

●単性雑種第2代 (F₂) における分離比について

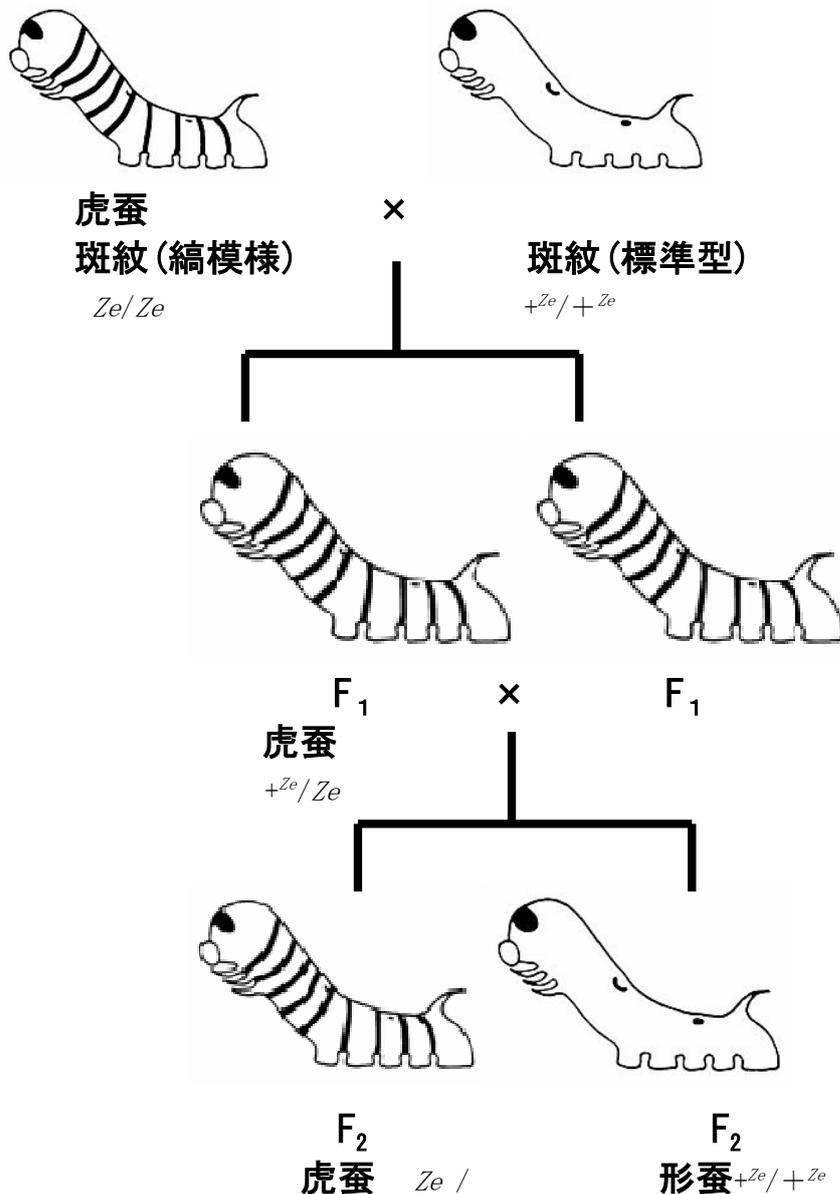
カイコは野生型のものがない為、標準型の形質を+で表す(優性形質を+で表すのではない)。標準型の形質に対して優性の場合には、大文字 (Z_e , $+Z_e$) で、劣性の場合には、小文字 (p , $+p$) で示す。(標準型のカイコとは普通のカイコだと思えばよい。黒っぽい卵, 黒い蟻蚕, 眼状紋や半月紋を持つ幼虫, 白い繭 etc.)

カイコの斑紋による分離比の検定 (突然変異系統が優性の場合)

カイコの幼虫の斑紋には様々な種類がある(日本の農家で飼育されている蚕の標準的な斑紋は斑紋の有るもの(形蚕)と無いもの(姫蚕)である)。標準型の斑紋の系統と虎蚕(縞模様)系統の交雑によって得られたF₂の斑紋の分離比が、メンデルの法則(単性雑種の分離比 3:1)にあてはまるかどうかを検定する。

材料 正常体色系統 (Z_e/Z_e) と形蚕系統 ($+Z_e/+Z_e$) のF₂

注; F₁($+Z_e/Z_e$) は虎蚕となる。F₂を全員で調査する

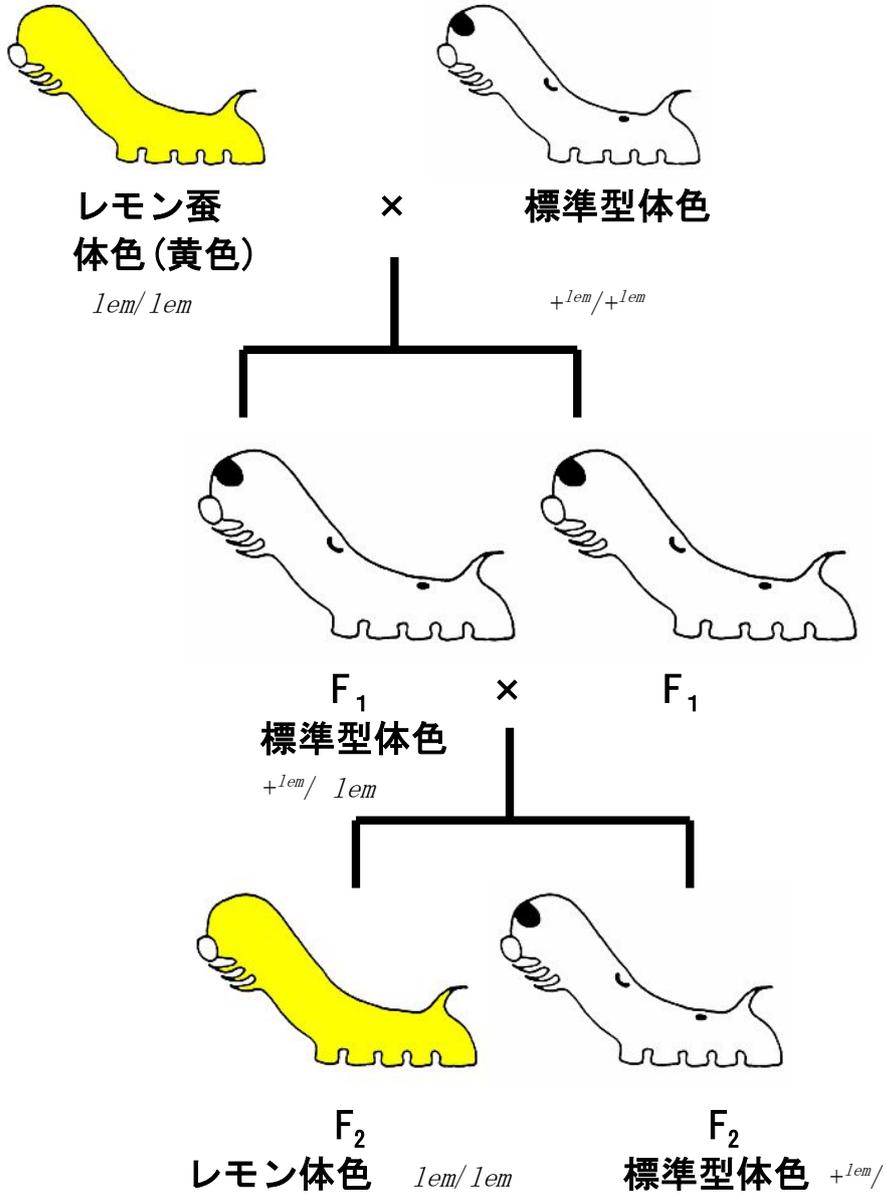


カイコの体色による分離比の検定 (突然変異系統が劣性の場合)

標準型の体色の系統とレモン色の体色系統の交雑によって得られたF₂の斑紋の分離比が、メンデルの法則(単性雑種の分離比3:1)にあてはまるかどうかを検定する。

材料 正常体色系統(+^{lem}/⁺lem)とレモン系統(lem/lem)のF₂

注; F₁(+^p/Ze)は虎蚕となる。F₂を全員で調査する



左 虎蚕、右 レモン体色



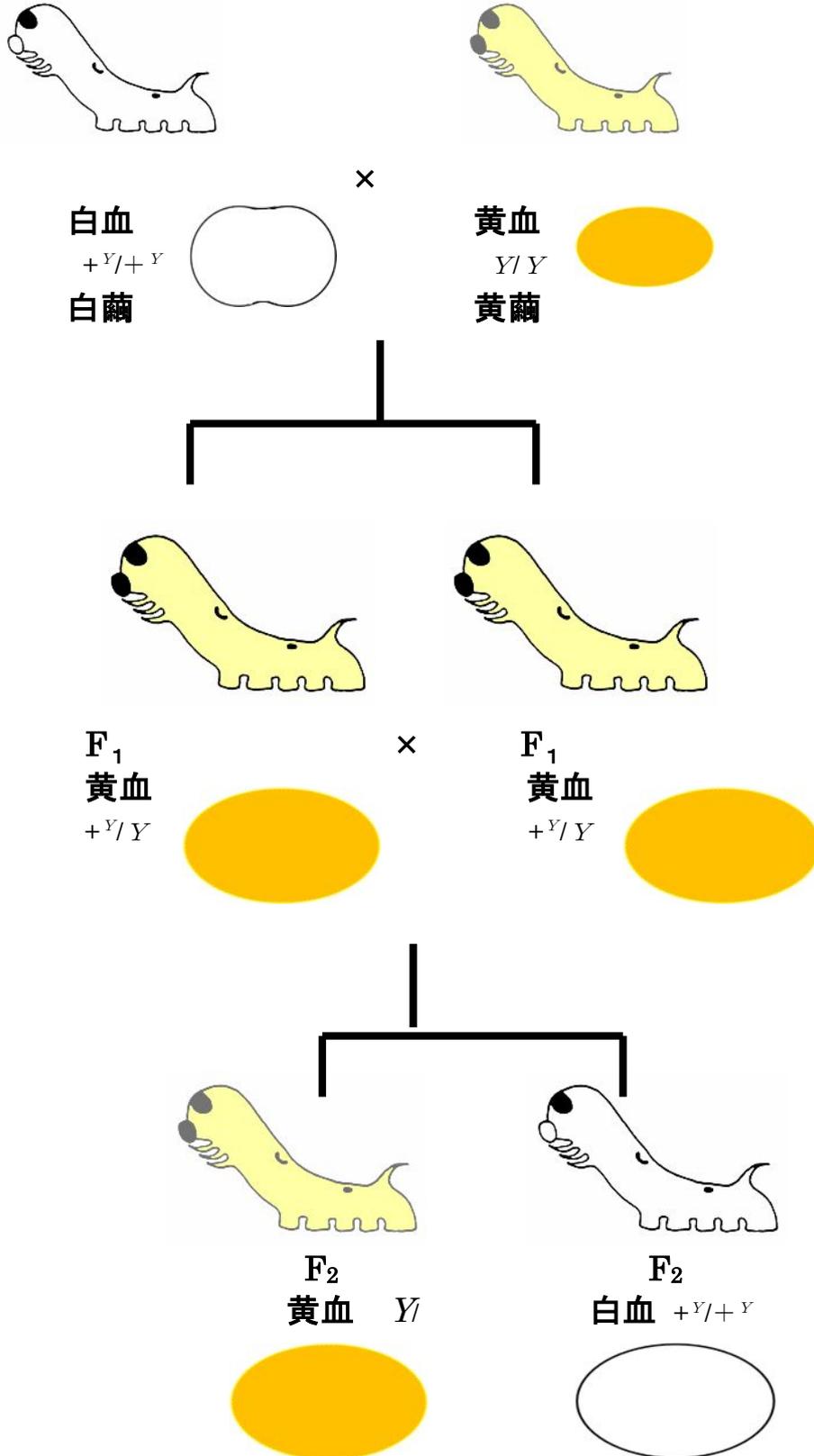
上段 白血、下段 黄血

カイコの血色（繭色）による分離比の検定

標準型の白繭(白血)系統と黄繭(黄血)系統の交雑によって得られたF₂の斑紋の分離比が、メンデルの法則(単性雑種の分離比3:1)にあてはまるかどうかを検定する。

材料 白繭系統(正常蚕: +^Y/+^Y)と黄繭系統(Y/Y)のF₂

注; F₁(+^Y/Y)は黄血(黄繭)蚕となる。F₂の血色について全員で調査する



F₂における斑紋の有無

班番号	虎蚕（縞模様有）	標準型蚕（縞模様無）
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
合計		

F₂における体色の有無

班番号	レモン体色	標準型体色
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
合計		

F₂における血色の分離

班番号	黄血蚕	白血蚕
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
合計		

カイコの卵色による分離比の検定

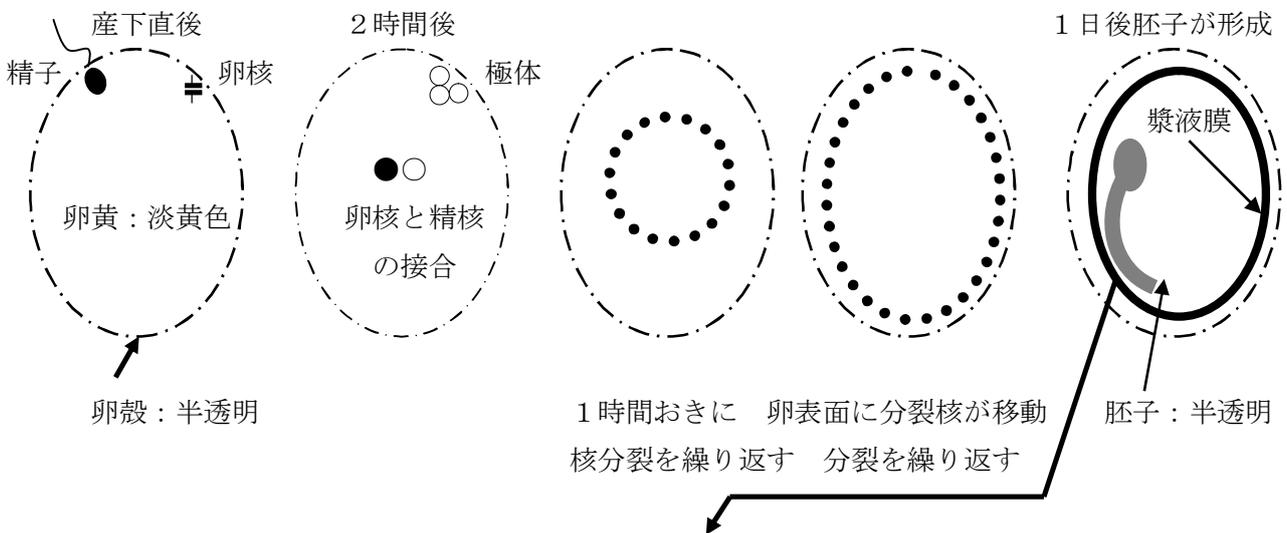
突然変異系統と正常系統との交雑種及びその次代について遺伝的調査を行う際、幼虫、蛹、成虫の形質を調査するような場合には、孵化率の低下や飼育中の死亡個体の有無（一般に突然変異系統は致死しやすいものが多い）などの要因まで考慮しなければならず、飼育などの手間がかかる。しかし、卵期に形質調査できるならば、簡単に多数の個体について調査が行え、遺伝的に解析しやすい（例えば突然変異の出現率）。

よくある質問『黒い卵は黒い幼虫になるのですか？ 白い卵は白い幼虫になるのですか？』

幼虫体色はメラニン系色素やプテリジン系色素によって色が付きます。つまり代謝系を異にするため、卵で色素合成を行わない個体でも幼虫体で着色することができます（白卵から黒蟻や黒繭蚕が孵化し、正常卵から姫蚕が孵化したりする）。つまり、白子(albino)とは違います。

注；交雑形式は 雌×雄（雄×雌ではない）の順で示す。

卵の初期発生過程



◆カイコの卵色（カイコの休眠卵では漿液膜細胞で色素合成が行われる）

1. 産下直後では卵殻がほぼ無色透明で、内部の卵黄が透けて見えて黄白色を呈している。
2. 産下1日後、漿液膜が形成され、漿液膜細胞で色素合成を始める。
3. 産下2日目ころから着色が進み、藤鼠色（日本種）や生壁色（中国種）に着色する。



産下直後



産下1日目



産下2日目



産下3日目

4. この卵（漿液膜細胞）の色素はキヌレニン色素原としたオンモクロム系の色素で、成虫の眼色とほぼ同じ色素である（白卵からは孵化した蛾は白眼、赤卵から孵化した蛾は赤眼となる）。

				
白卵 ($w1$)	白卵 ($w2$)	淡赤眼白卵 (pe)	赤卵 (re)	正常着色卵
				
白卵 ($w1$)	白卵 ($w2$)	淡赤眼白卵 (pe)	赤卵 (re)	正常着色卵

●単性雑種第2代 (F_2) における分離比について

突然変異型(劣性)の赤卵を示す系統と正常(優性)の正常着色卵の系統の交雑によって得られた F_2 の卵色の分離比が、メンデルの法則(単性雑種の分離比 3:1) にあてはまるかどうかを検定する。

材料 正常系統小石丸(正常卵: $+re/+re$) と赤卵系統 W^re (赤卵: re/re) の F_2

注; 正常系統と赤系統の F_1 ($re/+re$) は正常着色卵となる。

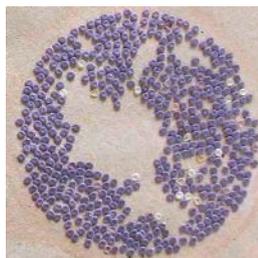
F_2 を 1 人 ■ 蛾区* 調査する。そして班で集計する。

蛾区: 1 頭の雌蛾により産卵された卵の集団。

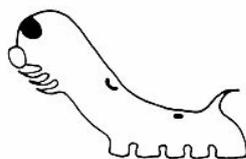
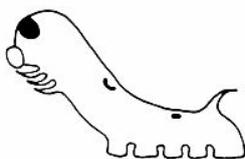
潰れ卵, 白卵, 未着色卵は受精しなかった卵または初期発生の段階で致死したもの。

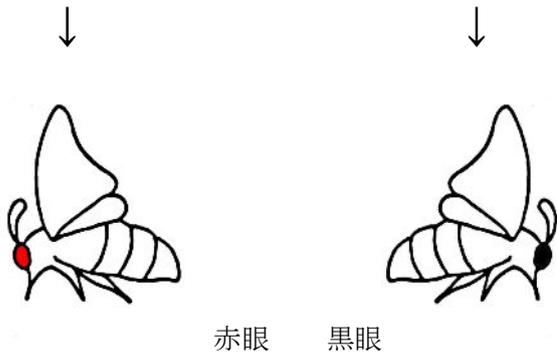


A 系統: 赤卵

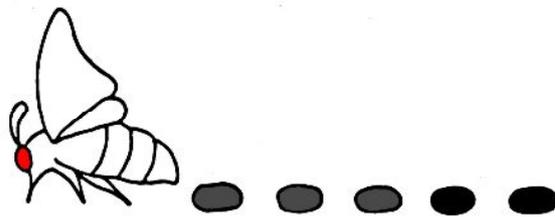


B 系統: 正常卵

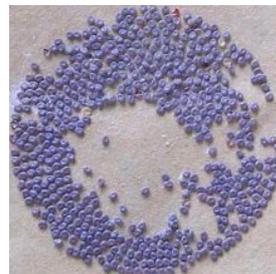




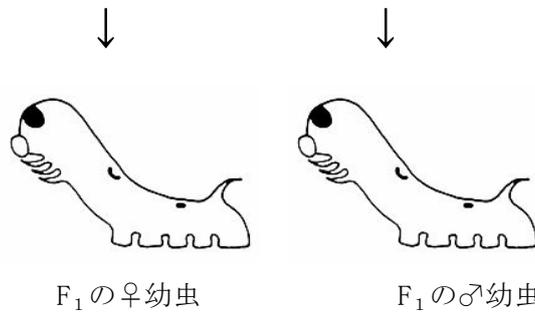
A系統とB系統を交尾

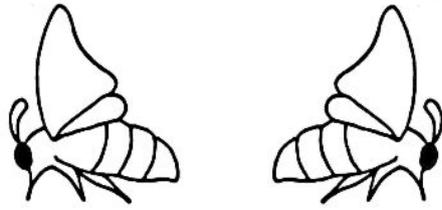


産卵



F₁の卵：卵色は正常 (+/re)



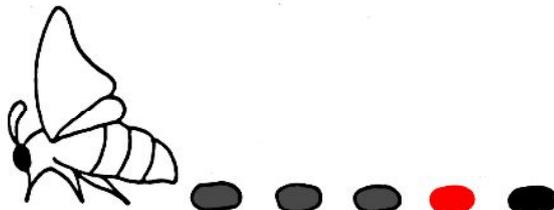


F₁の♀蛾 (+/re)

F₁の♂蛾 (+/re)



F₁の♀蛾とF₁の♂蛾を交尾



F₂の卵 正常着色卵と赤卵が3 : 1に分離する。

(赤卵系統 × 正常系統) × (赤卵系統 × 正常系統)

		メスの配偶子の遺伝子型	
		+	re
オスの配偶子の遺伝子型	+	+/+	+/re
	re	+/re	re/re

●単性雑種の戻し交雑における分離比について

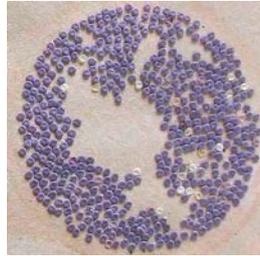
突然変異型（劣性）の系統と正常型の系統との交雑によって得られたF₁に、突然変異型（劣性）の系統を交雑した場合、分離比が 1:1 にあらわれているかどうかを検定する。

材料 (赤卵系統×正常系統) × 赤卵系統, 赤卵系統 × (赤卵系統×正常系統)

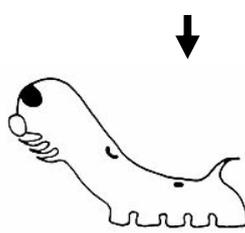
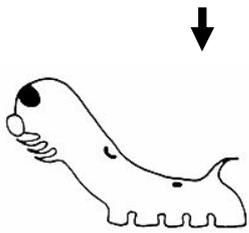
戻し交雑した蛾区を 1 区 ■ 蛾区調査する。そして班で集計する。



A 系統：赤卵

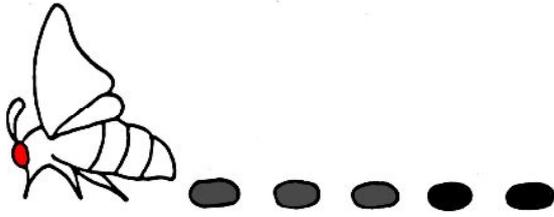


B 系統：正常卵



A 系統と B 系統を交尾

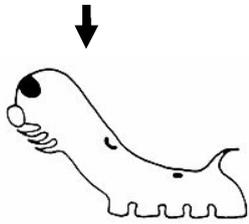




産卵



F₁の卵：卵色は正常 (+/re)



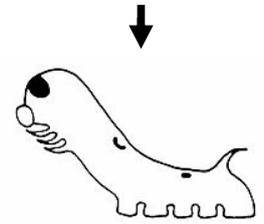
F₁の♀幼虫



F₁の♀蛾 (+/re)



A系統：赤卵



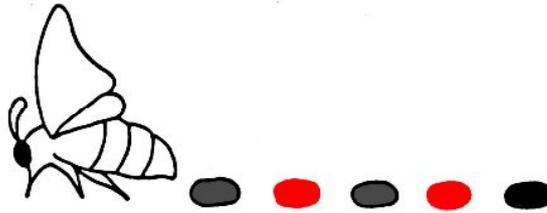
A系統の♂幼虫



A系統の♂蛾 (re/re)



F₁の♀蛾とA系統の♂蛾を交尾



F₁♀にA系統♂を戻し交雑した卵

正常着色卵と赤卵が1:1に分離する。

(赤卵系統 × 正常系統) × 赤卵系統

		メスの配偶子の遺伝子型	
		+	<i>re</i>
オスの配偶子の遺伝子型	<i>re</i>	+/ <i>re</i>	<i>re/re</i>

赤卵系統 × (赤卵系統 × 正常系統)

		メスの配偶子の遺伝子型	
		<i>re</i>	
オスの配偶子の遺伝子型	+	+/ <i>re</i>	
	<i>re</i>	<i>re/re</i>	

●両性雑種第2代 (F₂) における分離比について

異なった連関群に所属する2対の対立形質はF₂において9:3:3:1に分離しているかを検定する。

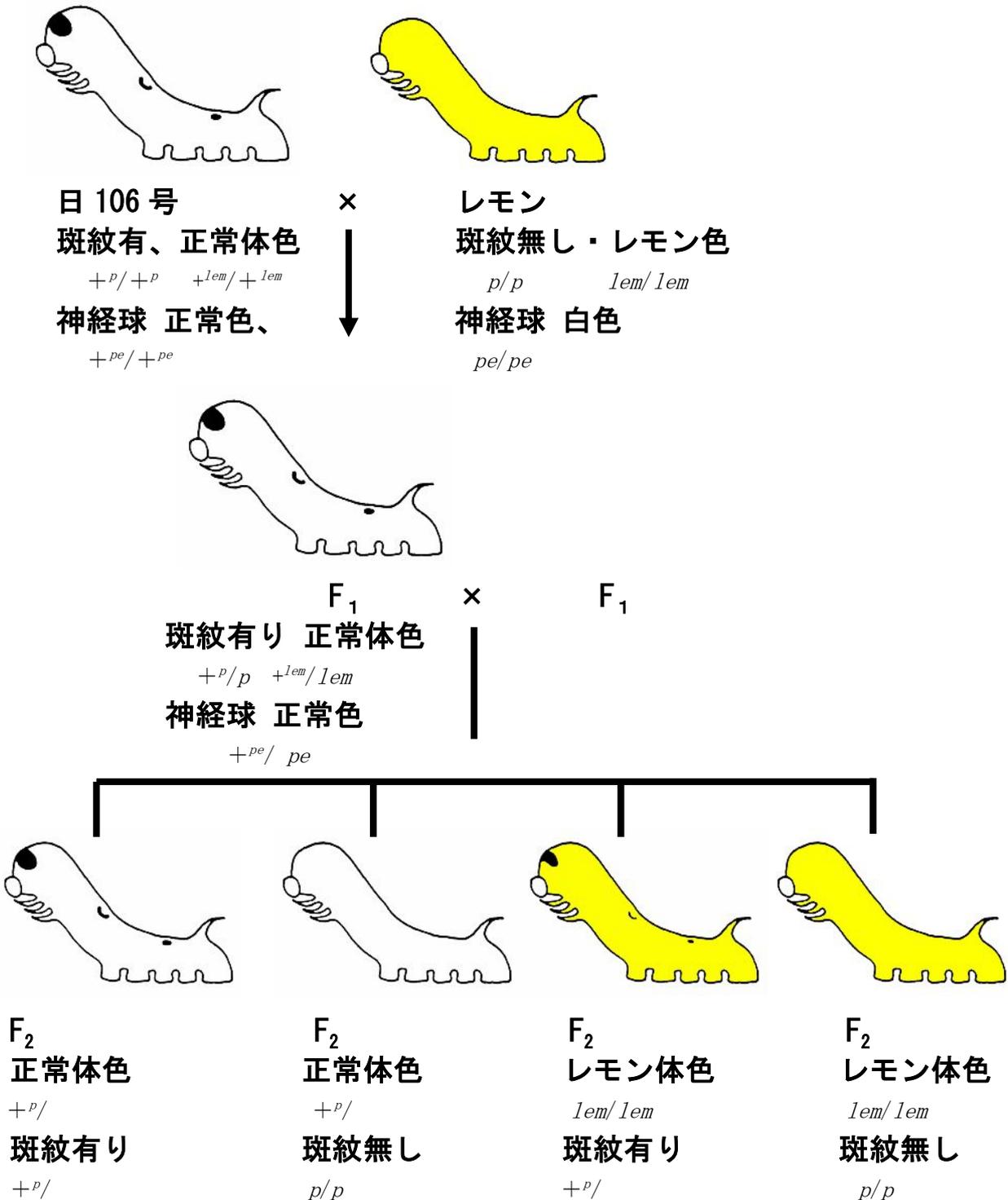
材料と方法

(1) 赤卵系統 W^Yre (赤卵 : re / re) と白卵系統 T2 (白卵 : w_{-2} / w_{-2}) のF₂の卵色を調査する。

注 赤卵系統 (赤卵) と白卵系統 (白卵) のF₁は正常着色卵になる。

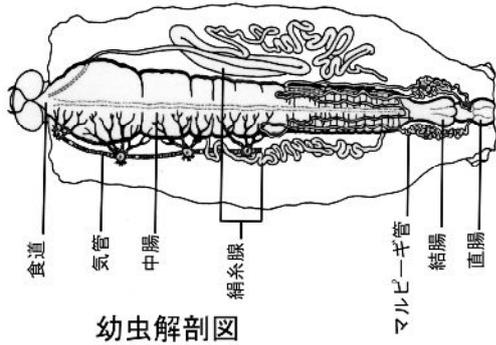
ただし w_{-2} / w_{-2} , re/re 個体は白卵となるので、正常着色卵 : 赤卵 : 白卵 = 9 : 3 : 4 に分離する。

(2) 日 106 号 (正常卵色 $+^{pe}/+^{pe}$, 正常斑紋 $+^p/+^p$, 正常体色 $+^{lem}/+^{lem}$) とレモン系統 (白卵 pe/pe , 姫蚕 p/p , レモン体色 lem/lem) のF₂の斑紋、神経球(索)色を調査する。



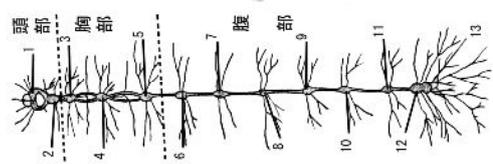
神経球の調査

神経球は体節ごと腹部側に1つあるので、背中より解剖し、中腸を取り除き、実体顕微鏡で観察する。



幼虫解剖図

神経系
1. 脳
2. 食道下神経節
3~13. 各神経節



正常着色の神経球	赤卵の神経球	淡赤眼白卵の神経球

結果の処理

分離比は必ずしも理論比とみなしてよいような結果となっているとは限らない。

そこで統計的に調べる必要があり、その方法は次のとおりである。

○分離比が 2 種類の場合 -標準誤差検定法-

理論数と観察数の差 (D) と、ある理論比に対する二項分布の標準誤差 (m) の比を求める。

なお、m は次式によって得られる。

$$m = \sqrt{p \times q \times n}$$

p; 片方の表現型の理論比

q; もう片方の表現型の理論比 (1-p)

n; 調査個体数

D/m < 1.96 の時、この誤差は誤差範囲

(有意 5%) とみなす。

例 単性雑種第2代の場合

正常卵 230 個, 赤卵 80 個だったとすると

調査個体数 (n) は 310 (=230+80) 個

p=1/4, q=3/4, 赤卵の理論数は n×p 個

理論数と観察数の差(D)は $|80-310 \times 1/4|$

絶対値

$D/m = |80-310 \times 1/4| / \sqrt{1/4 \times 3/4 \times 310} = 0.328$

蛾区毎の検定と調査個体全てを合計したものの検定の両方行うこと。また、卵色の形質以外にどんな現象がみられるか調査すること。

○分離型が3種類以上の場合 - χ^2 検定法-

次式より χ^2 (偏差) を計算し, 下表から相当する確立 p を求める。

$$\chi^2 = \sum [(o - c)^2 / c]$$

o ; ある表現形の実測個体数

c ; 同理論個体数

χ^2 の表

表現型数	p		
	0.10	0.05	0.02
2	2.706	3.841	5.412
3	4.605	5.991	7.824
4	6.251	7.815	9.837

通常, p が 0.05 以上のときは, 実測値が理論比に適合することを示す (危険率 5%)。

例えば 正常卵が 280, 赤卵が 80, 白卵が 115 の時

調査個体数は 475=280+80+115

理論数はそれぞれ $475 \times 9/16, 475 \times 3/16, 475 \times 4/16$

$$\chi^2 = (280-475 \times 9/16)^2 / (475 \times 9/16) + (80-475 \times 3/16)^2 / (475 \times 3/16) + (115-475 \times 4/16)^2 / (475 \times 4/16)$$

$$= 1.66 < 5.991$$

蛾区毎の検定と調査個体全てを合計したものの検定の両方行うこと。

また、卵色の形質以外にどんな現象がみられるか調査すること。

<http://www.tuat.ac.jp/~kaiko/03/hede/hede2.html>