

# 現代 生命科学

## contents



序 .....	3
---------	---

## 第 I 部 現代生命科学の基礎

### 第 1 章 生命科学と現代社会のかかわり 11

1 生物とは何か .....	12
❖ ① 細胞と呼ばれる構造体からできている	
❖ ② 遺伝物質 DNA によって自己を複製する	
❖ ③ 環境からの刺激に応答する	
❖ ④ 環境から ATP を合成し、そのエネルギーを用いて生活・成長する	
2 地質時代と生物の変遷 .....	13
3 生物の系統と系統樹 .....	14
4 ヒトの起源と進化 .....	15
5 細胞を構成する分子 .....	17
❖ 水	
❖ タンパク質	
❖ 脂質	
❖ 糖	
❖ 核酸	
6 生命科学の誕生 .....	20
7 自然科学とは何か .....	20
8 21 世紀の生命科学 .....	22

**Column** 化石人類と現生人類 / 15 デニソワ人の謎 / 16 進化と苦味受容 / 16  
検証すべき仮説? / 20 ツタンカーメンの母親は誰だったか / 21 生物多様性と微生物 / 23  
ウイルスは生物か? / 24

### 第 2 章 生命はどのように設計されているか 25

1 細胞の発見 .....	26
2 細胞の大きさと多様性 .....	26
3 細胞の成り立ちと細胞内小器官 .....	27
❖ 真核細胞と原核細胞	
❖ 細胞内小器官の概要	
❖ 核	
❖ 小胞 (膜) 輸送系	
❖ 酸化的代謝系	
❖ 独自の DNA を含む細胞内小器官	
❖ 細胞骨格	

<b>4</b>	<b>遺伝情報の伝達</b> .....	33
	❖ 遺伝子と染色体 ❖ DNAの発見と二重らせん構造 ❖ 正確な遺伝子複製のしくみ	
<b>5</b>	<b>現代遺伝学</b> .....	36
	❖ 転写, 翻訳—DNA, RNA, タンパク質 ❖ 遺伝子という言葉, ゲノムという概念 ❖ ヒトゲノムとは	
	❖ 真核生物の遺伝子構造の特徴 ❖ スプライシングによる遺伝子の多様性 ❖ 細胞構造と遺伝子発現	
<b>Column</b>	細胞内輸送の異常 / 29 植物になり損ねたマラリア原虫 / 31 ミトコンドリアDNAの変異によって起こる病気 / 31 ミトコンドリアDNAの母性遺伝 / 33 メンデルの法則と単一遺伝子疾患 / 35 人工生命の作製は可能? / 38	

## 第3章 ゲノム情報はどのように発現するのか 41

<b>1</b>	<b>ゲノム 生物種を規定する配列情報</b> .....	42
<b>2</b>	<b>個人差と種差</b> .....	42
	❖ 個人差とゲノム ❖ 遺伝子多型 ❖ 種差とゲノム	
<b>3</b>	<b>ゲノムからみた生殖 性はなぜ存在するか</b> .....	44
	❖ 父と母—さまざまな性の形態 ❖ 性の起源 ❖ 生殖細胞と減数分裂	
<b>4</b>	<b>遺伝と環境のかかわり</b> .....	45
	❖ 体質と遺伝子の関係 ❖ 生活環境が及ぼす影響	
<b>5</b>	<b>遺伝子の発現を調節するもの</b> .....	46
	❖ 生体高分子の相互作用を介した遺伝子転写調節のしくみ ❖ DNAやタンパク質に対する化学修飾	
<b>6</b>	<b>エピゲノム ゲノムに対する後天的修飾</b> .....	49
	❖ 染色体DNAの構造が遺伝子発現調節に関与する ❖ エピゲノムに寄与する化学修飾	
	❖ 細胞は記憶する: エピゲノム情報の維持 ❖ エピゲノム情報が初期化される時	
<b>Column</b>	ヒトの遺伝子はいくつあるのか? / 43 知る権利, 知らないでいる権利 / 44 化学修飾あれこれ / 48 三毛猫のまだら模様を決めるX染色体の不活性化 / 50 ヒストンコード / 52 ゲノムの化学修飾が病気につながる例 / 53	

## 第II部 生命科学研究で明らかになった生命のしくみ

### 第4章 複雑な体はどのようにしてつくられるか 55

<b>1</b>	<b>発生の初期過程 卵割と三胚葉形成</b> .....	56
<b>2</b>	<b>体の基本形の構築 体軸形成と神経誘導</b> .....	57
<b>3</b>	<b>細胞分化と器官形成</b> .....	57
<b>4</b>	<b>動物の発生と進化</b> .....	59
<b>5</b>	<b>生殖細胞の形成と哺乳類の発生</b> .....	61
	❖ ヒトの生殖細胞と発生	

6	成長と老化	62
7	細胞分化の全能性・多能性・多分化能と幹細胞	64
8	再生医療	65

**Column** ホメオティック遺伝子の役割／58 植物の発生—花器官形成のしくみ／60  
線虫の細胞系譜／61 細胞の寿命を決めるテロメアとエピゲノム修飾／63

## 第5章 脳はどこまでわかったか 67

1	ヒトの脳の構造	68
2	大脳皮質	68
3	神経細胞	70
4	神経伝達	72
	❖ 受容体とリガンド	
5	記憶と長期増強	75
6	脳機能の計測	76
	❖ fMRI ❖ PET ❖ X線CT ❖ その他の方法	
7	認知症	77

**Column** 植物状態からの脳機能の回復／68 ガルの骨相学／71 言語と遺伝子／72  
「臨界期」にご注意／73 運動が脳に及ぼす影響／74 NMDA受容体と記憶力の関係／76  
うつ病はなぜ起こるのか？／76 頭のよくなる薬？／78 脳のGPSシステム／79

## 第6章 がんとはどのような現象か 81

1	がんとは	82
2	細胞増殖および細胞死	82
	❖ 細胞増殖の抑制の異常 ❖ 細胞増殖因子の機能とその異常 ❖ 細胞増殖因子からのシグナル伝達とその異常	
	❖ 細胞間の対話と細胞増殖 ❖ アポトーシスとその異常	
3	発がんがんとがん遺伝子、がん抑制遺伝子	86
	❖ 遺伝子の傷 ❖ がん遺伝子、がん抑制遺伝子 ❖ 多段階発がんモデル	
4	がんの診断と病理学	88
	❖ がん細胞であることの判断 ❖ 腫瘍組織 ❖ がん細胞の不均一性	
5	がんの治療	88
	❖ 手術 ❖ 放射線治療 ❖ 化学療法 ❖ ホルモン療法 ❖ 分子標的治療薬療法	
6	がんの進行と転移	92
	❖ がんの進行 ❖ がん転移	

**Column** がんと癌とガンニュアンスの違い／82 細胞のシグナル伝達／86 タバコによる発がん／87  
がんの遺伝子診断／89 がん幹細胞／89 Bench to bedside (B2B)／92 たねと土の仮説／94

## 第7章 私たちの食と健康の関係

95

- 1 食べるとは ..... 96
- 2 消化と吸収 ..... 96
- 3 消化管の共生微生物 ..... 98
- 4 酵素 ..... 100
- 5 生物エネルギーとATP ..... 100
- 6 ヒトの代謝の基本経路 ..... 101
- 7 エネルギーのバランス ..... 103
- 8 エネルギーバランスのしくみ ..... 104
- 9 食と健康をめぐる最近の話題 ..... 104
  - ❖ 肥満：エネルギーバランスの乱れ
  - ❖ メタボリックシンドローム
  - ❖ 食の安全

**Column** なぜ消化器は消化されないか？／96 蓄積するのはなぜ脂肪か？／97  
食品中のDNAの行方／98 いろいろな発酵と食品／99 食欲と睡眠の関係／101  
脂肪細胞／104 肥満の指標BMIと太りすぎ、やせすぎ／105 BSE問題／106  
食の安全と食の安心／107 農薬の必要性と危険性の度合い／108

## 第8章 ヒトは病原体にどのように備えるか

109

- 1 人類と感染症の戦い ..... 110
- 2 微生物と感染 ..... 110
  - ❖ 感染とは
  - ❖ 細菌の感染
  - ❖ 真菌の感染
  - ❖ ウイルスの感染
  - ❖ 感染から症状発生へ至るしくみ
- 3 免疫とは何か ..... 116
  - ❖ 免疫系の成り立ち
  - ❖ 免疫を担う細胞と組織
- 4 免疫応答のしくみ ..... 119
  - ❖ 免疫系が感染源の攻撃を感知して応答するしくみ
  - ❖ 体液性免疫と細胞性免疫
  - ❖ アレルギー
  - ❖ 免疫応答の制御と自己免疫

**Column** 抗生物質と耐性菌／111 結核／112 新型インフルエンザ／114 HIVの生き残り戦略／115  
うがい・手洗い・咳エチケット／116 ヒト白血球抗原（HLA）と拒絶反応／118 抗体／119  
花粉症とアレルギー／122 自己免疫疾患と感染症の間にあるもの／123

## 第9章 環境と生物はどのようにかわるか

125

- 1 環境と適応 ..... 126
  - ❖ 極限環境
  - ❖ 進化と適応放散
  - ❖ 人間がつくる環境への適応
  - ❖ 適応進化と中立進化
- 2 恒常性と環境応答 ..... 128
  - ❖ 恒常性の維持
  - ❖ 環境応答の原理
  - ❖ 恒常性を打破する環境応答

<b>3</b>	<b>有性生殖と環境適応</b> .....	130
	❖ 有性生殖と無性生殖 ❖ 多様性を生み出すしくみ	
<b>4</b>	<b>生物と環境の相互作用：光合成</b> .....	132
	❖ 地球環境と光合成 ❖ 土壌の形成 ❖ 個体群とヒトの特殊性 ❖ 生物群集と食物連鎖	
<b>5</b>	<b>生態系の構造と動態</b> .....	136
	❖ 生態系のエネルギー流 ❖ 生態系の物質循環	
<b>6</b>	<b>生物多様性と地球環境の保全</b> .....	137
	❖ 生態系のバランス ❖ 日本の里山	
<b>Column</b>	ダーウィンと適応放散 / 127 植物のダイナミックな環境応答—気孔の開閉 / 129 有性生殖は本当に環境適応に有効か? / 131 光は植物にとって有害、O <sub>2</sub> は生物にとって有害? / 133 なぜ陸上植物は緑色か? / 134 大気中のCO <sub>2</sub> 濃度の上昇と地球温暖化 / 136 地球温暖化—「不都合な真実」とIPCCによるノーベル平和賞受賞後の騒動 / 138 特異な生態系とその構築原理—サンゴ礁と腸内 / 140	

## 第Ⅲ部 生命科学技術の進歩と社会との関係

### 第10章 生命科学技術はここまで進んだ 141

<b>1</b>	<b>古い歴史をもつバイオ技術</b> .....	142
	❖ 発酵という伝統の食文化 ❖ 酵素を取り出すという発想	
<b>2</b>	<b>バイオ技術としての新しい医薬品生産</b> .....	142
<b>3</b>	<b>品種改良の歴史</b> .....	143
	❖ 古い歴史をもつ農作用や家畜の選抜 ❖ 新しいバイオ技術で生まれた遺伝子組換え生物 ❖ ゲノム編集技術を用いた新しい育種の可能性	
<b>4</b>	<b>微量のDNAを増幅させるPCR技術</b> .....	149
<b>5</b>	<b>研究手法の進展</b> .....	150
<b>6</b>	<b>生命活動の計測と補助</b> .....	152

**Column** 分子標的治療薬—イマチニブを例に / 143 ゲノム時代における遺伝子資源の重要性 / 144  
アグロバクテリウムによる遺伝子組換え植物作製 / 145 最初の遺伝子組換え食品 / 146  
狙った遺伝子配列に切断を入れるゲノム編集技術の例 / 148  
日本の食糧事情と遺伝子組換え食品 / 149 PCRを用いた病原体検出、個人特定 / 151  
農業工学—バイオエタノール / 152 放射線とDNA損傷 / 154

### 第11章 生命倫理はどこに向かいつつあるのか 155

<b>1</b>	<b>生命倫理とは</b> .....	156
	❖ 医療専門職の医療倫理とパターナリズム ❖ 生命倫理の興起と発展 ❖ 生命倫理成立の背景	

2	生命倫理の原則	158
3	臨床研究と倫理委員会	159
4	生命倫理と宗教	160
	❖ 文化的多様性と生命倫理	
5	人体の商品化、環境破壊と国際協約	164
<b>Column</b>	優生学の歴史と現在 / 156 ニュールンベルク綱領とヘルシンキ宣言 / 158 インフォームド・コンセント / 159 脳死と臓器移植 / 160 日本のIRBと倫理指針 / 161 生殖補助医療と倫理 / 162 倫理的・法的・社会的問題 (ELSI) / 163 ES細胞と宗教 / 163 生命科学研究と知的所有権 / 164 生命倫理と人権に関する世界宣言 / 165 動物実験の意義と倫理原則 / 166	

## 第12章 生命や生物の不思議をどのように理解するか 167

1	科学的に見た生命の不思議	168
	❖ ① ゲノムの情報量 ❖ ② 精密で合目的な機械としての生物体 ❖ ③ 生物が示す柔軟な順応能力 ❖ ④ 多細胞生物の複雑な体の構築 ❖ ⑤ 脳とこころの関係 ❖ ⑥ 生物の起源と進化 ❖ ⑦ 生命の謎を説明する「力」	
2	生命・生物の理解についての理論の発展	169
	❖ 目的論と機械論 ❖ 還元論と全体論 ❖ 自然発生説論争の二面性 ❖ プレイクスルーとなる負のエントロピー概念 ❖ 分子レベルのサイバネティクス：偶然から必然が生まれる ❖ 複雑系科学からのアプローチ：散逸構造と自己組織化	
3	現代諸科学による生命理解	175
	❖ 生物と生命：動的な考え方 ❖ 生命の駆動力としての自由エネルギー ❖ オミックスとシステム生物学 ❖ 合成生物学と制御システム ❖ 生命の起源と化学進化・生物進化・人工生命 ❖ 物質科学に根ざした生命の動的な理解に向けて	
4	結論：最初の問に対する現在あり得る解答	181
<b>Column</b>	パスツールの白鳥の首型フラスコ / 170 エントロピーと生命 / 171 DNA結合タンパク質による遺伝子発現制御 / 172 モノーが考えた代謝制御回路—ミクロなサイバネティクスの例 / 173 細胞周期の簡単なシミュレーション / 177 異なる動物の遺伝子制御ネットワークの比較 / 179	
	索引	183

表紙：

*D'où venons-nous? Que sommes-nous? Où allons-nous?*  
Paul Gauguin, 1897