

1. 動物の発生（はっせい）

1.1 多くの動物は遺伝子（いでんし）を2セット持っている

細胞の核の中のデオキシリボ核酸（かくさん）DNAには体の設計図が書き込まれている。これを「遺伝子（いでんし）」と呼ぶ。

われわれ（ウニも同じ）は一人分の「遺伝子」のセットを2セット持っている。

生物1個体分の遺伝子のセットをゲノムと呼ぶ。

1セットは母親から、もう1セットは父親からもらったものである。

つまり、同じ部分の設計図を2まいずつ持っている。ただし、使うのは1枚だけである。

母親からもらった設計図を使ったところは母親に、父親からもらった設計図を使ったところは父親に似ることになる。

1.2 卵と精子の作られ方

卵や精子を作るときに特別な細胞分裂（減数分裂（げんすうぶんれつ））を行い、持っている遺伝子を1セットに減らす。

2セットの遺伝子を1セットに減らす組み合わせはたくさんあるので、精子や卵の持つ遺伝子の組み合わせはたくさんある。

1.3 受精（じゅせい）の目的

1. 1セットの遺伝子を持つ卵と1セットの遺伝子を持つ精子が合体し、2セットの遺伝子を持つ受精卵が出来る。
2. 受精によって卵は活動をはじめ、発生がスタートする。

1.4 発生（はっせい）とは何か

1個の細胞である受精卵（じゅせいらん）から多細胞の体が作られていく現象を「発生」と呼ぶ。そのために受精卵にどんなことが起こるだろうか。

発生の途中の個体を「胚（はい）」と呼ぶ。

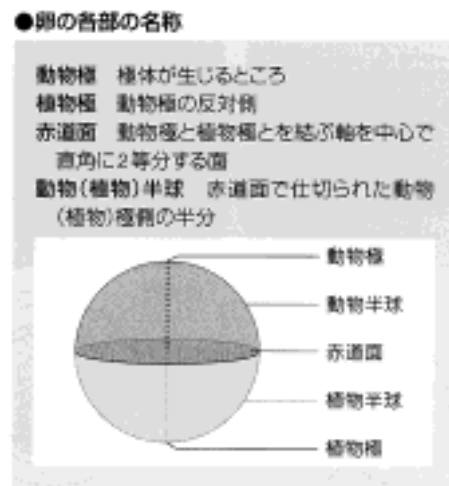
1.4.1 受精卵に起こる変化

1. 細胞の数が増える。細胞分裂（さいぼうぶんれつ）（発生の初期の細胞分裂を特に卵割（らんかつ）と呼ぶ。）
2. 細胞間で役割を分担（ぶんたん）し、様々な種類の細胞に変化する。分化（ぶんか）
3. 細胞が移動し体の形を作る。形態形成（けいたいけいせい）

この三つの変化が起こり体の構造が作られていく

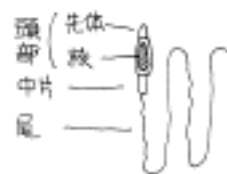
1.5 ウニの発生

図1：胚の各部の名称（数研出版 生物図録）



1.5.1 精子（せいし）

図2：精子の構造



精子はほとんど細胞質を持たず、遺伝子を持った核（これが精子が運ぶべき荷物である）と泳ぐための尾、泳ぐためのエネルギーを作るミトコンドリアを持つ中片（ちゅうへん）、卵に到達したときに卵に穴をあける先体（せんたい）から出来ている。

精子は短時間しか泳ぐことが出来ないため、普段は休眠状態（きゅうみんじょうたい）になっていて海水にはいると激しく泳ぐ。

精子は短時間しか泳ぐことが出来ないため、普段は休眠状態（きゅうみんじょうたい）になっていて海水にはいると激しく泳ぐ。

1.5.2 未受精卵（みじゅせいらん）



図3：未受精卵受精膜（じゅせいまく）透明層（とうめいそう）がない事に注意。卵の周りには見えないがゼリー層がある。

1.5.3 受精（じゅせい）

海水にはいると精子は激しく泳ぎ、卵から出される化学物質に引かれ卵に向かって泳ぐ。

卵の周りにはゼリー層があるが、一部の精子はゼリー層を突破し卵の表面に到達する。精子の先体から卵の膜を溶かす物質が放出され、とがった針状のものが突き出され卵に穴をあけ（先体反応）卵の中へ入る（受精）。

卵に入った精子の核はゆっくりと移動し、やがて卵の核と合体する（厳密な意味での受精）。

同時に、これ以上精子が入らないように卵の表面には丈夫な受精膜（じゅせいまく）が作られる。

精子は半分の遺伝子を運んできた。この遺伝子を卵の遺伝子と合わせることが受精の目的である。

精子が持ってきた遺伝子以外に発生に必要なものは全て卵が持っている。受精のもう一つの意味は休眠していた卵を目覚めさせ発生のスイッチを入れることである。

魚では未受精卵を卵を針でつついて刺激してやると発生が始まることもある。

1.5.4 受精卵（じゅせいらん）



図4：受精卵受精膜（じゅせいまく）と透明層（とうめいそう）が出来る。

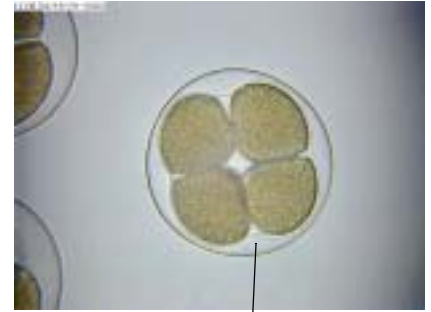
受精膜は以後の精子の進入を防ぎ、孵化

（ふか）までの間、胚（はい）を保護する。

1.5.5 2,4 細胞期

図5：4細胞期卵割は等割（とうかつ）で割球（かっきゅう）は同じ大きさ。

この段階までは四つの割球をバラバラにしても四匹のウニに育つ。



透明層が割球がバラバラになるのを防いでいる。

1.5.6 16細胞期

図6：16細胞期中割球8つ、大割球4つ、小割球4つが出来る。8細胞期以降はバラバラにすると育たない。



それぞれの割球の間に少し違いが出来てきたことがわかる。

1.5.7 桑実胚（そうじつはい）・胞胚（ほうはい）初期

図7：桑実胚卵割が進み、胚は一層の細胞から出来ている。

卵割腔（らんかつこう）が作られ中空（ちゅうこう）になっている。



図 8：孵化

胞胚期の途中で受精膜を溶かす物質を出して膜を破り泳ぎ出す(孵化(ふか))。



図 9：原腸胚(げんちょうはい)初期

図 10：原腸胚初期

胚を作る細胞に明らかな種類の違いが生じてきた。



胚の外側を作っている細胞には長い繊

毛(せんもう)が生えていて、これを使って回転しながら活発に泳ぐ。

胚の植物極側がくぼみ、中に入る細胞には繊毛(せんもう)がない。

また、1つずつバラバラになって卵割腔(らんかつこう)の中に落ち込んでいる細胞もある。

この三種類の細胞はそれぞれ外胚葉(がいはいよう)、内胚葉(ないはいよう)、中胚葉(ちゅうはいよう)と呼ばれる。

細胞の分化(ぶんか)が始まった。

さらに、植物極側のくぼみはどんどん大きくなり原腸(げんちょう)とよばれる。入り口の部分は原口(げんこう)とよばれる。

原腸が作られる変化を原腸陥入(げんちょうかんにゅう)とよぶ。細胞が移動し、形が作られている。

形態形成(けいたいけいせい)が始まった。



図 11：表面にピントを合わせたもの

1.5.8 原腸胚中期・後期



図 12：原腸胚中期

外胚葉(がいはいよう)
内胚葉(ないはいよう)
中胚葉(ちゅうはいよう)

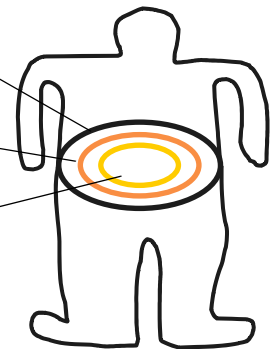
細胞が移動し原腸が大きくなる、形態形成が進行している。

1.5.9 三胚葉から作られる構造

図 13：

三胚葉から作られる構造

- 外胚葉
 - 表皮、脳神経になる
- 中胚葉
 - 骨格、筋肉、になる
- 内胚葉
 - 消化器官になる
- この基本的な構造は人も同じ



外胚葉

表皮、脳・神経になる

中胚葉

骨格(こっかく)、筋肉、になる

内胚葉

消化器官(しょうかきかん)になる

この基本的な構造は人も同じである。

1.5.10 プリズム・プルテウス幼生(ようせい)

図 14：プリズム幼生

原口と反対側に口が作られ自分でえさを食べるようになる。

原口は肛門になる。

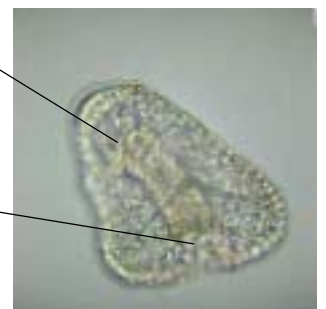
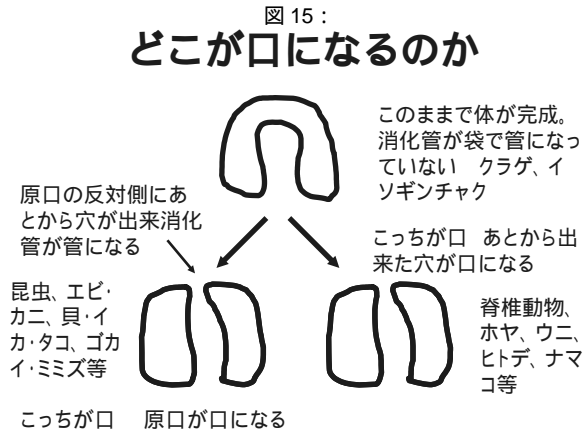


図 16 : 体細胞クローン

1.5.11 どこが口になるのか、動物の二つの系統



1.5.12 変態 (へんたい)

プルテウス幼生は1ヶ月ほどで変態し小さい成体(せいたい)のウニになる。

プルテウス幼生の腕(うで)の付け根にあるウニ原基(げんき)の細胞が活動をはじめ幼生の体を養分として吸収し、ウニの成体の体を作っていく。

体の一部を変化させて成体になるのではない。もう一度新しく作り直すのである。

完全変態(さなぎになる昆虫)をする昆虫も同じである。変態は第2の発生である。

1.6 分化(ぶんか)の起こる仕組み

体細胞(卵や精子などの生殖細胞(せいしよくさいぼう)以外の細胞)は全ての設計図(遺伝子)を持っている。

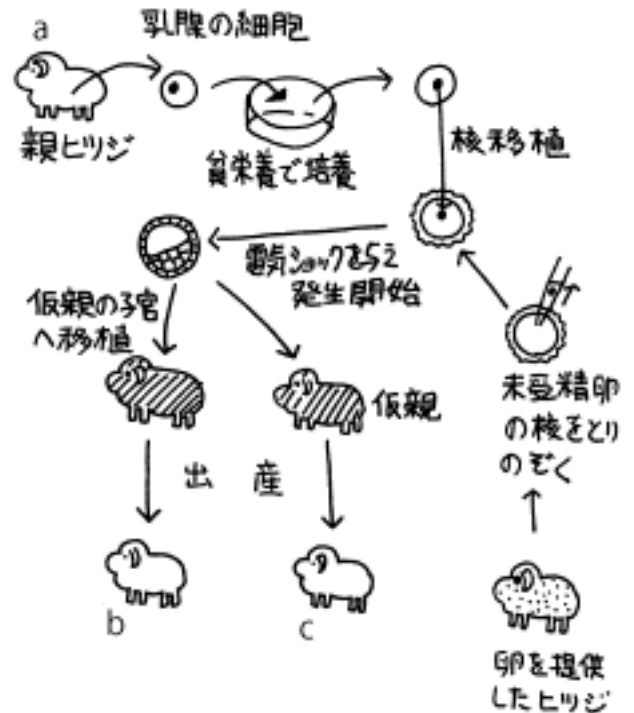
つまり、皮膚の細胞は皮膚の細胞に必要な遺伝子(つまり皮膚の設計図)だけでなく、あらゆる種類の細胞の遺伝子を持っている。

皮膚の細胞は皮膚の細胞の遺伝子だけを使っているが実際には筋肉や神経や骨や・・・全ての細胞の遺伝子を全部持っている。ただ使っていないだけである。

このことは、体細胞からクローンが出来ることによって証明された。

クローンとは全く同じ遺伝子を持った生物の集まりのことである。

さし木や球根で増えた植物。一卵性(いちらんせい)の双子(ふたご) 双子の約6割は一卵性である。などはクローンである。



分化した細胞はその細胞に必要な遺伝子だけを持つのではない。必要のない遺伝子は働いていないだけで、しっかり持っているのである。

図の羊の体細胞クローンを作るために、細胞を貧栄養状態(ひんえいようじょうたい)で培養するのは、働いていない遺伝子を働かせるために必要な操作である。

発生の進行につれて、細胞が分化しいろいろな種類の細胞が作られるのは、必要な遺伝子のスイッチがオンになり必要のない遺伝子のスイッチがオフになることによって起こるのである。

では、誰が遺伝子のスイッチを操作しているのだろうか?

2. ウニの受精と発生の観察

2.1 目的

1. ウニの受精を観察する。
2. 初期発生（しょきはっせい）を観察する。

2.2 準備

スライドグラス、カバーグラス、パスツールピペット× 3、時計皿× 2(受精用と精子用)、黒の色画用紙、海水(洗浄(せんじょう)びんに入っている)、ビーカー 500ml(廃水用)

無水精子(時計皿) 未受精卵(50ml ビーカー)

2.3 方法1、採卵(さいらん)と採精(さいせい)

1. ビーカー 300ml に電気刺激装置(でんきしげきそうち)をセットする。
2. ウニの口を上にして(逆さまに)ビーカーにのせ海水でぬらした脱脂綿(だっしめん)をのせ、電気刺激を断続的に与える。

*感電に注意。スイッチは必ず二つとも切る。ぬれた手で扱わない。

3. 卵巣、精巣が成熟(せいじゅく)していればすぐに放卵(ほうらん) 放精(ほうせい)が起こる。やや黄色っぽいつぶつぶしたものが出れば卵、白っぽい粒が見えなければ精子である。

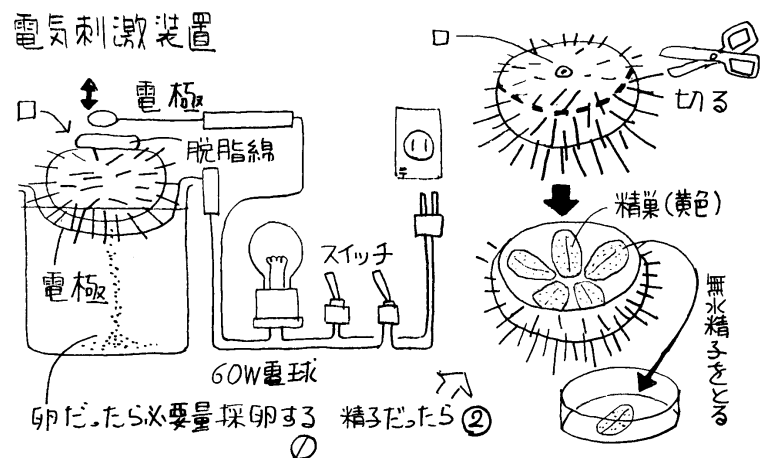
2.3.1 卵の場合

1. 電気刺激を与え、必要な量の卵を採取する。
電気刺激ではウニはすぐに死なないので、生かしておいて何回も放卵させることが出来る。
2. 卵は数時間で受精能力を失うので必要な量だけ採卵するようにする。

2.3.2 精子の場合

1. 海水に入った精子は活発に泳ぎ、短時間(10分ぐらい)で受精能力を失ってしまう。しかし、海水を加えなければ泳がないので保存できる。そのため、雄であることが確認できたら、解剖(かいぼう)して精巣(せいそう)を取り出し保存する。
2. ウニの口の部分からはさみを入れ、赤道面(せきどうめん)にそって切り開き、精巣を取り出す。海水に触れないようにシャーレに入れる。
3. これを無水精子(むすいせいし)と呼ぶ。冷蔵庫に保管すれば1週間程度受精可能である。

図 17: 電気刺激法によるウニの採卵と採精



2.4 方法2、観察

2.4.1 未受精卵の観察

1. 卵をパスツールピペットで海水ごと吸い取り、

スリット培養グラスに入れる。

2. 大型(36×24)のカバーグラスをかける。

3. ろ紙をリングの外側のカバーガラスとスライドガラスの間のすきまに差し込み、はみ出した水を吸いとり、カバーガラスを密着させる。
4. 顕微鏡によっては40倍の対物レンズにかえるときに、対物レンズのかどが接触することがある。その場合は、少し対物レンズをあげてからレボルバーを回し40倍のレンズをセットし、上げたぶんだけレンズを下げる。下げる量はレンズをあげたときの手の感覚で覚えておく。

2. 精子の入った海水をパスツールピペットで1滴スライドガラスに滴下（てきか）する。
3. カバーガラスをかけ600倍で検鏡（けんきょう）する。

2.4.2 観察のポイント

1. 卵どうしがくっついていないことを確認する（ゼリー層があるため）。
2. 受精膜、透明層がないことを確認する。

2.5.1 観察のポイント

1. 頭部は水滴のような形をしていて、光って見える。尾がどっちへ伸びているのかを確認する。

2.5 精子の観察

1. 無水精子（むすいせいし）を少量（米粒大）時計皿に取り、海水を加える。精子用のパスツールピペットで軽くピペッティング（ピペットの先端を海水に入れたままでゆっくりと海水を出し入れしてかくはんすること）する。白くにごればその中に精子が泳いでいる。

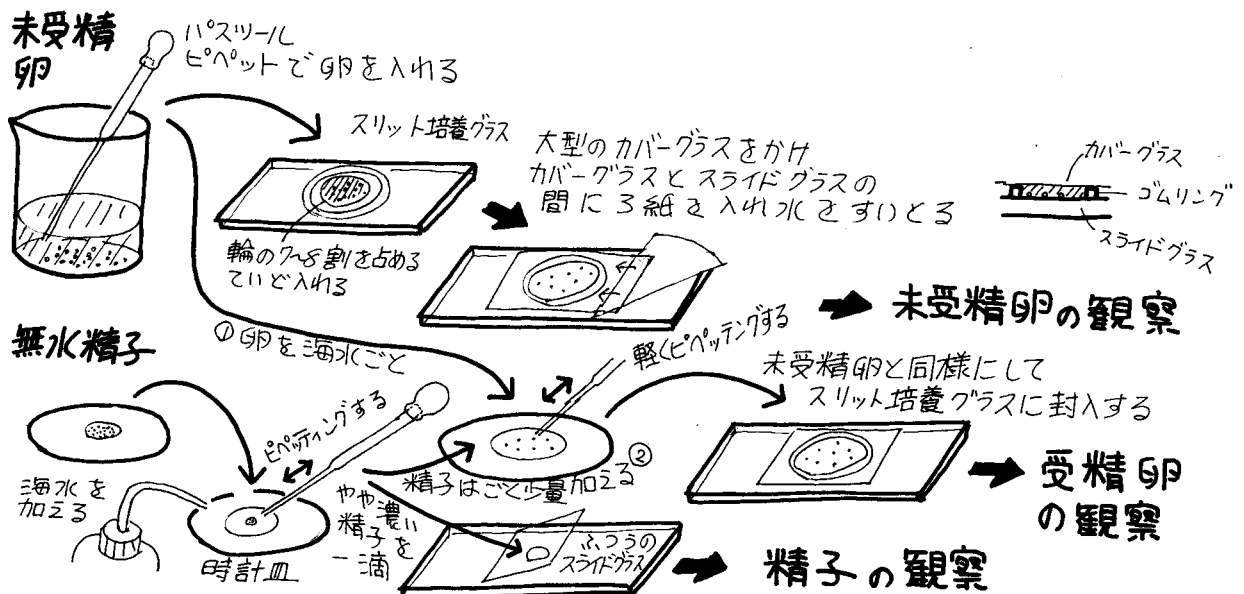
2.6 受精卵の観察

1. 未受精卵を海水ごと卵用のパスツールピペットで時計皿に入れる。海水は多めにする。
2. 精子を含む海水をごく少量（1滴）精子用のパスツールピペットで時計皿（とけいざら）に入れる。精子を含む海水はごく薄いものを使う（白くにごるのがわからない程度）。
3. 受精用のパスツールピペットで軽くピペッティングしてから卵をスリット培養（ばいよう）ガラスに入れる。観察の方法は未受精卵と同じ。

2.6.1 観察のポイント

1. 受精膜と透明層が生じていることを確認する。

図 18：未受精卵、受精卵、精子の観察の方法



2.7 受精の瞬間の観察

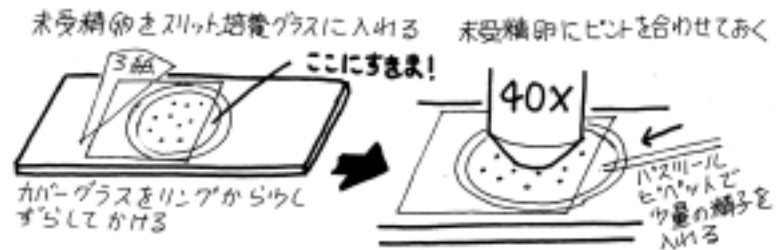
1. 卵をパスツールピペットで海水ごとスリット培養ガラスに入れ、カバーガラスを図のようにゴ

ムリングから少しずらしてかける。このとき海水を少なめに入れるのがコツです。

2. 40倍の対物レンズで卵にピントを合わせ、パスツールピペットですきまから精子を入れる。

3. 卵が動いてしまったら急いで適当な卵を探し、しばらく観察を続ける。

図 19：受精の瞬間の観察の方法



2.7.1 観察のポイント

1. 精子が卵に向かって泳ぎ卵のまわりに集まっている様子を観察する。
2. 精子が卵に進入すると、精子が進入した部分から受精膜（じゅせいまく）があがる。この様子を観察する。

2.8 卵割の瞬間の観察

スリット培養グラスに受精卵を入れたままにしておく。受精後 1 時間から 1 時間 30 分程度で最初の卵割が起こるので、時々観察し、卵割の瞬間を観察する。

2.9 発生が進んだ胚の観察

1. 前の机に準備してある胚を観察する。方法は卵の観察と同じである。
2. スケッチには受精させた時間（シャーレに書いてある）と観察した時間を記録し、後で、受精後の経過時間（けいかじかん）を求め記入する。
3. 同じ時間に受精させた胚でも発生の進み方に差が出るので、自分が観察した胚がどのステージのものか、発生段階（はっせいだんかい）を示した図を参考にして決め、スケッチに書き込む。
4. 孵化（ふか）したあとの胚（はい）は動き回るので、細かい構造を観察するときは 3.5% 海水ホルマリン（ホルマリンを海水で薄めたもの）を 1 滴滴下し胚を固定（こてい）（ホルマリンやエタノールなどの薬品で細胞を殺し、タンパク質を固まらせ観察しやすくする）してからカバーグラスをかけて観察する。

2.9.1 観察のポイント

1. 16 細胞期までは細胞（割球（かっきゅう））の数。特に 16 細胞期では細胞の大きさの違い。
2. 胞胚期（ほうはいき）以降は立体的な胚の形を考えながら観察をする。そのためにピントを動かしながら観察すること。
3. 胞胚期以降は胚の部分による細胞の形の違にも注意すること。

2.10 注意

1. 海水はサビや感電の原因になる。ぬれた手でスイッチの操作をしないこと。また、顕微鏡などの機械に付けないように注意すること。
2. 精子をみつかった器具で卵をみつかうと受精してしまうので注意。精子は真水に入れるとすぐに死ぬので心配なら真水で洗う。
3. 海水に不純物が混入すると受精しなかったり発生に異常が起こる。使用する器具は真水で洗った後、海水で洗ってから使う（共洗い（ともあらい））。
4. 胚の入っているシャーレから胚を取り出すピペットは専用のものを使い発生段階（はっせいだんかい）の異なるものと混ぜないこと。
5. シャーレのふたは開けたままにしないこと（海水が濃くなると発生に異常が起こる）。

2.11 問題

問 1. 受精膜の働きは何か。

問 2. 精子が卵の周りに集まってくるのはどのような仕組みによると考えられるか。