

# 生物教育の一試案

理科 深田 和人

「〇〇のDNAを引き継いで……」などという表現を目にする機会が増えるなど、遺伝子・DNAという語が一般的に普及している。また、ES細胞などの言葉もニュースや新聞で取り上げられるようになってきている。その一方で、これらの内容は「生物Ⅱ」に含まれ、多くの生徒は学ぶ機会が与えられていない。日常生活で目にする事の多いこれらを「生物リテラシー」と捉え、全生徒が学習する機会が与えられるべきであると考え。その実践例を紹介しながら生物教育について考える。

キーワード：生物教育 遺伝子 再生

## 1 はじめに

本年度、世界史未履修問題が全国的に広まった。いろいろと奥深い問題があろうが、受験結果を求めための“効率化”であるところが大きい。

現行学習指導要領の必履修科目は、理科では次のようになっている。

「理科基礎」, 「理科総合A」, 「理科総合B」から1科目以上, 「物理Ⅰ」, 「化学Ⅰ」, 「生物Ⅰ」, 「地学Ⅰ」から2科目（「理科基礎」, 「理科総合A」, 「理科総合B」のうちから1科目以上を含むものとする。）

本校では、1年次に「理科総合A」を全員履修、2年次に「物理Ⅰ」, 「化学Ⅰ」, 「生物Ⅰ」より、理科系は2科目、文科系は1科目の選択履修となっている。

「理科総合A」の目標は、「(前略) …エネルギーと物質の成り立ちを中心に、自然の事物・現象について理解させるとともに (後略)」となっている。すなわち、主として物理・化学の内容が扱われている。

本校は1学年3クラスであり、2年次の文理選択者の比はおよそ1：2となっている。また、理科系のうちほとんどが物理・化学を選択し、生物を選択するものは多い年で10名強、少ないときは5名を割

る状況にある。逆を言えば、理科系生徒のほとんどは、中学での知識理解レベルで大学へと進学していくことになる。生物を学んでいない医学部生が話題となることがあるが、彼らは大学で学ぶ機会が与えられている。むしろ、工学部系進学希望者など、大学で生物を学ぶ機会が少ないと思われる生徒こそ、高校での生物履修が必要ではないかと考える。本校では、「理科総合A」のうちの2学期数時間を割いて、生物を学習している。

## 2 1年次生物の位置づけ

上に記した理由で1年次に生物を行っているが、突き詰めれば「すべての生徒が生物を学んで欲しい」という思いである。それは、以下の3点にまとめることができる。

### ①一般教養としての生物

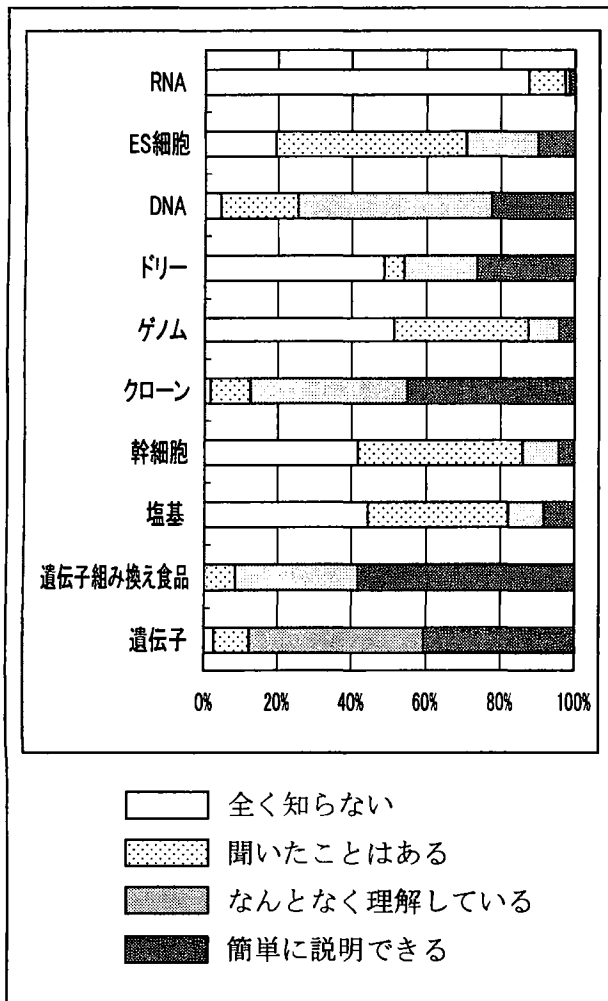
表1は、Yahoo JapanおよびGoogleで検索したときの検索件数を示したものである。GoogleでのDNAが2億件に迫るなど、かなりのHPでDNAという語が用いられていることが分かる。クローンやゲノムなどかなりの件数がヒットしている。比較として松坂大輔とモーツァルトで検索してみたが、DNAおよび遺伝子の方が多い。つまり、これらは

表 1

語 句	Yahoo Japan	Google
ES細胞	332	2,150
DNA	71,100	186,000
遺伝子	8,720	11,100
遺伝子組み換え食品	130	105
クローン	3,756	4,596
ゲノム	1,890	2,260
ヌクレオチド	105	271
cf 松坂大輔	1,790	1,510
cf モーツァルト	3,340	5,320

(単位 千件)

図 1



モーツァルトよりも知られている語句であるとみなすことができる。

一方、これらの語を含めて1年生にアンケートを行った結果が図1である。DNA、遺伝子などはほぼ全員が、ゲノムや塩基になどについても半数近くが耳にしたことがあることが分かる。一方で、説明ができるほどに理解している者は、クローン、遺伝子組み換え食品、遺伝子以外は多くない。また、「聞いたことはある」と回答した生徒には、「詳しく知りたい」・「特に知りたいとは思わない」も回答してもらった。その比率は、いずれの項目もほぼ2:1であった。ES細胞やゲノムなどについて知る機会を望んでいるわけである。同時にこのような語についてはある程度の知識をもって欲しいと思う。

### ②生物の本質的理解

遺伝子は生物の設計図であり、すべての構造・機能はこれをもとに行われている。遺伝子についての知識を得ることで、生命現象の本質的な理解が深まると考える。大学等の研究室でDNAを扱っているところが多いことがそれを物語っている。

紫外線や放射能は生命体にとって有害であることはよく知られている。そのしくみについては、DNAの塩基配列の変化を知ることで理解が深まると思われる。クローンについても生徒のほとんどが知っており、半数近くが説明できるとしている。しかし、遺伝子について学ぶことではじめて、クローンの生物学的意義が理解されると思う。その他、抗体の多様性など、遺伝子についての知識があると理解しやすい事項は多い。

遺伝子を学ばずに生物を学ぶことは、原子あるいは原子核を学ばずに化学を学ぶことに等しいと思えてならない。

### ③将来の進路選択

前述の通り、本校の3分の2は理科系進学を希望し、そのほとんどが物理化学選択である。主な理由は次の2つが考えられる。

1つは、科目選択段階（1年3学期）段階で進路未定のものが多いということである。物理を選択しても生物系学部学科への進学は可能であるが、生物を選択すると工学系への進学が困難となる。「進路がはっきりしない理系は物理化学」というのは当然となる。

2つめは、地元金沢大学医学部の入試科目による。全国的な医学部人気の例に漏れず、本校でもここ数年医学部進学希望者が増えている。理科系の半分、人数にして1クラス分が医学を希望している。となると、どうしても地元の国立大学医学部が第1志望となる。金沢大学医学部は、前期試験は物理化学必須、後期試験はセンター試験の物理化学必須となっている。このため、医学部志望者は物理化学を選択する傾向にある。

とはいうものの、本校の物理化学選択者の割合はあまりにも多い。学校訪問の際には理科系生徒の物理と生物の選択比を聞くようにしているが、多くは「半々」という答えが返ってくる。予備校の医学進学コースなどでも同様である。つまりは、本校では「理科系は物理化学」という固定観念が必要以上に強いのではと思われる。進路未定ものは物理化学が無難であるが、逆に物理化学を選択しておけば進路は未定でもよいと考えているようにも思える。

そこで、少しでも生物に触れることで将来の進路選択に役立てて欲しいと考える。授業に興味関心をもったなら、新書等に当たってみたらどうか。そこから新たな世界が広がるかもしれない。医学部志望で物理が苦手なら、金沢大学にこだわらなくてもよいのではないか（親元を離れるということの意味するが）。

### 3 授業実践例

授業は、遺伝子的内容と発生的内容を行っている。次に授業の1部を2つ示す。①はDNAの構造・転写・翻訳を一通り学んだ後のもの、②はプラナリ

アの再生・ES細胞など分化に関連したものである。

#### ① 遺伝子突然変異

遺伝子のはたらきの1つに形質発現がある。特に、mRNAの塩基とアミノ酸との対応（すなわち翻訳）は、生徒にとっても理解しにくい内容である。そこで、遺伝子突然変異を考えることを通して、翻訳に対する理解を深めている。

図2ア)は取り上げる突然変異を示したものである。遺伝暗号表を見ながら、mRNAの塩基配列を比較し、どのような変化が生じることでアミノ酸の置換が起こったかを考えさせる。なお、授業用プリントとは別に評価用プリントを配布・回収し、観点別評価（関心・意欲・態度と思考・判断）の資料としている。

例1は、正常ヘモグロビンと鎌状赤血球症ヘモグロビンの比較である。グルタミン酸とバリンの遺伝暗号および起こった変化を、評価用プリントに記入させる。見比べれば分かることであり、ちゃんと記述しているかどうかで関心・意欲・態度の表としている。

例2は、ある酵素で起こった突然変異である。一見何が起こったかは分からない。そこで、イ)に示すように、考えられる塩基配列を、暗号表を見ながら書き出す。遺伝暗号、特に3番目の塩基には重複がある。セリンやロイシンには6通り、プロリンやバリンには4通りの塩基配列が考えられ、UまたはCの場合はX、AまたはGの場合はY、4通りの場合はZと表記する。

さて、正常型と突然変異型の比較である。なかなか難しく、すぐに「分かった!」とはいかない。ヒントである。塩基という4文字を用いた核酸語を、アミノ酸という20文字を用いたタンパク質語に“翻訳”するというので、ウ)に示す英文を翻訳する。正常型の例文は、『分子遺伝学』（石川辰夫 岩波新書）に書かれているものにアレンジを加えたものであり、すべて3文字の単語から構成されているとこ

ろが興味深い。正常型では「あなたは、なぜ、彼のためにカバンを手に入れたのですか。」と訳され、突然変異1では、「あなたは、なぜ、彼のためにバットを手に入れたのですか。」と訳される。文のもつ意味は多少おかしくなるが、翻訳は充分可能である。これは例1の突然変異に相当する。(ちなみにGをTに置換している。芸が細かい。)

突然変異2の例文はどうであろうか。これを板書すると、生徒はボカンとする。「ホワイ イディ オウグ エット ヘブ アトゥフ オーフ イム？」などと読み上げてみるとまことに面白い。が、これが例2の突然変異に相当しているという発想ができる生徒はほとんどいない。「ヒントだよ、ヒントだよ。」と連呼する。評価用プリントにどのようなことが起こったかを記入させる。この授業はここで終わる。評価用プリントを回収し、“4番目の文字が無くなって1個ずつずれた”と書いている

かどうか、思考・判断の評価としている。ちなみに、これに気づく生徒はおよそ1/3である。

次の授業の最初、評価用プリントを一旦生徒に戻す。しばらく時間をとって考えさせた後、突然変異を明らかにする。次は、塩基配列の比較である。正常型の4番目の塩基が失われたことで突然変異型になったことを示し、正常型の塩基配列を決定する。例えば、2番目のアミノ酸であるセリンには6通り考えられるが、突然変異型との比較により、2番目の塩基はG、3番目の塩基はUであることが分かる。5番目のアミノ酸ロイシンの塩基配列の決定はそう単純ではないが、パズル感覚で取り組むという姿勢が欲しいものである。評価用プリントを再び回収・集計し、塩基配列がしっかりと書かれているかどうかで思考・判断の資料としている。

## ②ゴキブリの肢

発生に関して興味を引くものに、プラナリアやゴ

図 2

<p>ア) 遺伝子突然変異の例</p> <p>例1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・正常型 トレオニン-プロリン-グルタミン酸-グルタミン酸-...</li> <li>・突然変異型 トレオニン-プロリン- バリン -グルタミン酸-...</li> </ul> <p>例2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・正常型 リシン-セリン-プロリン - セリン -ロイシン-アスパラギン-...</li> <li>・突然変異型 リシン-バリン-ヒスチジン-ヒスチジン-ロイシン-メチオニン -...</li> </ul> <p>イ) 例2のmRNAの塩基配列</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・正常型 AAY-<math>\begin{matrix} \text{UCZ} \\ \text{AGY} \end{matrix}</math>-CCZ-<math>\begin{matrix} \text{UCZ} \\ \text{AGX} \end{matrix}</math>-<math>\begin{matrix} \text{UUY} \\ \text{CUZ} \end{matrix}</math>-AAX-</li> <li>・突然変異型 AAY-GUZ-CAX-CAX-<math>\begin{matrix} \text{UUY} \\ \text{CUZ} \end{matrix}</math>-AUG</li> </ul> <p>ウ) 翻訳例</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・正常型 Why did you get the bag for him ?</li> <li>・突然変異1 Why did you get the bat for him ?</li> <li>・突然変異2 Why idy oug ett heb atf orh im ?</li> </ul>
---

キブリ肢などの再生がある。授業では、後者についてゆっくり考えながら紹介している。

図3は、ゴキブリの肢の模式図である。説明がしやすいよう、根元付近から先端付近に向けてA～Eと記している。

まず、例1として「DとEの間で切断された肢」を、「AとBの間で切断された肢(A部はゴキブリ本体とつながっている。例2も同じ)」に移植するとどうなるかを説明する。この場合、肢の再生が起こって正常な形へと回復する。生徒に発問しても、「肢ができる」という答えがかえってくる。ゴキブリの生命力の強さの一例でもある。

これを踏まえた上で、例2の移植を考える。「AとBの間で切断された肢」を、「DとEの間で切断された肢」に移植した場合を考える。生徒の意見として「縮んで正常な肢になる」というのがもっと多いが、他にもバラエティーに富んで非常に面白い。いろいろな意見を出し合ううち、「間にCができる」というのが出てくる。理由としては、「BとDの間だから」。正解に近づいてはいるが、「もっと正確に」と求めると沈黙してしまうことが多い。が、これがヒントとなって正解にたどり着く場合もある。「逆向きのC」ができるのである。

例1と例2をつなげる。例1では正常な肢が形成されたが、これは結果であって目的ではない。結合部で起こったことは、間の部分をつくることであり、その結果として肢が形成されたのである。ゴキ

ブリの肢の再生では「間を埋める」ことが行われており、例2の結果もそれにしたがって行われる。すなわち、どんな肢とどんな肢がつながったかという全体像を見て考えると、先入観が邪魔をしてしまう。単純にどの部分とどの部分がつながっているかを考えればよいわけである。

実は、話はここで終わらない。それどころか、これからが本番、著者独自の考えが入る。例2でできるのは本当に「逆向きのC」なのであろうか。原著論文がそのように書かれているからだと思われるが、全ての著書で「逆向きのC」となっている。図4は、『形づくりの分子メカニズム』(上野直人・野地澄晴 羊土社)からの引用である。表記は1～10となっているが、「7」と「4」の結合により、その間の「65」がこの順でつくられている。が、正常な肢と比較するとかなり長く描かれている(これも全ての著書に共通するところである)。実は、つくられているのは「7654」なのである。結合したのは「7」と「4」であるが、正確には「7と8の間」と「4と5の間」とを結合している。すなわち、「7と8の間」と「4と5の間」の間にある「7654」がつくられるのは至極当然のことである。さらには、図4(a)(b)は、同じ部分で切断・結合が行われており、両者で同じものが再生されてしかるべきである。

図3へ戻る。同様に再生されるのは「C」ではなく「DCB」であり、すなわち、肢は「ABCDD

図 3

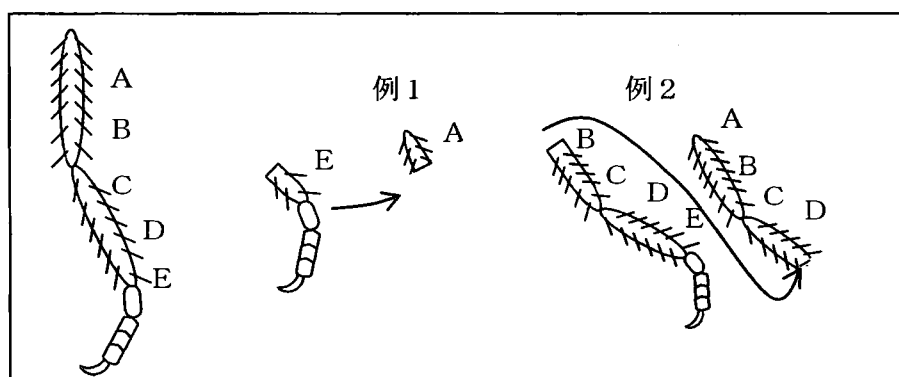


図 4

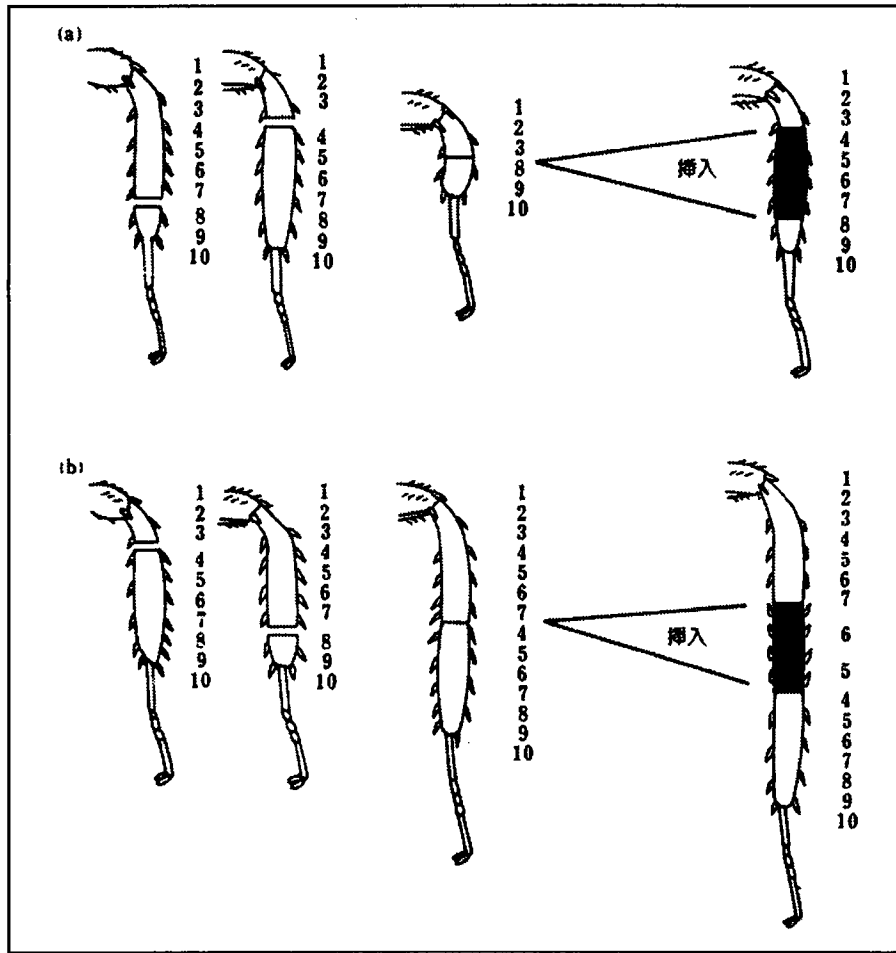
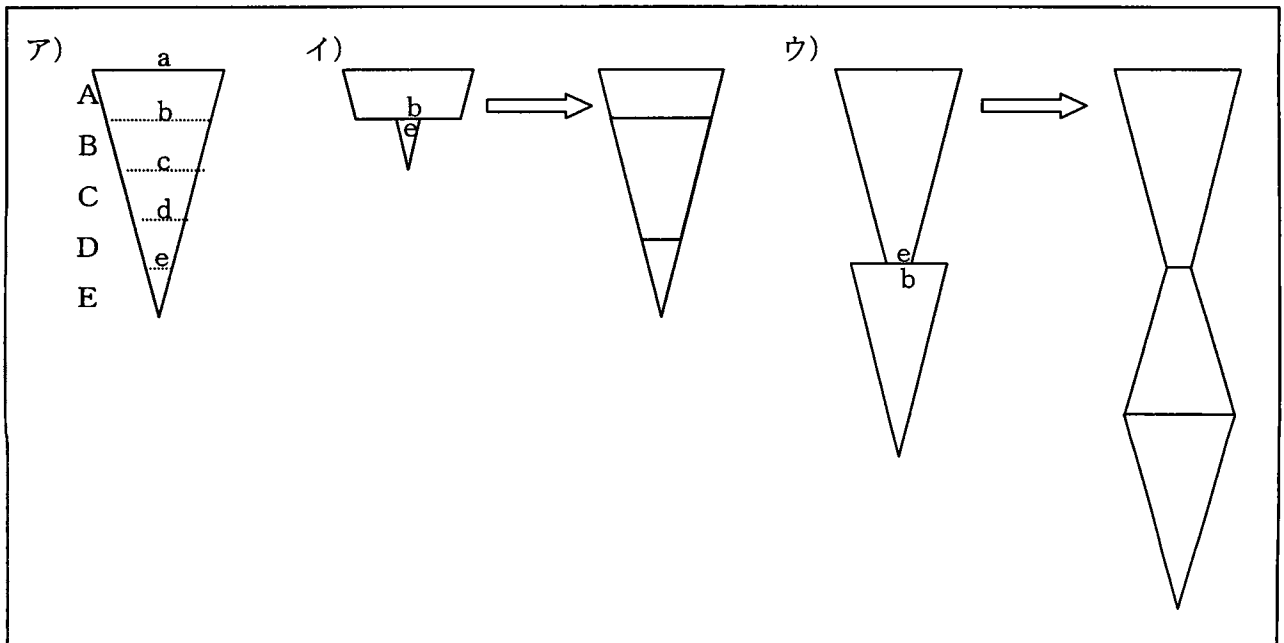


図 5



CBBCCDE」となる。「逆向きのC」でも理解しにくいところ、DとBが重複するとなると（そんなものできるはずが無いという先入観が邪魔をしてか）益々混乱してしまう。そこで、著者オリジナル、三角形モデルである。

図5ア)のように肢を三角形と考え、根元をA、先端をEとする。さらに、各部分の間の幅をa～eと置く。図3例1では、AとEを結合したので、その様子は図5イ)のようになる。すなわち、「b」と「e」の間の「BCD」ができることで、正常な肢が形成される。図3例2は、図5ウ)のようになる。ここでも「e」と「b」の間の「DCB」ができるということ、ようやく納得するのである。(実はこのモデル。あまりに理解が容易なため、授業では紹介しない。授業中は肢の図で説明し、生徒の頭の中を耕している。試験に類題を出題し、その解答・解説の際に紹介するようにしている。「どうしてもっと早く教えてくれないの。」という非難の嵐が待ち受けているが。)

#### 4 まとめ

前回の学習指導要領の改訂によって「生物Ⅱ」が新設され、遺伝子と免疫が含まれるようになった。両分野は今回の改訂でもそのまま「生物Ⅱ」に含まれている。また、クローンなど発生物学の詳しい内容も「生物Ⅱ」に含まれている。「生物Ⅱ」は「生物Ⅰ」を履修した後に学習することになっているが、その内容は日常生活で目にする項目が多い。

全員必修で物理化学生物地学の内容を含む。内容の選択の幅を大きくし、生徒・教員の要望によって希望する分野を学べる。このような科目の開設を願う。

#### 参考文献

『分子遺伝学』(石川辰夫 岩波新書)

『形づくりの分子メカニズム』

(上野直人・野地澄晴 羊土社)