

漂流ハガキ 実験結果報告

木村匡 林原毅 下池和幸
阿嘉島臨海研究所

Dispersal of coral larvae from the Kerama Islands
...A report of drift card experiments

T. Kimura, T. Hayashibara, K. Shimoike

はじめに

沖縄本島では、オニヒトデによる被害や開発にともなう沿岸の汚染によって、過去 20 年間にサンゴ礁がすっかり荒廃してしまった (Nishihira, 1987)。しかし、最近では西側海岸など一部の地域で少しずつ回復が始まっているといわれている。一方、沖縄本島から約 40km 西にある慶良間諸島では、ミドリイシ類が優占する美しいサンゴ礁が維持されている。

阿嘉島臨海研究所では、サンゴ礁生態系の解明と保全を目的に、1989 年よりサンゴの有性生殖に関する研究を行っている。その結果、阿嘉島周辺では造礁サンゴの多くが、5~9月の満月をはさんだ 10 日ほどの期間中、1~2 日に集中して夜間一斉に配偶子の放出を行うことが分かってきた。配偶子は一般に水面へ浮上して受精し、風や波などによってスリックと呼ばれる帯状の集合体を作る。配偶子は飼育下では産卵後 40~60 時間で幼生に変態し、4~15 日程度の浮遊期間を経て着生が始まるのが観察されている。

今回私達は、沖縄本島のサンゴ礁の回復に、慶良間諸島のサンゴが産みだす幼生が役立っているのではないかと、いう仮説を立て、その検証のために漂流ハガキによる実験を行った。漂流ハガキを使った実験は、オニヒトデの分散を検証するために沖縄の八重山海域 (海中公園センター) や本島の瀬底島周辺 (山口, 1989) でも行われている。今回の実験は、野外調査によって一斉産卵を確認し、スリックの中に直接漂流ハガキを流して、そのハガキの漂着先からサンゴ幼生の行方を推察しようというものである。

材料と方法

1) 産卵調査

阿嘉島周辺のサンゴの一斉産卵を確認するため、1991 年 4 月の満月 (29 日) の夜より 9 月上旬まで可能なかぎり毎晩 (21:00-22:30)、ニシハマとヒズシハマで潜水観察を行った。各調査地には 7m x 7m の方形枠を 2 つずつ設け、その中のミドリイシ類を中心にラベルをつけ、直接観察と群体内の成熟卵の消長により産卵の有無をチェックした。

2) スリック調査

産卵調査で一斉産卵を確認した後、23 時から 2 時にかけてボートによるスリックの目視分布調査を行った。また、一斉産卵翌日の午前中にも、スリックを追跡するために同

様の調査を行った。

3) 漂流ハガキ

漂流ハガキは、(財) 海中公園センターがオニヒトデ幼生の分散を調査する実験に使用したものを参考に作成した。これは、返信用のハガキの上下にそれぞれ浮きと重りを張り付け、塩化ビニールの袋に封入したものである。この浮きと重りによって、ハガキは上部が少し水面に出ながら漂流する。ハガキの裏面には回収者住所氏名、回収日時と場所を記入する欄を印刷し、回収者が簡単に記入できるようにした。またハガキは受信人払いとし、切手を張らずにそのまま投函できるようにした。なおハガキには投入場所がわかるように 100 枚ずつ通し番号を印刷した。

放流は 5 月 26、27 日と 7 月 31 日、8 月 2 日のサンゴの一斉産卵にあわせて 4 日に分けて行った (以後、ミドリイシ類の産卵に合わせた 1 日目と 2 日目を第一回、キクメイシ類の産卵に合わせた 3 日目と 4 日目を第二回と呼ぶ)。放流場所は第一回目 6 ヶ所、第二回目 4 ヶ所で、1 ヶ所 100 枚ずつの計 1000 枚のハガキを放流した。図 1 に各放流場所を示す。ハガキの放流は一斉産卵後にできたスリックの中に行ったが、5 月 27 日のみは乳白色の浮遊物をスリックの痕跡とみなし、その中にハガキを放流した。

4) 回収方法

まず回収前の準備として、地元新聞やテレビ、ラジオに対し広報活動を行い、この実験の意義と回収の協力を呼びかけた。また、回収者への謝礼として T シャツを用意した。

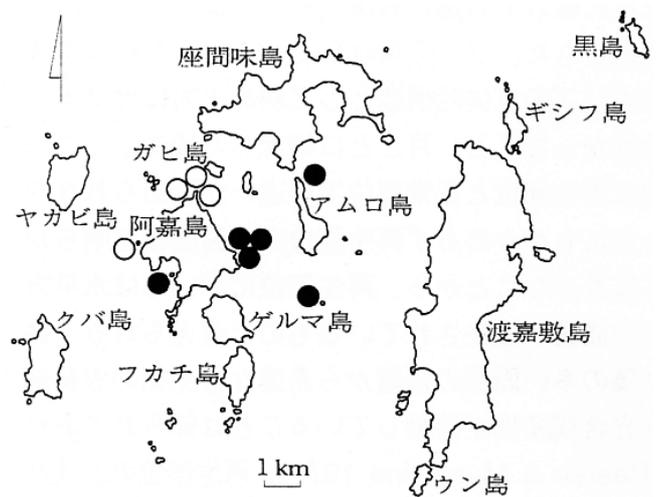


図 1: 漂流ハガキ放流場所。●は第一回目、○は第二回目。

ハガキを流した翌日には、阿嘉島の漂着のありそうな海岸を調査して回収に努めたが、その他の島々に流れ着くものについては全て一般の人々の協力を任せた。

結果

1) サンゴの一斉産卵

産卵期間中、大規模な造礁サンゴの産卵現象が4回観察された。5月26日と27日(満月2日前と前日)の夜にはニシハマとヒズシハマ(ヒズシハマは27日のみ)でミドリイシ類の一斉産卵が確認された。7月31日と8月2日(満月4日後と6日後)の夜にはククメイシ類を中心に一斉産卵が行われ(ヒズシハマは8月2日のみ)、ミドリイシ類でもいくつかの種は産卵が確認された。6月の満月前後にも産卵は確認されたが、5月と8月に比べて規模はずっと小さいものであった。5月、8月に産卵が確認されたサンゴの主な種を表1に記す。

表1: 5月と8月にニシハマとヒズシハマの調査点で産卵を確認したサンゴの種類

5月	8月
<i>Acropora nasuta</i>	<i>Acropora florida</i>
<i>A. digitifera</i>	<i>A. spp.</i>
<i>A. hyacinthus</i>	<i>Goniastrea retiformis</i>
<i>A. cytherea</i>	<i>G. pectinata</i>
<i>A. gemmifera</i>	<i>Favites abdita</i>
<i>A. monticulosa</i>	<i>F. halicora</i>
<i>A. formosa</i>	<i>Favia fava</i>
<i>A. nobilis</i>	<i>F. pallida</i>
<i>A. tenuis</i>	<i>F. matthaii</i>
<i>A. robusta</i>	<i>Montastrea magnistellata</i>
<i>A. valenciennesi</i>	
<i>A. microphthalma</i>	
<i>A. austera?</i>	
<i>A. spp.</i>	

2) スリックの分布

一斉産卵直後のスリック

5月26日、27日と8月2日夜の一斉産卵時には、スリックは早いもので産卵開始30分後から見られ、3~4時間後には阿嘉島周辺に点在していた。特に阿嘉海峡の北端でしば



図2: 産卵後のスリックの分布。
●は第1回目放流時、○は第2回目放流時。

しば過流がみられるクロジャキや、島の西側のサンゴ礁が発達しているクシバル近辺には大きなスリックが形成された(図2)。また、いずれの調査時にも産卵開始約2時間後には、阿嘉港の船揚げ場スロープの波打ち際に大量の卵が打ち寄せているのが確認された。それぞれの産卵開始からスリック調査時までの風況は、5月26日が2~3m/sの南西の風、27日が2~3m/sの北風、8月2日は0~1m/sの南~北東北の風であった。

産卵時に4~6m/sの南東~南南東の風が吹いていた7月31日には、他の調査時に比べて観察されたスリックは幼生の密度が低かった。この時クロジャキで見られたスリックは、30分後には拡散しながら、漂流ハガキとともに約50m南方のウタイノハマの礁原部へ移動しているのが観察された。

産卵翌日のスリック

一斉産卵から9~13時間後の調査では、8月3日をのぞいてスリックは確認できなかったが、スリックの中にしばしば見られる乳白色の浮遊物が、産卵直後に見られた海域や

表2: 放流後30日間の漂流ハガキの回収結果。第1回600枚、第2回400枚、合計1000枚放流したうちの回収枚数と回収率(%)を示す。

放流日	第一回目放流						計	第二回目放流				計	合
	5/27	5/27	5/27	5/28	5/28	5/28		8/1	8/2	8/2	8/2		
放流場所	ウ	ア	ア	ウ	ウ	ヤ	計	ク	ク	ク	ハ	計	計
	シ	北	南	シ	シ	ラ		0	0	0	ナ		
	チャ			チャ	チャ	ハマ		ジャ	ジャ	ジャ	セ		
放流枚数	100	100	100	100	100	100	600	キ	キ	キ	沖	400	1000
慶良間諸島外													
沖繩本島	2	0	1	1	1	3	8(1.33)	1	4	3	1	9(2.25)	17(1.70)
久米島	2	0	1	0	0	0	3(0.50)	0	0	0	0	0	3(0.30)
計	4	0	2	1	1	3	11(1.83)	1	4	3	1	9(2.25)	20(2.00)
慶良間諸島内													
阿嘉島	3	3	3	7	36	1	53(8.83)	2	0	0	1	3(0.75)	56(5.60)
座間味島	0	3	2	2	3	2	12(2.00)	3	0	0	0	3(0.75)	15(1.50)
渡嘉敷島	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1(0.25)	1(0.10)
慶留間島	0	0	0	2	0	0	2(0.33)	0	0	0	0	0	2(0.20)
アムロ島	0	1	0	0	0	0	1(0.17)	0	0	0	0	0	1(0.10)
ヤカビ島	0	0	0	0	1	0	1(0.17)	0	0	0	0	0	1(0.10)
計	3	7	5	11	40	3	69(11.50)	6	0	0	1	7(1.75)	76(7.60)
合計	7	7	7	12	41	6	80(13.33)	7	4	3	2	16(4.00)	96(9.60)

その近くの礁原で見られた。

8月3日午前8時には、前夜23時50分に阿嘉島西側のハナセ沖で観察されたスリックへ投入した漂流ハガキ100枚のうち27枚が、放流場所から2km南方のサクバル沖から久場島にかけての海域で確認された。これらのハガキの周囲では幼生の密度が高く、まだスリック状を呈している部分もあった。

3) 回収結果

一回目のハガキの放流後30日間の回収率は13.3%であった。そのうち慶良間諸島内での回収率は11.5%、沖縄本島、久米島ではそれぞれ1.3%と0.5%であった。二回目は一回目に比べて回収率が低く、合計で4%であった。また、二回目では久米島からの回収がなく、慶良間諸島内からの回収率が激減したことなど、一回目との間に明らかな違いがあらわれた(表2)。しかし、沖縄本島での回収については、回収場所、回収数ともによく似た傾向を示し、ハガキは本島中～北部に集中して漂着した(図3)。

回収された全ハガキのうち、約42%は放流後2日目までに放流場所近くの海岸へ打ち上がったものであり、阿嘉島で

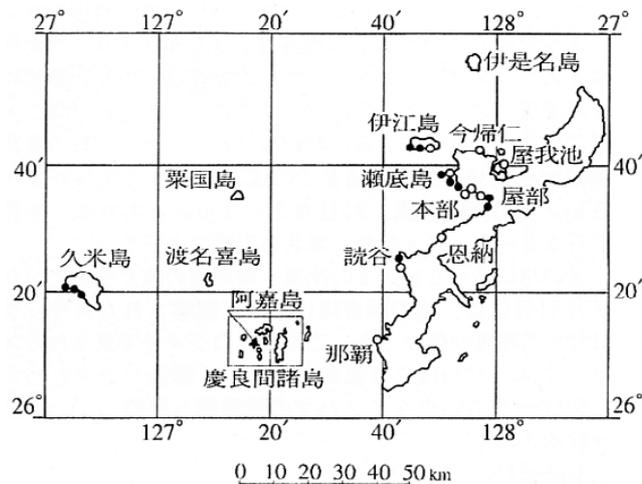


図3: 慶良間諸島以外での漂流ハガキ回収場所の分布。
●は第1回目、○は第2回目のハガキ各1枚を示す。

表3: 阿嘉島で回収されたハガキの放流場所と回収場所の関係。放流場所付近の打ち上げとは、放流後2日目までに放流場所近くの海岸に打ち上がったハガキをさす。

放流場所	放流枚数	回収場所			
		阿嘉島		阿嘉島以外の島	
		放流場所付近への打ち上げ	その他		
第一回目	ウソシチャ	100	2	1	0
	アムロ北	100	0	3	4
	アムロ南	100	0	3	2
	ウソシチャ	100	3	4	4
	ウソシチャ	100	35	1	4
第二回目	ヤカラハマ	100	0	1	2
	クロジャキ	100	0	2	4
	クロジャキ	100	0	0	0
	クロジャキ	100	0	0	0
ハナセ沖	100	0	1	0	
合計	1000	40	16	20	
回収数 x 100 (%)					
全回収数(96)		41.67	16.67	20.83	

回収されたものは全体の58%、周囲の島々に漂着したのは21%であった(表3)。

慶良間諸島以外で回収されたハガキの回収までにかかった日数を表4に示す。本島で回収されたハガキのうち、回収までの日数が最も短かったのは一回目、二回目とも10日であった。回収場所はどちらもハガキの放流地点からは約80km離れていたため、単純に計算すると1日当たり8km移動したことになる。また、阿嘉島の西北西約54kmにある久米島では、最短の回収は6日であった(1日当たり9km移動)。なお、最後に回収されたハガキは、放流後221日目にクシバルで回収された1枚であった。

また、放流後30日間に回収されたハガキのうち、5枚は外側のビニールが破れて浸水していた。

考察

ミドリイシなど配偶子放出型のサンゴ幼生の着生については、室内飼育下の観察から受精後4~7日後(Babcock and Heyward, 1986)、産卵後4~8日目(Heyward et al., 1987)、8~10日後(Babcock, 1985)におこるとい報告がある。また、長い例としては産卵後14~36日の間に着生が行われ、Acropora hyacinthusでは91日間着生せずに生きていた記録がある(Harrison et al., 1984)。これらのことからサンゴ幼生の浮遊期間は主なものが1週間前後であり、長いもので1ヶ月ほどであると考えられる。また、ハガキの回収結果を日数ごとに集計してみると、放流後30日までに回収されたものは96枚で全回収数の94%であり(図4)、サンゴ幼生の浮遊期間とも考え合わせ、今回の実験では放流後30日間のハガキの回収結果をもとに考察を行った。

[スリックの消長]

一斉産卵の約30分後から形成されたスリックは、弱い風の時なら産卵後数十時間までは目に見える状態で保たれている。グレートバリアリーフでは産卵後22時間までスリックが確認されている(Willis and Oliver, 1988)が、スリックの消長は、風や波の状態とともに、形成時のスリック自体の規模にも関係するのであろう。漂流の初期にはハガキは比較的スリックと同調して移動していたことから、産卵翌日のスリックの消失は、拡散によるもののほかに海岸への打ち上げや外海への流出によるものが多かったと推測される。8月の産卵翌日にみられたスリックの状態から、スリックが目に見えなくなっても、幼生はしばらく比較的高い密度で表層に分布していると思われる。グレートバリアリーフではこのような幼生の集団がスリックが消えた後の産卵4日後にも観察されている(Willis and Oliver, 1988)

[産卵場であるサンゴ礁への加入]

回収されたハガキの約半数が、放流後2日目までに放流場所近くの砂浜に打ち上げられた。幼生は産卵後4日目頃

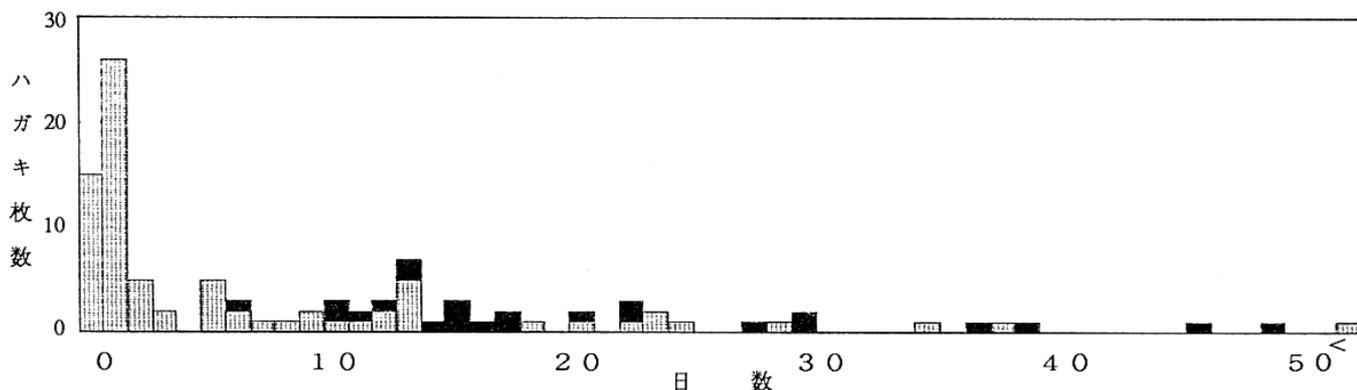


図4: 放流から回収までの経過日数とハガキの回収枚数。◻は慶良間諸島内、◼は慶良間諸島以外での回収結果。

から着生行動が始まるので、これらのハガキと同様に移動したとすると、多くの幼生が砂浜に打ち上げられて死亡していると考えられる。実際、一斉産卵のあった夜に港のスロープの波打ち際へ多くのサンゴ卵が吹き寄せられていたことから、大量に放出されたサンゴの配偶子のうちには、そのまま産卵海域の海岸に打ち上がるものが多いと思われる。一方、二回目のハガキが放流場近くでほとんど回収されなかったように、産卵時の海況しだいで幼生はすぐ外海に運ばれてしまい、産卵場であるサンゴ礁へは加入できない場合もあると考えられる。

[慶良間諸島の外への分散]

今回の実験で約2ヶ月の間を置いて放流したハガキのうち、本島へ漂着したものは二回ともほとんどが同じ地域に集中していた。そして、阿嘉島の東海岸、北側海岸、西側海岸のいずれで放流したのも同様に回収されたことから、阿嘉島から沖縄本島中～北部へ向かう比較的安定した卵・幼生の輸送があったと考えられる。また、久米島への輸送経路の存在も確認された。これら慶良間の外で回収されたものの回収日数は、サンゴ幼生の浮遊期間中、着生のピークと思われる一週間前後よりも少し長い。しかし、ハガキの漂着日と回収日には時間的なずれがあり、幼生が着生に適した基質がなければ2週間から1ヶ月は着生能力をもちながら浮遊できるとすれば、沖縄本島及び久米島は、慶良間のサンゴの加入先になる可能性が十分考えられる。

今回は与論以北の南西諸島や九州・本州方面、宮古・八重山方面への長距離移動は確認されなかった。回収時のハガキの状態から、今回用いた漂流ハガキの耐久性は1ヶ月

表4: 慶良間諸島以外で回収されたハガキの回収までにかかった日数

回収場所		回収枚数	回収までの日数
沖 縄	屋我地	1	17
	今帰仁	1	27
	伊江島	3	13, 15, 17
	瀬底島	2	10, 12
本 島	本部	3	14, 15, 20
	屋部	3	10, 11, 13
	恩納	1	15
島	読谷	2	16, 22
	那覇	1	22
久米島		3	6, 29, 29

程度と推定され、遠隔地からの回収がなかったのはこの耐久性の弱さによるものかもしれない。

今回の実験で、阿嘉島で生まれたサンゴ幼生が沖縄本島のサンゴ礁の回復に貢献している可能性が示唆された。しかし、他の多くの海産無脊椎動物と同様、サンゴも多量の配偶子を放出するが、一定の浮遊幼生期を有するので、実際の加入は平均的にみると非常に低レベルであると考えられる。特にサンゴは、それぞれが一年に一回しか産卵しないので、加入が成功するのは数年に一度かもしれない。このような意味からも、サンゴ幼生の安定した供給源として、慶良間諸島のサンゴ礁の存在意義は大きいと考えられる。

謝辞

今回の実験に際して、様々なご指導を頂いた琉球大学の山口正士教授に深く感謝致します。また実験の広報に協力して頂いたトロピカルギルドの高橋進氏、NHK 沖縄、FM 沖縄、沖縄タイムス、琉球新報の各関係者の方々、気象海象に関する貴重な資料を提供して頂いた第十一管区海上保安本部と気象庁渡嘉敷地域観測所、そして回収に協力して頂いた多くの方々へ心よりお礼申し上げます。

引用文献

Babcock, 1985. Growth and mortality in juvenile corals (*Goniastrea*, *Platygyra*, *Acropora*): the first year. Proceedings of the 5th International Coral Reef Congress, 4: 355-360.

Babcock, R. C. and Heyward, A. J. 1986. Larval development of certain gamete-spawning scleractinian corals. *Coral Reefs*, 5: 111-116.

Harrison, P. L., Babcock, R. C., Bull, G. D., Oliver, J. K., Wallace, C. C. and Willis, B. L. 1984. Mass spawning in tropical reef corals. *Science*, 223: 1186-1189.

Heyward, A., Yamazato, K., Yeemin, T. and Minei, M. 1987. Sexual reproduction of corals in Okinawa. *Galaxea*, 6:331-343.

Nishihira, M. 1987. Natural and human interference with the coral reef and coastal environments in Okinawa. *Galaxea*, 6: 311-321.

Willis, B. L. and Oliver, J. K. 1988. Distribution of coral eggs and larvae in the central section of the Great Barrier Reef Marine Park following the annual mass spawning of corals. Final Report to the Great Barrier Reef Marine Park Authority, 49pp.

山口正士, 1986. オニヒトデ問題 1. サンゴ礁学入門⑧. 海洋と生物, 47: 8(6), 408-412.