

はじめに

科学では、まずすでに確立している「科学の知識」から問題（疑問）を提起します。そして、疑問を解決するために、真偽を確かめられる形の仮説を設定します。さらに、設定した仮説が正しいかどうかを確かめるために、実験や計算を行い、結果から新しいコンセプト、法則などを論文としてまとめます。そうして、新たな「科学の知識」が確立することになります。この科学のサイクル自体は、生物科学も物理系の科学も同じです。そして、科学の知識からの疑問の提起、疑問からの仮説の生成、実験や計算による仮説からのコンセプトや法則の提出、最後に科学の知識への確立という4つのプロセスがバランスよく進めば、科学は大きく発展していくことになります。しかし、生物科学の場合、生物が非常に複雑であり、大きな疑問は解決不能に見えます。そのために、上記の4つのプロセスを比較すると、後半に大きくウェイトがかかっているように思います。実験や計算などの技術開発はもちろん容易なことではありませんが、常に新しい研究法が開発されてきました。そうすると、その技術を用いることができる研究課題はほとんど無限に発生し、一種の生物科学のブームが起こります。それによって生物科学のある側面が大きく発展することになります。しかし、そこで提起される個々の疑問は、新しい技術で扱うことができる比較的小さいものとなります。そのため生物科学には大きな疑問が出にくいという構造ができていると思います。そのために生物科学には、スモールサイエンスの集合というような学術的文化が定着してきたものと思われます。

しかし、生物科学でも大きな疑問の解決という科学上の大事件が、時々起こります。ワトソン・クリックの二重らせん構造の発見をきっかけとした一連の研究によって、20世紀半ばに、「生物は分子によってできている」というコンセプトが確立しました。それは生物に関する大きな疑問「生物は分子でできているか？」に対する答えが出た瞬間だったと思います。その後、20世紀後半の生物科学は、生物の分子的側面を理解するために、重要な遺伝子やタンパク質

の解明を進めることで、大きな成果を上げてきました。しかし、21世紀に入り生物科学は大きな曲がり角に差し掛かっています。そのきっかけはゲノム解析技術の発展による生物系ビッグデータの蓄積です。生物系ビッグデータは、生物の分子的側面の研究を極めてきた結果ですが、生物個体に関する全データ（例えばゲノム全体の DNA 塩基配列情報など）を含んでいます。したがって、生物個体や生態系全体における秩序のあり方の理解などにもつながるはずのものです。現在蓄積されつつある生物系ビッグデータによって、再び生物科学の大きな問題が解けるかもしれないという空気が醸成されつつあるのです。

本書は生物科学の教科書を意図しているので、これまでの生物科学の知識を記述することはもちろんですが、これから解決されるだろうと考えられる大きな問題についても紙面を大きく割きました。「モダンアプローチの生物科学」というタイトルを付けた理由はそこにあります。第Ⅰ部では、生物に関する最も基本的な生物の知識と問題提起を示しました。第1章では、全生物に共通の性質について述べ、第2章では生物系ビッグデータと生物科学における大きな疑問の関係について問題提起します。生物は多様な分子で構成されているので、第Ⅱ部では生物の分子的な実体について記述します。第3章ではすべての細胞が持つ構造体である細胞膜とその物理的背景、第4章では生物の分子素子であるタンパク質について説明します。生物が命をつなぐ源泉はゲノムの情報です。そこで第Ⅲ部では、ゲノムの DNA 塩基配列とその情報処理に関係するさまざまなシステムについて記述します。第5章では、生物の設計図と言われるゲノムの DNA 塩基配列と、それに基づいてタンパク質を作り出す全生物に共通の仕組み（セントラルドグマ）について述べます。第6章では、細胞内におけるゲノムの情報処理を円滑に動かせるための色々な分子装置について説明します。第Ⅳ部では、生物個体が生き延びるために不可欠な、環境応答やエネルギー変換のシステムについて議論します。これはゲノム情報が設計している最も重要なシステムとすることができます。第7章では、環境応答のためのシグナル伝達とその背景となる分子認識について、第8章では、生物内での高エネルギー状態の変換の仕組みとそれを実現する酵素反応の基礎について説明します。最後の第Ⅴ部では、生物科学における大きな未解決問題について、真正面から議論したいと思います。生物は、配列空間と実体空間という2つの空間の中で生

きていて、それらが絡み合うことによって非常に調和の取れた「生きるという状態」を実現しています。第9章では、生物の調和の背景に、配列の物理的秩序があるということを、生物系ビッグデータの解析から示します。第10章では、大進化における生物の複雑化・高度化の必然性、タンパク質の立体構造と生物システムの秩序形成、応用学問分野である創薬と医科学など、さまざまな生物の現象と生物系ビッグデータの関係について議論します。この部分は21世紀の生物科学について述べることに相当しているため、現在の科学的な知識だけでそれを構成することはできません。事実を仮説でつなげることによって、次世代の生物科学のあり方について述べることとなります。

本書には、私が行った多くの研究成果をまとめており、ここでは名前を記述しませんが多くの共同研究者にお世話になりました。深く感謝を表したいと思います。また、筆者は現在客員フェローとして豊田理化学研究所に所属しており、本書の執筆は豊田理化学研究所における私の課題でもありました。本書では、生物科学についての本当に新しい考え方を提出していますが、その執筆には大きな勇気が必要でした。それを常に後押ししてくれた豊田理化学研究所と、豊田章一郎理事長に深く感謝いたします。

コラムは、それぞれの分野の第一人者の方々（門田幸二氏、坊農秀雅氏、千田俊哉氏、広川貴次氏、萩島創一氏、太田元規氏、有田正規氏、町田雅之氏、伏見 譲氏）に執筆いただきました。また、分子グラフィックやイラストなどでは、今井賢一郎氏、加藤敏代氏、澤田隆介氏、広川貴次氏にご協力いただきました。大変感謝いたします。最後に、本書の出版にとっても尽力いただいた石井徹也さん、酒井美幸さんに感謝いたします。

本書が若い生物科学者や、生物科学の新しい流れに興味を持つすべての人達に、少しでも役立てば幸いです。

平成27年9月

美宅 成樹