

# 演習で学ぶ 生命科学

物理・化学・数理からみる生命科学入門

## 目次

|          |    |
|----------|----|
| ◆ 序      |    |
| ◆ 本書の使い方 | 11 |

### 1章

## 物理・化学・数理的な生命のみかた

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1 生命理解へのアプローチ          | 18 |
| 2 生物の多様性と一様性           | 18 |
| 3 生物共通の性質              | 19 |
| 4 生命を構成する物質            | 20 |
| 5 細胞の意義                | 21 |
| 6 自由エネルギーの獲得と散逸        | 21 |
| 7 自己複製                 | 23 |
| 8 環境への応答と恒常性           | 24 |
| 9 生物の進化と系統             | 26 |
| 10 物質、駆動力、制御系からなる自己増殖系 | 28 |

### 2章

## 生体分子 —細胞をつくりあげる物質群

|                |    |
|----------------|----|
| 1 細胞を構成する有機化合物 | 30 |
| 2 タンパク質        | 30 |
| 3 脂質           | 34 |
| 4 糖            | 37 |
| 5 核酸           | 38 |

### 演習

|                     |    |
|---------------------|----|
| 2-1 情報伝達物質と受容体の結合定数 | 39 |
|---------------------|----|

#### 宿題1

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| タンパク質の構造表示①：プリオンの構造をウェブ上で観察する | 42 |
|-------------------------------|----|

#### 宿題2

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| タンパク質の構造表示②：プリオンの構造を立体構造ビューアで観察する | 44 |
|-----------------------------------|----|

### 3章 細胞の構造と増殖

|                     |    |
|---------------------|----|
| 1 細胞の構造と細胞小器官 ..... | 46 |
| 2 細胞の分裂と増殖 .....    | 48 |
| 3 細胞内シグナル伝達 .....   | 52 |
| 4 細胞内輸送 .....       | 54 |

#### 演習

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 3-1 生命の階層性 .....           | 55 |
| -2 細胞内の混み合い .....          | 57 |
| -3 細胞内における生体分子の拡散と輸送 ..... | 59 |

宿題3 細胞周期のシミュレーション ..... 61

### 4章 生命活動の駆動力 —代謝と自由エネルギー—

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 1 生命活動と自由エネルギー .....                | 63 |
| 2 自由エネルギーの保持物質としてのATPとNAD(P)H ..... | 68 |
| 3 基本的な代謝系 .....                     | 70 |
| 4 酵素 .....                          | 71 |
| 5 酵素活性の調節 .....                     | 71 |

#### 演習

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 4-1 酵素反応のキネティクス .....   | 73 |
| -2 「光のエネルギーの計算」基礎 ..... | 76 |
| -3 一定の基質供給がある酵素反応 ..... | 78 |

宿題4 酵素反応のシミュレーション ..... 80

### 5章 遺伝情報

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 1 情報分子としての核酸 .....      | 82 |
| 2 遺伝子とDNA .....         | 84 |
| 3 DNAの複製 .....          | 84 |
| 4 RNAへの転写 .....         | 88 |
| 5 真核生物のmRNAプロセシング ..... | 89 |
| 6 リボソームはタンパク質合成の場 ..... | 91 |

#### 演習

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 5-1 細胞分裂とテロメア ..... | 92  |
| -2 遺伝子発現量の測定 .....  | 94  |
| -3 塩基配列の情報量 .....   | 97  |
| -4 遺伝子頻度 .....      | 100 |

宿題5 遺伝情報データベースの利用 ..... 102

宿題6 DNAの構造と転写因子の結合 ..... 105

宿題7 調べてみよう①:エピジェネティクス ..... 106

**6章****システムとしての生命の特性**

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| 1 フィードバック回路の重要性 .....          | 107 |
| 2 代謝経路と遺伝子発現制御におけるネットワーク ..... | 109 |
| 3 ホメオスタシス .....                | 110 |
| 各演習のねらい .....                  | 111 |

**演習**

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 6-1 転写制御のモデル .....    | 112 |
| -2 転写のフィードバック制御 ..... | 114 |
| -3 ネットワークモチーフ .....   | 115 |
| -4 転写制御のベイズ推定 .....   | 118 |
| -5 合成オペロンの進化 .....    | 120 |

宿題8

調べてみよう②：負のフィードバック回路 .....

123

**7章****生命のダイナミクスとパターン形成**

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1 正のフィードバック回路 .....     | 124 |
| 2 要素の空間内移動を伴うシステム ..... | 125 |
| 3 反応拡散系 .....           | 126 |
| 4 高次の形態パターンの形成 .....    | 126 |
| 各演習のねらい .....           | 127 |

**演習**

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 7-1 孔辺細胞と浸透圧 .....               | 129 |
| -2 神經のシグナル伝達原理 .....             | 131 |
| -3 オーキシンの極性輸送と<br>形態形成 .....     | 134 |
| -4 Notch-Delta系による<br>側方抑制 ..... | 137 |
| -5 胚のパターン形成 .....                | 140 |

宿題9

調べてみよう③：パターン形成がみられる生命現象 .....

143

**8章****マクロスケールのダイナミクス**

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| 1 生物と環境：生物間相互作用と生物群集 ..... | 147 |
| 2 生態系の構造と動態 .....          | 155 |
| 3 進化と系統 .....              | 156 |

|      |                         |     |
|------|-------------------------|-----|
| 宿題10 | 調べてみよう④:生態効率10%の理由..... | 163 |
| 宿題11 | 配列アラインメントと系統樹の作成.....   | 163 |
| 宿題12 | 最適成長スケジュール .....        | 165 |

## 9章 生命科学の新しい潮流 —大規模計測・システム・計算科学

|          |                                 |     |
|----------|---------------------------------|-----|
| <b>1</b> | 生命科学と大規模計測.....                 | 169 |
| <b>2</b> | 生命のシステム科学的理解 .....              | 171 |
| <b>3</b> | 生命システムと計算科学 .....               | 172 |
| <b>4</b> | 生物にヒントを得た計算手法 .....             | 174 |
| <b>5</b> | 物理・化学・数理に根ざした生命の動的な理解に向けて ..... | 176 |

|      |                            |     |
|------|----------------------------|-----|
| 宿題13 | 誕生、絶滅のようなシミュレーション .....    | 177 |
| 宿題14 | ニューラルネットワークのシミュレーション ..... | 178 |

## 付 錄

|            |                             |     |
|------------|-----------------------------|-----|
| <b>付録A</b> | 発展問題 一多面的な生命理解につながる9題 ..... | 182 |
| <b>付録B</b> | 微分方程式の数値計算 一ルンゲ-クッタ法 .....  | 191 |
| <b>付録C</b> | 関連図書・参考文献 .....             | 193 |
| <b>◆索引</b> | .....                       | 197 |

表紙

The Tree of Life – by Gustav Klimt, 1905  
提供 : Alamy/ アフロ