

カイコの卵色遺伝の授業への応用

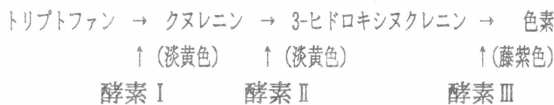
北村 公一

神奈川県立市ヶ尾高等学校

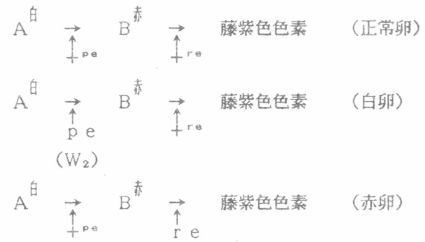
生物実験の材料としての身近な昆虫は、小学校での飼育、観察の授業にとどまらず、中学校、高等学校の生物の授業にも活用でき、今、まさに見直される時期にあると考えます。特にその中でも、日本古来から絹糸を目的として飼育されているカイコは、その形態、生理、遺伝、病理においてかなり研究され、多くの知見が得られていることにより、中、高の授業の様々な分野に活用できると考える。今回の報告の内容は、カイコの突然変異体を用いた簡単なメンデル遺伝実験であるが、その実験過程において蛾の形態、フェロモンによる誘引、交尾行動も同時に観察でき、生徒の昆虫に対する興味をかりたてることにも役立つものと考ええる。

1) カイコの卵色遺伝について

カイコの卵色は、ほぼ無色透明な卵殻の真下にあるしょう膜細胞の色素によることが知られている。正常卵は、トリプトファンが前駆物質となり、以下のように色素が合成されて藤紫色となる。



ところがカイコの突然変異に、第2白卵(W₂)や淡赤眼白卵(pe)及び赤卵(re)が知られており、それぞれ正常遺伝子+^{w₂}, +^{pe}, +^{re}に対し、単純な劣性を示し、全てメンデル遺伝法則どおり遺伝する。このうちW₂とpeはともに酵素IIIを作れないために白卵となり、reは赤色色素を形成するか、あるいは赤色色素から藤紫色色素にかえる作用のない劣性遺伝子で、+^{pe}が支配する反応系の後に関与する。簡略した図を次に示す。



卵色と遺伝子の関係

このようにアカパンカビの実験と同じ、一遺伝子一酵素説の説明、検証に用いることもできる。

また、W₂は第10染色体上に3.4に、pe、reはともに第5染色体上の0.0及び31.7に連鎖して座位する遺伝子であることが知られている。これらの組み合わせによってメンデルの3法則、さらにpe、reによってくみかえ価を求めることができる。ただし、雄のみにくみかえがおこる。

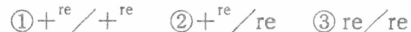
2) 実験

数種の遺伝子型を用いたカイコのかけあわせ(交雑)を行うには、雌雄鑑別が欠かせない作業となってくる。通常雌雄鑑別は、蛹の時期に尾部の形態により行うが、今回は、♀を決定する性染色体(Z染色体)上に繭色を黄色にする遺伝子(Y)を転座させた系統(限性黄繭)と交配することにより、♀は黄繭、♂は白繭となり雌雄鑑別をしやすくした。

準備するもの

(1) 材料

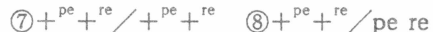
優性及び分離の法則の実験用



独立の法則の実験用



連鎖、くみかえの実験用



以上のそれぞれ雌雄

(2) 用具

大きめの菓子箱，直径 5 cm のポリタッパー，ろ紙，油性ペン，はさみ

3) 操作

① 蛹は早朝に羽化するので，朝のうちに別のタッパーに品種別，雌雄別に分けておくとよい。

羽化が近くなると蛹の触角が黒く色付くので，繭を数個切り開き，蛹の触角を見て，雌雄の数を揃える。雌雄のバランスが悪いときには，触角が黒くなっている蛹を 15℃ の恒温器にいれ羽化時期を遅らせる調節をする。

② タッパーにいれた雌の蛾のふたをとり，次に少し離して雄のふたをとる。雄が雌の出すフェロモンを感じ取ると，激しく羽ばたく行動を示す(性フェロモンによる誘引の観察)。

③ 実験目的の交雑に用いる雌雄各 1 頭を取り出し，大き目の菓子箱にいれ，交尾行動を観察する。雄は羽ばたきながら腹部を曲げ雌に近づいていく。交尾すると羽ばたきを止め，しばらくすると断続的な羽ばたきを始める(射精)。

④ 交尾後 30 分ほどしたら割愛(尾部をきりはなす)し，雌の腹部を軽く押し蛾尿をさせる。これは産卵しやすくするために行うが，尿をしない個体もある。

⑤ 雌をろ紙をしいた直径 5 cm のタッパーにいれ暗所で 1 日保存する。また，雄は 3~4 回交配に用いることができるが，2 回目以降は交配時間を 1 時間ほど取るとよい。

⑥ 雌はろ紙の上に産卵する。3 日ほどすると卵が着色するので，その数を数える。卵を産んだろ紙に透明ラップをかけ，上から油性ペンで印を付けながら数えると間違えない。

⑦ 結果を集計する。結果の記録の例を次に示す。

交雑に用いた親の種類

$$pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re} \times pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re}$$

卵色	紫色	白卵	赤卵	計
卵数	312	101	32	445

くみかえ価 31.7%

※ くみかえは，雄にのみ起こる。

第 1 表 くみかえ価の求め方

$$pe \cdot re / pe \cdot re \text{♀} \times pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re} \text{♂}$$

精子	非交さ型	交さ型			
卵子	$+^{pe} \cdot +^{re}$ (m)	$pe \cdot re$ (m)	$pe \cdot +^{re}$ (n)	$+^{pe} \cdot re$ (n)	
	$pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re}$ (m)	$pe \cdot re / pe \cdot re$ (m)	$pe \cdot re / pe \cdot +^{re}$ (n)	$pe \cdot re / +^{pe} \cdot re$ (n)	
正常卵	196	白卵	284	赤卵	88
	(m)		(m+n)		(n)

() 内は比率を示す。

$$pe \cdot re \text{間のくみかえ価} (\%) = \frac{2n}{2m+2n} \times 100 = \frac{\text{赤卵数} \times 2}{\text{全観察卵数}} \times 100$$

$$pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re} \times pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re}$$

精子	非交さ型	交さ型		
卵子	$+^{pe} \cdot +^{re}$ (m)	$pe \cdot re$ (m)	$pe \cdot +^{re}$ (n)	$+^{pe} \cdot re$ (n)
	$pe \cdot re / +^{pe} \cdot +^{re}$ (1)	正常卵 (m)	白卵 (m)	白卵 (n)
$+^{pe} \cdot +^{re}$ (1)	正常卵 (m)	正常卵 (m)	正常卵 (n)	正常卵 (n)

() 内は比率を示す。

$$pe \cdot re \text{間のくみかえ価} (\%) = \frac{4n}{4m+4n} \times 100 = \frac{\text{赤卵数} \times 4}{\text{全観察卵数}} \times 100$$

第 2 表 交雑例と期待される分離比

単性雑種	① $re/re \times +^{re}/+^{re}$	全て赤卵
	② $re/+^{re} \times re/+^{re}$	紫：赤 = 3 : 1
	③ $re/+^{re} \times re/re$	紫：赤 = 1 : 1
両性雑種	④ $re/re / W_2 W_2 \times +^{re}/+^{re} / +^{W_2} / +^{W_2}$	全て紫卵
	⑤ $re/+^{re} / W_2 +^{W_2} \times re/+^{re} / W_2 +^{W_2}$	紫：赤：白 = 9 : 3 : 4
	⑥ $re/+^{re} / W_2 +^{W_2} \times re/re / W_2 W_2$	紫：赤：白 = 1 : 1 : 2
組みかえ	⑦ $pere/pere \times +^{pe} +^{re} / +^{pe} +^{re}$	全て紫卵
	⑧ $pere / +^{pe} +^{re} \times pere / +^{pe} +^{re}$	紫：赤：白 = 3m + 2n : n : m + n
	⑨ ♀ $pere / +^{pe} +^{re} \times pere/pere \text{♂}$	紫：白 = 1 : 1 (♀ 完全連鎖)
	⑩ ♀ $pere/pere \times pere / +^{pe} +^{re} \text{♂}$	紫：赤：白 = m : n : m + n (♂ 不完全連鎖)