

最初に

授業の内容

- 1) 発生学の基本的概念 Basic Concepts in Developmental Biology
- 2) 性、配偶子そして受精 Sex, Gamete and Fertilization
- 3) 卵割 Cleavage
- 4) 調節卵とモザイク卵 Regulative Egg and Mosaic Egg
- 5) 囊胚形成 Gastrulation
- 6) オーガナイザー Organizer
- 7) 軸の決定 Axis Specification
- 8) 細胞凝集と形態形成 Cell Aggregation and Morphogenesis
- 9) 再生と無性生殖 Regeneration and Asexual Reproduction
- 10) 老化と死 Aging and Death

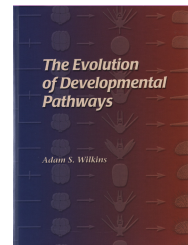
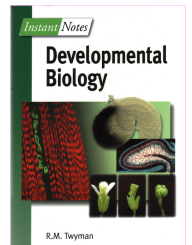
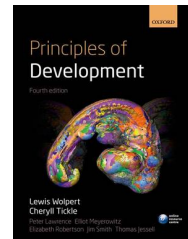
1

成績評価、参考書等について

- 1) 評価は試験の成績で決める。
- 2) 出席はとらない。
- 3) オフィスアワー
下田臨海実験センターで仕事をしているので、筑波キャンパスでは、この授業のあと正午まで、生農学系棟B708 センター教員室へ来てください。
- 4) 質問は授業中にされることを望みますが、授業直後でも。
- 5) Email: saito@kurofune.shimoda.tsukuba.ac.jp
- 6) 急ぎの場合はオフィス電話: 0558-22-6776
携帯: 090-1826-9514、
携帯メール: hoyadas@ezweb.ne.jp

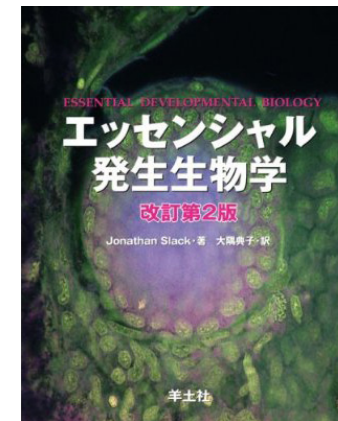
2

参考図書 (1)



3

参考書 (2)



4

Chapter 1

発生学の基本的概念 Basic Concepts in Developmental Biology

5

生命観

- 生命観とは？

生きものに対する見方や考え方, 感じ方, 接し方、ならびに死生観と呼ばれる人間が生まれて、そして死ぬイメージや考え方などの生命に関するイメージや考え方を一括して、「生命観」と呼ぶ

生命観には2種類ある

6

文化的生命観

- 地域や歴史の中で形成される文化を基盤とした生命観のこと。古今東西の人間の歴史を見ると千差万別であることが分かる。従って、文化に優劣を単純に決められないように、どの生命観が優れて、どの生命観が劣っているか決めつけることは出来ない。

7

科学的生命観

- 自然科学を基盤とした生命観を言う。生物学は生き物を対象とした学問であるが、物理学や化学などと共通した科学的方法論に立脚した科学の一分野である。科学は理性によって自然現象を客観的かつ普遍的に理解するための方法である。そこには地域や歴史の違いに根ざした文化的事柄が介入する余地は無い。従って、生物学の発展は、文化歴史の違いを乗り越えた客観的かつ普遍的な、汎世界的、超歴史的な性格を持った生命観をはぐくんできた。

8

生命観に関する質問

- ・ 1) 生物は物質から出来た機械である.
- ・ 2) 生命は無機物から化学進化によって誕生した.
- ・ この2つの質問にYesと答えた人は、当然靈魂などは信じない人.
- ・ 3) 人間は猿と共通の祖先から進化した.
- ・ 進化論を信じ、聖書を信じていない人
- ・ 4) 人間は最も高等な動物である.
- ・ 高等とは何を基準にしているのか？ 文化的生命観からも、科学的生命観からもこれを肯定する人はいる.

9

- ・ 5) 樹木には喜怒哀楽の意識や感情がある.
- ・ 音楽に反応するという話がある.
- ・ 6) ゴキブリ(昆虫)には喜怒哀楽の意識や感情がある.
- ・ 植物にあるなら昆虫にもある.
- ・ あるかもしれないと思う人には、科学的生命観から可能性を否定できないからという人もいれば、単に文化的生命観から全ての生き物を擬人化してとらえる人もある.
- ・ 7) イヌには喜怒哀楽の意識や感情がある.

10

- ・ 8) 人間には靈魂がある.
- ・ 9) 全ての生き物には靈魂がある.
- ・ 10) 人間には死後の世界がある.
- ・ 11) 全ての生き物には死後の世界がある
- ・ 12) 人間は生まれ変わる(輪廻する).
- ・ この5つの質問にYesと答えた人は、文化的生命観の方が強いことになる.
- ・ 日本では小学校から高校まで学校で教わる生命観は科学的生命観で、決して日本の歴史や文化に基づいた生命観では無い. にもかかわらず……

11

- ・ これまでの質問事項は、目で見えて確かめることができないし、他人に示して事実として共有することもできない。
- ・ それでは、次の質問はどうか？
- ・ 1) 水は水素と酸素からできている。
- ・ 2) ダイヤモンドは炭素の結晶である。
- ・ 3) 地球はほぼ球形である。
- ・ 4) 地球は太陽の周りを回っている。
- ・ 5) リンゴが木から落ちるのは重力に因る。
- ・ これらの事項は、自分の目で確かめられないのに科学的事実として見ている。

12

- 自然科学では、その事象を多くの人が観察し、事実と認められることが前提。
- 物理化学の現象は、何らかの方法で多くの一般人にも確かめることができる。
- 生命現象は多くがブラックボックスの中で、試験管内や実験装置を作って再現させることができない。
- 生物学が他の自然科学と決定的に違うのは、研究対象が**自己を含む生物**であるがため、完全に客観的に見ることができない。
- それ故、**生命観**が研究に影響を及ぼす余地がある。従って、できるだけ**科学的生命観**を身につける必要がある。

ただし、研究する我々も生物社会の一員であることを忘れてはならない。

13

生物学とは？

- 生物およびそのあらわす生命現象を研究する科学。古く動植物および鉱物の記載・研究は**博物学**として出発し、生命現象の科学研究の観念の確立にともない、しだいに**生物学**として分化し独立した
- 生物学**Biology**と言う語は1802年ラマルク J.B.Lamarck とトレヴィラヌス G.R.Treviranus によって独立に用いられたのが始まり。

14

生物学の歴史

- 古代ギリシャの**アリストテレス**(BC384-322)の**自然哲学**に始まる。生物学とくに動物学の祖といわれる。研究で実証的観察を創始し、分類、生殖、発生その他で先駆的な業績を残し、その生命論や発生論は17世紀のハーヴィ William Harveyをはじめはるか後代の学者にまで著しい影響を与えた。

15

スコラ学(Scholasticism)

- アリストテレスは全自然界を、**質料**が目的としての**形相**を実現する発展の過程と考えた。生物においては質料としての身体が形相としての靈魂を実現するものとした。
- スコラ学では、これを踏襲し、動植物はむろん鉱物や岩石、山、川、海、風、雲などの非生物な存在まで、**形相**としての靈魂を認め、誕生して発生、生長、そして死を迎えるとみなした。生命現象を説明するために、「タンポポの種子は風で遠くに飛ばされて分布域を広げるために綿毛をつけた」「キリンの首は高いところの葉っぱを食べるために長くなった」のように「～するため」という**目的論**が使われた。…**実証的な検証がされなかった**。
- 中世ヨーロッパでは生物学が**発展しなかった**。

16

科学革命

- 17世紀初頭から、ベーコン (F. Bacon, 1561-1626)、ガリレオ (Galileo Galilei, 1546-1642) やハーヴィ (W. Harvey, 1578-1657; 血液が循環する, 原動力は心臓の拍動; 全ては卵から生じる, 後成説) らによって推進された科学革命はデカルト (R. Descartes, 1596-1650) によって哲学的根拠が与えられ、これによって近代生物学が始まった。信仰と自然を分けて捉えること、自然を人間が作った機械のメタファー (隠喩) によって読み解こうとする「機械論」の台頭、実験・仮説・検証並びに定量化という科学的方法が導入された。

17

フランシス・ベーコン (F. Bacon)

- ベーコンは、当時のスコラ哲学的方法に強い不満を抱いて、新たな学問の構築を意図して「大革新」全6部の執筆を企画し、第1部「学問の進歩」(1605)と第2部「ノウム・オルガヌム(新機関説)」(1620)を著した。ベーコンは「ノウム・オルガヌム」において、実験と観察に基づく個々の事実から法則・結論を導き出す帰納法を提唱し、近代科学の研究方法としての経験論を確立した。
- ベーコンはイギリス経験論の祖と言われる。

18

ルネ・デカルト (R. Descartes)

- デカルトは、『方法叙説』(1637)を著し、確実な真理を得るために、あらゆるものを疑って、疑い得ない真理を得ようとした(方法的懐疑)。そしてあらゆるものを疑わしいとして退けたが、そのように疑っている自分自身が存在することは疑う余地がないとし、「われ思う、ゆえにわれあり」という真理に到達した。デカルトは普遍的な真理を前提として、論理的に必然的な結論を導き出す方法、すなわち演繹法をうち立てた。
- 認識の根拠を人間の理性に求め、論理的な演繹によって結論に到達しようとする哲学思想を合理論という。デカルトは、大陸の合理論の祖、近代合理主義哲学の祖と呼ばれている。

19

帰納法証明の例: 自然数の和 $S_k = k(k+1)/2$

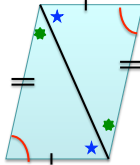
- $S_1 = 1 \times (1+1)/2 = 1$
- $S_2 = 1+2 = 2 \times (2+1)/2 = 3$
- $S_3 = 1+2+3 = 3 \times (3+1)/2 = 6$
-
- $S_k = 1 + 2 + \dots + k = k(k+1)/2$
- $S_{k+1} = S_k + (k+1) = k(k+1)/2 + (k+1)$
 $= \{k(k+1) + 2(k+1)\}/2 = (k+1)(k+2)/2$
 $= (k+1)\{(k+1)+1\}/2$

従って、全ての自然数に適用できる。

20

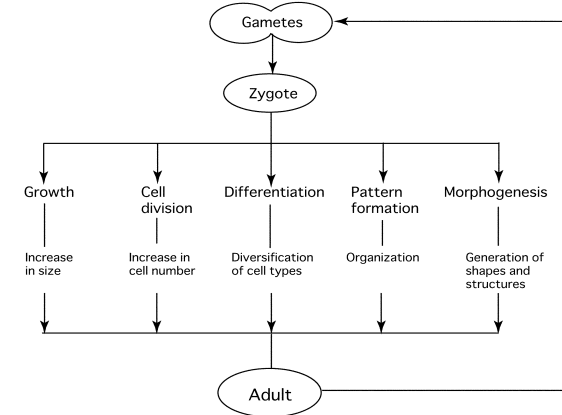
演繹法証明例: 平行四辺形の対角は等しい

- 平行四辺形は、向かい合う2辺の長さが等しく、且つ、平行な四辺形。
- 対角は赤で示したところ。
- もう一組の対角の間に対角線を引くと、2つの三角形になる。
- 平行四辺形の向かい合う辺の長さが等しいので、2つの三角形では、2辺の長さは等しくなる。
- 対角線は共有しているので、もう一つの辺も等しくなる。
- その結果、三辺が等しい2つの三角形となり、2つの三角形は合同となる。(3角形合同の定理)
- 故に、赤で示した角は等しくなる。。



21

Developmental processes



22

Chapter 2

性、配偶子そして受精
Sex, Gamete and Fertilization

23

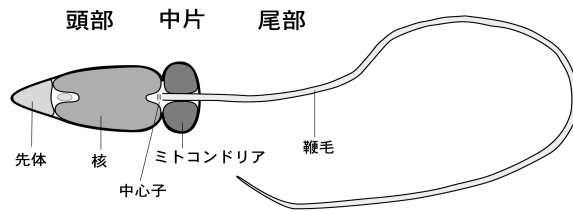
昆虫の雌雄モザイク



24

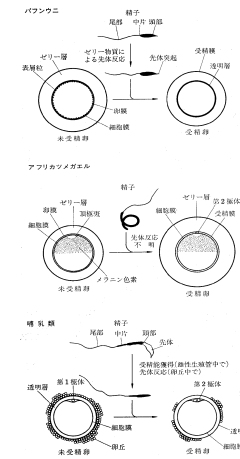
精子

ウニ精子の構造



25

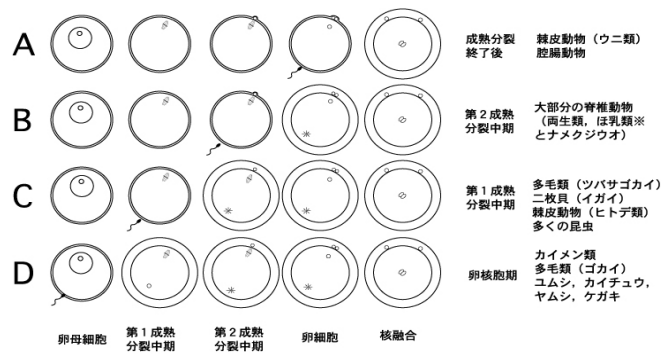
卵



26

受精

受精のタイミング

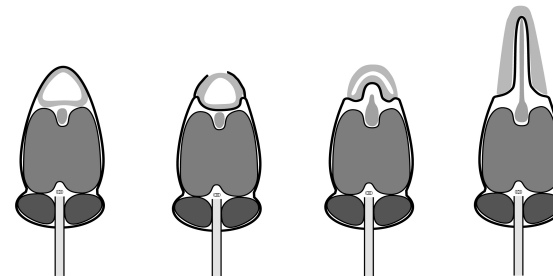


※キツネ, イヌ, ウマは卵細胞期と言う報告あり.

27

Acrosome reaction

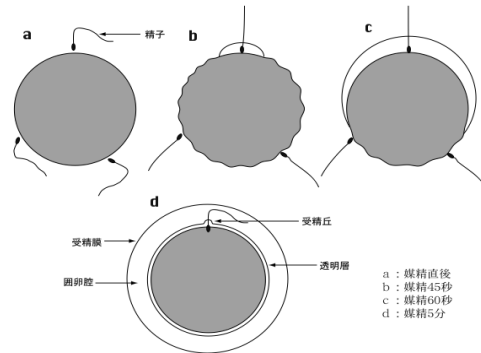
ウニ先体反応



28

受精膜の形成

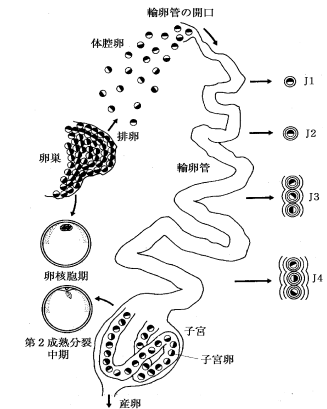
ウニ卵の受精



29

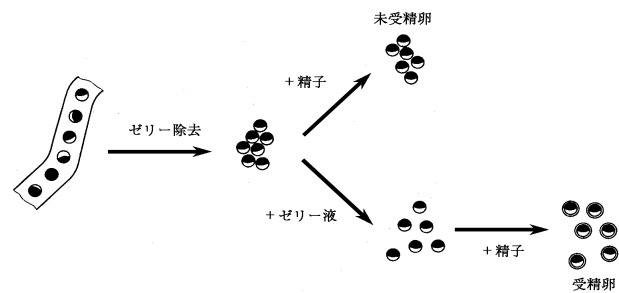
卵の成熟

ヒキガエルの体腔卵と子宮卵



30

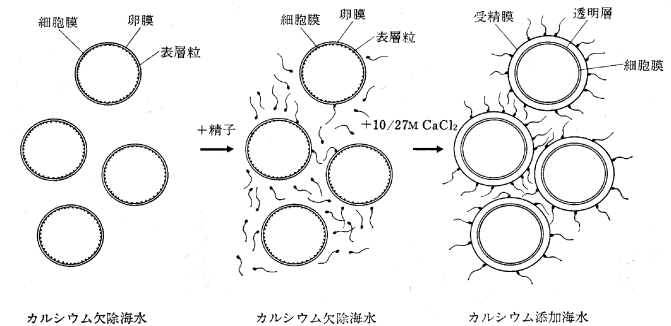
受精とゼリー層



カエル卵の受精におけるゼリーの役割

31

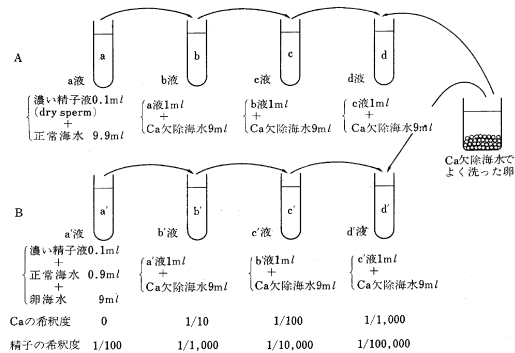
受精とCaイオン



ウニ卵の受精におけるカルシウムの必要性を示す模式図

32

受精における卵海水とCaイオン

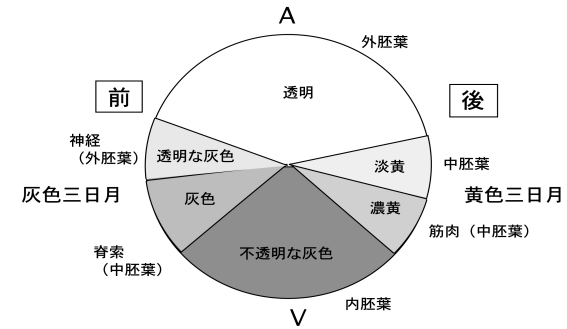


受精におけるカルシウムの役割
d液：カルシウム欠除海水中の正常精子、d'液：カルシウム欠除海水中の先体反応を起こした精子

33

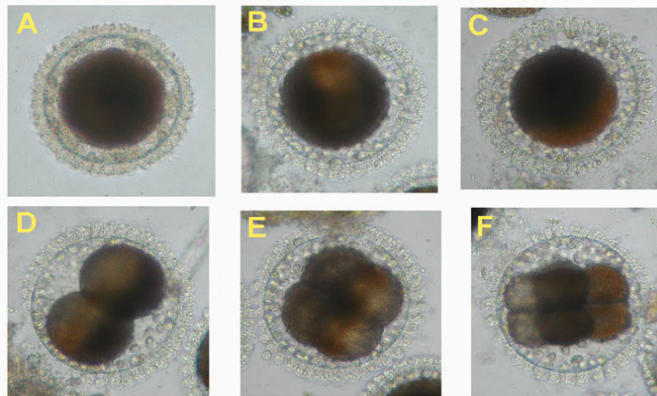
受精後の細胞質分離

フタスジボヤ cytoplasmic segregation



34

シロボヤ受精卵のCytoplasmic Segregation



35

Chapter 3

卵割 Cleavage

36

放射卵割 Radial Cleavage

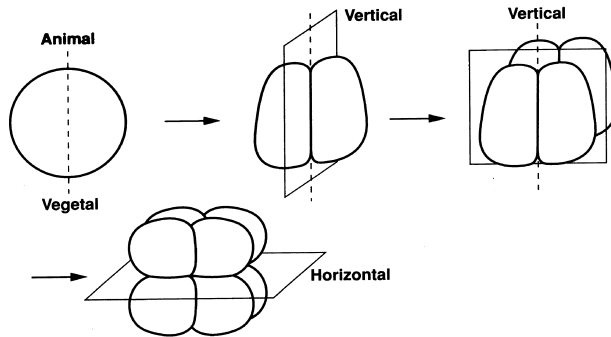


Fig. 1. Orientations of cell division in radial cleavage.

37

ナマコの初期発生

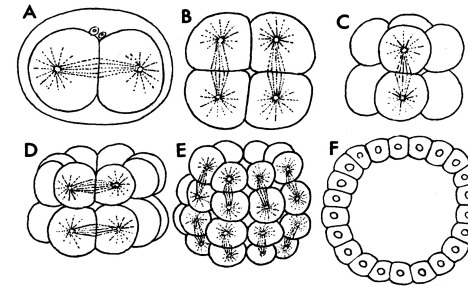


Figure 87. Radial cleavage with almost equal size of blastomeres in sea cucumber *Synapta digitata*. A, two-cell stage. B, four-cell stage (viewed from animal pole). C, eight-cell stage, lateral view. D, 16-cell stage. E, 32-cell stage. F, Blastula, vertical section. (After Selenka, from Korschelt, 1936.)

38

らせん卵割 Spiral Cleavage (Quartet spiral cleavage)

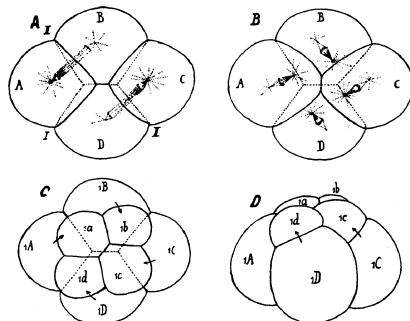


Figure 88. Spiral cleavage in the mollusc *Trochus*. A, four-cell stage, just after second division (spindles of second division still visible). B, four-cell stage, but in preparation for third division (metaphase). C, eight-cell stage, viewed from animal pole. D, eight-cell stage, lateral view. (After Robert, from Korschelt, 1936.)

39

Radial cleavage & Spiral cleavage

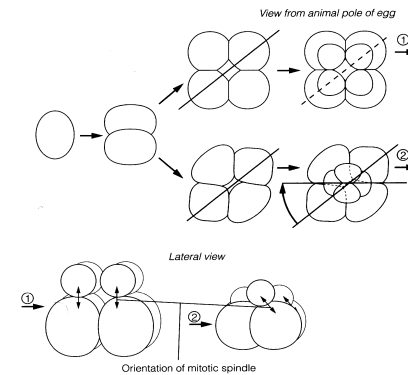


Fig. 2. Comparison of radial and spiral cleavage patterns.

40

扁形動物



オオツノヒラムシ



クロスジニセツノヒラムシ



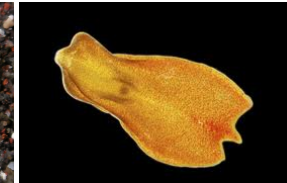
ウスヒラムシ



プラナリア

41

無腸類



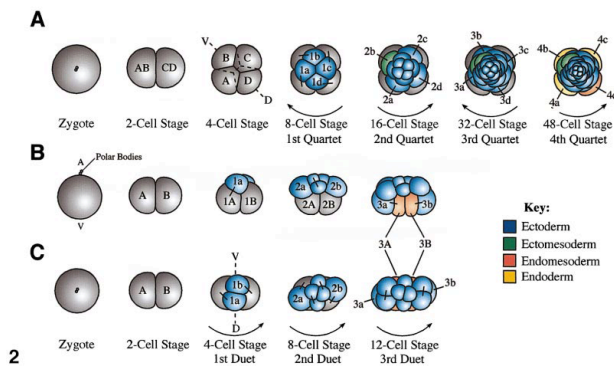
珍渦虫



42

Duet spiral cleavage

Acoela (無腸類)の初期発生にみられる



43

Rotational Cleavage

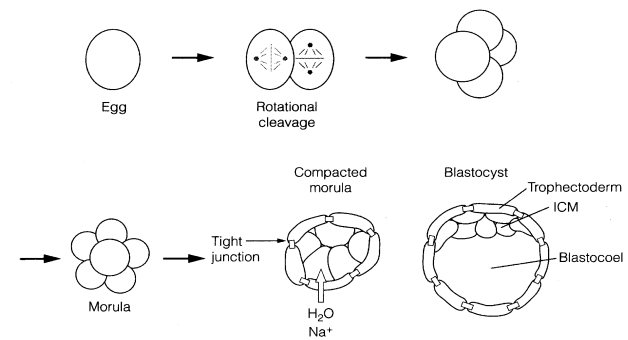


Fig. 8. Cleavage in mammals.

44

左右相称卵割 Bilateral Cleavage

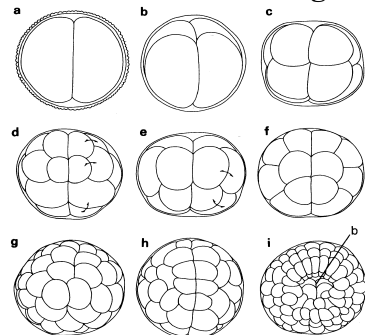


図 15-3 コマンイタボヤの初期発生
a. 2細胞期, b. 4細胞期, 手前の2細胞が小さい,
c. 8細胞期, d. 16細胞期, e. dと同じ胚をほぼ裏
側からみた図, f. 20細胞期, g. 50~60細胞期, h.
初期囊胚, i. 後期囊胚, a以外は卵細胞を省略し
てある, b: 原口

45

Asymmetric Cleavage & Superficial Cleavage

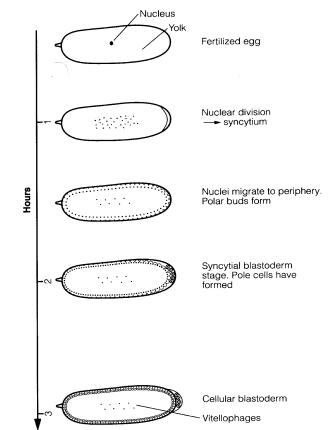
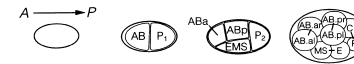
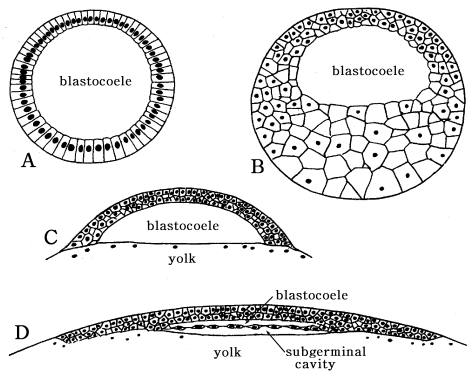


Fig. 4. Overview of cleavage in the *Drosophila* embryo.

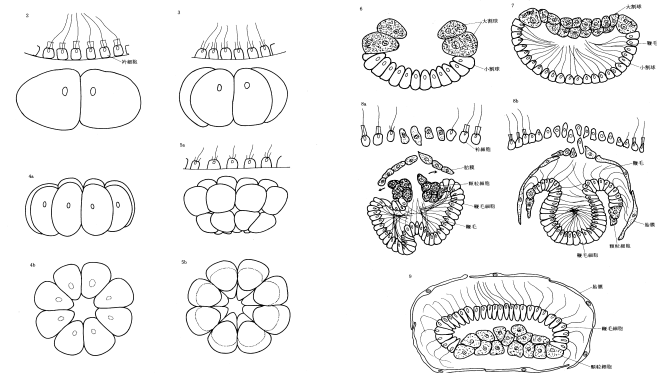
46

胞胚の種類



47

ケツボカイメンの初期発生



48

有櫛動物

ウリクラゲ



<http://www3.ocn.ne.jp/~kmitoh/seibutu/kurage/urikurage/urikurage.html>

フウセンクラゲ



<http://www3.ocn.ne.jp/~kmitoh/seibutu/kurage/fuusenkurage/fuusenkurage.html>

49

ウリクラゲの初期発生

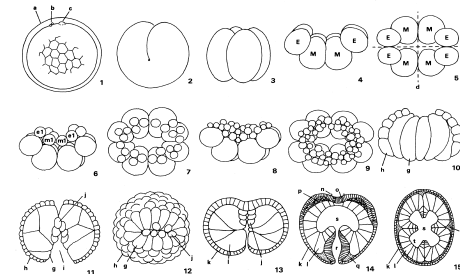
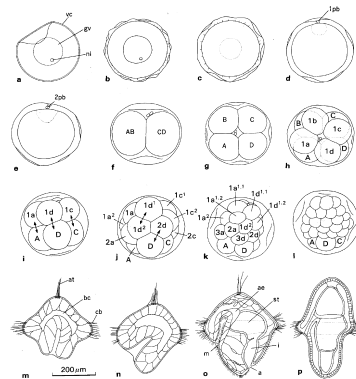


図 3-13 ウリクラゲの胚発生
1. 受精直後の未分前期。a: 卵を含む無構造塊。b: 胚体。c: 受精突起。2. 第1卵裂期。卵の上部(動物極)から卵裂溝が走る。ハート型卵裂。3. 4細胞期。4. 8細胞期(側面図)。4つの大きな中央の細胞(M)と、少し小さい4つの細胞(E)になる。右は動物極側面図。Mは動物極側面図についた。5. 8細胞期(動物極側面よりみた図)。二対の細胞。第1卵裂期(d)は卵黄の細胞間に、第2卵裂期(e)は胚の無構造面に一致する。6. 16細胞期(側面図)。先のEより生じた4個の小細胞をe1。Mから生じた4個の小細胞をm1とする。7. 32細胞期(動物極よりみた図)。前にもeとMより生じた小細胞をe2とm2。先にできた8個の小細胞のうちe1が分裂して生じたものをe11とe12。m1から生じたものをm11とm12とする。8. 60細胞期(側面図)。9. 60細胞期(動物極よりみた図)。10. 胚前期(側面図)。胚の大型細胞の分裂して胚になる。小細胞は減少し、大型細胞の間に細胞に並び、これをおおようになる。大型細胞(e)は胚体内胚葉になり、小細胞群(b)は外胚葉になる。11. 囊胚形成中(側面図)。植物極から内胚葉の眼け目(i)が出る。大型細胞から細胞細胞に並び生じた内胚葉の小細胞(l)はその裏に位置する。12. 同(植物極よりみた図)。13. 囊胚期(側面図)。中胚葉用細胞群(j)は動物極の外胚葉の下まで達する。(k: 外胚葉。l: 内胚葉)。14. フウセンクラゲ期(側面図)。最初の細胞(m)の数が減少し、動物極の胚葉型(o)の増大が生じる。(p: 中胚葉。q: 消化管。r: 口道。s: 胃の原基)。15. フウセンクラゲ期(横断面)。(t: 水管系の原基)

50

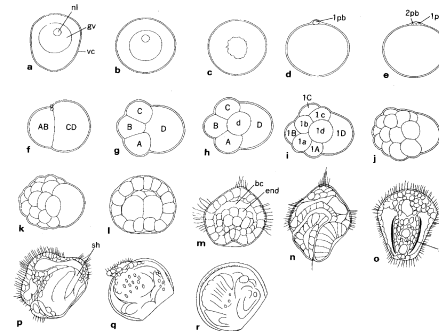
ユムシの初期発生



ユムシの発生段階図の説明
a. 未受精卵。b. 受精直後。c. 胚前期。d. 第1卵裂期。e. 第2卵裂期。f. 2細胞期。g. 4細胞期。h. 8細胞期(動物極より)。i. 同(側面より)。j. 16細胞期(側面より)。k. 24細胞期(側面より)。l. 桑葉状期(側面より)。m. 遅速囊胚期。n. 初期担輪子幼生。o. 完成された担輪子幼生。p. 囊胚前の幼生。
uc: 卵膜。gv: 胚殻。nl: 核小体。1pb: 第1極体。2pb: 第2極体。

51

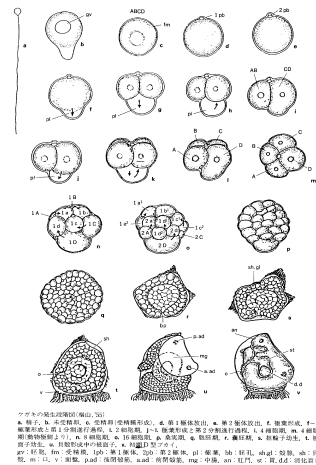
バカガイの初期発生



バカガイの発生
a. 未受精卵。b. 受精直後。c. 胚前期。d. 第1卵裂期。e. 第2卵裂期。f. 2細胞期。g. 4細胞期。h. 5細胞期。i. 8細胞期。j. 16細胞期。k. 32細胞期。l. 囊胚期。m. 初期担輪子。n. 中期担輪子。o. 後期担輪子。p. 初期D型幼生(ウェリジャー幼生)。q. D型幼生。r. 貝殻が完全に体を包んだもの。
gv: 胚殻。nl: 核小体。vc: 卵膜。1pb: 第1極体。2pb: 第2極体。bc: 胚殻。end: 内胚細胞。
sh: 貝殻。

52

ケガキの 初期発生



53

ナマコの初期発生

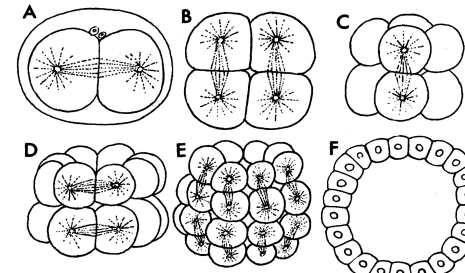
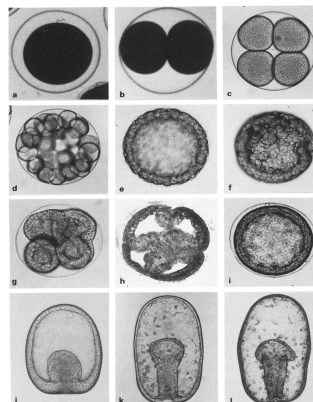


Figure 87. Radial cleavage with almost equal size of blastomeres in sea cucumber *Synapta digitata*. A, two-cell stage. B, four-cell stage (viewed from animal pole). C, eight-cell stage, lateral view. D, 16-cell stage. E, 32-cell stage. F, Blastula, vertical section. (After Selenka, from Korschelt, 1936.)

54

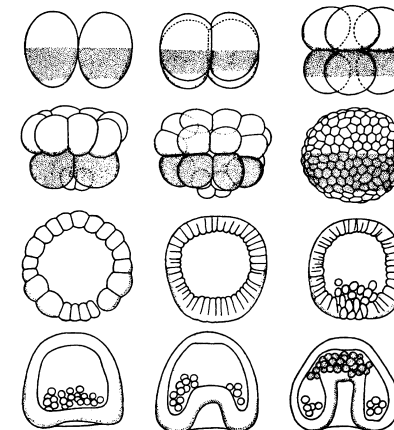
イトマキヒトデの 初期発生



イトマキヒトデの発生(小松・加野・小黒氏)
a. 受精卵; b. 2細胞期; c. 4細胞期; d. 32細胞期; e. 初期胚; f. 初期胚; g. 中期胚; h. g. と同時期の胚の断面; i. 胚中の後期胚; j. 胚中の後期胚; k. 胚中の後期胚; l. 胚中の後期胚

55

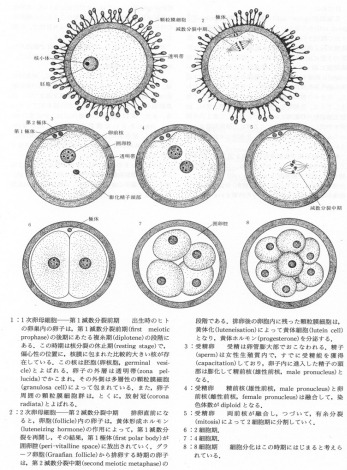
ウニの初期発生



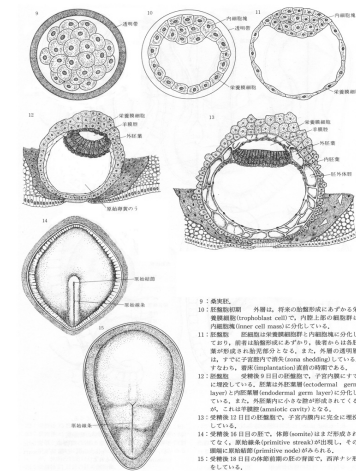
Cleavage and gastrulation of the sea urchin *Paracentrotus lividus*.

56

ヒトの初期発生 I



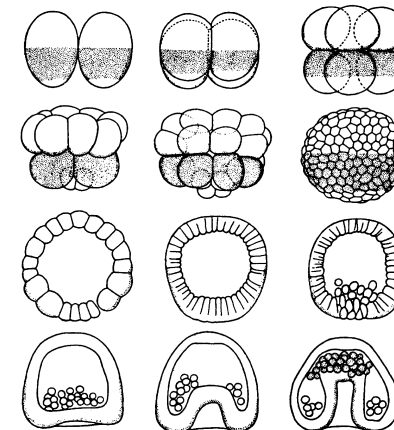
ヒトの初期発生Ⅱ



Chapter 4

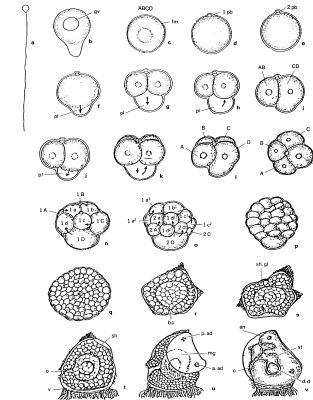
調節卵とモザイク卵
Regulative Egg and Mosaic Egg

ウニの初期発生



[illegible]

ケガキの 初期発生



クダキの葉生栽培用(岡山, 56)

a. 種子, b. 未発根, c. 発根期(受精前形成), d. 第1胚体放出, e. 第2胚体放出, f. 葉形成, g. 1-2葉形成, h. 第1分枝(葉形成), i. 2-8葉形成, j-k. 葉形成と第2分枝形成過程, l. 4葉形成, m. 4-8葉形成(葉物特異より), n. 8葉形成, o. 16葉形成, p. 成熟期, q. 胚乳類, r. 葉類形成, s. 胚乳増大, t. 胚乳増大停止, u. 根形成, v. 根形成中の根首, w. 根瘤型子実, x. 根瘤型子実, y. 胚乳, z. 子実, 1gb. 第1胚体, 2gb. 第2胚体, 3. 葉類, hbr. 胚乳, shg. 胚乳, sh. 胚乳, m. 14, v. 受精, pad. 後期形成, and. 胚乳形成, mug. 中葉, an. 胚乳, v. 葉, d. 胚乳形成

Asymmetric Cleavage & Superficial Cleavage

A \rightarrow P

AB P₁

ABa ABb ABc ABd P₁a P₁b P₁c P₁d

MS

MS+E

Hours

Fertilized egg

Nucleus

Yolk

Nuclear division \rightarrow syncytium

Nuclei migrate to periphery. Polar buds form.

Syncytial blastoderm stage. Pole cells have formed.

Cellular blastoderm

Vitellogenophages

Fig. 4. Overview of cleavage in the *Drosophila* embryo.

Fig. 4. Overview of cleavage in the *Drosophila* embryo

マボヤの
初期発生

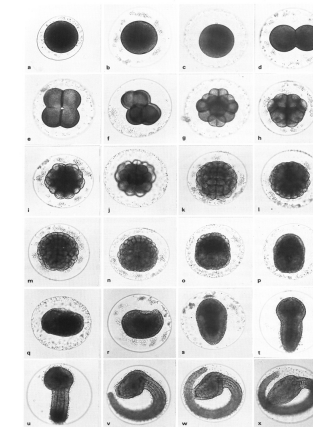


図 14-5 マダガバの発生 (室温 14°C)
a. 未受精卵, b. 受精卵 (産後 30 分), c. 細胞放散, d. 2細胞期, e. 4細胞期, f. 8細胞期, g. 16細胞期 (動物極側から), h. 16細胞期 (植物極側から), i. 32細胞期 (動物極側から), j. 32細胞期 (植物極側から), k. 64細胞期 (動物極側から), l. 64細胞期 (植物極側から), m. 128細胞期 (動物極側から), n. 128細胞期 (植物極側から), o. 原腸胚, p. 後期原腸胚, q, r. 神経胚, s. 尾芽期, t, u. 尾芽伸長期, v. 平衡細胞, 眼の形成期, w. 孵化直前の発生。

68

ウニ卵の半分からの発生

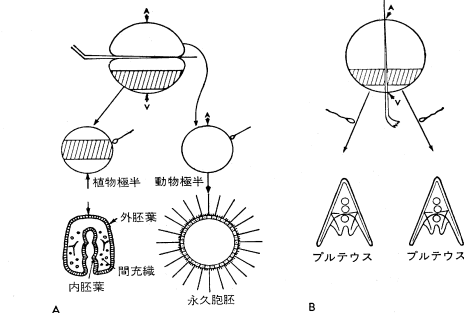


図 5-7 ウニ卵の半分からの発生。(A)動物極半と植物極半：卵を赤道面に沿って、ガラス針で二分する。動物極半(右)は受精後胚(これは永久胚とよばれるものでそれ以後の発生はおこらない)に発生するが、内胚葉を欠いている。植物極半(左)は受精後不完全胚をつくる。(B)卵をA-Vの軸に沿って縦切りに二分する。各半は受精後、半分の大きさの完全な胚に発生する。(L. G. Barth, *Embryology*, Holt, Rinehart and Winston, Inc.)

69

灰色新月環の重要性

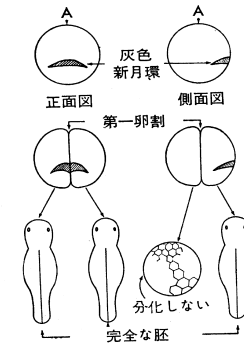
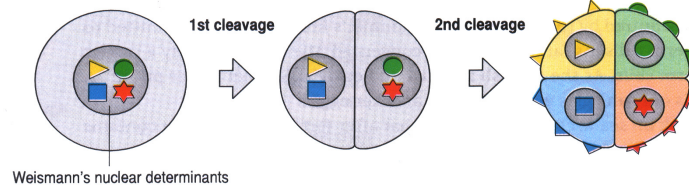


図 5-8 灰色新月環の重要性を、2細胞期の各細胞を切りはなす実験によって示す。(左)灰色新月環の位置を示す正面図。卵が分割すると灰色新月環の半分ずつが二つの細胞のどちらにもはいる。もしこれらの細胞を切りはなしてみると、各々は完全な胚に発生する。(右)灰色新月環の位置を側面からみた図、第一卵割で、灰色新月環が2細胞のうちのどちらか一方にだけ含まれるようになった場合を示す。これらの細胞を切りはなすと、灰色新月環を欠いた細胞は発生しない。(L. G. Barth, *Embryology*, Holt, Rinehart and Winston, Inc. より)

70

ワイスマン・ルーのモザイク説



71

Hans Drieschの実験

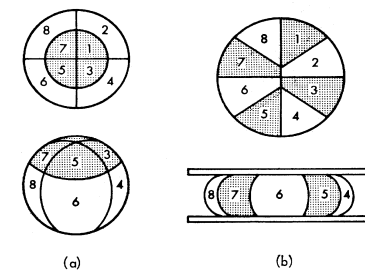


図 5-1 正常に分割した卵(a)、および第1-第3分裂の期間におたって、おしつておいた卵(b)における分割球の位置を模式的に示す。この図では核は示されていないが、圧力をかけられて分割した卵の核は、正常卵の割球におけるのとは、細胞質中における位置を少しく異にしている。(Huxley and DeBeer, *The Elements of Experimental Embryology* より, Cambridge University Press の好意による)

72

Hans Spemanの受精卵の狭窄実験

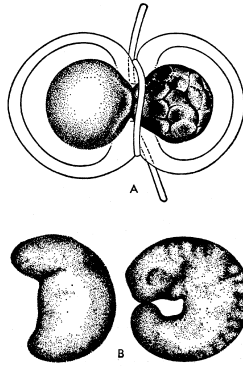


図 5-2 イモリ胚の双子づくりの実験で、一半では核がおくれてはいた場合。(A) 2細胞期の卵を第一分割溝にそってくっつけたが、融合核は右側にだけ残った。すると右側だけが分割したのであって、図示した時期では、しばた面に最も近い核が未分割の左半にはいり込もうとし、そこで分裂を始めていく。(B) (A)から発生した双子胚。核のおくれてはいた左半の発生のおくれがみられる。(H. Spemann, *Embryonic Development and Induction* より、Yale University Press の好意による)

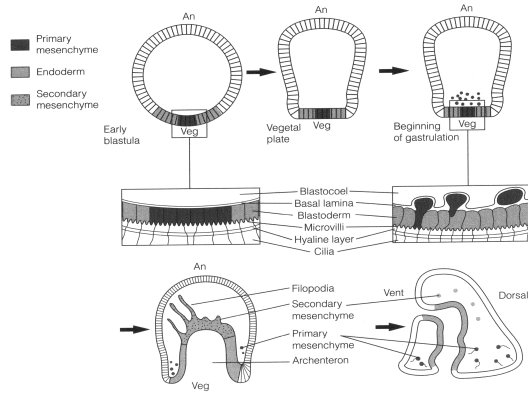
73

Chapter 5

囊胚形成 Gastrulation

74

ウニの囊胚形成



Overview of gastrulation in the sea urchin embryo.

75

ショウジョウバエの囊胚形成

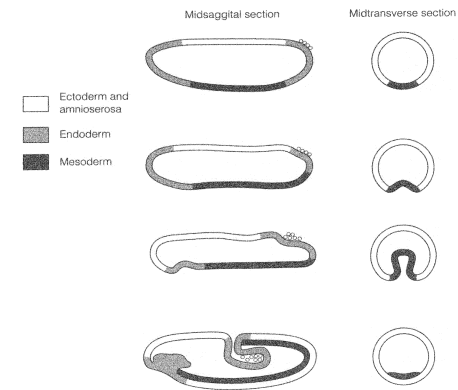
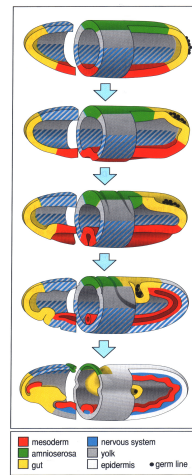


Fig. 2. Gastrulation in *Drosophila*.

76

ショウジョウバエの 囊胚形成 II



77

アフリカツメガエルの 囊胚形成

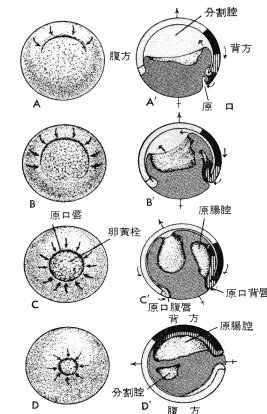


図 3-4 両生類における胚葉の形成。(A-D)は原口側からみた外見図。(A'-D')は正中面での切片図。胚の回転は前後軸と、背腹方の方位におこる変化で示されている。矢印は形態形成のおこる方向を示す。(T. W. Torrey, *Morphogenesis of the Vertebrates* より, John Wiley and Sons, Inc. の好意による)

78

ゼブラフィッシュの囊胚形成

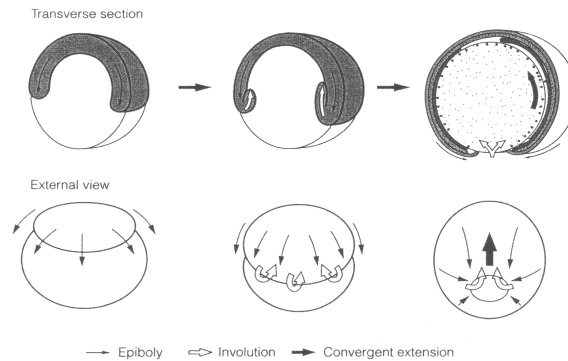


Fig. 2. Cell movements during gastrulation in the zebrafish.

79

ニワトリの 囊胚形成

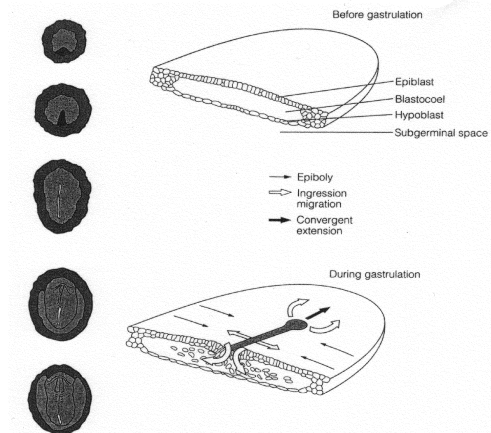
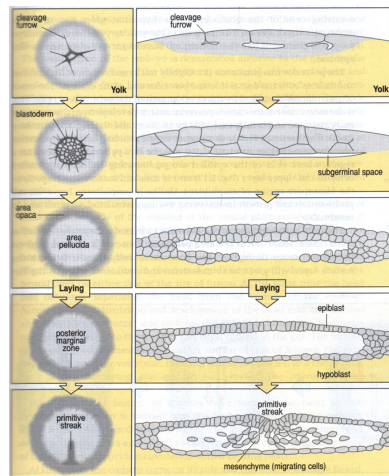


Fig. 3. Formation of the epiblast and hypoblast, and gastrulation in the chicken embryo.

80

ニワトリの 囊胚形成 II



81

囊胚形成のための 細胞運動

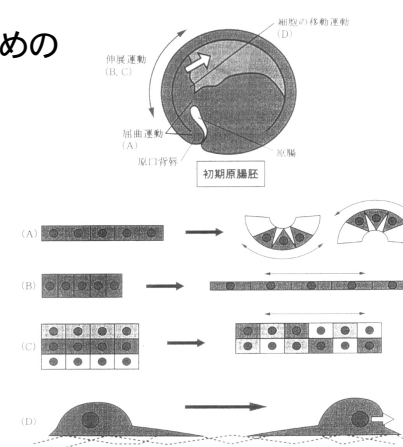


図 4-5 両生類の原腸胚形成に關与している基本的な形態形成運動

82

Chapter 6

オーガナイザー Organizer

83

フォークトの原基分布図

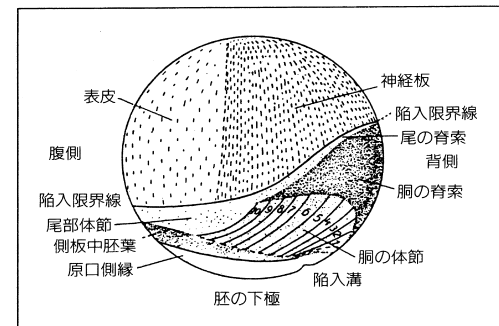


図 13 フォークトの原基分布図。イモリの初期原腸胚に、中性赤やメチレン青などの色素で印をつけて、その部分がどのような器官になるかを調べた。

84

シュペーマンの誘導実験

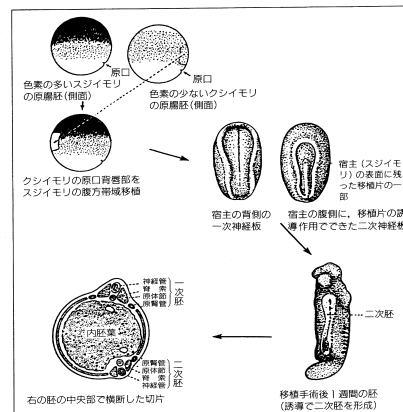


図 12 シュペーマンらの行った誘導実験。クシイモリの原口唇唇部をスジイモリの腹側 (原口とは反対側) の部分に移植すると、宿主胚 (スジイモリ) に新しい胚軸をもった二次胚ができる。 (成島, 中村ら, 1977 年より)

85

二次胚の細胞起源

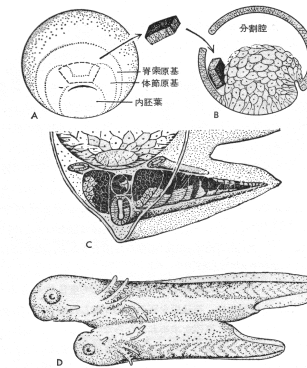
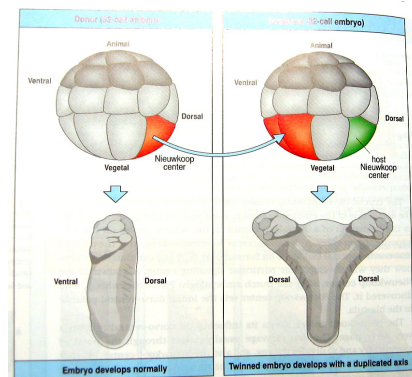


図 4-4 原口上唇部の一部を、別の原腸胚に移植した場合に (A, B), 自己分化と移植片による誘導のおこること (C, D) を示す模式図。C では移植片から由来した組織を用いて、誘導された組織は白で示してある。 (J. Holtfreter and V. Hamburger, *Analysis of Development*, B. H. Willer, P. Weiss and V. Hamburger 編より, W. B. Saunders Co. の許意による)

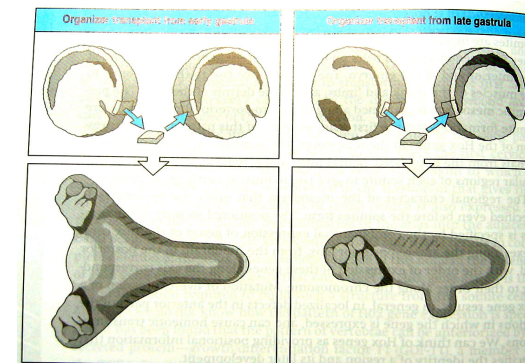
86

32細胞期の移植実験



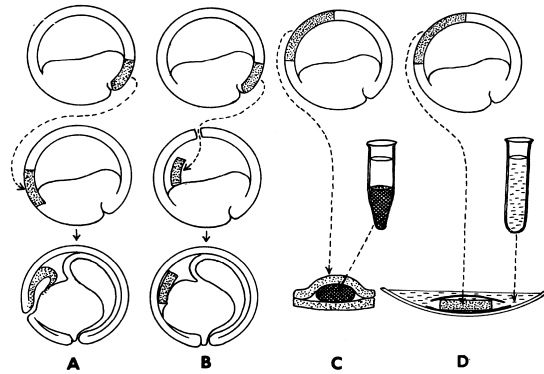
87

移植時期の差



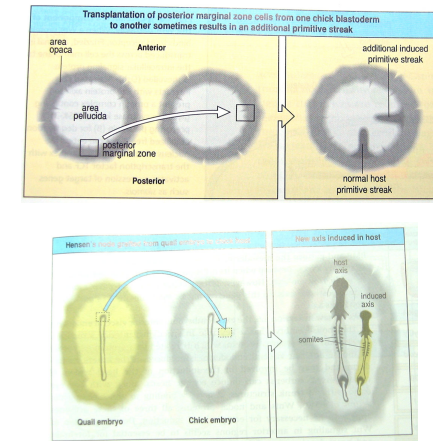
88

誘導効果の検定法



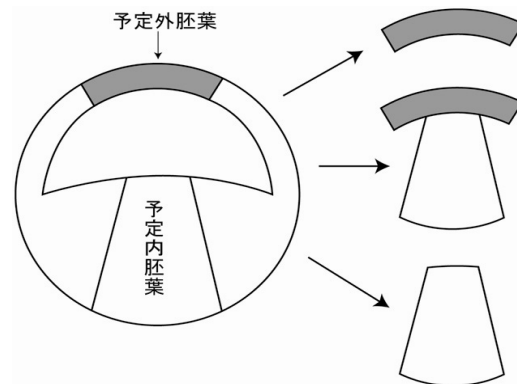
89

ニワトリの オーガナイザー



90

ニューコープの実験



91

アクチビンの 誘導活性

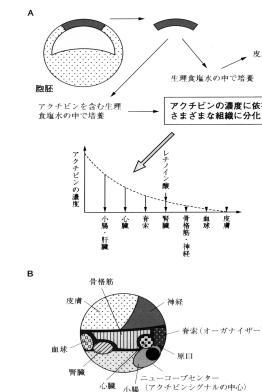


図 8-3 アクチビンによる組織や器官形成の誘導
Aは、処理したアクチビンの濃度に依存して、未分化組織(予定外胚葉)から形成されるさまざまな組織を示す。Bは、卵黄形成期における各組織の誘導分布を示す。アクチビンの濃度からその誘導性と、アクチビンの濃度に依存して形成されるさまざまな組織との関係性が示唆される。

92

Chapter 7

軸の決定 Axis Specification

93

軸の決定

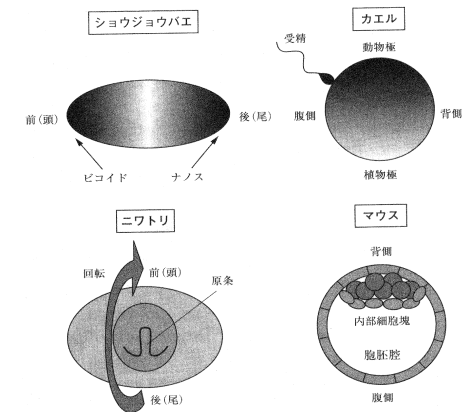


図 3-16 動物の発生初期に見られる胚の方向性の決定様式

94

カエル胚の 軸決定

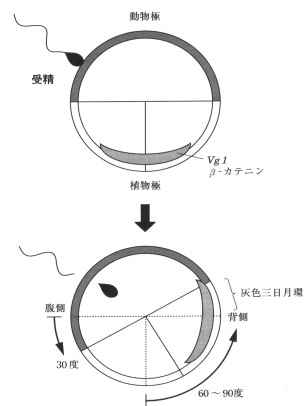
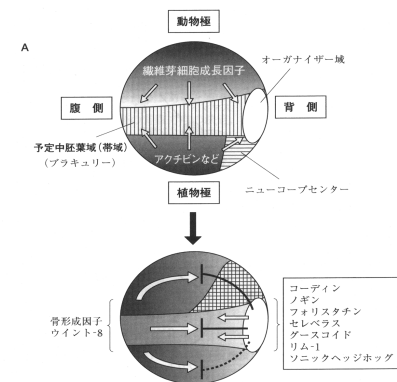


図 3-13 両生類の受精にともなう背腹方向の決定

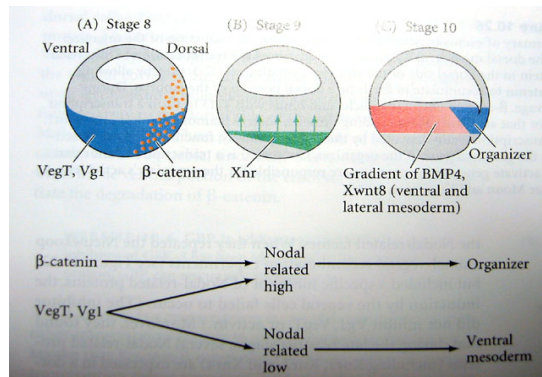
95

両生類の胚における軸決定



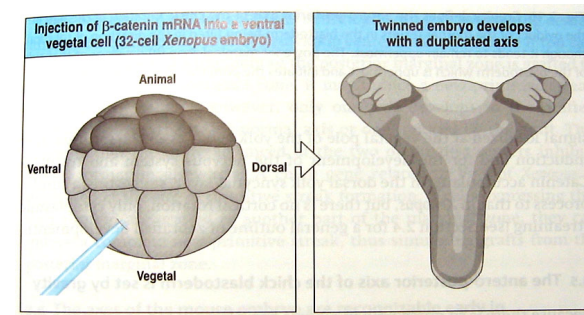
96

両生類の胚の軸決定II



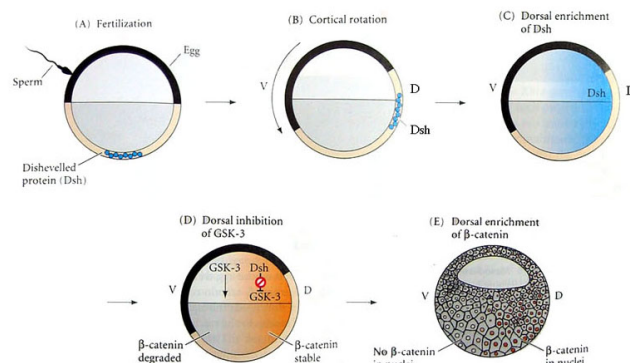
97

β -cateninのmRNA注入実験



98

カエルの背腹軸の決定



99

軸の決定

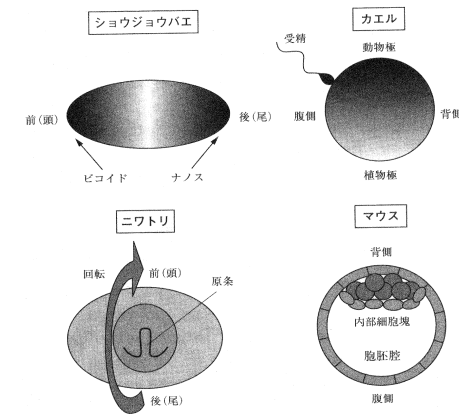
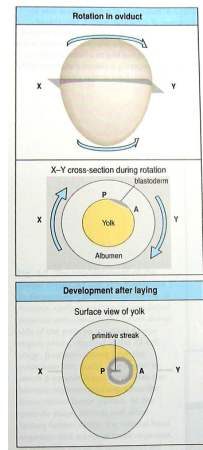


図 3-16 動物の発生初期に見られる胚の方向性の決定様式

100

ニワトリ胚の軸決定



101

軸の決定

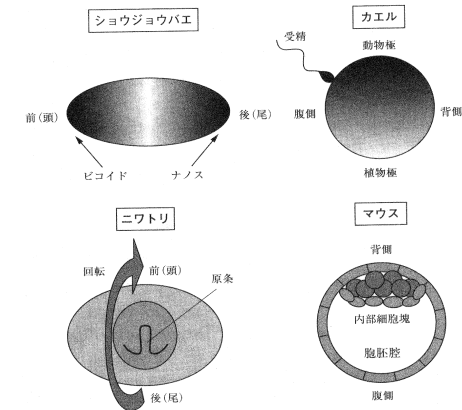


図 3・16 動物の発生初期に見られる胚の方向性の決定様式

102

二重勾配説

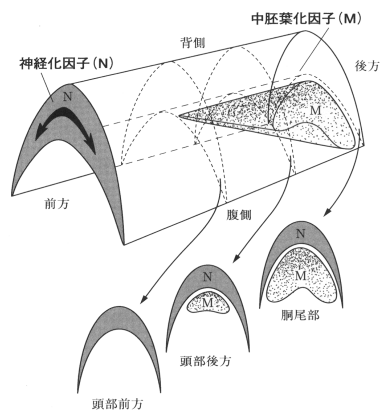
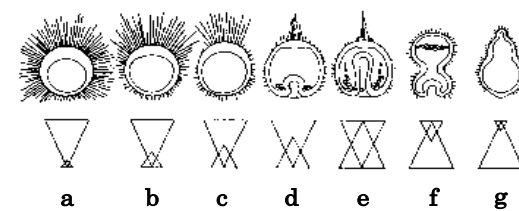


図 8・8 トイボーネンとサクセンの 2 重勾配説

103

ウニ胚における二重勾配説

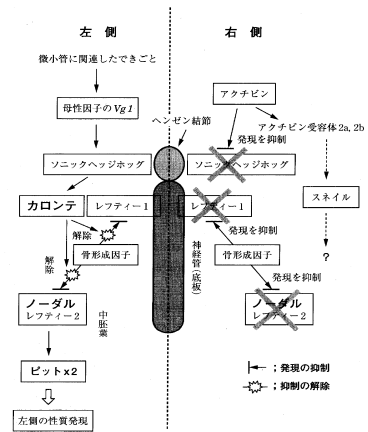


a : 非常に強く動物極化された胚, b, c : わずかに植物極性の出てきた動物極化胚, d : 弱い動物極化胚, e : 正常胚, f : 植物極化胚, 外腸胚になっている, g : 非常に植物極化された胚

図 2 動物極化および植物極化した胚の形態

104

脊椎動物の 左右軸



105

Chapter 8

細胞凝集と形態形成 Cell Aggregation and Morphogenesis

106

ダイダイイソカイメン *Halichondria japonica*



107

クロイソカイメン *Halichondria okadai*



108

両生類胚細胞の再集合

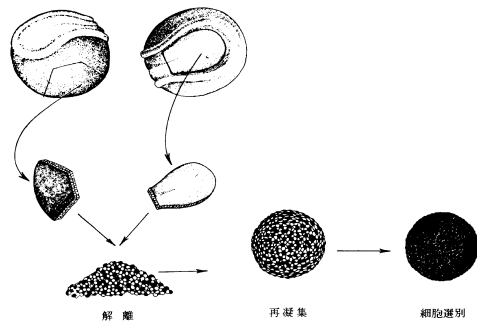


図 8.4 両生類の胚の断片（左、予定表皮；右、予定神経板）からの単細胞の解離とその再凝集。解離細胞をまぜ合わせる（表皮細胞を黒で示す）。再凝集に続いて、細胞は選別され、表皮細胞のみが凝集塊の外側にくる（Townes と Holtfreter 1955 より改変）

109

両生類胚細胞の再集合II

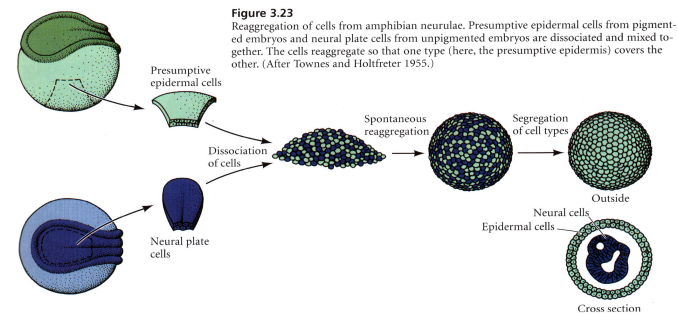


Figure 3.23 Reaggregation of cells from amphibian neurulae. Presumptive epidermal cells from pigmented embryos and neural plate cells from unpigmented embryos are dissociated and mixed together. The cells reaggregate so that one type (here, the presumptive epidermis) covers the other. (After Townes and Holtfreter 1955.)

110

選択的細胞親和性

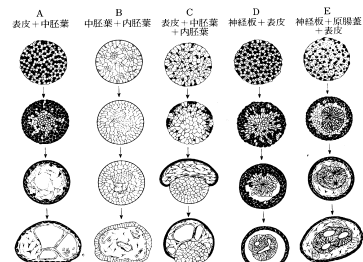
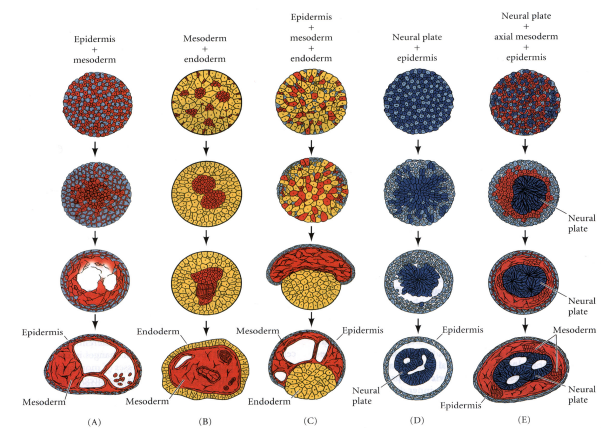


図 8.5 両生類の胚細胞の凝集塊における選別、空間的分離および再構築。(A) 表皮細胞（黒）と中胚葉細胞の組み合わせ；表皮細胞の外側への移動と、中胚葉細胞の内側への移動が起こり、中胚葉細胞は、間充織、体腔、血球を形成する。(B) 中胚葉細胞と内胚葉細胞との組み合わせ；中胚葉細胞は凝集塊の中央に集中し、間充織と筋内を形成する。内胚葉細胞は、この場合外側に位置する。(C) 表皮細胞（黒）、中胚葉、内胚葉細胞の組み合わせ；中胚葉と内胚葉細胞を外胚葉細胞を取り囲むように選別される。(D) 表皮細胞（黒）と神経板細胞との組み合わせ；外側に表皮、中心部に神経組織、その間に間充織が分離する。(E) 表皮（黒）、神経板、原腸蓋（中軸中胚葉）細胞の組み合わせ；中央に神経組織が位置し、それを体腔と間充織が取り囲み、外側に表皮層がくるように配置される（Townes と Holtfreter 1955 より改変）

111

選択的細胞親和性II



112

細胞選別

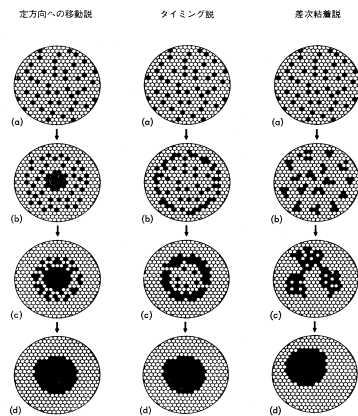
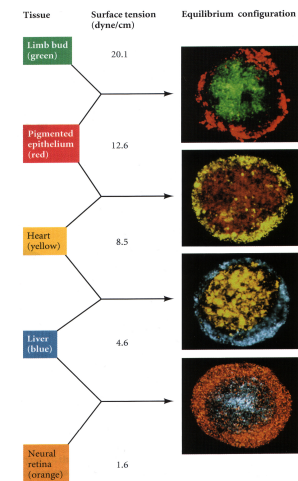


図 7・5 定方向への移動（走化性）説、タイミング説、差次粘着説のそれぞれの理想状態での選別過程の模式図。（Steinberg, "Cell Membranes in Development", Academic Press, N. Y., p. 321.）

113

差次粘着説



114

Cadherin介在細胞接着

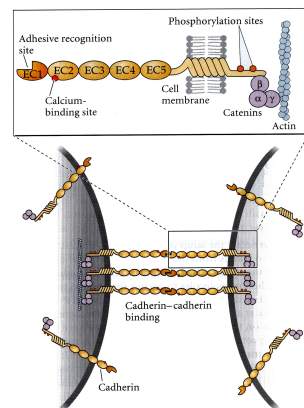


Figure 3.28 Cadherin-mediated cell adhesion. Cadherins are associated with three types of catenins. The catenins can become associated with the actin microfilament system within the cell. (After Takeichi 1991.)

115

Chapter 9

再生と無性生殖

Regeneration and Asexual Reproduction

116

ヒドラの体制

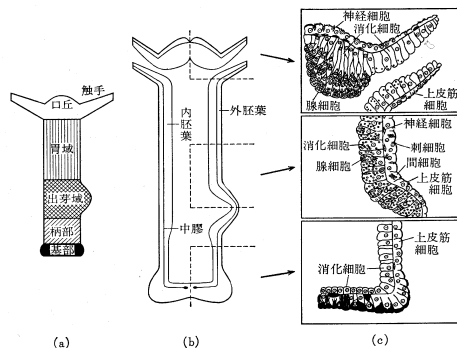


図 14.1 ヒドラの体制を示す模式図。(a)ヒドラは六つの部域からなりたっている。(b)触手から基部に至るまで内胚葉、外胚葉、及び中膠の3層からできている。(c)細胞は部域によって分布状態が異なる。

117

Duboisの実験

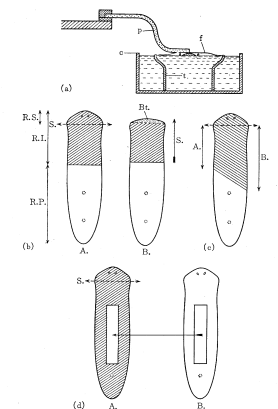


図 15.2 Dubois(1949)の文藝用射実験の模式図。(a) 局部照射装置。非照射部域は鉛板(p)で覆う。(b) 局部照射したゾウナリア。斜線部が照射部域。S.の水平で切断すると、再生芽(Bu.)が出現する。(c) 斜に局部照射したゾウナリア。(d) 腹面を全体照射し、非照射ゾウナリアの一端を移植する実験。

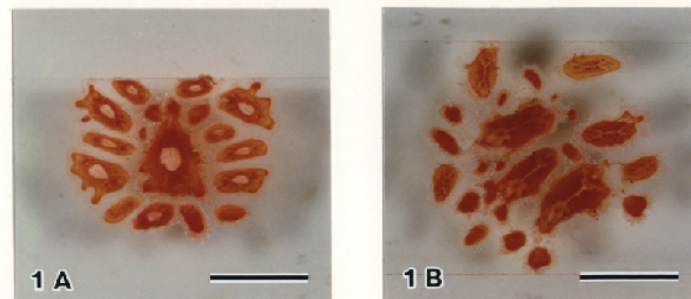
118

シモダギボシムシ *Balanoglossus simodensis*



119

ミサキマメイタボヤ *Polyandrocarpa misakiensis*



120

進行帯説

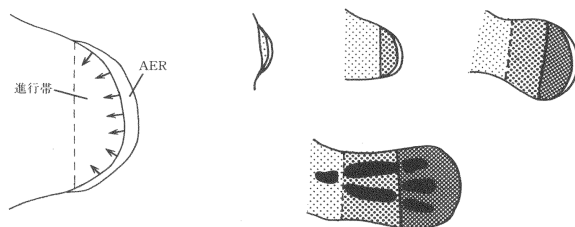


図2 進行帯。矢印はAERからの進行帯維持因子の作用を示す。

図3 進行帯説。網かけ模様は発生と共に変化した位置価を表わす。

121

イモリの肢再生と再生芽移植実験

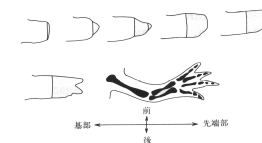


図5 イモリの肢再生過程。

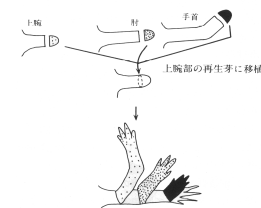


図6 再生芽の移植実験。それぞれの部位の再生芽を上腕部の再生芽に移植した場合に再生される肢の位置と構造を示す（文献¹⁹から改変）。

122

モルフォゲン説

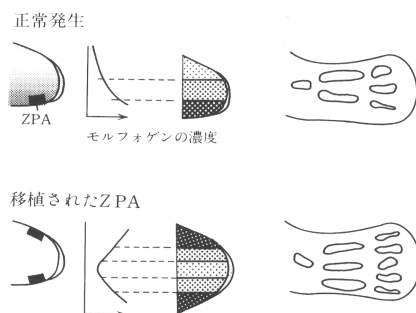
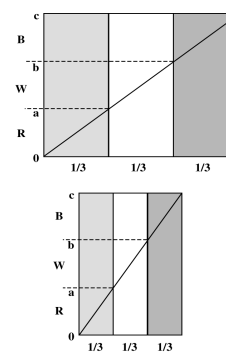


図4 モルフォゲン説。正常発生およびZPAを移植した場合に考えられるモルフォゲンの分布とそれぞれの場合に形成される軟骨パターンを示す。

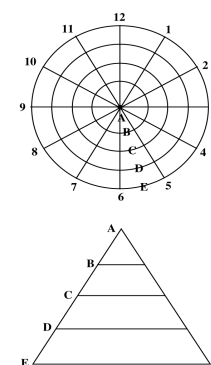
123

フランス国旗モデルと極座標モデル

フランス国旗モデル



極座標モデル



124

フランス国旗モデル

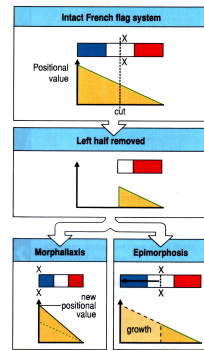


Fig. 13.4 Morphallaxis and epimorphosis. A pattern such as the French flag may be specified by a gradient in positional value (see Fig. 1.22). If the system is cut in half it can regenerate in one of two ways. In regeneration by morphallaxis, a new boundary is established at the cut and the positional values are changed throughout. In regeneration by epimorphosis, new positional values are linked to growth from the cut surface.

125

ゴキブリとイモリの 肢再生

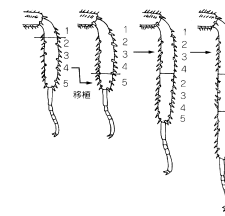


図 2・15 ゴキブリの脚の移植・再生
23節の部分をも1234の先に移植すると、3が挿入される、とげが遠向きになることに注意

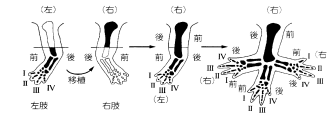
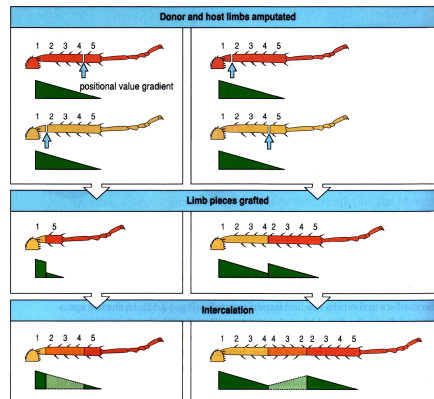


図 2・16 イモリの左肢先端部を右肢基部に移植
前後が違になると、3本の肢ができ極性の連続性がみられる

126

ゴキブリの肢再生



127

ホメオティック遺伝子群によるパターン形成

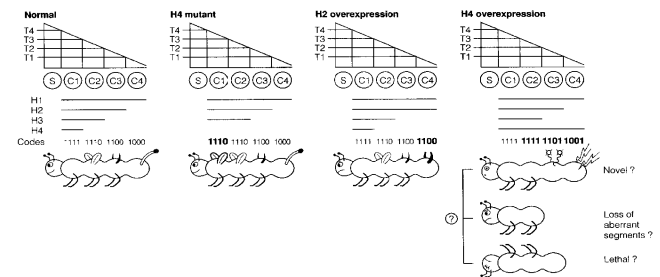


Fig. 4. Model for the generation of positional values using homeotic genes, and the basis of homeotic transformations.

128

Chapter 10

老化と死 Aging and Death

129

アポトーシスとネクローシス

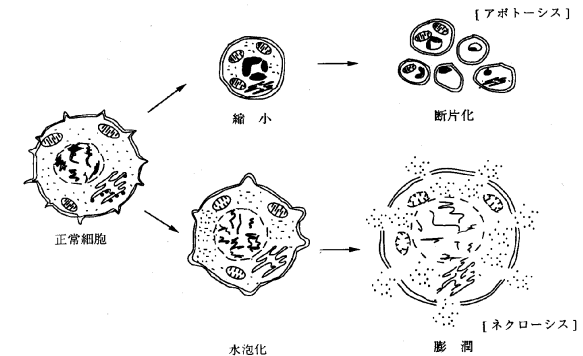


図 2.2 アポトーシスとネクローシスの形態学的変化

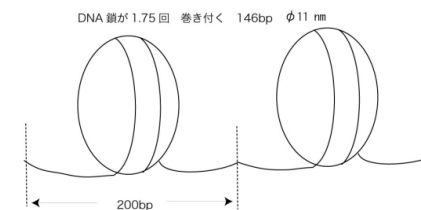
130

アポトーシスとネクローシスの特徴

	アポトーシス	ネクローシス
要因	生理的, 病理的 ホルモン異常, 成長因子の除去 細胞障害性T細胞の攻撃 HIV感染, 放射線, 温熱, 制ガン剤	病理的, 非生理的 火傷, 毒物, 虚血, 補体攻撃 溶解性ウィルス感染, 過剰な薬物投与 や放射線照射
過程	細胞体積の縮小 ヌクレオソーム単位のDNA断片化 クロマチンの凝縮 細胞表面の微絨毛の消失 細胞の断片化(アポトーシス小体となり, マクロファージによって貪食)	ミトコンドリアや小胞体の膨潤 イオン輸送系の崩壊 DNAのランダムな分解 細胞の膨潤と溶解 細胞内容物の流出(lysosomal enzyme等 加水分解酵素)
特性	組織内で散在的に発現 短時間に段階的に進行 能動的自壊過程	組織内で一斉に発現(炎症となる) 長時間に漸次進行 受動的崩壊過程

131

ヌクレオソーム Nucleosome



132