

理系総合のための 生命科学 第2版

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	6	種の概念	20
2	生命体の基本的属性	16	7	生物の大分類	20
3	細胞と細胞膜	16	8	生物の多様性と微生物	22
4	原核生物と真核生物	19	9	このあと展開	23
5	単細胞生物と多細胞生物	19			

コラム ●細胞説をめぐって…18 ●生物の名前の付け方…20 ●人間からみた微生物…23
●自然の中での微生物…24

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			■二倍体が優勢な生物 ■一倍体が優勢な生物	
	■真核細胞の分裂				
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	31
	■ゲノムと倍数性 ■無性生殖		5	生物の増殖・成長と環境	31
			6	第Ⅱ部以降での展開	35

コラム ●有性生殖の意義…28 ●イチョウの精子の発見…32 ●桜はなぜいっせいに咲くのだろう…34

3章 遺伝と生物情報 36

1	形質	36	7	染色体とゲノム	40
2	メンデル遺伝	36	8	伴性遺伝	41
3	メンデルの独立の法則	37	9	連鎖	41
4	遺伝因子と染色体	37	10	集団としてみた遺伝子プール	42
5	遺伝子の変異と優性・劣性	38	11	遺伝子の本体はDNAである	43
6	機能獲得型の変異	40	12	第Ⅱ部以降での展開	44

コラム ●フェニルチオカルバミドと苦味…38 ●メンデルの法則に合わない母性遺伝…39
●遺伝性疾病と確率…42 ●遺伝子はDNAであること…43 ●アルカブトン尿症の発見…44

4章 ATPと酵素

46

1 生物の生きざまを決める 酵素セット	46
2 エネルギー通貨としてのATPと NADH・NADPHの役割	46
3 エネルギーと物質の流れの基礎	48
4 細胞内の代謝	50
5 酵素の基本的性質	53
6 第Ⅱ部以降での展開	56

コラム ●ATPはうまみのもと…48 ●熱力学の法則：自由エネルギー変化と平衡定数…49 ●無細胞系における発酵…52 ●酵素の結晶化…53 ●ミカエリス・メンテンの式の導き方…55

5章 環境応答と恒常性

57

1 外部環境と内部環境の ホメオスタシス	57
2 ホメオスタシスのしくみ	58
3 自律神経系	61
4 内分泌系	62
5 神経系と内分泌系の協調	64
6 第Ⅱ部以降での展開	68

コラム ●なぜ海水魚は海水を飲めるのか…60 ●フィードバック調節…63 ●血漿タンパク質の役割…65 ●食欲の調節…67

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

70

1 生命を構成するもの	70
2 タンパク質	71
3 脂質	75
4 糖質	78
5 核酸	83

コラム ●鏡像タンパク質…71 ●トランス型不飽和脂肪酸…76 ●エーテル型グリセロ脂質…76 ●直鎖状の糖分子と環状の糖分子…80 ●グリコバイオロジー…81 ●血液型…82 ●DNAの変性・再会合…83 ●DNAは細くて長い糸である…84 ●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…85 ●ワトソン、クリックによるDNA分子構造の提唱…86

7章 複製

88

1 遺伝情報の伝達と遺伝情報の発現	88
2 細胞増殖とDNA複製	88
3 遺伝子とDNA	90

コラム ■細胞増殖は細胞の最も基本的な機能
■DNA複製の特殊性
■遺伝子とは
■ゲノムとは
■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tron
■転写調節領域

4 DNAの複製のしくみ	92	統である ■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
■DNA複製のアウトライン ■DNAポリメラーゼ ■複製には錆型を必要とする ■複製は不連		
コラム ●エキソンシャッフリング…92 ●半保存的複製を示したメセルソンとスタールの実験…94 ●複製の正確さ…95 ●複製にかかる酵素はたくさんある…96 ●末端複製問題…97 ●DNA複製後の塩基修飾と遺伝情報複製…98		

8章 転写 99

1 遺伝子の転写と発現	99	3 転写後の修飾	105
■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		■RNAの切断 ■塩基の修飾 ■mRNAプロセシング ■RNAの細胞質への輸送	
2 遺伝子の転写	101		
■RNAの種類 ■転写の特徴 ■転写の基本			
コラム ●RNA合成阻害剤…103 ●RNA複製と逆転写…104 ●逆転写酵素とcDNA…105 ●mRNAのエディティング…106			

9章 翻訳 109

1 アミノアシルtRNAの合成	109	4 タンパク質合成	111
■tRNAの構造 ■アミノアシルtRNA合成酵素 ■ホルミルメチオニルtRNA		■翻訳の開始 ■ペプチド鎖の延長 ■翻訳の終了 ■ポリソーム	
2 リボソーム	110	5 転写と翻訳の協調	113
3 mRNAの構造	111	6 高次構造形成と翻訳後修飾	115
コラム ●21番目のアミノ酸…110 ●タンパク質合成阻害剤…114 ●シャベロン…115			
7 変異と多型	115		

10章 遺伝子発現の調節 117

1 発現からみた遺伝子の種類	117	ックな制御とは ■ヒストンコード ■遺伝情報を担うもの	
■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ラクシャリー遺伝子が働く ■1人のヒトの体細胞は同じ遺伝子をもつ ■発現が調節される遺伝子と調節されない遺伝子			
2 原核生物の遺伝子発現調節	118	5 小型RNAなどによる遺伝子発現調節	126
■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		■miRNAの合成と働き ■miRNAの機能的役割 ■RNAiという現象 ■無意味なDNAなどないのかもしれない	
3 真核生物の遺伝子発現調節	121	6 再び遺伝子とは	129
■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 ■クロマチンリモデリングによる調節		■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 ■遺伝子はアミノ酸をコードするDNA部分である ■インtron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 ■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ある ■遺伝子の数 ■再びゲノムとは ■染色体ゲノムと染色体外ゲノム	
4 エピジェネティックな遺伝子発現調節	124		
■ヘテロクロマチンとユーロクロマチン ■クロマチン構造と遺伝子発現調節 ■エピジェネティ			

コラム ●リンパ球だけは遺伝子が異なる…118 ●複数の遺伝子を同時に発現調節するオペロン…119 ●オペロンとレギュロン…120 ●真核生物における主なシスエレメントとトランスクアクター…122 ●DNAのメチル化、発生、体細胞クローン動物…125 ●人工siRNAは応用価値が高い…127 ●その他の小型RNA…128	
---	--

11章 細胞の構造

132

1 生体膜	132
2 原核細胞に特徴的な構造	134
3 真核細胞の構造	136
■核 ■小胞体 ■ゴルジ体 ■リソソーム ■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	
コラム ●イオンチャネルの分子構造解明の歴史	135
●コラーゲン繊維とビタミンC不足	143

12章 細胞内輸送

147

1 タンパク質の合成と細胞内輸送の基本	147
■膜結合ポリソームと遊離ポリソーム ■輸送小胞	
2 膜結合ポリソームで合成されたタンパク質の輸送	149
■タンパク質の合成場所の決定 ■小胞体への移行 ■粗面小胞体からゴルジ体、ゴルジ体から細胞内小器官への輸送 ■輸送過程における高次構造形成と翻訳後修飾	
3 遊離ポリソームで合成されたタンパク質の輸送	153
■核への輸送 ■ミトコンドリア、葉緑体、ペルオキシソームへの輸送	
4 原核細胞におけるタンパク質の輸送	157
5 エキソサイトーシス	157
6 エンドサイトーシス	158
7 プロテアソーム・ユビキチン化	159
8 オートファジー	159

コラム ●小胞体で合成されるタンパク質の品質管理…152 ●ゴルジ体におけるリソソーム酵素の選別と輸送…154 ●輸送小胞や細胞内小器官の運搬…158

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

162

1 細胞周期の概要	162
■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	166
■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	168
■DNA損傷チェックポイント	
4 細胞増殖開始の制御	170
■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	

コラム ●細胞周期は進んだり止まったりする…165 ●細胞質分裂…166 ●細胞周期研究黎明期…167 ●さまざまな時期で働く細胞周期チェックポイント…169 ●DNA複製フォークの構築…170 ●細胞周期とがん…172

14章 シグナル伝達の基本

173

1 シグナル伝達とは	173
2 細胞内シグナル伝達の基本	174
■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	
3 細胞間のシグナル伝達	179
■タンパク質の分解によるシグナル伝達 ■ホルモン ■細胞増殖因子	

コラム ●低分子量Gタンパク質…176 ●イノシトールリン脂質…178 ●アポトーシス…180

15章 細胞内シグナル伝達のしくみ

183

1 受容体を介した 細胞内シグナル伝達経路 183

■酵素型受容体 ■Gタンパク質共役型受容体

2 がん 188

■チャネル型受容体 ■転写因子型受容体、核内受容体 ■シグナル伝達のクロストーク

コラム ●ドメインの話 184 ●二次メッセンジャーとしてのカルシウムイオンの発見 186 ●ピロリ菌と胃がん 189 ●がん遺伝子 191 ●チロシンリン酸化阻害によるがん治療 192

16章 エネルギー生産と代謝経路

193

1 ATP合成のしくみ (キナーゼとATP合成酵素) 193

4 光合成 201

■呼吸鎖と各代謝経路の関係 ■呼吸鎖とH⁺輸送の共役 ■ATP合成酵素

■呼吸と発酵：解糖系 194

5 ミトコンドリアと葉緑体の トポロジー 205

■概要 ■明反応 ■暗反応 ■C3植物とC4植物

■呼吸：クエン酸回路・呼吸鎖 194

■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

コラム ●H⁺の電気化学的勾配という高エネルギー状態 194 ●ATP合成酵素の回転の実証 200
●光合成が可視光を効率よく利用するしくみ 201 ●呼吸鎖と光合成の電子伝達反応の比較 203 ●光合成の炭酸固定経路図(カルビン回路) 204 ●共役と光によるATP合成酵素の調節 205 ●地球大気の二酸化炭素濃度の変遷と光合成 206

17章 細胞運動と神経・筋収縮

207

1 細胞運動 207

■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 神經細胞の興奮とその伝達 211

3 筋収縮の制御 216

コラム ●ミオシン分子の立体構造の変化と筋収縮 209 ●細菌の鞭毛運動 210 ●細胞の移動運動
と細胞骨格の再構築 212 ●電位依存性Na⁺チャネル 214 ●アセチルコリン受容体とその働き 217 ●筋収縮のしくみの解明 218

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

222

1 有性生殖と無性生殖 222

6 配偶子の特殊化 230

2 体細胞分裂と減数分裂 223

7 受精 231

3 減数分裂の意義 225

■植物での受精の過程 ■動物での受精の過程

4 遺伝的組換え 226

8 世代交代 233

5 配偶子の形成 228

9 種と性 233

コラム ●性の決定と性転換 224 ●アグロバクテリウムと遺伝子組換え植物 226 ●連鎖と組換え、DNA多型 227 ●クローン動物 234

19章 動物の発生

235

1 動物の形態と分類	235	3 形態形成運動	243
2 初期発生	235	4 細胞分化と幹細胞	244
■卵割（多細胞化） ■細胞の特殊化			
■胚の方向性の決定			
コラム ●線虫の細胞系譜…238 ●ホメオティック遺伝子…240 ●逆転している背腹軸…241			
●オーガナイザーの発見…242			

20章 脳と神経

246

1 感覚	246	3 効果器への出力制御	256
■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	250	■骨格筋の運動制御 ■概日リズムの制御	
■中枢神経系の構造 ■大脑新皮質の機能			
■大脑新皮質の階層構造 ■記憶			

コラム ●視細胞の光受容機構…251 ●認知症とアルツハイマー病…256 ●統合失調症…259

21章 免 疫

260

1 免疫と生体防御	260	3 免疫応答の開始	264
■免疫現象と免疫系とは ■自然免疫と獲得免疫は共同して働く ■免疫現象の分子細胞生物学的な側面			
2 免疫系の細胞と組織の成り立ち	261	■免疫系に向けて発せられる危険信号 ■マクロファージと炎症応答 ■獲得免疫応答の開始とMHC遺伝子産物のかかわり ■T細胞の活性化	
■免疫細胞は骨髄から作られる ■免疫細胞の系譜と分化段階 ■免疫細胞増殖の場である一次免疫器官と二次免疫器官			
4 免疫応答におけるエフェクター機構	267	■細胞性免疫応答と体液性免疫応答	
■免疫系が寄生体と戦うしくみ ■細胞性免疫応答におけるエフェクター機構 ■抗体の構造と機能 ■体液性免疫応答におけるエフェクター機構			

コラム ●ワクチン…261 ●サイトカイン、ケモカインとそれらの受容体…264 ●MHCと移植片の拒絶…266 ●アレルギー…267 ●ギランバレー症候群…270 ●「新型」インフルエンザの流行…271

22章 植物の発生

273

1 植物の基本体制	273	5 茎の成長と分枝	280
2 細胞の分裂と成長	274	6 葉の形成	282
3 種子形成と休眠・発芽	275	7 花成	283
4 根の成長と分枝	279	8 花器官の形成	284

コラム ●植物ホルモン…277 ●オーキシンの極性輸送…278 ●光受容体…278 ●屈性…280 ●植物ホルモンの情報伝達…281 ●ついに花成ホルモンが見つかった…285

第V部 種としての生命のあり方

23章 生物圏と環境

288

- | | |
|--|-----|
| 1 生物圏と環境への適応 | 288 |
| ■ 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 | 290 |
| ■ 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 | 292 |
| ■ 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 | |

コラム ●ヒマラヤ山脈を越えて渡りをするインドガン…289 ●ニッチ分化と形質置換…294
●自然界における個体数の大変動…295 ●中規模擾乱説…296

24章 生物進化とゲノム

303

- 1 ゲノムとは** 303
 - 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** 307
 - 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
 - 分子系統学の問題点
 - 3 ゲノムの変化** 309
 - ゲノムの垂直伝播 ■ ゲノムの垂直伝播と多様性 ■ ゲノムの水平伝播

コラム ●フレデリック・サンガー：生命科学研究に大きく貢献した天才…304 ●系統樹の作り方
(最節約法)…308 ●ハプロタイプから病気の原因遺伝子を探す…315

付録

生命科学研究で使われる実験手法

317

- 1 生命科学実験を行う前に** 317
 - 実験動物に対する考え方 ■ 遺伝子組換え実験に対する考え方 ■ 生物情報へのアクセス方法
 - 2 核酸や分子生物学研究に関する実験手法** 318
 - 抽出、分離方法 ■ DNAの構造と塩基の相補性
 - 3 タンパク質や生化学研究に関する実験手法** 322
 - タンパク質の分離・精製 ■ タンパク質の電気泳動

泳動 ■ 抗体 ■ ウエスタン解析 ■ エピゲノム
解析のためのChIP-seq法 ■ 質量分析

- 4 細胞生物学研究の実験手法 327
 - 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
 - 細胞に対する外来遺伝子の導入
 - RNAi
 - 5 遺伝子組換え 330
 - 遺伝子操作マウス
 - 遺伝子組換え生物

索引

- 332

執筆者一覽

- 343