

# 目次概略

## 第 I 部

- 1 章 生物の基本概念と基本構造 ……14
- 2 章 生物の増殖 ……25
- 3 章 遺伝と生物情報 ……34
- 4 章 エネルギーと代謝酵素 ……43
- 5 章 環境応答と恒常性 ……52

生物学の  
基本概念

## 第 II 部

- 6 章 生命の物質的基盤 ……62
- 7 章 複製 ……80
- 8 章 転写 ……90
- 9 章 翻訳 ……100
- 10 章 遺伝子発現の調節 ……110
- 11 章 細胞の構造 ……123
- 12 章 細胞内輸送 ……143

分子

## 第 III 部

- 13 章 細胞周期 ……158
- 14 章 シグナル伝達の基本 ……169
- 15 章 シグナル伝達の制御 ……179
- 16 章 エネルギー生産と代謝経路 ……189
- 17 章 細胞運動と神経・筋収縮 ……202

細胞

## 第 IV 部

- 18 章 生殖 ……216
- 19 章 動物個体の形成, 分化 ……229
- 20 章 動物個体の環境応答と情報処理 ……239
- 21 章 動物個体の維持 ……252
- 22 章 植物個体の形成と成長 ……269

個体

## 第 V 部

- 23 章 生物圏と環境 ……284
- 24 章 生物進化とゲノム ……299

種・生物圏

# 理系総合のための 生命科学

## Contents

序	3
---	---

### 第 I 部 生物学の基本概念

#### 1章 生物の基本概念と基本構造 14

1 さまざまな生物と1つの生物学	14	5 単細胞生物と多細胞生物	21
2 生命体の基本的属性	16	6 生物の大分類	21
3 細胞と細胞膜	16	7 種	23
4 原核生物と真核生物	18	8 このあとの展開	24

**Column** ●生物の名前の付け方…16 ●細胞説をめぐる…17 ●顕微鏡の進歩(光学系の改良)…19  
●顕微鏡の進歩(分解能の向上)…20 ●微生物とは何か?…23

#### 2章 生物の増殖 25

1 細胞は分裂により増える	25	3 生物の生活環	29
■細胞の分裂と細胞周期 ■原核細胞の分裂 ■真核細胞の分裂		■世代交代の概念および二倍体が優勢な生物 ■一倍体が優勢な生物	
2 有性生殖と無性生殖	27	4 胚発生による多細胞体の形成	33
■ゲノムと倍数性 ■無性生殖		5 第 II 部以降での展開	33

**Column** ●有性生殖の意義…28 ●イチヨウの精子の発見…31 ●桜はなぜいつせいに咲くのだろう…32

#### 3章 遺伝と生物情報 34

1 形質	34	7 伴性遺伝	38
2 メンデル遺伝	34	8 連鎖	39
3 機能獲得と機能喪失	35	9 集団としてみた遺伝子プール	39
4 メンデルの独立の法則	36	10 遺伝子の本体はDNAである	40
5 遺伝因子と染色体	37	11 第 II 部以降での展開	41
6 染色体とゲノム	38		

**Column** ●フェニルチオカルバミドと苦味…36 ●メンデルの法則に合わない母性遺伝…37  
●遺伝性疾患と確率…39 ●遺伝子はDNAであること…40 ●アルカプトン尿症の発見…41

## 4章 エネルギーと代謝酵素 43

- 1 細胞の生きざまと酵素の種類 .....43
- 2 生体エネルギーの基本的な流れ .....43
- 3 エネルギー通貨としてのATPの役割 .....44
- 4 酵素の基本的性質 .....45
  - 酵素の特異性と反応機構 ■ 酵素反応速度論
- 5 細胞内の代謝 .....48
- 6 第II部以降での展開 .....51

**Column** ●熱力学の法則：自由エネルギー変化と平衡定数...44 ●酵素の結晶化...46 ●無細胞系における発酵...47 ●Michaelis-Mentenの式の導き方...48 ●ATPはうまみのもと...50

## 5章 環境応答と恒常性 52

- 1 恒常性，環境応答，分子ネットワーク .....52
  - 動的平衡による恒常性維持 ■ 情報伝達系による恒常性維持
- 2 物理的な環境への応答 .....53
  - 光 ■ 温度
- 3 多細胞体における内部的な恒常性と環境応答 .....56
- 4 外来病原体への応答 .....58
  - 細菌に感染するウイルス ■ レトロウイルス ■ ウイルス抵抗性 ■ 病原生物に対する抵抗性
- 5 第II部以降での展開 .....60

**Column** ●明暗順応を調節する遺伝子...55 ●恒常性と内部環境の維持...56

# 第II部 生命現象の基本的なしくみ —物質を中心に

## 6章 生命の物質的基盤 62

- 1 生命を構成するもの .....62
  - 生命をつくる元素 ■ 生命をつくる分子 ■ 生物を構成する有機化合物
- 2 アミノ酸とタンパク質 .....63
  - タンパク質の単位としてのアミノ酸 ■ ペプチド結合 ■ タンパク質の構造 ■ タンパク質の機能と高次構造の形成 ■ タンパク質の修飾 ■ タンパク質の変性
- 3 脂質 .....67
  - 脂肪酸 ■ グリセロ脂質 ■ スフィンゴ脂質 ■ ステロイド
- 4 糖 .....71
  - 五炭糖と六炭糖 ■ 糖の結合 ■ 多糖類 ■ 糖タンパク質
- 5 核酸 .....74
  - 単位としての核酸 ■ 高分子核酸 ■ DNAは二本鎖である ■ RNAは一本鎖である

**Column** ●鏡像タンパク質...63 ●トランス型不飽和脂肪酸...69 ●直鎖状の糖分子と環状の糖分子...71 ●血液型...73 ●グリコバイオロジー...74 ●DNAの変性・再生...76 ●ワトソン，クリックによるDNA分子構造の提唱...77 ●DNAは細くて長い糸である...78 ●多くの原核生物は環状，真核生物は直鎖状の二本鎖DNAをもつ...79

## 7章 複製 80

- 1 遺伝情報の伝達と遺伝情報の発現 .....80
- 2 細胞増殖とDNA複製 .....80
  - 細胞増殖は細胞の最も基本的な機能 ■ DNA複製の特殊性
- 3 遺伝子とDNA .....81
  - 遺伝子の定義 ■ ゲノム ■ 生物のDNA量 ■ 生物の遺伝子数 ■ 真核生物は遺伝子でないDNA領域をたくさんもっている ■ エキソンとイントロン ■ 転写調節領域

**4 DNAの複製**.....84

■ DNA複製のアウトライン ■ DNAポリメラーゼ ■ 複製には鋳型を必要とする ■ 複製は不連続である ■ 複製のプライマー ■ 複製開始点と複製終了点がある ■ 複製開始の調節 ■ DNAの損傷と修復

**Column** ●反復配列とイントロン...83 ●半保存的複製を示したメセルソンとスタールの実験...85 ●複製の正確さ...86 ●複製にかかわる酵素はたくさんある...87 ●末端複製問題...88

**8章 転写** ..... **90**

**1 遺伝子の転写と翻訳** .....90

■ セントラルドグマ ■ 遺伝子の暗号 ■ DNAのセンス鎖 ■ 遺伝子の発現

**3 転写後の修飾** .....96

■ RNAの切断 ■ 塩基の修飾 ■ 真核生物のmRNAプロセッシング

**2 遺伝子の転写** .....92

■ RNAの種類 ■ 転写の特徴 ■ 転写の基本

**Column** ●真核生物にはもっと多くの非翻訳RNAがあるのかもしれない...93 ●RNA合成阻害剤...94 ●RNA複製と逆転写...95 ●逆転写酵素とcDNA...96 ●シャープとロバーツによる分断遺伝子の発見...99

**9章 翻訳** ..... **100**

**1 アミノアシルtRNAの合成** .....100

■ tRNAというもの ■ アミノアシルtRNA合成酵素 ■ ホルミルメチオニルtRNA

**4 タンパク質合成** .....102

■ 翻訳の開始 ■ ペプチド鎖の延長 ■ 翻訳の終了 ■ ポリリボソーム

**2 リボソーム** .....101

■ リボソームとは ■ 大腸菌リボソームの構造

**5 転写と翻訳の協調** .....105

**6 高次構造形成と翻訳後修飾** .....106

**3 mRNAの構造** .....102

**7 変異と多型** .....108

**Column** ●ニールンバーグによる遺伝暗号の解読...102 ●21番目のアミノ酸...103 ●原核生物と真核生物におけるタンパク質合成系...106 ●タンパク質合成阻害剤...107 ●シャペロン...108

**10章 遺伝子発現の調節** ..... **110**

**1 発現からみた遺伝子の種類** .....110

■ すべての生物でハウスキーピング遺伝子が働く ■ 多細胞生物ではさらに多くの遺伝子が働く ■ 一人のヒトの体細胞は同じ遺伝子をもっている ■ 発現が調節される遺伝子と調節されない遺伝子

■ ヘテロクロマチンとユークロマチン ■ クロマチン構造と遺伝子発現調節

**2 原核生物の遺伝子発現調節** .....111

■ 大腸菌のβガラクトシダーゼ遺伝子は正と負に調節される

**4 再び遺伝子とは** .....118

■ 遺伝子は形質を支配する何ものかである ■ 遺伝子はDNAである ■ アミノ酸をコードするDNA部分が遺伝子である ■ イントロンも遺伝子に含める ■ 構造遺伝子と調節遺伝子 ■ 1遺伝子1タンパク質ではない場合の遺伝子 ■ タンパク質の情報をもたない遺伝子 ■ 調節領域を含めて遺伝子とする場合もなくはない ■ 遺伝子の数 ■ ゲノムとは ■ 染色体ゲノムと染色体外ゲノム

**3 真核生物の遺伝子発現調節** .....114

■ 転写調節と転写後調節 ■ 真核生物はより複雑な転写調節機構をもつ ■ クロマチンリモデル

**Column** ●リンバ球だけは遺伝子が異なる...111 ●複数の遺伝子を同時に発現調節するオペロン...112 ●ジャコブとモノーによる遺伝子発現調節の解明...113 ●オペロンとレギュロン...114 ●真核生物における主なシスエレメントとトランスエレメント...116 ●DNAのメチル化, 発生, 体細胞クローン動物...118 ●RNAiによる遺伝子発現調節...120 ●非翻訳RNAの多くはmiRNAかもしれない...121

## 11章 細胞の構造 123

- 1 生体膜 ..... 123
  - 2 原核細胞の構造 ..... 125
  - 3 真核細胞の構造 ..... 127
    - 細胞膜 ■ 核 ■ 小胞体 ■ ゴルジ体 ■ リンソーム ■ ペルオキシソーム ■ 独自のDNAを含む細胞内小器官—ミトコンドリアと色素体 ■ 液胞
  - 4 細胞骨格 ..... 135
    - アクチン繊維 ■ 微小管 ■ 中間径繊維
  - 5 細胞外基質 ..... 137
  - 6 細胞接着と組織構築 ..... 141
    - 上皮細胞の細胞接着 ■ 細胞と細胞外基質との接着 ■ 細胞同士の接着 ■ 細胞の極性
- Column** ●細胞膜の透過性を利用した攻撃…127 ●イオンチャネルの分子構造解明の歴史…129  
●ミトコンドリア病…132 ●自己複製するミトコンドリアと色素体…133  
●細胞内小器官のゲノムと複製…134 ●コラーゲン繊維とビタミンC不足…139

## 12章 細胞内輸送 143

- 1 タンパク質の合成と輸送 ..... 143
    - 膜結合ポリリボソームにおけるタンパク質の合成
  - 2 膜結合ポリリボソームで合成されたタンパク質の輸送 ..... 145
    - ゴルジ体
  - 3 遊離ポリリボソームで合成されたタンパク質の輸送 ..... 150
  - 4 原核細胞におけるタンパク質の輸送 ..... 154
  - 5 エンドサイトーシス ..... 154
  - 6 エキソサイトーシス ..... 155
  - 7 オートファジー ..... 156
- Column** ●粗面小胞体で合成されるタンパク質の品質管理…146 ●ゴルジ体の発見とゴルジ体におけるタンパク質の輸送モデル…149 ●ゴルジ体における酸性加水分解酵素の選別と輸送…150  
●輸送小胞や細胞内小器官の運搬…152

# 第Ⅲ部 生命現象の基本的なしくみ—細胞を中心に

## 13章 細胞周期 158

- 1 細胞周期の概要 ..... 158
    - M期 ■ G1期 ■ S期 ■ G2期
  - 2 細胞周期制御因子サイクリン/CDK複合体 ..... 162
    - 細胞周期エンジン ■ サイクリン/CDKの活性調節
  - 3 細胞周期のチェックポイント機構 ..... 164
    - DNA損傷チェックポイント
  - 4 細胞増殖開始の制御 ..... 166
    - 正と負の制御 ■ 正と負の制御を可能にする分子装置 ■ 細胞増殖開始までのシグナル伝達
- Column** ●細胞周期は進んだり止まったりする…159 ●細胞質分裂…161 ●細胞周期研究黎明期…163  
●さまざまな時期で働く細胞周期チェックポイント…165 ●DNA複製フォークの構築…166  
●細胞周期とがん…168

## 14章 シグナル伝達の基本 169

- 1 シグナル伝達 ..... 169
    - タンパク質のリン酸化と脱リン酸化 ■ Gタンパク質 ■ 低分子の二次メッセンジャー ■ タンパク質の分解によるシグナル伝達
  - 2 細胞内シグナル伝達の基本 ..... 170
  - 3 細胞間のシグナル伝達 ..... 177
    - ホルモン ■ 細胞増殖因子
- Column** ●低分子量Gタンパク質…173 ●イノシトールリン脂質…175 ●アポトーシス…176

## 15章 シグナル伝達の制御 179

- 1 受容体を介した細胞内シグナル伝達経路** .....179  
■ 酵素型受容体 ■ Gタンパク質共役型受容体
- チャンネル型受容体 ■ 転写因子型受容体, 核内受容体
- 2 がん** .....185
- Column** ●ドメインの話...180 ●二次メッセンジャーとしてのカルシウムイオンの発見...182  
●がん遺伝子...186 ●チロシンリン酸化阻害によるがん治療...187

## 16章 エネルギー生産と代謝経路 189

- 1 ATP合成のしくみ** .....189
- 2 発酵と呼吸** .....190  
■ 解糖系 ■ クエン酸回路 ■ 酸化的リン酸化と化学浸透説 ■ 酸化還元反応と酸化還元電位  
■ 呼吸鎖 ■ 細胞内代謝経路と呼吸鎖の関係  
■ 呼吸鎖とH<sup>+</sup>輸送の共役 ■ ATP合成酵素
- 3 光合成** .....196  
■ 概要 ■ 明反応
- 4 暗反応** .....198  
■ カルビン回路 ■ C3植物とC4植物
- 5 ミトコンドリアと葉緑体のトポロジー** .....200
- Column** ●H<sup>+</sup>の電気化学的勾配という高エネルギー状態...190 ●ATP合成酵素の回転の実証...195  
●光合成が可視光を効率よく利用するしくみ...196  
●光合成の炭酸固定経路図(カルビン回路)...198 ●光合成の電気回路的考え方...199  
●共役と光による調節...200 ●地球大気の大気二酸化炭素濃度の変遷と光合成...200

## 17章 細胞運動と神経・筋収縮 202

- 1 細胞運動** .....202  
■ ミオシン ■ ダイニンとキネシン
- 細胞の興奮と膜電位の変化 ■ 活動電位の伝導  
■ シナプスによる興奮の伝達
- 2 神経細胞の興奮とその伝達** .....206
- 3 筋収縮の制御** .....212
- Column** ●細菌の鞭毛運動...203 ●筋収縮のしくみの解明...204  
●細胞の移動運動と細胞骨格の再構築...207 ●ミオシン分子の立体構造の変化と筋収縮...208  
●膜電位依存性Na<sup>+</sup>チャンネル...209 ●アセチルコリン受容体とその働き...212

## 第Ⅳ部 生命現象の基本的なしくみ — 個体の形成と機能を中心に

## 18章 生殖 216

- 1 有性生殖と無性生殖** .....216
- 2 体細胞分裂と減数分裂** .....217
- 3 減数分裂の意義** .....218
- 4 遺伝的組換え** .....219
- 5 配偶子の形成** .....221
- 6 配偶子の特殊化** .....224
- 7 受精** .....225  
■ 植物での受精の過程 ■ 動物での受精の過程
- 8 世代交代** .....227
- 9 種と性** .....227
- Column** ●性の決定と性転換...218 ●連鎖と組換え, DNA多型...220  
●アグロバクテリウムと遺伝子組換え植物...221 ●クローン動物...228

## 19章 動物個体の形成、分化 229

- 1** 動物の形態と分類 .....229
- 2** 初期発生 .....229
- 卵割 ■ 細胞の特殊化 ■ 胚の方向性の決定
- 3** 形態形成運動 .....237
- 4** 細胞分化と幹細胞 .....237
- Column** ●線虫の細胞系譜…232 ●ホメオティック遺伝子…234 ●逆転している背腹軸…235 ●オーガナイザーの発見…236

## 20章 動物個体の環境応答と情報処理 239

- 1** 感覚 .....239
- 感覚受容の一般的な性質 ■ 空間的情報の処理
- 2** 中枢神経とその制御 .....243
- 中枢神経系の構造 ■ 大脳新皮質の機能 ■ 大脳新皮質の階層構造 ■ 記憶
- 3** 効果器への出力制御 .....249
- 骨格筋の運動制御 ■ 概日周期の制御
- Column** ●視細胞の光受容機構…244

## 21章 動物個体の維持 252

- 1** ホメオスタシス .....252
- 外部環境と内部環境 ■ 体液とホメオスタシス
- 2** 自律神経系 .....254
- 交感神経系 ■ 副交感神経系
- 3** 内分泌系 .....255
- ホルモンとは ■ ホルモンの種類
- 4** 神経系と内分泌系の協調 .....256
- 血糖量のホメオスタシス ■ 体液のホメオスタシス
- 5** 免疫と生体防御 .....260
- 免疫現象と免疫系 ■ 自然免疫と獲得免疫
- 6** 免疫系の細胞と組織 .....260
- 免疫細胞は骨髄から生じる ■ 免疫細胞の系譜と分化 ■ 一次免疫器官と二次免疫器官
- 7** 免疫応答の開始 .....263
- 免疫系に発せられる危険信号 ■ サイトカインとケモカイン ■ 自然免疫応答から獲得免疫応答への橋渡しとMHC分子 ■ T細胞の活性化 ■ 細胞性免疫応答と体液性免疫応答
- 8** 免疫応答におけるエフェクター機構 .....264
- 寄生体と戦うメカニズム ■ 細胞性免疫応答におけるエフェクター機構 ■ 体液性免疫応答におけるエフェクター機構としての抗体
- Column** ●血漿タンパク質の役割…257 ●食欲の調節…259 ●モノクローナル抗体の作製とその利用…262 ●アレルギー…265

## 22章 植物個体の形成と成長 269

- 1** 植物の基本体制 .....269
- 2** 細胞の分裂と成長 .....270
- 3** 種子形成と休眠・発芽 .....271
- 4** 根の成長と分枝 .....274
- 5** 茎の成長と分枝 .....276
- 6** 葉の形成 .....278
- 7** 花成 .....278
- 8** 花器官の形成 .....280
- Column** ●植物ホルモン…273 ●オーキシンの極性輸送…274 ●光受容体…275 ●屈性…277 ●ついにフロリゲンが見つかった？…281



# 第V部 種としての生命のあり方

## 23章 生物圏と環境

284

### 1 生物圏と環境への適応……………284

■さまざまな環境要因 ■環境への適応—自然選択の作用 ■環境変動に応じた生活史の適応

### 2 群れの社会生物学……………286

■縄張りとその機能 ■親による子の保護 ■昆虫やクモ、ダニの社会性 ■脊椎動物の社会性

### 3 生物間相互作用と個体群動態……………288

■種内競争と密度効果 ■種間競争とニッチ分化 ■食う—食われるの関係

**Column** ●ヒマラヤ山脈を越えて渡りをするインドガン…285 ●ニッチ分化と形質置換…290  
●自然界における個体数の大変動…291 ●中規模攪乱説…292 ●微生物の多様性…297  
●手に入らない微生物…298

### 4 生物群集と多様な種の共存……………291

■栄養段階と食物連鎖 ■群集を構成する多様な種の共存 ■非平衡共存説と捕食説 ■生物群集の遷移

### 5 生態系の構造と動態……………294

■食物網 ■生態系のエネルギー流 ■生態系の物質循環

## 24章 生物進化とゲノム

299

### 1 ゲノムとは……………299

■ゲノム解読 ■ゲノムからみた生物種 ■細胞内小器官とゲノム

### 2 分子系統生物学……………303

■形態学的特徴でみる比較生物学、分類学 ■核酸の配列でみる比較生物学、分類学

### 3 ゲノムの変化……………307

■ゲノムの垂直伝播 ■ゲノムの水平伝播

**Column** ●フレデリック・サンガーに三度目のノーベル賞はあるか…300  
●RNAの品質を保つための機構：NMD…304 ●系統樹の作り方あれこれ ①最節約法…306  
●系統樹の作り方あれこれ ②近隣結合法…307 ●生命情報へのアクセス方法…312

### 4 生命の起源の学説……………309

■地球の歴史と生命 ■地球環境の変化と化学進化

### 5 ゲノム研究の今後の流れ……………311

■遺伝的変異：SNPとハプロタイプ ■トランスクリプトーム ■プロテオーム ■エピゲノム

## 付録

## 生命科学研究で使われる実験手法

315

### 1 核酸や分子生物学研究に関する実験手法……………315

■抽出、分離方法 ■制限酵素 ■DNAの検出 ■DNAの増幅

### 2 タンパク質や生化学研究に関する実験手法……………321

■タンパク質の分離・精製 ■抗体 ■ウエスタン解析 ■質量分析 ■組換え技術

### 3 細胞生物学研究の実験手法……………325

■細胞培養 ■細胞の可視化—顕微鏡 ■蛍光タンパク質 ■*in situ*ハイブリダイゼーション ■抗体染色 ■遺伝子の導入 ■遺伝子操作マウス ■遺伝子組換え生物

索引……………329

執筆者一覧……………335