

生命科学

第一章 生物の基本概念と基本構造

- 1、
 - 多様性
 - 齊一性…DNA、タンパク質（どの生物にも共通に存在する）

- 2、生命
 - ◇ 細胞…細胞膜で囲まれた小さな構造体。大きさは、 $1\ \mu\text{m}$ 以下～数 cm 。人間の場合、成人では、60兆個もの細胞からなる。
 - ◇ 遺伝物質…DNA。A、T、G、Cの4つの塩基が、AとT、GとCで水素結合により相補的な塩基対を形成し、二重らせん構造を形成している。ヒトは、DNAを46個の染色体の形で保持し、合計で約60億個の塩基対を持つ。ただし、実際に遺伝情報をコードしているDNAは全体の3%ほど。ヒストンというタンパク質に巻きついて、クロマチンとして核膜に囲まれている。
 - ◇ 触媒反応…生命活動＝酵素（タンパク質でできている）

- 3、
 - 原核生物…細胞が小さい。核膜がない。細胞小器官がない。 $10\ \mu\text{m}$ 以下。
 - 真核生物…核が核膜に囲まれている。細胞内小器官（オルガネラ）をもつ。

- 6、生物の分類
 - 種…二名法（リンネ考案）。属名＋種小名＋命名者。Homo sapiens など。
 - 種とは、互いに交配することのできるものをいう。生殖的に隔離されている二つの個体は別種とみなされる。
 - ◇ 5界説…モネラ界、原生生物（真核生物でかつ単細胞生物）界、植物界、菌界、動物界。
 - ◇ 3超界説…rRNAの配列に基づく分類法。真正細菌、古細菌、真核生物。（古細菌と真核生物は近縁）動物と、植物が極めて近い関係に設定されている。
 - ◇ 3超界説と5界説を統合したもの…真核生物を大きく三つに分類する。分子系統解析の結果に基づくもの。

第二章 増殖

細胞分裂

- { 原核生物…無糸分裂
真核生物…有糸分裂→核膜崩壊をする。

- DNAの複製 (S期) → 分裂期 (M期) : 染色体が凝集して一本の太いひも状染色体になる→核膜崩壊→赤道面に染色体が並ぶ→紡錘糸に引かれ染色体が両極に分配される→核膜再生→細胞質分裂

DNAの分配が正確に行われる前に、細胞質分裂が進行しないように、細胞周期のチェックポイントがある。これをクリアしないかぎり、分裂は進行しない。

- 有性生殖… { 雄性配偶子 (n) 2n…倍数体 (2倍体)
 { 雌性配偶子 (n) n…半数体 (1倍体)
 ゲノム→最小セットのDNA = n (染色体 23本)

- 無性生殖… { 単為生殖 (多細胞生物の行う無性生殖 ; アリマキ、ミツバチ…)
 { 栄養生殖 (栄養繁殖ともいう ; ヤマノイモ、シュウカイドウ、オニユリ…)

- { 細胞内骨格…細胞レベルでの動きを可能にする。← 真核生物の特徴
細胞小器官

染色体 ・ n = 23 (ヒト) 複数の染色体→有性生殖
 ↑↓
 原核生物…典型的な有性生殖はない。

第3章 遺伝と生物情報

1、形質 遺伝子→タンパク質→特定の機能→表現形質 (表現形)

対立遺伝子…同じ遺伝子座にある異なる遺伝情報

純系…まったく同じ遺伝子を持つ。対立遺伝子を持たない。

優性の法則…Aaで、優性の形質 (A) が表れること。

分離の法則…配偶子の形成にあたって対立遺伝子はそれぞれ別々の配偶子に入る。

独立の法則…2つ以上の対立形質は、ほかの対立形質と特別な関係がなく、それぞれ独立に遺伝すること。

3、

機能獲得（遺伝子変異によってタンパク質が通常とは別の機能を持つようになること）

- ┌ ヒトの優性遺伝形質…黒目、カールした髪の毛
- └ 優性に遺伝する疾患…遺伝性アルツハイマー病、ハンチントン病

突然変異

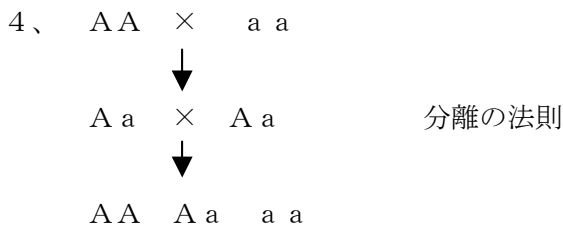
- ┌ 置換、小さな挿入、欠失
- └ 大きな欠失
- └ 重複

→機能喪失（青目、直毛、筋ジストロフィー、フェニルケトン尿症）

ヒトの色覚

哺乳類は進化の過程で夜行性だった時に赤オプシンを失った。

後に緑オプシンの遺伝子重複→突然変異(置換)で、赤オプシンを獲得した。



5、染色体説（サットン）…遺伝において形質発現に関係する遺伝子が染色体にあると仮定する遺伝学上の説。

6、連鎖（赤緑色色覚障害、血友病などでみられる）

同じ染色体上の遺伝子は独立ではない。



組換え率…遺伝子間の距離に比例。

染色体 (ヒト)	{	相同染色体	22本 + X または Y = DNA
		性染色体 (X, Y)	約 30 億塩基対 → 約 26000 個の遺伝子
		常染色体 (22本)	(寄生性生物の中には遺伝子 100 個程度のものも)

9、遺伝子プール（プール：対立遺伝子を多く含む）

ハーディー・ワインベルグの法則…メンデル集団において、各形質に関する対立遺伝子が

集団の中に存在する割合（遺伝子頻度）は一定に保たれ、（遺伝子平衡）、
世代を繰り返しても遺伝子型の割合が変化しないということ。

◇ ダーウィンの進化論（1858）…自然選択説（生存競争に勝ったものが子孫を残す）

◇ 木村資生（1968）…中立進化説。進化過程におけるアミノ酸の変化や、遺伝子の置換は自然選択とは無関係（有益でも無益でもない変化）な、突然変異が遺伝的浮動（遺伝子が受け継がれる際に偶然で遺伝子頻度が増える）によって、偶然に集団内に広がっていったというもの。

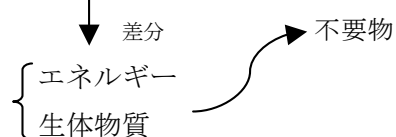
10、DNA

1940年代→エイブリーが形質転換の原因物質はDNAであることを発見した。

第4章 エネルギーと代謝酵素

1、 $\left\{ \begin{array}{l} \text{エネルギー} \\ \text{酵素} \end{array} \right.$ 非平衡

2、エネルギーの流れ



取り入れた物質の自由エネルギーを、複雑な物質の合成に振り向けている。

自由エネルギー（化学反応によって放出されるエネルギーのうち利用できる部分）の変化
＝化学反応を定量的に扱える。

4、

酵素 $\left\{ \begin{array}{l} \text{基質特異性、反応特異性} \\ \text{最適温度、最適Ph（高温では立体構造が崩れて失活）} \end{array} \right.$

タンパク質でできた触媒

サムナー 1926年 ウレアーゼを結晶化→酵素がタンパク質でできていると判明。



得られるエネルギー＝ -30.5kJ/mol

◇ 補欠分子族…タンパク質でない成分を含む酵素

$\left\{ \begin{array}{l} \text{ヘモグロビンやシトクロムに含まれるヘム} \end{array} \right.$

NAD (ニコチンアミドアデニンヌクレオチド) などの補酵素

→還元力の補酵素

→ビタミンとして摂取する必要あり

- ✧ 拮抗阻害剤…基質とよく似た構造をもつ物質で、酵素の基質結合部位と結合するが、酵素反応を受けないもの。
- ✧ アロステリック制御…酵素タンパク質の活性部位以外の場所（アロステリック部位）に低分子の物質が結合すると、酵素の立体構造が変化し、酵素活性が変化する現象をいう。

4、タンパク質

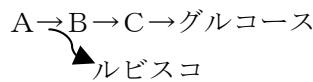
✧ 結晶化→タンパク質の立体構造を発見

例) プロテアーゼ…タンパク質分解酵素（特定の amino 酸残基の組み合わせ）

反応速度論

性能	$\left\{ \begin{array}{l} \text{最大速度} \\ \text{基質親和性} \\ \text{基質の生体内での濃度} \end{array} \right.$	最大速度	$1 \sim 10^7$ (回/秒)
		基質親和性	K_m (=Michaelis 定数) で表わされる。値が小さいほど
		基質の生体内での濃度	親和性が高い。

光合成→炭酸ガス固定酵素



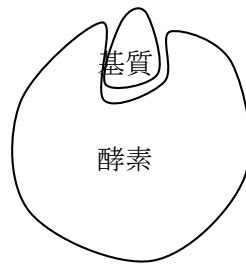
調節酵素 ←→ 調節されない酵素

例) ルビスコ

化学平衡

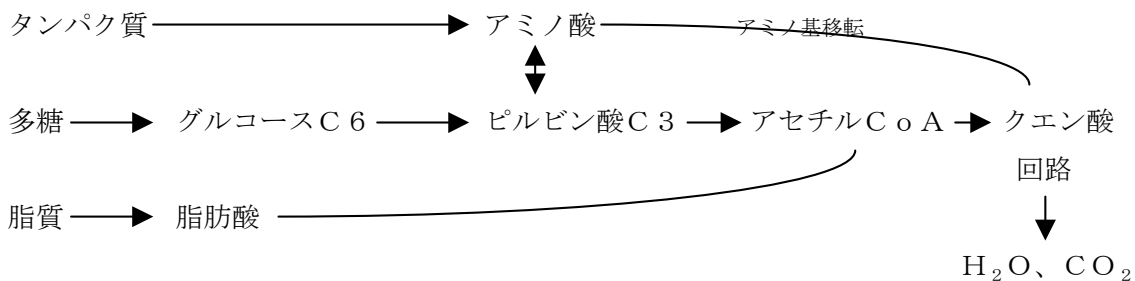
非平衡

アロステリック制御



→フィードバック調節にも役立つ。

5、細胞内の代謝



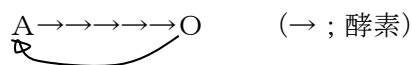
酵素学 触媒…可逆反応（平衡時） $A \rightleftharpoons B$

→調節酵素のように非平衡な時は、一方向のみを触媒する。

第5章 環境応答と恒常性

◇ 恒常性

負のフィードバック制御（最終生成物が最初に
正のフィードバック制御（系全体を増幅させる）



◇ 応答

シグナル → 受容体 → 細胞内のシグナル伝達 → 応答
(分子、状態) (タンパク質)

第6章 生命と物質的基盤

1 地殻を構成する主な元素…酸素 (47%)、ケイ素 (28%)、アルミニウム (8%)、鉄 (5%)…
生体を構成する主な元素…酸素 (63%)、炭素 (20%)、水素 (9%)、窒素 (5%)…
→生物を構成する主な有機化合物…タンパク質、脂質 (生体膜)、糖質、核酸、(ビタミン)

➤ 生物体には多くの水が含まれている。

水 : H_2O

- i. 極性溶媒…溶解度が高い。
- ii. 沸点、融点…高い。→液体
- iii. 氷の比重 < 1

水は、比熱が高いので温度変化しにくい。

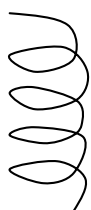
2、タンパク質

アミノ酸がアミノ基とカルボキシル基の間でペプチド結合してできた高分子化合物。

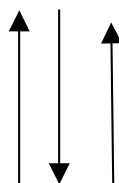
→20種類存在。自然界にはL型アミノ酸がほとんどである。また、中性水溶液中では、アミノ末端とカルボキシル末端がそれぞれイオン化し、両性電解質（酸性と塩基性の性質を併せ持つ）として存在する。

タンパク質の構造

- ◇ 一次構造…アミノ酸の配列順序。タンパク質の構造を決定する最も基本的なもの。
- ◇ 二次構造…一次構造で比較的近い場所にあるアミノ酸どうしに水素結合が生じ、規則的ならせん構造（ α -ヘリックス構造）やジグザグに折れ曲がった構造（ β -シート構造）を形成する。このような構造のことをいう。



α -ヘリックス構造



β -シート構造

局所的な安定構造

- ◇ 三次構造…二次構造をとっているタンパク質のポリペプチド鎖がさらに折りたたまれて立体構造（三次構造）ができる。分子内の水素結合や、S-S結合により構造が保たれている。例）ミオグロビン

{ 疎水性コア ← 同じ分子は同じ構造を持つ。
疎水性表面 ← 構造形成の仕組み。

- ◇ 四次構造…タンパク質複合体。例）ヘモグロビン

{ オルガネラ内で合成…分子シャペロン（高次構造の形成を助けるタンパク質）
細胞質で合成…光合成や呼吸に関わるタンパク質。

タンパク質の修飾

- ◇ リン酸化、脱リン酸化…活性の調節。
- ◇ その他に、糖鎖や脂質分子の付加、メチル化、アセチル化などがある。

タンパク質の変性…熱や酸、アルカリ、有機溶媒、重金属イオンなどによって、高次構造を形成していた弱い結合が切断され、高次構造が破壊されること。多くの場合、変性すると不溶性になり沈殿する。

*球状タンパク質は多くの場合、外側に極性基を、内側に疎水性基を向けていて、水に溶けている。

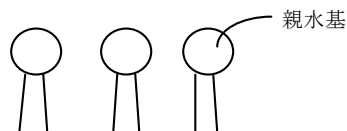
不可逆的 \longleftrightarrow DNAの変性（可逆的）

3、脂質…分子内に電荷の偏りを持たない非極性分子で水に溶けない物質の総称。

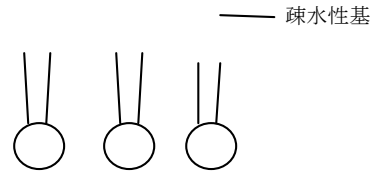
→生体膜をタンパク質とともに構成している。

→脂質分子…両親媒性（疎水性と親水性の両方を持つ）

膜に流動性を与えている。



ダイナミックに閉じた区画を維持できる。



- グリセロ脂質
- スフィンゴ脂質 …骨格に違いがある。
- ステロイド

脂質の二重層

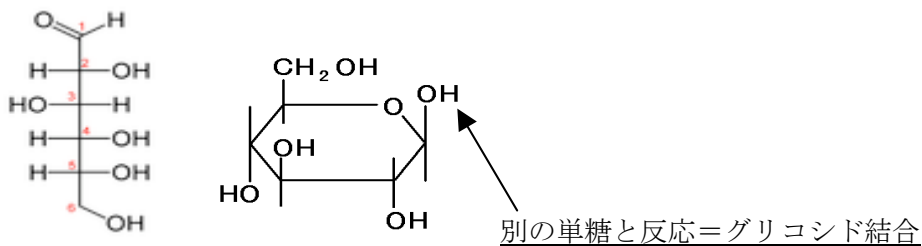
- ◇ グリセロ脂質…3つの水酸基を持つグリセロールに脂肪酸がエステル結合したもの。
 - 脂肪…グリセロールに脂肪酸が結合したもの。大部分は3つ結合したトリアシルグリセロールである。
 - リン脂質…グリセロールに2つの脂肪酸と1つのリン酸化合物が結合したもの。

- ◇ スフィンゴ脂質…セラミドの水酸基に種々の分子が結合したもの。
 - スフィンゴシンという化合物に脂肪酸が結合したもの。
 - *水酸基に糖が結合したものがスフィンゴ糖脂質であり、膜脂質の成分である。

- ◇ ステロイド…炭素6員環3つと5員環1つからなる。
 - コレステロール…真核細胞の膜脂質の25%を占める主要成分で、膜に流動性を与える。
 - ステロイドホルモン…副腎皮質ホルモン、女性ホルモン、男性ホルモン。

4、糖質 単糖→多糖

- 定義 { アルデヒド基またはケトン基を1つもつ。
 { 残りの炭素はOH基。



グルコースの構造式

- グルコースが多数つながったもの
- { アミロース (直鎖状) … α (1→4) 結合

アミロペクチン (枝分かれあり) … α (1→4) 結合、 α (1→6) 結合
 *セルロースはグルコースが β (1→4) 結合したもの。

☆ グリコサミノグリカン…100 残基ほどの糖が連なったもの。水酸基以外にアミノ基や硫酸基をもつことにより、多くの水分子を結合しているもの。

プロテオグリカン…タンパク質に多糖が付加した高分子化合物。

→ { 吸水性
 特定の構造をとらない。

{ 還元糖…フルクトース
 非還元糖…ショ糖→反応性が低い。

貯蔵物質 { デンプン… α (1→4) 結合が多く、 α (1→6) 結合が少ない。
 グリコーゲン… α (1→4) 結合、 α (1→6) 結合が多い。

→ 枝分かれが多い。=末端が多い。→グリコシド結合の着脱が迅速にできる。

5、核酸

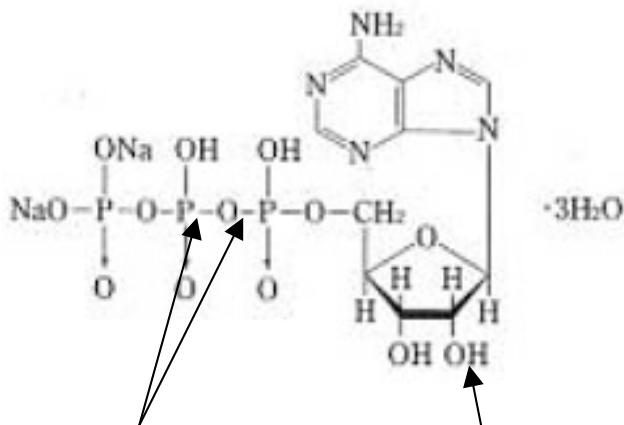
{ DNA…デオキシリボ核酸。A, G, C, Tからなる。
 RNA…リボースが結合している。A, G, C, Uからなる。

ヌクレオチド…リン酸 + (デオキシ) リボース (=五単糖) + 塩基

→ヌクレオシド

DNAはヌクレオチドが重合したもの。2-デオキシリボースがホスホジエステル結合でつながっている。

アデノシン↓



高エネルギー結合

水酸基を持つため分子は化学的に不安定。(RNAの方が安定)

{ アデニンがついたヌクレオチド=アデノシン
グアニンがついたヌクレオチド=グアノシン
その他に、シチジン (C)、チミジン (T)、ウリジン (U)

DNA { B型 (主溝と副溝をもつ) ↔ A型 (主溝、副溝の区別はあまりない)
右巻きらせん構造 RNAは一本鎖 (分子内二本鎖はある)
相補的塩基対

方向性…5' → 3' 方向に合成される。

第七章 遺伝子と複製

3、遺伝子の定義 { (狭義) タンパク質やRNAの構造に対応する配列。
(広義) 狭義の配列の前後にあつて発現を調節する部位も含む。

→ 遺伝子 ≠ DNA

ゲノム…ある生物についての遺伝情報の全体を表わす最小セット。

◎細胞内小器官である葉緑体やミトコンドリアはもともと、ラン藻類や好気性細菌が細胞内に入り込み、共生するようになったものだという説がある。(=共生説)

根拠；葉緑体やミトコンドリアは独自のDNAを持っている。

————→ 染色体外ゲノムという。

←———— 細胞本来のDNAを染色体ゲノムという。

- 1990年頃 ヒトゲノムプロジェクト開始
- 1995年 最初の生物(細菌)を解読
- 2000年 ヒトゲノム解読完了、シロイヌナズナ完了
- 次世代シーケンサー出現
- 現代 メタゲノム、個人ゲノム

大腸菌 約400万塩基対…4000個遺伝子

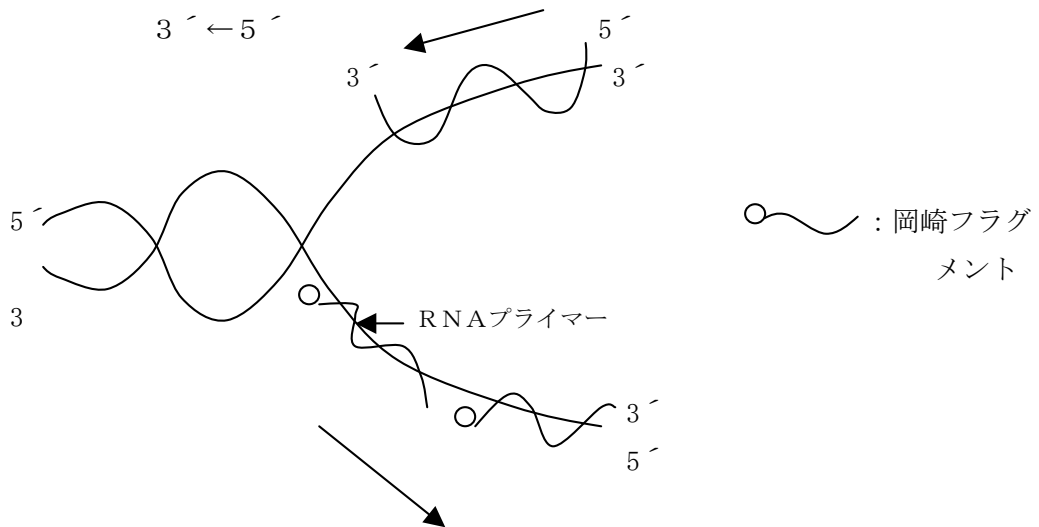
ヒト 約 30 億塩基対…約 2 万 6000 遺伝子

→真核生物のDNAは遺伝子以外の領域が非常に多い。

→真核生物の遺伝子は、アミノ酸配列を決めているエキソンが、そうでないイントロンによって分断されている。イントロンは、スプライシングによって取り除かれる。

4、複製

DNA合成の方向 $\frac{5' \rightarrow 3'}{3' \leftarrow 5'}$



➤ DNAポリメラーゼは、DNAの二重らせんがほどけてできた鋳型の塩基配列に相補的な塩基を持つデオキシヌクレオチドをつなげる。DNAの二重らせんがほどけていく方向と同じ向きに合成されていく娘鎖（リーディング鎖）と、反対向きに合成されていく娘鎖（ラギング鎖）がある。ラギング鎖は、100ヌクレオチドほどの短いDNA鎖（岡崎フラグメントまたは岡崎断片）が合成され、あとでつながられる。＝不連続複製

➤ DNAは、鋳型となる親鎖がほどけて、その両方がそれぞれDNAポリメラーゼによってDNAが合成される（片側は不連続複製）。ゆえに、複製されたDNAは、親鎖由来のDNA鎖を一本ずつ持っている。このような複製の仕方を反保存的複製という。

➤ DNAポリメラーゼはなにもないところからいきなり合成を始めることはできない。一方、RNAポリメラーゼはそれが可能なので、DNA合成に先立ってRNAポリメラーゼによってRNAプライマーが作られる。RNAプライマーの先に、DNAポリメラーゼによってDNAが合成されていく。

➤ ラギング鎖は、複製の性質上複数個のRNAプライマーが存在することになる。複製が進行すると、バラバラになっている岡崎フラグメントをつなぎ合わせる作業が行われる。その際、プライマーとして機能し終えたRNAを分解しながらDNA合成が進行する。最

後に残ったすきまをDNAリガーゼがつなぎ合わせる。(リガーゼは糊のような働きをする)

線状染色体…末端を合成できない。



=末端…テロメア (決まった塩基配列が繰り返している)

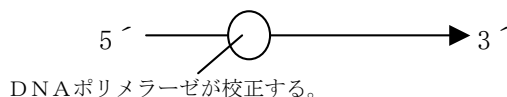
→特殊な繰り返し配列 (テロメアーゼによって追加されていく)

環状染色体 (細菌などに見られる)

複製開始点 { 原核生物 1ヶ所
真核生物 多数/染色体

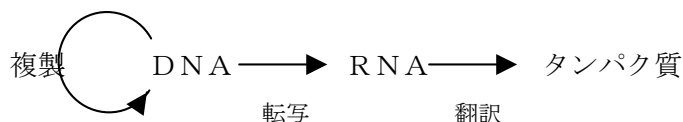
複製の正確さ

→校正機能



DNAポリメラーゼが校正する。

セントラルドグマ：遺伝情報はDNA→mRNA→タンパク質という方向に流れ、逆向きに流れることはない。



遺伝暗号…64通り。3つで1つのアミノ酸を指定する。(トリプレット)

{ 開始コドン…AUG (真核生物；メチオニン、原核生物；ホルミルメチオニン
終止コドン…UAA、UAG、UGA→指定するアミノ酸がないのでここで翻訳が停止。
その他…19通り。アルギニンやロイシンなどは複数のコドンによって指定される。

(一般的にこういったアミノ酸は体内に多く含まれている)

遺伝暗号はほぼすべての生物で同一 (例外アリ) →共通祖先からの進化を示唆。

- コード領域…「狭義の遺伝子」を指す。
- センス鎖…DNAの二本鎖のうち、RNA合成の鋳型になる鎖に対する相補鎖のこと。
mRNAと同じ配列をしている。

2、転写…DNAの遺伝子部分 (実際にはその前後も含まれる) を鋳型にして、相補的な

塩基配列を持つmRNAがRNAポリメラーゼによって作られる。この合成も、 $5' \rightarrow 3'$ の方向に行われる。

- mRNA…DNAの持っているタンパク質の一次構造の遺伝情報を合成して、タンパク質合成系（リボソーム）へと運ぶもの。全RNAの～1%。寿命が短いものが多い。発現の調節が細かい。
- tRNA…mRNAの指定するアミノ酸と結合して、アミノ酸をリボソームまで運ぶ働きがある。～5%。
- rRNA…タンパク質とともにリボソームの主成分。～95%。翻訳速度が遅い。=大量のrRNAが必要となる。
- 非翻訳RNA…タンパク質の一次構造に翻訳される情報を持つmRNA以外のRNA。

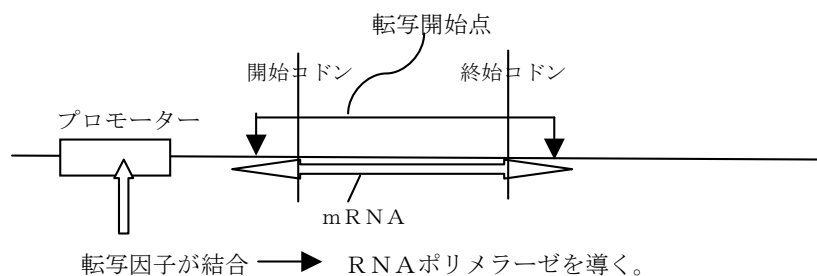
➤ 大腸菌

RNAポリメラーゼ { I…rRNA
II…mRNA の合成を担当。
III…tRNA

- プライマーを必要としないトポイソメラーゼ。
- 校正、修正機能なし。

翻訳速度の遅いrRNA=大量に必要。→ 専用のRNAポリメラーゼ（I）を持つ。
*増幅…同じ遺伝子が多数存在すること。 → RNAの遺伝子が多い。
→ リボソーム遺伝子が増幅している。

→リボソーム遺伝子の部分が核小体で増幅される。

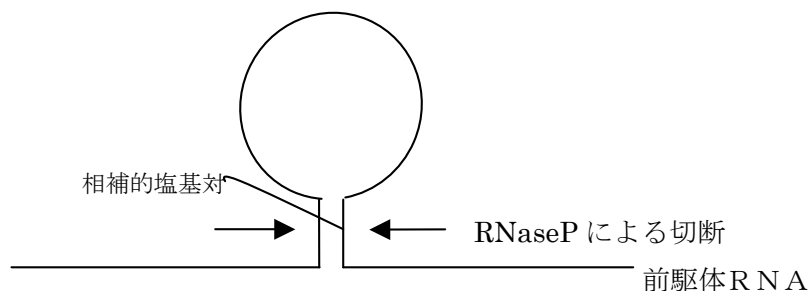


3、転写後の修飾

rRNA、tRNA

切断、塩基の化学的修飾

- ☆ RNAの切断… rRNAには複数種類ある。しかし、最初に転写される時は一本の前駆体RNAとして転写される。その後、切断という作業が行われrRNAができる。
- ☆ tRNAでも、やはり一本の前駆体RNAが合成された後、切断されることによってできる。



mRNA

- 5' キャッピング
- ポリA付加…オリゴdTにAを付加。
- スプライシング…不要なイントロンを取り除く作業。

mRNAを鋳型としてcDNA（相補DNA）を合成。cDNAと、DNAチップ（一本鎖DNAが貼り付けられている）を使うことによって、塩基配列を決定することができる。

5' キャッピングを含んだcDNA=完全長DNA

- スプライシング…非翻訳RNAであるsnRNAにより、遺伝子をコードしていないイントロンが切断される作業のこと。

この時、イントロン1つ分だけを取り除く場合や、エキソンをはさんだ2つのイントロンを切断する場合などがある。つまり、同種類の遺伝子からイントロンの取り除き方によって複数種類のmRNAができる。これを、選択的スプライシングという。また、この性質により26000程度の遺伝子も10万程度と同等であるとされる。

↔ 原核生物ではスプライシングは行われない。

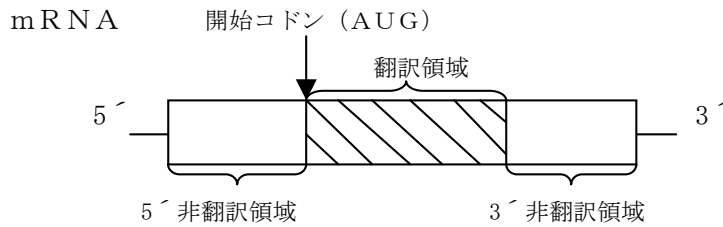
第9章 翻訳

- 1、tRNA…mRNAと対をなすアンチコドン配列を持っている。tRNAとアミノ酸とを結合させてアミノアシルtRNAを合成するが、アミノアシルtRNA合成酵素である。

2、リボソーム

→タンパク質とRNAの複合体。リボソームは、酵素活性をもったRNAからなるリボザイムと考えられる。

巨大 (250 万分子)	{	大サブユニット 50 万	
		小サブユニット 30 万	
{	原核生物…70 s リボソーム	(O s : 沈降係数)	{
	真核生物…80 s リボソーム		
			ストレプトマイシン
			クロラムフェニコール
			カナマイシン



開始因子によってリボソームが大サブユニットと小サブユニットに解離する。

↓

小サブユニット + tRNA^{Met} (メチオニン)

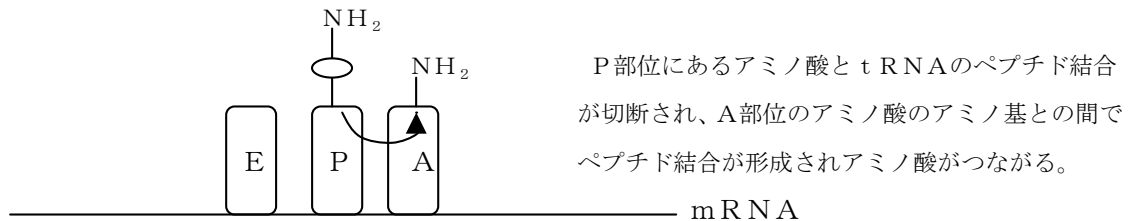
↓

mRNAが結合

↓

{	真核生物 ; 最初のAUG	← 大サブユニットが結合
	原核生物 ; リボソーム認識配列 + AUG	

⇨ 開始複合体ができた。



翻訳の終了…終止コドンが出た時、終止反応が起きる。この時、rRNAの酵素作用により、tRNAとペプチドの間が加水分解され、タンパク質が遊離する。

6、構造形成

シャペロン…高次構造形成を助けるタンパク質。

(あくまでも遺伝子には一次構造を決める働きしかない)

シグナル配列…一次構造の中にある特定の塩基配列。別の区画に輸送されるタンパク質についている。これは、輸送後切除されることが多い。

7、変異と多型

遺伝子上の塩基が1つ置換する { サイレント変異…アミノ酸が変化しない。
ミスセンス変異…アミノ酸が変異する。

ナンセンス変異…コドンが終止コドンになる。たいてい、大幅なアミノ酸配列の変化が起きる。タンパク質が本来の機能を失活する事が多い。

多型…集団内に、複数種類の塩基配列が存在する事。体質の違いに関与。

第10章 遺伝子発現の調節

構成的発現…細胞のエネルギー代謝やタンパク質合成に関わるような、細胞が生存し続けるために常に発現している必要のある遺伝子のこと。例) ハウスキープング遺伝子

調節的発現…状況に応じて発現が変化すること。 { 細胞特異的
環境応答

クローン生物…遺伝子組成の等しい固体の集団をクローンという。ある個体から、受精卵や体細胞(乳腺)を取り出し、それらの核を抽出する。取り出された核をあらかじめ除核された未受精卵と融合させる。それを他個体(仮親)の子宮に移植させてクローン生物は作出される。体細胞の核から個体を形成することができるということは、細胞はもともと全能性(どんなものにも分化できる能力)を持っているということを示唆している。しかし、普段は適切な部分の遺伝子のみが発現することによって多種多様な機能をもった細胞に分化している。

2、原核生物の遺伝子発現調節

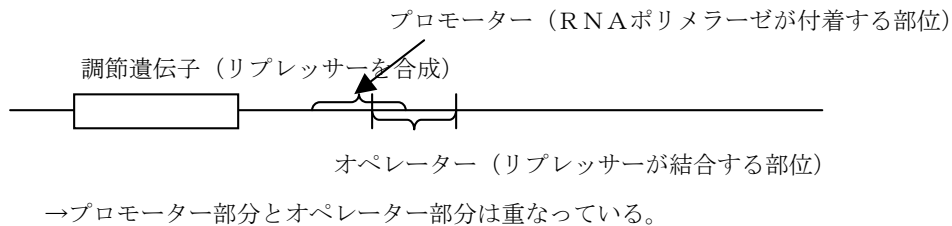
➤ β ガラクトシターゼ遺伝子(β -gal)の発現調節

大腸菌は、ラクトースをそのまま利用する事が出来ない。利用するには、 β -gal酵素でラクトースをグルコースに分解する必要がある。

{ グルコースあり培地… β -gal酵素は合成されない。
グルコースなし、ラクトースあり培地… β -gal酵素は合成される。

グルコース、ラクトースあり… β -gal 酵素は合成されない。

β -gal 酵素が負の調節を受ける時



ラクトース存在下では、ラクトースの代謝産物であるアロラクトースがリプレッサーと結合する。すると、リプレッサーは機能を失いオペレーターに結合しないために、RNAポリメラーゼがプロモーターに結合でき、遺伝子の転写が進行し β -gal 酵素が合成される。しかし、ラクトースがない時は、リプレッサーがオペレーターに結合できてしまい、プロモーターにRNAポリメラーゼが結合できなくなり、遺伝子の転写が進行せず β -gal 酵素が合成されない。

*しかし、ラクトースがあっても、グルコースが十分に存在している状況下では、アロラクトースの生成が阻害され、 β -gal 酵素が合成されない。

⇨これをオペロン説という。(オペロン：オペレーターで転写が調節される単位)

β -gal 酵素が正の調節を受ける時

c AMP受容タンパク質 (CRP) …c AMPが結合し、c AMP-CRP複合体になると、DNAに結合して転写を促進する。

→つまり、 β -gal 酵素の合成が促進されることとなる。

*グルコースがない時、c AMP量が多くなる。

このプロセスを β -gal 酵素の正の調節という。

原核生物…転写因子 {
リプレッサー…転写を抑制
アクチベーター…転写を促進

{ エンハンサー…エンハンサー結合タンパク質が結合すると、プロモーター部位へのRNAポリメラーゼの結合を高め、転写発現を高める。

サイレンサー…エンハンサーとは逆に転写発現を抑制する。

→離れた部位の配列が転写の調節をする。

- シスエレメント…転写調節に関わるDNA上の特定の塩基配列。
- トランスエレメント…シスエレメントに結合して発現を調節するタンパク質。

クロマチンリモデリングによる転写調節

クロマチン構造…真核生物のDNAは、ヒストンという塩基性タンパク質にまきついて、ヌクレオソームという構造を作っている。さらにこれは、クロマチン繊維という構造を作る。

- ヒストンをアセチル化…ヌクレオソームが緩み、プロモーター領域が露出しRNAポリメラーゼが付着しやすくなり、遺伝子発現が上昇。
- ヒストンを脱アセチル化…発現を抑制する。
→このようにヌクレオソームの構造を変化させることをクロマチンリモデリングという。

- ヘテロクロマチン…クロマチンの結合が強い。
- ユークロマチン…クロマチンの結合が弱い。
- 可逆的ヘテロクロマチン…ヘテロクロマチンとユークロマチンを行き来する。

DNAがメチル化→ヒストンがメチル化。

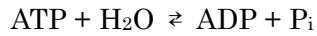
→ヘテロクロマチン化する。

→発現が抑制される。

*女性のもつ性染色体の組合せはXXであるが、このうちどちらか一方のX染色体は不活性化されている。(個々の細胞によって)

- 真核生物…mRNA=遺伝子(つまり、アミノ酸を指定する部位)
- 原核生物…コード遺伝子(構造遺伝子)=遺伝子

RNA遺伝子 {
 miRNA (microRNA) …mRNAを調節する。
 snRNA…核内に存在し、スプライシングに関与する。
 siRNA (small interfering) …標的RNAに結合し分解する。



$\Delta G^\circ = -30.5 \text{ kJ/mol}$ 高エネルギー結合

解糖系 + クエン酸回路 + 電子伝達系 + ATP 合成 = 酸化的リン酸化

⇔ 基質レベルのリン酸化 (酵素は キナーゼ)

→ ATP の末端の P を基質に転移

ホスホエノールピルビン酸 $-40 \sim 50 \text{ kJ/mol}$

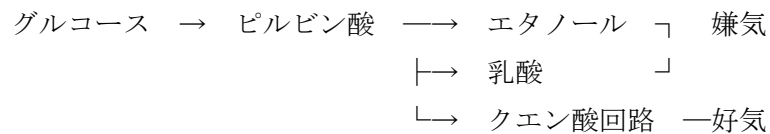
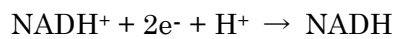
リン酸化合物

加水分解の自由エネルギー変化

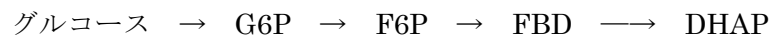


補酵素 ○ ATP

○ NAD^+



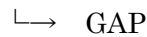
解糖系の詳細 (p191)



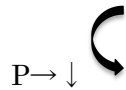
ATP ADP



ATP ADP



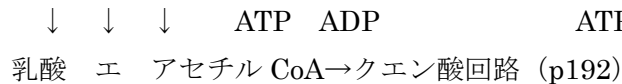
NAD^+



ATP ADP



ATP ADP

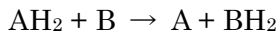


乳酸
エタノール

高エネルギー結合 : P-P, C-P, S-P

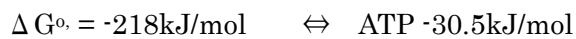
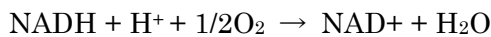
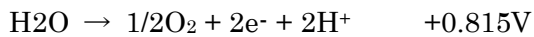
重要な酵素がヌクレオチドになっている

酸化還元反応



還元電位 $\Delta G^{\circ} = -nF(E_{\text{A}^{\circ}} - E_{\text{B}^{\circ}})$

$e^- \cdots E^{\circ}$ 低 \rightarrow 高へ流れる。

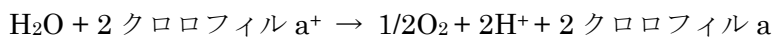


電子伝達系でエネルギーを取り出す仕組み

膜を断行する H^+ 輸送(キノンによる) = H^+ 電気化学勾配 = 化学浸透仮説

光合成

クロロフィル a \rightarrow クロロフィル $\text{a}^+ + e^- \rightarrow$ 電子伝達系



呼吸 $\text{NADH} \rightarrow \text{O}_2$



光合成 $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NADPH} \rightarrow \text{H}^+$ 輸送 \rightarrow F 型 ATP 合成酵素



CO_2 固定(p198)

ルビスコ 触媒効率悪い

CO_2 だけでなく O_2 も固定 (光呼吸反応)

C3 植物 $\cdots\text{CO}_2$ の固定産物は炭素数 3 のホスホグリセリン酸

C4 植物 $\cdots\text{CO}_2$ が炭素数 4 のリンゴ酸やアスパラギン酸に固定される。エネルギーを余分に消費する代わりに、細胞外の CO_2 濃度が低くてもオキシゲナーゼ活性を示さず効率的な光合成が可能になる。