

## 第8回 「創造性の育成塾」夏合宿

# 生命科学の発展と今後への展望

東京大学名誉教授  
産業技術総合研究所 フェロー・幹細胞工学研究センター長  
日本学術振興会理事

浅島 誠

2013年8月2日  
於：富士吉田市・富士Calm

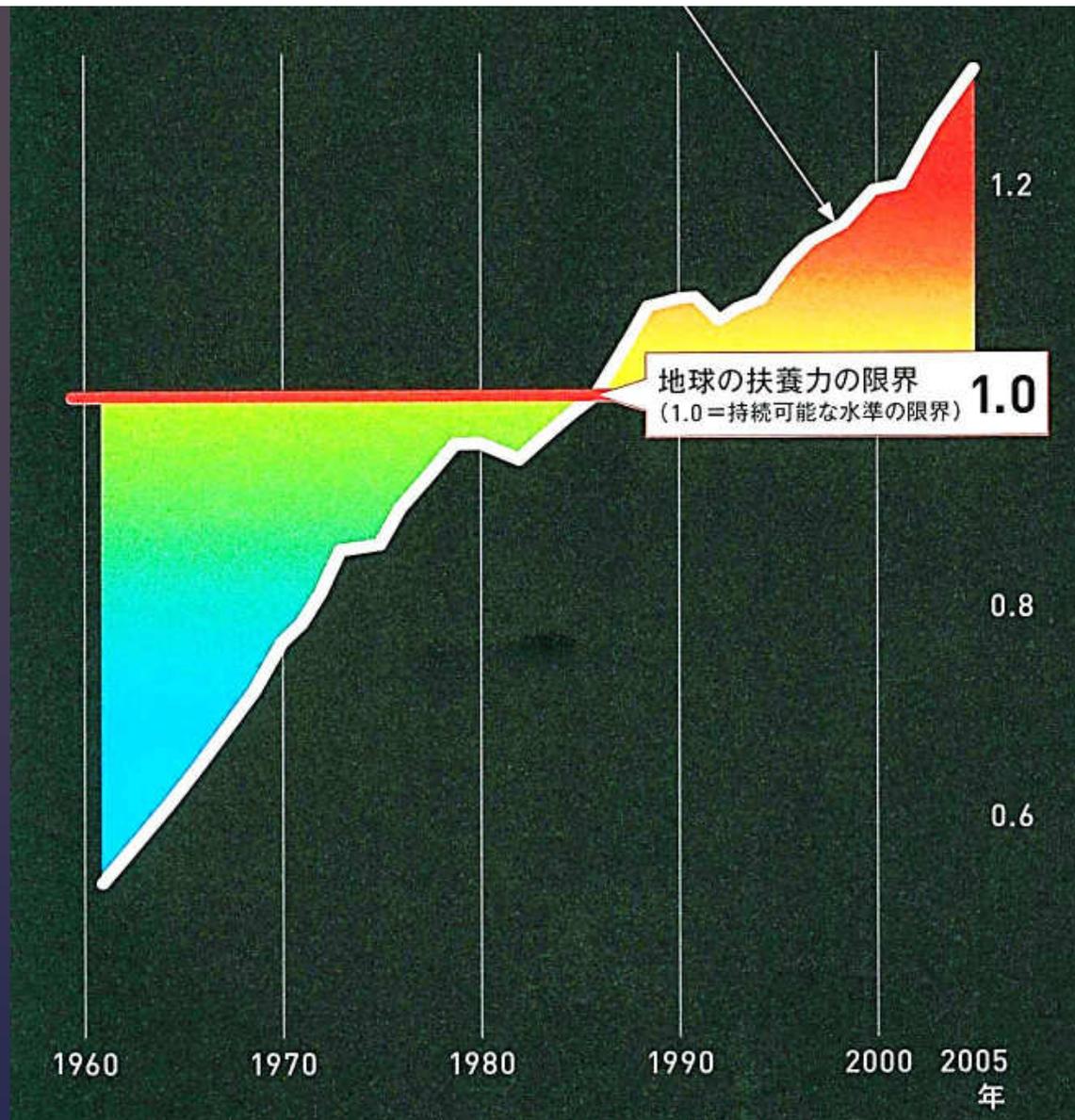
# 課題先進国としての日本

1. 少子化、高齢化社会への対応
2. 化石燃料の枯渇化と資源・エネルギー問題
3. 環境の悪化とその改善策
4. 食品医薬品の安全や食料自給率の改善
5. 若年層の意識の変化  
経済基盤の不安定さによる価値観の変化
6. 理科離れと深い思考や知的冒険心の欠如
7. IT化と思考パターンの変化  
情報過多, 人とのコミュニケーションや耐える力の不足
8. 都市への集中と地域格差・過疎化  
自然からの乖離, 地域の活性化
9. 教育の再興の必要性  
など、日本は多くの問題を抱えている。

# 世界人口の推移



人類の誕生から現在までの長いスパンで世界人口の推移をみると20世紀以降の人類の増加の異常さがよくわかる



人類はエネルギー、資源や水、食料など自然からの恵みで生かされている。  
エコロジカルフットプリントという指標は人類が必要とする自然環境の量を示す  
もので、人間活動が地球に与える負荷を数字で実感できる

旭硝子財団「生存の条件」を読み解くために より

# 次世代の若者たちに伝えたいこと

1. **課題先進国の日本**が課題を解決した時、国内外の人々に信頼される。そのためにはどうすればいいかを考える。
2. 皆さんは全国から集まった、極めて優れた生徒です。お互いに切磋琢磨し、**一生の良き友達**をつくってほしい。
3. 塾の精神と国際化へは大切である。「**勤勉と努力**」「**創造性とチャレンジ**」はの国際科学オリンピックへの1つの道である。これは InternationalとGloverization そして PassionとHeathとHarmonyを兼ね備えたものである。この言葉の奥にある意味として**人格と品性を持ち、教養のある人に成長して**ほしい。
4. 英語はもちろんのこと、**国際人として通用**する人に成長して欲しい。それには努力することが大切である。**努力と継続と工夫**はその人物を大きくする
5. 自然の摂理を理解し、各人の**生き方の哲学**をつくり上げてほしい。大きく変化する地球環境や人口の変化などに対して国際人、教養人、他人を思いやる心、将来を見通す力など、**魅力ある人間力をつける努力**をすること<sup>5</sup>

# 国際科学オリンピック

国際科学オリンピック(こくさいかがくオリンピック)とは、世界中の中等教育課程にある生徒(中学生・高校生)を対象にした科学技術に関する国際コンテストであり、以下の大会が毎年開催されている。

- 国際数学オリンピック(IMO、1959年～、但し1980年は開催せず)
- 国際物理オリンピック(IPhO、1967年～、但し1973年、1978年、1980年は開催せず)
- 国際化学オリンピック(IChO、1968年～、但し、1971年は開催せず)
- 国際生物学オリンピック(IBO、1990年～)
- 国際地学オリンピック(IESO、2007年～)

以下、関連大会。

- 国際哲学オリンピック(IPO、1993年～)
- 国際天文学オリンピック(IAO、1996年～)
- 国際地理オリンピック(IGO、1996年～、2年に1回)
- 国際言語学オリンピック(IOL、2003年～)

日本では、文部科学省が独立行政法人 科学技術振興機構を通じて支援を行っている

- 国際情報オリンピック(IOI、1989年～)

# 国際生物学オリンピック日本委員会 委員長より



JBO委員長  
浅島 誠

21世紀に入って、地球規模で見た時、地球温暖化、生物多様性の減少、COP10会議、ウイルス感染の拡大、生物資源のあり方などいろいろな問題が浮かび上がってきています。そのような中で、これからの地球をどのようにして守り、持続的に豊かに発展するのかは、次世代の若い人達の頑張りとはチャレンジ精神と実行力にかかっていると思います。このような時、日本生物学オリンピックを通して、生命のもつおもしろさや不思議さに興味をもつと同時に、この生物学オリンピックに是非参加して、いろいろな経験をしてみて下さい。きっと色々と学ぶことが多く、将来の希望へとつながっていくことを確信しています。全国一斉に行われる予選を通して、本選へ、そして最終選考を経て国際オリンピックに参加できます。

確かに、予選から最終選考までの道のりは長いけれども、それを経験した先輩達の足跡も見て下さい。大きく精神的にも知力においてもたくましくなり、世界の檜舞台で活躍しています。

日本生物学オリンピックに是非、一人でも多くの高校生を初めとする若者がチャレンジして生物学のおもしろさを体験してください。これからの人生で良い経験をしたことを誇りに思えると思います。

国際生物学オリンピック日本委員会 委員長 浅島 誠

# 最近の生命科学の進歩

20世紀後半から21世紀にかけて大きな変化が起こっている

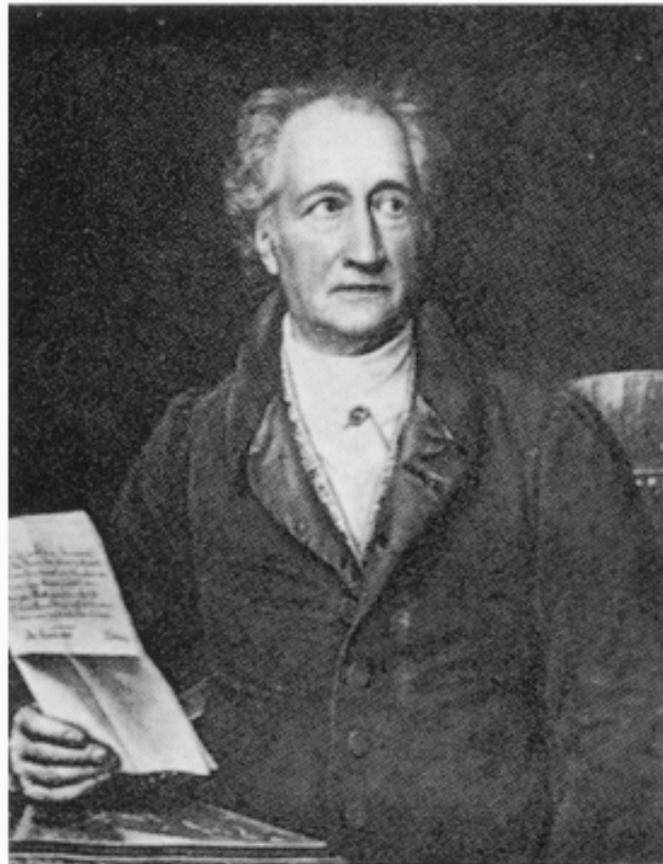
- 哺乳類クローン胚作成技術(1997、クローン羊発表)
- 遺伝子改変技術(1989、KOマウス)
- **タンパク質立体構造解析と医薬品設計**
- 脳高次機能解析技術の発達
- ヒトゲノム解読完了(2003)
- **バイオイメージングの進歩と可視化(学際的分野の進展)**
- **生体や特定の分子の可視化とシグナル伝達機構の解明**
- RNA 新機能発見
- **再生医療技術**
- **次世代コンピューターによる多量な情報の処理(バイオインフォマティクスの必要性)**
- **遺伝子・細胞診断技術と生殖医療**
- **人工生命作成(2010、マイコプラズマゲノム)など**

生物学には夢があり未知の世界がある。そのためには生物を良く観察し、古典を読み、洞察力を養って下さい。

—学問への道のはじまり

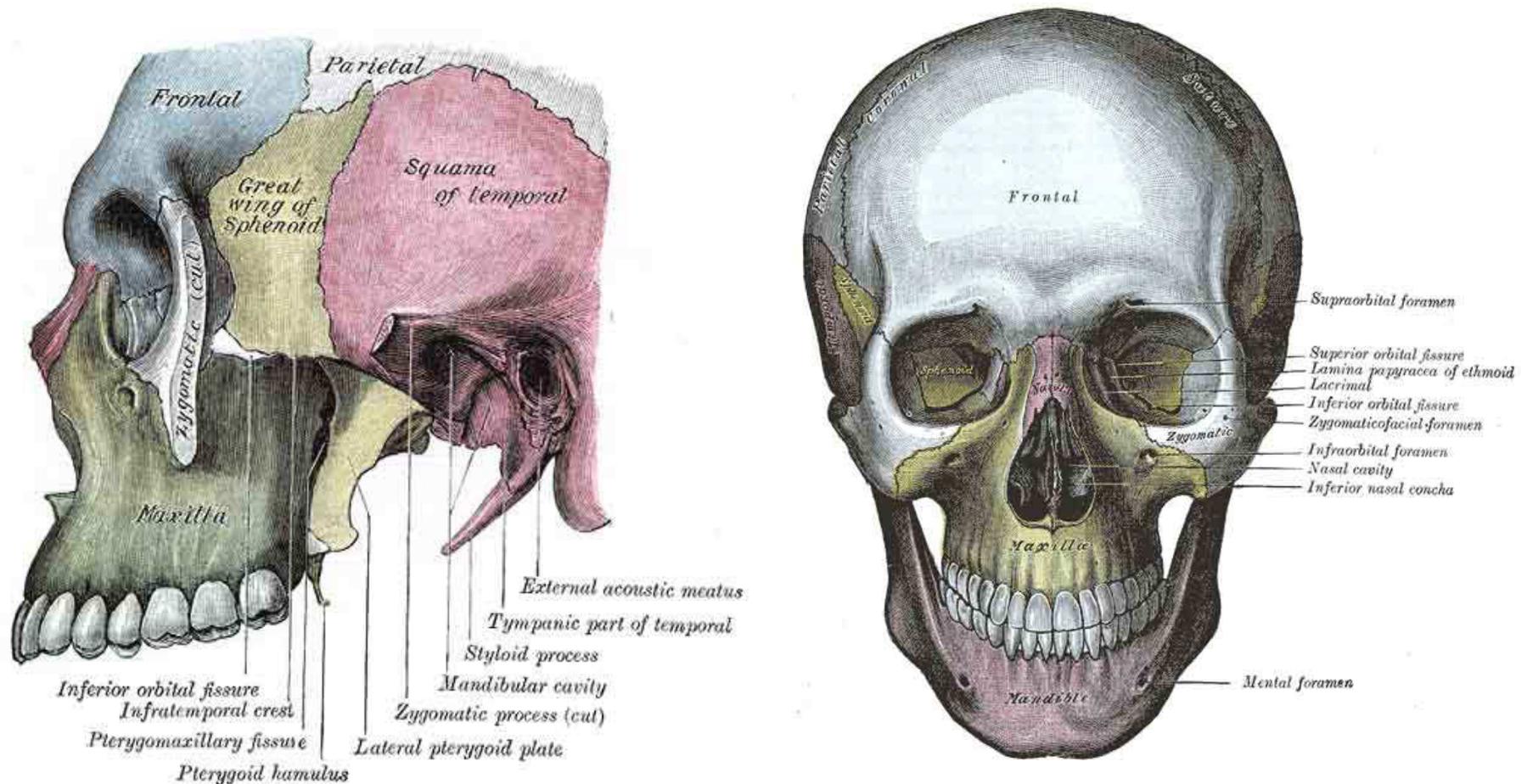
## 形態学の創始者 ゲーテ

「人間こそ、人間にとって最も興味あるものであり、  
おそらくはまた人間だけが人間に興味を感じさせるもの  
であろう。」 （「ヴィルヘルム・マイスターの修業時代」より）

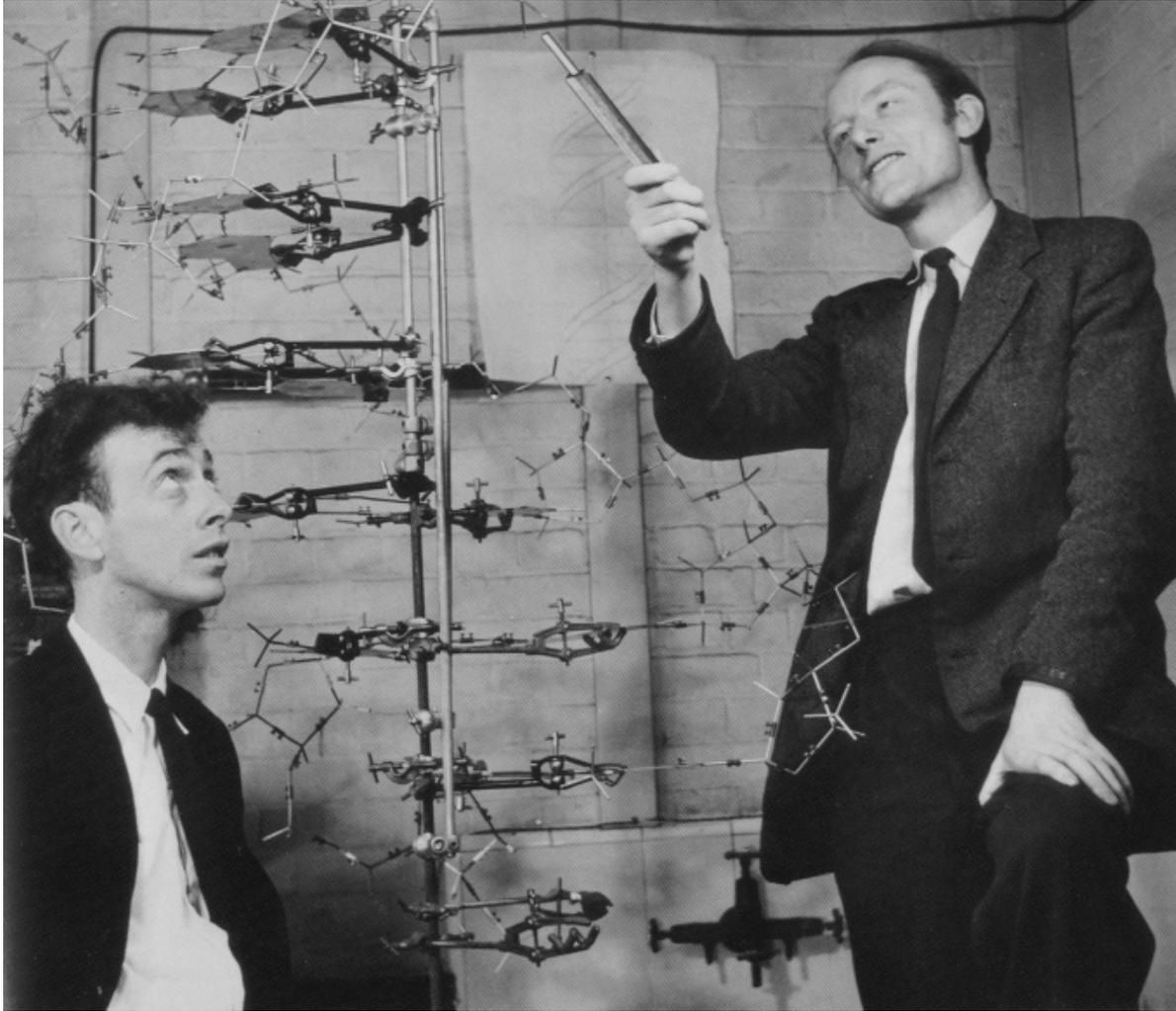


**Wolfgang von Goethe (1749-1832)**

ゲーテは哺乳動物の頭骨について非常に詳細に観察した。それは現在においても十分に高く評価されるものである。当時の技術では見えないものでも彼の目を通して見ることができた。

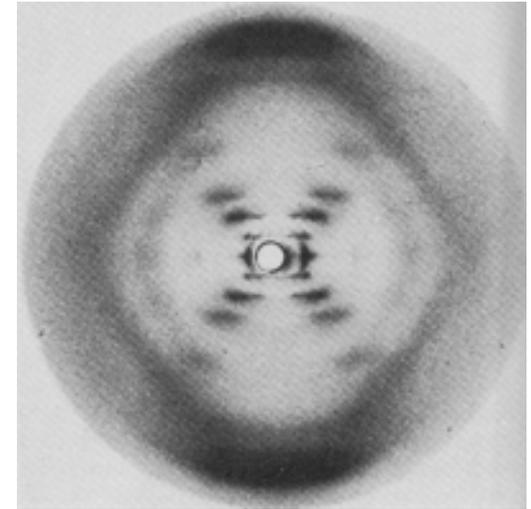


# DNA二重らせん構造の発見者 ワトソン と クリック

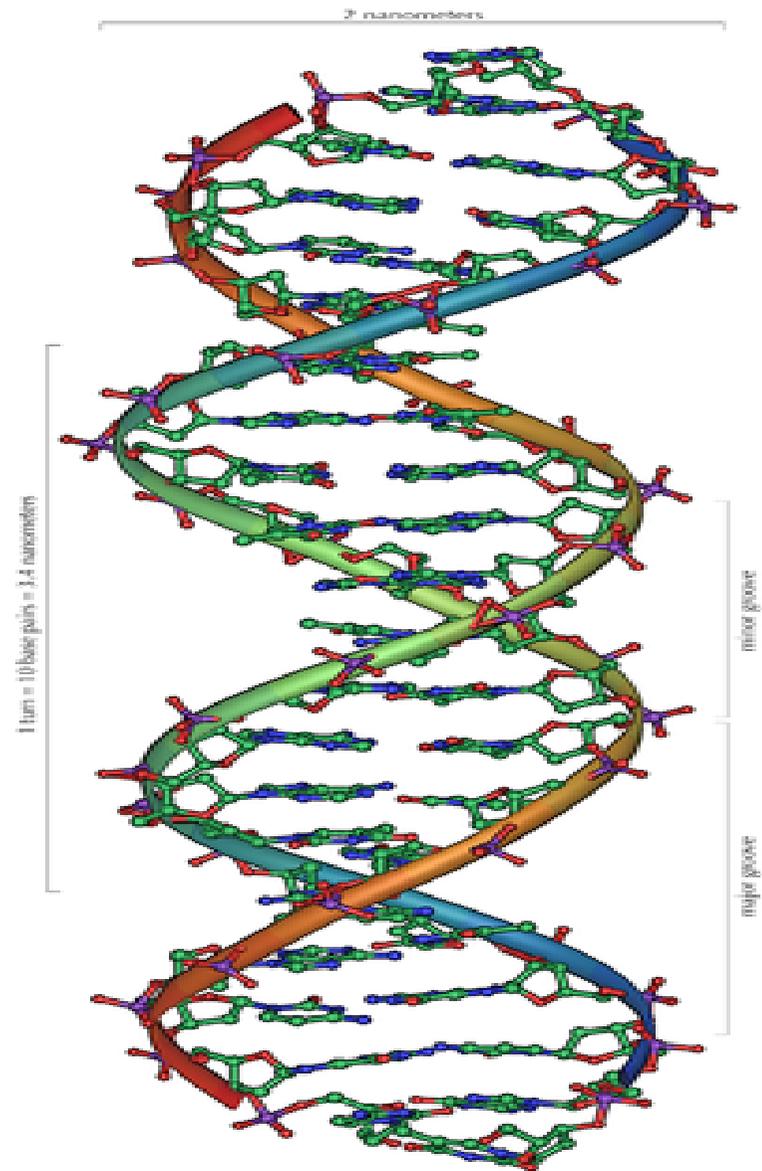


**Francis Crick**  
(1916-2004)

**James D Watson**  
(1928-)



# 二重螺旋構造と階段



# ヒトをモデルにして作られたロボット

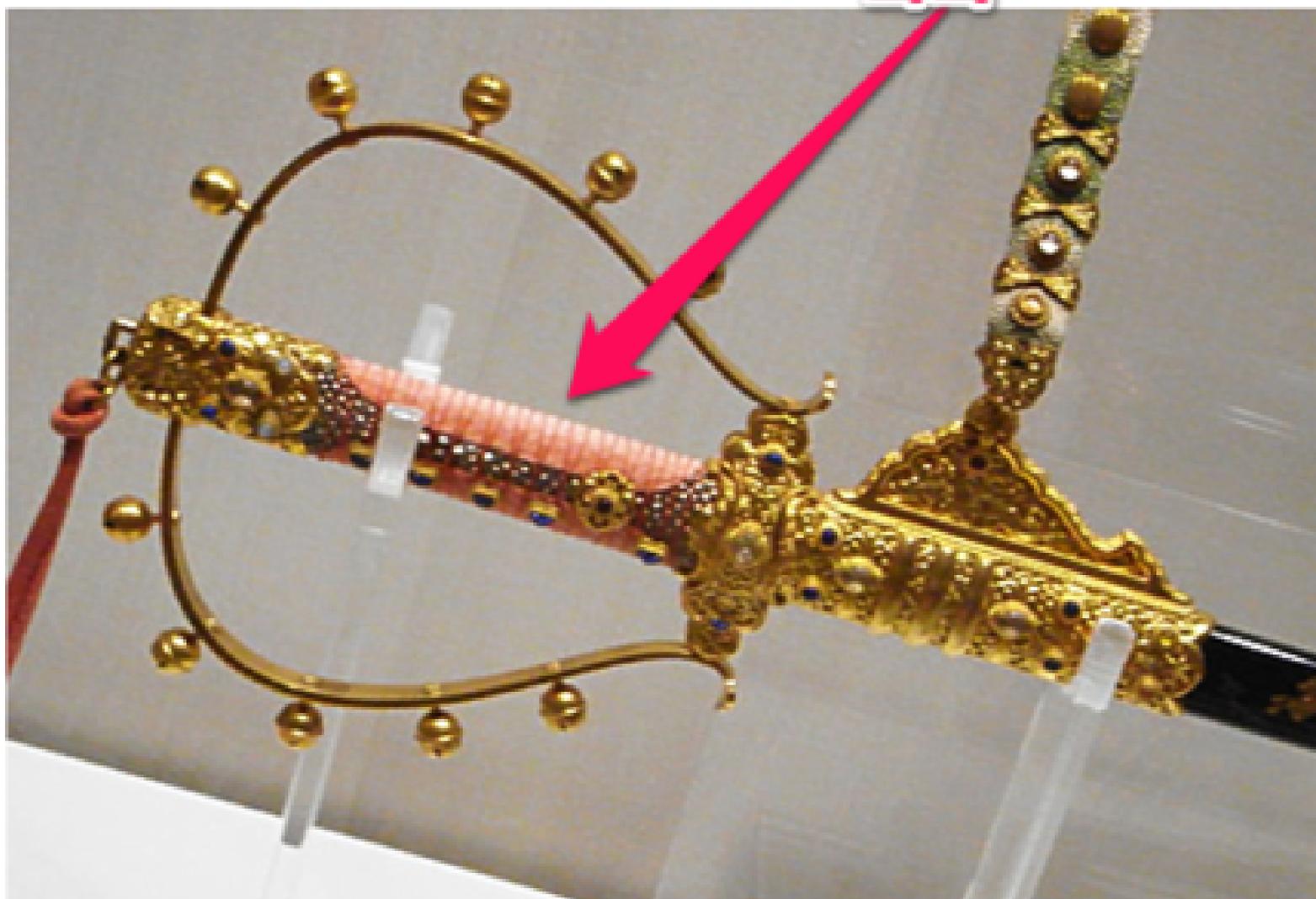




私の生物学は朱鷺から始まった

こちらは、『須賀利御太刀』(すがりのおんたち)の柄部分です。  
柄の上下にはトキの羽2枚が緋色の撚糸(よりいと)で纏ってあり、  
他の太刀には類例をみない装飾法です。

ココ

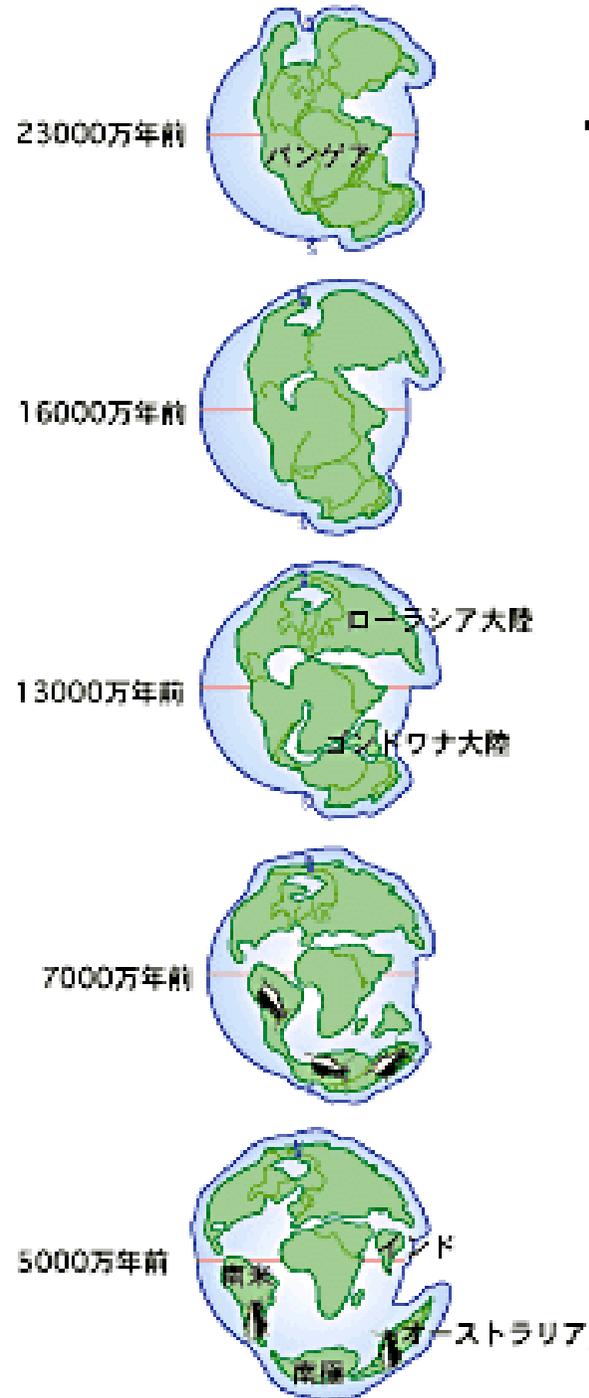


# 美しい動物たち



昆虫や鳥など極めて特殊な生物が生存している豊かである。それぞれの種は環境に適応した歴史と美しさをもつ。

# プレートテクトニクスによる大陸の形成と変動



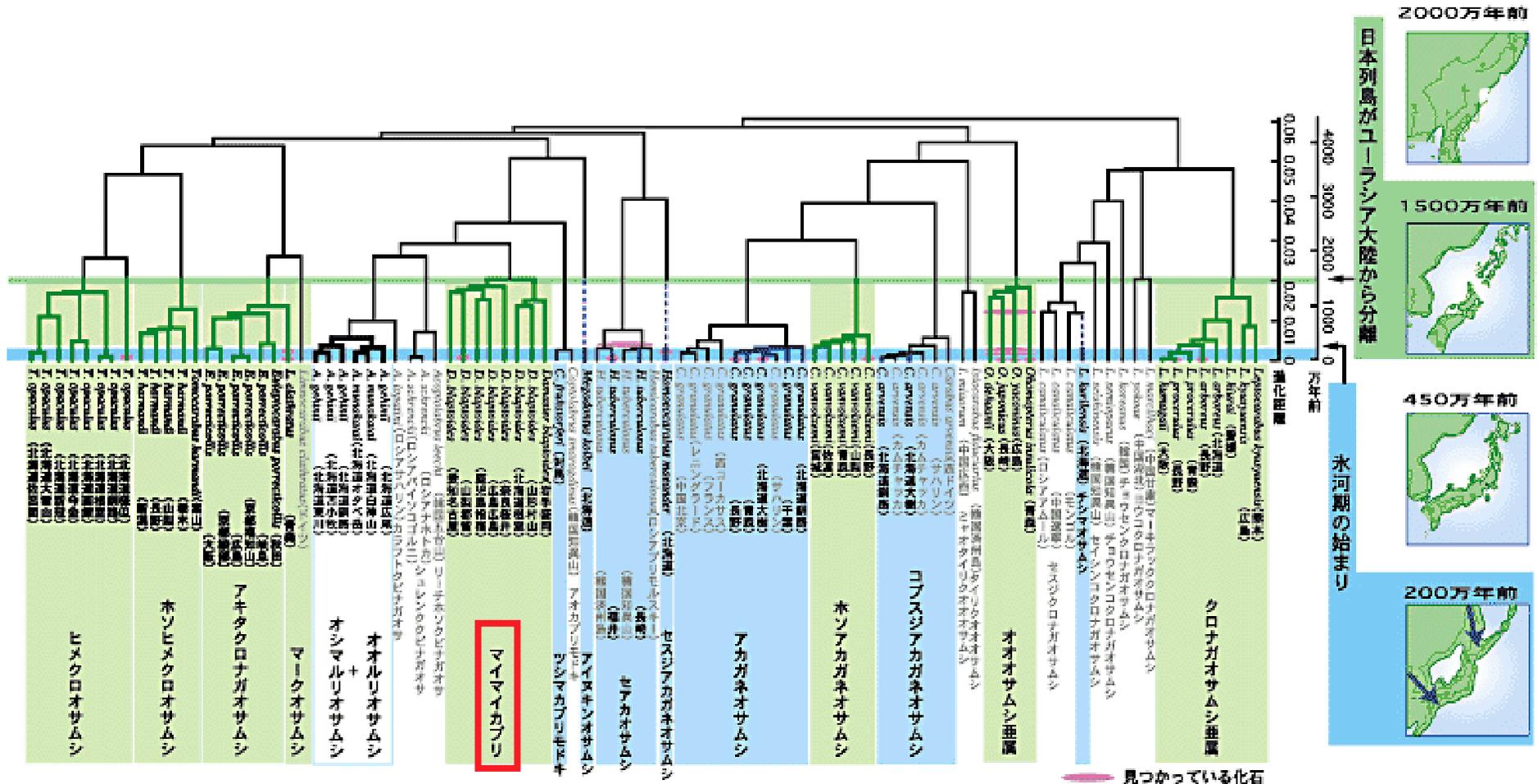
大陸は不動のものではなく  
地球の長い歴史の中で  
くっついたり離れたりしながら  
現在の形を形成している。

この一匹の虫に地球の歴史が刻まれている



サドマイマイカブリ

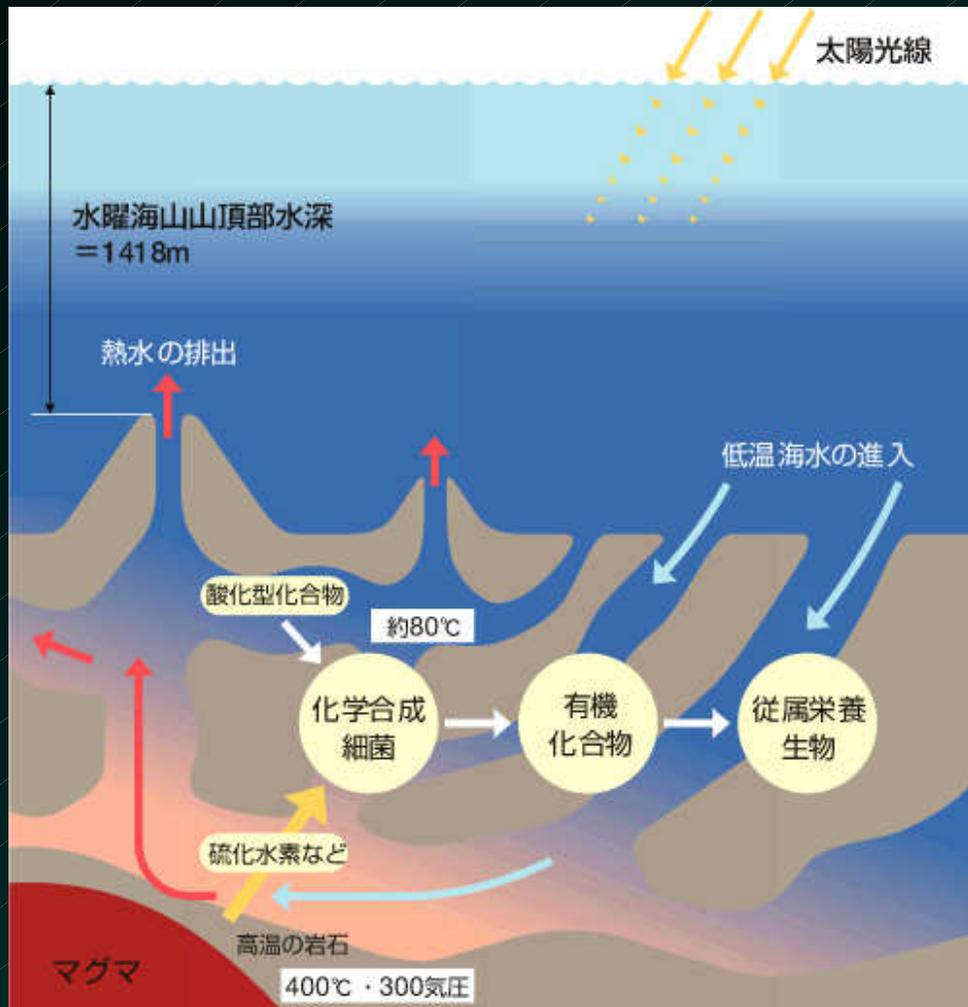
# 世界におけるオサムシの変異と進化



季刊誌「生命誌」通巻28号「DNA が明らかにするオサムシの多様化」より抜粋

# 極限生物と海洋

## 化学合成細菌と海底熱水地帯の生態系



小笠原水曜海山付近海底熱水噴出口の模式図



### 水深6000mの熱水環境に 生息するシロウリガイ

(写真: 海洋研究開発機構より)

- ・原始環境の特徴を残す環境(進化)
  - ・未知の生物や機能因子の探索
  - ・特殊環境下での生態の解析
- 超水圧に耐える仕組みは未知



直江津沖30-40kmの日本海  
海底から湧き出るメタンガス  
に群がるベニズワイガニ

メタンが湧き出るところでは  
細菌や貝などが豊富

深海底におけるメタンガス噴  
出場所におけるズワイガニ  
の共存—生物の極限におけ  
る生存能力と不思議さ

2010年

東大生産研提供

# 生物の擬態と生存戦略



カマキリには花や枝にそっくりの形態を持つ種が存在する。  
これも生物の持つ進化多様性のひとつである。

カエル  
イモリ

受精卵

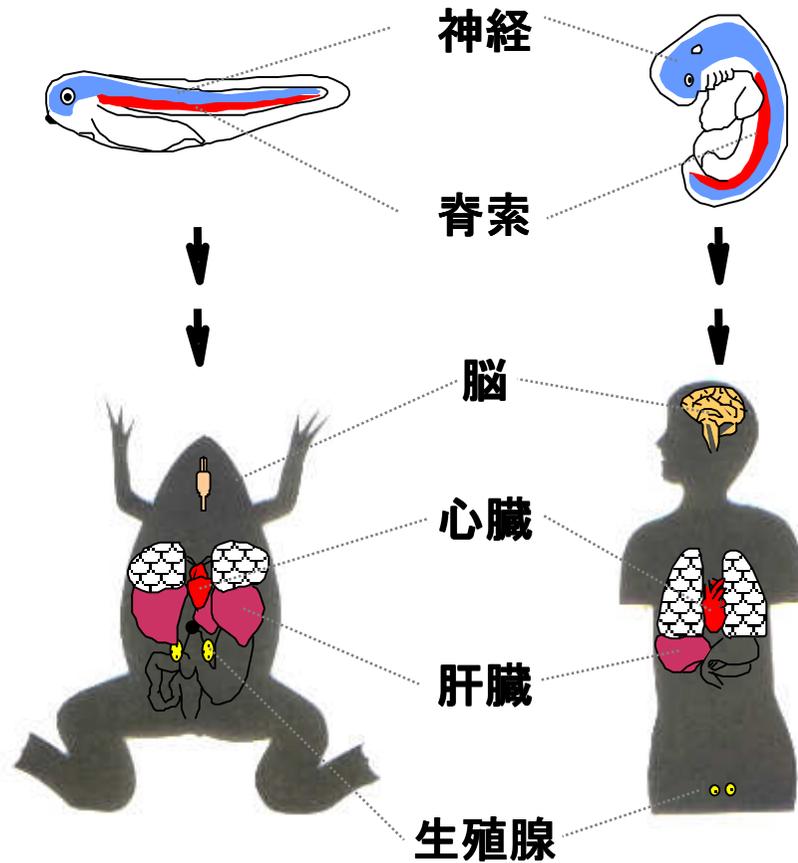
ヒト  
マウス



「ひとつの細胞から」



## 発生過程の共通のシステム



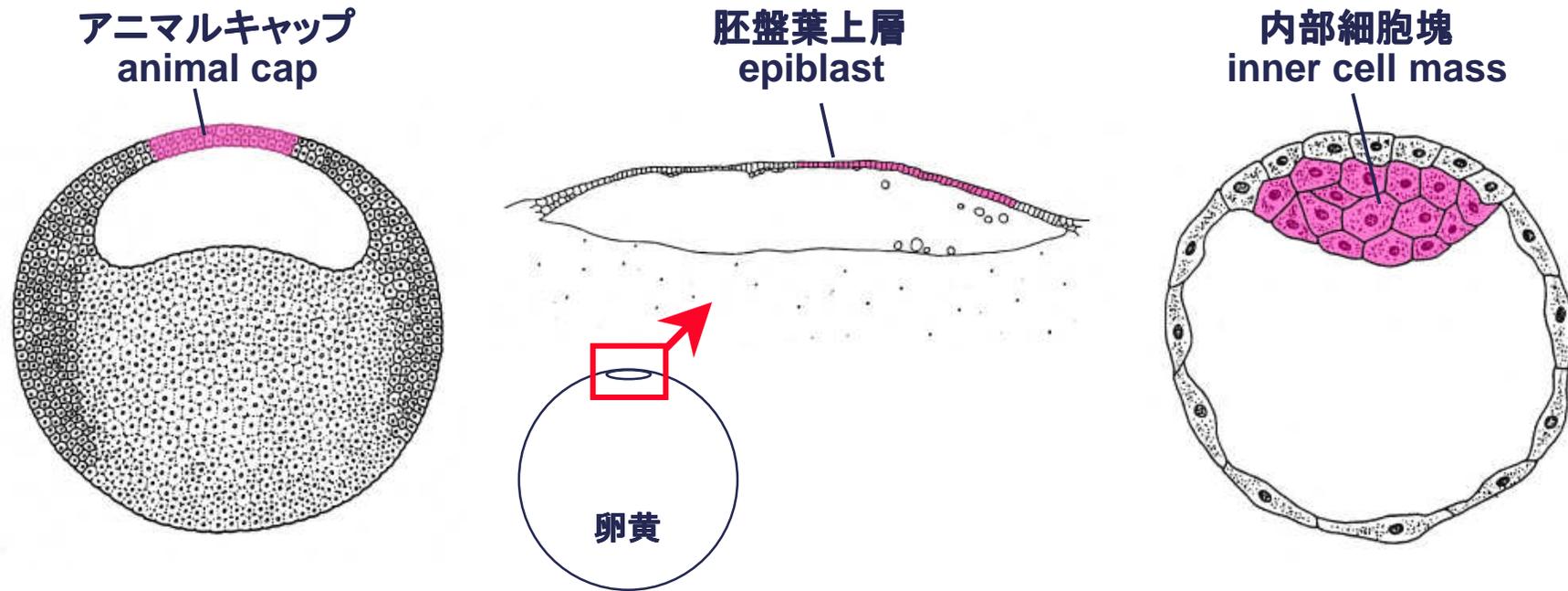
## 共通の臓器形成システム

## 生物学上重要な発見はカエル等で原理が見つかった

### ➡ マウスやヒトでも同じシステムで働いている

- 卵の人為的な手術実験 (1892年 W. Roux)  
⇒キメラマウスの作出 (1970年代半ば)
- 人為的な単為発生 (1901年 E. Bataillonら)  
⇒単為発生マウス「かぐや」誕生 (2002年 河野ら)
- 結さつ実験による調節卵の研究 (1905年 H. Spemannら)  
⇒クローンマウスの報告 (1980年代)
- オーガナイザーの発見 (1924年 H. Spemannら)  
⇒ヘンゼン結節にある誘導能の発見 (1980年代)
- イモリ胚における予定運命図の作製 (1929年 Vogt)  
⇒センチュウの全細胞系譜決定 (1980年代 Brennerら)
- 極性と勾配の概念 (1930年代 Childら)  
⇒初期胚発生における遺伝的制御 (1995年 Louisら)
- クローンガエルの作製 (1953年 Kingsら)  
⇒クローン羊「ドリー」誕生 (1996年 Campbellら)
- 細胞分裂のMPFの発見 (1972年 増井ら)  
⇒ヒトcdc2、サイクリンBの単離 (1987年 Nurseら)

# 脊椎動物胚における多能性幹細胞

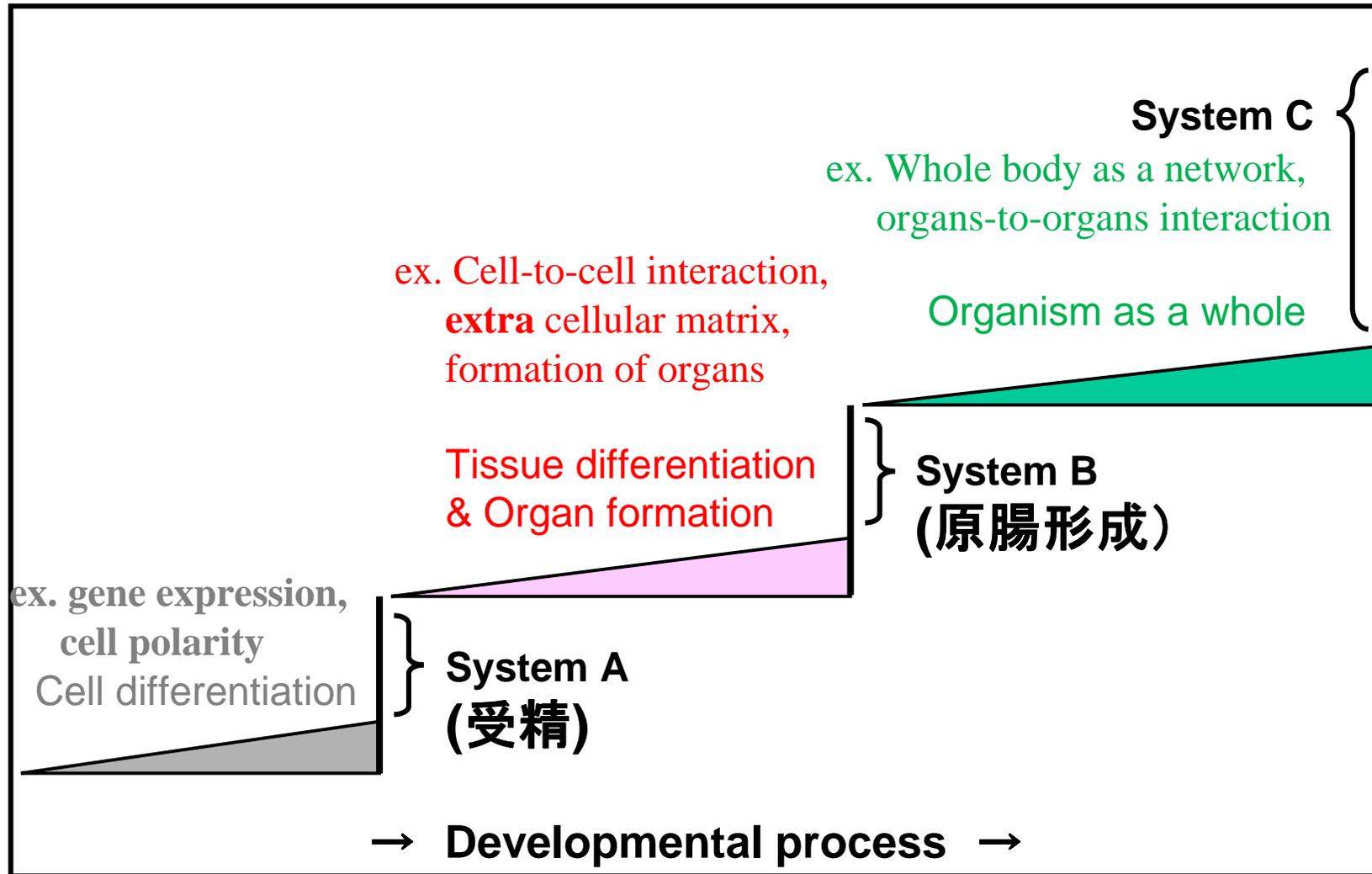


アフリカツメガエル  
イモリ  
(両生類)

ニワトリ  
(鳥類)

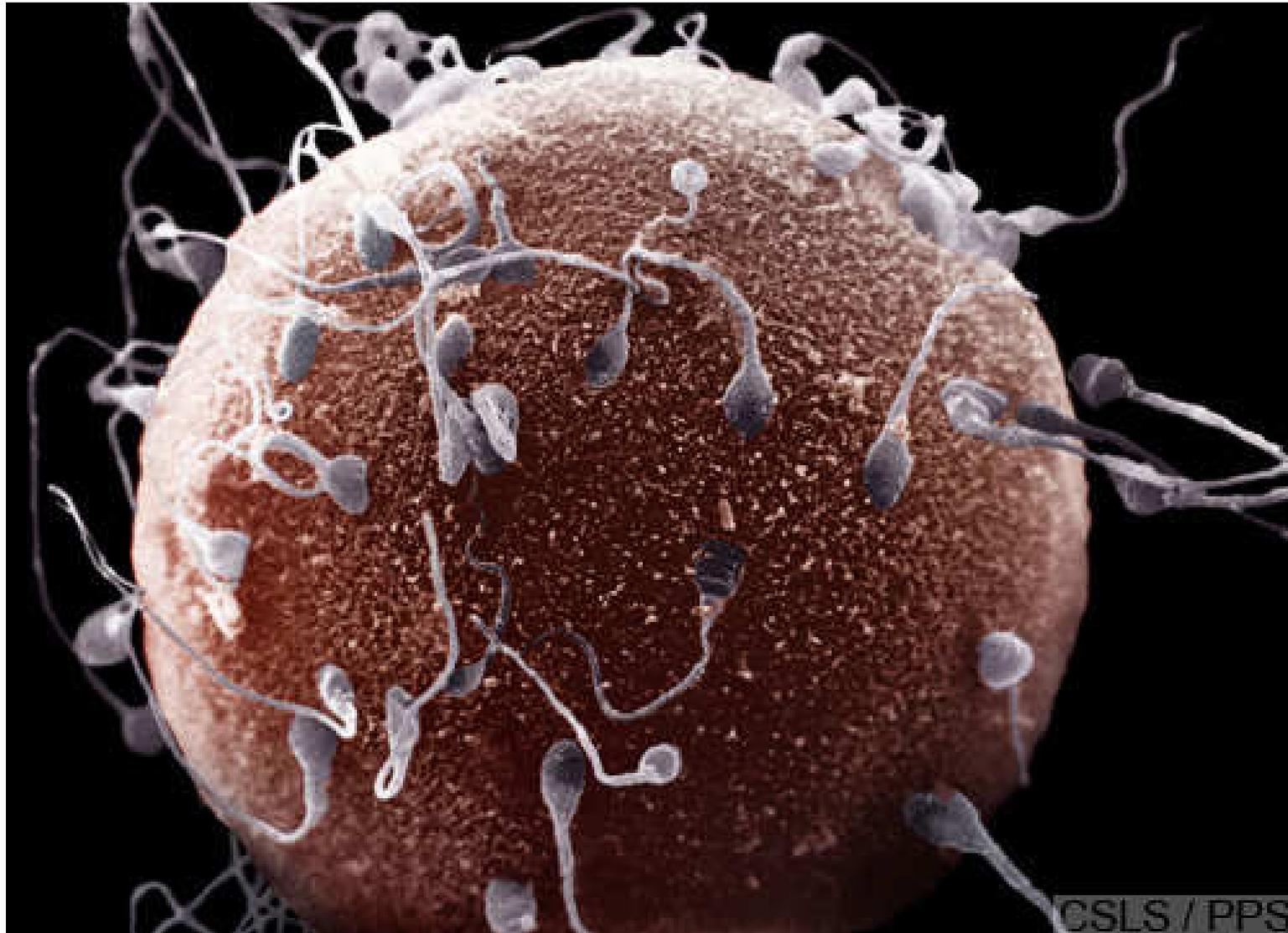
ハツカネズミ  
ヒト  
(哺乳類)

# 発生過程における段階的分化のシステム

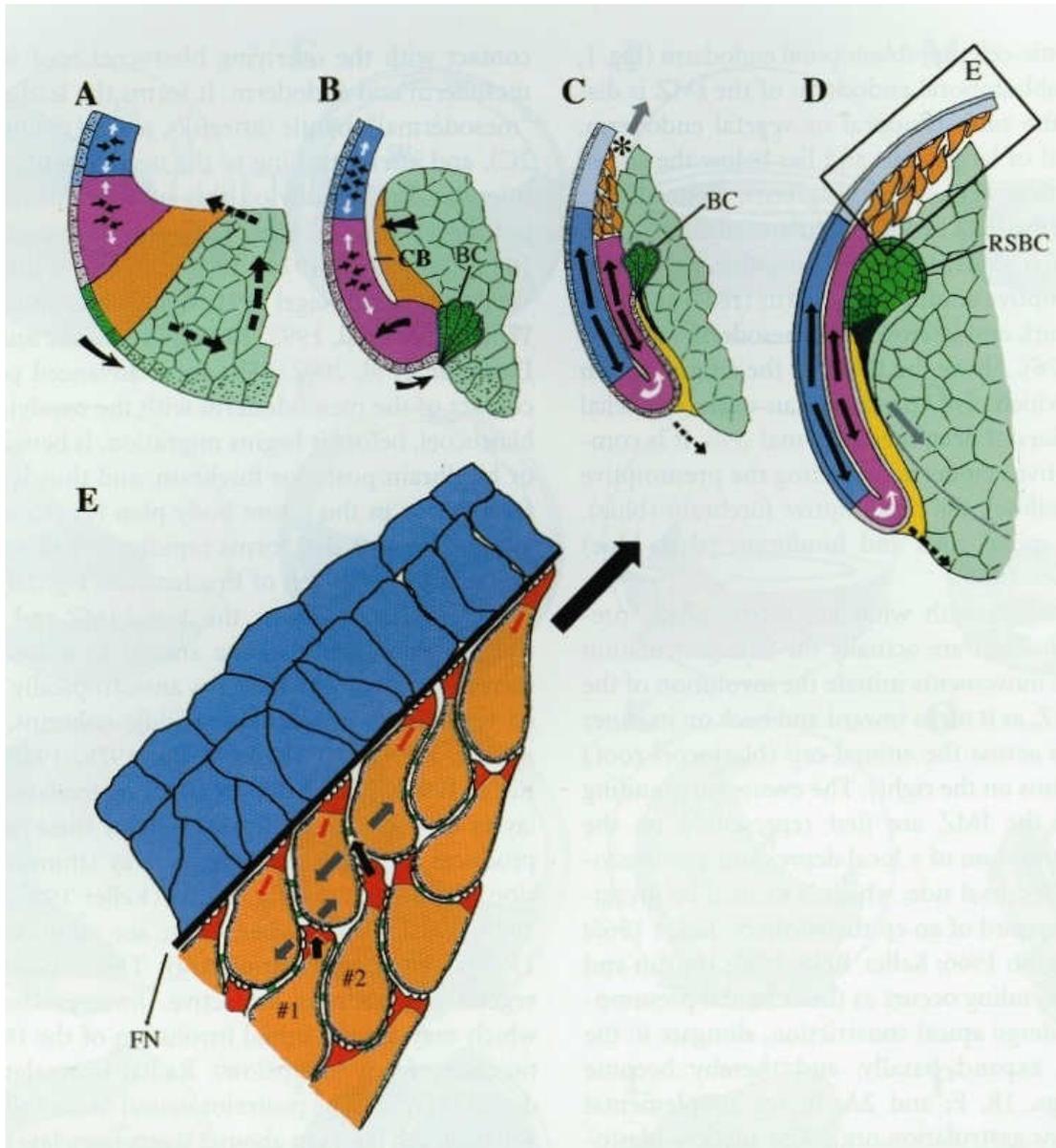


- ・ 量から質への変化
- ・ 発生過程における連続性と不連続性の変化と胚の統一性

同じ種同士の卵と精子は1対1で受精する  
種が確立してそれぞれの種の歴史をつくっている



## 初期発生における原腸陥入の重要性



- 1.細胞運動
  - 2.細胞再配置
  - 3.三胚様を作る。
  - 4.3つの軸形成
  - 5.母性から接合体性への遺伝子発現の変化
  - 6.位置情報
  - 7.全体としての生命体
  - 8.胚葉間の新しい相互作用
  - 9.誘導システム
  - 10.新しい腔の形成
- その他

(Gastrulationより)

# 両生類未分化細胞からの組織・器官誘導

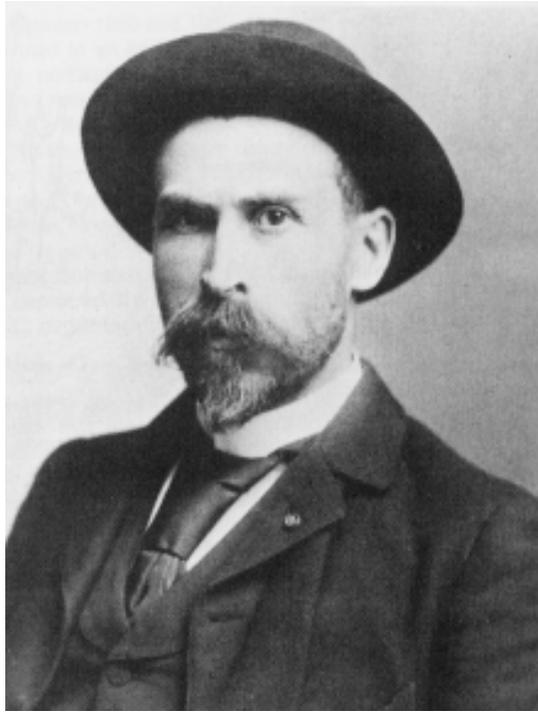
## 実験発生学の祖 ルー

動物胚（卵）に人手を加え、実証主義的な実験発生学を創始。

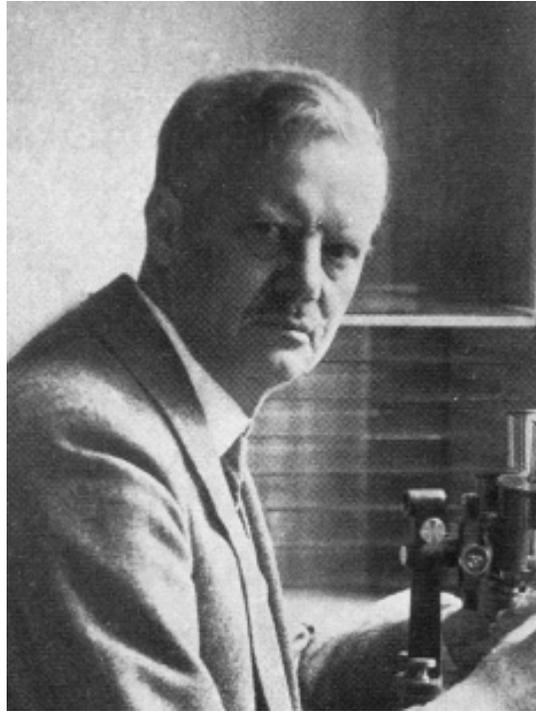
## 胚誘導の発見者 シュペーマン と マンゴールド

形づくりのセンター（形成体；オーガナイザー）を発見し、  
胚発生における「誘導」の存在を最初に確認。

→現代発生生物学の流れを作り出した。



**Wilhelm Roux (1850-1924)**



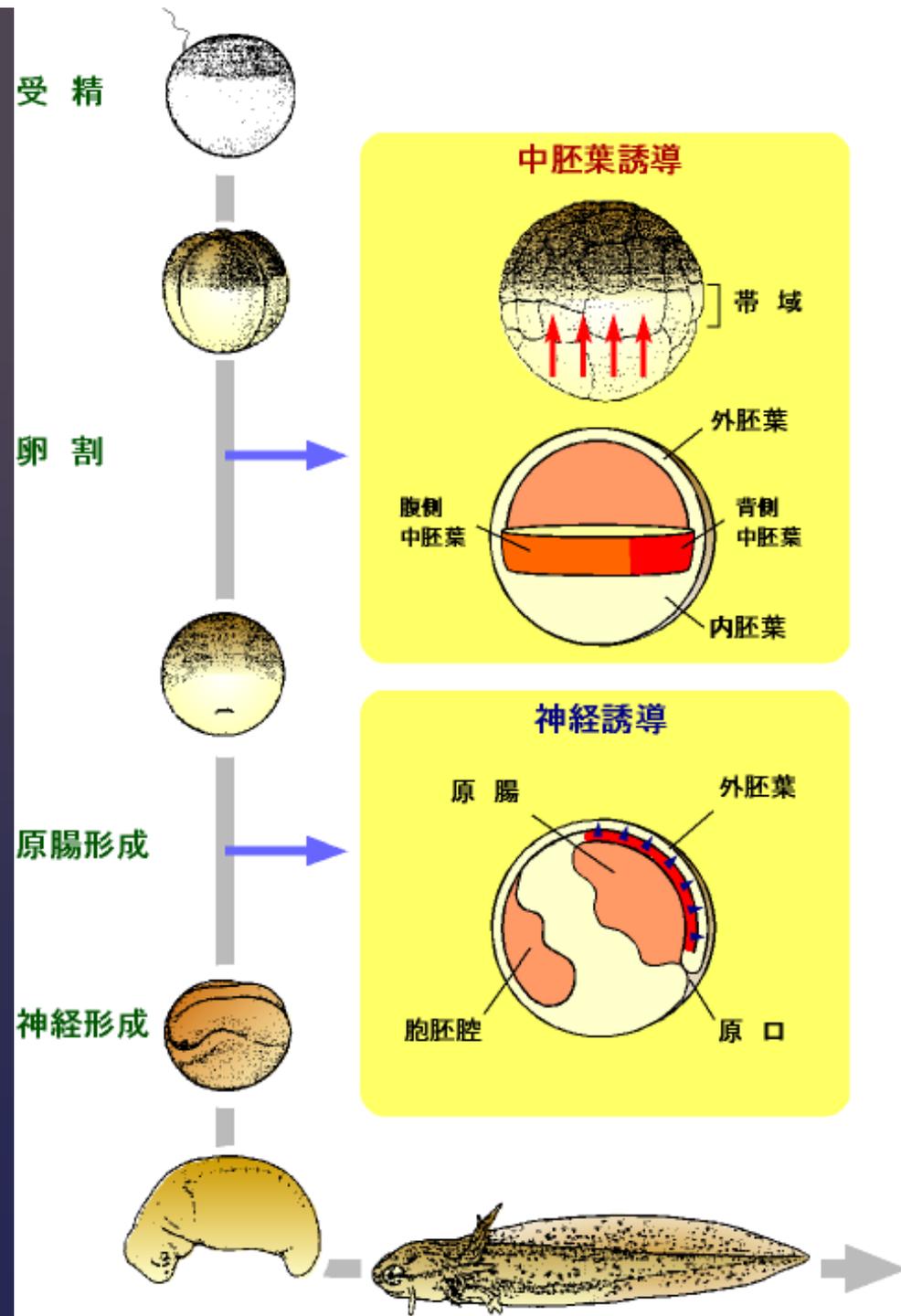
**Hans Spemann (1869-1941)**



**Hilde Mangold (1898-1924)**

# 両生類の初期発生 と胚誘導

受精卵からオタマジャクシの幼生までの形作りと器官形成には、**中胚葉誘導**と**神経誘導**が大きく関係している。その誘導因子の本体を知ることが重要である。



中胚葉誘導物質や神経誘導物質を探す研究は世界中で約50年間続いたが、その本体は見つからなかった。

その様なとき、当時の偉い先生方は誘導物質を探索することは不可能であると色々なところで述べたり、書いたりした。

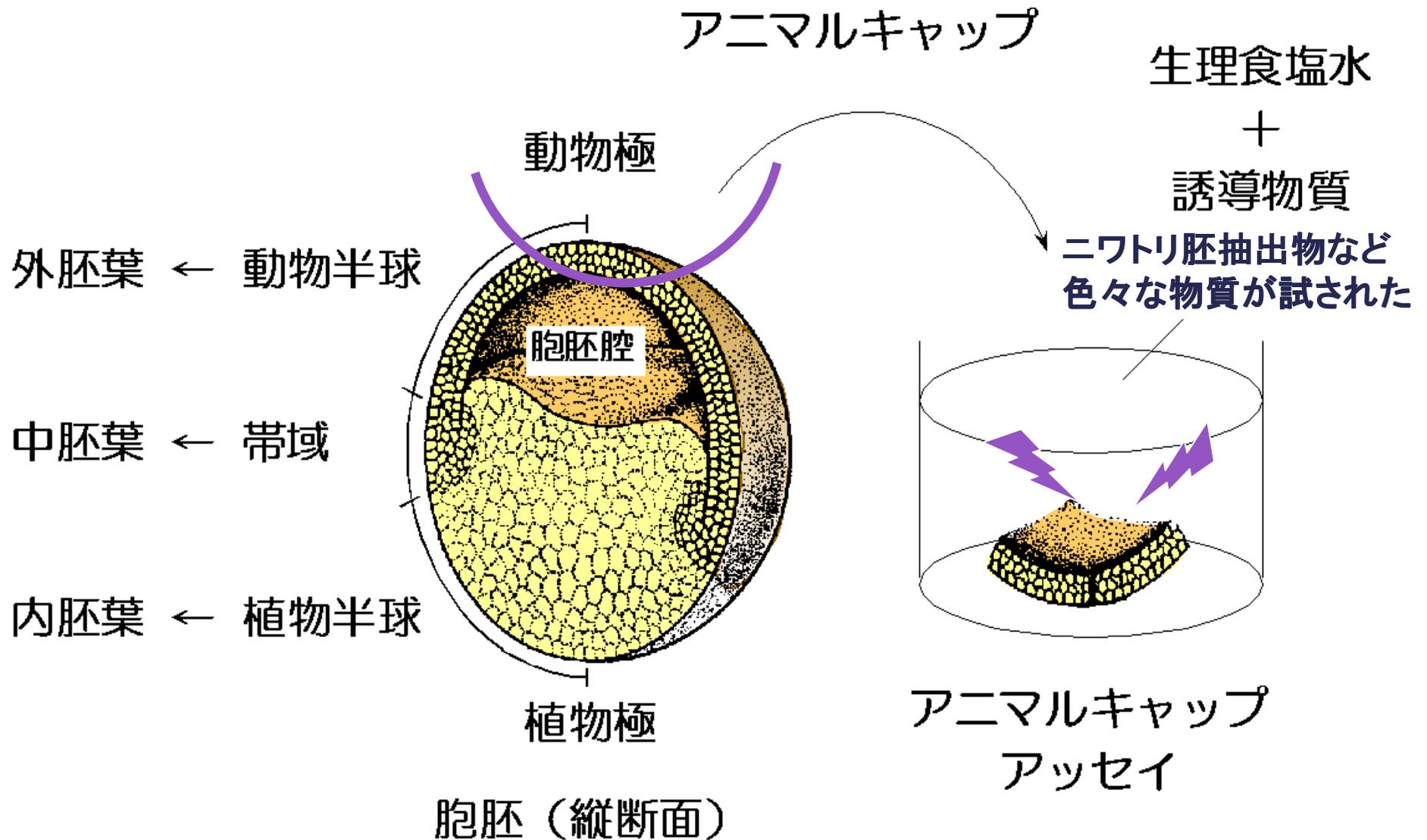
私自身も誘導物質を研究したくて大学院に入ったのであるが、当時、誘導物質をやる人はほとんどいなく、指導教官からも誘導物質の研究はやめたほうがいいと説得された。

ただし、指導教官からは、「誘導物質をやるならば学位をとった後一生棒に振ってもよければやりなさい。発生生物学ではこの問題は避けて通れない問題である」とも教えてくれた。

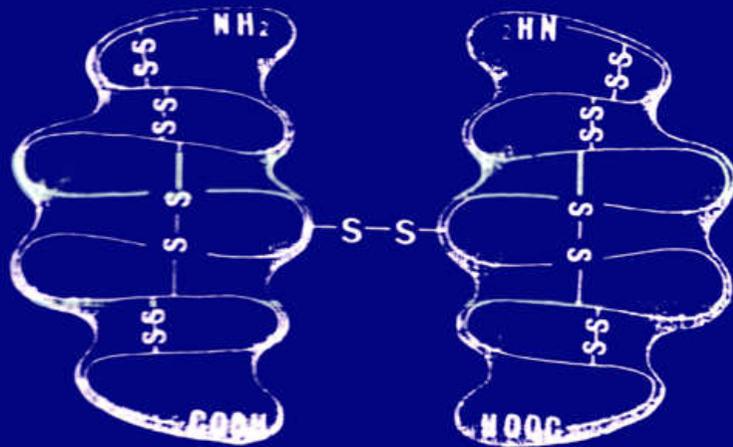
例) 岩波新書358

岡田節人先生著  
「からだの設計図」  
など

# アニマルキャップ・アッセイ



# アクチビンAの構造の模式図



Molecular weight : 25,000 ( 12,500 X 2 )

homodimer

Amino acids : 232 ( 116 X 2 )

SH = 18

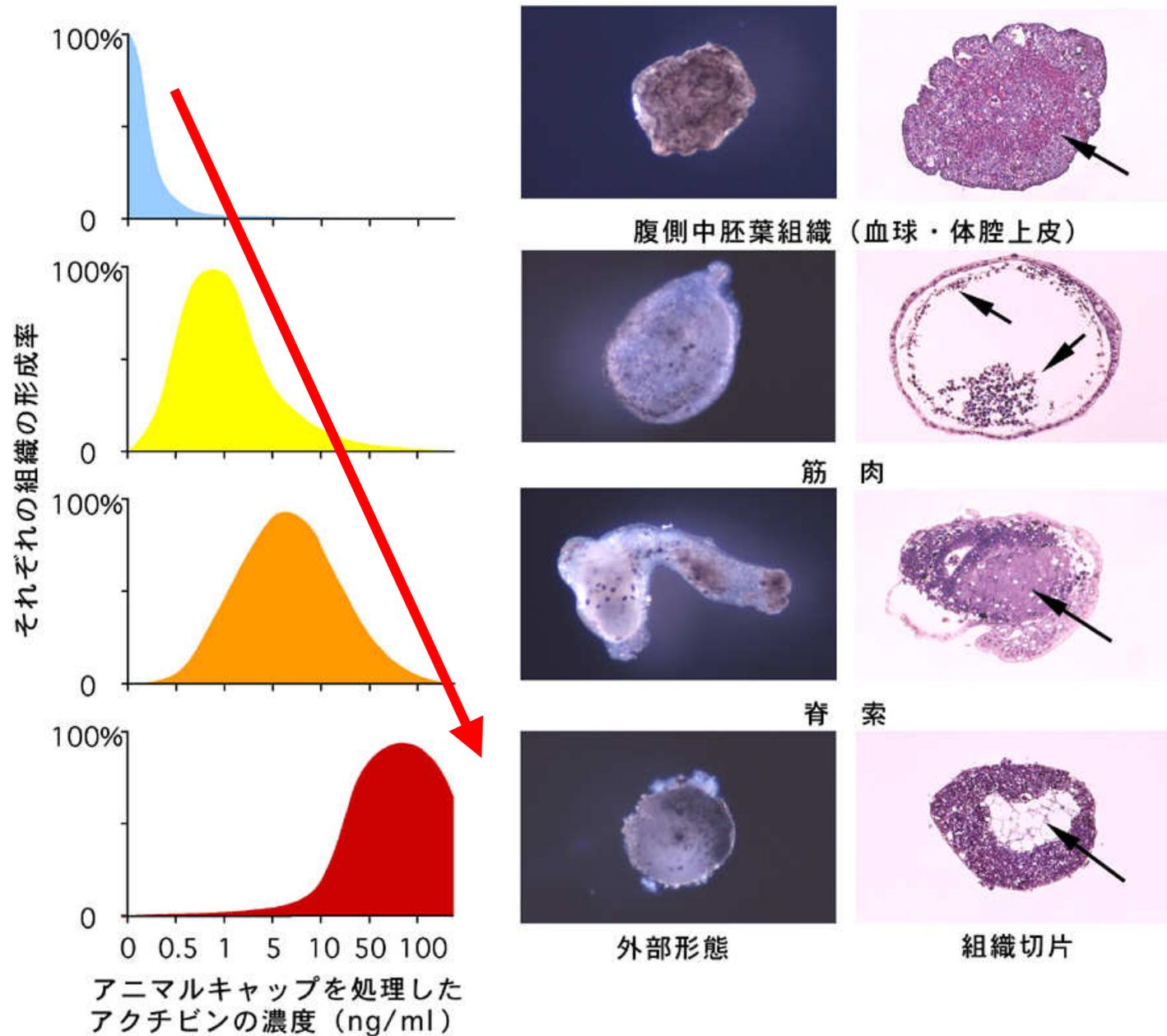
アクチビンは今日ではTGF-betaファミリーの中に含まれるが、中胚葉誘導因子として同定されるまでには65年の年月が必要であった

その間、発生生物学の中では50年間胚誘導がメインテーマであったが、解明できなかった

そのような中で15年かけてやっとアクチビンという蛋白質を見つけることができた(1989年)。

ここから、新しい発生生物学が再び盛んになった。

# アクチビン処理したアニマルキャップの濃度依存的な中胚葉分化

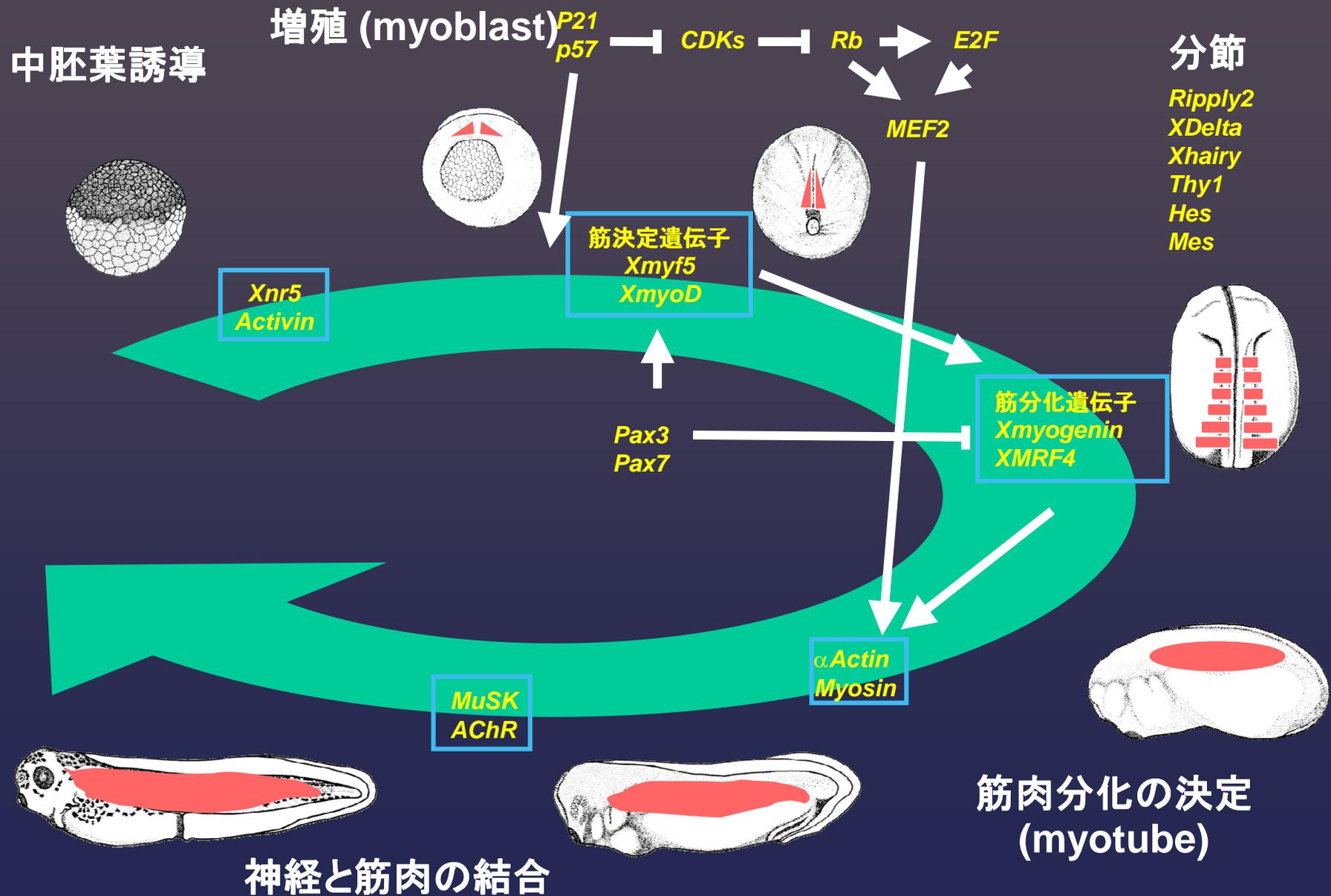


# アクチビン処理したアニマルキヤップの 伸長運動と筋肉分化



未分化細胞に5ng/mlのアクチビンを加えて培養

# 発生過程における筋肉形成と遺伝子発現



両生類の未分化細胞（アニマルキャップ）  
からの心臓形成と遺伝子発現

# アニマルキヤップからつくられた心臓の拍動

アクチビン 100 ng/ml 処理

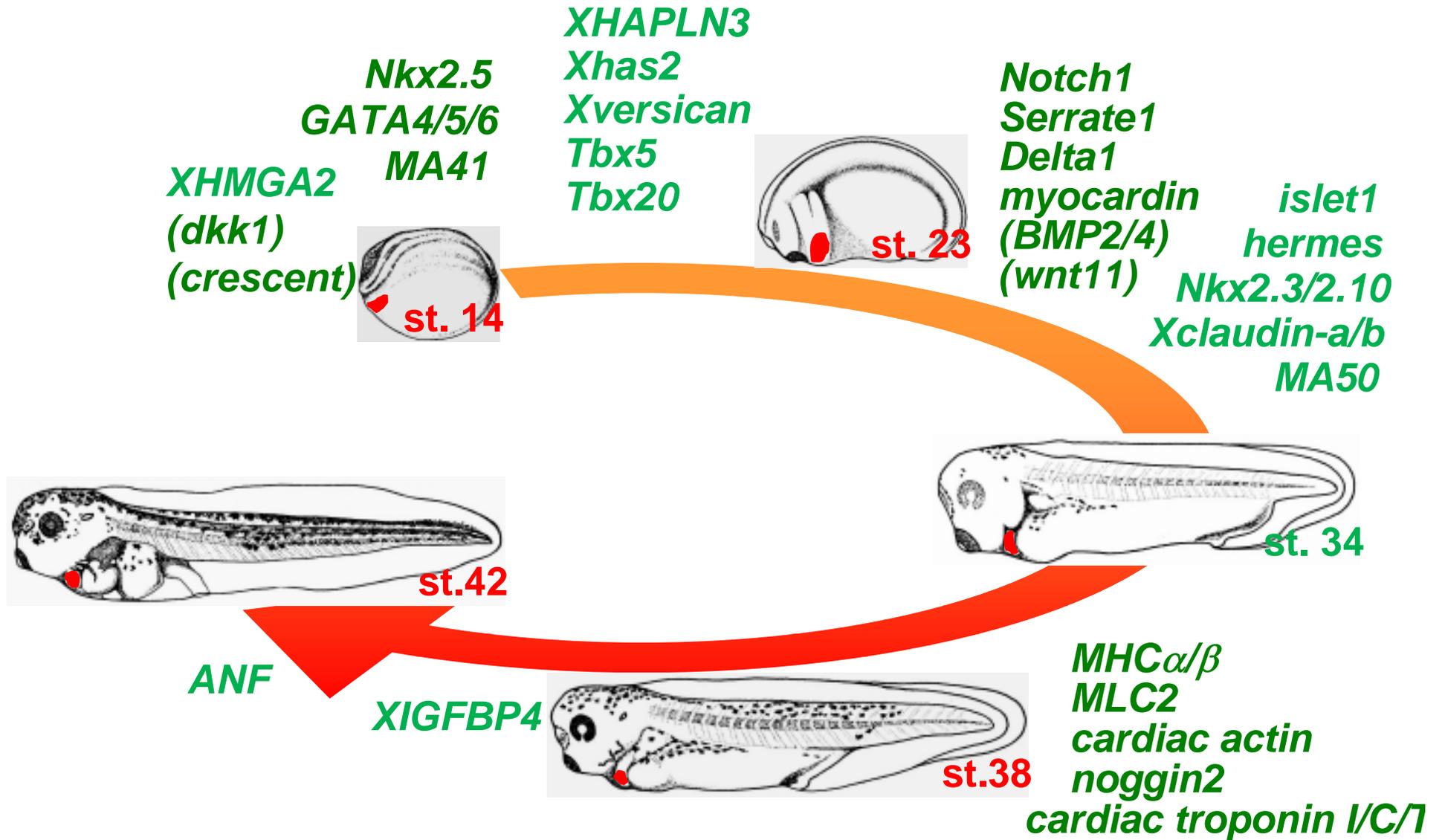


7日間培養

# ツメガエルのアニマルキャップから心臓をつくる



# ツメガエルの心臓形成における遺伝子の発現順序



Nkx2.5  
Myocardin  
Mesp1/2  
GATA4  
HMGA2

Nkx2.5  
dHand  
Tbx5  
CoupTFII  
Mef2c  
HPLAN3  
Has2  
versican

Nkx2.5  
Irx4  
Tbx5  
dHand  
pitx2  
Claudin

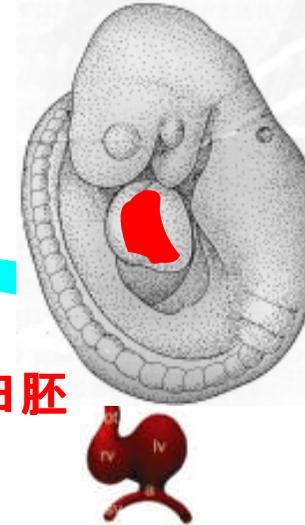
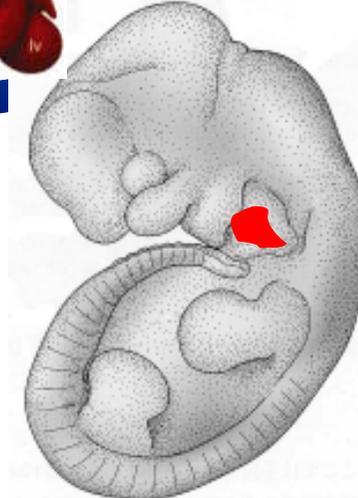
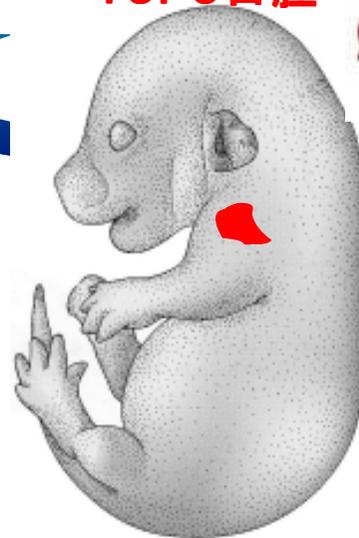
8日胚

9.5日胚

15.5日胚

11.5日胚

カエルとマウスではほとんど同じ遺伝子を心臓形成で使っている



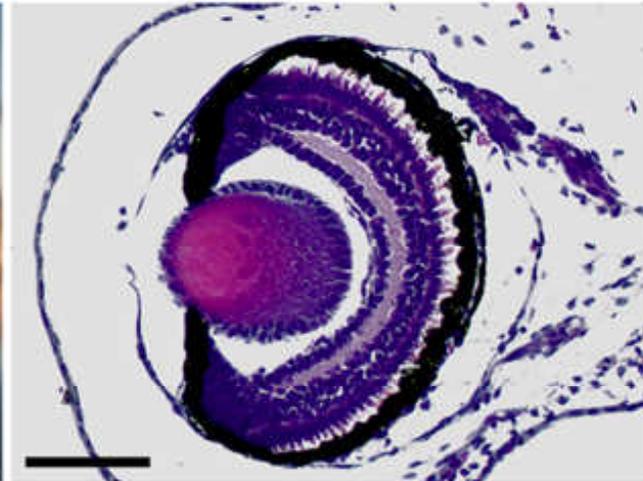
# ツメガエル未分化細胞から誘導した眼球：組織切片の観察

外形

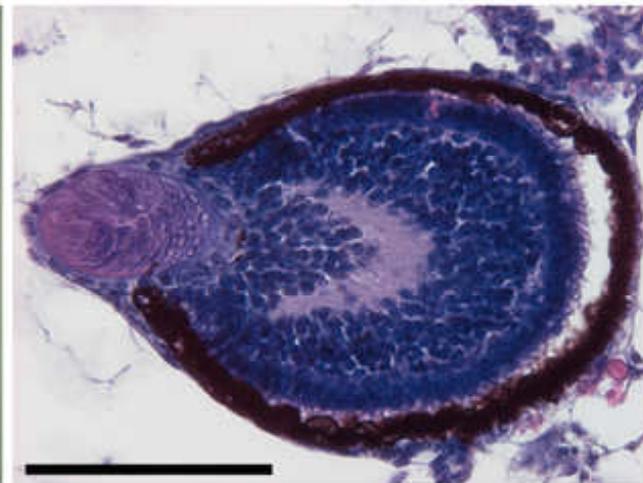
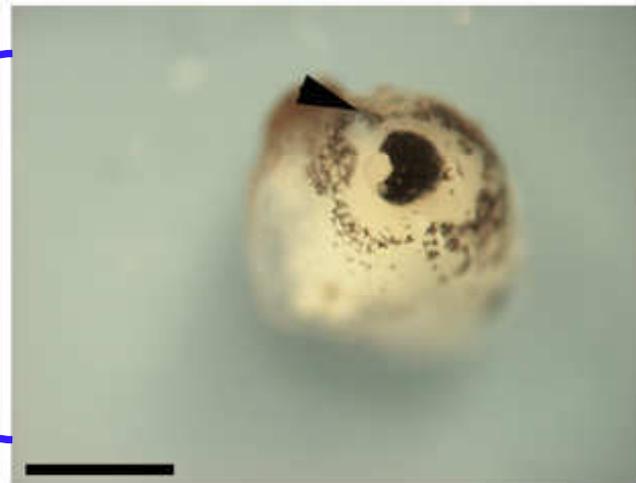
切片

HE染色

ステージ42  
幼生

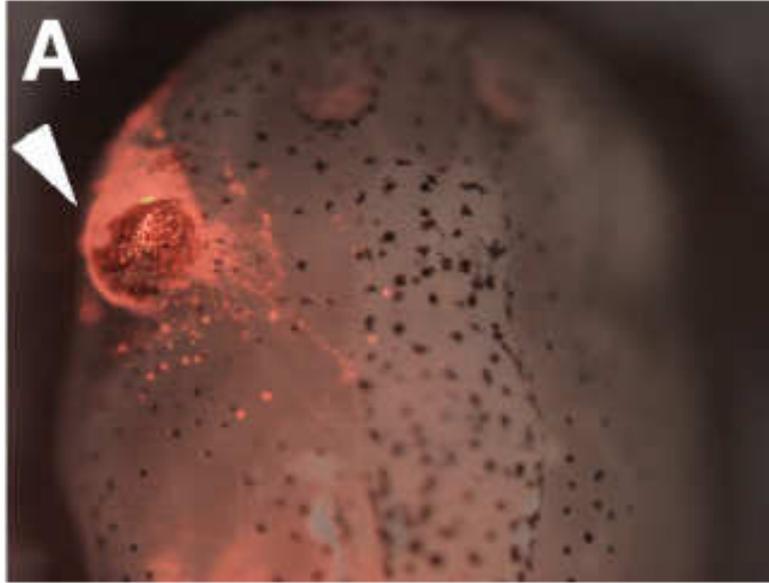


試験管内で  
作った眼

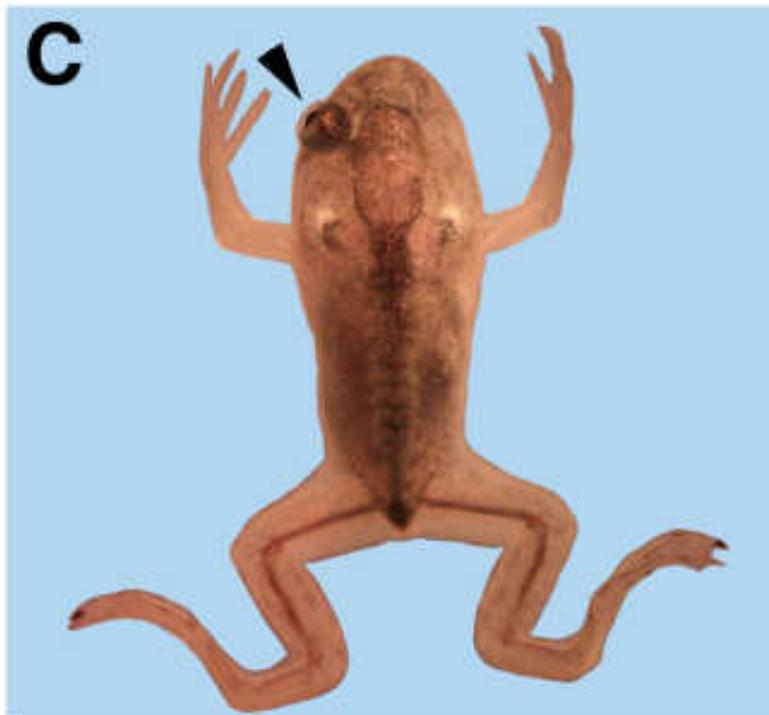


試験管内で作った眼は正常な眼と同じ構造をしている

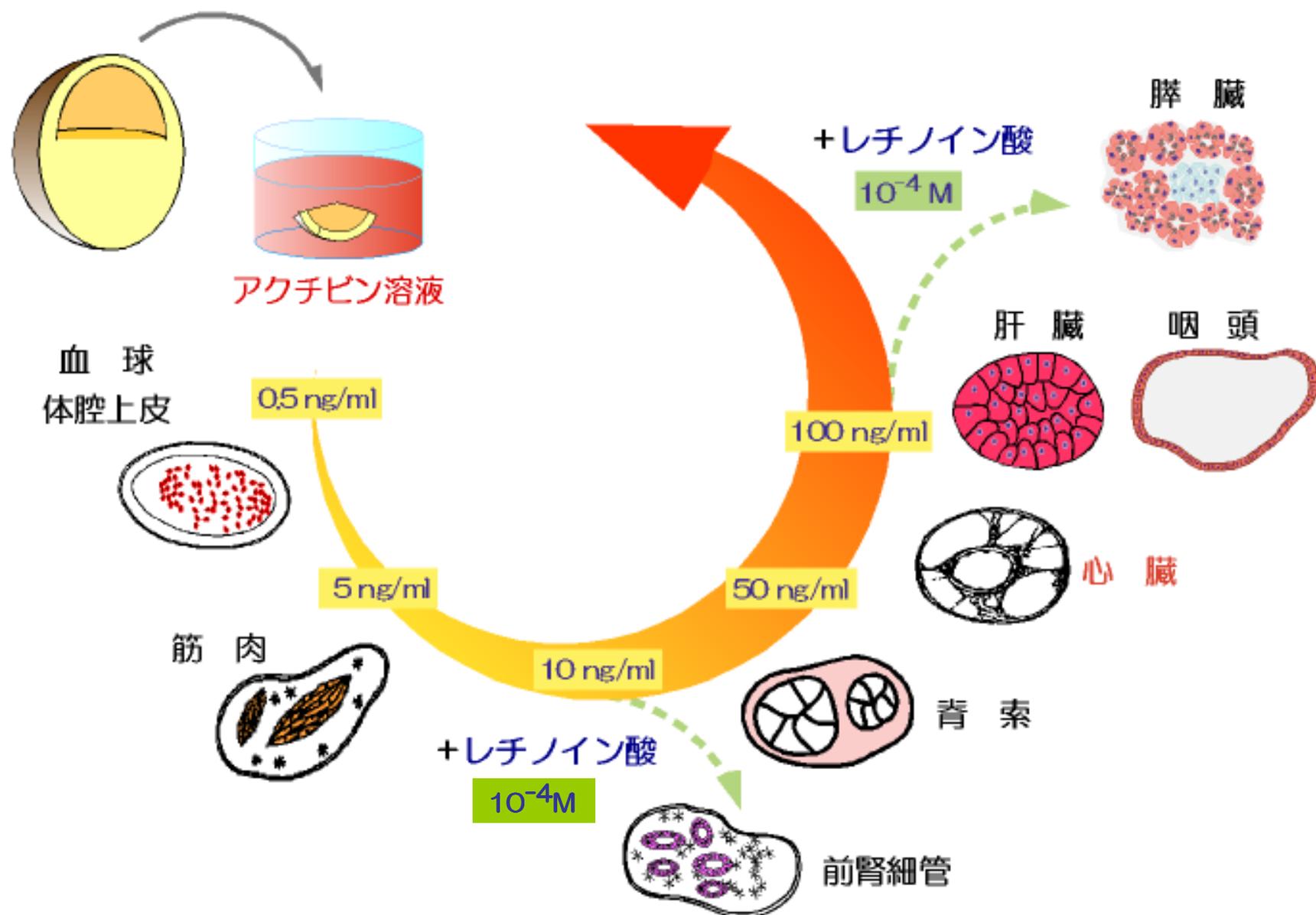
# 眼球移植ガエル



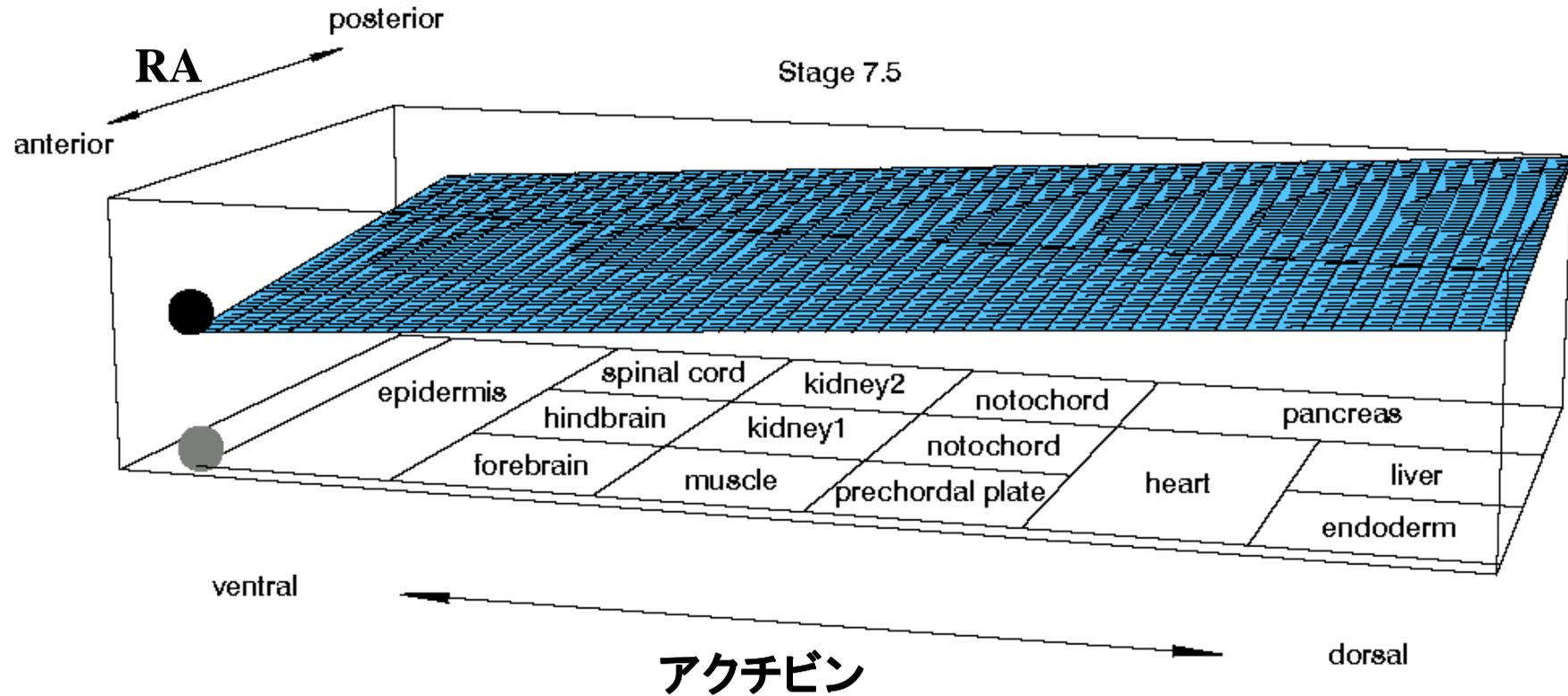
# 眼球なしガエル



# アクチビン処理したアニマルキャップから生じるおもな組織と器官

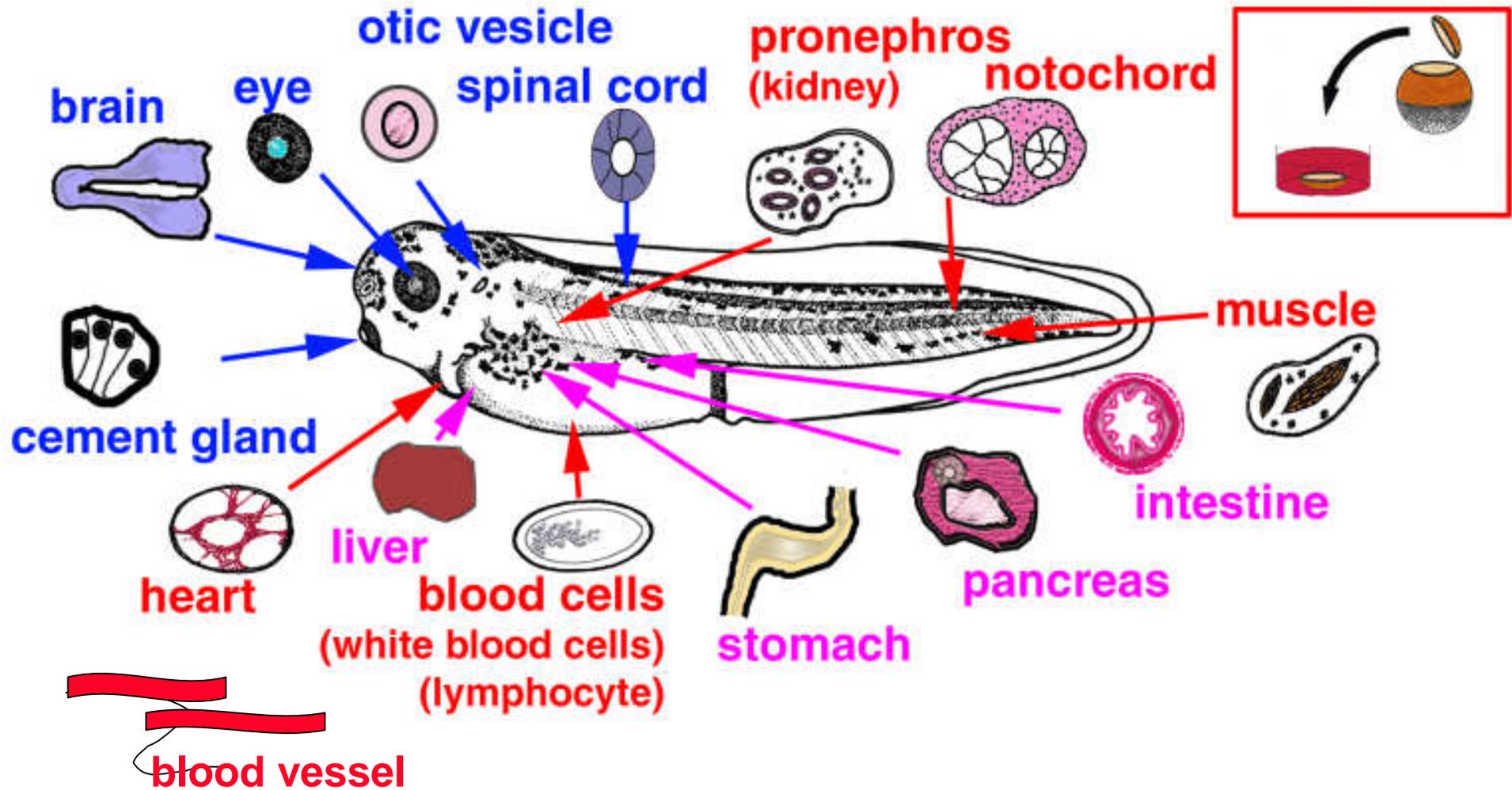


# Further modified model of Waddington.



Competence, timing, gradient and factors are important for the organogenesis.

# ツメガエルの未分化細胞を用いての 試験管内での器官形成

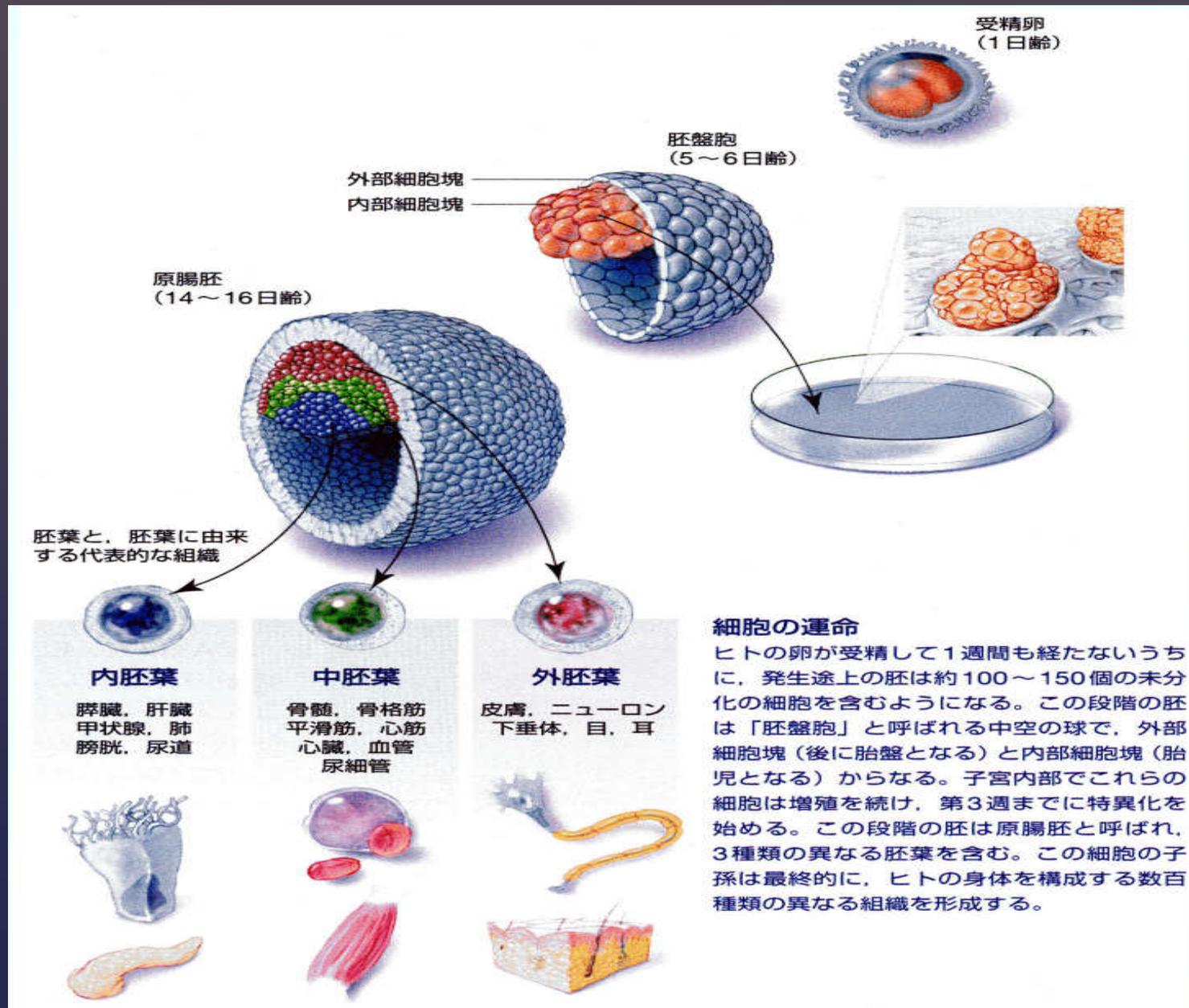


全部で20あまりの器官や組織を作ることが可能(浅島研)

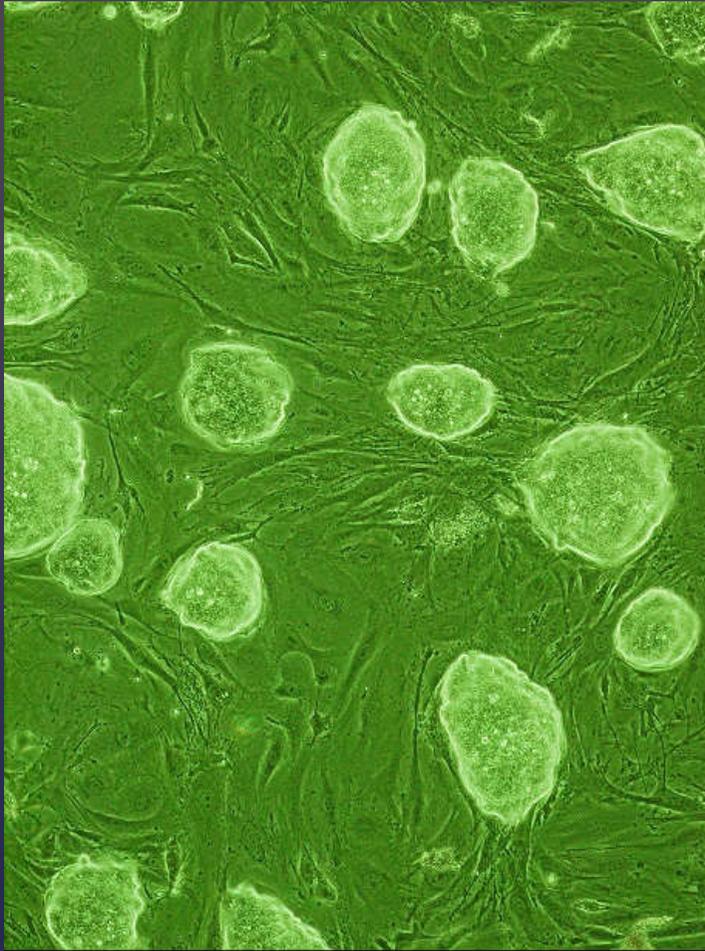
カエルやイモリから次のステップへ

マウス ES細胞からの組織・器官誘導

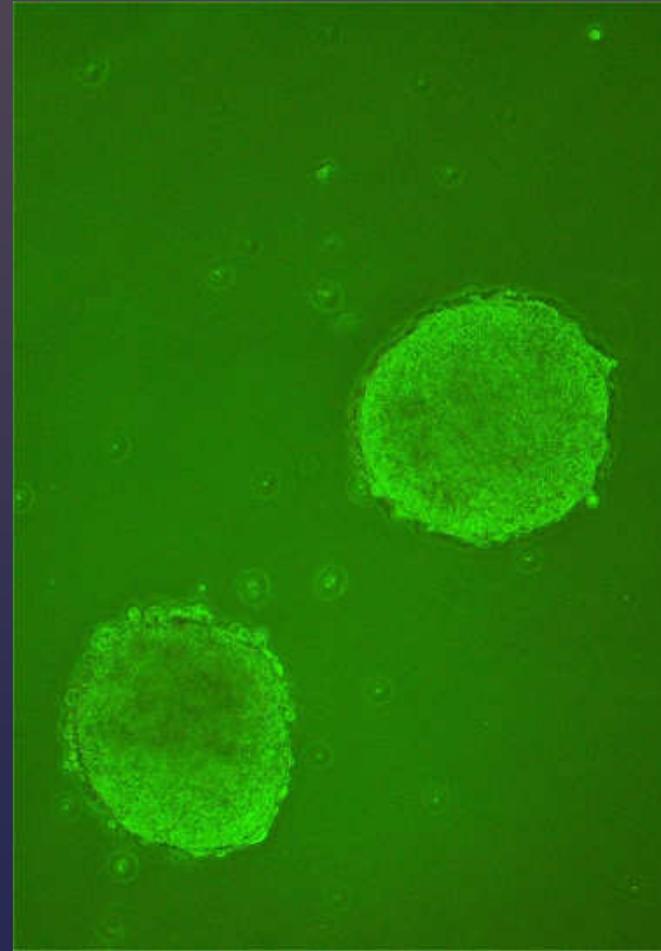
# 胚性幹細胞 (ES細胞) の由来



# マウスES細胞と胚様体

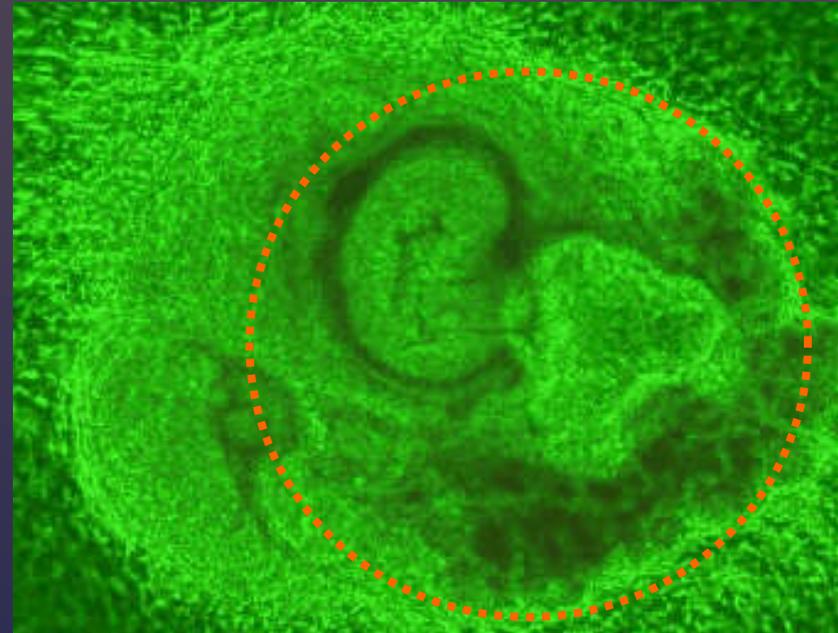
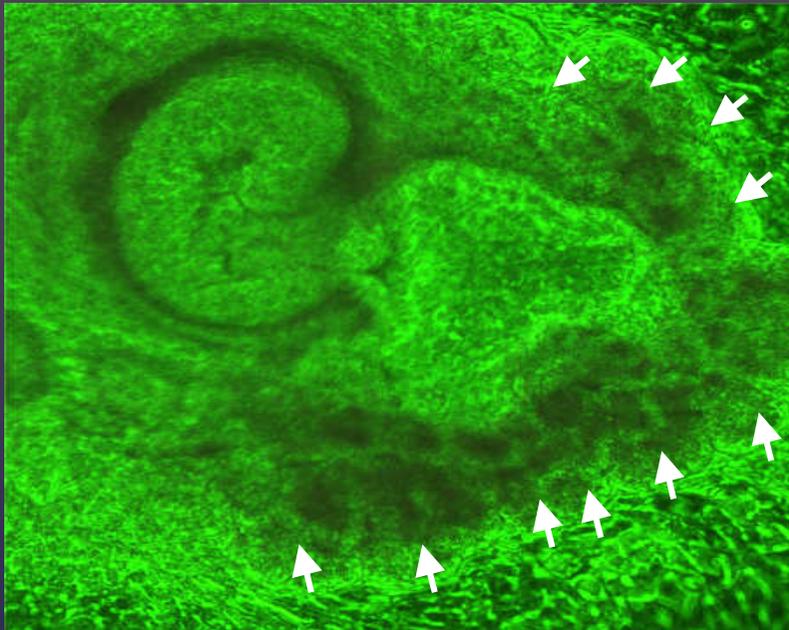


(15% FCS, +LIF)



(15% KSR, -LIF)

# アクチビンとレチノイン酸を用いた マウスES細胞からの膵臓の誘導



矢印：膵臓の腺構造

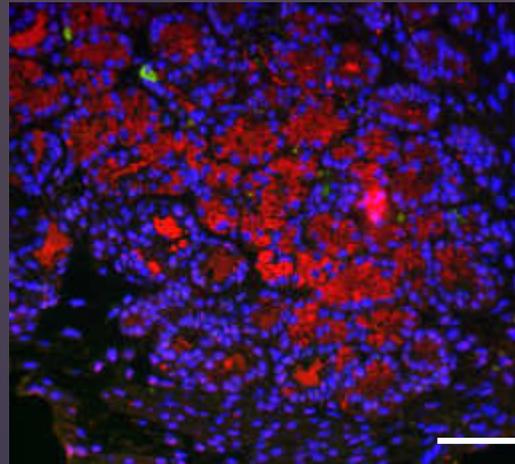
膵臓の腺構造が腸管と同時に誘導された。

→ 正常発生における膵臓形成を再現していると考えられる。

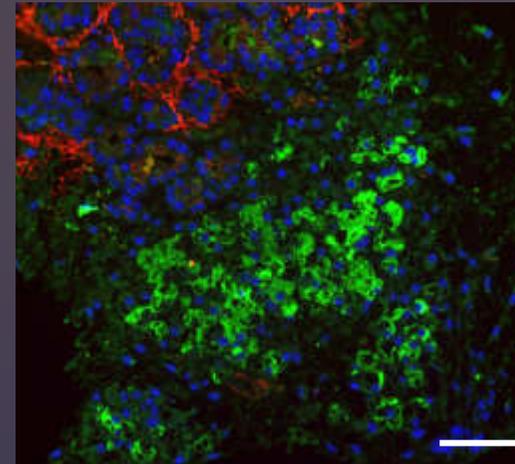
# インスリンとアミラーゼの免疫二重抗体染色

**Amylase** /  
**Insulin C-peptide** /  
**DAPI**

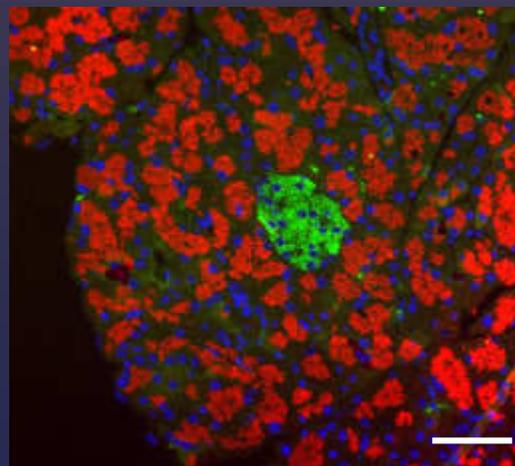
(bar = 50  $\mu$ m)



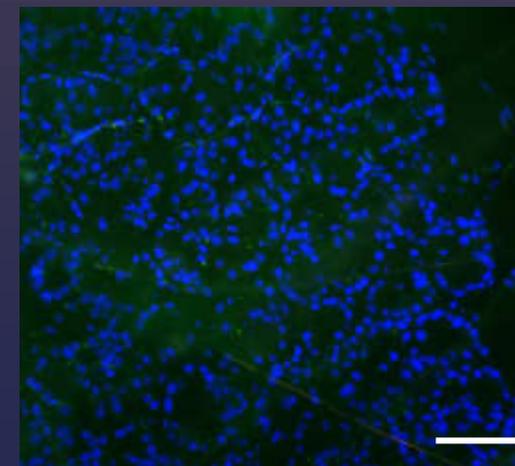
0.1  $\mu$ M RA +  
10 ng/ml activin



0.1  $\mu$ M RA +  
25 ng/ml activin

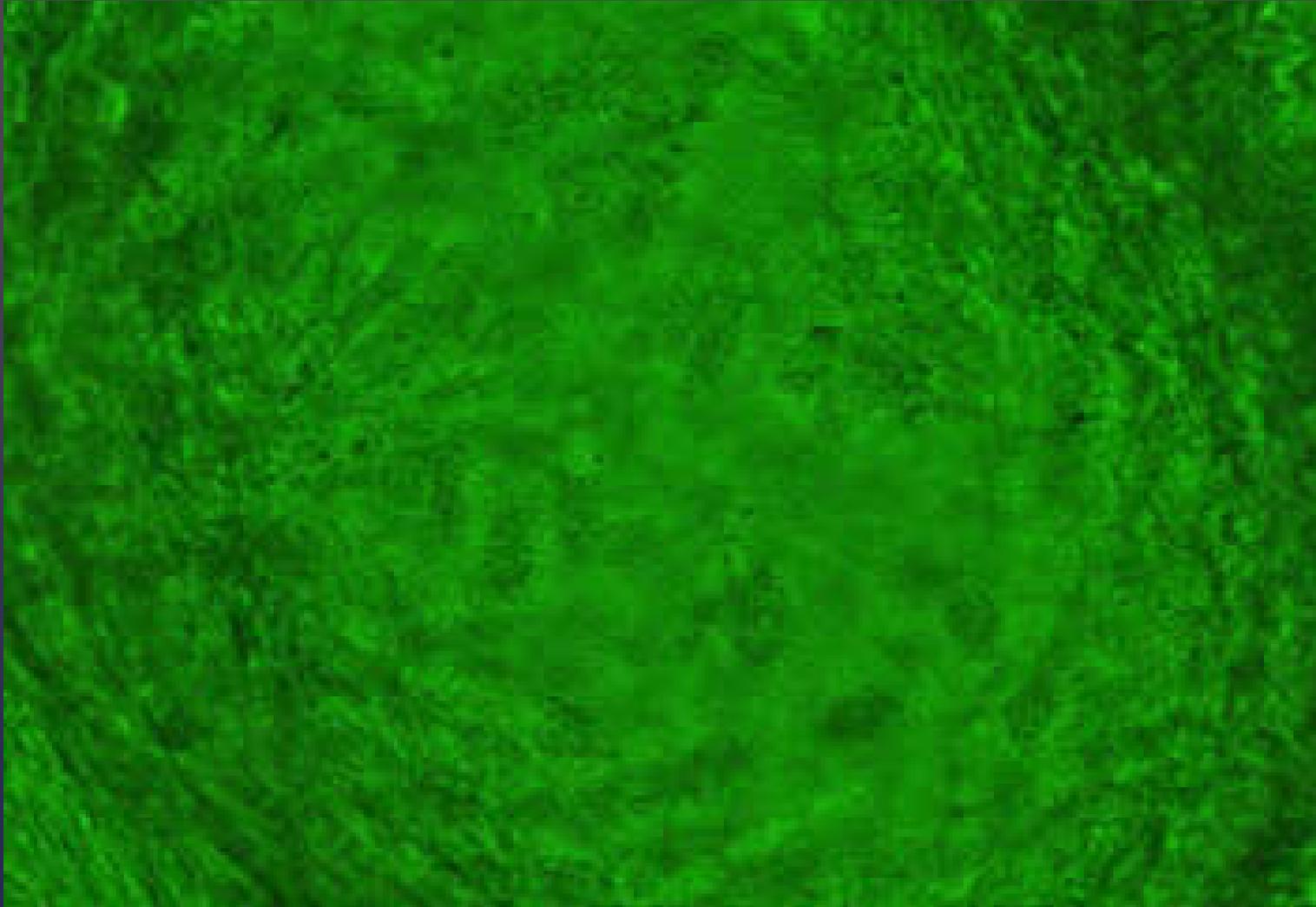


Mouse pancreas



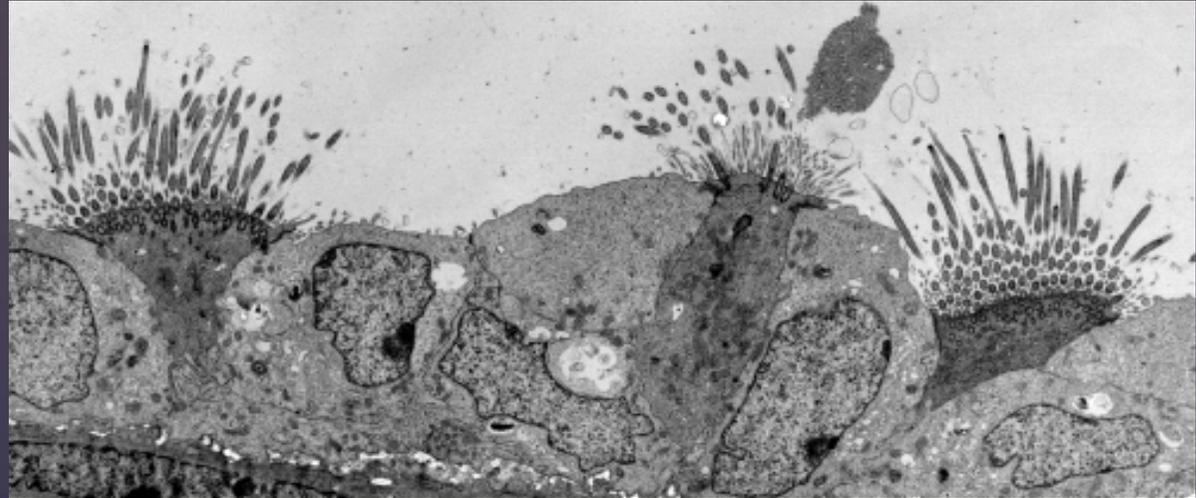
Control (untreated)

# マウスES細胞からの気管の形成

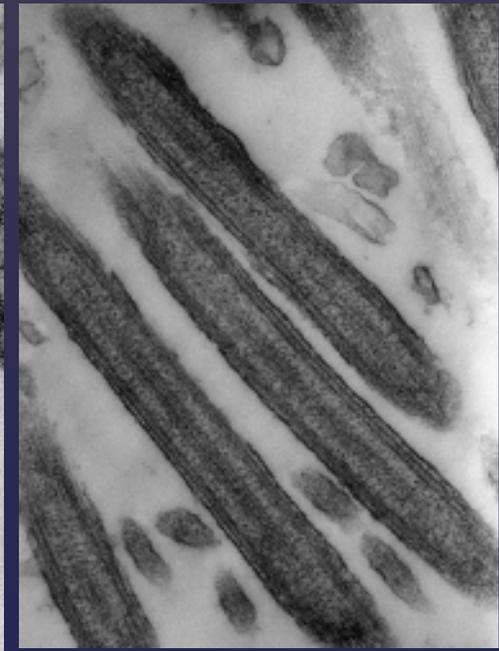
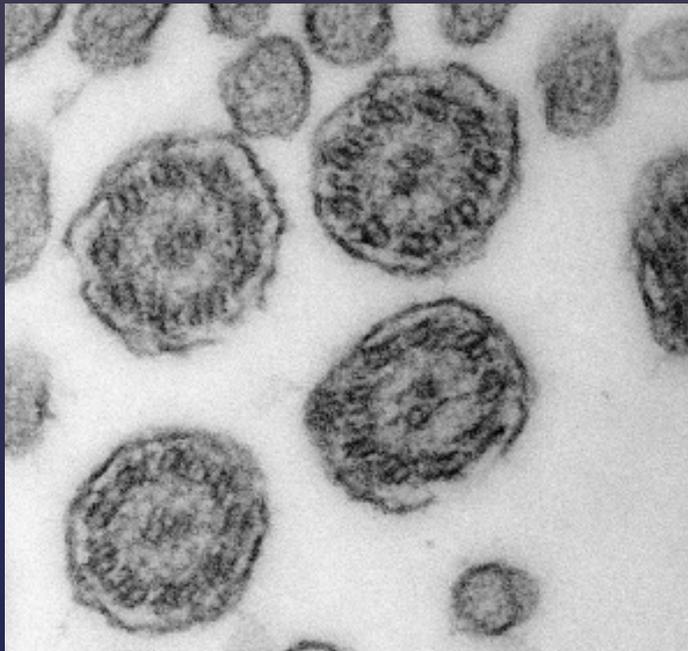


マウスの体には脳質から食道、腎蔵、輸卵管など体中に繊毛がある

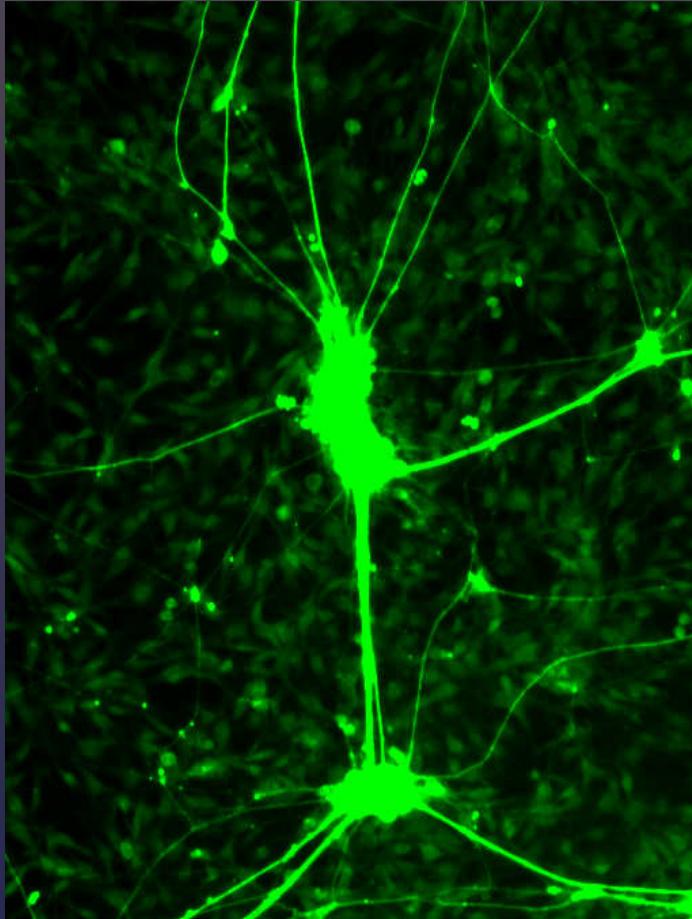
# マウスES細胞からの繊毛の形成



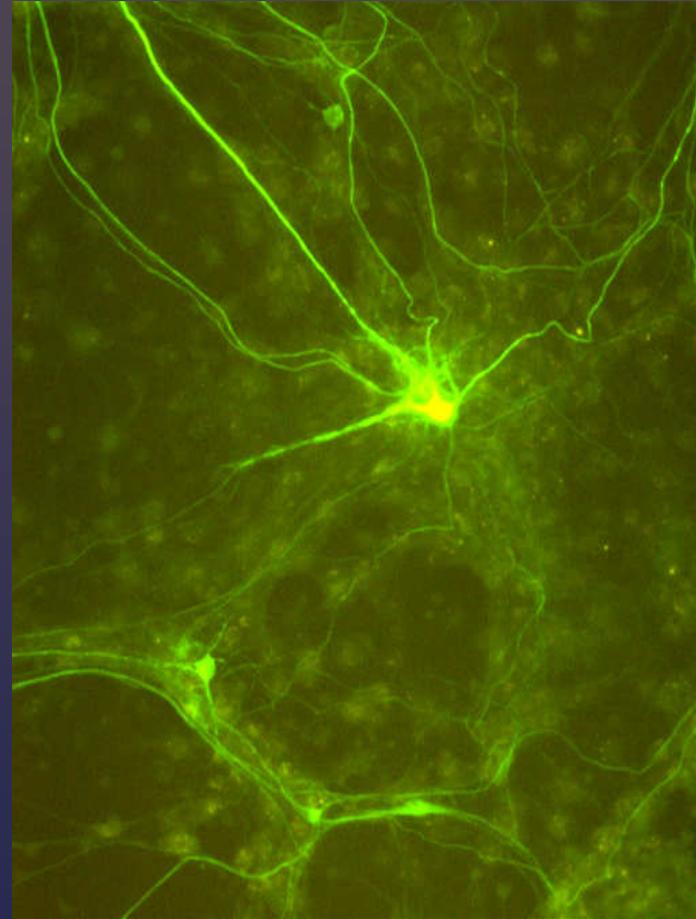
全ての生物に共通  
である繊毛に特異的  
な9+2の微小管構造  
が見られる。



# マウスES細胞からの神経細胞の形成



Anti-L-NF antibody (FITC)

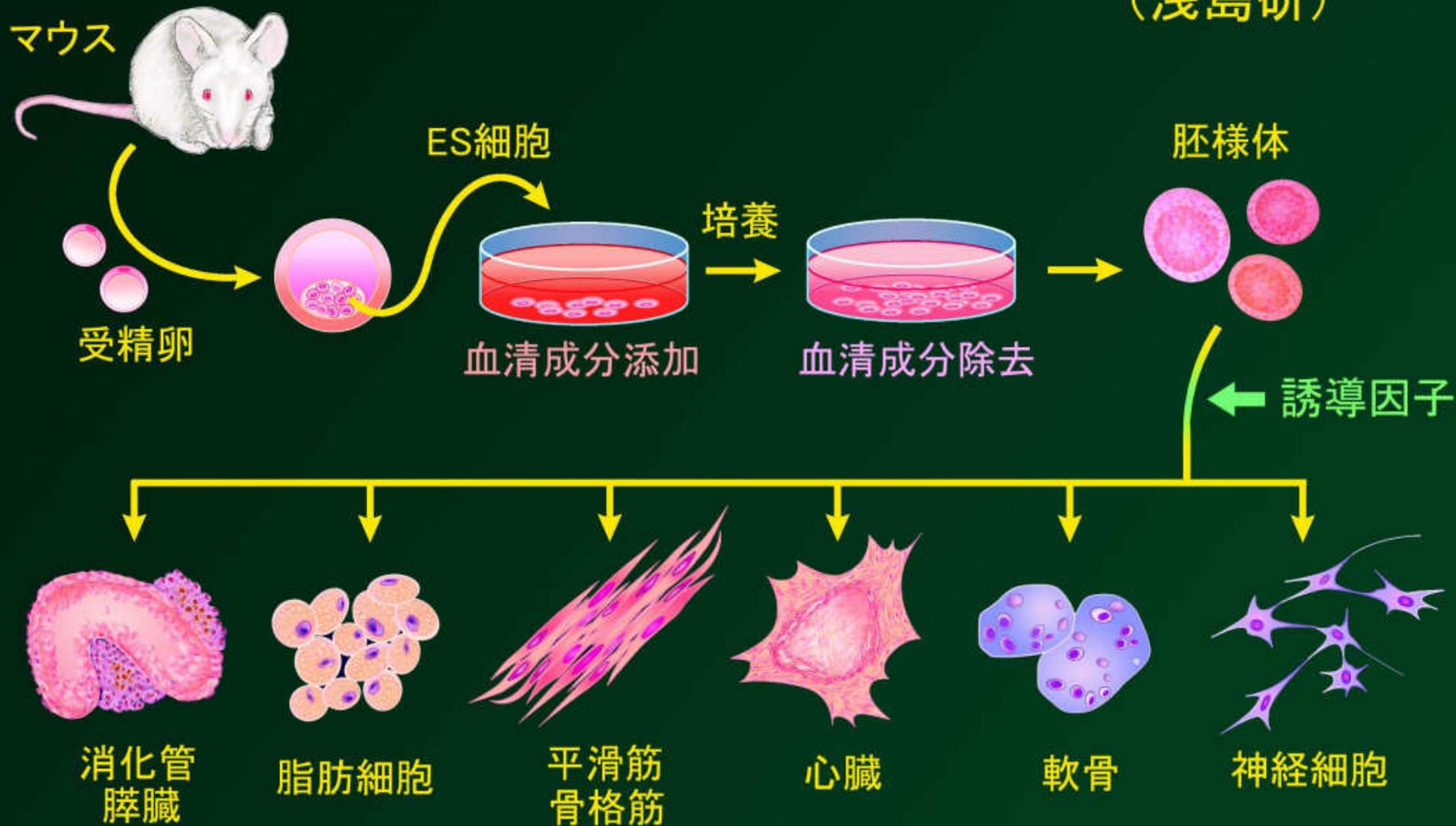


Anti-H-NF antibody (FITC)

いろいろな神経細胞も形成される

# マウスES細胞からの器官誘導

(浅島研)



カエルの器官形成とマウスなど哺乳類の器官形成は  
同じようなシステムで制御されている。

カエル、イモリからマウスES細胞へ  
さらに

## ヒト組織幹細胞からの組織誘導

私達の体の中にはいたるところに、未分化な  
幹細胞がある。

再生医療はなぜ必要か

薬では治らない病気や損傷部分を細胞によって  
治癒させること目的としている

# ヒトにおける幹細胞と再生

# 幹細胞の種類と特徴

幹細胞には大きく分けて3種類があり、それぞれ樹立・単離方法や時期が異なる。

## ① ES細胞(胚性幹細胞)

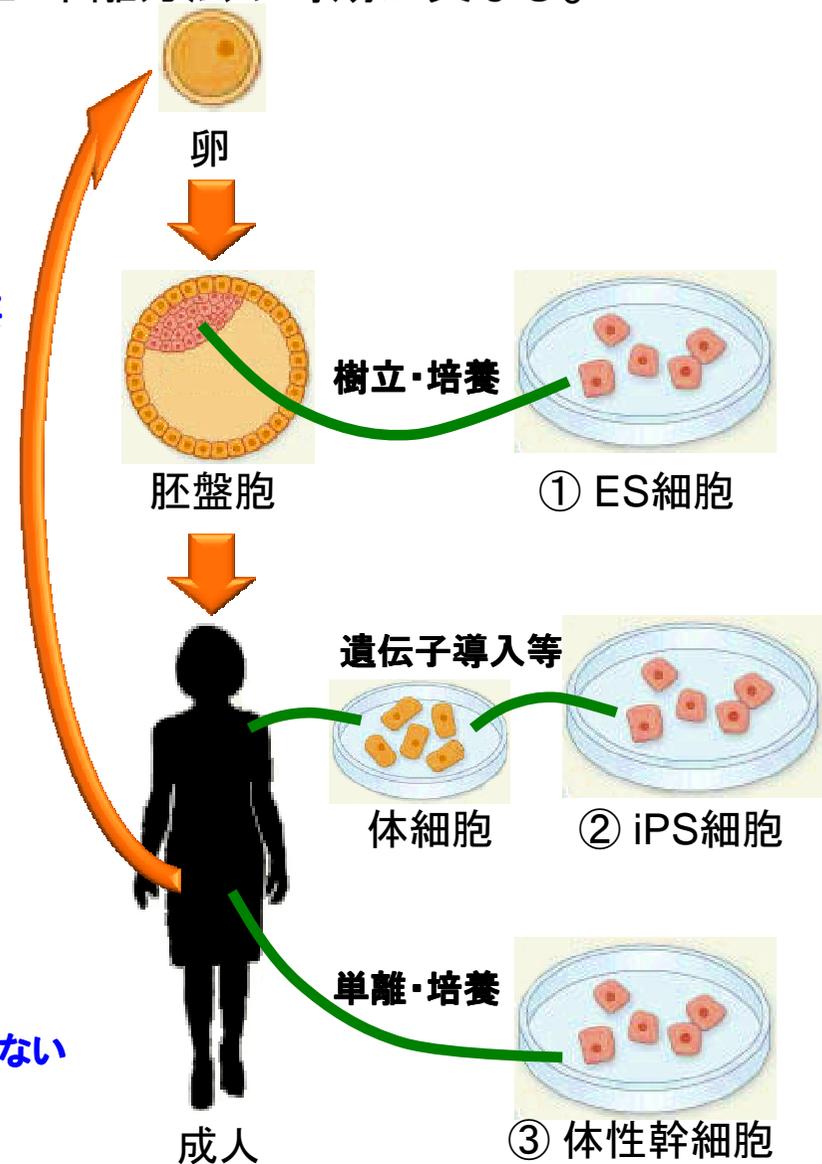
- ・半永久的に分裂・増殖できる
- ・分裂速度が早い
- ・作製時に命の始まりである胚を滅失させる(倫理的問題)
- ・移植時の効果や安全性が確認できていない
- ・患者本人の細胞ではないため、拒絶反応を抑える方法が必要
- ・作製時に様々な品質のES細胞ができるため、標準化が必要

## ② iPS細胞(人工多能性幹細胞)

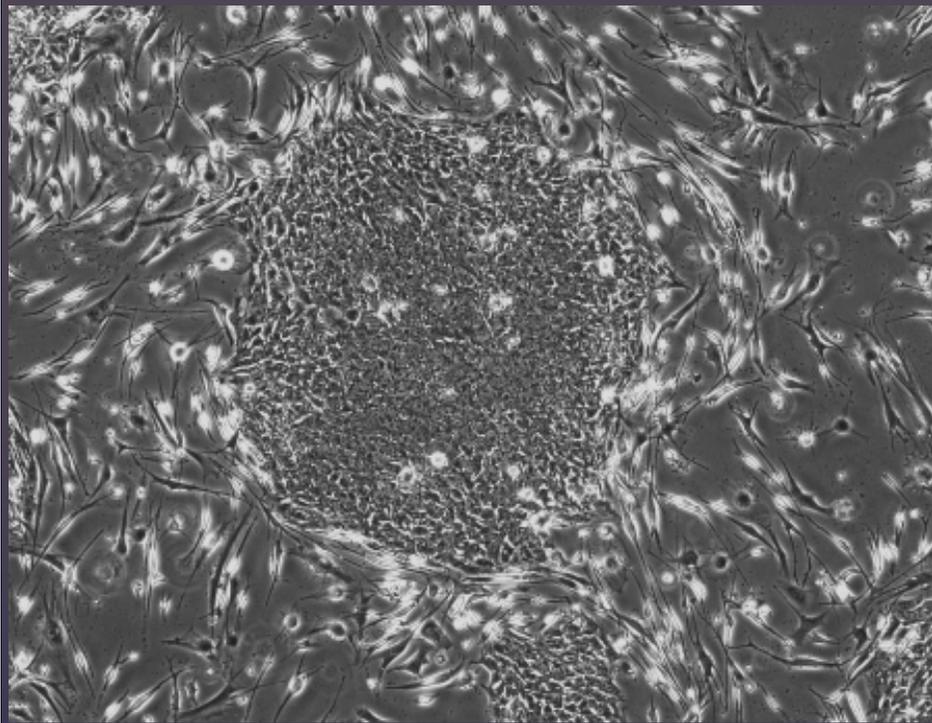
- ・半永久的に分裂・増殖できる
- ・分裂速度が早い
- ・移植時の効果や安全性が確認できていない
- ・患者本人の細胞から作製できるため、倫理的問題が少ない
- ・患者本人の細胞から作製できるため、拒絶反応が無い
- ・作製時に様々な品質のiPS細胞ができるため、標準化が必要

## ③ 体性幹細胞

- ・半永久的に分裂・増殖できるかは不明
- ・分裂速度が遅い
- ・骨髄移植等では移植時の効果や安全性が確認されている
- ・患者本人や同意したドナーの細胞であれば、倫理的問題が少ない
- ・患者本人の細胞を用いれば、拒絶反応が無い
- ・様々な性質の体性幹細胞が単離されるため、標準化が必要

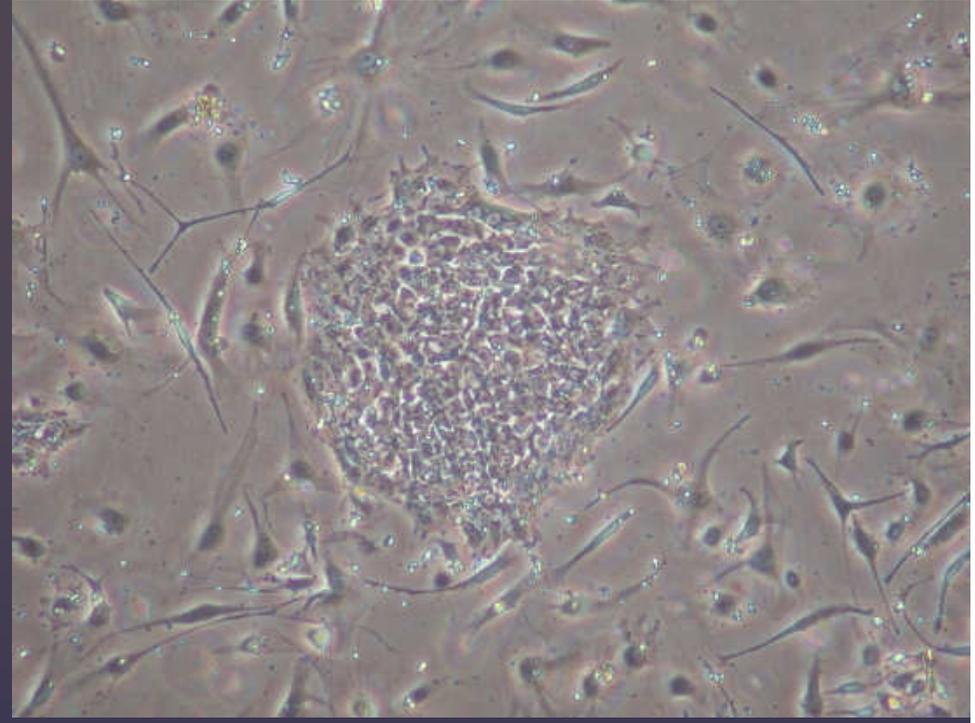


青字は長所、赤字は短所。



## ヒトES細胞

(embryonic stem cells)



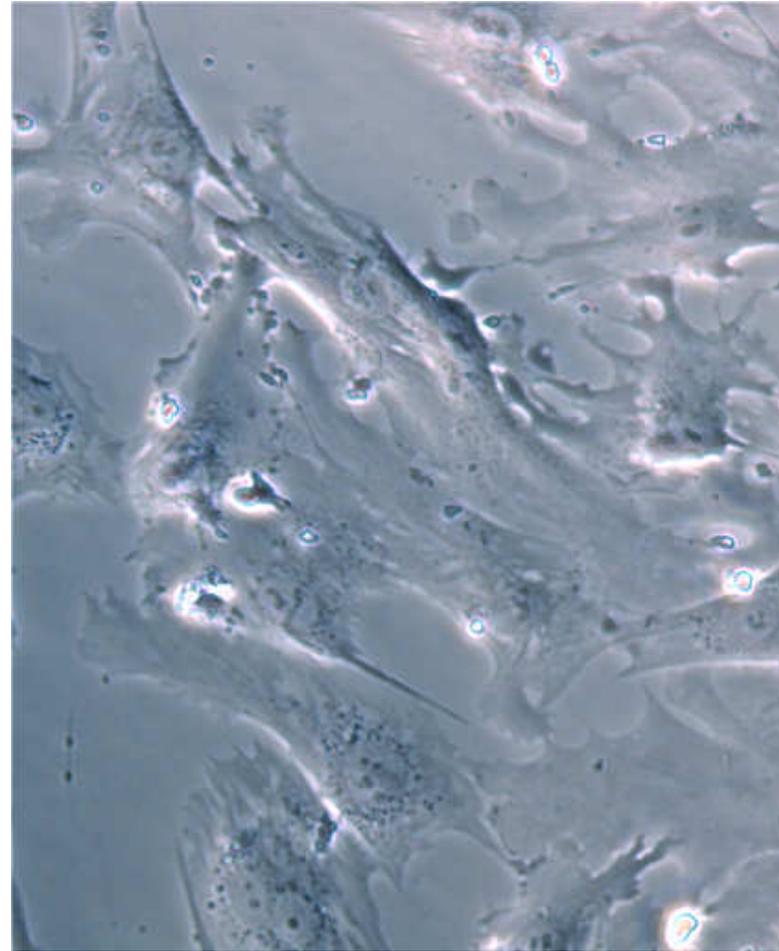
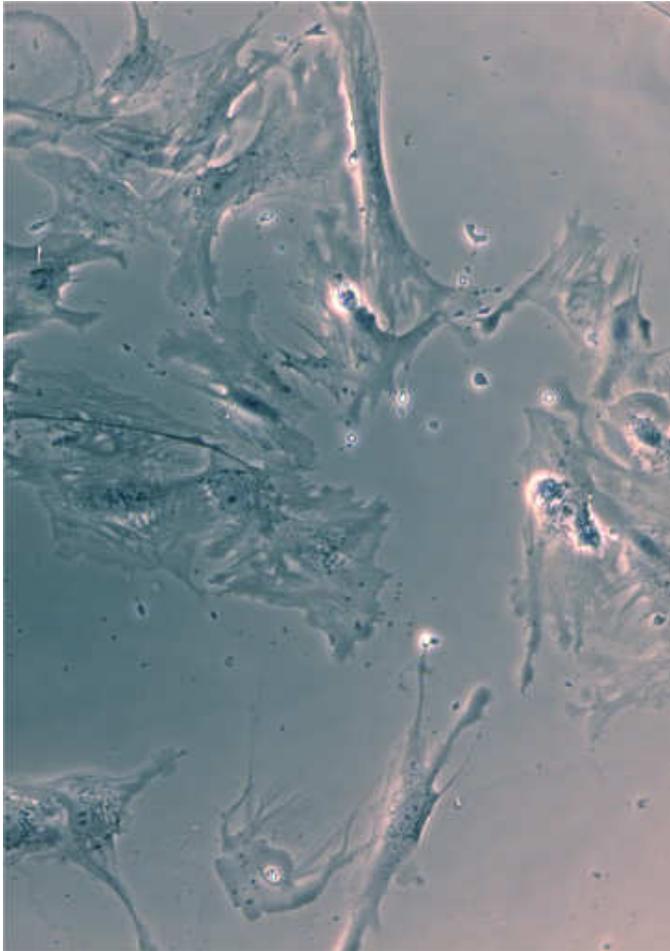
## ヒトiPS細胞

(induced pluripotent stem cells)

These are multipotent cells, and they can differentiate into many kinds of organs and tissues.

These cells will be used in the field of regenerative medicine as cell sources for transplantation therapy.

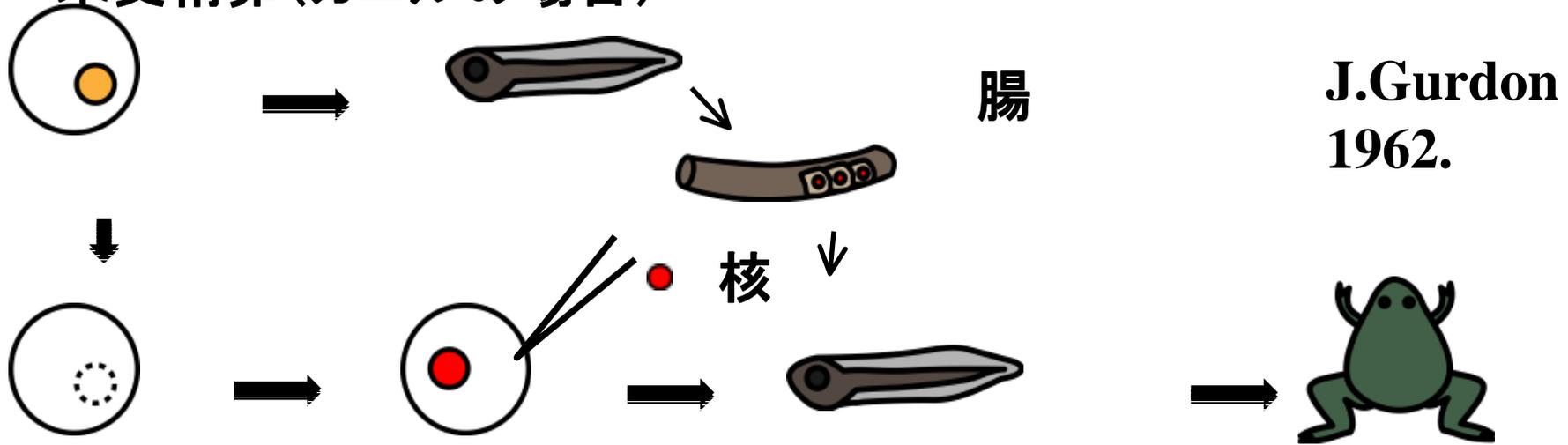
# ヒト成体幹細胞 (骨髄細胞、脂肪細胞、羊膜細胞など)



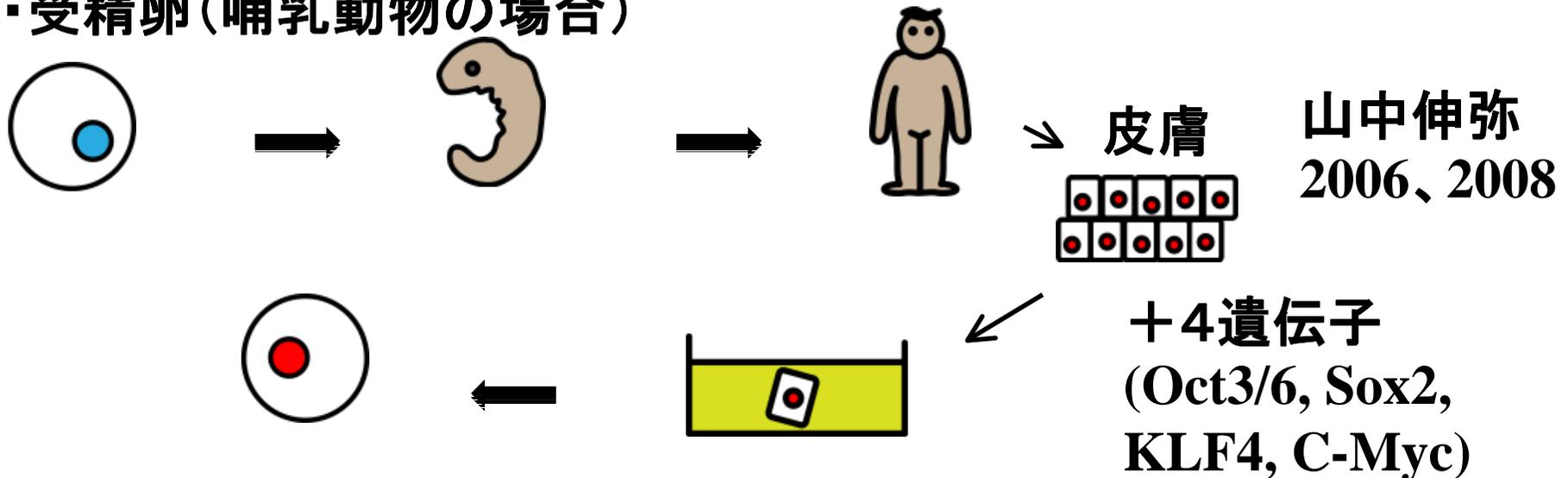
私たちの体の中には成体になっても未分化細胞が沢山ある

# Reprogramming (リプログラミング) → 初期化

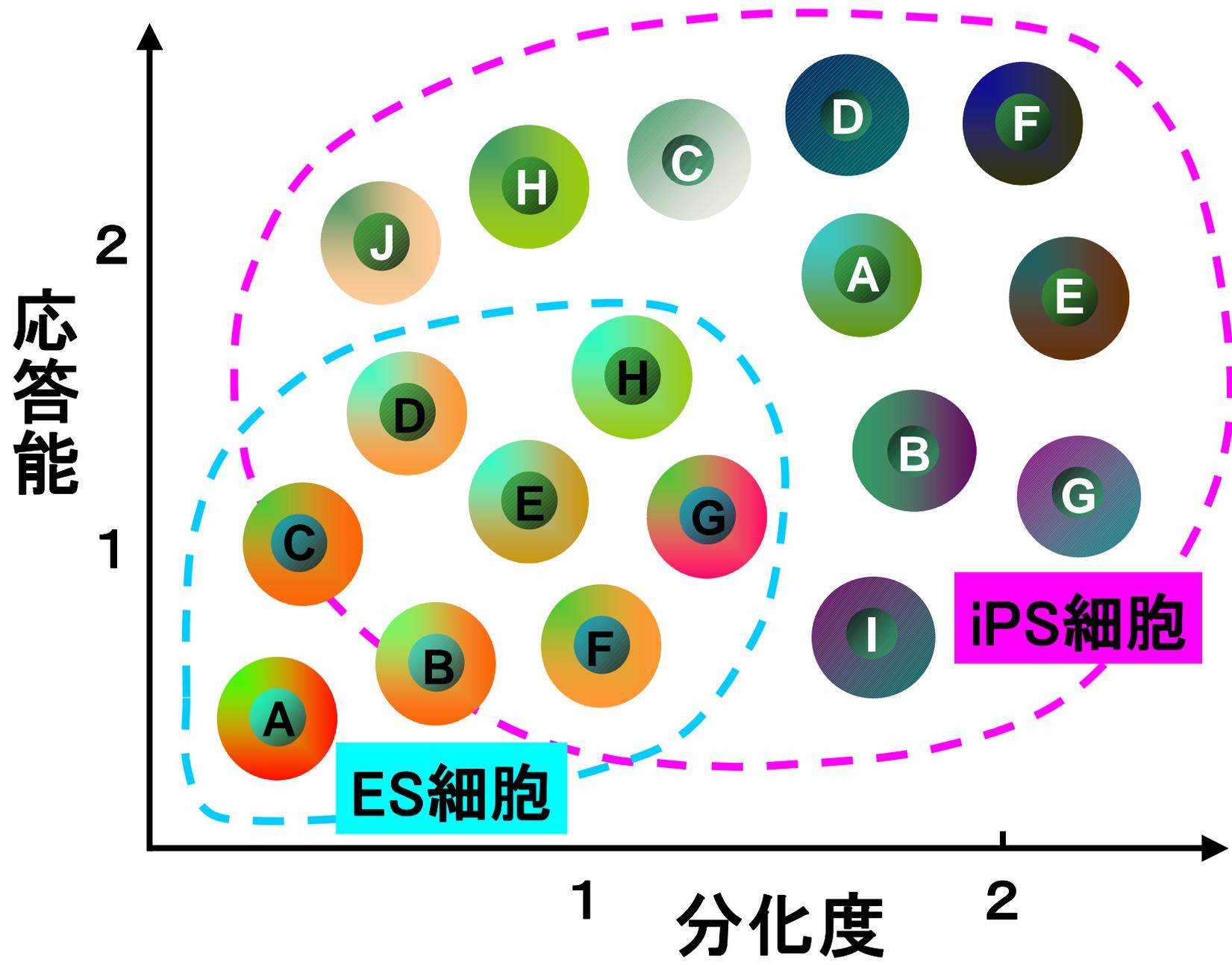
・未受精卵(カエルの場合) オタマジャクシ(幼生)



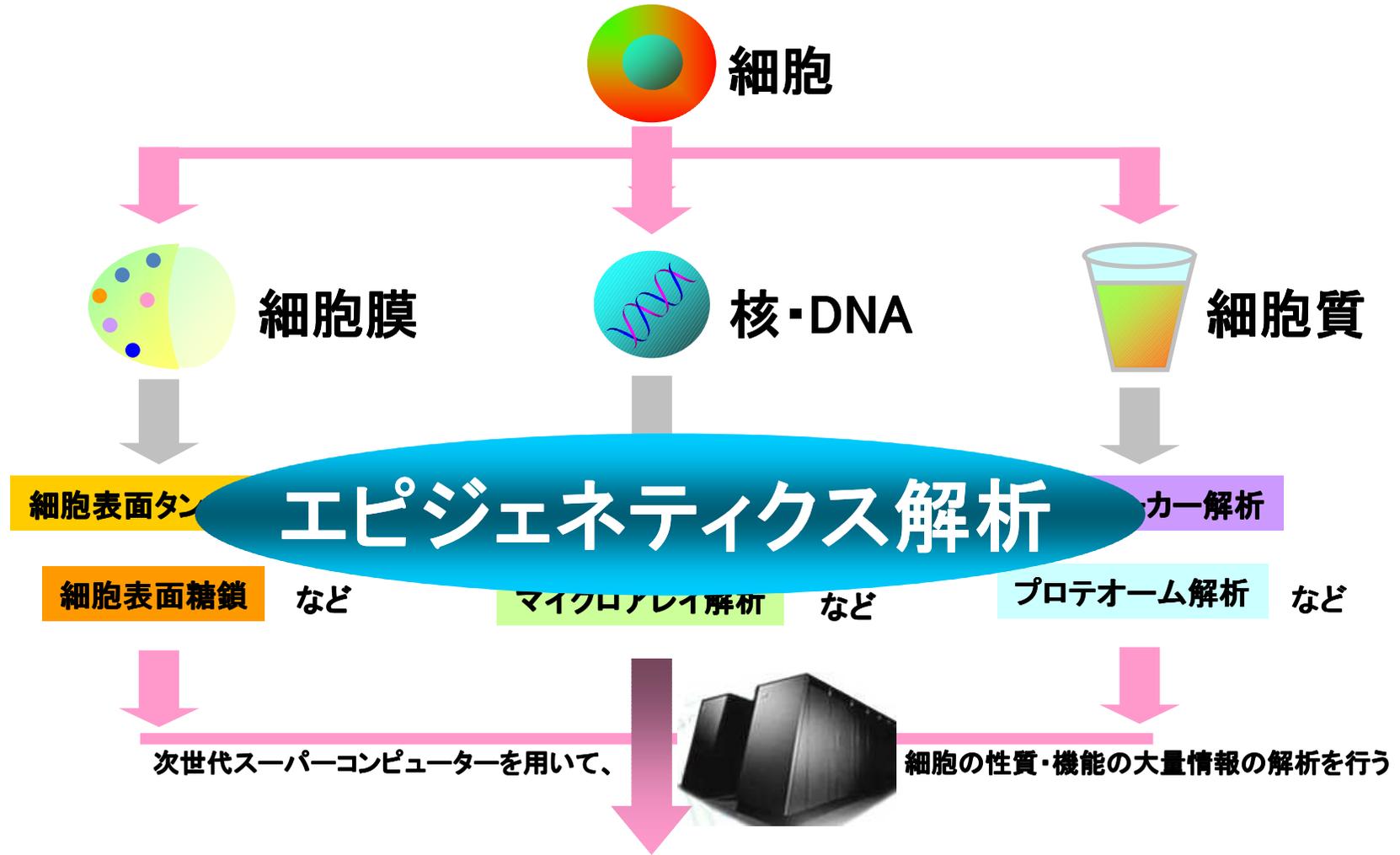
・受精卵(哺乳動物の場合)



# ヒトES細胞やiPS細胞は細胞によってバラバラである



# 細胞の測定

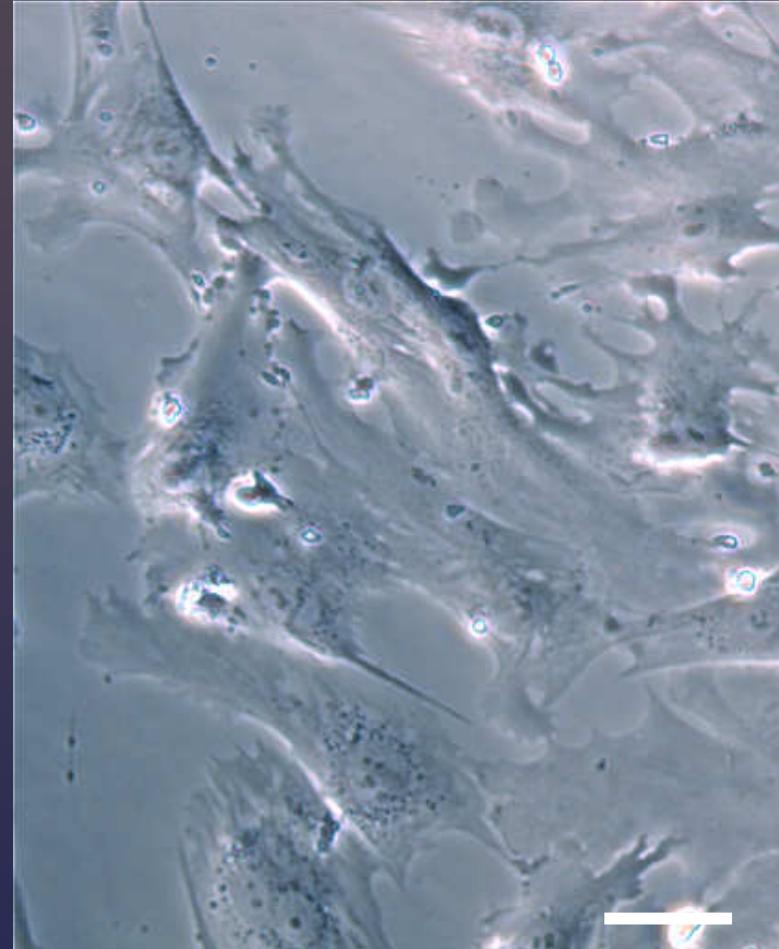
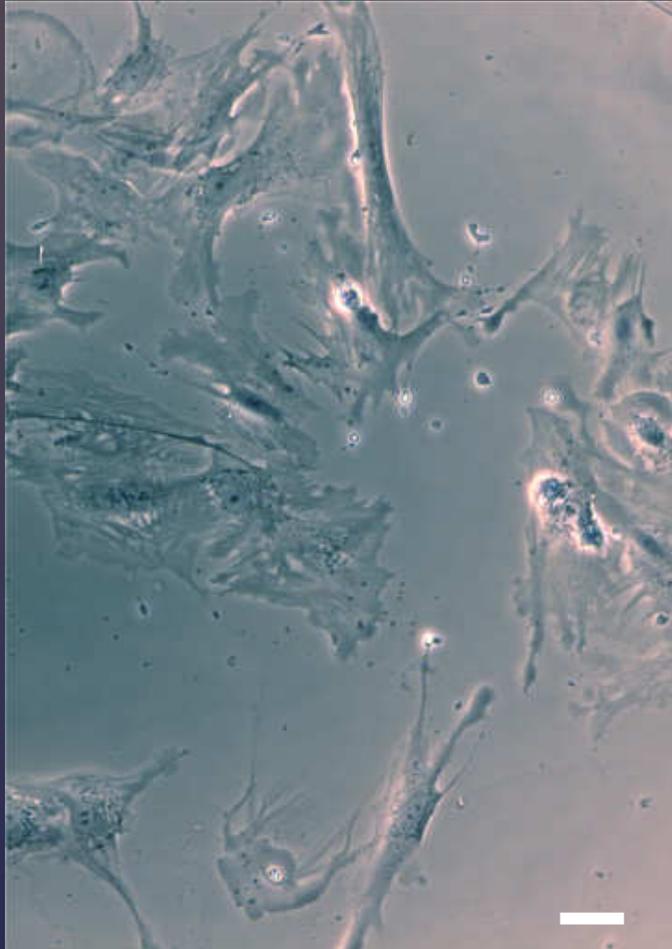


## 細胞の規格化

# エピジェネティックス解析は細胞評価に有用



# ヒトの成人の体性幹細胞



**Our bodies have a lot of adult stem cells in many tissues and organs such as bone marrow, adipose tissue, brain, etc.**

# 現在までに行われているヒトの再生医療の具体例

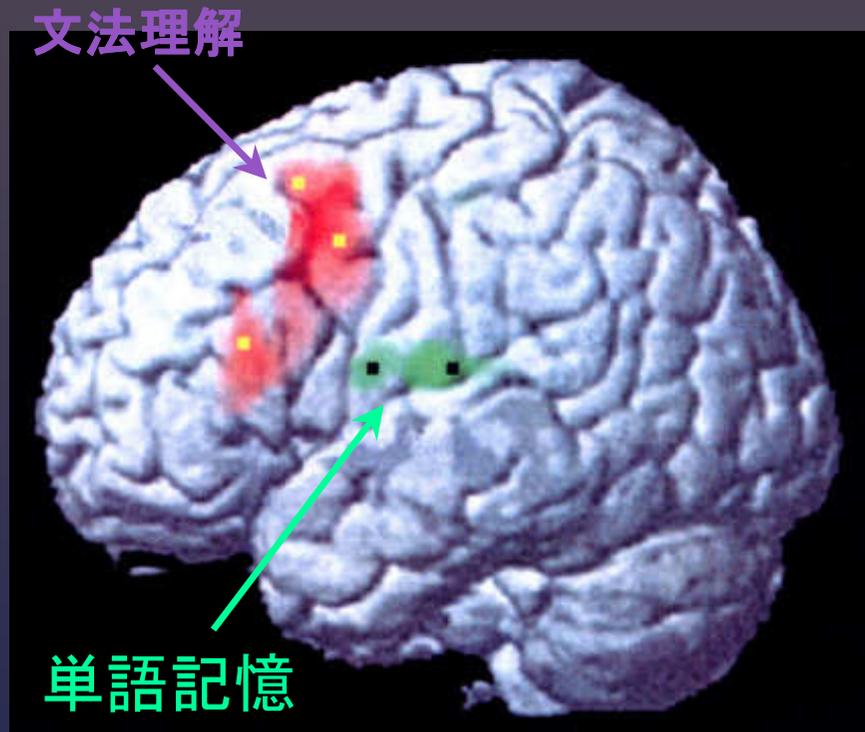
- (1) 皮膚移植
- (2) 軟骨、骨の再生
  - ー スキャフォールド等を使っている
- (3) 角膜移植 (一部)
- (4) 血管再生 (HGF, VEGF など)
- (5) 歯芽再生  
など

すでにヒト骨髄幹細胞や脂肪細胞などの体性幹細胞を使った研究は臨床で応用されており、ヒトES細胞についてもアメリカでは臨床実験が始まっている。

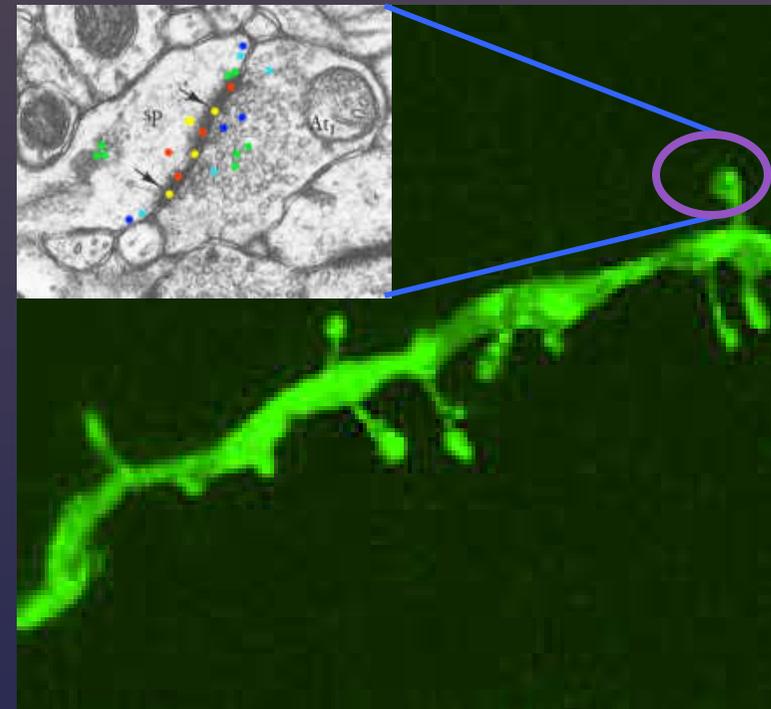
、ヒト幹細胞については、日本でも非常にたくさんの報道がされているが、臨床実験までに超えなければならないハードルが沢山ある。

# 脳科学における様々な進展

大人の脳の中にもたくさんの未分化な幹細胞があり、使えば使うほど活性化され、歳をとっても記憶も長持ちする



言語中枢における詳細なマッピング



記憶の貯蔵庫シナプスの数が  
アクチビン刺激により急速に増加



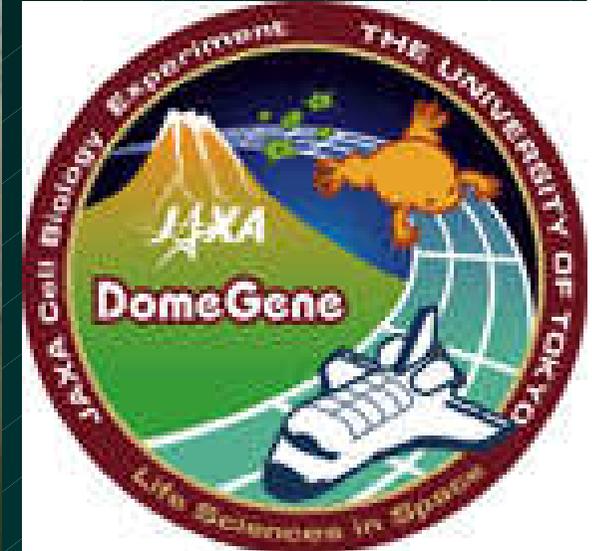
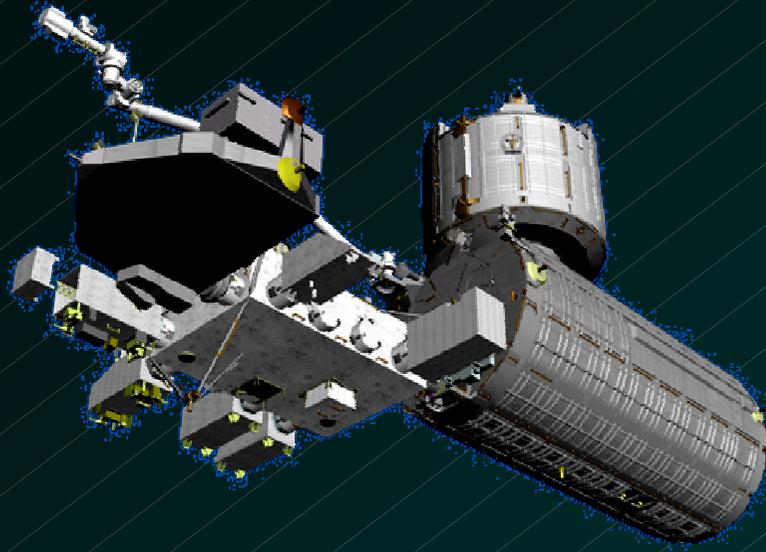
# スペースシャトルと 国際宇宙ステーション

今現在、宇宙ステーションでは、私達のカエルの腎臓・肝臓の細胞が培養されています。

生命の誕生から38億年が経ちましたが、宇宙で細胞培養がなされたのは、ごく最近のことです。

重力のない場で、細胞がどのような変化を起こすか、興味のあるところです。

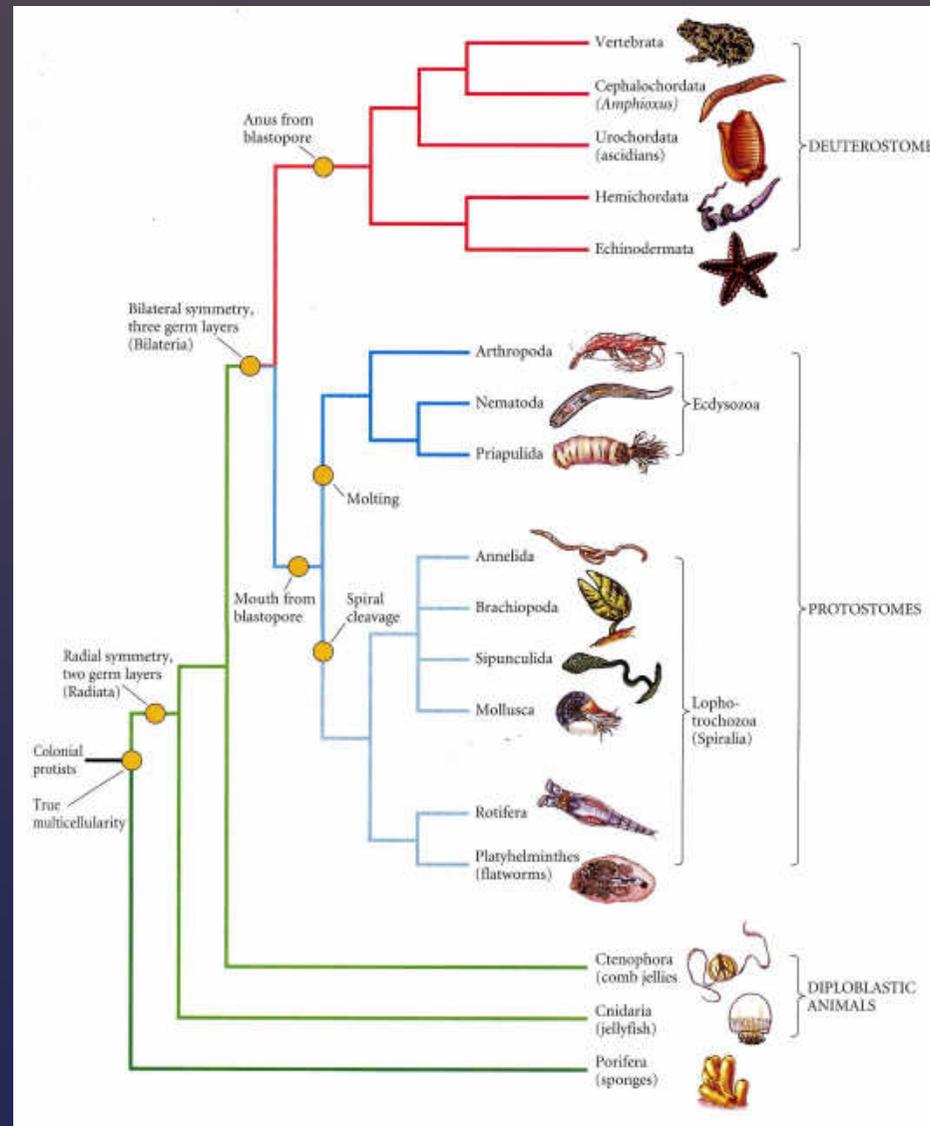
# 国際宇宙ステーション日本モジュール 「きぼう」における細胞実験



# 生物の多様性と環境

—共存への道のはじまり

地球上には多種多様な生物がいる。  
それらの生物の形作りや歩いてきた道(ナチュラル・ヒストリー)  
を知ることは重要である。



自然と生き物に学ぶことから生命の理解は始まる  
ナチュラル・ヒストリーが大切である。



30秒前：人類の出現

現在

24時間前：原始生物の出現

被子植物・哺乳類 新生代

裸子植物・爬虫類 中生代

両生類 古生代

シダ植物・魚類

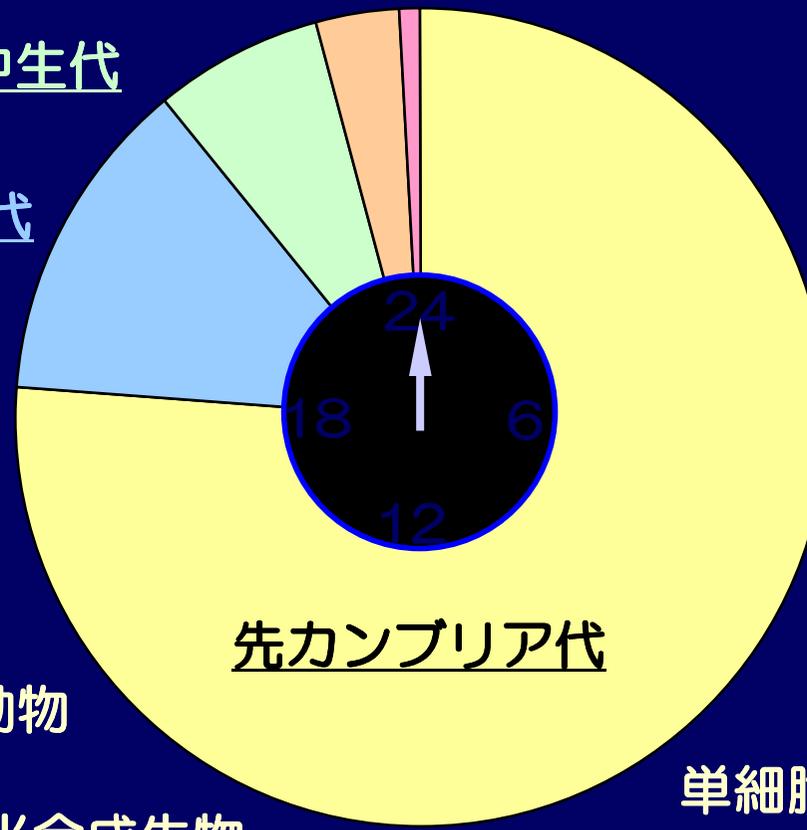
海藻・無脊椎動物

多細胞光合成生物

先カンブリア代

単細胞生物

単細胞光合成生物



生命誕生から今日までを24時間とすると  
人類の歴史は30秒



生物の多様性こそ生命科学の礎  
他の生物との共存を志向する学問へ

## 人為的なものの歴史の短さ



様々な生物が持っている歴史（多様性）に学ぶべし

物理学における原子力の発見

化学におけるプラスチックや各種薬剤

→ 多くの便益と同時に深刻な問題をも伴った。

生命科学の発達の結果が、さらなる人類の脅威となることは

英知を持って避けなくてはならない。

その英智とは何か。今、生命科学に問われている。

# 生物の美しさから学ぶことが必要

- 地球上に存在している生物は数千万種いる。それぞれが歴史を持って現在に生きており、美しい姿を示している。
- 生物はそれぞれが形を持っており、それぞれが美しい有機体である。
- マクロな個体レベルからミクロの分子、遺伝子などの構造も含め機能的にも極めて精密な機械のように出来上がっている。まさに芸術品である。
- 遺伝子は4つの文字から出来ておりそこから作られるアミノ酸は20種類であるが、出来てくる蛋白質は数百万から数千万に及ぶ。生き物は単純で複雑な技術品である。
- 生物の形態や機能から学んだものこそが、現代の科学技術の最先端をいっている。(例:ロボット(ASIMO)、新幹線の流線型の車体、建築物、自動車、エネルギー、創薬など)

# 今後に向けて

生物の多様性には38億年の歴史がある。その歴史を大切にすることが重要である。

それを「**ナチュラル・ヒストリー**」の**尊重**と言い換えることが出来よう。あらゆる事柄において、**ヒストリーこそが重要**である。

**自然**や**様々な生物**と**共存**してゆくことが重要であり、地球上をみまわすと、海底も含めて**ユニークな博物誌の宝庫**とみることもできる

地球上には豊かな**自然・伝統芸能**を含めた**文化・芸術・歴史**があり、生き物とヒト、**芸術の一体化**が望まれる。

これをどう継続し、生かしてゆくかは、これからの**私達の英知**にかかっている。自然や生物および**歴史**に学ぶことによって、**人は謙虚**になれる。そこに**深く芸術**が存在する。

# 将来の目標……生命の理解を社会に活かす

生命のアナロジー  
を社会に活かす

- 環境との調和・共生
- 多様性を持つ社会

翻訳・還元

## 融合科学創成ステーション

ジャンプする形態変化・分化

自己組織化とコミュニケーション

脳の機能から認識・認知への深化

新しい生命観：要素と全体のあり方



**例** 競争原理だけでない社会のあり方が見えてくる……

「世界標準」のモノカルチャーは、実は不安定なシステム？

- ➡ 多様性を内包することが、柔軟な強靭性を生み出す
- ➡ 競争原理から、相互コミュニケーションを介した共生原理へ

# 新版の高等学校の生物の教科書の変化

## ○生物基礎:

分子から恒常性そして生態系

→エネルギー、分子(遺伝子など)、免疫等が入ってきて今までとは異なって教えるにくくなっている  
大きく分けて4つの編からなっているがそれらの関連性は必ずしも十分でない

## ○生物:

分子から発生、遺伝、個体、行動、再生医療、進化、生態系まで幅広く著しく内容が多くなっている

→補助教材や教員間の連携、出版社等による参考資料、ビデオ教材など多面的に活用必要がある

環境汚染・資源の枯渇化・砂漠化・地球温暖化

それに伴う地球上の生物種の著しい減少



「システムとしての多様性の低下」

遺伝的多様性の減少は、生命そのものにとっての危機

モデル生物としての研究は地球上の約1千万種の生物中、約200種  
(0.003%以下) まだ殆どわかっていない



それぞれに違う1千万種の生物が持つ  
経験・特性と適応能力に学ぶべきである

*Cynops pyrrhogaster*

*Hynobius lichenatus / nigrescens*

## 研究室の哲学（考え方）

1. 自然（nature, 蛙やイモリのこと）に学べ  
—彼らが先生である
2. Passion（情熱を越えた熱情）をもって取り組み  
—自分の研究としてとらえ、努力せよ。
3. 物事には順序がある  
—確実な技術の習得とResearch firstの精神
4. 予測した事実と反する結果がでたら、見のがすな  
—大きな発見の糸口である
5. オリジナルな研究をし（内容や方法など）、結果が出たら論文を書け

*Ambystoma mexicanum*

*Xenopus laevis*