

## 腔腸動物の教材化

講師：加藤憲一（大阪教育大学）

担当：加賀友子・武内孝平・吉原智子・笠原敦子

### 1. なぜ腔腸動物をとりあげるのか

動物の体制を個体レベルでみると、形態の複雑さに応じて単細胞動物から脊椎動物にいたる様々な段階として区分できる。腔腸動物は、一般には二胚葉性の動物で、明白な組織器官を備えた最も単純な動物とされている。個体構築という観点からすれば、腔腸動物は個体発生の過程で、卵の上下軸性が幼生あるいは成体の軸性（植物極側が口となり、ポリプ型では上とも呼ばれる）成立の基となり、さらに花虫類のみならず若干のヒドロ虫類でさえ背腹性が認められるものでもある。さらに、ヒドラやイソギンチャク類以外のものは生活史の中で著しく異なる形態と生活様式を示す複数の段階より成る変態過程をもっているのが普通である。このような生活史上での多様な形態の展開は、生物の進化を考える上でしばしば重要な鍵を与えられている。本講座でこのような生活史の具体例を素材とする理由である。

他の観点からも、腔腸動物は材料の選択が適切であるなら、学習目的に応じて、生徒に新鮮な、時には不思議な印象を与えることができる。例えば、よく例にでる再生現象があげられよう。生物は内的あるいは外的状況に応じて調節する力がある。環境適応、神経・ホルモンによる調節などは良く知られている。再生は、個体レベルにおける形態の機能回復で、調節の最たる事象である。ヒドラは切り出された小片でも復元できる。これは個体の損傷を回復する再生というよりむしろ個体の

再構築という方が適切である。個体細胞に分離された細胞同士が再接着し、ポリプ化する現象は、細胞集合と個体形成の間に潜む未知のなにもものかを感じさせる出来事である。これらは、本講座の3と4で取り上げられる。

腔腸動物には単体生活のものだけでなく群體生活をするものが多い。群體は個体あるいは種の維持装置として、分業機能を発達させたり、環境適応力を大きくするものとも見ることができる。他面では個体の持つ意味についても考えることができよう。

以上のテーマとは異なるが、消化細胞にクロレラを持つクロロヒドラ（通称グリーンヒドラ）にも触れていただく。クロレラは体内で無限に増殖するわけではなく、一定量でおさえられているし、光条件さえ与えられれば投飼しなくても生存可能である。ヒドラにも利点があるようなので共生と言えよう。しかし、クロレラとその宿主ヒドラの間には一定の種間関係があり、クロレラを受けつけないものもあり、その組合せではクロレラが増加しても宿主を殺すことになり、寄生的である。この事象が、生物界における種相互関係の多様さとバランスについて考える素材となろう（文献10参照）。

### 2. 生活史の観察とその意義

腔腸動物は分類学的には刺胞動物門（ヒドロ虫類、鉢クラゲ類、花虫類の3綱に分けられている）と有櫛動物門（クシクラゲ類）を総括した通称名であるが、ここでは前者のみをとりあげる。このうち、ほとんどのヒドロ

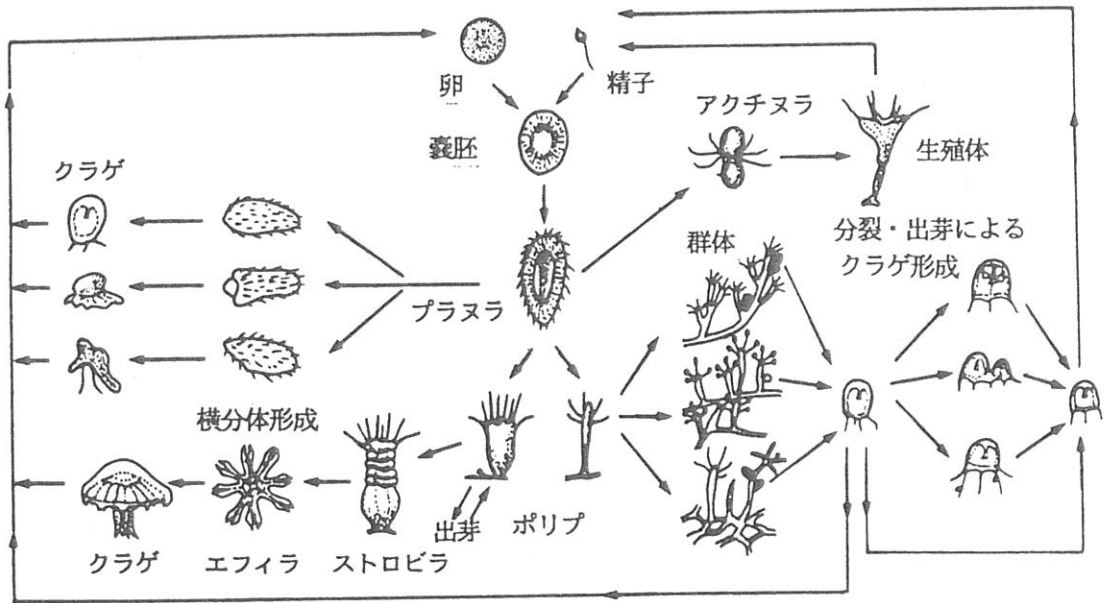


図1 ヒドロ虫類・鉢クラゲ類を中心とした生活史

虫類と鉢クラゲ類の生活史は実に多様な展開をみせる(図1)。生活史は誕生から死に至る過程であるが、しばしば次代を生み出す有性世代(配偶子形成期)に入る時期を中心とした一年単位の生活環として捉えられている。生殖の観点からすれば、腔腸動物の生活史は新しい遺伝子構成を持った次世代を生産する有性的システムと元の遺伝子構成のものを増やす無性的システムより成り立っている。後者は一年単位でなく多年にわたる生産システムであるが、結局は有性世代へのつなぎとしての補助システムとして捉えることができよう。

しかし、この無性世代での形態上の、また生活型としての多様さには目を見張るものがある。例えば鉢クラゲ類(ミズクラゲ、アカクラゲなど)におけるポリプの体節化と各体節が独立した幼クラゲ(エフィラ)になるわずか2週間程のできごとは、体節を持つ環形動物の起源を想像させるものとも言える。またヒドロ虫類のあるものの群体は、個員が分業化し、有性生殖までの一時期というより、恒常的に安定化した多数個体の生存維持構造であるように思える。

このような生活史を実際に観察するには、適切な材料を採集し、一定条件で飼育することが不可欠である。すすめられるのは、初夏に海岸で採集できるミズクラゲやアカクラゲである。これらの雌を採集し、口腕を振るとプラヌラが分離するので、それらをピペットで採取しシャーレーに移しておく数日以内に固着し、ポリプ化する。ポリプにブラインシュリンプの幼生を与えて飼育すれば、ポリプは成長し、出芽法により次々に数を増やす。ある程度大きくなったもの(体高1mm以上)を、低温(13℃~15℃)に移すと10日目を過ぎる頃から、横方向に溝が形成され始めいわゆるストロビラが得られる。その後1週間程度でエフィラとして分離する。この過程は生材料で観察していただく(図2参照)。

ヒドロ虫類の1種ムツノエダアシクラゲの群体も生材料で観ていただく(図3)。この種の群体は分業体制をとらず、すべてのポリプが捕食する栄養個員であり、また中央部で有性世代のクラゲ芽を形成する生殖個員である。

いずれにせよ、無性世代のポリプから有性世代を生み出す時、ポリプ時の構造はそのま

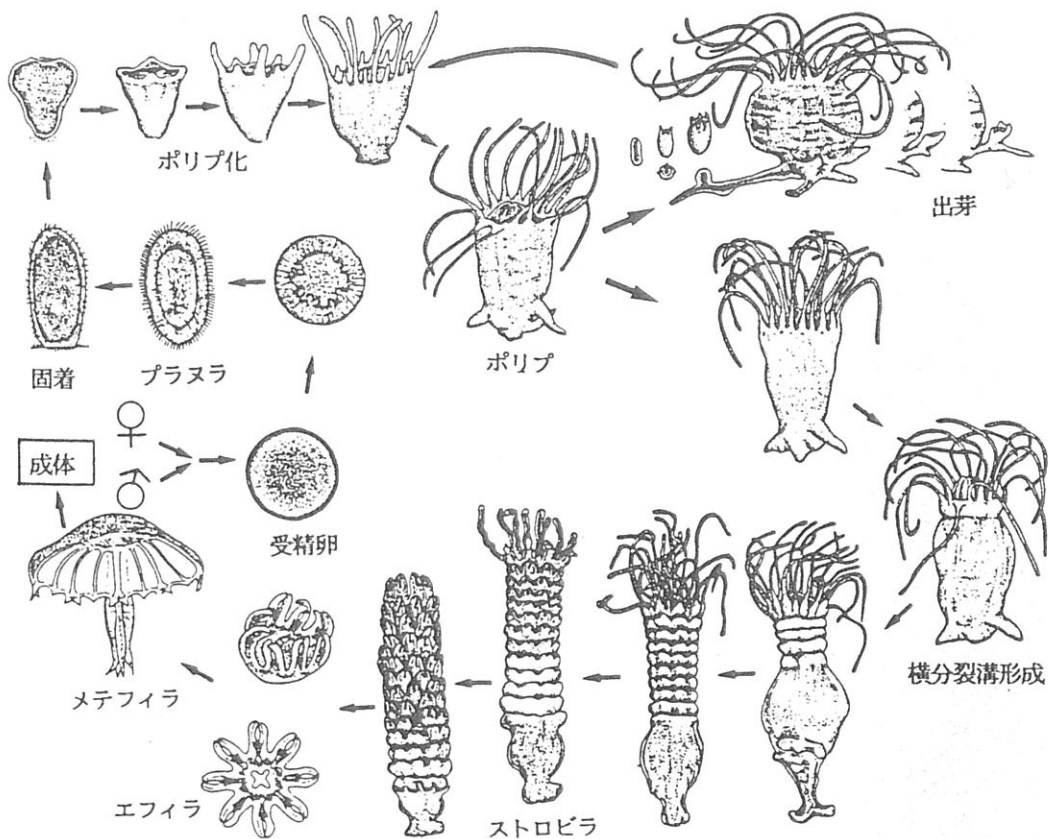


図2 ミズクラゲの生活史の各段階

まクラゲの構造として残されるのではなく、新しい体制が構築される。昆虫の場合と似ているが、昆虫における成虫芽のようなものは判っていない。

### 3. 再生実験

ヒドラの再生は教科書・参考書等でしばしば取り扱われている。本会35回全国大会の記念誌でも詳細に述べられているし(文献4)、他にも要点がよくまとめられたものも少なくない(文献2, 3)。ほぼ同じような実験は海産の鉢クラゲ類でも行なえる。ミズクラゲの場合だと、人工海水を用いればヒドラより飼育は簡単であり、夏期に28℃以上にならないよう気を付ければ、継続飼育できる。詳細は文献2.4を参照されたい。

図4のようなポリプをいくつかの上下水準

で横断すると、切断後の上部片の下方からは下部の構造が、また下部片の上方からは上部の構造が再生する。上部構造の再生は、より上部水準ほどより早く行なわれる。上部片の下方部の再生については、切断水準が下方部ほどより早く下方構造を再生する。体幹部か

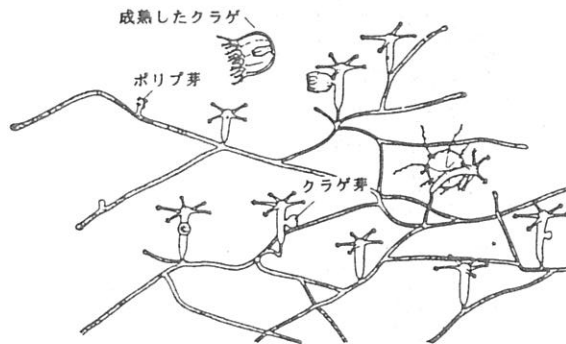


図3 ムツノエダアシクラゲのクラゲ芽形成中の群体

ら切り出した小片はポリプ再生を行なうが、相当遅れるから、2日に1回程度の観察で経過の記録をとることが可能である(図4)。

このような観察を通して注意することは、切断水準別に上方の口や触手の形成と足盤(走根)の形成の時間的差を記録することである。この場合の個体性は何より上下軸性の確立が目安になるからである。記録の結果は、上下軸に応じた形態の程度または一定形態の再生の速さの勾配性として捉えられよう。再生における勾配性は、教科書に頻出するプラナリアの場合にも見られる。

#### 4. 細胞解離と組織再構築

多細胞生物は、各細胞が一定の立体的配置をもって組織や器官を構築している。このことは、多くの教科書で、細胞間の接着や認識という立場から、カイメン、脊椎動物、タバコあるいはニンジンなどを用い、細胞をばらばらにして再集合をさせた例を引きながら取り上げられている。ミズクラゲのポリプやストロビラを用いると、同じような実験が比較的容易にできるので呈示したい。

材料：ミズクラゲなどの鉢クラゲのポリプ

薬品：人工海水(後記参照)、エチレンジアミン4酢酸(略称EDTA)、アクチナーゼ(タンパク質分解酵素)

器具：大小シャーレ(小型シャーレは直径2cm程度のもの)、ピペット(ポリプ採取用には先端の径が3~5mm,細胞解離用は1mm以下)、メス(眼科用のが望ましい)、タングステン線(後期参照)

方法：普通飼育しているポリプは基盤部にクラゲムシなどの原生動物、藻類、細菌等が相当量付着しているので、足盤部を切除する前後に人工海水(できれば滅菌用一以下Sと書く一のもの)でよく洗っておく。ポリプを数ヶ以上30ヶ程度とり出し、下記の液で処理する。

i) Ca, Mg欠除海水に溶かした0.04%EDTA中に30分間

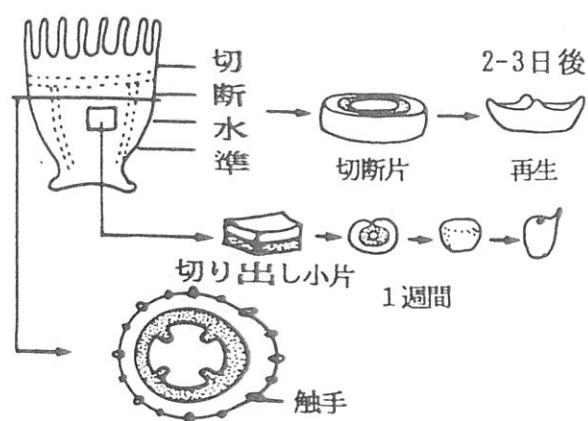


図4 ミズクラゲのポリプ切断片の再生

ii) 人工海水(Sが望ましい)で2回よく洗う。

iii) 人工海水(Sが望ましい)に溶かした2.5%のアクチナーゼ液中に15分。

iv) 人工海水(S)で2~3回よく洗う。

但し、アクチナーゼを用いない場合には、上記を下記のように2段階に短縮する。

i) → ii) Ca, Mg欠除海水で2~3回洗ったあと、同海水に1~2時間つけ、下記V)の操作に移る。

V) やや細めのピペットで、ポリプを吸いとるようにして、はき出す操作(ピペッティング)を数回くり返す。ポリプが細片になったあと、先細のピペットで同じようにピペッティングをくり返し、出来るだけ個別細胞になるように解離する。

Vi) 解離した細胞は、あらかじめ新しい人工海水(S)を入れた小型シャーレまたは小型の凹型ガラス容器に移す。ふたをして、シャーレを数ヶ~10ヶ程度を納めることのできる適当な大きさのプラスチック容器に入れ水を浸み込ませた綿塊を置き湿室として保つ。温度は15~20℃が望ましいが、25℃以上にならないように注意する。

観察はこのように用意した培養器を、倒立顕微鏡で観察する。しかし、倒立顕微鏡がな

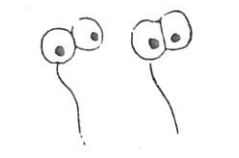
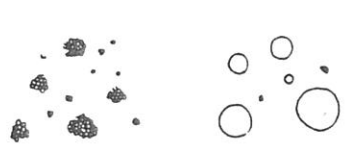

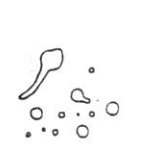

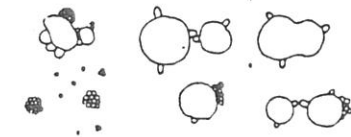


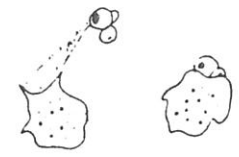



いろいろな細胞接着 のタイプ	いろいろな集合体形成過程		
	1-2日後	3日後	10日後
		ポリプ細胞 	
		ストロビラ細胞 	
		エフィラ細胞 	

図5 ミズクラゲの触離細胞の接着と組織再構築

ければ、培養器から時々細胞もしくは細胞塊を取り出しホールスライドに移して観察する。図5に示したように細胞同士が仮足や糸状仮足を出して接着しようとしているところや、少数の細胞塊同志の接着の様子を見ることが出来る。次の段階で、やや大型になったもの同志の集合が起る。

細胞選別と細胞集団の分離：ポリプだけを材料にすると、ポリプ再構築は見られるが、異なる細胞の間におこる選別もしくは分離を見ることは極めて困難である。そこで、若干のポリプをあらかじめ下記の染色剤（いずれも人工海水で溶かす）で2-3日染めておいてから、上述の解離-集合実験を行うと、同一色に染ったもの同志の接着が多いことが判る。

染色剤名	染色される場所
ナイル・ブルー	外胚葉
エヴァンス・ブルー	外・内胚葉
ニュートラルレッド	外・内胚葉

(いずれも、0.1%のものを用意しておく)  
20mlに対して数滴入れる。

また、ポリプとストロビラの解離細胞の組合せ（一方をあらかじめ染めておく）でも、ある程度細胞塊が大きくなると、起源の異なる細胞塊の間に分離が起るのがみられる。

以上のような試みを実際に行う予定だが、時間が限られているので、初期段階以外は、あらかじめ用意したものを見ることになる。

## 5. 群体ヒドロ虫類の観察

群体ヒドロ虫類のうち、エダアシクラゲ、サルシアシクラゲ、ブーゲンビリアなどは、海岸で採集可能であるし、時々水族館の水槽中で見ることが出来るので、分けていただくことができよう。図3はムツノエダアシクラゲが走根を出し、若干のポリプが有性世代のクラゲ芽を出しているところである。採集した材料の小塊を海水を入れたシャーレ中のスライドガラス上に置き、カバーガラス片で押さえておくと、走根が伸びるとともに、次々にポリプができ、大きな群体として成長する。大

型のシャーレに群体を作っておけば、必要な時に上記のようにスライドグラスに分けて観察・研究に供することができる。走根の小片だけでも、走根の伸長に続いてポリプ形成が可能だし、ポリプだけだと走根化のあとポリプ新生が起る。ヒドラやミズクラゲのポリプの再生とは異なる再生様式を示す。群体構成単位としての走根とポリプ、そしてそれらの種の保存システムとしての走根化など、現象的に興味ある素材だし、クラブ活動などに適しているように思われる。最近の本大会では鹿児島島の畑田健治氏（現・鹿屋高校）の報告が見られる。

## 6. グリーン・ヒドラの観察

本文の始めに述べた通り、クロレラが共生している若干のヒドラを見ていただき、その美しさと、寄生と共生という大きく異なる生物種間の相互の関わりについて考える素材として生していただきたいと思う。ここでは生時の形態で細胞を解離・固定し、細胞の種類と、消化細胞中のクロレラの存在状態について観察していただく。

### 参 考 文 献

邦文の入手し易いもののみ記載しておく。

- (1)内田 亨・山田真弓(1983)腔腸動物：無脊椎動物の発生，上巻(団勝磨ら共編)，第5章，培風館
- (2)野田幸一(1974)ヒドラの再生と再構築，動物の器官形成(日本発生生物学会編)，岩波書店
- (3)同(1974～1978)遺伝(裳華房)28巻(10号)，29巻(3号)，32巻(4号)
- (4)斎 正子・三浦弥生(1979)ヒドラ，日本生物教育会第35回大会(東京)記念誌，116頁
- (5)加藤憲一(1978)遺伝，32巻(4号)
- (6)同(1978)クラゲの変態 変態の生物学(日本発生生物学会編)，第2章 岩波書店
- (7)同(1983)クラゲ 図説教材生物，下巻(石原勝利・山上健次郎監修)第4章共立出版
- (8)沼野井春雄(監修)(1980)現代生物学大系11巻a，中山書店。この中に腔腸動物関係として，野田幸一・柿沼好子・加藤憲一らの関連レビューが見られる。
- (9)山田真弓・加藤憲一(今秋発行予定)ミズクラゲの発生段階，動物発生段階図譜(石原勝利編)共立出版
- (10)弥益輝文(1978)遺伝，32巻(4号)

附記：人工海水とタングステン針について

いくつかのメーカーの市販物があり、通常の飼育には大差がないが、実験的な試みをする場合、私の経験した三社の数種類のものの中では、ジャマリン(JamarinU)が最適であった。本稿4の実験では滅菌ジャマリンを用いているが、これはS型として販売されており、煮沸消毒しても沈殿を生じない。これらはジャマリン・ラボラトリー(〒536 大阪市城東区鳴野西2丁目11-5)で出されている。この会社は、4の実験で用いた、Ca, Mgまたは両者の欠除海水も作っており、注文があればNa 欠除海水さえ販売している。

タングステン線にはいろいろな太さのものがあるが、直径0.1～0.3mmのものを5cm程度の長さに切り、2～3cm程度を硬質ガラス管に入れて、バーナーで封入する。一方、亜硝酸ソーダか硝酸ソーダを小型のるつぼに入れバーナーで煮沸し、その中に上記のガラス管に封入したタングステン線の先を注意深く入れると、火花を散らすようにして、タングステン線が溶け、鋭い針となる。これを用いて、ポリプの足盤をはずしたり、手術刀のように切断に用いることができる。