

2 分子生物学

分子生物学は、20世紀においてもっとも目覚ましい発展を遂げた生命科学の分野であるとともに、現在の社会でもっとも広く活用されている技術の1つである。基礎研究領域はもちろん、医療、創薬や農業の他に司法や環境保全といった分野にまで応用され、私たちの生活を支えている。20世紀の分子生物学では、遺伝形質を遺伝子の配列情報に置き換えて理解できるようになったことをきっかけに、DNA組換え技術、遺伝子の配列を決定し情報を集約する技術といった大きな技術革新の波がいくつも起こった。21世紀に入っても次世代シーケンサー、ゲノム編集、mRNAワクチンといった新しい技術の登場が続いている。将来大学に進学して生命科学に関わる場合には必ず分子生物学を習得しなければならない。この章ではこの分子生物学の基礎について必須の部分を解説する。

2.1 DNAからタンパク質へ

細胞の核内には、細胞の設計図ともいえるDNA（デオキシリボ核酸）が存在する。現在、私たちはDNAが細胞核へと受け継がれる遺伝子の媒体であること

を周知の事実として捉えてい考えられていた。1944年のOのA. HarsheyとM. ChaseにがDNAであることが明らかになった。この節では、DNAの転写・翻訳の機構を概説する。

DNAの構造

1953年、J. Watsonおよび

80 2 分子生物学

コラム 新型コロナウイルスとワクチン

2019年末に中国武漢市から、新たな肺炎が報告され、すぐにこれが新しい型のコロナウイルスによるものと判明した。コロナウイルスはRNAウイルスの一種で、直径約100 nmであり、その表面に特徴的な突起をもっていて、全体の形が王冠に類似することから、ギリシャ語で王冠を意味するcoronaからその名がつけられた。ヒトに感染して病気の原因となるウイルスとしては、かぜの症状を引き起こすヒトコロナウイルスHCoV、重症急性呼吸器症候群コロナウイルスSARS-CoV、そして中東呼吸器症候群コロナウイルスMERS-CoVが知られていた。そこに、新たな新型コロナウイルスが発見され、それがSARS-CoVに近い遺伝子配列をもつためにSARS-CoV-2と命名された。これが引き起こす肺炎などの疾患は、新型コロナウイルス感染症COVID-19と呼ばれることになった。このウイルスは狭く間に世界に広がり、いわゆるパンデミックをもたらした。我が国でも、2022年11月には感染者が2300万人以上、死者は47000人を超えた。2021年7月から8月には、我が国でオリンピック、パラリンピックが開催され、COVID-19が猛威を振るう中で開催は大きな議論となった。

新型コロナウイルスに対する効果的対処方法は、いままでもなくワクチンである。世界中の多くの製薬会社が競ってワクチンの開発に乗り出した。通常、ワクチンが製剤として市場に出るには、何年もの開発と臨床試験の期間が必要であるが、新型コロナウイルスについては、従来のワクチンとは異なる概念のものが開発され、それによって開発期間が大幅に短縮された。従来のワクチンは、弱毒化した病原体（ウイルス）や、病原体の、病原性をとらない部分を抗原（ワクチン）として注射して抗体産生を誘導する方法で産生されていた。新型コロナウイルスについては、ウイルスの外タンパク質をコードするmRNAを特殊な脂質で包んだものを筋肉注射して、筋細胞がそのmRNAを用いてタンパク質を合成し、それに対する抗体を作らせる、という方法がとられた。もう1つは、mRNAを特殊なウイルスベクターに組み込んでそれを注射することで、同様に抗体産生を促した。このようなRNAを用いたワクチンが大規模に利用されることは始めての経験であったが、当初恐れられていた副反応はきわめて限定的で、かつmRNAは速やかに分解されるので、投与されたヒトのゲノムにも悪影響を及ぼさなかった。

COVID-19の流行は、世界中の人々の間でmRNAワクチンという、感染症に

実際の問題を紹介・
解き方・考え方を
ていねいに解説！

過去問題（JBO 2011 年理論問題 問18）

捕食者と被食者の個体数変動は数学的なモデルで考えることができる。下の図は、捕食者と被食者の個体数を同時に示すことで、両方の個体数の変化を描いている。XとYの個体数は図面上を矢印で示す方向に変化する。捕食者は反時計回りに沿って変動するが、図には両方個体数の値に1より大きいとある。この関係が示している。例えば、初期個体数がX=10とY=1であると、もっとも大きい個体数になる。このグラフについて述べ①～④の記述について、正しいものの組み合わせをA～Hから選べ。

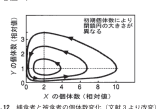


図2-12 捕食者と被食者の個体数変化（図2-3より改定）

- ① Xは被食者、Yは捕食者である。
② Xは捕食者、Yは被食者である。
③ Xの個体数が1より大きいとき、Yの個体数は減少する。
④ Yの個体数が1より大きいとき、Xの個体数は減少する。
⑤ Xの個体数が最大になるのは、Yの個体数が最小になってから1/4周期後である。
⑥ Yの個体数が最大になるのは、Xの個体数が最大になってから1/4周期後である。
- A. ①③⑤ B. ①③⑥ C. ①④⑥ D. ①④⑤
E. ②③⑤ F. ②③⑥ G. ②④⑤ H. ②④⑥

【解説】

この問題が扱っているのはロトカ-ヴォルテラ方程式と呼ばれる数理モデルの1つである。ロトカ-ヴォルテラ方程式は、捕食競争や捕食者-被食者相互作用などの種間相互作用によって生物個体数が時間変化する様子を記述する微分方程式である。捕食者-被食者相互作用のロトカ-ヴォルテラ方程式を導くと、捕食者と被食者の個体数の変化に特徴的な周期を生み出すことができる（図2-12）。この個体数の時間変化を、X軸に捕食者の個体数、Y軸に被食者の個体数をとって描いたものが図2-12の図解の1つである。

捕食者-被食者相互作用においては、捕食者は捕食者に正の影響をもたらす。捕食者は被食者に負の影響をもたらす。そのため、両者の個体数が変動すると、捕食者の増える捕食者が増え、捕食者が増える被食者が減るといった順番での変動が起きることになる（図2-12）。図2-12のXが被食者、Yが捕食者であるときに閉鎖図に示すような個体数変動を表すことになる。

図ではX=2、Y=1の点を中心に個体数が変動している。閉鎖図の形を見れば、Y（捕食者）の個体数が1を上回ると、それまで増え続けたX（被食者）の個体数が減少し始めることができる。

また、この閉鎖図を見てみるとX（被食者）の個体数が最大となったから1/4回転後にY（捕食者）の個体数が最大となっている。個体数変化の速度が1周期の中であまり変わらないならば、Xの個体数が最大となったから1/4周期後にYの個体数が最大となると考えられる。

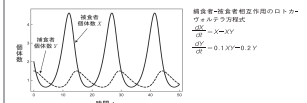


図2-13 捕食者-被食者相互作用のロトカ-ヴォルテラ方程式（図2-12）から導き出される捕食者と被食者の個体数の時間変化（Xは被食者の個体数、Yは捕食者の個体数）

世界標準の生物学の知識を身につけ、高い実践力を養う！

チャレンジ！生物学オリンピック

シリーズ監修
国際生物学オリンピック日本委員会

全5巻

A5判 並製
各定価2,970円（本体2,700円）

1巻 細胞生物学・分子生物学

野口立彦 監修
加藤 明・中島春紫・笹川 昇・岩間 亮 編集

2巻 植物解剖学・生理学

澤進一郎 監修
杉山宗隆 編集

3巻 動物解剖学・生理学

八杉貞雄 監修
八杉貞雄・奥野 誠 著

4巻 遺伝学・生物進化・系統学

和田 洋 監修
鈴木大地・森長真一・二階堂雅人 編集

5巻 行動学・生態学

宮下 直 監修
瀧本 岳・掛根展之・森 章 編集

読者対象

出場を目指す中高生、中高の理科・
生物の教員、学校図書館、公共図書館

【お申込み書】このお申込み書にご記入の上、最寄りの書店にご注文ください。

書名	お名前
	〒
	ご住所
	TEL
	取扱書店
	冊

1 細胞生物学・分子生物学

野口立彦 監修/加藤 明・中島春紫・笹川 昇・岩間 亮 編集
A5判/184頁 (17516-5)

1章 細胞生物学

生体分子の化学/細胞構造と機能/代謝/細胞分裂/
減数分裂

2章 分子生物学

DNA からタンパク質へ/遺伝子工学の基礎知識

3章 実験問題

細胞生物学/制限酵素処理と電気泳動

2 植物解剖学・生理学

澤進一郎 監修/杉山宗隆 編集
A5判/144頁 (17517-2)

1章 植物体の成り立ち

植物の基本体制/植物の生殖と初期発生/植物の器官形成

2章 植物の栄養吸収と物質輸送

無機栄養/水分生理/有機物の長距離輸送

3章 植物の環境応答

環境要因の感知と信号伝達/種子の休眠と発芽/栄養成長に
関わる環境応答/生殖成長に関わる環境応答/老化と落葉/
ストレス応答

4章 実験問題

3 動物解剖学・生理学

八杉貞雄 監修/八杉貞雄・奥野 誠 著
A5判/152頁 (17518-9)

1章 動物の器官系と生理

動物の栄養/循環とガス交換/免疫系/体液の浸透圧と排出

2章 ホメオスタシスと神経系

ホルモンと内分泌系/神経系/感覚器/神経系と筋肉

3章 動物発生学

動物の生殖/無脊椎動物の発生/脊索動物の発生/
発生と遺伝子発現制御

4章 実験問題

実験器具の扱い/動物解剖における心がけ/実際の問題

4 遺伝学・生物進化・系統学

和田 洋 監修/鈴木大地・森長真一・二階堂雅人 編集

A5判/144頁 (17519-6)

1章 遺伝と進化の理論

メンデルと遺伝/連鎖と組換え/集団遺伝学と進化/
自然選択/遺伝的浮動

2章 分子進化と系統進化

ゲノムの変異と分子進化/系統推定/分岐年代推定/
遺伝子の水平伝播と網状進化/形質の進化/オミクス

3章 実験問題

5 行動学・生態学

宮下 直 監修/瀧本 岳・沓掛展之・森 章 編集

A5判/164頁 (17520-2)

1章 動物行動学

動物行動学の成立/コミュニケーション/自然選択/
性選択/血縁淘汰

2章 個体群と群集

DNA からタンパク質へ/遺伝子工学の基礎知識

3章 生物多様性と生態系

種多様性/生態系生態学/保全・応用

4章 実験問題

個体群動態モデル/
確率論に基づいた統計的な検定

付録 大会概要

