

執筆者一覧 (五十音順)

- あ 浅野 真司 (立命館大学薬学部) : 2.6 節
- い 池永 誠 (立命館大学生命科学部) : 2.1 節
- い 位田 雅俊 (立命館大学薬学部) : 2.1 節, 2.5 節
- お 小野 文一郎 (立命館大学生命科学部) : まえがき, 1 章, 2.1 節, 2.2 節, 2.4 節, 2.5 節, 2.7 節, 3.1 節, 3.5 節, 3.9 節, 3.10 節, あとがき, 編集後記
- か 笠原 賢洋 (立命館大学生命科学部) : 2.9 節, 2.11 節
- き 木村 富紀 (立命館大学薬学部) : 3.2 節
- く 久保 幹 (立命館大学生命科学部) : まえがき, あとがき, 編集後記
- さ 里見 潤 (立命館大学生命科学部) : 3.1 節, 3.3 節
- し 下妻 晃二郎 (立命館大学生命科学部) : 3.8 節
- す 鈴木 健二 (立命館大学薬学部) : 2.9 節
- す 鷺見 長久 (立命館大学保健センター) : 3.7 節
- た 高田 達之 (立命館大学薬学部) : 2.11 節
- た 高橋 卓也 (立命館大学生命科学部) : 2.8 節
- て 寺内 一姫 (立命館大学生命科学部) : 2.8 節
- にし 西澤 幹雄 (立命館大学生命科学部) : 2.10 節
- はや 早野 俊哉 (立命館大学生命科学部) : 2.10 節
- ほり 堀 利行 (立命館大学生命科学部) : 3.4 節
- まつ 松宮 芳樹 (立命館大学生命科学部) : 1 章, 2.5 節
- や 矢野 成和 (立命館大学生命科学部) : 2.2 節, 2.3 節
- よし 吉田 真 (立命館大学生命科学部) : まえがき, あとがき
- よし 吉田 真子 (立命館大学生命科学部) : 3.5 節, 3.6 節
- わか 若山 守 (立命館大学生命科学部) : 2.2 節, 2.3 節, 2.8 節

まえがき

「20世紀は生物学の時代，21世紀は生命科学の時代」とよくいわれる。これは，20世紀の生物学（特に，20世紀後半の分子生物学）の発展に伴って，生物のつくりや働きの基本原理が明らかになり，21世紀には，その理解がさらに深まるとともに応用・実用の道が拓けることへの期待のあらわれである。“生命科学（life science）”は，1970年代はじめ頃から使われ始めた言葉であり，時代とともに“生物学”から“生物科学”へ，さらに“生物科学”から“生命科学”へと変遷してきている。

20世紀における生物に関する知識の飛躍的な増加のきっかけになったのは，19世紀半ば過ぎの“メンデルによる遺伝の法則の発見”である。発見当初はほとんど注目されなかったが，1900年の“メンデルの再発見”以後，幅広く認知されるようになり，遺伝学の時代が到来した。この遺伝学の流れに化学から派生した生化学が合流して生まれたのが分子遺伝学であり，さらにそれが分子生物学に発展した。なお，分子生物学の誕生には物理学の影響が大きいことが見逃せない。

分子生物学は，“生物が物質の集合体であること”ならびに“その集合体がプログラムによって作動していること”を明らかにした。つまり，生物現象ならびに生命現象を物質の言葉で語るができる（むしろ，語らなければならない）ことが明確になった。これは，原子力エネルギーの開発を可能にしたことと並ぶ20世紀の科学の成果といえる。

生命科学は，“生物の世界の体系”および“生物に対する知識の体系”について考える学問であり，分子生物学が提示した“生物のつくりと働きの基本原理”が生命科学の出発点である。ただし，人間が生物であるがゆえに，生命科学は人間も対象に含むことになる。“人間が自分自身を知る”という意味では，哲学・倫理学に通じる。また，近年の脳科学の進展に伴い，“心の動き”が脳の活動として理解されるようになってきており，心理学や言語学・文学までもがその基盤に生命科学を置く（置かざるを得ない）状況になっている。さらに，別の面からみると，人間の社会活動や経済活動も，その影響が及ぶ範囲（環境）を考慮すると，生命科学を避けては通れない時代になっている。加えて，医療はまさに人間そのものを対象に行われる行為であり，人体の理解と生命倫理の実践の場であるとともに生命科学の最先端でもある。

このように，生命科学は多岐に広がる学問分野であり，文社系からのアプローチも可能な分野である。また，文社系学生のみならず一般人も通常の生活において，さまざまな局面で

生命科学の知識やそれを利用した技術に接することが多く、生命科学の基礎知識が求められる時代になっている。

本書は、「生物のつくりを基本にしたうえで、生物の働きを理解する」という立場（生物学の延長線上の生命科学）、また、「生物の世界全体を把握（生物世界におけるヒトの位置をきちんと認識）したうえで、人間が抱える諸課題について考える」という立場をとる。

なお、本書では、生物の世界を理解するためには二つの視点が必要であると考えている。一つ目は“個々の生物の生命”という視点である。つまり、生物が、“物質（分子）の組織化 [細胞の形成]” から始まり、“細胞の組織化 [個体の形成]”、“個体の組織化 [個体群ならびに種の形成、地球生態系の形成]”、さらには宇宙全体につながる階層性を有していること、またそれぞれの階層において、“個別識別”が重要な役割を担っていることの認識である。二つ目は“時間軸”という視点である。別ないい方をすると、個々の生物が現在生きていることと、過去から現在まで連続と生物が生き続けていることの認識である。

本書は、文社系学部の学生（特に、1～2回生）に提供する生物系科目の教科書として使われることを第一の目的にしている。教科書としてできるだけ幅広い話題と視点を入れるように心がけたが、決してすべてを網羅しているわけではない。また、暗記を前提にしているわけでもない。理工系教員が提供する話題が理工系でない学生にどこまで受け入れられるかは興味のあるところであるが、「このような背景がある」ということを示すためにかなり細かいところまで書き込んである。とっつき難いところもあるであろうが、少し我慢して取り組んでもらいたい（意欲のある読者はどんどんチャレンジして欲しいが、そうでない読者はどんどん読み飛ばしてもかまわない）。理工系の思考方式に慣れれば、「なるほど」と思える点が出てくるものと確信している。

本書『生命科学』は2巻構成になっている。第1巻（生命科学1——生物個体から分子へ——）は、科学論から始まり、生物体の内部構造と機能について考える。一方、第2巻（生命科学2——生物個体から生態系へ——）は、生物個体から出発して、生物集団へと展開する。第1巻と第2巻とを合わせて生物の世界の全体像を描くものであり、両方の併読を強く要望する。

2012年3月

著者

目 次

1. 生命科学とは

1.1 科学とは	1	1.5 生命科学の歴史	5
1.2 科学と哲学	2	1.6 生命・生物とは	7
1.3 理学と工学	4	1.7 意識の中の生物	7
1.4 生命科学とは	4		

2. 生物体のなりたち

2.1 生物のからだ：細胞	11	2.4.5 生物の多様な性決定機構	56
2.1.1 生物の大きさ	11	2.5 生物体の働き：遺伝	57
2.1.2 細胞	12	2.5.1 遺伝	57
2.1.3 原核細胞と真核細胞	13	2.5.2 メンデルの実験	59
2.1.4 生物体の元素組成	14	2.5.3 別の視点から見たメンデルの実験	60
2.1.5 原子と化学結合	15	2.5.4 メンデルの法則の再発見	61
2.2 生物のからだ：化学物質	22	2.5.5 メンデルの法則の例外	62
2.2.1 細胞を構成する化合物	22	2.5.6 突然変異と連鎖	63
2.2.2 低分子化合物	23	2.5.7 遺伝子は化学物質	63
2.2.3 高分子化合物	29	2.5.8 二重らせん	64
2.2.4 生体膜	35	2.6 セントラルドグマ	65
2.2.5 細胞小器官	37	2.6.1 RNAの役割	66
2.2.6 細胞骨格	37	2.6.2 遺伝暗号表	67
2.3 生物体の働き：代謝	39	2.6.3 転写と翻訳	68
2.3.1 物質代謝	39	2.6.4 転写の分子機構	68
2.3.2 エネルギー代謝	43	2.6.5 翻訳の分子機構	70
2.3.3 酵素	47	2.6.6 セントラルドグマの修正	73
2.3.4 “炎”と“いのち”	48	2.7 生物の働き：遺伝子発現制御	74
2.4 生物体の働き：増殖	50	2.7.1 大腸菌のラクトースオペロン	75
2.4.1 有性生殖	50	2.7.2 大腸菌のマルトースオペロン	76
2.4.2 無性生殖	51	2.7.3 大腸菌のアラビノースオペロン	77
2.4.3 細胞分裂	51	2.7.4 大腸菌のトリプトファンオペロン	77
2.4.4 生物の生殖の具体例	54		

2.7.5	出芽酵母の <i>GAL</i> genes	79	2.9.3	遺伝子工学の展望	100
2.7.6	出芽酵母の <i>PHO</i> genes	80	2.10	ゲノムプロジェクト	100
2.7.7	出芽酵母の <i>MET</i> genes	80	2.10.1	ヒトゲノムプロジェクト	101
2.7.8	真核生物における遺伝子発現制御 (一般モデル)	82	2.10.2	ゲノム科学の展望	105
2.8	タンパク質の構造と機能	83	2.10.3	RNA 干渉	107
2.8.1	タンパク質の構造	83	2.10.4	ゲノム情報を生かした新しい医療	110
2.8.2	タンパク質の立体構造と機能	87	2.10.5	究極の個人情報	110
2.8.3	タンパク質の構造解析と構造予測	87	2.11	発生・細胞分化	111
2.8.4	酵素の働きの分子モデル：具体例	88	2.11.1	細胞分化と遺伝子発現	112
2.8.5	タンパク質の一生	90	2.11.2	動物細胞の全能性	112
2.8.6	タンパク質と生物時計	90	2.11.3	植物細胞の全能性	114
2.9	遺伝子工学	93	2.11.4	アポトーシス	116
2.9.1	実験技術	94	2.11.5	細胞分化とエピジェネティクス	116
2.9.2	遺伝子工学の実用例	99	2.11.6	生物の発生における細胞分化と 遺伝子発現の具体例	117

3. 人間と医療

3.1	人間のからだ	121	3.3.3	中性脂肪の代謝	154
3.1.1	全体像	121	3.3.4	生活習慣病	155
3.1.2	運動器系（骨・骨格筋）・外皮系 （皮膚）	123	3.3.5	生活習慣病とメタボリック シンドローム	155
3.1.3	呼吸器系・消化器系	124	3.3.6	生活習慣病の原因	156
3.1.4	泌尿器系・生殖器系	126	3.3.7	動脈硬化と動脈硬化の リスクファクター	156
3.1.5	循環器系（血管・リンパ管）	127	3.3.8	生活習慣病の予防	159
3.1.6	制御系（神経系・感覚器系・ 内分泌系）	128	3.4	がん	160
3.1.7	防御機構	131	3.4.1	がんとはどういう病気か	160
3.2	感染症	134	3.4.2	がんの起源	161
3.2.1	感染症の歴史	135	3.4.3	発がんウイルスからがん遺伝子へ	162
3.2.2	感染症とコッホの四原則	136	3.4.4	細胞の増殖シグナルとその制御機構	163
3.2.3	病原体	137	3.4.5	発がんを防ぐ分子	165
3.2.4	感染症の現状と対策	138	3.4.6	環境要因	166
3.2.5	ワクチン	151	3.4.7	多段階発がん仮説	167
3.3	生活習慣病	153	3.4.8	がんの生物学的意義	168
3.3.1	食物の消化・吸収	153	3.4.9	がんの新しい治療法	168
3.3.2	血糖値の調節	153			

3.5 臓器移植・再生医療	170	3.8 医療・福祉制度	190
3.5.1 臓器移植の歴史	170	3.8.1 医薬品の技術評価システム	190
3.5.2 輸血	171	3.8.2 医療・福祉制度の現状と課題	193
3.5.3 組織適合性	172	3.8.3 わが国の医療が直面している課題	195
3.5.4 臓器移植と脳死	172	3.9 医療倫理	197
3.5.5 再生医療	173	3.9.1 患者と医者	197
3.6 不妊治療	177	3.9.2 医療制度と医療倫理	199
3.6.1 不妊症とは	177	3.9.3 患者の人間性の尊重	199
3.6.2 不妊治療	178	3.9.4 患者側の倫理意識	200
3.7 心と脳	181	3.9.5 事例集	201
3.7.1 人間らしさと脳	181	3.10 生命倫理	204
3.7.2 ヒトの脳の特徴	182	3.10.1 生命倫理（バイオエシックス）	204
3.7.3 脳の神経細胞	183	とは	204
3.7.4 脳の可塑性	185	3.10.2 zoe-logy と zoe-ethics の提唱	205
3.7.5 脳の異常と心身の病	186		
3.7.6 心は脳にあるのか	187		
引用・参考文献	207		
あとがき	210		
編集後記	211		
索引	212		

『生命科学 2 —— 生物個体から生態系へ ——』 目 次

4. 生物集団のなりたち

4.1 生物の多様性

- 4.1.1 生物の分類と系統
- 4.1.2 生物の集団：個体群の構造と維持
- 4.1.3 生物群集と生態系
- 4.1.4 生態系とその平衡

4.2 生物の進化

- 4.2.1 いろいろな進化論
- 4.2.2 生命の起源
- 4.2.3 地球外生命体の探査

5. 環境と人間

5.1 地球上での物質循環

- 5.1.1 地球生態系における物質循環：微生物の重要な役割
- 5.1.2 物質循環に関わる生物

5.2 地球環境と人間社会

- 5.2.1 人間社会が及ぼす地球環境変化
- 5.2.2 地球環境の現状と浄化・改善へ向けての取組み
- 5.2.3 持続型社会の構築に向けての人類の役割
- 5.2.4 環境倫理



生命科学とは

はじめに 本書の題名は『生命科学』である。したがって、「生命科学はどのような学問か？」から始めるべきであるが、まず科学について考え、その後、生命科学を、さらに生命・生物について概説し、論考する。

1.1 科学とは

“科学”は、辞典によると、『science』一定の目的・方法のもとに種々の事象を研究する認識活動。また、その成果としての体系的知識。研究対象または研究方法のうえで、自然科学・社会科学・人文科学などに分類される。一般に、哲学・宗教・芸術などと区別して用いられ、広義には学・学問と同じ意味に、狭義では自然科学だけをさすことがある。サイエンス。(大辞林)』、ないしは『(1)学；(2)世界の一部を対象領域とする経験的に論証できる系統的な合理的認識。研究の対象によって種々に分類される(自然科学と社会科学、自然科学と精神科学、自然科学と文化科学など)。通常は哲学と区別されるが、哲学も科学と同様な確実性を持つべきだという考え方から、科学的哲学とか哲学的科学というような用法もある；(3)狭義では、自然科学と同義。(広辞苑)』とある。要するに、“体系的な(既成の)知識”という意味合いが強いようである。

これに対して、筆者らは、「一人ひとりが見たり聞いたりしたこと(経験)を個人のレベルで体系化することから科学が始まるのであり、科学の基礎は“個人の経験”である」と考える。ただし、個人の経験だけでは不十分であり、個人の経験を持ち寄って“集団の経験”に変える作業が必要である。この作業には個々の経験をたがいに語り合うことが求められる。いいかえると、“情報の公開”と“集団による情報の検討”が不可欠である。この作業を経て“独断と偏見に満ちた個人の経験”が“普遍化された集団の経験”に転化し、“主観的認識”が“客観的認識”に転化する。さらに、こうして得た“普遍化された経験(定説)”に基づいて新たな実験・観察が行われ、それによって新たな個人的経験が得られ、それが定説と対比される(なお、確たる実験事実なしに、理論ないしは空想から“仮説”を立て、その仮説を検証するという場合もある)。

2 1. 生命科学とは

新たな実験・観察の結果が定説と矛盾しない場合もあるが、時として定説に適合しない場合がある。そうすると、定説に抵触する実験・観察について詳細な検討が加えられる。そして、実験・観察に再現性が認められると、それまでの定説を棄却しなければならない。これが“パラダイムシフト”であり、パラダイムシフトの繰返しが科学の進歩である。つまり、科学はパラダイムシフトによって進歩するのである。

筆者らは、上に述べた科学の進歩の過程を「知識の体系化（科学）のサイクル」と呼ぶ（図 1.1）。サイクルとはいうものの、同じところをぐるぐると回っているのではない。1 サイクル回ったあとの定説は元の定説とは異なる。つまり、正しくは“らせん（スパイラル）”である。そして、この過程は不断に進行し、永遠に続く。別のいい方をすると、科学的真実（定説）はつねに再検討の対象であり、つねに変更を迫られている。科学者は“絶対的真実”を求めて研究に邁進するが、得るのはつねに“相対的真実”でしかない。

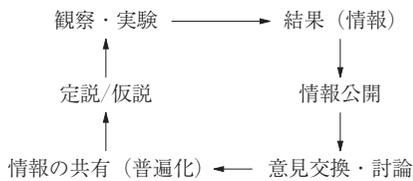


図 1.1 知識の体系化（科学）のサイクル

「定説が間違っているのではないか？」と疑うことが科学の基本である。“現在の科学的真実”を絶えず疑っているのが科学者である。これに対して、一般人はおおむね“科学的真実”を信じて疑わないようである。特に、“日本の科学教育”では、“科学的真実を

疑わない姿勢（暗記式思考や○×式思考）を学生・生徒に根付かせることに膨大なエネルギーを費やしており、科学とはまったく逆の思考様式を押し付けているとしか思えない。

1.2 科学と哲学

日本では、医学博士、理学博士、工学博士、農学博士など、専門分野ごとに学位の名称が異なる。一方、ヨーロッパやアメリカでは、医系の Medical Doctor (M.D.) を除いて、理工系の学位はすべて Doctor of Philosophy (Ph.D.) である。Ph.D. は直訳すれば“哲学博士”であるが、これは先に述べた「科学の基本は疑う（考える）ことである」という考え方に基づいているからである。ところで、日本では、「哲学」は文系の学問（哲学科は、普通、文学部に所属する）であり、「科学」（通常は、自然科学を指す）は理系の学問とされる。さらに、「科学は実生活との関わりが深いが、哲学は浮世離れしている」ともいわれる。そこで、まず、哲学について述べる。

哲学は、物事について体系的に思考することであり、歴史的には、紀元前 7 世紀頃の古代ギリシャにさかのぼるとされる。初期のギリシャ哲学（ソクラテス以前）では、思考の対象

は“自然”であった（ただし、この自然は“生命を持ち自ら動くもの”と考えられた）。ところが、ソクラテス（Socrates, BC470/469-BC399）は考える対象を“人間”ならびに“人間の心の善悪”に据え、自然を対象とする哲学を否定した。“自然についての知”は“よく生きること”に対してまったく意味を持たないと考えたのである。その後、プラトン（Platon, BC427-BC347）やアリストテレス（Aristoteles, BC384-BC322）は“人間的な事柄”に対する考察と“自然”に対する考察を統合した哲学体系を打ち立てた（ただし、この時代には“自然の一部としての人間”という考えはなかった）。古代哲学の末期（ヘレニズム・ローマ時代）になると、哲学の対象の中心は“自己の安心立命”という身近な実践的課題に移った（特に、ストア学派やエピクロス学派の哲学にこの傾向が顕著であった）。

中世の哲学の対象は自然でも人間でもなく“神”であった。そして、近世になると、神に代わって“人間（の認識）”が哲学の対象となった。この時代、「人間は理性的認識によって真理を捉え得る」と考えるフランスのデカルト（Descartes, 1596-1650）をはじめとする合理論と、「人間の認識が成り立つためには経験が必要である」と考えるロック（Locke, 1632-1704）をはじめとするイギリス経験論とが対立した。この合理論と経験論とを統合しようとしたのが東プロイセン（現ロシア）のカント（Kant, 1724-1804）であり、カント哲学が近世哲学の主流となった。19～20世紀にかけて、哲学の中心的な対象は“認識”であった（「哲学の課題は諸科学の基礎づけをすること」と考える新カント学派や、「哲学の課題は、言語の分析によって、言語の持つ文法的形式に欺かれて誤った思考に陥るのを防ぐこと」と考える分析哲学などが挙げられる）。

しかし、一方で、ヘーゲル（Hegel, 1770-1831）やマルクス（Marx, 1818-1883）らは哲学の中心的な対象は“歴史”であると考えた。「歴史はどのような法則によって動くのか？」を探究することが、哲学の最も重要な課題であると考えたのである。その後、ニーチェ（Nietzsche, 1844-1900）、バルクソン（Bergson, 1859-1941）、ディルタイ（Dilthey, 1833-1911）らは“非合理的な生”を重視し、その生を捉えることこそ哲学の課題であると考えた（『生の哲学』）。一方、キルケゴール（Kierkegaard, 1813-1855）、ヤスパース（Jaspers, 1883-1969）、ハイデッガー（Heidegger, 1889-1976）、サルトル（Sartre, 1905-1980）らは、人間を絶対に他人と代替できない“実存”として捉え、「人間がどのようにして自らの自由によってその生き方を決断していくか？」が哲学の中心的な課題であるとした（『実存哲学』）。

上に述べた哲学の流れから、「哲学の対象は時代とともに変遷しているが、哲学は絶えず“自然・世界”ならびに“人間（自分）”を問い続けている」ということがわかる。いずれにしても、“考え（疑い）続ける”という点で、「哲学」（philosophy）も「科学」（science）も同じである。ただし、ギリシャ時代には「自然科学」という学問領域はなかった。あったの

は「博物学」(natural history: 自然史)である。「博物学」の対象は“人間を除く万物”である(つまり、この時代、“動物”も“植物”も“鉱物”と同列に扱われていた)。「博物学」に対して、“人間の心”を対象にしたのが「哲学」,「倫理学」,「神学」,「文学」などであり、“人間の体と病氣”を対象にしたのが「医学」である。

1.3 理学と工学

日本の高校の理科学目には「物理」,「化学」,「生物」がある。大学では、高校の理科学目に相当する科目(いわゆる理系科目)は「物理学」,「化学」,「生物学」である。加えて、大学には“工系科目”という普通高校には相当する科目がない科目群がある。「理学」それ自体が問題解決の手立てになることを目指してはいないのに対して、「工学」は“応用”ないしは“実用”を意図している。「科学は実生活との関わりが深いが、哲学は浮世離れしている」というときの“科学”は「工学」を指している(“科学技術”も同様の意味で使われる)。「工学」(ならびに科学技術)は、「理学」に基礎を置きながら、問題解決の手段となることを目指す学問領域である。

1.4 生命科学とは

生命科学は、辞典によると、『生物体と生命現象を取り扱い、生物学・生化学・医学・心理学・生態学のほか社会科学なども含めて総合的に研究する学問(大辞林)』,ないしは『生命を取り巻く関連諸科学の総称であり、おもに自然科学領域を指すことが多い。このことから、自然科学の代名詞ともいえる物質科学と対を成した学問領域と考えられることもある。ただし、生物・生命体の構成要素も物質であることから物質科学と生命科学の境界は曖昧である。例えば、ウイルスは細胞に感染するが自己完結した自己増殖能を持たない。したがって、生物かどうかは判断が分かれるところであるが、通常は生命科学の領域で取り扱われる。生命科学は生物学または生物科学と同義とされることもある一方、医学分野が生命科学と称されることもある。しかし、生命科学は、一般には、より広義に、物理学や化学など物質科学に分類される自然科学との融合領域である生化学・生物物理学・生物物理化学や、応用的な学問である農学・薬学・栄養学・医学・生命工学なども含む。(Wikipedia)』とされる。

このように、“生命科学”は非常に幅広い意味を持ち、人によって異なる意味合いで使われる。なお、生命科学と似た言葉に“生物科学”があり、生物科学と似た言葉に“生物学”がある。つぎに、生物学・生物科学・生命科学について考察する。

1.5 生命科学の歴史

〔1〕 博物学の時代

生物についての知識体系を指す言葉としての“生物学”(biology)が使われ始めたのは1800年頃である。これ以前に生物がいなかったわけではないので、生物に対しての知識は持っていたはずである。しかし、生物についての知識が生物学として独立に体系化されておらず、“博物学”に包含されていた。博物学は古代ギリシャにさかのぼる。以下、古代ギリシャ（さらには、それ以前）の人間の生物に対する意識について考える。

人間が思考力を持つようになり、身の回り（自然）を観察し始めたときに、まず何を意識したであろうか？ 多分、“自分”と“自分以外”を識別したであろう。そして、自分以外の中に、“自分の身内（親・子供・血族）”さらには“友人・知人”を識別したであろう。こうして、“自分を含む仲間（つまり、人間）”という意識に到達したと思える。つぎに、“人間以外”の中に人間ではないが人間と同じように子供を生んだり動き回ったりするものたちがいることに気づき、それらを“動物”と総称した。また、動き回ることはないが、人間や動物と同じように増殖するものたちがあることに気づき、それらを“植物”と総称した。

ちなみに、ギリシャの哲学者アリストテレスの著書（原著は残っていない）に、霊魂論、動物誌、動物発生論、動物部分論など、“動物”という言葉が出てくる。また、博物学者であるテオフラストス（Theophrastos, BC372-BC288）が植物の研究や分類を行い、『植物誌』を書いた。したがって、古代ギリシャ人たちが“動物”や“植物”という認識は持っていたことは間違いないが、彼らがそれらをまとめて“生物”として認識していたとはいえない。“動物”と“植物”は“鉱物”や“星（天体）”と同列に扱われていたのである。

古代ギリシャは“自分達（人間）”と“自分達以外”^{しよん}を峻別した時代、つまり人間の自我が確立した時代である。そして、この時代には、人間に関しては、“身体についての知識体系（医学）”と“心・精神についての知識体系（哲学、倫理学、文学、歴史学、神学など）”が成立した。一方、人間以外に関してはすべてを博物学に押し込めたのである。ただし、例外として、博物学の対象となるものの中で人体の働きに影響を持つものたち（動物、植物、鉱物）を対象とする“薬学”が成立していた（星たちの動きを観察する天文学が暦の必要性から独立に成立していたのに対比される）。なお、東洋では“本草学”が博物学ないしは薬学と同じ役割をになった。

〔2〕 停滞期

古代ギリシャの医者ガレノス（Galenos, 129頃-199）は動物の解剖を行った。ただし、彼は単一の造物主による生物の創造を強調し、この考え方が中世約1000年間の思考の基盤

になった。中世は、宗教（キリスト教神学）が隆盛を極め、「地球上のものはすべて全知全能の創造主により生み出された」という“創造説”（神秘主義）の時代であった。そして、この時代、ガレノスの解剖知見の教条化が進行し、解剖（ならびに科学的実験）は教会によって禁止された。

〔3〕 人間中心主義からの脱却

イタリアのダビンチ（da Vinci, 1452-1519）は、芸術家の視点から、人体の解剖を行った。また、ベルギーのベサリウス（Vesalius, 1514-1564）は、医者として自らの手で人体解剖を行い、“ガレノスの解剖学”の間違いを指摘した。さらに、イタリアのガリレイ（Galilei, 1564-1642）は、天体の観測から、「太陽が地球を回る」とする“天動説”に異を唱えた。この考えは、「神は地球を中心において宇宙を創った」という創造説に反旗を翻すものであり、キリスト教会の強力な反発（弾圧）を受けたが、最終的には天動説・創造説は排除されることになった。このように、ルネッサンスの時代になって個人の思考を優先する近代科学が芽生え、「宇宙の中心は地球であり、地球の中心は人間である」というキリスト教的宇宙観は崩壊した。

〔4〕 生物学のはじまりとその後の展開

生物学（biology）という言葉を使い始めたのはフランスのラマルク（Lamarck, 1744-1829）であり、その後、イギリスのダーウィン（Darwin, 1809-1882）の“進化論”と呼応して“生物学”という言葉が広く使われるようになった。そして、19世紀の後半に、リービッヒ（Liebig, 1803-1873）とパスツール（Pasteur, 1822-1895）との間で、「発酵に生物（生命）が必須か否か」という約半世紀にわたる生物学上の大論争があった。

リービッヒは動物の消化液の研究（消化は発酵の一種である）から発酵には生物は必要ではない（消化液があればよい）と考えたのに対して、パスツールはアルコール発酵の研究から発酵には生物（酵母菌）が必要であると考えたのである。1840年頃から始まったこの論争は、1897年のブフナー（Buchner, 1860-1917）による酵母菌から抽出した液によってエタノール発酵が進行するという実験によって幕を閉じた。ブフナーの実験によって“生氣論（パスツール）”が敗北したのであるが、より重要なのは、ブフナーの実験が「生化学」の基盤になったことである（以後、生体成分の生化学的分析が急速に進展した）。

さらに、19世紀の最終年（1900年）には、生物学上のもう一つの大きな出来事（メンデルの法則の再発見）があった。チェコのメンデル（Mendel, 1822-1884）は1865年にエンドウの交雑実験から遺伝の法則を発見したが、その成果は1900年に至るまで認知されなかった。ところが、再発見以後、メンデルの法則は広く浸透し、20世紀以後の生物学の出発点になった。この点については2章で詳述する。

あ と が き

日本では、文社系受験を希望する高校生が選択する理科科目は“生物”が圧倒的に多いという。これは、「生物はなにも考えずに丸暗記すればよい科目」と認識されていることを意味する（物理と化学は論理的思考が必要な科目と認識されているということでもある）、大学の生物学（特に、導入期教育における生物学）もほぼ同じように認識されている。ところが、アメリカの多くの大学では、生物学は、理工系・文社系を問わず、必須科目に位置づけられており、分子生物学の成果が広く取り入れられ、教科書には生物機能・生命機能の分子機構が詳細に記述されている。

ところで話は変わるが、「幽霊の正体見たり、枯れ尾花」という俳句がある。怖い、怖いと思っていると、枯れ尾花（枯れたススキ）も幽霊に見えるという意味である。いささかとっぴかもしれないが、近世以後の生物学が明らかにしてきた“生物・生命”を表しているように思える。というのは、生物学とその流れを汲む生物科学・生命科学は、物理学（天文学）から始まった“創造説からの脱却（つまり、人間中心主義からの脱却）”にとどめを刺したからである。そして、また、「霊（幽霊）は存在せず、存在するのは物体（枯れたススキ）である」ことを明確にした。しかしながら、講義で「生物が物質の塊であり、物質はすべて物理化学的な法則に従っている（したがって、生物も物理化学的な法則に従う）」と口をすっぱくして言っても、学生のレポートには、“神秘の生命”、“生物・生命は奥が深い”というような陳腐な言葉が出てくる（理工系の学生相手の講義でさえもこのようであるから、文社系の学生はなおさらであろう）。日本の学生にとって、生物・生命はいまだに“ありがたい存在”でなければならないようである。“花を愛で、虫の音に親しむ”のは現在の日本ではほとんど見られなくなった風情ではあるが、生物との付き合い方としては共感を覚えるし、ぜひとも引き継いで欲しいと思う。「生物が物質の塊であり、物質はすべて物理化学的な法則に従っている」からといって、“花を愛で、虫の音に親しむ”というような生物との付き合い方ができなくなるとは思えないが如何であろうか？

ところで、分子生物学の発展に伴って進展してきた先端的医療技術（遺伝子情報の解析とその利用を含む）に関しては、「人間だから特別の配慮が必要」ということがいわれるようになってきている。人間中心主義へ回帰と思える風潮であり、気がかりではある。この点に関しては、改めて、“人間が生物であることを踏まえた上での科学技術（バイオテクノロジーに限らず）の利用”を考える必要がある。

分子生物学は“還元論”の基盤に立って生物・生命の解明を目指し、20世紀後半、華々しい成果を挙げた。ところが、21世紀の現在、“還元論”が分子生物学の限界要因になっている気配が見て取れる。DNAの塩基配列だけで生物が理解できないことが明らかになってきている。「部分部分が理解できれば全体が理解できるのか？」は永遠に答えが出ない問いであるかもしれないが、全体を全体として理解する道があってもよいことはわかるであろう。『生命科学 1 および 2』がその道への手がかり、足がかりになるのを期待すること大である。

編集後記 立命館大学は2008年に生命科学部と薬学部を開設した。薬学部はまったくの新設（一部教員の理工学部ならびに情報理工学部からの移籍はあった）であったが、生命科学部は理工学の応用化学科と化学生物工学科と情報理工学部の生命情報学科を統合・改編することで誕生した。生命科学部（応用化学科、生物工学科（化学生物工学科から改称）、生命情報学科、生命医科学科（新設））と薬学部（薬学科）は一体的に運営するという新しい試みをしている。両学部開設を契機に、生物系ならびに化学系の科目（特に、導入期科目）を見直し、両学部の教員が全学の関連科目を年次交代で担当する体制を確立することにした（それまでは、多くの科目に非常勤講師を充てていた）。

そして、生物系科目に関しては、理工系学部学生に『生物科学 1 および 2（1・2回生向けの専門基礎科目）』を、文社系学生に『生命科学 1 および 2（1・2回生向けの教養科目）』を開講することにした。理工系学生向けには、対象が“物”であることを学生にアピールすることを目的に、科目名を『生物科学』とした。これに対して、文社系学生向けの科目には、学生の“受け”を狙って“生命”が付いた『生命科学』（世間的には、“生命”はやわらかいニュアンスを与えるようである）にしたしだいである（学内的には、理工系学生向けの『生物科学』との区別を容易にするための事務的な要請があった）。当初は、「『生命科学』は『生物科学 1 および 2』のダイジェスト版でよからう」と安易に考えていたが、議論を進めている間に「文社系の学生にも、生物ならびに生物学の基礎をきちんと提供すべき」という意見が出てきた。特に、若い教員からそのような意見が強く出たのには驚くとともに、「年寄りもやらねばならぬ」という意を強くしたしだいである。ということで、“新しい趣向”も盛り込んで本書が出来上がった。学生諸君をはじめ読者諸氏の反響が楽しみである。

後になったが、執筆の労を取っていただいた方々に、編集者の無理な要望に応えていただいたことを深く感謝する。そして、最後の最後に、編集に付き合っていたいただいたコロナ社の関係各位に深甚の意を表す。

索引

用語

【あ行】

悪性新生物 161
アグロバクテリウム 100
味の素 23
アディポサイトカイン 158
アテニューション 77
アデノシン3リン酸 27
アニミズム 8
アポトーシス 116, 166
アミノアシル-tRNA 71
アミノアシル-tRNA合成酵素
..... 71
アミノ酸 23
アルコール発酵 39
アレルギー 133
アロステリック効果 89
アンチコドン 71
アンフィンゼンのドグマ 87
安楽死 200

イオン結合 18
意識の性 56
一塩基多型 110
遺 伝 57
遺伝暗号表 67
遺伝子 59
遺伝子組換え作物 99
遺伝子工学 94
遺伝子発現制御 75
遺伝的な性 56
医薬品 190
医薬分業 199
医療過誤 201
医療と福祉 193
医療倫理 197
インスリン 154
インスリン抵抗性 156
インターフェロン 110
インターロイキン 132
イントロン 70, 103
インフォームドコンセント
..... 200
インフルエンザ 146
ウイルスフリー 115

運動器系 123
エイズ 142, 145
液性免疫 132
エキソン 103
液 胞 37
エクソン 70
エネルギー代謝 43
——における ATP の役割 44
エビジェネティクス 116
塩 基 68
エントロピー 65
横隔膜 124
応召義務 200
大野病院事件 203
オーガナイザー 119
オーダーメイド医療 110
オペレーター 75
オベロン 69
オリゴ糖 29
オルガネラ 37

【か行】

介 護 194
外骨格 11
介護保険制度 194
概日リズム 91
階層的ショットガン法 101
解体新書 9
解糖経路 40
外皮系 123
外分泌 130
科 学 1
科学技術 4
化学結合 15
化学反応と熱 (エネルギー)
..... 43
核 酸 33
核 膜 14, 68
核様体 14
隔離政策 193
活性化エネルギー 43
カルス 115
カルビン・ベンソン回路 47
か ん 160

がん遺伝子 162
感覚器 129
感覚器系 128
がん原遺伝子 163
がん細胞 174
感染症 135
がん抑制遺伝子 165

偽遺伝子 172
軌道電子 15
機能ゲノム学 105
逆転写酵素 74
吸エルゴン反応 43
鏡像異性体 18
共役反応 45
共有結合 16
共優性 62
極 体 118
拒絶反応 172
キラー T 細胞 132

クエン酸回路 41
組換え 62
組換え食品 100
組換え植物 100
グリア細胞 183
グリコシド結合 29
クロマチン 35
クローン 51
クローン動物 113

形 質 61
形質転換 94
血液型 57
結 核 140
血 管 127
血糖値 153
ゲノム科学 105
ゲノムの可逆的変化 112
ゲノムの不可逆的変化 112
ゲノムプロジェクト 101
原核細胞 13
原形質流動 38
健康食品 190
原 子 15
原子核 15

減数分裂52
 元素15
 顕微授精180

広域医療体制199
 工 学4
 光学異性体18
 光学顕微鏡12
 後成説58
 酵 素47
 構造ゲノム学106
 構造生物学106
 抗 体132
 公的医療制度194
 後天性免疫不全症候群142
 高齢者医療制度194
 高齢者所在不明事件203
 五感（五覚）129
 呼吸器系124
 国民皆保険制度194
 こころと脳181
 個人のゲノム解読111
 個体復元112, 115
 骨格筋123
 コッホの四原則136
 コドン67
 個（孤）の生物学206
 ゴルジ体37

【さ行】

再興感染症138
 再生医療173
 細胞共生進化説37
 細胞骨格37
 細胞質遺伝62
 細胞小器官37
 細胞性免疫132
 細胞説12
 細胞培養114
 細胞分化112
 細胞分裂51
 細胞融合116
 サークアディアンリズム91
 酸化的リン酸化43
 ——による ATP 合成45
 サンガー法97

ジェンダー論56
 軸 索183
 シグナル伝達系169
 シグナル伝達連鎖164
 試験管内 DNA 組換え95
 脂 質27
 脂質二重層35

ジスルフィド結合86
 自然免疫151
 質量分析法88
 ジデオキシヌクレオチド97
 シナプス184
 自発的死166
 市販後の臨床試験193
 姉妹動原体52
 社会的な性56
 シャペロンタンパク質90
 自由エネルギー44
 樹状突起184
 受 精50
 出芽酵母の *GAL* genes80
 出芽酵母の *MET* genes80
 出芽酵母の *PHO* genes80
 主要組織適合遺伝子複合体
172
 循環器系127
 消 化6
 消化器系124
 小胞体37
 情報の循環74
 植物極118
 植物の花形成120
 真核細胞13
 真核生物における遺伝子発現
 制御（一般モデル）82
 心筋梗塞157
 神経インパルス184
 神経回路網185
 神経系128
 神経細胞183
 ——の発火184
 新興感染症138
 人工授精178
 人工染色体ベクター95
 人獣共通感染ウイルス146
 身体の性56
 診療拒否権200

髄 鞘183
 水素結合19
 スヌーピー8
 スーパーマン7
 スプライシング70

生活環50
 生活習慣病153
 制限酵素95
 生殖器系126
 生殖細胞50
 性染色体56
 生体臓器移植172

生体膜35
 正の制御76
 生物化学4
 生物学4
 生物工学93
 生物時計90
 性ホルモン57
 生命科学4
 生命倫理204
 接 合51
 施療所193
 染色体説63
 前成説58
 選択的スプライシング71
 選択的透過性36
 前頭前野188
 セントラルドグマ65
 1 000 ドルゲノムプロジェクト
111
 全脳死172
 全能性112
 織（線）毛38

臓器移植170
 相同動原体52
 組織適合性172
 組織培養114
 疎水相互作用21
 尊厳死200

【た行】

体外受精179
 体細胞50
 体細胞クローン113
 体細胞分裂52
 体軸形成117
 大腸菌のアラビノースオペロン
77
 大腸菌のトリプトファンオペロン
77
 大腸菌のマルトースオペロン
76
 大腸菌のラクトースオペロン
75
 大脳皮質183
 対立形質59
 多核性胞胚117
 多細胞生物13
 多段階発がん仮説167
 多 糖29
 ターミネーター69
 ターン85
 単為生殖55
 単細胞生物13

炭水化物24
 単糖23
 タンパク質31
 —の一生90
 —の構造解析87
 —の構造予測87
 治験191
 知識の体系化(科学)のサイクル
2
 チーム医療197
 チャンネル36
 中間径フィラメント37
 中性脂肪154
 中毒症135
 強い結合21
 低密度リポタンパク質157
 デオキシリボース25
 適応免疫151
 哲学2
 鉄腕アトム7
 電子顕微鏡12
 電子伝達系43
 転写66
 天文学5
 統合失調症186
 動物極118
 動脈硬化156
 —のリスクファクター157
 独立の法則59
 突然変異62, 63
 ドメイン86
 ドラえもん8
 トランスジェニックマウス99
 トランスファー RNA35
 トランスポーター36

【な行】

内骨格11
 内臓脂肪肥満156
 内分泌130
 内分泌系128
 生ワクチン152
 二重らせん64
 乳 化21
 ニューロン183
 スクレオチド25

ネガティブフィードバック
 ループ93
 脳幹死172
 脳梗塞157
 脳 死172
 脳死臓器移植172
 濃度依存的転写制御117
 脳の可塑性185
 脳のしわ182
 ノックアウトマウス99
 ノンコーディング RNA108

【は行】

バイオエシックス204
 バイオテクノロジー93
 配偶子50
 博物学4
 橋渡し研究191
 パターナリズム197
 発エルゴン反応43
 発がんウイルス162
 発 酵39
 パラダイムシフト2
 汎生説58
 パンデミイ135

比較ゲノム学107
 光合成46
 —の暗反応46
 —の明反応46
 微小管37
 微生物12
 ヒツジのドリー113
 ヒトゲノムプロジェクト101
 ヒト免疫不全ウイルス142
 泌尿器系126
 皮 膚123
 肥 満157
 ヒューマノイド7

ファンデルワールス力20
 フォルミルメチオニン71
 不活性ワクチン152
 不完全優性62
 複合糖質25
 複 製66
 物質代謝39
 不妊症177
 不妊治療178
 負の制御75
 プライマー DNA98
 プラスミド95
 プリオン136

プロトプラスト115
 プロトン濃度勾配46
 プロモーター69, 76
 分化全能性175
 分化多能性175
 分子遺伝学65
 分子生物学65
 分子モデリング106
 分離の法則59

ベクター94
 ペプチド結合31
 ヘルパー T 細胞132
 変異原性167
 扁桃体183
 鞭 毛38

ボーアの軌道モデル15
 母性遺伝62
 母性効果遺伝子117
 骨123
 ホメオスタシス130
 ホールゲノムショットガン法
103
 本草学5
 翻 訳66

【ま行】

マイクロフィラメント37
 マクサム・ギルバート法96
 膜電位185
 マクロファージ132
 ミトコンドリア37, 43
 民間医療制度194

無性生殖51

メカノイド7
 メタボリックシンドローム
155
 メッセンジャー RNA35
 メモリー B 細胞133
 免 疫132
 免疫拒絶反応114
 免疫グロブリン133
 メンデルの法則58
 メンデルの法則の再発見61

モルフォゲン117
 モンスターペイシエント200

【や行】

薬害エイズ事件201

薬学5

有性生殖50

誘導適合89

誘導の連鎖119

優劣の法則59

輸血171

葉緑体37, 46

抑制因子165

弱い結合21

【ら行】

理学4

リソゾーム37

リプレッサー75

リボザイム35

リボース25

リボソーマル RNA35

リボソーム71

リンパ管127

ループ85

連合野187

連鎖62

ロボット7

ロボットミー188

【わ行】

ワクチン151

和田心臓移植事件201

和の生物学205

和の生命倫理206

【A】～【Z】

ATP27

Bリンパ球133

cAMP27

CD4142, 145

DNA33

DNA シークエンサー101

DNA リガーゼ96

ES細胞114, 173

ES細胞論文捏造事件202

F因子54

HIV142, 144

iPS細胞114, 176

LDL コレステロール157

MHC172

mRNA35, 66

ORF103

p53165

PCR法98

QOL200

Rb 遺伝子165

RNA35

RNA 干渉107

RNA レプリカーゼ73

rRNA35, 66

TATA box82

tRNA35, 66, 70

URS82

X線回折法88

X連鎖63

zoe-ethics205

zoe-logy205

【 α 】、【 β 】

α ヘリックス84

β 酸化42

β シート84

—— 人名 ——

アウグスチヌス58

アベリー64

アリストテレス3

ウイلمット112

ガードン112

ガリレイ6

ガレノス5

カント3

ギャロッド66

キルケゴール3

クリック64

ケールロイター58

コッホ136

コラーナ67

コレンス61

サットン63

サルトル3

ジェンナー152

ジャコブ75

シャルガフ64

シュレディンガー65

ソクラテス3

外山亀太郎61

ダーウィン6

田中耕一88

ダビンチ6

チェイス64

チェルマック61

ディルタイ3

デカルト3

テータム66

ドフリース61

ドレー187

ニーチェ3

ニーレンバーグ67

ハイデッガー3

ハーシェイ64

パスツール6

ビードル66

ヒポクラテス58

ファイア107

ブフナー6

プラトン3

ブレナー116

ヘーゲル3

ベルクソン3

バンター111

ペンフィールド188

ヘンレ136

マラー63

マルクス3

ミーシャ64

メロー108

メンデル6, 58

モーガン63

モノー75

モンタニエ144

ヤスバース3

山内半作170

山極勝三郎166

山中伸弥114

ヤンセン186

ラマルク6

ランドシュタイナー171

リービッヒ6

レアマー58

レーベンフック58

ロック3

ワトソン64, 111

生 命 科 学 1 — 生物個体から分子へ —

Life Science 1 — From Individual To Molecule —

©生命科学編集委員会 2012

2012年5月18日 初版第1刷発行



検印省略

編 者 生命科学編集委員会
発 行 者 株式会社 コロナ社
代 表 者 牛来真也
印 刷 所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石 4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131 (代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-06742-2

(柏原)

(製本：グリーン)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします