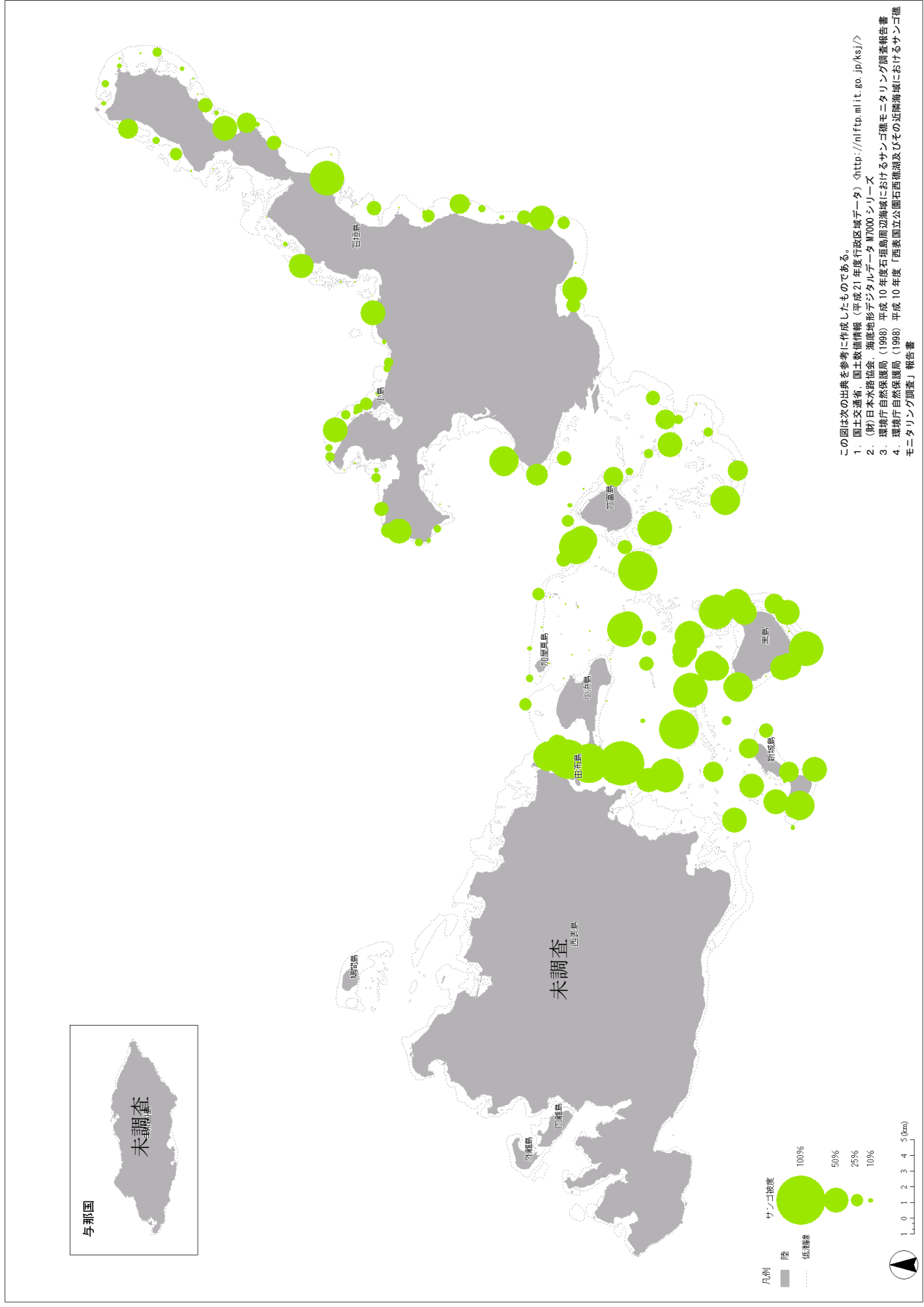


図4-2-2-4. 1998年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度。

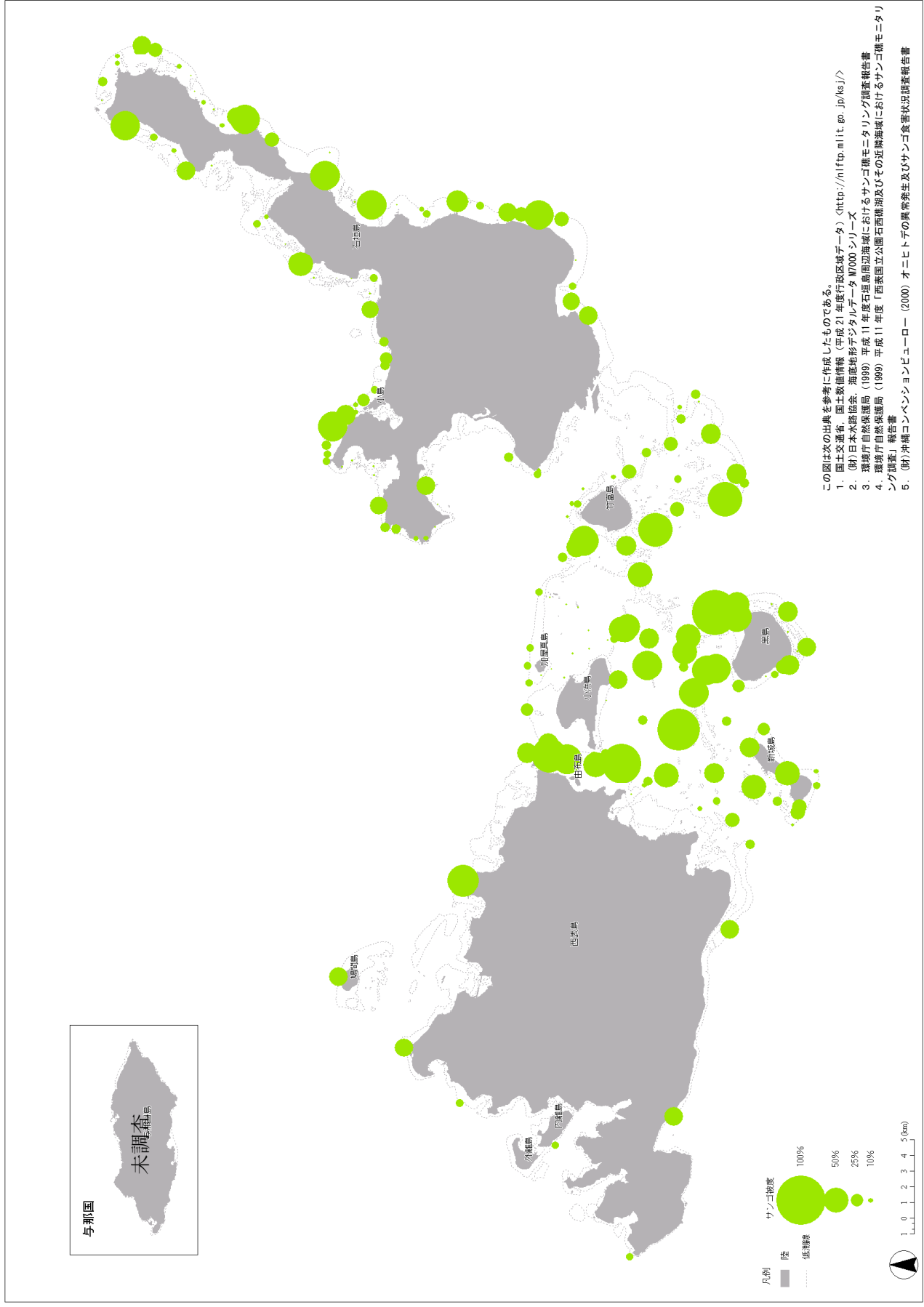


図4-2-2-5. 1999年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.



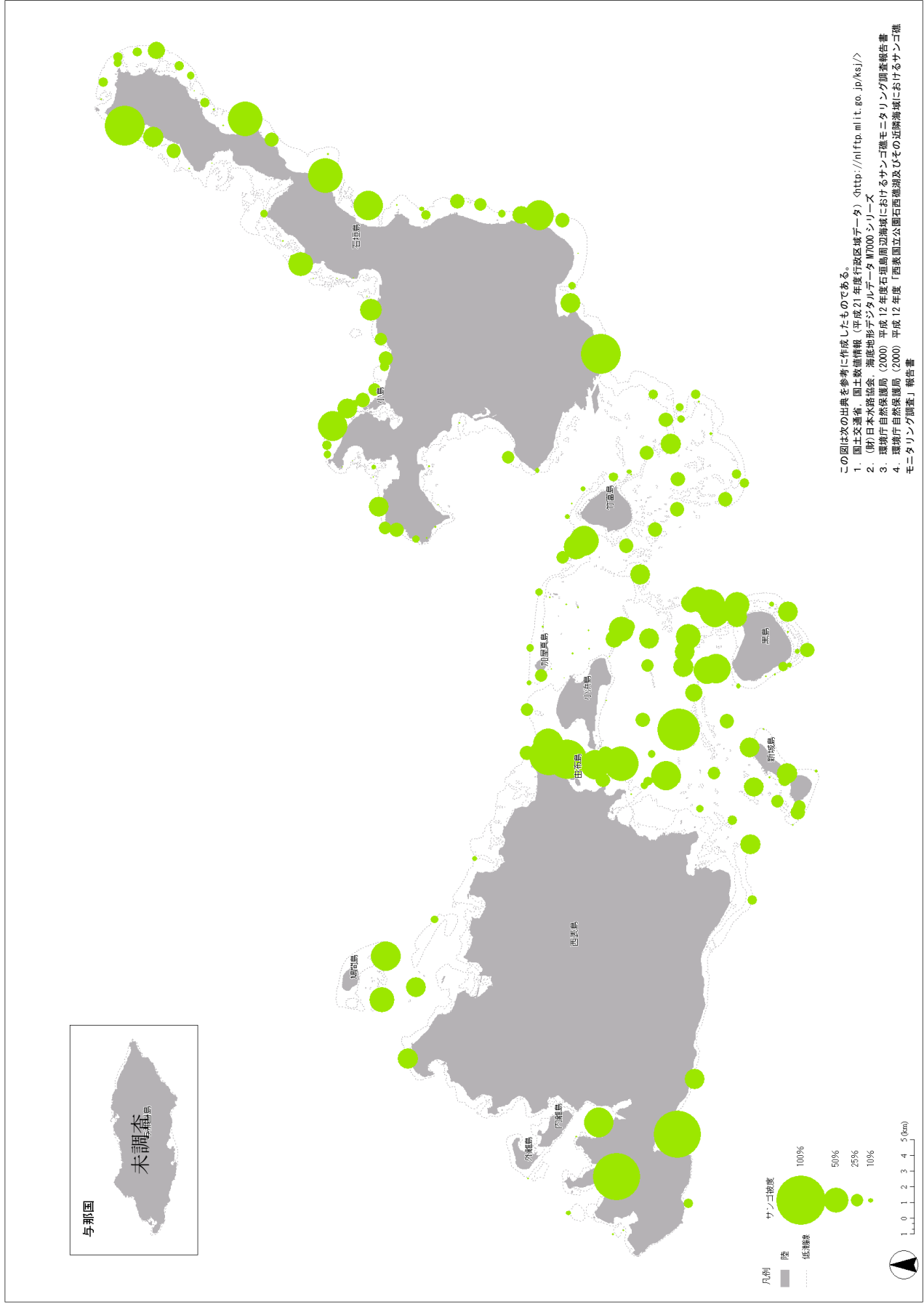
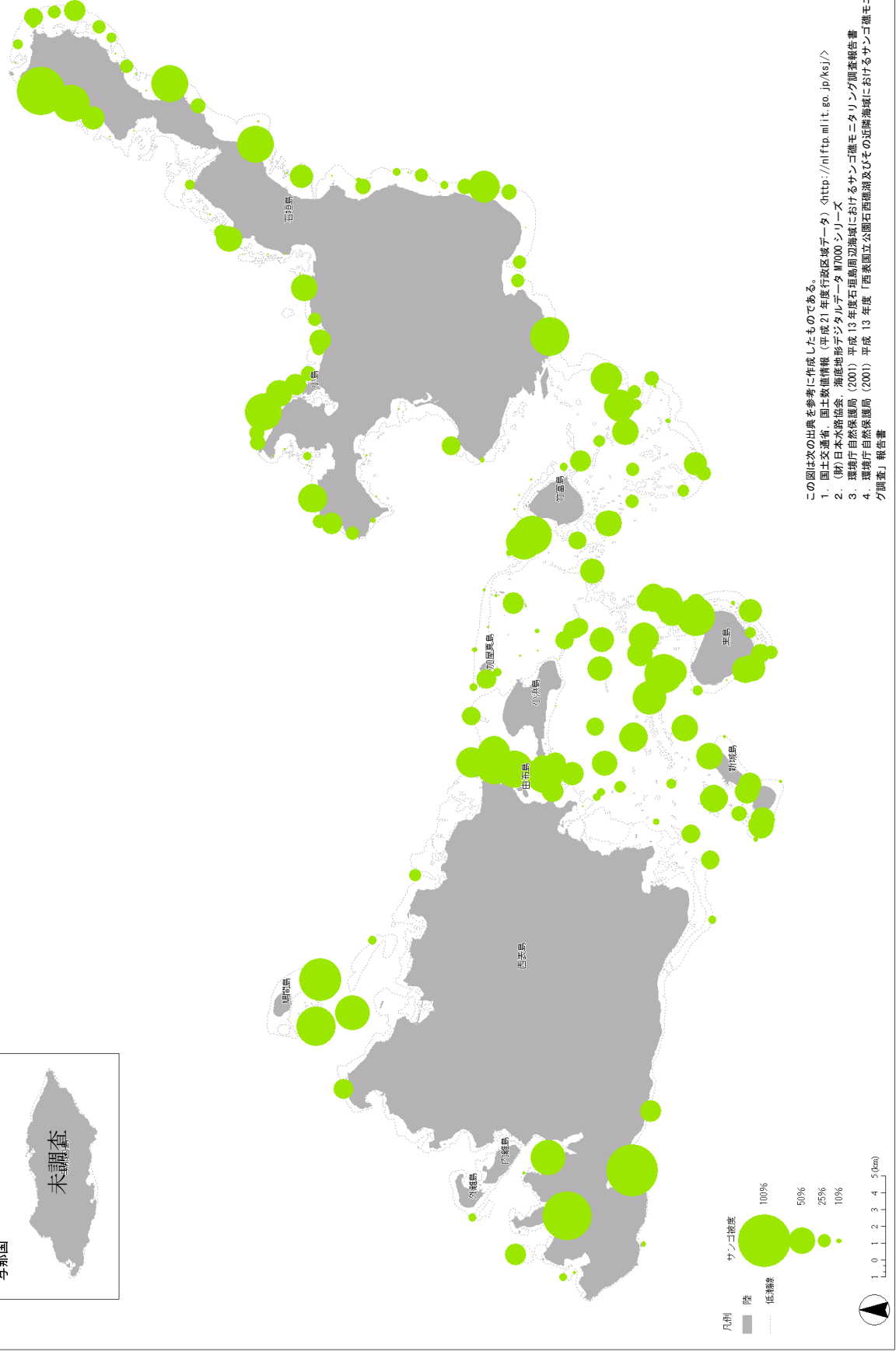
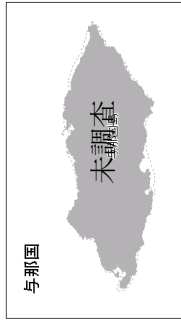


図4-2-26. 2000年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.



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21年度行政区域コード）〈<http://nftp.mlit.go.jp/ks/>〉
2. (財)日本水産協会、魚産地形デジタルデータ M7000 シリーズ
3. 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
4. 環境庁自然保護局（2001）平成13年度「西表国立公園西端部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

図4-2-27. 2001年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

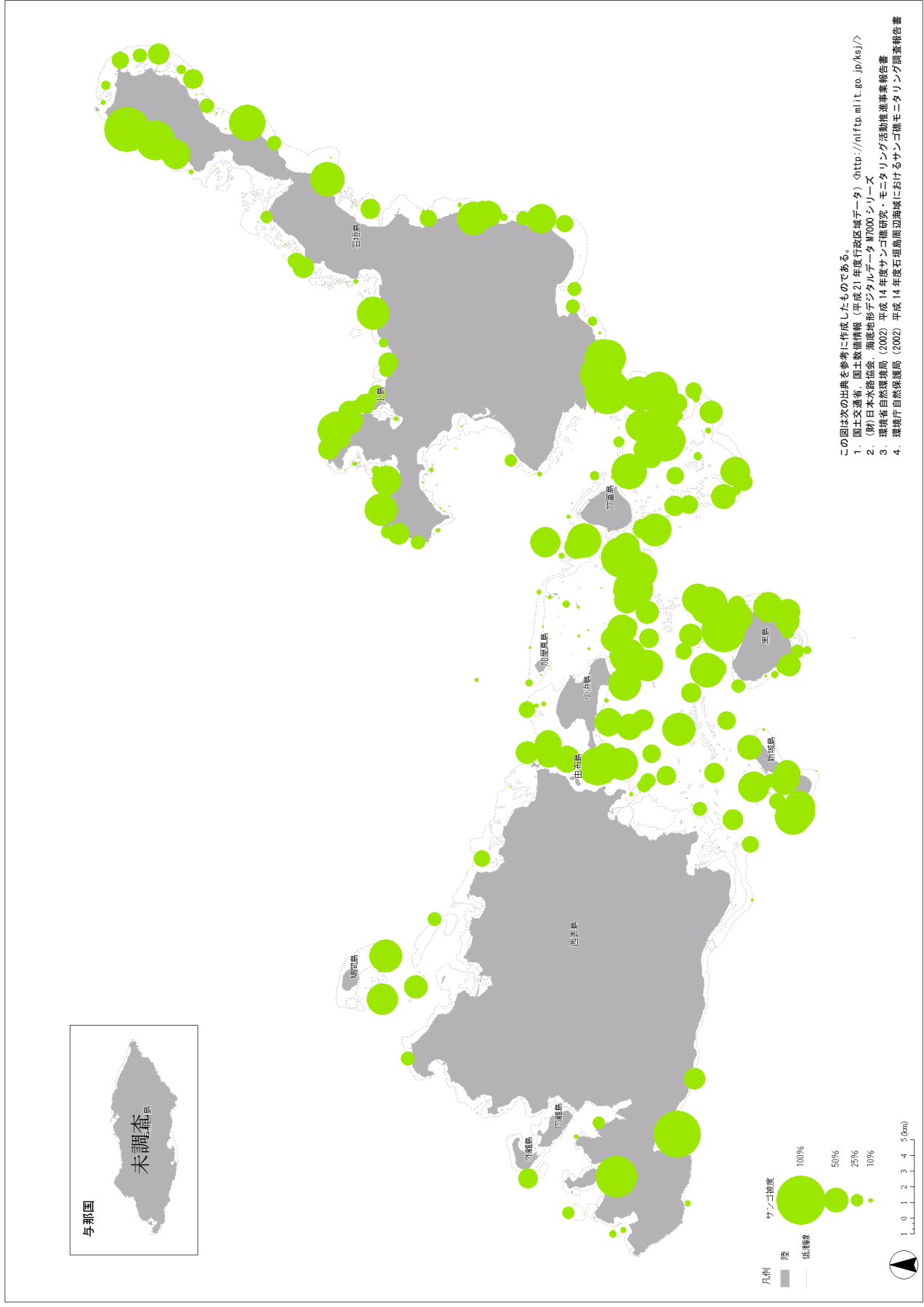


図4-2-28. 2002年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

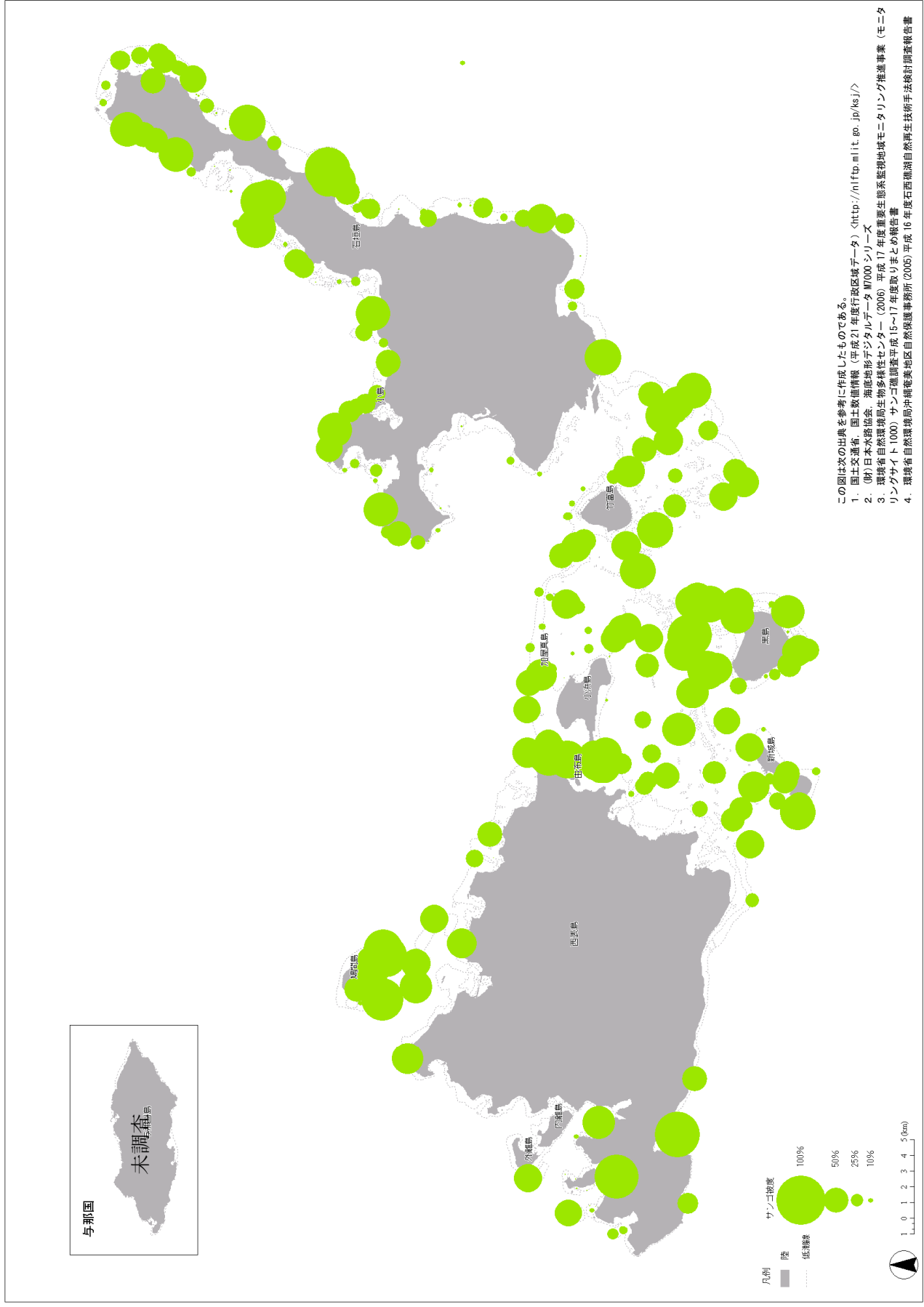


図4-2-29. 2003年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

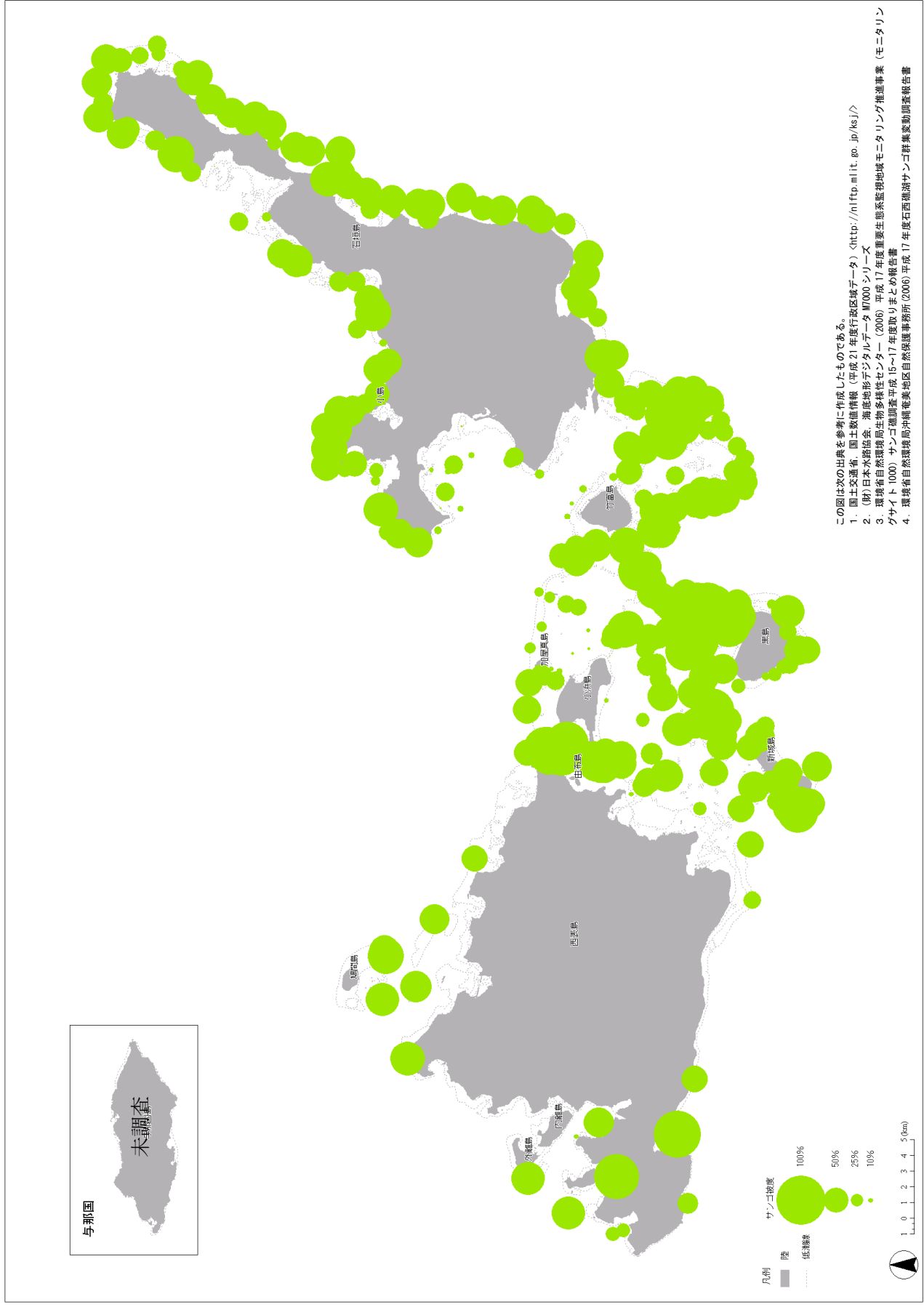
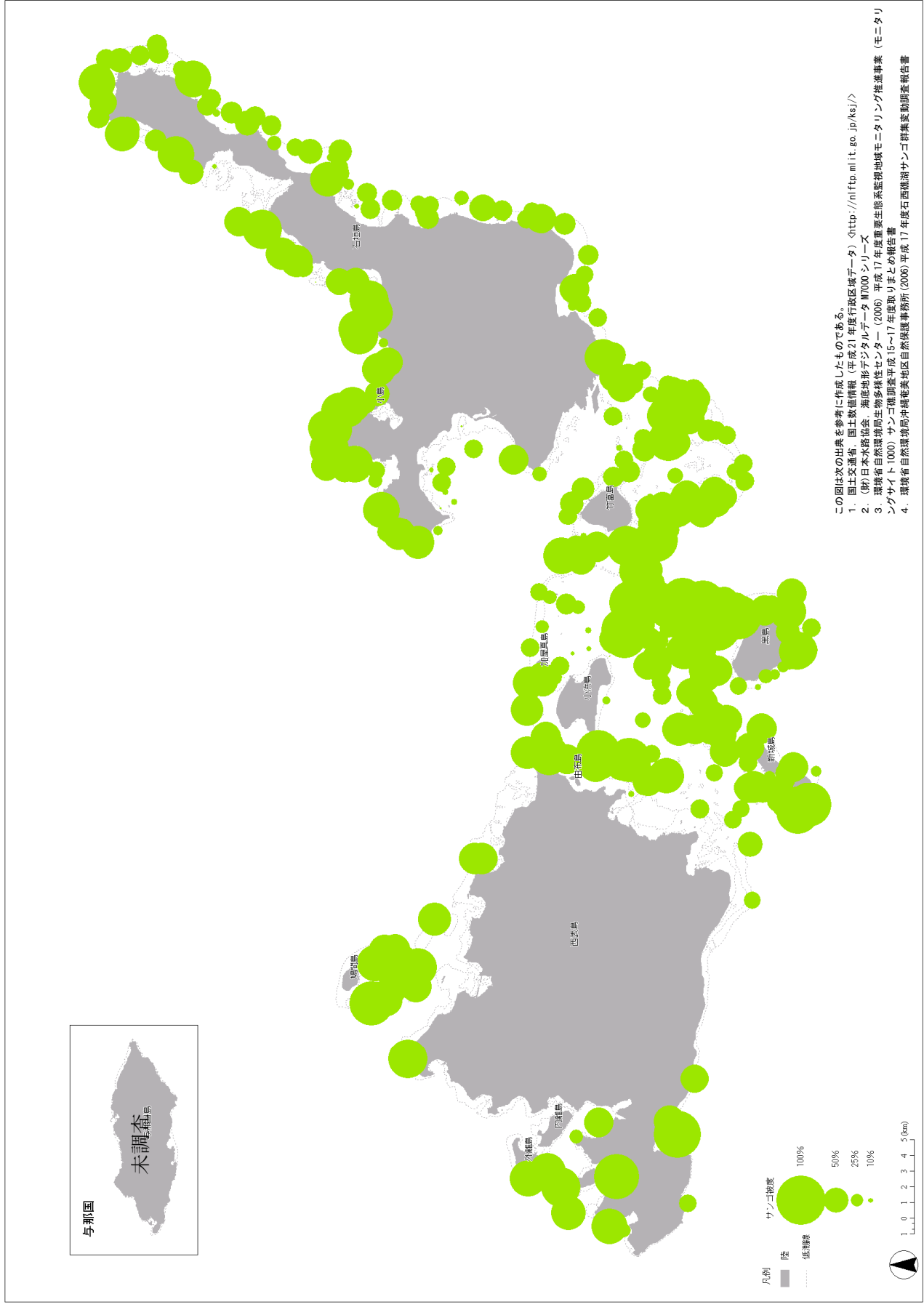


図 4-2-30. 2004 年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.



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21年度行政区域データ) <<http://niftp.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. 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
4. 環境省自然環境局沖縄管轄地区自然保護事務所 (2006) 平成17年度石西瀬湖サンゴ群集変動調査報告書

図4-2-3 1. 2005年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

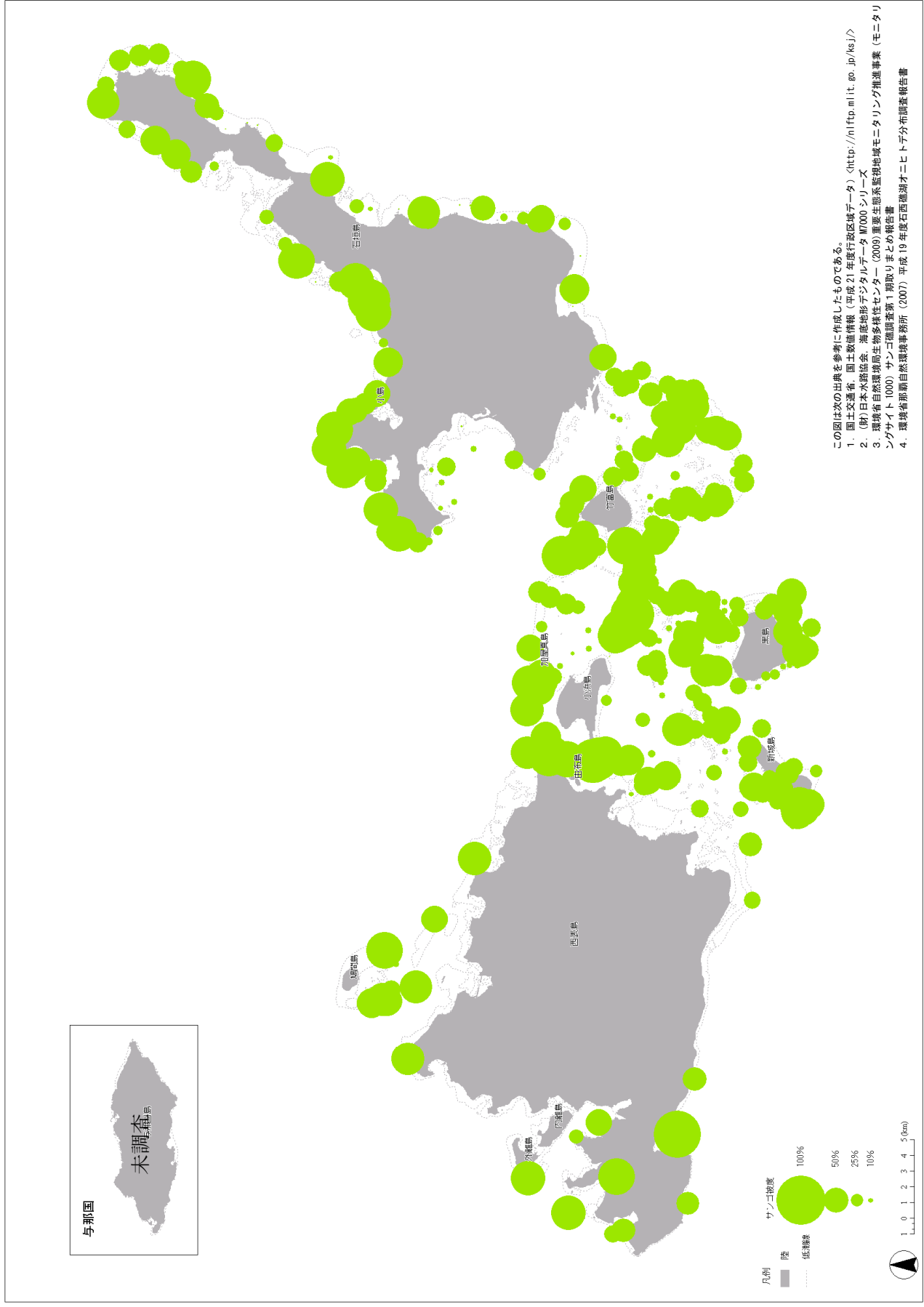
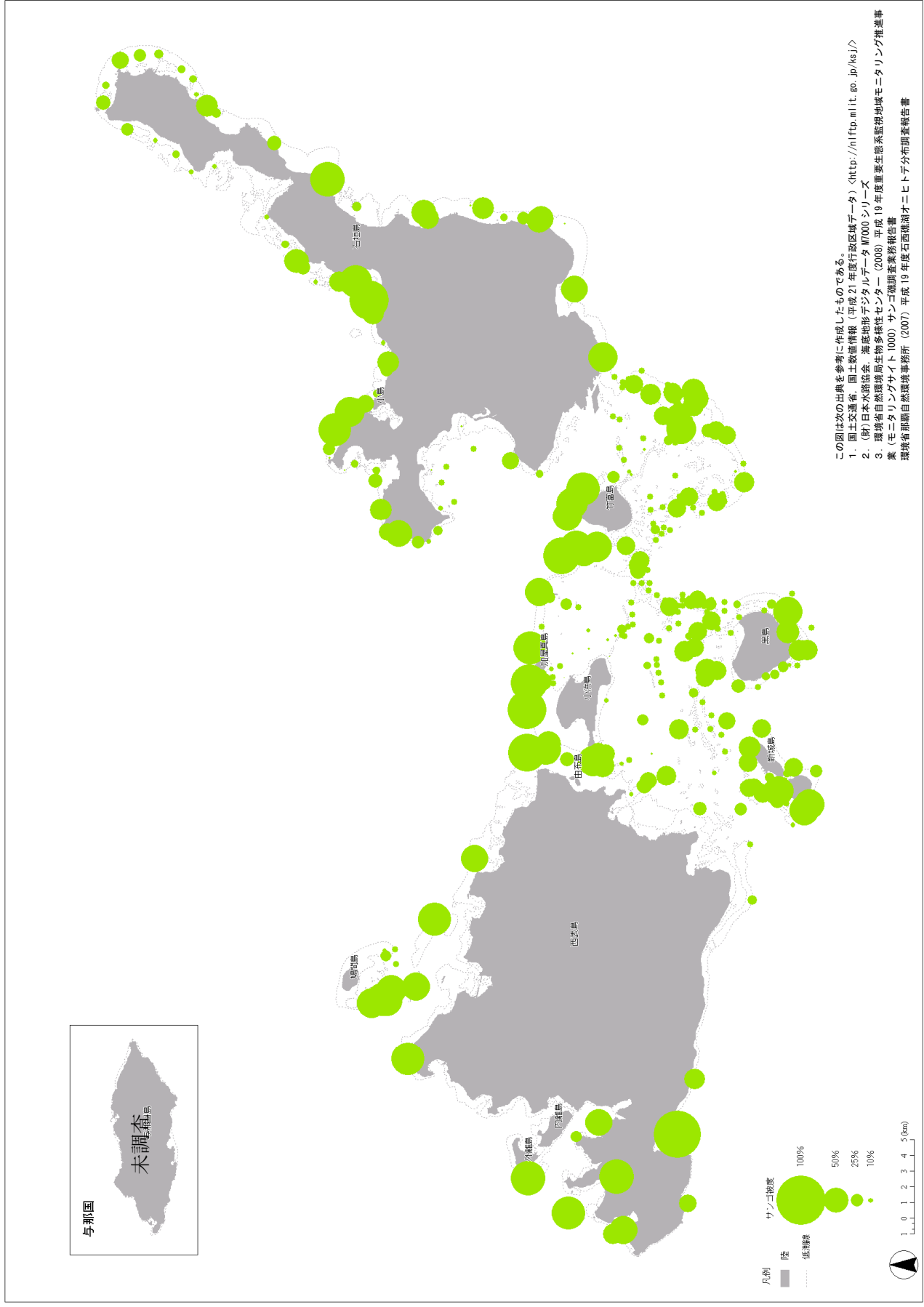


図4-2-3 2. 2006年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.



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21年度行政区画データ）〈<http://nlftp.mlit.go.jp/ks/1/>〉  
 2. (財)日本水産協会、海底地形デジタルデータ M7000 シリーズ  
 3. 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  
 環境省那覇自然環境事務所（2007）平成19年度石垣島沖オニヒトデ分布調査報告書

図4-2-3 2007年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度。



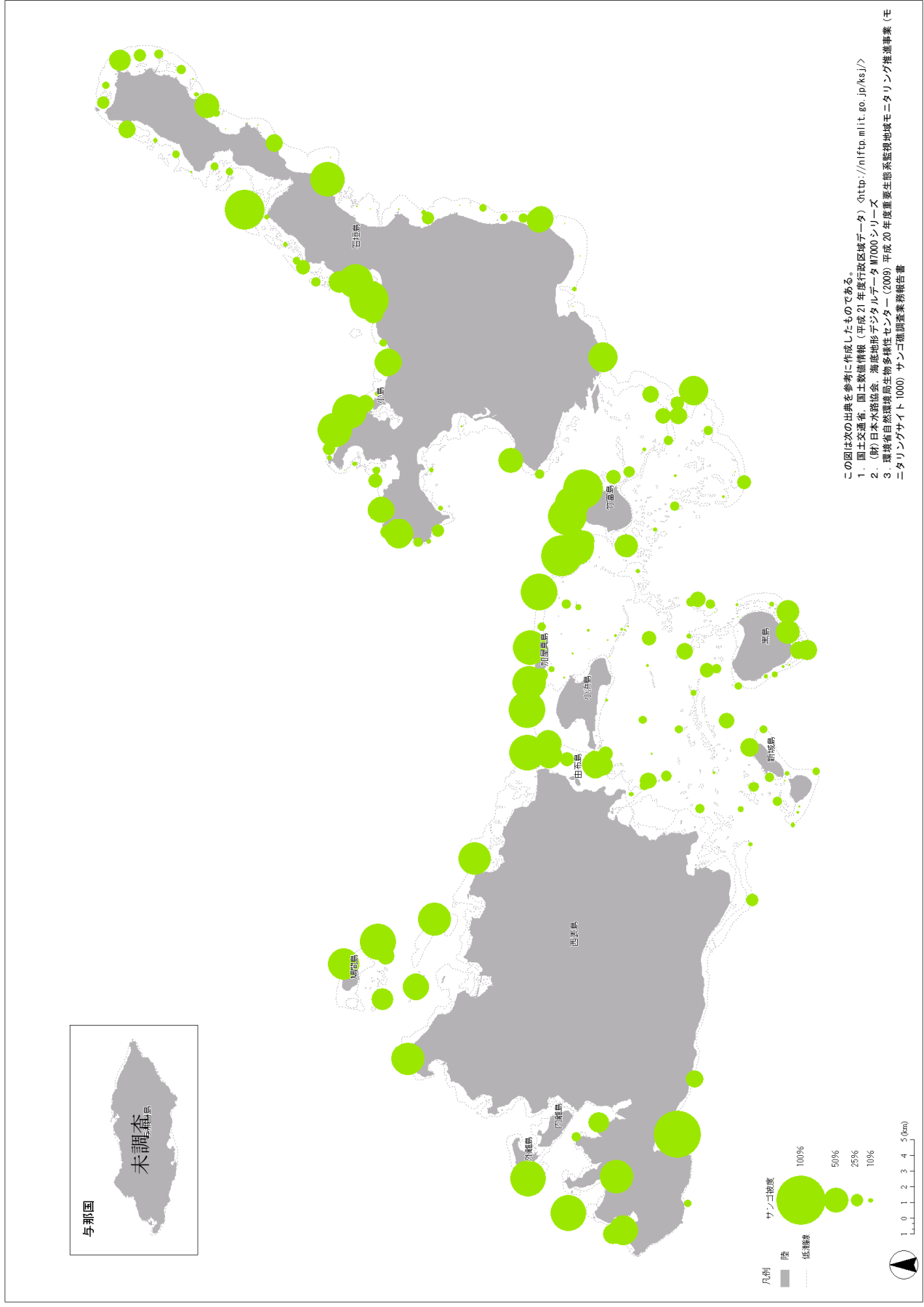


図4-2-3-4. 2008年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

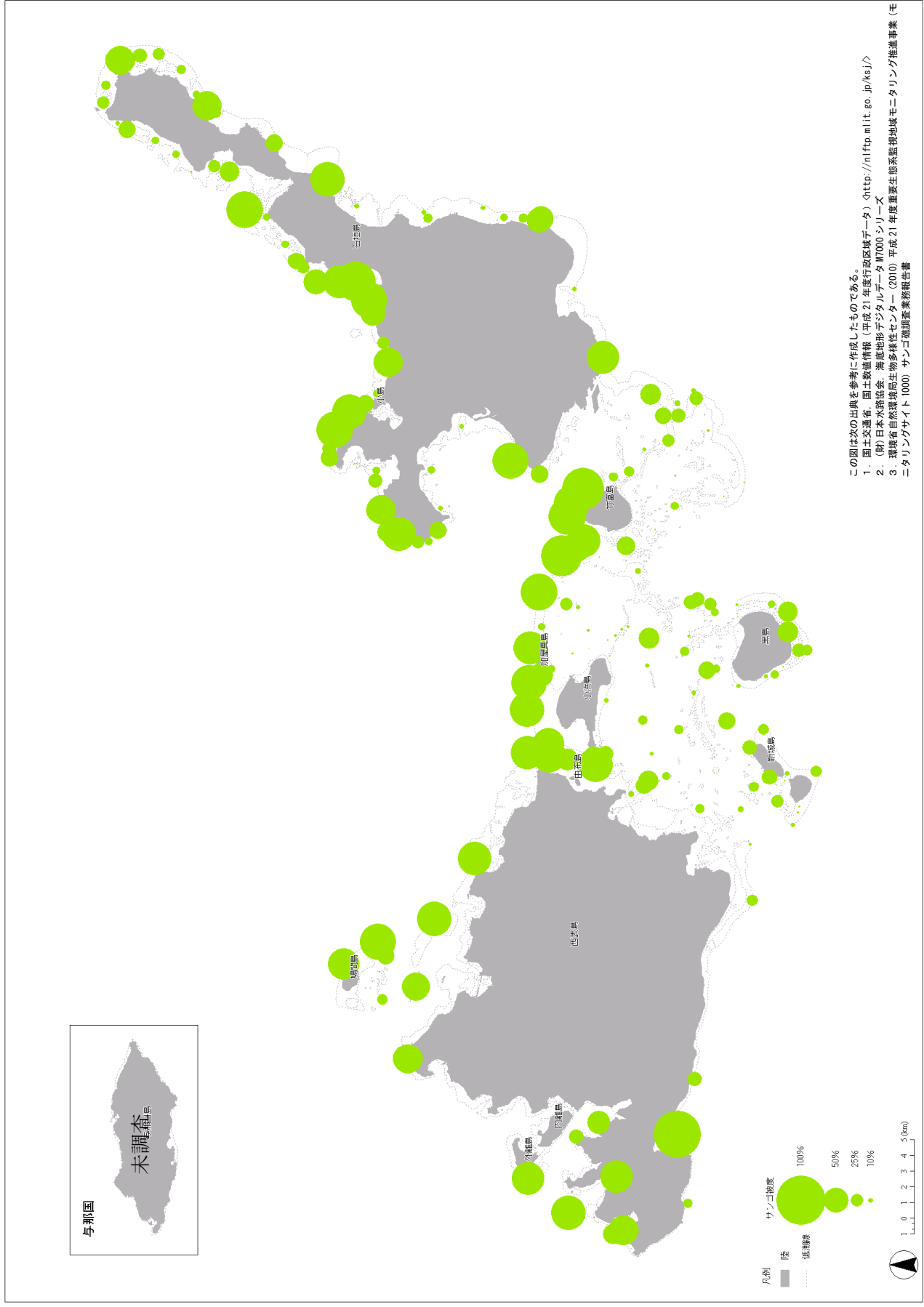


図 4-2-3-5. 2009 年に八重山地域で実施された簡易遊泳調査のサンゴ被度.

### 1-3. その他の調査

八重山地域では、石垣島、石西礁湖、西表島、与那国島で、ボランティアによる科学的な手法に基づいたサンゴ礁調査が行われてきた。リーフチェックジャパンのホームページで公開されている過去の調査データ（サンゴ被度）の変化を図4-2-37にまとめた。石垣島のサクラグチでは、2008年から急激にサンゴ被度が低下した。石西礁湖小浜島北では、2000年から2010年にかけてサンゴ被度が増加した。西表島の網取湾では、1997年以降急激にサンゴ被度が低下したが、その後徐々に回復した。与那国島の空港北では2003年から2006年にかけてサンゴ被度が増加した。今回の調査でも与那国空港周辺の礁斜面のサンゴ被度は高かった。

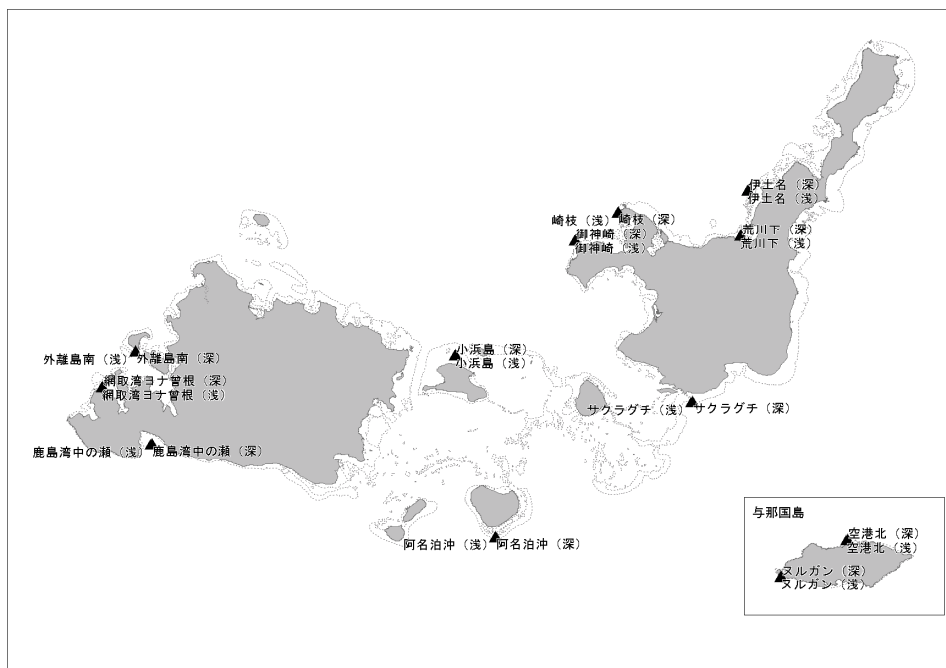


図4-2-36. リーフチェック調査地点（八重山地域）.

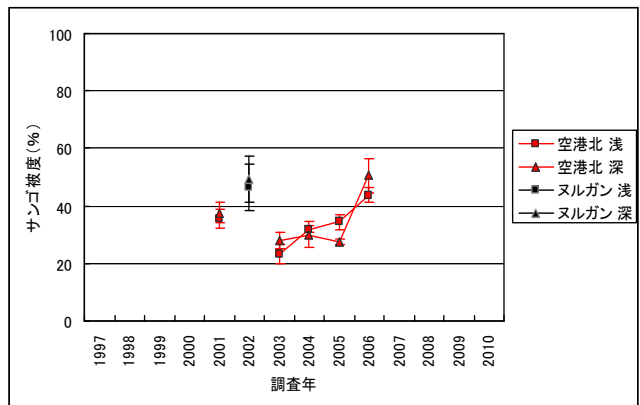
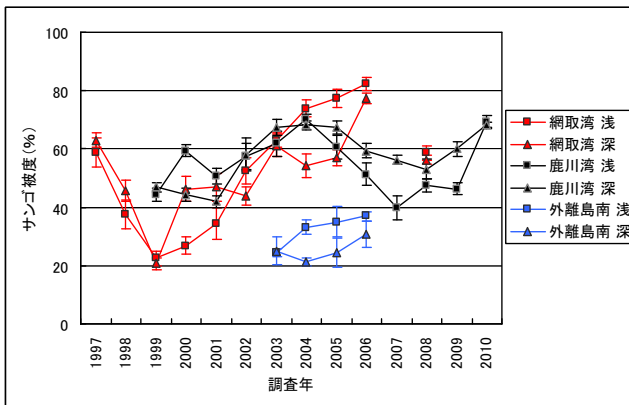
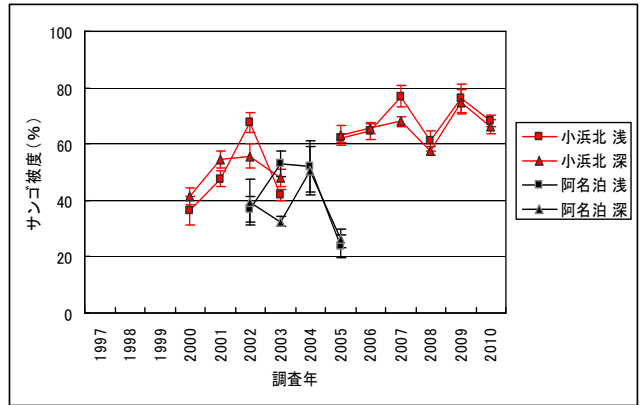
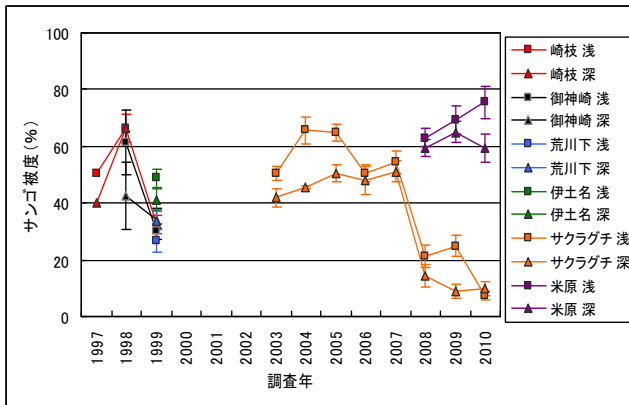


図4-2-37. リーフチェック調査のサンゴ被度の経年変化（八重山地域）。調査は、石垣島周辺（左上）、石西礁湖（右上）、西表（左下）、与那国（右下）で行われている。エラーバーは標準偏差。リーフチェックジャパンのホームページ<<http://reefcheck.jp/>>に掲載されているデータから作成。

## 1-4. 八重山地域のサンゴ群集の変遷

八重山地域のサンゴに関する調査は1980年以前には頻繁に実施されてはならず、情報が限られている。広域概況調査が1970年代や1992年、2003年、2008年に行われており、他の海域と比べると調査回数は多い。簡易遊泳調査は、石西礁湖内で1984年から継続的に行われているが、年により調査地点の数や分布に差がある。また、石垣島周辺や西表島周辺は1990年以前の調査が少なく、情報が限られている。

広域概況調査によると、1972年から1978年は石西礁湖内に被度の高いサンゴ群集が多く分布している。1991年の調査では礁斜面のサンゴ被度が5%未満はあまりみられないものの、50%以上の場所は限られている。1991年頃の八重山は全体的にサンゴ被度が高くなかったものと考えられる。その後、2003年の調査では、1992年と比較して礁斜面の50%以上のサンゴ被度は増加しており、2000年以降はサンゴ被度が高い場所が増えてきていたと考えられる。

簡易遊泳調査によると、1973年の調査では、石垣島周辺と石西礁湖北側でサンゴ被度が高い場所がみられる。石西礁湖南東のサンゴ被度は、1980年代には低いが、1990年代には高くなっている。その後、2000年代には石垣島周辺、石西礁湖、西表島周辺でサンゴ被度の高い地点が多くなっている。

### 参考文献

- (財)政策科学研究所(1973) 付属資料沖縄県土地利用基本計画(Ⅱ)「沖縄の自然環境」  
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)
- (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報告書
- (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

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

（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）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）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

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（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（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（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

（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

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（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（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（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

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

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（2004）平成17年度石西礁湖サンゴ群集変動調査報告書

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）

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

(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

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

## 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。また、観光業や漁業などの利用による直接・間接的な影響なども指摘される、これらは次章で取り上げた。

ここでは八重山地域の攪乱の状況を、文献資料をもとに整理した。

表 4-2-1. 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 節八重山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。何らかの原因でこのバランスが崩れることで、大発生が起こればと考えられているが、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ば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ば、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. 八重山地域における調査や対策

八重山地域における過去からのサンゴ群集及びオニヒトデ個体数等の変遷を追うために、1973年以降に実施されていた簡易遊泳調査について整理した。得られた各年毎のオニヒトデ個体密度の中央値、第一四分位値、第三四分位値、最大値及び最小値を算出し、八重山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。また、1974年から1982年までは調査が実施されておらず、詳細な変遷は不明である。それ以降の調査でも調査範囲が年代で異なる（表4-1-1）ことや1994～1995年に石西礁湖で実施された調査のサンゴ被度は、実際より高めに記録されたことが指摘されていること（八重山海中公園研究所1997）にも注意が必要である。（本節1-2を参照）。

図4-2-38に八重山地域の簡易遊泳調査による1地点あたりのオニヒトデ個体密度の経年変化を示す。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、15分または100m四方）を超えた年は、1983年、1985年、2003年及び2007～2010年であった。

八重山地域におけるオニヒトデ駆除活動の情報を表4-2-2にまとめた。八重山地域では1950年頃からオニヒトデの駆除が行われており、1980年代はじめの大発生時には100万個体以上駆除されている。大発生が収束した1990年代から2000年はじめ頃まで駆除個体数は少なく、環境省の調査結果等でもオニヒトデの密度は低かった。

サンゴ被度とオニヒトデ個体数の分布を図4-2-39～図4-2-66に示す。2000年から2009年までのサンゴの被度とオニヒトデ個体数の変化からは、石西礁湖内でオニヒトデの数が徐々に増加していることがわかる（図4-2-57～図4-2-66）。オニヒトデの確認地点は石西礁湖内の南側から北側へ、そして2007年には鳩間島周辺や石垣島周辺にも拡がっていき、オニヒトデの確認地点の増加と拡大に伴い石西礁湖内のサンゴ被度は急激に低下している。

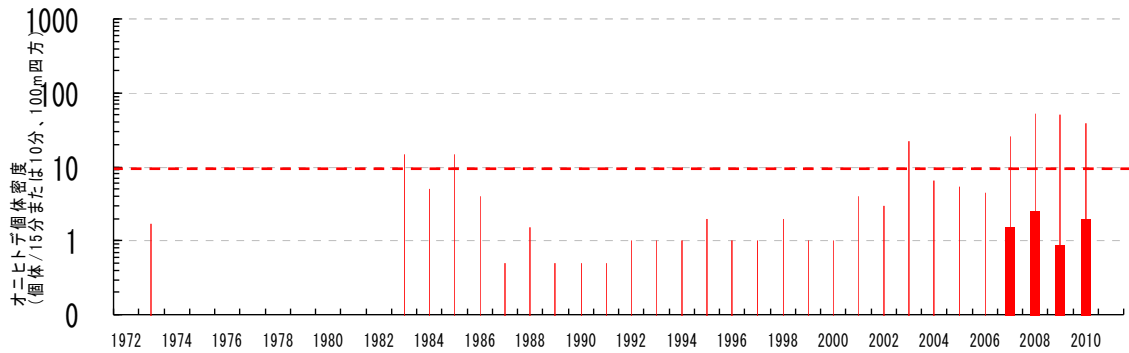


図4-2-38. 簡易遊泳観察法による八重山地域のオニヒトデ個体数密度の変遷. 横軸は調査年、縦軸はオニヒトデ個体数密度（10分もしくは15分あたり）の対数を、図中の黒い点（■）は中央値、赤色のボックス（■）は第一第三各四分位値、エラーバー（|）は最大最小値を表している. 赤い点線は、大発生状態と考えられるオニヒトデ個体密度. 1983年以前は、1973年しか調査が実施されておらず、1974年から1983年間のサンゴ被度の変遷は不明である. また、調査範囲が年代で異なり、1994～1995年に石西礁湖で実施された調査のサンゴ被度は、実際より高めに記録されたことが指摘されている.

表4-2-2. 八重山地域におけるオニヒトデ駆除の個体数. 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
1949	鳩間島	聞き取り	政策科学研究所 1974
1953	鳩間島	聞き取り・連日トラック一杯	政策科学研究所 1974, 環境庁 1973, 1974
1958	川平湾・石垣市街地先	聞き取り	政策科学研究所 1974
1969	鳩間島	駆除:10850	福田 1976
1972	鳩間島	駆除:10850	環境庁 1973, 1974
1973	鳩間島	駆除:52650	環境庁 1973, 1974
1974	サクラグチ	43個体/50分観察	政策科学研究所 1974
	竹富島南	多い場所で5-6個体/10分間観察	Fukuda and Okamoto 1976
1975	石西礁湖と鳩間島周辺	駆除:14264	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
	鳩間島	駆除:5117	Fukuda and Okamoto 1976
	鳩間島	高密度:多い場所で48個体/10分間観察	Fukuda and Okamoto 1976
	竹富島	駆除:9147	Fukuda and Okamoto 1976
	竹富島	高密度:多い場所で10-23個体/10分間観察	Fukuda and Okamoto 1976
	石垣市	駆除:25427	(財)沖縄県観光開発公社 1976 <sup>※1</sup>
1973-1975	石西礁湖と鳩間島周辺	駆除:21150	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
	石西礁湖内	オニヒトデ集団は分布を南から北へ移動	福田 1976 (7月)
1976	鳩間島	駆除	(財)沖縄県観光開発公社 1976
1977	石西礁湖	駆除:10596	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
	石西礁湖	駆除:15196	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
1978	石西礁湖	駆除:84981	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
1979	石西礁湖	駆除:39144	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
1980	石西礁湖	駆除:124035	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
1981	竹富島西側	駆除:300000	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
1982	竹富町	駆除:515750	御前 1994 <sup>※3</sup>
	竹富島西側	135/1m <sup>2</sup>	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
	黒島西	60個体以上/1分間観察	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
	石垣島南(アーサピー)	60個体以上/1分間観察	福田・宮脇 1982 <sup>※1</sup>
1983	竹富町	駆除:269705	御前 1994 <sup>※3</sup>
	石西礁湖内全域	1-10/100m <sup>2</sup>	宇井 1985
1980-1983	竹富町	駆除:233717	御前 1994 <sup>※3</sup>
	西表島崎山湾	オニヒトデ集団は北から南へ移動	(財)海中公園センター 1984
1984	石西礁湖内全域	1-10/100m <sup>2</sup>	宇井 1985
1985	竹富町	駆除:105527	御前 1994 <sup>※3</sup>
	小浜島・古見沖周辺	駆除:45749	亀崎ら 1987
	波照間島北	50-100個体/100m <sup>2</sup>	野村・亀崎 1987
1986	竹富町	駆除:70680	御前 1994 <sup>※3</sup>
	石西礁湖	2個体以下/100m <sup>2</sup>	御前 1994
1987	竹富町	駆除:7278	御前 1994 <sup>※3</sup>
1988	竹富町	駆除:7411	御前 1994 <sup>※3</sup>
1988	竹富町	駆除:8830	御前 1994 <sup>※3</sup>
1989	竹富町	駆除:10155	御前 1994 <sup>※3</sup>
1990	竹富町	駆除:3950	御前 1994 <sup>※3</sup>
1991	竹富町	駆除:3618	御前 1994 <sup>※3</sup>
1992	竹富町	駆除:2725	御前 1994 <sup>※3</sup>
1993	竹富町	駆除:3395	御前 1994 <sup>※3</sup>
2002年度	石垣島南、石西礁湖、西表西	多くの調査地でオニヒトデ個体数は少ないが(3個体/15分観察以下)、食痕が100以上確認された場所もあった	沖縄県 2002
2003年	八重山海域	駆除:2917	八重山環境ネットワークホームページ
2004年	八重山海域	駆除:5536	八重山環境ネットワークホームページ
2004年度	石西礁湖	多くの調査地でオニヒトデ個体数は少ないが(3個体/15分観察以下)、15分間観察で10個体/15分観察以上の場所も全ての調査地でオニヒトデ個体数は少ない(3個体/15分観察以下)	環境省モニタリングセンターホームページ
	石垣島周辺	全ての調査地でオニヒトデ個体数は6個体/15分観察以下	環境省モニタリングセンターホームページ
2005年	八重山海域	駆除:7517	八重山環境ネットワークホームページ
2006年	八重山海域	駆除:5223	八重山環境ネットワークホームページ
2007年	八重山海域	駆除:3358	八重山環境ネットワークホームページ
2007年度	石西礁湖	駆除:11451	八重山漁業協同組合(2008)
2008年	石垣島、西表島、石西礁湖	駆除:65392	八重山環境ネットワークホームページ
2009年	石垣島、西表島、石西礁湖	駆除:95069	八重山環境ネットワークホームページ

※1は福田・宮脇(1982)で参照されていた、環境庁のデータ.

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

※3は御前(1994)で参照されていた、環境庁のデータ.

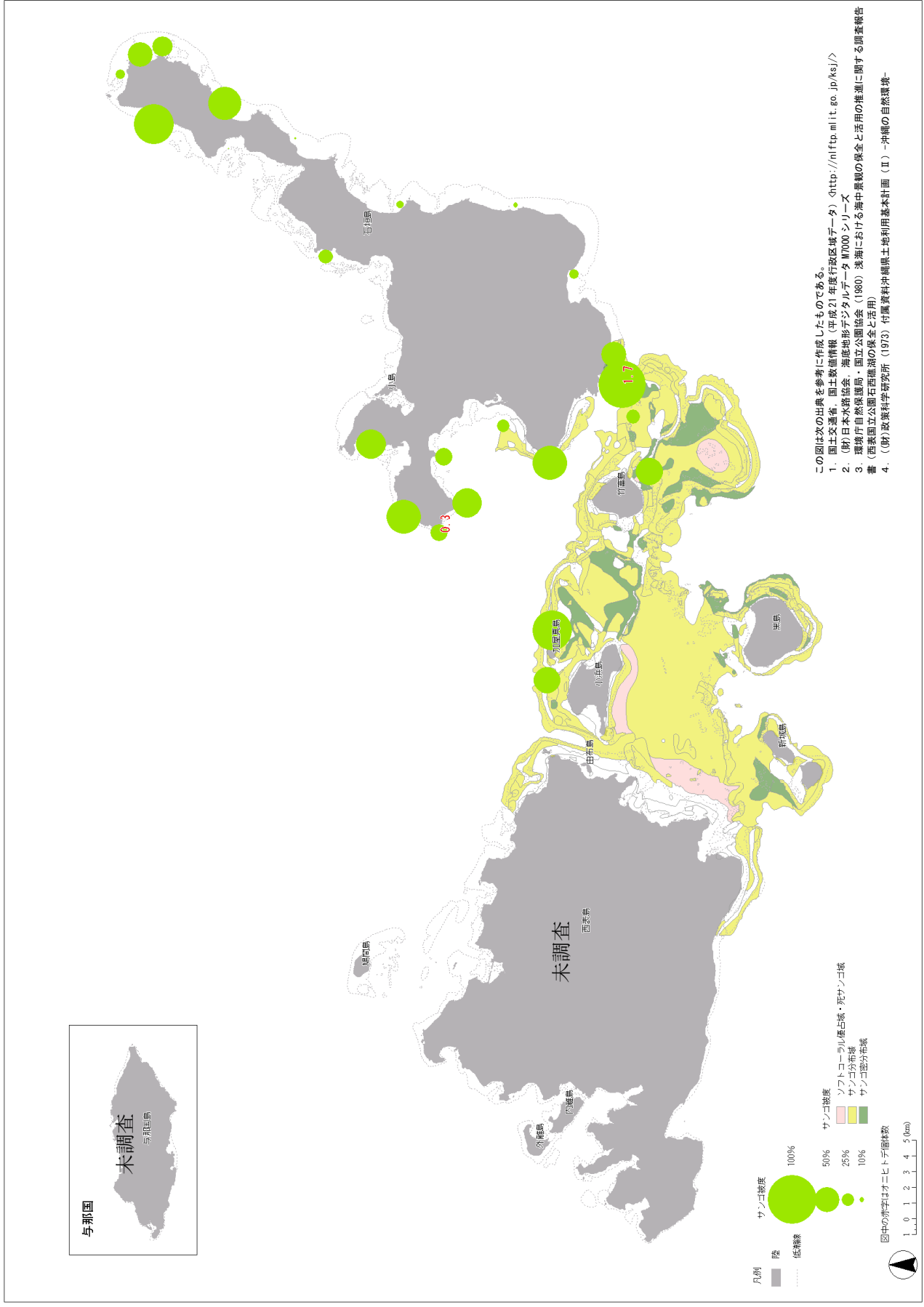


図 4-2-39. 1973 年頃に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.

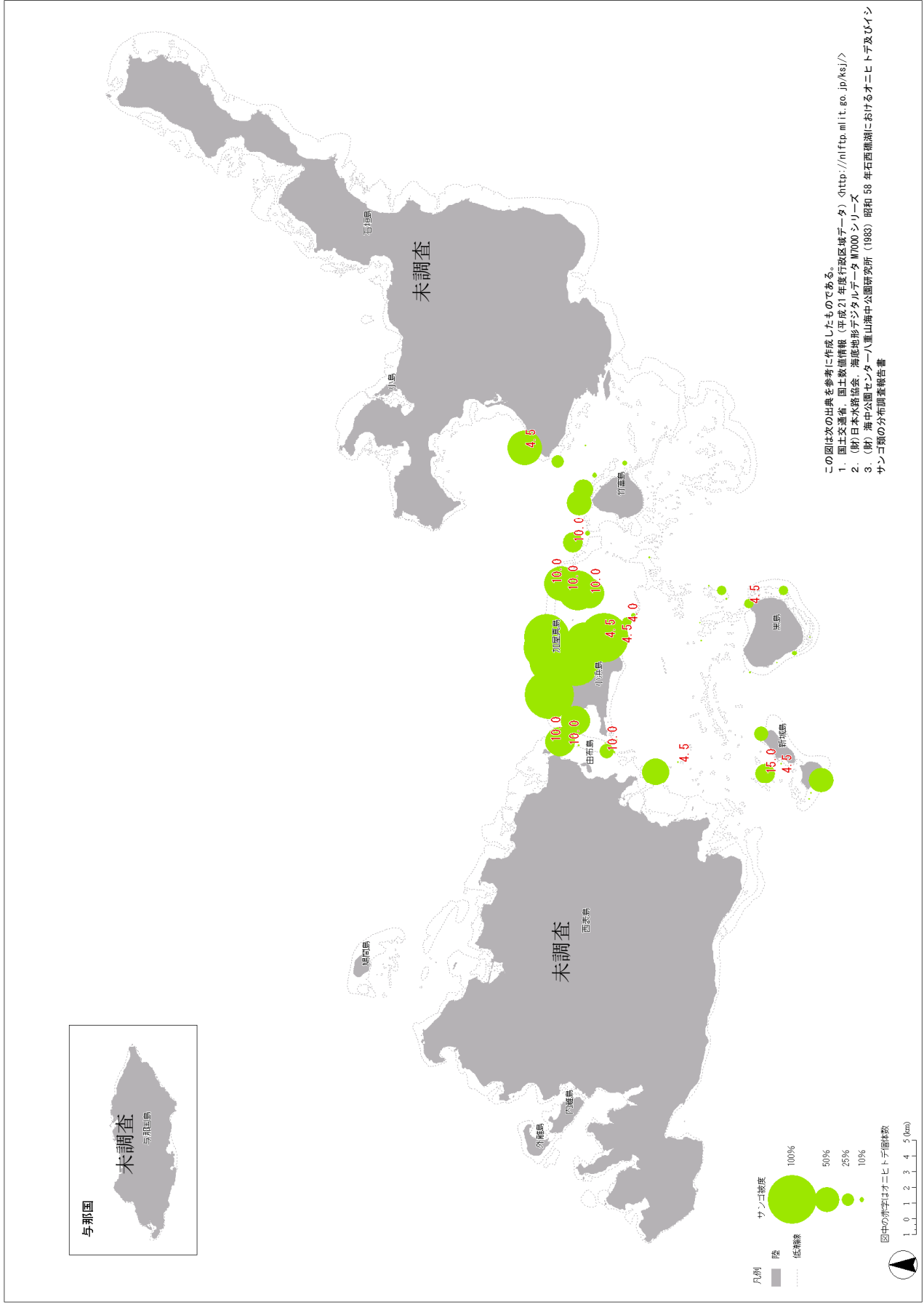


図 4-2-40. 1983 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.



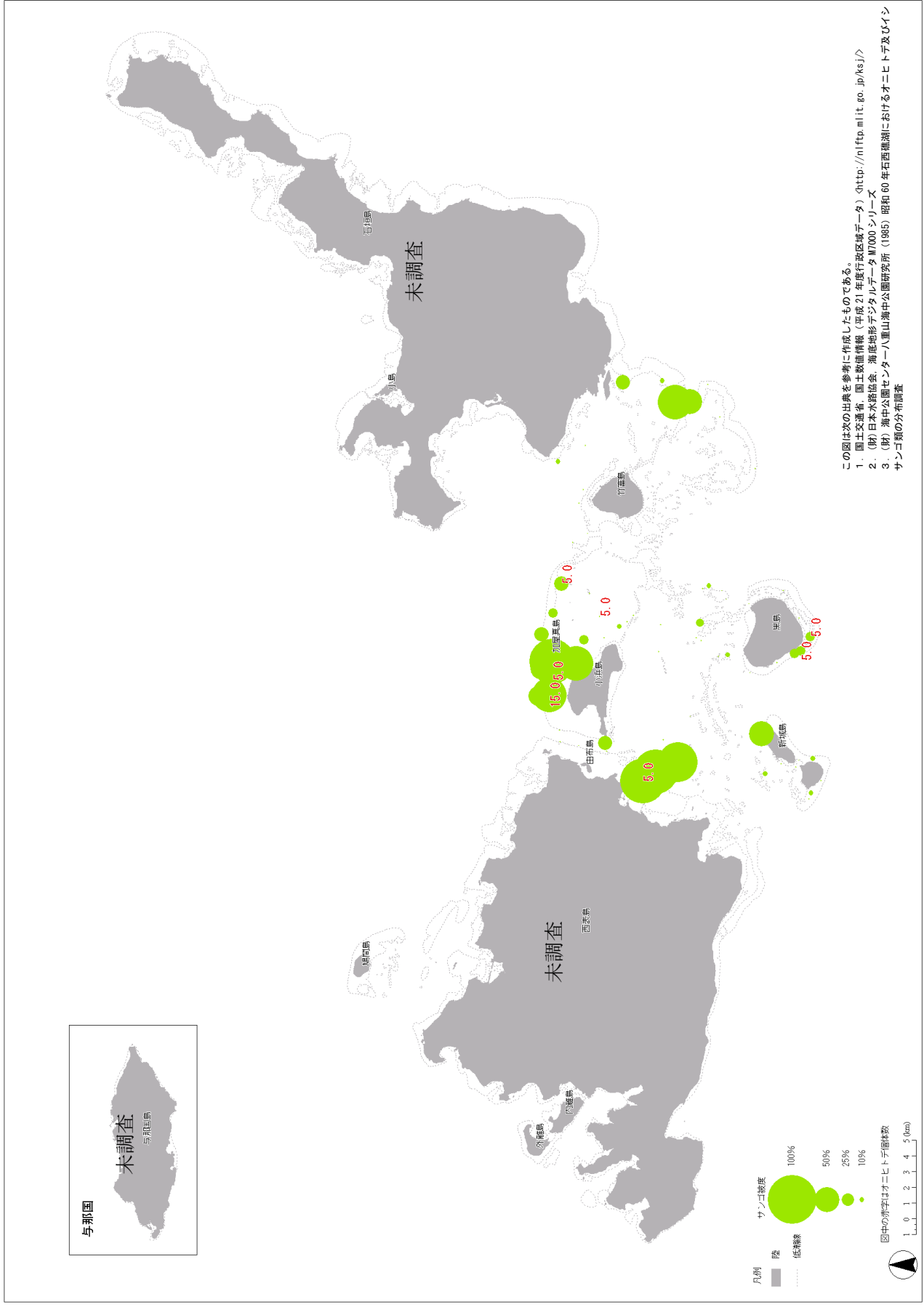


図 4-2-4-2. 1985 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。

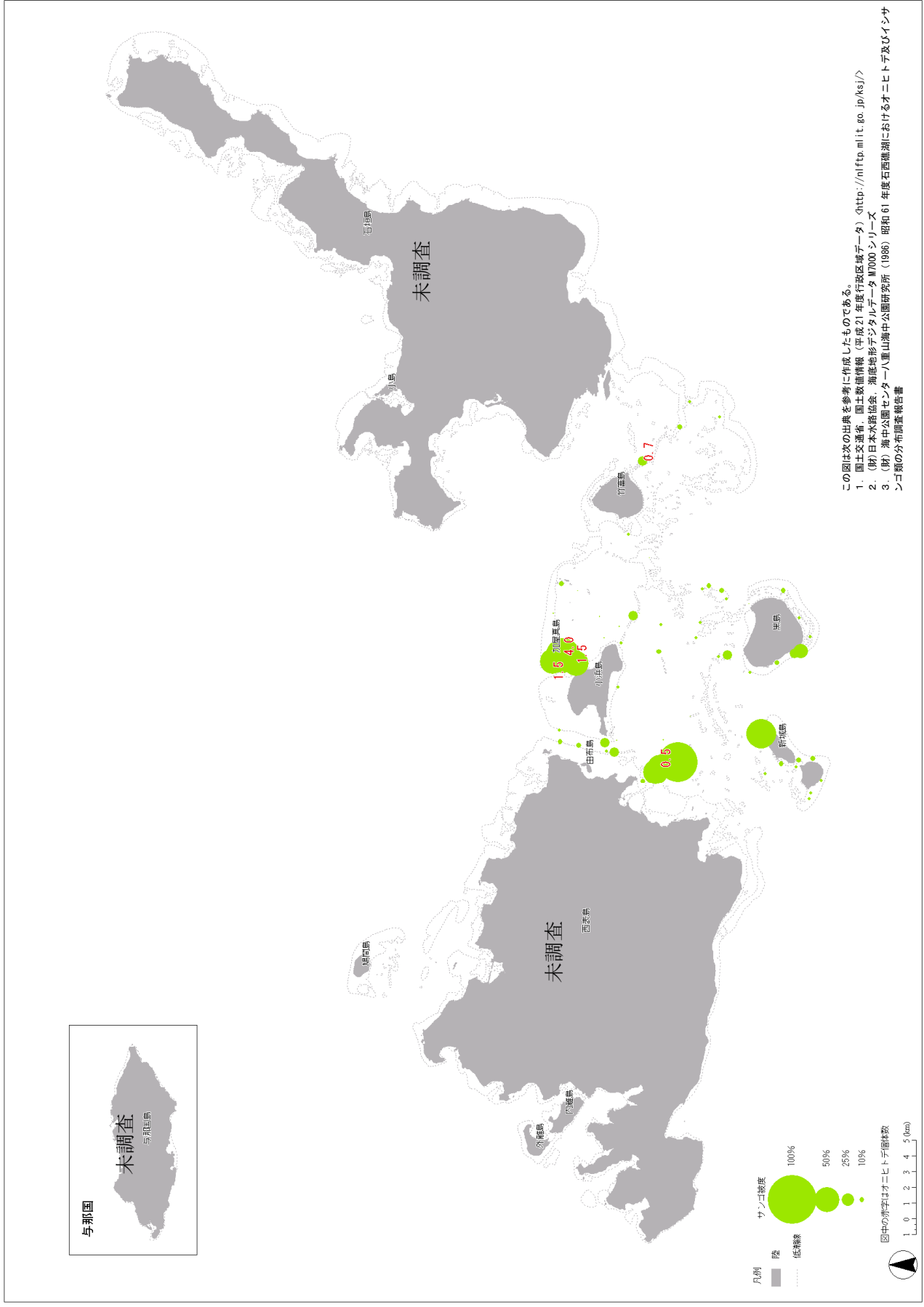


図 4-2-4-3. 1986 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。





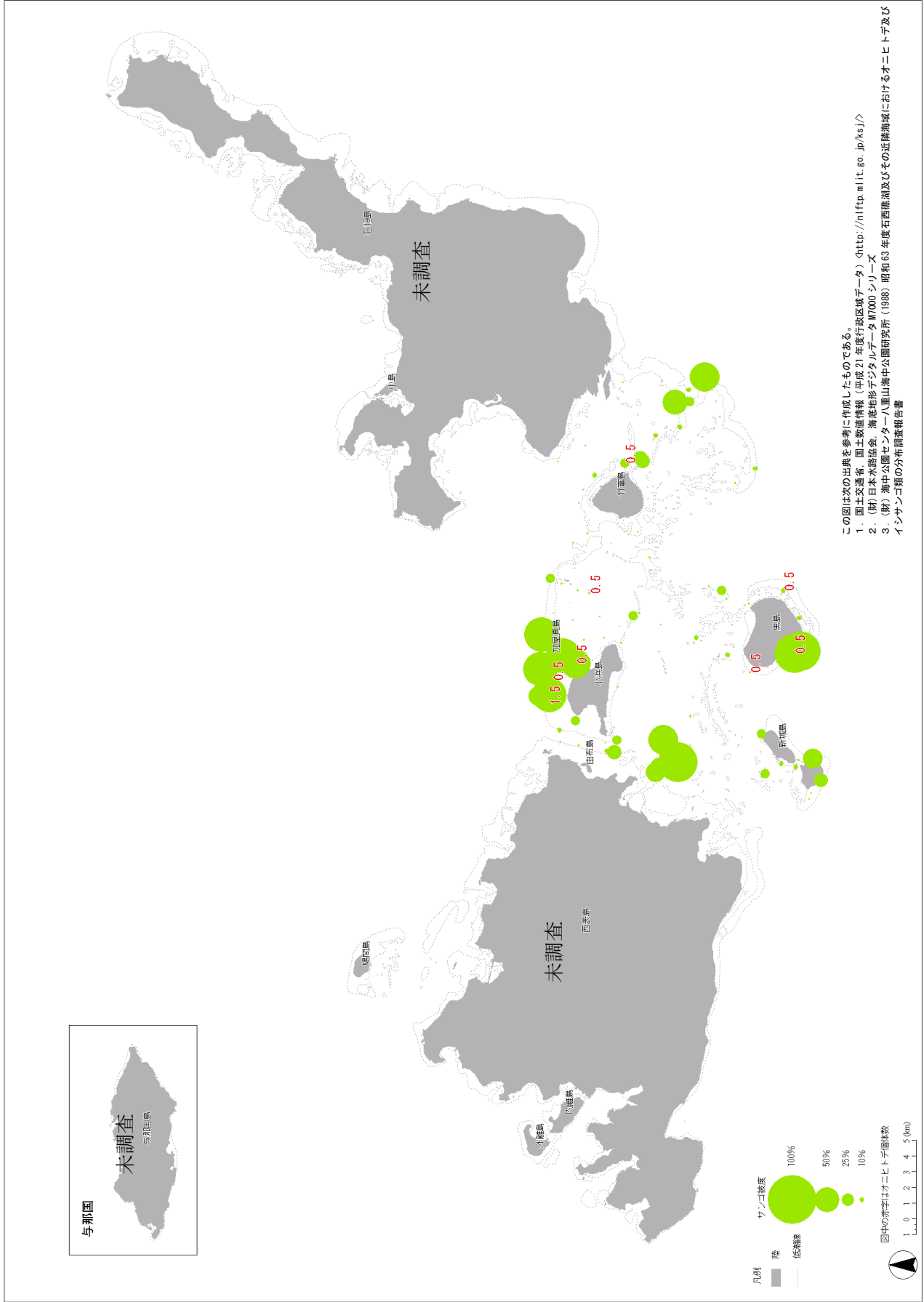


図 4-2-4-5. 1988 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。

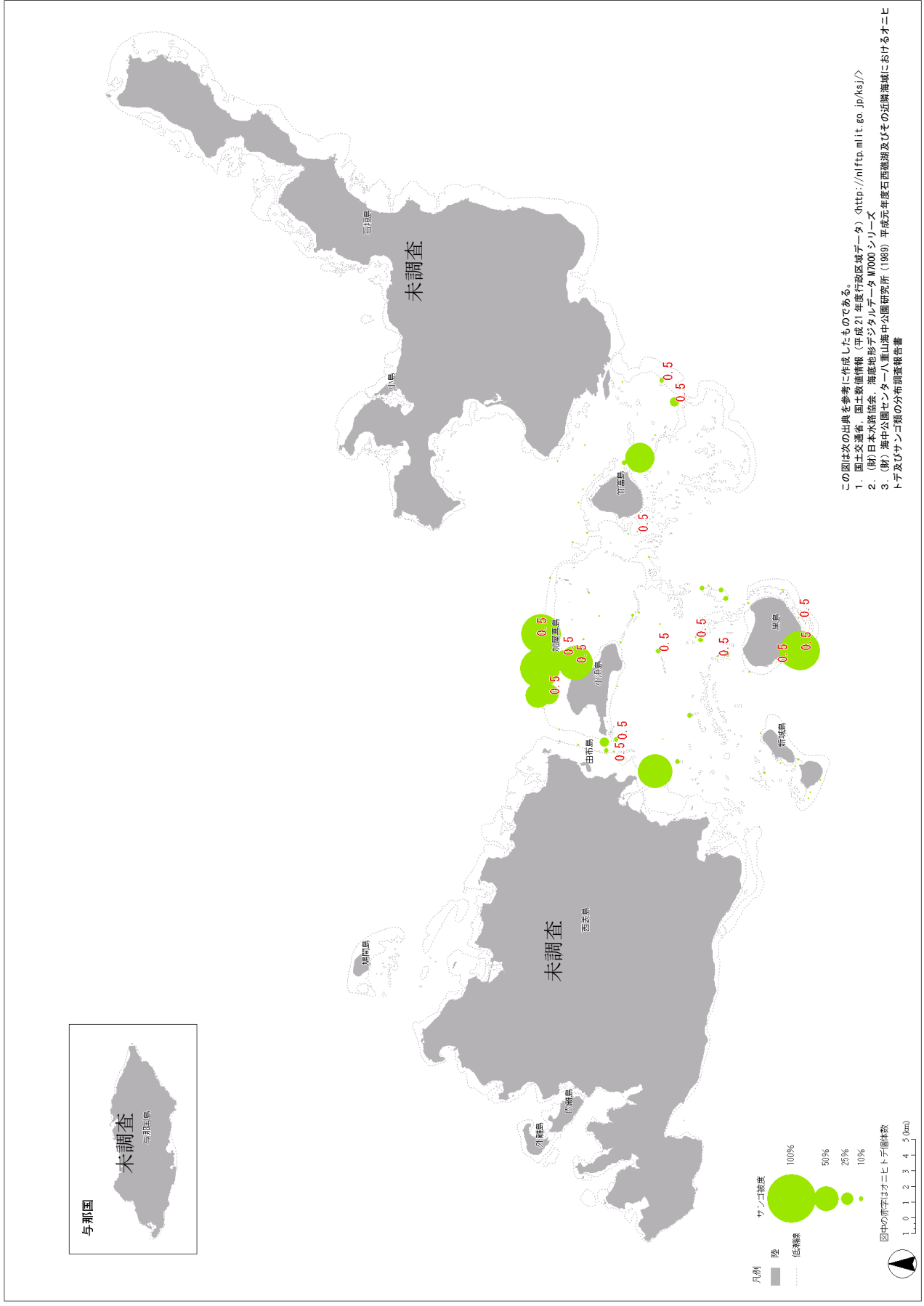


図 4-2-4-6. 1989 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数.







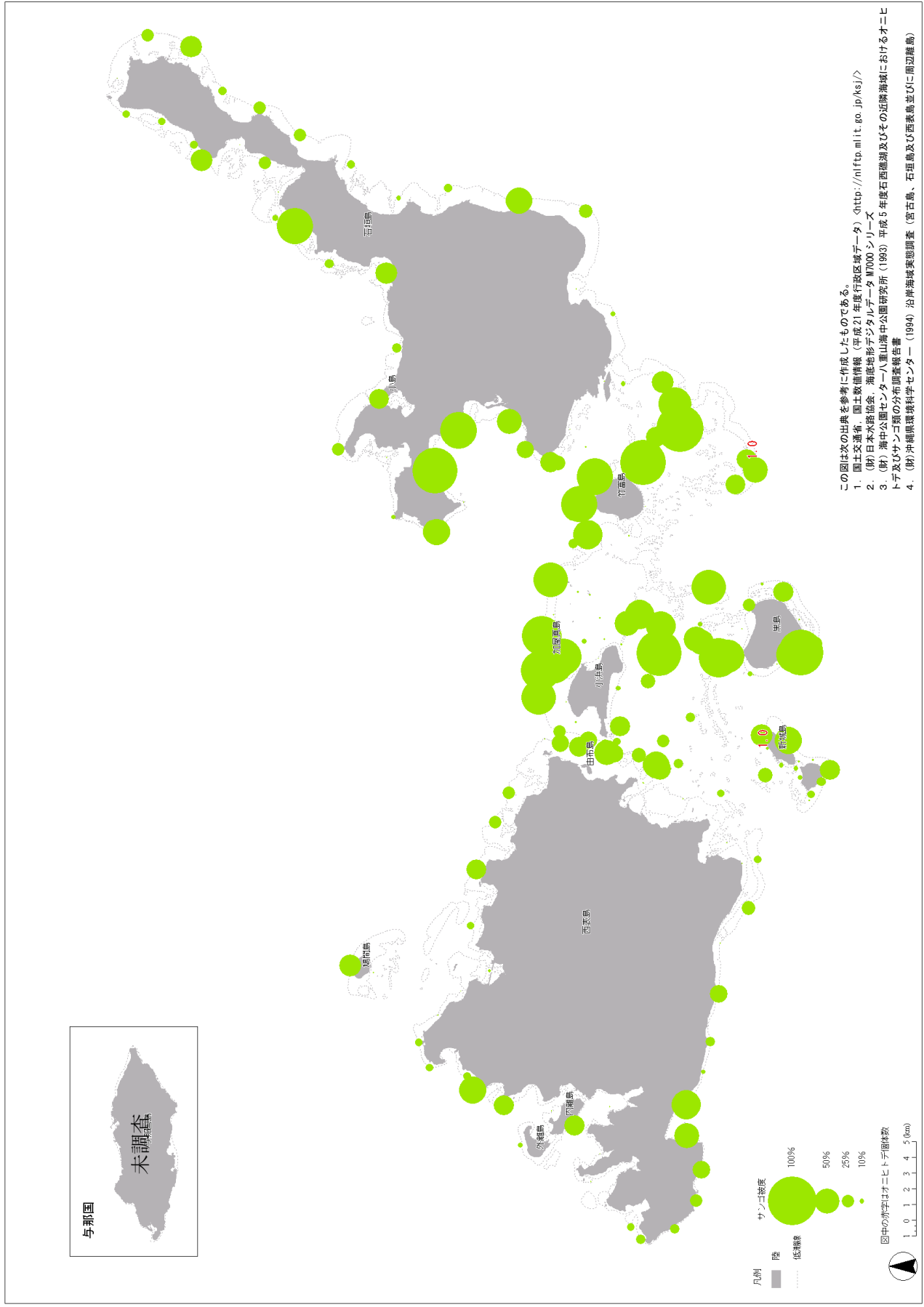


図 4-2-50. 1993 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。











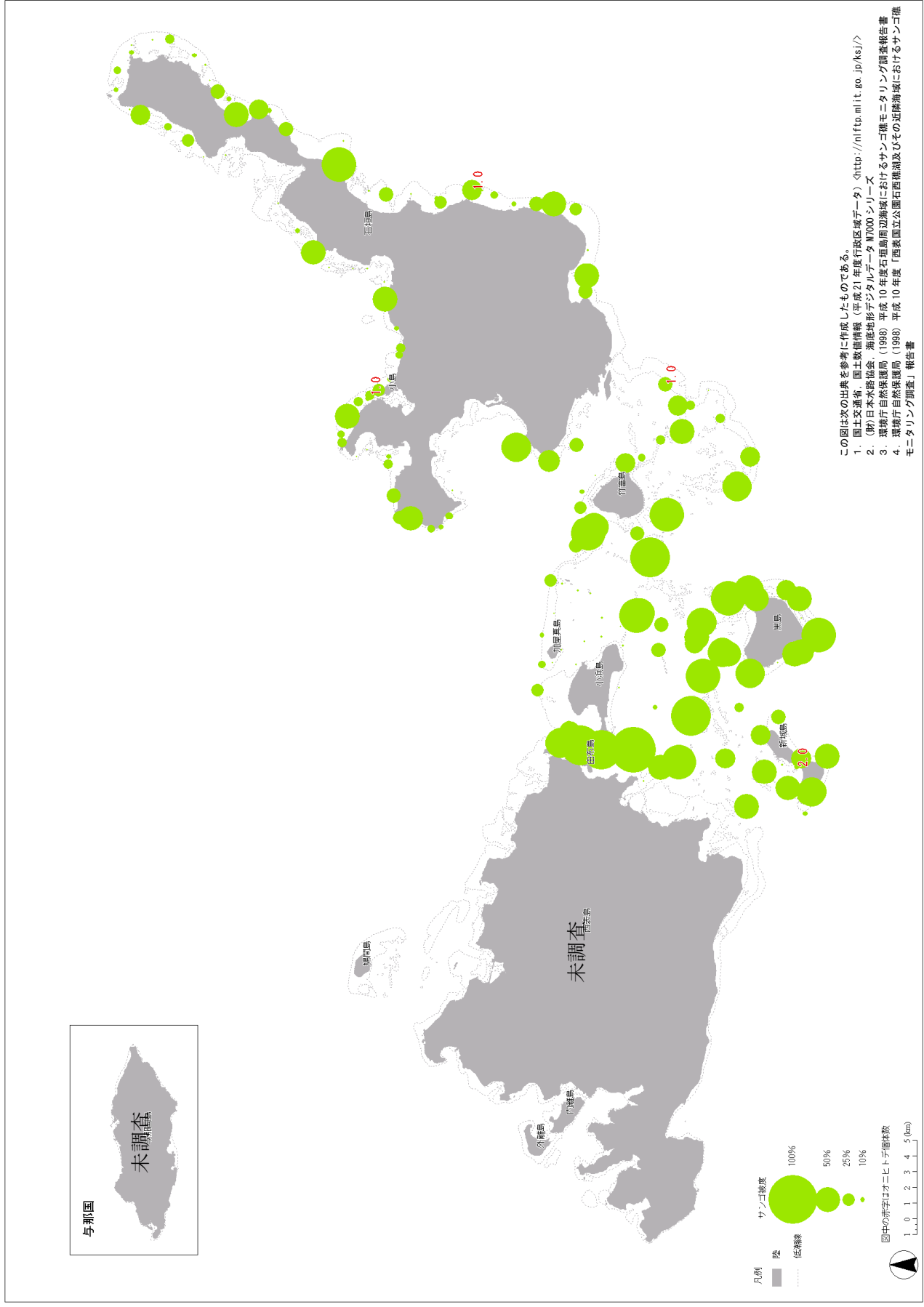


図4-2-5. 1998年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。

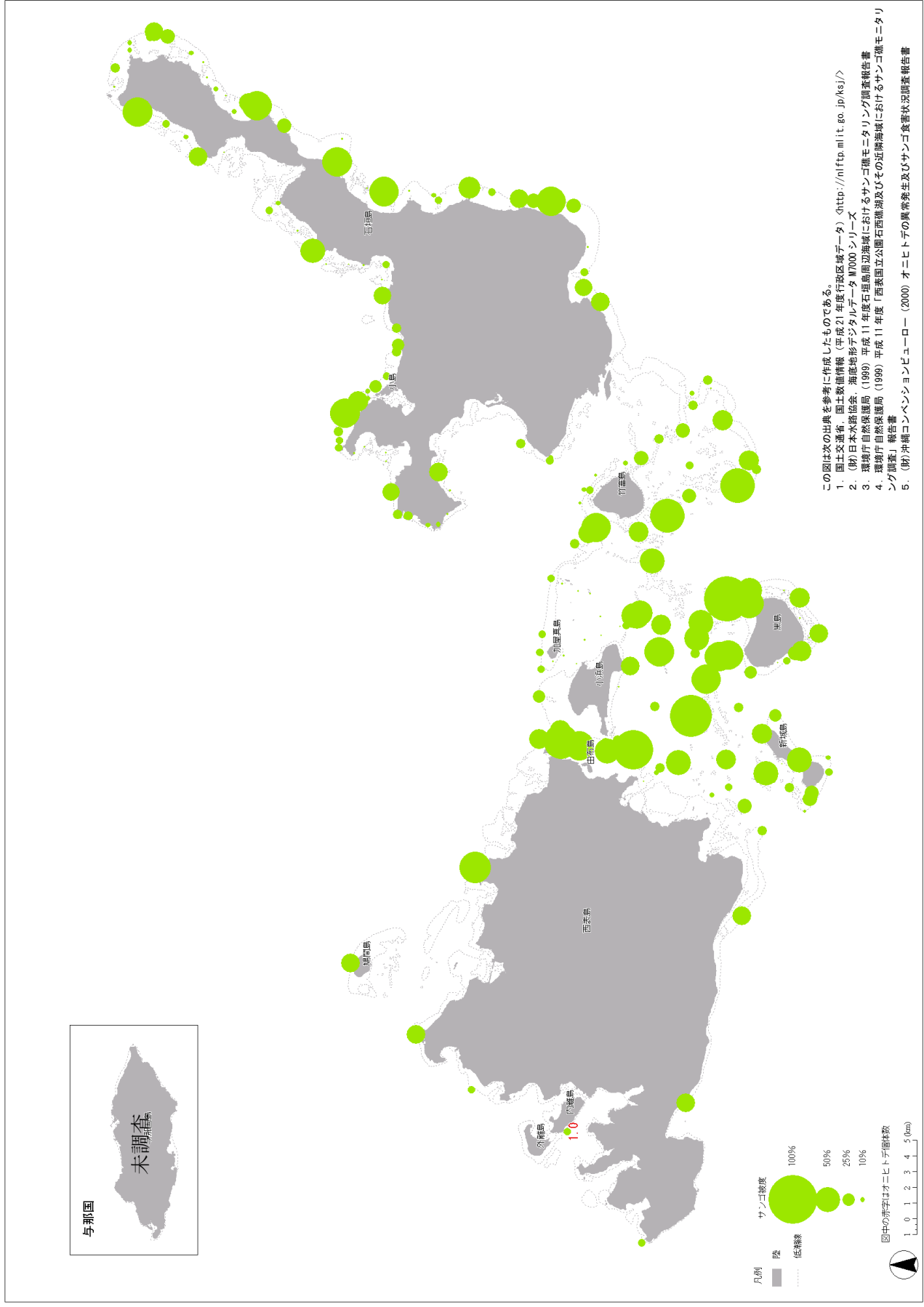


図4-2-5-6. 1999年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。



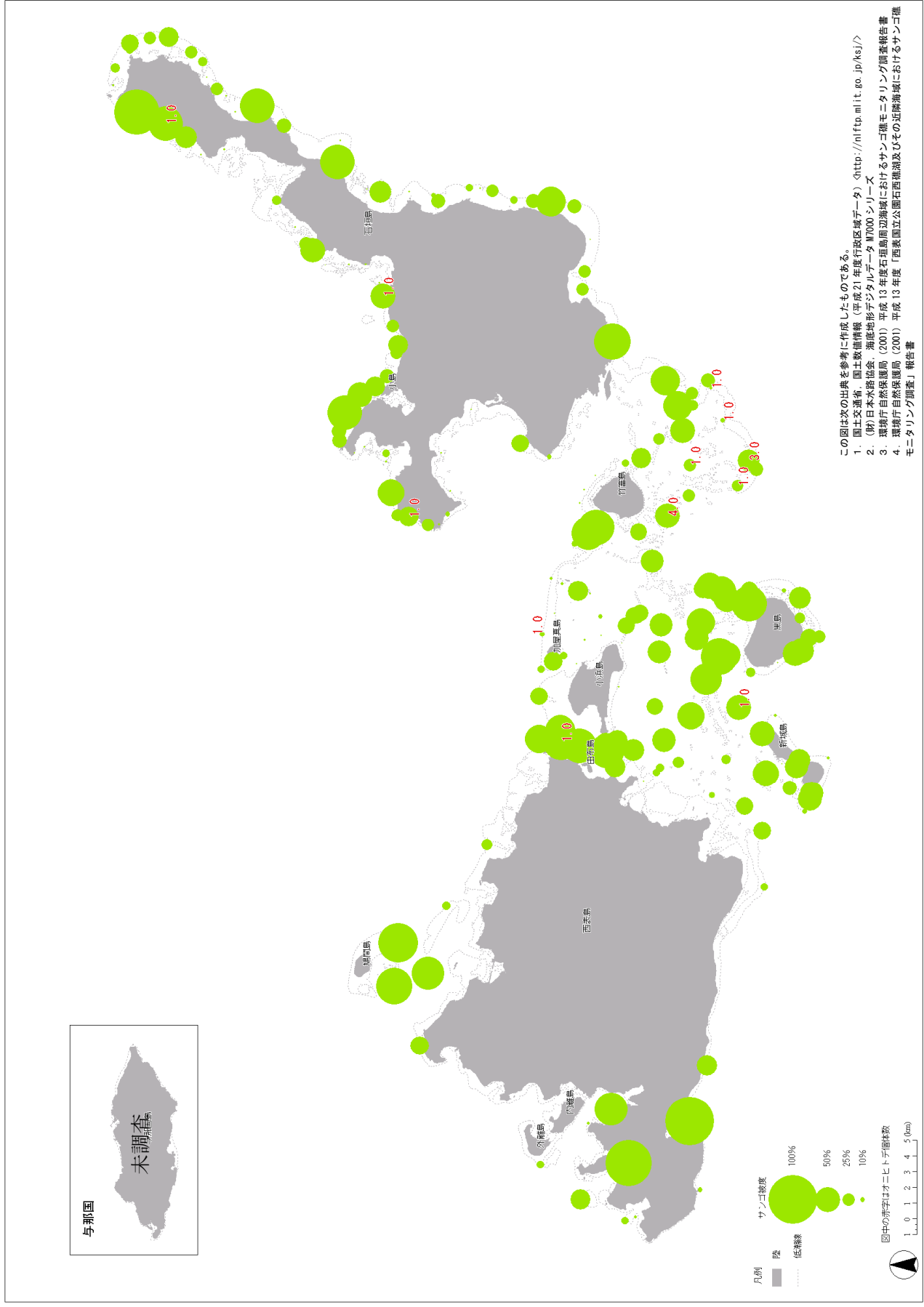


図 4-2-5-8. 2001 年に八重山地域で実施された調査のサンゴ被度とオニヒトデ個体数。