

# タンパク質の合成 - リボソームと小胞体

---

- 1 . タンパク質合成に関係する役者たち
- 2 . リボソームの構造
- 3 . リボソーム上での翻訳
- 4 . タンパク質分子の構造
- 5 . ゴルジ装置で分泌顆粒へ

関連するサイトとリンク Protein: Life's Workhorse

[http://biop.ox.ac.uk/www/mol\\_of\\_life/index\\_b.html](http://biop.ox.ac.uk/www/mol_of_life/index_b.html)

---

## 1 . タンパク質合成に関係する役者たち

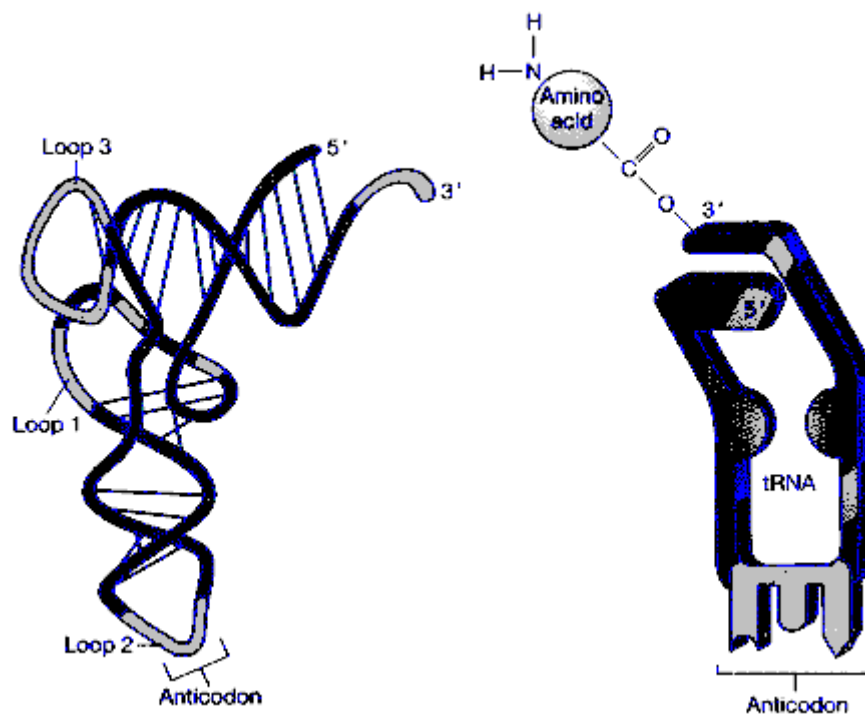
遺伝子 ( gene ) の本体は DNA だったが、この遺伝情報を翻訳してタンパク質を作るためには、DNA とタンパク質の間をつなぐ役者が必要である。それが RNA である。

RNA 分子が DNA と違う点は、1 ) 糖がデオキシリボースではなくリボースであること ( 五員環の 2' に水酸基がつく ) と、2 ) 塩基としてチミンのかわりにウラシルが使われること、3 ) 2 本鎖ではないこと、である。

すでに前回、リボソームを核でつくる時に RNA が出てきたが、リボソームの構成要素である RNA は、r RNA ( ribosomal RNA ) と呼ばれる。

さらに DNA の情報を転写する場面で、m RNA が登場した。m RNA は DNA の一連の遺伝情報を読み出した一本鎖の RNA である。

最後の役者は t RNA ( transfer RNA、運搬 RNA ) である。t RNA は次のような構造をしている。



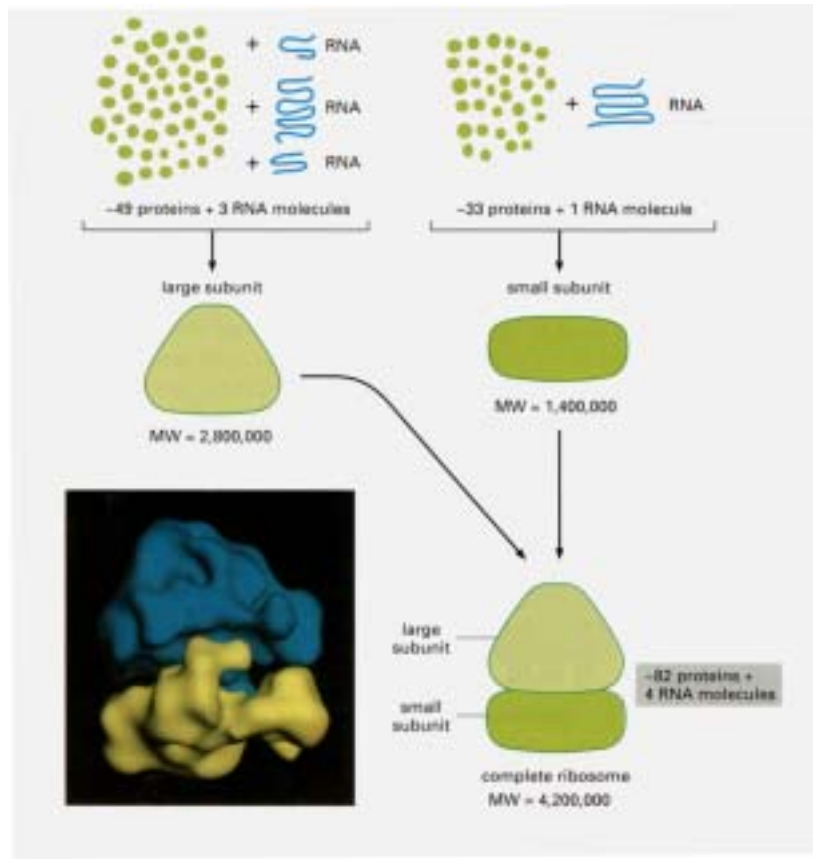
上の図の左は実際の分子に似せた図、右はそれを模式化した図である。tRNAは一本鎖だが、分子内で塩基同士が水素結合を作っている。そのために上の図にあるような一定の形をしている。

3'末端にはアミノ酸が結合できるようになっている。どのアミノ酸が結合するかは、上の図でアンチコドンと書かれた部分の3つの塩基によって指定される。

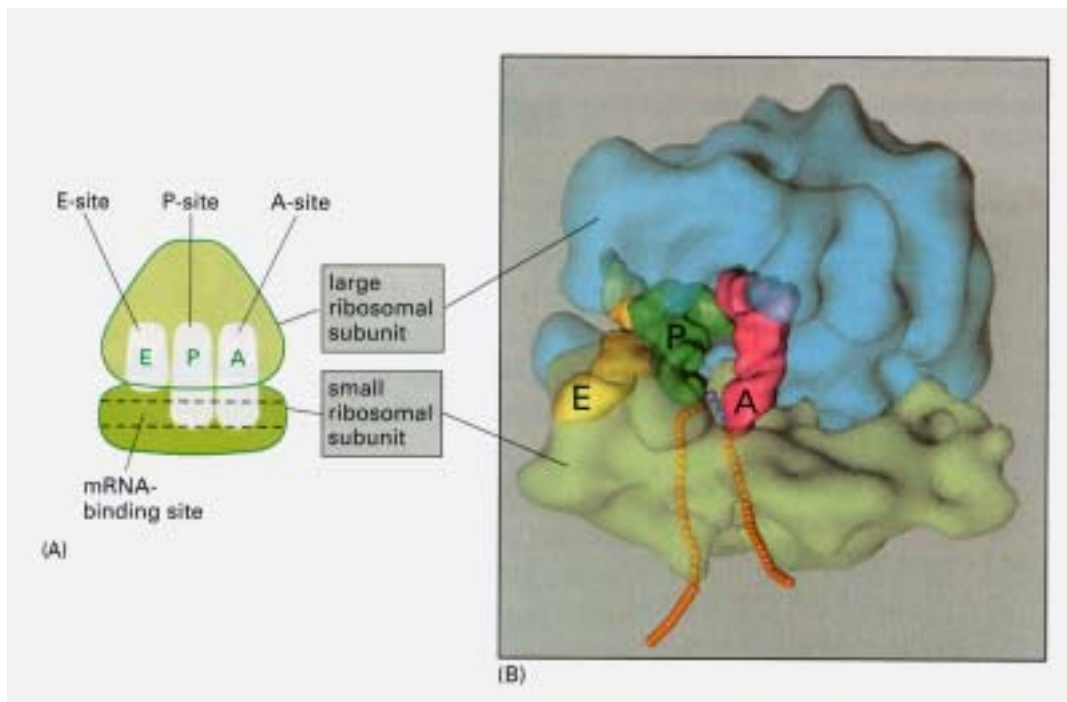
こうして、tRNAはアンチコドンに対応するアミノ酸を運搬する役割を果たす。

## 2. リボソームの構造

リボソームは大小2つの構成単位 (subunit) からできていて、それぞれの構成単位は数種のrRNAとさらに多数のタンパク質からできている(小単位は1900塩基対からなるRNAと33種類のタンパク質、大単位は4800+160塩基対のRNA複合体と120塩基対のRNAと50種類のタンパク質)。



大小2つの単位はダルマのような形をとる。大単位上には、ペプチドを結合した tRNA が結合できる P site と、アミノ酸を結合した tRNA が結合できる A site がある。



関連するサイトとリンク Protein elongation in a Ribosome

<http://www.wadsworth.org/BMS/SCBlinks/elongation.html>

---

### 3 . リボソーム上での翻訳

mRNA が核からやってくると、読み始めのコドンであるメチオニンを結合した tRNA とリボソームの大小単位が複合体を作る。メチオニン - tRNA は P site に結合し、アンチコドンは mRNA の AUG と結合する。

すると次に A site の位置に、メチオニンの次のコドンに対応するアンチコドンをもった tRNA が結合する。メチオニンは tRNA から切り離され A site の tRNA に結合しているアミノ酸とペプチド結合を作る。すると P site の tRNA は外れ、A site の tRNA は mRNA と結合したまま隣の P site へ移動する。こうして A site が空くので次の tRNA が結合することができるようになる。こうして次々と mRNA のコドンの順序にしたがってアミノ酸の鎖が伸びて行く。遺伝情報がアミノ酸に置き換えられて行くこの過程を、翻訳 (translation) と呼ぶ。

終止コドンまでくると終止因子がこのコドンを認識して、完成したポリペプチド鎖を切り離すとともに mRNA、大小のリボソーム単位、tRNA をバラバラにする。こうして、DNA の遺伝子情報 (コドン) をひとつずつ正確にアミノ酸に置き換えたポリペプチド鎖が完成する。読み取り開始から終わりまで、平均して 20 秒から 60 秒ほどかかる。

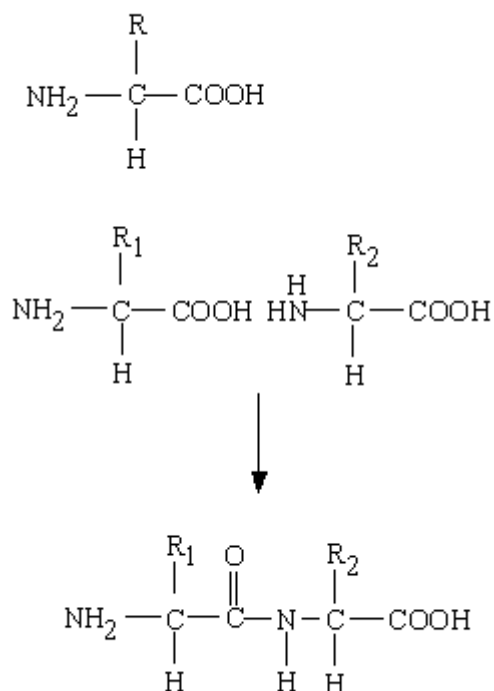
ふつうは、上に述べたように 1 本の mRNA に 1 個のリボソームがついて、1 本のポリペプチド鎖ができるのではなく、1 本の mRNA にはたくさんのリボソームがついて次々とポリペプチド鎖を合成して行く。このように 1 本の mRNA にたくさんのダルマさんがつながったようなものをポリリボソーム (あるいは単にポリソーム) という。その細胞で使われるタンパク質はその場でくるりと巻いて本来のタンパク質の形を作り、細胞質へ供給される。

---

### 4 . タンパク質分子の構造

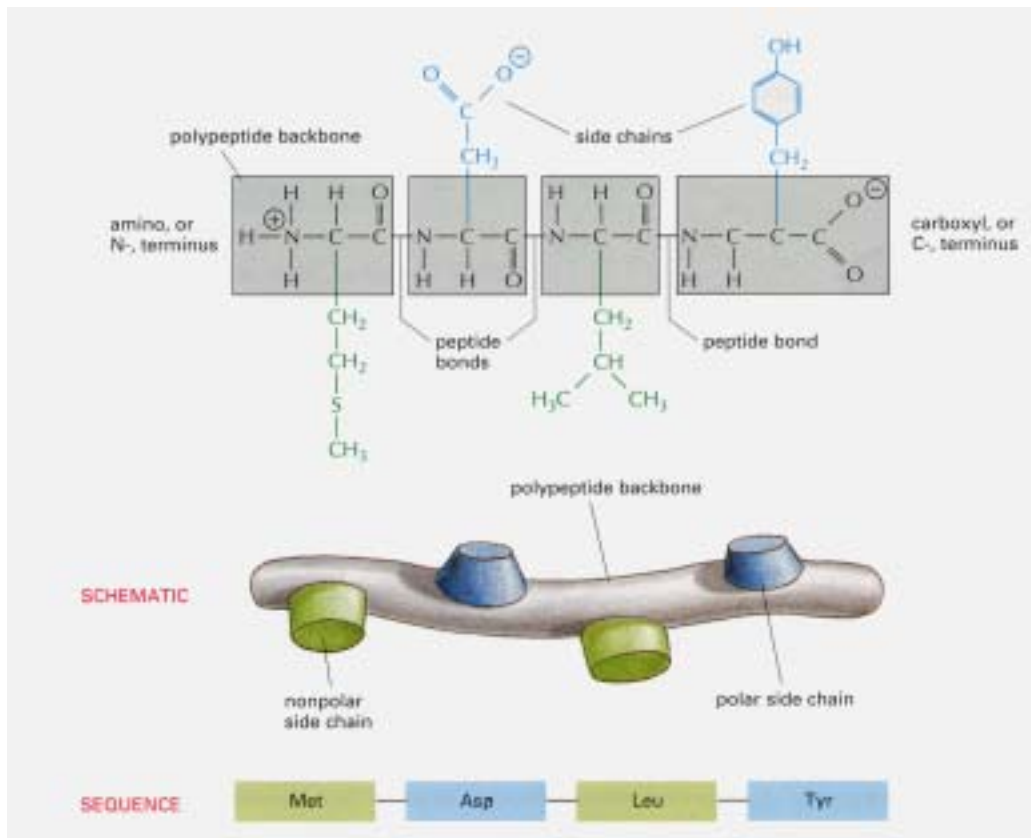
上で「くるりと巻く」と書いたが、タンパク質はポリペプチド鎖がダラリと伸びた形をしているのではなく、何らかの立体構造 (conformation) をとる。立体構造をとって初め

て、酵素の作用など本来タンパク質が持っている機能を果たすことができる。どうして1本の鎖が決まった立体構造をとるのかを理解するためにはアミノ酸の性質を理解しなければならない。ちょっと復習をしよう。



アミノ酸は上の図の一番上の構造式のように表され、その下の図のように脱水縮合してジペプチドができる。このような結合をペプチド結合 (peptide bond) と呼ぶ。結合したアミノ酸の数によって、ジペプチド (dipeptide)、トリペプチド (tripeptide)、、、、デカペプチド (decapeptide)、、、、ポリペプチド (polypeptide) などと呼ぶ。

DNAの場合と同じように、骨格はどんなポリペプチドでも同じで、違いはRで表してある側鎖にある。つまり、側鎖の配列 (sequence) がタンパク質の性質や機能を規定していることになる。



生体で見つかるアミノ酸は20種あるが、水との親和性によって大きく2つに分けられる。一つは疎水性 (hydrophobic or nonpolar) もう一つは極性 (hydrophilic or polar) のある側鎖である。極性のある側鎖の場合は、さらに電荷を持つか持たないかの区別がある。

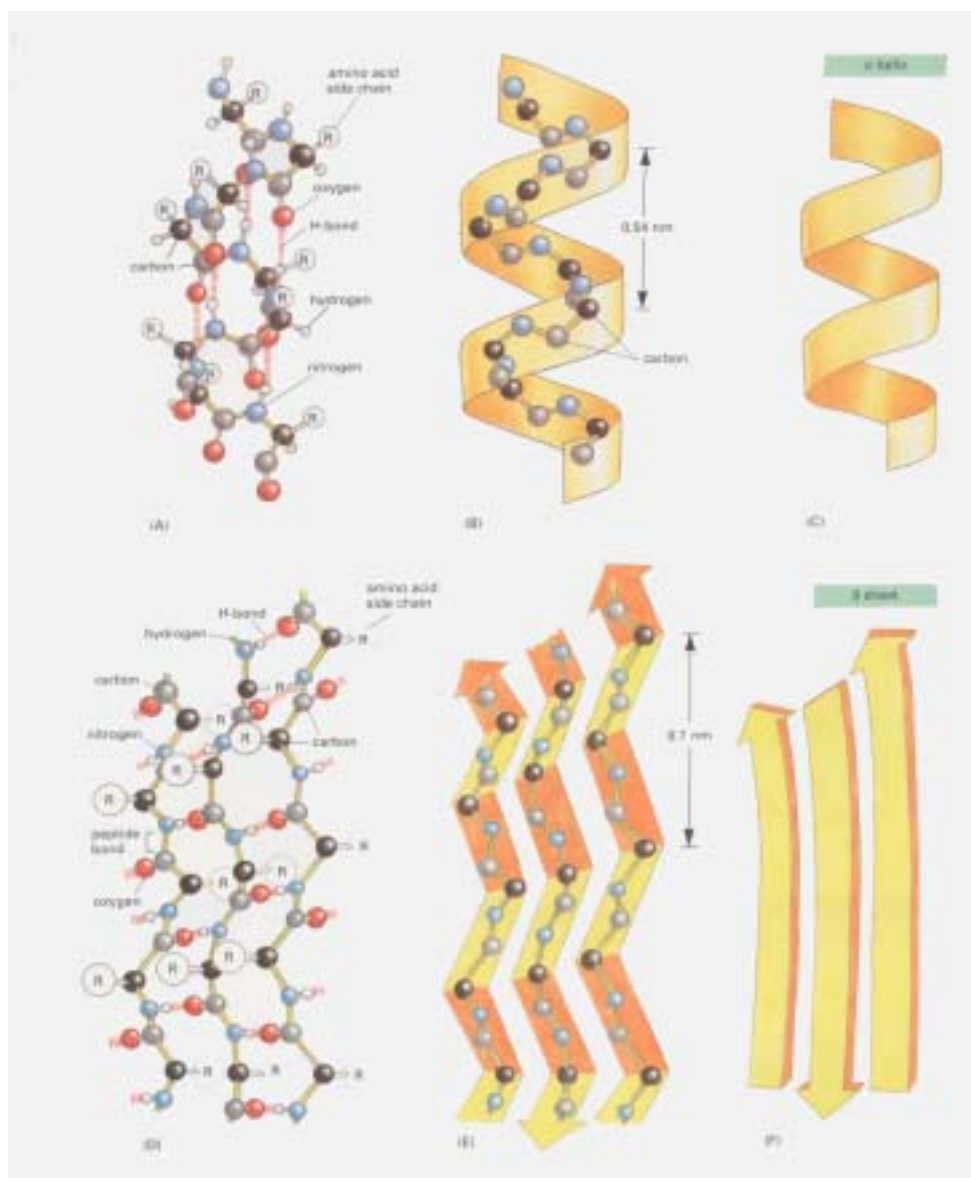
すなわち側鎖は、

- 非極性 (Nonpolar)
- 極性 (Polar)
  - 電荷はもたないが極性がある (Uncharged but polar)
  - 正の電荷をもつ (Positively charged (basic))
  - 負の電荷をもつ (Negatively charged (acidic))

のように区別できる。もちろん、側鎖の分子群の大きさや形も重要である。

こうして、遺伝子の情報にしたがって1本の鎖となったポリペプチドは、ペプチド骨格内にできる水素結合によって安定したラセン構造をとり、側鎖はこのラセン構造から突き出すような構造をとる。この構造をαヘリックス (helix) 構造と呼ぶ。1本の長いポリペ

ブチド鎖では、全長にわたって  $\alpha$  ヘリックス構造をとるのではなく、ラセン構造がほどけた部分や、途中で隣り合った鎖どうしで水素結合を作る  $\beta$  シート (pleated sheet) 構造をとる。こうした構造をとる部位は側鎖によって決まってくる。



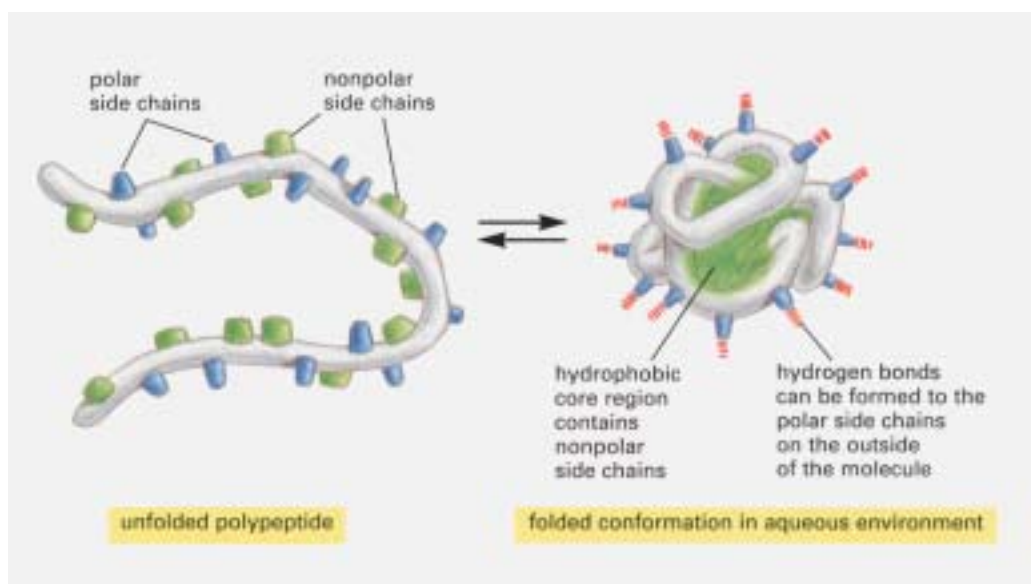
関連するサイトとリンク

Prediction: Understanding how Proteins Fold

[http://biop.ox.ac.uk/www/mol\\_of\\_life/index\\_c.html](http://biop.ox.ac.uk/www/mol_of_life/index_c.html)

サイトゾルは水なので、極性のある側鎖は水に触れる位置に、疎水性の側鎖は水から逃れて分子の内側に位置しようとする。こうして、タンパク質は一定の三次元構造をとるのである。さらにシステイン残基が2つ近寄るとS-S結合をつくって三次元構造の安定化

に寄与する。



アミノ酸は3文字のアルファベットの省略形（最近では1文字）で表し、N末端を左にして次のように書くのが普通である。

Phe-Ala-Leu-His-Lys-Arg-Gly-Pro-.....Pro-Ala-Thr-Cys-Ile-Gly-Tyr-Gly

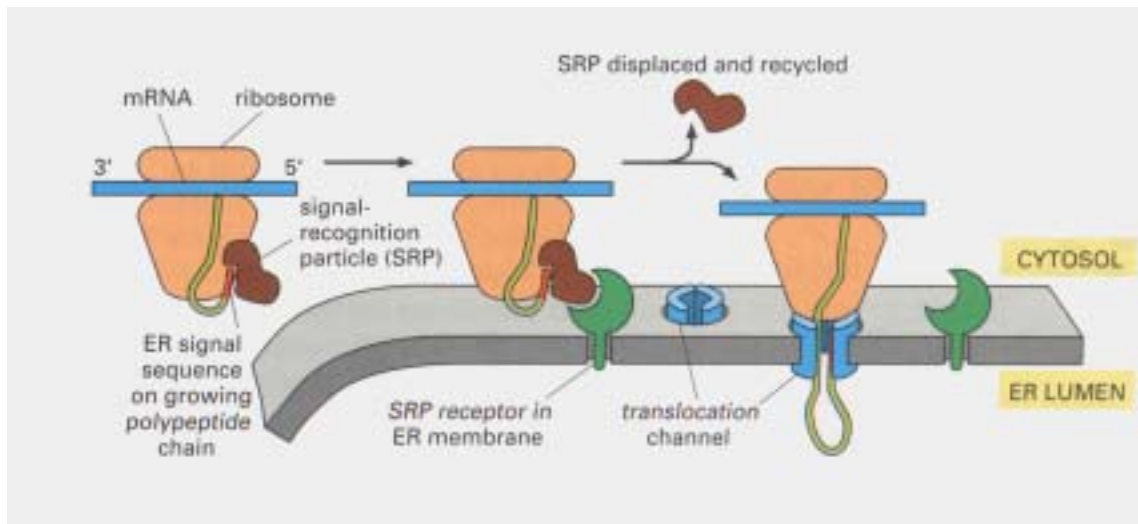
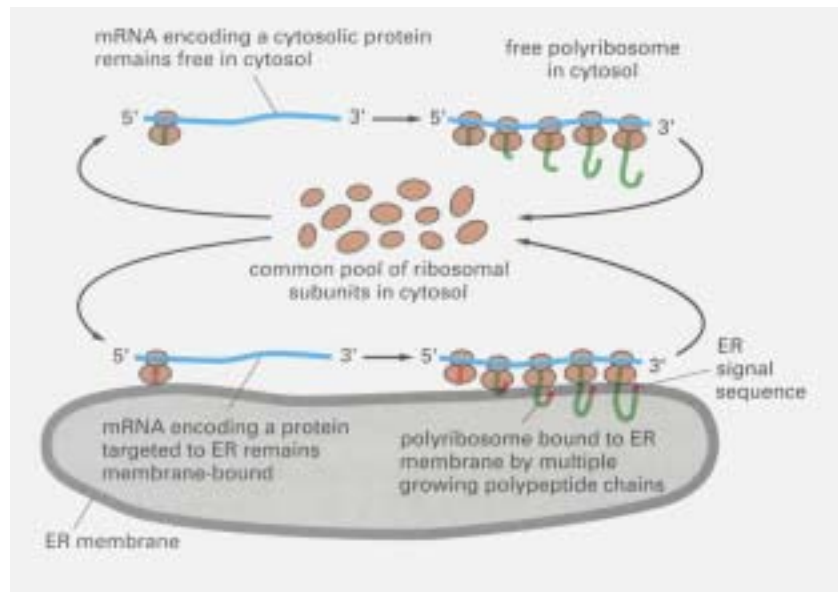
---

## 5 . ゴルジ装置で分泌顆粒へ

細胞の外へ分泌される消化酵素やホルモン、あるいは膜タンパク質などは、今まで述べたのとは少し違った作られ方をする。

上で述べたリボソームはサイトゾルに浮かんでいるが、リボソームの中には小胞体の表面に付着したものが観察される。ホルモンなどの分泌されるポリペプチドの遺伝情報をコードするmRNAの先頭には、シグナルペプチドと呼ばれる共通のアミノ酸配列部分がある。翻訳が始まると、この先頭部分は粗面小胞体の表面に存在するシグナルペプチド受容体と結合する。そのため、活発に分泌性のポリペプチドを生産している細胞を電子顕微鏡で調べると、粗面小胞体の表面には多数のリボソームが付着しているのが観察される。伸長するポリペプチド鎖は受容体と結合した後、小胞体の空所へと取り込まれ、シグナルペプチドは取り除かれる。





ポリペプチド鎖は、小胞体の空所内で必要に応じて糖鎖などが付加された後に、小胞体のトンネルを運ばれ、顆粒となって粗面小胞体を離れ、ゴルジ装置と融合する。ゴルジ装置でさらにパックされ、分泌顆粒となって細胞内に蓄えられ、必要に応じて細胞外へ分泌される。

分泌されるときには、分泌顆粒は細胞膜に接近し、ついで分泌顆粒膜が細胞膜と融合し、中身が外に出て行く。この過程をエクソサイトーシス (exocytosis) と呼んでいる。