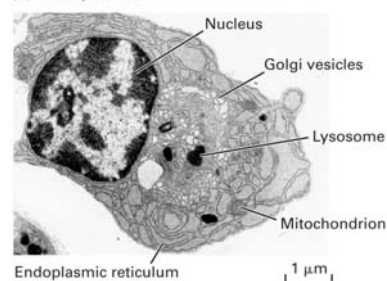


動物細胞科学

(b) Eukaryotic cell



応用動物科学コース
舟橋弘晃

動物細胞科学の授業概要

動物細胞の中で起こる基本的な事象と、生命の連続性のために重要な生物現象である生殖と発生および遺伝の様々な仕組みを分かりやすく解説

生物体の成り立ちと種族の維持の仕組みや外部の環境変化に対する細胞レベルでの反応の仕組みを理解

専門科目の習得に必要なと思われる動物細胞の各種調節機構の基礎を学習

講義日程と担当者

・ 4月12日	はじめに 細胞の基本構造と細胞器官	1 & 11章
・ 4月19日	細胞の代謝	4 & 16章
・ 4月26日	細胞膜の構造と膜輸送	11 & 12章
・ 5月10日	細胞が反応するしくみ	14 & 15章
・ 5月17日	細胞間のコミュニケーション	14, 15, 17章
・ 5月24日	シグナル伝達と細胞増殖	20 & 21章
・ 5月31日	中間テスト	
・ 6月 7日	細胞接着と細胞骨格	11 & 17章
・ 6月14日	細胞核と遺伝子発現機構	6 ~ 9章
・ 6月21日	細胞周期とそれを調節するしくみ	13章
・ 6月28日	発生・分化・形態形成	18 & 19章
・ 7月 5日	エピジェネティクス、幹細胞と再生	10章
・ 7月12日	細胞の老化と死、そして不死化	19 & 15章
・ 7月19日	期末テスト	

評価について

- ・ 出席点(授業態度を含む) 20%
 - ・ 中間試験 30%
 - ・ 最終試験 30%
 - ・ レポート(宿題) 20%
- を総合的に評価する。

* 基本的に、復習として、課題または練習問題等を与え、レポートを提出してもらいます。

教科書・その他

理系総合のための**生命科学**
分子・細胞・個体から知る“生命”のしくみ 第2版

編：東京大学生命科学教科書編集委員会
出版社：羊土社
ISBN978-4-7581-2010-4
定価：3800円＋税

眠気防止のためにお茶などの飲み物やガムを持ち込んでも構いませんが、アルコール類やスナック類などは禁止。

講義室内で帽子やサングラス等は着用しない等、最低限のマナーは守ること。



質問は、その場でも講義終了後でも受け付けます。

hirofun@cc.okayama-u.ac.jp

参考書

- 分子細胞生物学（第6版）

東京化学同人

2010年

9,975円

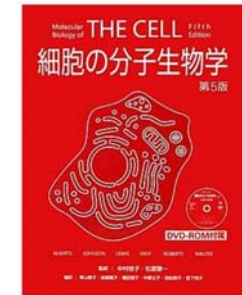


- 細胞の分子生物学（第5版）

ニュートンプレス

2010年

23,415円



第1回 細胞の基本構造と細胞器官

教科書：第1章および第11章

<http://www.cc.okayama-u.ac.jp/~hirofun/index2.htm>

Pass word: cell2011

多様性(Diversity) ⇔ 斉一性(Unity)

- 細胞の基本構造

－細胞とはどんな構造になっているのか

- 細胞器官

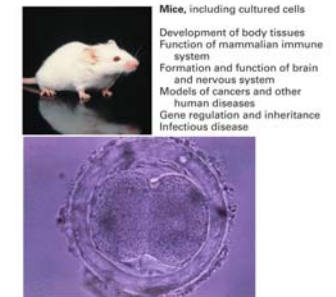
－細胞に含まれる各種細胞小器官はどのような働きをしているのか

p14

生命体の基本属性

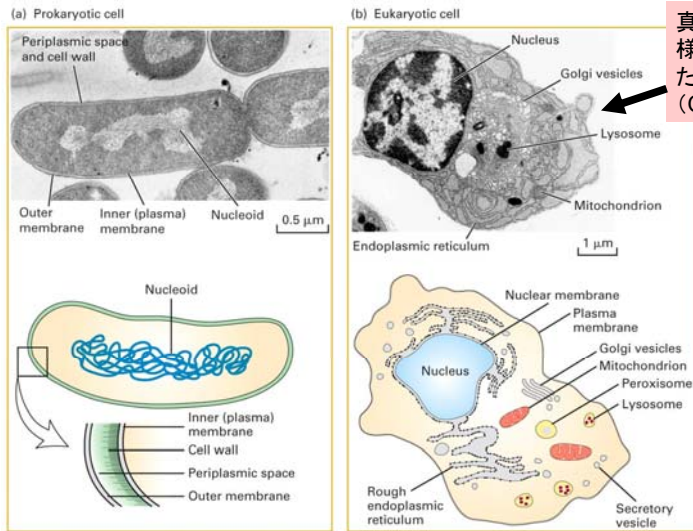
教科書 p16

－生命体の特徴・・・「増殖」と「代謝」



- 細胞膜構造を有する
- 自己増殖で自分と同じ生命体を生み出す
- 遺伝でもとの特徴を受け継ぐ
- 多細胞生物は細胞分裂で独特な形態形成する
- 代謝することでエネルギーと自身を作り出す
- 恒常性により自身を保ち、環境応答により変化

原核生物(Prokaryote)と真核生物(Eukaryote)

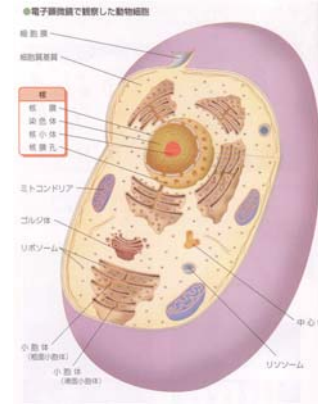


真核生物の細胞は、様々な膜で覆われた細胞内小器官 (Organelle) が存在

原核生物・真核生物の細胞ともに自己複製して細胞増殖するための基本構造を有している。

教科書P19

動物細胞と植物細胞

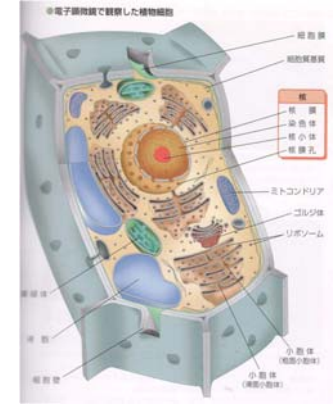


動物細胞: 中心体が発達

共通器官

核

核膜
染色体
核膜孔
ミトコンドリア
小胞体
ゴルジ体
リボソーム
リソソーム
など



植物細胞: 細胞壁
葉緑素
液胞
が特異的に存在

生命の単位 — 細胞

細胞: Cell...小室、独房

1655年 フックにより発見

ヒト(個体: Individual)

器官(Organ): 胃、腸、肝臓、...

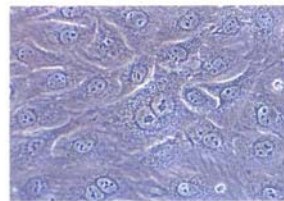
組織(Tissue): 上皮組織、結合組織、筋組織、神経組織、...

細胞(Cell): 上皮細胞、結合組織細胞、筋細胞、神経細胞、...

ヒトの成体...約60兆個の細胞

46回の細胞分裂で1個⇒60兆個

教科書P19



- 生物...下等な動物ほど個体構成する細胞の種類少ない
 - ◆単細胞生物: ゾウリムシ、アメーバ、バクテリア(細菌)等
 - ◆多細胞生物:

■細胞説...すべての生物は細胞から出来ている
1930年シュライデンとシュワンにより提唱

種 の 概 念

教科書P20

- 種(Species): 生物を認識・分類する基本単位。同じような特徴を持った個体の集まり
- Mayrの定義
 - － 種とは、互いに交配しうる自然集団で、それは他のそのような集団から生殖の面で隔離されている
 - － 種の基準として生殖的隔離が採用。外部形態が似ていても互いに交配しないものは別種と判断
 - ロバとウマ...交雑すると雑種、だが生殖能力なく別種
 - イヌ...見かけ・大きさ異なるが子孫できるので同種

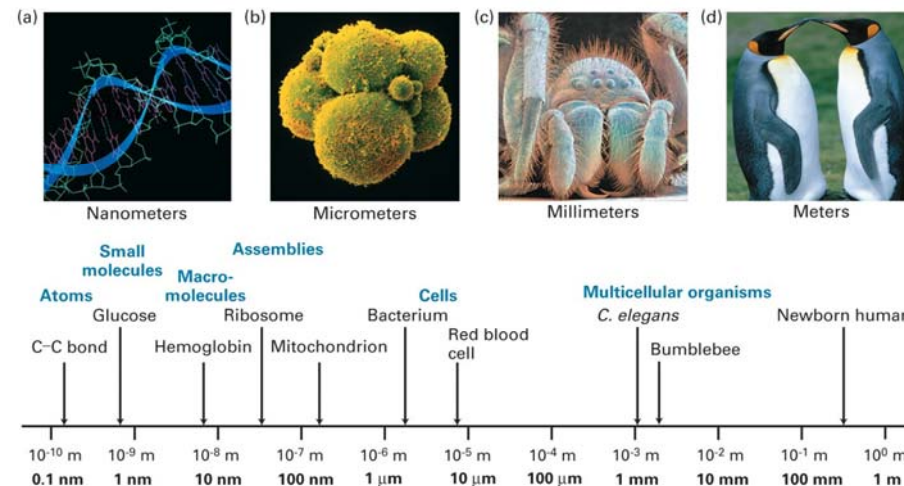
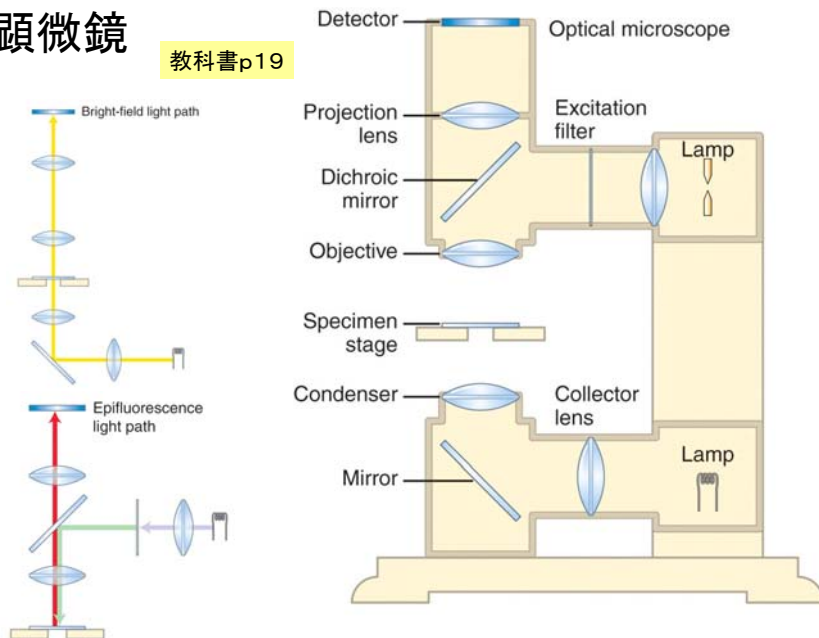


ラバ(騾馬): 雄のロバと雌の馬の交雑種
⇔ ケッティ(馱騾): 雄の馬と雌のロバの交雑種



顕微鏡

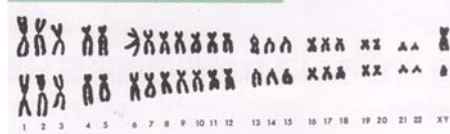
教科書p19



染色体の正体

ヒトの染色体: 46本
69本、92本...倍数体 ほとんどの場合致死
45本、47本...異数体 例: ダウン症

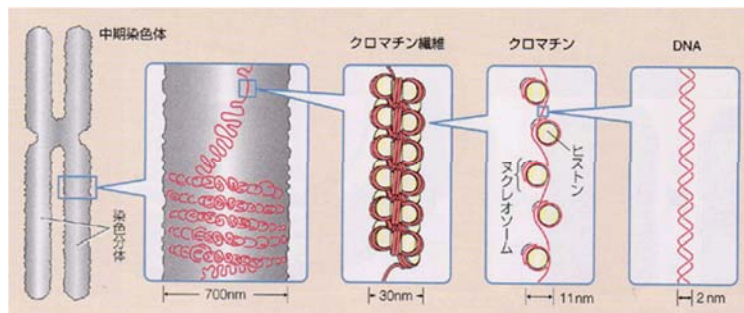
ヒト(男子)の染色体(大きさの順に並べたもの)



ヒトゲノム計画
DNA塩基対の決定

22番染色体(1999)
21番染色体(2000)
20番染色体(2001)
2003年春完了(32億塩基対、約32000遺伝子)

蛋白質コード部分は約3%

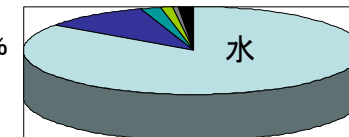


細胞をつくる分子と元素

教科書P70

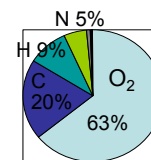
- 細胞...細胞小器官...分子...元素
- 細胞を構成する分子

主な分子: 水、炭水化物、アミノ酸、蛋白質、ヌクレオチド(核酸)
細胞を構成する分子の割合
水70-85%、蛋白質10-16%、脂質1-2%
核酸1.1%、その他の有機化合物0.4%、無機化合物1.5%

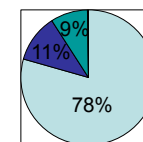


- 細胞を構成する元素 (自然界には92種類)

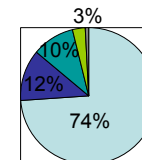
生物を構成する元素(酸素、炭素、水素、窒素、他)



ヒト



植物



バクテリア

生物体の99%は、6つの元素 (SPONCH)
その他の元素: Na, Mg, Cl, K, Ca, Fe

細胞の大きさ

■細胞の大きさ

- ◆ヒトの座骨神経・・・1000mm(1m)
- ◆ニワトリの卵・・・30mm
- ◆ヒトの卵子・・・0.14mm
- ◆ヒトの肝細胞・・・0.030mm(30μm)
- ◆大腸菌・・・0.003mm(3μm)
- ◆ウイルス・・・0.0001mm(100nm)



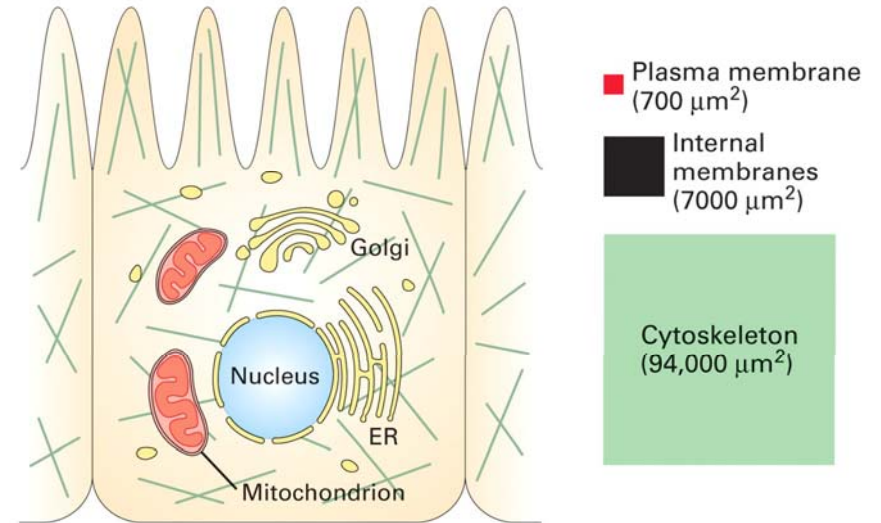
■体積と表面積の関係

1辺4cm立方体1個	2cmの立方体8個	1cmの立方体64個
体積 64cm ³	64cm ³	64cm ³
表面積 96cm ²	192cm ²	384cm ²

表面積が大きいほど物の出し入れには有利

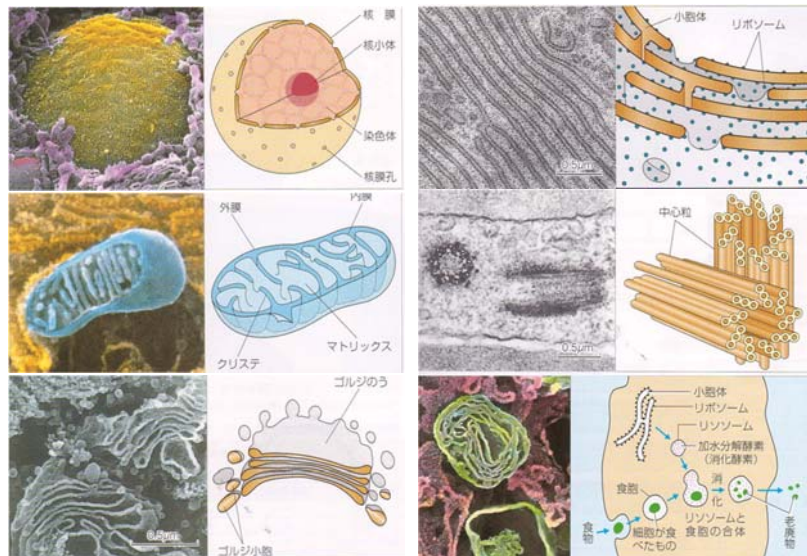
・・・代謝活発なほど小さい

真核細胞構造の主要構成要素



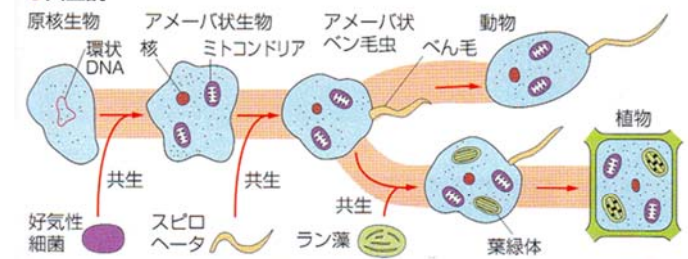
真核細胞の微細構造(1)

教科書P132



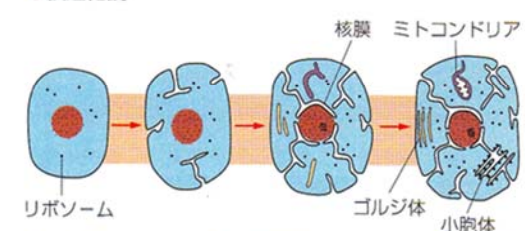
進化

●共生説



原核生物が細胞内に共生することで、真核生物の細胞小器官ができたとする説。

●膜進化説



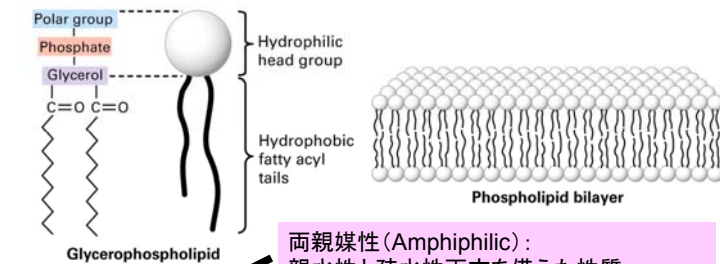
原核生物の細胞膜が細胞内に陥入し、DNA やチラコイドなどをつつみこんで細胞小器官ができたとする説。

独自の DNA をもつミトコンドリアや葉緑体についてはそれぞれ好気性細菌やラン藻類が共生したとする共生説が、核については膜進化説が正しいとする考えが有力である。

生体膜 Biological membrane

教科書:P132-125, 75-78

基本構造は、脂質二重層 (Lipid bilayer: 厚さ6~10nm)



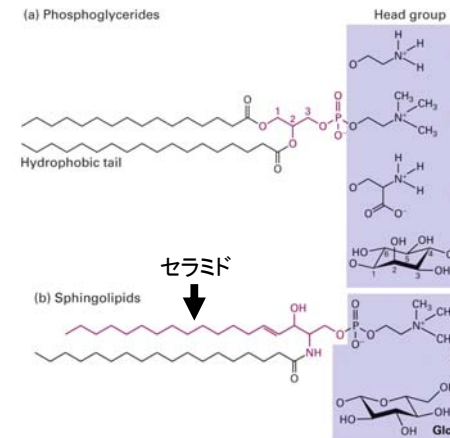
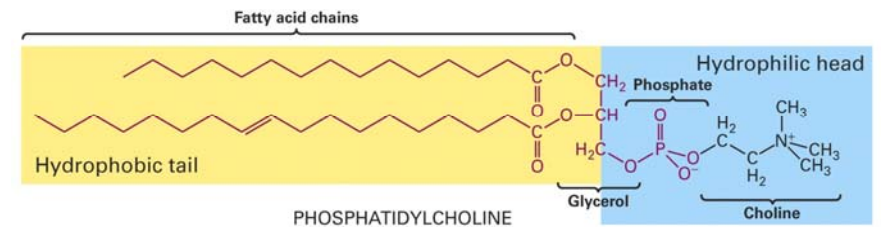
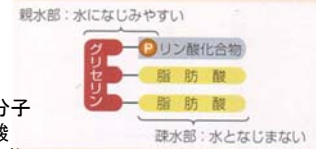
両親媒性 (Amphiphilic):
親水性と疎水性両方を備えた性質



脂質の主要成分は、
リン脂質とコレステロール

脂肪: グリセリンに脂肪酸3分子
リン脂質: グリセリンに脂肪酸
2分子とリン酸化合物

②リン脂質 脂肪酸の1個がリン酸化合物と置換



グリセロリン脂質・・・
グリセロールと2本の炭化水素鎖

スフィンゴリン脂質・・・
セラミドを共通構造

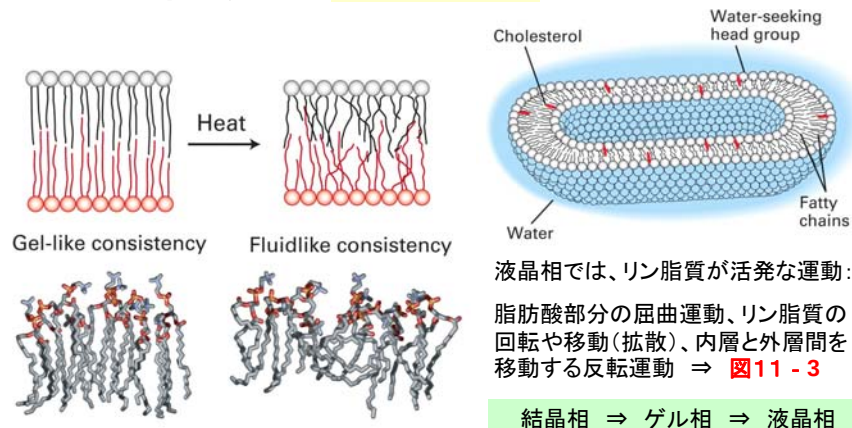
糖脂質・・・
セラミドに糖が結合

SM: スフィンゴミエリン

教科書p75-78

生体膜

教科書P132~134

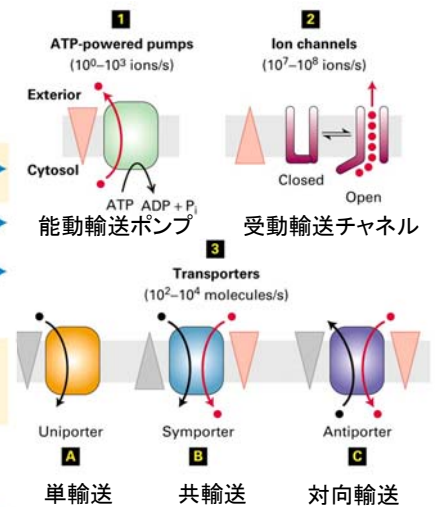
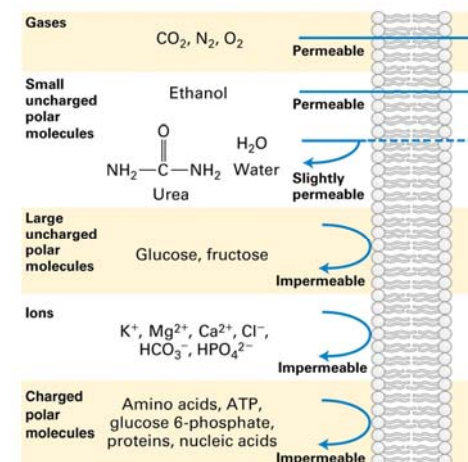


脂質二重層構成するリン脂質は、
温度に依存して性質が不連続的
に変化・・・相転移

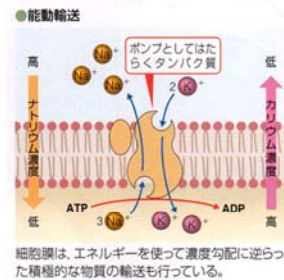
生命活動をするためには適度の
膜の流動性が必要

細胞膜

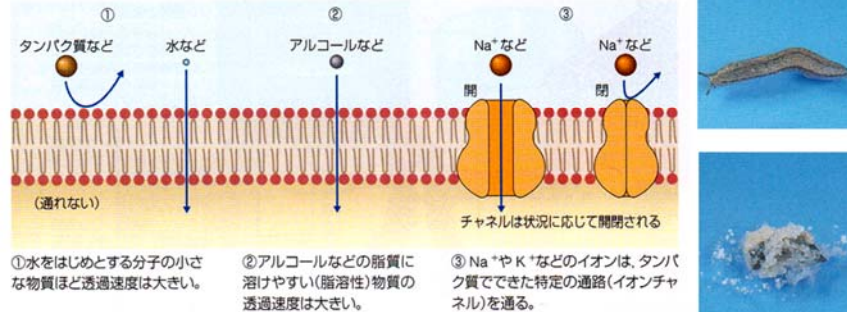
教科書p134



細胞膜輸送

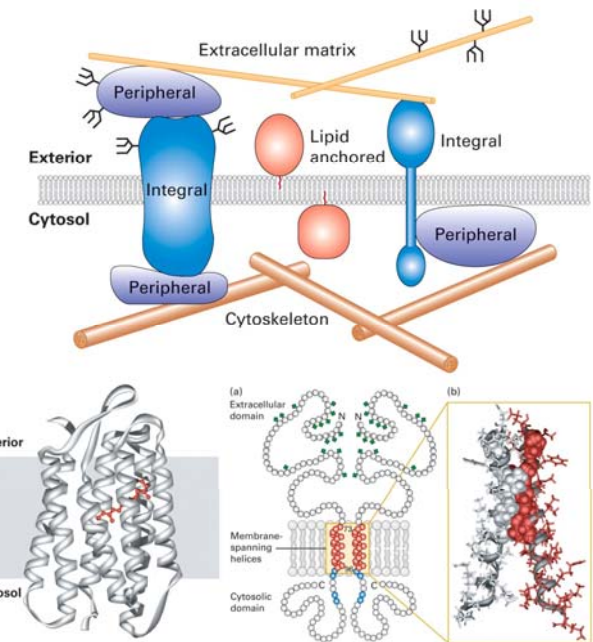


●受動輸送 濃度の高いほうから低いほうへの拡散に伴う物質の輸送。エネルギーの消費を伴わない。



細胞膜

教科書p134

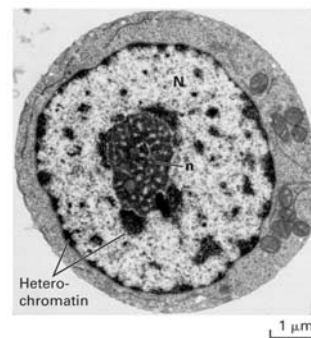


核(Nucleus)

教科書p136-37

核はDNAゲノムやRNA合成装置、そして繊維状マトリックスがある

動物細胞で最大の細胞小器官。
リン脂質二重層の2枚の核膜で覆われる。内膜が核の境界。外膜は粗面小胞体と連続し、内膜と外膜の空間は粗面小胞体の内腔とつながっている。



クロマチン(Chromatin)

ヘテロクロマチン(Heterochromatin): 転写活性不活発なDNAを高密度に含む
ユークロマチン(Euchromatin): 転写活性が活発な領域

核孔(nuclear pore): 特殊膜タンパク質で構成されているリング状の複合体で、ここを通して核と細胞質間で物質が入り出り。

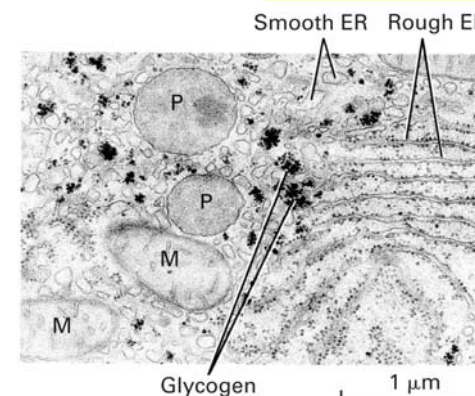
DNA複製、rRNA、tRNA、mRNA合成

ほとんどのrRNAは核小体(nucleolus: リン脂質膜で取り囲まれていない)で合成
核内膜の内側にラミン(Lamin)という繊維状タンパク質の二次元網目構造

小胞体

粗面小胞体 Rough endoplasmic reticulum
表面に多数のリボソーム結合しタンパク質合成。
小胞体内部に合成されたタンパク質

滑面小胞体 Smooth endoplasmic reticulum
リボソーム結合していない。肝細胞に多く存在。リン脂質合成、グリコーゲン代謝、カルシウムイオン調節、細胞内消化などに関係



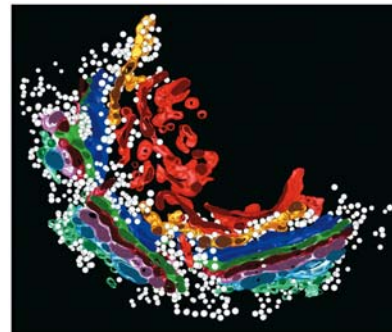
教科書p137-38

ゴルジ体

教科書p138

ゴルジ体は分泌タンパク質や膜タンパク質を糖鎖修飾し、その行き先を決定する

粗面小胞体で合成されたタンパク質は、粗面小胞体から出芽した輸送小体(白色)により、ゴルジ体シス(cis)領域(水色)の膜と融合する。タンパク質は、シス領域、中間(medial)領域、トランス(trans)領域へと移動し、最終的にトランスゴルジ膜(オレンジ、赤色)から出芽し、細胞表面やリソソームに移動していく。



ゴルジ体モデル

タンパク質が運び込まれるシス領域、中間領域、輸送小体が出芽するトランス領域の3領域では、別々の酵素が分泌タンパク質や膜タンパク質を構造や行き先に応じて修飾(糖鎖の修飾)

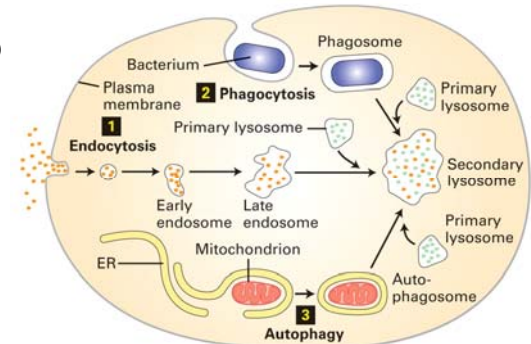
リソソーム(Lysosome)

リソソームは酸性の細胞小器官で多数の分解酵素を含む

動物細胞特有の細胞小器官。
細胞や生物に不必要になったものを自食作用(autophagy)で分解する役割
エンドサイトーシス(Endocytosis)や食作用(Phagocytosis)で取り込んだ物質もここで分解
細胞の自殺であるアポトーシスにも関与

酸性加水分解酵素(ゴルジ体由来)

スクレアーゼ
RNAやDNAをモノヌクレオチドまで分解
プロテアーゼ
タンパク質やペプチドをアミノ酸まで分解
フォスファターゼ
モノヌクレオチドやリン脂質などからリン酸基を切除
その他
複雑な多糖や糖脂質を小さな構成単位にまで分解する酵素



教科書p138

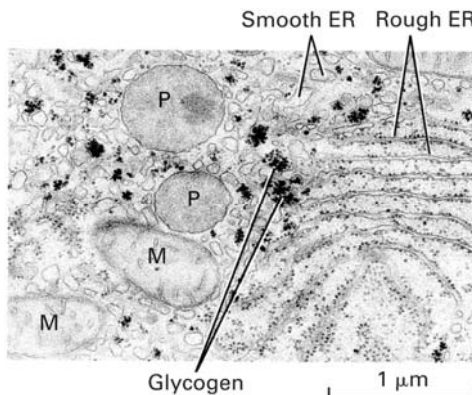
ペルオキシソーム(Peroxisome)

教科書p138

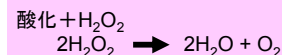
ペルオキシソームは脂肪酸や毒物を分解する

ペルオキシソーム(Peroxisome: P)
直径0.2~1.0μmの球体

脂肪酸や毒物の分解の場合



オキシダーゼ(Oxidase)とカタラーゼ(Catalase)を含む



ミトコンドリアでの脂質酸化はATP合成と共役しCO2産生するが、ペルオキシソームでの脂質酸化はアセチル基を作り出しATP合成とは共役していない。
ペルオキシソームでの酸化で放出されるエネルギーは熱になり、アセチル基は細胞質ゾルに輸送されコレステロールや代謝物質の合成に使用される。

ミトコンドリア(Mitochondrion, pl. Mitochondria)

教科書p138-9

好気的細胞ではATP合成の主要な場

真核細胞細胞質体積の25%を占める

外膜は脂質とタンパク質が半々

ポリリン(タンパク質)があるため、分子量1万もの分子が膜を通過できる

内膜は脂質20%とタンパク質80%で構成、透過性高くない

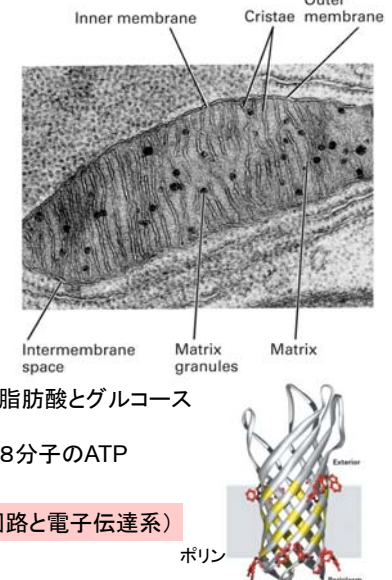
内膜の表面積はクリステ(Crista, pl. Cristae)と呼ばれる折れ込みで著しく増加

クリステはマトリックス(ミトコンドリア内部)に向かって突き出している

光合成をしない細胞では、ATP合成の主な原料は脂肪酸とグルコース

グルコース1分子をCO2とH2Oに完全分解すると38分子のATP
うち、ミトコンドリアで36分子のATPが生産

ミトコンドリアは細胞のパワープラント(クエン酸回路と電子伝達系)



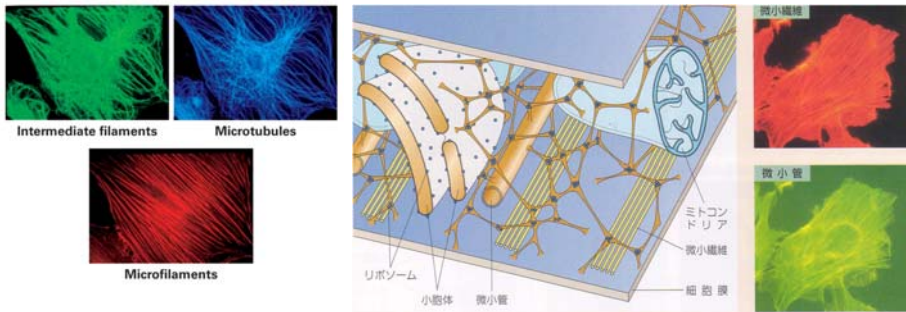
細胞の微細構造(2) 細胞骨格(Cytoskeleton)

教科書p139

細胞骨格は、細胞の形態の維持、細胞の運動、細胞内の物質輸送、細胞分裂などの機能にかかわっている

アクチン繊維 (Actin filament; Microfilament)
微小管 (Microtubule)
中間径繊維 (intermediate filament)

3種類のフィラメントが細胞骨格を形成



アクチン繊維 直径5~9nm (Actin filament: マイクロフィラメント Microfilament)

教科書p139-41

G-アクチン (G-actin) が重合 (polymerization) して二本鎖らせん構造を呈したもの

ATPとADPのどちらに結合しているかで微妙に三次構造が異なる

G-アクチン (G-actin) が重合し、繊維構造を形成するためには...

ATPと結合したG-アクチンと、 Mg^{2+} 、 K^{+} 、 Na^{+} などのイオンが必要

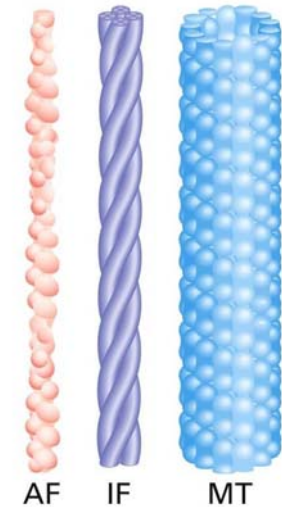
ATPが加水分解されADPになると...

脱重合 (depolymerization) しやすくなる

G-アクチン (G-actin) の重合には向きがあり、プラス端 (plus end) とマイナス端 (minus end) があり、重合速度はプラス端で速い (約10倍)

脱重合はマイナス端から

アクチン結合タンパク質が重合・脱重合を調節



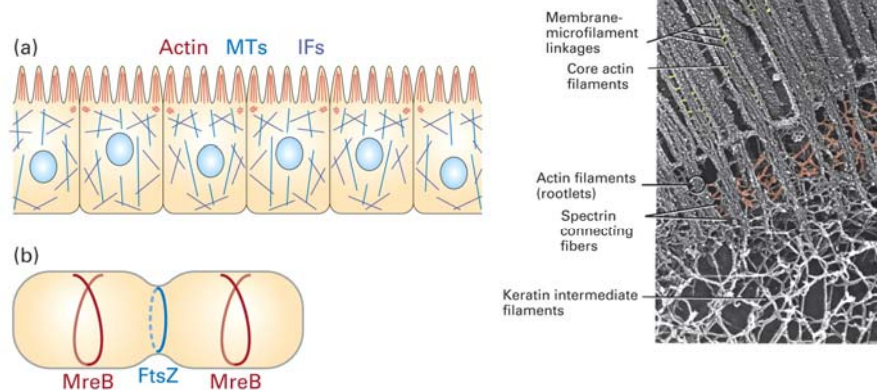
アクチン繊維は並列や交差した状態で束ねられ、立体構造を構築



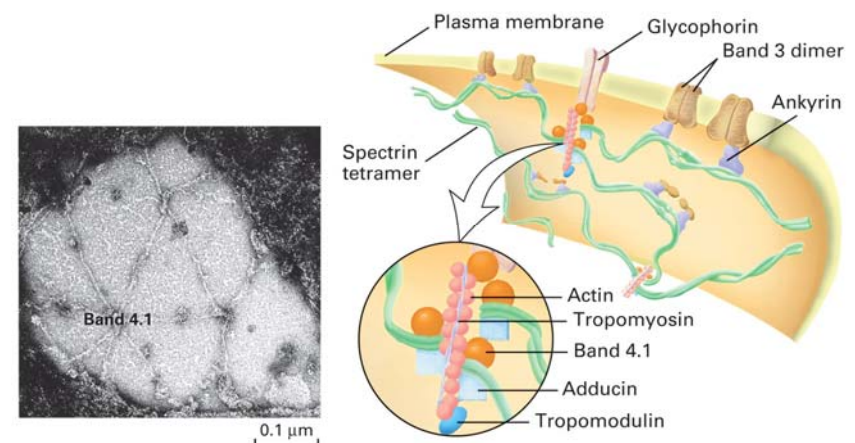
アクチン結合タンパク質
フィンプリン: 交差するアクチン繊維を束ねる
 α -アクチニン: アクチン繊維を並列に束ねる

細胞内でアクチン繊維束ねられて存在する理由:

細胞の形態保持、細胞運動、細胞分裂、細胞内物質輸送など様々な細胞機能に必要な立体構造を構築するため



アクチン繊維(マイクロフィラメント)と膜結合タンパク質が細胞膜を支える骨格を形成



ヒト赤血球の細胞膜構造を助ける表層の細胞骨格

微小管 (Microtubule)

教科書p141

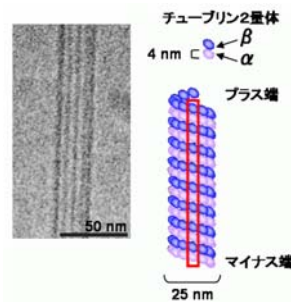
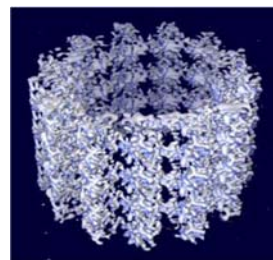
α -チューブリン (α -tubulin) と β -チューブリン (β -tubulin) からなる二量体サブユニットが **13個重合して一周** することにより管状構造の微小管を形成

α -チューブリン: いつもGTPとのみ結合

β -チューブリン: GTPとGDP両方に結合能あり、GTP分解酵素の機能あり

β -チューブリンが末端に存在する側が(+)端その反対が(-)端

重合・脱重合は両端から可能だが、重合の割合は(+)端のほうが大きい。GTP結合チューブリンが(+)端から安定的に重合。GTPが加水分解されたチューブリンが(-)端から脱重合されていく。



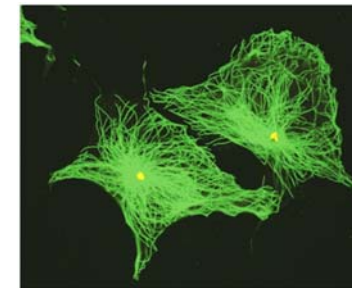
微小管は中心体 (centrosome) から放射状に伸び、細胞内構造を組織化する。

教科書p141

動物細胞では、**中心体は微小管形成中心** (MTOC: microtubule-organizing center) である。

放射状に伸びる微小管の(+)端は細胞周辺部に向いている。細胞の機能的・構造的極性 (Polarity) は、細胞内の微小管の向き次第

細胞内に伸びた**微小管は細胞内輸送における輸送路**としての役割を果たしている。細胞分裂の際には、2つの中心体から伸びた、**微小管からなる紡錘系 (spindle fiber) が染色体の分離に重要な働き**



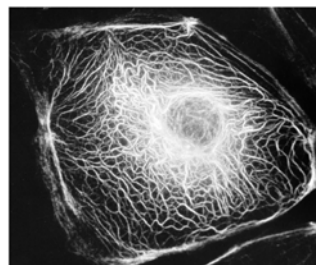
中間径繊維 (Intermediate filament)

教科書p141-142

直径10nmのロープ状構造
アクチン繊維と微小管の直径の中間が名の由来

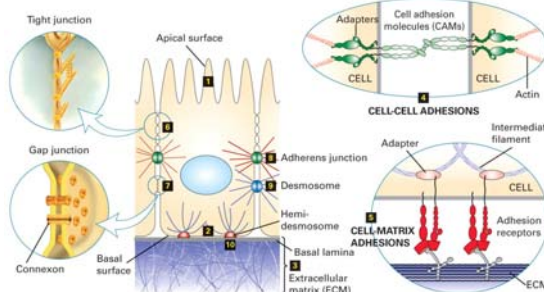
中間径繊維は核膜を維持し、細胞を結びつけて組織を維持する。

核膜から細胞膜に至る細胞内の枠組みを構成。核ラミナ (Nuclear lamina)



細胞接着の補強や組織の安定に寄与

デスモソーム (Desmosome)
ヘミデスモソーム (hemidesmosome)



細胞外基質 (Extracellular matrix)

教科書p142~143

接着分子 (adhesion molecule) としての役割 $\Rightarrow$ 組織構築 (Tissue architecture)

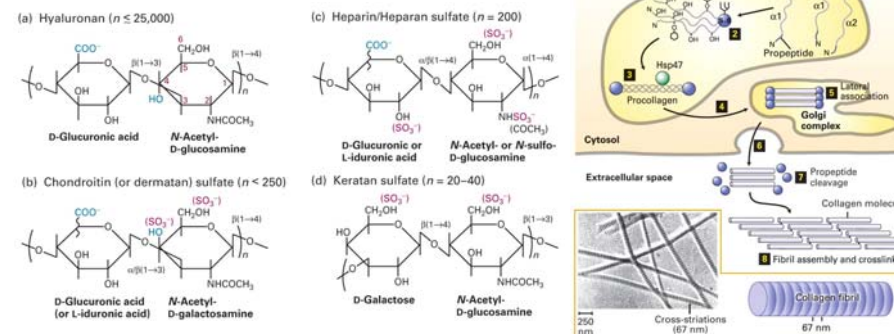
コラーゲン繊維 (collagen fiber) $\rightarrow$ 機械的強度と弾性付与

グリコサミノグリカン (Glycosaminoglycan: ムコ多糖)

細胞に情報を伝える**情報因子 (Signal factor) としての役割**

プロテオグリカン (Proteoglycan: 糖タンパク質)

細胞分化、増殖、運動など様々な細胞機能に影響



細胞の連続性

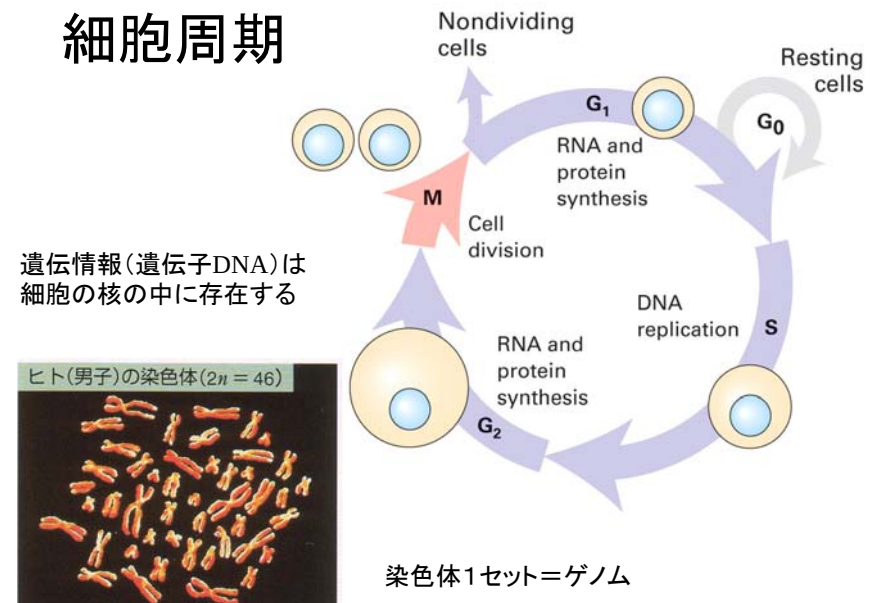
- すべての細胞は細胞から生まれる
- 単細胞生物・・・細胞分裂によって増える
- 多細胞生物・・・生殖細胞の受精後、細胞分裂によって増える

◆受精卵・・・生殖系列細胞

- ★生殖細胞 細胞分裂して増殖後、減数分裂
- ★体細胞 (体)細胞分裂

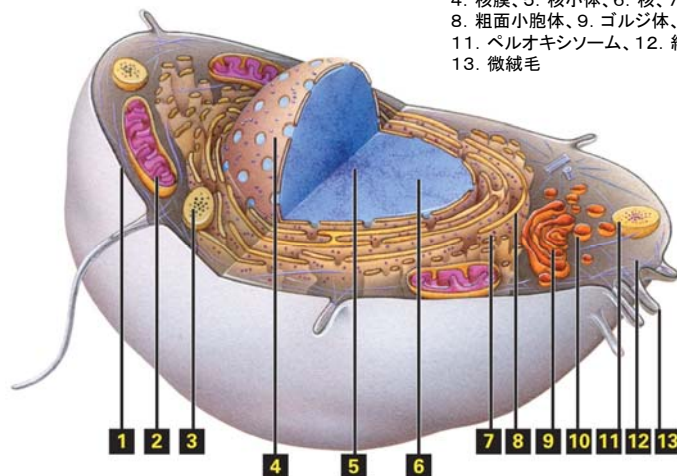
体細胞は死滅するが、生殖細胞によって細胞は世代から世代に連続している

細胞周期



課題：講義の感想と共に、下記1～12の英語名を記し、それぞれの役割を簡単にまとめ、提出しなさい。パソコンによる印刷は不可(必ず自筆)。

提出期限：平成23年4月15日9時



1. 細胞膜、2. ミトコンドリア、3. リソソーム、
4. 核膜、5. 核小体、6. 核、7. 滑面小胞体、
8. 粗面小胞体、9. ゴルジ体、10. 分泌小胞、
11. ペルオキシソーム、12. 細胞骨格繊維、
13. 微絨毛