

平成 17 年度
内閣府委託調査研究



はじめに

沖縄は亜熱帯特性が卓越する地域である。特に海域は、黒潮の影響により熱帯特性も有し、我が国で最もサンゴ礁が発達している地域となっている。サンゴ礁海域は、多様な生物に富み、沖縄の観光産業・水産業の基盤を提供する一方で、オニヒトデ等有害・有害海洋生物も数多く生息している。これらの有害・有毒海洋生物はサンゴ礁海域特有のものであり、温帯域が大部分の我が国において、その生態に関する研究の基盤は脆弱であるのが実態である。1970～1980年代に大量発生し、沖縄のサンゴ礁に壊滅的な被害を及ぼしたオニヒトデが、再び沖縄県内各地で大量発生する兆しを見せている。サンゴを食害するオニヒトデの大量発生は、本県の観光産業・水産業に大きな影響を与えるとともに、サンゴ礁生態系の崩壊は、これを基盤とする生物多様性の損失をも意味する。このため、亜熱帯総合研究所は、内閣府沖縄振興局の委託調査により、平成15年度～17年度にオニヒトデの生態と防除に関する調査研究を実施した。この稚ヒトデモニタリングマニュアルは、その調査研究の一環として作成したものである。

なぜ、オニヒトデの稚ヒトデをモニタリングしなければならないのだろうか？

それは、オニヒトデ大量発生の早期警戒体制を構築するためである。

オニヒトデ対策には、大きく分けて、「大量発生したオニヒトデの駆除」と「大量発生を未然に防ぐ根本的な対策」がある。残念ながら、オニヒトデの一次大発生のメカニズムは、まだ解明されていない。沖縄では、1970年代はじめに一次大発生が起こり、以後、慢性的な異常発生状態が続いているため、数年～十数年間隔で局所的な二次大発生が起きていると言われている。二次大発生のメカニズムについては、本調査研究のなかで、オニヒトデ幼生の同定技術の確立、幼生の輸送過程を支配する流動場の解析に成功した。二次大発生を予知するには、これらの技術や解析結果を利用するとともに、オニヒトデがサンゴを食べ始める前の、稚ヒトデの分布を調査することが最も効果的と言われている。

過去の大量発生時にも、オニヒトデの駆除は精力的に実施された。しかし、人海戦術が必要なオニヒトデ駆除への人的・予算的準備は遅れがちで、駆除作業がスタートした時は、貴重なサンゴ群集が失われた後になることも多かった。

もし、稚ヒトデが大量に分布している場所をモニタリングすることができれば、約2年後の大量発生を予知し、この対策の準備をおこなうことが可能になる。これが、稚ヒトデモニタリング及びこのマニュアル作成の最大の理由である。

(財) 亜熱帯総合研究所
理事長 稲嶺 恵一

目次

1. 稚ヒトデモニタリングの目的	1
2. 稚ヒトデモニタリングの手法	4
2-1. 時期	5
2-2. 場所	6
2-3. 探索方法	7
2-4. 記録項目	18
2-5. 評価基準	21
2-6. 注意事項	21
3. 稚ヒトデ探索トレーニング	22
3-1. 問題	22
3-2. 解答	27
4. 引用文献	29

1 稚ヒトデモニタリングの目的

オニヒトデ大量発生を予測し、迅速なオニヒトデ対策を進めること

オニヒトデは造礁サンゴ類を専食するヒトデの仲間であり、インド洋から太平洋の熱帯域に広く分布する。オニヒトデは、世界各地で10～20年に1度の頻度で大量発生し、その食害により造礁サンゴ類は甚大な被害を受ける（図1・2）。食害を受けたサンゴ礁海域では、サンゴ食魚類の減少や藻類の繁茂など、生態系への影響が起こる。また、海中景観の悪化による観光資源としての価値の低下や、魚の減少による漁業への影響など、人間の生活にも大きな影響を及ぼす。



図1 オニヒトデ大量発生状況
(水深3m)

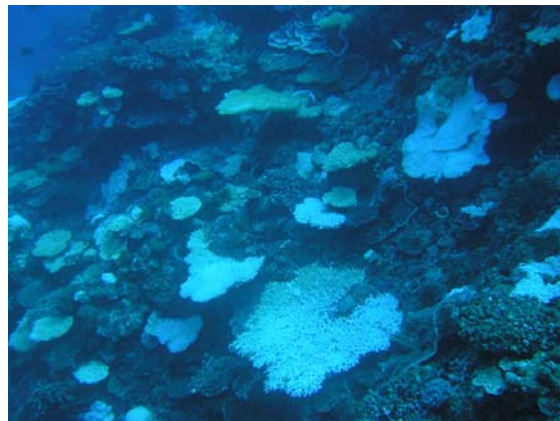


図2 オニヒトデ大量発生状況
(水深10m. 白い部分は食害を受けたサンゴ)

オニヒトデは雌雄異体であり、琉球列島では水温が28℃程度に達した時期に生殖腺が成熟し放卵・放精する(Birkeland and Lucus, 1990; 横地, 1995; 灘岡・安田, 2005)。海中で受精した卵から孵化した幼生は、植物プランクトンを餌として2～6週間の浮遊生活期を過ごした後、着底・変態し底生生活期に移行する。底生生活期の初期は、石灰藻であるサンゴモ類を餌としている(サンゴモ食期)。半年ほどして直径が10mm程度になると、徐々に造礁サンゴ類を食べ始め(サンゴ食期)、満1歳になるころには完全にサンゴ食へ移行する。そして、満2～3歳で直径20cm以上に成長すると成熟する(図3)。

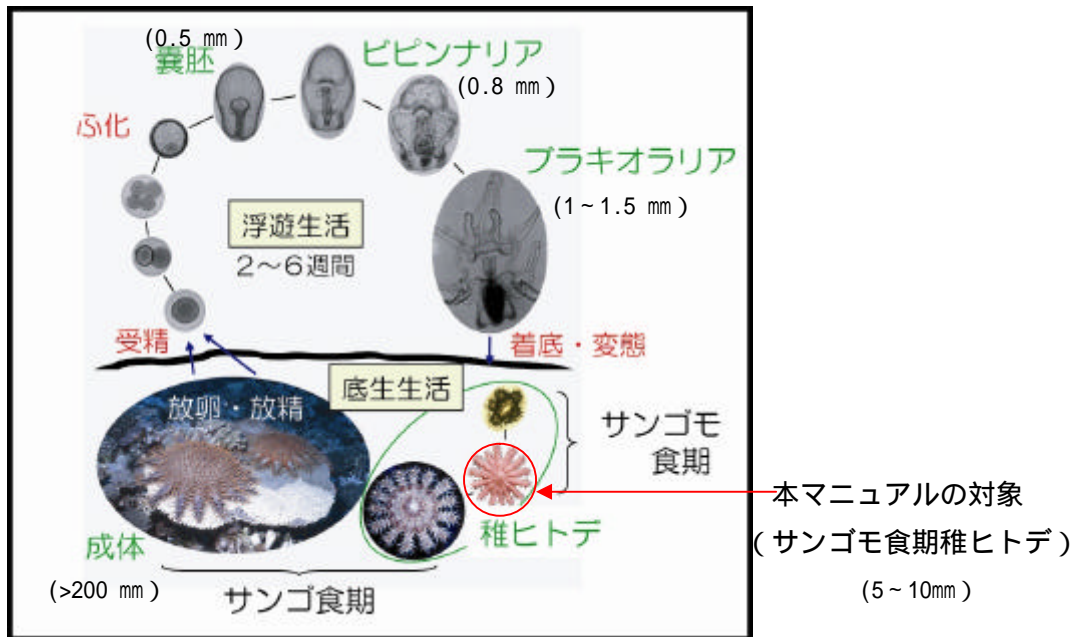


図3 オニヒトデ生活環
 (提供：横地洋之 東海大学)

オニヒトデ大量発生は、直径20～30cm程度の大型個体が集団でサンゴを食害するようになって初めて発見されることが多い。水温や餌の条件により異なるが、オニヒトデがこの大きさに成長するまでには2～3年程度を要する。したがって、大量発生が発見される2～3年前には、その海域に大量のサンゴモ食期の稚ヒトデが生息していたはずであり、このサンゴモ食期稚ヒトデの集団を発見できれば、オニヒトデ大量発生を2年程度事前に察知することができる(図4；横地，1998)。

オニヒトデ大量発生に際しては迅速な対応と範囲を限定した徹底的駆除が求められるが、大量発生を予測することによって、これまで遅れがちであった人的・予算的整備に対して十分な準備期間を与えることができる。これが、稚ヒトデモニタリングの目的である。

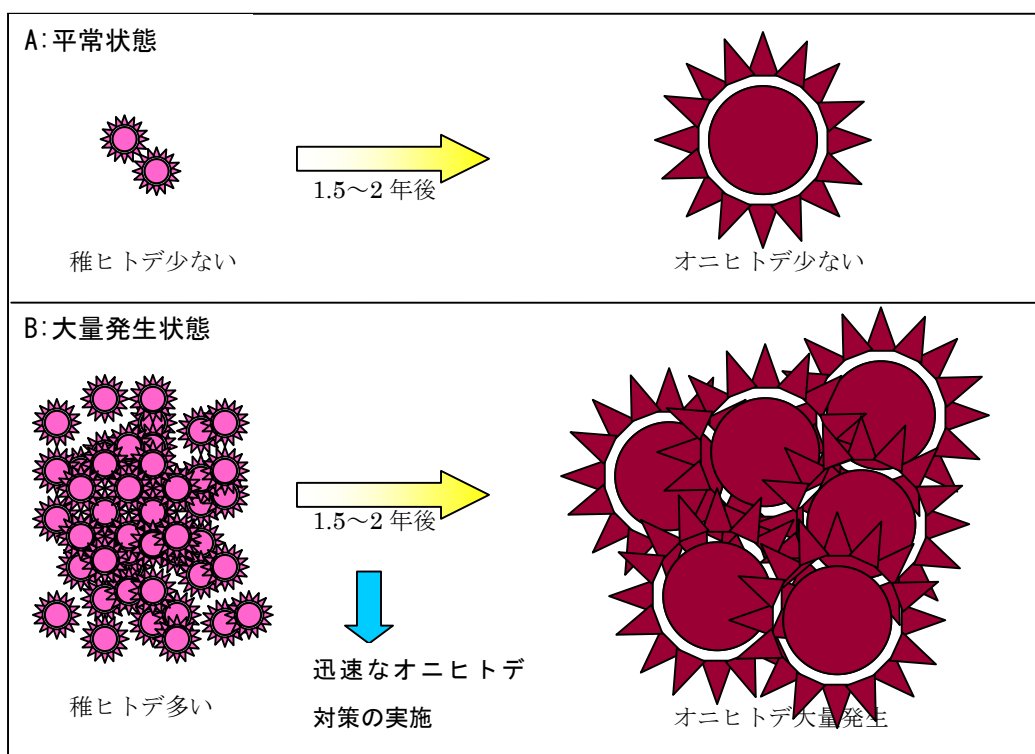


図4 稚ヒトデモニタリングによる迅速なオニヒトデ対策

☆ 補足 オニヒトデ大量発生の原因 ☆

オニヒトデ大量発生については、自然に起こると考える自然現象仮説のほか、オニヒトデの捕食者であるホラガイや魚類などを人間が捕獲したため捕食圧が減少しオニヒトデの大量発生が起こったとする捕食者除去仮説や、陸域からの過剰な栄養塩の供給により海中の植物プランクトン量が増加し浮遊幼生期のオニヒトデの餌資源が満たされたためにオニヒトデ大量発生が起こるとする幼生飢餓仮説が提唱されている (Brodie *et al.* 2005 参照)。しかし、オニヒトデ大量発生の原因は十分には解明されておらず、根本的なオニヒトデ大量発生防止などの対策は困難な状況にある。

2 稚ヒトデモニタリングの手法

稚ヒトデモニタリング手法および必要な器材を表1・2に示す。稚ヒトデモニタリングは、稚ヒトデが直径5~10mm程度となる10~12月に潜水（スキューバ）により行う。モニタリングは礁斜面の縁溝側面で、稚ヒトデが食べたサンゴモ上に残る食痕を目印に探索する。探索に当たっては、暗い窪みを見るための水中ライトが必要となる。また、食痕が確認された場合には先の尖ったナイフを使用し、窪みを削るなどして丹念に探す。稚ヒトデモニタリングの詳細は次ページ以降に記す。

表1 稚ヒトデモニタリング手法

対 象	: サンゴモ食期稚ヒトデ（直径5~10mm）
時 期	: 10~12月
場 所	: 礁斜面 縁溝側面 水深10m前後（5~15m）
探索方法	: 食痕を目印に15分間探索（潜水） 地点間隔は1km程度

表2 器材

- ダイビング器材
- 調査用紙（20ページ参照）
- プラスチックバインダー
- 鉛筆
- 時計
- ナイフ
- 水中ライト
- 虫めがね
- 水中カメラ
- GPS
- 地図



●必須器材、○任意器材

2-1. 時期

10~12月

琉球列島では、オニヒトデの産卵は5月下旬~7月下旬がピークである(灘岡・安田, 2005)。産卵からおおよそ半年、すなわち10~12月には肉眼視可能なサイズ(5~10mm)となるので、このときに調査を行うと比較的に容易に稚ヒトデをモニタリングすることができる。この時期を過ぎると、稚ヒトデはサンゴ食に食性が変わり始め食痕が散在しがちとなり、また移動能力も増すため、発見が困難になる。

また地域により、海況が安定している時期が異なると考えられるので、10~12月の間で調査が容易な時期を設定するとよい。

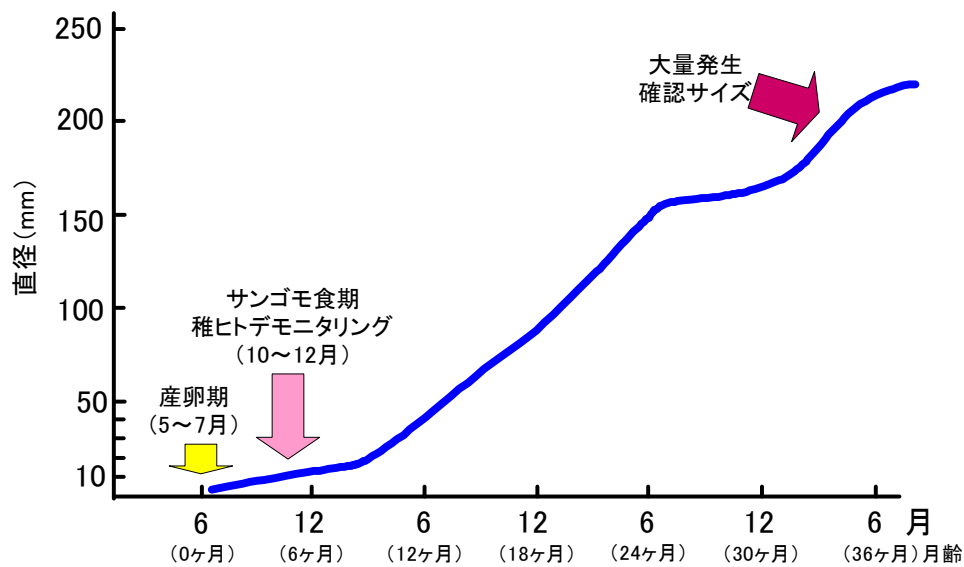


図5 オニヒトデの成長と稚ヒトデモニタリング時期

(横地, 1995 を参考に作成)

2-2. 場所

礁斜面 縁溝側面

水深 10m前後 (5~15m)

サンゴ礁地形を礁池、礁原、礁斜面に分けると（図 6）、礁斜面が稚ヒトデの分布密度が高く、最もモニタリングに適している。一方、礁池、礁原は稚ヒトデが少なく、モニタリングには適さない。礁斜面では、縁溝側面が最も地形が単純であることから、容易に探索することができる。しかし、海域によっては縁溝縁脚系がはっきりせず、縁溝が無い場合もある。この場合は、縁溝側面にこだわらず、縁脚上で探索する。

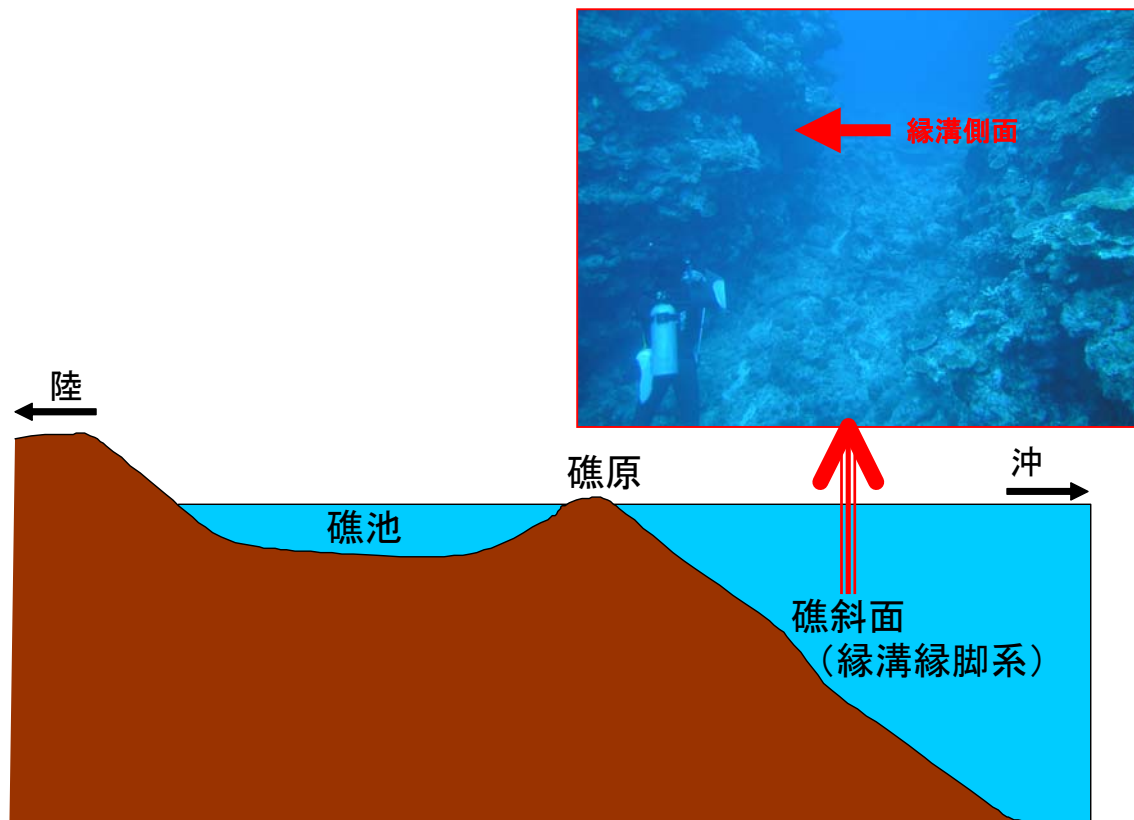


図 6 サンゴ礁地形

2-3. 探索方法

食痕を目印に 15 分間探索（潜水）

地点間隔は、1km程度

対象としているサンゴモ食期の稚ヒトデの体色はピンク色であり、餌であるサンゴモの色と極めて似ている（図 7）。このため、稚ヒトデそのものを対象に探索することは困難である。しかし、稚ヒトデがサンゴモを食べた跡（食痕）がサンゴモ上に残るため、これを目印に探索すると稚ヒトデを発見することができる（図 8）。食痕は、3~10mm の円形・白色であり、10~30 個程度がまとまっている（食痕群）。これを目印に探索を行う。サンゴモが瘤状や枝状などの場合、食痕が円形に見えない場合があるが、この場合もサンゴモの形状に沿って、円形に食痕が残っているため、慣れると判別が可能である。

食痕群が見つかったら、なかに薄緑色やオレンジ色の食痕が数個見つかる場合がある。この薄緑色やオレンジ色の食痕は新しい食痕なので、ナイフを使いその周囲数 cm の窪みやサンゴモの裏側などを丹念に探すと稚ヒトデを見つけることができる。サンゴモの形状（被覆状、葉状、瘤状、枝状）ごとに、食痕群の特徴を示した写真および稚ヒトデの探索方法を 8~15 ページに示した。サンゴモ上に白い跡は多く見られるが、円形でないものは偽食痕であるので、注意が必要である（16~17 ページ参照）。

単位時間あたりの稚ヒトデ数と食痕群数でその海域の稚ヒトデ分布密度を評価するために、探索時間は 15 分間とする。15 分間で 10~50m² 程度の面積をモニタリングできる。その際の記録項目（18 ページ）と評価基準（21 ページ）は次項で述べる。また、一連の探索は潜水（スキューバ）により行うため、潜水技術が必要である。

調査地点の間隔は、1km を目安とし、各海域で実施可能な地点数を設定するとよい。

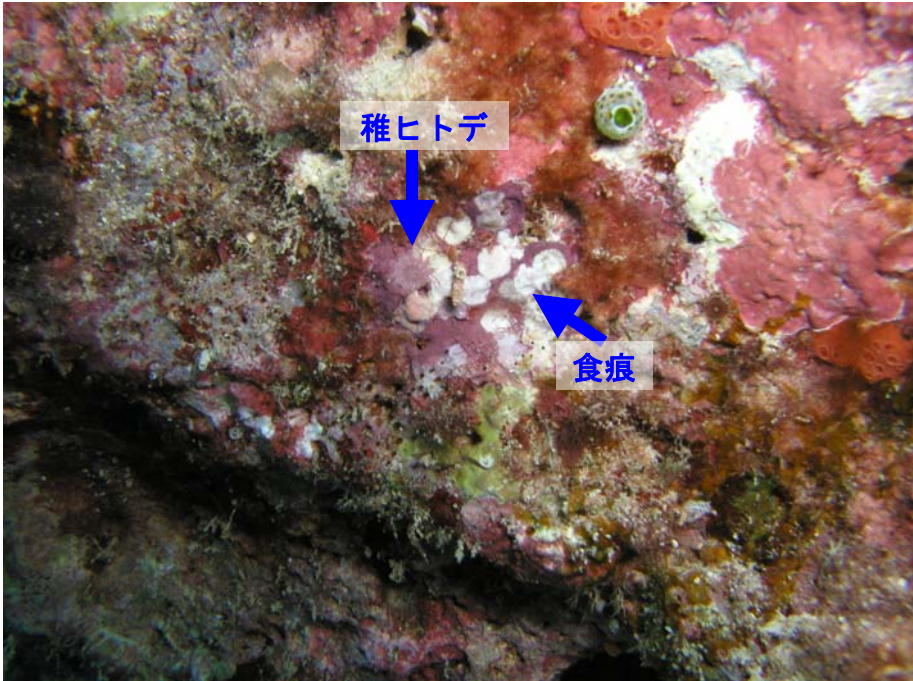


図 7 稚ヒトデ（直径 6mm）

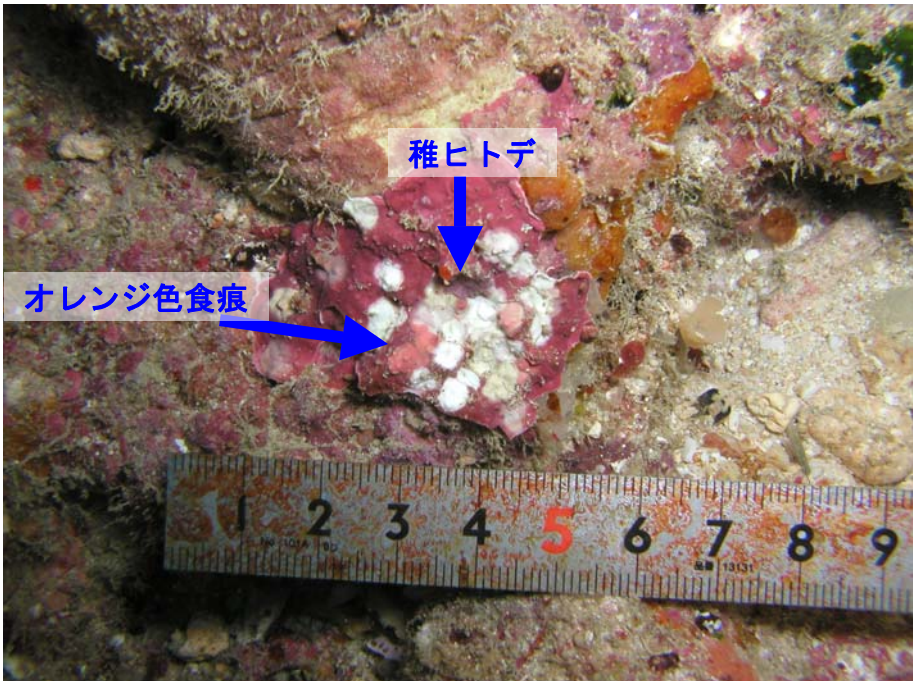


図 8 食痕を目印に探索している様子

被覆状サンゴモにつく食痕 1

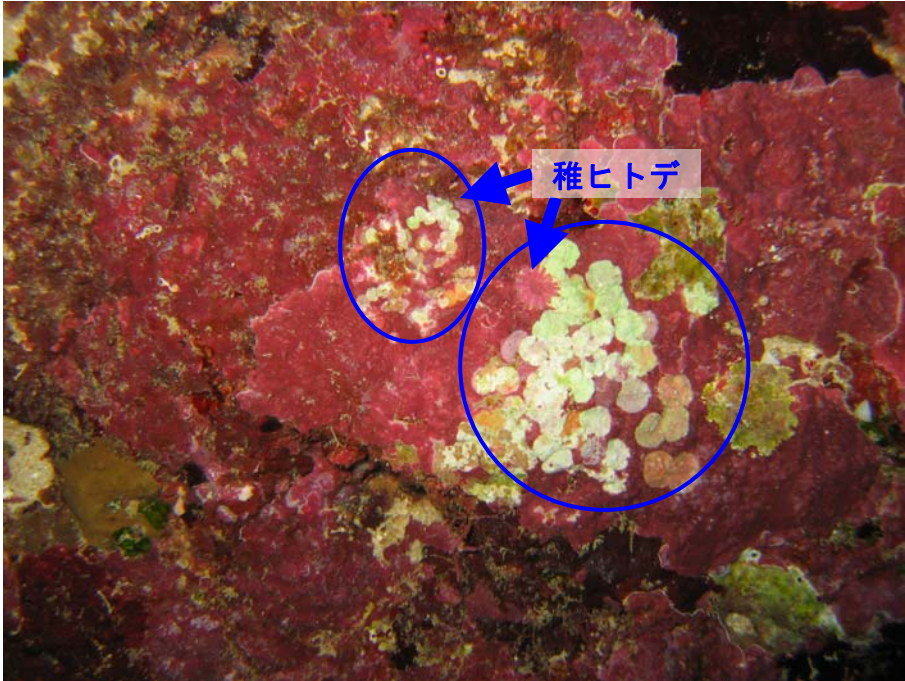


被覆状サンゴモについた食痕および稚ヒトデ（直径5mm）。稚ヒトデの食痕は、きれいな円形をしており、15個程度が固まっている。



被覆状サンゴモについた食痕および稚ヒトデ（直径5mm）。稚ヒトデの下に見えるオレンジ色の食痕は、極めて新しい食痕。

被覆状サンゴモにつく食痕 2

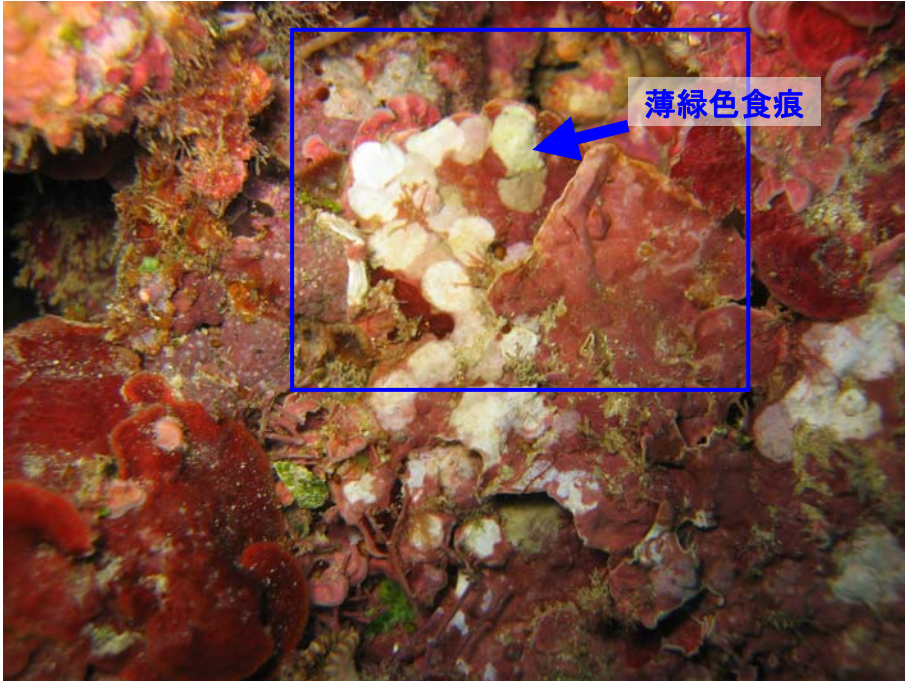


本図には、2
個体の稚ヒト
デがいる。
異なるサイズ
の食痕群が見
える。
右側の食痕群
(直径 5mm)
と左側の食痕
群 (直径
2mm)。



被覆状のサン
ゴモにはきれ
いな円形の食
痕が残る。

葉状サンゴモにつく食痕 1



葉状サンゴモにつく食痕は、はっきりした円形であることが多い。
上側にある薄緑色の食痕は新しいので、この周囲を探すと。。
(下図に続く)



上図のアップ。薄緑色の食痕近くに稚ヒトデを発見(直径 6mm)。

葉状サンゴモにつく食痕 2

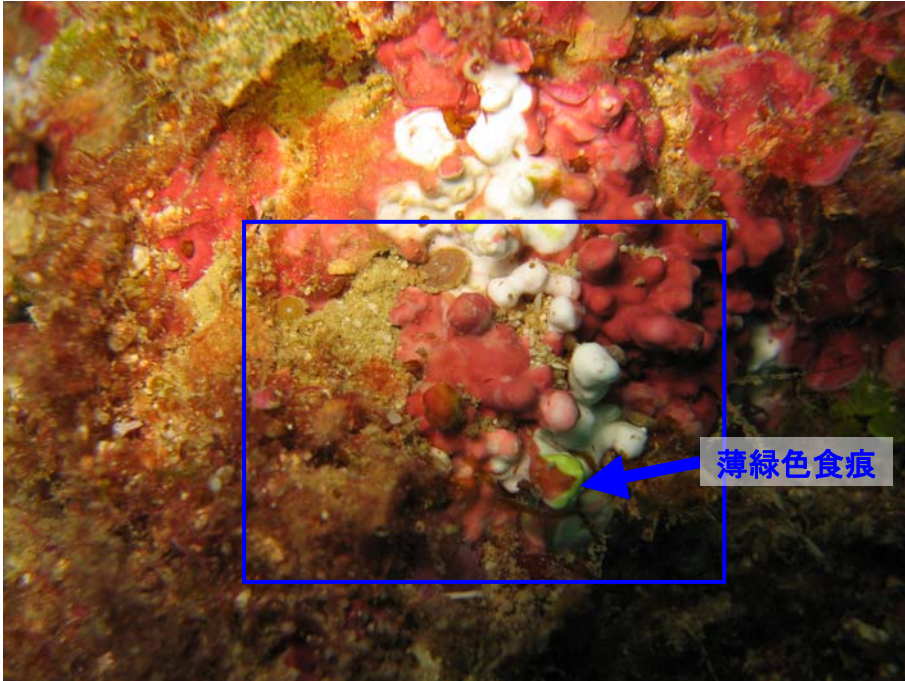


葉状サンゴモには、きれいな円形の食痕が残るため、容易に稚ヒトデの食痕と判別できる。

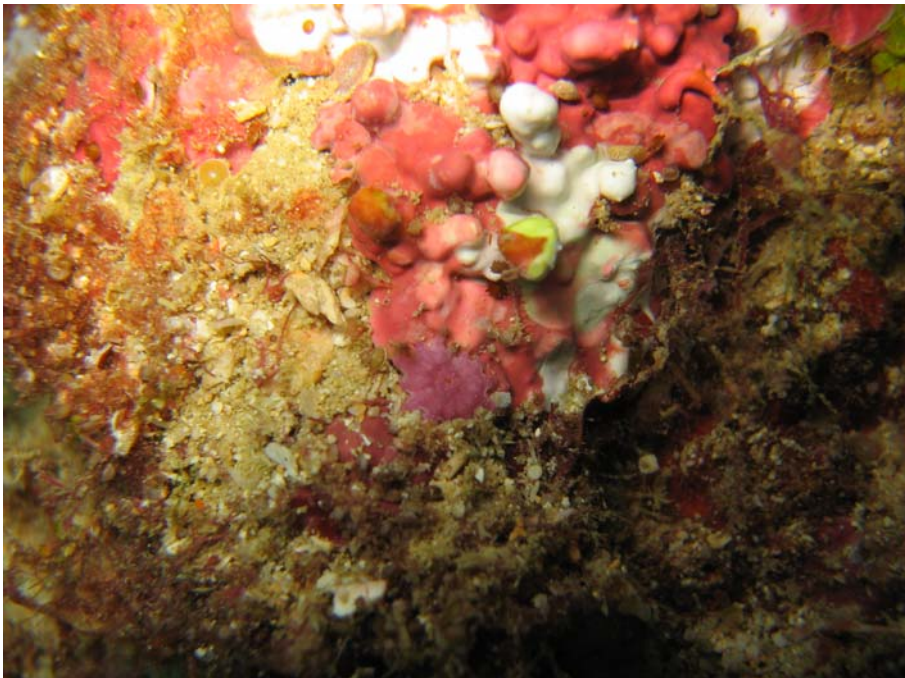


同上。

瘤状サンゴモにつく食痕 1



瘤状サンゴモに残る食痕は、一見円形でないが、よく見ると瘤の表面にそって円形をしている。手前の薄緑色の食痕は、新しいため、この周囲を探すと。。。(下図に続く)



上図のアップ。薄緑色の食痕の下に稚ヒトデを発見(直径 6mm)。

瘤状サンゴモにつく食痕 2

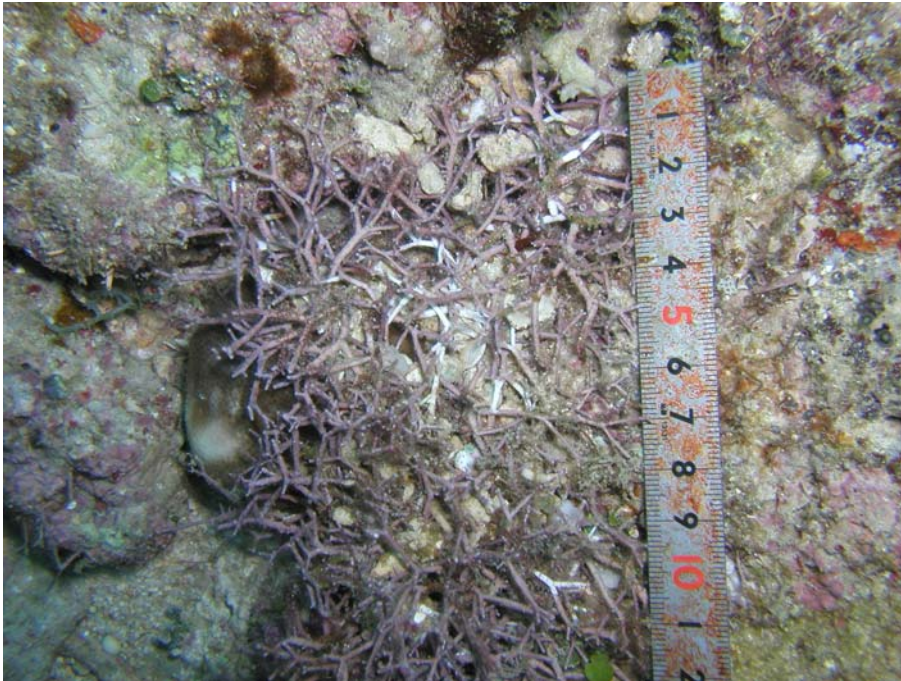


瘤状サンゴモ
についた食痕
群。
食痕は一見円
形に見えない
が、このよう
な白い跡が瘤
状サンゴモに
残るのは、稚
ヒトデの食痕
であることが
多い。



オレンジ色
の食痕は極め
て新しい食痕。
この食痕から
約 1.5cm の位
置に稚ヒトデ
を発見。瘤状
サンゴモの窪
みに隠れてい
た。

枝状サンゴモにつく食痕 1



枝状サンゴモ
(カニノテ属)
の中央部分
10cm 程度
の範囲に白
い食痕群が
見える。種
ヒトデは枝
状サンゴモ
に巻きついて
捕食し、1つ
1つの食痕
は 5~10mm
の大きさで
ある。



5cm 程度
の範囲に食
痕群が見
える。枝状
サンゴモ
にこのよう
な跡があれば、
大体が種ヒ
トデの食痕
である。

枝状サンゴモにつく食痕 2



5cm 程度の範囲に食痕群が見える。



5cm 程度の範囲に食痕群が見える。

注：偽食痕 1



被覆状サンゴモにつく白い跡であるが、これは、偽食痕。
稚ヒトデの食痕は、円形をしている。



偽食痕。
円形の白い跡もあるが、大きさが不均一である。
稚ヒトデの食痕は、ほぼ同じ大きさで揃っている。

注：偽食痕 2



偽食痕。
稚ヒトデの食痕が長円形になることはない。



偽食痕。
円形であるが、白い跡が盛り上がって見える。
稚ヒトデの食痕であれば、消化されるため、盛り上がることはない。

2-4. 記録項目

稚ヒトデモニタリングで記録する項目を表3に記す。

調査地点の基礎的な情報として、地点名、緯度・経度、調査日、調査水深、調査時間、調査地形を記録する。本マニュアルによる調査時間は15分間と定めているが、都合により短縮もしくは延長した場合はその時間を記録する。

稚ヒトデの分布密度を評価するための調査時間あたりの稚ヒトデ数と食痕群数を記録する。

稚ヒトデの生残に関わる条件として重要な餌情報（サンゴモ被度およびサンゴ被度）も、可能であれば記録する。被度とは、海底面をサンゴモもしくはサンゴが覆っている割合であり、海底をサンゴモがすべて覆っていればサンゴモ被度100%である。サンゴモ被度は、サンゴモが多く見られる縁溝側面において、50cm四方の被度を10%刻みで記録する。サンゴ被度は、サンゴの多く見られる縁脚において、周囲10m程度の範囲を見て10%刻みで記録する。

表3 記録項目

●調査地点に関する記録項目

- ・ 地点名
- ・ 緯度・経度（または、地図上に位置を記す）
- ・ 調査日
- ・ 調査水深
- ・ 調査時間
- ・ 調査地形

●稚ヒトデ分布密度に関する記録項目

- ・ 稚ヒトデ数
- ・ 食痕群数

○餌に関する記録項目

- ・ サンゴモ被度（縁溝側面において、50cm四方の被度を10%刻みで記録）
- ・ サンゴ被度（縁脚において、周囲10m程度の被度を10%刻みで記録）

●必須記録項目、○任意記録項目

稚ヒトデモニタリング調査用紙 (記入例)

調査者氏名：美海 守

連絡先：Fax 098-875-****

地点名：前島南東		GPS 測地系：WGS84・TOKYO・その他 ()	
		N：27° 30' 56.5"	E：127° 45' 22.5"
調査日：2005年11月20日	水深：10~15m	調査時間：15分間・ 分間	
地形：礁斜面・礁池・礁原・その他 ()			
調査項目		備考	
稚ヒトデ数	0	稚ヒトデ食痕が目立つ。	
食痕群数	5		
サンゴモ被度 (%)	60		
サンゴ被度 (%)	10		

地点名：読谷村沖		GPS 測地系：WGS84・TOKYO・その他 ()	
		N：27° 30' 56.5"	E：127° 45' 22.5"
調査日：2005年11月22日	水深：5~15m	調査時間：15分間・ 分間	
地形：礁斜面・礁池・礁原・その他 ()			
調査項目		備考	
稚ヒトデ数	2	稚ヒトデの体の一部が欠損していた (捕食?)	
食痕群数	7		
サンゴモ被度 (%)	60		
サンゴ被度 (%)	50		

地点名：		GPS 測地系：WGS84・TOKYO・その他 ()	
		N： ° ' "	E： ° ' "
調査日：	水深：	調査時間：15分間・ 分間	
地形：礁斜面・礁池・礁原・その他 ()			
調査項目		備考	
稚ヒトデ数			
食痕群数			
サンゴモ被度 (%)			
サンゴ被度 (%)			

稚ヒトデモニタリング調査用紙

調査者氏名： _____

連絡先： _____

地点名：		GPS 測地系：WGS84・TOKYO・その他（ ）	
		N： ° ' "	E： ° ' "
調査日：	水深：	調査時間：15 分間・ 分間	
地形：礁斜面・礁池・礁原・その他（ ）			
調査項目		備考	
稚ヒトデ数			
食痕群数			
サンゴモ被度 (%)			
サンゴ被度 (%)			

地点名：		GPS 測地系：WGS84・TOKYO・その他（ ）	
		N： ° ' "	E： ° ' "
調査日：	水深：	調査時間：15 分間・ 分間	
地形：礁斜面・礁池・礁原・その他（ ）			
調査項目		備考	
稚ヒトデ数			
食痕群数			
サンゴモ被度 (%)			
サンゴ被度 (%)			

地点名：		GPS 測地系：WGS84・TOKYO・その他（ ）	
		N： ° ' "	E： ° ' "
調査日：	水深：	調査時間：15 分間・ 分間	
地形：礁斜面・礁池・礁原・その他（ ）			
調査項目		備考	
稚ヒトデ数			
食痕群数			
サンゴモ被度 (%)			
サンゴ被度 (%)			

2-5. 評価基準

現時点での稚ヒトデモニタリング結果の評価基準（暫定）を表4に示した。評価基準は稚ヒトデ数と食痕群数で示したが、両基準で異なった場合はより危険側の評価基準を用いることとする。また、調査員の技術の差により、稚ヒトデ数では5個体程度、食痕群数では10個程度は違いがでることがある。このため、本評価基準は、本マニュアルによる調査を習熟している調査員による調査結果に対するものとする。

表4 稚ヒトデモニタリング評価基準（暫定）

評価	稚ヒトデ数/15分間	食痕群数/15分間
平常	0	0
やや注意	1	1～5
注意	2～8	6～25
対策必要	9以上	26以上

注：上記評価基準は、過去に行われた稚ヒトデに関する調査研究から作成した暫定的なものである。現時点では、稚ヒトデモニタリングの十分な情報の蓄積がないため、精度の高い評価基準はない。大量発生が起こるには、稚ヒトデ密度のほか、サンゴの量、捕食圧などの要因も関係している。このため、今後情報の蓄積により、確度の高い評価基準に変更していくこととする。

2-6. 注意事項

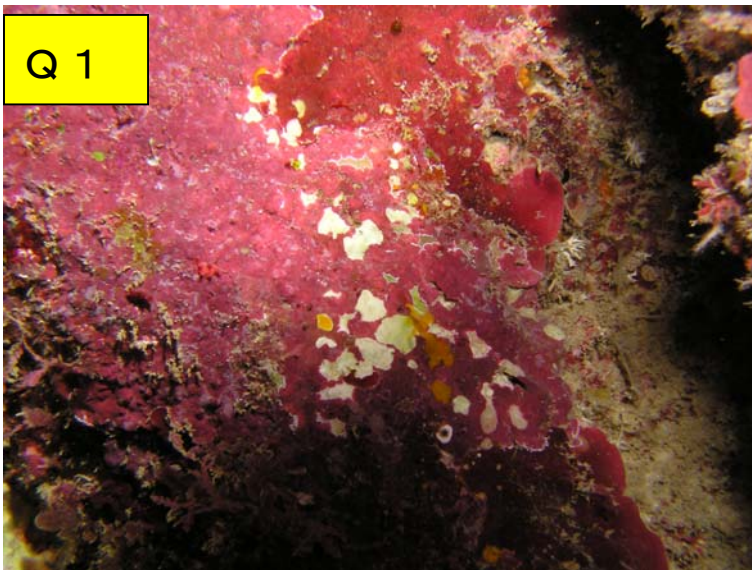
本マニュアルによる稚ヒトデモニタリングは、潜水技術を要します。潜水に対する正しい知識と技術を身につけたうえで実施してください。安全性の見地から、労働安全衛生法による潜水士免許や各団体が発行するCカード（講習終了認定証）を取得したうえで、本マニュアルによる稚ヒトデモニタリングを実施してください。

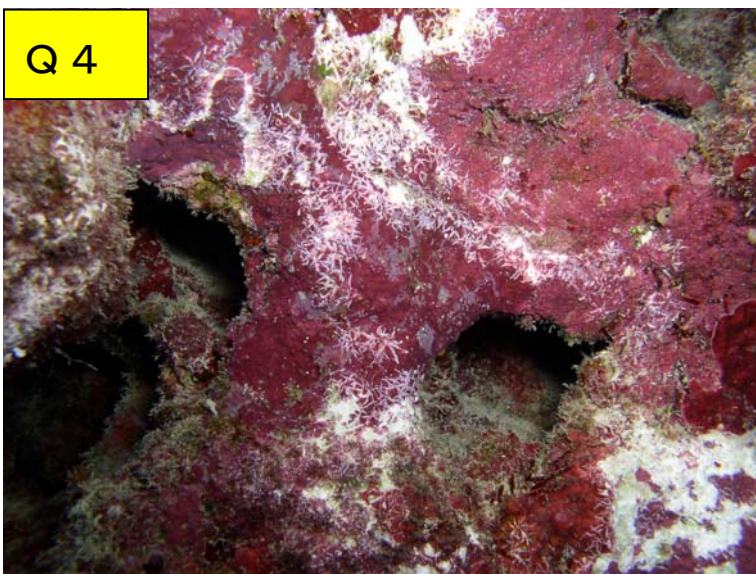
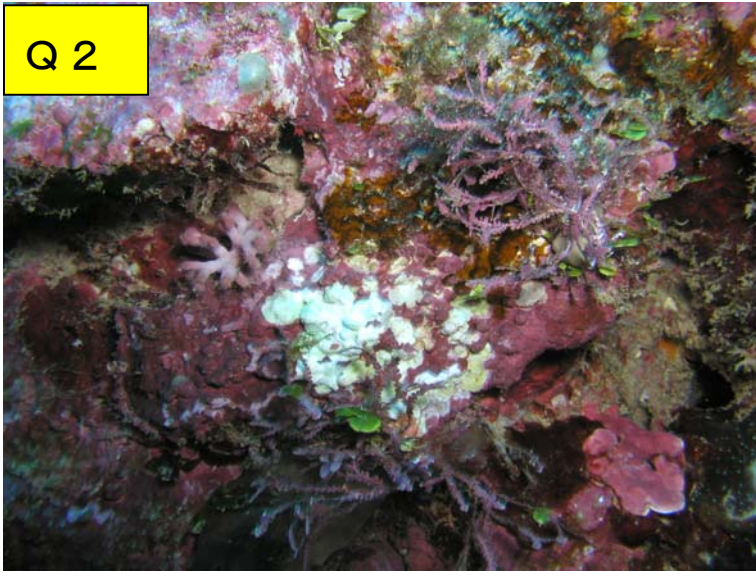
また、オニヒトデは全身に棘があり、棘には毒があります。稚ヒトデの棘や毒は、成体のオニヒトデほど危険ではありませんが、取り扱いには十分に注意してください。

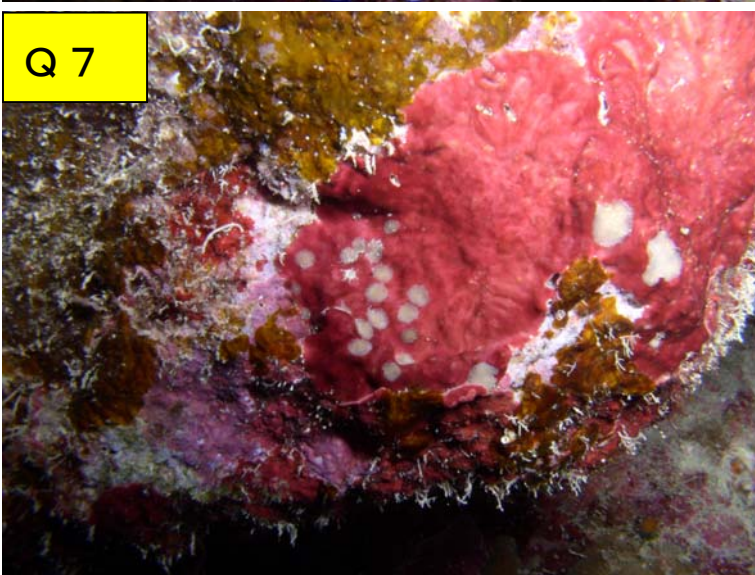
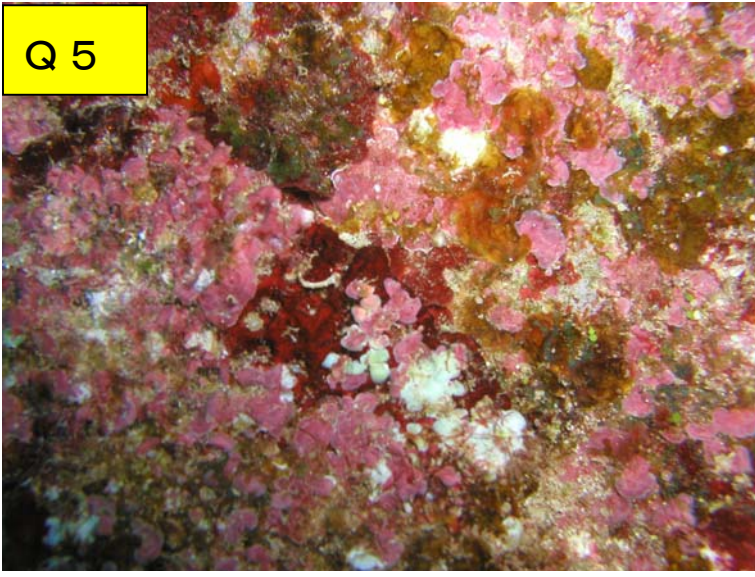
3 . 稚ヒトデ探索トレーニング

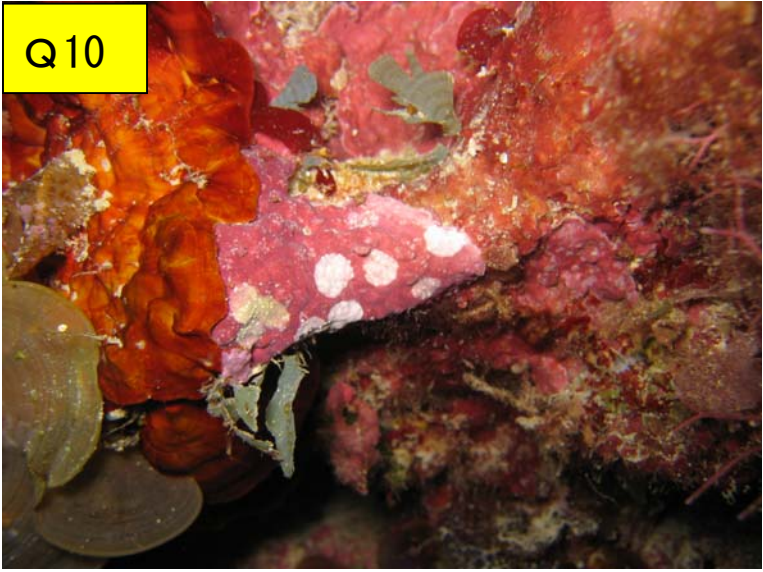
稚ヒトデモニタリングは、稚ヒトデの食痕に似た偽食痕を区別するために、食痕の特徴や探索法など本マニュアルを習熟しているものの指導を受けることが望ましい。しかし、現時点では、本マニュアルを習熟している人が少ないため、ここでは、稚ヒトデ探索能力の向上のために、稚ヒトデの食痕と偽食痕が混在した写真をクイズ形式（Q 1～Q12）で並べた。答は 27～28 ページに示した。

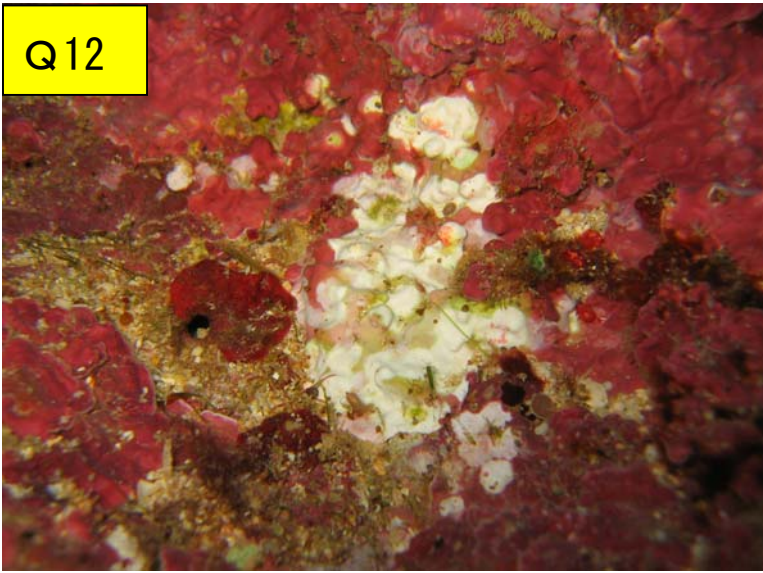
3 - 1 . 問題











3 - 2. 解答

Q 1 : 偽食痕

白い跡の形が不定形。稚ヒトデ食痕であれば、円形をしている。このような形の白い跡は、数多く見られるため注意してほしい。

Q 2 : 食痕

円形に見えない箇所もあるが、これは円形の食痕が重なり合っただけのもの。左上の円形がきれいな形をしており、また下側に見えるオレンジ色の食痕があるため、稚ヒトデ食痕と判別できる。

Q 3 : 食痕

一見食痕でないように見えるが、円形の食痕が重なり合っている。中央に稚ヒトデの一部も見える。円形が重なっているように見えることと、下側のオレンジ色の食痕で稚ヒトデ食痕であると判別できる。

Q 4 : 偽食痕

白い跡が円形でない。このような星形の白い跡は数多く見られるが、形が明らかに異なるため容易に偽食痕と判別できる。

Q 5 : 食痕

円形の食痕であり、薄緑色の食痕とその上にあるオレンジ色の食痕が見えることから、稚ヒトデの食痕と判別できる。薄緑色とオレンジ色の食痕周囲数 cm の窪みを探索すると稚ヒトデが発見できる可能性が高い。

Q 6 : 偽食痕

白い跡の形が不定形であり、また色が薄い。この跡は貝類（ニシキウツガイ科の一種）による食痕。

Q 7 : 偽食痕

形は円形であるが、色がやや灰色がかっている。また、よく見ると盛り上がっていることで偽食痕と判別できる。

Q 8 : 食痕

きれいな円形の食痕が 10 個程度固まっている。

Q 9 : 食痕

きれいな円形の食痕が 30 個程度固まっている。円形がいくつもあるため、容易に稚ヒトデの食痕と判別できる。上側に見える薄緑色とオレンジ色の食痕周囲を探すと稚ヒトデが発見できる。

Q10 : 食痕

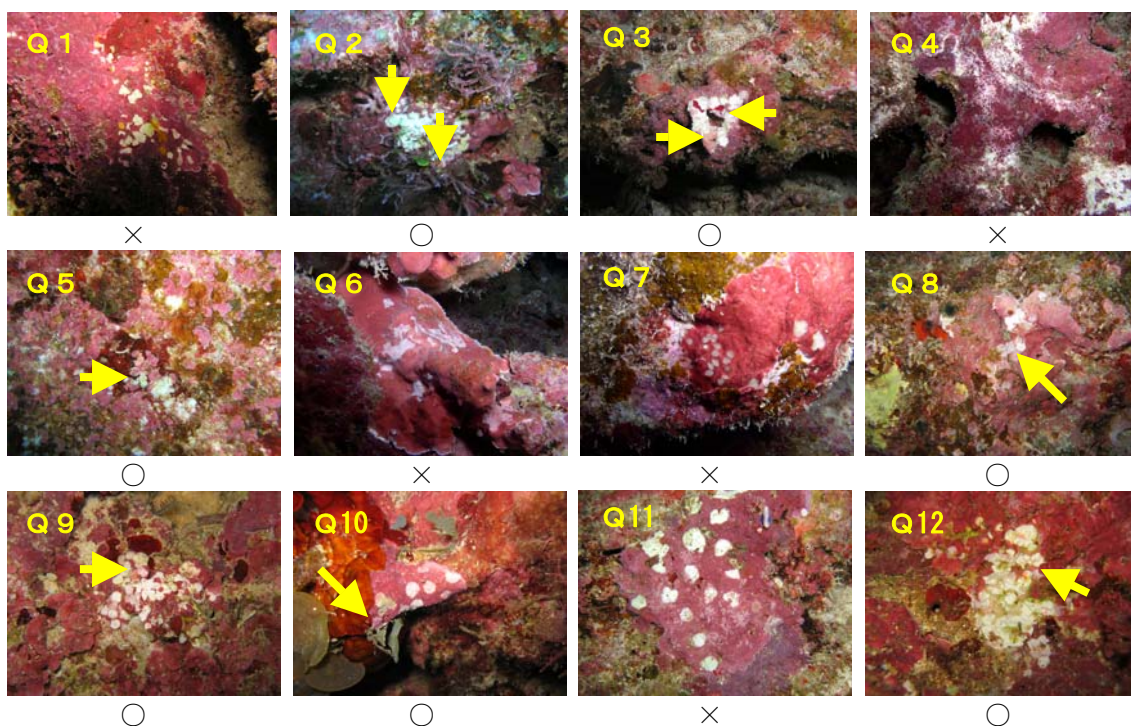
きれいな円形であるため、稚ヒトデの食痕と判別できる。左側の薄緑色の食痕の下側に稚ヒトデが見える。

Q11 : 偽食痕

白い跡の形が不定形。稚ヒトデ食痕であれば、円形をしている。

Q12 : 食痕

瘤状サンゴモであるため、一見円形に見えないものの、瘤状のサンゴモにはあまり大きな白い跡がつかないことから、稚ヒトデの食痕と判断する。よく見ると、上側の白い跡は円形をしており、稚ヒトデの食痕と判別できる。



4 . 引用文献

- Birkeland, C. Lucas J. S. (1990) *Acanthaster planci*: Major Management Problem of Coral Reefs. CRC Press. 257pp.
- Brodie, J., Fabricius, K., De'ath, G. Okaji, K. (2005) Are increased nutrient inputs responsible for more outbreaks of crown-of-thorns starfish? An appraisal of the evidence. *Marine Pollution Bulletin*. 51. p266-278.
- 灘岡和夫・安田仁奈 (2005) 生殖腺観察による琉球列島 5 海域におけるオニヒトデ産卵期の推定ならびに幼生種判別システムの開発. 亜熱帯地域の有害・有毒生物に関する調査研究報告書. (財) 亜熱帯総合研究所. p43-50.
- 横地洋之 (1995) 西表島海域でのサンゴモ食期を中心としたオニヒトデの生態に関する研究. 東海大学大学院平成 7 年度博士論文. 103pp.
- 横地洋之 (1998) オニヒトデ大発生予知への試みーサンゴモ食期稚ヒトデのモニタリングー. *みどりいし*. 9. p12-14.

稚ヒトデモニタリングマニュアル

ーオニヒトデ大量発生の予知ー

2006 年 3 月

平成 17 年度内閣府委託事業

「亜熱帯地域の有害・有毒生物に関する調査研究」

発行 財団法人 亜熱帯総合研究所

沖縄県那覇市旭町 1 番地

TEL: 098-866-7500

編集 財団法人 沖縄県環境科学センター

沖縄県浦添市経塚 720 番地

TEL: 098-875-1941

監修 横地洋之 東海大学（専門委員）

