

## 7. 稚ヒトデ調査

岡地 賢（コーラルクエスト）・小澤 宏之（沖縄県環境科学センター）

### 7-1. 目的

小卵多産型の繁殖成体をもつ底生無脊椎動物では、初期生活史における生残率が個体群サイズに深く関与する。オニヒトデについても同様に、浮遊幼生期とそれに続く稚ヒトデ期の生残率の増加が大量発生をまねくと考えられてきた。幼生期については餌料が重要な制限要因であることがわかっており、主食である植物プランクトンが増加することにより生残率が高まって大量発生につながるという「幼生生き残り仮説」が提唱されるようになった（Fabricius et al. 2010）。一方で、着底後から成体までおよそ2年間という長期間にわたって影響を受け続ける捕食圧が制限要因であるとして、捕食者が減少することが大量発生の引き金になると主張する「捕食者減少説」も一定の支持を受けている（Keesing and Halford 1992a; Sweatman 2008）。しかしながら、稚ヒトデ期については、野外で発見、観察することが困難であることから、着底から成体（性成熟）までの動態を研究した例は西表島（波部 1989）とフィジー（Zann et al. 1990）の2例しかない。

稚ヒトデから成体までの成長率として、過去に熱帯地域で行われた室内実験では1年で約10cm、2年で約20cm、3年で約30cmという目安が示されているが、フィジーや西表島で取得された野外データではやや遅く、1年で数cm、2年で十数cmであった。沖縄県においてオニヒトデの幼生き残り仮説の検証や大量発生予察を行うにあたっては、野外の成体年級群が何年前に産まれたかを推定しなくてはならず、稚ヒトデから成体に至るまでの成長率が基礎情報として求められる。本研究では、オニヒトデの大量発生が繰り返し起き、現在も成体密度が慢性的に高い状態が続いている沖縄島恩納村と、かつては大量発生が起きたが現在はほとんど成体がみられない北谷町砂辺をおもなフィールドとして、野外における稚ヒトデの分布密度の変動、稚ヒトデの成長率および稚ヒトデ生息域でのベントス調査を行った。

### 7-2. 方法

#### 7-2-1. 稚ヒトデ密度調査

稚ヒトデ密度調査は、繁殖期に着底した稚ヒトデが直径3mm前後に成長して目視できるようになる9月末から、稚ヒトデがサンゴ食期へ移行して発見が難しくなる翌年1月にかけて、恩納村伊武部（2013年～2014年春期、北緯26.52671、東経127.91772）と万座（2014年秋期以降、北緯26.50876、東経127.85265）および北谷町砂辺（北緯26.32815、東経127.74295）の礁斜面で行った（図3-7-1）。

秋期から冬季（10月～翌年1月または2月）にかけてのサンゴモ食期の稚ヒトデを対象とした調査では、2～4人のダイバーが互いに調査範囲を重複させないよう礁斜面の水深5～15mの範囲で水平に並び、海底にランダムに置いた一辺50cmの方形枠内部にみられる稚ヒトデと食痕群数を一枠ずつ記録するランダムコドラート法を採用した。この方法では、ダイバー1人、1回の潜水で80～150枠の調査が可能であった。

サンゴモ食期稚ヒトデの密度は、隠蔽行動が顕著で発見しにくい動物を対象としたN-mixtureモデル（Royle, 2004）により推定した。このモデルは、特定の調査地点でコドラートなど一定範

囲の生息地内を繰り返し調査して得られる個体数データや在・不在データから、不完全な発見率を考慮して個体数を推定する統計モデルである（オニヒトデ統計モデリングでも利用）。本研究では、各種モデルをパッケージにした個体数解析ソフトウェア Presence (8.2.2、米国地質調査所製) を計算に利用した。前回の解析では個体数データのみ利用したが、調査者や生息場所によって個体の発見しやすさがかわると思われたので、今回の解析では個体の存在（あるいはごく最近まで存在した）を示す食痕群数と個体数を合算して解析した。調査に仕様したコドラート (50cm x 50cm) を 4 個、すなわち 1m<sup>2</sup> で 1 つの反復調査サイトとして扱った。

### 7-2-2. 稚ヒトデ成長率推定

稚ヒトデ期（着底 1 年後）の成長率を推定するため、前述のランダムコドラート調査および夜間潜水調査で発見した稚ヒトデ（直径 70mm 以下）はすべて採集し、実験室内に持ち帰って実体顕微鏡下でマイクロメーターを用いて直径と腕数を測定した。

本調査を開始した 2013 年に着底した年級群の成長を追跡するため、2015 年 3 月から 6 月にかけて恩納村万座地先で漁業者が実施する毎月 1 回のオニヒトデ駆除に同行してすべての駆除個体を写真撮影し、室内のパソコン上で直径を測定した。駆除個体は複数の年級群から成るため、月毎の直径データを統計ソフト R (3.2.2) の Mclust パッケージを用いて 2 つないし 3 つの年級群に分離した。過去の報告にてらして（波部 1989 ; Zann et al. 1990）、平均直径が 130mm~150mm になる年級群を 2013 年着底の 2 歳年級群とみなした。

直径データから成長式を推定する際は、サンゴモ食期に対してはネイピア数指数関数式に近似させる方法（Yamaguchi 1977）を、サンゴ食期以降に対しては統計ソフト R (3.2.2) の nls 関数でゴンペルツ成長式を近似させる方法を用いた。

### 7-2-3. 稚ヒトデ捕食者調査

2014 年から着手した捕食者調査では、稚ヒトデが発見された場所のベントス相を調べることを初期の目標とした。魚類も重要な捕食者になる可能性はあるが、稚ヒトデは夜行性、隠蔽性が強く、日中はサンゴモの裏側やサンゴの陰などに潜んでいることから、肉食性ベントスの調査を優先した。

ベントスのサンプリングは、前項で述べた密度調査を実施している恩納村万座と北谷町砂辺の 2 地点で、サンゴモ食期の稚ヒトデや食痕が十分に目視可能であった 2016 年 1 月に実施した。各海域では、最初に潜水調査員 2 名が水深 8m 前後でサンゴモ上に残されている稚ヒトデの食痕を探索し、その付近の比較的平坦な海底にサーバーネット (1 辺 25cm、図 3-7-2) を設置、ベントスを採取した。

採取したサンプルは冷蔵して実験室に持ち帰り、ローズベンガルを添加したホルマリン水溶液で固定した。ホルマリン固定後、サンプルを 1mm メッシュでふるい、メッシュ上の残渣物に含まれるベントスの種を同定し、各種について個体数と湿重量を記録した。出現種の摂餌生態を文献等で確認し、稚ヒトデの捕食者推定を行った。

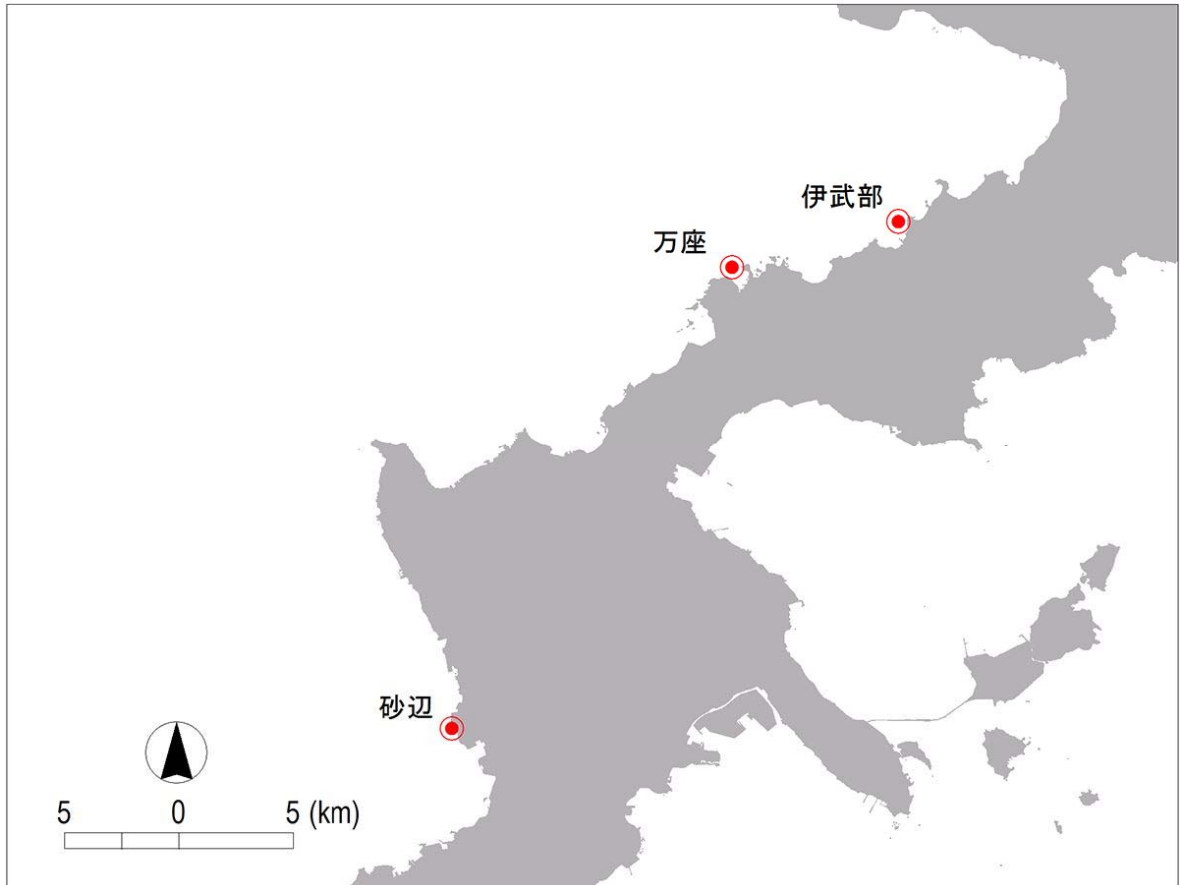


図3-7-1. 稚ヒトデ調査地点.

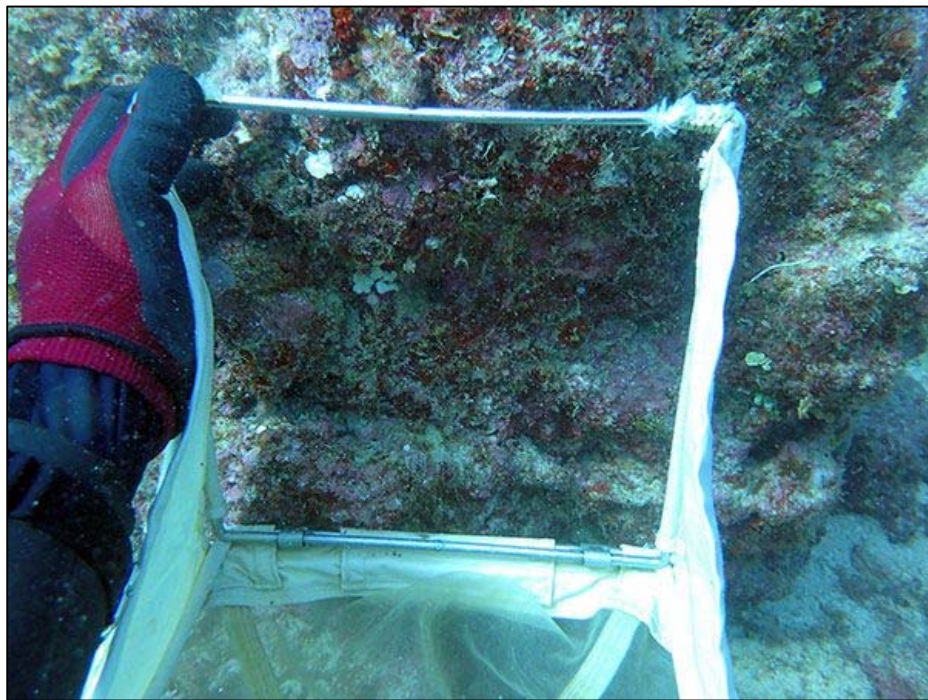


図3-7-2. ベントスサンプル採取の状況(中央やや左に食痕).

## 7-3. 結果と考察

### 7-3-1. 稚ヒトデ密度調査

密度推定の結果は表3-7-1に示した。恩納村、北谷町ともに2013年着底群は他の年の着底群より1オーダー以上密度が高く、稚ヒトデモニタリングでも確認されているとおり、この年にまとまった加入があったことがわかる。恩納村では2014年9月以降のデータからは密度推定ができなかったが、これは発見数がきわめて少なく推定値が収束しないためである。理論的には稚ヒトデの個体数は着底直後に最も多く、時間（成長）とともに徐々に減少する（Keesing and Halford 1992a）。このことは野外のケージング実験や放流採捕実験でも確かめられ、1日当たりの死亡率は着底後1ヶ月で5.1~9.0%、2ヶ月で2.6%、3ヶ月で2.4%、4ヶ月で1.2%、7ヶ月で約0.5%と報告された（Keesing and Halford 1992b; Okaji 1996）。当初は本研究でも野外の密度変化も追跡することを目的としていたが、北谷町の2013年着底群以外は調査時期によらず密度が変動する結果となった。もとより稚ヒトデは隠蔽性が強いいため個体の発見は難しいが、比較的明瞭な食痕をたよりにしてもなお、密度変化より発見数変化のほうが強く影響すると思われる。なお、北谷町の2013年着底群で死亡率を算出すると、2013年12月2日から2014年1月24日の間（53日間、着底後約4ヶ月~6ヶ月）で1日当たり約6.3%、1月24日から3月26日の間（60日間、着底後約6ヶ月~8ヶ月）が1日当たり約1.8%となり、オーダーとしては過去の報告と似た結果となった。

### 7-3-2. 稚ヒトデ成長率推定

2015年3月から5月にかけて恩納村と北谷町で行った測線調査と夜間潜水調査で、合計34個体（恩納村10個体、北谷町24個体）の稚ヒトデを採集した。2015年3月から6月にかけては恩納村万座地区で行われたオニヒトデ駆除により陸揚げされた個体（合計969個体）を撮影、直径を測定した。また、同年11月から2016年1月にかけては合計61個（恩納村17個体、北谷町44個体）の稚ヒトデを採集した。稚ヒトデはすべて実験室に持ち帰り、海水に漬けた状態で直径を検鏡測定した。

恩納村の稚ヒトデ直径データは、2015年1月の採集分まで明瞭な2つの年級群（2013年着底の1歳群と2014年着底の当歳群）に分けることができた。北谷町の稚ヒトデ直径データも、2015年1月までの採集分については2つの年級群（1歳群と当歳群）に分けることができた。しかし、同年4月と5月に採集した稚ヒトデのうち85mmと90mmの2個体以外は15.5~36mmで、前年同時期の当歳群が同様なサイズであったことから、範囲はせまいものの当歳群と1歳群が混在している可能性が高かった。しかしながら、これらのデータをMclustで解析しても年級群に分けることはできなかった。

本調査の比較対象として、1986年から1988年にかけて西表島で測定された稚ヒトデ群の直径データの提供を受けた（波部 1989 の生データ、横地洋之博士より）。1986年と1987年の直径データは明瞭な2つの年級群に分けることができたが、1988年のデータは年級群が混在していると思われたため、恩納村データと同様にMclustパッケージで年級群を分離した。

表3-7-1. 恩納村(伊武部・万座)と北谷町(砂辺海岸)におけるランダムコドラートによる稚オニヒトデ調査の結果. 密度はN-mixtureモデル(Royle 2004)にあてはめて推定した。表の下部に示した過去の報告例については、個体発見数を調査面積で単純に除した値である。

調査地点	調査日	水深帯	枠数(合計m <sup>2</sup> )	推定密度 (個/m <sup>2</sup> )	95%信頼範囲 (個/m <sup>2</sup> )
伊武部	2013/11/9	10 - 20m	360 (90)	2.27	0.23 - 22.56
伊武部	2013/11/27	10 - 20m	540 (135)	0.91	0.12 - 6.80
伊武部	2013/12/23	5 - 10m	600 (150)	6.37	0.42 - 97.85
伊武部	2014/1/23	5 - 10m	400 (100)	1.31	0.28 - 6.15
伊武部	2014/3/25	5 - 10m	400 (100)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
伊武部	2014/9/11	5 - 10m	420 (105)	0.19	0.02 - 1.38
伊武部	2014/11/16	5 - 10m	300 (75)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
伊武部	2014/12/15	5 - 10m	450 (112.5)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
伊武部	2015/1/25	5 - 10m	420 (105)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
万座	2015/11/17	5 - 10m	510 (127.5)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
万座	2015/12/10	5 - 10m	410 (102.5)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
砂辺	2013/12/2	5 - 10m	370 (92.5)	151.06	21.58 - 1057.26
砂辺	2014/1/24	5 - 10m	384 (96)	4.78	0.53 - 42.82
砂辺	2014/3/26	5 - 10m	400 (100)	1.58	0.20 - 12.50
砂辺	2014/9/12	5 - 10m	800 (200)	0.14	0.02 - 0.89
砂辺	2014/11/15	5 - 10m	400 (100)	0.27	0.11 - 0.65
砂辺	2014/12/10	5 - 10m	300 (75)	0.14	0.04 - 0.47
砂辺	2015/1/14	5 - 10m	320 (80)	(発見数不足のため推定値が収束せず)	
砂辺	2015/11/18	5 - 10m		(発見数不足のため推定値が収束せず)	
砂辺	2015/12/21	5 - 10m	312 (78)	0.74	0.26 - 2.07
西表島 <sup>1</sup>	1984年	-	-	0.26	-
西表島 <sup>2</sup>	1985年	-	-	0.30	-
西表島 <sup>3</sup>	1986年10月	5 - 10m	-	0.82	-
	1987年11月	5 - 10m	-	0.15	-
	1988年10月	5 - 10m	-	0	-
フィジー <sup>4</sup>	1984年	0 - 2m	-	0.07 - 0.90	-

(<sup>1</sup>岸ら(1984)、<sup>2</sup>上野ら(1985)、<sup>3</sup>波部(1989)、<sup>4</sup>Zann et al. (1990) ただし1と2は3を参照した。いずれもサンゴモ食期の稚ヒトデを対象としたランダムコドラートによる調査。)

恩納村と西表島の直径データから推定した成長曲線を図3-7-3（上）に示した。成長式はつぎの（1）と（2）である。この式から描いた恩納村の成長曲線は、過去に西表島やフィジーの野外観察にもとづいて推定された成長曲線と2年目まではおおむね似ていて、着底1年で37mm、2年で188mmとなった。ただし、2年目以降は傾斜が急になり3年では380mmとなった。

$$(1) \text{ 恩納村} \quad St = 626.9769 * 0.0009419^{\wedge} \exp^{-0.002403t}$$

$$(2) \text{ 西表島} \quad St = 371.6159 * 0.008047^{\wedge} \exp^{-0.002202t}$$

北谷町の直径データは前述のとおり2015年4月～6月のデータに2つの年級群が混在していると思われたため、それ以前のデータと小型グループの平均値をとる成長式（3）と、大型の2個体の平均値をとる成長式（4）の2とおりを求めた（図3-7-3、下）。前者は成長に上限があるゴンペルツ式だが、後者はサンゴモ食期の稚ヒトデに特有の指数関数である。

$$(3) \text{ 北谷町} \quad St = 27.2722 * 0.0252^{\wedge} \exp^{-0.008637t}$$

$$(4) \text{ 北谷町} \quad St = 3.8885e^{0.004693t}$$

2015年2月時点で推定した恩納村の成長率は、北谷町の約4倍であった（2年後の推定値；恩納村148mm vs. 北谷町36mm）。2013年の着底群が2歳となった今年の追跡調査で得た直径データを含めると、北谷町での成長は当初の推定より早い可能性がでてきたが、それでも恩納村と比較すると2/3程度である（着底2年後の推定値；恩納村188mm vs. 北谷町120mm）。両地点間でオニヒトデの成長に差が生じる原因として第一に考えられるのは、餌となるサンゴの量である。後述する表3に示したとおり、両地点ともサンゴモ被度は約10～19%と大きな差はないが、サンゴ被度は北谷町が約2.6%であったのに対し、恩納村では11.6～30.5%であった。オニヒトデがサンゴモからサンゴへ食性転換した後に急速に成長することは実験室と野外で繰り返し確認されており、今回恩納村のデータから得た成長式も同様であることから、同村で直径20cm前後の個体は2歳齢とみなして差し支えないと思われる。

### 7-3-3. 稚ヒトデ捕食者調査

2015年1月5日に北谷町砂辺で、翌6日に恩納村万座でそれぞれ採集したベントスサンプルの採集地点の写真を図3-7-4に、各検体中にみられた種群とそれらの個体数および合計湿重量を表3-7-2に示した。検体別に出現種数、出現個体数、湿重量を集計したところ、砂辺は42～55種、104～168個体、0.39～5.97g、万座では20～37種、34～76個体、0.7～14.1gとなり、2014年の調査と同様に砂辺のほうが種数、個体数とも多かった。稚ヒトデの捕食者となる可能性がある、大きさ1mm以上の肉食動物（多毛類、甲殻類）も砂辺のほうが種数、個体数で上回っていた。

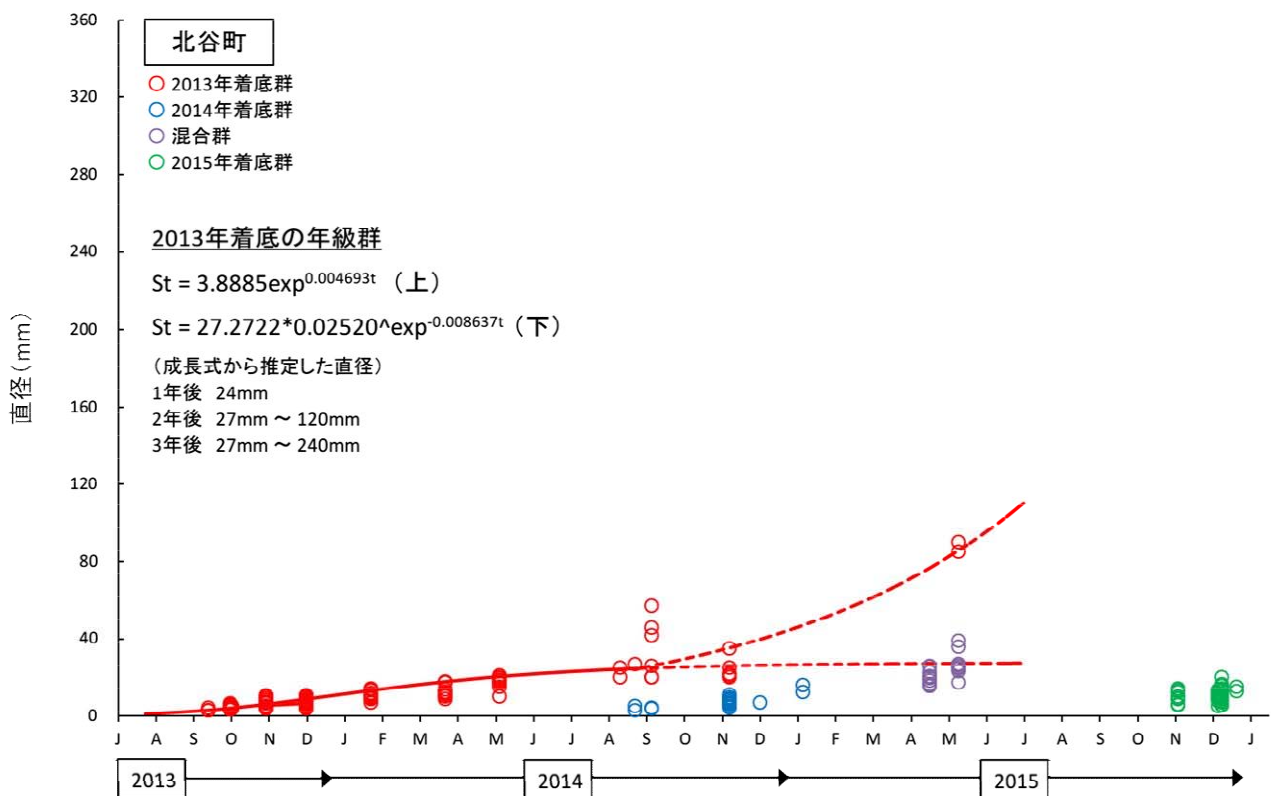
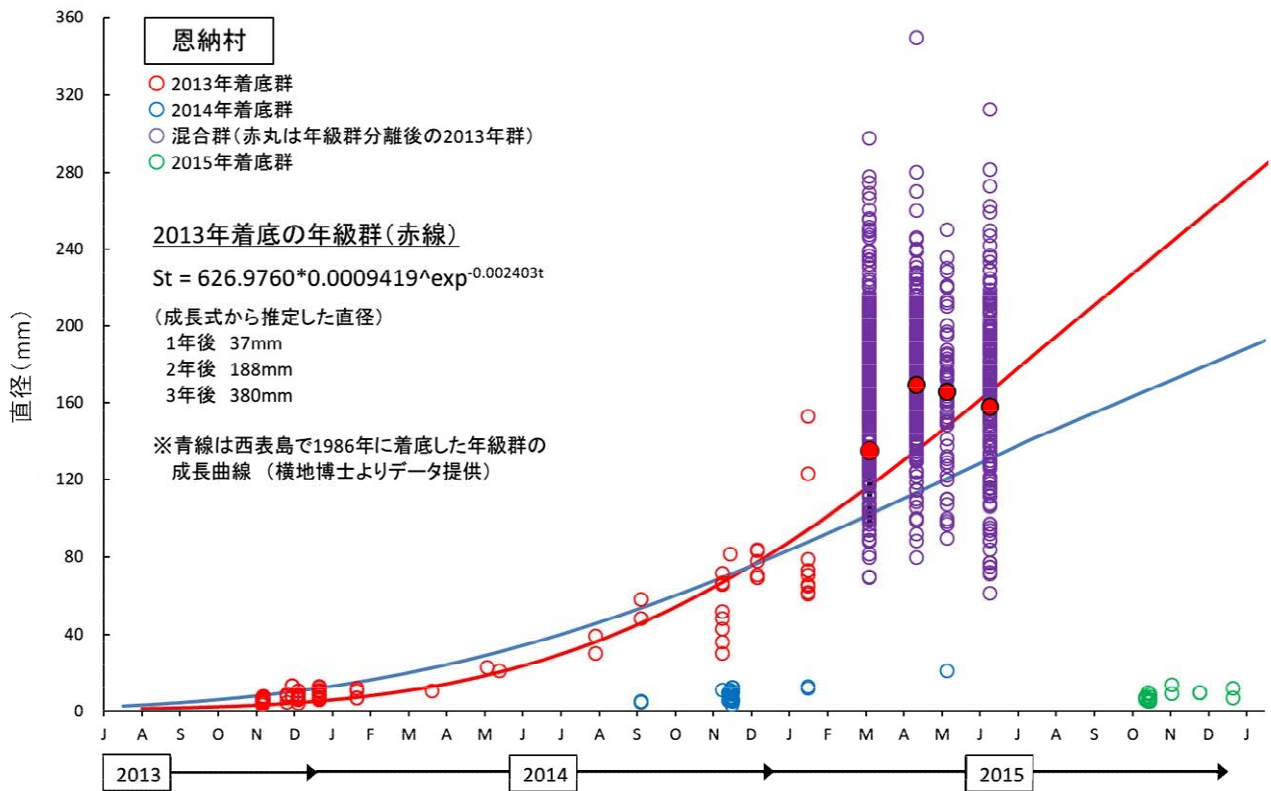


図3-7-3. 恩納村と北谷町におけるオニヒトデの成長データ。恩納村の成長曲線のうち赤実線は2013年着底群のデータから、青実線は1986~1989年に西表島で取得されたデータからそれぞれ推定した。北谷町の成長曲線は、赤点線で最大(上)と最小(下)の両方を示している。



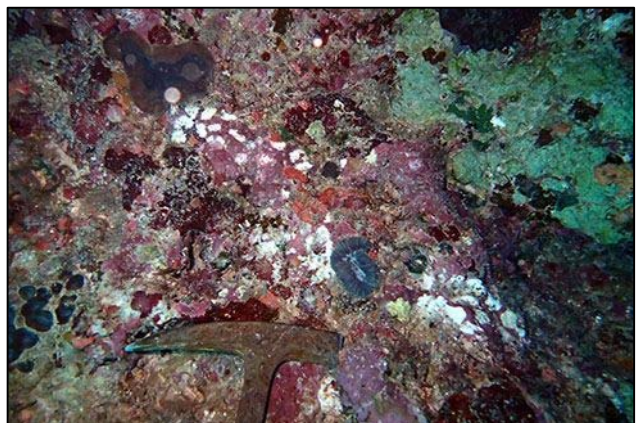


図3-7-4. 北谷町砂辺(左列)と恩納村万座(右列)のベントス採集地点の状況. 検体番号は上から1~4(表3-7-2中の検体番号に相当).



表3-7-2. 北谷町砂辺と恩納村万座で採集したベントスサンプルの内訳(その1).

				調査地点	砂辺								恩納村									
				検体番号	1		2		3		4		1		2		3		4			
門	綱	目	科	種名	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量		
原生動物	根足虫	有孔虫	Ataxophragmiidae	<i>Valvulina</i> sp.	2	+																
			ゴインハリフサガイ	<i>Amphistegina lessonii</i>					3	+	2	+					1	+	1	+		
				<i>Amphistegina lobifera</i>					2	+												
				<i>Amphistegina radiata</i>	17	0.05	15	0.04	7	0.03	6	0.04							9	0.02		
				<i>Amphistegina</i> sp.					2	+												
			Soritidae	<i>Peneroplis planatus</i>			3	+	2	+							1	+				
				<i>Amphisorus hemprichii</i>					1	+												
				<i>Marginopora vertebralis</i> ゼニシ	21	0.14	4	0.01	6	0.02	4	0.02	6	0.01	1	+	11	0.02	1	+		
			Calcarinidae	<i>Calcarina defrancii</i>	6	+	1	+	13	0.01	13	+					1	+				
				<i>Calcarina hispida</i>	7	0.01	7	0.01	12	0.02	21	0.02										
				<i>Calcarina</i> sp.													1	+				
				<i>Baculogypsina sphaerulata</i> ホシズナ									1	+								
	Nummulitidae	<i>Heterostegina depressa</i>		5	0.01	5	0.02	7	0.02	4	0.04					4	+					
	Planorbulinidae	<i>Planorbulinella</i> sp.				1	+			1	+			1	+							
		スナゴムシ	<i>Miniacina miniaceae</i> モシスナゴ			1	+															
海綿動物	石灰海綿	—	—	Calcarea	1	+								2	0.07	2	+	1	0.01			
	尋常海綿	—	—	Demospogiae			—	0.16	—	2.09	—	0.01	—	0.54	—	0.04	—	0.29	—	1.76		
刺胞動物	花虫	イソキンチャク	—	Actinaria															1	0.08		
		イシサンゴ	サザナミサンゴ	<i>Merulina</i> sp.									1	9.25								
扁形動物	渦虫	多岐腸	—	Polycladida					1	0.01												
紐形動物	無針	古紐虫	—	Palaeonemertini			1	+	1	+				1	+							
		異紐虫	リネウス	Lineidae			1	0.01						1	0.01							
袋形動物	線虫	—	—	Nematoda							1	+					1	+				
星口動物	星虫	星虫	マキガイホシムシ	<i>Phascalion</i> sp.			1	+			1	+						1	+			
			サメハダホシムシ	<i>Apionsoma</i> sp.										1	+	4	0.01	2	0.01			
			アホシムシ	<i>Aspidosiphon</i> sp.					2	0.01			4	+	4	0.01	7	0.03	4	0.03		
環形動物	多毛	遊在	ウロコムシ	<i>Lepidonotus</i> sp.									1	+	1	+						
				<i>Harmothoe</i> sp.	1	+	2	0.02	1	+			1	+	3	0.02	2	0.01				
				Harmothoinae	1	+									2	+						
				ハラウロコムシ	<i>Thalenessa</i> sp.			1	+													
				クサヅクガイ	<i>Bhawania goodei</i> ナガクサヅクガイ	1	+			1	+			1	+	1	+					
				ウミケムシ	<i>Amphinome</i> sp.									1	0.01							
					<i>Linopherus</i> sp.	3	0.01	12	0.08	1	+											
				サンバゴカイ	<i>Anaitides</i> sp.			1	0.01													
				オトヒメゴカイ	<i>Gyptis</i> sp.	3	+	2	+					1	0.01			1	+			
				シリス	<i>Typosyllis</i> spp.	2	+	4	+	8	+					2	+			1	+	
					<i>Langerhansia cornuta</i> ケナガシリス	1	+							2	+	2	+	5	+	2	+	
					Syllinae シリス亜科			2	+									2	+			
					<i>Exogone uniformis</i> イッカクシリス			2	+													
					<i>Sphaerosyllis erinaceus</i> タマシリス								1	+								
					<i>Autolytus</i> sp.			1	+							1	+					
				ゴカイ	<i>Nereis</i> sp.	2	0.01	1	0.02													
					<i>Tambalagama fauveli</i> カゴカイ			1	+	2	+										1	0.01
				チロリ	<i>Glycera</i> sp.			1	+				1	+								
				イソメ	<i>Eunice</i> sp.	2	+	1	+				1	+								
					<i>Marphysa</i> sp.					1	+					1	+	3	0.02	1	+	
		<i>Lysidice</i> sp.	6	0.08	7	0.08				1	0.03	1	0.01	2	0.01			10	0.04			
		<i>Nematonereis unicornis</i> ヒトヒメイソメ					2	+					2	+	4	+						
	ナナイソメ	<i>Nothria</i> sp.											1	+								
	キホシイソメ	<i>Scoletoma</i> sp.	3	+	4	+	1	+	1	+					1	+						
	ハコイソメ	<i>Schistomeringos</i> sp.	1	+								2	+			1	+					

※個体数の「-」は計数不能を、湿重量の「+」は0.01g未満を表す。

※灰色の網掛けは、肉食で短径が1mm以上の個体が出現したことを示す。

単位: 個体数、湿重量(g)



表3-7-2. 北谷町砂辺と恩納村万座で採集したベントスサンプルの内訳(その2).

					調査地点		砂辺								恩納村												
					検体番号		1		2		3		4		1		2		3		4						
門	綱	目	科	種名	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量					
環形動物	多毛	定在	スピオ	<i>Polydora</i> sp.																							
				<i>Prionospio membranacea</i>					1	+																	
				<i>Prionospio</i> sp.					1	+																	
				ミスヒキゴカイ	<i>Tharyx</i> sp.	5	+																				
				オフリアゴカイ	<i>Ophelia</i> sp.							1	+														
				フサゴカイ	<i>Streblosoma</i> sp.							1	0.14														
				ケヤリムシ	<i>Sabellastarte</i> sp.							1	+														
				カンザシゴカイ	Sabellinae							1	+														
	貧毛	—	—	Oligochaeta	1	+	1	+					1	+													
触手動物	苔虫	唇口	—	Cheilostomata																							
				腕足	穿殻	ラウエウス	<i>Picthothyris picta</i>	1	0.01							3	0.12										
軟体動物	多板殻	新ヒザラガイ	ケハダヒザラガイ	Acanthochitonidae	1	0.01																					
				腹足	原始腹足	ミミガイ	<i>Haliotis</i> sp.																	1	0.02		
						スカシガイ	<i>Emarginula</i> sp.							1	+												
						ユキノカサ	Littoidae					1	+														
						リュウテン	<i>Astraliium hexagonalis</i>							1	3.48												
						中腹足	オニツノガイ	<i>Cerithium echinatum</i>											1	4.15							
						異足	タマガイ	Naticidae					1	0.01													
						新腹足	フデガイ	Mitridae																		1	0.82
						—	—	Opisthobranchia										1	0.02								
					二枚貝	フネガイ	フネガイ	<i>Arca boucardi</i>																	1	0.08	
						イガイ	イガイ	<i>Lithophaga</i> sp.																	1	0.11	
									Mytilidae					1	+										1	+	
							ウグイスガイ	イタヤガイ	Pectinidae										1	+							
								ワタゾコツキヒガイ	Propeamussiidae					1	+												
							マルスダレガイ	ツキガイ	<i>Pillucina pisidium</i>					1	+												
								ウロコガイ	Galeommatidae	1	+																
								トマヤガイ	<i>Cardita</i> sp.							1	0.02										
								ニッコウガイ	<i>Nitidotellina</i> sp.					1	+												
			イワホリガイ	Petricolidae		2	0.02								1	0.01						1	+				
		オオノガイ	ツクエガイ	<i>Gastrochaena cymbium</i>	1	0.01								2	0.04												
節足動物	海蜘蛛	—	—	Pycnogonida							1	+		1	+												
				甲殻	—	Ostracoda										1	+										
					ハルハクチクス	—	Harpacticoida																				
					完胸	ミヨウガイ	<i>Lithotrya nicobarica</i>												1	0.07							
						クマ	ナンナスタス	Nannastacidae																			
						タリス	タリス	<i>Zeuxo</i> sp.																	1	+	
							ハラタリス	<i>Leptochelia</i> sp.	1	+	27	+	9	+	4	+	3	+	4	+							
							アプセウデス	<i>Apseudes</i> sp.																			
							メタアプセウデス	<i>Apseudomorpha albida</i>	4	+	2	+															
						等脚	ウミナナフシ	<i>Paranthura</i> sp.	2	+								8	+								
							スナホリムシ	<i>Eurydice</i> sp.							1	+											
							コツブムシ	<i>Leptosphaeroma gottschei</i>	2	+																	
							ウミクワガタ	<i>Gnathia</i> sp.	1	+	2	0.01													3	+	
							ウミミスムシ	<i>Janiropsis</i> sp.	1	+	5	0.01	7	0.02	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	1	+	
			ムナ	<i>Munna</i> sp.										2	+												

※個体数の「-」は計数不能を、湿重量の「+」は0.01g未満を表す。

※灰色の網掛けは、肉食で短径が1mm以上の個体が出現したことを示す。

単位: 個体数、湿重量(g)





表3-7-2. 北谷町砂辺と恩納村万座で採集したベントスサンプルの内訳(その3).

				調査地点		砂辺								恩納村										
				検体番号		1		2		3		4		1		2		3		4				
門	綱	目	科	種名	種名	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量	個体数	湿重量			
節足動物	甲殻	端脚	スガメソコエビ	<i>Byblis japonicus</i>	ニッホンスガメ			1	+									1	+					
			マルソコエビ	<i>Urothoe</i> sp.	マルソコエビ属															1	+			
			チビヨコエビ	<i>Gitanopsis</i> sp.	チビマルヨコエビ属															1	+			
			マルハサミヨコエビ	<i>Leucothoe</i> sp.	マルハサミヨコエビ属	1	+	3	+													1	+	
			メリタヨコエビ	<i>Elasmopus</i> sp.	イソヨコエビ属	5	+	4	+	3	0.01	2	+	2	0.01	2	+					1	+	
			エンマヨコエビ	<i>Paradexamine</i> sp.	トゲホホヨコエビ属					1	+					1	+							
			ユンホソコエビ	<i>Aoroides</i> sp.	ユンホソコエビ属	4	+	6	0.01	2	+											1	+	
			イシクヨコエビ	<i>Photis</i> sp.	クダオソコエビ属	2	+	2	+	1	+	2	+							1	+			
			ヒゲナガヨコエビ	<i>Ampithoe</i> sp.	ヒゲナガヨコエビ属					3	+					1	+	5	0.01					
			カマキリヨコエビ	<i>Jassa</i> sp.	カマキリヨコエビ属	5	+	12	0.01	2	+	3	+					4	+	3	+			
			トロクダムシ	<i>Corophium</i> sp.	トロクダムシ属					1	+					1	+							
			ドロミ	<i>Podocerus</i> sp.	ドロミ属												2	+						
			ワレカラ	<i>Protogeton</i> sp.												1	+							
			<i>Caprella</i> sp.																					
				十脚	テッポウエビ	<i>Athanas</i> sp.	ムラサキエビ属																	
						<i>Alpheus</i> sp.	テッポウエビ属	1	0.01	3	0.03	1	0.02	1	0.01						1	0.01	1	+
						モエビ	Hyppolytidae	モエビ科													1	+	4	+
						ロウソクエビ	<i>Nikoides</i> sp.	ミナミロウソクエビ属															1	+
						コンオリエビ	<i>Galathea</i> sp.		1	+			1	+										
						ヒゲガニ	<i>Jonas</i> sp.	ヒゲガニ属							1	0.01								
			ワタガニ		Portunidae	ワタガニ科	1	+					1	+										
			オウキガニ	<i>Pilumnus</i> sp.	ケブカガニ属			1	+	2	0.01			1	+									
				Xanthidae	オウキガニ科			1	0.04	1	+	1	0.02											
		口脚	フトユビシヤコ	<i>Gonodactylus chiragra</i>	フトユビシヤコ					1	+													
棘皮動物	クモヒトデ	閉蛇尾	チビクモヒトデ	Ophiactidae	チビクモヒトデ科	5	0.02																	
			トゲクモヒトデ	Ophiothricidae	トゲクモヒトデ科								1	+							2	+		
			アミメクモヒトデ	<i>Ophionereis dubia</i>	アミメクモヒトデ			3	0.07				2	0.08										
			クシノハクモヒトデ	Ophiuridae	クシノハクモヒトデ科																1	0.02		
	ウニ	クマクラ	マメウニ	<i>Fibulariella</i> sp.	コメツブウニ属															1	0.01			
ナマコ	樹手	グミトキ	Phylloporidae	グミトキ科	1	+																		
脊索動物	ホヤ	腸性	ジテムニ	Didemnidae	ジテムニ科					-	0.03					-	0.73			-	0.06			
		壁性	スチエラ	Styelidae	スチエラ科			2	0.13															
			ヒウラ	Pyuridae	ヒウラ科							1	0.03											
種類数						48		59		55		47		29		41		36		24				
合計						136	0.39	172	0.78	135	5.97	112	0.47	38	14.06	63	0.91	82	0.7	42	2.78			

※個体数の「-」は計数不能を、湿重量の「+」は0.01g未満を表す。  
 ※灰色の網掛けは、肉食で短径が1mm以上の個体が出現したことを示す。

単位: 個体数、湿重量(g)

<参考文献>

- Faburicius KE, Okaji K, De'ath G (2010) Three lines of evidence to link outbreaks of the crown-of-thorns seastar *Acanthaster planci* to the release of larval food limitation. *Coral Reefs*, 29:593-605.
- Keesing J, Halford AR (1992a) Field measurement of survival rates of juvenile *Acanthaster planci*: techniques and preliminary results. *MEPS* 85: 107-114.
- Keesing J, Halford AR (1992b) Importance of postsettlement processes for the population dynamics of *Acanthaster planci* (L.). *Aust J Mar Fresh Res* 43: 635-651.
- 波部忠重 (1989) サンゴ礁の保護・育成とオニヒトデ幼生の駆除に関する研究. 昭和 63 年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1989 年 3 月, 東海大学海洋学部. pp266.
- Okaji K (1996) Feeding ecology in the early life stages of the crown-of-thorns starfish, *Acanthaster planci*. Ph.D. dissertation, James Cook University, Townsville, 1996. 133pp.
- Royle A (2004) N-Mixture models for estimating population size from spatially replicated Counts. *Biometrics*. 60: 108-115.
- Sweatman H (2008) No-take reserves protect coral reefs from predatory starfish. *Current Biology*. 18(14): R598-R599.
- Yamaguchi M (1977) Estimating the length of the exponential growth phase: growth increment observations on the coral-reef asteroid *Culcita novaeguineae*. *Mar. Biol.* 39: 57-59.
- Zann L, Brodie J, Vuki V (1990) History and dynamics of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* (L.) in the Suva area, Fiji. *Coral Reefs* 9: 135-144.

## 8. オニヒトデ成体個体群調査

岡地 賢（コーラルクエスト）・酒井一彦（琉球大学）

### 8-1. 目的

これまでの研究や駆除記録から、オニヒトデの大量発生は単一の年級群の大規模加入によって突然引き起こされると言うよりはむしろ、複数の年級群が連続的に大規模加入するか、または、小規模加入した集団の繁殖が成功して大集団が形成されるためだと考えられている（Birkeland and Lucas, 1990; Pratchett, 2005）。

本研究では、沖縄県内各地のサンゴ礁におけるオニヒトデ個体群動態の基礎情報として、大量発生していない自然状態の成体密度を求めるとともに、恩納村万座と北谷町砂辺で成体個体群の密度変化を調べた。

### 8-2. 方法

環境省のスポットチェック法（環境省 2004）によるオニヒトデモニタリングの方法にならい、沖縄県内各地における相対的な成体オニヒトデ密度を求めた。野外調査は、沖縄島、慶良間諸島および久米島に設定した 28 地点において実施した。調査に際しては 2 名のスノーケルダイバーが礁斜面の 2500 平方メートル（おおむね 50m 四方または同等の面積）の範囲を約 15 分間遊泳し、オニヒトデの直径を 20cm 未満、20-30cm、30cm 以上の 3 つのクラスに分けて個体数を、同じ範囲でみられたオニヒトデの食痕数とともに記録した。

恩納村万座と北谷町砂辺（稚ヒトデ調査地点と同じ、3-7 参照）では、オニヒトデ密度を定量的に測定するため、礁斜面の水深 8m（低潮線基準）の等深線に沿って長さ 40m の測線を 5 本設置し、測線の両側 2m の範囲にみられるすべてのオニヒトデのサイズと個体数を記録した。

### 8-3. 結果および考察

平成 27 年度の相対密度調査は、平成 27 年 7 月から 9 月にかけて、図 3-8-1 に示した 28 地点（沖縄島 11 地点、慶良間諸島 9 地点、久米島 8 地点）で実施した。各調査地点の名称、座標（緯度・経度）、調査実施日、観察時間および観察結果は表 3-8-1 に、それらのデータを島または海域別に集計した結果は表 3-8-2 にそれぞれ掲げた。

平成 27 年度に取得したデータを沖縄県全体で総括すると、サンゴ礁 2500 平方メートル（0.25ha）内で観察されたオニヒトデ個体数は 0 個体から 23 個体の範囲で、総平均値は 1.43 個体  $\pm$  0.48 個体（標準誤差）、同じ面積内でみられた食痕数は 0~26 個、平均値は  $3.57 \pm 0.59$  個であった。これらの平均値は、平成 26 年度（ $1.50 \pm 0.30$  個体、 $5.92 \pm 0.91$  個）や平成 25 年度（ $1.88 \pm 0.39$  個体、 $4.70 \pm 1.05$  個）よりやや少なくなっていた。個体数、食痕数データとも、平成 27 年度は特にバラツキが大きいことが目立った（表 3-8-2）。これは、慶良間と久米島で個体・食痕ともほとんどみられなかった一方で、恩納村の 1 地点（ギシフ、図 3-8-1 の地点 8）で観察個体数が非常に多かったためである。

図3-8-1. 平成27年度に成体密度調査を実施した、沖縄島(右、1~11)と慶良間諸島(左上、12~20)および久米島(左下、21~28)の調査地点.

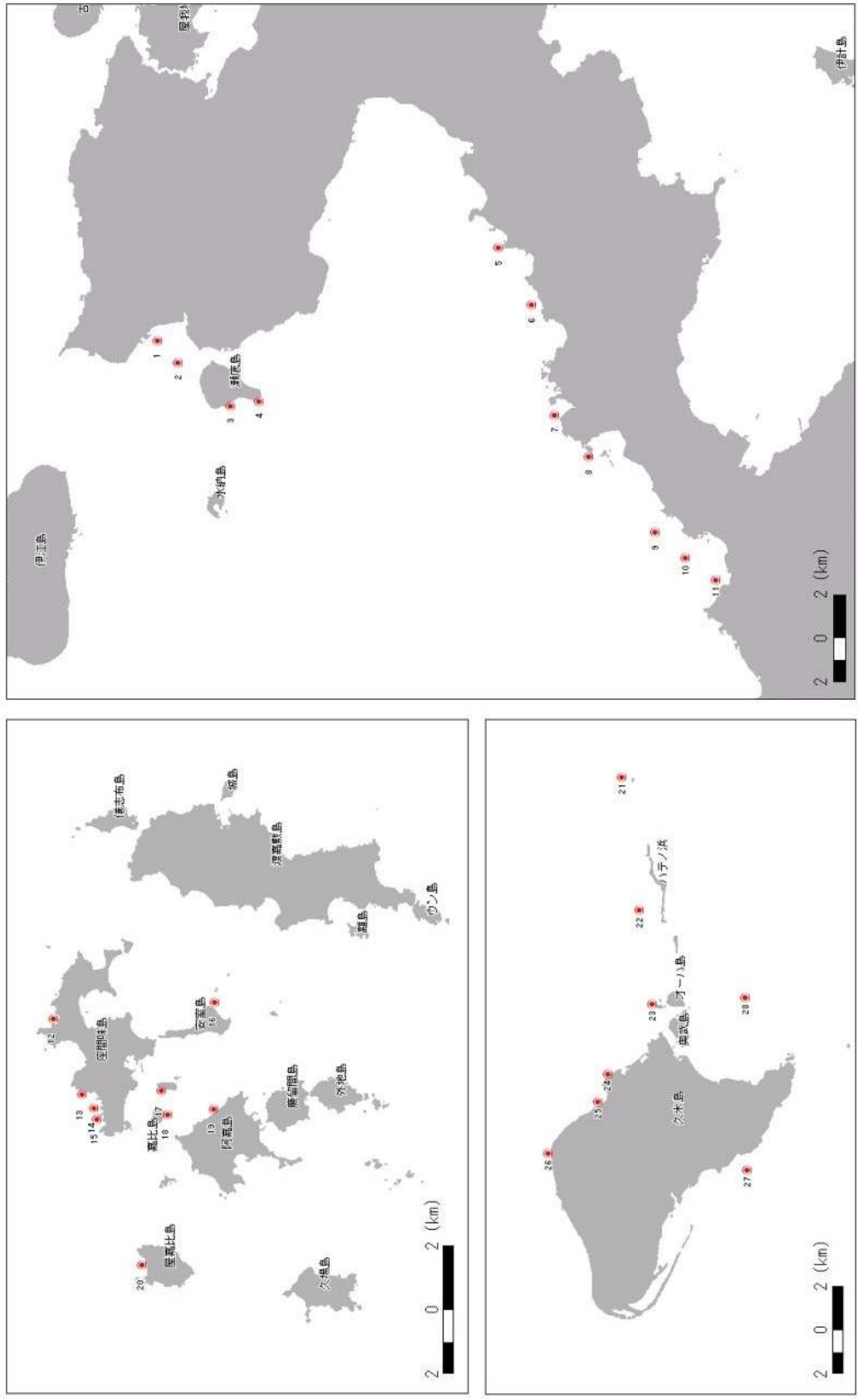




表3-8-1. 平成27年度の成体密度調査結果(取得データ).

No	島	海域	地点名	緯度	経度	調査日	観察開始時刻1	観察終了時刻1	観察開始時刻2	観察終了時刻2	合計個体数1	サイズ1 < 20cm	サイズ1 20-30cm	サイズ1 30cm <	合計個体数2	サイズ2 < 20cm	サイズ2 20-30cm	サイズ2 30cm <	食痕数1	食痕数2	地点平均	海域平均	SE
1	沖繩本島	本部	浜元	26.67167	127.88292	2015/8/13	16:55	17:15	16:50	17:10	3	0	1	2	7	1	6	0	4	11	5		
2	沖繩本島	本部	ヤツケー	26.66295	127.87397	2015/8/13	15:56	16:16	16:17	16:37	1	0	1	0	1	0	0	0	3	3	1	3.00	0.76
3	沖繩本島	本部	マガイグワア	26.64137	127.85615	2015/8/13	15:03	15:23	14:56	15:16	1	0	1	0	3	2	0	1	4	3	2		
4	沖繩本島	本部	瀬底南	26.62977	127.85805	2015/8/13	13:55	14:15	14:16	14:36	3	0	1	2	5	1	3	1	6	8	4		
5	沖繩本島	恩納	伊武部	26.53073	127.92144	2015/8/15	10:00	10:20	10:13	10:33	1	0	1	0	1	1	0	0	5	5	1		
6	沖繩本島	恩納	熱田	26.51734	127.89775	2015/8/15	11:07	11:27	11:02	11:22	1	0	1	0	9	1	6	2	2	11	5		
7	沖繩本島	恩納	万座	26.50783	127.85239	2015/8/15	12:00	12:20	12:21	12:41	0	0	0	0	1	1	0	1	4	4	0.5		
8	沖繩本島	恩納	恩納ギンフ	26.49356	127.83506	2015/8/15	14:18	14:38	14:14	14:34	3	0	1	2	23	0	17	6	5	26	13	3.36	1.63
9	沖繩本島	恩納	富着	26.46625	127.80376	2015/8/15	15:20	15:40	15:16	15:36	0	0	0	0	2	0	2	0	4	4	1		
10	沖繩本島	恩納	前兼久	26.45375	127.79318	2015/8/15	16:20	16:40	16:41	17:01	3	0	3	0	1	0	1	0	5	4	2		
11	沖繩本島	恩納	山田	26.44119	127.78417	2015/8/15	17:18	17:38	17:14	17:34	2	1	1	0	0	0	0	0	6	7	1		
12	座間味島	慶良間	知志	26.24733	127.31403	2015/9/3	9:10	9:30	9:31	9:51	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	2		
13	座間味島	慶良間	新田東	26.23934	127.29277	2015/9/3	10:20	10:40	10:40	11:05	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	4	NA	0		
14	座間味島	慶良間	新田洞穴	26.23598	127.28905	2015/9/3	10:50	11:10	10:45	11:05	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0		
15	座間味島	慶良間	新田西	26.23510	127.28601	2015/9/3	15:45	16:05	NA	NA	0	0	0	0	NA	NA	NA	NA	0	NA	0		
16	安室島	慶良間	安室チビ	26.20211	127.31873	2015/9/3	14:50	15:10	14:47	15:07	1	1	0	0	0	0	0	0	3	1	0		
17	安慶名敷島	慶良間	安慶名敷	26.21711	127.29383	2015/9/3	8:58	9:18	8:57	9:17	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	0		
18	嘉比島	慶良間	嘉比北	26.21517	127.28728	2015/9/3	13:22	13:42	13:21	13:41	0	0	0	0	4	2	2	0	5	9	0		
19	座間味島	慶良間	ニシハマ	26.20230	127.28881	2015/9/3	8:55	9:15	8:55	9:15	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
20	座間味島	慶良間	慶嘉比	26.22237	127.24513	2015/9/3	14:23	14:43	14:44	15:04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21	久米島	久米	灯台下	26.36235	126.93153	2015/7/29	9:49	10:09	9:41	10:01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22	久米島	久米	秘密君	26.35493	126.87665	2015/7/29	10:46	11:06	11:06	11:26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23	久米島	久米	イチョンザ	26.34958	126.83804	2015/7/29	16:39	16:59	16:31	16:51	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24	久米島	久米	阿嘉黒石	26.36816	126.80696	2015/7/29	15:50	16:10	15:44	16:04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25	久米島	久米	阿嘉下	26.37198	126.79759	2015/7/29	15:00	15:20	15:22	15:42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26	久米島	久米	堂崎	26.39274	126.77630	2015/7/29	14:10	14:30	14:05	14:25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27	久米島	久米	アーラ	26.31052	126.76945	2015/7/29	9:53	10:13	10:15	10:35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
28	久米島	久米	南口	26.31111	126.84056	2015/7/29	11:15	11:35	11:07	11:27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

表3-8-2. 沖縄島、慶良間諸島、久米島での成体密度調査結果(集計、1250m<sup>2</sup>当り).

島	海域	調査 地点数	データ セット数	平均個体数 (±標準誤差)	個体数 (範囲)	平均食痕数 (±標準誤差)	食痕数 (範囲)
沖縄島	本部	4	8	3.00 ± 0.76	1 - 7	5.25 ± 1.03	3 - 11
	恩納	7	14	3.36 ± 1.63	0 - 23	6.64 ± 1.58	4 - 26
	読谷	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	糸満	NA	NA	NA	NA	NA	NA
慶良間		9	16	0.38 ± 0.26	0 - 4	2.31 ± 0.63	0 - 9
久米島		8	16	0	0	0.27 ± 0.18	0 - 2
合計		28	54		0 - 23		0 - 26
総平均(H27)				1.43 ± 0.48		3.57 ± 0.59	
総平均(H26)				1.50 ± 0.30		5.92 ± 0.91	
総平均(H25)				1.88 ± 0.39		4.70 ± 1.05	

調査を実施した 28 地点のうち、沖縄島・本部海域の浜元 (No. 1) とヤツケー礁 (No. 2)、恩納海域の伊武部 (No. 5) と熱田 (No. 7) の周辺では平成 23 年 (2011 年) 頃からオニヒトデが増加し、平成 26 年 (2014 年) は大量発生に近い状態であった。平成 27 年の調査では、これら 4 地点のうち浜元と熱田では依然として観察個体数が多く、スポットチェックの基準にてらせば準大量発生と判定されたが、ヤツケー礁と伊武部では観察個体数が 1 個以下とほぼ通常分布にまで個体密度が減少していた。一方で、昨年は要注意程度の個体密度であった恩納ギシフ (No. 8) で 1 名のダイバーによって 23 個体の観察が記録された。ただし、もう 1 名のダイバーは 3 個体しか観察していないため、集団の規模は小さかったと思われる。恩納村が実施するオニヒトデ駆除の記録によれば、7 月以降は万座周辺をはじめどの海域でも駆除数は低下していたので、ギシフで 8 月の調査時にみられた集団は、駆除をまぬがれた小集団か、または駆除後に深場から移入したものである。沖縄島以外では、慶良間海域の嘉比北 (No. 18) で 4 個体、安室チビ (No. 16) で 1 個体がみられたのみであった。

平成 26 年と同様に、今年の調査で得られたデータから通常状態のオニヒトデ密度を求めると (大量発生の基準 1500 個体/km<sup>2</sup> ⇒ 3.75 個体/2500m<sup>2</sup> 以上を外れ値として除外; Moran and De'ath 1992; Weber and Woodhead 1970)、沖縄島全体では 0.72 ± 0.22 個体 (2.88 個体/ha)、うち本部海域では 1.00 ± 0.58 個体 (4.00 個体/ha)、恩納海域では 0.63 ± 0.22 個体 (2.52 個体/ha)、慶良間全体では 0.13 ± 0.03 個体 (0.52 個体/ha) となった。平成 26 年と比較すると、沖縄島全体と恩納海域、慶良間では減少、本部海域ではやや増加していた。

測線調査は、恩納村万座では平成 27 年 3 月 13 日、4 月 27 日、5 月 20 日に、北谷町砂辺では 3 月 14 日、4 月 28 日、5 月 22 日にそれぞれ実施した（表 3-8-3）。万座、砂辺とも成体の 1 ヘクター当たり密度は最大で数十個体にもなり、前述の遊泳観察での密度より 1 桁大きいのは、稚ヒトデも含め隠蔽している個体の探索に注力するためである。

万座と砂辺の個体群間の大きな差異は、発見個体数のサイズクラス別構成である。万座では 16cm 以上（稚ヒトデ調査で得た成長式に基づけば 2 歳以上）の個体が多かったが、砂辺では 1 個体みられたのみであった。また、万座ではみられなかった 5cm 以下の稚ヒトデが、砂辺では 2 個体みられた。個体群の中心が成体か、稚ヒトデあるいは幼ヒトデかは食痕数にも反映されているように見える。さらに、万座では 3 月から 5 月にかけて成体食痕が増加する一方で、稚ヒトデ食痕が減少した。これらの結果を、稚ヒトデの成長式や（7. 稚ヒトデ調査）サンゴ群集の被度および構成（9. サンゴ群集調査）とあわせて考えると、万座では着底した稚ヒトデが種として通常の成長過程をたどるのに対し、砂辺ではおそらく餌となるサンゴが少ないために成長が芳しくなく、結果的に成体まで育つ個体が少ないと考えられる。

表 3-8-3. 恩納村万座と北谷町砂辺における測線調査結果(集計).

調査地点	調査日	発見個体数(5cmきざみのサイズクラス別)						成体食痕	稚ヒトデ食痕
		< 5	6 - 10	11 - 15	16 - 20	21 - 25	25 <		
万座	2015/3/13	0	1	1	3	1	0	3	25
	2015/4/27	0	0	1	1	1	1	11	17
	2015/5/20	0	1	2	0	1	0	15	11
砂辺	2015/3/14	0	0	0	0	0	0	0	32
	2015/4/28	2	0	1	0	0	1	1	13
	2015/5/22	2	1	0	0	0	0	0	26

#### <参考文献>

- Birkeland C, Lucas JS (1990) *Acanthaster planci*: major management problem of coral reefs. CRC Press, Boca Raton, 1990. pp257
- Moran PJ, De'ath G (1992) Estimates of the abundance of the crown-of-thorns starfish *Acanthaster planci* in outbreaking and non-outbreaking populations on reefs within the Great Barrier Reef. Mar Biol 113: 509-515
- Pratchett MS (2005) Dynamics of an outbreak population of *Acanthaster planci* at Lizard Island, northern Great Barrier Reef (1995 - 1999). Coral Reefs 24: 453-462
- Weber JN, Woodhead PMJ (1970) Ecological studies of the coral predator *Acanthaster planci* in the South Pacific. Mar Biol 6: 12-17
- 環境省 (2004) モニタリングサイト 1000 (サンゴ礁調査) スポットチェック法によるサンゴ礁調査マニュアル第 4 版. 環境省自然環境局生物多様性センター, 2009 年 8 月. pp10

## 9. サンゴ群集調査

岡地 賢（オニヒトデ総合対策事業協同企業体）

### 9-1. 目的

オニヒトデは着底後約半年、直径10mm前後に成長する頃に主食をサンゴモからサンゴへと徐々に変えてゆく。過去の研究では、食性転換したオニヒトデに十分な量のサンゴを与えて飼育すると、着底後1年で直径5~10cm、2年で約20cmになって性成熟し、3年後には約30cmに達すると報告された（Yamaguchi 1974; Lucas 1984）。しかし、サンゴを与えず、サンゴモだけを食べさせて飼育した稚ヒトデは2年を経過しても直径18mm以上に成長しなかった（Lucas 1984）。稚ヒトデはサイズが小さいほど死亡率が高いため（Keesing and Halford 1992b）、サンゴが不足して成長が遅れると個体群が形成できなくなると予想されている（Lucas, 1984; Keesing and Halford 1992a）。オニヒトデの大量発生集団は数万以上の同一年級群の個体からなるが、そのような大群の成長を支えるサンゴ群集の存在を大量発生要因のひとつとみなすことに支障はないであろう。

本調査の目的は、前項の稚ヒトデ調査および成体調査を実施する調査地点において、大量発生の要因として重要なサンゴ群集の被度や構成を定量的に評価または比較することである。

### 9-2. 方法

サンゴ群集調査には、デジタルカメラを使用するフォトランセクト法を採用した（Kohler and Gill 2006; Jonker et al. 2008）。前項の稚ヒトデ調査および成体調査（測線調査）を実施した恩納村万座と北谷町砂辺の礁斜面、水深8m（低潮線基準）の等深線に沿って長さ40mの調査測線を5本設置し、測線に沿って1m間隔で合計200枚の40cm x 60cm枠内の海底を写真撮影した（図3-9-1）。撮影した画像は室内のパソコン上で専用ソフトウェア（米国立サンゴ礁研究所作成のポイント・カウント Coral Point Count 3.6; Kohler and Gill 2006）を使用して解析した（図3-9-2）。ソフトウェアの画面上には撮影した海底画像が表示され、その上に重ねられる格子点の直下にみられる生物を、造礁サンゴについては科レベルで、その他の付着性底生生物や底質については表3-9-1の生態形区分を判別して記録することで、サンゴほか各区分の格子点の割合が被度として計算される。

### 9-3. 結果と考察

ポイント・カウント用の海底写真は、平成27年3月13日に恩納村万座で、翌14日に北谷町砂辺で、成体調査のために設置した測線に沿って各地点200枚ずつ撮影した。画像解析は平成27年4月と5月に実施し、表3-9-1に示した各生態系区分の被度データを得た。その概要を表3-9-2に、解析生データを表3-9-3（万座）と表3-9-4（砂辺）に示した。サンゴ群集の平均被度は万座で11.6%、砂辺で2.6%と両地点間で差があった。ソフトコーラルの平均被度は逆転しており、万座で1.5%、砂辺で49.4%であった。一方、石灰藻被度は両地点でほとんど



ど同じであった（万座 11.0% vs. 砂辺 10.4%）。これらの結果から、砂辺ではサンゴに食性転換した後のオニヒトデにとって餌環境が相対的に乏しいことがわかる。



図3-9-1. 北谷町砂辺での測線設置状況および海底撮影状況(平成 26 年 1 月 24 日撮影).

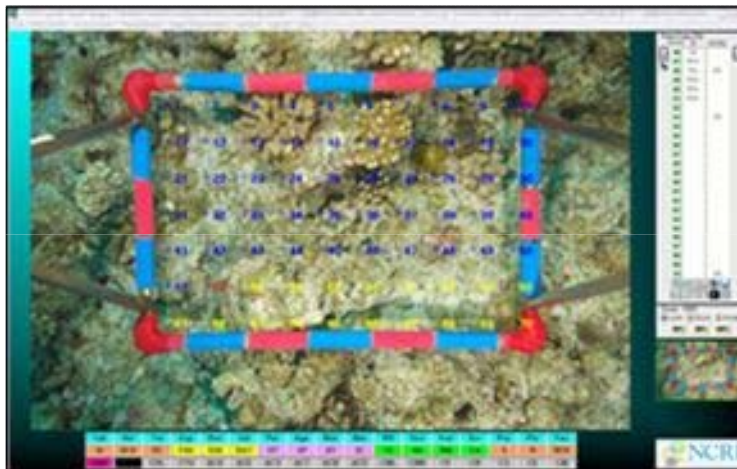
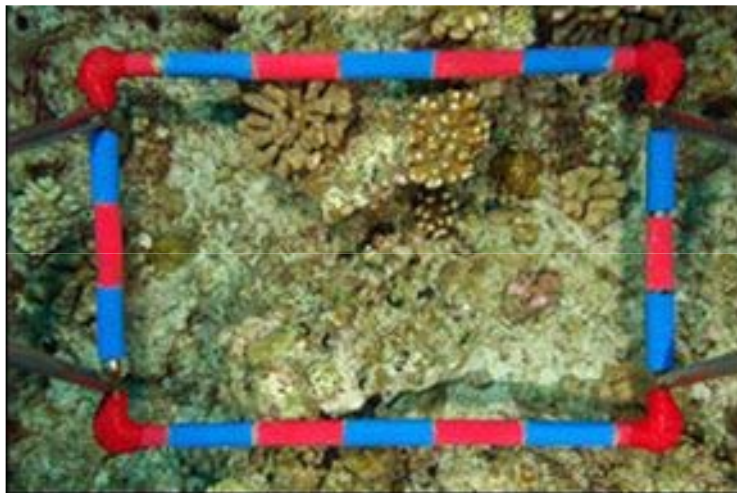


図3-9-2. 撮影した海底画像(上)と解析画面(下). 解析画面では撮影枠内に格子点が表示され、その直下の生物や底質を下側のボタンで選択して記録する.

表3-9-1. フォトランセクト調査の解析に用いた生態形区分(English et al., 1997 を改変).

大区分	小区分	記号	説明
造礁サンゴ	死サンゴ類	DC	死亡サンゴ群体
		DCA	糸状海藻に覆われた死サンゴ群体
	ミドリイシ類	ACB	樹枝状ミドリイシ (枝の分岐が2回以上)
		ACE	被覆状ミドリイシ
		ACS	準塊状ミドリイシ (太枝型を含む)
		ACD	指状ミドリイシ (コリンボース型を含む)
		ACT	卓状ミドリイシ
		ミドリイシ類以外	CB
	CE		被覆状サンゴ
	CF		葉状サンゴ
	CM		塊状サンゴ
	CS		準塊状サンゴ (太枝型を含む)
	CMR		クサビライシ類
	CHL		アオサンゴ類
	CML		アナサンゴ (ミレポラ) 類
	CTU		クダサンゴ類
	造礁サンゴ以外の付着生物	SC	ソフトコーラル
		SP	カイメン
		ZO	スナギンチャク類
海藻類	CA	石灰藻	
	HA	サボテングサ類	
	MA	大型海藻 (ガラモ、ラッパモクなど)	
	TA	糸状海藻	
底質	RCK	岩盤	
	R	れき	
	S	砂	
	SI	シルト	
	WA	トランセクトから1m以上深い場所	
その他 (被度計算から除外)	UNK	上記の生態形区分に分類できない物体	
	TAP	偶然写り込んだラインなど	
	SHA	陰影で判別不可の部分	

表3-9-2. 恩納村伊武部と北谷町砂辺でのサンゴ群集調査結果(主要生態系区分カテゴリーの平均値、生データは表3-9-3と表3-9-4を参照).

カテゴリー	平均被度(%)	
	恩納村(万座)	北谷町
造礁サンゴ(合計)	11.55 ± 1.40	2.58 ± 0.79
(ミドリイシ)	(1.81 ± 0.03)	(0.06 ± 0.04)
(ハマサンゴ)	(1.63 ± 0.36)	(0.80 ± 0.30)
(キクメイシ)	(7.19 ± 1.00)	(0.87 ± 0.28)
ソフトコーラル	1.45 ± 1.12	49.38 ± 9.63
石灰藻	10.96 ± 1.84	10.41 ± 1.08
海藻	0.53 ± 0.17	0.31 ± 0.06
岩盤	74.38 ± 3.80	36.76 ± 7.96
礫	0.02 ± 0.02	0.00 ± 0.00
砂	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01

<参考文献>

- English S, Wilkinson C, Baker V (1997) Survey manual for tropical marine resources, 2nd edition. Australian Institute of Marine Science 390pp.
- Jonker M, Johns K, Osborne K (2008) Surveys of benthic reef communities using underwater digital photography and counts of juvenile corals. Standard Operational Procedure No.10., Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, 2008. 75pp.
- Keesing J, Halford AR (1992a) Field measurement of survival rates of juvenile *Acanthaster planci*: techniques and preliminary results. MEPS 85: 107-114
- Keesing J, Halford AR (1992b) Importance of postsettlement processes for the population dynamics of *Acanthaster planci* (L.). Aust J Mar Fresh Res 43: 635-651
- Kohler KE, Gill SM (2006) Coral Point Count with Excel extensions (CPCe): A Visual Basic program for the determination of coral and substrate coverage using random point count methodology. Computers and Geosciences 32: 1259-1269
- Lucas JS (1984) Growth, maturation and effects of diet in *Acanthaster planci* (L.) (Asteroidea) and hybrids reared in the laboratory. J Exp Mar Biol Ecol 79: 129-147
- Yamaguchi M (1974a) Growth of juvenile *Acanthaster planci* (L.) in the laboratory. Pac Sci 28: 123-138



表3-9-3. 恩納村万座のサンゴ群集調査データ(ポイント・カウント解析データ)(その1).

調査名称 H27オニヒトデ総合対策事業  
 調査地点名称 恩納村万座 水深8m  
 調査地点座標(トランセクト起点) 26.50876N / 127.85265E  
 調査(撮影)日 2015/3/13

トランセクト番号	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5				
画像数	40	40	40	40	40				
合計観察点数	2160	2160	2160	2160	2160				
有効観察点数(枠、巻尺、陰影部分のぞく)	2115	2136	2135	2138	2159				
主要生物区分(%被度)							平均値	標準偏差	標準誤差
造礁サンゴ	12.39	14.65	12.18	12.25	6.25		11.55	3.13	1.40
海藻	0.43	0.84	0.98	0.28	0.09		0.53	0.38	0.17
石灰藻	15.32	12.69	12.08	10.38	4.31		10.96	4.12	1.84
付着性ベントス	2.46	0.75	6.70	1.78	0.32		2.40	2.54	1.14
底質	69.27	70.79	68.01	75.07	88.88		74.40	8.52	3.81
死亡サンゴ群体	0.05	0.09	0.05	0.19	0.05		0.08	0.06	0.03
死亡サンゴ群体(海藻被覆)	0.09	0.19	0.00	0.05	0.09		0.08	0.07	0.03
不明	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枠、巻尺、陰影、水深、障害物等	2.08	1.11	1.16	1.02	0.05		1.08	0.72	0.32
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00				
サンゴ分類群および底質区分(%被度)	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5		平均値	標準偏差	標準誤差
造礁サンゴ									
ミドリイシ科	0.28	0.14	0.09	0.14	0.23		0.18	0.08	0.03
ヒラフキサンゴ科	0.57	0.05	0.09	0.00	0.05		0.15	0.24	0.11
ナガレハナサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
キサンゴ科	0.33	0.00	0.37	0.47	0.14		0.26	0.19	0.08
キクメイシ科	5.58	8.85	8.95	8.51	4.08		7.19	2.23	1.00
クサビライシ科	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00		0.02	0.03	0.01
アオサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
サザナミサンゴ科	0.43	0.47	0.33	0.09	0.32		0.33	0.15	0.06
アナサンゴモドキ科	0.80	0.42	0.42	0.00	0.00		0.33	0.34	0.15
オオトゲサンゴ科	0.71	1.03	0.28	0.51	0.51		0.61	0.28	0.13
ビワガライシ科	0.61	0.47	0.33	0.37	0.23		0.40	0.15	0.07
ウミバラ科	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00		0.07	0.15	0.07
ハナヤサイサンゴ科	0.28	0.23	0.19	0.42	0.00		0.23	0.15	0.07
ハマサンゴ科	2.22	2.62	1.08	1.59	0.65		1.63	0.81	0.36
ヤスリサンゴ科	0.52	0.05	0.00	0.14	0.05		0.15	0.21	0.10
ヒユサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
クダサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
海藻									
サボテングサ類	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00		0.02	0.03	0.01
大型海藻	0.43	0.80	0.94	0.28	0.09		0.51	0.35	0.16
芝草状海藻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
石灰藻									
石灰藻	15.32	12.69	12.08	10.38	4.31		10.96	4.12	1.84
付着性ベントス									
貝類その他	0.99	0.00	0.09	0.00	0.05		0.23	0.43	0.19
ソフトコーラル	0.61	0.19	5.90	0.47	0.09		1.45	2.50	1.12
カイメン	0.14	0.37	0.66	0.70	0.19		0.41	0.26	0.12
イワスナギンチャク	0.71	0.19	0.05	0.61	0.00		0.31	0.33	0.15
底質									
石灰岩盤	69.27	70.79	67.96	75.07	88.79		74.38	8.49	3.80
礫	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09		0.02	0.04	0.02
砂	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00		0.01	0.02	0.01
シルト	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
死亡サンゴ群体									
死亡サンゴ群体	0.05	0.09	0.05	0.19	0.05		0.08	0.06	0.03
死亡サンゴ群体(海藻被覆)									
死亡サンゴ群体(海藻被覆)	0.09	0.19	0.00	0.05	0.09		0.08	0.07	0.03
不明									
不明	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枠、巻尺、陰影、水深、障害物等									
枠	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00		0.17	0.37	0.17
陰影部分	1.02	1.11	1.16	0.69	0.05		0.81	0.46	0.21
水深ほか判読障害物等	0.23	0.00	0.00	0.32	0.00		0.11	0.16	0.07

表3-9-3. 恩納村万座のサンゴ群集調査データ(ポイント・カウント解析データ)(その2).

群体系区分(%被度)	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5		平均値	標準偏差	標準誤差
洗矢状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状ミドリシ	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00		0.01	0.02	0.01
散房花状ミドリシ	0.09	0.05	0.09	0.00	0.09		0.07	0.04	0.02
被覆状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
塊状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
卓状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0.00	0.05	0.05	0.28	0.00		0.07	0.12	0.05
被覆状サンゴ	4.49	3.56	2.90	2.81	1.53		3.06	1.09	0.49
葉状サンゴ	0.00	0.23	0.00	0.00	0.00		0.05	0.10	0.05
塊状サンゴ	6.62	10.02	8.34	8.75	4.63		7.67	2.09	0.93
クサビライシ類	0.05	0.00	0.05	0.00	0.00		0.02	0.03	0.01
準塊状サンゴ	0.28	0.23	0.19	0.42	0.00		0.23	0.15	0.07
アオサンゴ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	0.80	0.42	0.42	0.00	0.00		0.33	0.34	0.15
クダサンゴ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>群体系区分(全サンゴに対する%)</b>									
洗矢状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状ミドリシ	0.00	0.32	0.00	0.00	0.00		0.06	0.14	0.06
散房花状ミドリシ	0.76	0.32	0.77	0.00	1.48		0.67	0.56	0.25
被覆状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
塊状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
卓状ミドリシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0.00	0.32	0.38	2.29	0.00		0.60	0.96	0.43
被覆状サンゴ	35.88	24.28	23.85	22.90	24.44		26.27	5.40	2.42
葉状サンゴ	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00		0.32	0.71	0.32
塊状サンゴ	53.44	68.37	68.46	71.37	74.07		67.14	8.02	3.59
クサビライシ類	0.38	0.00	0.38	0.00	0.00		0.15	0.21	0.09
準塊状サンゴ	2.29	1.60	1.54	3.44	0.00		1.77	1.25	0.56
アオサンゴ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	6.49	2.88	3.46	0.00	0.00		2.57	2.71	1.21
クダサンゴ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>主要生物区分(点数)</b>									
造礁サンゴ	262	313	260	262	135	1232	246.40	66.18	29.59
海藻	9	18	21	6	2	56	11.20	8.04	3.60
石灰藻	324	271	258	222	93	1168	233.60	86.70	38.77
付着性ベントス	52	16	143	38	7	256	51.20	54.30	24.28
底質	1465	1512	1452	1605	1919	7953	1590.60	193.14	86.38
死亡サンゴ群体	1	2	1	4	1	9	1.80	1.30	0.58
死亡サンゴ群体(海藻被覆)	2	4	0	1	2	9	1.80	1.48	0.66
不明	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枠、巻尺、陰影、水深、障害物等	45	24	25	22	1	117	23.40	15.60	6.98
<b>合計観察点数</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>10800</b>			
<b>サンゴ分類群および底質区分(点数)</b>									
造礁サンゴ									
ミドリシ科	6	3	2	3	5	19	3.80	1.64	0.73
ヒラフキサンゴ科	12	1	2	0	1	16	3.20	4.97	2.22
ナガレハナサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
キサンゴ科	7	0	8	10	3	28	5.60	4.04	1.81
キクメイシ科	118	189	191	182	88	768	153.60	47.51	21.25
クサビライシ科	1	0	1	0	0	2	0.40	0.55	0.24
アオサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
サザナミサンゴ科	9	10	7	2	7	35	7.00	3.08	1.38
アナサンゴモドキ科	17	9	9	0	0	35	7.00	7.18	3.21
オオトゲサンゴ科	15	22	6	11	11	65	13.00	5.96	2.66
ピワガラシ科	13	10	7	8	5	43	8.60	3.05	1.36
ウミバラ科	0	7	0	0	0	7	1.40	3.13	1.40
ハナヤサイサンゴ科	6	5	4	9	0	24	4.80	3.27	1.46
ハマサンゴ科	47	56	23	34	14	174	34.80	17.11	7.65
ヤスリサンゴ科	11	1	0	3	1	16	3.20	4.49	2.01
ヒユサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
クダサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00

表3-9-3. 恩納村万座のサンゴ群集調査データ(ポイント・カウント解析データ)(その3).

海藻									
サボテングサ類	0	1	1	0	0	2	0.40	0.55	0.24
大型海藻	9	17	20	6	2	54	10.80	7.53	3.37
芝草状海藻	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
石灰藻									
石灰藻	324	271	258	222	93	1168	233.60	86.70	38.77
付着性ベントス									
貝類その他	21	0	2	0	1	24	4.80	9.09	4.07
ソフトコーラル	13	4	126	10	2	155	31.00	53.29	23.83
カイメン	3	8	14	15	4	44	8.80	5.54	2.48
イワスナギンチャク	15	4	1	13	0	33	6.60	6.95	3.11
底質									
石灰岩盤	1465	1512	1451	1605	1917	7950	1590.00	192.47	86.08
礫	0	0	0	0	2	2	0.40	0.89	0.40
砂	0	0	1	0	0	1	0.20	0.45	0.20
シルト	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
死亡サンゴ群集									
死亡サンゴ群集	1	2	1	4	1	9	1.80	1.30	0.58
死亡サンゴ群集(海藻被覆)									
死亡サンゴ群集(海藻被覆)	2	4	0	1	2	9	1.80	1.48	0.66
不明									
不明	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枠、巻き尺、陰影、水深、障害物等									
枠	18	0	0	0	0	18	3.60	8.05	3.60
陰影部分	22	24	25	15	1	87	17.40	9.96	4.46
水深ほか判読障害物等	5	0	0	7	0	12	2.40	3.36	1.50
群集形区分点数(トランセクト)									
	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	合計	平均値	標準偏差	標準誤差
洗矢状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状ミドリイシ	0	1	0	0	0	1	0.20	0.45	0.20
散房花状ミドリイシ	2	1	2	0	2	7	1.40	0.89	0.40
被覆状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
塊状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
卓状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0	1	1	6	0	8	1.60	2.51	1.12
被覆状サンゴ	95	76	62	60	33	326	65.20	22.80	10.20
葉状サンゴ	0	5	0	0	0	5	1.00	2.24	1.00
塊状サンゴ	140	214	178	187	100	819	163.80	44.43	19.87
クサビライシ類	1	0	1	0	0	2	0.40	0.55	0.24
準塊状サンゴ	6	5	4	9	0	24	4.80	3.27	1.46
アオサンゴ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	17	9	9	0	0	35	7.00	7.18	3.21
クダサンゴ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
群集形区分点数(全サンゴに対する%)									
洗矢状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状ミドリイシ	0	1	0	0	0	1	0.20	0.45	0.20
散房花状ミドリイシ	2	1	2	0	2	7	1.40	0.89	0.40
被覆状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
塊状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
卓状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0	1	1	6	0	8	1.60	2.51	1.12
被覆状サンゴ	94	76	62	60	33	325	65.00	22.47	10.05
葉状サンゴ	0	5	0	0	0	5	1.00	2.24	1.00
塊状サンゴ	140	214	178	187	100	819	163.80	44.43	19.87
クサビライシ類	1	0	1	0	0	2	0.40	0.55	0.24
準塊状サンゴ	6	5	4	9	0	24	4.80	3.27	1.46
アオサンゴ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	17	9	9	0	0	35	7.00	7.18	3.21
クダサンゴ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00

表3-9-4. 北谷町砂辺のサンゴ群集調査データ(ポイント・カウント解析データ)(その1).

調査名称 H27オニヒトデ総合対策事業  
 調査地点名称 北谷町砂辺 水深8m  
 調査地点座標(トランセクト起点) 26.32815N / 127.74295E  
 調査(撮影)日 2015/3/14

トランセクト番号	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5				
画像数	40	40	40	40	40				
合計観察点数	2160	2160	2160	2160	2160				
有効観察点数(枠、巻尺、陰影部分のぞく)	2148	2144	2155	2152	2148				
<b>主要生物区分(%被度)</b>							平均値	標準偏差	標準誤差
造礁サンゴ	2.51	1.73	0.14	4.65	3.86		2.58	1.78	0.79
海藻	0.47	0.33	0.19	0.14	0.42		0.31	0.14	0.06
石灰藻	9.08	11.94	6.77	11.80	12.43		10.41	2.42	1.08
付着性ベントス	60.80	56.25	76.71	25.65	30.12		49.91	21.55	9.64
底質	27.14	29.76	16.19	57.57	53.17		36.77	17.80	7.96
死亡サンゴ群体	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00		0.04	0.08	0.04
死亡サンゴ群体(海藻被覆)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
不明	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枠、巻尺、陰影、水深、障害物等	0.56	0.74	0.23	0.37	0.56		0.49	0.20	0.09
合計	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00				
<b>サンゴ分類群および底質区分(%被度)</b>							平均値	標準偏差	標準誤差
<b>造礁サンゴ</b>									
ミドリイシ科	0.00	0.00	0.00	0.19	0.09		0.06	0.08	0.04
ヒラフキサンゴ科	0.00	0.00	0.05	0.00	0.74		0.16	0.33	0.15
ナガレハナサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
キサンゴ科	0.14	0.14	0.00	0.33	0.00		0.12	0.13	0.06
キクメイシ科	1.35	0.61	0.00	1.58	0.84		0.87	0.62	0.28
クサビライシ科	0.00	0.00	0.00	0.14	0.00		0.03	0.06	0.03
アオサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
サザナミサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00		0.01	0.02	0.01
アナサンゴモドキ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
オオトゲサンゴ科	0.05	0.19	0.00	0.28	0.23		0.15	0.12	0.05
ビワガライシ科	0.05	0.05	0.00	0.05	0.19		0.07	0.07	0.03
ウミバラ科	0.33	0.28	0.00	0.28	0.42		0.26	0.16	0.07
ハナヤサイサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00		0.01	0.02	0.01
ハマサンゴ科	0.61	0.33	0.09	1.72	1.26		0.80	0.67	0.30
ヤスリサンゴ科	0.00	0.14	0.00	0.00	0.09		0.05	0.07	0.03
ヒユサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
クダサンゴ科	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>海藻</b>									
サボテングサ類	0.42	0.33	0.19	0.14	0.37		0.29	0.12	0.05
大型海藻	0.05	0.00	0.00	0.00	0.05		0.02	0.03	0.01
芝草状海藻	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>石灰藻</b>									
石灰藻	9.08	11.94	6.77	11.80	12.43		10.41	2.42	1.08
<b>付着性ベントス</b>									
貝類その他	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
ソフトコーラル	60.75	55.50	75.96	25.42	29.24		49.38	21.53	9.63
カイメン	0.05	0.09	0.00	0.00	0.00		0.03	0.04	0.02
イワスナギンチャク	0.00	0.65	0.74	0.23	0.88		0.50	0.37	0.17
<b>底質</b>									
石灰岩盤	27.09	29.76	16.19	57.57	53.17		36.76	17.80	7.96
礫	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
砂	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00		0.01	0.02	0.01
シルト	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>死亡サンゴ群体</b>									
死亡サンゴ群体	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00		0.04	0.08	0.04
<b>死亡サンゴ群体(海藻被覆)</b>									
死亡サンゴ群体(海藻被覆)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>不明</b>									
不明	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>枠、巻き尺、陰影、水深、障害物等</b>									
枠	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00		0.01	0.02	0.01
陰影部分	0.56	0.42	0.23	0.28	0.28		0.35	0.13	0.06
水深ほか判読障害物等	0.00	0.28	0.00	0.09	0.28		0.13	0.14	0.06

表3-9-4. 北谷町砂辺のサンゴ群集調査データ(ポイント・カウント解析データ)(その2).

群体形区分(%被度)	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5		平均値	標準偏差	標準誤差
洗矢状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
散房花状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
被覆状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
塊状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
卓状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
被覆状サンゴ	0.33	0.47	0.05	1.49	1.58		0.78	0.70	0.32
葉状サンゴ	0.14	0.09	0.00	0.05	0.19		0.09	0.07	0.03
塊状サンゴ	2.05	1.17	0.09	3.07	2.09		1.69	1.12	0.50
クサビライシ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
準塊状サンゴ	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00		0.01	0.02	0.01
アオサンゴ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
クダサンゴ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>群体形区分(全サンゴに対する%)</b>									
洗矢状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
散房花状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
被覆状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
塊状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
卓状ミドリイシ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
被覆状サンゴ	12.96	27.03	33.33	32.00	40.96		29.26	10.39	4.65
葉状サンゴ	5.56	5.41	0.00	1.00	4.82		3.36	2.65	1.18
塊状サンゴ	81.48	67.57	66.67	66.00	54.22		67.19	9.67	4.33
クサビライシ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
準塊状サンゴ	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00		0.20	0.45	0.20
アオサンゴ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
クダサンゴ類	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
<b>主要生物区分(点数)</b>						<b>合計</b>	<b>平均値</b>	<b>標準偏差</b>	<b>標準誤差</b>
造礁サンゴ	54	37	3	100	83	277	55.40	38.20	17.08
海藻	10	7	4	3	9	33	6.60	3.05	1.36
石灰藻	195	256	146	254	267	1118	223.60	51.71	23.13
付着性ベントス	1306	1206	1653	552	647	5364	1072.80	464.03	207.52
底質	583	638	349	1239	1142	3951	790.20	382.73	171.16
死亡サンゴ群体	0	0	0	4	0	4	0.80	1.79	0.80
死亡サンゴ群体(海藻被覆)	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
不明	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枠、巻尺、陰影、水深、障害物等	12	16	5	8	12	53	10.60	4.22	1.89
<b>合計観察点数</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>2160</b>	<b>10800</b>			
<b>サンゴ分類群および底質区分(点数)</b>						<b>合計</b>	<b>平均値</b>	<b>標準偏差</b>	<b>標準誤差</b>
<b>造礁サンゴ</b>									
ミドリイシ科	0	0	0	4	2	6	1.20	1.79	0.80
ヒラフキサンゴ科	0	0	1	0	16	17	3.40	7.06	3.16
ナガレハナサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
キサンゴ科	3	3	0	7	0	13	2.60	2.88	1.29
キクメイシ科	29	13	0	34	18	94	18.80	13.44	6.01
クサビライシ科	0	0	0	3	0	3	0.60	1.34	0.60
アオサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
サザナミサンゴ科	0	0	0	1	0	1	0.20	0.45	0.20
アナサンゴモドキ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
オトゲサンゴ科	1	4	0	6	5	16	3.20	2.59	1.16
ピワガラシ科	1	1	0	1	4	7	1.40	1.52	0.68
ウミバラ科	7	6	0	6	9	28	5.60	3.36	1.50
ハナヤサイサンゴ科	0	0	0	1	0	1	0.20	0.45	0.20
ハマサンゴ科	13	7	2	37	27	86	17.20	14.50	6.48
ヤスリサンゴ科	0	3	0	0	2	5	1.00	1.41	0.63
ヒュサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
クダサンゴ科	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00



表3-9-4. 北谷町砂辺のサンゴ群集調査データ(ポイント・カウント解析データ)(その3).

<b>海藻</b>									
サボテングサ類	9	7	4	3	8	31	6.20	2.59	1.16
大型海藻	1	0	0	0	1	2	0.40	0.55	0.24
芝草状海藻	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
<b>石灰藻</b>									
石灰藻	195	256	146	254	267	1118	223.60	51.71	23.13
<b>付着性ベントス</b>									
貝類その他	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
ソフトコーラル	1305	1190	1637	547	628	5307	1061.40	463.58	207.32
カイメン	1	2	0	0	0	3	0.60	0.89	0.40
イワスナギンチャク	0	14	16	5	19	54	10.80	7.98	3.57
<b>底質</b>									
石灰岩盤	582	638	349	1239	1142	3950	790.00	382.87	171.22
礫	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
砂	1	0	0	0	0	1	0.20	0.45	0.20
シルト	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
<b>死亡サンゴ群集</b>									
死亡サンゴ群集	0	0	0	4	0	4	0.80	1.79	0.80
<b>死亡サンゴ群集(海藻被覆)</b>									
死亡サンゴ群集(海藻被覆)	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
<b>不明</b>									
不明	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
<b>枠、巻き尺、陰影、水深、障害物等</b>									
枠	0	1	0	0	0	1	0.20	0.45	0.20
陰影部分	12	9	5	6	6	38	7.60	2.88	1.29
水深ほか判読障害物等	0	6	0	2	6	14	2.80	3.03	1.36
<b>群集形区分点数(トランセクト)</b>									
	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4	Tr5	合計	平均値	標準偏差	標準誤差
洗矢状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
散房花状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
被覆状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
塊状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
卓状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
被覆状サンゴ	7	10	1	32	34	84	16.80	15.16	6.78
葉状サンゴ	3	2	0	1	4	10	2.00	1.58	0.71
塊状サンゴ	44	25	2	66	45	182	36.40	24.09	10.77
クサビライシ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
準塊状サンゴ	0	0	0	1	0	1	0.20	0.45	0.20
アオサンゴ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
クダサンゴ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
<b>群集形区分点数(全サンゴに対する%)</b>									
洗矢状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
散房花状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
被覆状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
塊状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
卓状ミドリイシ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
枝状サンゴ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
被覆状サンゴ	7	10	1	32	34	84	16.80	15.16	6.78
葉状サンゴ	3	2	0	1	4	10	2.00	1.58	0.71
塊状サンゴ	44	25	2	66	45	182	36.40	24.09	10.77
クサビライシ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
準塊状サンゴ	0	0	0	1	0	1	0.20	0.45	0.20
アオサンゴ	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
アナサンゴモドキ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
クダサンゴ類	0	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00