

両生類の変態

高田 裕美 (Takata Hiromi)

所属: 生物学コース(理工学研究科 環境機能科学専攻)
専門: 発生学

担当授業

・新入生セミナーA	1年前期
・生物学I	1年前期
・基礎生物学実験	2年前期
・発生学	2年前期
・形態形成論	2年後期
・生物学実験II	2年後期
・生物学ゼミナールI	3年前期

1

参考書 (図の出典)

- ①ウィルト発生生物学 Fred H. Wilt, Sarah C. Hake著、赤坂甲治ほか監訳(2006)
- ②ウォルパート発生生物学 4th ed. Lewis Wolpert著、武田洋幸ほか監訳(2012)
- ③ギルバート発生生物学 10th ed. Scott F. Gilbert著、阿形清和ほか監訳(2014)
- ④エッセンシャル発生生物学 改訂第2版 Jonsyhan Slack著、大隈典子訳(2007)



2

今日のテーマ

★ 1. 発生学とは？

2. アフリカツメガエルの形態形成

3. アフリカツメガエルの変態



3

発生学の特徴

他の多くの分野では、**成体における構造や機能**を問題とする。

形態学、生態学、生理学、細胞学、解剖学、分子生物学...

★研究分野によって問題意識が異なる。

例: 色素のタンパク成分であるグロビン

遺伝学: グロビン遺伝子が親から子へどのように伝えられるか？

生理学: グロビンタンパク質が体内でどのように機能するか？

発生学: なぜグロビン遺伝子が赤血球のみで発現し時期特異的に活性化されるか？

発生学では、**途中の過程**が問題とされる。

＝時間経過を伴う生命現象のすべてが研究対象。



4

発生学における2つの大きな問題

1. 受精卵という1個の細胞が成体になる過程
2. 個体が次世代の個体を作る過程

分化・形態形成・成長・生殖・進化・環境

様々なレベルでの研究が必要



5

研究におけるレベルと問題意識

分子・化学レベル: グロビン遺伝子と転写調節因子の相互作用。

細胞・組織レベル: どの細胞がグロビンを合成し、どうやってグロビンmRNAは核から離れ細胞質へ移動するのか。

器官・器官系レベル: それぞれの組織での毛細血管形成や、その分岐、結合の方法。

生態・環境レベル: グロビン遺伝子の活性化によって母胎から胎児への酸素の流れ方の変化や環境要因がより多くの赤血球の分化を引き起こす方法。



6

発生学で使われる実験生物(モデル生物)

単子葉植物: イネ、トウモロコシ

双子葉植物: シロイヌナズナ、トマト

無脊椎動物: センチュウ、ウニ・ヒトデ、ショウジョウバエ
(線形動物) (棘皮動物) (節足動物)

脊索動物: ホヤ、ナメクジウオ(無脊椎動物)

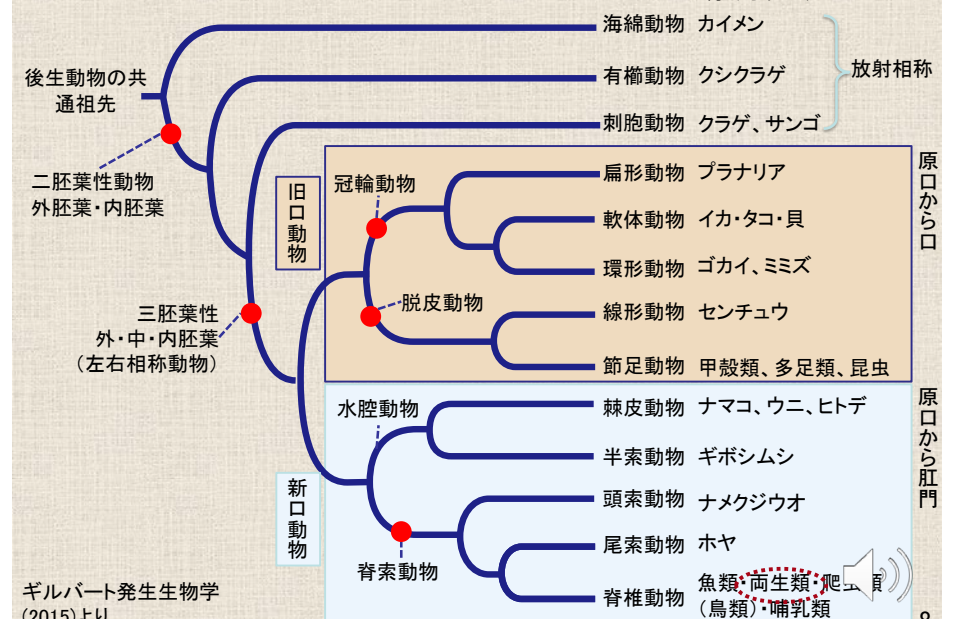
ゼブラフィッシュ、メダカ、**フリカツメガエル**、ニワトリ、マウス

(脊椎動物)



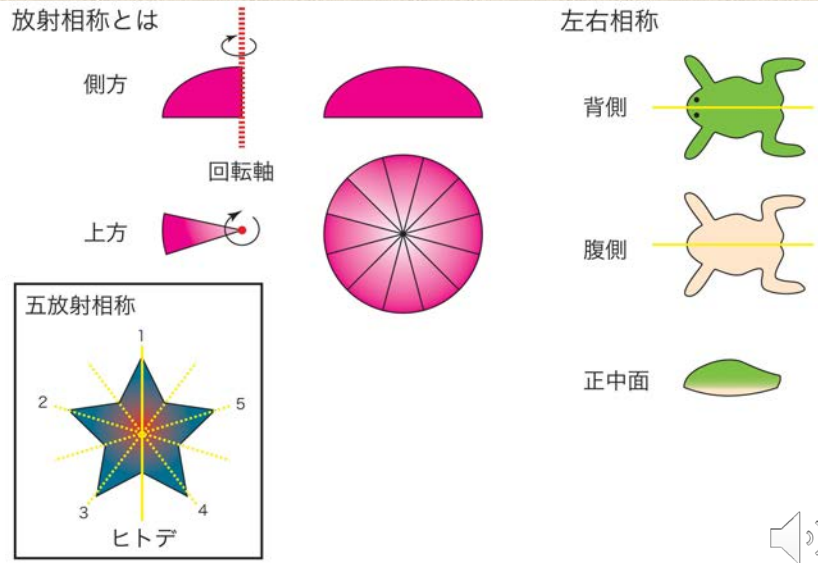
7

現存する動物の主要な進化の分岐

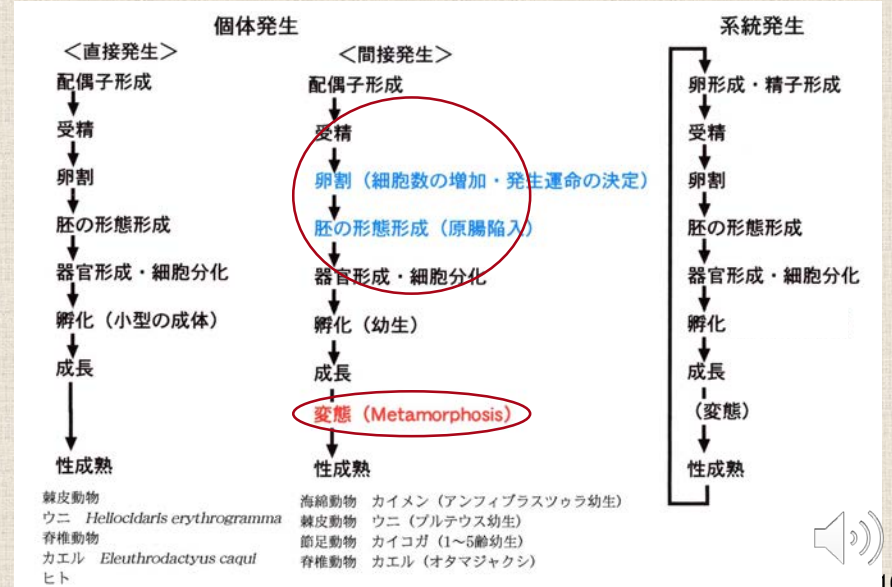


8

放射相称と左右相称



発生生物学 (Developmental Biology)



今日のテーマ

1. 発生学とは？

★ 2. アフリカツメガエルの形態形成

3. アフリカツメガエルの変態



両生類とは (分類学上の位置づけ)

脊索動物門 (尾索類、頭索類、魚類、両生類、爬虫類、鳥類、ほ乳類)

脊椎動物亜門

有顎動物下門

四肢動物上綱 (四脚類)

両生綱

無足類 (アシナシイモリ)

有尾類 (イモリ、サンショウウオ)

無尾類 (カエル)



アフリカツメガエル

学名 *Xenopus laevis*

変わった足の、なめらかな
ラテン語

◎ゼノパス レーヴィス
クセノプス ラーヴィス

×ジェノサイド大量虐殺



13

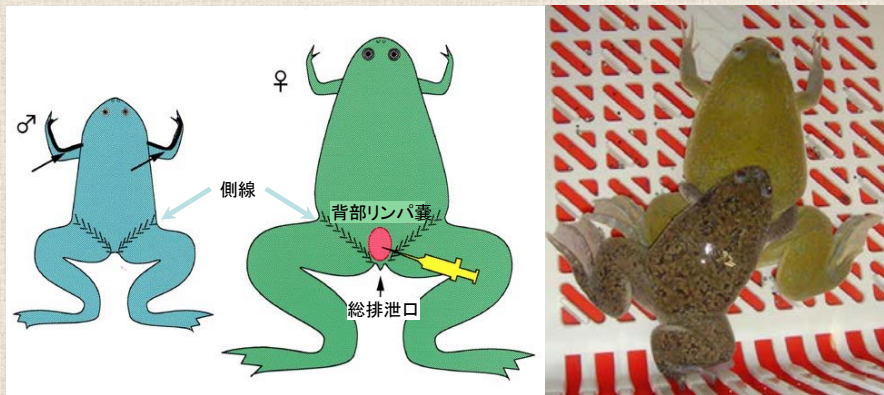
特徴

1. 一生、水中で過ごす。
2. 生き餌を与えなくても、飼育できる。
(ペレット、牛レバーなど)
3. 温度条件さえ整えば、ほぼいつでも生殖可能。
4. ホルモン注射によって、発情をコントロールできる。
5. 一度産卵させても、一ヶ月ほどで再び産卵可能。

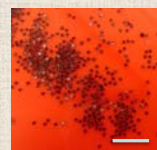


14

雌雄の形態的特徴と抱接スタイル



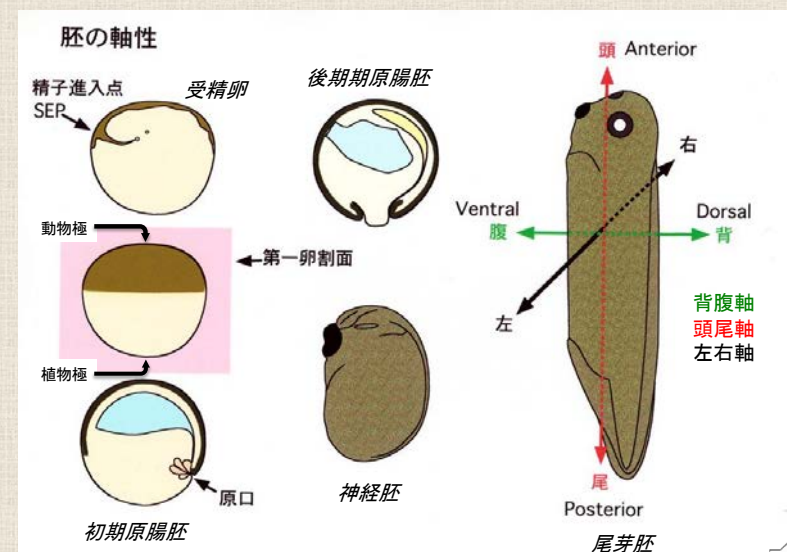
生殖腺刺激ホルモン(=ゴナドトロピン)
商品名:ゴナドロピン(あすか製薬)
メス500単位、オス250単位



スケールバー1cm

15

3つの軸性によって胚の構造は特定される



16

初期発生



<一生> (20 ± 1 °C)

◎ホルモン注射後、約12時間で産卵。

◎受精後、約90分で第一卵割、その後30分ごとに卵割する。

受精後 9時間で胞胚期に

12時間で原腸胚期に

24時間で神経胚期になる。

◎4日後には、餌を食べるオタマジャクシになる。その後、約2ヶ月をかけて成長し、変態する。

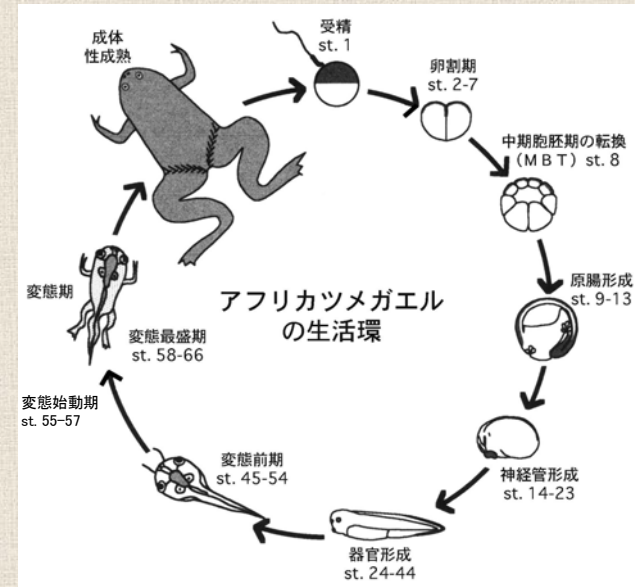
◎変態終了後、1年ほどで性的に成熟する。飼育下では、寿命は約10年以上。



17

生活環

アフリカツメガエルの発生段階(NFステージ)は、受精から変態終了まで66段階に分けられている。Nieuwkoop and Faber 1967



18

今日のテーマ

1. 発生学とは？

2. アフリカツメガエルの形態形成

★ 3. アフリカツメガエルの変態



19

アフリカツメガエルの変態



★変態前期(st. 45-54) 約1ヶ月
餌を食べて、大きく成長する時期。肢芽が形成される。

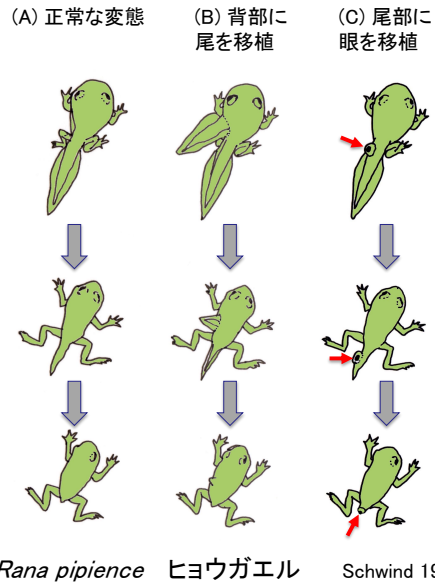
★変態始動期(st. 55-57) 約2週間
変態の準備期間。後肢が大きくなり、前肢芽形成。

★変態最盛期(st. 58-66) 約2週間
体制が劇的に変化する時期。
前肢が突出し、前後肢が完成すると、尾が退縮する。
頭部が縮小し、眼が移動する。



20

変態による変化は器官ごとに異なる



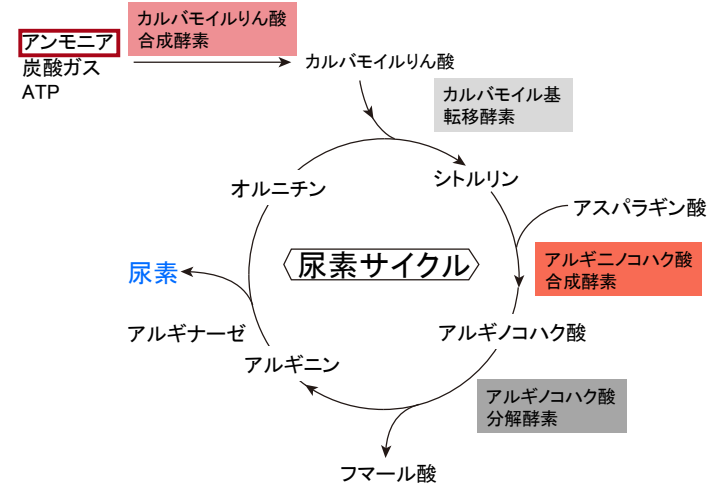
変態中の組織器官

- ★形成(四肢)
- ★消失(尾、エラ)
- ★つくりかえ
(神経系、消化器、皮膚)

違いがなぜ生じるのか?
体の位置の違いか?
特定の組織器官が特定の変化?

ギルバート発生生物学
(2015)より改変

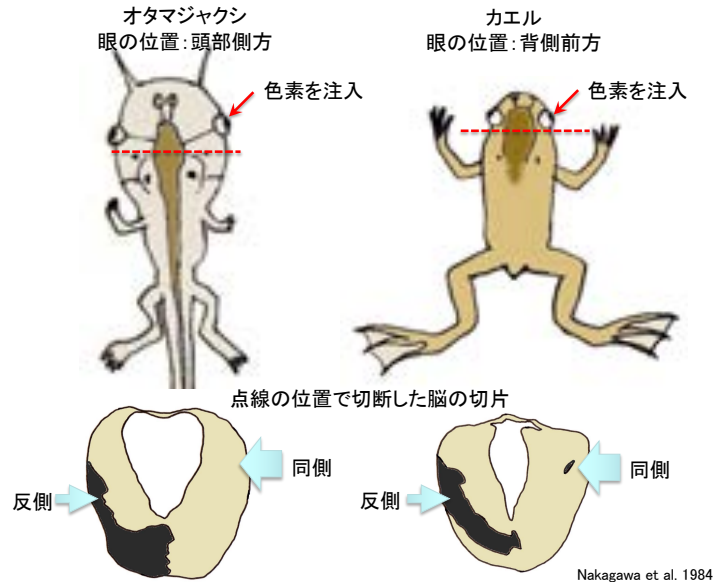
尿素サイクル(オルニチン回路)



尿素サイクルの酵素群が変態最盛期に急激に増加する。Cohen 1970

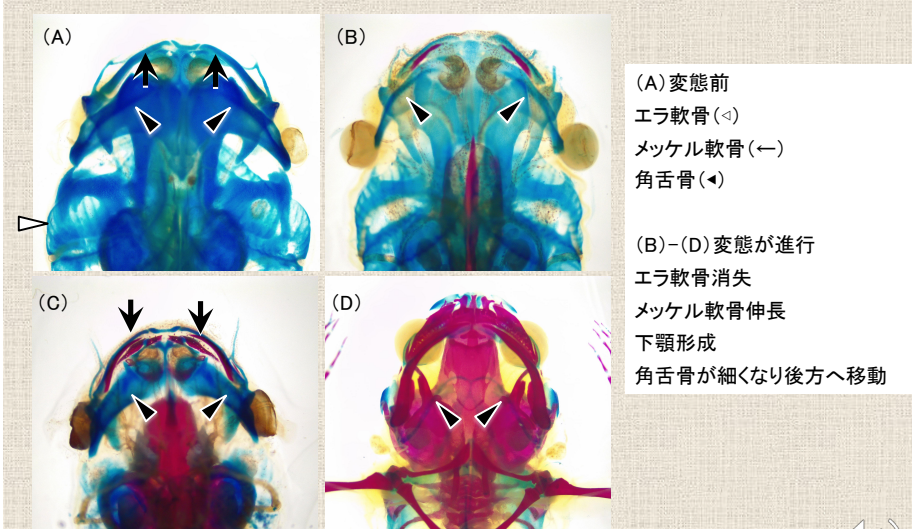
ギルバート発生生物学 (2015) より

変態中に起こる眼の移動と視神経系の変化



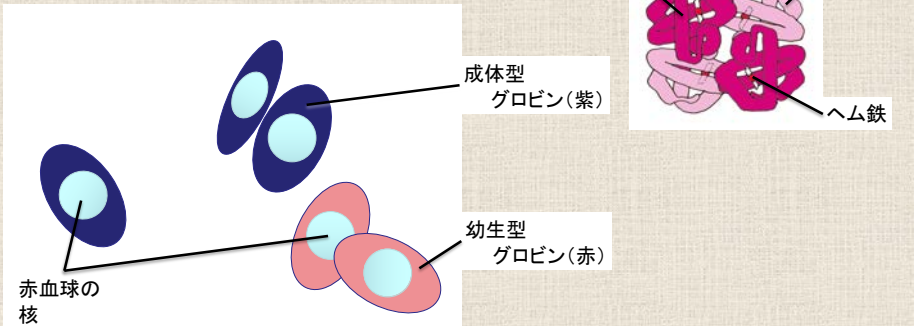
ギルバート発生生物学 (2015) より改変

頭部の骨格の変化



ギルバート発生生物学 (2015) より改変

赤血球中のヘモグロビン



変態最盛期: 幼生型細胞集団から成体型細胞集団へ置き換わる

甲状腺ホルモン (T_3) によって誘導... 幼生型→死、成体型→分裂

1個の細胞中には1タイプのグロビンのみ存在

Mukhi et al. 2010



今日のテーマ

1. 発生学とは？
2. アフリカツメガエルの形態形成
3. アフリカツメガエルの変態