

# 細胞

久米新一

京都大学大学院農学研究科

# 細胞

- 動物はさまざまに分化した多数の細胞からなりたつ多細胞動物であり、細胞は個体の発生過程で構造、機能が異なる方向に分化しながら増殖する(細胞の大きさ:約10-30 $\mu\text{m}$ ).
- 哺乳動物の細胞は細胞質と1個の核で構成され、細胞内外における物質の移動と細胞内における物質代謝が基本的な働きである
- 細胞質の主成分は水で、カリウム、ナトリウムなどの無機質とタンパク質、炭水化物、脂質などの有機物を含み、「コロイド系」になっている

# 細胞の大きさ

- 細胞の容積：化学反応の量を決定
- 細胞の表面積：外部環境に対する物質の取り込みと排出を決定



- 細胞は小さい(容積に対する表面積の比率が大きい)と機能が効率よく働く
- 動物のエネルギー代謝：体重の $3/4$ 乗(表面積)などで示す

# 細胞説の確立

- 細胞の発見：イギリスのフック(1665年)
- 細胞説：すべての生物は細胞を基本として  
できている
  - 植物：シュライデン(1838年)
  - 動物：シュワン(1839年)
- すべての細胞は細胞から生じる：  
フィルヒョー(1858年)

# 細胞の構造と機能

- 核とそれ以外の細胞質で構成され、細胞膜で細胞の内外がしきられる(植物細胞は細胞膜の外側に細胞壁がある:セルロース、リグニンで構成され、不消化物の代表的なもの)
- 細胞質には細胞小器官がある
- 細胞小器官の間には細胞質基質(液状成分)がある



- 物質の合成や分解などの化学反応(酵素など)によって生命が維持されている

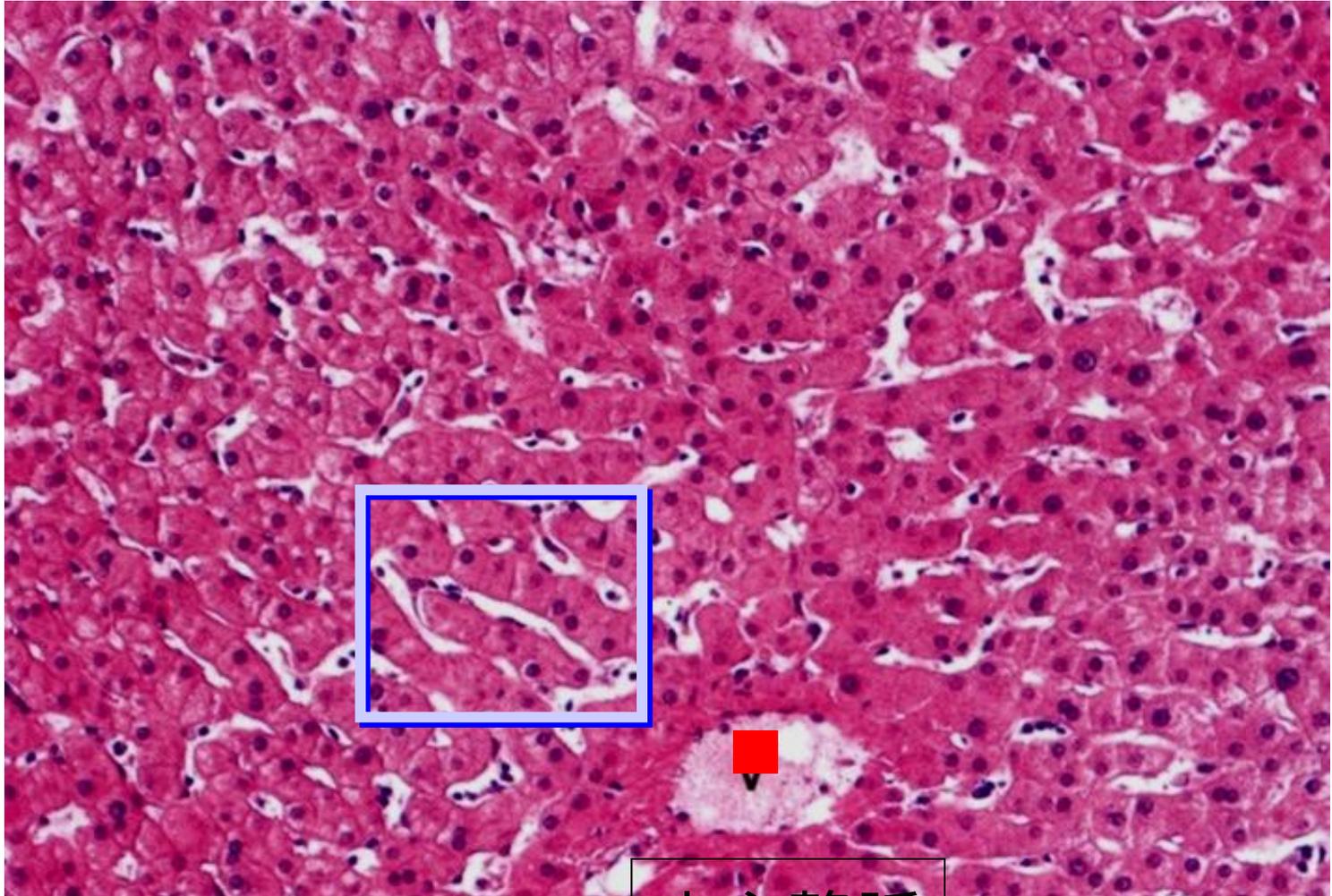
# 細胞の形態

- 無核(小型)の細胞: 赤血球、血小板
- 多核の細胞: 骨髄巨核球、骨格筋繊維
- 細胞質が少ない細胞: 血管内皮細胞
- 核が偏在している細胞: 脂肪脂肪、粘液細胞
- 長い細胞: 神経細胞、骨格筋細胞
- 大型の細胞: 卵細胞
- 突起を持つ細胞: 神経細胞
- 分岐している細胞: 心筋繊維
- 形の変化が著しい細胞: 色素細胞

# 細胞の分化と増殖

- 細胞の分化(幹細胞が分裂して、種々の細胞になる)と増殖(同じ細胞が増える)
  - 1) 成長期に分裂・増殖し、その後はあまり分裂・増殖しない細胞: 筋細胞、神経細胞など
  - 2) 成長後も必要に応じて分裂・増殖する細胞: 骨細胞、肝細胞など
  - 3) 常に分裂・増殖(新陳代謝)している細胞: 皮膚・消化管などの上皮細胞、赤血球・白血球など(寿命がある: ヒトの赤血球は約120日)

肝小葉：板状の肝細胞板を形成し、中心  
静脈を中軸にして放射状に肝細胞が配列



中心静脈

# 細胞膜の物質輸送

- 選択的透過性：細胞膜特有の性質であり、細胞が生存するために、必要なものを細胞内に吸収し、不要なものを細胞外に排出すること
- 受動輸送：エネルギーを使わない輸送（拡散）であり、細胞膜を介して濃度の高い方から低い方へ移動する
- 能動輸送：細胞膜がエネルギーを使って、特定の物質を濃度差に逆らって輸送する（ポンプ）

# 細胞の働き

- **物質の移動**: 物質が細胞に出入りするときに、細胞膜の構造に変化を生じない受動・能動輸送と、変化を生じる取り込み・放出(サイトーシス)がある。細胞内では拡散などの分子運動による移動とエネルギーを使用する移動がある。
- **タンパク質の合成と分泌**: 核からの遺伝情報に従ってリボゾームでタンパク質を合成し、分泌顆粒となって細胞膜から分泌される。
- **物質代謝**: 細胞の機能を営むために必要なエネルギーを熱やATPとして産生する。

# 細胞の生体情報の制御

- **遺伝子の発現調節**: 細胞のすべての物質は遺伝子の情報に基づいて形成され、遺伝子の発現調節はDNAに結合する転写因子が反応して、転写が促進(mRNA)されることによる
- **酵素活性の調節**: 活性化と阻害
- **生体膜の電気化学ポテンシャル(電位差)を介する調節**: 神経系、筋肉など
- **受容体を介する調節**: 細胞膜と核

# 細胞膜

- ・細胞の直径は数 $\mu\text{ m}$ ～数 $10\mu\text{ m}$ :細胞膜(5nm)は1/1000
- ・膜の柔軟性と流動性  
: 温度が低いと流動性が低下(体温が膜機能の維持に重要)

# 細胞膜（生体膜）

- 細胞は細胞を外界から仕切る膜（細胞膜）と細胞質を小部屋に仕切る膜（細胞内膜系）によって作られている
- リン脂質と膜タンパク質で構成され（脂質二重層）、細胞内のミトコンドリア、小胞体、ゴルジ装置、核膜などの膜とも共通した構造
- 細胞の生理機能（栄養素の移動、情報伝達など）は細胞膜で起こる
- 生体膜には受容体タンパク質がある：糖タンパク質の糖質は認識部位として機能する

# 細胞膜(リン脂質)

- リン脂質は疎水性(脂質)と親水性(リンと窒素化合物)の両親媒性である(脂肪は疎水性)
- 親水性分子は水を引き寄せ、疎水性分子は水を避けるが、脂質は不飽和脂肪酸と飽和脂肪酸で構成され、不飽和の尾部は二重結合のところで小さな折れ曲がりがある
- 糖衣は膜の糖脂質と糖タンパク質の側鎖のオリゴ糖、プロテオグリカンの多糖側鎖からなり、細胞表面の損傷を防いでいる

# 核

- 一般に、細胞には1個の核があり、細胞は核がないと長く生きたり、増殖したりすることができない
- 核はその細胞や個体の形質（形や性質）を決めたり、その形質を次世代に伝えるのに重要な働きをしている



- 核は遺伝子（DNA）の複製・制御を行う（細胞質のタンパク質が核膜から核内に入り、核小体にシグナル伝達をする）

# 核の構造

- ・核は遺伝情報の保存と伝達を行い、約20%がDNA、少量のRNAとタンパク質からなる。
- ・核は二重膜の核膜(NE)で包まれ、核質と細胞質を連絡する多数の核膜孔があり、核質には核小体と染色質がある。
- ・染色体は異染色質(H:不活性化部分)と正染色質(E:RNA転写の盛んな部位)からなる。
- ・核小体(リボソームRNA合成とリボソーム組み立ての場)は細糸状成分(F:核小体系)と顆粒状成分(G)からなる。

# 染色体

- 核内では、DNAはタンパク質と結合して、クロマチン(線維性の複合体)を形成する: 異染色質 (heterochromatin: 不活性な部分で黒く見える) と正染色質 (euchromatin: RNA転写の盛んな部位) からなり、各全体に分散している
- 細胞分裂の前にクロマチンは凝集して、染色体になる
- 染色体のDNAは細胞分裂の時に太くなる

# タンパク質の輸送

- **核膜孔を通る輸送**: 小分子は拡散により、巨大分子は特定のものを能動輸送で通過させる
- **膜を通る輸送**: 小胞体、ミトコンドリア、ペルオキシソームへの輸送は構造をほどいて、膜のタンパク転送装置で輸送する
- **小胞による輸送**: 輸送小胞による輸送（膜結合リボソームは小胞体内部に運ばれるタンパク質を合成し、遊離リボソームが小胞体以外に運ばれるタンパク質を合成する）

# 細胞小器官（オルガネラ）

- 各種の細胞に共通して存在し、一定の構造と機能を有する細胞器官
- ミトコンドリア、小胞体、ゴルジ装置、リボソーム、ペルオキシソーム、水解小体などがある
- エネルギーを産生する器官：ミトコンドリア
- タンパク質合成：核（DNA）→リボソーム（mRNA）→粗面小胞体（ポリペプチド）→ゴルジ装置（糖タンパク）→分泌顆粒となって細胞外へ放出

# 小胞体

- 小胞体：細胞の中の細かい網状の構造で、膜で包まれている
- リボソームが付着して、表面が粗い粗面小胞体(rER)とリボソームが付着していないので、表面がなめらかな滑面小胞体(sER)がある
- 核膜の細胞質側にはリボソームが付着し、粗面小胞体と連続している場合がある(小胞体は核の周りの核膜が伸びたもの)

# 粗面小胞体

- 表面にタンパク質を合成するリボソームが付着し、タンパク質の合成が効率よく進む：タンパク質の一部のアミノ酸配列が粗面小胞体シグナルとして機能する
- リボソームで合成されたアミノ酸が粗面小胞体の内腔に送られ、化学的に修飾されたタンパク質を分泌して、ゴルジ体へ送る
- タンパク質代謝の活発な組織(酵素・ホルモン分泌など)で粗面小胞体が発達している

# リボソーム

- ・タンパク質の生成
- ・直径15-20nmの粒子状で、タンパク質とリボソームRNA (rRNA)で構成され、粗面小胞体に付着、あるいは細胞質に遊離している
- ・ミトコンドリア内にもリボソームがある

# 滑面小胞体

- 小管状の構造をとり、脂質代謝（生体膜のリン脂質の合成、脂肪酸の不飽和化、副腎皮質ホルモンなどのステロイドホルモンの合成）とタンパク質の化学的修飾を行う
- 副腎皮質、精巣、卵巣（性ホルモン合成）で滑面小胞体が発達している
- イオン輸送も重要な機能であり、特に筋細胞ではCaの放出を行う
- 薬物代謝機能（脂溶性薬物の分解と水溶化）があるため、肝臓でも発達している

# ゴルジ体 (ゴルジ装置)

- 層状配列した円盤 (ゴルジ層板) と周囲のゴルジ小胞 (直径約70nm) で構成。
- 主な機能: 小胞体で合成された物質を小胞で運び、隔離、運搬、集積、加工を行い、細胞内外へ配送する (分泌顆粒の形成、タンパク質への糖の付加、水解小体の形成など)。
- ゴルジ層板の凸面 (シス面) 側は核側を向き、タンパク質、脂質が合成されてこの側から入る。凹面 (トランス面) 側は物質を小胞の形で放出する (物質分泌はゴルジ体の周辺部がふくらんで切れる)。

# サイトーシス

- **サイトーシス**: 膜のダイナミズムを伴う物質輸送で、タンパク質などの高分子の移動に使う
- **エクソサイトーシス (開口分泌)**: 濃度勾配に逆らって、エネルギーを利用して細胞内から外へ物質を輸送 (構成性エクソサイトーシスと調節性エクソサイトーシス)
- **エンドサイトーシス (開口吸収)**: 細胞内への物質の輸送で、細胞外の分子が小胞内に取り込まれ (食作用: ファゴサイトーシス)、初期エンドソームからリソソームに送られ、分解される

# リソソーム(ライソソーム)

- ・ ゴルジ装置由来で、一重の膜で包まれ、呼吸活性をもたない(ミトコンドリアとの相違)
- ・ 主な機能:細胞内の高分子(栄養素、異物など)の消化であり、各種の水解酵素(約70種)を小胞内に含んでいて、細胞の食作用、飲作用で取り込まれた物質を加水分解する
- ・ 水解酵素は細胞自体を破壊するので、正常時は膜に包まれている:酵素の至適pHが酸性(約pH5)なので酵素が漏れても細胞質は被害をうけにくい

# リソソーム

- リソソームの酵素はリボソームで合成され、粗面小胞体からゴルジ装置を経て、小胞輸送でリソソームに送られる
- 細胞内の不要物質は一次リソソームと結合し、二次リソソームで消化されるが、消化できないものは膜に包み込んで細胞外へ排出する（リソソーム内は酸性になっている）
- リソソームで分解される物質は、食作用（細菌など）、エンドサイトーシス、自食作用（オートファジー：細胞自身の消化）で送られてくる

# ペルオキシソーム (peroxysome)

- ・Microbodyとも呼ばれ、リソソームに似た形態であるが、含まれる酵素群が異なる。
- ・ペルオキシダーゼ、カタラーゼなどの酸化酵素を含み、物質の分解に関わる(長鎖脂肪酸の $\beta$ 酸化など)。

# ペルオキシソーム

- ・ 細胞の化学反応で発生する有害な過酸化物質（過酸化水素など）を集める小器官
- ・ 過酸化水素を発生させる酸化酵素と過酸化水素を分解するカタラーゼが含まれるが、過酸化水素は有害なため、発生した過酸化水素はカタラーゼによって安全な水と酸素にすぐ分解される
- ・ 過酸化水素を発生する酵素は核酸やタンパク質代謝に関係するものが多い