

### 3. 2 中間育成

中間育成では、現地に設置した中間育成施設に、幼生収集装置内の着床具（種苗）を設置し、移植適正サイズとなるまで育成管理を行う。

#### 【解説】

サンゴは、サイズが小さいほど移植後の生残率が低いため、移植適正サイズに成長させてから予定海域へ移植する必要がある。

中間育成の作業フローは図Ⅱ. 3-18 のとおりである。事前に中間育成施設を設置し、幼生収集装置で種苗生産した0歳齢の稚サンゴ付着床具を中間育成施設に設置する。その後は、モニタリングを行い移植適正サイズとなるまで育成管理する。



図Ⅱ. 3-18 中間育成の作業フロー

#### 3. 2. 1 中間育成施設の設置

沖縄本島等の沿岸域のように台風が来襲する場所では、海底固定式の棚型中間育成施設またはカゴ型中間育成施設を設置する。

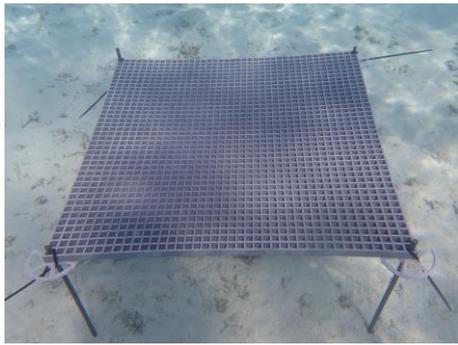
#### 【解説】

##### 1) 中間育成施設の構造

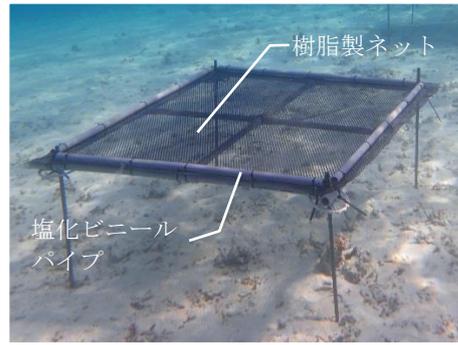
台風等の接近がほとんどみられない波浪条件の穏やかな場所では、垂下式あるいは吊り下げ式中間育成施設を設置することができる。一方、沖縄本島等の沿岸域は、基本的に波浪条件が穏やかな海域であるが、台風の来襲により高波浪の影響を強く受けることがあるため、海底固定式の棚型あるいはカゴ型の中間育成施設で中間育成を行うとよい。カゴ型の中間育成施設は、食害の影響が大きい海域で用いる。

##### (1) 棚型中間育成施設

幼生収集装置で種苗生産したサンゴの中間育成の実績がある棚型中間育成施設について、写真を図Ⅱ. 3-19 に、部位別の主な材質・寸法を表Ⅱ. 3-5 に示す。着床具（種苗）を設置する天端部は、耐久性に優れる FRP 製グレーチングや樹脂製ネットを用いることができる。



①FRP 製グレーチング



②樹脂製ネット

図 II. 3-19 棚型中間育成施設

表 II. 3-5 棚型中間育成施設の材質・寸法

部位	材質・寸法
天端部	①FRP製グレーチング 寸法：幅100cm、長さ100cm、厚さ4cm ②樹脂製ネット、塩化ビニールパイプ（ネット上面と下面に各4本） 寸法：幅100cm、長さ100cm
脚部	鉄筋棒（呼び径D13）×8本 寸法：外径12.7mm、長さ100cm

## (2) カゴ型中間育成施設

幼生収集装置を用いて種苗生産したサンゴの中間育成では、着生したサンゴが捕食されにくい角筒型着床具(Suzuki et al. 2011)を使用するため、種苗は食害を受けにくい。ただし、食害の影響が大きい海域では、オニヒトデやシロレイシガイダマシ類などの食害生物の侵入防止のためのネットや貝返し等を設けるとよい。

陸上施設で種苗生産したサンゴの中間育成の実績があるカゴ型中間育成施設について、写真を図 II. 3-20 に、部位別の主な材質・寸法を表 II. 3-6 に示す。カゴは、塩化ビニール製パイプおよびプラスチック製ネットの物を用いる。脚部には、食害生物のシロレイシガイダマシ類の侵入を防ぐ貝返し（脚部にプラスチック製の板等を傘状に巻きつけ円錐形状にしたもの、図 II. 3-21）を設ける。沖縄の沿岸で中間育成を行った事例では、貝返し設置以降、殻長 1~2cm 程度の大型のシロレイシガイダマシ類の侵入は見られなくなり、カゴの脚部より這い上がる個体は貝返しにより排除できる効果が確認されている。カゴに付着藻類が溜まりにくくする対策としてカゴ内に藻食性貝類を収容する場合は、カゴから貝類が逃げ出さないようにネットの目合いは 1cm 程度とする。



海底への設置状況



上蓋を開けた状態のカゴ

図Ⅱ.3-20 カゴ型中間育成施設



脚部へ貝返しを設置したカゴ型中間育成施設（丸で囲んだ箇所が貝返し）



貝返し近景

図Ⅱ.3-21 貝返しの設置状況

表Ⅱ.3-6 カゴ型中間育成施設の部位別材質・寸法

部位	材質・寸法
カゴ	枠部：塩化ビニールパイプ、径16mm 網部：プラスチック製ネット、目合10mm 寸法：幅80cm、奥行60cm、高さ30cm
脚部	塩化ビニールパイプ、径25mm 寸法：幅100cm、奥行き130cm、高さ100cm
錘（底部）	建材ブロック（空洞付き、約10kg/個） 寸法：390×190×100cm 数量：2籠あたり8～10個を設置

## 2) 設置

中間育成施設の設置場所は、以下の条件に基づき選定する。

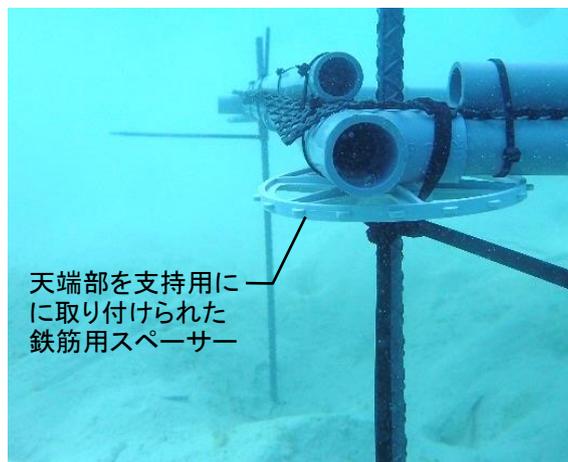
- 赤土等の流入が少なく海水が清浄であること
- 波浪等の影響が少ない静穏な海域であること
- 水深が2～6mであること

設置場所の底質については、荒天時の濁りが起きにくい岩盤が望ましいものの、脚部に鉄筋棒を用いる場合は鉄筋棒を海底に打ち込む必要があるため、砂地や砂礫底の場所でもよい。ただし、その場合は沈下や埋没に注意する。

設置場所の水深については、基本的に水深2～6mとする。2mより浅い場所では波浪の影響が大きくなることが予測されるため、設置は避けた方がよい。なお、光が十分に達し、サンゴの成長が良い海域であれば、6m以深でも飼育は可能である。

中間育成施設は、脚部を海底に打ち込んだり、脚部の周りに重りを配置してロープで固縛したりして、安定した状態で設置場所に固定する。設置後は、中間育成する部位について50cm以上の嵩上げが確保されていることを確認する。

種苗（着床具）を設置することを考慮し、中間育成施設の上面が海底面に対して水平を維持できるようにする。例えば、図Ⅱ.3-22のように、中間育成施設の天端部を支持するために、鉄筋用スペーサー等を脚部の鉄筋に取り付けて天端部の水平を維持するなどの工夫が必要である（図Ⅱ.3-22）。



図Ⅱ.3-22 中間育成施設の水平維持の工夫例

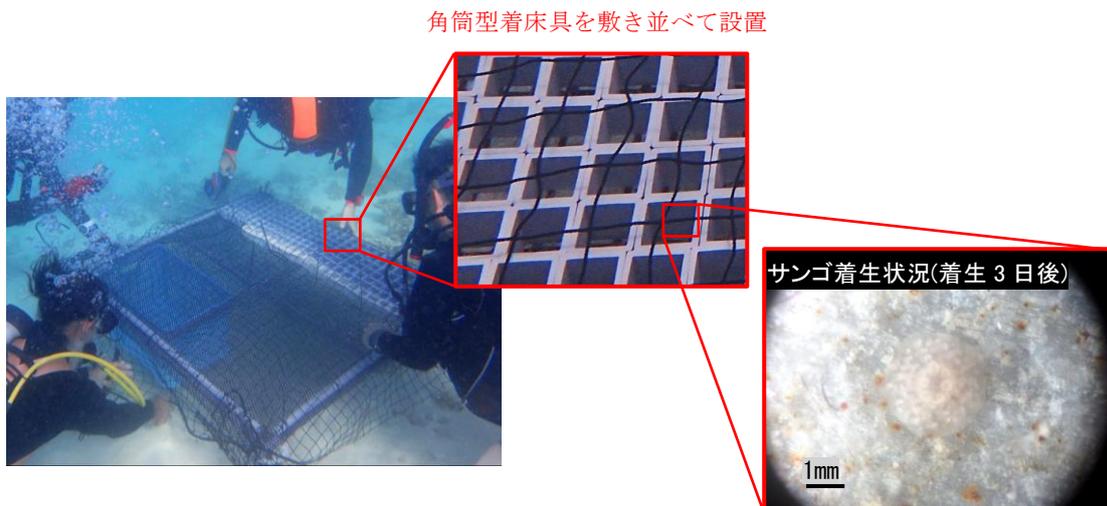
### 3. 2. 2 着床具（種苗）の設置

幼生収集装置で生産した0歳齢の種苗が着生した角筒型着床具を、中間育成施設上に敷き並べる。

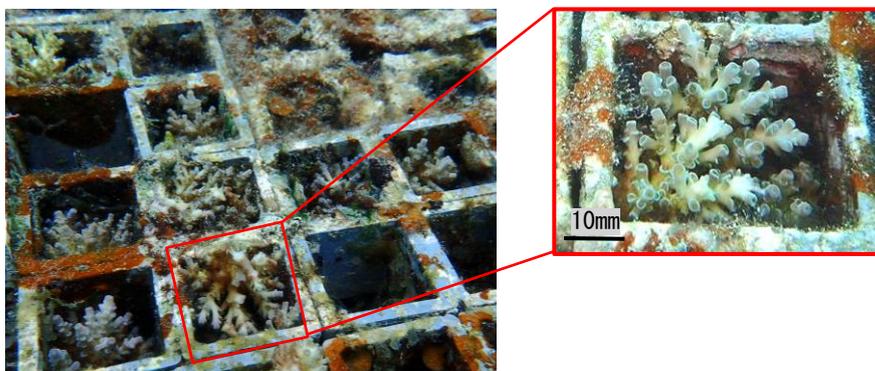
#### 【解説】

幼生収集装置を用いた種苗生産では、0歳齢の種苗付きの角筒型着床具を数千個単位で大量に生産する場合、台風等の荒天時に着床具が動かないように1つ1つを固定すると、多大な労力を必要とする。そのため、着床具を中間育成施設の天端部上に隙間なく敷き並べた後、目合い20～30mmの園芸用や防鳥用に用いられるネットを被せて固縛する方法が効率的である。

また、図Ⅱ.3-20に示すカゴ型中間育成施設の場合は、着床具収容と同時に、藻食性の貝類（タカセガイ等）をカゴ内に収容し、藻類が繁茂するのを防ぐ（Omori 2005）。幅80×奥行60×高さ30cmの籠に殻幅約2cmのタカセガイ幼貝20個体程度を収容する。



図Ⅱ.3-23 着床具の設置状況およびサンゴ着生状況



図Ⅱ.3-24 中間育成により育成したサンゴの状況例（着生から15ヶ月後）

### 3. 2. 3 育成管理

沖縄本島等の沿岸域では、モニタリングと育成管理を頻繁に行うことが望ましい。

#### 【解説】

沖縄本島等の沿岸域では管理がしやすいため、頻繁にモニタリングを行うことが望ましい。目安として、移植適正サイズになるまでの約2年間は1ヵ月おきに育成管理を行うことが理想的である。さらに、種苗の生残状況や藻類繁茂等の外的要因のモニタリング結果を解析し、有効な対策を検討することで、順応的に育成管理を行うことが望ましい。

#### 1) モニタリング

中間育成中のモニタリングに関しては「第Ⅱ編 2.3.4 育成管理」を参照する。

#### 2) 育成管理

中間育成中の育成管理に関しては「第Ⅱ編 2.3.4 育成管理」を参照する。

## 【コラム】陸上水槽で種苗生産した稚サンゴのカゴ型中間育成

水槽内で生産した稚サンゴ(第Ⅱ編 2.2 陸上施設を用いた種苗生産)を、水槽内で移植サイズまで飼育した場合、揚水やエアレーションのための電気代および飼育管理のための人件費などがかかり、生産コストが高くなる。ある程度の期間は着底直後の稚サンゴを水槽内で飼育して初期の減耗を低く抑え、その後海域にて中間育成することにより飼育コストを削減することが可能となると考えられる。

そこで、中間育成の有効性を調べるために、2015年および2016年に沖縄県久米島の仲里漁港内において、水深DL-2mおよび-6mに設置した目合1cmの飼育カゴを用いて飼育試験を実施した。飼育カゴは、「3.2 中間育成 3.2.1 中間育成施設の設置 1) 中間育成施設の構造 (2) カゴ型中間育成施設」で示したものをを用いた。藻類の駆除のため、殻幅約20mmのタカセガイ稚貝を1つのカゴあたり約20個体収容した。試験には、1、4、6ヶ月齢のウスエダミドリイシの稚サンゴを用いた。試験結果は以下の通りであった。

- ①1ヶ月齢の稚サンゴを盛夏の7月に沖出しした試験では、沖出し直後から生残率が急激に下がり、1年後にはほぼ全滅した。2016年は沖出し直後に高水温が発生しており、その影響も考えられる。今後も頻繁に高水温が発生する恐れがある盛夏の時期に、小型の稚サンゴを海域へ沖出しするとことは適切でないのかもしれない。
- ②4ヶ月齢および6ヶ月齢の稚サンゴのおもな減耗要因は、シロレイシガイダマシによる捕食であった。2015年の6ヶ月齢、2016年の4ヶ月齢および6ヶ月齢の稚サンゴを用いた試験では、それぞれ沖出しの496、190、126日後に貝返しを設けた。それ以降は、カゴ内に大型の捕食具は見られず生残率の低下が緩やかとなった。しかし、貝返し設置以降でも、浮遊幼生として侵入したと思われる殻長2、3mm程度のシロレイシガイダマシが、3ヶ月間隔のモニタリングの際にカゴ内で見られるケースもあった。ひと月に1回程度の駆除で、これらの小型個体による被害は小さくできると考えられる。
- ③2016年の4ヶ月齢の水深2m、6ヶ月齢の水深2mおよび6mの3つの試験区では、シロレイシガイの捕食が少なかったため、試験終了時の生残率は66～82%であった(試験期間は4ヶ月齢で約9.5ヶ月、6ヶ月齢で約7か月)。
- ④2015年の6ヶ月齢の試験より、移植に適していると考えられている直径5cmのサンゴを得るには、着生後約630日の飼育期間が必要と考えられる(水槽内6ヶ月(180日)+中間育成450日)。

これらの結果から、直径5mmより大きい群体(4か月齢以降)を沖出しし、適正に捕食者の駆除を行うことにより、飼育カゴを用いた中間育成において高い生残率を得ることができると考えられる。但し、遺伝的攪乱を防ぐために、中間育成は、種苗生産に用いた親サンゴが生息していた海域の近隣で行う必要がある。

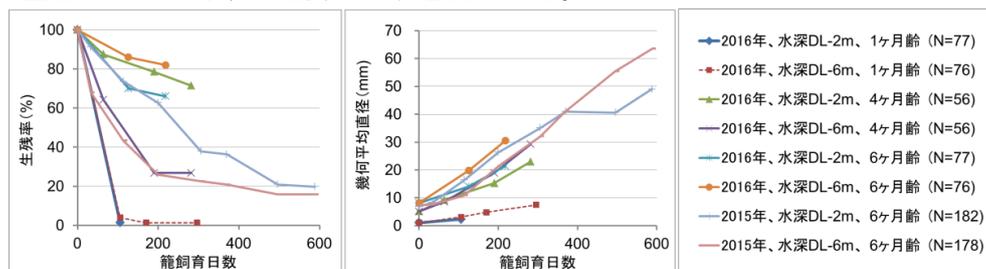


図1 飼育カゴを用いた中間育成試験におけるウスエダミドリイシ稚サンゴの生残と成長

### 3. 3 移植

移植適地を選定した上で、中間育成施設内で育てたサンゴを移植する。また、移植したサンゴの成長や生残率を高めるため、定期的に育成管理を行う。

#### 【解説】

移植の考え方は、「第Ⅱ編 2.4 移植」を参照する。

#### 3. 3. 1 移植適地の選定

移植するサンゴが、健全な状態で成長するとともに、その後産卵によって幼生が広範囲のサンゴ礁に着生し、サンゴ礁の修復・再生につながる場所を適地として選定する。特に、本島沿岸の場合は、人為的な影響（赤土の流入や富栄養化）について注意して選定する必要がある。

#### 【解説】

基本的な考え方は、「第Ⅱ編 2.4.1 移植適地の選定」で示したとおりである。本島沿岸では、環境要素の「地形・基盤」、「水温」、「波浪・流況や砂礫の移動」の条件に加え、人為的な影響となる「赤土の流入」、「富栄養化」について検討が必要である。「サンゴ分布」、「地形・基盤」、「水温」、「波浪・流況や砂礫の移動」、「食害動物」、「サンゴ幼生の供給源として望ましい箇所」については、「第Ⅱ編 2.4.1 移植適地の選定」を参照されたい。なお、本島沿岸の「サンゴ分布」については、人為的な影響によるサンゴ分布の変化が大きいために、過去のサンゴ分布や種構成を考慮した上で、移植適地を検討することが重要となる。ここでは、本島沿岸で想定されるサンゴの育成に影響を及ぼす環境要素とサンゴ分布の関係の有意性の検討方法について解説する。

なお、選定された移植適地が、漁業やマリンレジャー等の人の利用される地域と重複する場合には、自治体や漁業者、マリンレジャー運営者に対し、サンゴの保全に配慮した海域の利用方法について協議する必要がある。

表Ⅱ. 3-7 本島沿岸におけるサンゴの適地選定に関する調査・解析項目

環境条件	調査・解析項目
(1) サンゴ分布図の作成	
サンゴ分布	サンゴ被度、種構成、サンゴ被度・種構成の変化（調査、聞き取り）。
(2) サンゴの育成に影響を及ぼす環境要素の検討	
地形・基盤	サンゴ礁内の水深及び基盤の有無。
水温	代表地点における高水温期の水深別水温変化。
波浪・流況や砂礫の移動	サンゴ礁内の波浪・流況状況や砂礫の移動。
食害動物	サンゴ礁内の食害動物（オニヒトデ、貝類、魚類）の状況。
赤土の流入	サンゴ礁内の赤土などの堆積状況（SPSS）。
富栄養化	サンゴ礁内における栄養塩濃度、水中透明度。
(3) サンゴ幼生の供給源として望ましい箇所の検討	
サンゴ供給源	流況や拡散の状況から発生したサンゴ幼生が、サンゴ礁外への流出よりもサンゴ礁内により多く着生できる箇所。

### (1) 赤土の流入

赤土の流入は、代表地点※の SPSS（海域底質中懸濁物質含有量）により把握する。

陸域からの赤土流入により、濁りが透明度を低下させ、長期にわたって光量不足が続くと、サンゴの成長が阻害される。また、赤土の堆積は、サンゴ幼生の着底も阻害するため、赤土の流入の影響が極力小さい場所を選ぶ必要がある。大見謝（2003）によると、SPSS が  $30\text{kg}/\text{m}^3$  を上回るとサンゴ被度が低下すると報告されており、これらを基準にしてサンゴの移植可能な場所であるかどうか判断する。

実施頻度は、季節変動を把握するため、最低でも年 2 回実施する。

※代表地点は、対象海域の広さ、サンゴ分布を参考に、サンゴが多い箇所・少ない箇所、海域の調査地点の偏りが極端にならない箇所を数地点設定する。代表地点は、各環境要素の特性に応じて、地点数を設定する。

### (2) 富栄養化

富栄養化は、サンゴ礁内の代表地点における水平透明度及び採水分析による栄養塩濃度を把握する。

農地からの肥料や畜産ふん尿、あるいは生活排水が流入することにより、富栄養化した海中では、基盤上に海藻類が繁茂し、幼生の加入や成長を阻害することがある。また、植物プランクトンが増殖しやすくなるため透明度が低下し、サンゴの成長が阻害されるため、海域の富栄養化状況を水質調査で確認し、富栄養化していない場所を選定する必要がある。金城ほか（2011）によると、サンゴ被度 50%以上の海域では、全窒素(T-N) :  $0.08\text{mg}/\text{L}$  以下、全リン(T-P) :  $0.01\text{mg}/\text{L}$  以下、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}$ ) :  $0.01\text{mg}/\text{L}$  以下、リン酸態リン( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) :  $0.006\text{mg}/\text{L}$  以下、水平透明度 9m 以上が条件と報告されている。これらの値を基準として、サンゴの移植可能な場所であるかどうか判断する。

水質調査では、採水を行って全窒素(T-N)、全リン(T-P)、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素 ( $\text{NO}_3\text{-N}+\text{NO}_2\text{-N}$ )、リン酸態リン( $\text{PO}_4\text{-P}$ )等の栄養塩類を分析する。また、透明度は水平透明度を潜水目視観察により測定する。実施頻度は、季節変動を把握するため、最低でも年 2 回実施する。

## 3. 3. 2 移植

中間育成施設で育てたサンゴから移植に適したサイズまで育成したサンゴを取外し、移植場所へ運搬し、植え付けを行う。

#### 【解説】

移植に関しては「第Ⅱ編 2.4.2 移植」を参照する。

## 3. 3. 3 育成管理

移植サンゴのモニタリングを行い、必要に応じて育成管理を行う。

#### 【解説】

育成管理に関しては「第Ⅱ編 2.4.3 育成管理」を参照する。

## 引用文献

- Abrego D, Willis BL, van Oppen MJH (2012) Impact of light and temperature on the uptake of algal symbionts by coral juveniles. *PLoS ONE*, 7(11), e50311, doi:10.1371/journal.pone.0050311
- 安藤 亘・石岡 昇・岩村俊平・三宅崇智・宮地健司 (2008) サンゴ増殖礁の開発を目的としたタカセガイ中間育成礁による検証実験. *海洋開発論文集*, 24, 813-818
- 青田 徹・綿貫 啓・柴田早苗・熊谷 航・灘岡和夫・三井 順・岩尾研二・谷口洋基・大森 信 (2004) サンゴ礁形成要因としてのサンゴの成長量に与える物理環境の影響. *海岸工学論文集*, 51, 1071-1075
- Baker AC, Glynn PW, Riegl B (2008) Climate change and coral reef bleaching: An ecological assessment of long-term impacts, recovery trends and future outlook. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 80(4), 35-471
- Barshis DJ, Ladner JT, Oliver TA, Seneca FO, Traylor-Knowles N, Palumbi SR (2013) Genomic basis for coral resilience to climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(4), 1387-1392
- Berkelmans R, Van Oppen MJH (2006) The role of zooxanthellae in the thermal tolerance of corals: a nugget of hope for coral reefs in an era of climate change. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 273(1599), 2305-2312
- Buddemeier RW, Baker AC, Fautin DG, Jacobs JR (2004) The adaptive hypothesis of bleaching. In Rosenberg E, Loya Y (ed.), *Coral Health and Disease*, Springer, New York, 427-444.
- dela Cruz, D and Harrison, PL (2017) Enhanced larval supply and recruitment can replenish reef corals on degraded reefs. *Scientific Reports* 7:13985, doi:10.1038/s41598-017-14546-y
- Dixon G B, Davies SW, Aglyamova GV, Meyer E, Bay LK, Matz MV (2015) Genomic determinants of coral heat tolerance across latitudes. *Science*, 348(6242), 1460-1462
- Fukami H, Omori M, Shimoike K, Hayashibara T, Hatta M (2003) Ecological and genetic aspects of reproductive isolation by different spawning times in *Acropora* corals. *Marine Biology*, 142(4), 679-684
- 波利井佐紀 (2012) 造礁サンゴ類の初期生活史における共生成立過程. *みどりいし*, 23, 8-13
- 服田昌之・岩尾研二・谷口洋基・大森 信 (2003) 種苗生産. 大森 信(編) *サンゴ礁修復に関する技術手法—現状と展望—*. 環境省自然環境局, 東京, 13-25
- 林原 毅 (1995) 慶良間列島阿嘉島周辺の造礁サンゴ類とその有性生殖に関する生態学的研究. 博士論文, 東京水産大学, 123p
- Hayashibara T, Iwao K, Omori M (2004) Induction and control of spawning in Okinawan staghorn corals. *Coral Reefs*, 23, 406-409
- Hoegh-Guldberg O, Mumby AP, Hooten AJ, Steneck RS, Greenfield P, Gomez E, Harvell CD, Sale PF, Edwards AJ, Caldeira K, Knowlton N, Eakin CM, Iglesias-Prieto R, Muthiga N, Bradbury RH, Dubi A, Hatziolos ME (2007) Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification. *Science*, 318, 1737-1742

- 岩尾研二 (2010) サンゴをかじる種. みどりいし, 21, 34-37
- 岩尾研二・佐藤 力・平田清佳 (2014) 発生中のミドリイシ属サンゴ胚の浮沈. みどりいし, 25, 30-32
- Iwao K, Wada N, Ohdera A, Omori M (2014) How many donor colonies should be cross-fertilized for nursery farming of sexually propagated corals? *Natural Resources*, 5, 521-526
- 神田 優 (1996) ニザダイ科魚類の摂食に関わる機能形態学的研究. 東京大学農学生命科学研究科学位論文要旨, 96p
- 片山悦治郎・米澤泰雄・小松俊晶・山本秀一・安藤 亘・西崎孝之・渡邊則仁 (2014) サンゴ生息状況及び生息環境条件の重ね合わせによる沖ノ鳥島のサンゴ再移植適地検討. 日本水産工学会学術講演論文集, 129-132
- 片山美可・森田太一・鈴木久美子・米澤泰雄・片山悦治郎・山野博哉・安藤 亘・西崎孝之・渡邊則仁 (2014) サンゴの分布拡大のための時系列な高分解能衛星画像を用いた沖ノ鳥島のサンゴの把握. 日本リモートセンシング学会, 第56回学術講演会論文集, 93-94
- 加藤伶奈・服田昌之・中村良太・朝倉邦友 (2016) ミドリイシ属サンゴに着生行動を引き起こす海洋性バクテリア. 日本サンゴ礁学会第19回大会要旨集, 41
- 金城孝一・仲宗根一哉・灘岡和夫 (2011) 礁池内の栄養塩及び濁りの現状とこれらがサンゴの生息状況に及ぼす影響. 日本サンゴ礁学会第14回大会講演要旨集, 33
- 北田英之 (2002) 阿嘉島周辺に生息するウスエダミドリイシの群体あたりの産卵数. みどりいし, 13, 26-29
- 公益社団法人全国豊かな海づくり推進協会 (2016) 平成 29 年度水産多面的機能発揮対策講習会講習テキスト
- 久保弘文 (2015) タカセガイ育成礁を活用した中間育成技術開発. 平成 25 年度沖縄県水産海洋技術センター事業報告書, 75, 23-35
- 久保弘文・諏佐直子・堀井 亨・勝俣亜生 (1993) タカセガイ中間育成礁の開発IV. FRPグレーチング型付着基盤の敷設試験. 平成4年度沖縄県水産試験場事業報告, 122-133
- Levy G, Shaish L, Haim A, Rinkevich B (2010) Mid-water rope nursery-testing design and performance of a novel reef restoration instrument. *Ecological Engineering*, 36, 560-569
- Lirman D, Thyberg T, Herlan J, Hill C, Young-Lahiff C, Schopmeyer S (2010) Propagation of the threatened staghorn coral *Acropora cervicornis*: methods to minimize the impacts of fragment collection and maximize production. *Coral Reefs*, 29, 729-735
- Luna GM, Biavasco F, Danovaro R (2007) Bacteria associated with the rapid tissue necrosis of stony corals. *Environmental Microbiology*, 9, 1851-1857
- Mascarelli A (2014) Designer reefs. *Nature*, 508(7497), 444
- Morse ANC, Iwao K, Baba M, Shimoike K, Hayashibara T, Omori M (1996) An ancient chemosensory mechanism brings new life to coral reefs. *Biological Bulletin*, 191, 149-154
- Morse DE, Hooker N, Morse ANC, Jensen RA (1988) Control of larval metamorphosis and recruitment in sympatric agariciid corals. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 116, 193-217

- 中嶋亮太・田中泰章 (2014) サンゴ礁生態系の物質循環におけるサンゴ粘液の役割-生物地球化学・生態学の視点から-. 日本サンゴ礁学会誌, 16, 3-27
- Nakamura T, Yamasaki H (2008) Flicker light effects on photosynthesis of symbiotic algae in the reef-building coral *Acropora digitifera* (Cnidaria: Anthozoa: Scleractinia). *Pacific Science*, 62(3), 341-350
- Nedimyer K, Gaines K, Roach S (2011) Coral tree nursery: an innovative approach to growing corals in an ocean-based field nursery. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation International Journal of the Bioflux Society* 4, 442-446
- Negri AP, Webster NS, Hill RT, Heyward AJ (2001) Metamorphosis of broadcast spawning corals in response to bacteria isolated from crustose algae. *Marine Ecology Progress Series*, 223, 121-131
- 日本サンゴ礁学会サンゴ保全委員会 (2008) 造礁サンゴ移植の現状と課題. 日本サンゴ礁学会誌, 10, 73-84.
- 西平守孝 (1995) サンゴ礁 生物がつくった〈生物の楽園〉. 平凡社 東京, 93p
- Nozawa Y, Isomura N, Fukami H (2015) Influence of sperm dilution and gamete contact time on the fertilization rates of scleractinian corals. *Coral Reefs*, 34, 1199-1206
- 岡田 亘・安武陽子・鈴木 豪・林原 毅・安藤 亘・石岡 昇・内田 智・中村浩介 (2016) サンゴ幼生の収集・保持・着生装置の開発. 日本水産工学会学術講演会論文集, 31-34
- 沖縄県環境部自然保護課 (2017) 沖縄県サンゴ礁保全再生事業総括報告書, 8+182+134+3+1+7+8p, <http://www.pref.okinawa.lg.jp/site/kankyo/shizen/hogo/sangohozensaisei.html>
- 大見謝辰男 (2003) SPSS簡易測定法とその解説. 沖縄県衛生環境研究所報, 37, 99-104
- Omori M (2005) Success of mass culture of *Acropora* corals from egg to colony in open water. *Coral Reefs*, 24, 563
- 大森 信 (2016) 連結式サンゴ幼生着床具は最良のCoral babe magnetではない: すぐれたサンゴ幼生の着生基盤についての考察. 日本サンゴ礁学会誌, 18, 1-9
- Omori M, Higa Y, Shinzato C, Zayasu Y, Nagata T, Nakamura R, Yokokura A, Janadou S (2016) Development of active restoration methodologies for coral reefs using asexual reproduction in Okinawa, Japan. *Proceedings of 13th International Coral Reef Symposium*, 359-377
- 大森 信・比嘉義視・新里宙也・座安結奈・中村良太・長田智史 (2015) サンゴの種苗生産と植え付け技術の進歩. 日本サンゴ礁学会第 18 回大会講演要旨集, 141
- 大森 信・岩尾研二 (2014) 有性生殖を利用したサンゴ種苗生産と植え付けによるさんご礁修復のための技術手法: 付, 積極的なさんご礁修復再生事業に役立つ参考論文集. 熱帯海洋生態研究振興財団, 東京, 63p
- Omori M, Kajiwara K, Matsumoto H, Watanuki A, Kubo H (2007) Why corals recruit successfully in top-shell snail aquaculture structures? *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 8, 83-90
- Omori M, Kubo H, Kajiwara K, Matsumoto H, Watanuki A (2006) Rapid recruitment of corals on top shell snail aquaculture structures. *Coral Reefs*, 25, 280
- Rinkevich B (2006) The coral gardening concept and the use of underwater nurseries:

- Lessons learned from silvics and silviculture. In: Precht WF (ed.) Coral Reef Restoration Handbook, CRC Press, Florida, 291-301
- Rinkevich B (2014) Rebuilding coral reefs: does active reef restoration lead sustainable to reefs? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 7, 28-36
- Sen S, Yousif OM (2016) Development of a coral nursery as a sustainable resource for reef restoration in Abu Al Abyad Island, Abu Dhabi, United Arab Emirates, Arabian Gulf. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies*, 18, 3-8
- Shafir S, Edwards A, Rinkevich B, Bongiorno L, Levy G, Shaish L (2010) Constructing and managing nurseries for asexual rearing of corals. In: Edwards A (ed.) Reef Rehabilitation Manual. Coral Reef Targeted Research and Capacity Building for Management Program, St Lucia, 49-72
- Shafir S, van Rijin J, Rinkevich B (2006) A mid-water coral nursery, *Proceedings of 10th International Coral Reef Symposium*, 1674-1679
- 新保裕美・山木克則・田中昌宏 (2013) 港内のサンゴ生息地適性指標モデル (HSIモデル) の開発. *土木学会論文集B2*, 69(2), I\_1231-I\_1235
- 白木喜章・山本秀一・片山悦治郎・安藤 亘・西崎孝之・渡邊則仁 (2014) 沖ノ鳥島におけるサンゴ幼生追跡シミュレーション. *日本水産工学会学術講演論文集*, 133-136
- Suzuki G, Arakaki S, Suzuki K, Iehisa Y, Hayashibara T (2012) What is the optimal density of larval seeding in *Acropora* corals?. *Fisheries Science* 78, 801-808
- Suzuki G, Kai S, Yamashita H, Suzuki K, Iehisa Y, Hayashibara T (2011) Narrower grid structure of artificial reef enhances initial survival of in situ settled coral. *Marine Pollution Bulletin*, 62, 2803-2812
- Suzuki G, Yamashita H, Kai S, Hayashibara T, Suzuki K, Iehisa Y, Okada W, Ando W, Komori T (2013) Early uptake of specific symbionts enhances the post-settlement survival of *Acropora* corals. *Marine Ecology Progress Series*, 494, 149-158
- Tebben J, Motti CA, Siboni N, Tapiolas DM, Negri AP, Schupp PJ, Kitamura M, Hatta M, Steinberg PD, Harder T (2015) Chemical mediation of coral larval settlement by crustose coralline algae. *Scientific Reports*, 5:10803. doi: 10.1038/srep10803
- 塚本拓人・山本秀一・安藤 亘・石岡 昇・内田 智・中村浩介・鯉渕幸生 (2015) 長期インターバルカメラを用いた移植サンゴの生残・成長解析. *日本サンゴ礁学会第17回大会要旨集*, 68
- van Oppen MJ, Oliver JK, Putnam HM, Gates RD (2015) Building coral reef resilience through assisted evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(8), 2307-2313
- 依藤実樹子・波利井佐紀・中村良太・朝倉邦友 (2016) 将来の高水温とサンゴ共生褐虫藻の変化-長期飼育実験の結果-. *日本サンゴ礁学会第19回大会要旨集*, 68
- Yorifuji M, Harii S, Nakamura R, Fudo M. (2017) Shift of symbiont communities in *Acropora tenuis* juveniles under heat stress. *PeerJ*, 5, e4055, doi.org/10.7717/peerj.4055
- 依藤実樹子・波利井佐紀・中村良太・西崎孝之・渡邊則仁 (2014) 高水温環境下で稚サンゴの共生褐虫藻はどう変化するのか? *日本サンゴ礁学会第17回大会要旨集*, 72
- 依藤実樹子・波利井佐紀・中村良太・内田智・中村浩介 (2015) 稚サンゴの遺伝的差異と高水

温下における共生褐虫藻の変化. 日本サンゴ礁学会第 18 回大会要旨集, 15

Yuyama I, Nakamura T, Higuchi T, Hidaka M (2016) Different stress tolerances of juveniles of the coral *Acropora tenuis* associated with clades C1 and D *Symbiodinium*. *Zoological Studies*, 55(19), doi:10.6620/ZS.2016.55-19