

# キイロショウジョウバエの雌の多数回交尾について

前田 米太郎\*

## はじめに

ミツバチの女王は1回の交尾で多数の精子を貯え、長期間卵を受精させることができるが、キイロショウジョウバエ (*Drosophila melanogaster* Meigen) でも、1回の交尾で一生分の精子を貯えるのか、あるいは何回でも交尾するのかに興味をもって、1978年および1982年に、当時の勤務校の県立長田高等学校の生物部員とともに、この問題とこれに関連して生存日数、一生の間の産卵数などの課題について、高校生物実験の延長として実験を行った。結果として一生の間に多数回交尾することなどを知ることができた。

1983年頃、神戸大学教授 大石陸生先生に、多数回交尾についてお話したところ、既に多くの研究のあることを教えていただき、更に先生を介して、愛媛大学教授 池田洋司先生からいろいろ文献を送っていただいた。

文献によって、多数回交尾は1960年頃あるいはそれ以前から内外の学会で発表されていた事を知った。同じショウジョウバエでも、私がやってきた遺伝子分析と分野が違っていただけや、広い範囲にわたって論文を読む余裕や能力が不足していたのが原因で、先達の先生方の研究を知らずに上記の研究を行ったものである。

その後、1995年以降、先の研究に関連した実験、あるいはその際不明のままに残っていた実験等を私が追加して行った。

既発表の研究論文とは、ショウジョウバエが多数回交尾することなどについてはほぼ同じ結果であるが、実験の方法が異なり、また高校での自由研究でも行えるおもしろい実験でもあるので、最近に行った実験結果も併せて報告したい。なお、この研究に用いたキイロショウジョウバエは、特に断ってある実験以外は約25℃で飼育したものである。

## I. 多数回交尾—1匹の雌が何回も交尾すること—について

### 方法

キイロショウジョウバエの眼色の突然変異に、cinnabar (cn) と brown (bw) という系統がある。これらの系統と野生型を用いて多数回交尾が行われるかどうかを調べた。

cn : cinnabar 朱色眼突然変異 劣性  
bw : brown 褐色眼突然変異 劣性

この2つの遺伝子は第2染色体上に位置している。野生型 [++/++] (赤褐色眼) は、褐色色素と朱色色素を生合成し、2つの色素が合わさって赤褐色眼になる。cn 遺伝子がホモの個体 [cn+/cn+] は朱色色素は合成できるが、褐色色素が合成できないために朱色眼になり、bw 遺伝子がホモの個体 [+bw/+bw] は褐色色素は合成できるが、朱色色素が合成できないために褐色眼になる。そして cn と bw の両劣性遺伝子をホモにもった cn bw [cn bw/cn bw] は、両方の色素が合成されないため白色眼になる。

cn bw に cn bw を交配すると cn bw (白眼) の子ども (次世代) が生まれ、cn bw に cn+ を交配すると cn (朱色眼) の子どもが生まれ、cn bw に +bw を交配すると bw (褐色眼) の子どもが生まれ、cn bw に野生型を交配すると + (赤褐色眼) の子が生まれる。

このように cn bw を母親にして、上のような雄を次々に取り替えて交配すると、生まれてくる成虫の眼の色をみて、あとからの雄とも交尾したかどうかを知ることができる。

### 1. 同一の雌に、数日毎に雄を替えて交配する実験

まず最初に cn bw (白色眼) の雌雄5対を1本の飼育瓶で飼育する (この間に交尾が行われる)、3~4日たってから雌雄を取り出して麻酔し、雌はその個体で、雄を cn+ (朱色眼) と取り替えて新しい餌に移し、また3~4日してからとりだして、雌はそのまま雄を +bw (褐色眼) と取り替えて新しい餌に移し、そのようにして野生型 (赤褐色眼) の雄、次いで初めに戻って cn bw の雌とるように、雄だけを数日毎に取り替えていって、どんな眼色の子どもが生まれるかを記録していく。

1978年6月22日 羽化後8時間以内の cn bw (白色眼) の雌をとり、これに同じ cn bw の雄を交配する。

1本の飼育瓶に雌雄5対ずつ入れて、飼育瓶3本で実験を行う。

◇cn bw 雌×cn bw 雄 子どもは全て白色眼が生まれる。

6月28日 上記の雌雄を取り出して麻酔し、雌だけを新しい餌の入った飼育瓶に移し、この瓶に cn+ (朱色眼) の雄を入れる。

◇cn bw 雌×cn+雄 子どもは朱色眼である。

7月2日 6月28日と同じようにして、雌だけを新し

\*愛徳学園中学・高等学校

い餌に移し、これに+bw(褐色眼)の雄を交配する。

◇cn bw 雌×+bw 雄 子どもは褐色眼である。

7月5日 上と同様に雌だけを新しい餌に移し、これに野生型(赤褐色眼)の雄を交配する。

◇cn bw 雌×++雄 子どもは赤褐色眼である。

7月9日 上と同様に元の雌に、cn bw(白色眼)の雄を交配する。

◇cn bw 雌×cn bw 雄 子どもは白色眼である。

7月13日 上と同様に元の雌に cn+(朱色眼)の雄を交配する。

◇cn bw 雌×cn + 雄 子どもは朱色眼である。

7月17日 上と同様に元の雌に +bw(褐色眼)の雄を

交配する。

◇cn bw 雌×+bw 雄 子どもは褐色眼である。

新しい餌に移して、9日目くらいになると、F<sub>1</sub>が羽化してくるので、羽化し始めてから8日間だけ子ども(成虫)を数えて、眼色毎の個体数を記録していく。

### 結果

飼育瓶毎に、子どもを眼色によって分類し、3本の合計個体数を記録したものが表1-1~表1-7で、それを観察日毎にまとめて棒グラフに表したものが 図1である。

図1 から、それまで白色眼の子どもばかりであった

表1 cn bw (白色眼)雌に、数日おきに cn bw、cn+(朱色眼)、+bw(褐色眼)、野生型(++:赤褐色眼)の雄を交配したときの子どもの眼色別個体数(雌雄5対ずつ入れた飼育瓶3本に生じた子どもの合計)

表1-1 6月22日交配 cn bw雌×cn bw雄 子どもは白色眼

表1-2 6月28日交配 同一 雌×cn+雄 子どもは朱色眼

観察日	7月 7日	9	11	12	13	14	合計
cn bw (白)	133	360	177	74	77	29	850
cn (朱)	17	442	447	201	194	160	1461

表1-3 7月2日交配 同一 雌×+bw雄 子どもは褐色眼

観察日	7月 11	12	13	14	16	17	18	合計
cn bw (白)	20	33	25	13	14	3	2	110
cn (朱)	74	377	286	107	143	27	15	1029
bw (褐)	0	28	78	60	205	112	163	646

表1-4 7月5日交配 同一 雌×野生型雄 子どもは赤褐色眼

観察日	7月 14	16	17	19	20	21	合計
cn bw (白)	2	2	2	0	0	154	160
cn (朱)	10	27	9	5	4	7	62
bw (褐)	71	158	73	43	62	65	472
+ (赤褐)	15	56	27	32	75	65	270

表1-5 7月9日交配 同一 雌×cn bw雄

観察日	7月 18	19	20	22	23	25	合計
cn (朱)	0	0	0	0	0	0	0
bw (褐)	26	15	4	5	0	4	54
+ (赤褐)	48	42	20	2	0	0	112
cn bw (白)	15	48	106	106	120	92	487

表1-6 7月13日交配 同一 雌×cn+雄

観察日	7月 22	23	24	26	27	28	合計
bw (褐)	5	9	3	6	0	1	24
+ (赤褐)	3	5	6	5	0	0	19
cn bw (白)	60	140	158	136	14	2	510
cn (朱)	2	26	60	59	44	21	212

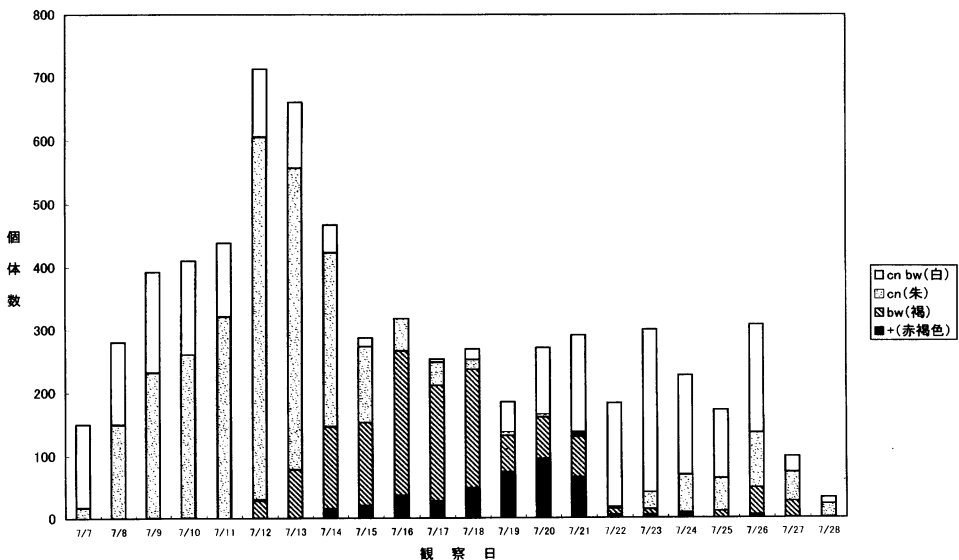


図1 cn bw雌に、数日毎に眼色の異なる雄を交配し、生じた子どもの個体数

表1-7 7月16日交配 同一 雌×+bw雄

観察日	7月 25	26	27	28	合計
+	(赤褐) 0	0	0	0	0
cn bw	(白) 17	36	11	8	72
cn	(朱) 52	29	2	0	83
bw	(褐) 7	37	27	0	71

のが、7月7日に cn(朱色眼) 個体が初めて現れて増え始め、7月12日には、bw(褐色眼)雄との交配の結果が表れて bw 個体が増え、7月18日には cn は殆どなくなって bw が大部分を占めるが、野生型(赤褐色眼)雄との交配の結果が、7月14日から現れて、野生型個体が増えてくる。雄親の遺伝子の働きによって、4種類の眼色個体が増減していく様子から、キイロショウジョウバエは多数回交尾をすることがわかった。

飼育日数と子どもの眼色別の個体数の増減の関係をグラフに表したものが図2である。三角形の面積はおおよその個体数を意味する。雌が若い間は産卵数が多いが、飼育日数が増えるにつれて減少していく。

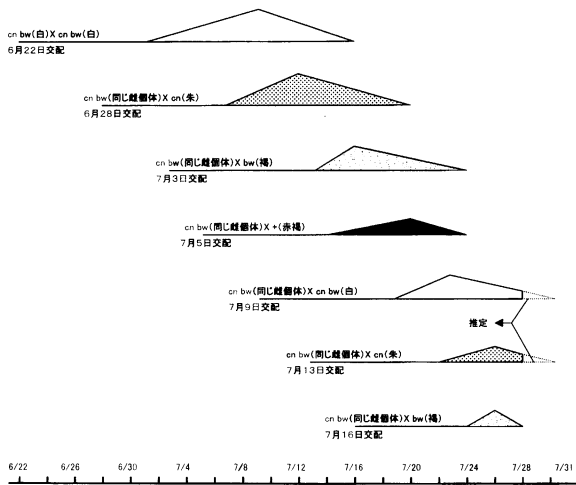


図2 子どもの眼色別個体数の変化

## 2. 1匹の雌に、毎日雄を替えて交尾させる実験

①雌が5匹でなくて、1匹で、②数日毎でなくて毎日雄を替えたらどうなるかを考えて実験してみた。

### 方法

飼育瓶に羽化後1日経った雌雄1対を入れ、24時間経ったら雌は同じで、雄は眼色の異なった個体に替える。このような飼育瓶を10本作って、1982年2月1日から毎日雄を替える実験を始めた。

まず最初に1本の飼育瓶に1対の cn bw(白色眼)の雌雄をいれて飼育し、翌日、雄は cn+(朱色眼)に

替えて新しい餌に移し、その翌日また雄を +bw(褐色眼)に替えて新しい餌に移し、その翌日には雄を野生型(赤褐色眼)に替えて新しい餌に移す。その翌日から4日間は雄をとりだして雌だけにしておく。4日たったらこの飼育瓶にまた cn bw の雄を入れ、上と同じ順序で雄を毎日取り替えていく。10本の飼育瓶を毎日用意して雄を取り替える実験をする。

## 結果

10本の飼育瓶のうち瓶 No. 6、8、10 は、後に挙げる麻酔の影響などで早く雌が死んでしまったり、交尾しなかったりしたためか、子どもが非常に少なかったので計数をやめる。それ以外の飼育瓶については次の通りであった。

瓶 No 1 雌は17日生きた。cn bw(白)、bw(褐) と+(赤褐)の子どもを生じた、cn(朱)がでなかったのは、2日目の cn +雄が何らかの理由で交尾しなかったかららしい。

瓶 No 2 雌は24日生きた。cn bw と+の子どもが生じた、2日目の cn+雄 や3日目の+bw雄との子どもは出てこなかった。

瓶 No 3・4 雌は11日生きた。cn bw と bw の子どもを生じたが、2日目の cn+雄や4日目の+雄との子どもは出てこなかった。

瓶 No 5 雌は12日生きた。cn bw、cn と+の子どもを生じたが、3日目の+bw雄との子どもは出てこなかった。

瓶 No 7 雌は24日生きた。その子どもに4種類の眼色個体が現れた。雄交替の2回目のサイクルでは、ほぼ雄親の交替通りに4種類の眼色個体が増減しながら生まれてきた。1回目と3回目の雄交替のサイクルでは、子どもの現れ方は不規則だった。

瓶 No 9 雌は24日生きた。雄交替の最初のサイクルで+が出ず、2回目のサイクルでは cn と bw が見られなかった。

10本の飼育瓶のうち、雄親と似たサイクルで、4種類の眼色の子どもが増減した飼育瓶No 7について、子どもの数の変動を図3で説明する。

飼育瓶No 7の雌は、最初の子どもの白色眼でないことから、第1日目の cn bw 雄との交尾が行われず、2日目の cn+、3日目の +bw、4日目の野生型(++)とは交尾したようで、それらの子どもが次々出てきている。つづく4日間は雄を入れず、2月9日に cn bw 雄、2月10日と11日は cn+雄、2月12日に +bw雄、2月13日に++雄というようにほぼ毎日雄を替えていった結果、それらの子どもが順序通り生まれ

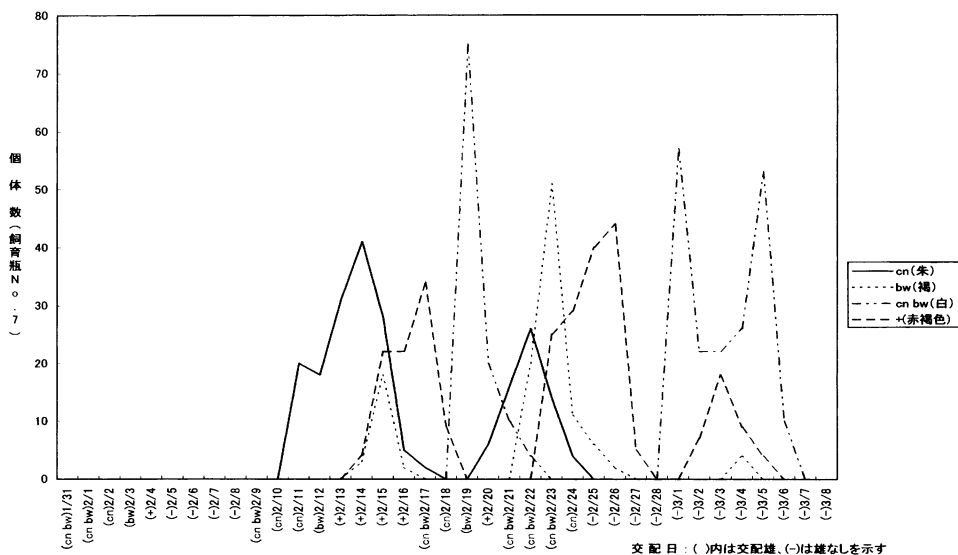


図3 同一の雌(1匹)に、毎日、雄を替えて交配し、生じた子どもの個体数

てきている。雌親 cn bw も、羽化20日以上経つと、麻酔の影響や、ハエとしての老齢化現象によるのか、生殖力が衰えリズムが乱れてくるようである。

雄を取り替えるときには、雌雄共に麻酔瓶に取り出して麻酔し、雌を新しい餌の入った飼育瓶に戻し、ここに新しい雄を加える。雌は毎日麻酔されることになるので、麻酔自体の影響や、麻酔されたまま水のあるところに落ちると死んでしまうことがあり、また、生殖についても影響が出るものと思われるので、毎日の雄の交替は、実験の上で無理があるように思われる。

## 考 察

多数回交尾についての実験1—眼色の異なった雄を、数日毎に取り替えて同じ雌と交尾させる一で、眼色の異なった子どもが、先の雄親の子どもに混じって羽化してくる。このことは、先の雄の精子が使われてしまってから、後からの精子が使われるのではなく、受精嚢に貯えられている先の雄の精子に混じって、後からの精子も受精に加わっていると思われる。精子の形や色の違った突然変異系統があれば、どのように混じるかが分かるのではないかと思うが、そのような系統の有無を知らない。先の精子と後からの精子の競争が報告されている (Minamori & Fukui 1970)。

多数回交尾の実験2—1匹の雌に雄を毎日替えて交尾させた場合—では、実験1と異なって、飼育瓶10本のうちの1本(瓶No7)、また3回の雄交替のサイクルのうち1回だけに、雄親の交替と同じ眼色個体の増減がみられた。

Minamori & Morihira(1969)によれば、飼育してい

るキロシヨウジョウバエの雌は、一生に6.59回±1.73回交尾し、連続交尾するために必要な日数(mating interval)は3.80日±2.81日ということであるが、雄は雌と異なり、1日に数回交尾をするということである。

毎日雄を取り替えた実験2で、飼育瓶10本のうち9本まで失敗に終わったことは、先に挙げた麻酔の影響などもあるだろうが、毎日交尾するということが非常に稀であることによるのだろう。また、実験1で、雄親交替のサイクル通りに、4種類の眼色の子どもが増減したのは、実験1と違って、3、4日おきに雄を取り替えたことによるものと思われる。

実験1で、6回目の雄親交替の子どもまで観察できたことは、最初の cn bw との交尾を含め、一生の間に7回交尾したことを意味し、Minamori & Morihira (1969)の上記の結果とほぼ一致している。

## II. キロシヨウジョウバエの産卵数と羽化率について

### 1. 雌の飼育日数と産卵数

若い雌は多くの卵を生み、日数の経ったものでは産卵数が減り、最後には産卵しなくなることは想像できるが、実際にはどうであるか、日数との関係を調べてみた。

#### 方 法

- (1) 上下に切り離した直径3 cm、高さ10cmのガラス管瓶(図4)を5本用い、下部の方に餌を入れ、上部とビニールテープでつないで1本の瓶にしてから、午後3時に、それぞれに羽化して間もない雌雄1対

を入れる。卵が見つけやすいように、この実験では砂糖のかわりに黒砂糖を餌に加えて黒っぽくしておく。

- (2) 雌は産卵しなくなるか、死ぬまで同じ雌であるが、雄は10日毎に替えるようにする。
- (3) 毎日、午後3時に新しい餌を入れた飼育瓶に移し替え、前の瓶の餌の上に生み付けられた卵を数えて記録する。

### 結果

結果は図6に示す。最初の雌は羽化して間もないものだから、初めの1日は未成熟で産卵しなかった。

5~10日目くらいになると、毎日50~60個の卵を生むようになってピークに達し、その後、産卵数は徐々に減少し、35~40日目で産卵しなくなる。1匹の雌は平均747個の卵を生んだ。

## 2. 雌の飼育日数と羽化率

若い雌が生んだ卵と、日数を経た雌の生んだ卵とで、羽化率(羽化数/産卵数)が異なるかどうかを調べて

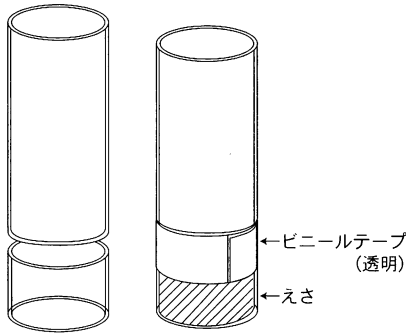


図4 産卵数調査用管瓶

みた。

### 方法

- (1) 250mlの広口ポリ瓶を底から3cmで輪切りにし、下の方に餌を入れ、ビニールテープで上の部分とつないで1本の飼育瓶にする(図5)。
- (2) 上記飼育瓶を5本用意した。
- (3) 午後8時に、羽化後2日目くらいの若い雌雄を50~100対ずつをこの飼育瓶に入れて産卵させ、翌日正午に雌雄を取り出す(約16時間産卵させる)。この間に生み付けられた卵を数える。
- (4) (3)の雌を1週間毎に、(2)(3)と同じ方法で新しい餌に産卵させる。
- (5) このようにして生ませた卵から発生してくる成虫を数えて記録する。

### 結果

結果は表2のようになった。

表2から、飼育日数と羽化率との間には、21日目までは、特に関係がないようで、日数が経っても若いこ

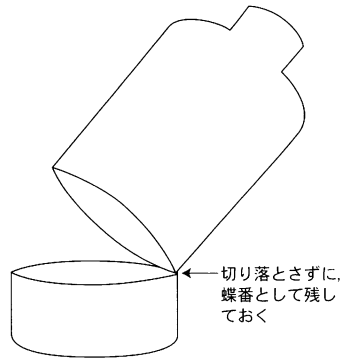


図5 産卵数調査用ポリ瓶(250ml)

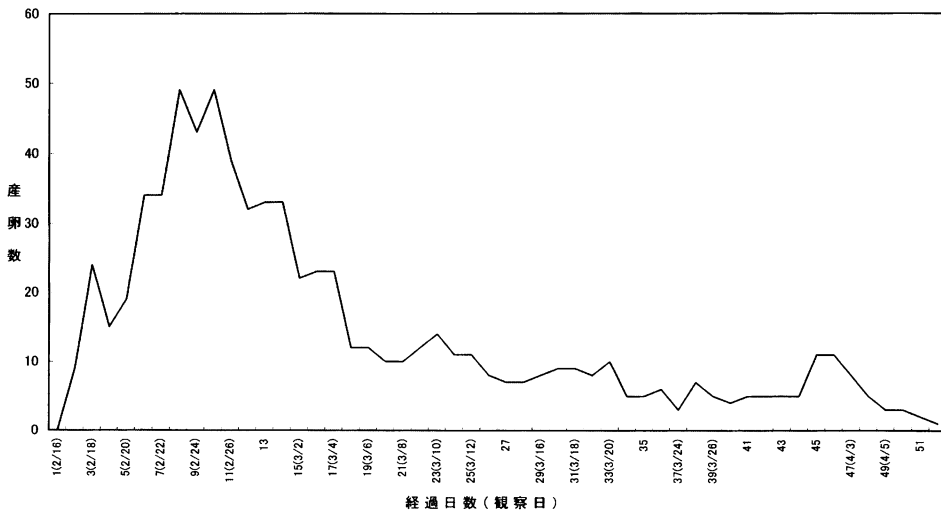


図6 雌の飼育日数と産卵数との関係(5匹の雌の平均産卵数)

表2 雌の飼育日数と羽化率（羽化数／産卵数）

産卵日 瓶 No.	3月1日（1日目）			3月6日（6日目）			3月14日（14日目）			3月21日（21日目）		
	産卵数	羽化数	羽化率(%)	産卵数	羽化数	羽化率(%)	産卵数	羽化数	羽化率(%)	産卵数	羽化数	羽化率(%)
1	125	125	100	141	141	100	58	58	100	12	12	100
2	140	138	99	159	159	100	38	35	92	30	30	100
3	147	133	90	152	152	100	52	52	100	12	12	100
4	175	175	100	79	79	100	31	28	90	0	0	
5	207	207	100	113	113	100	70	68	97	3	3	100

ろに生んだ卵の羽化率と変わらない。

### 3. 24時間或いは48時間、雄と一緒にした雌が生んだ成虫数

24時間或いは48時間、雄と一緒にしておいた雌は、何匹くらい成虫を生むかについて調べた。

#### 方法

羽化直後の成虫を、雌雄別の飼育瓶に入れて、24時間成熟させてから、雌雄3対ずつ飼育瓶に入れる。このような飼育瓶を6本作る。そのうち3本は24時間経ってから、残り3本は48時間経ってから雄を取り出して雌だけにする。

雌は産卵を始めるが、雌だけにした日から5日毎に新しい餌に移し替えていく。そして瓶毎に羽化して来る成虫の数を、毎日記録する。

#### 結果

- (1) 雌雄を24時間、或いは48時間一緒にし、その後雌だけにしてから、21～23日目までの間に生んだ卵は、孵化し成虫にまで発生した。この実験は23℃で行ったもので、卵から羽化まで11～12日を要した。(25℃では約9～10日である)。
- (2) それ以降の卵は、器壁や餌のうえに生み付けられていたが、孵化してこなかった。貯えていた精子がなくなって卵が未受精のまま生み出されたものと思われる。
- (3) 雌1匹当たり82匹～141匹(平均102匹)の成虫が発生した。
- (4) 雌雄を一緒にしておく時間が、24時間でも48時間でも、(1)～(3)の結果には著しい差は見られなかった。

## 要約

### 1. 多数回交尾について

1. cn bw(白色眼)の雌に、cn bw、cn+(朱色眼)、+bw(褐色眼)及び野生型(++:赤褐色眼)の雄を、3、4日毎に取り替えて交尾させ、その子どもを調べると、雄親と同じ眼色の子どもが、雄親交替の順序通りに現れてくることから、キイロショウジョウバエの雌が多数回交尾をすることが分かった。

2. 上と同じ実験であるが、雄を毎日取り替えてみると、少数の飼育瓶以外は、子どもの数が少なかったり、雄親交替のサイクル通りに子どもが現れなかったりした。これは雌が連続交尾するための日数(mating interval)が必要で、毎日交尾する個体は稀であることによるものと思われる。

3. 子どもの眼色毎の個体数の変動から、先に交尾した雄の精子がなくなってから、後の雄の精子が受精に使われるのではなく、受精嚢に貯えられている先の精子に混じって、後からのものも受精に加わっているものと思われる。

### II. 産卵数、羽化率について

1. 羽化してから1日は産卵せず、5～10日目には毎日50～60個産卵してピークに達する。それ以降漸次減少し、35～40日で生まなくなる。1匹が平均747個産卵した。
2. 羽化率(羽化数／産卵数)は、若い雌と、羽化後日数を経たしたものとは、著しい差はなかった。
3. 24時間または48時間、雄と一緒にしておいた雌が、その間の精子で、雌1匹あたり平均102匹の成虫が発生した。24時間と48時間とで生じた成虫数に著しい差はなかった。

## 引用文献

- Minamori, S. & K. Fukui. 1970. Sperm Displacement Induced by Remating in the Female Reproductive Organs of *Drosophila melanogaster*. Journal of Science of The Hiroshima University Series B. Div. 1, 23, No.1. 17-27.
- Minamori, S. & K. Morihira. 1969. Multiple Mating in Females of *Drosophila melanogaster*. Journal of Science of The Hiroshima University Series B, Div.1, 22, Art.1 1-9.