

Ⅱ-2 現況把握

Ⅱ-2-1 生物調査

沖ノ鳥島におけるサンゴの分布状況を把握するため、表Ⅱ-2-1-1 に示す調査を行った。生物調査実施体制および主な資器材を表Ⅱ-2-1-2 に示す。

表Ⅱ-2-1-1 沖ノ鳥島における生物調査項目と概要

調査項目	概要
広域調査	動植物群集の分布状況を面的に把握し、ハビタットのマップ（サンゴ生息可能区域図）を作成し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、礁内南北 8 測線、東西 4 測線をマンタ法により観察した。
ベルトトランセクト調査	代表的な地点や地形条件（水深，地形区分）とサンゴ類や他動植物の分布状況を把握し、サンゴ増殖手法の基礎資料とするために、100m の詳細調査区間を礁内に 12 測線設定し、潜水目視観察を行った。
定点調査	代表的な地点におけるサンゴ群体の経年的な変化を把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、1m×1m の定点を礁内に 17 地点設定し、サンゴの被度、群体数、サイズ等を潜水目視観察した。
加入量調査	空間的なサンゴの新規加入量の違いを把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、礁内を 6 つの地域に区分して、加入量調査板を産卵時期の前に設置し、産卵後に回収して稚サンゴの群体数を計測した。
サンゴサイズ調査	礁内における地点別、種類別のサンゴの成長と分布の違いを把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、礁内を 6 つの地域に区分して、ミドリイシ類 3 種について長径、短径、高さを計測した。
ノル調査	サンゴ群体の着生状況がノルの高さや対面方位別に異なる傾向を把握し、サンゴ増殖適地選定や増殖手法の基礎資料とするために、合計 12 のノルについてサンゴ群体の着生部位を計測した。
産卵時期の確認調査	サンゴの種苗生産対象種の採取や現場海域でのバンドル回収の時期を予測し、サンゴ増殖計画の基礎資料とするために、ミドリイシ類 5 種のポリプ内の卵成熟状況を観察するとともに、生殖腺を含む組織を採取して卵体積を求めて産卵時期を推定した。

表Ⅱ-2-1-2 生物調査実施体制および主な資器材

人 員	<ul style="list-style-type: none"> ・小型船操縦員 [1 名]：調査計画通りに操船可能な者 ・観察員 [2~3 名]：サンゴ類・海藻類・底生生物類・魚類を対象として水中で精度良く同定を行えるダイバー ・船上作業員：[1 名]：小型船の誘導、調査位置の記録、潜水観察員の安全確保および船上補助、通信
機 械 類	<ul style="list-style-type: none"> ・小型船：3~6m、潮時によっては非常に速い流れが発生するので 30~45 馬力の船外機船が必要
資材・器材	<ul style="list-style-type: none"> ダイビング用品、沈ロープ、観察用方形枠、タガネ、メッシュ袋、GPS、ブイ、カメラ、野帳、筆記具、定規、トランシーバー

1) 沖ノ鳥島の礁池内の広域調査

(1) 目的

サンゴ増殖の適地選定のための基礎資料を得るため、沖ノ鳥島のサンゴの広域調査を実施した。これは、礁池内の動植物群集の分布状況を面的に把握するものである。

(2) 方法

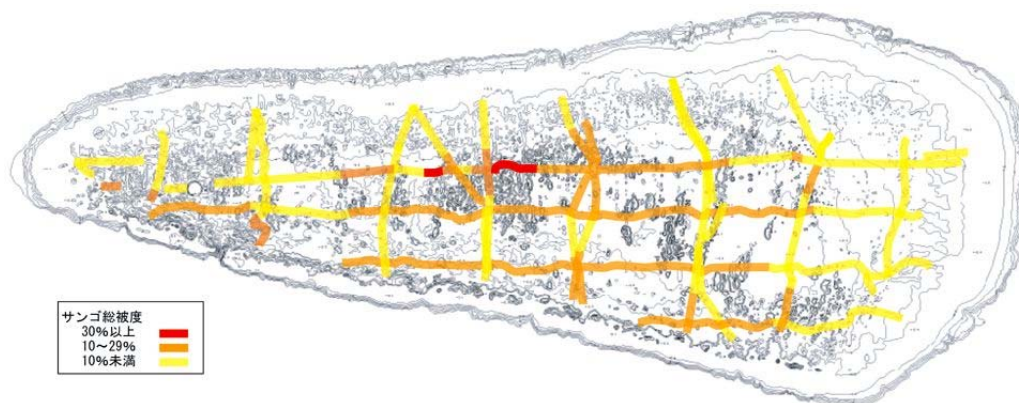
調査海底地形や水深等を考慮し、観察の一区間を 50～数 100m に設定し、観察員 2 名を小型船（ゾディアック艇・和船（船舶の長さ：3～6m）、30～45 馬力）にて一定速度（1～1.5 ノット、数 100m）で水面曳航した。船上の作業員は、調査計画に従って小型船を誘導し、観察位置を記録するためハンディ型 GPS にて区間の始点終点等の位置を記録した。なお、GPS は、軌跡を記録できるようにも設定した。観察区間は、地形変化や底質概観が一樣な場所は 200m とし、地形が大きく変化する場所では、地形変化に応じて観察区間を 50m、もしくは 100m に調整した。観察員 1 名は、区間ごとに底質概観、海藻類の総被度と優占上位 3 種別の被度、魚類の出現種を観察し、他 1 名は、サンゴの総被度と優占上位 3 種別の被度、底生生物の出現種を観察して記録した。

観察区間を代表する生物分布が観察される場所では、小型船を停止し、スノーケリングによりサンゴの出現種類や被度を観察し、海底状況の写真撮影を行った。小型船が航走できない浅所では、観察員が海水面をスノーケリングで移動しながら観察を行った。この時は、各観察員は GPS を海水面に浮かべて移動し、区間の始点終点や他観察位置、および軌跡を記録した。

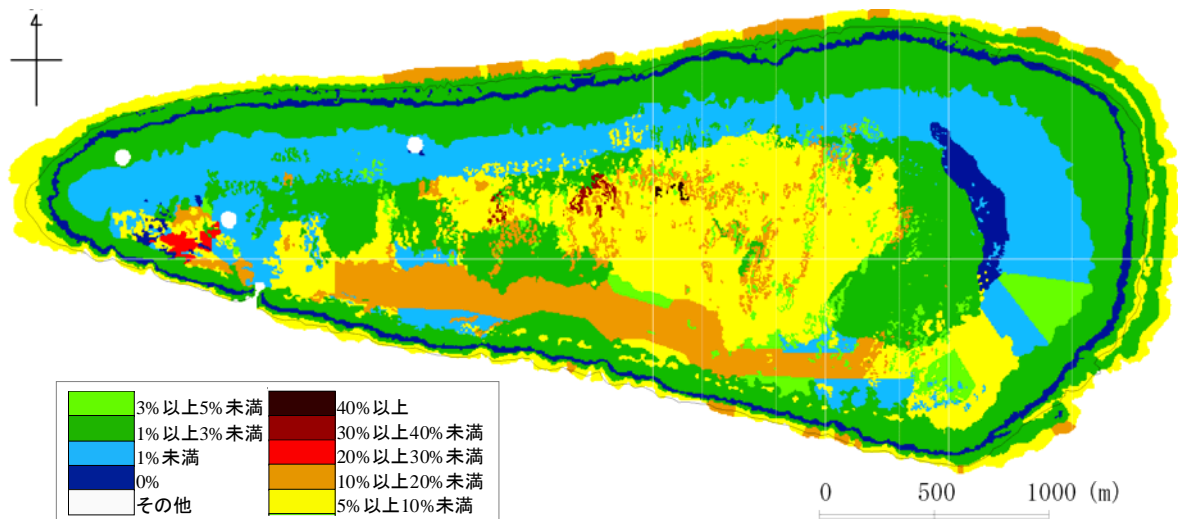
なお、広域調査では、スポットチェック法に準じた方法で任意のメッシュを調査することも効果的だが、沖ノ鳥島ではサンゴの広域分布に関する知見が少なかったことから、全域を偏り無くカバーできるマンタ法とした。

(3) 結果

広域調査の結果をサンゴ総被度別に色別に示した（図Ⅱ-2-1-1）。これらの情報に過去の関連調査結果を加え、航空写真等から判別できる地形・地質・底質の分布情報と重ね合わせて図Ⅱ-2-1-2 に示すサンゴハビタットマップ（サンゴ生息可能区域図）を作成した。



図Ⅱ-2-1-1 広域調査で求めたサンゴの総被度



図Ⅱ-2-1-2 沖ノ鳥島のサンゴハビタットマップ（サンゴ生息可能区域図）
（水産庁および国土交通省の調査結果により作成）

2) 沖ノ鳥島の礁池内のベルトトランセクト調査

(1) 目的

ベルトトランセクト調査は、サンゴ礁域の代表的な地点において、地形条件（水深、地形区分）とサンゴや他動植物の分布状況（属・種別の被度および個体数）との関係を把握し、サンゴ増殖手法の基礎資料とする目的で実施した。

(2) 方法

広域調査の結果をもとに、注目すべき観察地点を選定した。ベルトトランセクト調査では、観察地点の海底に測線（ロープ、巻尺等）を設置して、観察区間を10m程度に設定した。この測線上を潜水移動し、測線の左右2m（幅4m）の範囲内に分布する動植物の総被度・種別被度・個体数を計測した。測線の始点・終点の目印として、鉄筋（長さ約50cm）を水中設標として海底に設置し、GPSにて位置を記録した。

観察は、スクーバ潜水にて行った。測定項目は、区間別の底質概観、サンゴの総被度および種別被度、海藻類の総被度および優占して出現する種別被度、底生生物の種別個体数、周辺で見られた魚類の種別個体数、サンゴ群体の食害状況および食害生物の有無、白化等のサンゴの成育状態である。また、10m間隔で海底地形を写真撮影し、特徴的な地形や代表的な動植物についても写真撮影した。さらに、目視観察の精度を高めるため、測線全域の動画撮影（水中ビデオ撮影）を行った。



写真Ⅱ-2-1-1 ベルトトランセクト調査の状況

(3) 結果

沖ノ鳥島では、海底地形が平坦な地点にはハマサンゴ類やキクメイシ類が優占し、場所によってはハマサンゴ類が被度 30%ほど着生している地点があった。ノルには、ミドリイシ類やキクメイシ類が優占し、いずれの地点にも *A. sp. 4**および *A. globiceps**が着生していた。礁池内中央の地点では、*A. aculeus* がノルの上面の全面に着生していた。また、調査範囲および周辺の観察では、白化および食痕のある群体はほとんど見られなかった。

海藻類は、砂礫底では、砂礫の表面に薄く珪藻類が被覆し、岩盤底では、藍藻類がマット状に厚く被覆していることが多かった。ノルには、サボテングサや藍藻類が分布し、被度は低い。底生動物では、平坦な海底にはクロナマコ、シカクナマコが優占し、ノルおよびハマサンゴ類には、シラナミガイが高密度で分布（穿孔）していた。魚類は、平坦な地形には少なく、ノルやサンゴの周囲には種数・個体数ともに多かった。

以上の調査から、広域調査では判別できなかった海底の微地形の違いによるサンゴや他の動植物の分布状況の概要が把握でき、サンゴ群集と環境条件の関係を把握するための基礎資料を得ることができた。この調査結果からノルの対面方位や水深とサンゴの着生状況に違いが確認されたため、ノル調査（後述）を実施した。また、サンゴのサイズが地域によって異なる傾向が観察されたためサンゴのサイズ調査（後述）を実施した。

注*: *A. sp. 4**および *A. globiceps**については種の同定が確定していないが、本報では *A. sp. 4*、*A. globiceps* と記載する。写真および特徴については巻末資料参照。

3) 定点調査（成長量調査）

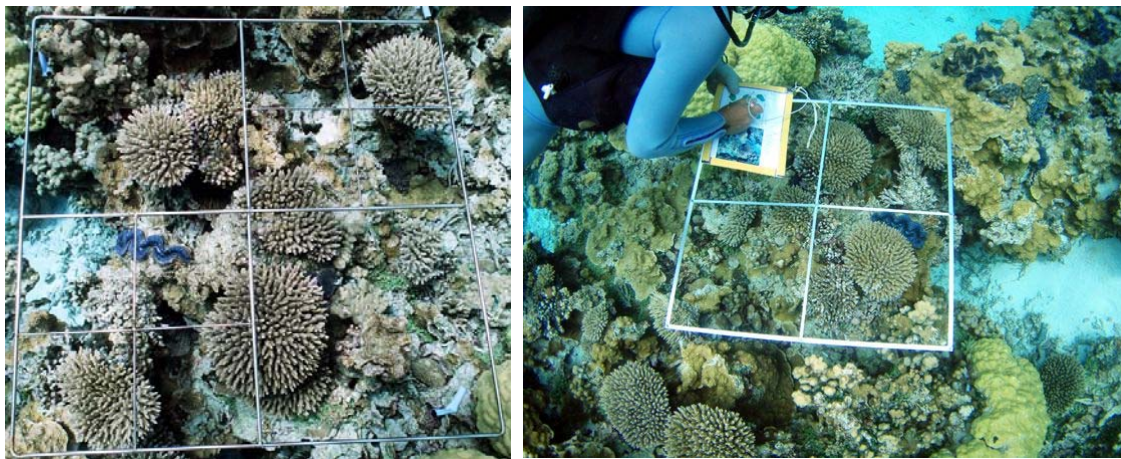
(1) 目的

定点調査は、礁池内の代表的な地点におけるサンゴ群体の経年的な変化（加入量・成長量・生残率）を把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とする目的で実施した。

(2) 方法

事前に実施したベルトトランセクト調査の観察結果をもとに、調査地点を設定した。観察位置は、種苗生産の対象種であるミドリイシ類（特に *A. sp. 4* および *A. globiceps*）が観察定点内（1×1m、3～11 群体／定点）に入るように設定した。サンゴの成長量を継続的

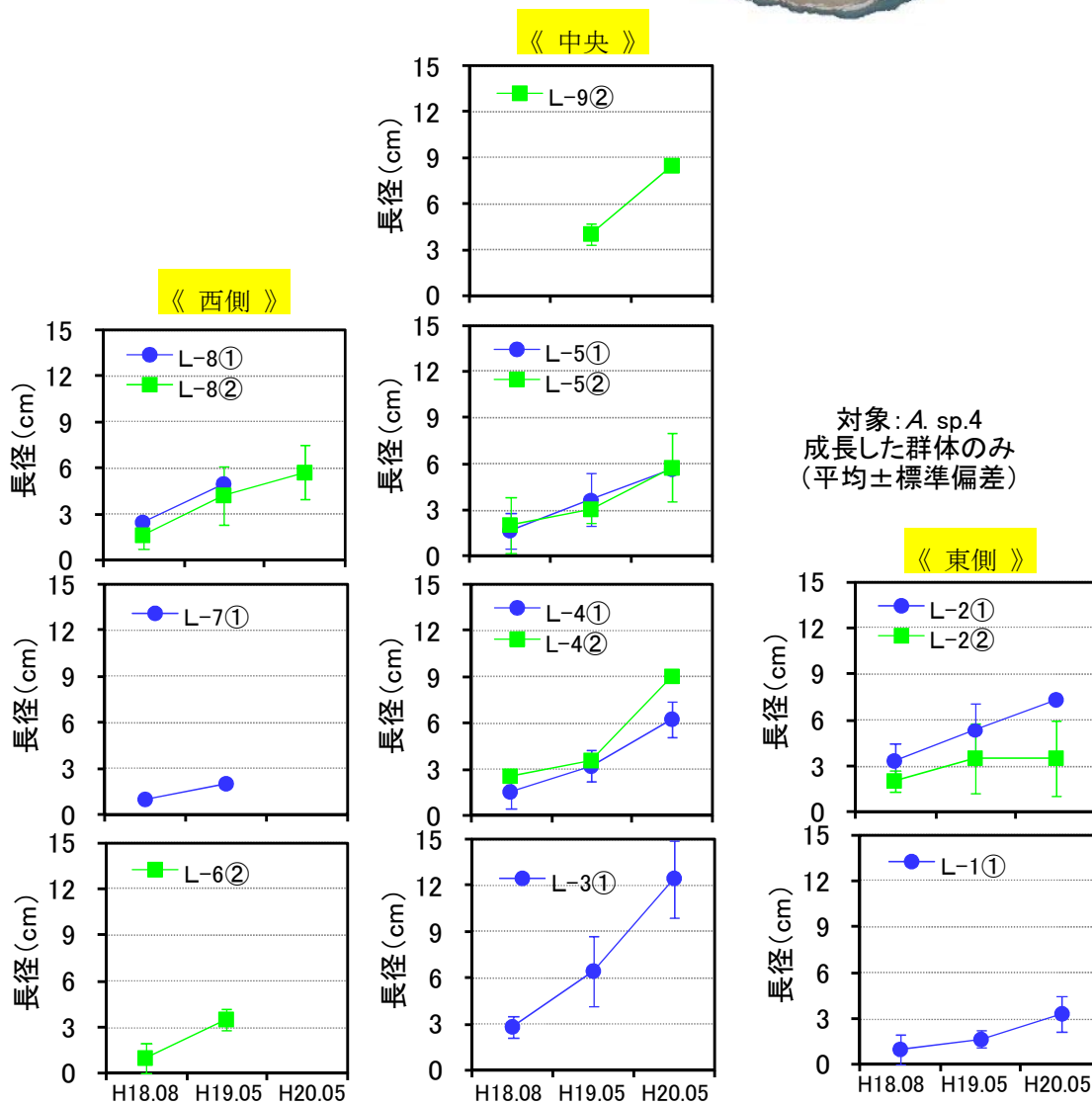
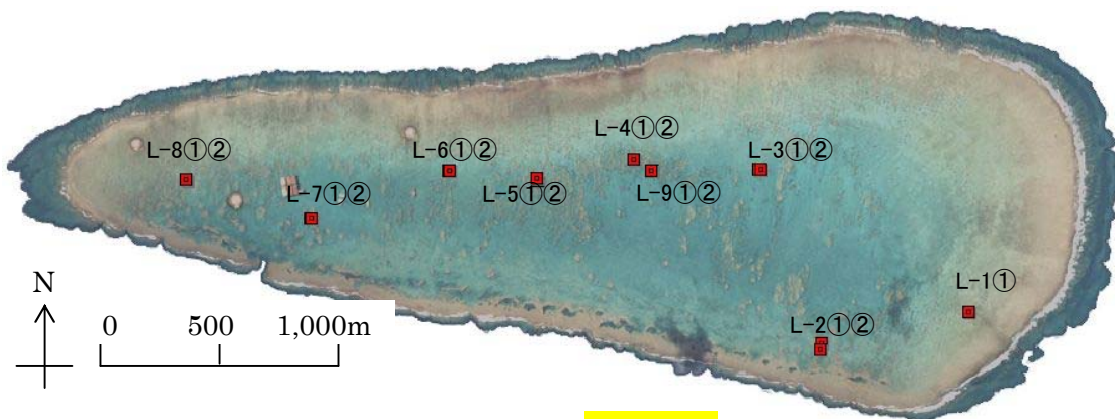
に観察できるように、定点の四隅に水中設標（釘）を固定し、GPS にて位置を記録した。観察ごとに、1m×1m の方形枠（ステンレス製、塩ビ製）を定点の四隅に固定した水中設標に一致させ、枠内のサンゴの総被度・種別被度、主なミドリイシ類 (*A. sp. 4*、*A. globiceps*、*A. tenuis*、*A. hyacinthus*) のサイズ（長径、短径、高さ）、白化や破損、食害状況と食害生物の有無・個体数、新規加入群体の有無やそのサイズ（長径、高さ）を測定した。また、群体サイズ等の経年変化を比較するため、定点の真上より同一の画角（被写体までの距離・角度）となるように写真撮影した。定点は、平成 18 年 8 月に設定し、平成 20 年 5 月まで 1 年に 1 回のモニタリング調査を実施し、成長量や成育状況の変化を観察した。



写真Ⅱ-2-1-2 定点調査実施例

(3) 結果

定点調査の結果から、地点別のサンゴ群体の成長量を図Ⅱ-2-1-3 に示す。成長量は、サンゴ群体の長径を指標にした場合、中央部では 2.0-6.0cm/年であり、東側や西側では 1.5-2.0cm/年であった。また、定点でのサンゴの加入の状況や食害、波浪等による減耗の状況も明らかにできた。このように、定点調査によって、沖ノ鳥島における主要な種の地点別の加入量・成長量・生残率が明らかになってきた。ただし、これらの諸量の面的な差の把握やそのメカニズムの解明には 3 年間のデータでは十分とはいえ、サンゴ増殖事業を実施した後も継続的な調査を続け、沖ノ鳥島の環境やサンゴ群集がどのように変遷するか見極める事が望ましい。このような定点調査のデータを、サンゴ増殖事業の実施地の対照区として位置付ければ、事業の成果を判断しやすくなる。



図Ⅱ-2-1-3 地点別にみたサンゴ群体の成長量
3回分の定点調査における *A. sp.4* の長径の増加量を縦軸とし、
沖ノ鳥島の西側、中央、東側に区分して示した。

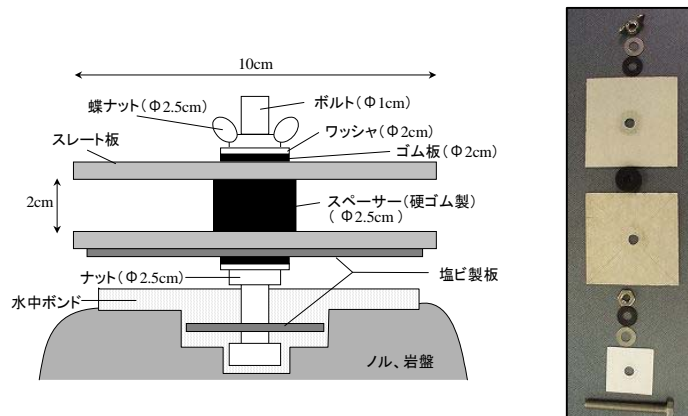
4) 沖ノ鳥島の礁池内におけるサンゴの新規加入量調査

(1) 目的

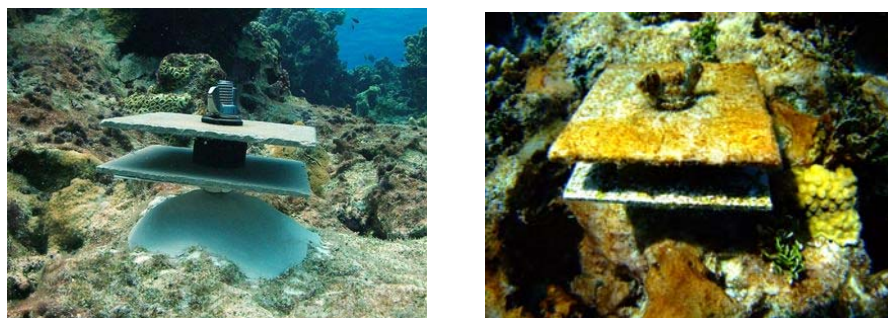
定点調査では、定点でのサンゴの新規加入の状況が観察されたが、さらに、空間的にサンゴの新規加入量の違いを把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とする目的で実施した。沖ノ鳥島は絶海の孤島であり、有性生殖による新規加入量は少ないことが想定され、サンゴの加入量に関する空間的な違いを検出することは難しいと考えられたが、実態を把握することを目的として加入量調査を実施した。

(2) 方法

沖ノ鳥島の礁池内を南北2区画(約0.8km)、東西3区画(約1.5km)の6地域に区切り、各地域で5地点を選定し、各地点について3基の加入量調査板(図Ⅱ-2-1-4)を設置した。設置場所は、ノルの側面もしくは上面とした。加入量調査板は、稚サンゴは2枚のスレート板の間(上面の下部と下面の上部)に着生しやすいため、スレート平板(縦横10cm、厚さ0.5cm)2枚を1基として設置した。板の中央に開けた穴にボルトを差し込み、板と板との間は厚さ2cmのゴム製スペーサーをはめた。加入量調査板が周囲のサンゴ等に当たらないような場所を探索し、水中ボンドでボルトの頭部を接着した。水中ボンドの硬化には数時間必要なので、まずボルトだけを固定し、翌日に加入量調査板をボルトに差込んでナットで固定した。後述するように、沖ノ鳥島ではミドリイシ類の産卵時期は5月から7月であることから、加入量調査板は4月に設置して8月以降に回収することが望ましい。しかしながら、調査日程との関係で、平成19年度は平成19年5月に設置して同年6月末に回収した。平成20年度は平成19年6月末に設置したものを平成20年4月末に回収した。



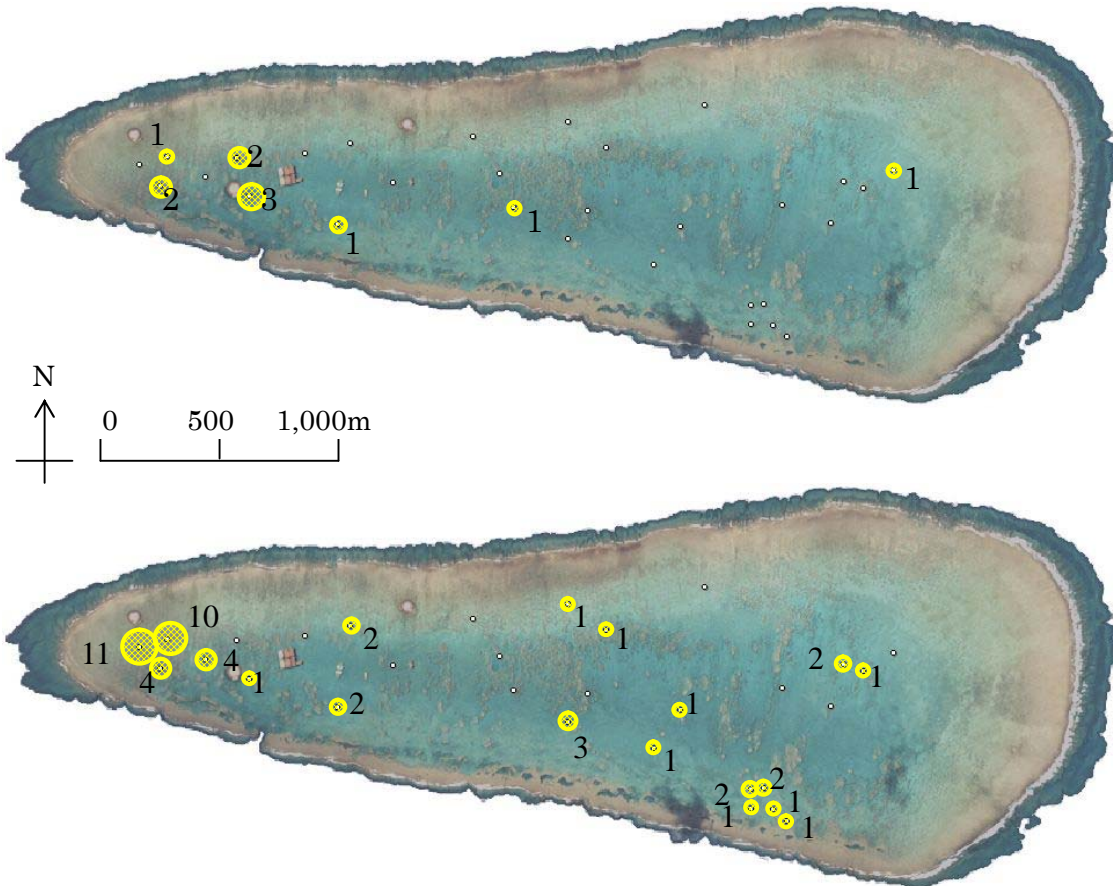
図Ⅱ-2-1-4 加入量調査板



写真Ⅱ-2-1-3 加入量調査板固定状況(左:設置直後、右:回収前)

(3) 結果

平成19年度と20年度の礁内の地点別の加入量を図Ⅱ-2-1-5に示す。いずれも礁内の東側で少なく、西側で新規加入が多い傾向が確認された。優占種の多くは島内で再生産している可能性が高いと考えられるが、新規加入が確認された種類は主にハナヤサイサンゴ類であった。ミドリイシ類の加入傾向は把握できなかったが、加入量については年変動が大きいことが影響しているものと考えられる。島内で再生産している種類は、同様の傾向を示すものと仮定すると、これらの結果は、サンゴ増殖計画において、新規加入量の少ない礁内の東側に、種苗生産したサンゴ群集を重点的に導入する必要性を示すものである。



図Ⅱ-2-1-5 地点別の稚サンゴ着生個体数

上：平成19年度調査結果：平成19年5月2日～8日設置、同年6月30日～7月1日回収、

下：平成20年度調査結果：平成19年6月30日～7月1日設置、平成20年4月28日～5月2日回収

注：小さい白丸は新規加入の無かった測点を示す。

黄色い丸は新規加入のあった測点を示す。

数字は各地点に3基設置した加入量調査板に確認されたサンゴ群体数の合計を示す。

5) サンゴのサイズ調査とノル調査

(1) 目的

ベルトトランセクト調査の結果、沖ノ鳥島の礁内においてサンゴ群体のサイズが地域的に異なる傾向が確認されたため、礁内における地点別、種類別のサンゴの成長と分布の違いを把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とする目的で実施した。サイズの組成から加入量と生残率・成長量の地域別の傾向を推定することができる。

同様に、ノルごとに高さや方角別にサンゴ群体の着生状況が異なる傾向が確認されたので、サンゴ群体の着生状況が、ノルの高さや対面方位別に異なる傾向を把握し、サンゴ増殖の適地選定や増殖手法の基礎資料とすることを目的としてノル調査を実施した。

(2) 方法

サンゴサイズ調査では、礁内を6つの地域に分けて、沖ノ鳥島の礁池内に優占する以下の3種のサンゴの長径・短径・高さを定規（またはノギス）で計測した。

- ・ *Acropora* sp. 4 : 210 群体
- ・ *Acropora globiceps* : 210 群体
- ・ *Acropora tenuis* : 60 群体

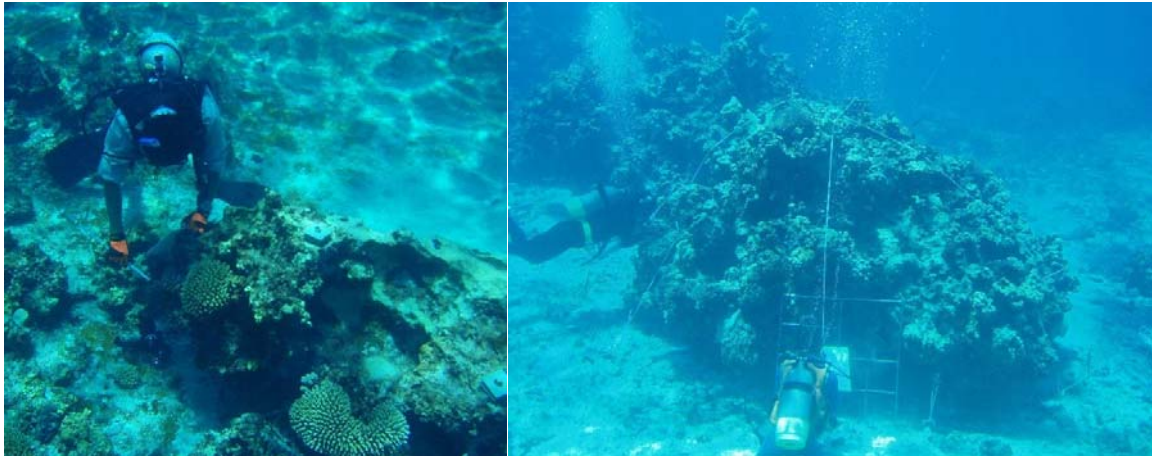
ノル調査では、サンゴのサイズ調査と同様の6つの地域に分布する合計12のノルについて、サンゴ群体が着生する水深（海底面からの高さ）と対面方位を計測した。

(3) 結果

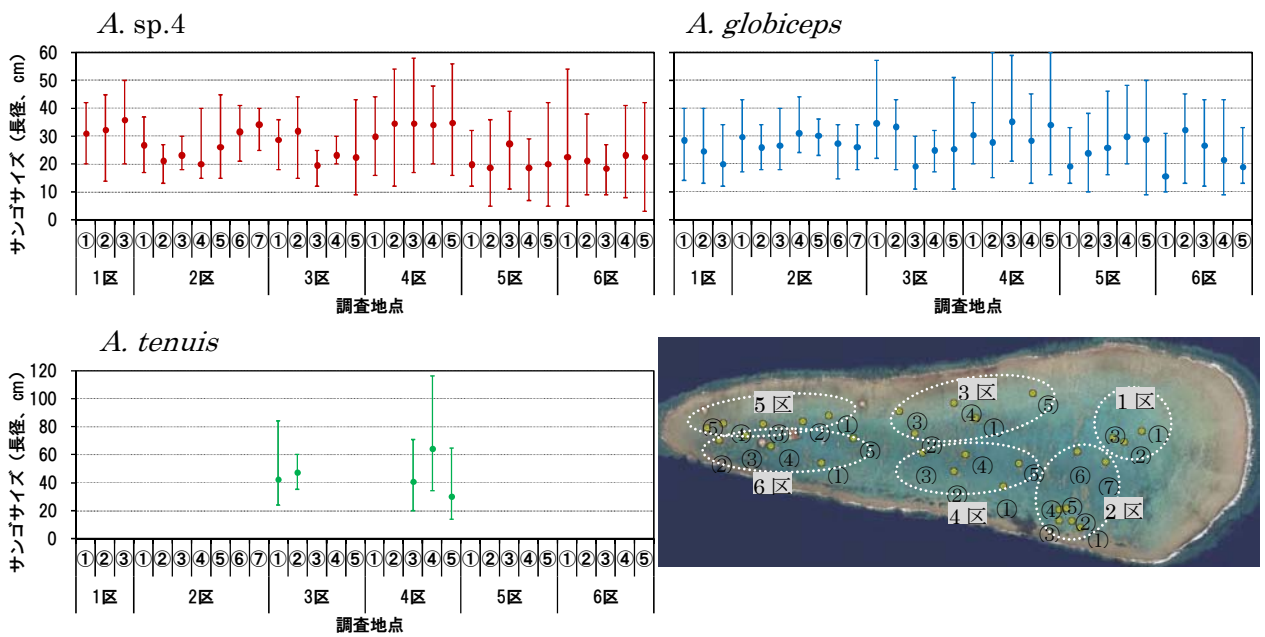
地域別、種別のサンゴ群体のサイズ（長径）を図Ⅱ-2-1-6に示す。*A. sp. 4*の長径は15～35cmが多く、10cm以下の群体は西側には見られる。*A. globiceps*は17～35cmの群体が多く、10cm以下の群体は少ない。いずれの種も礁内中央部（4区）でサイズが大きい。サンゴのサイズは加入後の年数や成長を阻害する要因と相関があると考えられる。したがって、*A. sp. 4*の小型の群体が西側に多いことから、西側で新規加入の頻度が高いことが推察される。大型の群体が中央部で多いことから、中央部では成長過程における外的攪乱等の影響に対する生残率が高い（サンゴの生残・成長に適している）ことが推察される。

*A. sp. 4*のノル上での着生状況を図Ⅱ-2-1-7に示す。サンゴ群体数は中央のノルで多く、次いで東側、西側となっており、中央部は東側・西側と比較してサンゴの生残・成長に適していることが推察される。

また、サンゴ群体の着生部位は、海底面から高さ0.5mよりも上方に着生する傾向があり、対面方位は、南面および北面に着生する傾向がある。これは、主に流況や砂礫の移動などによるサンゴ群体の加入または生残・成長への影響と考えられる。サンゴ増殖適地選定やサンゴ増殖礁の計画・設計に際しては中央部に近い部分が適地であり、海底面からの高さや対面方位に配慮することが必要である。



写真Ⅱ-2-1-3 サンゴサイズ調査（左）、ノル調査の状況（右）



図Ⅱ-2-1-6 種類別・地域別にみた各サンゴのサイズ（長径）

注）バーは最大値・最小値を示す

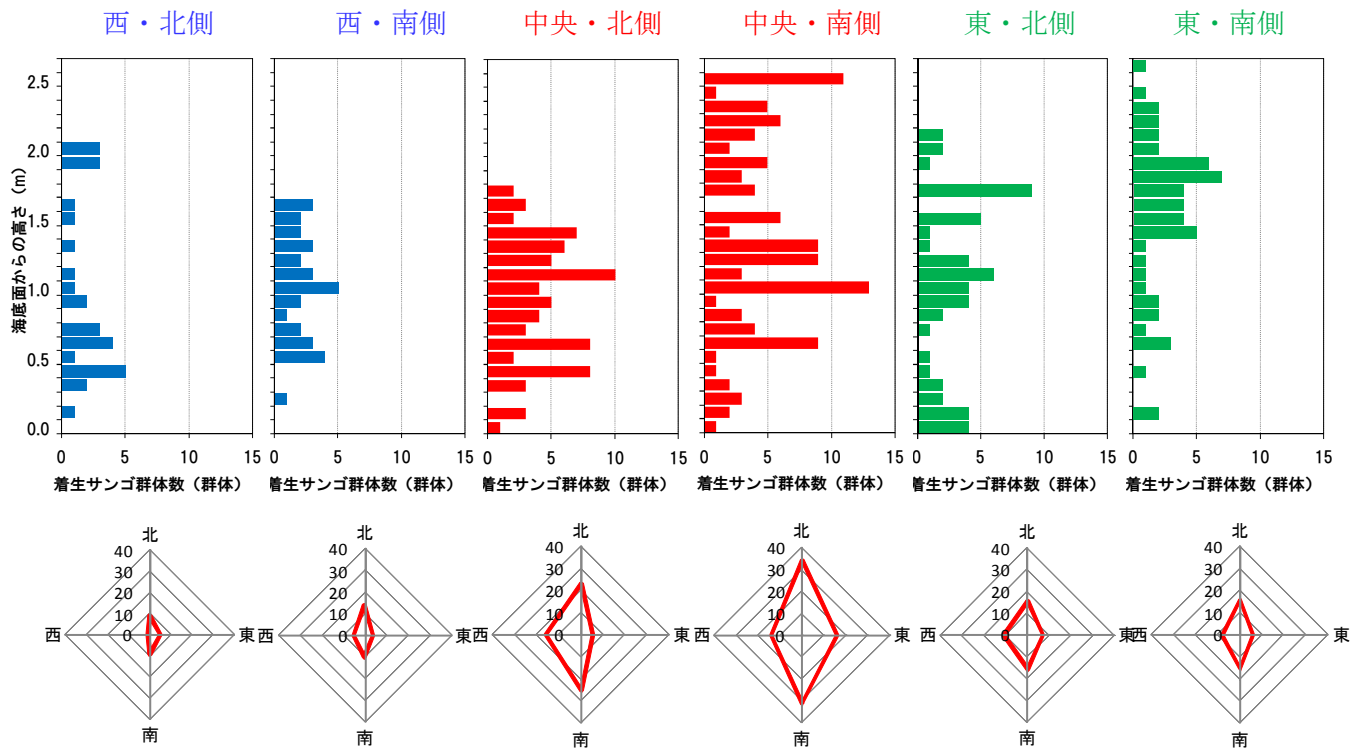
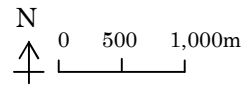
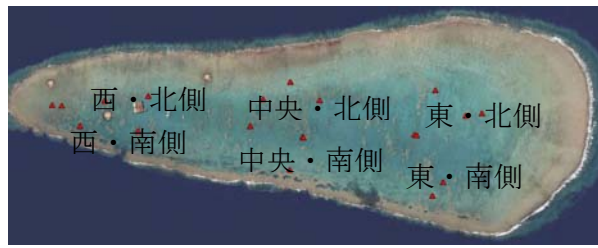


図 II-2-1-7 地域別のノル上での *A. sp. 4* の群体数（海底面からの高さと同面方位）

6) 産卵時期の確認調査（産卵確認調査と産卵時期の推定調査）

(1) 目的

サンゴの種苗生産対象種の採取や現場海域でのバンドル回収の時期を予測し、サンゴ増殖計画の基礎資料とする目的で実施した。

(2) 方法

①産卵確認調査

ミドリイシ類の優占種である *A. tenuis*、*A. sp. 4*、*A. globiceps*、*A. aculeus*、*A. donei* のうち長径 30cm 以上の群体を選定し、タガネやナイフを用いて群体の中央部の枝を根本から折り、切断面の卵の成熟状態（卵の大きさ、外観色）を水中にて目視観察し、対象種が未産卵なのか、産卵間近なのか、産卵後なのかを確認した。

②産卵時期の推定調査


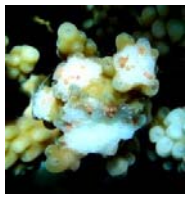
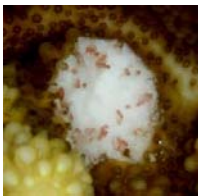
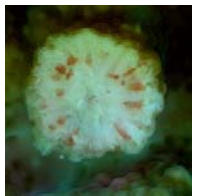
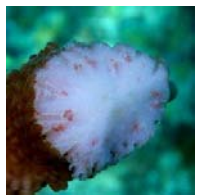


産卵時期の推定調査では、本来は定期的に生殖腺を含むサンゴ断片を採取し、卵径を計測して卵体積を求めて、卵体積と採取時期との関係から産卵時期を推定するが、沖ノ鳥島では採取回数が限られていたため、上記調査時に併せて試料を採取して卵体積を求めた。

(3) 結果

①産卵確認調査

平成 19 年の調査では、6 月下旬にサンゴ断片内の卵の状態を目視観察したところ、成熟した卵が確認された。その後、礁内調査の都度、観察したところ、満月から 8 日目（小潮 2 日目）には卵は確認されなかった。平成 19 年 7 月 7 日夜には *Acropora* sp. 4, *A. globiceps* が船上で産卵し、翌日には海面上にもスリック（水面に浮かぶ配偶子や胚の集団：写真 II-2-1-4）が観察され、前夜に大規模な産卵があったことが確認された。

表 II-2-1-3 枝切片内の卵の状態（平成 19 年 6 月～7 月調査時）

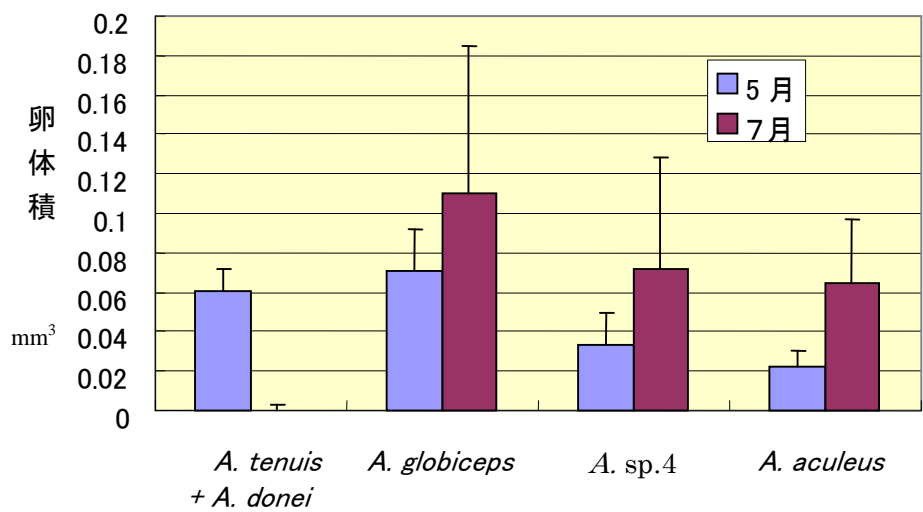
種類	6 月 29 日	7 月 3 日	7 月 4 日	7 月 6 日	7 月 7 日
	大潮 2 日目	中潮 2 日目	中潮 3 日目	小潮 1 日目	小潮 2 日目
	満月	満月より 4 日	満月より 5 日	満月より 7 日	満月より 8 日
<i>A. sp. 4.</i>	卵確認	卵確認			約 50 群体 卵無し
<i>A. globiceps</i>					約 30 群体 卵無し 

②産卵時期の推定調査

平成 19 年に採取したサンゴから生殖線を含む組織を取り出し、卵体積を算出し、沖縄周辺での過去の研究事例と比較して産卵時期を推定した。ミドリイシ類については、卵体積が $0.08 \sim 0.085 \text{mm}^3$ を超えると産卵間近であると推測されていたが、今回の調査で *A. globiceps* は他の種と比較して産卵前の卵体積が大きく、この範囲にないことが分かった（図 II-2-1-8）。

また、沖ノ鳥島では、採取した *Acropora tenuis* の複数群体が平成 18 年 5 月 16 日に船上で産卵した。平成 19 年 7 月 7 日夜には *Acropora* sp. 4, *A. globiceps* が船上で産卵し、翌日には海面上にもスリックが観察され、前夜に大規模な産卵があったことが確認された。そして、これらの受精卵による種苗生産も成功した。以上の知見から、沖ノ鳥島でもミドリイシ類が同調産卵を行っていることが明らかになった。また、対象種の推定産卵時期は、*Acropora tenuis* は 5～6 月、*A. globiceps* と *A. sp. 4* は 6～7 月と判断した。

なお、沖縄の事例では、気象条件によっては、同じ種であっても、一部が産卵し、次の大潮時に残りが産卵することもある。また、一斉に産卵する場合と何日かに分けて産卵することもある。産卵の水温や日照時間に関係しているようであるが、まだ、明らかにされていない。



図Ⅱ-2-1-8 平成19年5月10日と7月6日採取の卵体積(平均値と最大値)



写真Ⅱ-2-1-4 沖ノ鳥島で観察されたサンゴのスリック(平成19年7月8日)

Ⅱ-2-2 環境調査

サンゴの成長に影響を及ぼすと考えられる表Ⅱ-2-2-1に示す調査を行った。環境調査実施体制および主な資器材を表Ⅱ-2-2-2に示す。

表Ⅱ-2-2-1 環境調査項目と概要

調査項目	概要
流況調査	サンゴの加入・成長・生残への流動環境の影響を把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、ドップラー流速計による定点連続観測と、GPS ブイによる面的な流況観測を行った。
光量子量調査	サンゴの成長への光環境（サンゴに共生する褐虫藻の一次生産に必要な光環境）を把握し、サンゴ増殖のための基礎資料とするために、光量子計による光量子量調査を行った。
水質調査	サンゴの成長への水質環境を把握し、サンゴ増殖のための基礎資料とするために、多項目水質計による水質調査を行った。
水温連続調査	サンゴの成長・生残への水温環境の時空間的な影響を把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、メモリ式水温計による水温連続調査を行った。

表Ⅱ-2-2-2 環境調査実施体制および主な資器材

人 員	<ul style="list-style-type: none"> ・小型船操縦員 [1名] : 調査計画通りに操船可能な者 ・潜水作業員 [複数名] : エア式工具を使用して機器の設置を行う者 ・船上作業員 : [1名] : 小型船の誘導、調査位置の記録、潜水観察員の安全確保および船上補助、通信
機 械 類	・小型船 : 3~6m、潮時によっては非常に速い流れが発生するので、30~45馬力の船外機船が必要
資材・器材	超音波式流速計、波高計（波高・波向・流速・水温計）、漂流ブイ、電磁流速計、光量子計、多項目水質計、採水器、メモリ式水温計、穴開け用工具、ダイビング用品、カメラ、GPS、野帳、筆記用具、水深計、トランシーバー

1) 流況調査

(1) 目的

流動環境がサンゴの加入量・成長量・生残率へ与える影響を検討し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、ドップラー流速計による定点連続観測と、漂流棹（GPS ブイ）による面的な流況観測を行った。

(2) 方法

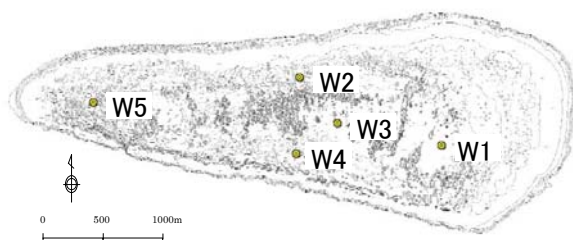
① 定点連続観測

サンゴの被度の高い場所と低い場所における流況の違いに着目し、静穏な時期から高波浪の影響を受ける時期までを対象とした観測を行った。

沖ノ鳥島での機器設置地点を図Ⅱ-2-2-1に示す。流況を把握するために超音波式流速計

を、波浪を把握するために波高計（波高・波向・流速・水温計）を代表的な地点の平坦な海底に設置した。サンゴの幼生は海表面の流動場の影響を受けるため、超音波式流速計を用いて多層観測を行った。機器の固定は、固定用の架台（ステンレス製）を水中ボンド等で海底に固定し、水中ボンドの固着後に機器を設置し観測を開始した。産卵時期の流況を把握するため、平成 19 年 5 月上旬に設置し、同年 6 月下旬（観測期間：57 日間）に回収して観測データを収集した。幼生の浮遊・着底条件を把握するために、上記観測結果のなかからサンゴの産卵時期における静穏な期間の観測結果を整理した。

流速計は定期的に点検することが望ましいが、沖ノ鳥島は遠隔地にあり頻繁に調査ができないため、連続観測機器を海底面に強固に固定して欠測が無いように配慮し、高波浪時および静穏時の流況が把握できる調査期間を想定して調査を行った。



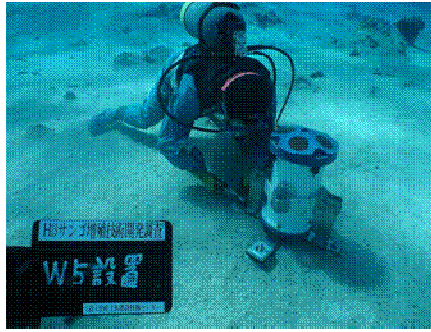
地点	機器名	観測項目	(D. L. -m)
W1	超音波式流速計	流況	4.4
W2	超音波式流速計	流況	2.0
W3	超音波式流速計 波高計	流況 波浪	4.6
W4	超音波式流速計	流況	2.6
W5	超音波式流速計	流況	3.4

図 II-2-2-1 流況調査地点

②漂流棹調査

定点調査では把握できない面的な流況を把握するために、GPS 付のブイを漂流させて軌跡を追跡して海況を把握した。漂流棹の構造は、風の影響を直接受けないように直径 30cm の円形木製板が水面にくるようにして、干潮面付近まで立ち上がっているノルに引っかからないように海面下 20cm の範囲に抵抗板を取り付け、その下部には転倒防止のために重りを付けた。ブイの上面に防水パックに入れた GPS を取り付け、10 秒間隔で軌跡を記録できるように設定して、1 時間程度を目処に回収できる場所（礁縁辺部手前までの場所）まで漂流させた後回収して、GPS から軌跡データを収集した。

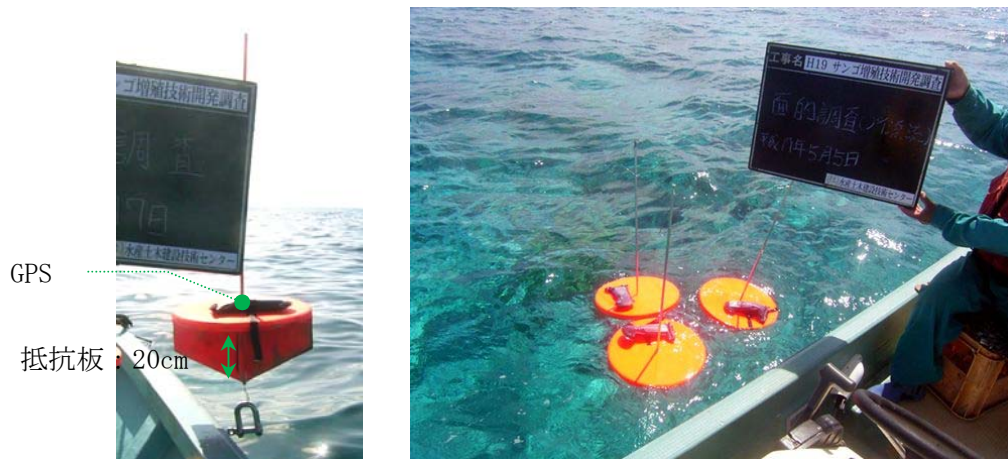
同時に、調査開始地点および回収地点の流況を把握するため、メモリ式電磁流速計を用いて海表面下 1m の流況を 1 分間観測した。流況観測機は、シンカーと水中ブイでロープを直立させて波浪の影響を受けずに一定の水深を維持できるように固定用架台を作製した。



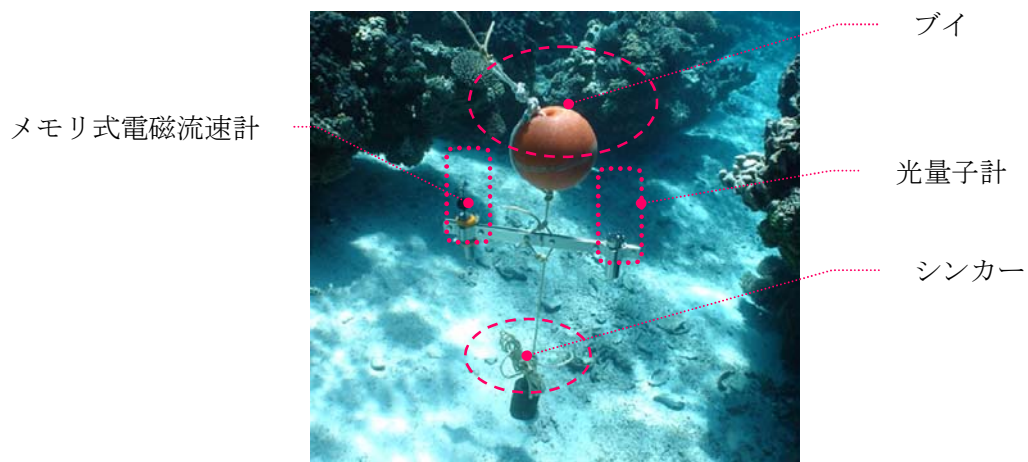
写真Ⅱ-2-2-1 流況観測機器設置状況

表Ⅱ-2-2-2 流況観測機器の観測仕様

機器名	設置機器	測定間隔 (min)	測定時間 (min)	サンプリング間隔 (sec)	層厚 (m)	測定層数
超音波式流速計	ADCP	10	1	0.5	0.4	1~9
波高計	WH-103	60	20	0.5	—	—



写真Ⅱ-2-2-2 漂流ブイ観測状況（左：漂流ブイ概観，右：観測状況）



写真Ⅱ-2-2-3 電磁流速計固定用架台による観測状況

(3) 結果

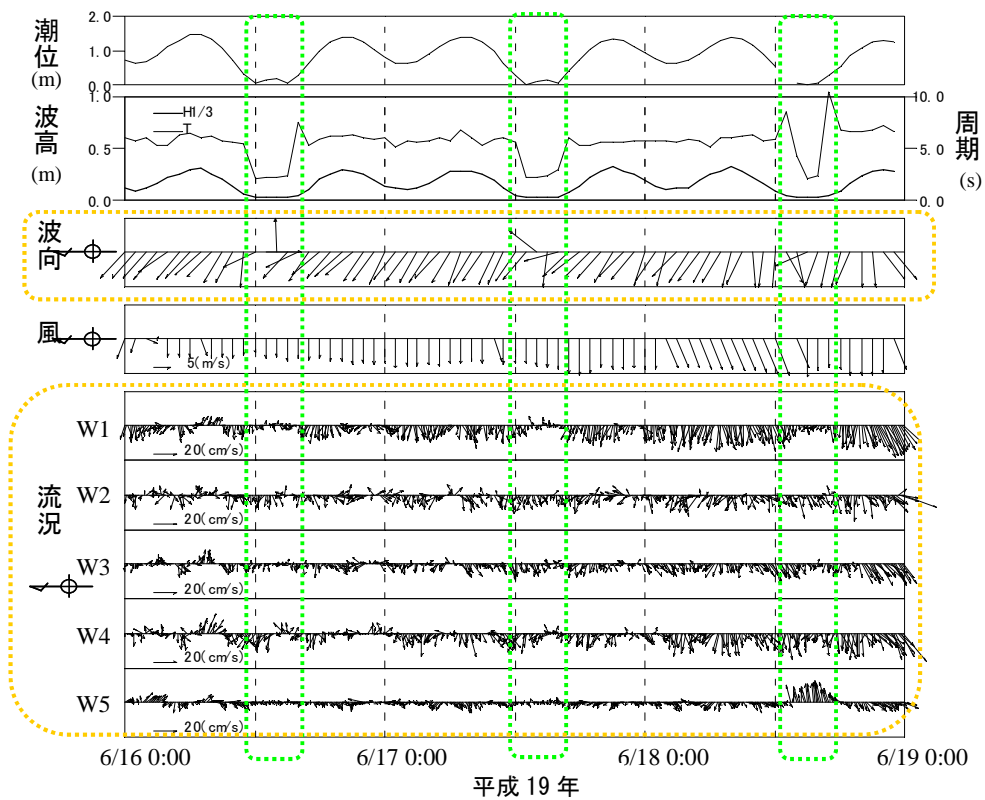
① 静穏時の流れの解析結果

図Ⅱ-2-2-2に静穏時における西流時の潮位、波高、波向、風、流況（海面下1.2m）の時系列を示す。礁内の流動は、潮位の変動に応じて変化しており、干潮時に流速が遅くなる傾向を示す。ただし、スペクトル解析の結果からは半日や1日の周期の流れは弱く不明瞭である。このため、潮汐流は支配的でなく、干潮時に礁嶺部の一部が干出する地形的効果が礁内流況に影響を及ぼしていると考えられる。

図Ⅱ-2-2-2に示した流動は、全地点でほぼ同じ方向を向いており、礁内全域で一様に同じ方向に流れると考えられる。また、流れの向きは、礁内で観測された波向とほぼ同じ向きであり、静穏時においても波浪が礁内の流れに支配的であると考えられる。このような波浪による流れは、主に沖波がリーフエッジで碎波することによって生じていると考えられる。なお、図に示した期間では風が波を支配しているように見えるが、調査期間全体で見ると波と風の相関がない時期も見られた。

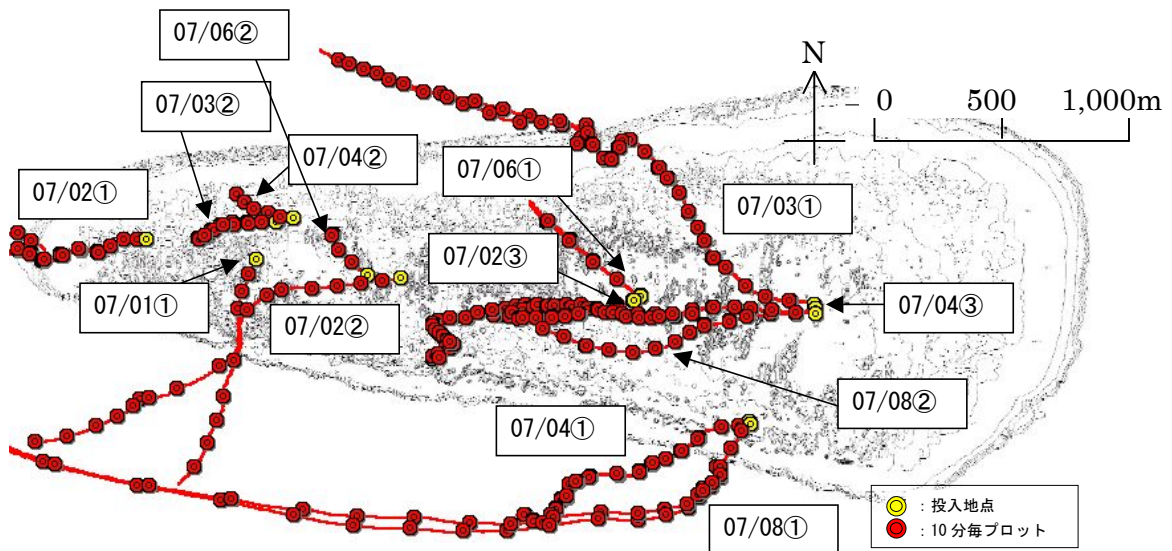
面的に流動場を把握するため、ブイの漂流調査を実施した（図Ⅱ-2-2-3）。静穏時の流動場は、東から西に向かう流れがほとんどであり、この時期に沖ノ鳥島におけるサンゴの産卵が確認された。サンゴの増殖には、I-1-2のサンゴの生活史の項目で示したように、有性生殖と無性生殖の過程がある。有性生殖過程は、親群体から放卵放精された卵と精子が流れとともに拡散する過程で受精し、浮遊幼生（プラヌラ幼生）となり、やがて基盤に着底し、成長する過程を示す。沖ノ鳥島は、外洋に存在する孤島で、周囲にサンゴ群体が分布している島が存在しない。このような地理的な条件のため、礁内から礁外に流出した浮遊幼生が再び礁内に戻って着生する可能性は極めて低いと考えられる。このため、沖ノ鳥島とその周辺の流動特性を把握することは、浮遊幼生が移流・拡散によりどのように移動し、加入するかを理解するうえで重要であり、礁内でのサンゴ増殖にかかわる対策を考える上で重要な知見である。

なお、図Ⅱ-2-2-4に礁外で観測された流速ベクトルと、同じ時期に観測された海面高度偏差を示す。礁外の流れは東向きであったが、同時期の礁内の流れは北向きであった。このことから、礁内の流動と礁外の流れは、必ずしも一致しておらず、礁外の流れは礁内の流れに支配的では無いと考えられる。外洋では、地球自転の影響を受け海面の高い海域を右にみて流れる地衡流を生じる。礁外の流れは、海面高度が示す地衡流の傾向と対応していることが確認された。このような礁外の流れは、礁外に流出したサンゴ幼生の移動を考える上で重要である。

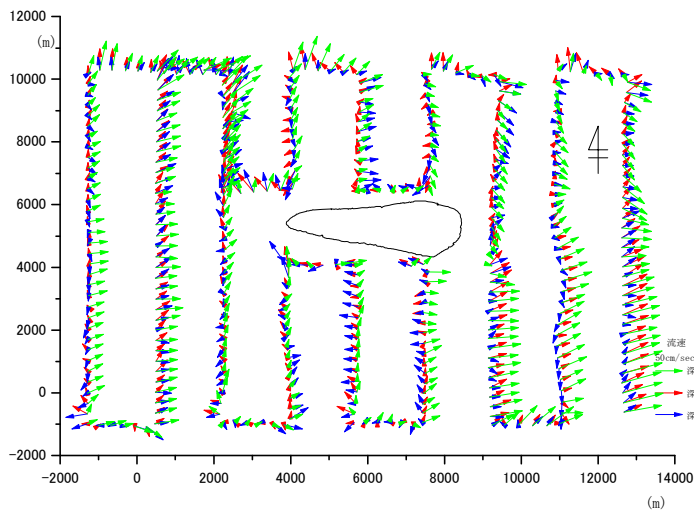


図Ⅱ-2-2-2 礁内の潮位、波高・周期、波向、風況、流況の時系列（西流パターン）

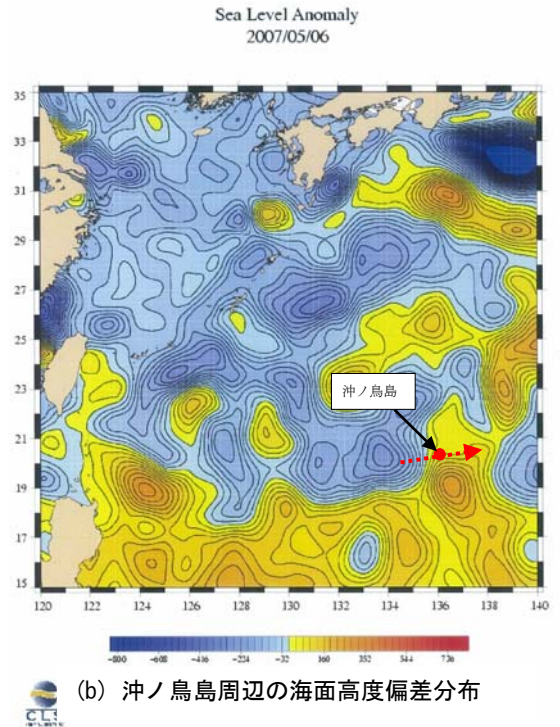
- 低潮時に流れが弱くなる傾向を示している。
- 波向と流向がほぼ同じであり、対応している。



図Ⅱ-2-2-3 面的な流動パターン（平成19年7月調査、枠内は調査日を示す。）



(a) 礁外の流況分布(平成 19 年 5 月 7 日)



(b) 沖ノ鳥島周辺の海面高度偏差分布

図 II-2-2-4 礁外の流速観測結果(平成 19 年 5 月 7 日)と海面高度偏差分布

(海面高度偏差は、社団法人漁業情報サービスセンター提供)

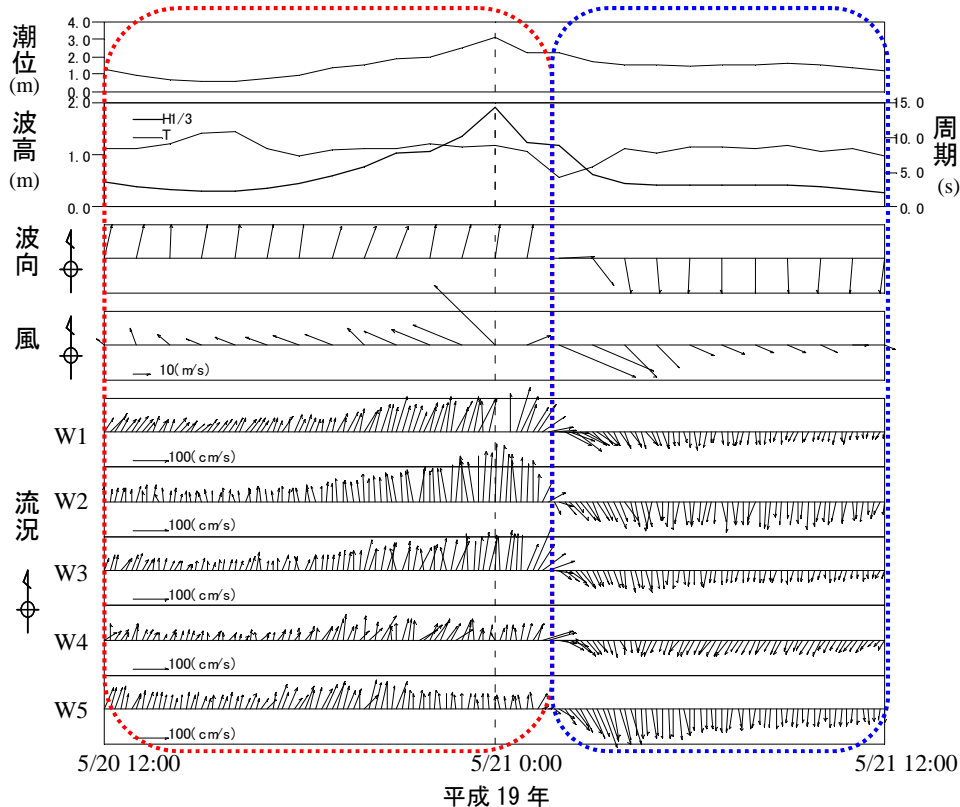
観測された流況と、海面高度偏差分布より推定される流れ

(地衡流)とがほぼ対応している。

②高波浪時の流れの解析結果

高波浪時の流れは、波による流れ(波の砕波変形を外力とする流れ)が支配的であると推察される。平成 19 年の観測データをもとにすると、礁内の流況は、波向に対応して変化する傾向が確認されており、礁内の流況に支配的な要因であると考えられる(図 II-2-2-5)。

沖ノ鳥島における高波浪時の波浪・流況特性を把握することは、サンゴが破壊を受けるような海象条件が対象となるため、波による直接的な破壊・死亡や砂礫の移動によるサンゴの成長過程への影響因子としてだけでなく、サンゴ断片の移動経路と再加入を理解する上でも重要な知見である。サンゴの無性生殖過程による増殖は、親群体が波浪外力や生物による食害などにより断片化し、それらが流れとともに移動し、やがて再固着し、成長していく過程である。



図Ⅱ-2-2-5 礁内の潮位、波高・波向、風況、流況の時系列変化（高波浪時）
（波向の変化に応じて、流向が変化している。）

2) 光量子量調査

(1) 目的

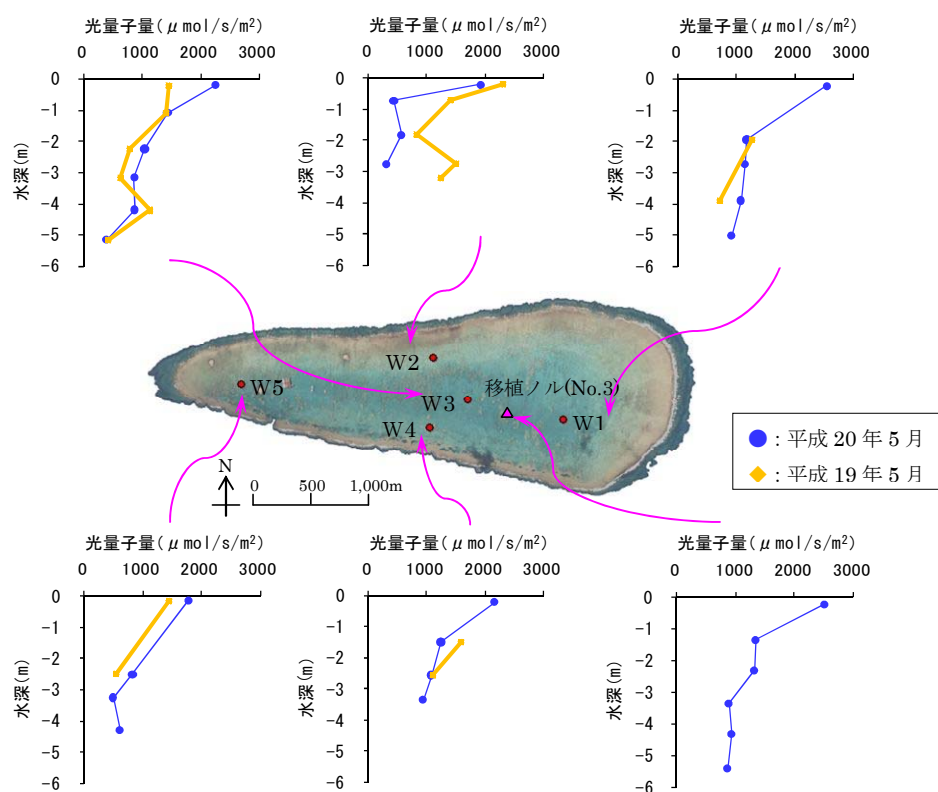
サンゴの成長への光環境（サンゴに共生する褐虫藻の一次生産に必要な光環境）を把握し、サンゴ増殖のための基礎資料とするために、光量子計による光量子量調査を行った。

(2) 方法

光量子計は、ロープ等で垂下し観測した。船上より機器を垂下して観測する場合、船の影にならないよう留意した。観測方法は写真Ⅱ-2-2-3に示したとおりである。光量子調査実施における調査人員および資器材を表Ⅱ-2-2-4に示す。

(3) 結果

鉛直方向別の減衰率を整理して図Ⅱ-2-2-6に示す。光量子量の減衰傾向は面的には同じである。サンゴ生息域の光量子量は概ね $1,000 \mu\text{mol}/\text{s}/\text{m}^2$ で、この数値は親サンゴを陸上水槽で飼育する際の目安とした。



図Ⅱ-2-2-6 礁池内の光量子量の鉛直分布

3) 水質調査

(1) 目的

サンゴの成長への水質環境を把握し、サンゴ増殖のための基礎資料とするために、多項目水質計による水質調査を行った。

(2) 方法と結果

水質調査は、多項目水質計（水温、塩分、溶存酸素量、濁度）を船上より垂下して層別に観測した。沖ノ鳥島礁内の水質はきわめて清澄で、面的な分散が小さい。

水質がサンゴ群集の形成阻害要因となる場合には、栄養塩類等についても時空間的な調査分析が必要だが、沖ノ鳥島では人為的影響が見られず、水質が形成阻害要因となっていないとは考えられないことから、必要最低限の調査内容とした。

表Ⅱ-1-2-5 水質調査結果

地点	水温 (°C)	塩分	濁度 (FTU)	溶存酸素 (mg/l)	pH	観測数
W1	28.7±0.0	34.6±0.0	0.5±0.1	9.7±0.7	9.0±0.0	8
W2	28.7±0.0	34.6±0.0	0.4±0.0	8.4±0.3	9.1±0.0	5
W3	28.8±0.0	34.6±0.0	0.6±0.1	9.3±0.5	9.0±0.1	8
W4	28.9±0.0	34.6±0.0	0.6±0.3	8.6±0.8	9.0±0.0	5
W5	28.7±0.0	34.6±0.0	0.5±0.1	7.0±0.2	9.0±0.0	4

平均±標準偏差

4) 水温連続調査

(1) 目的

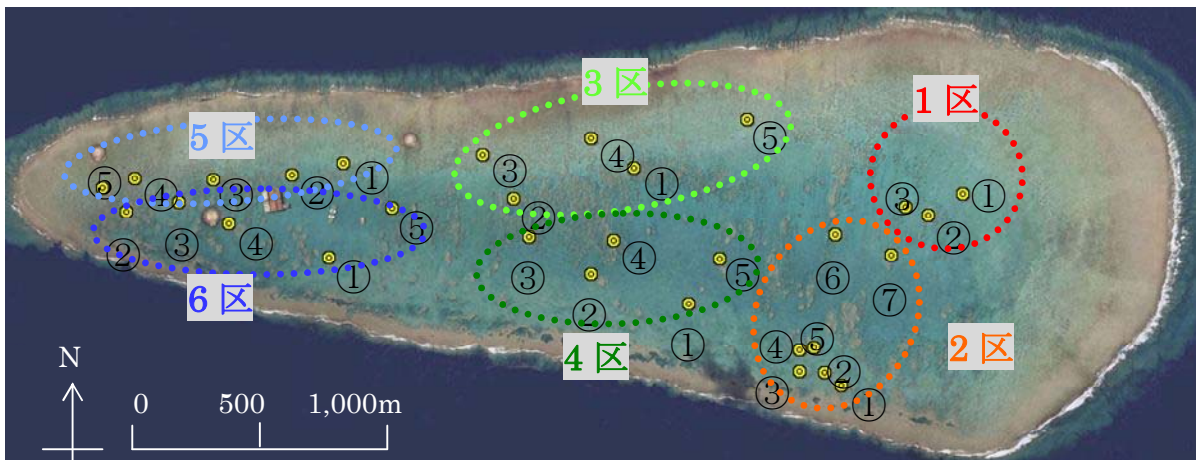
サンゴの成長・生残への水温環境の時空間的な影響を把握し、サンゴ増殖適地選定の基礎資料とするために、メモリ式水温計による水温連続調査を行った。多数のメモリ水温計による観測の利点として、地形の違いによる水温および水温変動の違いから、例えばサンゴの成長・生残に適した場所（白化しにくい場所等）を選択することが可能である。

(2) 方法

水温の連続調査は、メモリ式水温計をノル等に水中ボンドを用いて固定した。水温計は、礁内の面的な水温変動分布を把握するために図Ⅱ-2-2-7 に示す礁内 30 地点に設置した。また、経年的な水温変動を把握するために平成 19 年 5 月に設置し、平成 20 年 5 月に回収して水温データを解析した。



写真Ⅱ-1-2-4 水温計設置状況

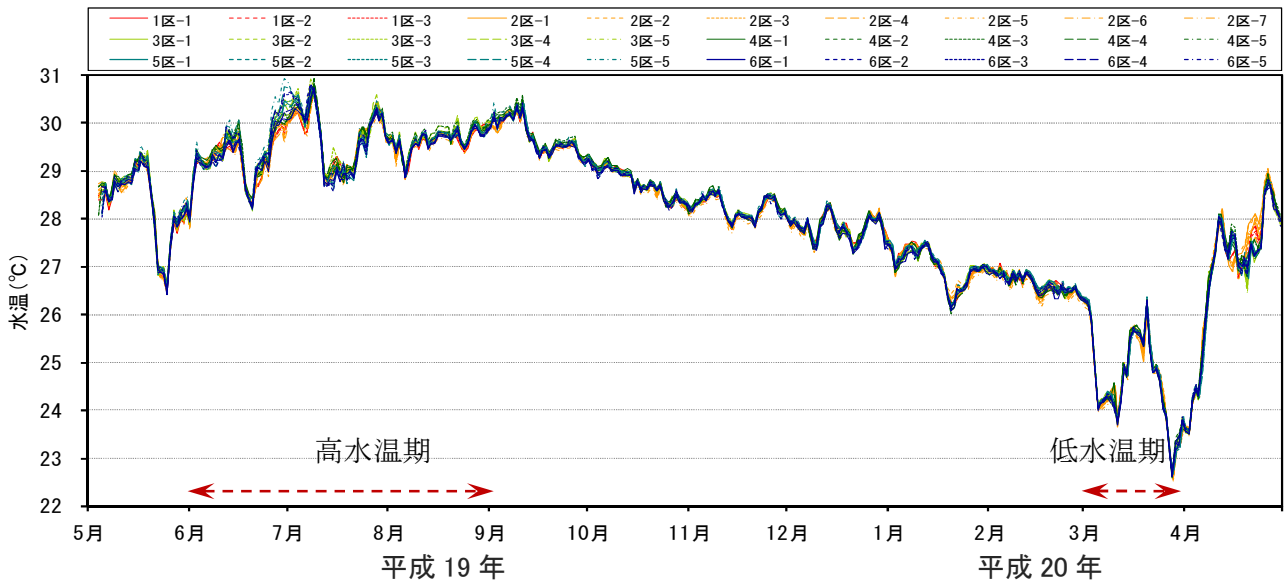


図Ⅱ-2-2-7 水温連続観測器設置地点

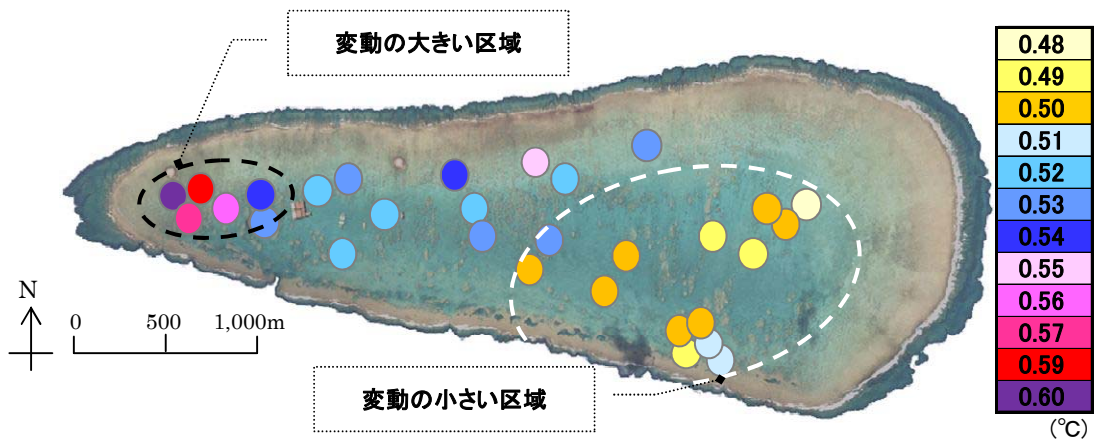
(3) 結果

沖ノ鳥島の礁内の1年間に亘る水温変化を図Ⅱ-2-2-8に示す。7月には水温30℃-31℃が数日間連続し、3月には24℃以下の日が観測されている。6月から8月間の水温低下が3回見られるが、沖ノ鳥島周辺を低気圧が通過している影響である。暖水渦や冷水渦の接近が礁内水温に影響を与えている可能性も想定される。

また、水温変動がサンゴの生残・成長に影響を及ぼしている可能性に着目して、地点別の高水温期(6月-8月)の水温変動を図Ⅱ-2-2-9に示す。水温変動は礁内西側で大きい。礁内西側はサンゴ被度が低い区域で、水温変動やそれに関連するストレスが影響している可能性が推察される。



図Ⅱ-2-2-8 水温の経年変化



図Ⅱ-2-2-9 地点別の高水温期(6月-8月)の水温変動(標準偏差)

(4) 課題

水温はサンゴの成長に影響を及ぼす基本的な環境因子である。サンゴ礁の白化現象は高水温期が継続することが引き金となる。したがって、水温については継続的に計測することが望ましい。

Ⅱ-2-3 現況把握のまとめ

生物調査の項目で示した被度分布、成長量、ノル上のサンゴの群体数、サンゴのサイズ、加入量調査等の結果から、沖ノ鳥島の礁内のサンゴ分布特性をとりまとめて表Ⅱ-2-3-1に示す。沖ノ鳥島の礁内中央部は東側や西側と比較してサンゴの被度が高く、成長も速く、ノル上の群体数が多く、サンゴのサイズも大きい。礁内西側ではサンゴの新規加入は他と比較して多い。

環境調査の項目で示した光、水温、流況、光に加えて、水深やノルの状況、競合生物や食害動物の状況に関する環境特性をとりまとめて、表Ⅱ-2-3-2に示す。沖ノ鳥島は絶海の孤島であり、人為的インパクトはない。礁内中央部は東側や西側と比較して水深がやや深く、大きいノルが多数存在している。流況も東側と比較すると穏やかである。

表Ⅱ-2-3-1 沖ノ鳥島の礁内のサンゴ分布特性

	地域区分			備考
	西	中央	東	
被度分布	0~30%	0~40%以上	0~20%	被度は中央部で高い
年間成長量 (A. sp. 4)	1.7~2.0 cm/年	2.0~6.0 cm/年	1.5~4.5 cm/年	成長は中央部で速い
ノル上の平均群体数 (A. sp. 4)	12±7 群体/ノル (N=6)	27±11 群体/ノル (N=7)	16±6 群体/ノル (N=7)	ノル上の群体数は中央部で多く西側で少ない
サンゴサイズの平均 (A. sp. 4)	21.3±10.9 cm (N=70)	29.4±11.8 cm (N=70)	28.9±8.7 cm (N=70)	サンゴのサイズは中央部や東側で大きい
新規加入群体数	0~11 群体/地点	0~3 群体/地点	0~2 群体/地点	新規加入量は西側が多い

表Ⅱ-2-3-2 沖ノ鳥島の礁内の環境特性

要因	地域区分			備考
	西	中央	東	
光量	全域の底面で約 1,000 $\mu\text{mol/s/m}^2$ 程度			面的な違いはない
年平均水温	28.0°C	28.1°C	28.0°C	中央部は礁嶺内側と比較すると平均水温が年平均値で約 0.1°C 高い
水温変動	1.66~ 1.79°C	1.66~ 1.68°C	1.68~ 1.71°C	西側では水温変動幅が大きい
水深 (水深帯)	1~2m	4~5m	3~4m	西側・東側は中央部と比べて全体的に浅い
地形 (ノル直径)	多い (小さい)	多い (大きい)	少ない (小さい)	水深が浅い西と東側はノルが小さくサンゴが着生できる箇所が少ない。全域において、高波浪時には強い流れが発生し、サンゴ礫や浮遊砂の影響を受けやすい。(海底面から 50 cm までは着生しない)
流況(静穏時の表層平均流速)	3.6cm/s	6.8cm/s	9.3cm/s	西側や中央部では流速は小さい。数値シミュレーションによると礁嶺部周辺で流速が大きく、礁中央部では流速が小さい。
競合生物	微細藻類、藍藻類(春季)、イワツタ等			海藻類の分布状況に面的な違いはみられない
食害動物	大型の ブダイ類	大型の ハギ類	小型の ブダイ類	大型のブダイ類やハギ類が西側で多く見られる