

F-5 サンゴ礁生態系の攪乱と回復促進に関する研究

(2) サンゴ礁生態系の回復促進

② サンゴ礁回復のためのサンゴの着生加入過程に関する研究

(財) 阿嘉島臨海研究所

岩尾研二

<研究協力者> (財) 阿嘉島臨海研究所

谷口洋基

藤田和彦

平成12～14年度合計予算額 7,674千円

(うち、平成14年度予算額 2,800千円)

[要旨] 大規模な人為的攪乱や白化現象などの自然要因により壊滅的なダメージを受けたサンゴ群集も、健全な環境下であれば、再び元と同等のサンゴ群集を形成するようになる。特に幼生着生による加入は、サンゴ礁の回復に大きく貢献する過程であるが、劣悪な環境下ではそれは期待できないと考えられる。しかし、幼生着生の人為的制御の難しさからその環境要因との関連が十分に検討できていないため、着生加入に関する環境の良悪の評価の指針となるべき具体的条件は、明らかになっていない。そこで本研究では、温度・塩分、赤土堆積などの物理環境と底生生物の生息状況という生物環境に着目し、サンゴ幼生の加入について良悪な環境を明らかにするために実験を行った。その結果、サンゴ幼生は、非常に幅広い温度・塩分下で着生することができるが、着生後のポリプ形成過程において、異常な高低温度・塩分環境が、ポリプの骨格形成に悪影響を与えることが明らかになり、幼生の着生加入によるサンゴ礁の回復が促されるために適当な温度・塩分環境は温度26℃- 塩分34付近であることが判明した。また、赤土堆積は、たとえわずかな量でも、着生誘引物への幼生の接触機会を減少させ、着生基質を覆い隠して、サンゴ幼生の着生加入を減少させることが示唆された。さらに、海底に生息する底生生物の中には、サンゴ幼生の着生に有利に働くものと不利に働くものの両者が存在しており、さらに、有利に働くものでも、着生誘引物と着生基質の両面で有効なものと、着生誘引物としては有効であるが着生基質としては有効でないものがあり、それらの生物の生息状況や組成が、その場所でのサンゴ幼生加入過程に大きく影響することが考察された。

[キーワード] サンゴ幼生加入、温度、塩分、赤土、底生生物

1. はじめに

大規模な人為的攪乱や白化現象などの自然要因により壊滅的なダメージを受けたサンゴ群集も、健全な環境下であれば、生サンゴ断片や幼生による新たなサンゴの加入によって、再び元と同等のサンゴ群集を形成するようになる。特に幼生着生による加入は、サンゴ礁の回復に大きく貢献する過程であるが、劣悪な環境下ではそれは期待できないと考えられる。しかし、幼生着生の人為的制御の難しさからその環境要因との関連が十分に検討できていないため、着生加入に関

する環境の良悪の評価の指針となるべき具体的条件は、明らかになっていない。

2. 研究目的

サンゴ礁の攪乱は様々な要因により生じるが、例えば白化現象は、高・低水温、高・低塩分、強光などにより発生することが知られている。1998年に世界的規模で生じ、本邦でも甚大な被害の認められた白化現象の主要因は、高水温であったと考えられている¹⁾。また、1963年以降カリブ海では、異常塩分により白化の発生したことが報告されている^{2), 3)}。このような攪乱を引き起こす異常な温度・塩分下で幼生の加入は生じるのだろうか。

また、沖縄県では、本土復帰以降の陸地開発に伴う赤土の流出によって、広大なサンゴ礁が荒廃した。そして、多くの場所では依然として赤土流出は続いており、海底には赤土が堆積している。そのような場所に新たなサンゴ幼生の加入は生じるのであろうか。

攪乱により死亡したサンゴの骨格は、時間的な変化とともに様々な底生生物の生息場所として利用されていくし、サンゴ礁海底には種々の底生生物が付着生活していることがほとんどである。しかし、底生生物には、サンゴ幼生の着生に対して負に作用するものがある可能性があり、幼生加入場所となりうるかどうかは、その生物組成に左右されると考えられる。

近年、Dr. Aileen Morseと阿嘉島臨海研究所の共同研究によって、紅藻類サンゴモが沖縄産ミドリイシサンゴの幼生の着生を誘引することが明らかになり⁴⁾、サンゴ幼生の着生条件の検討が容易になった。また、海水に沈めた基盤上にサンゴ幼生の着生が生じることが分かっている。そこで本研究では、この2つのサンゴ幼生着生誘引手法を用いて、サンゴ幼生の着生・変態過程と温度・塩分、さらに赤土堆積という物理環境との関係を明らかにし、また、サンゴ礁海底に生息する種々の底生生物の影響を試験し、生物環境と其中で起こるサンゴ幼生の着生との関わりを検討して、着生加入過程における環境の良悪の評価の基となるべきデータの収集を意図した。

3. 研究方法

(1) 温度・塩分のサンゴ幼生着生および変態過程への影響

5種のみドリイシ (*Acropora*) 属サンゴとハナヤサイサンゴ (*Pocillopora damicornis*) の幼生を用い、みドリイシ類は、温度22-34℃、塩分26-42PSUの範囲で、ハナヤサイサンゴは、温度14-34℃、塩分13-55PSUの範囲で幼生の着生試験を行い、着生率を測定した。なお、その時みドリイシ属幼生にはコブイシモ (*Hydrolithon reinboldii*) から作製したチップを、ハナヤサイサンゴにはあらかじめ海中に沈水しておいた基盤を着生誘引物として用いた。

着生した幼生は、外部および内部形態を大きく変化させて(変態過程)骨格をもつポリプとなる。つまり、着生に引き続き変態することによって加入過程が進行するのである。そこで、それぞれの温度・塩分環境下で着生したポリプを、3種のみドリイシについて12日間、ハナヤサイサンゴについては24日間飼育観察し、骨格形成に着目して変態過程を追跡し、温度・塩分環境の影響を検討した。

(2) 赤土堆積のサンゴ幼生着生への影響

底面の直径2.5cmの円形小型容器に、着生誘引物としてコブイシモのチップを入れた後に、1容器あたり赤土0-1000mgを用いて8段階の堆積状況を作り、そこにウスエダみドリイシ *Acropora tenuis* 幼生を収容して、着生率と容器中の着生部位を記録した。

(3) 底生生物のサンゴ幼生着生への影響

海中より27種の底生生物を採取し、その破片または全体、あるいはアセトン抽出物をウスエダミドリイシ幼生とともに実験容器に収容し、24時間後の着生状況と幼生の状態を観察した。

また、海中よりアミジグサの一種(*Dictyota* sp.: 褐藻)、ハイオウギの一種(*Lobophora* sp.: 褐藻)、コブイシモ(*Hydrolithon reinboldii*: 紅藻)の卓越して繁茂している石を集めて円形容器収容し、各種藻類の優占する海底を想定して実験を行った。ウスエダミドリイシ幼生を投入して着生状況を観察し、観察の際には、着生数とともに着生部位の底生生物を記録し、それぞれの底生生物の被覆面積のデータとともに整理して、各々の着生密度を算出・比較し、各底生生物の着生加入への影響を検討した。

4. 結果・考察

(1) 温度・塩分のサンゴ幼生着生および変態過程への影響

ミドリイシ属サンゴでは1種をのぞいた残り4種では、30℃以上の温度下で着生率の低下や幼生の死亡が見られ、着生に最適な条件ではないことが示唆されたが、低率ながら22-34℃で着生が確認されており、着生不可ではないことが明らかになり、また、1種をのぞいて塩分30-38の時に最もよく着生が生じ、それより低いまたは高いときには低下していたものの、全く着生しないのではなく、着生不可とは言い切れなかった。また、ハナヤサイサンゴでは、28℃をピークに温度の上昇とともに着生率は低下し、34℃では全幼生が死亡し全く着生は見られなかった。低温部においては、14℃で全幼生が死亡し、16℃では幼生は生存しているものの球状に萎縮し、着生は全く見られなかった。一方、塩分については、21-51PSUという広範囲で着生が見られ(ただし51下では口の開口が不明瞭であった)、しかも45-48PSUという異常に高い塩分下で着生率のピークを示しており、天然海水の塩分34付近に着生が集中するだろうという予想と大きく違っていた。

以上のことから、実験に用いたサンゴ幼生の着生は、特定の最適条件をもつものの、温度・塩分について広い条件範囲を有することが明らかとなった。しかし、その後の変態過程(骨格形成状況)を観察すると、ミドリイシ属サンゴについては、3種いずれも温度26℃-塩分34で最も骨格の形成がよく、それより低塩分または高塩分では悪く、特に高塩分下では骨格形成が不良であり、ポリプの死亡も増加した。また、ハナヤサイサンゴについては、温度26-30℃で最もよく骨格が発達し、より低温あるいは高温になるにつれて、骨格形成は不十分になっていた。一方、塩分については、27-34PSUのときに最もよくポリプが発達し、高塩分および低塩分下では骨格形成の中断や死亡が観察された(図1)。

以上の結果から、たとえサンゴ幼生が着生可能な条件下であっても、その後のポリプの発達が行われず、あるいは不十分であることが明らかとなった。したがって、造礁サンゴの幼生による加入過程を考える上では、着生後のポリプの生存および発達条件が、より重要であることが示唆された。

(2) 赤土堆積のサンゴ幼生着生への影響

赤土堆積の全くないときには、高い着生率が認められたが、赤土の堆積程度が増すにつれて、それは低下していた。これは着生誘引物への接触機会が減り、着生が誘引されにくくなったためと思われる。今回の実験では、最も堆積量の多い場合(厚さ約2mm)を除いて、多少なりとも着生は生じていた。しかし、赤土が多くなるとその堆積した実験容器底部への着生は減少し、上部壁面などに着生する割合が多くなり、薄くでも一面を覆っていると、底部への着生は全くなくなっていた。海中では、波浪の攪拌等により、少

量の赤土堆積は除去されることもあるだろうが、以上の結果を考えると、赤土の堆積によって、幼生の加入は極度に低下すると考えられた。

(3) 底生生物のサンゴ幼生着生への影響

破片やアセトン抽出物を試験した27種の生物のうち、ほとんどの生物は、サンゴ幼生に対して影響を及ぼさなかったが、無節サンゴモ類3種とイワノカワ (*Peyssonnelia*) の一種 (両者ともに紅藻類) は、着生を促進することが確認された。しかし、4種のカイメン類は幼生を崩壊・死亡させ、それらが何らかの毒性を持つことが明らかとなった。これらのことから、海底の底生生物には、サンゴ幼生着生に関して正の効果をもつものと負の効果をもつものがあり、その生息状況によって、サンゴ幼生の加入には大きな相違が生じることが確認された。

しかしながら、上記の実験は生物の破片等の影響を見た実験であり、実際に生息する生物の影響を見たものではない。そこで藻類の繁茂した石を用いた実験を行った。その結果、2種の褐藻 (アミジグサの一種 *Dictyota* sp.、ハイオウギの一種 *Lobophora* sp.) 上では、サンゴ幼生の着生はあまり見られなかった (それぞれ着生密度0.01と0.15個体/cm²) のに対して、コブイシモ (*Hydrolithon reinboldii*) では、その藻体上に多くの幼生が着生していた (4.84個体/cm²)。また、その他のサンゴモ類の藻体上でも比較的多くの着生が見られた。しかし、最も着生密度が高かったのは、「イワノカワ属がまばらに生えた部位」であった。ところが、イワノカワ属の藻体自体の上にはあまり着生は見られなかった。このことと先の実験の結果を考え合わせると、イワノカワ属藻類は、高い着生誘引効果をもつものの着生基質としてはあまり有効でなく、その周囲に多くの着生が生じると考えられた。それに対して、サンゴモ類 (コブイシモなど) は、高い着生誘引効果をもつのに加えて、藻体自体も着生基質となり得るため、「藻体上」と「そのまばらに生えた部位」の両方で比較的高い着生密度が見られたのであろう。以上のことから、サンゴモ類の出現やイワノカワ属のまばらな分布が見られる場所では、サンゴ幼生の着生は多くなるが、アミジグサの一種やハイオウギの一種だけが繁茂する場所では、幼生の加入は期待できないと考えられた。

5. 本研究により得られた成果

本研究の結果、サンゴ幼生は、非常に幅広い温度・塩分下で着生することができるが、着生後のポリプ形成過程において、異常な温度・塩分環境が、ポリプの骨格形成に悪影響を与えることがわかった。これらの事実により、幼生の着生加入によるサンゴ礁の回復が促されるために適当な温度・塩分環境の一部が判明した。また、赤土堆積は、たとえわずかな量でも、着生誘引物への幼生の接触機会を減少させ、着生基質を覆い隠して、サンゴ幼生の着生加入を減少させることが明らかになった。

海底に生息する底生生物の中には、サンゴ幼生の着生に有利に働くものと不利に働くものの両者が存在しており、さらに、有利に働くものでも、着生誘引物と着生基質の両面で有効なもの、着生誘引物としては有効であるが着生基質としては有効でないものがあり、それらの生物の生息状況や組成が、その場所でのサンゴ幼生加入過程に大きく影響することが明らかになった。

6. 引用文献

- 1) 谷口洋基、岩尾研二、大森 信: *Galaxea*, JCRS, 1, 59-64 (1999) 「慶良間列島阿嘉島周辺の造礁サンゴの白化. I. 1998年9月の調査結果」
- 2) T. F. Goreau: *Science*, 145, 383-386 (1964) “Mass expulsion of zooxanthellae from Jamaican reef”

communities after hurricane Flora”

3) W. C. Jaap: Bull. Mar. Sci., 29, 3, 414-422 (1979) “Observations on zooxanthellae expulsion at Middle Sambo Reef, Florida keys”

4) A. N. C. Morse, K. Iwao, M. Baba, K. Shimoike, T. Hayashibara, , and M. Omori: Biol. Bull., 191, 149-154 (1996) “An ancient chemosensory mechanism brings new life to coral reefs”

7. 国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表 (学術誌・書籍)

<学術誌 (査読あり)>

なし

<学術誌 (査読なし)>

なし

<書籍>

なし

<報告書類等>

なし

(2) 口頭発表 (ポスター発表)

① 岩尾研二: 日本サンゴ礁学会第5回大会 (2002)

「造礁サンゴの着生・変態における温度および塩分の影響」

(3) 出願特許

なし

(4) 受賞等

なし

(5) 一般への公表・報道等

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

本研究の成果は、多くの人手を必要とせず広い範囲のサンゴ礁を修復・再生する技術の一つとして期待されている、「サンゴ幼生を使った大規模なサンゴ礁回復技術の開発」に応用される。



飼育水温26°C、塩分21‰



温度18°C、塩分34‰



正常な骨格形成

温度26°C、塩分34‰



温度32°C、塩分34‰



温度26°C、塩分48‰

図1 異なる水温・塩分下でのサンゴポリプの骨格形成