

目次

I、はじめに

ついに解けた
キアゲハ休眠の謎

～414匹の飼育データから～



幸町第三小学校

6年3組

鈴木 誠人

- IV-1 実験の目的と方法
- IV-2 実験の準備
- IV-3 実験の記録

目次

I、はじめに

- I-1 研究のきっかけ
- I-2 研究の目的と方法

II、キアゲハについて

- II-1 キアゲハの特長
- II-2 キアゲハの成長

III、休眠について

- III-1 休眠とは何か
- III-2 休眠は何で決まるか
- III-3 休眠したさなぎについて

IV、実験

- IV-1 実験の目的と方法
- IV-2 実験の準備
- IV-3 実験の記録

IV-4 実験の結果
IV-5 結論

V、これまでの 実験結果について

- V-1 2年生の飼育時に起きたこと
- V-2 3年生の実験について
- V-3 4年生の実験について
- V-4 5年生の実験について
- V-5 キアゲハの休眠サイクルの解明

VI さあ、 検証してみよう

- VI-1 なぜ1匹だけ休眠してしまったのか

VII おわりに

- VII-1 これまでの研究をふり返って
- VII-2 今後の課題

I、はじめに

I-1 研究のきっかけ

2年生の夏休みに山梨に遊びに行き、たどり、アゲハの幼虫をもらって来て成長を観察しました。すると、4匹のうち1匹が2週間たっても羽化しませんでした。不思議に思い、調べてみると、休眠している可能性があると分かりました。

「なぜ一匹だけが休眠してしまったのか。」この疑問からぼくの自由研究は始まりました。本で調べるは人困では、アゲハの休眠は主に幼虫期の日長（光の当たる長さ）で決まることは分か、たものの、それ以上のくわしいことは分かりませんでした。そこで、東京大学総合博物館の矢後先生にお話を聞くと、アゲハの休眠についてはまだ調べた例がないということをお教えしてくれました。

矢後先生、千葉県立保健医療大学、橋本先生、大阪府立大学の石原先生に分らなことを教えていただきながら、これまでアゲハの休眠について色々な実験をして調べてきました。今年の研究では残っている2つの疑問について調べ、これまでの実験結果をふまえて、これまで誰も明らかにしていなかったアゲハの休眠サイクルを解明したいと思いま

す。また、2年生の時に起きた、研究のきっかけとなつた1匹だけが休眠した謎を解き明かしてみたいと思います。

エー2 研究の目的と方法

今年の研究では、これまで調べてきた中で残っている次の2つの疑問について調べることになりました。

①春先のように、始めのうちが短日で後になつて長日になる場合、キアゲハの休眠はどうなるのか。

②温度差がどの程度休眠に影響を与えるのか。これまでの実験で温度差があると休眠率が上がることは分かつたが、温度差があると5令幼虫期を短日にしただけでも休眠するのか。また、温度差は、夜の温度が下がらなくてはいけないのかそれとも単に温度差があればよいのか。

この残り2つの疑問について実験を行つた上で、これまでの実験結果をふまえて、キアゲハの休眠サイクルはどのようになつているのかを検討します。また、研究のきっかけとなつた、2年生の時に飼育したキアゲハのうち1匹だけが休眠したのは単なる偶然だつた

のかそれとも条件が整って休眠したのかを検証したいと思います。

研究の方法については、実験の章で詳しく述べます。



Ⅱ、キアゲハについて

Ⅱ-1 キアゲハの特長

キアゲハはアゲハチョウ科の一種で、羽を
広げると10cm以上にもなる大型のチョウです。
市街地から高原まで幅広く生息しており、身
近でよく見られるチョウです。北海道から屋
久島まで分布しており、寒い地方では年1化、
暖かい地方では春から秋にかけて年3~4化
で、秋の終わりに育った幼虫はさなぎで
冬します。

キアゲハの幼虫は、若令期では鳥のふんに
似た色をしていいますが、3令期になるとオレ
ンジ色の点々が入るようになります。5令期に
なると、黄緑色に黒い帯が入り、オレンジ色
の点々がある独特なものになります。アゲハ
チョウ科の幼虫は、ミカン科の植物を食べる
ことが多い中、キアゲハの幼虫だけは、セリ
科の植物を食べます。また、アゲハチョウ科
の幼虫の特長の一つに、敵におそれると臭い
角と呼ばれる臭いにおいを出す点があります。
キアゲハの幼虫もオレ
ンジ色の臭角を持ち、セリ科の植物を食べ
ているため、臭角からセリ独特の臭いを出
します。



Ⅱ-2 キアゲハの成長

キアゲハは卵からふ化し、1令幼虫から5令幼虫まで4回の脱皮をして成長します。その後、前よう、さなぎとなり、さなぎになって2週間前後で羽化し、チョウとなります。



←卵と1令幼虫。大きさは1mmほど。ふ化の前になると卵の色が変わります。



←2令幼虫。1cmくらいまで大きくなります。



← 3令幼虫。大きさは
2cmほどで、キアゲ
ハらしいオレンジの
模様が出てきます。



← 4令幼虫。大きさは
3cmほどになります。
キアゲハらしくなっ
てきます。



← 5令幼虫。大きいも
のは7cmにもなりま
す。キアゲハ独特の
模様になり、えさを
たくさん食べます。



← 前よう。水っぽいう
んちをすると系かけ
をし、前ようになり
ます。



← 前ようからの脱皮。
さなぎになるために
皮をぬぎます。見て
いると面白いです。



← さなぎ。前ようの皮
をぬぐとさなぎが現
れます。さなぎ期間
は8日～10日くらい
です。



←羽化直前。さなぎの色が変わってきます。



←羽化。さなぎのからが割れて、チョウが出てきます。羽化直後は、羽が小さいです。



←チョウ（成虫）。さなぎから出てきて2時間くらいで羽をのばします。

Ⅲ、休眠について

Ⅲ-1 休眠とは何か

休眠とは、昆虫などが暑か、たり寒か、たりして活動や成長に適さない時期をさけるために、一時的に活動や成長を止めることです。休眠は、昆虫が生きのびるために身に付けたものであり、また、子孫を残すための役割も担っています。

昆虫は休眠をするために、休眠をする前までに栄養を十分にため、呼吸の量や代謝をできる限り少なくし、エネルギーを使わないようになり、寒さに強い体になり、キアゲハの休眠したさなぎでは、 -196°C までたえることができたという記録があります。

さらに休眠は、一匹ごとにバラバラに行うのではなく、種類ごとに決まった成長段階で行われます。そして、適切な時期がくると、同時期に目覚めるようになっています。このことによ、て、オスとメスが出合う確率が増え、子孫を残しやすくするという役目を果たしています。

Ⅲ-2 休眠は何で決まるか

昆虫が休眠を決める方法には大きく分けて2つのタイプがあります。

1つは、もともと遺伝的に決まっています。ある成長段階になると休眠するタイプです。周りの環境に左右されることは無く、決まった成長段階になると休眠します。

もう1つは、周りの環境によって休眠を決めるタイプです。このタイプは、休眠を日長、温度、えさといった要因で決めます。中でも日長は最も重要な要因で、日長を中心に休眠を決めることが多いです。これは、温度では年ごとの変化が大きく、えさもまた年ごとの違いがあるため、正確に季節を知ることができないためです。年ごとの変化がない日長を基準にすることで、季節を正確にとらえ、休眠に入れるようにしています。

冬に休眠する昆虫では、日長が短くなると、休眠し（短日型）、夏に休眠する昆虫では、日長が長くなると休眠します（長日型）。

キアゲハは、冬にさなぎで休眠するため、日長が短くなると休眠する短日型になります。

Ⅲ-3 休眠したさなぎについて

昨年の実験で飼育したキアゲハ 109 匹のうち、46 匹のさなぎが休眠し、このうちの 12 匹が 10 月末になっても羽化しなかつたので、冷ぞう庫に入れて保存しました。

3 月 30 日に冷ぞう庫から出して羽化を待ちました。結果、3 匹は羽化に失敗し、残り 9 匹は、4 月 13 日～4 月 18 日の間に全て羽化しました。

一番早く休眠に入ったさなぎが、7 月 5 日に休眠していて、一番遅く休眠に入ったさなぎが 9 月 1 日に休眠していました。今回羽化したさなぎの中で、休眠期間に 2 ヶ月近くの差がありました。しかし、長期休眠をすることでほぼ同じに休眠から覚めました。

昨年と一昨年にも、休眠したさなぎを冷ぞう庫にしまい、春になつてから羽化をさせるという実験を行いました。やはり、休眠期間に 2 ヶ月近い差があつても同時期に羽化するという結果が出ています。休眠の役割の一つである、休眠から覚める時期を同時期にし、オスとメスが出会う確率を増やして子孫を残しやすくするという機能を見事に果たしていることが分かりました。

〇休眠したさなぎが羽化した結果

	休眠した数	羽化した数	休眠した最早日	休眠した最遅日	冷ぞう庫から出した日	羽化した期間
今年	12	9	7/5	9/1	3/30	4/13 ~4/18
昨年	17	10	6/11	8/19	4/19	5/8 ~5/10
一昨年	8	4	7/31	8/21	4/22	5/10 ~5/12

※3年とも冷ぞう庫に入れたのは10月

休眠した期間に差があっても、一定期間の休眠を経験することで同時期に羽化するという結果が得られた。



↑ 昨年の冷ぞう庫から出したさなぎ



↑ 昨年の冷ぞう庫から出したさなぎ



今年の冷ぞう庫から出したさなぎ

IV、実験

IV-1 実験の目的と方法

〈目的〉

今回の実験では、以下の2点を目的とします。

①春先のように、始めが短日で、後羊が長日になる場合はどうなるのか調べます。

②温度差が休眠にどの程度影響を与えるのか調べます。これまでの研究で、温度差がつかくと休眠しやすくなることがわかりましたが、温度差があれば5令幼虫期が短日になっても、ただけでも休眠するのか調べます。また、温度差は、夜に温度が下がる必要があるのか、単に温度差がつけばいいのか実験して調べます。

〈方法〉

①について

卵を採集し、1令幼虫～3令幼虫までを短日、4令幼虫・5令幼虫を長日にするグループと1令幼虫～4令幼虫までを短日、5令幼虫を長日にするグループを作り、休眠するか実験します。

なお、温度は23℃一定とし、短日の設定は12時間暗-12時間明とし、箱に入れて布をかぶせ暗くしました。

②について

5令期以降を短日にし、短日にする際に温度差をつけ、休眠するかどうか実験します。温度差をつける方法としては、暗23℃-明29℃とするグループと暗29℃-明23℃とするグループを作ります。

また、4令期以降を短日にし、同様に温度差をつけ、暗23℃-明29℃とするグループと暗29℃-明23℃とするグループを作り実験を行います。

なお、短日の設定は12時間暗-12時間明とします。

※幼虫は1匹ずつパックで飼育し、記録をとります。



Ⅳ-2 実験の準備

実験を行うために、自分の畑やお世話になっ
ているハーブ園で、キアゲハの卵・幼虫を
4月～8月にかけて探し、採集しました。

また、市販のものは農薬が使っており、え
さとしては使えないため、春に知り合いの方
からもらった無農薬のパセリとフェンネルの
苗を自分の畑に植えて育てました。

しかし、今年の夏は、非常に暑く雨が降ら
ない時期が長く続き、セリ科植物は暑さと乾
燥に弱いため、7月の終わりごろに枯れてし
まいました。そのため、えさの調達が大変で
した。



IV-3、実験の記録

実験した幼虫の記録は次ページからの資料のようになりました。



< 23°C >

採番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さなぎ	羽化	休眠したくない
1	4/29	卵	3令まで短日	5/3	5/6	5/9	5/12	5/16	5/22	5/23	死亡	
2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	5/23	6/4	しない
3	11	11	11	11	11	11	5/13	11	5/24	5/25	死亡	
4	11	11	11	11	11	5/10	11	5/17	死亡			
5	11	11	4令まで短日	11	5/7	11	5/14	死亡				
6	11	11	3令まで短日	11	5/6	5/9	5/12	5/16	5/22	5/23	6/4	しない
7	11	11	4令まで短日	11	11	11	5/13	11	5/23	5/24	6/4	しない

< 23℃ >

番号	採集日	採集してきた 時の大きさ	実験の グループ	1 令	2 令	3 令	4 令	5 令	前 よう	さ だ よ ぎ	羽 化	休 眠 した か い
8	4/29	卵	4令まで 短日	5/3	5/7	5/9	5/13	5/17	5/23	5/24	死亡	しない
9	〃	〃	3令まで 短日	〃	〃	5/10	5/13	5/17	5/24	5/25	〃	
10	〃	〃	4令まで 短日	〃	〃	〃	5/14	5/18	〃	5/25	〃	しない
11	〃	〃	〃	5/4	〃	5/11	〃	〃	5/27	5/28	失敗	
12	〃	〃	〃	〃	5/8	〃	〃	〃	5/24	5/25	死亡	
13	〃	〃	〃	〃	〃	〃	5/15	死亡				
14	〃	〃	〃	〃	〃	〃	5/15	5/21	死亡			

< 23℃ >

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さなぎ	羽化	休眠したくない
15	4/29	卵	4令で短日	5/4	5/8	5/11	5/15	5/21	死亡			
16	〃	〃	ふ	化しな	か	た						
17	〃	〃			〃							
18	〃	〃			〃							
19	〃	〃			〃							
20	〃	〃			〃							
21	5/2	〃	3令で短日	5/6	5/10	5/13	5/16	5/19	5/23	5/24	6/5	しない

<温度差>

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	サダギ	羽化	休眠したくない
26	7/27	4令	屋29℃ 5令					7/30	8/3	8/4	8/14	しない
27	"	"	"					"	"	"	8/14	しない
28	"	"	"					"	"	"	死亡	
29	"	"	"					"	"	"	8/15	しない
30	"	"	"					"	死亡			
31	"	"	"					"	8/3	8/4	8/15	しない
32	"	"	"					"	"	"	8/14	しない

<温度差>

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さかよぎ	羽化	休眠したくない
33	7/27	4令	昼29℃ 5令~					7/30	死亡		死亡	
34	〃	〃	〃					7/31	8/3	8/4	8/15	しない
35	〃	〃	〃					〃	〃	〃	8/15	〃
36	〃	〃	〃					〃	8/4	8/5	8/15	〃
37	〃	〃	〃					〃	〃	〃	死亡	
38	〃	〃	〃					〃	死亡			
39	〃	〃	夜29℃ 5令~					〃	8/5	8/6	8/17	しない

<温度差>

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さだまぎ	羽化	休眠したくない
40	7/27	4令	夜20℃ 5令~					8/1	8/5	8/6	死亡	
41	〃	〃	〃					〃	8/6	8/7	失敗?	
42	〃	〃	〃					〃	8/5	8/6		した
43	〃	〃	〃					〃	失敗			
44	〃	〃	〃					〃	死亡			
45	8/9	2令	昼20℃ 5令~					8/16	8/22	8/23	9/4	しない
46	〃	〃	〃					〃	〃	8/23	8/30	しない

<温度差>

採番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さなぎ	羽化	休眠したか
47	8/9	2令	昼29℃ 5令					8/17	8/23	8/24		した
48	〃	〃	〃					〃	〃	〃		した
49	〃	〃	〃					〃	〃	〃	9/4	しない
50	〃	〃	〃					〃	〃	〃		した
51	〃	〃	〃					〃	死亡			
52	〃	〃	夜29℃ 5令					〃	8/24	8/25	9/4	しない
53	〃	〃	〃					〃	8/26	8/27	9/5	〃

<温度差>

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さなぎ	羽化	休眠したくない
54	8/9	2令	夜29° 5令-					8/17	8/24	8/25	9/4	しない
55	〃	〃	〃					〃	〃	8/25	〃	〃
56	〃	〃	〃					〃	8/26	8/27	9/6	〃
57	〃	〃	〃					〃	失敗			
58	〃	〃	〃					8/18	8/28	8/29		しない
59	〃	〃	〃					8/19	8/29	8/30		した
60	〃	〃	〃					8/20	〃	〃		した

< 温度差 >

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さなぎ	羽化	休眠したくない
61	8/9	2令	夜29℃ 5令~					8/21	8/29	8/30		ない
62	〃	〃	〃					死亡				
63	〃	〃	〃					死亡				
64	8/18	2令	昼29℃ 4令~				8/22	8/25	9/3	9/4	不明	
65	〃	〃	〃				〃	〃	9/2	9/3		した
66	〃	〃	〃				〃	〃	9/3	9/4		〃
67	〃	〃	〃				〃	〃	9/4	9/5		〃

<温度差>

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さなぎ	羽化	休眠したかの
68	8/18	2令	昼29℃ 4令				8/22	8/25	死亡			
69	11	11	11				8/25	死亡				
70	8/26	卵	11				9/2	9/4	9/13	9/14		した
71	11	11	11				11	11	9/13	9/14		した
72	11	11	11				11	9/5	9/14	9/15		した
73	11	11	11				11	9/16	9/15	9/16	死亡	
74	11	11	11				11	9/16	死亡			

< 温度差 >

番号	採集日	採集してきた 時の大きさ	実験の グループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	さびき	羽化	休眠 したくない
75	8/26	卵	屋29℃ 4令				9/2	9/6	死亡			
76	"	"	"				9/3	9/7	不明			
77	"	"	"				"	死亡				
78	"	"	"				"	9/7	9/15	9/16		した
79	"	"	"				"	9/6	死亡			
80	"	"	"				"	9/6	死亡			
81	"	"	"				"	9/6	死亡			

<温度差>

番号	採集日	採集してきた時の大きさ	実験のグループ	1令	2令	3令	4令	5令	前よう	まだよぎ	羽化	休眠したくない
82	8/26	卵	夜29℃ 4令				9/6	死				
83	"	"	"				"	"				
84	"	"	"				9/6	死				
85	"	"	"				"	9/8	9/6	9/7		した
86	"	"	"				"	死				
87	"	"	"				"	"				
88	"	"	"				"	"				

〈始めが短日で後になって長日になる場合〉

番号	グループ	4令の 日数	5令の 日数	休眠 したか
2	3令まで 短日	4	6	しない
6	〃	4	6	〃
7	4令まで 短日	3	7	〃
8	〃	4	6	〃
10	〃	4	6	〃
21	3令まで 短日	3	4	〃
23	〃	3	5	〃
24	〃	3	5	〃

今回の実験では、3令まで短日→4令・5令を長日にした場合でも、4令まで短日→5令を長日にした場合でも、休眠するさなぎはいませんでした。

ただし、幼虫の死亡率が高く十分なデータ

一が得られませんでした。死亡率が高くなっ
た理由として、卵からさなぎになるまで室内
で飼育したので、日光に一度も当たらず、病
気になってしまう確率が高くなると考えら
れます。

3年生の時の実験の結果(温度設定がされ
ていない)も考りよすと、1〜3令期が短
日でも4令期と考えられま。また、1は
はりセツトされると考えられま。な
〜4令期が短日で5令期が長日にならば、
個体差と休眠の深さにより、ほとんどは
がりセツトされる可能性が休まずに
いくらか現れる可能性が休まずに
今回の実験ではデータ数が少ないため、追
試を行う必要があると思います。



<5令期以降短日・温度差あり>
明29℃一暗23℃

番号	グループ	5令の日数	休眠したか
26	5令一短日 明29℃	4	しない
27	〃	4	しない
29	〃	4	しない
31	〃	4	しない
32	〃	4	しない
34	〃	3	しない
35	〃	3	しない
36	〃	4	しない
45	〃	6	しない
46	〃	6	しない
47	〃	6	した

番号	グループ	5令の日数	休眠したか
48	5令~短日 明29°C	6	した
49	//	6	しない
50	//	6	した

休眠したさなぎ... 14匹中3匹

休眠率... 21.4%

< 5令期以降短日・温度差あり >
明23℃一暗29℃

番号	グループ	5令の日数	休眠したか
39	5令~短日 明23℃	6	しない
42	//	4	した
52	//	7	しない
53	//	9	しない
54	//	7	しない
55	//	7	しない
56	//	9	しない
58	//	10	しない
59	//	10	した
60	//	9	した
61	//	8	しない

休眠したさなぎ…1匹中3匹

休眠率…27.3%

5令期以降を短日にすると、4年生の実験で23℃一定にした場合では1匹も休眠しませんでした。しかし、今回の実験で、5令期以降を温度差をつけて短日にすると、休眠するさなぎが現れました。

やはり、温度差があると休眠しやすくなるということが分かり、5令期以降を短日にしただけでも休眠することがあるということが分かりました。

また、温度差のつき方については、明29℃一暗23℃にした場合でも、明23℃一暗29℃にした場合でも休眠するさなぎが現れたことから、必ずしも夜に温度が下がる必要は無く、温度差があることが重要だということが分かりました。

<4令期以降短日・温度差あり>
明29℃一暗23℃

番号	グループ	4令の日数	5令の日数	休眠したか
65	4令~短日 明29℃	3	8	した
66	〃	3	9	〃
67	〃	3	10	〃
70	〃	2	9	〃
71	〃	2	9	〃
72	〃	3	9	〃
78	〃	4	8	〃

休眠した抜きク匹中ク匹

休眠率…100%

4令期以降短日・温度差あり
明23℃一暗29℃

番号	グループ	4令の日数	5令の日数	休眠したか
85	4令〜短日 明23℃	2	8	した
89	//	2	8	//
90	//	3	8	//
91	//	2	8	//

休眠したさなぎの数4匹中4匹
休眠率100%

今回4令期以降を短日にした実験では、死亡率が高くない、データ数が少なく、実験では、4令期以降を短日にすると、すべてのさなぎが休眠しました。4年生の時に行った同様の実験でも羽化したさなぎは10匹中1匹のみとなっており、温度差をつけて4令期以降を短日にするとほとんどのさなぎが休眠することが分かりました。5年生の時に行った実験では、29℃一定で4令期以降を短日にすると、逆に10匹中1匹しか休眠しないという結果になり、温度差がつくことで、休眠率が非常に上がるということが分かりました。

また、4令期以降を短日にした実験においても温度差のつき方による休眠率の違いは見られず、必ずしも夜に温度が下がる必要はなく、温度差があることが重要だということが分かりました。

IV-5 結論

①始めが短日で後になり、て長日になる場合について

実験の結果のようになり、始めが短日で後になり、て長日になる場合、ほとんどのさなぎが休眠しなくなることが分かりました。4令期が長日になるならば、全てのさなぎが休眠せず、5令期のみに長日になるならば、ほとんどのさなぎが休眠せず、一部のさなぎが休眠するのではないかと考えられます。

これまでの多くの研究では、3令期における短日に対する感受性が強く、3令期以降の期間で3令期を含んで一定期間が短日になると休眠に入るという結果を得ていません。しかし、今回の実験で、3令期を含んで一定期間が短日になり、たととしても、短日期間が前半で後から長日になる場合は休眠しないという結果になりました。

これは、4令期と5令期は、長日に対応する感受性が強く、休眠をリセットする力が働くためだと考えられます。

以上のことから、春先の早い時期に生まれる天幼虫は、始めが短日で後から長日になる場合が考えられます。また、は休眠せず羽化すると考えられます。

昨年、昨日中に匹いそのれ
も、長くても、46匹も思われ
ついて温かくと羽化してほと
ついでに温かくと羽化す
にぎを温かくと羽化す
ぎを温かくと羽化す
なぎを温かくと羽化す
なぎを温かくと羽化す
さなぎを温かくと羽化す
また、2ヶ月前、長さのう
しまったそのへたと、その
して休みに1ヶ月、夏のそ
てで研究室が1ヶ月前、夏のそ
睡眠研究部が1ヶ月前、夏のそ
休みの3匹、この後、なす。



②温度差が休眠に与える影きょうについて

これまでの実験で、温度差がある方が休眠しやすくなるということは分かっていたが、今回の実験の結果から、温度差があるとき令幼虫期が短日になるだけでも休眠するさなぎが現れることが分かりました。4年生の実験では、23℃一定で5令期のみ短日にしただけでは休眠するさなぎは現れませんでした。

このことから、温度差が休眠に与える影きょうは大きく、秋の始め、温度差が大きくなってくると5令幼虫期だけが短日になっただけでも休眠するさなぎが現れると考えられます。

さらに、4令期以降を温度差をつけて短日にした実験で、今回の実験では全てのさなぎが休眠したこと、また、4年生時に行った実験結果からも、4令期以降を温度差をつけて短日にするとほとんどのさなぎが休眠すると考えられます。

5年生の時に行った実験では、29℃一定で4令期以降を短日にすると、ほとんどのさなぎが休眠しませんでした。このことから、温度が高くても一度温度が下がると温度差がつくことで、大きく休眠率が上がると考えられ、温度差が休眠に与える影きょうはとても大きいと考えられます。

また、温度差のつき方に、今回の実験で、4令期以降の温度差のつき方を比較した。結果、この夜に温度があることは、秋に達するまでの温度の差（例えば、キアゲハの幼虫が冬にたが、夕寒、な

今回の実験では、温度差が大きいほど、幼虫の成長が速い。これは、秋に達するまでの温度の差（例えば、キアゲハの幼虫が冬にたが、夕寒、な

また、温度差のつき方に、今回の実験で、4令期以降の温度差のつき方を比較した。結果、この夜に温度があることは、秋に達するまでの温度の差（例えば、キアゲハの幼虫が冬にたが、夕寒、な



▽、これまでの 実験結果について

▽-1、2年生の飼育時に起きたこと

4匹のキアゲハを山梨でもらい、千葉に連れてきて飼育したところ、夏なのに1匹が休眠してしまいました。

原因として、以下の2点を疑いました。

- ①連れて帰、てくる時に、飼育ケースを紙ぶくろに入れ、光をしゃ断してきたこと
- ②休眠した1匹が5令幼虫で、他の3匹は4令幼虫だ、たこと

以上のことから、5令幼虫期に光をしゃ断すると休眠すると考え、次年度実験をして確かめることにしました。



ⅴ-2、3年生の実験について

<目的>

5令幼虫期の日長を短日にすることで休眠するかを確かめました。

<方法>

120匹の幼虫を採集し、グループごとに短日にする期間を変えて、休眠するか調べました。また、夜だけでも温度が下がらないと休眠しないと本に書いてあったため、同期間で夜、保冷剤を入れて温度を下げる実験も行いました。

グループは表の通りです。

<結果>

主に以下のことが分かりました。

① 5令幼虫期の日長の影きょうが特に強いわけではなく、5令幼虫期の日長だけで休眠を決めているわけではない。

② 中間期を短日にしたグループが最も休眠したので、中間期のあたりの日長の影きょうが強いのかもしれない。

3年生時の実験結果

グループ	保冷剤 ありなし	さなぎに なった数	休眠した さなぎの数	休眠率 (%)
5令幼虫期の 後半3日を短日	なし	12	0	0
	あり	12	2	16.7
5令幼虫期 を短日	なし	2	0	0
	あり	9	0	0
2~4令幼虫 期を短日	なし	12	2	16.7
	あり	7	2	29
1~4令期の うち5日間を短日	なし	5	2	40
	あり	10	3	30
1~3令期のうち 7日間を短日	なし	8	0	0
4~5令期の うち 7日間を短日	なし	8	1	12.5

V-3 4年生の実験について

<目的>

3年生の時の実験で得られた中間期の日長の影きょうが強いのではないかという結果を確かめること、またキアゲハの休眠がどの様に決まるのかを調べることにしました。

<方法>

採集した112匹の幼虫を1グループ10匹前後ずつに分けて、期間や条件を変えて短日にしました。

温度は23℃一定とし、1匹ごと成長の記録をとりました。また、前年度の結果をふまえ、温度差をつける実験を行いました。

グループ分けは表の通りです。

<結果>

以下の3つのことが分かりました。

①23℃一定では、3令期を含んでそれ以降が短日であるならば、全てが休眠する(表1)。

②同じ9日間の短日日数でも、3令期を含むと休眠率が100%であつたこと(表2)、短日日数が9日と10日のさなきで休眠、非休眠に分かれたが(表4)、休眠したさなきはどれも3令期を短日にしていたことから、3令期の日長の影きょうがやはり強い

ことが分かった。

③温度差があると休眠しやすくなることが分かった(表3)。

○表1

ケル-7°	さなぎに なった数	休眠 した数	休眠率 (%)
5令期以降	12	0	0
4令期以降	12	8	66.7
3令期中 以降	11	11	100
3令期以降	11	11	100
若令期以降	8	8	100
4令期以降 温度差	10	9	90
3令期助5 9日間	8	8	100

○表 2

	4令期以降 (平均9.4日)	3令期からの 9日間
さなぎにな った数	12	8
休眠した さなぎの数	8	8
休眠率 (%)	66.7	100

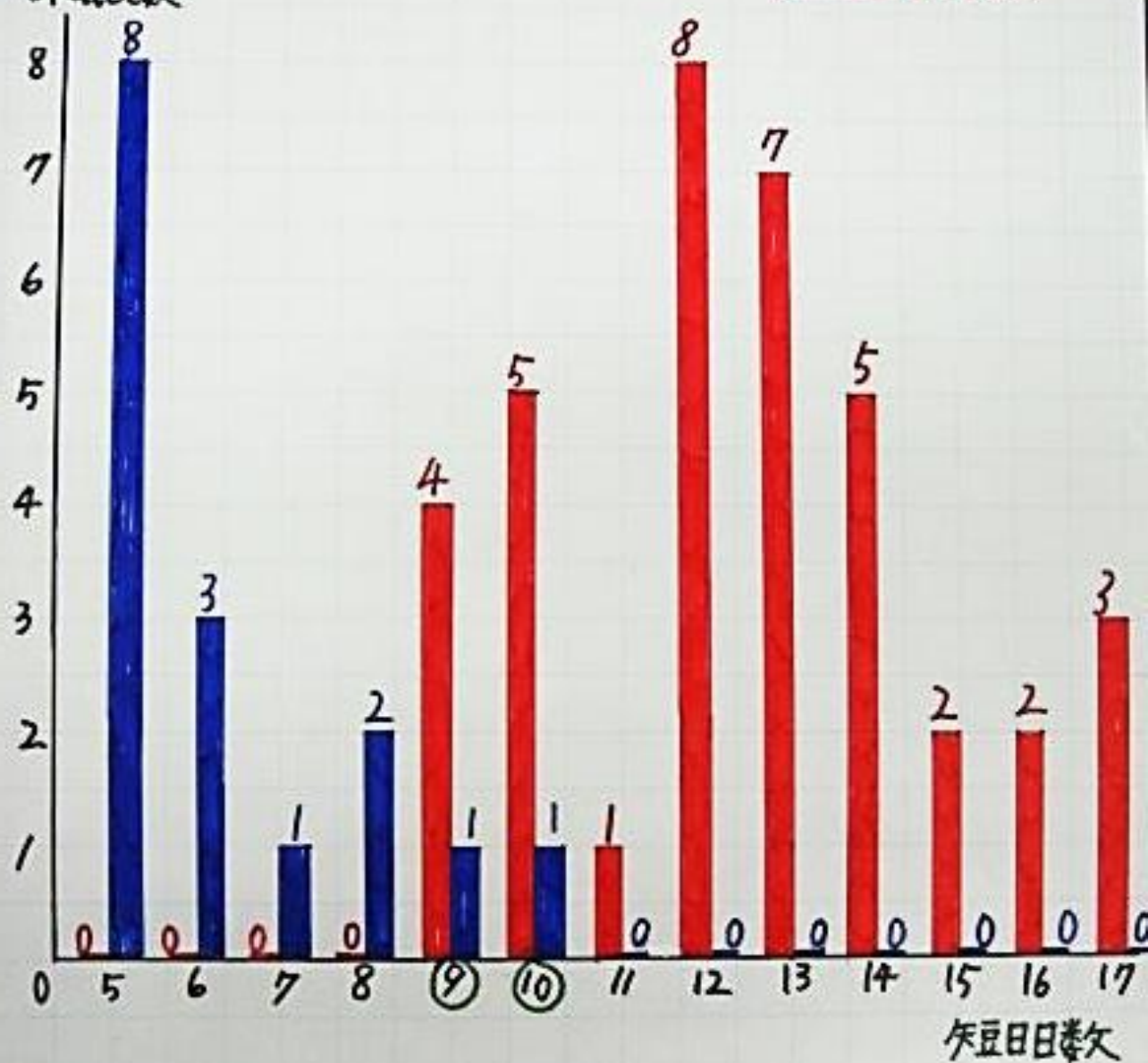
○表 3

	4令期以降 温度差なし (23℃一定)	4令期以降 温度差あり
さなぎにな った数	12	10
休眠した さなぎの数	8	9
休眠率 (%)	66.7%	90%

※ 温度差は、明るくしている間はエアコ
を掛けていない所に置き、箱に入れて
くする時は23℃の部屋にもどした。

○表4
休眠した数

■ 休眠しない
■ 休眠した



V-4 5年生の実験について

<目的>

3年生、4年生の実験で温度差の影響があることが分かったため、また、近年温暖化が問題となっていることから、温度の変化が休眠にどのように影響するのか調べました。

<方法>

室温を23℃一定、26℃一定、29℃一定にし、それぞれの室温で4令期以降、3令期以降短日にし、休眠率がどう変化するの調べました。(よう虫は109匹を採集。短日設定は12時間明・12時間暗とした。)

<結果>

以下のことが分かりました。

① 23℃、26℃、29℃と温度を上げてても、3令期以降を短日にした場合ではほぼ全てのさなぎが休眠し休眠率に変化はないが、4令期以降を短日にした場合では、温度を上げると急げきに休眠率が低下した。

② 29℃一定のもとで飼育をした際、死亡率が非常に高くなった。キアゲハは温帯地域固有の昆虫なので、温度が高すぎると成長

に障害が出る可能性がある。(高温障害)

<3令期以降短日>

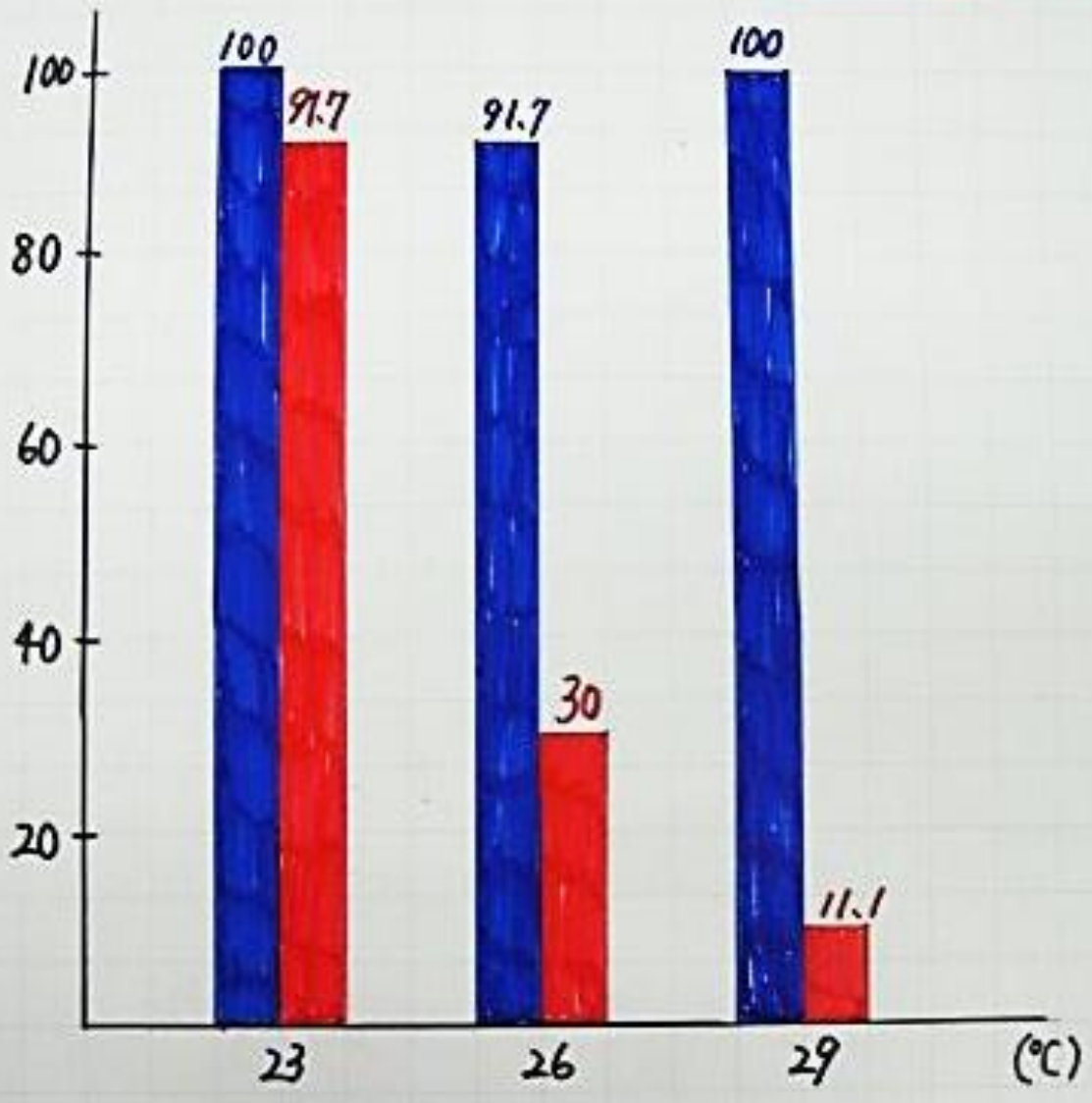
	さなぎになた数	休眠した数	休眠率 (%)
23°C	13	13	100
26°C	12	11	91.7
29°C	7	7	100

<4令期以降短日>

	さなぎになた数	休眠した数	休眠率 (%)
23°C	12	11	91.7
26°C	10	3	30
29°C	9	1	11.1

休眠率(%)

3令~
4令~





↑
3年生の時の研究



↑
4年生の時の研究



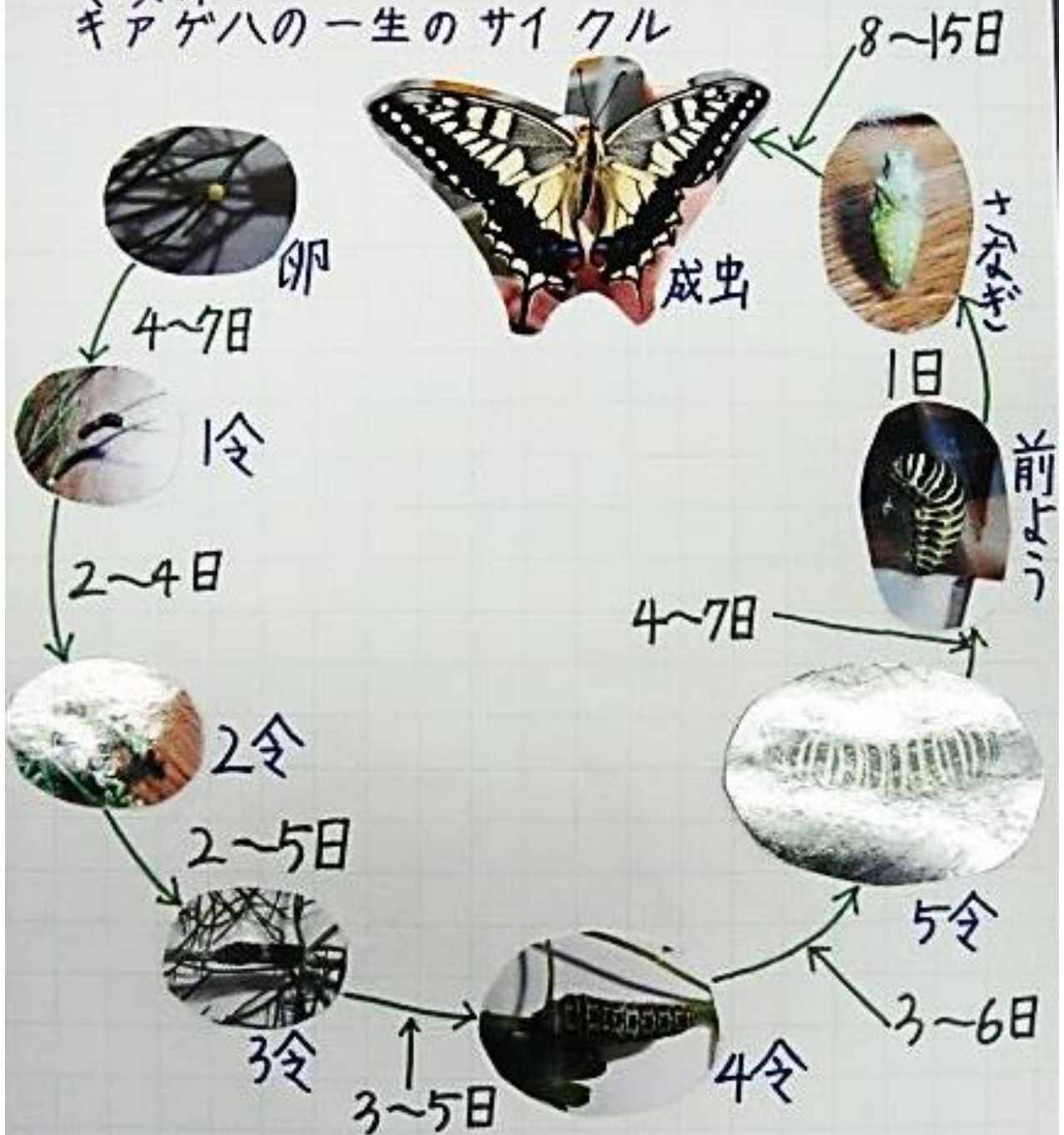
↑
5年生の時の研究



V-5 キアゲハの休眠サイクルの解明

〈資料1〉

キアゲハの一生のサイクル



キアゲハは卵から成虫になるまで約1ヶ月～1ヶ月半です。

<資料2> 千葉市の日の出日の入時刻

日の出入り

千葉(千葉県): Chiba

緯度:35.6000° 経度:140.1167° 標高: 0.0 m 標準時:UT+9h

年月日	出	方位[°]	南中	高度[°]	入り	方位[°]
2015/3/1	6:10	99	11:52	46.7	17:34	261.2
2015/3/2	6:09	98.6	11:52	47	17:35	261.7
2015/3/3	6:08	98.1	11:52	47.4	17:36	262.1
2015/3/4	6:06	97.6	11:51	47.8	17:37	262.6
2015/3/5	6:05	97.2	11:51	48.2	17:38	263.1
2015/3/6	6:04	96.7	11:51	48.6	17:39	263.6
2015/3/7	6:02	96.2	11:51	49	17:39	264
2015/3/8	6:01	95.7	11:50	49.4	17:40	264.5
2015/3/9	6:00	95.2	11:50	49.7	17:41	265
2015/3/10	5:58	94.8	11:50	50.1	17:42	265.5
2015/3/11	5:57	94.3	11:50	50.5	17:43	266
2015/3/12	5:56	93.8	11:49	50.9	17:44	266.4
2015/3/13	5:54	93.3	11:49	51.3	17:45	266.9
2015/3/14	5:53	92.8	11:49	51.7	17:46	267.4
2015/3/15	5:51	92.3	11:49	52.1	17:46	267.9
2015/3/16	5:50	91.9	11:48	52.5	17:47	268.4
2015/3/17	5:49	91.4	11:48	52.9	17:48	268.9
2015/3/18	5:47	90.9	11:48	53.3	17:49	269.4
2015/3/19	5:46	90.4	11:47	53.7	17:50	269.8
2015/3/20	5:44	89.9	11:47	54.1	17:51	270.3
2015/3/21	5:43	89.4	11:47	54.5	17:51	270.8
2015/3/22	5:41	88.9	11:47	54.9	17:52	271.3
2015/3/23	5:40	88.5	11:46	55.3	17:53	271.8
2015/3/24	5:39	88	11:46	55.7	17:54	272.3
2015/3/25	5:37	87.5	11:46	56.1	17:55	272.8
2015/3/26	5:36	87	11:45	56.4	17:56	273.2
2015/3/27	5:34	86.5	11:45	56.8	17:56	273.7
2015/3/28	5:33	86	11:45	57.2	17:57	274.2
2015/3/29	5:31	85.6	11:45	57.6	17:58	274.7
2015/3/30	5:30	85.1	11:44	58	17:59	275.2
2015/3/31	5:29	84.6	11:44	58.4	18:00	275.6

日の出入り

千葉(千葉県): Chiba

緯度:35.6000° 経度:140.1167° 標高: 0.0 m 標準時:UT+9h

年月日	出	方位[°]	南中	高度[°]	入り	方位[°]
2015/9/1	5:11	78.9	11:40	62.8	18:08	280.9
2015/9/2	5:12	79.3	11:39	62.5	18:07	280.4
2015/9/3	5:12	79.8	11:39	62.1	18:05	280
2015/9/4	5:13	80.2	11:39	61.7	18:04	279.5
2015/9/5	5:14	80.7	11:38	61.4	18:02	279.1
2015/9/6	5:15	81.1	11:38	61	18:01	278.6
2015/9/7	5:15	81.6	11:38	60.6	18:00	278.2
2015/9/8	5:16	82.1	11:37	60.3	17:58	277.7
2015/9/9	5:17	82.5	11:37	59.9	17:57	277.2
2015/9/10	5:18	83	11:37	59.5	17:55	276.8
2015/9/11	5:18	83.5	11:36	59.1	17:54	276.3
2015/9/12	5:19	83.9	11:36	58.7	17:52	275.8
2015/9/13	5:20	84.4	11:36	58.4	17:51	275.4
2015/9/14	5:21	84.9	11:35	58	17:49	274.9
2015/9/15	5:21	85.3	11:35	57.6	17:48	274.4
2015/9/16	5:22	85.8	11:35	57.2	17:46	273.9
2015/9/17	5:23	86.3	11:34	56.8	17:45	273.5
2015/9/18	5:24	86.8	11:34	56.4	17:44	273
2015/9/19	5:24	87.2	11:34	56.1	17:42	272.5
2015/9/20	5:25	87.7	11:33	55.7	17:41	272
2015/9/21	5:26	88.2	11:33	55.3	17:39	271.6
2015/9/22	5:27	88.7	11:32	54.9	17:38	271.1
2015/9/23	5:28	89.2	11:32	54.5	17:36	270.6
2015/9/24	5:28	89.6	11:32	54.1	17:35	270.1
2015/9/25	5:29	90.1	11:31	53.7	17:33	269.6
2015/9/26	5:30	90.6	11:31	53.3	17:32	269.2
2015/9/27	5:31	91.1	11:31	52.9	17:30	268.7
2015/9/28	5:31	91.5	11:30	52.6	17:29	268.2
2015/9/29	5:32	92	11:30	52.2	17:27	267.7
2015/9/30	5:33	92.5	11:30	51.8	17:26	267.3

〈キアゲハの休眠サイクル〉

○キアゲハの臨界日長について

キアゲハが短日だと感じる日照時間(臨界日長)については、大阪府立大学の石原道博先生の研究で、12時間～13時間だという結果が出ています。石原先生から直接お話を聞いた中でも、キアゲハは13時間くらいから休眠し始め、12時間では完全に休眠に入ると教えて頂きました。

キアゲハは、日照時間が13時間を切ると短日だと感じると考えられます。

また、矢島稔先生の研究によると、自然界では、幼虫は、日の出前・日の入後の合わせて30分くらいを明るいと感じるとされています。

キアゲハは、13時間を切ると短日だと感じる考えられ、さらに、日の出前・日の入後の合わせて30分を明るいと感じるということから、日の出から日の入までの時間が12時間半になる日あたりを境に短日・長日に分けると考えられます。

資料2の千葉市における日の出・日の入時刻を見ると、日の出から日の入までの時間が12時間半となるのは、3月末と9月半ばです。この日あたりを境に短日・長日に分けられるものと考えられます。

○時期ごとのキアゲハの生態

①春先早くに生まれる幼虫について

3月末よりも早くに生まれる幼虫について
は、長日になり始める3月末の時点で5令期
以下の幼虫は、全て休眠せず、3月末の時点
で4令期まで育っている幼虫は、ほとんどが
休眠しないが、一部のものは休眠すると考え
られます。ただし、休眠したさなぎについて
も、その後の暑さと長日の環境により、その
年のうちには羽化してくるものと考えられま
す。

気象庁が行っている生物季節観測の中にキ
アゲハの初見があります。最も早い初見日
は、1955年の種子島での2月24日というもの
があり、その他でも、1955年の宮崎での3月
4日、1958年高知での3月9日というものが
あります。ただし、近年のデータで最も早い
初見日は、1992年名古屋での3月14日で、た
いていの観測所での最も早い初見日は、3月
半ば以降となっていてます。

資料から、寒い時期で最も成長に時間が
かかる場合、卵から4令期までで21日、5令
期までだと27日かかります。種子島での2月
24日、宮崎での3月4日には、全令期が短日
になるため、休眠すると思われませんが、高知
での3月4日には、5令期が長日になるため

ほとんどが休眠せず、もしかすると一部が休眠してしまおうと思われまゝ。名古屋での3月14日など、ほとんどの観測所での初見日のよいうに3月半ば以降では、3月末までに3令期より大きくはならないと思われるため、全て休眠しないと考えられます。

②春から夏にかけての幼虫について

資料1のように、温度によつて、約1ヶ月～1ヶ月半で卵から成虫になります。例外を除いて、全て休眠をせず、何回かの世代交代をします。

③夏の終わり、休眠に入る幼虫について

夏の終わりに生まれる幼虫については、これまでの実験結果から、短日に変わり始める9月半ばの時点で、2令までにしか育っていない幼虫は、3令期以降を短日で過ごすことになり、全てが休眠すると考えられます。さらに、9月半ばの時点で3令まで育っている幼虫は、4令期5令期を短日で過ごすことになり、休眠するさなぎと休眠しないさなぎに分かれると考えられます。また、9月半ばまでに4令期までに育っている幼虫は、5令期のみを短日で過ごすことになり、ほとんどは休眠せず羽化すると思われまゝが、条件によ

り(温度条件など)休眠するさなぎが現れる
と考えられます。

また、温度が休眠に与える影きょうについて
は、実験の結果から、9月半ばの時点で2
令までしか育っていない幼虫は(3令期以降
を短日で過ごす幼虫)、温度に影きょうされ
ずに休眠します。9月半ばの時点で3令まで
育っている幼虫は(4令期5令期を短日で過
ごす幼虫)、とても温度に影きょうされ
ます。温度が高くなるほど休眠率は低下し、また温
度差があると休眠率が上がります。9月半ば
の時点で4令期まで育っている幼虫は(5令
期のみを短日で過ごす幼虫)、温度差がある
と休眠するさなぎが現れます。

※以上のことを表にしました。

VI さあ、 検証してみよう

Ⅵ-1 なぜ1匹だけ休眠して
しまったのか

〈2年生の時のことを思い出してみよう〉

・どの様に連れて帰ってきたか

- ①4令幼虫3匹と5令幼虫1匹をもらって
きた(山梨から)
- ②飼育ケースに幼虫を入れて、さらに、幼
虫が外から見えないう、紙ぶくろに入
れてきた(光がしゃ断されていた。)
- ③千葉まで帰ってくるために乗った車と電
車の中は、少し寒く感じるくらい涼しく、
車や電車から降りると、夏なので外は非
常に暑かった。
- ④千葉に連れて帰ってきたのち、1日~2
日うす暗い部屋に置いていた。
- ⑤その後まもなく5令幼虫は前ようになっ
た。
- ⑥5令幼虫だった1匹だけが休眠した。

〈2年生の状況を検証してみる〉

・②④のことから …

5令幼虫期の間(全日ではないがかなり長い時間)知らずに短日にした。

・③のことから …

車内は寒く、車外は非常に暑か、たため、知らずに温度差をつけていた。

・①と⑤のことから …

短日から長日になることなく5令幼虫だけがさなぎになった。(3匹の4令幼虫は後に明るい部屋に置いている)



・5令幼虫期に温度差をつけて短日にした。

・5令幼虫にな、ていた1匹だけが短日になった後すぐに前ようにな、たため、休眠がリセットされな、た。

以上のように、2年生の時1匹だけが休眠をしてしまったのは、これまでの実験の結果

から、偶然感受性の強い幼虫をもらってきたことはありますが、5令幼虫期に知らずに温度差をつけて短日にしたこと、休眠した1匹が5令幼虫だ、たため、短日にした後休眠をリセットする期間なしに前ようにな、たことが原因だと考えられます。

4年間の実験により、本来、ギアゲハが確実に休眠するのは5令期以降を短日にした場合だということが分かりました。

しかし、様々な実験を通して、5令期のみを短日にした場合でも、単に温度が低いだけではだめですが温度差をつけることで、休眠するさなぎが現れることをつきとめました。

さらに、5令幼虫だ、た1匹だけが休眠した原因について、短日にした後長日にもどすと休眠がリセットされるという結果が出ていことから、知らずに温度差をつけて短日にした4匹のうち、すでに5令幼虫だ、た1匹だけが、短日にした後すぐに前ようとなり、休眠をリセットすることなく、休眠に入った（他の3匹は短日にした後長日にしたため休眠はリセットされた）ということが原因だと分かりました。

2年生の時におきた不思議な出来事は、偶然、感受性の強い幼虫だ、たことはありますが、知らないうちに、休眠の条件をそろえてしま、た結果だということが、多くの実験を通して分かりました。

1匹だけ休眠した→
幼虫(5令幼虫)



VII、おわりに

VII-1 これまでの研究をふり返って

これまでの研究で数多くの幼虫を飼育しました。記録があるものだけでも414匹、観察をするなど記録を取らずに飼育したものも入れると、500匹以上の幼虫を飼育しました。飼育する上で大変だったことはえさの調達です。市販しているパセリなどは農薬が使用されているためえさには使えないので、自分の畑で無農薬で育てたり、知り合いの方から無農薬のものをゆずってもらったりしました。しかし、近年の猛暑でえさに育っていったフサエンネルが枯れてしまったり（セリ科は暑さに弱い）、無農薬だと聞いて買った苗を与えたら、死んでしまったりと、えさの調達には非常に苦労しました。

また、飼育環境を整え、外敵がいらない状況にしても病気などでの数が死んでしまったり、同じ飼育ケースに入れていた幼虫は次々に感染して死んでしまったり、弱っている幼虫はすぐに分ける、始めから1匹ずつ飼育するなどの工夫が必要だということも数多く飼育する中で分かるようになりました。この他に

VII-2 今後の課題

これまで研究を続けてきて、キアゲハが休眠に入る条件についてはある程度解明するの
とができましたが、逆に休眠から覚める時の
日長と温度の影響については調べていません。
この秋、できるだけ多くの休眠するさなぎ
を作り、来年春に羽化させる際、日長と
温度の条件を変えて羽化にどのような変化
があるのかを確かめたいと思います。
また、キアゲハに興味を持ってもらうため
には羽化のしゅん間を見てもうこの効果が
的だと思えます。そのため、これまでの飼育
の経験を生かして、休眠するさなぎと休眠し
ないさなぎの両方を利用していつでも羽化
見られる方法を調べたいと思います。



資

料

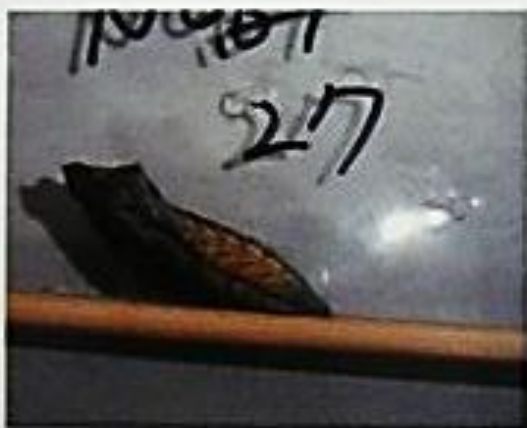
さなぎの写真

〈始めが短日で後から長日になる場合〉

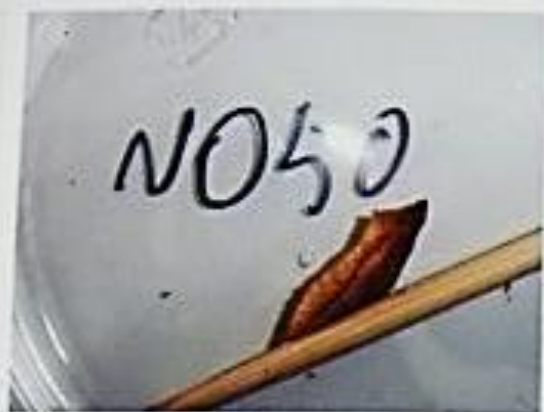




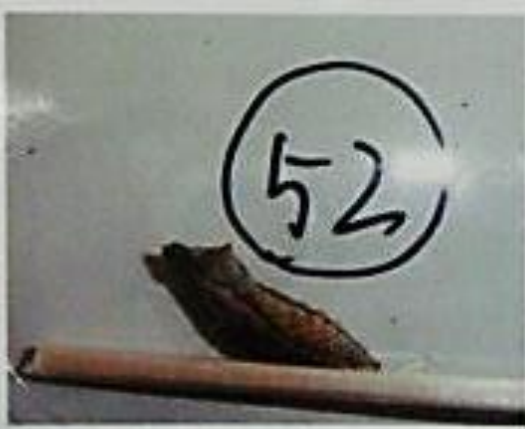
< 5令期のみ短日・明29℃-暗23℃ >







〈5令期のみ短日・明23℃—暗29℃〉





< 4令期以降短日・明29℃一暗23℃ >





< 4 令期以降短日 · 明 23°C - 暗 29°C >



参考図書

- アトリエ、モレリ他 (2001)
『かえるよアゲハ』 リブリオ出版
- 北添伸夫、日高敏隆 (2008)
『アゲハチョウ』 リブリオ出版
- 小池啓一他 (2002)
『小学館の図鑑NEO昆虫』 小学館
- 佐藤有恒、木藤昇 (2005)
『科学のアルバム、アゲハチョウ』
あかね書房
- 藤丸篤夫、新開孝 (2002)
『虫の飼い方さがし方』 福音館書店
- 佐藤信治 (2009)
『アゲハチョウ観察記』 農文協
- 須田孫七 (2012)
『あげはのへんしん』 ひさかたチャイルド
- 七尾純、小田英智、久保秀一 (1979)
『カラー自然シリーズ、アゲハチョウ』
偕成社
- 中秀司 (2005)
『イモムシ』 集英社
- 中島秀雄、岸一弘 (2012)
『イモムシ、ケムシぞろぞろ大図鑑』 PHP
- 藤丸篤夫 (1999)
『アゲハチョウ観察事典』 偕成社
- 間田裕一他 (2002)
『小学館の図鑑NEO植物』 小学館

○アトリエ モレリ、中山れいこ、矢後勝也
(2012)

『いのちのかんさつ1・アゲハ』

少年写真新聞社

○川上洋一(2011)

『庭のイモムシケムシ』 東京堂出版

○矢島稔(2001)

『わたしの昆虫記③チョウとがのふしぎな
世界』 偕成社