

はじめに

この本は、沖縄に分布するソフトコーラルのさまざまな種類を紹介することを目的に作られました。

沖縄は、いくつものサンゴ礁を見ることのできる日本では唯一の場所です。サンゴ礁は、体内に**共生藻**をもつイシサンゴ類（造礁サンゴ類または有藻性イシサンゴ類）が作り出した地形ですが、そこには他では見ることのできない多くの生物がすんでいて、独特のサンゴ礁生態系が発達しています。

サンゴ礁生態系を構成する主役は造礁サンゴ類ですが、サンゴ礁の海底には、実は造礁サンゴ類と共に多数のソフトコーラルがすんでいます。場所によっては、造礁サンゴ類よりもたくさんの種類のソフトコーラルがすんでいたり、あたり一面がソフトコーラルだらけの場所もあります。ソフトコーラルは、1900年代の初めには世界中から 500 種以上が報告されていました。その後のスキューバダイビングや深海調査船の発展によって、現在では世界で 3200 種以上が記録されています。ソフトコーラルに対して、硬い骨格を作ることからハードコーラルと呼ばれているイシサンゴ類は、現在までに知られている種類数は約 1600 種なので、ソフトコーラルはイシサンゴ類の 2 倍以上の種類が見つかっていることとなります。

しかしソフトコーラルは、特に日本では研究が遅れていたこともあって、一般の人々にはまだまだ馴染みの少ない動物です。そこでこの本では、ソフトコーラルはどのような生き物なのか、ということや、ソフトコーラルの種類を調べる方法についても紹介しました。この本によって、ソフトコーラルに興味を持つ人が少しでも増えたり、あるいはソフトコーラルを調べてみようという人が現れることがあれば、大変うれしいことです。

なお、この本は、沖縄美ら島財団と黒潮生物研究所が 2011 年から行った共同研究の成果の一部を中心に取りまとめたものです。

I ソフトコーラルはサンゴの仲間

1. サンゴ（刺胞動物門・花虫綱）

ソフトコーラルは植物のような形をしている種類が多いが、サンゴの仲間の動物であって、イソギンチャク類やクラゲ類等と共に**刺胞動物門**に含まれている（図1）。刺胞動物門というのは、**刺胞**という特別な細胞（刺細胞）を持つ動物全体に対して与えられた名前であるが、刺胞動物門に属する動物は、刺胞以外にも共通する特徴を持っている。その一つは、食物を消化すると共に、そこで得られた栄養分を体内全体に配分するための**胃水管系（＝腔腸）**と呼ばれる消化循環系を持っていることである。胃水管系は口と、口に続き体内の大部分を占める大きな空所である**胃腔**と、隣り合う胃腔をつなぐ**導管**で構成されていて、口から入った食物を消化し、栄養を体内全体に送る役割を担っている。また胃水管系は、酸素を体内の各所に送る機能と、排泄物を体外に放出する機能も兼ねている。その他にも、卵から発生する過程ですべての種類が、プラナラと呼ばれる幼生期を持つことも刺胞動物門に共通した特徴である。胃水管系を持つ動物には、刺胞動物門以外にもクシクラゲ類をまとめた**有櫛動物門**があり、

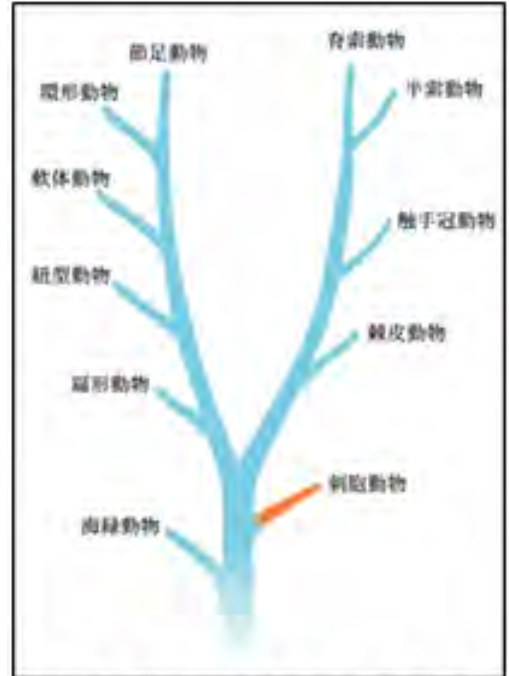


図1. 主な動物門の進化系統樹。(今原2007を引用)

これら両動物門をひとまとめにして**腔腸動物門**と呼ぶこともあった。しかし、刺胞動物門と有櫛動物門とは、刺胞の有無以外にも細胞の性質や幼生の形が異なること、分子系統学でも祖先が異なることが示されていて、現在は、自然界での腔腸動物門の存在は否定されている。

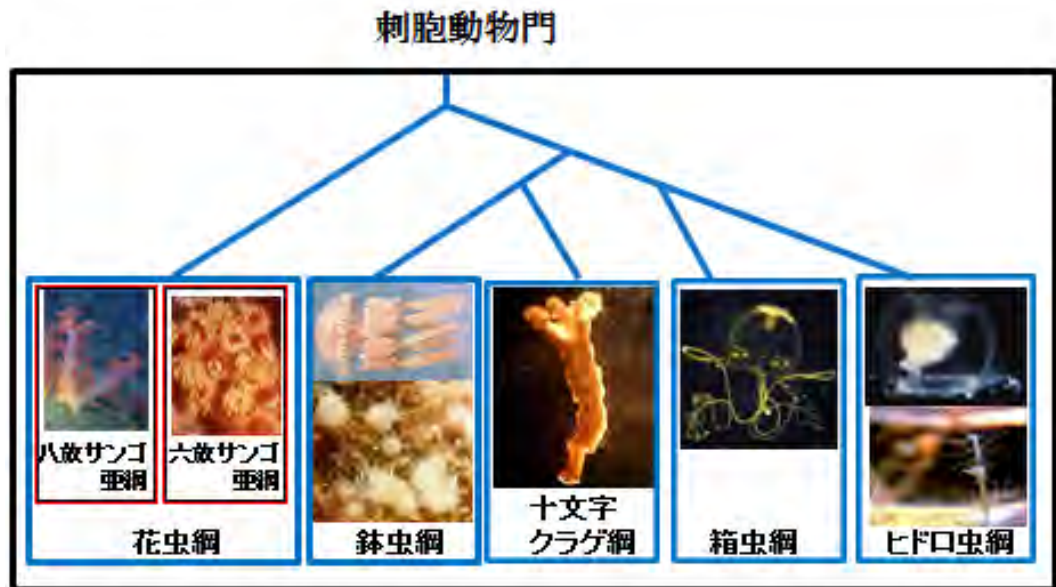


図2. 刺胞動物門を構成する動物たち。左から、八放サンゴ亜綱: ベニウミサカ(YI); 六放サンゴ亜綱: イボヤギ(YI); 鉢虫綱: タコクラゲとミズクラゲのポリプ(SK); 十文字クラゲ綱: ムシクラゲとその卵(SK); 箱虫綱: ヒメアンドンクラゲ(SK); ヒドロ虫綱: ベニクラゲとそのポリプ(SK)。

また、刺胞動物門の仲間には、イソギンチャク類のように海底に定着する**ポリプ型**と、海中

を漂うクラゲ型の二つの生活型がある。一生を通してポリプ型だけで過ごす仲間は**花虫綱**としてまとめられている。一方、一生の中で、ある期間はポリプ型として過ごし、それ以外の期間はクラゲ型として生活する、すなわち一生の中でポリプ世代とクラゲ世代の**世代交代**を行う仲間は、クラゲ類と呼ばれていて、これらは分類学的には**鉢虫綱**（ミズクラゲ、エチゼンクラゲ等）、**十文字クラゲ綱**（ジュウモンジクラゲ、ムシクラゲ等）、**箱虫綱**（ハブクラゲ、アンドンクラゲ等）、および**ヒドロ虫綱**（オワンクラゲ、カツオノエボシ、シロガヤ等）の4綱に分類されている（図2）。

2. 八放サンゴ亜綱と六放サンゴ亜綱（花虫綱）

花虫綱は、一生をポリプ世代として過ごして、クラゲ世代の無いこと以外に、胃腔内部を放射状に仕切る6個以上の**隔膜**があること、口は円形ではなくてスリット型であること、口と胃腔の間に**外胚葉性の口道**（咽頭）があること等が他の刺胞動物とは異なる。口道の両角または片角には、長い**繊毛**を備えた溝である**管溝**があることも、他の刺胞動物とは異なる特徴の一つである。管溝は、胃腔への水の通路として機能する。なお、ポリプ世代のみの花虫綱は、一生の大部分の期間を海底に定着して過ごす。卵から孵化したばかりの**プラヌラ幼生**の時期は、海中を漂い、海中を移動する。なお、花虫綱以外でも、海底に着生してすむ底生生物（＝ベントス）の大部分の種類は、**有性生殖**によって卵から孵化した幼生が海中を漂う浮遊生物（＝プランクトン）として過ごす時期を持っている。海底に固着したり、あるいは移動能力があっても広範囲を自由に移動する能力に劣るベントスにとつての浮遊性幼生期は、海中を移動して分布範囲を拡大したり、移動先で多数の仲間と出会う繁殖することにより**遺伝的多様性**を高めるという面で、種の生存戦略において重要な役割を担っている。

花虫綱は、**八放サンゴ亜綱**と**六放サンゴ亜綱**に大分される。八放サンゴ亜綱と六放サンゴ亜綱の違いは、ポリプの構造を見れば一目瞭然である。八放サンゴ亜綱は、ポリプの**触手**の数が常に8本であって、隔膜の数も常に8個であることを大きな特徴とする。また、八放サンゴ亜綱の触手は、

ほとんどの場合、両側に数本の**羽枝**を付けているので**羽状触手**と呼ばれる（図3）。一方、六放サンゴ亜綱は、6, 10, 12またはそれ以上の数の触手を持ち、隔膜の数が多くの場合6の倍数であるという特徴を持っていて、触手の形も、ハナブサイソギンチャク類のように、枝分かれした触手

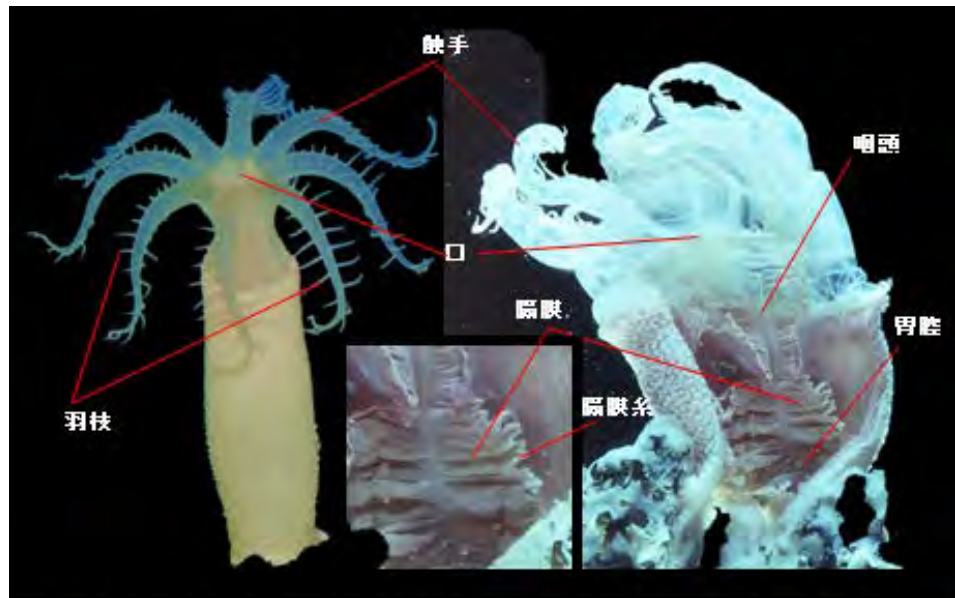


図3. 八放サンゴ類のポリプの構造。ヒトツトサカ *Bathyalcyon robustum* の全体像と縦断面。(YI)

を持つ種類も稀にいるが、ほとんどの種類では細長い円錐状の単純な形をしている。なお、六放サンゴ亜綱は、**イソギンチャク目**、**イシサンゴ目**（ハードコーラル）、**ホネナシサンゴ目**、**スナギンチャク目**、**ツノサンゴ目**、**ハナギンチャク目**の6目に分けられている。また、

幼生の形態や遺伝子情報等から、ハナギンチャク目を六放サンゴ亜綱中の目レベルではなくて、花虫綱のハナギンチャク亜綱と見なす研究者も増えている。

八放サンゴ亜綱のポリプには、触手を付けた**通常ポリプ**と触手を付けない**管状ポリプ**がある(図4)。一つの**群体**が通常ポリプしかもたない場合を**単型**と呼ぶ。それに対して、一つの群体の中に通常ポリプと管状ポリプの両方がある場合を**二型**と呼ぶ。さらに、八放サンゴ亜綱のウミエラ目の中には、**中間ポリプ**や**頂上ポリプ**というような独特の形と大きさのポリプが見つかっていて、このような場合を**多型**と呼ぶ。なお、本項では、単に「ポリプ」という場合は、通常ポリプを指す。

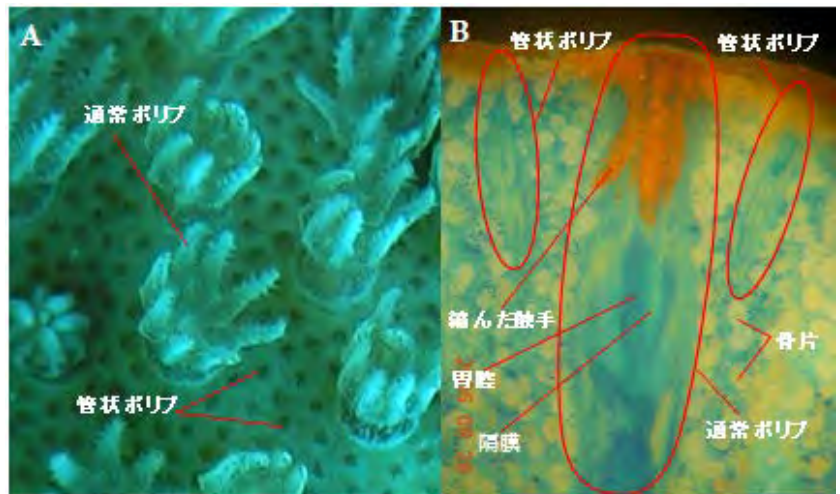


図4. ポリプの二型. A: ウミキノコ属 *Sarcophyton*; B: ウミテングタケ属 *Anthomastus*. (YI)

八放サンゴ亜綱は、ほとんどの種類が群体性である。群体は、卵から成長した最初の**母ポリプ**が、その胃腔または胃腔に続く導管から**娘ポリプ**を出芽することによって形成される。母ポリプは複数の娘ポリプを出芽し、娘ポリプも複数の子供のポリプを次々に出芽することで、母ポリプを中心とした群体が成長する。一つの群体中では、それぞれのポリプは導管でつながっているので、すべてのポリプが栄養や呼吸を分け合っている。群体動物の中には、管クラゲ類やコケムシ類のように単一のポリプに相当する**個虫**ごとに摂餌や消化、繁殖というような機能を分化している動物が知られている。しかし、八放サンゴ亜綱では、すべての通常ポリプが、摂餌、消化、呼吸、繁殖(=配偶子形成)、および海水を体内に取り入れたり、あるいはその逆に体外に排泄したりという生理機能全般を担っている。ポリプに二型がある場合の管状ポリプは、通常ポリプが持つ機能中の海水の吸排機能に特化していることが知られているほか、種によっては、配偶子形成を管状ポリプが行うことが知られている。また、通常ポリプと管状ポリプの両方が配偶子形成を行う種の存在も知られている。しかし八放サンゴ亜綱では、前述の管クラゲ類やコケムシ類のようなポリプごとの多様な機能分化はない。言い換えると、特に通常ポリプは、どのポリプも個体として生きていくのに必要な生理機能を完結している。そのことが後述するように、個々の通常ポリプが、**無性生殖**による新たな群体を形成することを可能にしている、八放サンゴ亜綱の繁殖生態を旺盛にしている。なお、無性生殖による群体形成は、八放サンゴ亜綱に限らず群体性の六放サンゴ亜綱全般においても見ることのできる繁殖生態であって、この旺盛な繁殖方法がサンゴ礁形成にも大きく寄与している。

3. ソフトコーラル(八放サンゴ亜綱・ウミトサカ目)

(1) ソフトコーラルとその他の八放サンゴ亜綱

八放サンゴ亜綱の仲間は、次の3目に分類されている。すなわち、炭酸カルシウムの強固な骨格を形成する固着性の**アオサンゴ目**、骨格の代わりに炭酸カルシウムでできた長さ数十 μ ~数mmの**骨片**を体内に多数含む固着性または定着性の**ウミトサカ目**、砂泥の海底に群体の下方を突き刺して着生し、時に一斉に抜け出して移動能力のある**ウミエラ目**の3目である。

このうちのウミトサカ目は、八放サンゴ亜綱中では最も大きなグループで、現在では 3200 種以上が報告されている。ウミトサカ目の仲間は、種類数が多いだけでなく、大きさと外部形態もさまざまである。たとえば、**底質**に貼り付いた薄いリボン状の走根から全高わずか 1 mm 前後のポリプが立ち上がるハナゴケ属の仲間から、全高数 cm の指状をしたウミイチゴ属やオオミナベトサカ属等、キノコ状をした高さ数 cm のウミテングタケ属と高さが 50 cm を超すことのあるウミキノコ属、高さは 10 cm 前後でも直径が数 m の塊状に成長することのあるカタトサカ属やウネタケ属等、長さ 2 m に達する単純な鞭状をしたミゾヤギ属等がある。また、樹状の種類においても、扇型をした高さ数 cm のイソハナビ属から、全高 7 m を超す巨大な樹状のサンゴダマシ属、左右に分岐した枝から多数の細長い枝が並行して直立して堅琴状になるタテゴトヤギ属（新称）*Ctenocella*、ケヤキのようにこんもりとした樹状のトゲトサカ属等、その大きさと外部形態は千差万別である。

ウミトサカ目には、このようなさまざまな大きさと外部形態が見られるが、共通する特徴として、それぞれのポリプの胃腔は、直接かあるいは隣接するポリプの胃腔と合流して、群体の基部にまで到達している。隣接するポリプ間には非細胞性基質である **中膠**^{ちゅうこう}が充満している。多くの場合、細胞構造物であるポリプ外皮、群体外皮、胃腔壁と共に、中膠にもさまざまな形の微小な骨片が散在している。

現在の分類体系では、ウミトサカ目は、**原始八放サンゴグループ**、**ウミヅタグループ**、**ウミトサカグループ**、**石軸グループ**、**角軸亜目**、**石灰軸亜目**の、4 グループと 2 亜目 (Fabricius & Alderslade 2001) およびこれらのいずれにも属さない 5 科に分けられる。また、研究者によっては、原始八放サンゴグループのハイメア科をいずれにも属さない独立科 *Haimeidae* としたり、ウミトサカグループのカクレトサカ科トガリトサカ属を、やはりいずれにも属さないトガリトサカ科 *Viguiertidae* とすることもある。なお、角軸亜目のフタヤギ科も独立科と考える研究者もいて、ウミトサカ目の分類体系は今後大きく変化する可能性を含んでいる。下記に、これらの 4 グループと 2 亜目および本書に掲載した 1 独立科の概要を示した (図 5)。

- ・ **原始八放サンゴグループ *Protoalcyonaria*** (日本からは未記録) : 八放サンゴ亜綱中で唯一単体性の八放サンゴ類 (p. 35)。
- ・ **ウミヅタグループ *Stolonifera*** : 底質表面に広がるリボン状やシート状、あるいは小さな小枝状やヤブ状で、ポリプは走根または母ポリプの花柄である小枝の途中から直接単生する (p. 35)。
- ・ **ウミトサカグループ *Alcyoniina*** : シート状や指状から直径 1 m を超す塊状やキノコ状、あるいは高さ 1 m を超すことのある樹状までのさまざまな外部形態がみられるが、群体の中軸に**骨軸**はない。隣り合うポリプが**共肉**中の**導管(溝道)**で互いに連絡する (p. 43)。
- ・ **石軸グループ *Scleraxonia*** : 群体の中軸に炭酸カルシウムの骨片が単独かあるいは膠着してできた中実の骨軸をもつ樹状、稀に分厚いシート状 (p. 139)。
- ・ **角軸亜目 *Holaxonia*** : 角質の剥片が層をなして固着した軸皮層と、中心部が多少とも中空の小房室に分かれた構造の骨軸を持つ樹状。
- ・ **石灰軸亜目 *Calcaxonia*** : 均質に石灰化した硬い骨軸を持つ樹状やムチ状。
- ・ **ハナウミイチゴ科 *Parasphaerascleridae*** : 指状又はグローブ状の群体で、ポリプに骨片を欠く。共肉の骨片は放射状または球状。本科を新設した McFadden & Ofwegen (2013) は、ウミイチゴ属中の南アフリカ産の *Eleutherobia aurea* Benayahu & Schleyer, 1995 と *E. rotifera* (Thomson, 1910)、パラオ産の *E. grayi* (Thomson & Dean, 1931) と、南アフリカ産のウミトサカ属の *Alcyonium valdiviae* Kükenthal, 1906 (いずれも種の和名なし)、および日本産シロバナウミイチゴの 5 種を本科のハナウミイチゴ属 *Parasphaerasclera* に移した (p. 80)。

これらの中で、群体の中軸に骨軸を持つ石軸グループと角軸亜目および石灰軸亜目の合計1グループ2亜目は、従来はヤギ目 *Gorgonacea* を構成していた。現在ではヤギ目としてまとめる体系は破棄されているが、便宜上これらを一括してヤギ類（シーファン sea fan）と呼ぶことがある。なお、ウミエラ目も、石灰軸亜目と同様の均質に石灰化した硬い骨軸をもつことが多くて、分子系統学では、石灰軸亜目とウミエラ目が系統的に近い関係であることを示す結果も報告されている。本書では、原始八放サンゴグループ、ウミツタグループ、ウミトサカグループ、および石軸グループの一部（比較的最近までウミツタグループに含まれていたムラサキハナヅタ等）を、ソフトコーラル soft coral と呼ぶ。



図5. 八放サンゴ亜綱 Octocoralliaの構成。(YI)

(2) ソフトコーラルの繁殖戦略

(i) 有性生殖

ソフトコーラルは、無性生殖の一種である出芽法によってポリプを増殖するが、有性生殖ももちろん行う。Kahng 他 (2011) が取りまとめた報告では、それまでに5科32属113種（ハナゴケ科1属2種、ウミツタ科2属5種、ウミトサカ科12属60種、チヂミトサカ科9属15種、ウミアザミ科8属31種）のソフトコーラルの有性生殖の内容が確認されている。その中で雌雄異体の種は73.5%、雌雄同体の種は10.6%、雌雄異体で稀に雌雄同体の群体の混じる種は7.1%、群体により雌雄異体と同体の混在する種は1.8%（ウミトサカ科のみ）、単為生殖をおこなう種はウミトサカ科の2種が報告されてきた。また、産卵様式についても、放卵放精型41.6%、プラヌラ放出型38.1%、体表^{いくすう}育雛型8.0%が記録されている。これらのことから、ソフトコーラルが多様な繁殖戦略をとっていることが明らかになりつつある。

(ii) 無性生殖（群体形成）

ソフトコーラルは、前述のように有性生殖により誕生した最初の母ポリプの導管から新た

な娘ポリプを出芽することによって群体を形成する（図 6）。同じ花虫綱の六放サンゴ亜綱では、ポリプの出芽以外にポリプの分裂により群体を形成することが知られている。しかしソフトコーラルでは、ウミアザミ科で群体の一部が分裂して新たな群体を生じることや、チヂミトサカ科で群体の枝の一部が脱落して、その枝から新たな群体が形成されることはあっても、ポリプが分裂する生殖法は知られていない。

出芽が生じる部位は種類ごとに決まっている。ウミツタグループウミツタ科のウミツタ亜科では、ポリプ下端のリボン状やシート状に伸長する**走根**から新たなポリプが出芽するが、コエダ亜科では長く伸長したポリプの**花柄**から新たなポリプを出芽する。また、クダサンゴ科では、花柄下端から伸びた板状走根以外に、花柄の中間の高さから横板と呼ばれる板状の走根が水平に伸長し、横板はそのまま隣り合うポリプの花柄と融合して2階建ての板状走根を形成し、2階部分からも新たなポリプを出芽する。クダサンゴ科は、このように次々に板状走根を縦層化することにより、立体的な群体を形成する（図 39）。ウミトサカ科やチヂミトサカ科のような塊状や樹状群体（図 8J-L）を形成するグループでは、娘ポリプの導管から孫ポリプが出芽し、孫

ポリプはさらに新たなポリプを出芽するという生殖を繰り返すことにより、立体的な群体を形成する。またウミアザミ科の中には、このようなポリプの導管からの出芽以外に、ウミツタ亜科で行われている走根からの出芽に似て、底質を覆うシート状の共肉から新たなポリプを出芽する方法も知られている。ウミツ

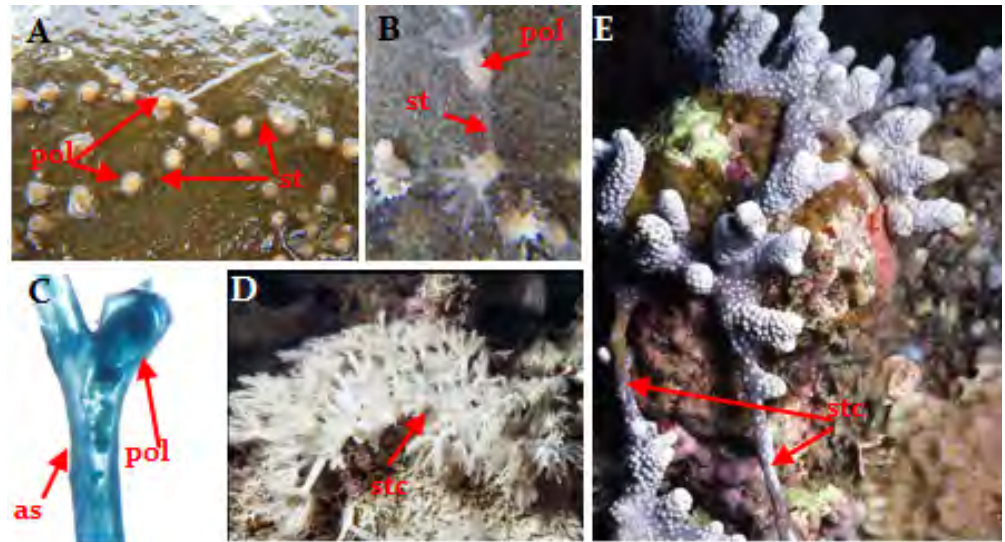


図6. ソフトコーラルの出芽法. A-B: リボン状走根から出芽するコマイハナゴケ *Cervera komaii*; C: 母ポリプの花柄の中間から出芽するハナノエダ属 *Pseudocladochonus*; D: シート状共肉から出芽するイタアザミ属 *Anthelia*; E: 群体から伸びる走根状共肉から新たな群体が発生するゴツレウミアザミ属 *Efllatounaria*. As: 花柄; pol: ポリプ; st: 走根; stc: 走根状またはシート状共肉。(すべてYI)

タ亜科では、新たなポリプはもっぱら走根のみから発生するが、ウミアザミ科では、シート状共肉から生じたポリプが母ポリプとなり、その結果、元の母群体に繋がる娘群体が次々に生じて、ついには広い面積を覆う大群体が形成されることがある。

(3) ソフトコーラルと他の生物やヒトとの関わり

熱帯、亜熱帯海域では、ハードコーラルがサンゴ礁という安定的な地形を形成して、他の生物にとっての生息環境を提供したり、漁業生物の生産性向上に寄与したりしている。その一方でソフトコーラルは、群体が柔軟なうえに多くの種が群体の伸縮活動を行うので、ハードコーラルのような安定的な地形の形成に寄与することは少ない。もっとも、Jeng 他(2011)は、群体内に長さ 3 mm を超す紡錘状骨片を充満させているカタトサカ属がサンゴ礁形成に貢献していることを報告している。しかし、チヂミトサカ科やウミトサカ科の一部の種、あるいはタイマツトサカ科の一部の種の中には高さ 50 cm 以上の立体的な群体を形成する種も多

く、それらのソフトコーラルは、小魚やカクレエビ類、タカラガイ類、多毛類、クモヒトデ類等をはじめ、多くの生物によって棲家^{すみか}として利用されている。また、そのような生物の中には、ソフトコーラルのポリプやあるいは群体表面に分泌される粘液を餌として利用しているものも多く、これらの生物は、生活の大部分をソフトコーラルに依存している。

また、日本でも 1970 年ころより、ソフトコーラルからさまざまな抗菌作用や抗アレルギー作用等を持つ有機物が抽出されており (Tomono 他 1999, Kato 他 2008, Yamashita 他 2009 等)、これらの有機物からは医薬品や農薬が生産されている。さらに、近年では種々の蛍光タンパク質の抽出が行われるなど、人との関わりも無縁ではない。