

サンゴ増殖礁の開発を目的とした タカセガイ中間育成礁による検証実験

FIELD EXPERIMENT TO GRASP RELATION BETWEEN CORAL GROWTH
AND ENVIRONMENT IN TOP-SHELL SNAIL AQUACULTURE STRUCTURE

安藤亘¹・石岡昇²・岩村俊平³・三宅崇智⁴・宮地健司⁵
Wataru ANDO, Noboru ISHIOKA, Shunpei IWAMURA, Takatomo MIYAKE
and Kenji MIYAJI

¹正会員 (社)水産土木建設技術センター(〒104-0045 東京都中央区築地2-14-5)

²(社)水産土木建設技術センター(〒104-0045 東京都中央区築地2-14-5)

³正会員 修(工学) (株)エコー(〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

⁴修(理学) (株)エコー(〒110-0014 東京都台東区北上野2-6-4)

⁵水産庁漁港漁場整備部整備課(〒100-8907 東京都千代田区霞が関1-2-1)

We confirmed that high coral community cover in top-shell snail (*Tectus niloticus*) aquaculture structure installed in the northern part of Miyako-jima Island, Okinawa prefecture. The purpose of this study is to grasp the reason why the structure has been functioning recruitment and growth of coral. As the results, it was suggested that the lattice structure in top-shell snail aquaculture structure functioned effectively recruitment of a coral larva. In addition, it was suggested that the measure-shaped structure functioned as to damp current speed at the time of the high surge and it has contributed to the growth of coral.

Key Words: Miyako Island, coral community, top-shell snail, aquaculture structure

1. はじめに

近年、亜熱帯から熱帯海域の沿岸生態系の基盤を形成しているサンゴ群集は、沿岸域の開発や地球温暖化等の影響で衰退傾向にある^{1), 2), 3)}。それに伴う水産資源の減少が報告されており、水産業の立場からもサンゴ群集の増殖技術の開発が望まれている⁴⁾。

沖縄県では1994年以来、県の重要水産資源生物であるタカセガイ[和名:サラサバテイ, 学名:*Tectus niloticus*]の中間育成を人工育成礁で行っている。中間育成とは、陸上施設で殻径約5mmまで育てた稚貝を野外のタカセガイ中間育成礁(以下、タカセガイ礁)に移して殻径30mm程度まで無投餌で飼育し、若年貝を地先のサンゴ礁に放流して資源を増やそうとするものである⁵⁾。

宮古島ではタカセガイ礁(図-1)56基(112桁)を池間大橋東方の浅瀬に設置して、1996年からタカセガイの中間育成事業が行われている(図-2)。

タカセガイ礁は鉄筋コンクリート製の桁型2連(重量:約26t)で、桁内底部にはケイ酸を含む砂粒を吹き付けたFRP製格子板(以下、グレーチング、目合:5×10cm)が2枚/桁設置されている⁶⁾。側面には天

端から30cmと60cmの位置に排水穴(5個/桁)があり、塞ぐと干潮時に水深60cmのタイドプール状態となる。

事業開始約4年後、タカセガイ礁内に着生して成長したサンゴがタカセガイの取り上げの妨げになり、その除去に多大な労力と費用を要することが問題となった。そこでサンゴの加入と着生の過程を調べるため試験的にタカセガイ礁の排水穴を閉じ、タカセガイを取り上げずに放置したところ、2-3年後には被度90%以上のサンゴ群集が確認された⁷⁾(図-3)。

本研究は、サンゴ増殖礁の開発を目的として、タカセガイ礁の構造がどのようにサンゴの着生と生育に寄与しているのかの検証を試みたものである。

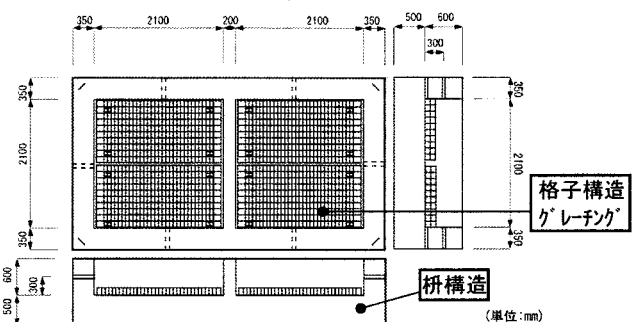


図-1 タカセガイ礁の形状・寸法

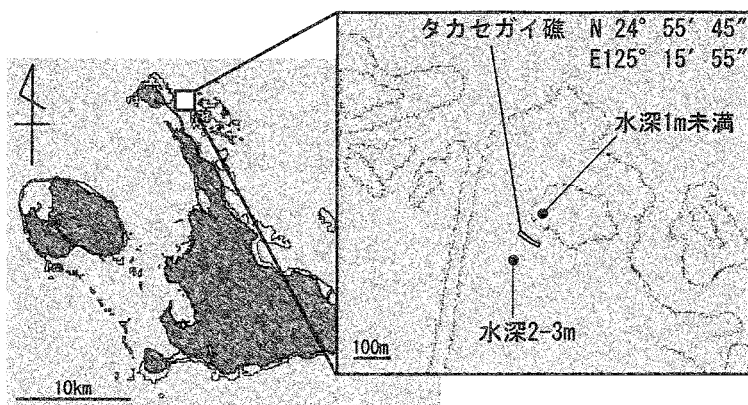


図-2 調査海域(宮古島市, 狩俣)

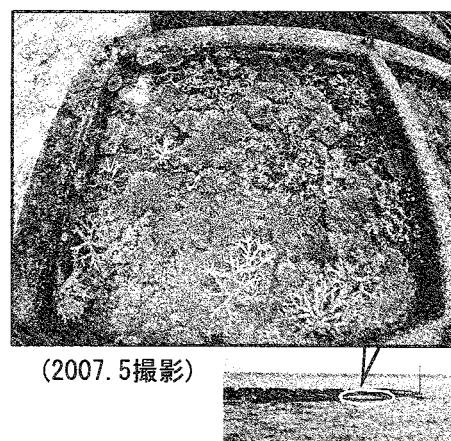


図-3 タカセガイ礁内のサンゴ着生状況

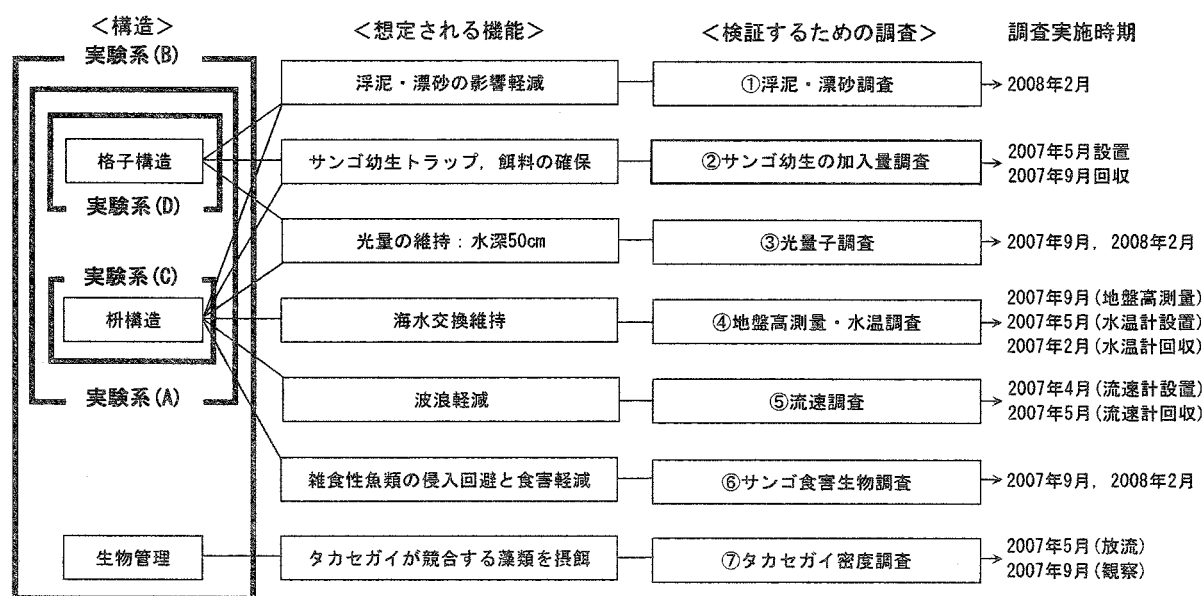


図-4 タカセガイ礁が有する機能(仮説)と検証調査⁷⁾を一部改変

2. 実験方法

(1) 実験系の設定

タカセガイ礁は、グレーチングによる格子構造とコンクリートの桁構造から成っている。これらの構造がサンゴ群集の着生と生育に寄与すると考えられることから、想定される機能(仮説)、およびそれらを検証するための調査を図-4に整理した⁷⁾を一部改変。

仮説を検証するために(A)～(D)の実験系を設定した(図-4)。実験系(A)は既存のタカセガイ礁と同じ桁構造と格子構造とした。(B)は(A)の構造に生物管理機能を加えるため、海藻を摂食するタカセガイ(2,000個体/桁)を放流した。(C)は桁構造のみとした。(D)は格子構造のみとするため、フレームにグレーチングを取り付けた。なお、実験開始時には各実験系の初期条件を揃えるため、桁内の付着生物を全て除去し、新しいグレーチングを再設置した。実験系の設定は、サンゴの一斉産卵(2007. 5. 30頃)の前に行った。

(2) 検証調査の内容

図-5に調査地点の詳細を示す。

①浮泥・漂砂調査：浮泥・漂砂の影響軽減機能を検証するため、桁内と桁外にセジメントトラップ(φ9cm, 高さ30cmの塩ビ管9連)を3日間設置した。

②サンゴ幼生の加入量調査：桁内外へのサンゴ幼生の加入量を把握するため、加入量調査器(10×10cmのスレート板2枚1組)を桁内3地点の底面と桁外4地点の海底面に3基ずつ設置した。さらに格子に着生したサンゴを詳細に確認するため、実験系(A)(B)(D)の各グレーチングには、取り外し可能な試験プレート(8×40cm)を5枚ずつ設置した。

③光量子調査：光量の維持機能を検証するため、桁内と桁外で実施した。

④地盤高測量・水温調査：タカセガイ礁の設置地盤高は場所により異なっており、各タカセガイ礁で冠水・干出時間が異なる。そこで全112桁において海水交換維持機能を検証するために地盤高測量を実施した。また、メモリ式水温計(onset computer社製、

HOBO Water Temp Pro)を柵内と柵外の海底13地点に設置した。

⑤流速調査:柵内と柵外の流速を比較するために、メモリ式流速計(アレック電子製,COMPACT-EM)を柵内と柵外の2地点に設置した。

⑥サンゴ食害生物調査:食害魚類の侵入回避と食害軽減機能を検証するために食害状況を目視観察した。また、全112柵においてウニ類の個体数とサンゴ被度を計測した。

⑦タカセガイ密度調査:サンゴと競合する海藻類をタカセガイが摂餌することによる生物管理機能を検証するために、実験系(B)に放流したタカセガイの歩留りを計測した。また、海藻類との競合の影響を把握するため、全112柵の海藻類の被度についても調査した。

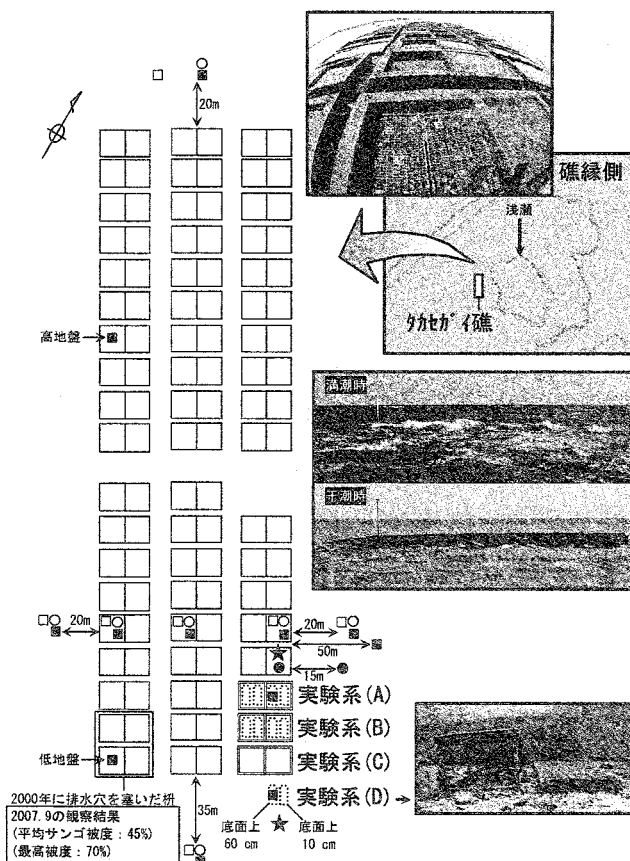


図-5 調査地点図および調査内容

3. 調査結果および考察

(1)浮泥・漂砂調査

セジメントトラップの設置期間中は風が強く、タカセガイ礁周辺の流況は風波の影響を強く受けていた。観測期間中(2008.2.20)の現場海域周辺の流速を図-6に示す。

採取された内容物の量は、柵外では $499.2\text{g}/\text{m}^2$ 、柵内では $131.0\text{g}/\text{m}^2$ と柵外の半分以下であった。内容物の主な性状は砂分で、特に柵外では多かった(図-6)。このことから、柵の側壁が砂の流入量を低減させていると考えられる。さらに柵内の砂は格子構造を通過し下部にわずかに堆積している程度であったことから、着底と生育においてこの砂の影響は少ないと考えられた。

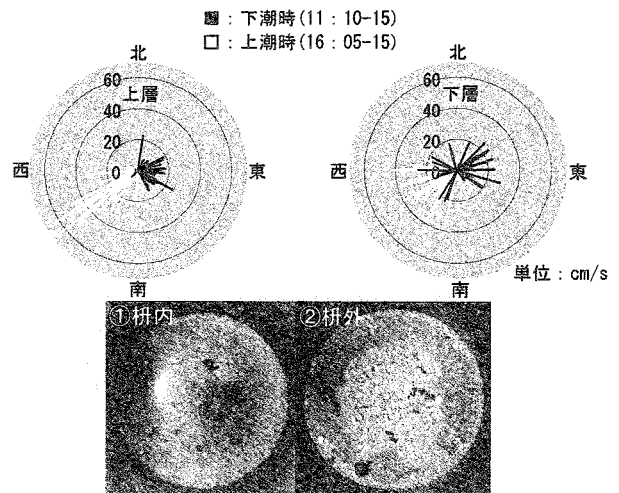


図-6 浮泥・漂砂調査の状況(2008.2.20-22)

(2)サンゴ幼生の加入量調査

a) 加入量調査器

2007年5月に設置した加入量調査器をサンゴの一斉産卵から約4ヶ月後の2007年9月に観察した(図-7)。柵内の3地点では 11.3 ± 0.6 群体/地点、柵外の4地点では 0.5 ± 0.6 群体/地点と柵内で多かった。このことから、柵構造は一斉産卵後のサンゴ幼生を滞留させることで、柵内に設置した格子に沈降する幼生の量を増やす効果が示唆された。

b) グレーチングの試験プレート

2007年5月に実験系(A)(B)(D)のグレーチングに設置した試験プレートを a)と同様の約4ヶ月後の2007年9月に観察した(図-7)。

実験系(A)では 11.3 ± 2.1 群体、実験系(B)では 5.5 ± 4.8 群体、実験系(D)では 5.5 ± 7.8 群体であった。また、グレーチングの無い実験系(C)の柵内底部のコンクリート面の観察を行ったところ、底面は砂やシオミドロ属等に覆われており、新規加入群体は確認されなかった。

これらのことからグレーチングによる格子構造はサンゴ幼生の着底に有効に働いていると考えられる。

また、実験系(D)は図-7のように北東側で海底面上10cm、南西側で海底面上60cmと高さの違うフレームにグレーチングのみ設置している。海底面上10cmでは新規加入群体は確認できなかった。一方、海底面上60cmでは11群体が観察されており、グレーチングを海底面から離して設置することで、漂砂による着底、生育阻害を回避しているためと推測される。

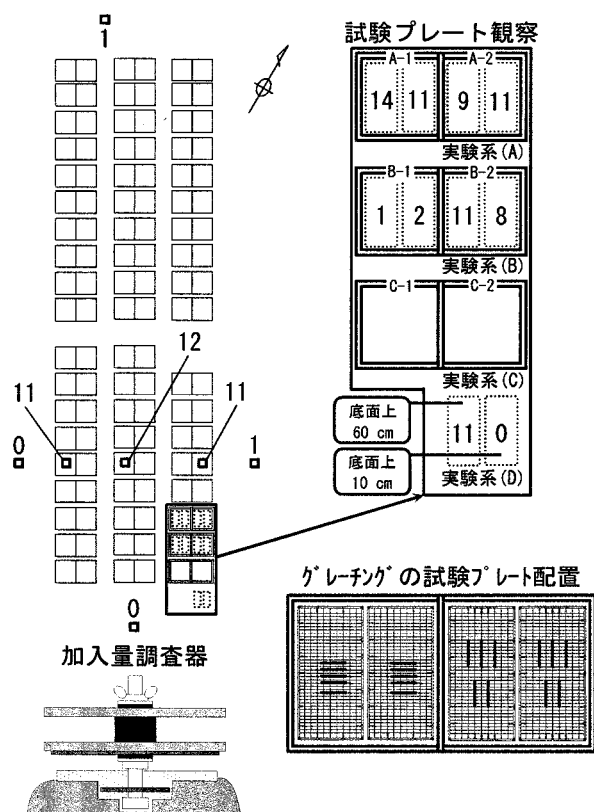


図-7 サンゴ幼生の加入量調査結果(2007. 9)

(3) 光量子調査

枡内と枡外の2ヶ所について、水面上から底面までの光量の減衰状況を確認した結果(2007年9月)、相対光量子は枡外底面(C. D. L. -0.3m)では約30%、枡内底面(C. D. L. +0.2m)では約60%と、光量の維持効果が確認された。

(4) 地盤高測量・水温調査

タカセガイ礁全体の設置地盤高は、C. D. L. -0.7m ~ +0.1mであり、最大高低差は約0.8mであった。これによるタカセガイ礁の干出時間の差は、潮位差の大きい大潮期では、C. D. L. -0.7mの地点で約6時間、C. D. L. +0.1mの地点で約2時間干出する。高地盤の枡と低地盤の枡では、大潮期で干出時間に約4時間の差がある。干出中は外気にさらされるため枡内の水温は夏季で高く、冬季で低くなると考えられる。図-8 ~ 図-10に水温の連続観測結果(平均水温)を示す。

干潮時(大潮期)の枡内と枡外の水温を比較すると、夏季の日中では枡内が約3℃高く、冬季の早朝では枡内が約2℃低かった(図-8)。また、高地盤(C. D. L. ±

0.0m)と低地盤(C. D. L. -0.6m)の枡内の水温差は、高地盤は秋季の日中で約3℃高く、早朝で約1℃低いこと、冬季の日中で約2℃高く、早朝で約2℃低いことが確認された(図-9)。

タカセガイ礁は、干潮時に周辺海域から隔離されるため、その間は海水交換が行われず、枡内の海水温は外気温の影響を強く受ける。この水温差は、サンゴには致命的な影響となる可能性がある。しかしながら、枡内でサンゴ被度約70%のサンゴ群集が形成されている場所がある。その地盤高は低く(C. D. L. -0.6m)、干潮時でも枡外と適度な海水交換があり、枡外との水温差は小さかった(図-10)。そのため生育が可能であったと考えられる。なお、2007年7月下旬~8月上旬の高水温による八重山地方におけるサンゴの白化⁸⁾は、枡外では確認されなかった(2007年9月)。しかし、枡内においては白化したサンゴが確認された。その後、2008年2月には白化からの回復が見られ、白化が原因で死滅したと考えられるサンゴは少なかった。

枡構造による海水交換維持機能は、設置地盤高により異なっており、それによって影響を受ける枡内の水温がサンゴ群集の生育状況に関わっているものと推察される。

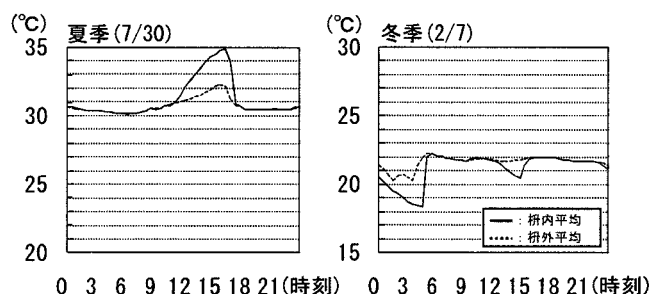


図-8 枡内と周辺海域(枡外)の水温差

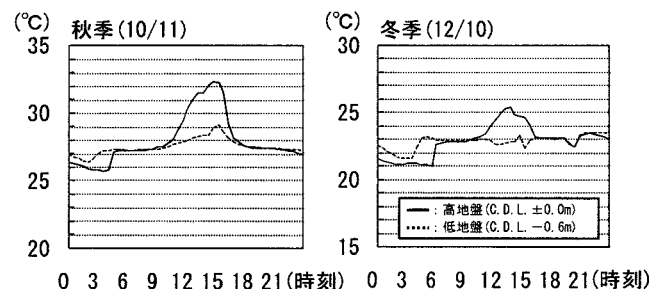


図-9 枡内における地盤高と水温の関係

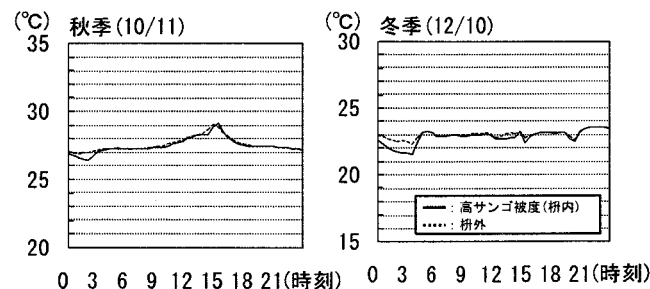


図-10 枡外とサンゴ高被度枡(低地盤)の水温差

(5) 流速調査

2007年4月に21日間の観測を行った。結果を図-11に示す。

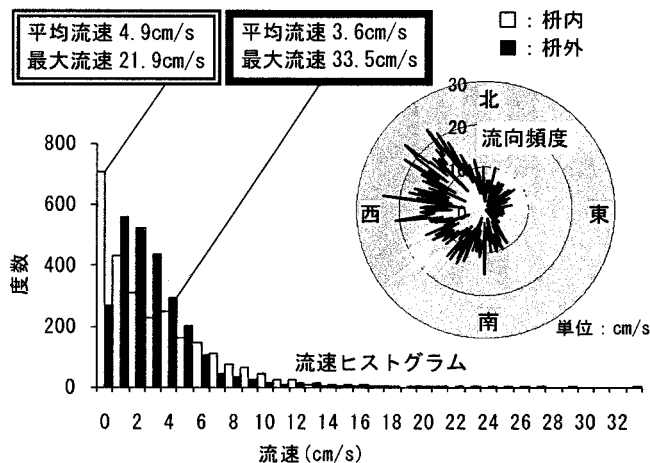


図-11 流向頻度・流速ヒストグラム(2007.4)

枡内と枡外の平均流速では大きな差はなく、最大流速では枡外と比較して枡内で小さかった。また、枡外に比べ枡内では、流速ヒストグラムの分布のピークが低い方向に移動している。このことから、枡構造による波浪軽減効果が確認された。

流向頻度図から、枡外では西方向の流れに支配されているのに対し、枡内では南西方向と北東方向の往復流(振動流)に変化している。枡構造は、周辺からの一方向流を枡内で振動流に変化させることが分かった。波浪場とサンゴ幼生着底率の関係については、振動流環境下でサンゴ幼生の着底率が高くなることが報告されており⁹⁾、この考え方を支持する結果となった。

枡内では枡外よりも比較的静穏であり、サンゴ幼生の着底率向上やサンゴの餌料が滞留しやすい環境であることが示唆された。

(6) 食害生物調査

魚類・ウニ類による食痕は、枡内外ともに観察されなかった。礁縁部より沖側では、大型のブダイ科魚類が確認され、タカセガイ礁周辺でも小型のブダイ科等の魚類が確認された。また、調査期間中、満潮時において、周辺の魚類がタカセガイ礁を越えていく様子は観察されなかった。

タカセガイ礁全体は、満潮時でも天端から水面までの距離が1m未満であり、枡構造が食害魚類の侵入の機会を減少させていると考えられる。

次に、サンゴ群集とウニ類の食害との関係を検討した。枡の全ての排水穴が塞がっている場合には、干潮時でも枡内の水位は60cmとなる。排水穴が全て開いていると、干潮時には枡内の海水は完全に流出して干出するためサンゴは生育できない。そこで、枡の天端から60cmの位置にある排水穴が塞がっている計30枡を対象にサンゴ被度とウニ類の個体数の関係を検討した(図-12)。

確認されたウニ類はナガウニ科、クロウニ科、ガンガゼ科で、ナガウニ科が全体の99%を占めていた。

ウニ類の個体数が多い枡ではサンゴ被度が低く、ウニ類の個体数が少ない枡ではサンゴ被度が高い傾向が窺えた。ウニ類とサンゴ被度の関係については、ウニ類が藻類を摂食するためウニ類が多いほどサンゴの被度が高くなることが報告されている¹⁰⁾。一方、ナガウニ科は、5枚のエナメル質の歯で、海藻類を石灰岩ごと削り取って摂餌するため¹¹⁾、着底したばかりの稚サンゴが同時に削り取られる可能性が考えられる。ここでは、後者の考え方を支持する可能性が示唆された。なお、ウニ類はグレーチングの隙間に多く、グレーチングがウニ類の生息場になっていると考えられる。

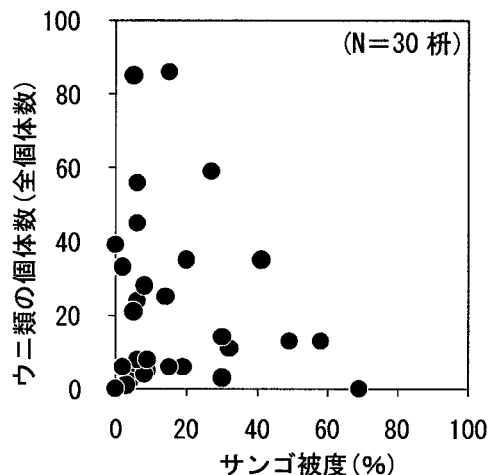


図-12 ウニ類の個体数とサンゴ被度の関係

(7) タカセガイ密度調査

2007年5月に実験系(B)において、殻幅約1.5cmのタカセガイを2,000個体/枡を放流した。その後、2007年9月に歩留りを確認したところ、7個体(殻幅3.0-3.5cm)が確認されたのみであった。このことから、今回の結果からは、サンゴと競合する藻類をタカセガイが摂餌することによる生物管理機能を検証することはできなかった。

歩留りが小さかった要因として、放流時は新たなグレーチングを設置したばかりであり(2007年5月設置)、タカセガイの餌となる海藻があまり生長していなかったことが考えられる。したがって、餌を求めて枡外に移動、あるいは餓死した可能性がある。この機能を検証するためには、放流の時期や量を再検討する必要がある。

次に、サンゴと競合すると考えられる海藻類とサンゴ被度の関係を検討した。図-13より枡内の海藻類被度が低いほどサンゴ被度が高くなる傾向が窺えた。これは、着底基盤が海藻類に覆われると、サンゴ幼生は着底する基盤を失い、新規加入を阻害されるためと考えられる。したがって、海藻類を摂餌するタカセガイの放流時期や放流方法を工夫することによって、効率的にサンゴ幼生の着底を促すことができると考えられた。

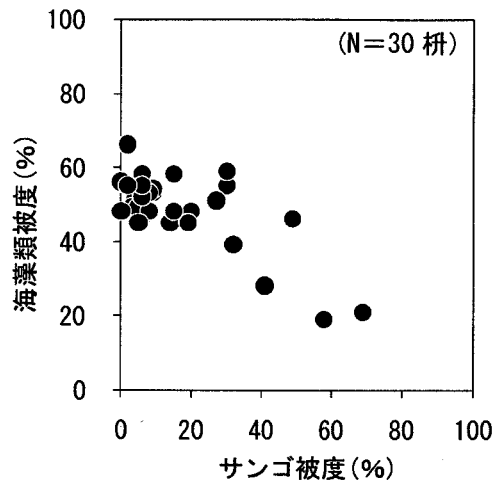


図-13 海藻類被度とサンゴ被度の関係

4. 結 論

本研究の結果、図-4 で示したいくつかの仮説を支持する結果が得られ、タカセガイ礁をサンゴ増殖礁として応用できる可能性が示唆された。以下に得られた知見をタカセガイ礁の構造別に示す。

①格子構造

- ・グレーチングは柵内に流入する浮泥や砂を下部に通過させることで、稚サンゴを砂等の影響から回避させる効果がある。
- ・グレーチングは海底面から離して設置すること(約60cm)で、新規加入群体を漂砂による着底、生育阻害から回避できる。

②柵構造

- ・柵の側壁(H=1.1m)は浮泥や砂の流入量を低減させる効果がある。
- ・柵内は流速の制御と振動流により海水が滞留しやすいことからサンゴ幼生のトラップとサンゴの餌料の確保に有効である。
- ・光量の維持に対して底上げが有効と考えられる。
- ・干出時に柵内と柵外の海水交換が途絶え、柵内の水温が高くなる恐れがある。干出時間が2時間未満であれば、柵外との水温差が小さく(1℃未満)サンゴへの影響は少ないと推察された。このことから、干出時間を考慮して設置する海底を選定する必要がある。
- ・側壁の遮蔽効果によって食害魚類の侵入の機会を減少させ、柵内に着生しているサンゴは食害を免れる可能性が考えられる。また、柵内で多くのウニ類が確認され、ウニ類の個体数が多いとサンゴの着生・生育を阻害することが示唆された。

今回、海藻類を摂餌するタカセガイによる生物管理機能については実証できなかったが、海藻類被度が高いとサンゴの着生・生育が阻害されることが示唆された。このことから、サンゴの初期生育時にタ

カセガイが海藻類を摂餌するよう、今後の調査で放流のタイミングや量について検討していきたい。

我々は、本研究の成果と沖ノ鳥島におけるサンゴ増殖実験礁の知見¹²⁾をもとに、「サンゴ増殖礁プロトタイプ」を考案し、2008年3月から阿嘉島海域で実証実験を行っているところである。

今後も、サンゴ増殖に有効な構造(機能)を検証し、サンゴ増殖礁の実用化を目指す予定である。

参考文献

- 1) 土屋誠：サンゴ礁からの警告ー最大規模の白化現象は何を意味するかー, *Galaxea JCRS*, Vol.1, pp.27-29, 1999.
- 2) Hoegh-Guldberg O.: Global climate change and the thermal tolerance of corals, *Galaxea JCRS*, Vol.2, pp.1-11, 2000.
- 3) Hoegh-Guldberg O, Mumby P. J., Hooten A. J., Steneck R. S., Greenfield P., Gomez E., Harvell C. D., Sale P. F., Edwards A. J., Caldeira K., Knowlton N., Eakin C. M., Iglesias-Prieto R., Muthiga N., Bradbury R. H., Dubi A. and Hatzitolos M. E.: Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science* 318, pp.1737-1742, 2007.
- 4) 三上信雄, 安藤亘, 石岡昇, 大隈篤, 山本秀一, 北野倫生：沖ノ鳥島周辺海域における水産利活用の促進, *海洋開発論文集*, 第23巻, pp.925-930, 2007.
- 5) 久保弘文：沖縄県におけるサンゴ礁性貝類の増養殖の現状と将来. *月刊海洋*, 号外(20), pp.180-191, 2000.
- 6) 久保弘文, 諏佐直子, 堀井亨, 勝俣亜生：タカセガイ中間育成礁の開発IV. FRPグレーチング型付着基盤の敷設試験, 平成4年度沖縄県水産試験場事業報告, pp.122-133, 1993.
- 7) Omori M, Kajiwaru K, Matsumoto H, Watanuki A and Kubo H: Why corals recruit successfully in top-shell snail aquaculture structures?, *Galaxea JCRS*, 8, pp.83-90, 2007.
- 8) 環境省自然環境局国際サンゴ礁研究・モニタリングセンターH. P. (<http://www.coremoc.go.jp/>), 2007年の白化について, 2008年3月11日.
- 9) 波利井佐紀, 灘岡和夫, 安田仁奈, 林原毅：振動流環境下でのサンゴ幼生の定着に関する室内実験, *海岸工学論文集*, 第51巻, pp.1051-1054, 2004.
- 10) Margaret W. M. and Alina M. S.: Lessons learned from experimental key-species restoration, *Coral reef restoration handbook*, CRC press, pp.219-233, 2006.
- 11) 鈴木倫太郎：石垣島の現成サンゴ礁浅海域におけるナガウニによる堆積物生産, *地学雑誌*, 114(1), pp.41-57, 2005.
- 12) 三上信雄, 安藤亘, 石岡昇, 中村良太, 河野大輔, 北野倫生：沖ノ鳥島のサンゴの維持・拡大を目的とした種苗生産技術と増殖技術の開発, *海洋開発論文集*, 第23巻, pp.931-935, 2007.