

## II 高校生物学習における

### 内容と順序性の問題

— 遺伝学習を例として —

三 橋 一 夫

生物教育の中心的課題が次第に知識理解から科学的考え方・態度の育成へと重点を移してきている。これは教科書の内容についてもはっきりとあらわれてきており、前指導要領によるものが総花式に例外的なものも含めて記述説明していたのに対し、現行のものでは枝葉を落し根幹となる部分について資料を与えたり実験結果を示したりして、そこから生徒に考えさせるものがみられるようになった。そこでこのような生物教育の目標を達するためにはどのような材料を、どのような順序で、どのように生徒に考えさせるかということが特に大切な問題になってくる。

次頁の表は「生物I」の遺伝の項目における内容の取り上げ方を教科書により比較したものである。前要領による教科書「生物」では、色々な遺伝として例外的なものにまで相当な頁数をあてたり、応用遺伝学に力を入れたりしていたのに対し、「生物I」ではむしろこうしたものを従として系統を大切にし、分子生物学にも重点をおくことにより、より本質的なものへ導こうとする姿勢が強くでている。また「生物」では各教科書間の特徴・差異が少なかったのに対し、「生物I」では内容の取捨選択の特色が強くでているだけでなく、その取り扱い方にもそれぞれ工夫が見られる。「生物」ではどの教科書も解説的記述が中心になっていたのに対し、「生物I」では例えばカサノリの再生と移植の実験から、考察により核の働きについて理解させたり、アカパンカビの栄養要求についての実験から、1遺伝子1酵素説を考えさせるなど、生徒の学習活動を通じて自ら解決への道を歩ませよう意図されているものもある。このように教科書毎のねらいがはっきりで、特色が多様になったことは、使う立場からは大変に好ましいことに思える。

しかしこのような意図をどの学習場面でどのような方法で生かしていくかは大変にむづかしい問題である。例えば遺伝でまず学習するメンデルの遺伝子仮説について、多くの教科書では遺伝子を先に規定してしまいメンデルがなぜ遺伝子を仮定したかということをも十分に考えさせようとはしていない。一般的傾向として次にあげたようなメンデルの法則に関する記述が遺伝学習の最初になされている。

メンデルの実験の結果では、7組の対立形質のどの場合でも、 $F_2$ には、優性形質と劣性形質とが約3:1の比であらわれている。この結果を説明するために、メンデルは次のような仮説をたてたことができる。

1. 生物の各形質は、遺伝子によって支配される。
2. 各個体は、一つの形質について、1対の遺伝子をもつ。
3. 対をなす遺伝子は、配偶子形成のときに性質をかえずに分離し、各配偶子に一つずつはいる。

問 メンデルは、生物は各形質について1対の遺伝子をもつと考えたが、それはなぜか。

この例でも問を考えることにより、遺伝子の理解を深めようとする意図はでていいるが、もう少し忠実にメンデルの実験のあとをたどることにより、科学的方法・思考・態度を生徒に強く実感させる優れた教材の一つになるのではないかと思う。

以下「生物I」遺伝の導入としてのメンデルの実験の学習順序とその内容の試案を記してみたい。

#### 1. メンデルの生立ち

- 父方にも母方にも園芸に関心の強い人達がいた。
  - 大学では数学・物理学・博物学を興味深く学んだ。
  - 教師生活に入ってからいろいろの動植物の飼育栽培をし蜜蜂や鼠で遺伝の研究をした。
  - 僧院でのエンドウの実験は、35mと7mの長方形の小さな土地で、8年間続けられた。
- [メンデルの研究も単なる偶然や幸運によるものではないことを印象づけたい。]

#### 2. メンデルの研究の目的・動機

- これまでの観賞植物の人為的交配の研究で、その結果が極めて規則的にでることに刺激された。
- しかしこの規則性を説明する法則がまだ提出されていない。
- これを研究することは生物進化の解明に関しても重大な意味がある。

#### 3. 実験材料になぜエンドウを選んだか

- 自花受粉によって代を重ねた場合、異った形質の



株を分離しない純粋の株が多い。

- 相対的にはっきり識別できる形質をそなえている。
- 他の株の花粉の影響を受けにくい花の構造になっている。
- 自花受粉をした場合も、雑種をつくった場合も、後の代の結実力に衰えがみられない。

#### 4. 雑種第1代における形質のあらわれ方

- 7つの対立形質について実験した。
- 一方の形質のみあらわれる—— 両親をかえ逆の交配実験を行っても結果は同じ。

#### 5. 雑種第2代における形質のあらわれ方

- 種子の形の例 253株からとった7324粒中、円形 5474 : 角形 1850 (2.96 : 1)
  - 胚乳の色の例 258株からとった8023粒中、黄色 6022 : 緑色 2001 (3.01 : 1)
- [優性と劣性の考え方へ生徒を導く。統計的見方をメンデルがしたこと → 3 : 1]

#### 6. 雑種第3代における形質のあらわれ方

- 種子の形の例
 

$F_2$	{	円形の種子からの	{	193株 → $F_3$ 円形のみ
		565株中	{	372株 → $F_3$ 円3 : 角1
		角形の種子からのもの	→ $F_3$ 角形のみ	
- 胚乳の色の例
 

$F_2$	{	黄色の種子からの	{	166株 → $F_3$ 黄色のみ
		519株中	{	353株 → $F_3$ 黄3 : 緑1
		緑色の種子からのもの	→ $F_3$ 緑色のみ	

[このことから  $F_2$  では優性ホモと優性ヘテロと劣性が 1 : 2 : 1 であることに注目させる。]

#### 7. 雑種のその後の代における分離

- 6の結果から  $F_2$  を  $A + 2Aa + a$  とあらわし、各代で一つの株から四つの種子が生ずるとして……

代	A	Aa	a	比率
$F_2$	1	2	1	1 : 2 : 1
$F_3$	6	4	6	3 : 2 : 3
$F_4$	28	8	28	7 : 2 : 7
$F_5$	120	16	120	15 : 2 : 15
$F_6$	496	32	496	31 : 2 : 31

[n代目の比をあらわす一般式を考えさせる。これからエンドウのような自花受粉によりふえる植物が純系になっていくことを理解させる。]

#### 8. $F_2$ が $A + 2Aa + a$ になることをどう説明するか

- $F_1$  の生殖細胞にはどんな種類のものがあるか。  
A と a の2種の花粉が、A と a の2種の卵細胞と受精する。
- その結果  $A + 2Aa + aa$  になる。  
[メンデルが遺伝子を仮定したことを理解させる。]

優性の法則を確認し、分離の法則をこの遺伝子仮説から考えさせる。]

#### 9. 両性遺伝についてのメンデルの実験

- 種子が円形で胚乳が黄色の株と、角形で緑色の株との交配 →  $F_1$  はすべての円形で黄色
- $F_1$  の自花受粉により生じた種子 ( $F_2$ ) の形質  
総数 15 の株から 556 粒の種子が得られ、円・黄が 315, 角・黄が 101, 円・緑が 108, 角・緑が 32 であった。

[9 : 3 : 3 : 1 に近いことと、単性遺伝としてみれば 3 : 1 であることの確認。]

- $F_2$  の自花受粉により生じた種子 ( $F_3$ ) の形質

$F_2$	株数	$F_3$ の形質	$F_2$ の記号	
円・黄 301 中	{	38	円で黄	AB
		65	円で黄或は緑	ABb
		60	円或は角で黄	AaB
		138	円或は角で黄或は緑	AaBb
角・黄 96 中	{	28	角で黄	aB
		68	角で黄或は緑	aBb
円・緑 108 中	{	35	円で緑	Ab
		67	円或は角で緑	Aab
角・緑 30 中	→ 30	角で緑	ab	

[これを  $AB + Ab + aB + ab + 2ABb + 2aBb + 2AaB + 2Aab + 4AaBb$  と整理し、単性遺伝の  $A + 2Aa + a$  と  $B + 2Bb + b$  の2式の組合せであることに注目させる。]

#### 10. この両性遺伝の結果を遺伝子仮説によって、どう説明することができるか。

- $F_2$  に AB, Ab, aB, ab のような純系ができ、しかもそれらには P の形質のすべての組合せが同じ比率で見られる。→ これは全く同じ遺伝子型の配偶子が受精した場合である。→  $F_1$  がつくる配偶子には AB, Ab, aB, ab の4種がありそれは同じ確率でつくられる。
- $F_1$  がつくるこれら4種の配偶子が受精したら、どのような  $F_2$  がどんな比で生ずるだろうか。  
[(AB + Ab + aB + ab) × (AB + Ab + aB + ab) から  $AABB + 2AABb + 2AaBB + AAbb + aaBB + 4AaBb + 2Aabb + 2aaBb + aabb$  を導き、実験結果と対比検討させる。]

#### 11. 3性遺伝の結果を予想し、遺伝子仮説をまとめる。

- ( $A + 2Aa + a$ ), ( $B + 2Bb + b$ ), ( $C + 2Cc + c$ ) の展開から  $F_2$  の遺伝子型を考える。  
[この課程で、所謂メンデルの3法則——優性・分離・独立——を遺伝子の面から理解させる。]