

II 「生物II」の導入部の指導について

—— プログラミングの為の予備的資料 ——

三 橋 一 夫

1 はじめに

「生物II」の内容は大きく分けて、生体を構成する物質→化学進化→生物進化と、生態との二本の柱よりなっている。ここでは前者の学習の最初にてきて、しかも後に続く進化の問題を考える上にも重要な基礎となるタンパク質と、それを合成する遺伝情報としての核酸とについての指導経過と、それに対する生徒の理解のようすや反応について調べ、今後のプログラム化の基礎的資料としたい。

2. 指導の経過

対称：高校3年，生物選択生

使用教科書：啓林館「生物II」

生物体の構成物質としてのタンパク質の重要性

- 生物体を構成する諸物質
- これらの中で生命をになう根元物質はどれだろうか
水かタンパク質か………
 - ・量の問題
 - ・生物界の特有な物質であること
 - ・極めて種類が多いこと
 - 生物の種の多様性
 - 各個体間の多様性
 - 個体内の器官・組織の多様性
 - 抗原抗体反応
 - 臓器移植のときの拒否反応
 - 酵素の特異性
- タンパク質の種類が極めて多いこと
- タンパク質の化学構造
 - ・アミノ酸について
 - ・ペプチド結合
 - ・タンパク質の構造の決定
 - サンガーによるインシュリンのアミノ酸配列の決め方の大綱（10年がかりの仕事，1958年ノーベル医学賞）
 - アミノ酸の種類と数→タンパク質の加水分解後，アミノ酸自動分析計により明らかになる。
 - 1次構造→ポリペプチド鎖をペプチド断片に不完全分解し，できた小ペプチドをカ

ムクロマトグラフィーなどで分離し，その各々について組成・結合順位を明らかにする。アミノ酸配列は，DNP法やPTC法を用い，ペプチド両端のアミノ酸を求めN末端から次々にアミノ酸の種類を知ることにより決定する。

N末端だと反応する黄色の試薬2，4-ジニトロフルオロベンゼン（DMFB）とインシュリンを反応させた後，6N塩酸で110°C，24時間以上処理しアミノ酸に完全分解→2次元ペーパークロマトグラフィーで展開し，黄色スポットを固定→グリシンとフェニルアラニン→二つのペプチド鎖

更にインシュリンは過剰酸で酸化するとA，B2本の鎖に分かれる→S-S結合

$$R-S-S-R' \xrightarrow{HCOOH} R-SO_3H + R'-SO_3H$$

A，Bを電気泳動法で分離→いろいろなタンパク質分解酵素や酸で部分的に分解→大小さまざまなペプチド→各末端決定（小さなペプチドはアミノ酸の配列順位決定が容易）→それらの知見ををまとめて全構造決定

空間構造→X線解析法→回折像から原子の配列を知る。

○タンパク質の種類

100個のアミノ酸よりなるとして

$20^{100} \approx 10^{130}$ 種類

○それが如何に多いかということ

10^{130} 種類のタンパク質を1分子（平均的分子量を15,000とする）ずつ集めると，

$(1.5 \times 10^4 / 6 \times 10^{23}) \times 10^{130}$

地球の質量と比較させ，その大きさを理解させる。

○理論的に無限種類のタンパク質を生命の根元物質とした場合

生物・生命現象の多様性

過去の化学進化・生物進化

今後の生物進化・変化の可能性

が説明できる

ヘモグロビンとミオグロビン

分子構造の類似性と、ヘムと酸素の結合のしかたのちがい。

それによる酸素解離曲線のちがい。

これが生理的に極めて合目的であることに注目させる。

生物体の情報物質としてのDNA

○ 生体情報物質の意義

無限種類のタンパク質から、それぞれに特有のタンパク質をつくる→これが遺伝する。

○ 遺伝情報と核

ポベリーのウニの卵による実験

カサノリの再生と移植の実験

○ 情報物質としてのDNAのはたらきの確認

肺炎双球菌の形質転換

グリフィスの実験 (1928)

煮沸したS型菌 >混合> ネズミ死 → S型の菌
R型菌(非病原性)

アベリーの実験 (1944)

ハツカネズミを用いずに試験管中で同様な変化をおこさせた。

99.5%純粋にしたDNAがこの変化をおこすのに有効であることを確認し、R型菌が死んだS型細菌のさやをかぶって病原性になったという説を打破した。

T₂ フェージの増殖

ビールスとバクテリオフェージについて

T₂ フェージの構造

ハーシーとチェイスの実験 (1952)

³²P, ³⁵S の培養した大腸菌にT₂フェージを感染させる。→増殖してDNAに³²P, タンパク質に³⁵Sを含む。→別の大腸菌に感染させる→大腸菌の外側に³⁵S, 内容物に³²P → T₂フェージの情報物質(遺伝物質)がDNAであることを確認。

○ DNAについて

DNAの発見

ミーシェル(スイス, 1869) が膿汁中の白血球の核から発見した。変化をしない物質であるためその後注目されなかった。

DNAの構造

リン酸, デオキシリボース, 有機塩基(A, G, C, T) →ヌクレオチド → 数万個

二重らせん構造へのヒント(1952 ワトソン)

DNAを加水分解して得た有機塩基 → GとC, AとTがいずれもほぼ1対1である。

二重らせん構造とDNAの複製

DNAに記された遺伝情報

DNAは生物の種類によって高い特異性がある。

→有機塩基の組成の相異 → 20種類のアミノ酸に対応する有機塩基の3連子

タンパク質の合成にかかわるリボゾームとRNA

○ タンパク質合成の場としてのリボゾーム

ザメニックの実験

飽和量の¹⁴C-ロイシンを注射したネズミの肝臓小片を経時的に取り出し、細胞各区分の比放射活性を測定する。→リボゾーム区分が最も早く標識されて3分以内に最高に達し、その後も放射活性は一定値を保つ。放射活性の他の細胞タンパク質区分のとりこみは直線的に増加する。→アミノ酸からタンパク質がつくられるのはリボゾームであり、その後タンパク質は離れて他の区分へ移行した。

リボゾームとRNA

リボゾーム → 塩基性色素で染まる。

好塩基性を示す細胞 → タンパク質の合成が盛んである。

無細胞系におけるタンパク質の合成

ウイルスから分画精製したRNA >タンパク質合成
大腸菌から抽出したリボゾーム

○ RNAについて

RNAの発見と細胞内での存在のようす

RNAの構造 → DNAと比較して

DNAの情報によるタンパク質の合成

○ m-RNAによるDNA情報の伝達

核内でDNAの情報をm-RNAにコピーする。

核からでてリボゾームに達する。

○ アミノ酸を結合したt-RNA

アミノ酸 + ATP → AMP-アミノ酸 + PP

AMP-アミノ酸 + t-RNA → アミノアシルRNA + AMP

特定のアミノ酸とそれに対応するt-RNA

アミノ酸活性化酵素による両者の認識

○ リボゾーム上におけるタンパク質の合成

二つのタンパク質因子 → タンパク質重合酵素と移動因子

タンパク質の合成から形質の発現へ

○ アカパンカビのタンパク質代謝の異状

アルギニン要求株

グルタミン酸 → オルニチン → シトルリン →

アルギニン → タンパク質

○ 1遺伝子1酵素説

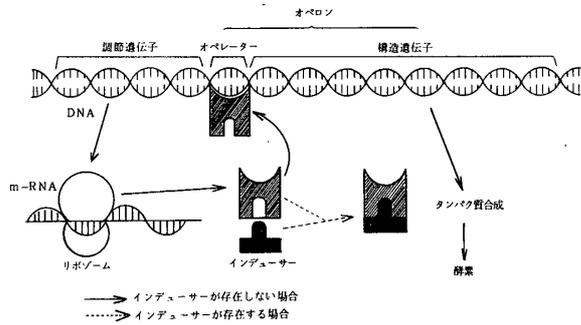
遺伝子は酵素を支配することによって、生体内の物質代謝の様式を規定している。→酵素の基質特異性

○ 酵素の基質特異性とタンパク質

酵素の構造

必要な情報の取り出し

ジャコブとモノーによるオペロン説 (佛, 1959)



3. 指導後の調査から(「生物Ⅱ」受講者60名中)

(1) アミノ酸の構造式とペプチド結合について

正解者: 37 全く解答不能: 4 脱水結合について理解不十分: 6 アミノ基, カルボキシル基についての誤り: 5 Rの意味がわからない者: 3

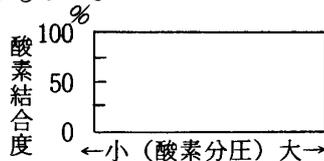
(2) タンパク質で最小のものは (①) で分子量は6000であり, (②) 個のアミノ酸からできている。普通のタンパク質は100個以上のアミノ酸からなり, アミノ酸は (③) 種類ある。いまこの (③) 種類のアミノ酸を重複を許して100個並べたときの順列組せを考えると (④) となり, これはほぼ 10^{130} である。これは考えられない程大きな数で, たとえば 10^{130} 種類 of タンパク質の分子を一つずつ集めても, $(\text{分子量}) \div (⑤) \times 10^{130} = (1.5 \times 10^4) \div (6 \times 10^{23}) \times 10^{130} (\text{g})$ となる。〔ただし平均的なタンパク質の分子量を15000とした〕これは地球の質量 5×10^{21} トンと比べてもはるかに大きいものである。

正解者: 12 誤答①: 15 ②: 29 ③: 5 ④: 18 ⑤: 31

(3) このようにタンパク質の種類には理論的に無限といえる。このことと, タンパク質が生命の基本物質であるということとを関連づけて説明せよ。

正解者: 20 ほぼ理解していると思われるもの: 32 全く解答不能のもの: 5

(4) ミオグロビンとヘモグロビンの酸素結合のしかたのちがいを右のグラフに記入し, ①このようなまちがいを生ずる理由をそれぞれ分子構造の面から説明せよ。②それが動物体の中での酵素の受け渡しにどのような意義があるかを具体的に説明せよ。



正解者 グラフ: 50 ①: 28 ②: 32

(5) 細胞内にとり入れられたアミノ酸はまずリボゾー

ムでタンパク質に合成されるということは, どのような実験によって証明されたのか。

正解者: 24 解答不能者: 5 タンパク質としてとりこまれた ^{14}C -ロイシンを検出したということへの理解不十分なもの: 17 他の細胞構造物へあらわれるのが, リボソームで平衡状態に達したあとであることへの注意がたりないもの: 9

(6) 乳糖を与えられた大腸菌が β -ガラクトシダーゼをつくるようになる過程をDNAの構造と働きから模式図を用いて説明せよ。

正解者: 28 解答不能者: 6 調節遺伝子・作動遺伝子・構造遺伝子の働きについての理解不十分: 7 リプレッサーの働きと乳糖の関係についての誤り: 6 ガラクトシダーゼの生成と乳糖の利用についての理解不足: 4

(7) 遺伝子→タンパク質→形質発現の過程を説明せよ。

正解者: 22 解答不能者: 9 部分的な誤答の内容→核と染色体と遺伝子の関連: 3 DNAの構造: 5 3連子: 3 m-RNAの構造と働き: 6 リボソーム: 2 アミノ酸をはこぶt-RNA: 8 ペプチド結合によるタンパク質の生成: 2 それが酵素として化学反応に関与し形質発現となること: 21

(8) 感想のなかから

生物学は他の学問にくらべ根気がいるものだと言った。生体内の働きには, あまりにわからない点が多いと気付いた。生物の働きを協力してこのように明らかにしてきた人間の力に改めて感動した。DNAの情報によって複雑な生命活動が営まれるのは極めて神秘的だ。生物はどうしてこれ程多様に進化してきたのだろうか。生物体のしくみはすごく複雑で, その理解をつなげるのが困難である。どこまでも深く追求している現在の研究をみんな知る必要があるだろうか。遺伝をDNA, RNAのような小さいものから理解していくと納得がいくし, 興味深かった。

4. おわりに

以上のように高校3年生については, この程度の内容を比較的良好に理解し, 興味・関心を示したものが多く, 彼等の知的要求の水準にはほぼ合致した学習であったと思われる。しかし, 解答不能のものが比較的小数の生徒に集中したこと, これらの学習を難解で, 専門的に過ぎ, 煩雑であると受けとった者もあったことは今後の指導で注意すべきことと思われる。猶「生物I」の高校1年生でこれに準じた指導をしたところ, 理解の不十分の者が多くで, 適切な条件での指導の重要性を痛感した。