



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	日本のサンゴ被度データベースの作成と分析
Author(s)	中野, 有伸; 山野, 博哉; 藤井, 賢彦 他
Citation	日本サンゴ礁学会誌, 11(1), 109-129 https://doi.org/10.3755/jcrs.11.109
Issue Date	2009-12
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/56481
Type	journal article
File Information	JCRS11_109.pdf



原著論文

日本のサンゴ被度データベースの作成と分析

中尾有伸^{1,*}・山野博哉²・藤井賢彦^{1,**}・山中康裕¹

¹ 北海道大学大学院地球環境科学研究院 〒060-0810 札幌市北区北 10 条西 5 丁目

² 国立環境研究所地球環境研究センター 〒305-8506 茨城県つくば市小野川 16-2

* 現所属

独立行政法人国際協力機構 〒102-8012 東京都千代田区二番町 5-25 二番町センタービル

要旨 1970 年頃から日本各地でサンゴに関する様々なモニタリング調査が実施されている。しかし、その多くは調査方法や取得データのフォーマットが異なっており、調査結果の相互比較が困難という問題があった。このことを踏まえ、本研究では、サンゴの被度に関する報告書やモニタリングデータを収集し、統一的なフォーマットでデータベースを作成して分析を行なった。その結果、日本近海のサンゴ被度の経年変化は海域ごとに大きく異なることが示された。今後は、水温や天敵密度といった、サンゴ被度を左右するストレス要因に関するデータを同様に分析して被度変化と比較することで、ストレス要因がサンゴ被度に与える影響を海域ごとに定量的に評価することが可能になると考えられる。

キーワード モニタリング, サンゴ被度, ストレス要因, GIS, データベース

はじめに

近年, ReefBase (<http://www.reefbase.org>) をはじめとするサンゴ礁のデータベース化が進み, 世界規模でサンゴ礁の状況が明らかになりつつある。特に, 古くから研究やモニタリングが行われているカリブ海においては, 論文や報告書のデータを収集して統一的なデータベース化とメタ解析を行うことにより, 最近 30 年間の急激なサンゴ被度の低下が明らかになった (Gardner et al. 2003)。

こうした解析は日本のサンゴ被度の変化の解析にも有効であると考えられる。日本におけるサンゴに関するモニタリングは 1970 年頃から実施されている (中谷 2001; 木村 2004)。1969 年に沖縄で確認されたオニヒトデの大量発生はサンゴ礁に大きな被害を与え, 人々の関心を集めた。以来, オニヒトデの分布とサンゴ被度に関する調査が広範囲に実施されるようになり, 赤土や白化現象など他の攪乱要因に関しても, 各地で調査が行われている。

日本においてこれまで行われてきたモニタリング調査は, 異常を早期に発見するために広範囲を概括的に把握するモニタリング, オニヒトデや赤土, 白化など特定のストレス要因に注目し, その影響の評価及び回復を追跡するための, テーマを定めたモニタリング, 海中公園地区など特定の場所を対象にしたモニタリングなど, その目的も様々である。実施団体も, 国, 地方自治体, 研究者や NGO など多岐にわたり, 手法も目的に応じてスノーケリング及びスキューバによる観察, スポットチェック法, ボートに曳航された調査者が底質の目視観察を行うマンタ法, ライントランセクト法 (ライン・インターセプト・トランセクト法), コドラート法などの中から選択される。今まで実施された調査の多くは, 目的, 主体, 手法によって取得データのフォーマットが大きく異なっており, 調査結果の相互比較が困難という問題があった。

以上を踏まえ, 本稿では, サンゴ群集の健全度を表す指標として, サンゴの被度 (底質に対して生きているサンゴが占める割合) を用い, 日本のサンゴ被度の長期的な変化とストレス要因との関連性の分析を試みた。具体的には, サンゴ被度に関する報告書やモニタリングデータを収集し, 統一的なフォー

** 連絡著者

E-mail: mfujii@ees.hokudai.ac.jp

担当編集者: 野澤洋耕

マップで日本のサンゴ被度データベースを作成して分析を行い、海域ごとのサンゴ被度の変化を明らかにした。さらに、今後データベースの作成と分析を効率的に進めていくために考慮すべき点を、モニタリングの改善に向けた提言としてまとめた。なお、本稿では紙面の都合で割愛した、本研究に関する図表については、中尾（2009）を参照されたい。

方法

データベースの作成

過去 40 年間に政府機関、財団法人、NGO によって発行されたサンゴに関する資料（報告書及び公開されている地理情報システム（GIS）データ）を収集し、サンゴ被度（%）を含むモニタリング調査の結果をまとめた。収集した文献は（1）広域での概況モニタリング、（2）特定の海域を対象としたモニタリング、（3）特定のテーマに基づいたモニタリング、の 3 つに分類し、文献リストに記載した（表 1）。

本研究では、収集した 43 の資料（51 の調査）をデータベース化した。調査地点は GIS ソフト ArcView9.2 を用いて GIS データ化し、位置情報を付与した。地理座標が記載されていない地点に関しては、報告書の図を参考にマッピングを行った。

環境省の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 事業）によって取得されたデータを含む、「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」及び「石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査」の GIS データと併せて、被度の調査が行われた地点数は 9272 である。各地点の大半は一度しか調査されておらず、調査ごとにモニタリングの目的は異なっているため、取得データのフォーマットも多岐にわたるが、類似した調査項目に関しては、統一フォーマットに合わせて数値化し、その旨を注記した。データベースの調査項目と各項目の統一フォーマットの詳細を表 2 に記載した。

海域の区分

日本のサンゴ生息域は最寒月の最低水温 18℃ 線を境に、サンゴ群集だけが分布して地形としてのサンゴ礁を作らない海域と、サンゴ礁地形が分布する海域とに大別される（茅根ら 2004）。本研究では前

者を“高緯度サンゴ分布域”、後者を“サンゴ礁域”に区分した。さらに、日本のサンゴ礁（環境省・日本サンゴ礁学会 2004）、第 4 回自然環境保全基礎調査（環境庁自然保護局・海中公園センター 1994）で作成された地図を基に、日本の海域を、12 の大海域（図 1）及び 40 の中海域（表 3）に区分した。なお、今回のデータベース中には、大東諸島（大海域）及び粟国島、北大東島&南大東島、聳島列島（中海域）の調査地点は存在しなかった。

被度のフォーマットの統一

大半の調査は、スノーケリング及びスキューバによる観察、スポットチェック法、マンタ法、資料調査など被度を主観的に計測する手法を用いており、ライントランセクト法やコドラート法など客観的に計測する手法が用いられた地点は全体の 2.5% に過ぎない。また、マンタ法では、被度はカテゴリー分けされた区分に従って 3~5 段階評価で記録されている。このように、サンゴ被度の計測方法や区分範囲は調査ごとに大きな差異が見られたため、被度に関しては中間値（例えば、被度カテゴリー 1=0~24% の場合は 12% とした）をデータベースの項目に加え、それを用いて分析を行った。

結果

前節で示された方法に従って作成されたデータベースに基づき、“高緯度サンゴ分布域”と“サンゴ礁域”に関する結果について述べる。

調査地点数の差異

データベースを作成し、海域を区分した結果、年、海域ごとの調査地点数の差異が明らかになった（図 2, 3）。地点数は、1990~1992 年、1995~1996 年の自然環境保全基礎調査等、広域でのモニタリング調査が実施された年に集中した。10 年単位で見ると、1970 年代に 143 地点、1980 年代に 717 地点、1990 年代に 5737 地点、2000 年代に 2675 地点で、90 年代が全体の半数以上を占めた。

大海域（12 海域）ごとに比較すると、“高緯度サンゴ分布域”に比べ“サンゴ礁域”の地点数が多く、特に、八重山群島は 4817 で、全体の半数近い調査地点数を占めている。中海域で比較しても、海域ご

との地点数の差異は顕著で、特定の海域に調査が偏っていた（図4）。

“高緯度サンゴ分布域”と“サンゴ礁域”の被度変化

“高緯度サンゴ分布域”と“サンゴ礁域”では、被度の変化に差異が見られた（図5）。“サンゴ礁域”の被度は、1970年代に40%以上から20%以下にまで急減した。その後は小刻みな増減はあるものの、20%前後で推移し続けたが、1990年代前半に急増し、1990年代半ばにはその被度は40%に達した。その後減少傾向に転じ、1990年代末にその被度は20%まで低下したが、1990年代末から2000年代半ばまでは再び増加し、40%を超えるようになった。しかし、2000年代後半には再び急減し、現在は20%程度にまで低下した。カリブ海におけるサンゴ被度が過去35年間で50%から10%へと著しい減少傾向を示した（Gardner et al. 2003）のに比べると、日本の“サンゴ礁域”における被度は概ね20%～40%の間で増加と減少を繰り返しているのが特徴的と言える。

一方、“高緯度サンゴ分布域”の被度は、1970年代末に10%未満だったのが年とともに上昇し、1980年代末には60%を超える被度が見られた。しかし、1990年代に入ると被度は短期間に急減し、1992年には10%を下回るまでになった。しかし、翌1993年には60%を超えるまでに急激に回復し、その後は現在に至るまで、小規模な増減を繰り返しながらも減少傾向を示し、2000年代後半になると30%以下で推移した。

考察

日本のサンゴは、(1) 1970年代から1980年代にかけて琉球列島で起こったオニヒトデの大発生、(2) 1970年代から1980年代の沖縄島での振興開発に伴う赤土流出、(3) 1998年の高水温による世界的な白化現象、(4) 2000年代に入って奄美大島や慶良間諸島で起こっているオニヒトデの大発生により、大きな攪乱を受けてきた（木村 2004）。

(1) は八重山群島、沖縄諸島、奄美群島、九州、四国、紀伊半島、三宅島など各海域で生じており（沖縄県観光開発公社 1976; Yamaguchi 1986）、(2) と共に、“サンゴ礁域”における1970年代のサンゴ

被度の激減をもたらした原因と考えられる（図5）。

1997年から1999年の“サンゴ礁域”での、37%から22%への被度の減少は、エルニーニョ現象に伴う海水温上昇による(3)の影響と考えられるが、“高緯度サンゴ分布域”では1996～1999年の間に被度は35%から53%へと増加傾向で、その影響は認められなかった。1998年には、“高緯度サンゴ分布域”の和歌山でも白化現象が確認されている（御前 2000）が、全体の被度には影響していない。

(4) に関しては、(1) のような爆発的な個体数の増加は起こっていないが、八重山群島、沖縄周辺離島や奄美諸島、九州、四国、紀伊半島で大発生の再来が危惧されており（環境省自然環境局 2003），“高緯度サンゴ分布域”の2001年以降の被度の減少の要因の一つと考えられる。一方、“サンゴ礁域”では、2000年代前半は増加傾向にあり、その影響は認められなかった。

以上の分析により、サンゴ被度を左右する攪乱要因は年代によっても、海域によっても大きく異なることが示唆された。さらに中尾（2009）は、同じ“高緯度サンゴ分布域”或いは“サンゴ礁域”に属していても、被度及びその攪乱要因の時間推移は海域によって大きく異なることを、各海域におけるこれらの結果の比較を通じて結論づけている。例えば、八重山群島という同じ大領域に属する海域でも、中海域で見ると、白化の影響は石西礁湖や西表島より石垣島の方が高い。これは、石垣島で盛んに行なわれてきた農地開発をはじめとする人為起源による赤土流出による影響と考えられている（大見謝 2004）。つまり、大きく異なる被度変化を示す海域では、各地の人口や農地の規模など、人為的なストレス要因の影響を同定することが特に重要である。

本研究で得られた結果は、白化現象による衰退が深刻視されている“サンゴ礁域”で被度が増加傾向にある一方、地球温暖化に伴う水温上昇によるサンゴの種数の増加（宇井 2000）が確認されている“高緯度サンゴ分布域”で被度が減少傾向にあるという、当初の予想と異なるものとなった。“サンゴ礁域”では、1970年代から1980年代にかけてのオニヒトデ大発生以降、つまり1990年代以降にその被度が20%を下回ったことはなく、増加傾向にある（図5）。つまり、夏の高水温という一時的なストレスで生じる白化現象よりも、継続して数年間被害を与える天敵の大発生の方が、この海域の被度に与え

表 1 データベース化した資料のリスト
Table 1 List of bulletin reports and monitoring data compiled in the database in this study

広域での概括モニタリング
行政

資料番号	資料名	発行年度	発行者
1	サンゴ礁調査報告書(干潟, 養場, サンゴ礁調査)第3巻サンゴ礁	1994	環境庁自然保護局, 財団法人海中公園センター
2	原票・未製本報告書(http://www.biodic.go.jp/reports/reefindex.html)	1990~1992	各都道府県
3	第4回(海域生物環境調査)サンゴ調査ポリゴンデータ(http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html)	不明	不明
4	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査総合報告書	1998	環境庁自然保護局
5	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(長崎)	1996	環境庁自然保護局, 長崎県
6	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(東京)	不明	環境庁自然保護局, 東京都
7	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(千葉)	1995	環境庁自然保護局, 千葉県
8	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(三重)	不明	環境庁自然保護局, 三重県
9	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(和歌山)	不明	環境庁自然保護局, 和歌山県
10	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(高知)	不明	環境庁自然保護局, 高知県
11	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(愛媛)	不明	環境庁自然保護局, 愛媛県
12	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(宮崎)	不明	環境庁自然保護局, 宮崎県
13	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(熊本)	1996	環境庁自然保護局, 熊本県
14	第5回自然環境保全基礎調査海辺調査海域環境調査報告書(鹿児島)	1996	環境庁自然保護局, 鹿児島県
15	第5回(海辺調査)サンゴ調査ポリゴンデータ(http://www.biodic.go.jp/kiso/fnd_f.html)	不明	不明
16	海域自然環境保全基礎調査重要沿岸域生物調査報告書(平成10年/全国版)	1998	環境庁自然保護局
17	海域自然環境保全基礎調査重要沿岸域生物調査報告書(平成11年/全国版)	1999	環境庁自然保護局生物多様性センター
18	海域自然環境保全基礎調査重要沿岸域生物調査報告書(平成12年/全国版)	2000	環境庁自然保護局生物多様性センター
19	海域自然環境保全基礎調査重要沿岸域生物調査報告書(平成13年/全国版)	2001	環境庁自然保護局生物多様性センター
20	沿岸海域実態調査(沖縄島及び周辺離島)報告書	1993	財団法人沖縄環境科学センター
21	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)報告書	1994	財団法人沖縄環境科学センター
ボランティア/NGO			
資料番号	資料名	発行年度	発行者
22	リーフチェック活動10周年報告書	2007	NPO 法人コーラルネットワーク
23	リーフチェックジャパンホームページ(http://www.reefcheck.jp/)	不明	

特定の場所を対象としたモニタリング

資料番号	資料名	発行年度	発行者
24	平成10年度生態系多様性地域(崎山自然環境保全地域)調査報告書	1999	環境庁自然保護局
25	生態系多様性地域調査(西表国立公園海中公園地区)報告書	1999	財団法人海中公園センター
26	マリンバビリオン(vol.32, No.5, 2003)	2003	串本海中公園センター
27	マリンバビリオン(vol.33, No.1, 2004)	2004	串本海中公園センター
28	平成15年度奄美地区自然再生推進計画調査(海域調査)報告書	2004	環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所
29	平成16年度奄美地区自然再生推進計画調査(海域調査)報告書	2005	環境省自然環境局山陽四国地区自然保護事務所
100	昭和58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	1983	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
101	昭和59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	1984	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所

表 1 続き

102	昭和 60 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	1985	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
103	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	1986	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
104	昭和 62 年度石西礁湖及びその周辺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	1987	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
105	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サンゴ類の分布調査報告書	1988	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
106	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	1989	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
107	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	1990	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
108	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	1991	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
109	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	1992	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
110	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	1993	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
111	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	1994	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
112	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	1995	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
113	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	1996	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
114	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	1997	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
115	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	1999	環境庁自然保護局, 財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
116	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	2000	環境庁自然保護局, 財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
117	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	2000	環境庁自然保護局, 財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
118	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	2002	財団法人海中公園センター, 八重山海中公園研究所
119	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	2003	環境省自然環境局
120	平成 15 年度西表国立公園石西礁湖及び近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書	2004	不明
121	平成 16 年度西表国立公園石西礁湖及び近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査報告書	2005	環境省自然環境局, 財団法人自然環境研究センター
122	平成 17 年度西表国立公園石西礁湖及び近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査ポリゴンデータ	不明	不明
123	平成 18 年度西表国立公園石西礁湖及び近隣海域におけるサンゴ礁モニタリング調査ポリゴンデータ	不明	不明
124	平成 19 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	1999	環境庁自然保護局, 有限会社海遊
125	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	2000	環境庁自然保護局, 有限会社海遊
126	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	2000	環境庁自然保護局, 有限会社海遊
127	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	2001	環境省自然保護局, 有限会社海遊
128	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	2002	環境省自然環境局, 財団法人自然環境研究センター
129	平成 15 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ポリゴンデータ	不明	不明
130	平成 16 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ポリゴンデータ	不明	不明
131	平成 17 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ポリゴンデータ	不明	不明
132	平成 18 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ポリゴンデータ	不明	不明

特定のデューマに基づいたモニタリング

オニヒトデ(天敵)

資料番号	資料名	発行年度	発行者
30	オニヒトデのサンゴ礁生物群に与える影響(オニヒトデ大発生に関して)	1976	財団法人沖縄県観光開発公社

表 1 続き

31	奄美群島における海中生態系の異変現象の緊急調査報告書	1986	財団法人海中公園センター
32	海中公園地区等におけるシロレイシガイダマシ類によるサンゴ群集被害実態緊急調査報告書	1991	財団法人海中公園センター
33	平成 14 年度海中公園地区等保全活動事業報告書	2003	環境省自然環境局
34	平成 19 年度石西礁湖オニヒトデ分布調査	2007	環境省那覇自然環境事務所, 株式会社イーエーシー
海中公園等整備			
資料番号	資料名	発行年度	発行者
35	長崎県海中公園学術調査報告書	1971	長崎県
36	吉野熊野国立公園熊野灘二木島海中公園調査報告書	1979	財団法人海中公園センター
37	恩納海岸保全整備計画調査報告書	1982	環境庁自然保護局, 財団法人国立公園協会
38	小笠原海中公園基本設計調査報告書	1987	東京都, 財団法人海中公園センター
39	海中公園地区候補地調査報告書	1994	環境庁自然保護局瀬戸内海国立公園管理事務所
赤土			
資料番号	資料名	発行年度	発行者
40	サンゴ礁生態系保全調査報告書	1996	財団法人沖縄環境科学センター
41	石垣島サンゴ群生地被害実態・原因究明緊急調査報告書	2002	環境省自然環境局
白化			
資料番号	資料名	発行年度	発行者
42	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	1999	水産庁西海区水産研究所
43	サンゴ礁に関する調査研究報告書	2001	財団法人亜熱帯総合研究所
広域での概括モニタリング			
行政			
調査番号	調査名	調査年	備考
1	第 4 回自然環境保全基礎調査サンゴ礁調査	1989～1992	
2	第 5 回自然環境保全基礎調査海辺調査	1995～1996	
3	海域自然環境保全基礎調査サンゴ群集生物調査	1997～2000	
4	沿岸海域実態調査	不明	
5	沿岸海域実態調査(モデル地区調査)	不明	
4	沿岸海域実態調査	1993	
5	沿岸海域実態調査(モデル地区調査)	不明	
ボランティア/NGO			
調査番号	調査名	調査年	備考
6	リーフチェック(1997 年)	1997	
7	リーフチェック(1998 年)	1998	
8	リーフチェック(1999 年)	1999	
9	リーフチェック(2000 年)	2000	
10	リーフチェック(2001 年)	2001	
11	リーフチェック(2002 年)	2002	
12	リーフチェック(2003 年)	2003	
13	リーフチェック(2004 年)	2004	

表 1 続き

14	リーフチェック(2005 年)	2005	
15	リーフチェック(2006 年)	2006	
特定の場所を対象としたモニタリング			
調査番号	調査名	調査年	備考
16	生物多様性地域(崎山自然環境保全地域)調査	1997	
17	生態系多様性地域調査(西表国立公園海中公園地区)	1998	
18	串本サンゴ概況調査	2003	結果が広域のため第 5 回基礎調査の地点を適用
18	串本サンゴ概況調査	2003	結果が広域のため第 5 回基礎調査の地点を適用
19	拡張区域(宗呂川河口域)を含む調査海域全体のサンゴ分布概況	2003	
20	サンゴの分布状況:爪白地先にある高被度のサンゴ群集の精査	2004	
21	平成 14 年度足摺宇和海国立公園竜串海中公園地区の保全活用に伴う竜串集団施設地区の管理方針検討調査	2002	
22	高知県西南部豪雨後のサンゴ及び底生生物相の動態の把握	2005	
100	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	1983	GIS データ提供:環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンター
101	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	1984	
102	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	1985	
103	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	1986	
104	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	1987	
105	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	1988	
106	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	1989	
107	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	1990	
108	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	1991	
109	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	1992	
110	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	1993	
111	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	1994	
112	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	1995	
113	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	1996	
114	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	1997	
115	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	1998	
116	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	1999	
117	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	2000	
118	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	2001	
119	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	2002	
120	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	2003	
121	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	2004	
122	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	2005	
123	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	2006	
124	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	1998	
125	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	1999	

表 1 続き

126	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2000	
127	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2001	
128	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2002	
129	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2003	
130	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2004	
131	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2005	
132	石垣島周辺海域におけるサンゴ礁モニタリング調査	2006	
特定のテーマに基づいたモニタリング			
オニヒトデ(天敵)			
調査番号	調査名	調査年	備考
23	オニヒトデ調査全域調査(1972年)	1972	環境庁(1973)浅海における海中の生態系に関する研究.オニヒトデ異常発生メカニズムとその対策に関する研究.74pp.;Nishihira and Yamamoto (1974) Human interference with the coral reef community and Acanthaster infestation of Okinawa. Proc.2nd Int.Coral Reef Symp.,1:577-590 で詳細に報告
24	オニヒトデ分布調査	1976	1972年の調査地点から37を再調査し,新たに3地点をもうけた
25	サンゴ及びデルピオス広域分布調査	1986	
26	概況調査	1991	
27	串本海域オニヒトデ調査	2003	
28	串本海中公園資質調査	2003	
29	オニヒトデ分布調査及びサンゴ現況調査	2003	
30	オニヒトデ分布状況調査	2003	
31	笠利半島東海岸海中公園地区周辺海域オニヒトデ簡易調査	2003	
32	摺子崎海中公園地区周辺海域オニヒトデ簡易調査	2003	
33	瀬戸内海中公園地区周辺海域オニヒトデ簡易調査	2003	
34	亀徳海中公園地区周辺海域オニヒトデ簡易調査	2003	
35	与論海中公園地区周辺海域オニヒトデ簡易調査	2003	
36	瀬戸内海中公園地区周辺海域における詳細調査サンゴ調査	2003	
37	石西礁湖におけるオニヒトデの広域簡易調査	2003	
38	石西礁湖と石垣島南部におけるオニヒトデ駆除調査	2003	
39	平成17年度石西礁湖オニヒトデ分布調査	2005	
40	平成18年度石西礁湖オニヒトデ分布調査	2006	
41	平成19年度石西礁湖オニヒトデ分布調査	2007	
海中公園等整備			
調査番号	調査名	調査年	備考
42	長崎県五島地区海中公園地区学術調査及び利用計画	1970	
43	吉野熊野国立公園熊野灘二木島海中公園調査	1978	
44	恩名海岸保全整備計画調査	1981	図から調査地点が読み取れないためGIS化できず

表 1 続き

45	海中景観調査	1986	
46	足摺宇和海国立公園海中公園地区の新規候補地基礎調査	1993	
赤土			
調査番号	調査名	調査年	備考
47	サンゴ礁生態系保全調査	1995～1996	
48	石垣島藤川河口周辺海域のハマサンゴ被害調査	2001	
白化			
調査番号	調査名	調査年	備考
49	八重山諸島の石垣島周辺部でのサンゴ白化状況の把握	1999	報告書 p105 の調査年に誤りあり
50	現況調査(1999 年)	1999	
51	現況調査(2000 年)	2000	

※ 石西礁湖及び石垣島モニタリング調査の GIS データ(国際サンゴ省研究・モニタリングセンター提供)の資料番号は 100 番台とした

る影響が大きい可能性が示唆される。

日本の“サンゴ礁域”における被度は、大規模な攪乱による減少と回復を繰り返しており、過去 35 年間で 50% から 10% へと被度が著しく減少したカリブ海のサンゴ礁 (Gardner et al. 2003) と比較すると、被度が保たれていると言える。今回の結果は、予察的に環境条件の異なる地点 (例えば礁斜面と礁池) 全てを含めて平均した値である。よって今後は、観測点の分布やモニタリングの方法による違いから生ずるデータの不確実性を極力小さくすると共に、取得されたデータを環境条件によって区分し、サンゴの大規模な攪乱要因と被害からの回復過程を明らかにすることにより、今後のサンゴの保全に向けた指針を提示することが求められる。

提言

近年、日本のサンゴの変化に関して、環境教育者・行政 (環境省)・研究者のネットワークを活用して広範囲にわたって情報を収集する試みが成功を収めつつある (山野ら 2007)。また、2008 年には国際サンゴ礁年 2008 を契機として、科学者・教育者・ダイビング業者・NGO 関係者による、市民にサンゴの情報提供を呼びかける「日本全国みんなで作るサンゴマップ」の取り組みが始まった (浪崎ら 2008)。

ネットワークの構築と幅広いデータの収集・共有は今後のサンゴ研究及び保全を進める上で非常に重要である。しかし、各方面から得られたデータの有効活用に向けては、モニタリング方法や調査項目、取得データのフォーマットを統一する (標準的、継続的な手法でデータを蓄積する) 必要がある。データベースの作成と分析を効率的に進めていくためにどのような点を考慮すべきかを、本研究を通じて得られた結果を基に、今後のモニタリングの改善に向けた提言として以下のようにまとめた。

取得データの相互比較・検討を行うことを念頭に置いてモニタリングを行なう場合に留意すべき点として、

- (1) モニタリング手法、取得データのフォーマットをできる限り統一する
 - (2) 調査の海域、年ごとの偏りを少なくする
- の 2 つが挙げられる。

表 2 データベースの調査項目。各報告書の調査結果をすべて網羅するようにデータベースの項目を設定した。同一の項目でもフォーマットや単位が異なる結果に関しては、それらをできる限り数値化し、統一した。サンゴの生育型ごとの被度など、データベースに含めるには膨大な項目に関しては、そのデータの有無のみを記載した

Table 2 List of parameters in the database in this study. The parameters were selected to cover all the results from bulletin reports and monitoring data compiled in this study. Same parameters with different format or unit were digitalized and unified the format or unit as far as possible. The presence of additional parameters such as coral cover by each growth type is also described in the list

No	項目	単位(統一後)	形式	カラム名	統一フォーマットの詳細
1	ID (海域コード+調査コード+地点番号)		整数	ID	海域コード+調査コード+地点番号
2	大区域		整数	area_L	12 の大海域
3	中区域		整数	area_M	40 の中海域
4	海中公園地区	地区内=1, 外=0	整数	MPA	調査地点が海中公園地区内か地区外か
5	海域コード		整数	area_code	海域コード, 第 4 回自然環境基礎調査のコードを使用
6	海域名		テキスト	Res_area	海域名, 第 4 回自然環境基礎調査の海域名を使用
7	調査コード		整数	Res_code	補遺 A3 に記載の調査番号
8	調査名		テキスト	Res_name	調査名
9	地点番号		整数	site_No	報告書記載の地点の番号, 地点番号がない場合任意の番号を指定
10	地点名		テキスト	site_name	地点の名前
11	保護指定		テキスト	protection	保護指定がある場合, 保護区の名前を記載
12	緯度	度	実数	latitude	地理座標の新測地系 (JGD2000 か WGS84) で統一
13	経度	度	実数	longitude	地理座標の新測地系 (JGD2000 か WGS84) で統一
14	年度(和暦)		テキスト	yearJP	調査年(和暦)
15	年度(西暦)		整数	yearAD	調査年(西暦)
16	調査月		整数	month	調査月
17	調査日		整数	day	調査日
18	調査時刻		テキスト	time	調査が実施された時間帯
19	月齢		テキスト	moon_age	調査日の月齢
20	潮名		テキスト	tide	調査日の潮の状況(大潮, 小潮, 中潮, 長潮, 若潮)
21	報告書番号		テキスト	Ref_No	補遺 A3 に記載の報告書番号
22	報告書名		テキスト	Ref_name	報告書名
23	調査者(チームリーダー, 科学者)		テキスト	collector	調査者の名前, 不明の場合レポートの著者を記載
24	調査委託者		テキスト	Res_client	調査委託団体の名称
25	調査実施機関(受託者)		テキスト	Res_org	調査実施団体の名称
26	調査人数		テキスト	number	調査人数
27	調査方法		テキスト	Res_method	調査方法
28	面測方法		テキスト	mesurement	1: プラニメーター, 2: 格子版, 3: その他
29	注記		テキスト	annotation	
30	被度(平均値)	%	実数	LC_cover	被度の計測値, カテゴリー分類されたものは被度の中間値(0~24 なら 12)

表 2 続き

31	被度(最大値)	%	実数	LC_max	カテゴリーの被度の最大値(0~24 なら 24)
32	被度(最低値)	%	実数	LC_min	カテゴリーの被度の最小値(0~24 なら 0)
33	面積	ha	実数	size	サンゴ礁の面積
34	生育型	タイプ	整数	lifecycle	優占するサンゴの生育型。Br(枝状): 群体の大小に関わらず、枝状に分歧しているもの(エダミドリイシ、ハナヤサイサンゴ等)、Ta(卓状): 平板状。群体面積に比べ基質への付着面積がかなり小さい(クシハダミドリイシ、エンタクミドリイシ等)、Ma(塊状): 多くの場合半球状(キクメイシ、ノウサンゴ、アザミサンゴ等)、En(被覆状): 群体のほとんどが基質に付着している(オヤユビミドリイシ、アナサンゴ等)、Fo(葉状): 薄い板状のものを含む(ウスモモンサンゴ、キッカサンゴ等)、Ot(その他の形状): 上記いずれにも属さないもの、So(ソフトコーラル)、生育型がわからないものは、優占種名を記載。優占種がわからないものは、すべての生育型を記載した
35	データ:出現生育型	有無(有=1, 無=0)	整数	App_form1	調査範囲に出現したすべての生育型のデータの有無
36	データ:生育型別被度	有無(有=1, 無=0)	整数	App_form2	生育型ごとの被度のデータの有無
37	サンゴの種数		実数	LC_spNo	出現した造礁サンゴの種数
38	造礁サンゴ多様度指数		実数	diversity	造礁サンゴ多様度指数 $H'c = -\sum p_i \ln p_i$ (pi = ni/N, ni: ある種の被度, N: 全種の被度)
39	死サンゴ階級	ランク	整数	DC_Lv	造礁サンゴの死滅後の時間経過を表す。骨格の状態により、5段階に分類する。1: 死後すぐで骨格は真っ白、2: 付着物は多いが白い、3 骨格の形は残るが付着物が多く、骨格は白くない、4: 骨格の形は崩れかけが、インサンゴ類の属の判別が可能、5: 骨格は侵食されて岩化は礫化し、属の判別は不可能
40	サンゴ再生階級	ランク	整数	Recover_Lv	オニヒトデの食害により死滅した造礁サンゴ類(オニヒトデの食害をあまり受けないアオサンゴ、アナサンゴモドキ、ハマサンゴ等)は対象外)の再生状況を見る。1: 良、2: やや良、3: 不良、4: なし
41	卓状ミドリイシ最大径	cm	実数	LAC_Max2R	卓状ミドリイシの最大直径
42	卓状ミドリイシ最小径	cm	実数	LAC_Min2R	上位 5~6 群体の卓状ミドリイシの直径のうち、最小値
43	卓状ミドリイシ平均径	cm	実数	LAC_Ave2R	上位 5~6 群体の卓状ミドリイシの直径を合計し、算出した平均値
44	ミドリイシの新規加入ランク	ランク	整数	AC_Rec_Lv	便宜的に直径 5 cm 未満のミドリイシの小群体を加入群体とする。15 分間の調査時間中に、大型のサンゴ群体が少なく岩盤の露出面が多い場所で仮想の方形枠(1×1 m)を設定し、その中の加入群体を記録。これを 3 回行って平均を計算した。ここで 1 平方メートル当たりというのは、岩盤の露出面のことではなく、既にサンゴが付着している部分を含めて 1 平方メートルである。したがって、現状のサンゴ被度が極めて高いような調査地点では、岩盤の露出面が少なく、単位面積あたりの新規加入群体の個数が少なめに計数されることになる。このような場所で個体数が少ないのは、幼群体の供給量が少ないのではなく、付着基盤が少なかったためであると考えられ、実際の幼群体の供給量とは必ずしも一致しないことがある
45	ミドリイシの新規加入数	個	整数	AC_Rec_No	
46	オニヒトデ密度	個/100 m ²	実数	COT_Dens	オニヒトデの確認個体数。約 100 m ² あたりの生息個体数で表される
47	オニヒトデ食痕密度	個/100 m ²	整数	COTscar_D	オニヒトデ食痕の確認個数。約 100 m ² あたりの確認食痕数で表される

表 2 続き

48	オニヒトデ食痕数	個		整数	COTscar	オニヒトデ食痕の確認個数
49	オニヒトデ食痕密度ランク	ランク		整数	COTscar_DL	I:なし(観察範囲内に食痕らしきものを見かけない), 2:少ない(観察範囲内に食痕が散在している), 3:多い(食痕がいたまっ広い範囲を覆っている)
50	オニヒトデ個体数	個		実数	COT_No	オニヒトデの総確認個体数
51	オニヒトデ個体数(15分換算値)	個		実数	COT_15min	オニヒトデの総確認個体数 15分換算値
52	オニヒトデ優占サイズ	ランク		整数	COT_AvSize	出現したヒトデのサイズ(直径:腕の端から反対側の腕の端まで)を, 1:20cm 以下, 2:20-30cm, 3:30cm 以上の 3 階級に分類し, 優占サイズ階級を求めた
53	オニヒトデ範囲	cm		デキスト	COT_range	2:20-30cm, 3:30cm 以上のオニヒトデのサイズ範囲。最小値から最大値
54	オニヒトデ食害率	%		実数	COT_FDRate	確認されたすべてのオニヒトデに最近オニヒトデに食害されたと分かる骨格が白く見えるサンゴの割合の概数
55	オニヒトデ駆除数	個		実数	COT_catch	駆除された個体数を記録
56	マンジュウヒトデ密度	個/100 m ²		実数	CS_Dens	マンジュウヒトデの確認個体数。約 100 m ² あたりの生息個体数で表される
57	マンジュウヒトデ食痕密度	個/100 m ²		整数	CSscar_D	観察された食痕の中で, 特にマンジュウヒトデによるものと判別できるものを数え, 100 m ² あたりの個数で表される
58	マンジュウヒトデ個体数	個		実数	CS_No	確認された個体数を記録
59	サンゴ食巻貝個体数	個		実数	Dul_No	確認された個体数を記録
60	サンゴ食巻貝発生階級	ランク		整数	Dul_Lv	サンゴ全体に対する明らかに最近サンゴ食巻貝に食害されたと分かる骨格が白く見えるサンゴの割合の概数
61	サンゴ食巻貝被食率	%		実数	Dul_FDRate	ミドリイシ類に被害を及ぼす, シロレイシガイダマシ類(アケギガイ科シロレイシガイダマシ属の小型巻貝類)等の発生状況を, 以下の階級で記録した。階級は年度により異なる。<H16 年度以降>I:食痕(新しいものは目立たない)。II:小さな食痕や食害部のある群体が散見。III:食痕は大きく, 食害部のある群体が目立ち, 数 100 個体以上からなる密集した貝集団は見られない。IV:斃死群体が目立ち, 密集した貝集団が散見される。<H15 年度>I:なし(食痕は見られない), 2:少ない(5cm×5 cm程度の食痕が散見される程度), 3:多い(5cm×5 cm程度の食痕がサンゴ群集内に, まとまった個数見られる), 4:大きな食痕あり(3に加え貝類が集団で食べたと思われる 1m×1 m程度の大きな食痕が見られる)
62	全長 30cm 以上の大型魚類_ベラ類	個		整数	No_Wrasse	確認された個体数を記録
63	全長 30cm 以上の大型魚類_ブダイ類	個		整数	No_Scarus	確認された個体数を記録
64	全長 30cm 以上の大型魚類_魚種名			デキスト	Lfish_name	全長 30cm 以上の大型魚類_ハタ類, ベラ類, ブダイ類で確認された個体の魚種名
65	海藻	ランク		整数	seaweed	0:0%, 1:~5, 2:~25, 3:~50, 4:~75, 5:~100
66	データ:出現海藻	有無(有=1, 無=0)		整数	App_seaw	海藻の種類, 種ごとの被度のデータの有無
67	テルピオス	ランク		整数	terpios	1:ほとんどない, 2:少ない, 3:多い
68	農魚	有無(有=1, 無=0)		整数	FarmerFish	ハナナガスズズメダイ, クロソラスズズメダイ, イシガキスズズメダイなどの海藻栽培魚の有無
69	サンゴ食魚	有無(有=1, 無=0)		整数	CF_Fish	アツクチスズズメダイの有無
70	ブダイ類	有無(有=1, 無=0)		整数	Scarus	ブダイ類の食痕の有無
71	魚類種数	有無(有=1, 無=0)		整数	Fish_spNo	出現魚類の種数
72	魚類被度	有無(有=1, 無=0)		整数	Fish_cover	魚類の被度
73	データ:出現魚類	有無(有=1, 無=0)		整数	App_Fish	出現魚類種名のデータの有無

表 2 続き

74	ウニ類		有無(有=1, 無=0)	整数	SeaUrchin	ウニ類の食痕の有無
75	データ:出現底生生物		有無(有=1, 無=0)	整数	App_others	その他の出現底生生物種名のデータの有無
76	全体		%	実数	BL_Total	白化によりサンゴ群体系から共生藻が抜け出た, または抜けかけている状態のサンゴ被度
77	死亡		%	実数	BL_Death	著しい白化によって群体系(全部及び一部)が死滅した状態のサンゴ被度
78	白色		%	実数	BL_White	著しい白化によって体内の共生藻が完全に脱落し, 色がなくなった状態のサンゴ被度
79	薄色		%	実数	BL_Pale	白化によりサンゴ群体系から共生藻が抜けかけているが, 完全には白化せず, 薄く色が残っている状態のサンゴ被度
80	ミドリイシ全体		%	実数	ACBL_Total	サンゴ全体とは別に, 白化の影響を受けやすいミドリイシのみに対して上記と同様の調査を行う
81	ミドリイシ死亡		%	実数	ACBL_Death	
82	ミドリイシ白色		%	実数	ACBL_White	
83	ミドリイシ薄色		%	実数	ACBL_Pale	
84	腫瘍		有無(有=1, 無=0)	整数	tumor	サンゴの病気で腫瘍が確認されたものを記す
85	BBD		有無(有=1, 無=0)	整数	BBD	サンゴの病気でブラックバンドディーズ(BBD)が確認されたものを記す
86	WS		有無(有=1, 無=0)	整数	WS	サンゴの病気でホワイトシンドローム(WS)が確認されたものを記す
87	台風の影響		ランク	整数	typhoon	1:影響なし(台風によると思われるサンゴ群体系の破壊なし), 2:やや影響あり(台風による破壊部分的にあり), 3:影響大(台風による破壊全域に及ぶ)
88	別表:被害, ゴミ		有無(有=1, 無=0)	整数	App_damage	その他の被害, ゴミのデータの有無
89	天候			テキスト	weather	調査実施時の天候
90	雲量		ランク	整数	cloudiness	調査実施時の雲量
91	風向		度	整数	direction	調査実施時の風向, 360 方位で表記
92	風力		ランク	整数	wind_scale	調査実施時の風力
93	風浪		ランク	整数	wind_wave	調査実施時の風浪
94	海況			テキスト	sea	調査実施時の海況の記述, おだやか, 静かー 静穏など用語は統一
95	波高			実数	waves	調査実施時の波高
96	うねり		ランク	整数	swell	調査実施時のうねり
97	気温			実数	air_temp	調査実施時の気温
98	海面水温			実数	sur_temp	調査実施時の海面水温
99	海底水温			実数	bottom_temp	調査実施時の海底水温
100	水温(どちらか不明)			実数	water_temp	調査実施時の水温, 海面か海底か記載がないもの
101	水色		ランク	整数	color	調査実施時の水色
102	pH			実数	pH	調査実施時の pH
103	表面塩分		%	実数	salinity	調査実施時の塩分濃度
104	水深		m	テキスト	depth	調査地点の水深
105	底質			テキスト	substrate	海底面の状態を, 岩(サンゴ岩), 礫(サンゴ礫), 砂礫, 砂, 泥などに分類し, 占める範囲の最も多いものを記録した

表 2 続き

106	データ:底質ごとの被度	有無(有=1, 無=0)	整数	App_sub	底質の分類ごとの被度のデータの有無
107	シルト	ランク	整数	silt	1: 特に少ない(水中で砂をかき混ぜてもシルトの舞い上がりは少ない), 2: 少ない(外見ではシルトの堆積は確認できないが, 水中で砂をかき混ぜると, シルトにより水中が濁る), 3: 多い(一見砂地だが, 砂粒間に堆積したシルトが外見でも確認できる), 4: 特に多い(シルトが海底面を覆う), 0: なし(シルトはまったくない), -: 計測不可(海底に砂がなく, シルトの舞い上がりを確認できない)
108	SPSS	ランク	実数	SPSS_lank	沖縄県衛生環境研究所赤土研究室の開発した底質中懸濁物質含量簡易測定法(SPSS 測定法)に従い, 調査地点の底質を採集して実験室に持ち帰り, 試料を希釈した際の透視度を測定して懸濁物質含量を算出した。算出結果の実測値及び以下 8 つのランクに分類して記録。ランクは年度により異なるが, H16 年以降の 8 ランクで統一した。<H15 年度まで> 1:0.4 未満, 2:0.4 以上 1 未満, 3:1 以上 5 未満, 4:5 以上 10 未満, 5:10 以上 50 未満, 6:50 以上 200 未満, 7:200 以上 400 未満, 8:400 以上 <H16 年度以降> 1:0.4 未満, 2:0.4 以上 1 未満, 3:1 以上 5 未満, 4:5 以上 10 未満, 5a:10 以上 30 未満, 5b:30 以上 50 未満, 6:50 以上 200 未満, 7:200 以上 400 未満, 8:400 以上
109	SPSS 計測値	kg/m ³	実数	SPSS_value	沖縄県衛生環境研究所赤土研究室の開発した底質中懸濁物質含量簡易測定法(SPSS 測定法)に従い, 調査地点の底質を採集して実験室に持ち帰り, 試料を希釈した際の透視度を測定して懸濁物質含量を算出した。算出結果の実測値及び以下 8 つのランクに分類して記録。ランクは年度により異なるが, H16 年以降の 8 ランクで統一した。<H15 年度まで> 1:0.4 未満, 2:0.4 以上 1 未満, 3:1 以上 5 未満, 4:5 以上 10 未満, 5:10 以上 50 未満, 6:50 以上 200 未満, 7:200 以上 400 未満, 8:400 以上 <H16 年度以降> 1:0.4 未満, 2:0.4 以上 1 未満, 3:1 以上 5 未満, 4:5 以上 10 未満, 5a:10 以上 30 未満, 5b:30 以上 50 未満, 6:50 以上 200 未満, 7:200 以上 400 未満, 8:400 以上
110	透視度	ランク	整数	visibility	1:16m 以上, 2:11~15m, 3:6~10m, 4:5m 以下
111	地形		テキスト	reef_zone	調査地点の地形的環境を, 礁池, 離礁, 礁原, 礁斜面等に分類して記録
112	備考		テキスト	remark	調査中に気が付いたこと, 特異なことを記述

データベースに関する注記

- 調査をしていないため値がない場合は“-999”を, テキスト形式なら“-”を記入。
- マッピングの座標は WGS84 を用いた。

フォーマット統一のために単位を変更したデータは, 注記に, “項目名:○○変換”と記載。○○は変換前の単位。例えば, “透視度:実数変換”は透視度のフォーマットを, 統一フォーマットに従い, 実数からランク(20m→1)に変更したことを示す。その他, フォーマット統一に際しての特記事項を記入。

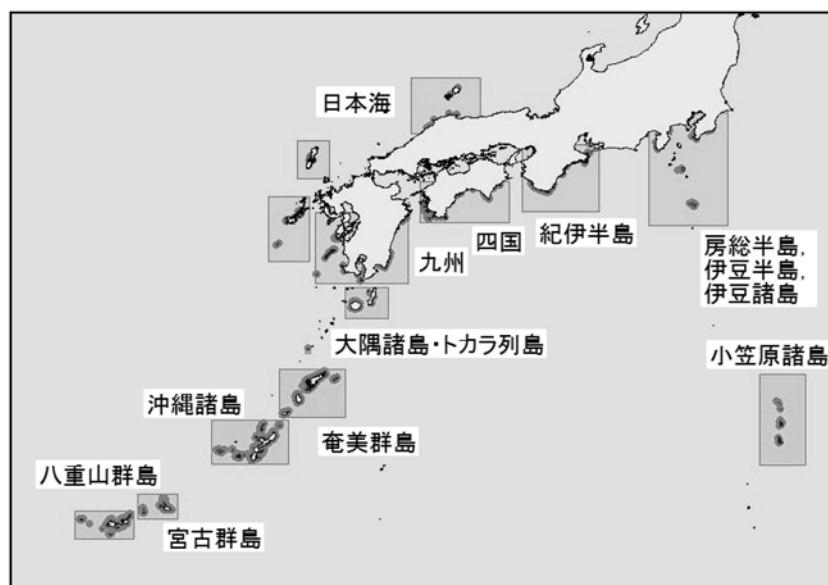


図 1 調査海域（大海域のうち、今回のモニタリングデータが存在しなかった大東諸島を除く 11 区分を示す）と 9272 の調査地点（点で表す）

Fig. 1 Position of 11 research sites of high-latitude and subtropical corals (out of 12 major research sites, Daito Islands were extracted from this map because no monitoring data existed) and 9272 research points (dots)

(1) モニタリング手法，取得データのフォーマットをできる限り統一する

日本のサンゴに関するモニタリングは、①広域でのサンゴの状態の把握、②特定海域でのサンゴの状態の把握、③オニヒトデによる食害、白化、赤土の流入など攪乱要因の影響の把握、という 3 つのテーマで実施されてきたが、各々の調査でモニタリング手法が大きく異なっている。例えば、同じ“広域モニタリング”でも、自然環境保全基礎調査（環境庁自然保護局・海中公園センター 1994, 1996）はマンタ法を用い、およそ 100 m×4 m の広範囲を観察している一方、沿岸海域実態調査では、潜水観察で 5 m×5 m の底質の被度を見積もる方法をとっており（沖縄県環境科学センター 1993, 1994）、環境省のモニタリングサイト 1000 事業ではスポットチェック法を採用している。また、同一のモニタリング手法を用いた調査でも、被度のカテゴリー分けの基準が異なっている場合がある。このような、手法による調査範囲や形式の違いが、被度の時空間的な違いを相互比較する際の不確かさの一因になっていると考えられる。

モニタリングの手法は一長一短があるため、中谷（2001）は、マンタ法で全体の傾向を把握し、より

詳細な調査を選択するための情報とし、人為的影響を受ける海域と受けない海域、生育の良好なところと劣悪なところ、個々の要因に注目して複数地点を選択し、ライントランセクト法で調査する方法を提案している。このように、手法は目的に合わせて使い分けることが適切だと考えられるが、被度のカテゴリーは極力統一することが望ましい。

被度だけでなく、サンゴの優占生育型や透視度など、他の調査項目でも同様の問題を抱えている。オニヒトデ調査に関しては、沖縄県自然保護課が設置したオニヒトデ対策会議により、オニヒトデの発生状況を定量的に評価するため、2002 年 9 月に「オニヒトデ簡易調査マニュアル」が策定され（オニヒトデ対策会議 2002）、これに倣った調査が展開されている。被度と同様、他の調査項目に関してもマニュアル化し、主要な項目についてはフォーマットをできる限り統一することが最優先事項として挙げられる。

(2) 調査の海域，年ごとの偏りを少なくする

上述のように、データベースを作成し、海域を区分した結果、年、海域ごとの調査地点数の差異が明らかになった（図 2, 3, 4）。地点数は広域でのモニ

表 3 調査海域の区分

Table 3 Division of research sites in seas close to Japan

	『大海域』	「中海域」
高緯度サンゴ分布域	日本海	隠岐&島根半島
		壱岐&対馬
		五島列島
	房総&伊豆	房総半島
		伊豆半島
		伊豆諸島
	紀伊半島	熊野灘
		和歌山
	四国	四国東岸
		四国南岸
		四国西岸
	九州	熊本
		大分&宮崎北部
		宮崎
		甌島&宇治群島
		鹿児島
サンゴ礁域	大隅&トカラ	大隅諸島
		トカラ列島
	奄美群島	喜界島
		奄美大島
		徳之島
		沖永良部島
		与論島
	沖縄諸島	沖縄本島
		慶良間諸島
		伊是名島
		粟国島
		渡名喜島
		久米島
	宮古群島	宮古島
		水納島&多良間島
	八重山群島	石垣島
		石西礁湖
		西表島と周辺
		波照間島
		与那国島
	大東諸島	北大東島&南大東島
	小笠原諸島	聳島列島
		母島列島
		父島列島

タリング調査が実施された年に集中しており, 例えば『大隅・トカラ』や『日本海』など, 1996 年のモニタリング調査以降はデータが少ない海域も多く存在する。上記 2 海域はそれぞれ, 最寒月平均水温 18℃ 及び 13℃ 線付近, つまり, “サンゴ礁域” と “高緯度サンゴ分布域” の北限近くに位置している (例

えば屋良ら 2009)。サンゴの被度や群集構造の変化と水温など環境要因の関係の解明は, 地球温暖化に伴う変化を検出するために重要であり, とりわけ世界のサンゴの生息北限に位置する日本近海には, 地球温暖化の影響が鋭敏に顕れると考えられる (山野 2008; 杉原ら 2009; 屋良ら 2009)。よって今後は, 水温や水深, 波当たりなどの環境要因も併せて, 場所ごとに定期的なモニタリングを実施していくことが強く望まれる。また, より定量的な現状把握や将来予測に向け, モデリングやリモートセンシングなど他手法との融合を強化していく必要がある。

特定海域や, 赤土や豪雨の被害など特定のテーマを対象としたモニタリング調査においては, 被害が大きかった海域が重点的に調査された一方で, 対照区が設置されなかった調査例が存在する。サンゴのストレス要因を正確に特定し, さらに対策を適切に講じていくためには, 検証可能な仮説を立て, その上で実施した予備調査に基づく, 統計的に有効なサンプリングをデザインする必要がある (中谷 2001)。モニタリング計画の策定にあたって明確にしなければならないのは何よりもその目的であり, 限られた労力を個体群レベルの詳細な調査に費やすのか, あるいは何十 km の単位でおおまかなパターンを把握することに注ぐのかという選択は, 目的を明確にすることによってのみ決定することができる (English et al. 1997; Hodgson 1999)。中谷 (2001) が指摘するように, これまでに行なわれた各調査は「サンゴの保全に役立てるデータを得ること」を目的としているが, 実際の調査は断片的であり継続性に欠ける傾向があった。用いられている手法もまた, データが実際に保全にどう役に立ったかが他者に理解できる形で論じられていないことも多かった。このように, 日本のサンゴに関するモニタリングは, 長期ビジョンが明確に確立されているとは言えなかった。

日本近海のサンゴの保全に向けた政策提言に供していくためには, 今後は明確な目的の下に, 空間的に適切に配置された調査地点で, 統一的手法を用いたモニタリングを長期に亘って継続的に行なっていく必要がある。中谷 (2001) が日本のサンゴ礁モニタリングを論じて以降, モニタリングサイト 1000 事業が 2003 年に立ち上がり, 統一的な調査プロトコル (スポットチェック法) を用いた, 全国規模で多点での継続的なサンゴに関するモニタリングが開始された。将来的には, モニタリングサイト 1000

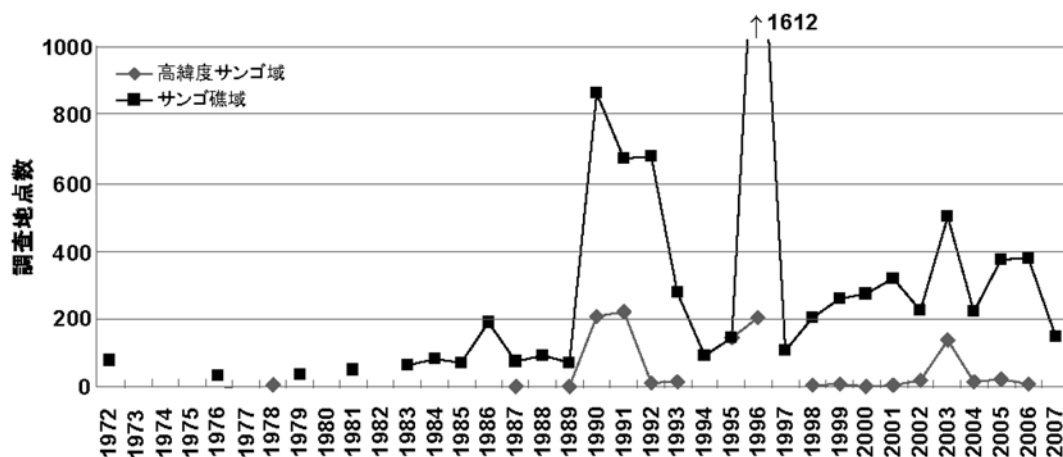


図 2 “高緯度サンゴ分布域”と“サンゴ礁域”の調査地点数の推移

Fig. 2 Time series of the number of research points of high-latitude and subtropical corals (in grey and black lines, respectively)

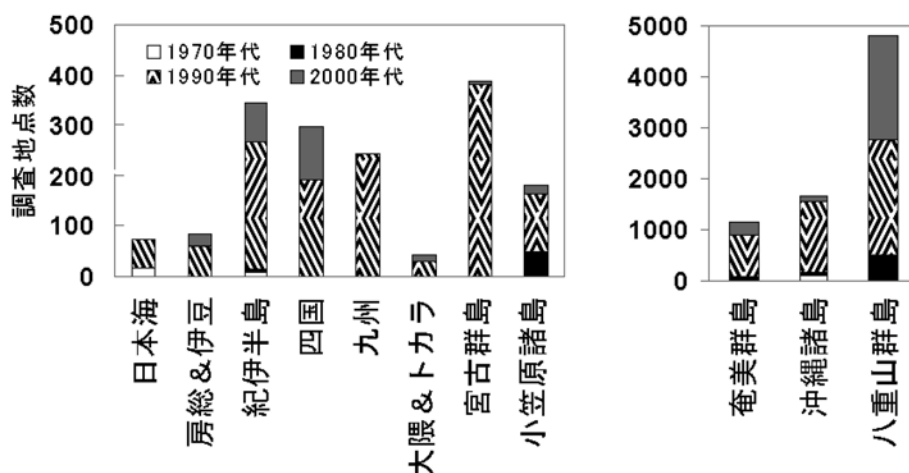


図 3 1970 年代, 1980 年代, 1990 年代, 2000 年代における大海域 12 区分のうち, 今回のモニタリングデータが存在しなかった大東諸島を除く 11 区分ごとの調査地点数

Fig. 3 The number of research points in 11 oceanic regions in 1970s, 1980s, 1990s and 2000's. Out of 12 major research sites, Daito Islands were extracted because no monitoring data existed

事業の結果と, 本研究で構築したデータベースなど, モニタリングサイト 1000 事業以外の調査で取得された結果を統合することで, 過去から未来に向けてのサンゴの変化を統一的に解析できるようになると期待される。

最近, 世界規模で生態系・生物多様性に関するデータベース化が進められており, 日本においてもそれに対応する活動が始まっている (JBON; <http://www.j-bon.org>)。サンゴ礁は沿岸を構成する重要

な生態系であり, 統一的なデータベースの作成が強く望まれている。統一的なデータベースを作成し, サンゴ礁と高緯度サンゴの生息北限域にあたる日本の特徴を利用して, サンゴ群集の構造や形成過程と環境要因との間の関係を明らかにすることは, サンゴ群集の成立という基本的な問題に対する答えを与えてくれるだけでなく, 地球温暖化の影響やサンゴの保全といった今日的な課題にも応用できるものである (山野 2008; 屋良ら 2009)。日本の特徴を生か

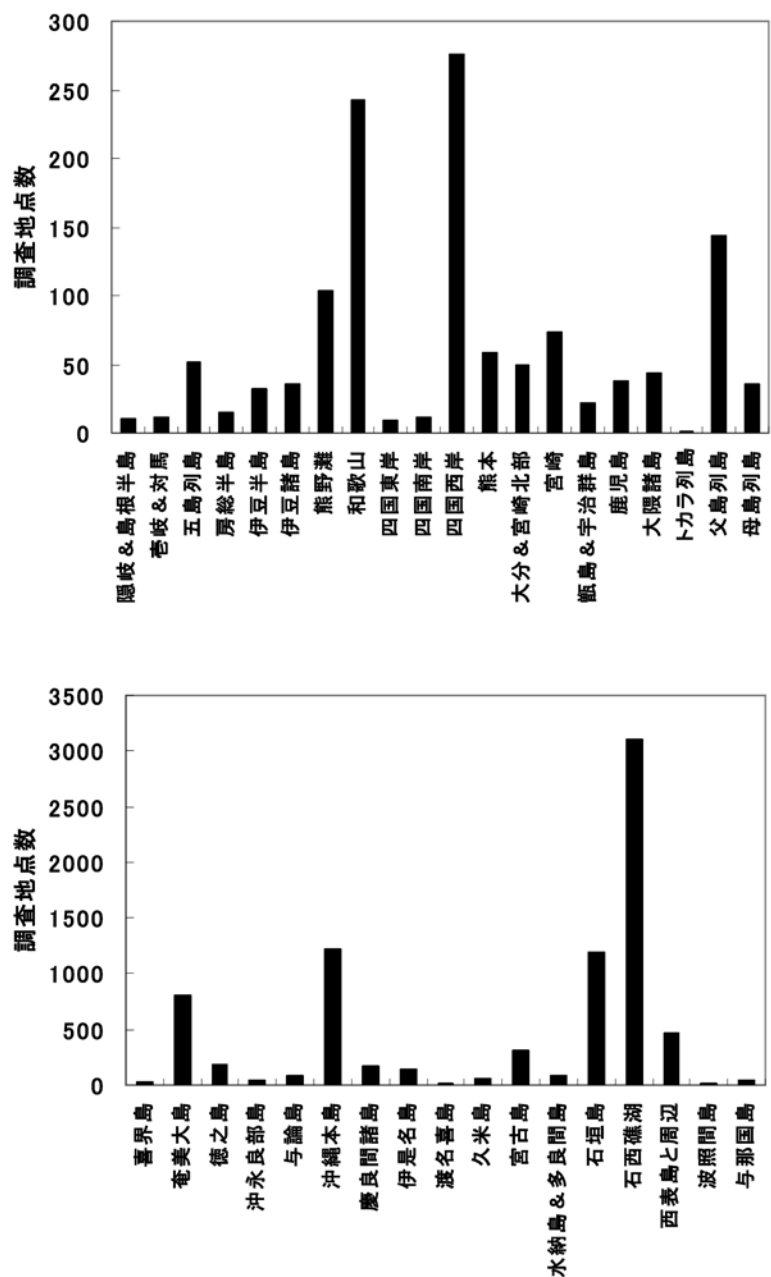


図 4 中海域 (40 海域区分のうち, 今回のモニタリングデータが存在しなかった粟国島, 北大東島&南大東島, 聳島列島を除く 37 区分) ごとの調査地点数

Fig. 4 The number of research points in 37 oceanic regions (out of 40 medium-sized oceanic regions, Aguni Islands, Kita and Minami Daito Islands, and Mukojima Islands were extracted because no monitoring data existed)

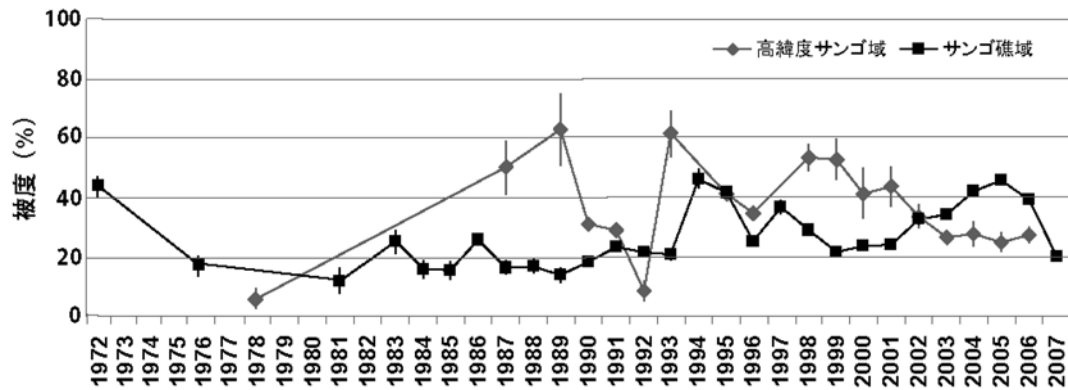


図 5 “高緯度サンゴ分布域”と“サンゴ礁域”における被度の経年変化。サンゴ被度のエラーバーは1標準誤差を表す。調査地点数については、図2を参照のこと

Fig. 5 Time series of high-latitude and subtropical coral cover (%) (in grey and black lines, respectively). Error bars in coral cover denote one standard error of the mean. See Figure 2 for time series of the number of research points of high-latitude and subtropical corals

すと同時に、日本のサンゴの保全に役立つデータを収集・蓄積し、さらに世界にデータを発信していくこと、そのための長期ビジョンの明確化とモニタリングの枠組みが今後、本研究で作成したデータベースなどを参考に策定されていくことを期待したい。

謝辞

環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターの小林朋代氏には、データベース作成にあたり貴重なご助言を頂いた。文献データの収集に際しては、環境省国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターの佐藤崇範自然保護官補佐、財団法人自然環境研究センターの木村匡研究員、並びにNPO法人コーラル・ネットワークの宮本育昌氏に多大なご協力を頂いた。データベースの分析方法に関して、貴重なコメントを頂いた財団法人黒潮生物研究財団黒潮生物研究所の岩瀬文人所長、研究の進め方や手法などについて貴重なコメントを頂いた北海道大学大学院地球環境科学院の屋良由美子・岡田直資両博士並びに東正剛教授、北海道大学大学院水産科学研究科の岸道郎教授、そして本論文の査読者2名に心から感謝申し上げる。石西礁湖と石垣島周辺におけるサンゴ被度のデータの一部は、同海域における環境省・モニタリングサイト1000プロジェクトによって取得された。なお、本研究は、環境省地球環境研究総合推進費（S-5）の支援により実施された。

引用文献

- English SC, Wilkinson C, Baker V (1997) Survey manual for tropical marine resources. Australian Institute of Marine Science, Townsville
- Gardner TA, Côté IM, Gill JA, Grant A, Watkinson AR (2003) Long-term region-wide declines in Caribbean corals. *Science* 301: 958-960
- Hodgson G (1999) What is the purpose of monitoring coral reefs in Hawaii? In: Maragos JE, Grober-Dunsmore R (eds) Proceedings of the Hawaii Coral Reef Monitoring Workshop, June 8-11, 1998. Department of Land and Natural Resources and East-West Center for Development, pp 15-26
- 茅根 創・本郷宙軌・山野博哉 (2004) サンゴ礁の分布. 環境省・日本サンゴ礁学会 (編) 日本のサンゴ礁. 環境省, 東京, pp 15-21
- 環境庁自然保護局・海中公園センター (1994) 第4回自然環境保全基礎調査浅海生物環境調査報告書. 第3巻, サンゴ礁
- 環境庁自然保護局・海中公園センター (1996) 造礁サンゴ生育取りまとめ表. 第5回自然環境保全基礎調査要綱海辺調査, pp 34-35
- 環境省自然環境局・海中公園センター (2003) 平成14年度海中公園地区等保全活動事業報告書
- 環境省・日本サンゴ礁学会 (2004) 日本のサンゴ礁. 環境省, 東京

- 木村 匡 (2004) 日本におけるサンゴ礁モニタリング. 環境省・日本サンゴ礁学会 (編) 日本のサンゴ礁. 環境省, 東京, pp 80-94
- 御前 洋 (2000) 串本町錆浦における高水温による白化現象について. マリンバビリオン 29: 2-3
- 中尾有伸 (2009) 日本のサンゴ礁データベースの作成と分析. 北海道大学大学院 環境科学院平成 20 年度修士論文
- 中谷誠治 (2001) モニタリング方法の検討. サンゴ礁に関する調査報告書. 亜熱帯総合研究所, pp 8-28
- 浪崎直子・柴田 剛・鈴木倫太郎・平手康市・宮良道子・古瀬浩史・宮本育昌・土川 仁・安村茂樹・町田佳子・山中康司・山野博哉 (2008) 「日本全国みんなでつくるサンゴマップ」の取り組み. 日本サンゴ礁学会第 11 回大会要旨集, p 58
- 沖縄県観光開発公社 (1976) オニヒトデのサンゴ礁生物群に与える影響 (オニヒトデ大発生に関して)
- 沖縄県環境科学センター (1993) 沿岸海域実態調査 (沖縄島及び周辺離島)
- 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)
- オニヒトデ対策会議 (2002) オニヒトデ簡易調査マニュアル. 沖縄県文化環境部自然保護課
- 杉原 薫・園田直樹・今福太郎・永田俊輔・指宿敏幸・山野博哉 (2009) 九州西岸から隠岐にかけての造礁サンゴ群集の緯度変化. 日本サンゴ礁学会誌 (本号)
- 宇井晋介 (2000) 1999 年錆浦定置観測のまとめ. マリンバビリオン 29: 4-5
- Yamaguchi M (1986) *Acanthaster planci* infestations of reefs and coral assemblages in Japan: a retrospective analysis of control efforts. *Coral Reefs* 5: 23-30
- 山野博哉 (2008) 日本におけるサンゴ礁の分布. 沿岸海洋研究 46: 3-9
- 山野博哉・古瀬浩史・佐藤崇範 (2007) 環境教育・行政・研究者のネットワークを活用した 2007 年夏のサンゴ白化データの収集. 日本サンゴ礁学会第 10 回大会要旨集, p 23
- 屋良由美子・藤井賢彦・山中康裕・岡田直資・山野博哉・大島和裕 (2009) 地球温暖化に伴う海水温上昇が日本近海のサンゴ分布および健全度に及ぼす影響評価. 日本サンゴ礁学会誌 (本号)

2009 年 5 月 31 日 受領

2009 年 9 月 30 日 受理

© 日本サンゴ礁学会

Original paper

Development and analysis of a coral cover database in seas close to Japan

Yushin NAKAO^{1,*}, Hiroya YAMANO², Masahiko FUJII^{1,**},
and Yasuhiro YAMANAKA¹

¹ Faculty of Environmental Earth Science, Hokkaido University, N10 W5, Kita-ku, Sapporo 060–0810, Japan

² Center for Global Environmental Research, National Institute for Environmental Studies, 16–2 Onogawa, Tsukuba, Ibaraki 305–8506, Japan

* Present address

Japan International Cooperation Agency, 1–1, Yoyogi 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo 151–8558, Japan

** Corresponding author

E-mail: mfujii@ees.hokudai.ac.jp

Communicated by Yoko Nozawa

Abstract Although various monitoring studies have conducted for corals in seas close to Japan since 1970's, the outputs were compiled in different formats, and therefore, intercomparison of the results was extremely difficult. In this study, we collected numerous bulletin reports and monitoring data on coral cover (percentage of corals relative to whole substrate), developed a database in a unified format, and analyzed the database. Our study suggests that time series of coral cover is substantially different among oceanic regions close to Japan. Further analyses of controlling factors on coral cover such as the water temperature and counter-pest density using the database are anticipated to allow us to evaluate more quantitatively the influence of the stress factors on coral cover in each oceanic region.

Keywords: monitoring, coral cover, stress factors, Geographic Information System, database

Received: 31 May 2009/Accepted: 30 September 2009

© Japanese Coral Reef Society