



東北大学

人体の構造と機能そして環境 第3回 ダイナミックな細胞と組織

20150424 医・分子薬理学 柳澤輝行

第3章

細胞の構造と機能	41
3.1 細胞の大きさ	42
3.2 細胞の構造	43
3.3 細胞の代謝	53

第4章

人体の構造と調節	61
4.1 組織の種類	62
4.2 人体の腔所をおおう膜	69
4.3 器官系	69
4.4 ホメオスタシス	73

ヒューマンバイオロジー

人体と生命





東北大学良陵同窓会定期総会 特別講演会

日時 平成27年5月16日(土)午後4時～

会場 勝山館 仙台市青葉区上杉2丁目1-50

福岡伸一教授 (生物学者、青山学院大学理工学部)

「生命を捉えなおす～動的平衡
の視点から～」

帝国大学医学部百周年



東北大学

細胞生物学Cell Biology 入門

Seeing is believing. Just look more well.

我々の細胞はスペシャリストである。(Haldane, JBS)

「六〇兆の細胞よりなる君たち」と呼びかけて

午後の講義を始む

永田和宏

Bloom & Fowcett: A Textbook of Histology (9th Ed.) Saunders, 1968

藤田恒夫、牛木辰男：細胞紳士録、岩波新書，2004

フォトサイエンス生物図録—視覚でとらえる 数研出版株式会社，2014

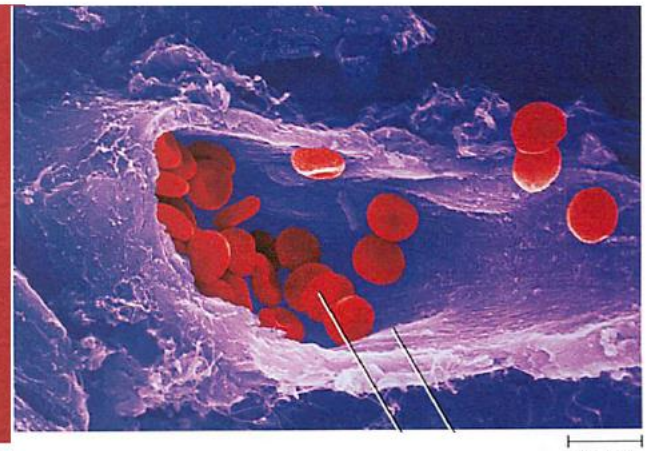
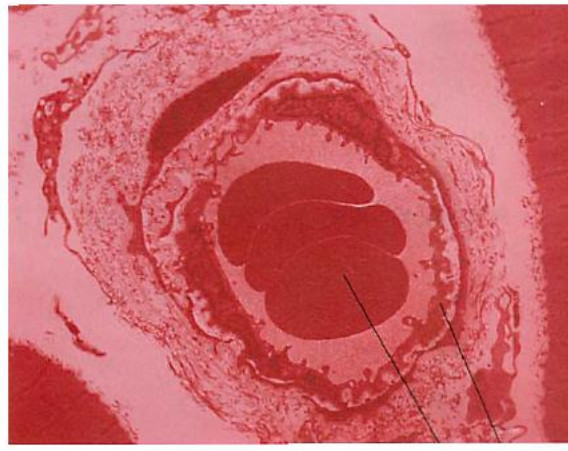
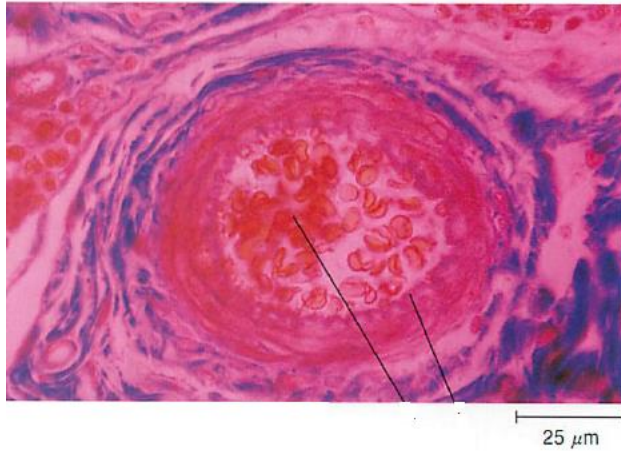
肉眼 : 0.2mm = 200 μ m = 200,000nm

光学顕微鏡 (1,000 倍) : 0.0002mm = 0.200 μ m = 200nm

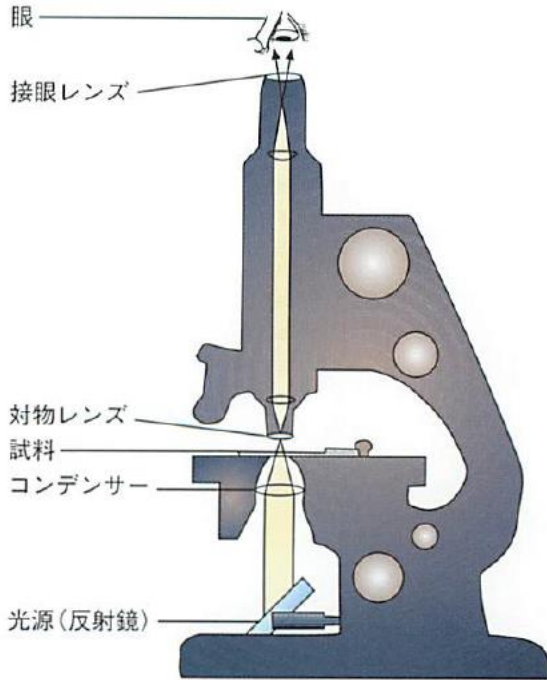
電子顕微鏡 (50,000 倍) : 0.00001mm = 0.01 μ m = 10nm

血管と赤血球の顕微鏡像

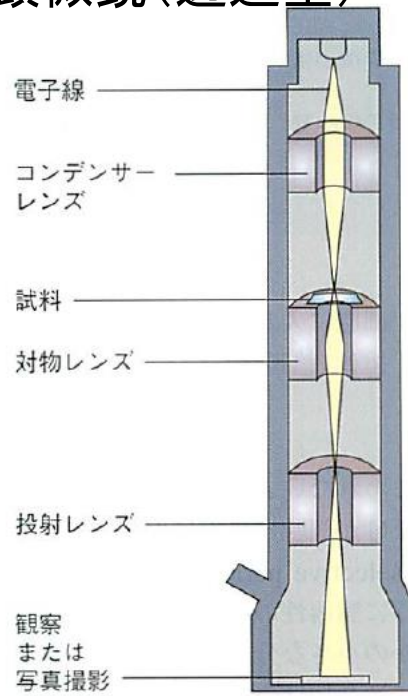
スルメであって、生きて泳いでいるイカの像ではない



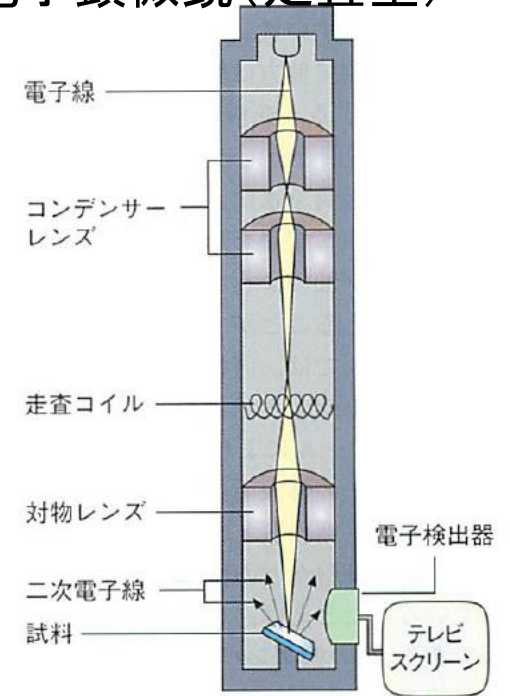
光学顕微鏡



電子顕微鏡(透過型)



電子顕微鏡(走査型)



1μm

ポリリボソーム
アクチン
フィラメント
粗面小胞体
中心子
ミトコンド

滑面小胞体
液胞
細胞質
リボソーム
ゴルジ装置
小胞
細胞膜



a.

生細胞の蛍光顕微鏡 細胞のライブイメージ

細胞はダイナミックな宇宙である

動物細胞の構造 **参考 p44**

小器官	サイズ	機能
細胞膜	7.5nm(厚さ)	細胞内外間の物質の輸送, 刺激の受容、 境界の維持・応答性
細胞質ゾル(サイトゾル)		中間代謝
細胞骨格		運動・支持
微小管	25nm(直径)	鞭毛や繊(線)毛の形成, 細胞分裂(紡錘体)
アクチンフィラメント	7nm(直径)	収縮装置, 細胞運動, 細胞分裂(娘細胞の形成)
中間径フィラメント	10nm(直径)	細胞内網目構造, 細胞間結合
封入体		肝細胞や筋細胞のグリコーゲン顆粒, 脂肪細胞の脂肪滴, メラニンなどの色素, 細胞内で結晶したウイルスなど

小器官・構造 サイズ 主機能

参考 p44

細胞小器官

核	5~25 μm	DNAの合成(遺伝情報貯蔵)
核小体	1~4 μm	rRNAの合成、リボソームの形成
リボソーム	15~20nm(直径)	タンパク質合成(翻訳)
小胞体(ER)	4~7nm(厚さ)	タンパク質合成、生成物の輸送, 脂質の代謝 リボソーム結合(粗面)、Ca貯蔵・遊離(滑面)
ゴルジ体	0.2~5.5 μm (長さ)	翻訳後修飾, 分泌顆粒の生成
ミトコンドリア	0.5~0.8 μm (直径)	細胞内呼吸(酸素利用)、ATP産生
mitochondria		「糸粒体」、活性酸素からの傷害に対する品質管理が大切
リソソーム	0.4 μm (直径)	細胞内消化
ペルオキシソーム	0.5~1.5 μm (直径)	グリコール酸の代謝, 過酸化物の分解

分子生物学の基本原則

Flow of genetic information

Replication複製⇒細胞分裂

設計図

[の全体]
[ゲノム]



Transcription転写

バランスシート

RNA

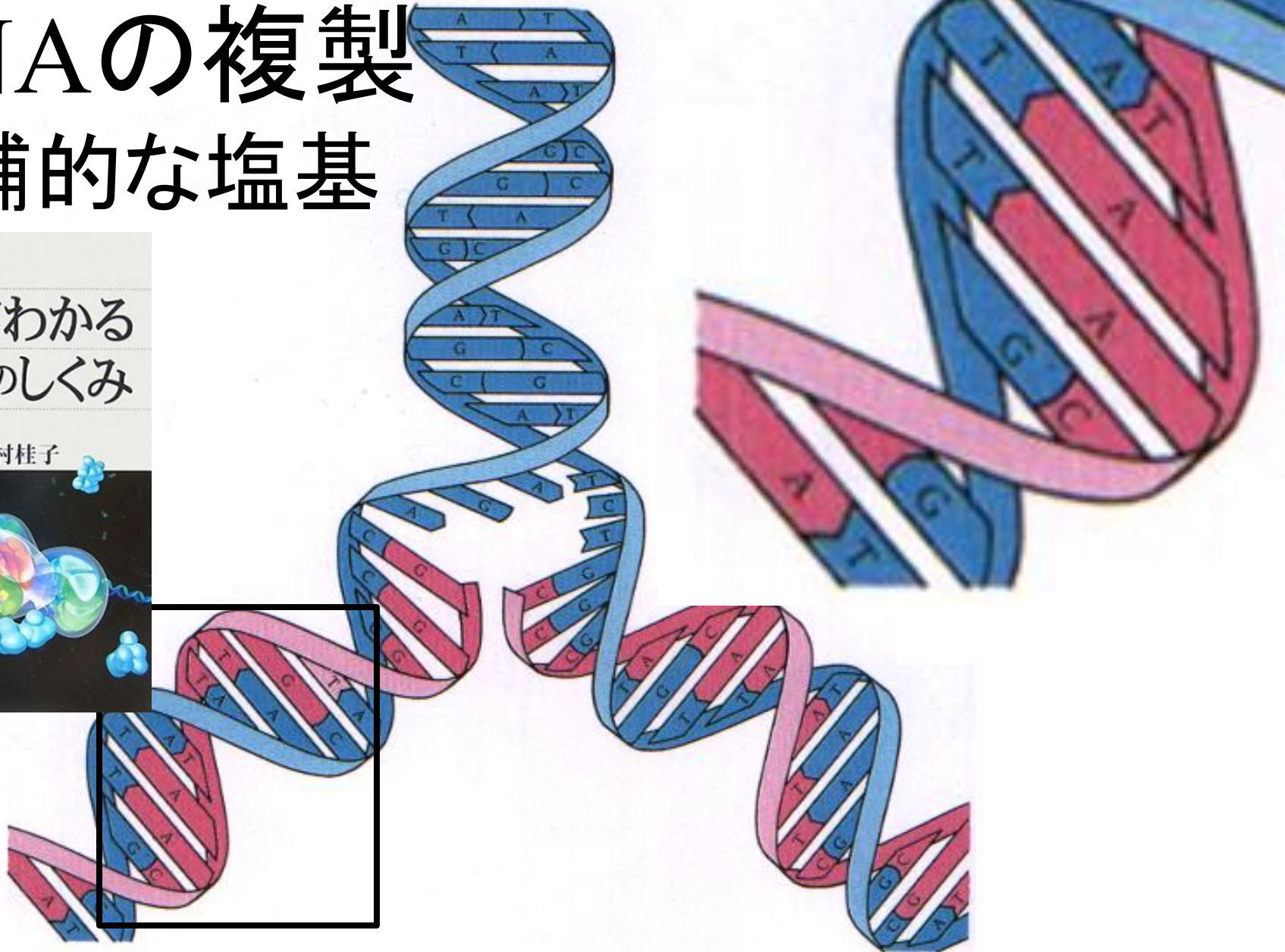
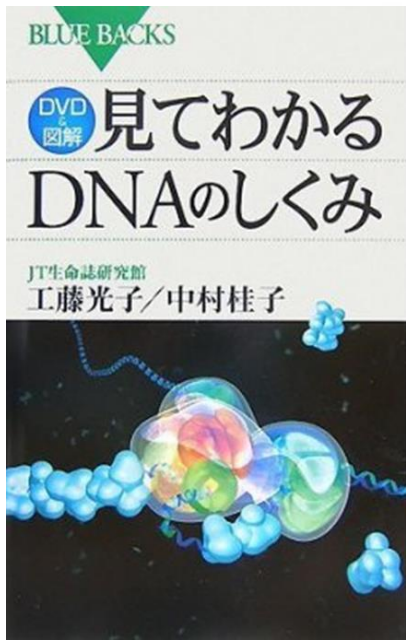


Translation翻訳

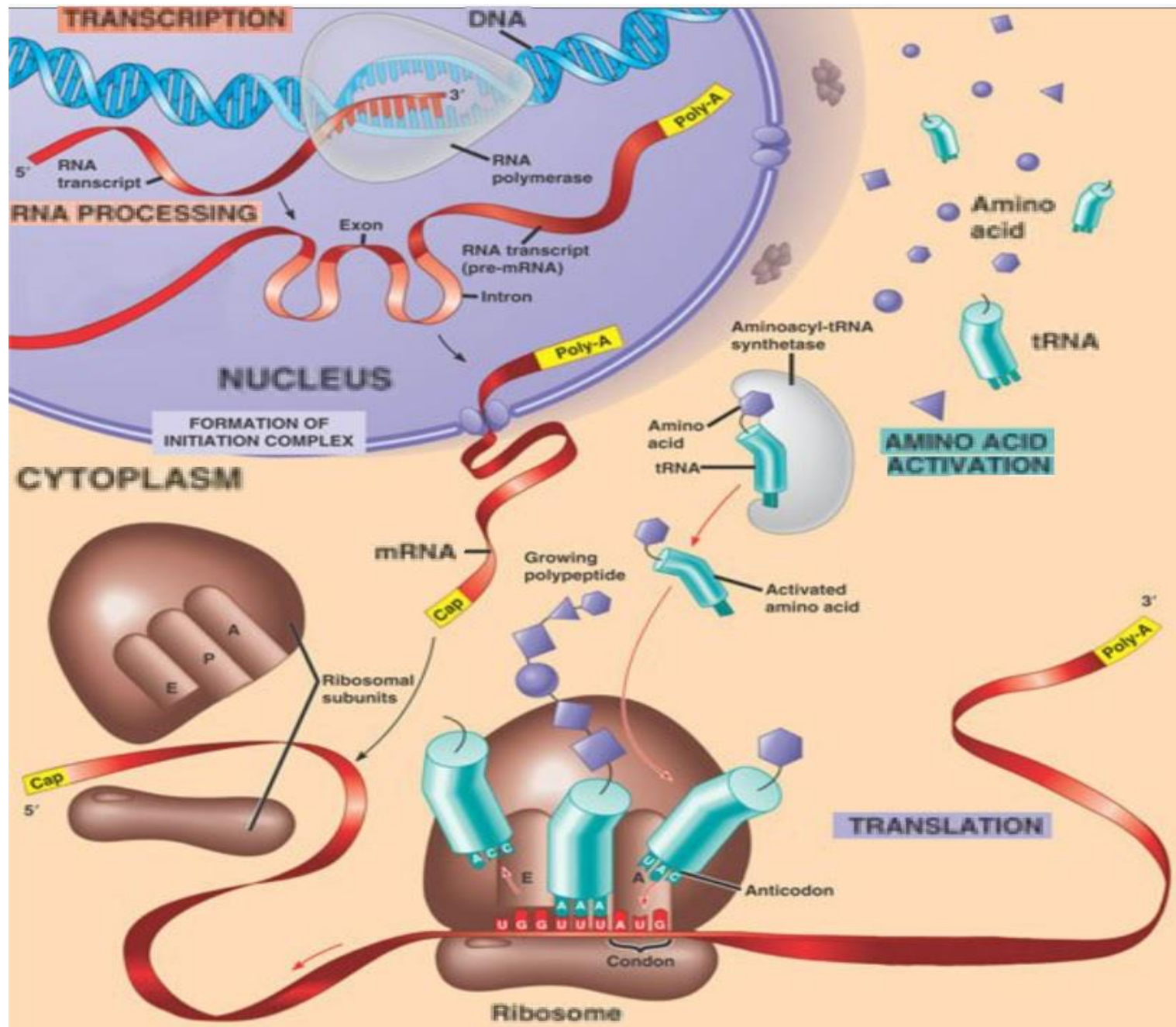
製品

[プロテオーム] Protein

間期における DNAの複製 相補的な塩基

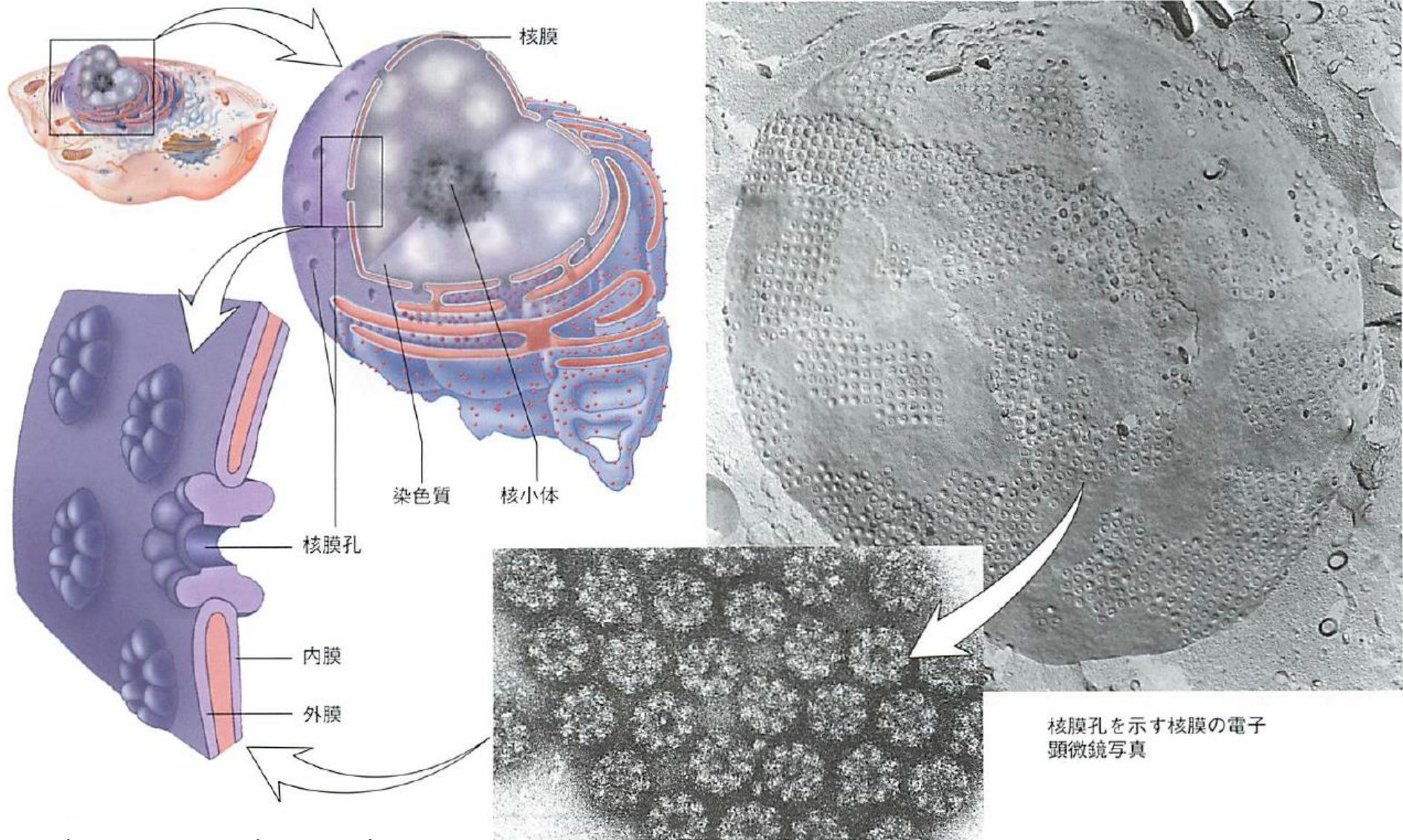


転写



翻訳

図3.7 核と核膜(二重膜)



核膜孔を示す核膜の電子顕微鏡写真

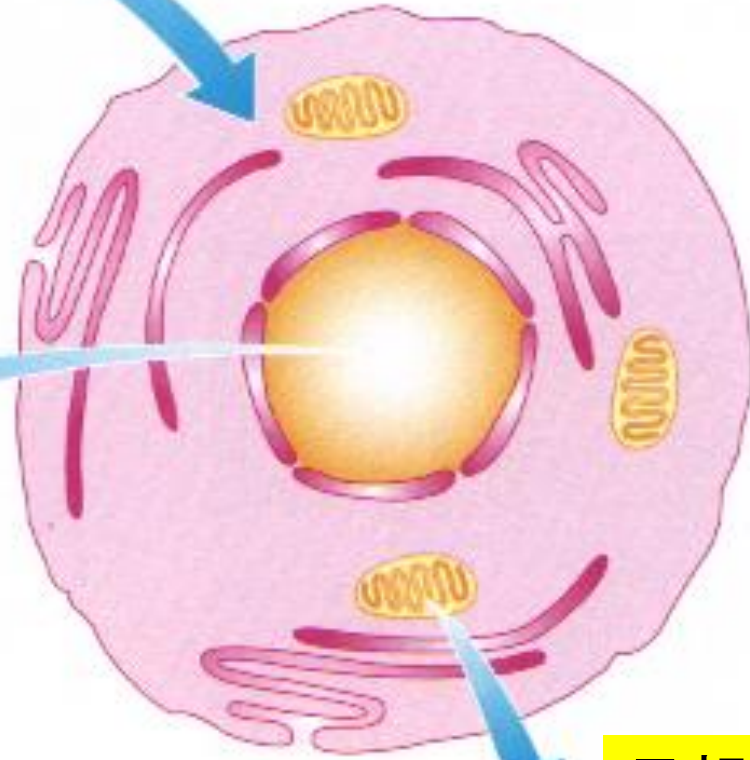
nuclear pore complex protein

ヒトの
家族



ヒトゲノムの核成分と ミトコンドリア成分

ヒトの細胞



核ゲノム



母親の卵子から

ミトコンドリアゲノム



細胞骨格cytoskeleton p52



Zoom up

細胞骨格とモータータンパク質

ISBN978-4-410-28163-1

改訂版

フォトサイエンス

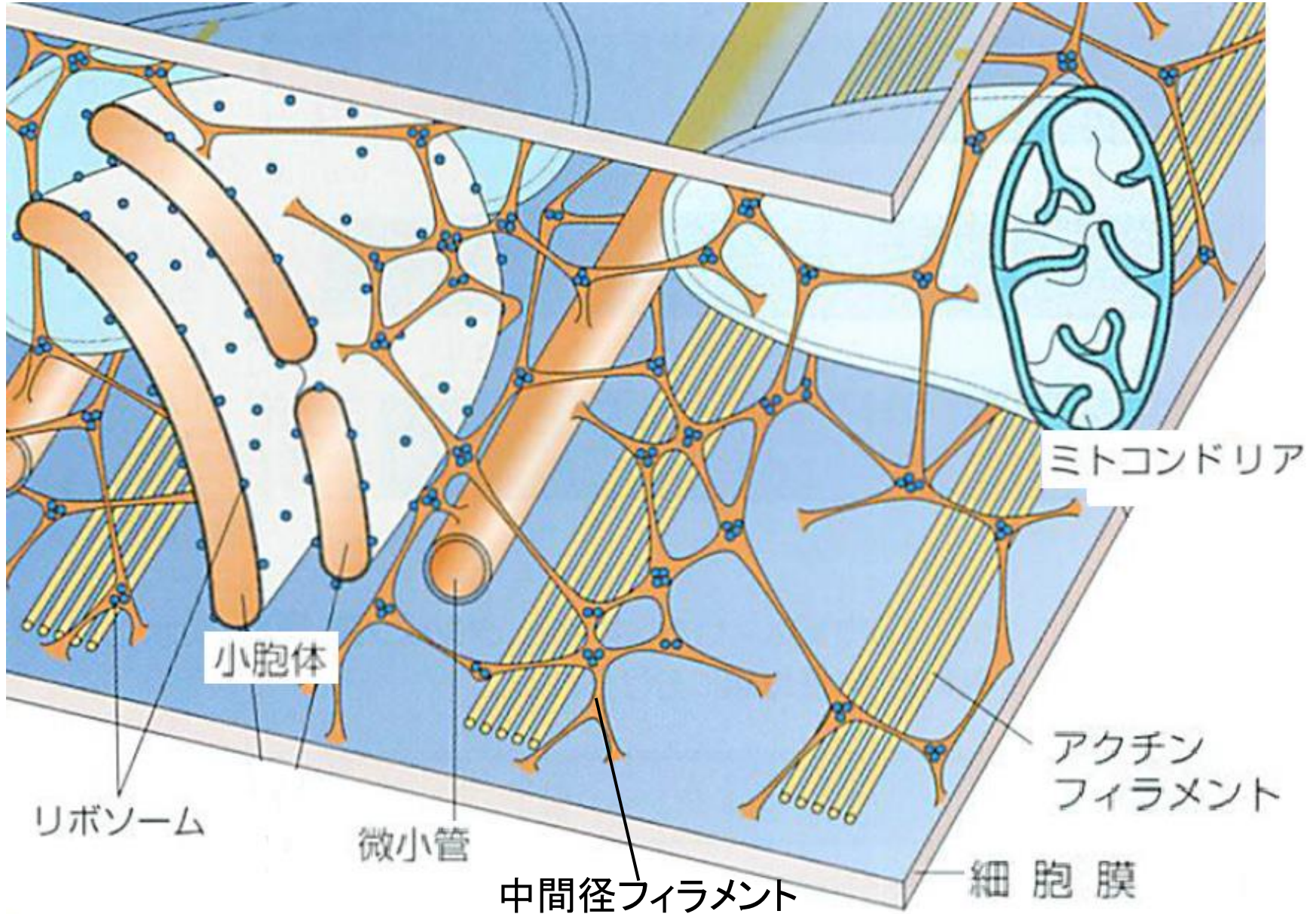
PHOTO
SCIENCE

生物図録

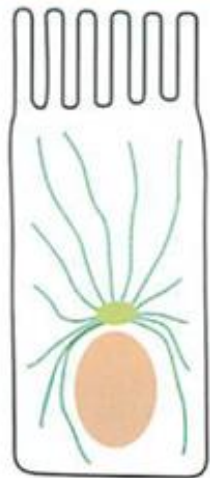
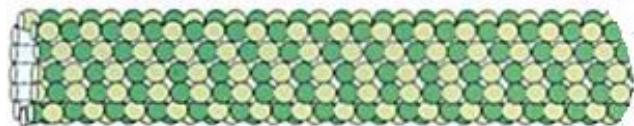
数研出版

<http://www.chart.co.jp/>

細胞骨格cytoskeleton フォトサイエンス生物図録 p19

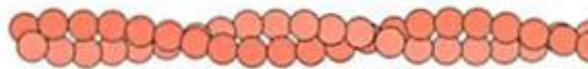


微小管



2種類のチューブリンが規則正しく並び、円筒状の構造をしている。直径は約25nmで、細胞骨格の3つのフィラメントの中でもっとも太い。図に示すように、普段は一方の端(マイナス端)が中心体に付着している。

アクチンフィラメント



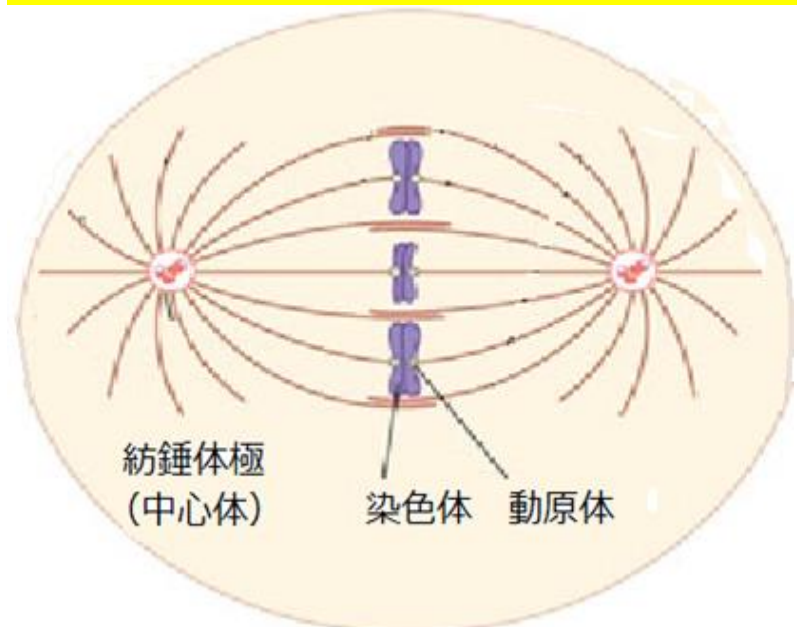
2本のアクチン重合体がらせん状にからまり、柔軟な構造をしている。直径は5~9nmで、細胞骨格の3つのフィラメントの中でもっとも細い。細胞全体に分散しているが、細胞膜の真下にもっとも多く分布している。

中間径フィラメント

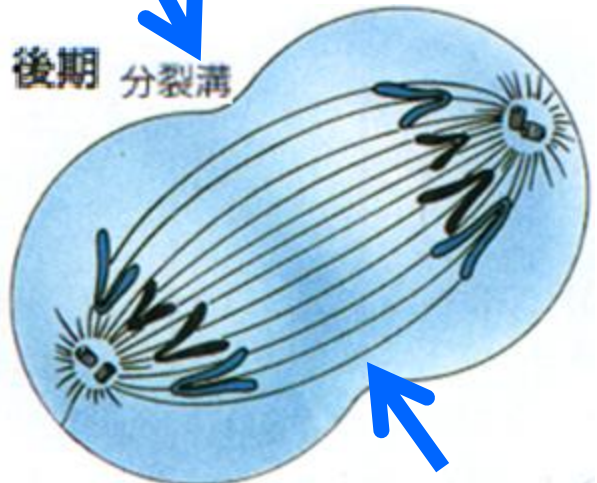


アクチンフィラメントと微小管の中間の太さをしている。中間径フィラメントを形成するタンパク質は多様であり、核膜の真下でラミナとよばれる網目構造を形成するものや、細胞質を横断し細胞にも機械的な強度を与えるものなどである。

細胞分裂と微小管(紡錘体)

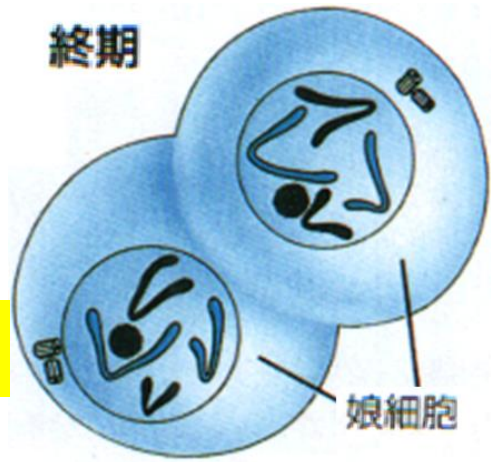


後期 分裂溝



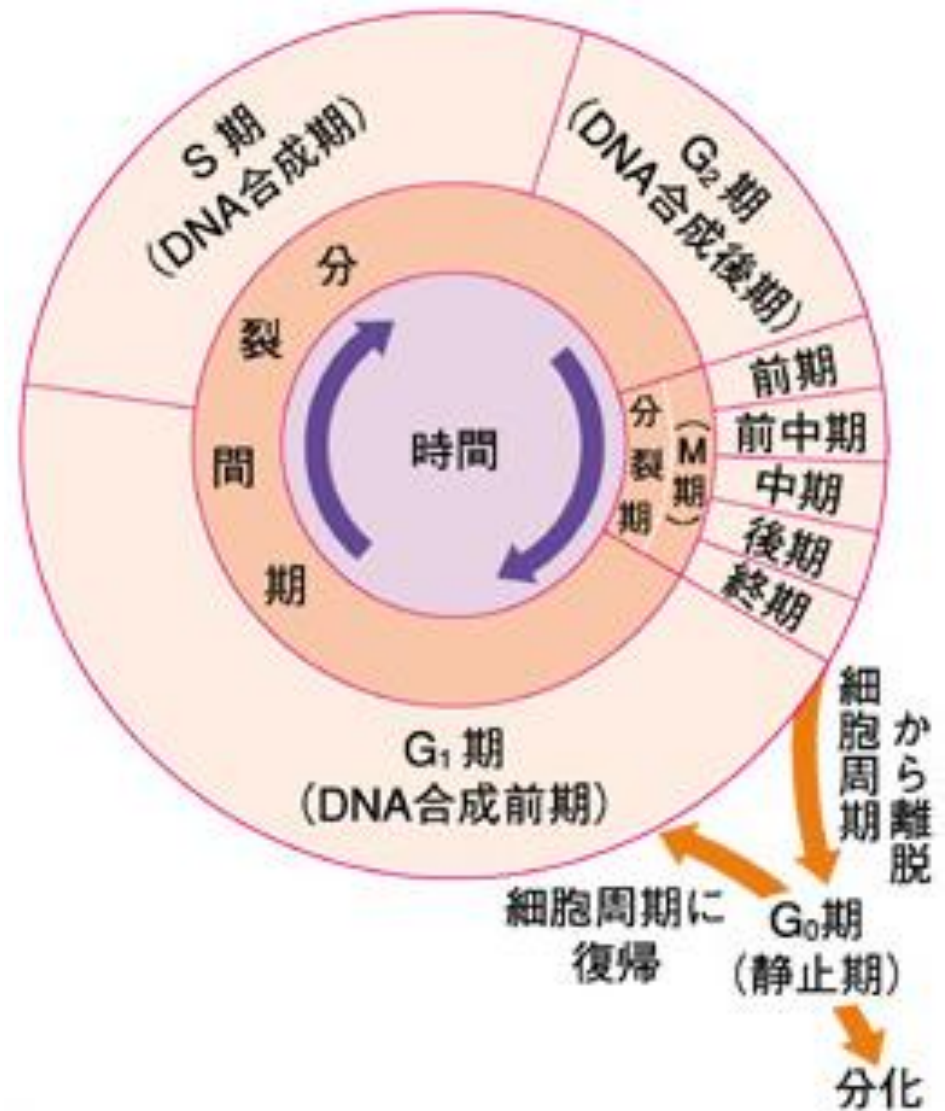
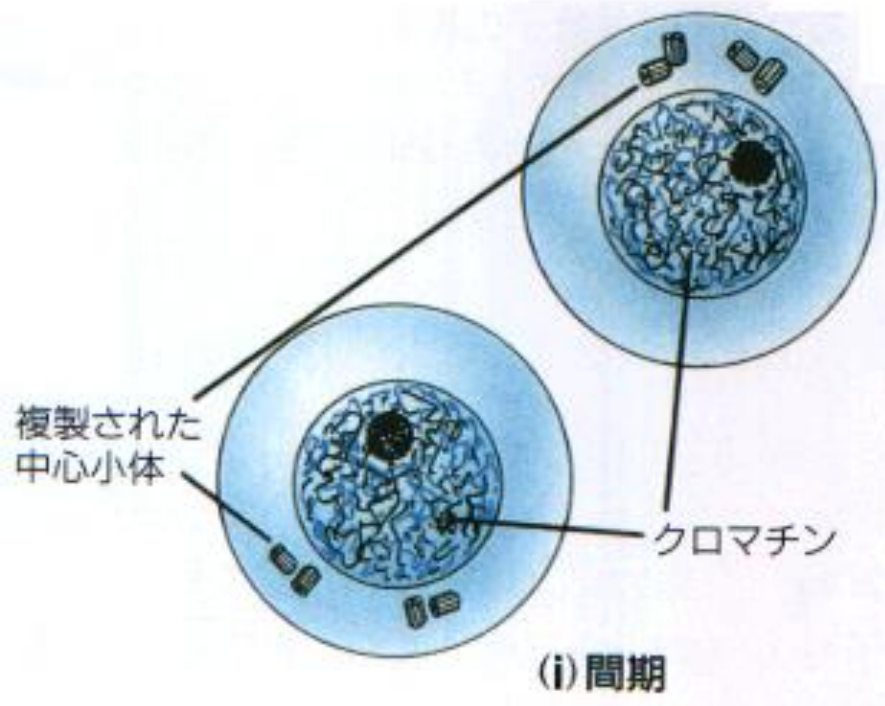
アクチンフィラメント

終期



p386

細胞周期 cell cycle p385



細胞膜 cell membrane p44

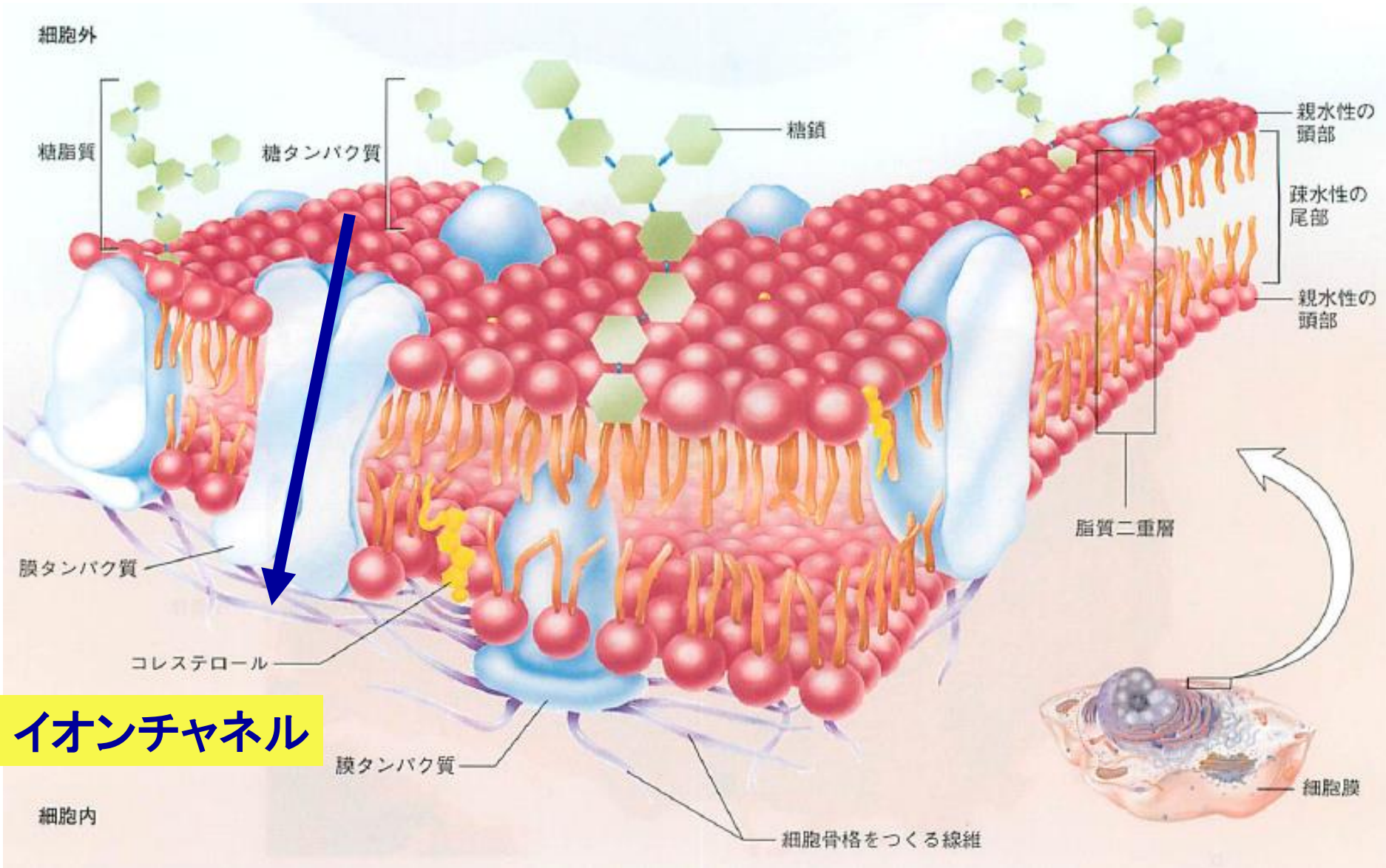
細胞の周囲を囲み，外部との境をなす生体膜。
細胞膜によって細胞は外部と遮断され，独立した機能を営むことができる。

「境界の維持・応答性」

物質輸送と選択透過性が問題となる。

細胞内膜系と小器官

細胞膜の構造（流動モザイクモデル） p46



膜輸送タンパク質の分類

膜輸送タンパク質

チャンネル

イオンチャンネル

水チャンネル

トランス
ポーター

ユニポーター

シンポーター*

アンチポーター*

ポンプ

受動輸送

能動輸送
(一次性)

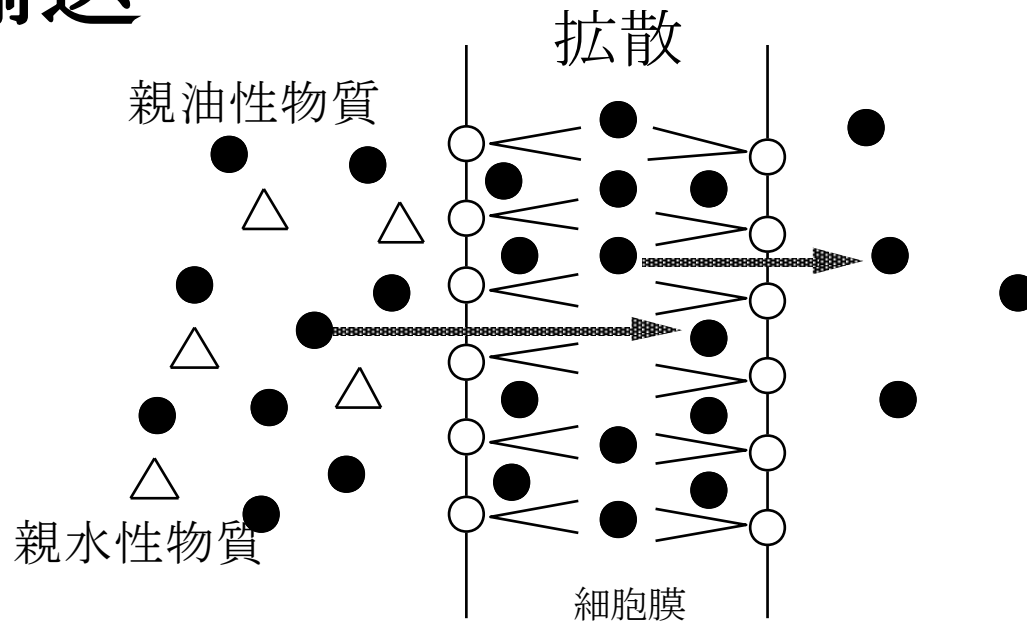
*: 二次性能動輸送

能動輸送 active transport cf. 表3.2, p48

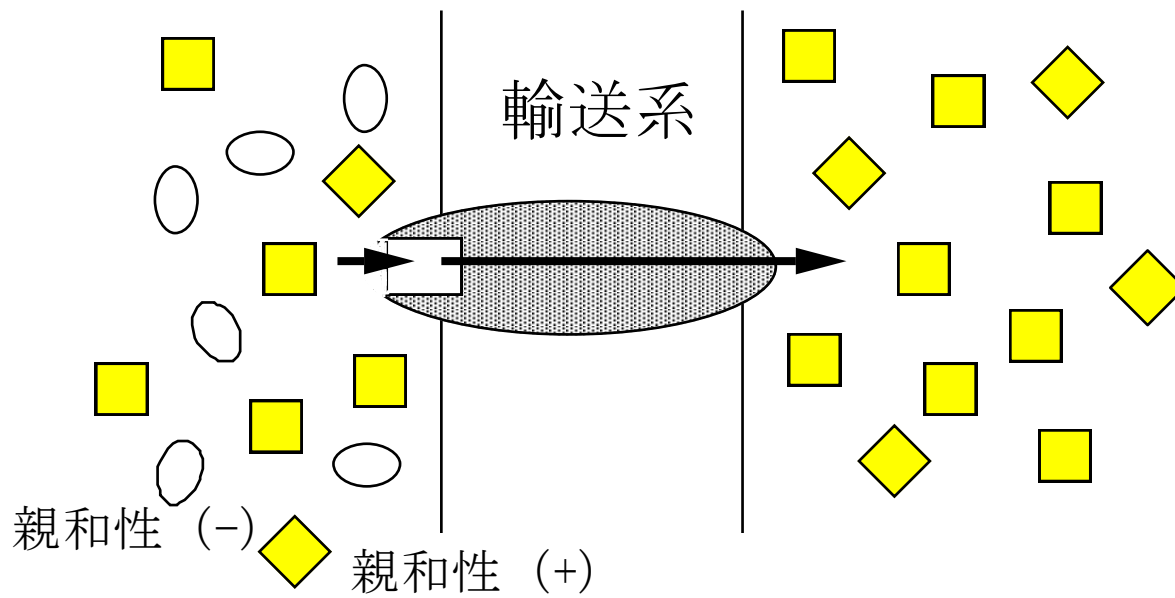
濃度勾配, 電位勾配に逆らって行われる物質輸送

- ・ 一次性能動輸送
(ポンプ、能動輸送性ATPアーゼ)
- ・ 二次性能動輸送
 - アンチポーター
 - シンポーター
- ・ 小胞性輸送
 - エンドサイトーシス
 - エクソサイトーシス

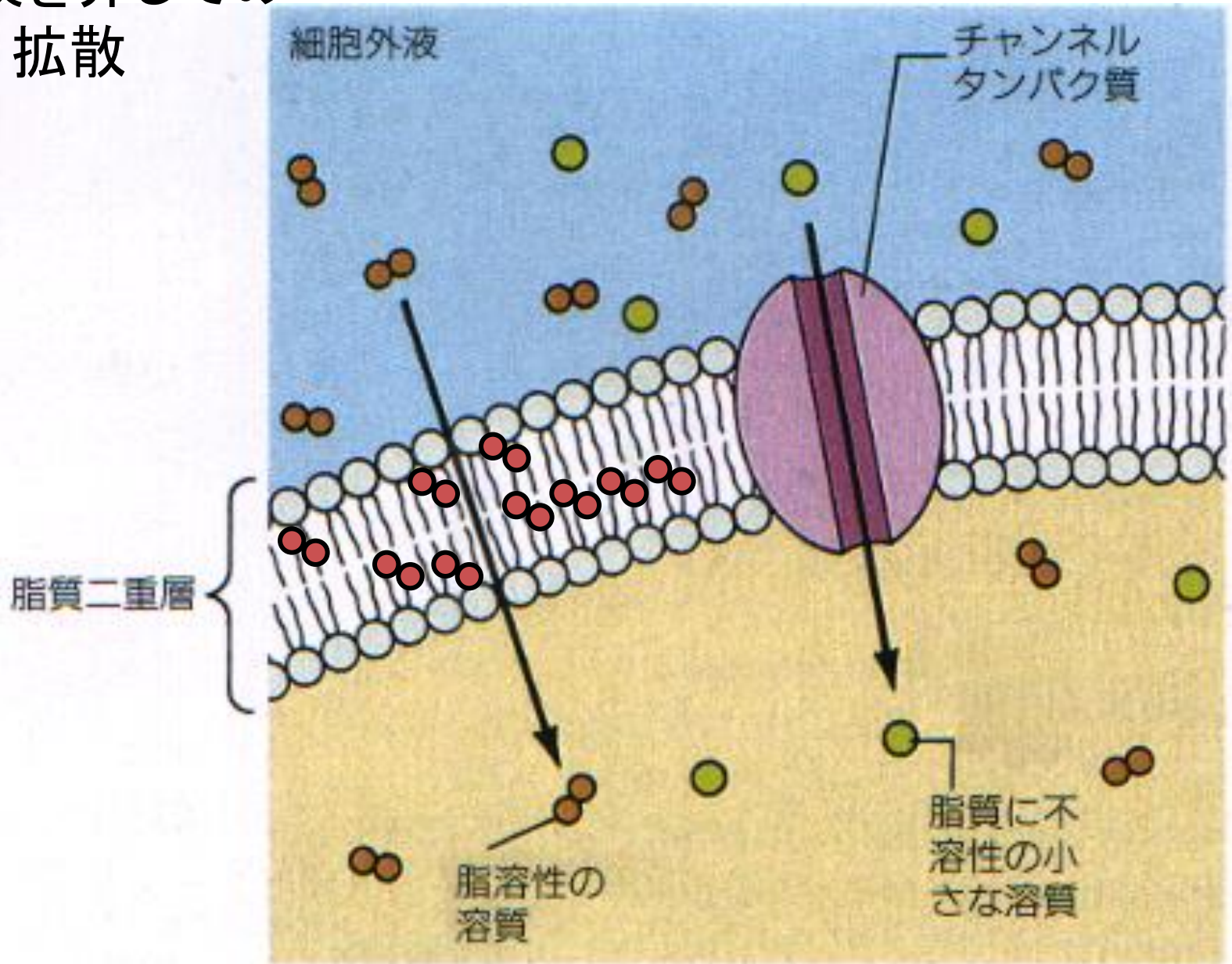
拡散と輸送



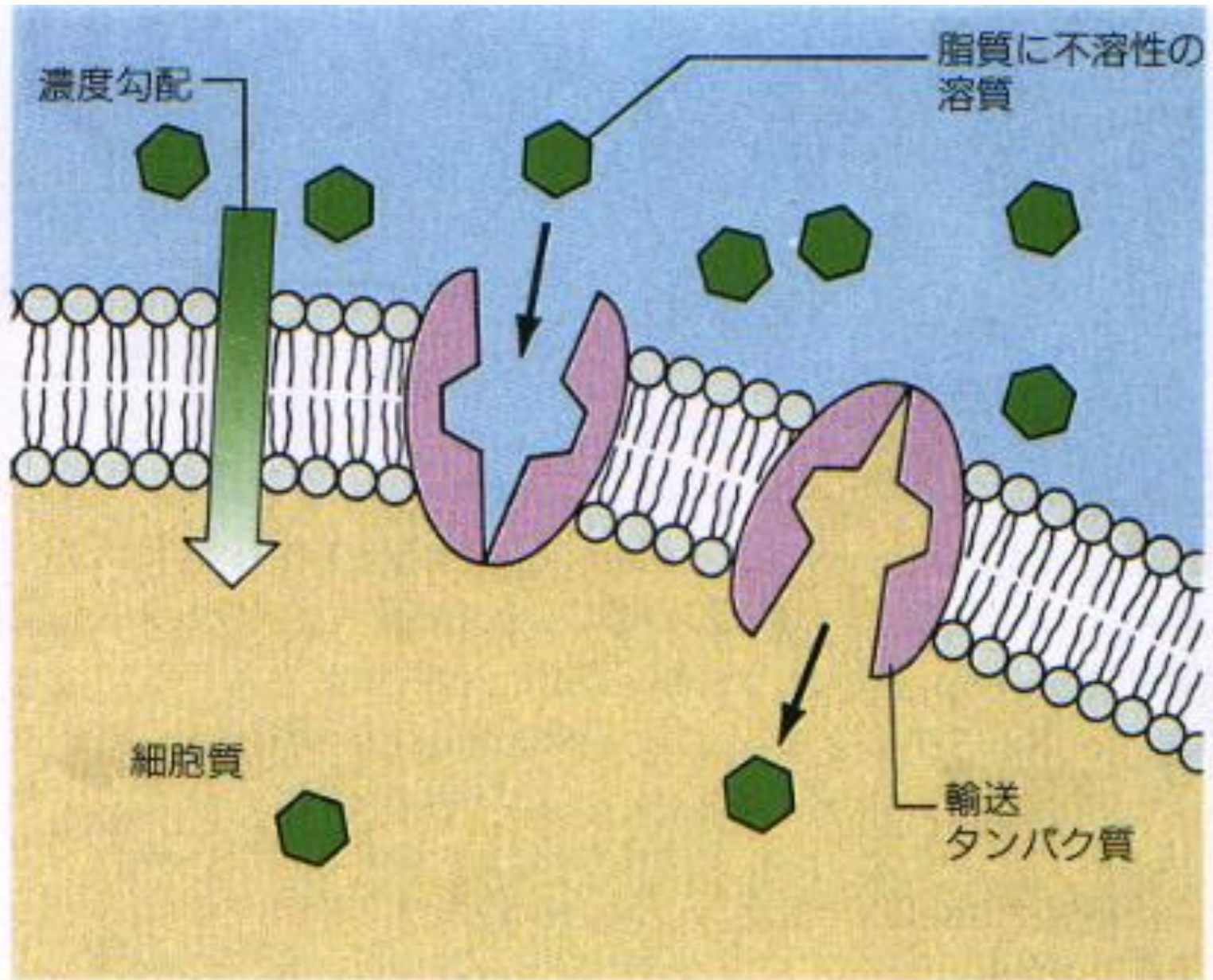
担体輸送



細胞膜を介しての 拡散



(a) 単純拡散



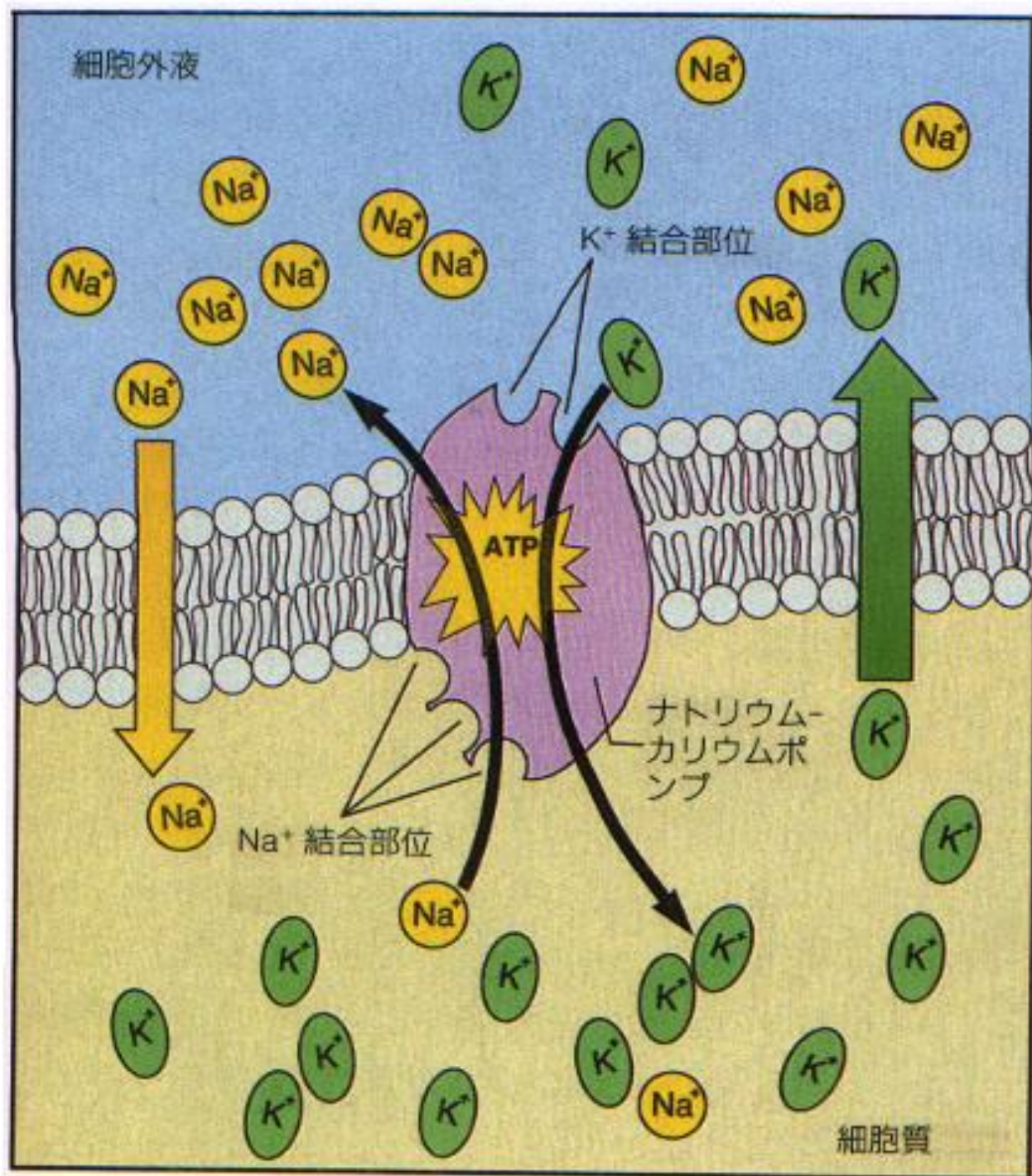
(b) 促進拡散 accelerated diffusion, 担体輸送 carrier-mediated transport

Na⁺, K⁺ ATPase
ナトリウムポンプ
Sodium pump

- 静止時の約1/3のATP消費
- 脳活動の約1/2のエネルギー消費

Na⁺
細胞外142mM;
細胞内10mM

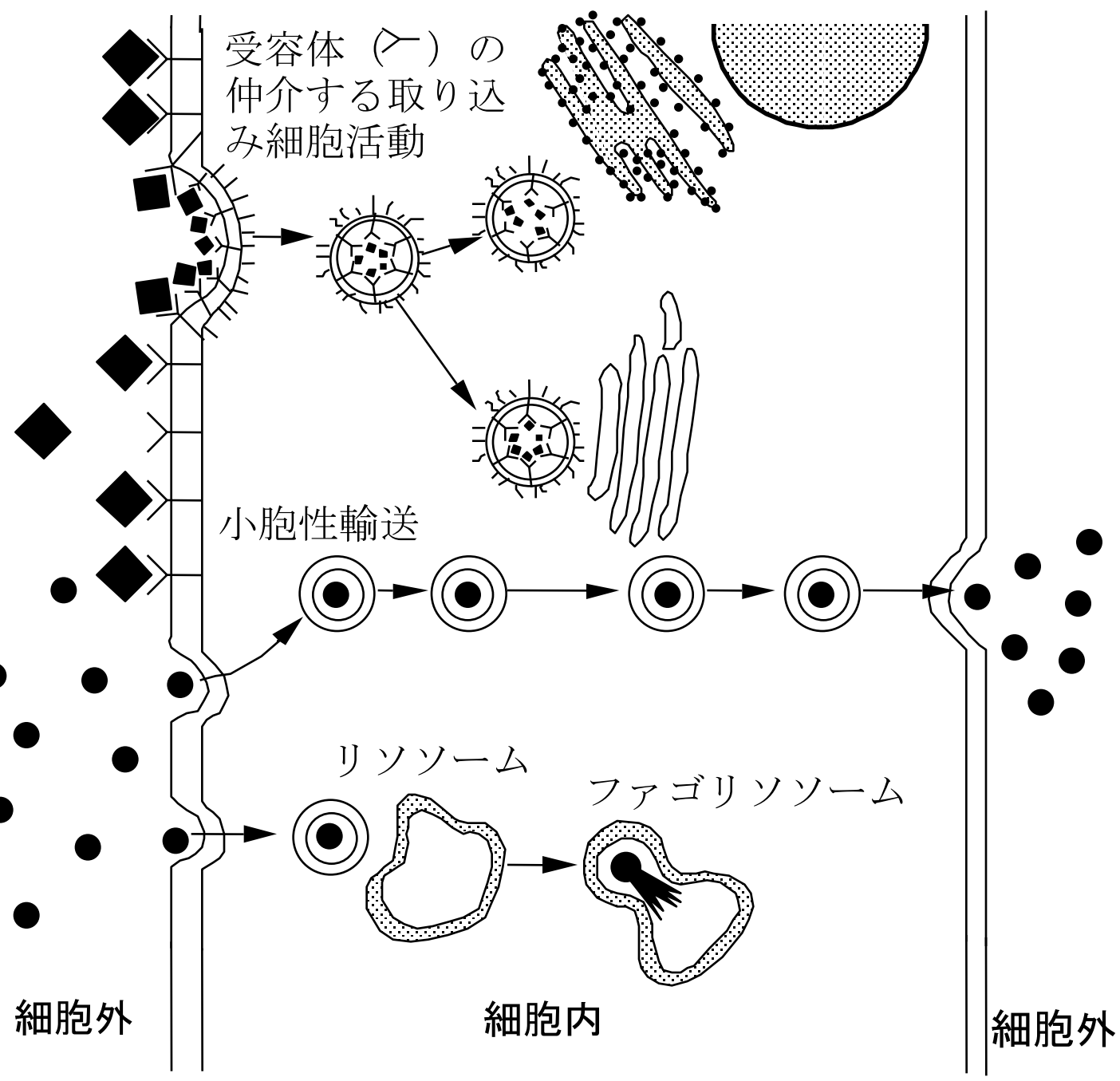
K⁺
細胞外4mM;
細胞内150mM



上皮細胞

小胞性輸送

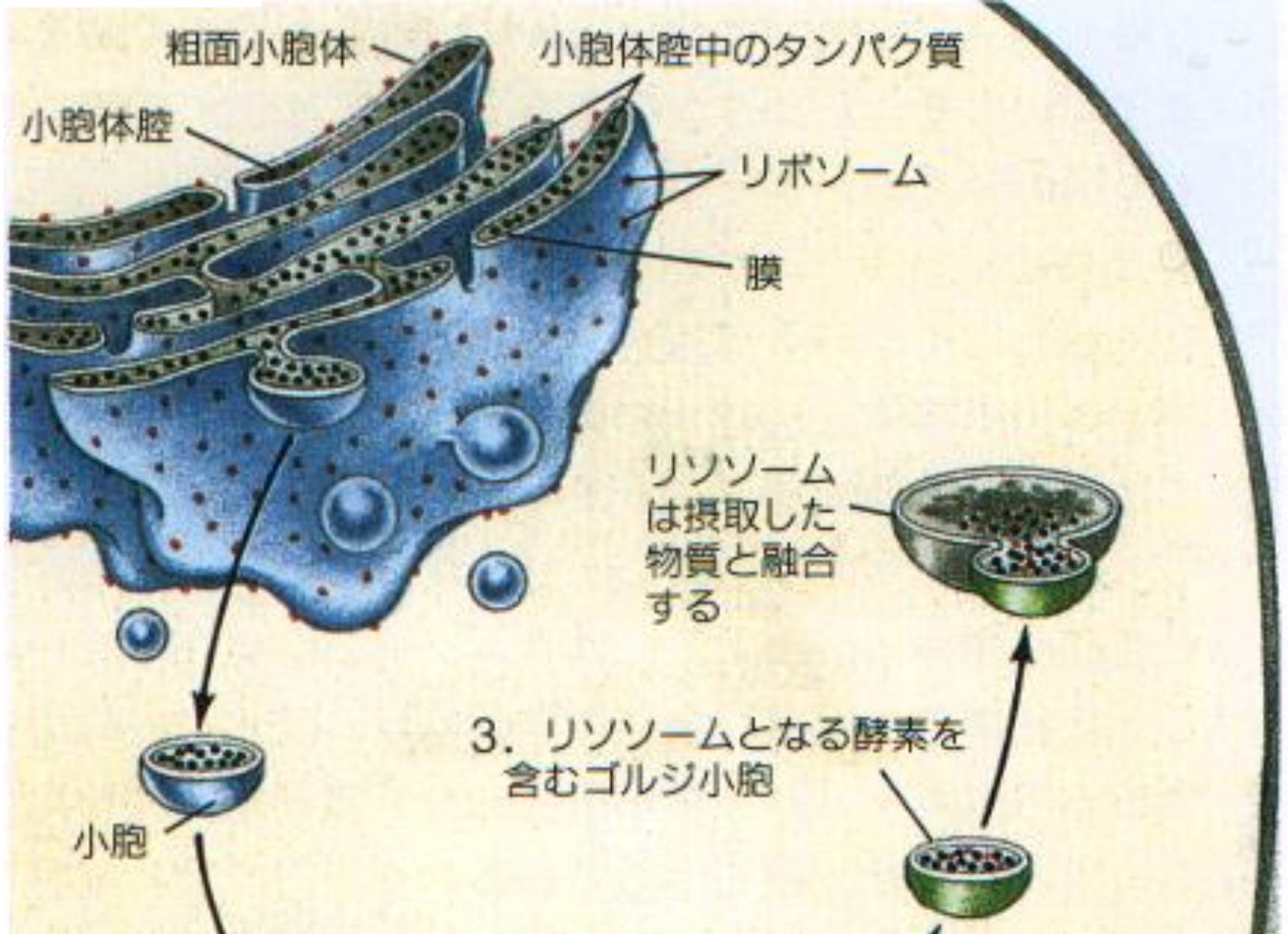
Transcytosis
= Endocytosis
+
Exocytosis

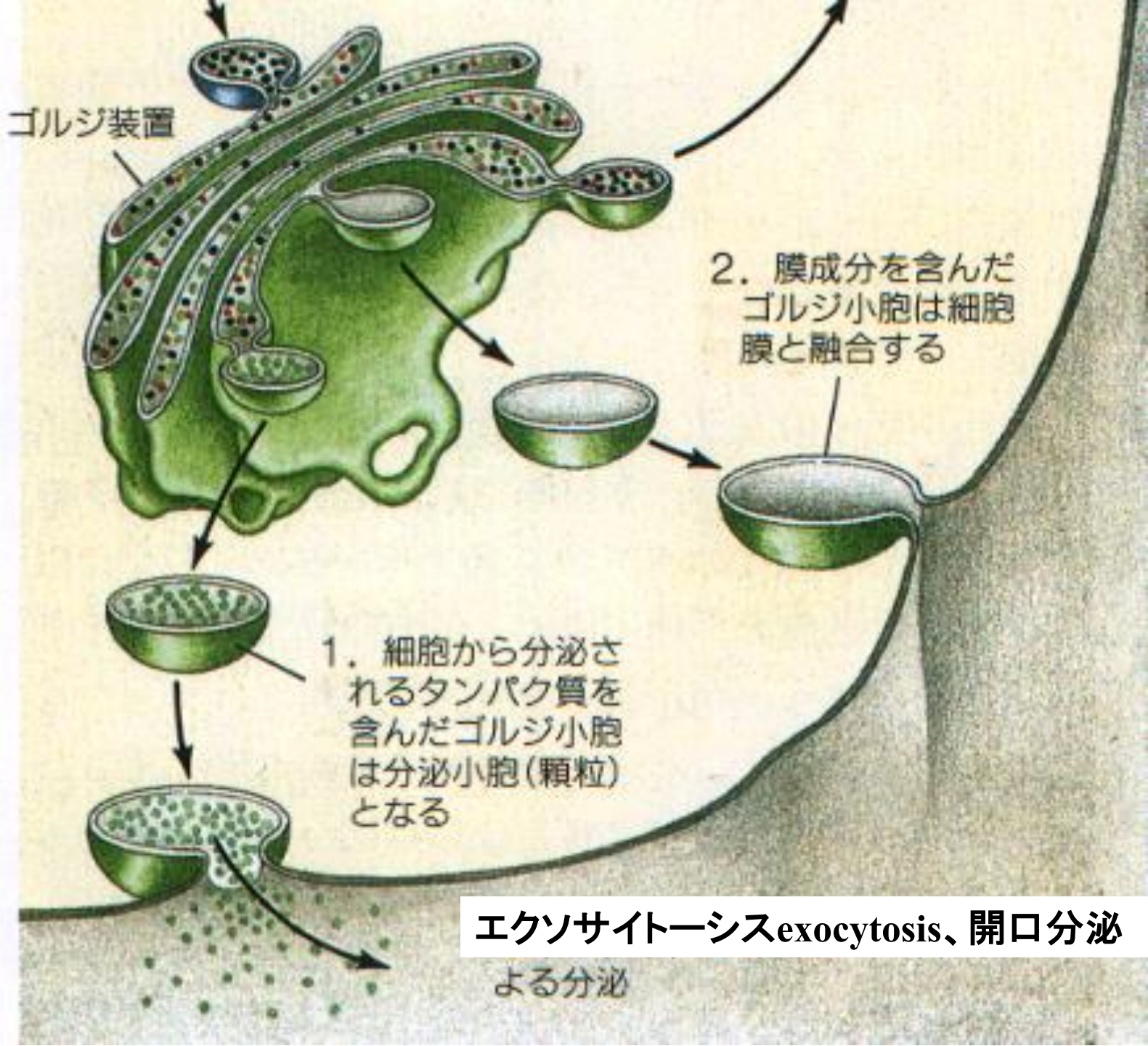


細胞外

細胞内

細胞外



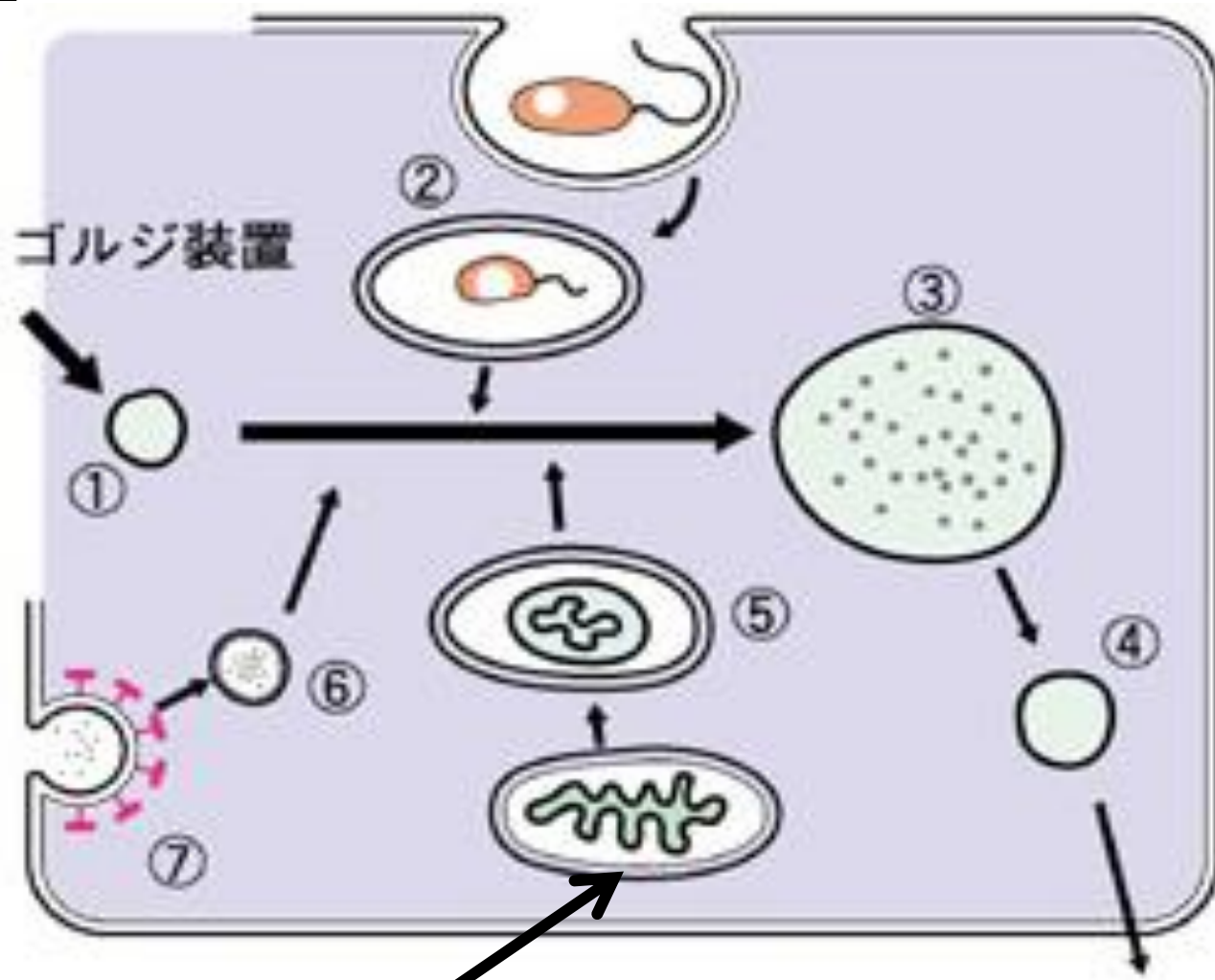


1. 細胞から分泌されるタンパク質を含んだゴルジ小胞は分泌小胞(顆粒)となる

2. 膜成分を含んだゴルジ小胞は細胞膜と融合する

エクソサイトーシス exocytosis、開口分泌による分泌

p50 リソソームlysosomeによる消化分解経路

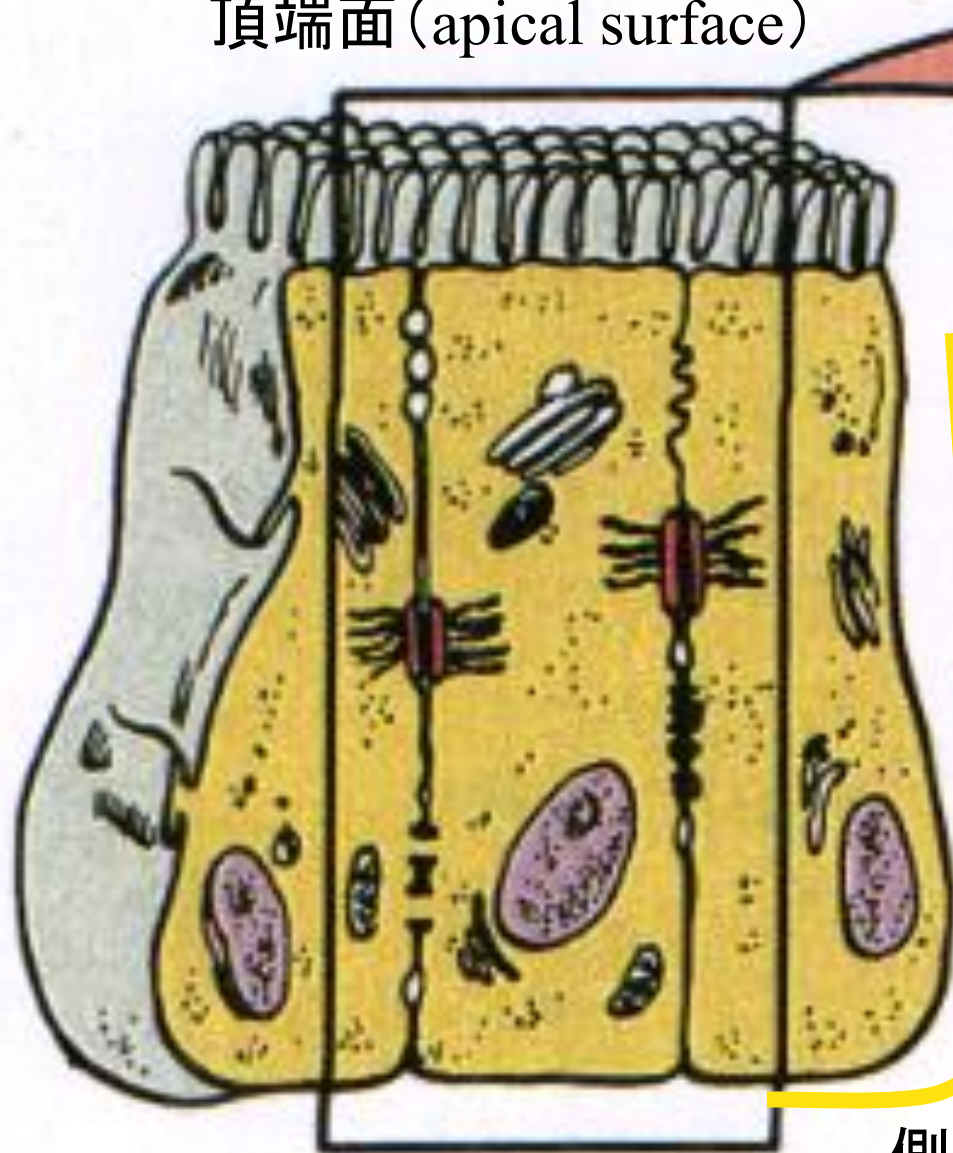


- ①一次リソソーム
- ②食胞
- ③二次リソソーム
- ④遺残小体
- ⑤自己貪食空胞
autophagosome
- ⑥エンドソーム
- ⑦被覆小窩

Mitochondria autophagyによる品質管理不全:
加齢や疾患に関与。

細胞膜の特殊化(上皮細胞)

頂端面 (apical surface)



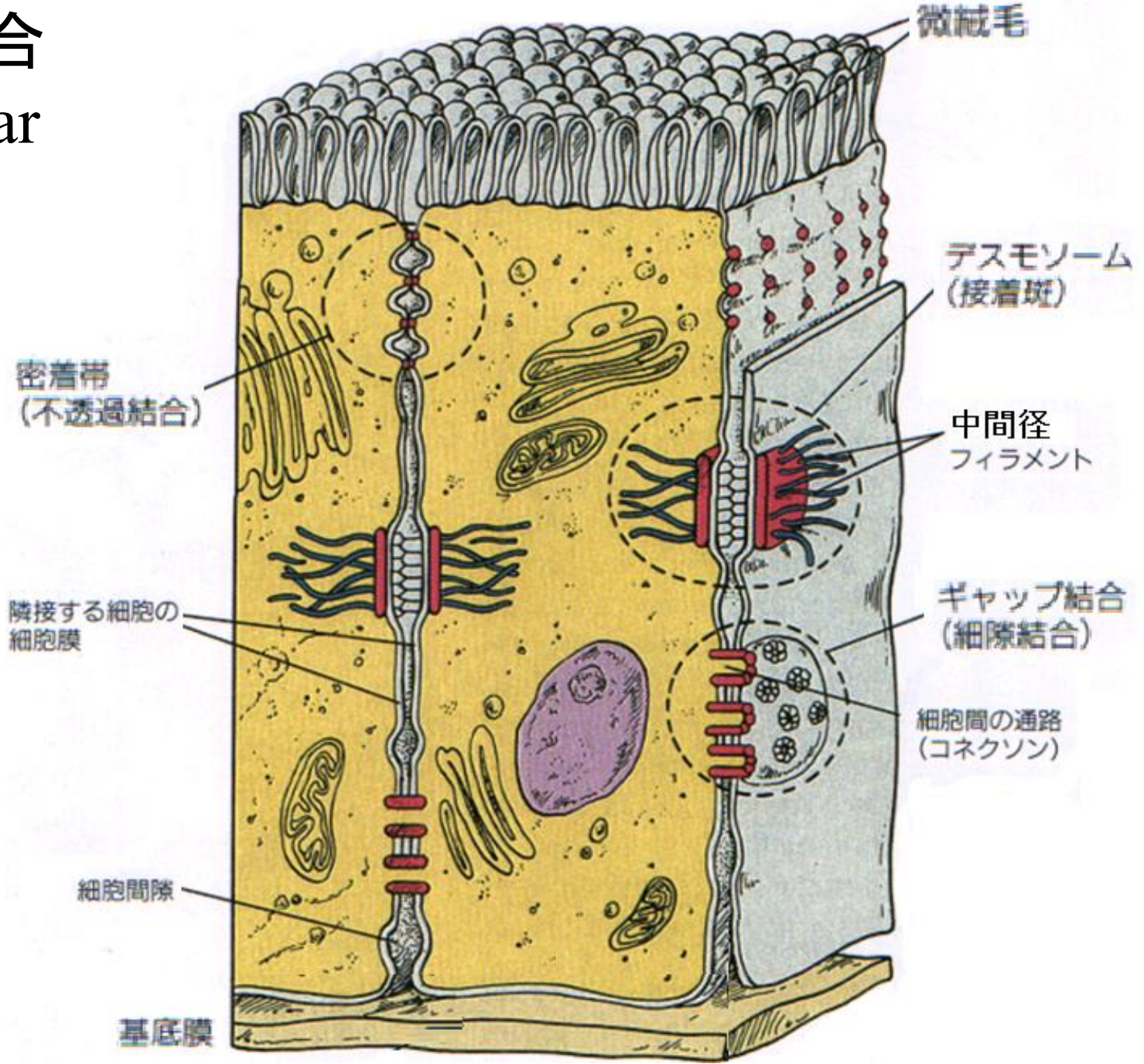
細胞極性 cell polarity
細胞の方向性

側底面 (basolateral surface)

細胞間結合

Intercellular
junction

cf. 図4.3
(p64)



頂端面 (apical surface)



分泌細胞

secretory cell

胰臟外分泌細胞
(消化酵素分泌)

タンパク質

Secretory granules

Golgi net
rER

Nucleus

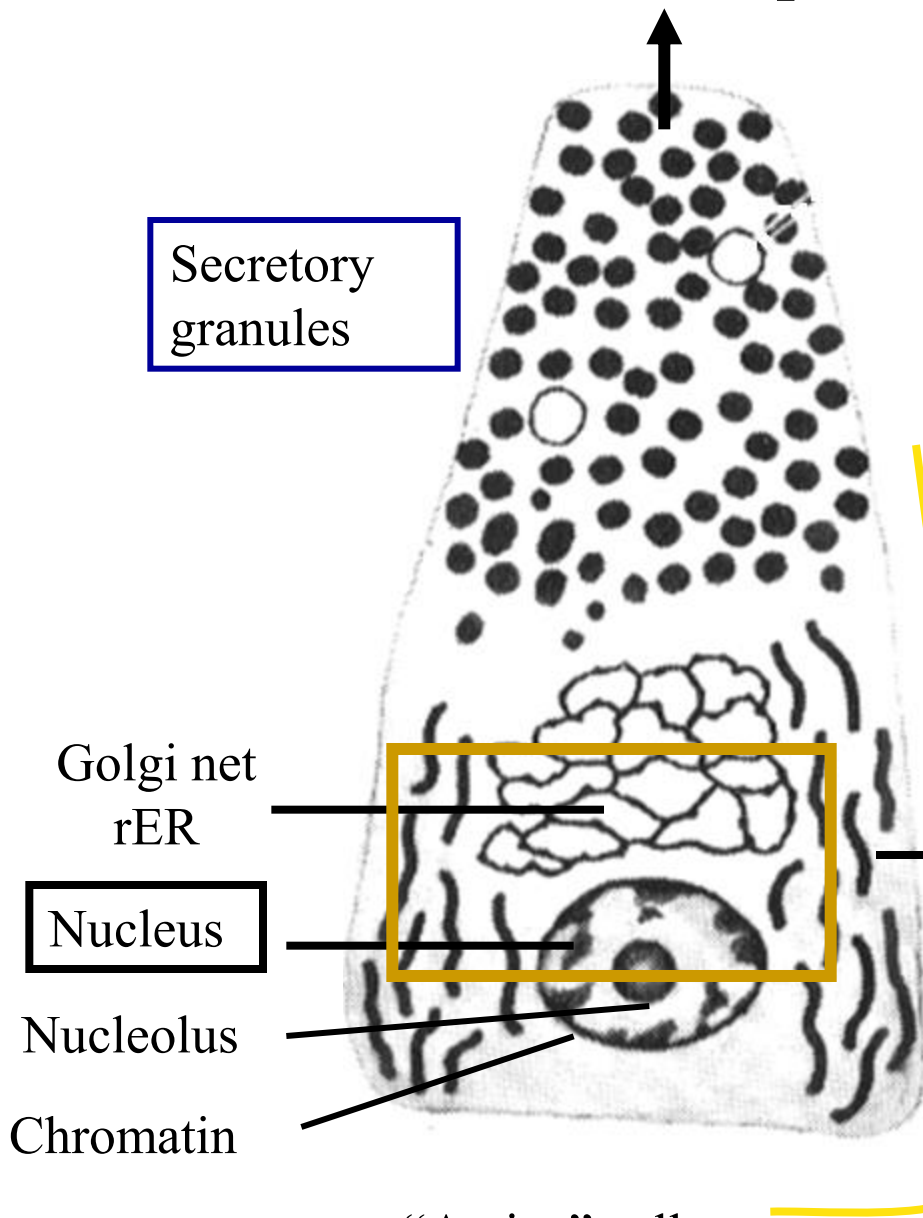
Nucleolus

Chromatin

Mitochondria

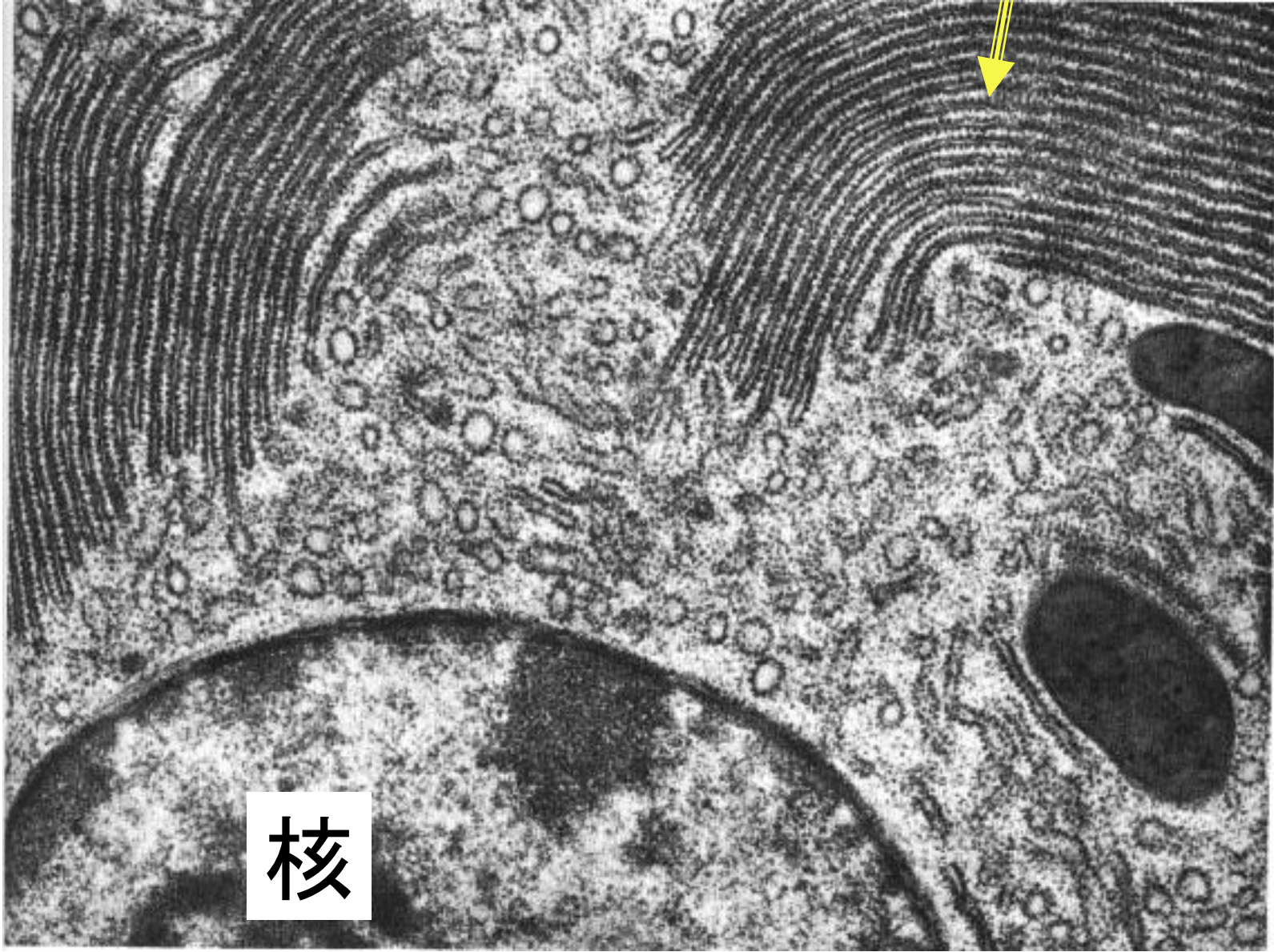
“Active” cell

側底面 (basolateral surface)



Electron micrograph of the basal region of a 胰臟腺房(外分泌)細胞
pancreatic acinar cell.

粗面小胞体rough ER

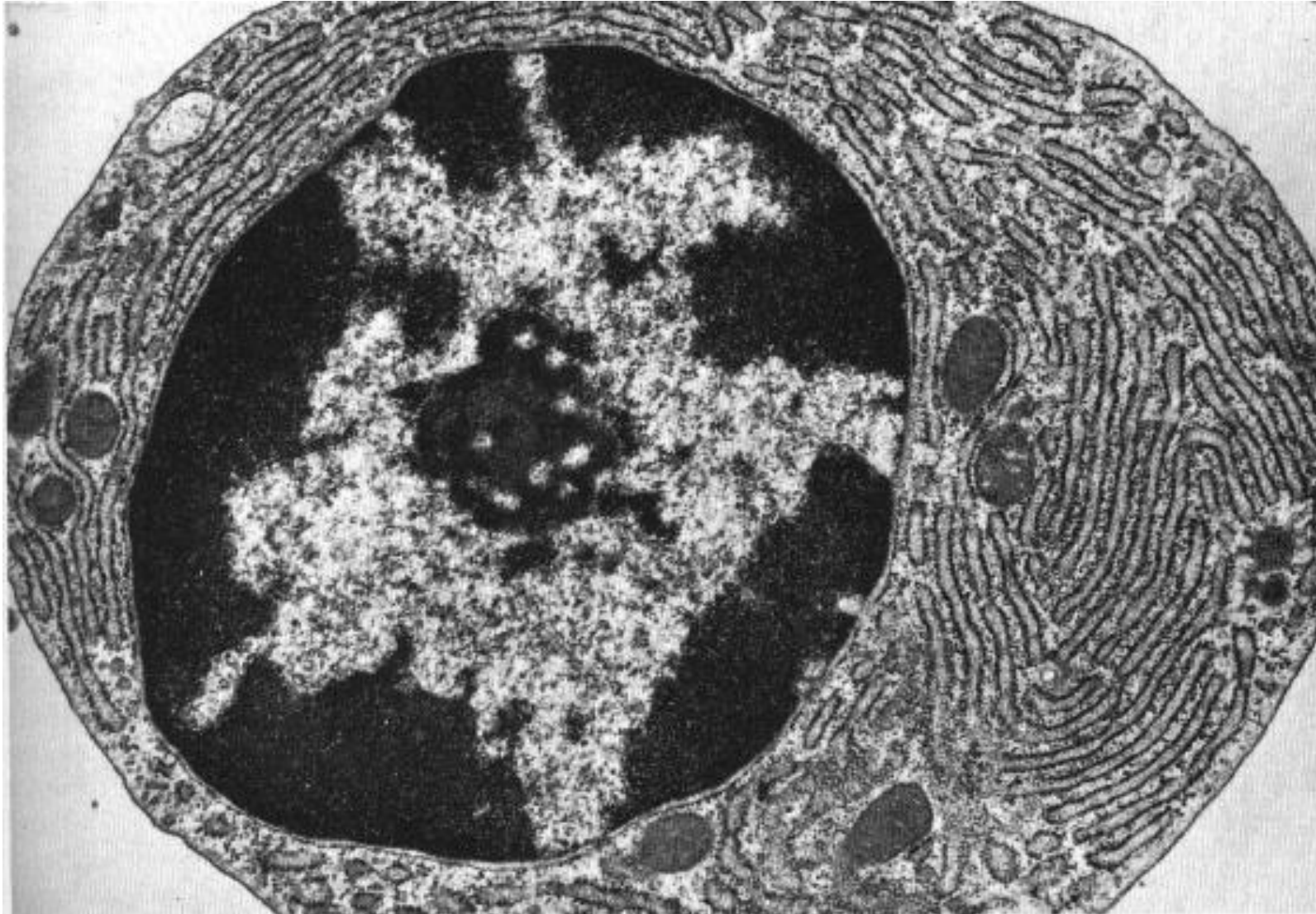


核

Electron micrograph of a guinea pig 形質細胞 plasma cell.

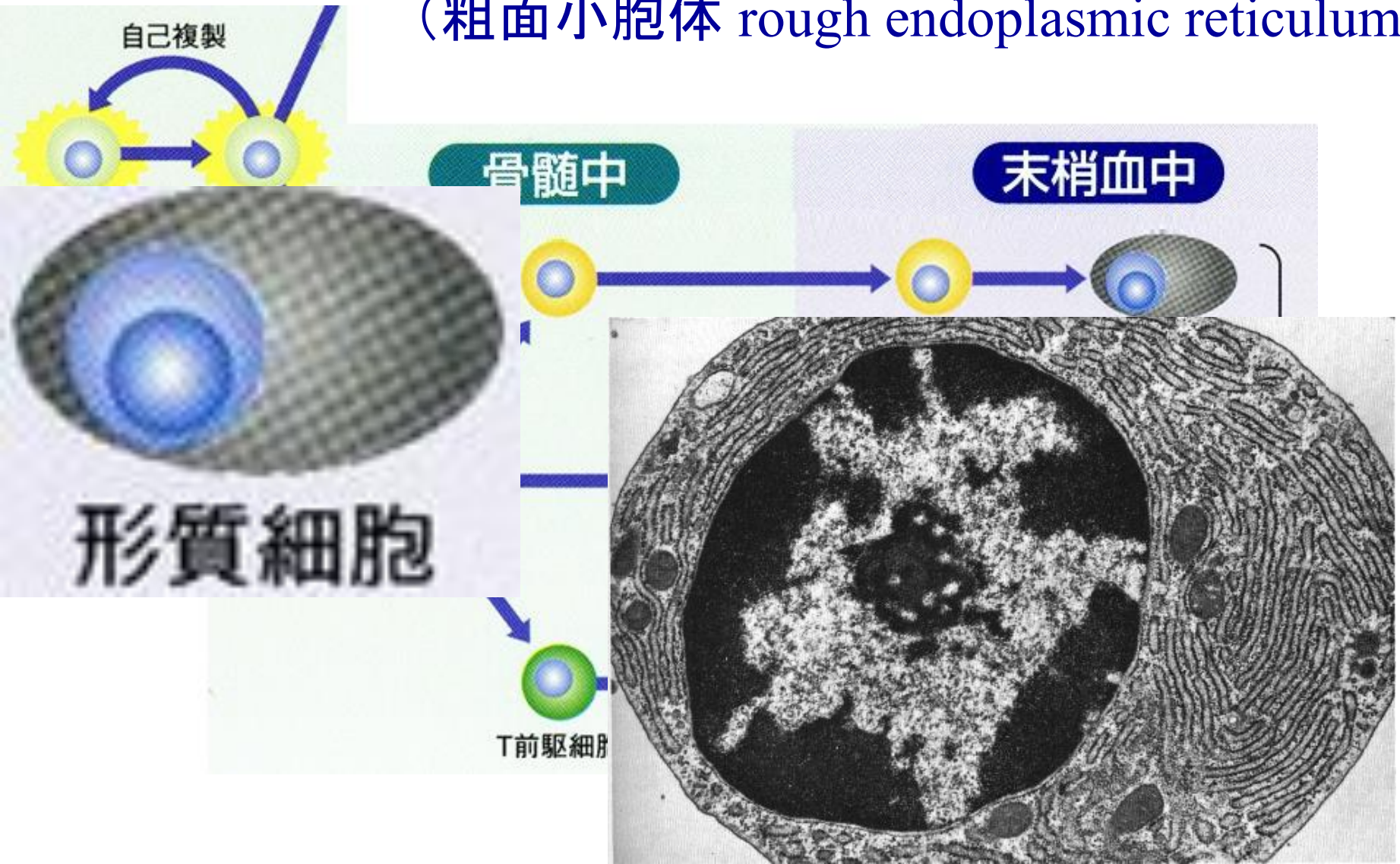
(粗面小胞体 rough endoplasmic reticulum)

→ 抗体 (antibody; protein) 產生・分泌細胞



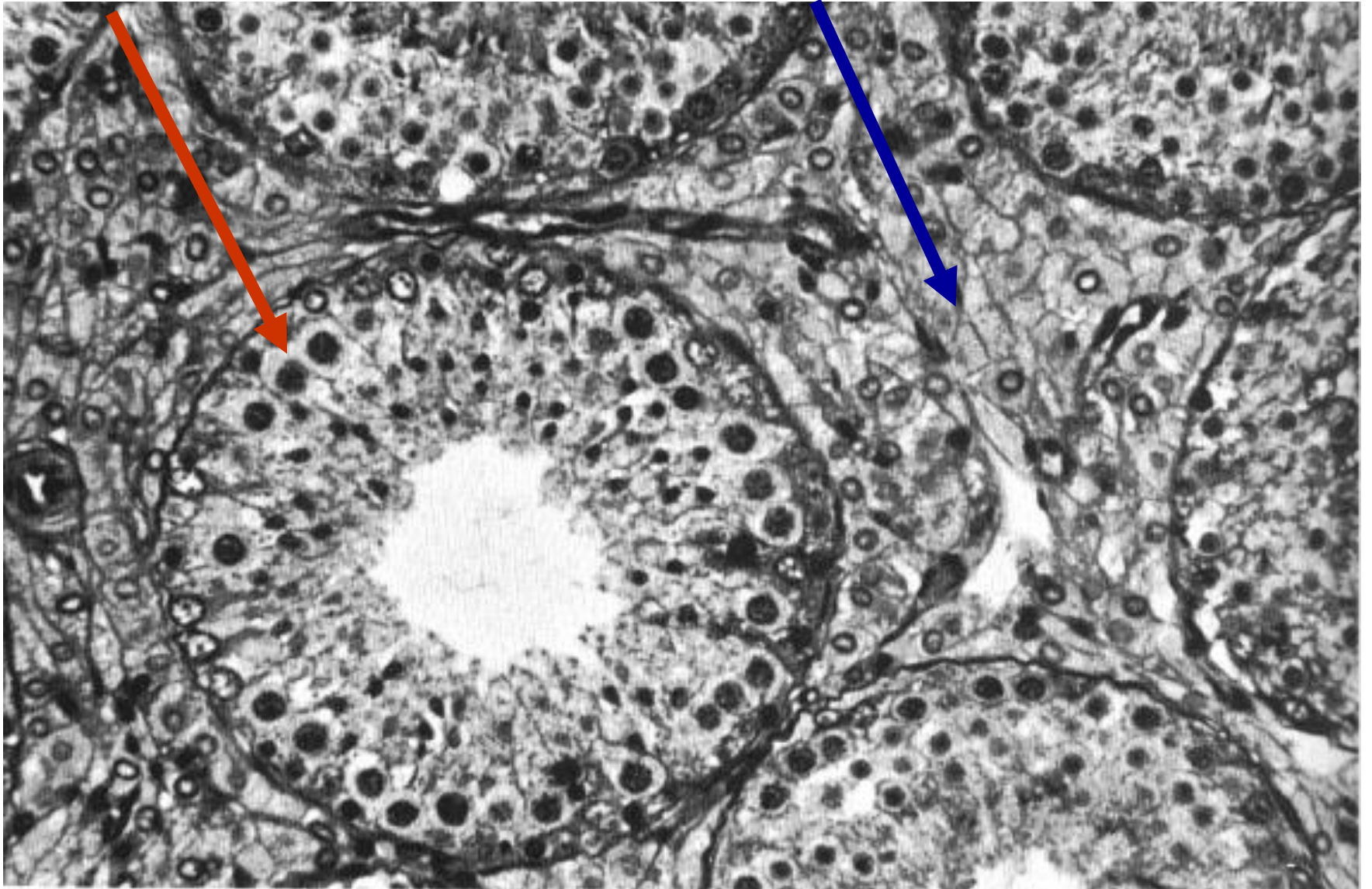
増殖と分化そして機能発現

抗体 (antibody; protein) 産生・分泌細胞
(粗面小胞体 rough endoplasmic reticulum)



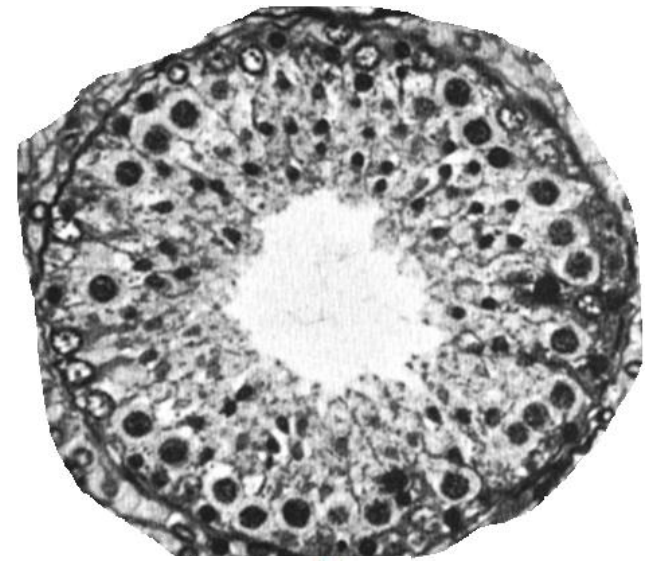
精巣testis

精細管seminiferous tubuleと間質細胞(テストステロン産生)



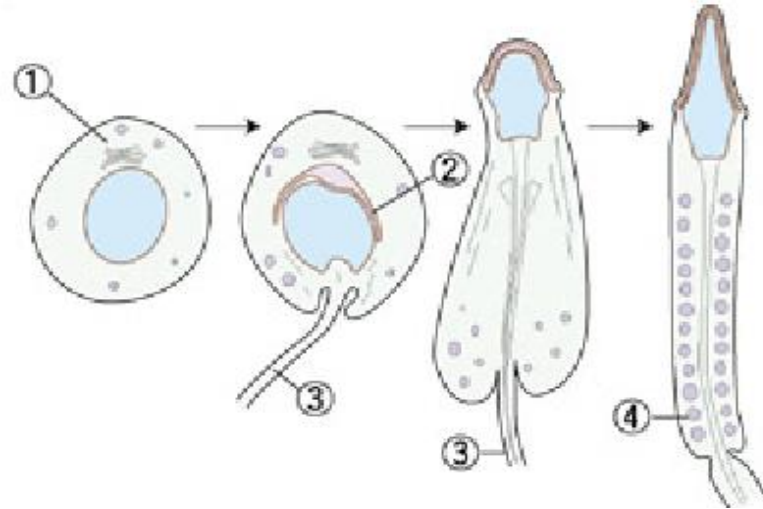
精細管 seminiferous tubule

精子形成 spermiogenesis



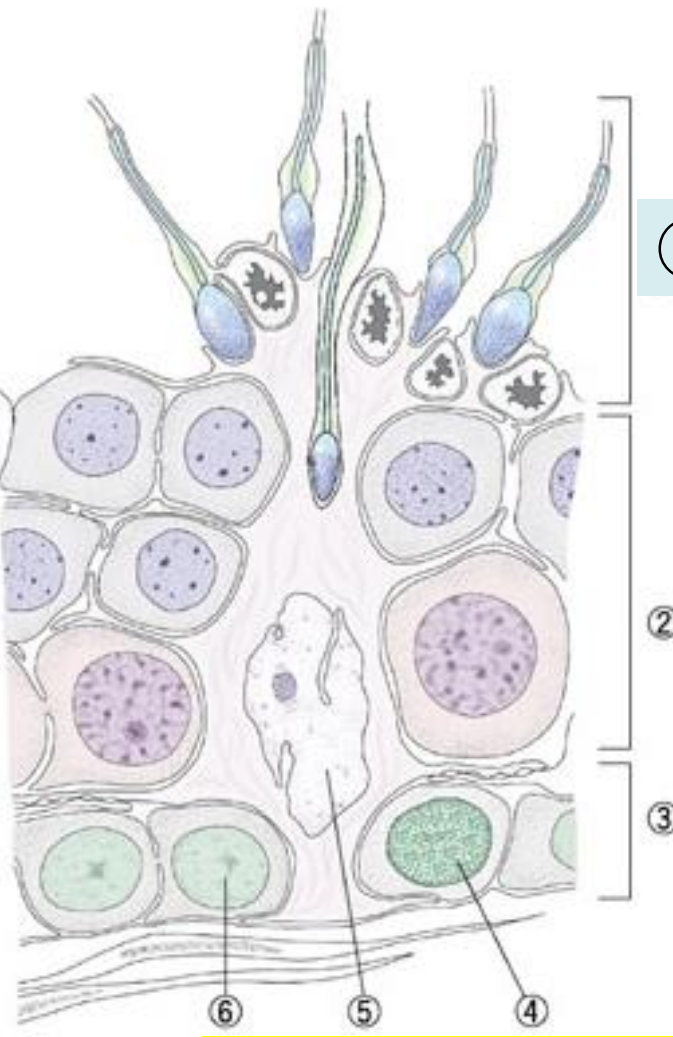
p318

①精子細胞、精子

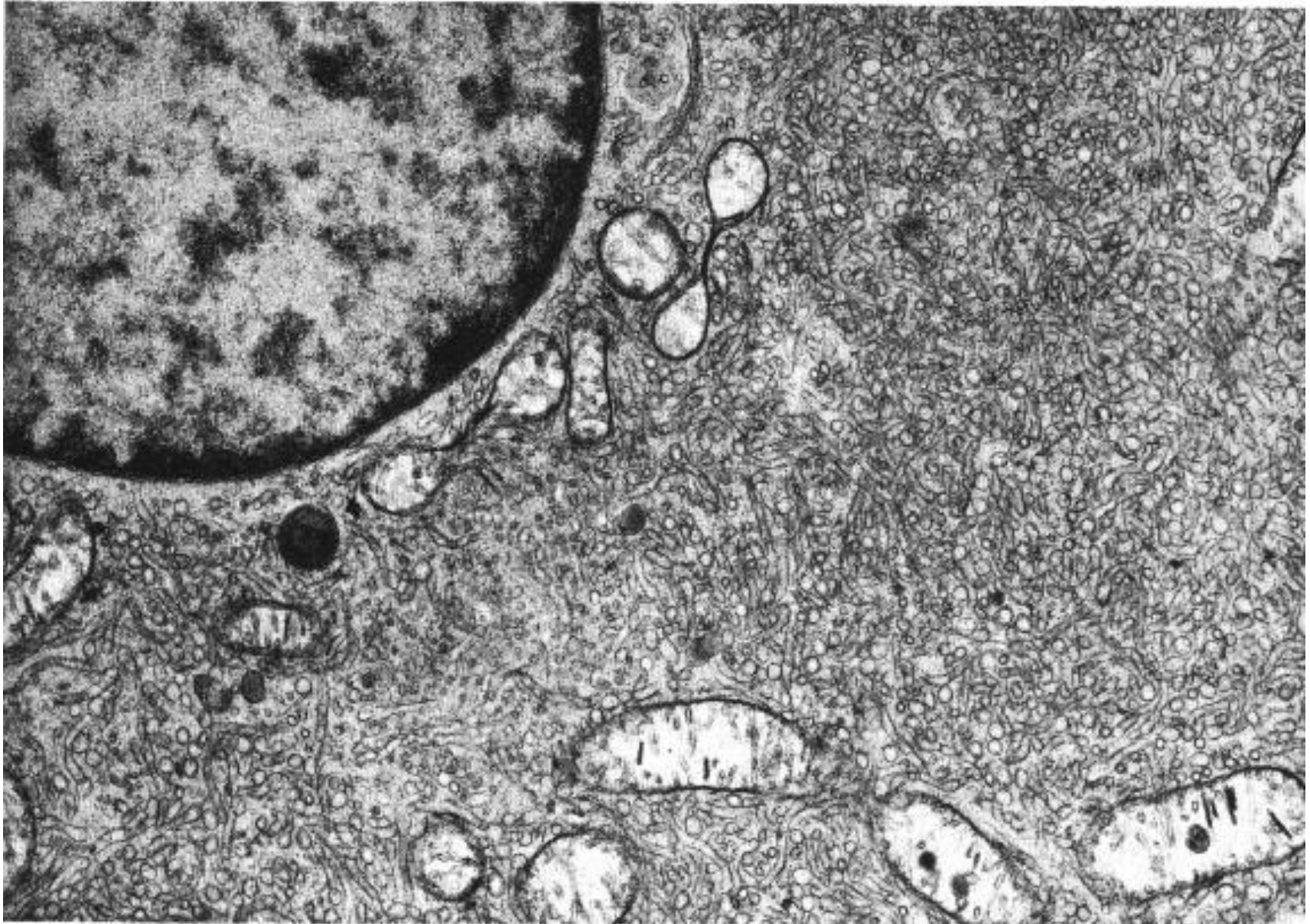


- ①ゴルジ装置の一部からの先体の形成,
- ②核の縮小・濃縮(頭部),
- ③遠位中心子からの鞭毛(尾部)の形成,
- ④ミトコンドリアが鞭毛の外側をらせん状に取り巻いてできるミトコンドリア鞘(中部)の形成,
- ⑤大半の細胞質の消失

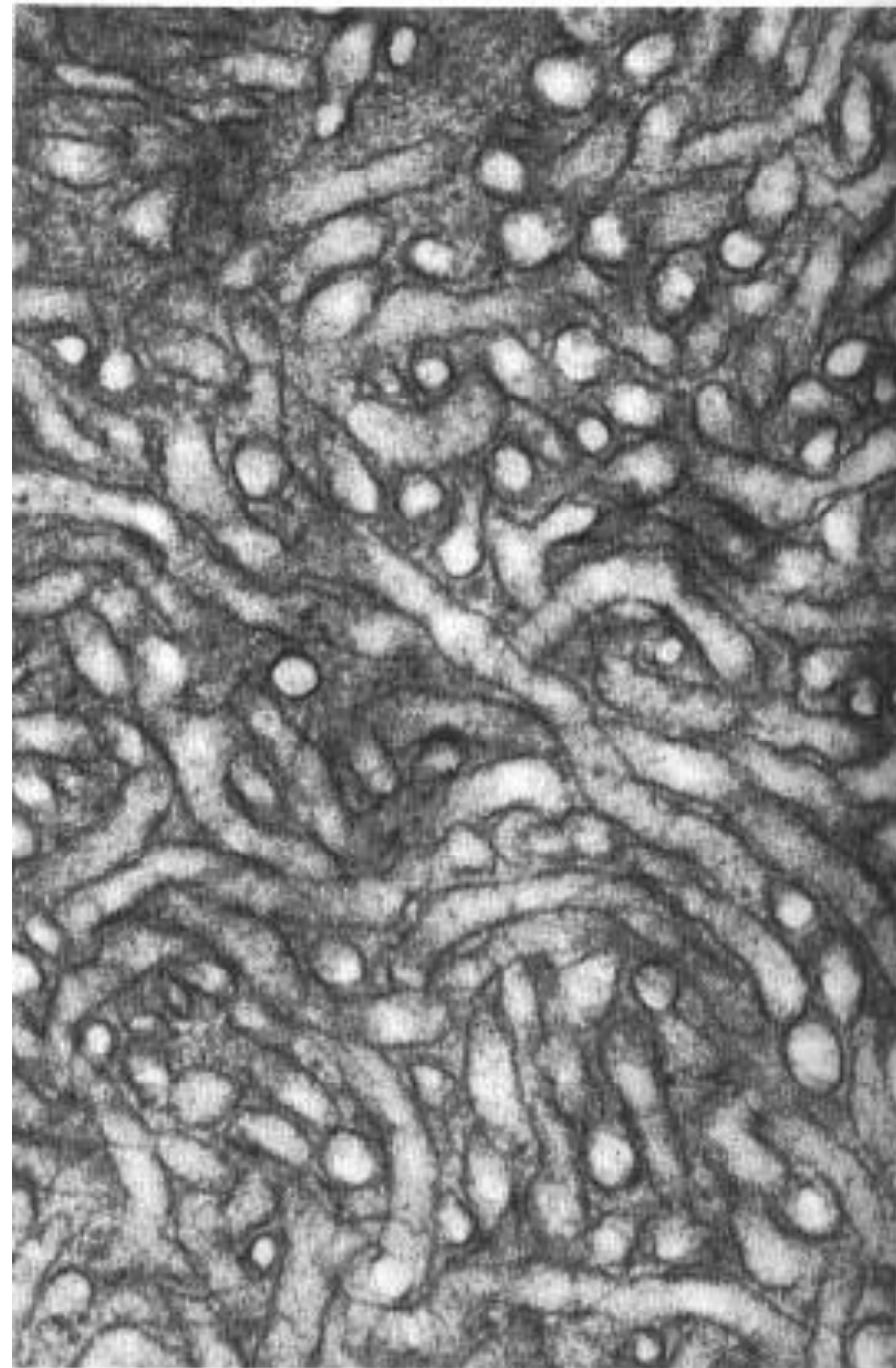
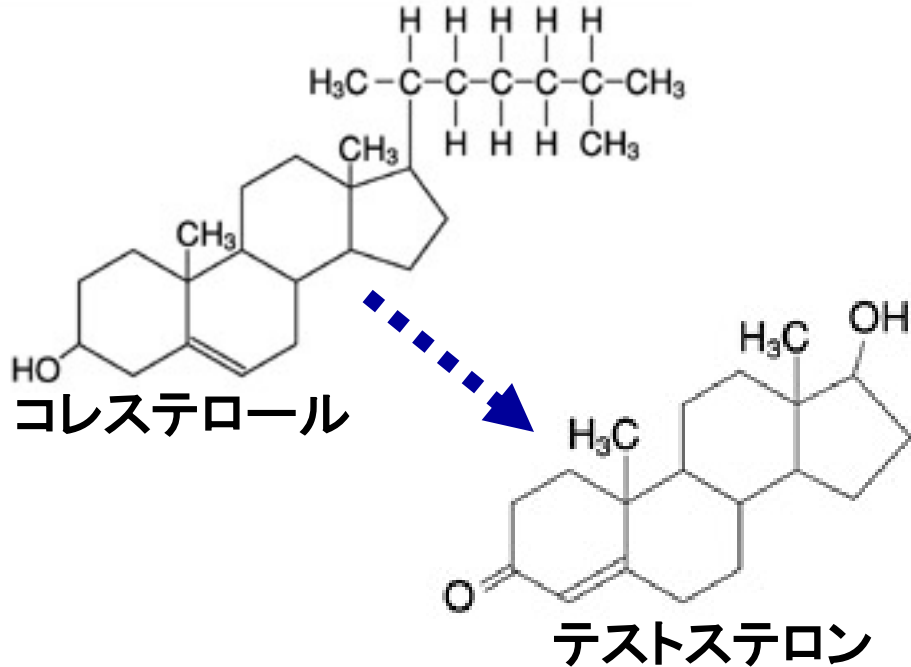
⑤セルトリ細胞



間質細胞(テストステロン産生)の脂肪滴と滑面小胞体 smooth endoplasmic reticulum)



Electron micrograph of human interstitial cell cytoplasm, illustrating the tubular character of the **smooth endoplasmic reticulum** and its extraordinary abundance.



第18回 Sendai Renal Research Seminar

• 20150507(木) 19:00～20:30

• 勝山館

座長 阿部高明

(分子病態医工学分野教授)

• Lecture 1 佐藤岳哉(分子薬理学分野准教授)

薬物誘発性心筋障害から見た**ミトコンドリア品質管理機構**

• Lecture 2 神吉智文(新潟大・医・腎研究施設教授)

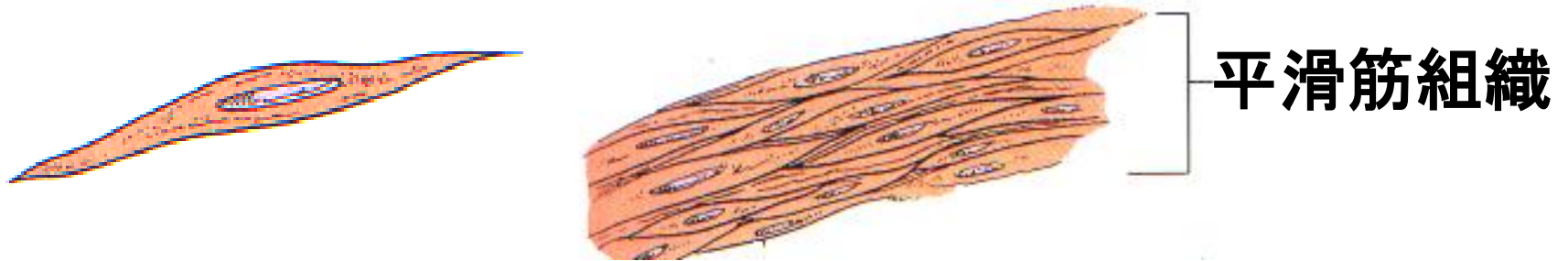
ミトコンドリアオートファジーの基礎研究とその臨床応用の可能性

主催 第一三共(株)

組織tissue p62

多細胞生物の同一の機能・形態を有する有機的細胞集団

平滑筋細胞



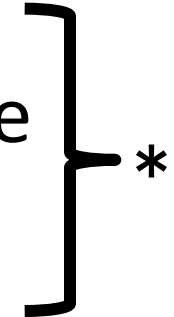
平滑筋組織

動物の組織は、形態的・機能的・発生的な根拠に基づき、以下のように分類される。

- ・上皮組織
- ・結合[支持]組織 (+血液)
- ・筋(肉)組織
- ・神経組織

幹細胞

結合[支持]組織 (+血液) p64

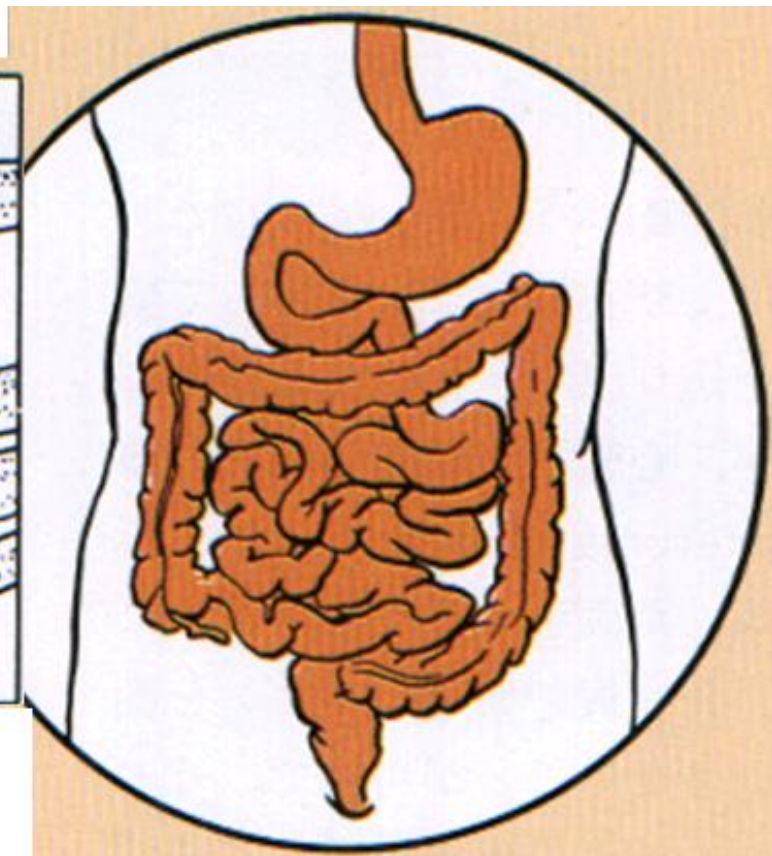
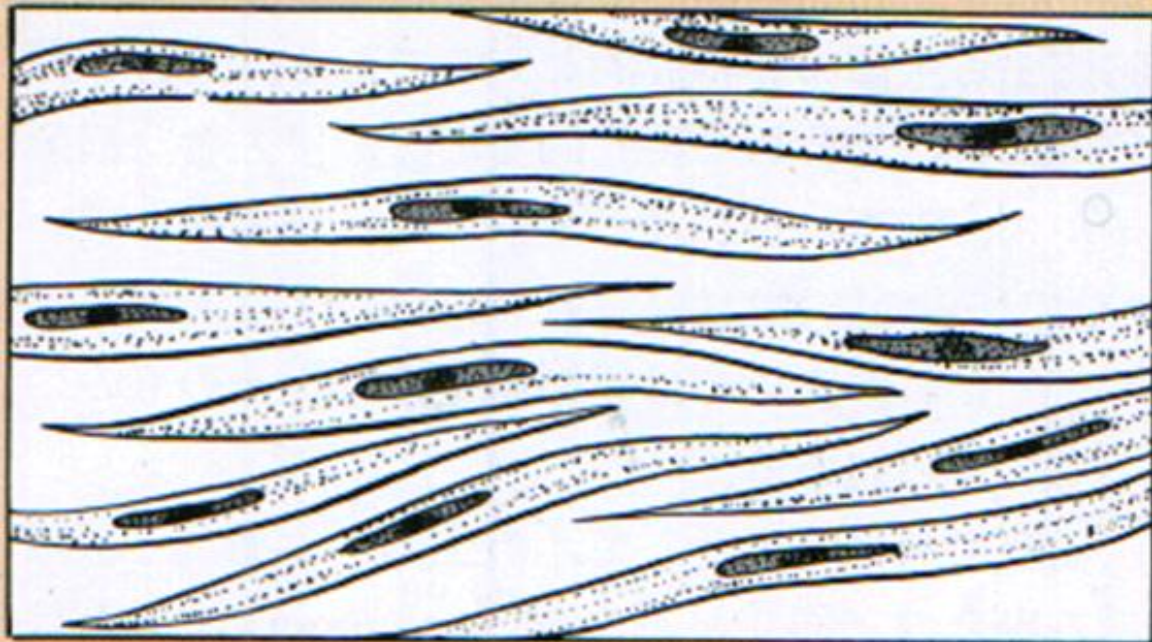
- 疎性結合組織 loose connective tissue
 - 密線維性結合組織 dense connective tissue
 - 細網組織 reticular tissue
- * 線維組織 fibrous tissues
- 脂肪組織 adipose tissue
 - 軟骨組織 cartilage
 - 骨組織 bone, osseous tissue
 - 血液 blood
- 

筋組織 muscle tissue p67

- 収縮，弛緩するために分化した細胞群であり，身体のさまざまな運動を引き起こす。
- アクチンとミオシンによるすべり現象。
- 構造と機能の差異によって，骨格筋（腱，骨とともに運動器官として随意に働く），心筋（自動収縮能），平滑筋（蠕動運動、血管抵抗の緊張）の3種類に分けられる。

筋組織 muscle tissue

(1) 平滑筋 smooth muscle



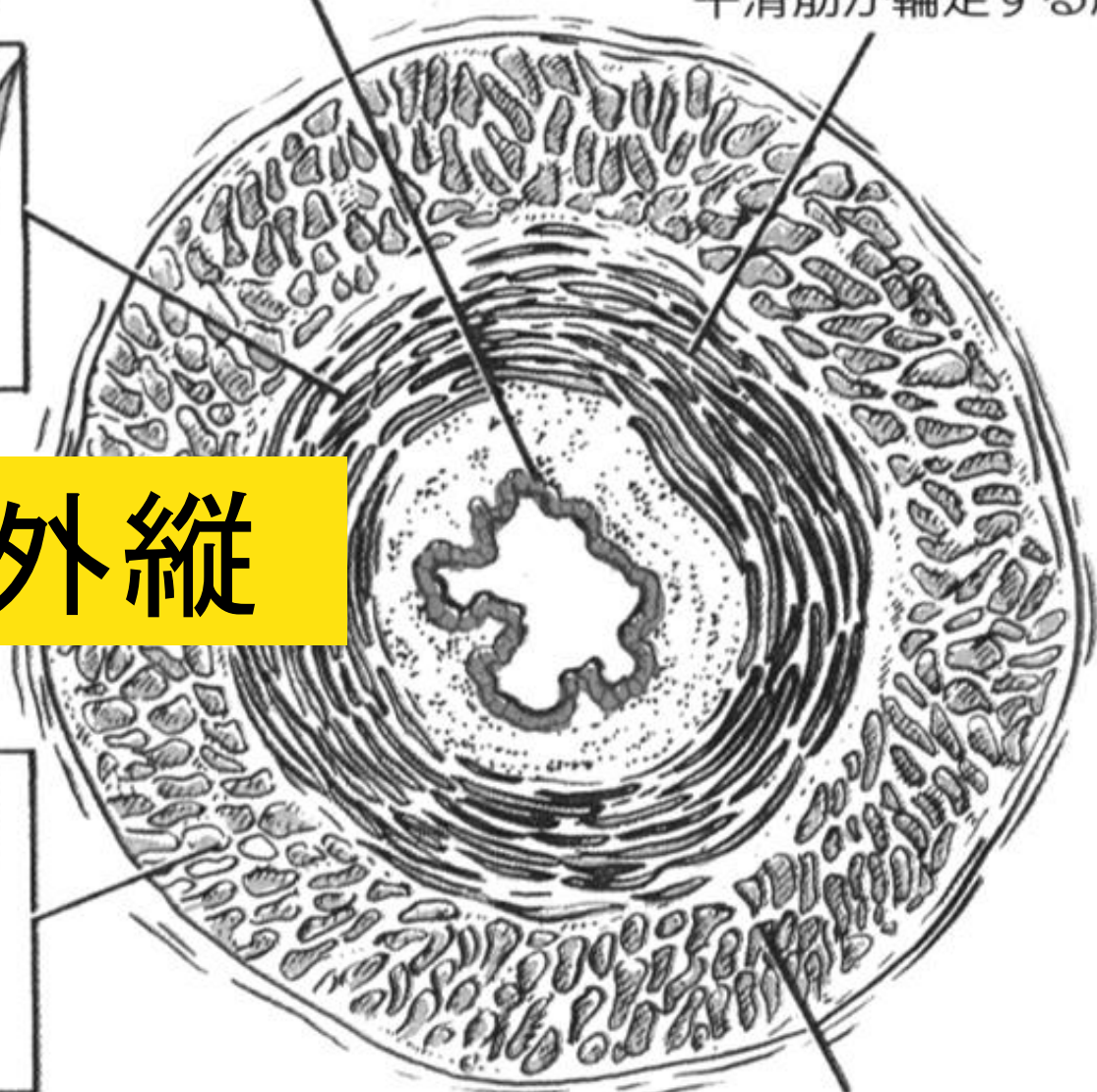
精管の横断面

細胞の縦断面

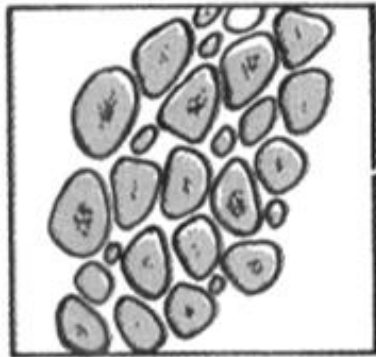


上皮

平滑筋が輪走する層



内輪、外縦

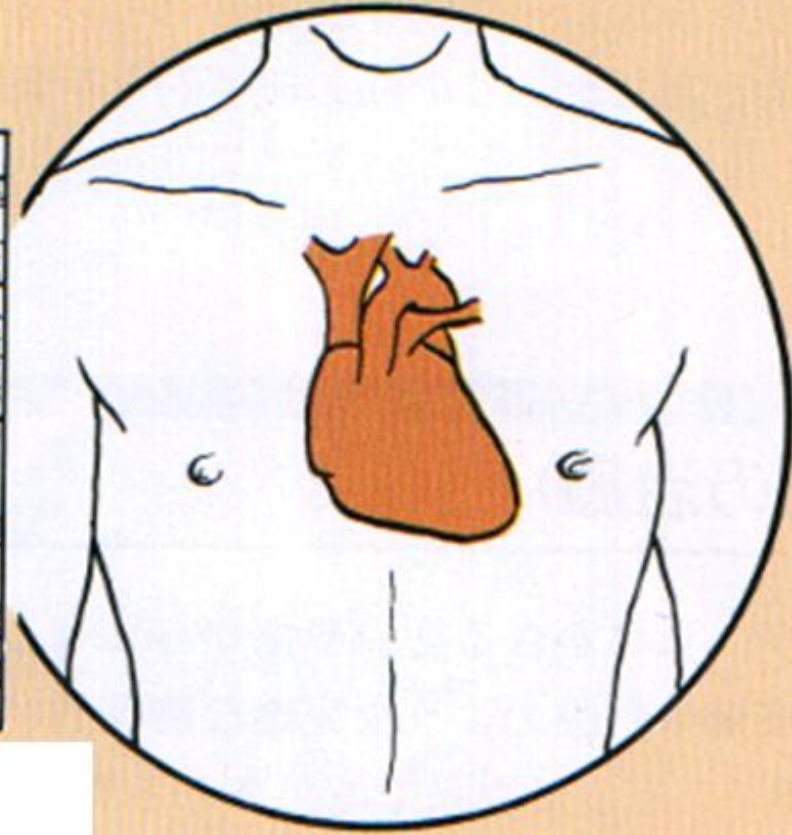
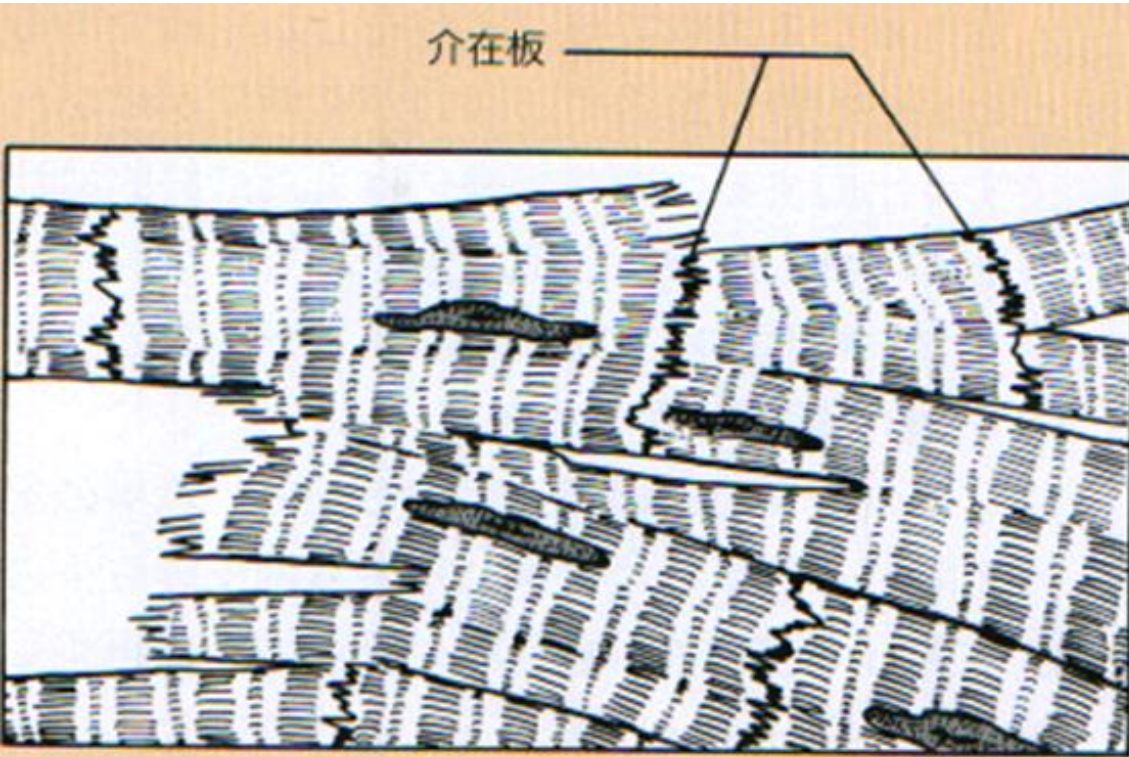


細胞の横断面

平滑筋が縦走する層

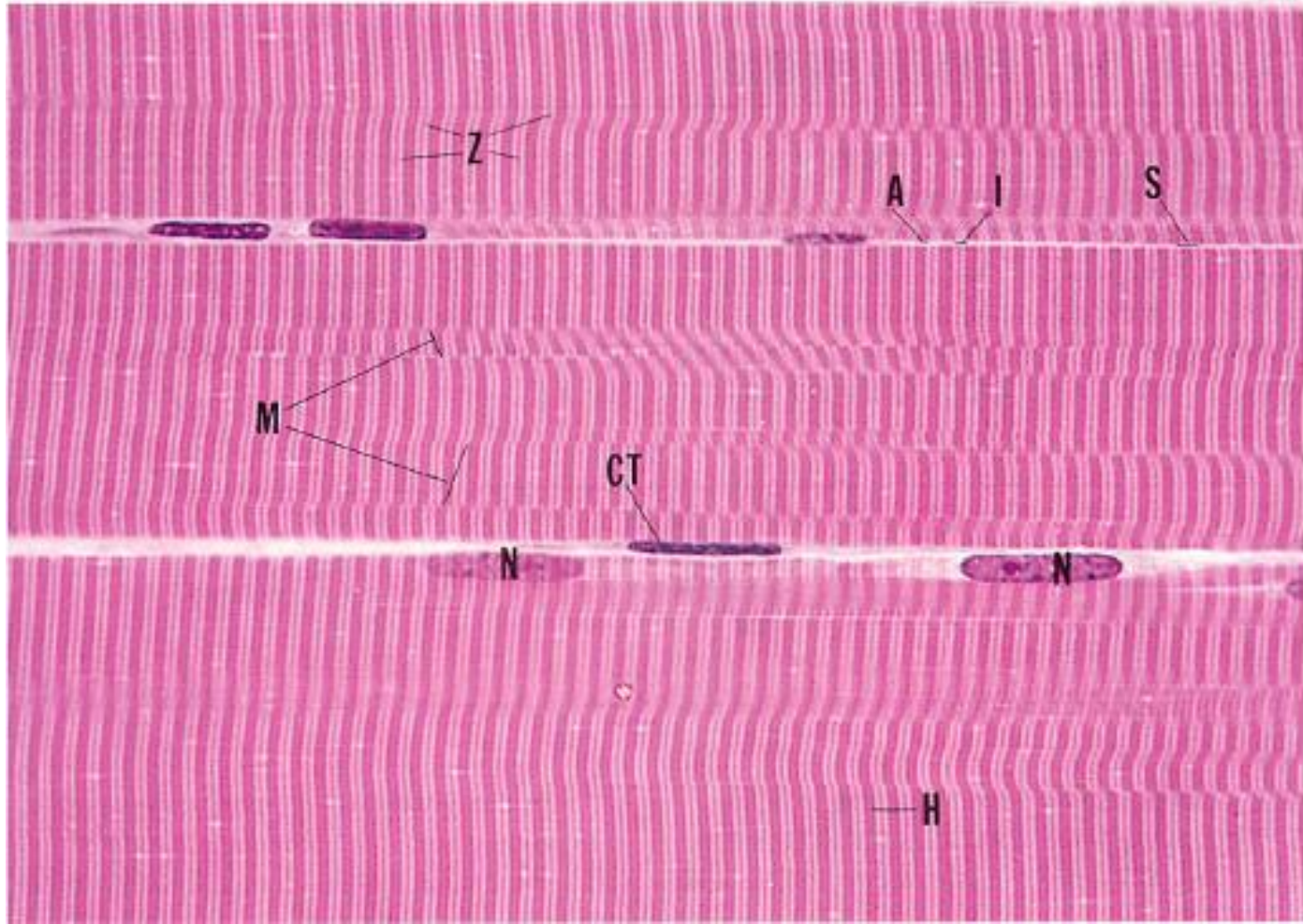
筋組織 muscle tissue

(2) 心筋 cardiac muscle

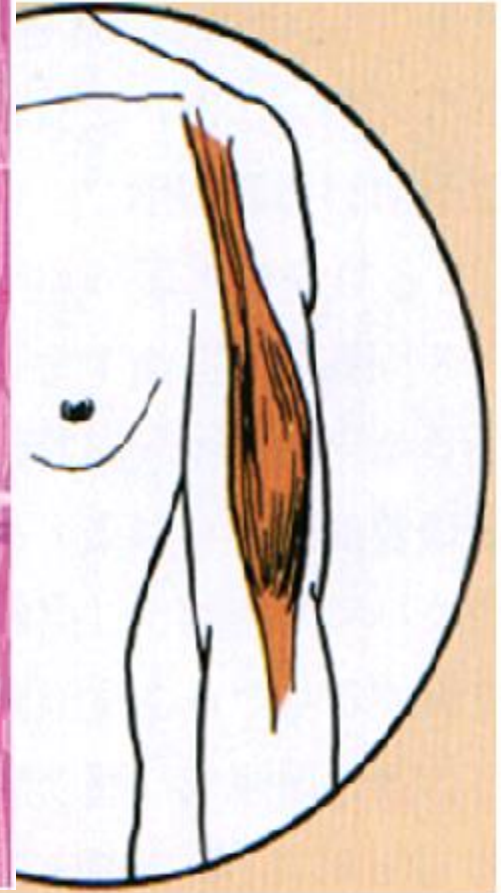


橫紋筋

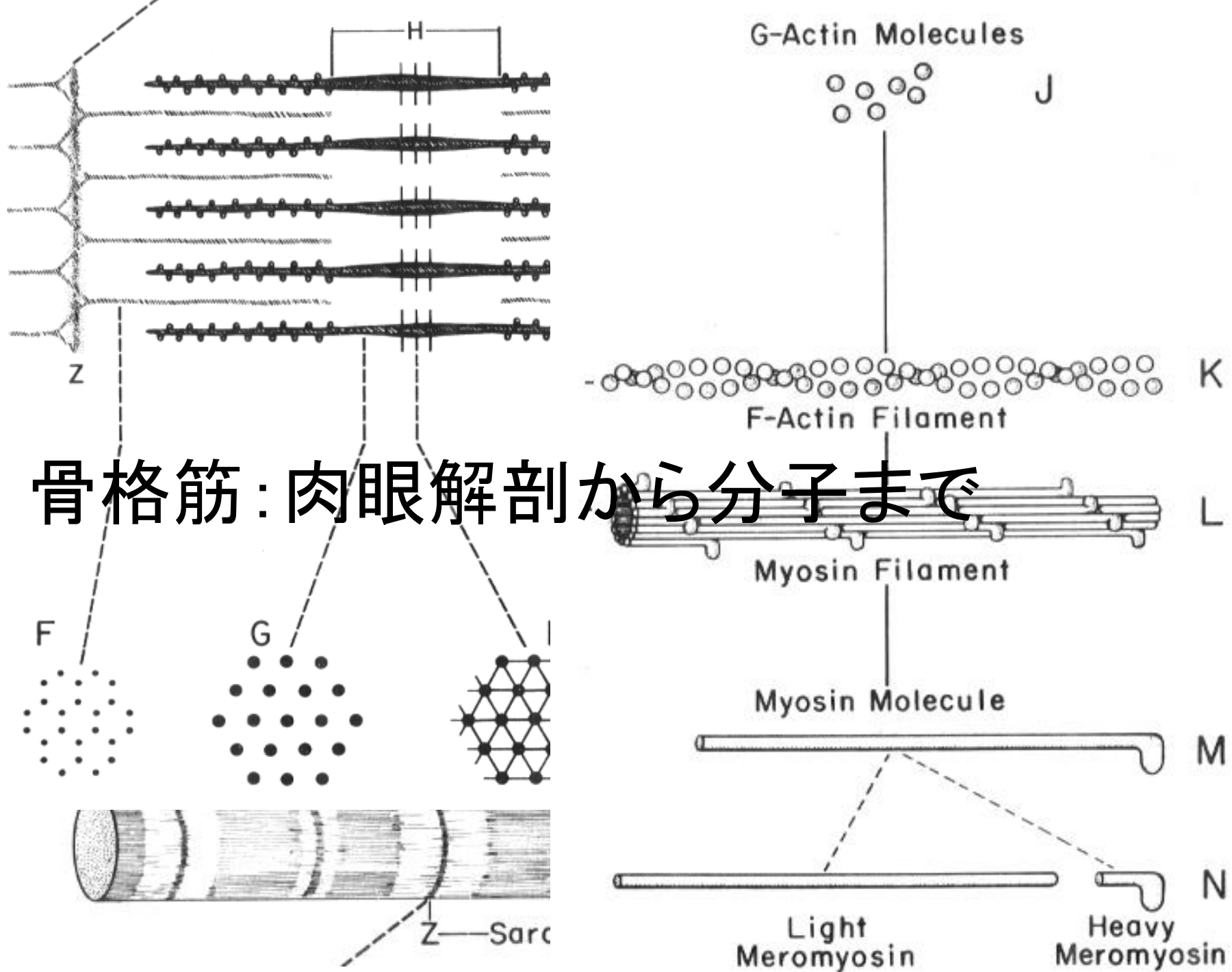
筋組織 muscle tissue



le



多核の横紋筋細胞



SR筋小胞体: smooth ERの一種; Ca貯蔵・遊離 release

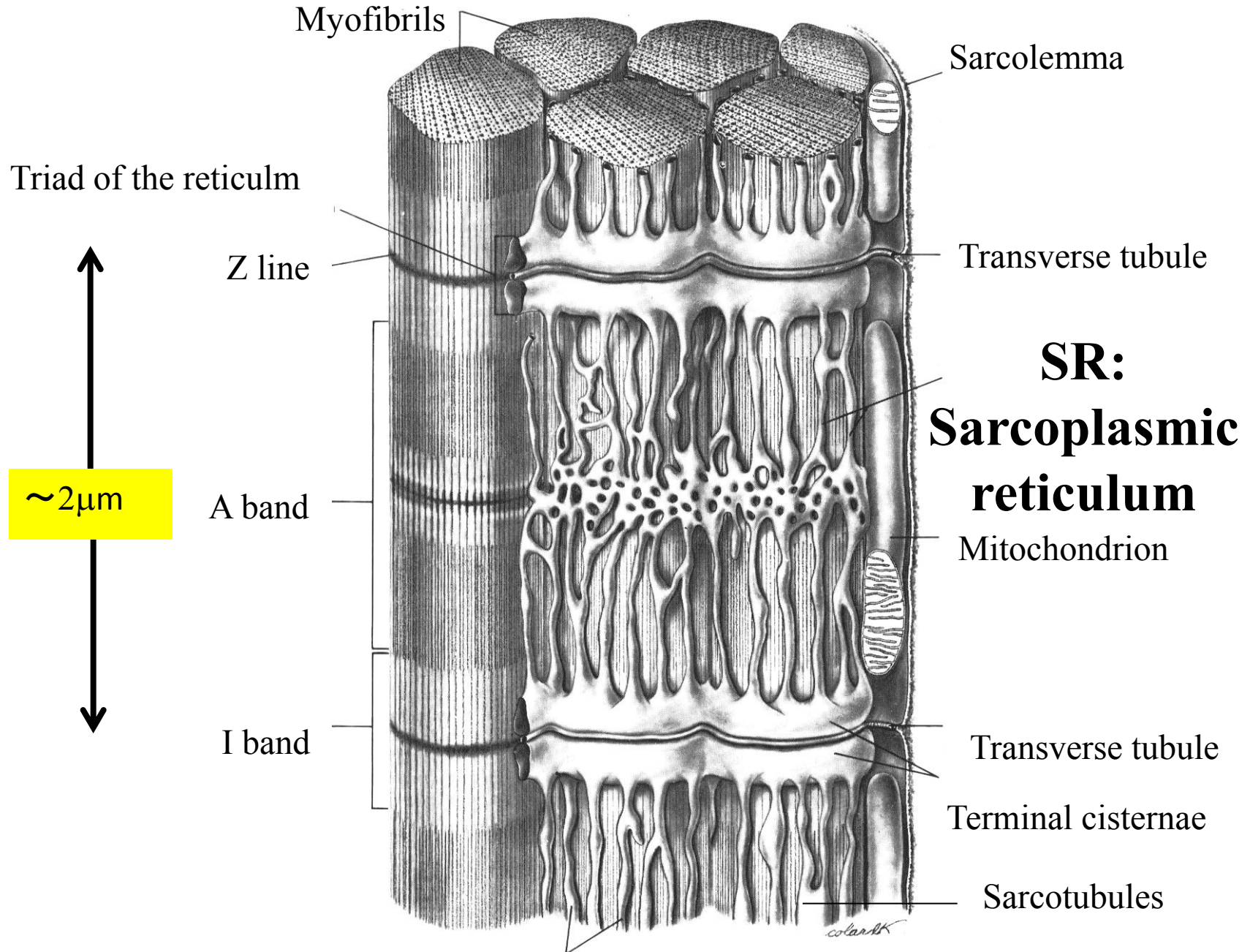
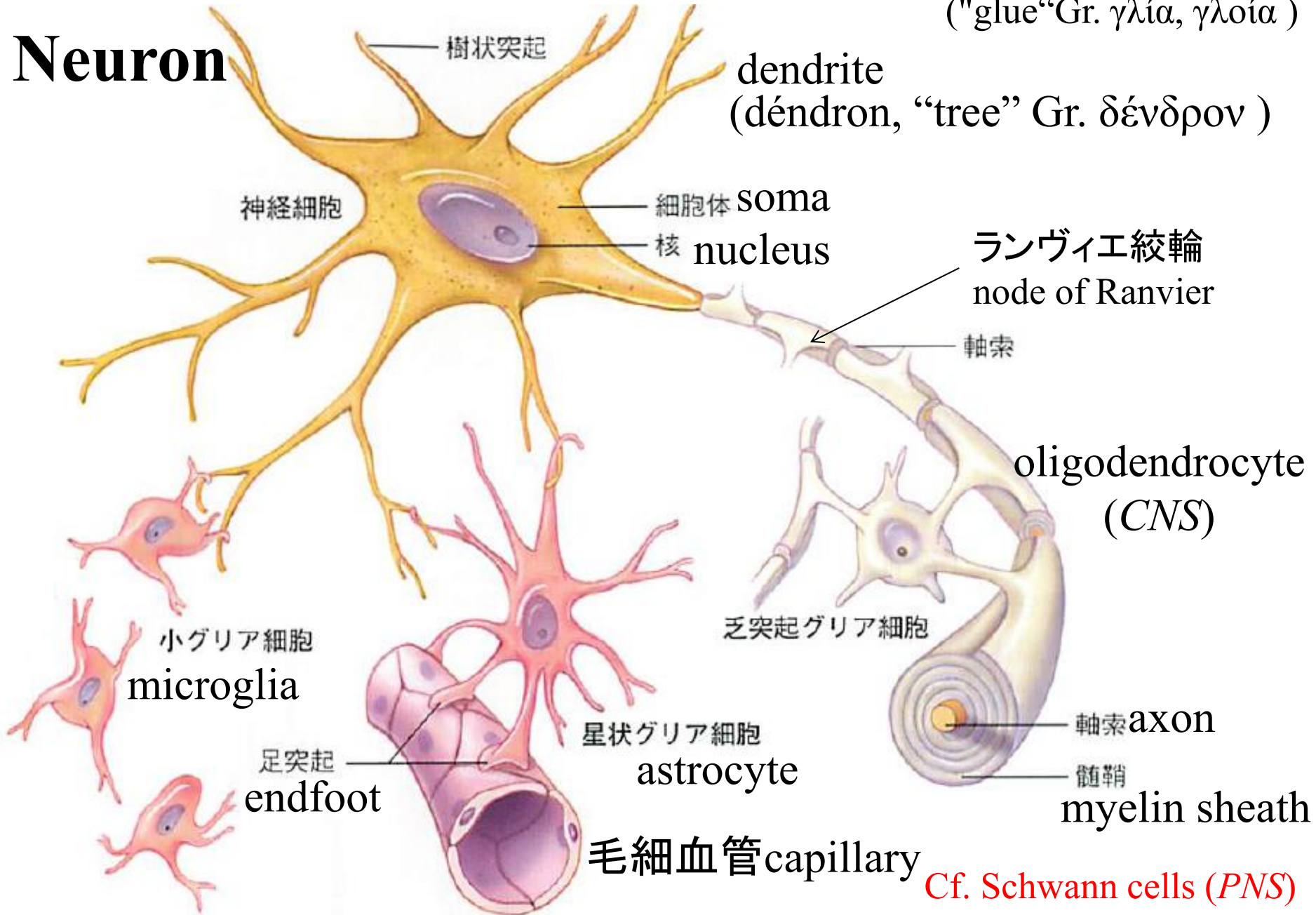


図4.7 神経細胞とグリア細胞 Neuroglia, Glia

("glue" Gr. γλία, γλοία)

Neuron



p247

Specific Excitants

神経細胞

ニューロンは電氣的にコントロールされた分泌を行う細胞

DENDRITIC ZONE

Excitatory or Inhibitory input

AXON ORIGIN

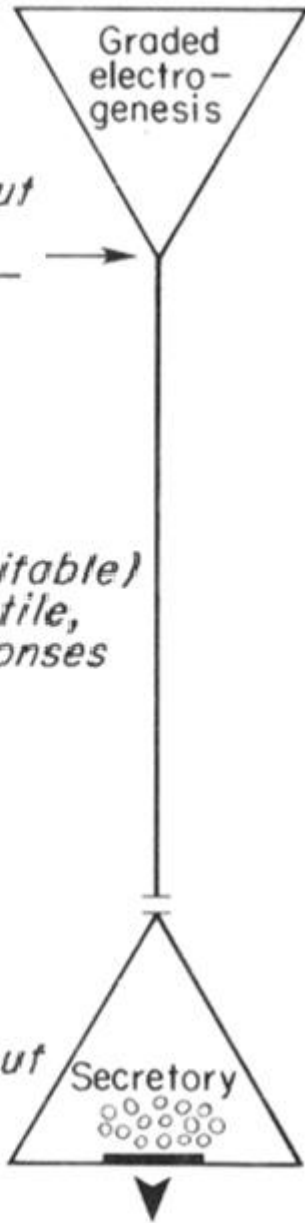
AXON

*(Electrically excitable)
Conducted, pulsatile,
all-or-none responses*

SYNAPTIC TELODENDRIA

Chemical or Electrical output

(After Grundfest)



運動神経

皮膚感覚神経

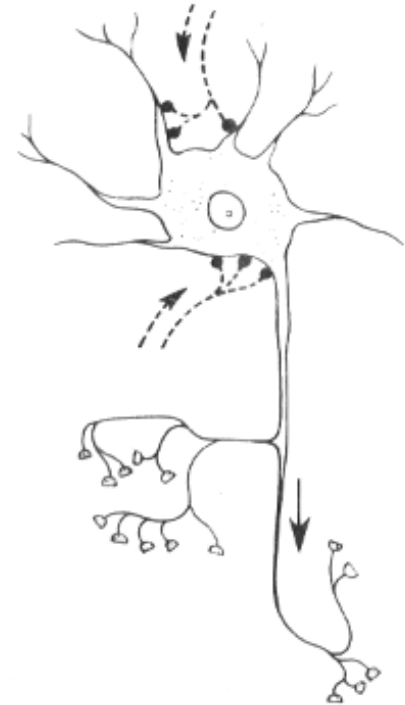


活動電位の伝導



ACh

骨格筋

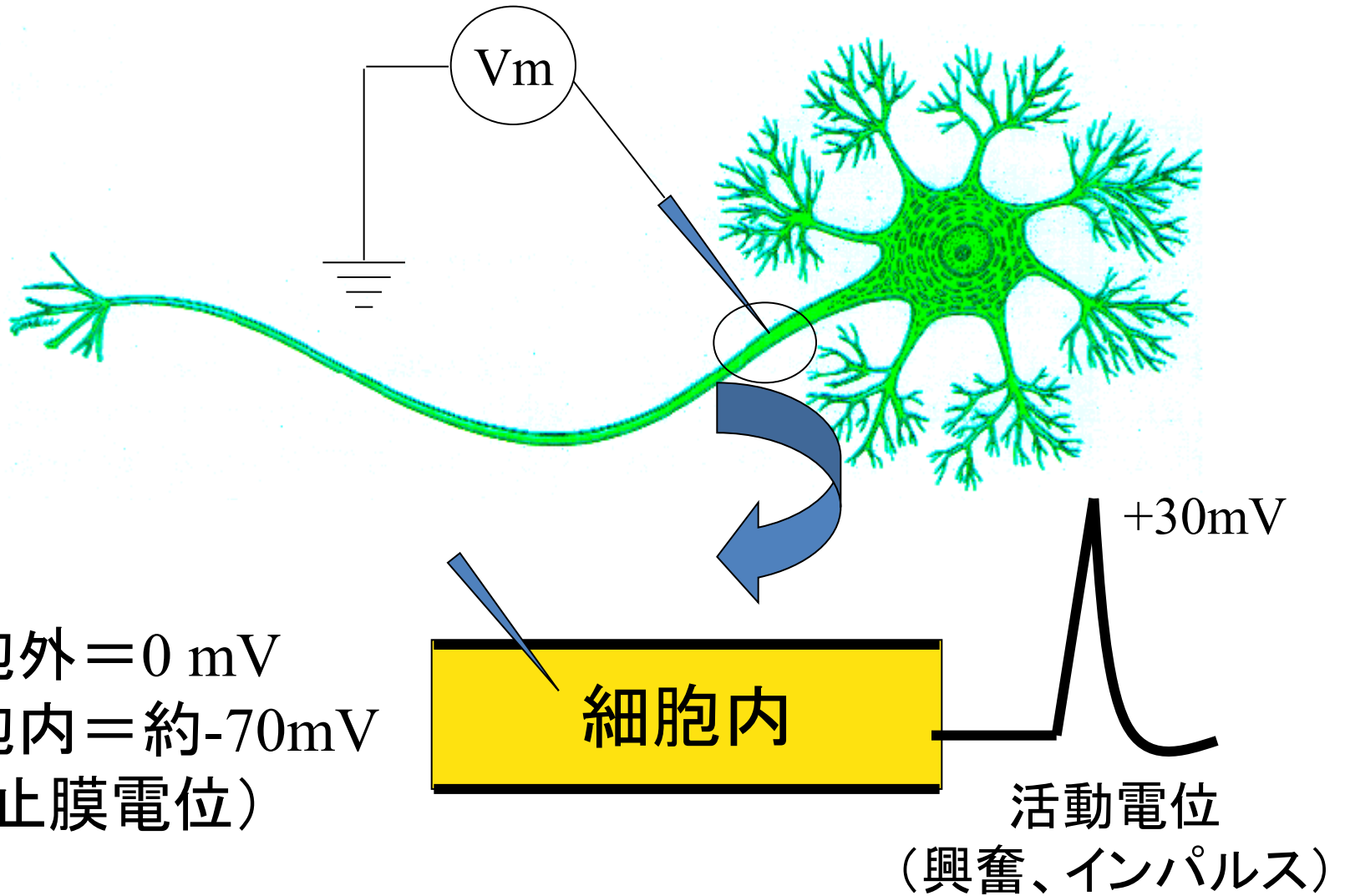


介在神経

Glu, Sub. P

他の神経細胞

p249 膜電位 membrane potential (Vm)
ガラス微小電極 microelectrode (先端 ~0.1 μ m)



平衡電位 equilibrium potential

ネルンスト電位 Nernst potential

特定のイオンについてイオン電流がゼロになる電位。イオンは細胞内外の濃度差に従い濃度の高い方から低い方へと拡散する。これに釣り合って正味の拡散をゼロにする電位。ネルンストの式で計算される。K⁺イオンの室温での平衡電位E_Kは、

$$E_K = 60 \cdot \log ([K^+]_o / [K^+]_i) \quad (\text{mV})。$$

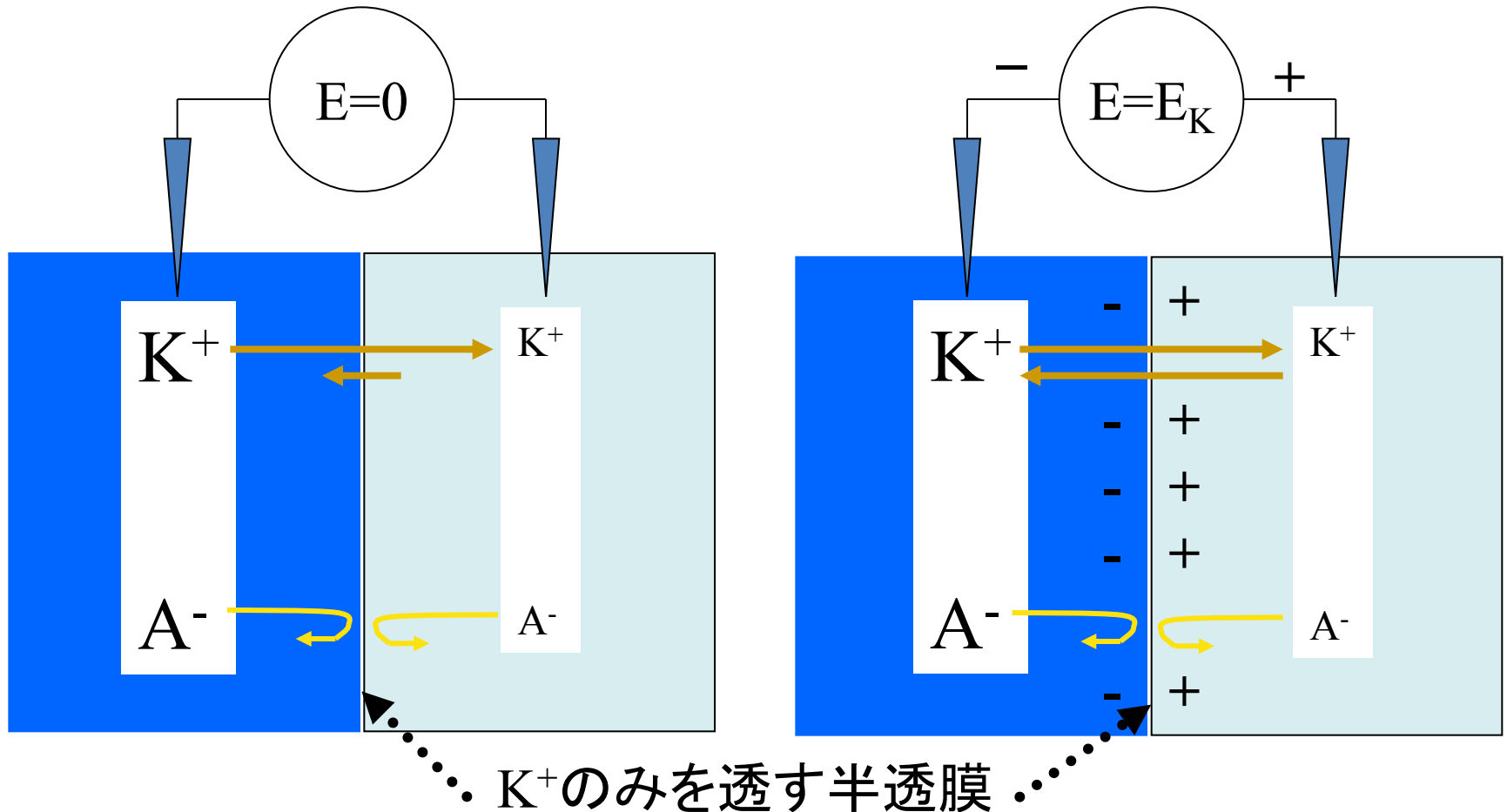
[K⁺]_o, [K⁺]_iはそれぞれ細胞外および細胞内のK⁺濃度。

平衡電位 equilibrium potential ネルンスト電位 Nernst potential

$$E_K = 60 \cdot \log([K^+]_o/[K^+]_i) \text{ (mV)}$$

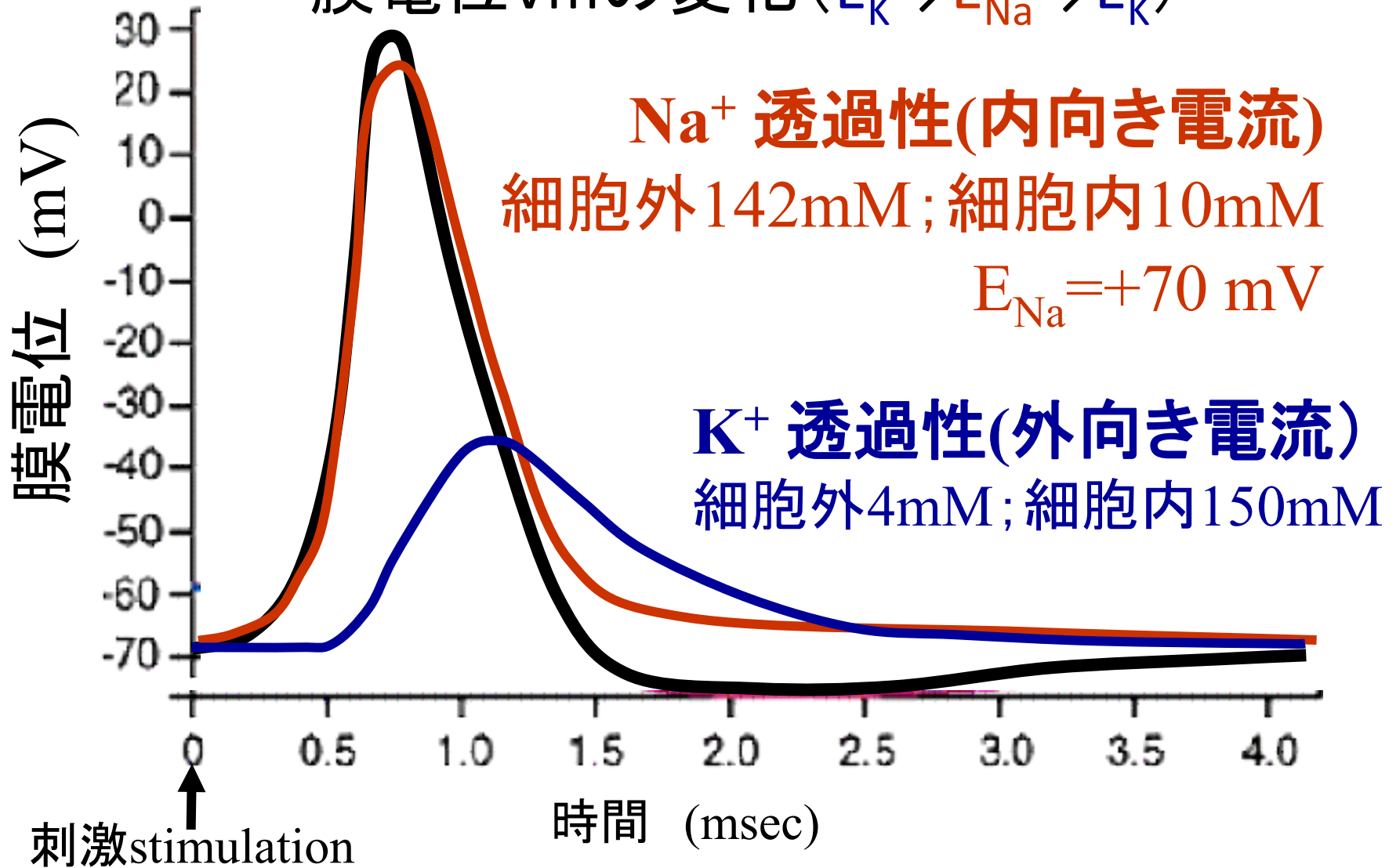
$$E_K = 60 \cdot \log(4/155) = -98 \text{ (mV)}$$

濃度勾配 gradientと電位差 potentialのせめぎあい。

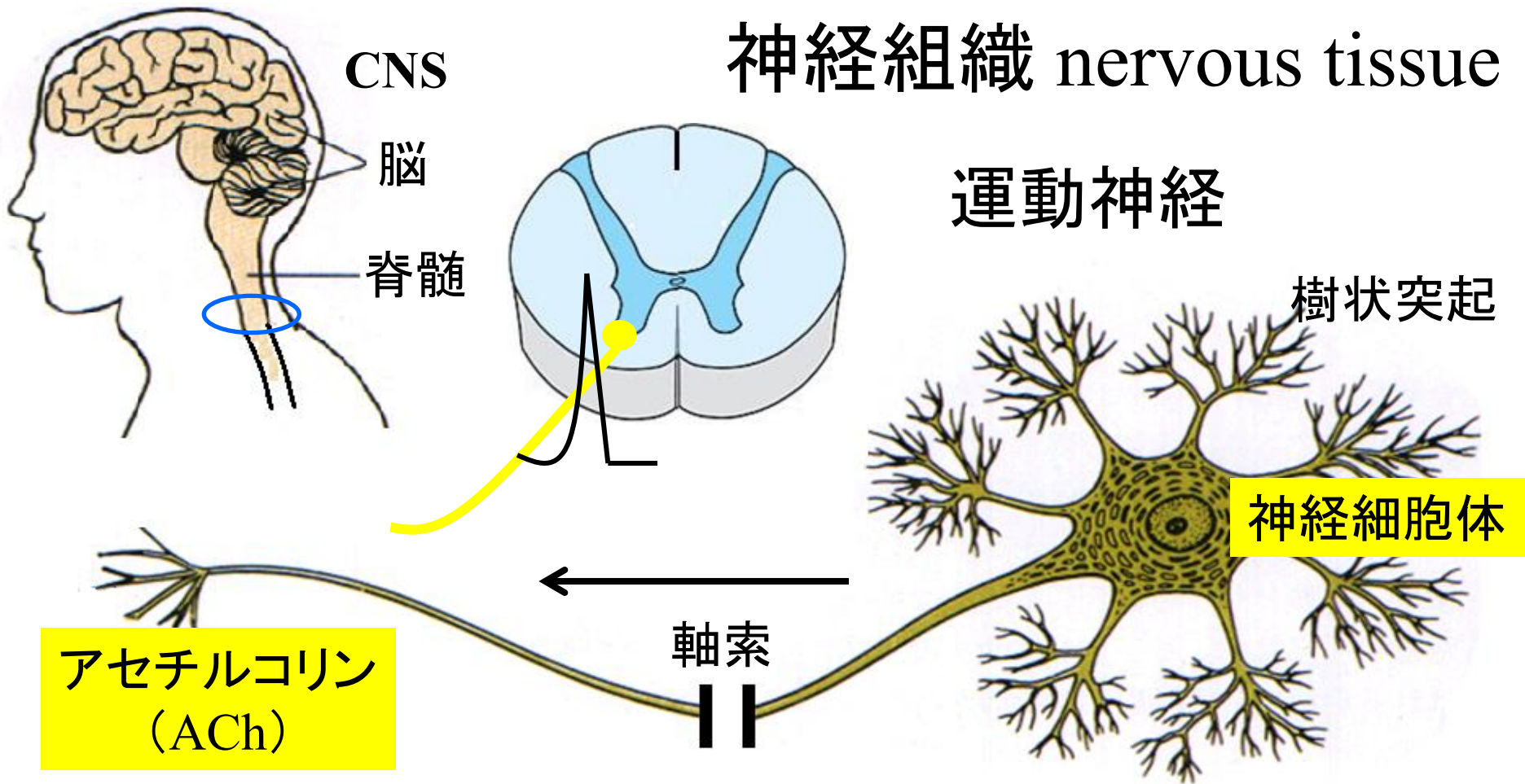


神経活動電位 action potential

膜電位 V_m の変化 ($E_K \rightarrow E_{Na} \rightarrow E_K$)



神経組織 nervous tissue



遠心性末梢神経 efferent peripheral nerve

(運動神経線維 motor nerve fiber, 運動線維 motor fiber)

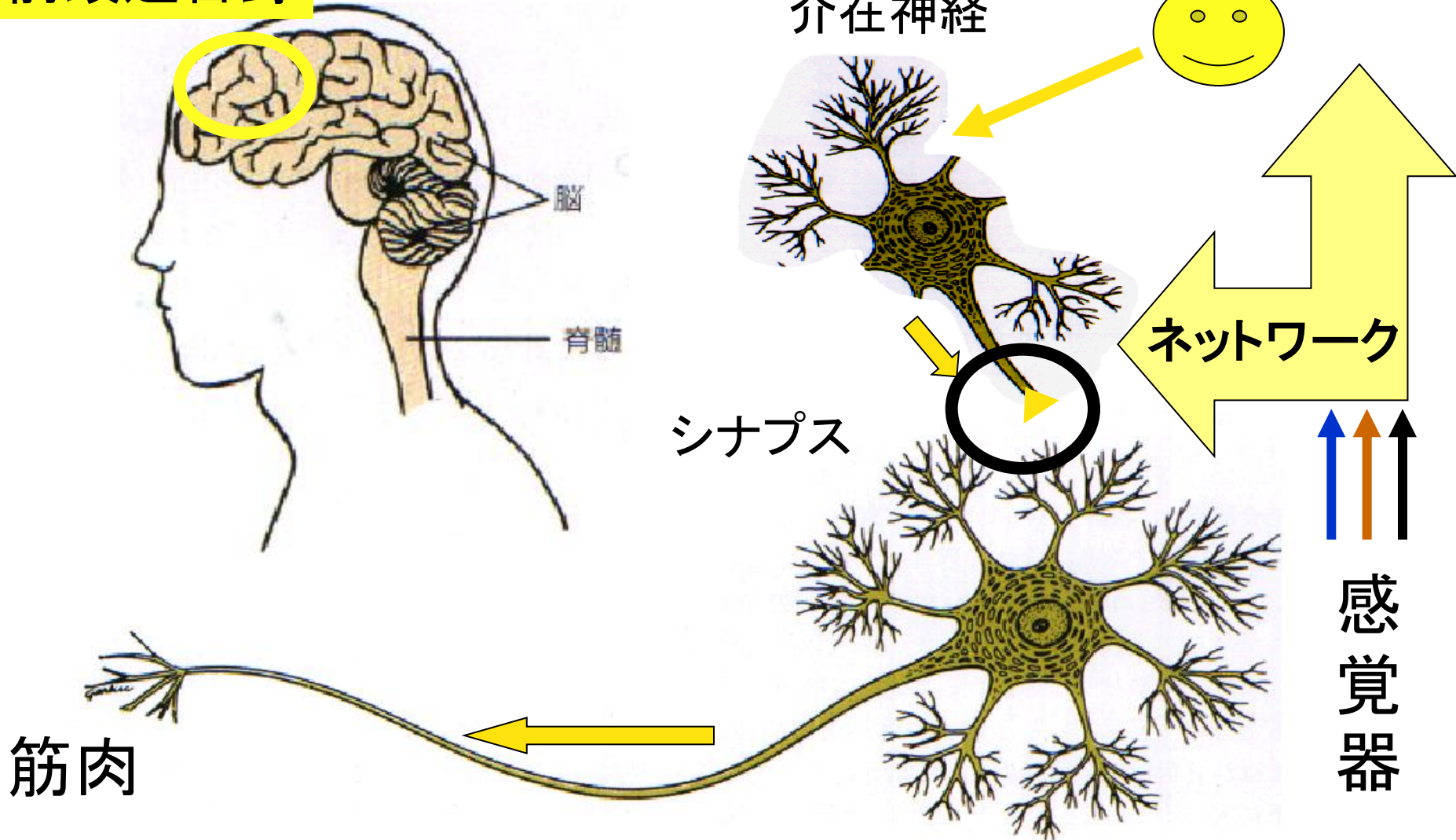
中枢神経内の神経細胞体から生ずる活動電位を、脳神経または脊髄神経を經由して末梢の器官や組織へ伝導する神経線維。

ニューロンは電氣的にコントロールされた分泌を行う細胞。

神経系はネットワーク

前頭連合野

自我:統合者



介在神経

ネットワーク

シナプス

筋肉

感覚器

教不嚴

師怠也

教えて嚴ならざるは、
師、怠るなり。

なぜ薬理学を学び、
教えるのか

東北大学機関
リポジトリ
TOUR

日本薬理学雑誌2002年8月号(120巻2号)p.71-72掲載
の巻頭言「アゴラ」掲載記事に付録を加えた資料

<http://ir.library.tohoku.ac.jp/re/handle/10097/53883>

ミニットペーパー(4題あります)

20150424

学籍番号と名前を書きなさい。

1. 膜輸送タンパク質の分類表を示しなさい。
2. 細胞骨格の3種のフィラメントをあげ、細胞分裂にかかわっているものを簡潔に説明しなさい。
3. Endoplasmic reticulum (ER) には大きく2種類ある。列記して簡潔に説明しなさい。

ミニットペーパー

4. **5結合組織**と**3筋組織**を列記しなさい。

提出は後ろの席から順番に速やかに前に送ってください。
(不正は許しません)



東北大学良陵同窓会定期総会 特別講演会

日時 平成27年5月16日(土)午後4時～

会場 勝山館 仙台市青葉区上杉2丁目1-50

福岡伸一教授 (生物学者、青山学院大学理工学部)

「生命を捉えなおす～動的平衡の
視点から～」

帝国大学医学部百周年



東北大学