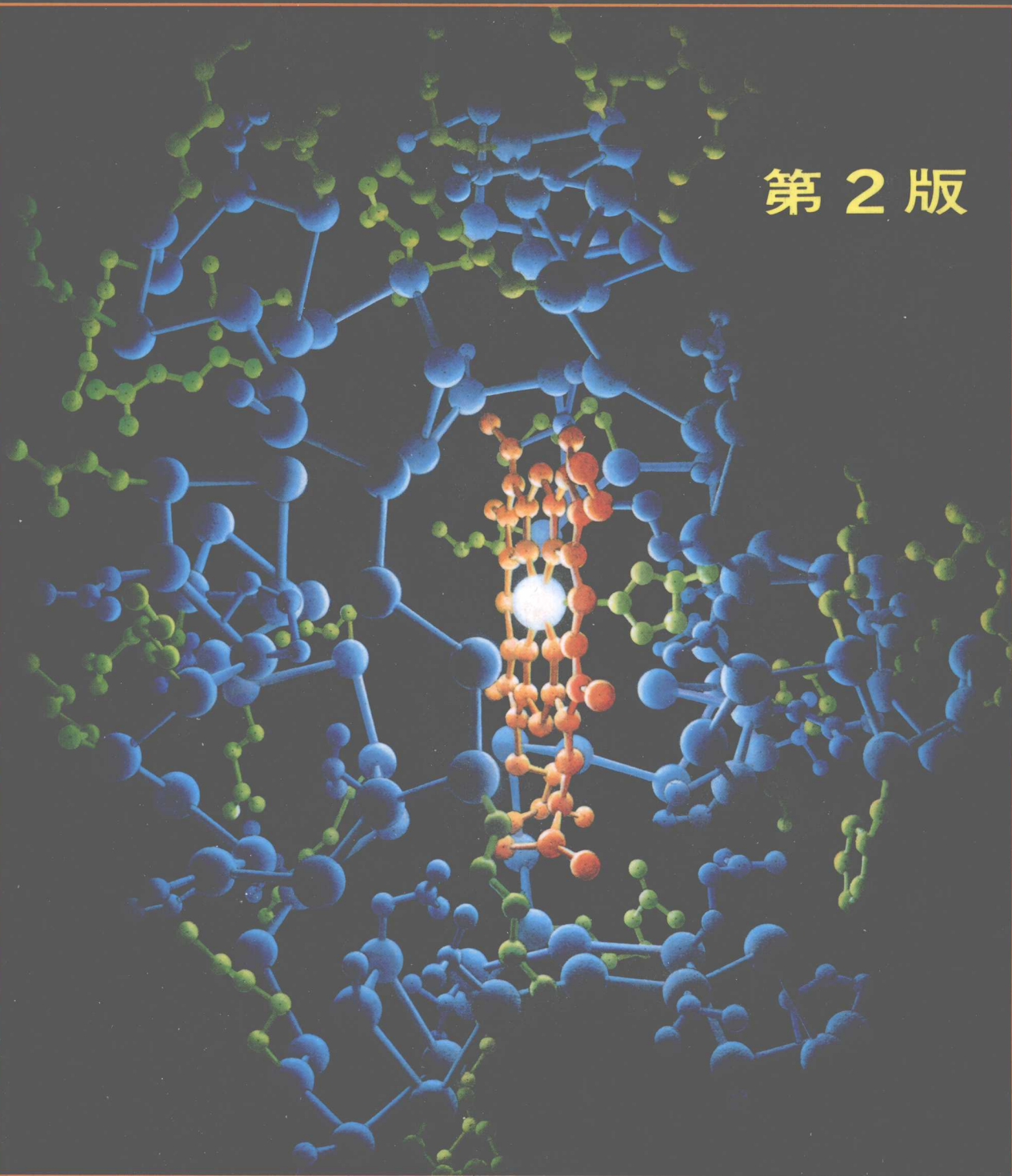


# ヴォート 生化学 (上)

DONALD VOET · JUDITH G. VOET 著  
田宮信雄 · 村松正実 · 八木達彦 · 吉田浩 訳

第2版



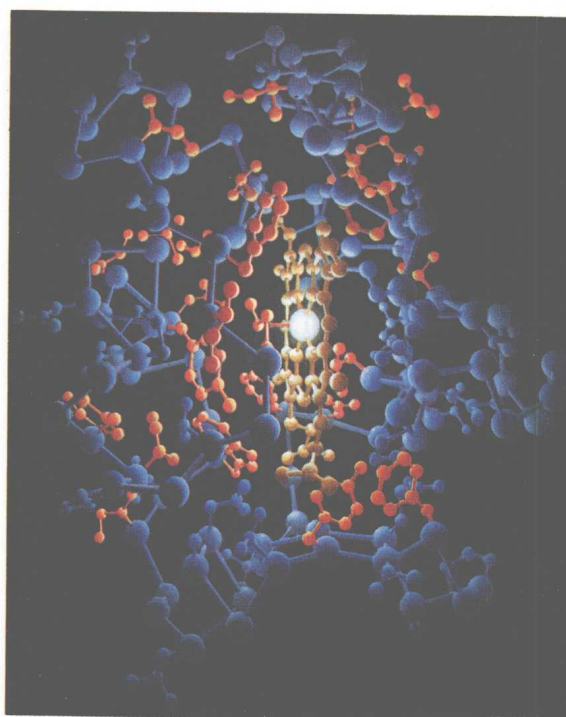
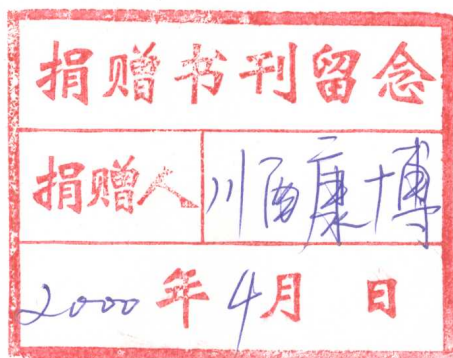
東京化学同人

# ヴォート 生化学 (上)

DONALD VOET · JUDITH G. VOET 著

田宮信雄 · 村松正実 · 八木達彦 · 吉田 浩 訳

第 2 版



Y159341

東京化学同人

た みや のぶ お  
田 宮 信 雄  
1922年 東京に生まれる  
1944年 東京大学理学部 卒  
東北大学 名誉教授  
専攻 生化学  
理学博士, 医学博士

むら まつ まさ み  
村 松 正 実  
1931年 札幌市に生まれる  
1955年 東京大学医学部 卒  
現 埼玉医科大学医学部 教授,  
東京大学 名誉教授  
専攻 生化学, 分子生物学  
医学博士

や ぎ たつ ひこ  
八 木 達 彦  
1933年 唐津市に生まれる  
1955年 東京大学理学部 卒  
静岡大学 名誉教授  
専攻 生化学  
理学博士

よし だ ひろし  
吉 田 浩  
1938年 中国长春市に生まれる  
1962年 東京大学理学部 卒  
現 島根医科大学医学部 教授  
専攻 生化学  
理学博士

第1版 第1刷 1992年4月20日 発行  
第2版 第1刷 1996年3月18日 発行  
第4刷 1998年9月1日 発行

---

### ヴォート 生化学 (上) 第2版

---

訳 者 田 宮 信 雄  
村 松 正 実  
八 木 達 彦  
吉 田 浩

発行者 小澤美奈子  
発行 株式会社 東京化学同人  
東京都文京区千石3-36-7 (☎112-0011)  
電話 03-3946-5311・FAX 03-3946-5316

---

印刷 中央印刷株式会社  
製本 株式会社 松岳社

---

© 1996 株東京化学同人  
ISBN4-8079-0443-4 Printed in Japan

## 序

生命を理解したいと思って私は複雑高等なものから単純下等なものへ、いわば下降を続けてきた。動物から細胞へ、細胞から細菌へ、細菌から分子へ、分子から電子へとたどったのである。分子や電子が生きてい  
るはずはないからこれは一見矛盾ともいえる。掬おうとした指の間から、生命は逃げてしまったのであろうか。

*Albert Szent-Györgyi,*

*The Living State, Academic Press, 1972*

30年前、生化学の教科書は有機化学の構造式の羅列であった。当時の学生が生きものは生命のない分子でできていると考えたとしても当然である。

生化学教育に大変化が起こったのは1960年代後半、ミオグロビン、ヘモグロビン、酵素リゾチームなど、大きなタンパク分子の三次元構造が明らかにされたときである。あのころはたった1個のタンパク分子の構造をX線結晶解析で解明するのに一人で35年もかかった。生細胞の無数ともいえる反応の制御に、これら複雑な分子機械が働く機構をいろいろな例について明らかにしようとするれば何十年もかかったであろう。

1990年、本書の初版では1970年代から80年代にかけて急速に増大していた新しい考え方、新しい実験結果を取り入れて、生化学に新生面を開いた。技術の進歩でDNAやタンパクの配列決定が非常に速くできるようになり、また三次元構造のわかったDNAやタンパクの数が急に増えたのである。DNAの一次元構造がわかればそれから生じるタンパクの三次元構造が推定できるようになり、さらにDNAを切り継いだ

り、特定部位をねらって変異させたりしてタンパクをデザインしてつくれるようになった。DNAやタンパクに手が増えられるようになるとその図解にも新たな手法が要求される。はっきりした簡単な記述と色つきの生き生きした図で本書の初版は生化学教科書としての主導的地位を獲得した。

1995年の第2版も生化学の新しい考え方とX線結晶解析や核磁気共鳴で得られた新たな構造をふんだんに取入れた。真核遺伝子の発現の章では生物の発生や発がんにおけるDNA発現の制御を通じて核酸生化学の新たな断面を示した。DNAの発現制御は主としてRNAへの転写の段階で行われるが、それはタンパク同士の相互作用やタンパクがDNAに結合してDNA分子を曲げるというような複雑な過程を含んでいる。

最終章“分子生理学”は生理機能、細胞生物学、分子間相互作用の解析研究を融合するまさに21世紀の分子医学の問題である。血液凝固の連鎖反応系、細胞間のシグナル伝達に働くホルモンとプロテインキナーゼの連鎖反応系などを例としてとり上げた。

人間のゲノム解析という野心的プロジェクトが進行しているがこれは30億の塩基対の配列決定を伴う。将来遺伝子治療の対象となりうる遺伝病は現在4000種も知られている。遺伝子研究の治療への応用の影響は計り知れない。本書は21世紀の分子医学への指針となるであろう。

1994年12月

ニューヨーク市にて

Irving Geis

## 第2版 まえがき

本書の初版が上梓されて以来5年、生化学はますます発展を続けている。このような進歩は新しい分野が拓かれたことによるのはもちろんだが、全般にわたり知識が増大したことにもよる。たとえばX線や核磁気共鳴により明らかにされたタンパクや核酸の立体構造の数は5倍を超え、それらの構造に基づいていろいろなことが明らかになり始めたし、真核生物、原核生物の分子生物学、代謝調節、タンパクの折りたたみ、電子伝達、膜輸送、免疫学、シグナル伝達などの分野でも爆発的な発展がみられた。事実これらの進歩により、病気の治療、健康の保持や食物生産の方法など、われわれは日常生活にまで大きな影響を受けている。

この第2版ではこれらの発展をとり入れ、ほとんど全章を相当書き変えたが、全体の枠組みは初版に従った。したがって初版のまえがきはこの第2版にも当てはまる。

本書に附属してつぎのものが市販されている。  
・問題の解き方(英語版)。各章末の問題の解答。

・すべての図を入れたCD-ROM。コンピュータによりすべての図を講義用のカラーライドの代わりに任意の順序で見せることができる。OHP用のフィルムに印刷することもできる。

・KINEMAGES。すなわち一部のタンパクや核酸分子を学生がカラー像を自分で動かして見ることができるディスク。

さらにわれわれは毎年生化学のハイライトをまとめたSupplement(全英文)の出版を従前通り続けるつもりである。最初のSupplementは約80ページ、1996年6月に出版の予定なので、予約して購入されるよう希望する。

最後ではあるが、初版を読み意見を寄せ誤りを指摘してくださった学生および先生方に深く感謝したい。第2版についても同じように叱正してくださることを切望する。

Donald Voet  
Judith G. Voet

## 第1版 まえがき

生化学は非常に面白く、応用の広い分野で、もちろんわれわれ自身の役に立つ学問である。人間の幸福、特に医学、栄養学的な面に生化学の進歩はおおいに貢献した。多くの人々の役に立つ生物医学的発見の行われない日はまずなかろう。生化学の進歩により人類は自然を理解し、みずからの運命をも支配する能力をますます高めていくであろう。生物医学を志す者は生化学に精通しなければならない。

本書は University of Pennsylvania と Swarthmore College における学部および大学院教育の経験に基づき、生化学の教科書として書いたもので、いくつか強調したい点がある。第一は生化学が多くの人々の実験から得られた知識の集積であること、解明された事実を述べる時、それが知られるに至った道も強調した。その道に触れることで科学のいかなる分野にも必要な批判力を養うのによいと思ったからである。科学は個人的なものではないと思う人が多いが、実は一つ一つの分野は科学者個人の異常なまでの努力によって築かれたものである。そこで大きな貢献をした人(現役の人も多い)の名をあげ、多くの場合その方法まで記した。しかしそのような仕事にも多くの共同研究者の、ときにはその人たちの本質的な貢献があったことを忘れてはならない。

生命の一元性とその進化による変化がこの本を貫く第二の主題である。確かにこの地球上には実にいろいろな生きものが各所に適応して生きている。しかし生化学による研究の結果、あらゆる生きものは分子レベルでは非常に深い関係にあることがわかった。したがって分子構造の差を調べれば生きものがいかに進化してきたか、またそれらの分子機構がいかに関連しているかを知ることができる。

第三の点は生体内の過程が精巧に相互に調節し合っていることである。その結果として生物は内部環境を一定に保ち、すみやかに外部の刺激に応答し、成長し、分化することができる。第四の点は生化学が医学に対し大きな貢献をしてきたことである。正常、異常の人体生理を例としてあげたのはこの点を強調したかったからである。

本書は大学で化学を1年、有機化学を少なくとも半年(両方を平行してとる場合もあろう)勉強した人を対象とした。したがって一般化学や有機化学の命名法は

学習済みと考えた。また、基礎的な生化学を含む生物学も1年くらい学んだものと想定している。もしまだ学習していなければ入門教科書を参照されたい。

本書は5部から成る。

- I. 生化学の基礎：序章と水溶液の性質および熱力学の基礎
- II. 生体分子：タンパク、糖、脂質の構造と機能
- III. 酵素の作用機構：酵素の性質、反応速度論、触媒機構
- IV. 代謝：生体における糖、脂質、アミノ酸、ヌクレオチドの合成と分解。特にエネルギーの生成と消費
- V. 遺伝情報の発現と伝達：核酸の構造と原核、真核両生物の分子生物学

上のように分けたので生化学の主分野を首尾一貫した形で包含することができた。現代の生化学は非常に広範なので全分野にわたりある程度詳しく述べれば1年の生化学の課程ではカバーしきれない。しかしこれだけ詳しく述べたのがこの本の強みでもあると信じる。教科書として使われる場合、先生方は自分のやり方で教え、その他の部分は学生が自分で勉強するよう考えていただきたい。

この本の順序はふつうの生化学課程と同じである。しかしいくつか説明を加えておこう。

1. 核酸の構造(28章)は構造生化学の第II部ではなく分子生物学(第V部)の中に入れた。核酸の構造は第V部までほとんどでてこないからである。しかし核酸構造を先に教えたければ酵素や代謝の章をとばして28章に進んでもさしつかえない。
2. 熱力学は3章と15章に分けて論じた。エンタルピー、エントロピー、自由エネルギー、平衡などの原理は3章で扱ったが、これらは構造生化学、酵素反応機構、反応速度論などを考えるのに必要だからである。代謝に関係する熱力学、すなわちリン酸化化合物や酸化還元熱力学は15章にでてくるが、それまではこの概念はなくてもよい。
3. タンパクの精製は特に1章を設け(5章)、タンパクの構造と機能の前においた。タンパクは手品のように突然帽子からでてきたものと思われては困

るからである。5章は必要に応じ繰返し利用されたい。

4. 9章ではタンパクの構造と機能のよい例としてヘモグロビンの構造を詳しく論じた。ヘモグロビンの酸素結合における協同性、アロステリック説を詳しく述べたので、12章の酵素のアロステリックな性質については比較的簡単にした。
5. 代謝調節については解糖(16章)、グリコーゲン代謝(17章)の中で代謝物質の流れ、アロステリック調節、基質サイクル、酵素の共有結合修飾、代謝カスケードなどに関連して論じた。これらの概念は抽象的に扱うより具体的な代謝の問題として取扱った方がわかりやすいと考える。
6. 補酵素の章は別に設けなかった。それぞれ関連する酵素反応で取扱った方が筋が通ると思ったからである。
7. 解糖(16章)、グリコーゲン代謝(17章)、クエン酸サイクル(19章)、酸化的リン酸化(20章)は、それらに関与する酵素の触媒能および調節機構に重点をおき、一般代謝経路の代表として詳述した。これらの問題は第IV部の他の章ではもっと簡単に扱った。
8. 膜輸送(18章)の問題はクエン酸サイクルや酸化的リン酸化などミトコンドリアの代謝に先立って論じた。その方が生体反応とオルガネラの関係がわかりやすいと思う。
9. 脂質(23章)、アミノ酸(24章)、ヌクレオチド(26章)、それぞれの合成と分解は章を分けずに論じた。
10. エネルギー代謝は臓器による機能の分担と併せ、糖、脂質、アミノ酸の代謝に続けて25章で取扱った。
11. 原核、真核両生物の分子生物学は転写(29章)、翻訳(30章)、DNAの複製、修復、組換え(31章)と三つの章に分けて論じた。ウイルスはより複雑な細胞機能を理解する手段として32章で考

察し、さらに最近の真核生物での発現に関する問題は33章で論じた。

12. 最終章、34章は人間の生理過程でよくわかっている問題に関する小さな章の集まりで、血液凝固、免疫応答、筋収縮、ホルモン支配、神経伝達をとり上げた。

教えることこそ最良の学問と古くからいわれているが、学習するためには積極性が要る。各章に問題をつけたのは学生が消化もせずに吐き出したり、すぐ忘れていたりすることのないよう、自分で考えてもらうためである。簡単な問題は少なく、特に星印をつけたものは難しい。しかしこのような問題を解いてこそ本当の勉強になる。自分で長い間一生懸命考えれば知識が身についたものとなる。解答は“問題の解き方(英語版)”を別冊として出したが、それを見るのは十分考えた後にしてほしい。

各章には参考文献をつけたがこれは個々の分野をさらに勉強するための出発点となろう。生化学研究の文献は膨大で、とてもすべてをあげることはできない。ここにあげたものは最も役に立つと思われる総説や単行本に限った。

生化学の進歩は非常に速く、ある発見がほんの1年の間に一つの分野に発展することもある。したがって生化学の教科書には最新の情報までとり入れることはできない。これに対処するため、われわれは定期的に“Supplement(全英文)”を出版し、最新の医学、生物学文献、重要な総説や研究論文を紹介するつもりである。いずれにしても生化学を学ぼうとする者は最新の文献に当たってこそ新しい生化学の展望と興奮を味わうことができる。

最後に、著者はできるだけ誤りのないようにしたつもりだが、必ず間違いがあると思う。読者のご叱正をいただければ幸いである。

Donald Voet  
Judith G. Voet

## 謝 辞

本書の出版に当たって多くの方々の温かいご協力をいただいた。

Lindsay Ardwin, 原稿整理係として原稿の仕上げ, 文法上の間違いやタイプの誤りを細かく指摘して下さった。Irving Geis, 素晴らしい図, 序を提供されただけでなく, いろいろ相談に乗っていただいた。Laura Ierardi, 本書全般にわたり, 本文と図, 表を見事にデザインされた。Suzanne Ingrao, 豊富な経験と忍耐をもって本書の出版を完成された。Madelyn Lesure, 組版の体裁と表紙をデザインして下さった。Hilary Newman と Stella Kupferberg, 本書の写真を集め, 整理して下さった。Nedah Rose, 編集責任者として刊行全般を指揮し, われわれを督励された。Edward Starr と Ishaya Monokoff, 図の調整に当たられた。John Woolsey, Bette Woolsey およびその協力者は初版のために集めて下さった多くの図を補強し, また修正された。

本書で使用したタンパクや核酸の原子座標の多くは Brookhaven National Laboratory の Protein Data Bank によった。本書で用いた分子の図はその値を用いて Mike Carson の RIBBONS や BIOSYM Technologies の INSIGHT II によって描いたものである。これ以外の, 他の方からいただいた多くの図は同じプログラムか, Anthony Nicholls, Kim Sharp, Barry Honig の GRASP, Thomas Ferrin, Conrad Huang, Laurie Jarvis, Robert Langridge の MIDAS, Per Kraulis の MOLSCRIPT, Alwyn Jones の O によるものである。

本書および初版を読んでご所見をいただいたつぎの方々にも感謝したい。

Joseph Babitch, Texas Christian University  
Robert Blankenshop, Arizona State University  
Kenneth Brown, University of Texas at Arlington  
Larry G. Butler, Purdue University  
Carol Caparelli, Fox Chase Cancer Center  
W. Scott Champney, East Tennessee State University  
Glenn Cunningham, University of Central Florida  
Eugene Davidson, Georgetown University

Don Dennis, University of Delaware  
Walter A. Deutsch, Louisiana State University  
William A. Eaton, National Institutes of Health  
David Eisenberg, University of California at Los Angeles  
David Fahrney, Colorado State University  
Robert Fletterick, University of California at San Francisco  
Scott Gilbert, Swarthmore College  
James H. Hageman, New Mexico State University  
Lowell Hager, University of Illinois, Urbana-Champaign  
James H. Hammons, Swarthmore College  
Edward Harris, Texas A & M University  
Ralph A. Jacobson, California Polytechnic State University  
Eileen Jaffe, University of Pennsylvania  
Jan G. Jaworski, Miami University  
William P. Jencks, Brandeis University  
Mary Ellen Jones, University of North Carolina  
Tokuji Kimura, Wayne State University  
Barrie Kitto, University of Texas at Austin  
Daniel J. Kosman, State University of New York at Buffalo  
Thomas Laue, University of New Hampshire  
Albert Light, Purdue University  
Robert D. Lynch, University of Lowell  
Sabeeha Merchant, University of California at Los Angeles  
Ronald Montelaro, Louisiana State University  
Scott Moore, Boston University  
Harry F. Noller, University of California at Santa Cruz  
John Ohlsson, University of Colorado  
Alan R. Price, University of Michigan  
Paul Price, University of California at San Diego  
Thomas I. Pynadath, Kent State University  
Ivan Rayment, University of Wisconsin  
Frederick Rudolph, Rice University  
Raghupathy Sarma, State University of New York at Stony Brook  
Paul R. Schimmel, Massachusetts Institute of Technology  
Thomas Schleich, University of California at Santa Cruz  
Allen Scism, Central Missouri State University  
Charles Shopsis, Adelphi University  
Thomas Sneider, Colorado State University  
Jochanan Stenish, Western Michigan University



## 訳者序

本書の原著の初版が出版されたのは1990年、5年後の1995年には今回の改訂第2版が出版された。この間初版まえがきで約束された通り、3回のSupplement(全英文)が加えられた。原著者の努力には頭が下がる思いである。訳者も及ばずながら頑張っ、訳書の初版は1992年春、最初のSupplementを組込んで出版した。今回の第2版の訳書は原著に遅れること1年で出版に漕ぎつけることができた。

この間の生化学の進歩の速さは驚くべきものがある。素晴らしい実験技術、装置の進歩とその普及に伴い、20年前まではその道の専門家に限られていたような研究が基礎研究の分野から医学、農学、薬学、工学のふつうの仕事の一部となり、利用されるようになった。新事実、新データの蓄積につれて、その成果は医療、農業はもちろん、思いがけない面にも応用され、われわれの日常生活に広く影響を与えている。特にこの5年間の進歩で驚かされるのは病気と遺伝子の関係である。いろいろな病気がDNAの変化と関連づけられ、それに伴って治療法が開発されつつある。遺伝子工学による農作物の改良はわれわれの日々経験するところであるが、成果は畜産、漁業にも及ぼうとしている。光合成能の飛躍的改善が成されれば、食料生産や林業にまで大影響が及ぶかもしれない。

これらすべてが生化学の言葉、すなわち分子の形、動き、相互作用として、また生化学にもなかった新しい概念、新しい言葉によって統一的に解釈、説明されるようになったその見事さ、それをいくらかでも日本人であるわれわれに読みやすい形で提供したい。それが訳者としての私達の希望である。少しでも読みやすくするために訳者は訳書全体にわたって互いにクロスチェックし、推敲を重ねた。したがってどこを誰が訳したとはっきり区別することはできない。また出版社の担当編集陣も専門家として推敲に加わり、努力していただいた。

本書についても一つ触れておきたいのはIrving Geisの図である。彼の図は多くの教科書に採用されているが、彼自身の序にもある通り本書の図には特に力を入れていると思う。もともとタンパク構造のX線による解析の専門家であるから、著者Voetとの連係と相俟って見事な成果をあげている。図解はタンパクから核酸、その両者の相互作用へと広がっている。手に持ち、指で触ってみるつもりの実体として理解の助けとしていただきたい。本書に伴って出されるという図のCD-ROM、分子を動かしてみるKINEMAGESを利用されればさらに理解が深まろう。Geisはこれらの図をもって方々の大学での講義を頼まれているようである。

この本は最新のデータまで含み、それを統一的に説明するという特長をもちながら、基本的な枠組みは保守的な線を守っている。同化と代謝、生体反応機構研究の進歩にも十分な考慮が払われ、生化学の基本によくバランスがとれている。したがって研究者が何かを調べたいときも、参考書として学生が利用する場合にも、また教科書として使用するのにも使いやすい形である。

この訳書の初版が出されてからまだ3年しか経たないが、この間多くの方々に評価していただき、またいろいろご叱正、ご助言をいただいた。この第2版ではそれらをもう一度考え直し、とり入れるよう努力したつもりであるが、今後とも読者のご協力をお願いしたい。進歩の激しい生化学の教科書なので一日も早い出版をと考えてきたが、東京化学同人の小澤美奈子さん、高林ふじ子さん、幾石祐司さん、井野未央子さんの編集陣にもおおいに頑張っていたいただいた。本書が生化学の研究と教育に役立つことを願っている。

1996年1月

訳者

# 要 約 目 次

## 上 巻

### I. 生化学の基礎

- 1. 生 命
- 2. 水 溶 液
- 3. 熱 力 学

### II. 生体分子

- 4. アミノ酸
- 5. タンパクの精製法
- 6. タンパクの共有結合による構造
- 7. タンパクの立体構造
- 8. タンパク分子の折りたたみ, 立体構造の進化
- 9. ヘモグロビン: 生命の縮図, タンパクの機能
- 10. 糖と多糖
- 11. 脂質と膜

### III. 酵素の作用機構

- 12. 酵素とは
- 13. 酵素反応の速度
- 14. 酵素の触媒機構

### IV. 代 謝

- 15. 代謝とは
- 16. 解 糖
- 17. グリコーゲン代謝
- 18. 膜 輸 送
- 19. クエン酸サイクル
- 20. 電子伝達と酸化的リン酸化
- 21. 糖代謝の別経路
- 22. 光 合 成

## 下 巻

### IV. 代 謝 (つづき)

- 23. 脂質代謝
- 24. アミノ酸の代謝
- 25. エネルギー代謝の組織化と臓器分業
- 26. ヌクレオチドの代謝

### V. 遺伝情報の発現と伝達

- 27. DNA: 遺伝の担い手
- 28. 核酸: 構造と操作
- 29. 転 写
- 30. 翻 訳
- 31. DNA: 複製, 修復, 組換え
- 32. ウイルス: 細胞機能の理解のために
- 33. 真核遺伝子の発現
- 34. 分子生理学

# 上 卷 目 次

## I. 生化学の基礎

1. 生 命	3
1・1 原核生物	3
1・2 真核生物	6
1・3 生化学とは	13
1・4 生命の起原	17
1・5 生化学文献	21
2. 水 溶 液	25
2・1 水の性質	25
2・2 酸, 塩基, 緩衝液	29
3. 熱 力 学	35
3・1 熱力学第一法則: エネルギー保存の法則	35
3・2 熱力学第二法則: 宇宙は無秩序に向かう	36
3・3 自由エネルギー: 自発性の指標	39
3・4 化学平衡	39
補遺: 濃度と自由エネルギー	42
4. アミノ酸	47
4・1 タンパク構成アミノ酸	47
4・2 光学活性	52
4・3 特殊アミノ酸(非標準アミノ酸)	57
5. タンパクの精製法	60
5・1 タンパクの単離	60
5・2 タンパクの溶解度	63
5・3 クロマトグラフィー	65
5・4 電気泳動	74
5・5 超遠心分離	80
6. タンパクの共有結合による構造	87
6・1 タンパク一次構造の決定法	88
6・2 タンパクの修飾	99
6・3 タンパクの化学構造と進化	103
6・4 ポリペプチドの化学合成	111

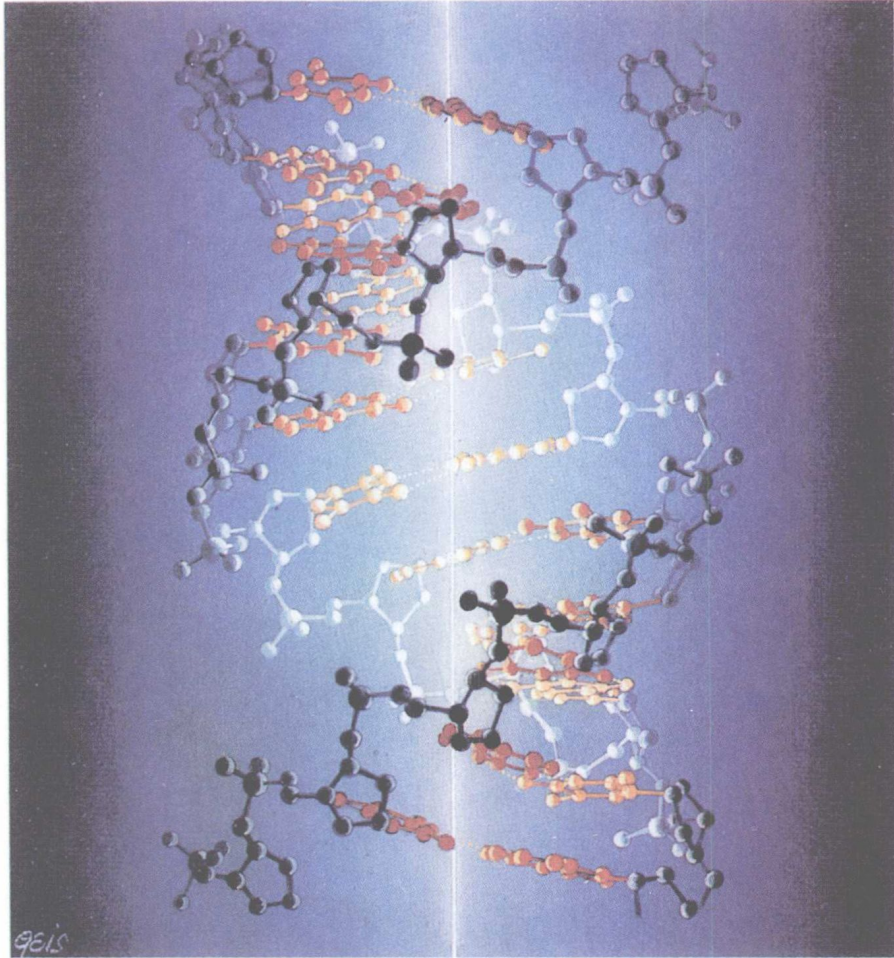
## II. 生体分子

7. タンパクの立体構造	118
7・1 二次構造	118
7・2 繊維状タンパク	129
7・3 球状タンパク	137
7・4 タンパクの安定性	147
7・5 四次構造	153
補遺: ステレオ図の見方	157
8. タンパク分子の折りたたみ, 立体構造の進化	162
8・1 タンパク分子の折りたたみ: 理論と実験	162
8・2 タンパク分子の変動	174
8・3 タンパク構造の進化	176
9. ヘモグロビン: 生命の縮図, タンパクの機能	182
9・1 ヘモグロビンの機能	182
9・2 構造と機能	188
9・3 異常ヘモグロビン	199
9・4 アロステリック調節	204
補遺: 対称モデル式の導入	209
10. 糖と多糖	213
10・1 単 糖	213
10・2 多 糖	219
10・3 糖タンパク	226
11. 脂質と膜	237
11・1 脂質の分類	237
11・2 脂質集合体の性質	244
11・3 生 体 膜	248
11・4 膜の形成とタンパクの分配	261
11・5 脂質結合タンパクとリポタンパク	269
12. 酵素の作用機構	285
12.1 酵素とは	285
12・1 酵素研究の歴史	285
12・2 基質特異性	286
12・3 補 酵 素	289



---

# I



---

## 生化学の基礎

---

“熱線”，垂直軸から A-DNA を照らす。





# 1

## 生 命

- |               |           |
|---------------|-----------|
| 1・1 原核生物      | 1・4 生命の起原 |
| A. 形と機能       | A. 炭素の特殊性 |
| B. 原核生物の分類    | B. 化学進化   |
| 1・2 真核生物      | C. 生命の誕生  |
| A. 細胞の構造      | 1・5 生化学文献 |
| B. 系統と分化      | A. 文献検索   |
| 1・3 生化学とは     | B. 研究論文   |
| A. 生体構造       |           |
| B. 代謝過程       |           |
| C. 遺伝情報の発現と伝達 |           |

生きものと生きもの以外の区別はふつうは難しくない。養分からエネルギーを取出していろいろな機能を表す、環境の変化に積極的に対応する、成長し分化する、中でもはっきりしているのは自分と同じものをつくる、すなわち増殖する、など生きものには共通な性質がたくさんあるからである。もちろん生きものはこれらの性質をすべてもつとは限らない。たとえばラバは生きものだが子供は産めない。逆に生きものではないのに生きもののような性質を示すものもある。たとえば結晶は過飽和溶液の中で成長する。“生きもの”を厳密に定義するのは他の現象と同様難しい。Norman Horowitz はつぎのようなよい定義を与えている。“生きものとは増殖し、触媒能をもち、変化する能力をもつもの”である。生きものがいかにしてこのような性質を示すかが本書の課題である。

生きものを分子レベルで考察するのが生化学である。したがって生物学やその集団の研究との関係を常に念頭に置く必要がある。この序章も生きもの世界の概説から始めよう。そして生化学の概略、生命の起原、生化学文献の紹介へと続く。

### 1・1 原核生物

生命の形態上の基本単位が細胞であることは昔から知られている。これをはっきりと記載したのはふつう 1838 年 Matthias Schleiden と Theodor Schwann の報告とされるが、17 世紀の顕微鏡学者、Robert Hooke も同じ観察をしていた。生きものは大きく二つに分かれる。その一つは真核生物(eukaryote, ギリシャ語: eu 真, karyon 核, 種子), すなわち DNA(デオキシリボ核酸)を膜で囲った核をもつ細胞の生物, もう一つは原核生物(prokaryote, ギリシャ語: pro 原)すなわち核のない細胞の生物である。原核生物はいろいろな細菌類で、構造は比較的簡単、みな単細胞である(独立した細胞がつながって繊維状になったり、集まってコロニーをつくることもある)。真核生物には多細胞、単細胞の両方あり、構造がはるかに複雑である。(ウイルスは細胞よりずっと簡単で代謝系をもたず、宿主細胞の外では増殖できないからここでは生きものの仲間に入れない。ウイルスは本質的には分子の集合体である。)本節では原核生物を、次節では真核生物を取扱う。

#### A. 形と機能

原核生物は地球上で最も数が多く、分布も広い。代謝系が多様で、どんな環境にも適応できるからである。われわれにちょうどよい温度、空気の中だけでなく、真核生物にはとても耐えられない環境、たとえば異常な化学条件のもと、高温あるいは酸素のないところでもある種の細菌は生きられるし、中にはそのような条件が必要なものさえある。また増殖が速く(多くの細菌は 20 分以下で分裂する)、一時的な好条件下でも殖えるし、胞子をつくって生き延びるものもある。

#### 原核細胞の構造は比較的簡単

原核細胞を初めて観察したのは顕微鏡を発明した Antoni van Leeuwenhoek(1683)、大きさはだいたい 1~10  $\mu\text{m}$ 、球菌、

桿菌，らせん菌の三つの形をとるが(図1・1)，基本的な構造は同じである(図1・2)。外側はすべての細胞と同様70 Åほどの厚い細胞膜(形質膜)で覆われる。これは脂質二分子膜で、いろいろな分子の出入りを調節するタンパクや酵素タンパクを抱き込んでいる。多くの原核細胞は厚さ30~250 Åのしっかりした多糖類の細胞壁でさらに囲まれているが、これは機械的に傷ついたり、薄い溶液中で浸透圧で破裂するのを防ぐためである。細菌によってはゼラチン状の多糖類カプセルをさらにかぶっているが、これはより高等な生きものから身を守るためである。

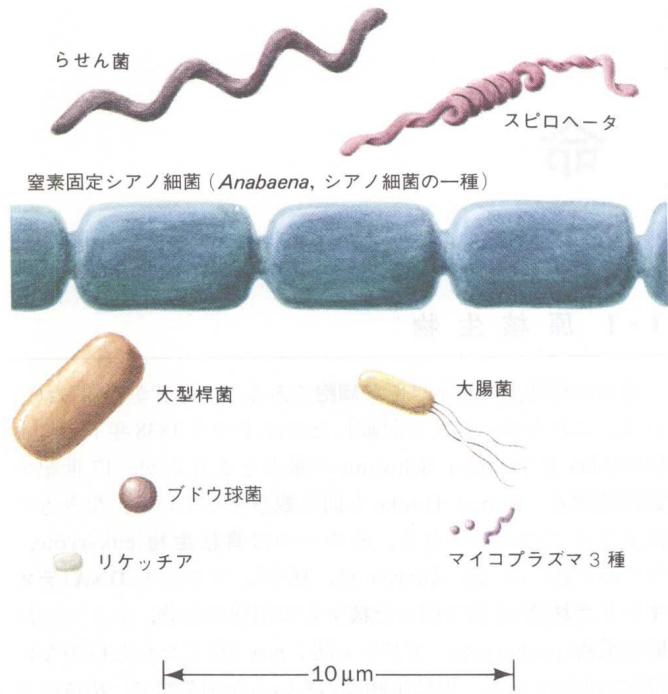
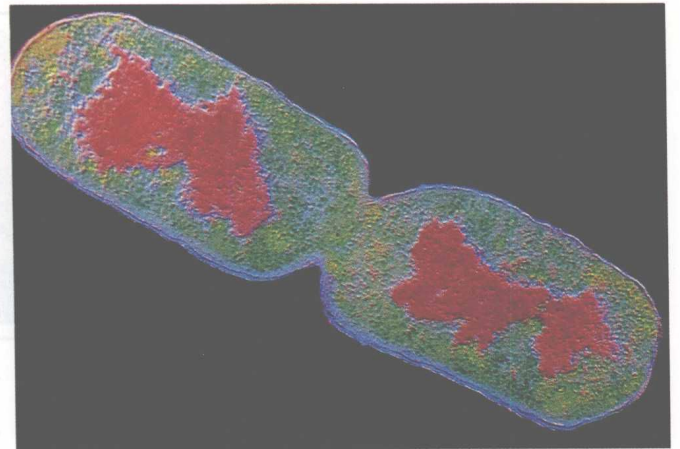
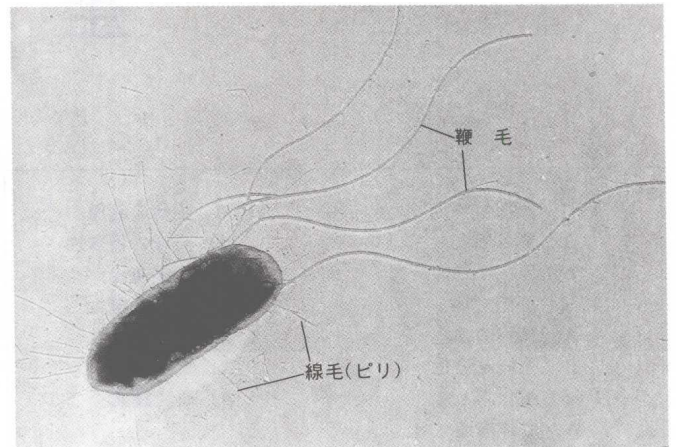


図 1・1 原核細胞の大きさ



(a)



(b)

図 1・3 大腸菌の電子顕微鏡写真：(a) 内部構造を染色 [CNRI] (b) 鞭毛と線毛の染色。線毛の機能は不明 [Howard Berg, Harvard University の好意による]

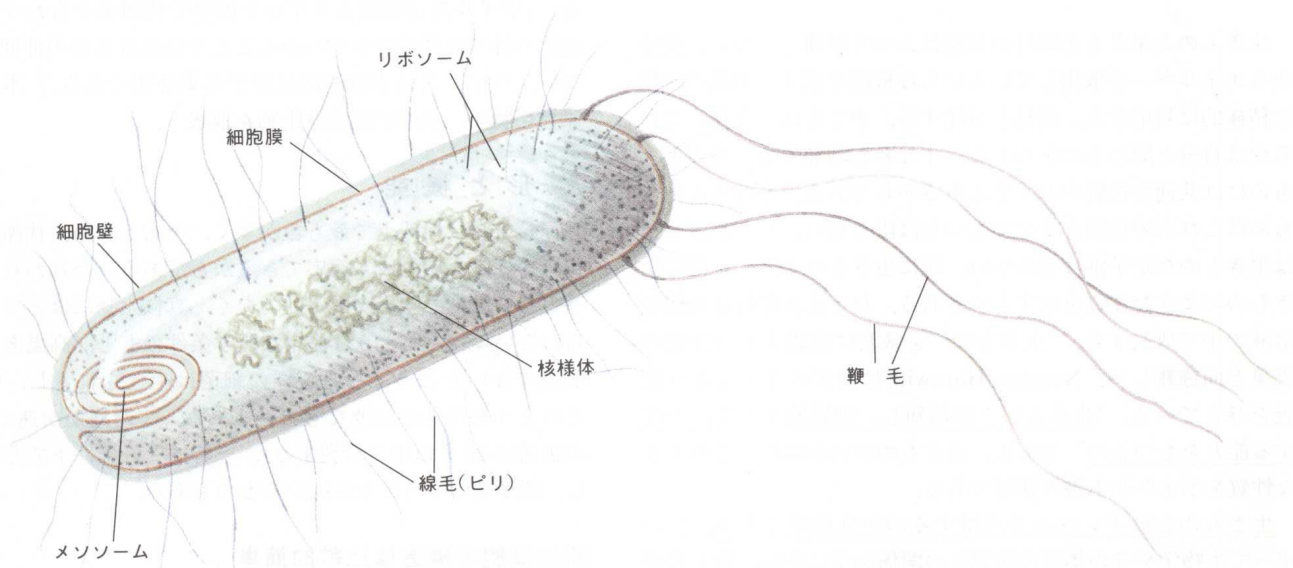


図 1・2 原核細胞の模式図