

宮古諸島の礁原におけるサンゴ礁モニタリング

友利博一・梶原健次

(宮古島サンゴ礁ガイドのなかまたち)

Coral Reef Monitoring at Reef Flat Areas in Miyako Islands

Hirokazu TOMORI and Kenji KAJIWARA

(Reef Interpretation Society, Miyako Islands)

e-mail: pulchra@lime.ocn.ne.jp

Abstract

Coral reef monitoring using liner point intercept method at reef flat areas was carried out in Miyako Islands in 2008. At Shigira, south coast of Miyako Island, the coral coverage was 30.5% and the dominant lifeform of corals was multi-species mixed type. At Tsuma-biji, east coast of Ikema Island, the coverage of 26.5% and branching *Acropora* dominant type were found. At Aragusuku, southeastern coast of Miyako Island, coverage of 37.5% and *Porites* dominant type were found. It suggested that *Zoanthus* sp. (Anthozoa, Zoantharia) and *Padina minor* (Pheoophyta, Dictyotales) were potential competitors for coral communities at Shigira and Tsuma-biji, respectively. It considered that coral community of Aragusuku will maintain its current status for the time being.

緒 言

潮間帯および干潮時の水深が1m未満の上部潮下帯（以下、潮間帯周辺と称す）は、サンゴ礁域では広い面積が分布する。潮間帯周辺は、干潮時に人間が徒歩で活動できる貴重な場である。かつては島民の食料生産の一角を支えるとともに、伝統的な行事や信仰の場でもあった。歴史的にみてもサンゴ礁と地域住民のつながりが深いことは、微小地形を表す語彙の多さからも理解できよう（島袋1992、宮古島サンゴ礁ガイドのなかまたち2008）。現在は伝統的な側面は薄れつつあるように思われるが、旧暦3月3日のサニツにみられるように伝統行事の場としての利用は今後も重要な意義をもつであろうし、住民による自家消費的魚介類採取やレクリエーション、環境教育利用、観光利用（景観やイメージとしての意義も含む）など、サンゴ礁浅海域に期待される役割は、ますます多様化している。

サンゴ礁保全の必要性は自明であるが、保全を考えるためには現状把握が不可欠であり、そのためにはサンゴ礁モニタリングの実施と継続が重要な意義をもつ（木村2004）。またサンゴ礁モニタリングの公表は、サンゴ礁保全に対する住民の関心を高める有用な手段である。

宮古周辺のサンゴ礁の状態を記録した報告の例として、山里ら(1967)、松本尚(1992)、環境庁自然保護局(1994)などがある。2008年末現在、宮古周辺で5年以上継続され、今後も継続されることが明らかであるものには、リーフチェックジャパンらが八重干瀬フウガウサで2003年から継続しているリーフチェック調査、環境省自然環境局生物多様性センター(委託先:宮古地区栽培漁業推進協議会)が宮古・八重干瀬周辺14カ所で2004年から継続しているモニタリングサイト1000事業サンゴ礁調査(一部の調査については平良市(2003)の調査を引き継いでいる)が挙げられる。通常、これらの調査は十分な水深(例えば水深2~8m)がある潮下帯で行われる。垂直方向に着目すれば造礁サンゴの主分布域は潮下帯であるから、潮下帯を中心にモニタリングを行うことは合理的であるといえるが、一般住民を含めるとサンゴ礁利用・活動人口は潮下帯よりも潮間帯周辺に多いことから、潮間帯周辺の記録は住民啓発の意義も含めて重要である。

サンゴ礁モニタリングは、その目的や対象海域の広さ、要求される観測精度に応じて様々な方法が考案されている。linear point intercept法は、測線に沿って面積や長さの次元をもたない観測点を複数配置するものである。測線下の底質や生物を長さで記録するline transect法、測線に幅をもたせて面として記録するbelt transect法に比べると、linear point intercept法は、造礁サンゴ被度を調査するのに対して十分な精度・確度を維持しつつ、経費・時間の面でも効率的に客観的データを得ることができる(Nadon and Girling 2006)。そこで筆者らは、2008年にlinear point intercept法によるサンゴ礁モニタリングを実施した。時間的変化については今後の継続調査の結果を踏まえて、今後、改めて報告したいが、本稿ではモニタリング初年度の結果について報告する。

方 法

宮古島上野シギラ、池間島ツマビジ、宮古島城辺新城の潮間帯周辺にて、linear point intercept法によるサンゴ礁モニタリングを行った(図1、表1)。

それぞれの調査地点において、直線状に100mの測線を設置した。シギラとツマビジでは礁縁とほぼ平行するように測線を設置した。測線の設置位置は、シギラとツマビジで、それぞれ礁縁から陸側50m、20mとした。新城では、礁縁・汀線に対して直交するように、汀

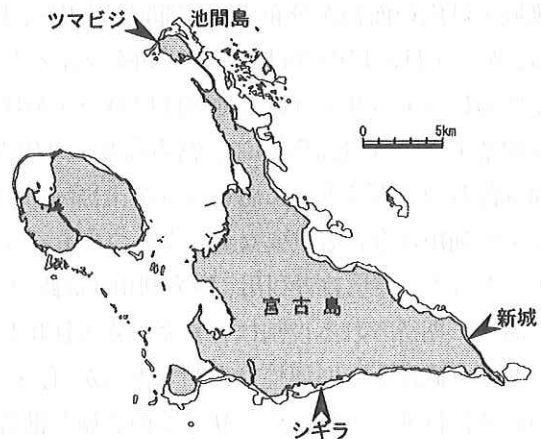


図1 調査地点図

線から礁縁に向かって100m付近を始点として、測線を設置した。前2カ所で測線を礁縁に対して平行としたのは、造礁サンゴの分布が礁縁に平行な帯状分布であることを想定したためである。新城で測線を礁縁・汀線に直交させたのは、調査当日に多くいた遊泳者らによる海面利用の障害となることを避けた結果の便宜的な理由である。

測線の始点(0m)から終点(99.5m)まで、50cmごとに測線直下の底質または固着生物の種別を記録した。1測線での記録数は200点である。調査は徒歩で行い、必要に応じて箱めがねを用いて記録点の底質または固着生物の種別を現場で確認した。記録のための標本採取は行わなかった。

造礁サンゴは原則として属レベルでの識別で記録したが、現場における瞬時の識別が容易でないキクメイシ科Faviidaeのキクメイシ属*Favia*、カメノコキクメイシ属*Favites*、コカメノコキクメイシ属*Goniastrea*の3属はまとめてキクメイシ科として記録し、その他のキクメイシ科はそれぞれ属レベルで記録した。逆に現場で識別が容易で出現頻度の高い種は種レベルで記録した。造礁サンゴ以外の生物については、現場で識別可能な範囲で記録した。

結 果

1. シギラ

目視確認できる固着生物がない岩・礫などの海底面は55.0%であった(図2)。造礁サンゴの被度は30.5%で、主な生育型は枝状ミドリイシ属*Acropora*が13.0%、シコロサンゴ属*Pavona*が6.5%であった。被覆状ミドリイシ(おそらくサンカクミドリイシ*A. monticulosa*の幼群体)、枝状・塊状コモンサンゴ属*Montipora*、

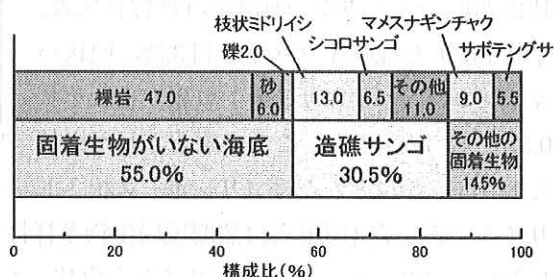


図2 シギラ海岸礁縁から陸側50m付近の海底の状況

表1. 調査測線の設置状況

	シギラ	ツマジジ	新 城
調査日時	2008/5/17	2008/7/5	2008/7/20
	11:30-12:10	14:10-14:45	12:45-13:18
測線始点位置	24° 43' 06.3"N	24° 56' 04.4"N	24° 45' 38.7"N
	125° 20' 41.9"E	125° 13' 51.3"E	125° 25' 33.0"E
測線終点位置	24° 43' 05.5"N	24° 56' 07.5"N	24° 45' 41.2"N
	125° 20' 38.6"E	125° 13' 51.6"E	125° 25' 35.0"E
始点からの測線方角	270°	180°	220°

ハナヤサイサンゴ属 *Pocillopora*、ハマサンゴ属 *Porites*、キクメイシ科、ノウサンゴ属 *Platygyra* で、いずれも5%以下であった。造礁サンゴ以外の固着生物はマメスナギンチャク属 *Zoanthus* が9.0%、サボテングサ *Halimeda opuntia* が5.5%であった。

造礁サンゴの分布の偏りをみるため、最も出現頻度が高かった枝状ミドリイシ(被度13.0%、造礁サンゴ群集に占める割合42.6%)について、測線始点から終点まで20m区間(記録点数40)ごとに出現頻度を集計すると、始点から順に6, 2, 3, 8, 7となった。同様に全ての造礁サンゴの出現頻度を集計すると、12, 13, 9, 15, 12となった。枝状ミドリイシ、全造礁サンゴの分布について χ^2 値を求めると、それぞれの確率値 p は0.272, 0.819となり、分布に有意な偏りは認められなかった(有意水準0.05)。

オニヒトデ *Acanthaster planci* による食害、造礁サンゴの白化、造礁サンゴの病気、その他物理的な造礁サンゴの損壊など、造礁サンゴ群集を大きく攪乱するような事象は確認されなかった。

2. ツマビジ

目視確認できる固着生物がない海底面は64.0%で、そのほとんどが裸岩(57.5%)であった(図3)。造礁サンゴの被度は26.5%で、主な生育型はミドリイシ属18.5%(卓状16.0%、枝状2.5%)、コモンサンゴ属3.5%(被覆状2.5%、葉状1.0%)と塊状キクメイシ科3.5%、塊状ハマサンゴ属とハナヤサイサンゴ属がそれぞれ0.5%であった。なお、ここで確認された卓状ミドリイシのほとんどはコリンボース状ミドリイシであった(環境省自然環境局生物多様性センター(2006)は、全国的なモニタリング調査においてコリンボース状ミドリイシを卓状ミドリイシに含めているので、それにしたがって集計した)。

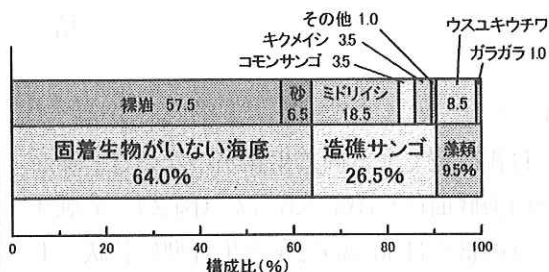


図3 ツマビジ礁縁から陸側20m付近の海底の状況

造礁サンゴ以外で確認された固着生物は藻類9.5%のみで、ウスユキウチワ *Padina minor* が8.5%、ガラガラ *Tricleocarpa cylindrica* が1.0%であった。ウスユキウチワの藻体は、そのほとんどが直径1cm以下で小さく、裸岩上にうっすらと生育する程度であった。

最も出現頻度が高かった卓状ミドリイシ(被度18.0%、造礁サンゴ群集に占める割合60.4%)について、20m区間ごとの出現頻度を集計すると、7, 7, 11, 2, 4であった。これについて χ^2 値に基づく確率値 p を求めると0.063となり、有意水準0.05では卓状ミドリイシの分布に有意な偏りは認められないことになる。ただし67.5m地点から86.5m地点の間(延長9.5m分)のように、連続して造礁サンゴが出現しないような区間もあり、分布の均等性には疑問が残った。

測線の始点から74m付近およそ半径20m以内で、卓状ミドリイシ、枝状ミドリイシ、被覆状コモンサンゴの白化が確認された。この狭い範囲に限れば、白化した造礁サンゴの割合は

10%未満であった。白化の程度は強く、枝状ミドリイシ数群体で部分死亡が確認された。測線周辺の造礁サンゴ群集全体では、白化した造礁サンゴの割合は1%未満であった。オニヒトデ、造礁サンゴの病気、物理的な造礁サンゴの損壊などは確認されず、白化した造礁サンゴの割合もかなり限定的で、造礁サンゴ群集を大きく攪乱するような事象は確認されなかった。

3. 新城

目視確認できる固着生物がない海底面は53.5%で、その内訳は、岩22.5%、砂20.0%、砂礫11.0%であった(図4)。ただしここで記録された岩は、直径数10cmから2m余りにおよぶマイクロアトール状ハマサンゴの上部であり、水面下にあるハマサンゴの円周部分は生きていた状態であった。

造礁サンゴの被度は37.5%で、最も出現頻度が高かったのがユビエダハマサンゴ *Prites cylindrica* で17.5%、次いで塊状のハマサンゴ属10.0%、枝状ミドリイシ属7.5%であった。その他にハナヤサイサンゴ *Pocillopora damicornis*、アザミサンゴ *Galaxea fascicularis*、クサビライシ属の1種 *Fuiga* sp.、カンボクアササンゴモドキ *Millepora exaesa* が記録された。

造礁サンゴ以外の固着生物は海藻と海草で、そのほとんどが糸状の小型褐藻類であった。その他として記録したのは、サボテンクサとコアモモ *Zostera japonica* であった。

χ^2 検定により測線上の造礁サンゴ分布の偏りをみるため、枝状ハマサンゴ被度(被度17.5%、造礁サンゴ群集に占める割合46.7%)ならびに枝状・塊状ハマサンゴの合計被度(同じくそれぞれ27.5%、73.3%)について、20m区間ごとの出現頻度を集計すると、前者が4, 2, 6, 17, 6、後者が15, 9, 6, 19, 6となった。これらの χ^2 に対する確率値pはそれぞれ0.001, 0.016となるので、有意水準0.05でハマサンゴの分布には有意な偏りがあるものと認められた。

本調査の記録対象である測線直下ではないが、測線始点から65m付近でオニヒトデ1個体を確認した。岩陰に隠れていたため正確な大きさは分からなかったが、直径60cm程度の大型個体と推察された。オニヒトデを確認した場所の周辺では、オニヒトデによる被害を受けた造礁サンゴの死骸はみあたらなかった。測線周辺において明瞭な造礁サンゴの白化現象や病気など、造礁サンゴ群集を大きく攪乱するような事象は確認されなかった。

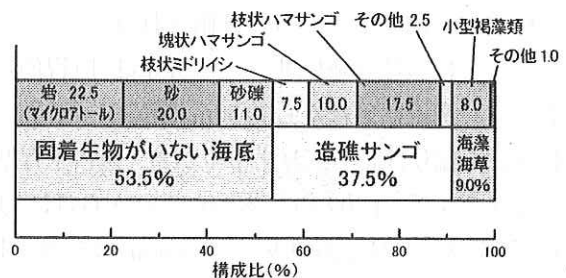


図4 新城海岸汀線から50m付近の位置から礁縁に向かって設置した測線下の海底の状況

考 察

1. シギラ

造礁サンゴの被度は30.5%で、最も出現頻度が高かった枝状のミドリイシの被度は13.0%であった。造礁サンゴ群集全体(30.5%)に占める枝状ミドリイシ(13.0%)の割合は42.6%となる。環境省自然環境局生物多様性センター(2006)は、群集全体に占める割合が60%以上となる造礁サンゴの生育型によって群集を類型化している。これにしたがってシギラにおける造礁サンゴ群集を類型化すると、最も出現頻度が高かった枝状ミドリイシ単独の生育型では60%に達していないので、混成型であると評価される。

シギラにおける造礁サンゴの分布は、巨視的には、礁縁と汀線に平行な帯状分布であると思われる。測線は礁縁から約50mの位置に設置したが、そこに出現した枝状ミドリイシの分布に有意な偏りは認められず($p=0.272$)、優占生育型である混成型として全造礁サンゴについて χ^2 確率をみても、 $p=0.819$ であったことからほぼ均質的な分布であったと考えられた。このことは、シギラにおける造礁サンゴの分布が礁縁に対して平行な帯状分布であるとの想定を支持している。

出現した造礁サンゴは全て丈が低く、ほとんどが高さ5cm程度かそれより低いものであった。調査地点は水深が比較的浅く(推定平均水深約1m)、そこに生息している造礁サンゴ群体の多くは、既に平均低潮線付近まで上方成長しているように思われた。同一水深であっても、礁縁から50mほど離れた調査測線周辺に比べて、礁縁部分では一見して枝状ミドリイシの被度が高いことが明らかであった。これは礁縁では外洋からの波浪やそれにとまなう飛沫が多いのに対し、礁縁から50m離れると波浪の影響が少なくなるため、礁縁に比べて干潮時における空気中への曝露時間が長く、水温や塩分変動が激しいなどの生息環境の違いが反映されているものと思われる。このことを考慮すると、厳しい生息環境にあって、造礁サンゴの被度が30%以上であることは、比較的良好な造礁サンゴ群集であると評価できるかも知れない。

造礁サンゴ以外の固着生物として、マメスナギンチャク類が9.0%の被度で確認された。造礁サンゴを含めた固着生物群集としてみれば、枝状ミドリイシの割合が28.9%となるのに対して、マメスナギンチャク類は20.0%となり、固着生物第2位の優占度となり、6.5%のシコロサンゴを大きく上回る。このことはマメスナギンチャク類が、固着可能な海底面を巡る造礁サンゴの競争相手として大きな意味をもつ可能性が考えられる。固着生物がない海底面が55.0%もあるので、現段階では造礁サンゴの競争相手としての影響度が小さい可能性も否定できないが、生息環境が厳しいことを考えると、わずかな水深や地形などの生息環境のわずかな差が固着生物の生存や成長を左右し得るので、未利用の海底面が十分にあるとはいえないかもしれない。今後、造礁サンゴとマメスナギンチャクの被度がどう推移していくか、大変興味深い。

2. ツマビジ

造礁サンゴの被度は26.5%で、最も出現頻度が高かったミドリイシの被度は18.5%、卓状ミドリイシだけでも16.0%であった。造礁サンゴ群集全体に占める卓状ミドリイシの割合は60.4%であったので、測線上で確認された造礁サンゴ群集の生育型は卓状ミドリイシ優占型であると評価される。

シギラ同様、ツマビジにおける造礁サンゴの分布も、巨視的には礁縁と汀線に平行な帯状分布であることが考えられる。しかしツマビジはシギラに比べてリーフの発達が弱く、礁縁と汀線がやや入り組んでいて平行でないため、直線的に設置した測線と礁縁との距離が一定ではなかった。さらに、測線の始点・終点付近では岸が岬状になっているため潮間帯周辺の潮の流れが場所によって大きく異なっているようであった。測線下における優占型である枝状ミドリイシについて、その分布の均一性をみると χ^2 値に対する確率は $p=0.063$ となることから、統計的に有意な偏りは認められないが、シギラに比べるとやや偏りがあるといえる。これはツマビジの測線下における環境の均質性の低さによるものと考えられる。

測線付近では、局所的な窪みを除けば、海底面はほぼ一定の水深であった。大型の塊状キクメイシやハマサンゴが形成するマイクロアールの高さを指標にすれば、平均低潮線は海底面から30cm程度の高さにあることが示唆された。一方、測線上で優占した卓状ミドリイシは、そのほとんどが丈の低いコリンボース型であった。細長く枝を伸ばす鹿角状のミドリイシ属(例えばヒメマツミドリイシ *Acropora aspera* やオトメミドリイシ *A. pulchra* など)は少なく、大きき5cm未満のごく小さな群体に限られた。地形外観から、測線周辺の環境は強い波浪攪乱を受けているであろうことが容易に推測され、枝状ミドリイシが少ないことは強い波浪環境を反映しているものと思われた。

造礁サンゴ以外の固着生物としてウスユキウチワが多く確認されたが、調査時点では、その藻体は小さく、造礁サンゴの生育に直接影響を与えるような状況にはないと思われた。しかし、ツマビジ入り口の海岸線付近や調査測線の始点よりも南側の浅所などでは、藻体直径が3cm以上に成長したウスユキウチワが多く繁茂していた。藻類は造礁サンゴの競争相手になり得るので、今後、ウスユキウチワの消長については、藻体サイズも含めてきちんと記録することが、サンゴ礁モニタリングを継続する上で必要であると考えられた。

3. 新城

造礁サンゴの被度は37.5%で、最も出現頻度が高かったユビエダハマサンゴ(枝状ハマサンゴ)の被度は17.5%、次いで塊状ハマサンゴが10.0%であった。造礁サンゴ群集全体に占めるユビエダハマサンゴ1種の割合は46.7%、ユビエダハマサンゴと塊状ハマサンゴの両方をあわせると73.3%であったので、調査測線上で確認された造礁サンゴ群集の生育型は枝状・塊状の両方を含むハマサンゴ優占型であると評価される。

本地点においても、シギラ同様、礁縁・汀線に平行な造礁サンゴの帯状分布が想定される

が、調査実施時に多くいた一般遊泳者を避け、沖に向かって測線を設置した。そのため測線下の造礁サンゴの分布が帯状であるかをここで考察することはできない。実際にユビエダハマサンゴ単独、ならびに枝状・塊状ハマサンゴについてその分布均一性をみると、有意水準0.05で有意な偏りがあると判断された。測線始点から0～19.5mの区間においては塊状ハマサンゴが多く、60.0m～79.5mの区間においてユビエダハマサンゴの出現頻度が高いことが明らかである。全体的な分布傾向としては、沖に向かうにつれて、生きた造礁サンゴまたはマイクロアトールの上部が多くなる傾向がみられた。逆に海岸線側では砂地が多く、中間点では砂礫底が多くなる傾向があった。

新城では全海底面の21.0%を砂または砂礫が占め、22.5%が低潮線付近に達するマイクロアトール上部の岩であった。そのため、造礁サンゴが新たに加入し大きな群体に成長可能な海底面はかなり少ないものと考えられた。

今回、優占が確認されたハマサンゴは、ミドリイシやコモンサンゴなどに比べて高水温による白化に耐性があること(Harriott 1985)、オニヒトデが好んで食べないこと(Moran 1990)、群体が頑丈で台風などによる物理的攪乱に抵抗力があること(Massel and Done 1993)、成長速度が年数mm程度と遅いこと(Klein and Loya 1991)が特徴として挙げられる。これらを合わせて考えると、今後、新城海岸の造礁サンゴ群集の姿は比較的安定した状態を維持するのではないかと思われる。ただし人為的破壊に対してまで抵抗力をもっているわけではないので、人為的破壊には注意が必要と考える。

4. 総合考察

環境庁自然保護局(1994)は、1992年の調査に基づき宮古諸島周辺の造礁サンゴ分布図を描いている。本稿で報告した3カ所の調査地点における造礁サンゴの状況を、この地図から読み取ると、シギラ、ツマビジともに、礁縁での造礁サンゴ被度は5～50%で卓状ミドリイシ優占、隣接する礁原・礁池は干出裸岩とされている。新城海岸礁原は造礁サンゴ被度50～100%、枝状ハマサンゴとミドリイシが優占となっている(表2)。

環境庁自然保護局(1994)での調査は調査海域が極めて広範囲であることの制約か、被度区分

表2 造礁サンゴ被度と生育型の比較(表中の上段は被度、下段は生育型)

調査地	環境庁自然保護局(1994)	本調査
シギラ	5～50%(ただし礁原は裸岩)	30.5%
	卓状ミドリイシ	混成(卓状ミドリイシ優占的)
ツマビジ	5～50%(ただし礁原は裸岩)	26.5%
	卓状ミドリイシ	卓状ミドリイシ
新城	50～100%	37.5%
	枝状ハマサンゴ・ミドリイシ	ハマサンゴ(枝状ハマ優占的)

が5%未満, 5~50%, 50~100%の3階級しかないため, 1992年から今回調査を行った2008年までの16年間で, 造礁サンゴの状況がどう変化したか, 正確にうかがい知ることはできない。

シギラとツマビジの造礁サンゴの現況は, 環境庁自然保護局(1994)で設定された被度階級内にとどまっている。生育型にも大きな差異はないと思われる。

新城では環境庁自然保護局(1994)の調査では50~100%の階級であったものが, 本調査では37.5%になっている。前者の被度が階級最低の50%であったとしても12.5ポイントの被度低下が生じていることとなる。生育型は枝状ハマサンゴ・ミドリイシ優占とされているが, 現在はハマサンゴ優占(枝状ハマサンゴと塊状ハマサンゴの混成で, 前者の方が出現頻度は1.75倍高い)である。少なくとも現在, 新城ではミドリイシ類は造礁サンゴ群集全体に占める割合では20%にしか過ぎず, 優占的な地位を占めているとはいえない。

近年白化現象の頻発が指摘されており, 宮古も高水温によると思われる白化現象が1998, 2000, 2001, 2003, 2005, 2007年とほぼ1年おきに起きている(松本・梶原未発表)。白化の程度は年によってかなり異なるが, 1998, 2007年の白化は造礁サンゴの斃死を伴うものであった。このことから, 新城における造礁サンゴの被度低下と生育型の変化は, 白化によるミドリイシ類の減少による可能性が考えられる。しかしながら, 環境庁自然保護局(1994)の調査結果との比較は, 調査方法や精度の違いが大きく, 16年間の変化の有無やその考察については, 状況証拠を参考にした推論の域を出ない。

宮古では現在5年以上継続されているサンゴ礁モニタリングは, リーフチェック, モニタリングサイト1000事業サンゴ礁調査の2件, 合計16地点あるが, 広大なサンゴ礁面積を考えれば, 16地点しかないと評することができる。吉野を除けば, 地域住民になじみの深い潮間帯周辺でのモニタリングは行われていない。今後も本稿で報告したモニタリング調査を長期継続することで, 宮古の自然環境の記録を蓄積し, その保全に資したい。

謝 辞

本稿の取りまとめにあたり, 宮古島市立中学校教諭・松本尚氏に有益な助言をいただきました。ここに謝意を表します。本稿で扱った調査は, 「宮古島サンゴ礁ガイドのなかまたち」の活動の一環として行ったもので, 会を代表して友利と梶原が執筆者となりましたが, 実地の調査では下記会員らの協力により調査データを得ました。新垣常雄, 井上幸夫, 奥谷美恵子, 梶原超子, 金子導夫, 川満典子, 柴田邦子, 城間真佐恵, 竹井朋子, 竹井太, 野原直一, 春川京子, 春川淳, 益田広美, 森樹夫(50音順, 敬称略)。

引用文献

- Harriott VJ (1985) Mortality rates of scleractinian corals before and during a mass bleaching event. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 21: 81-88.
- 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報告書. 37pp.
- 環境庁自然保護局 (1994) 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. 262pp.
- 環境省自然環境局生物多様性センター (2006) 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) サンゴ調査平成15~17年度取りまとめ報告書. 304pp.
- 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. pp.80-94.
- Klein R, Loya Y (1991) Skeletal growth and density patterns of two *Porites* corals from the Gulf of Eilat, Red Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 77: 253-259.
- Massel SR, Done TJ (1993) Effects of cyclone waves on massive coral assemblages on the Great Barrier Reef: meteorology, hydrodynamics and demography. *Coral Reefs* 12(3/4): 153-166.
- 松本尚 (1992) 沖縄県宮古島周辺におけるサンゴ相の研究. 琉球大学修士論文, 80pp.
- 宮古島サンゴ礁ガイドのなかまたち (2008) 宮古のサンゴ礁2. サンゴ礁と人との関わり. 宮古島市, 16pp.
- Moran PJ (1990) *Acanthaster planci* (L.): biographical data. *Coral Reefs* 9(3): 95-96.
- Nadon MO, Gtirling G (2006) Field and simulation analysis of visual methods for sampling coral cover. *Coral Reefs* 25(2): 177-185.
- 島袋伸三 (1992) サンゴ礁の民俗語彙. サンゴ礁地域研究グループ(編) 熱い心の島ーサンゴ礁の風土誌. 古今書院, 東京. pp.48-62.
- 山里清・香村真徳・西島信昇 (1967) 琉球沿岸における底生生物の分布. 琉球政府農林局, 琉球水産資源調査報告書. pp.164-192, 17pls.