

## 目 次

はじめに	i~iv
Chapter Zero 生物学にあまりなじみのなかった方へ	I ~VI
1. 第一部 生命を組上げる原子と分子	
I 生体分子を構成する元素	1
II 生体高分子を作る分子	12
2. 第二部 生体分子とエネルギー	26
3. 第三部 生体分子に作用する力	
I 共有結合、分子識別の相互作用 i	40
II 分子識別の相互作用 ii	50
III 生体分子と水素イオン	57
4. 第四部 媒質の中の分子・粒子の集合	64
5. 第五部 柔らかい分子の会合	71
6. 第六部 細胞膜と脂質	
I 脂質分子と集合体の形状	83
II 脂質分子の生態	91
7. 第七部 生体膜と電気現象	101
8. 第八部 生体膜の動的構造	109
9. 第九部 分子集合体の生命活動	123
(終)	134

## はじめに

本学部では、生物系教員によって、1回生に「基礎生物学 A」、「基礎生物学 B」、2回生に「分子生物学」「細胞生物学」「分子遺伝学」そして「構造生物学」などが開講されています。2005年度からは、2回生向けに「生体分子科学」を加えていただきました。この講義は、将来生物学分野に従事しようという人のみならず、化学や物理学に興味を持って入学してきた方々の糧になればと企画したものです。梅田真郷(化学研究所)と佐藤智(理学研究科)が担当します。この文章は、佐藤担当分の講義の下敷きになっている事項を解説したものです。

生命活動を実現している生体分子 - それは核酸、タンパク質、脂質、糖質など様々ですが - は、他の分子を特定し相互作用することから機能を発揮します。驚くべき長距離作用すら起こります。また同じ分子でも、周囲環境や履歴で全く異なった振舞をする「文脈性」とでも言うべき特性もあります。結果、その総体としての生命体には、状況の感知能力と伝達・継承能力が備わっています。

生物・生命科学を学習していると、物質科学やエネルギー科学ではあまり頻繁に現れない概念に対峙することになります。それは、「情報」です。生体分子がつくり出す情報には2つのタイプがあります。1つはDNAやタンパク質に代表されるような高分子内部構造にそなわっている情報です。これに対し、集合体が備え伝達する情報があります。脂質とタンパク質を中心に生体膜が形成され、個々の分子ではなく、この集合体が動的情報活動を実現しているのが端的な例です。この2つのレベルの情報は、深く関連しています。

「生体分子科学」講義においては、上述の動向を踏まえ、分子レベルの集合体生命情報を理解する一助になればと思っています。この講義は、高校レベルの生物、物理、化学のうち、どれか1~2科目を勉強してきた「理系」の学生を対象にします。大学レベル化学や物理学、数学知識はあまり要求しないことにしますし、高校レベルの古典的な生物学の知識も要りません。ただ、私には、従来の生物学入門書が、まるで物理や化学にまでなじみのない人を対象にしているように思えてなりません。私は、そうではなく、どれかを一生懸命勉強してきた、考える意欲のある人のお役に立てばと考えて講義を展開したいと思います。

第一部では、生体分子を組上げる原子と化学結合を見ていきます。この時、必要に応じ、化学の基礎を確認することしたいと思います。ついて

第二部では、「生体分子とエネルギー」として、生体分子間の相互作用を特定しその意義を明らかにするために、物理学的な概念であるエネルギーが生命現象理解にも便利であり、それが生命によって如何に獲得されるか、生命情報とどう結びついているかを考察します。第三部「生体分子に作用する力」では、生体分子間の相互作用、特に生命現象を難しくも魅力的にもしている水の関与(双極子相互作用、水素結合、イオン化、pH、疎水性相互作用、親水性相互作用)を、エネルギーを背景にすえて見ていきます。現在この研究分野は、「場」の概念や「量子論」をたずさえ、計算科学を武器に、様々な生体分子の動態を解明しつつあります。この講義に出てくる理屈は超「古典的」ですが、物理・化学からの生命へのアプローチの大切な「はじめの一步」です。物理学・化学を学習した人、しつつある人は、自分の学習内容との整合性を検討するのもよいと思います。

第四、五部では、「媒質の中の分子・粒子の集合」「柔らかい分子の集合」として、生体分子が関連するブラウン運動やコロイド現象などを学びます。特に第五部では、両親媒性分子の集合ルールを学び、分子個々の形状と周囲環境との関係から集合体の姿が決まることを確認してください。ついで、第六部「細胞膜と脂質」では、生命に特徴的な膜構造体を形成する脂質分子を、集合体におけるそのお互いのむすびつきを踏まえつつ解説します。また、脂質による生物間の結びつき、環境作用、進化との関係も考えたいと思います。第七部「生体膜と電気現象」では、生命を支える電気現象が、他の物質界では到底ありえない単純な原子構造の分子集合体で達成されることをみます。第八部「生体膜の動的構造」では、膜流動構造の類をみない柔軟性、可塑性を、物理・化学的なおもしろさをふまえて解説します。最後の第九部「分子集合体の生命活動」では、物理学・化学的アプローチが切捨てがちだが、本質的に vital(生命的な、重要な)、細胞活動における生体膜、および脂質とタンパク質との相互作用を考察したいと思います。

本書の第一部から第三部は生体分子一般を理解するための基礎という見方もできます。第四部、五部の内容は、生体分子集合体が生命となるための特性を理解するためには必要です。このような内容は、物理・化学の本を見ると、難しい述語を使う高度な記述が多いかもしれませんが、本書の記述は生物学研究者からのアプローチです。第六部以降は、最近の生体膜像を描きたかったため、ボリュームが多くなってしまいました。この部分は、「かたの力」をぬいて読んでください。だんだん分かってきますから。

生命に限らずものの見方はどんどん変わるものです。大学以降の学習にあたっては、自分のベストの理解・考察を、経験・実践とともに都度更新し

積み重ねていくことが大切だと思います。将来皆さんがどの自然科学分野で仕事をしていくときにも、必ずや助けになると思います。社会に出て、学生るとき生物学に接しなかった方と仕事をするとき頼りにされるかもしれません。この文書で、チェックの目安に、赤字や青字あるいはゴシックで単語や文を強調しました。また、皆さんの中には高校のとき生物をやらなかったため、大学の生物講義がまるで「外国語のレッスン」に感じている方がいるかも知れません。そうならないよう配慮します。ただ、「外国」旅行は楽しいものだし、暮らしているうちに慣れてくるものです。不慣れな状況を「楽しむ」ことは結構いいものです。

最近、物質科学・エネルギー科学を学習してきた方がこの講義に興味を持ってきています。この講義をよりよく理解する一助にと、必要な大学初年度の生物学講義のエッセンスを Chapter Zero としてまとめてみました。今年度は、導入部分を Power Point で少し長めにおこないます。その資料もお役に立てば幸いです。

本文で用いた図は、いくつかオリジナルなものもありますが、研究者のウェブサイトを訪ねたり研究論文等から借用したりしたものが少なくありません。特に名前を記さないものにも深く感謝いたします。なお、本年度から内容をパスワード保護いたしました。パスワードは講義中にお知らせしますが、講義に出ていないが閲覧したい方は私までメールをください。

京都大学低温物質科学研究センター 佐藤 智

PS 参考書としては、以下の本をあげておきます。理学部中央図書室などで接してください。

1. **レーヴン・ジョンソン生物学(上)** 培風館 ISBN: 4563077969 分子から見た生物世界と、それを知る態度を養えるいい本。ぜひ一読をおすすめします。(下)もあり、これはマクロ的でかなり違う外観ですが、ためになる本です。
2. **Biochemistry, 5th edition** Jeremy M. Berg, John L. Tymoczko, Lubert Stryer (W H Freeman ; 0716746840) この本レベルの英文は理解できるようになって欲しい希望はある。日本語訳「ストライヤー生化学」
3. **アドバンスン物理—新しい物理入門** オグボーン編 笠 他訳 (シュプリンガーフェアラーク東京 4431711031) 英国物理学会が1990年代に物理教育改革のための委員会を設置して作った「高校生むけ」物理のテキスト。高校で物理をやったことなかった人に超お勧め。ホントに将来役に立ちます。ぜひ2回生のうちに、。
4. **物理化学 (上、下)** ケーン・フェルスターリンク (丸善 4621049933, 4621049941) 物理化学者は身につければ「武器」です。生物系の学生は分かるところから読んでいけばよい。