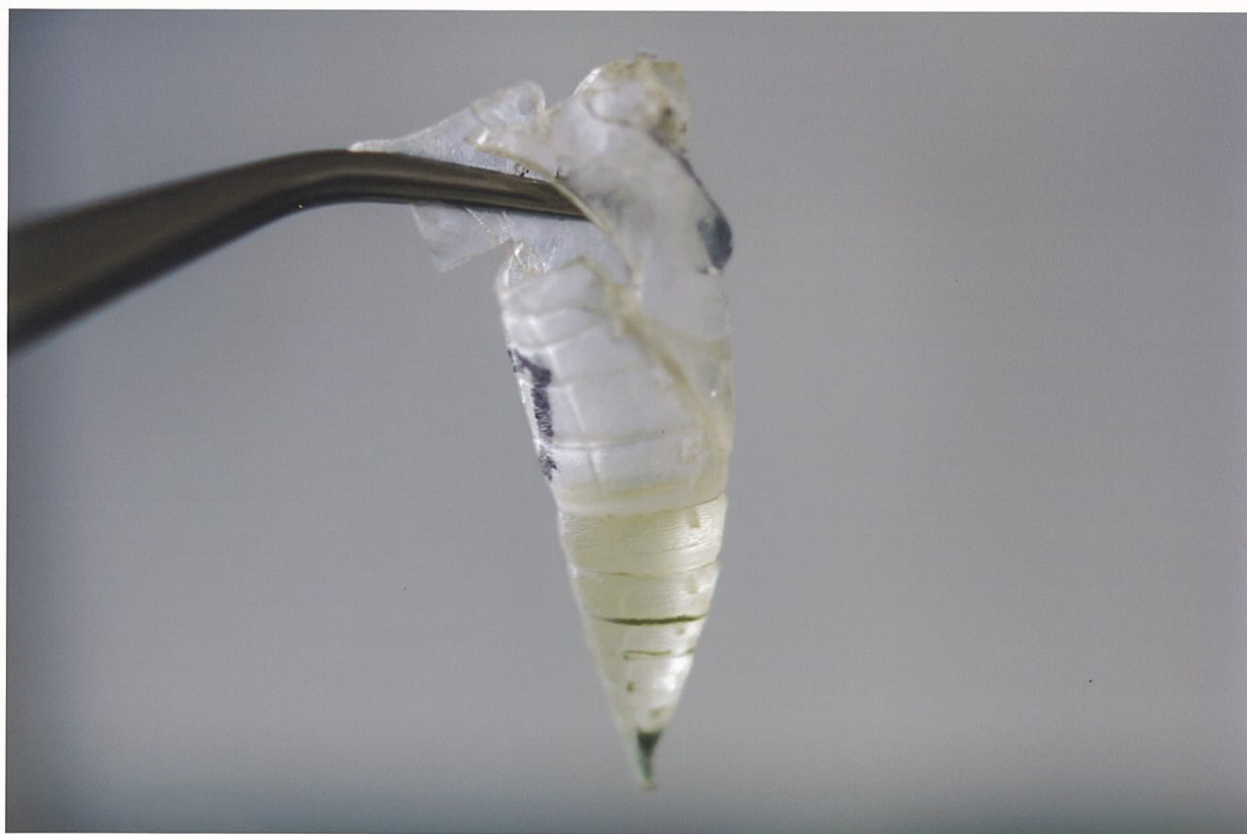


蛹の25%から分かること・・・



【アオスジアゲハが残した液体】

筑波大学附属小学校

4部5年19番

渡邊 大輝

### 《 き っ か け 》

ぼくは、2年間いろいろな種類のアゲハを育ててきました。そして羽化するシーンも100回以上見てきましたが、その度に、蛹のカラに残された液体のことや、同じ種類のアゲハなのに大きさに差があることが気になっていました。

もしかしたら、蛹のカラに残された液体から何か分かるかもしれません。



【羽化直後の蛹のカラ（尿が溜まっている）】

そこで今回は、この液体について調べてみることにしました。

### 《 は じ め に 》

今回は、卵から飼育を始めます。

なぜなら、前回までのように、幼虫時代最後のフンについて調べるなら、幼虫からの飼育で構いませんが、幼虫はヤドリバエやアゲハヒメバチなどに寄生されている場合が多いからです。

そして、幼虫が寄生されていると、蛹になった後で死んでしまうので、羽化することができません。

たとえ卵からでも、タマゴバチによる寄生や、病気に感染してしまう場合があるけれど、ふ化さえできれば羽化できる確率は高くなります。

だから、少しでも多くのアゲハの卵を集めることが必要でした。

今回の観察対象は、アオスジアゲハとナミアゲハのほか、野生のナガサキアゲハのメスを採取し、産卵させることができたので、ナガサキアゲハも加えることにしました。



【アオスジアゲハ】 【ナミアゲハ】 【ナガサキアゲハ】

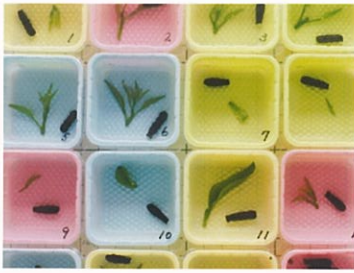
### 《 観察の手順 》

- ① 採取した卵は、小さな容器に分けて、ふ化を待ちます。
- ② 終齢幼虫になって、ガットパーシした後ワンダリングを始めたら、1頭ずつ紙カップに移して蛹化を待ちます。
- ③ 羽化したら性別などを確認した後、溜まった液体（以下「尿」）がこぼれないように重さを測定し、これらのデータを表にまとめます。

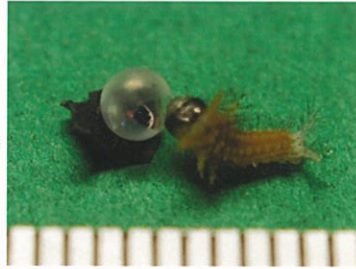
ふ化したばかりの1齢幼虫は、とても小さくて乾燥にも弱いので、ぼくは綿棒に水を含ませたものをケースに入れて乾燥を防ぎました。新鮮なエサ（食草）を与え、飼育ケースをいつも清潔に保ちながら飼育を続け、蛹化後に蛹の表面が固まったら重さを測定して、羽化を待ちます。

なお、蛹の抜けガラと尿をきれいに分離することができなかつたので、尿量は抜けガラごと測定した値に統一しました。

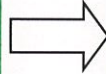




卵



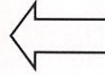
ふ化



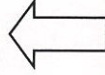
ガットパーズ



ワンダリング

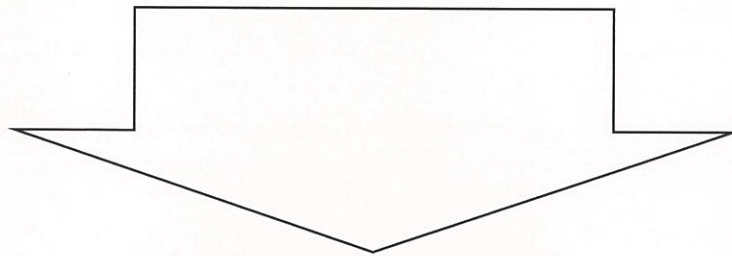


前蛹



蛹化

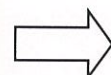
【 飼育の流れ 】



蛹の測定



羽化(性別判定)



尿の測定

【 データの測定方法 】



## ～ 観 察 デ ー タ 一 覧 ～

### アオスジアゲハ

個体番号	蛹(%)	尿(%)	蛹化日	羽化日	性別	成虫(%)
1	1.28	0.44	5月23日	6月4日	♀	0.84
2	0.79	0.31	5月27日	6月9日	♂	0.48
3	1.15	0.35	5月27日	6月9日	♀	0.80
4	1.13	0.39	5月27日	6月9日	♀	0.74
5	0.89	0.28	5月29日	6月10日	♂	0.61
6	0.90	0.29	5月29日	6月9日	♂	0.61
7	0.97	0.36	5月29日	6月10日	♂	0.61
8	1.22	0.28	5月29日	6月10日	♀	0.94
9	1.09	0.21	5月31日	6月13日	♀	0.88
10	0.86	0.24	6月3日	6月15日	♂	0.62
11	1.08	0.23	6月3日	6月15日	♀	0.85
12	1.05	0.20	6月5日	6月18日	♀	0.85
13	0.88	0.21	6月12日	6月26日	♀	0.67
14	1.00	0.37	6月18日	6月29日	♀	0.63
15	0.82	0.28	7月1日	7月13日	♂	0.54
16	1.15	0.30	7月1日	7月14日	♀	0.85
17	0.90	0.27	7月3日	7月14日	♂	0.63
18	0.92	0.25	7月3日	7月15日	♂	0.67
19	0.95	0.34	7月4日	7月14日	♂	0.61
20	1.06	0.36	7月5日	7月16日	♀	0.70
21	0.73	0.18	7月6日	7月17日	♂	0.55
22	1.04	0.29	7月8日	7月19日	♂	0.75
23	1.13	0.38	7月9日	7月20日	♂	0.75
24	1.20	0.52	7月9日	7月20日	♀	0.68
25	1.03	0.36	7月11日	7月22日	♀	0.67
26	0.82	0.25	7月14日	7月25日	♂	0.57
27	1.20	0.28	7月14日	7月25日	♀	0.92
28	0.84	0.27	7月14日	7月25日	♂	0.57
29	0.84	0.28	7月14日	7月25日	♂	0.56
30	1.03	0.33	7月14日	7月26日	♂	0.70
31	0.96	0.38	7月15日	7月26日	♂	0.58
32	0.98	0.33	7月16日	7月27日	♂	0.65
33	1.15	0.36	7月16日	7月27日	♀	0.79
34	1.03	0.26	7月16日	7月28日	♀	0.77
35	0.90	0.27	7月17日	7月29日	♂	0.63
36	1.16	0.30	7月17日	7月29日	♀	0.86
37	1.10	0.32	7月17日	7月29日	♀	0.78
38	1.29	0.39	7月17日	7月29日	♂	0.90
39	0.80	0.25	7月18日	7月29日	♀	0.55
40	1.06	0.32	7月18日	7月29日	♀	0.74

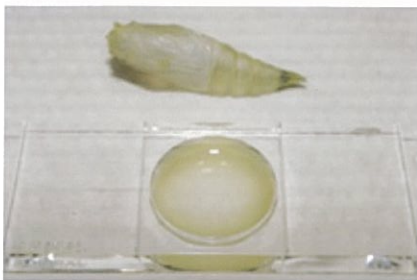
### ナミアゲハ

個体番号	蛹(%)	尿(%)	蛹化日	羽化日	性別	成虫(%)
1	0.80	0.18	5月10日	5月18日	♂	0.62
2	1.26	0.25	5月10日	5月19日	♀	1.01
3	0.85	0.14	5月10日	5月19日	♂	0.71
4	0.89	0.22	5月11日	5月20日	♂	0.67
5	0.80	0.17	5月11日	5月20日	♂	0.63
6	0.61	0.14	5月19日	5月27日	♂	0.47
7	1.03	0.22	5月19日	5月30日	♀	0.81
8	0.87	0.21	5月19日	5月30日	♂	0.66
9	0.97	0.20	5月19日	5月30日	♂	0.77
10	0.92	0.19	5月20日	5月30日	♂	0.73
11	0.95	0.18	5月20日	5月31日	♂	0.77
12	1.03	0.16	5月21日	5月31日	♀	0.87
13	1.05	0.20	5月21日	5月31日	♀	0.85
14	1.14	0.21	5月21日	5月31日	♀	0.93
15	1.16	0.19	5月21日	5月31日	♀	0.97
16	1.15	0.18	5月21日	5月31日	♀	0.97
17	0.98	0.25	5月22日	6月1日	♀	0.73
18	0.89	0.21	5月22日	6月1日	♂	0.68
19	0.94	0.27	5月22日	6月2日	♂	0.67
20	1.08	0.25	5月23日	6月2日	♂	0.83
21	0.99	0.28	5月23日	6月2日	♂	0.71
22	1.05	0.23	5月23日	6月2日	♀	0.82
23	1.02	0.20	5月23日	6月2日	♀	0.82
24	1.00	0.21	5月23日	6月2日	♀	0.79
25	1.03	0.20	5月23日	6月2日	♀	0.83
26	0.94	0.16	5月23日	6月2日	♀	0.78
27	1.05	0.25	5月23日	6月2日	♂	0.80
28	0.90	0.23	5月23日	6月2日	♂	0.67
29	0.84	0.19	5月23日	6月2日	♂	0.65
30	1.23	0.32	5月24日	6月3日	♀	0.91
31	0.96	0.22	5月24日	6月3日	♀	0.74
32	0.91	0.19	5月24日	6月3日	♀	0.72
33	0.95	0.26	5月25日	6月3日	♂	0.69
34	1.00	0.26	5月25日	6月4日	♂	0.74
35	1.07	0.22	5月25日	6月4日	♀	0.85
36	1.10	0.20	5月26日	6月4日	♀	0.90
37	1.06	0.20	5月27日	6月5日	♂	0.86
38	0.99	0.19	5月27日	6月6日	♂	0.80
39	1.00	0.16	5月27日	6月6日	♂	0.84
40	1.02	0.23	5月27日	6月4日	♀	0.79

### ナガサキアゲハ

個体番号	蛹(%)	尿(%)	蛹化日	羽化日	性別	成虫(%)
1	1.81	0.42	5月30日	6月11日	♂	1.39
2	1.84	0.43	5月31日	6月12日	♂	1.41
3	1.83	0.49	5月31日	6月12日	♂	1.34
4	2.07	0.49	5月31日	6月12日	♂	1.58
5	1.99	0.56	5月31日	6月12日	♂	1.43
6	2.13	0.46	6月1日	6月13日	♀	1.67
7	2.03	0.44	6月1日	6月14日	♂	1.59
8	2.25	0.52	6月1日	6月13日	♀	1.73
9	1.96	0.52	6月1日	6月12日	♀	1.44
10	2.40	0.60	6月1日	6月13日	♀	1.80
11	2.09	0.57	6月1日	6月13日	♀	1.52
12	2.35	0.68	6月1日	6月13日	♀	1.67
13	2.15	0.49	6月1日	6月13日	♀	1.66
14	2.00	0.51	6月1日	6月13日	♀	1.49
15	2.04	0.54	6月1日	6月13日	♂	1.50
16	1.82	0.44	6月1日	6月14日	♂	1.38
17	2.12	0.56	6月1日	6月14日	♂	1.56
18	2.55	0.61	6月2日	6月14日	♀	1.94
19	2.16	0.60	6月2日	6月14日	♂	1.56
20	2.01	0.39	6月2日	6月14日	♀	1.62
21	2.02	0.42	6月2日	6月14日	♂	1.60
22	2.34	0.55	6月2日	6月14日	♀	1.79
23	2.05	0.38	6月3日	6月14日	♀	1.67
24	1.53	0.32	6月3日	6月14日	♂	1.21
25	1.72	0.38	6月3日	6月15日	♂	1.34
26	2.14	0.53	6月3日	6月15日	♂	1.61
27	2.27	0.58	6月3日	6月15日	♂	1.69
28	1.62	0.42	6月3日	6月15日	♂	1.20
29	2.03	0.48	6月3日	6月16日	♀	1.55
30	2.33	0.50	6月3日	6月15日	♂	1.83
31	1.84	0.44	6月3日	6月16日	♂	1.40
32	2.14	0.43	6月3日	6月16日	♀	1.71
33	1.83	0.44	6月3日	6月14日	♂	1.39
34	2.19	0.54	6月3日	6月15日	♀	1.65
35	1.86	0.44	6月3日	6月15日	♂	1.42
36	2.23	0.51	6月3日	6月15日	♂	1.72
37	2.22	0.57	6月3日	6月15日	♀	1.65
38	2.10	0.56	6月4日	6月16日	♀	1.54
39	2.37	0.56	6月4日	6月17日	♀	1.81
40	1.80	0.52	6月4日	6月16日	♂	1.28

## ～ 尿 の 状 態 ～



【アオスジアゲハの尿】

- ・ 薄い緑色
- ・ 少しにごっている
- ・ サラサラしている
- ・ pH7
- ・ におわない



【ナミアゲハの尿】

- ・ 茶色
- ・ にごっている
- ・ 少し粘り気がある
- ・ pH7
- ・ におわない (乾くと臭い)



【ナガサキアゲハの尿】

- ・ こげ茶色
- ・ とてまにごっている
- ・ ザラザラしている
- ・ pH7
- ・ におわない (乾くと臭い)



## 《 データから分かったこと 》

### ① 羽化に必要な日数

観察したアゲハは、5月10日から7月18日の期間に蛹化していて、羽化するまでの日数は8日から14日、平均は11.19日でした。このことから、アゲハの種類にかかわらず、約11日で羽化していることが分かりました。

また、全体的にオスの羽化日数が早いことや、ナミアゲハの平均羽化日数が9.80日と最も早いことなども分かります。

#### 全体

【平均値】	羽化に要した日数	平均日数
全体 120頭	8～14	11.19
オス 65頭	8～13	11.12
メス 55頭	8～14	11.27

#### アオスジアゲハ

【平均値】	羽化に要した日数	平均日数
全体 40頭	10～14	11.70
オス 20頭	10～13	11.45
メス 20頭	11～14	11.95

#### ナミアゲハ

【平均値】	羽化に要した日数	平均日数
全体 40頭	8～11	9.80
オス 21頭	8～11	9.76
メス 19頭	8～11	9.84

#### ナガサキアゲハ

【平均値】	羽化に要した日数	平均日数
全体 40頭	11～13	12.08
オス 24頭	11～13	12.04
メス 16頭	11～13	12.13

### ② 成虫の体重

幼虫は、ガットパーシ後はエサを一切食べず、水も飲みません。つまり、蛹化時の脱皮後は、羽化するまで体重に変化はないと考えていいと思います。

ということは、次の関係になります。

$$\boxed{\text{蛹の重さ} - \text{尿の重さ} = \text{成虫の体重}}$$

観察したデータから、蛹の重さに差があっても、大体蛹の重さと尿量は、

$$\boxed{4 \text{ (蛹)} : 1 \text{ (尿)}}$$

という比の関係になりました。

つまり、蛹の重さに対する成虫の体重を 0.75倍 と求めることができるので、

例えば、蛹の重さが 1.2グラム だとすると、

$$1.2 \times 0.75 = 0.90$$

となり、0.9グラムの成虫が羽化すると推定することができます。

でも、この関係が成り立つのは羽化直後の成虫に限られます。

なぜなら、成虫は羽化後すぐ羽を伸ばし始めますが、伸びきった直後の羽はクニャクニャで、しっかり乾くまで2時間くらいは飛ぶことができません。そして、さらに観察していると、いよいよ飛び立つときにも、また少し尿をすることが分かったので、この分だけ成虫の体重が少なくなるはずだからです。

本当は飛び立ってから体重を直接測定したいのですが、成虫はじっとしてくれないので、測定することができず残念です。

### ③ メスの方がオスより重い

平均体重を求めてみると、**全体的にメスの方が重い**ことが分かりました。メスは産卵するので、栄養を蓄えるために大きな体が必要なかもしれません。

#### 全体

【平均値】	蛹 (g)	尿 (g)	成虫 (g)
全体 120頭	1.35	0.34	1.01
オス 65頭	1.31	0.34	0.97
メス 55頭	1.40	0.34	1.06

#### アオスジアゲハ

【平均値】	蛹 (g)	尿 (g)	成虫 (g)
全体 40頭	1.01	0.31	0.70
オス 20頭	0.93	0.30	0.63
メス 20頭	1.09	0.32	0.78

#### ナミアゲハ

【平均値】	蛹 (g)	尿 (g)	成虫 (g)
全体 40頭	0.99	0.21	0.78
オス 21頭	0.92	0.21	0.71
メス 19頭	1.06	0.21	0.85

#### ナガサキアゲハ

【平均値】	蛹 (g)	尿 (g)	成虫 (g)
全体 40頭	2.06	0.50	1.56
オス 24頭	1.96	0.48	1.47
メス 16頭	2.21	0.52	1.68

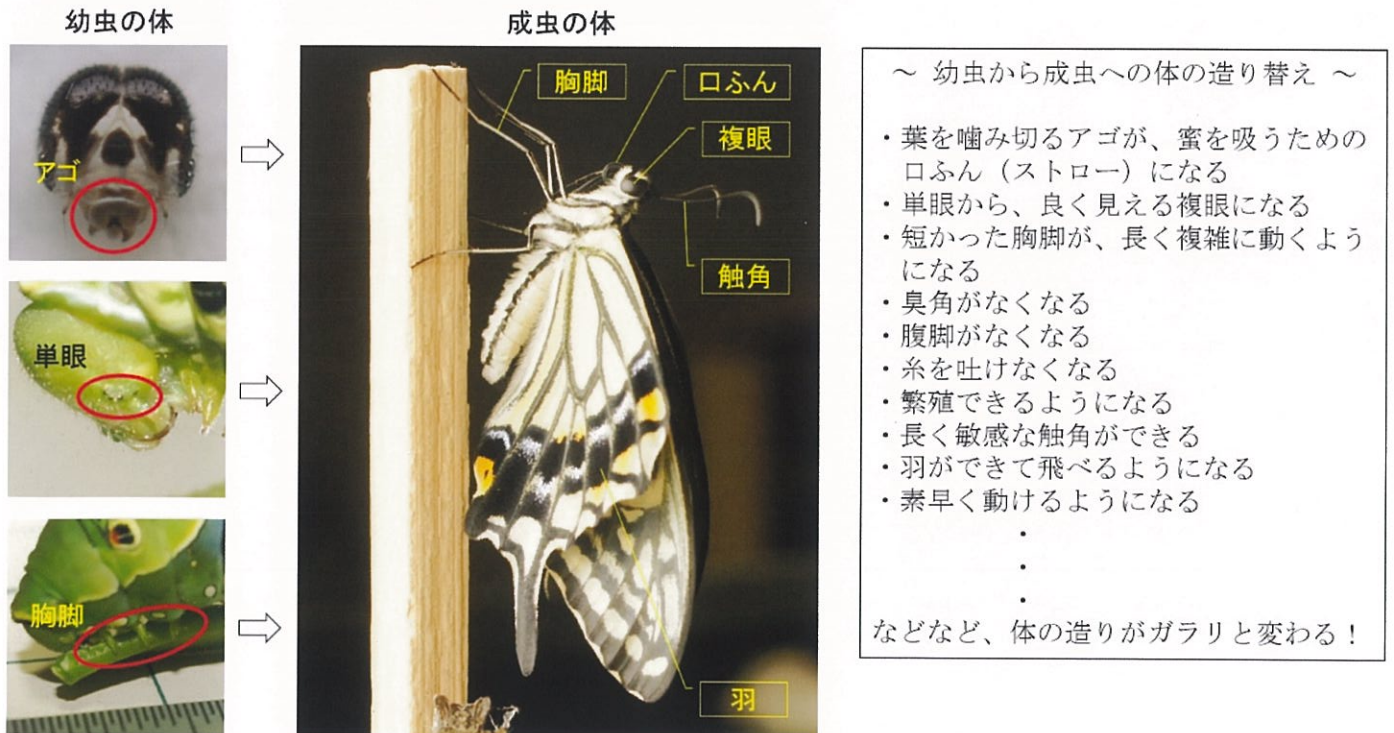


## 《 考 察 》

今まで「尿」としていろいろ調べてきましたが、そもそもこの液体は一体何なのでしょう。ガットページ後の幼虫は何も食べないし、最後のフンをした後の消化器官の中は、解剖の結果から何もないことが分かっているので、蛹の重さの25パーセントにもなる液体の材料が、体外から取り入れたもの（エサや水）とは考えられません。やはり蛹の状態のときに秘密があるのではないかと思います。

去年、専門の先生から、蛹の中では、**幼虫時代の体を材料にして、成虫に必要な組織へと猛スピードで造り替え**をしているということを教えてもらいました。

これは、幼虫時代の組織を、一度壊してドロドロに溶かしてしまい、それを材料に別の組織に組み立て直しているということです。

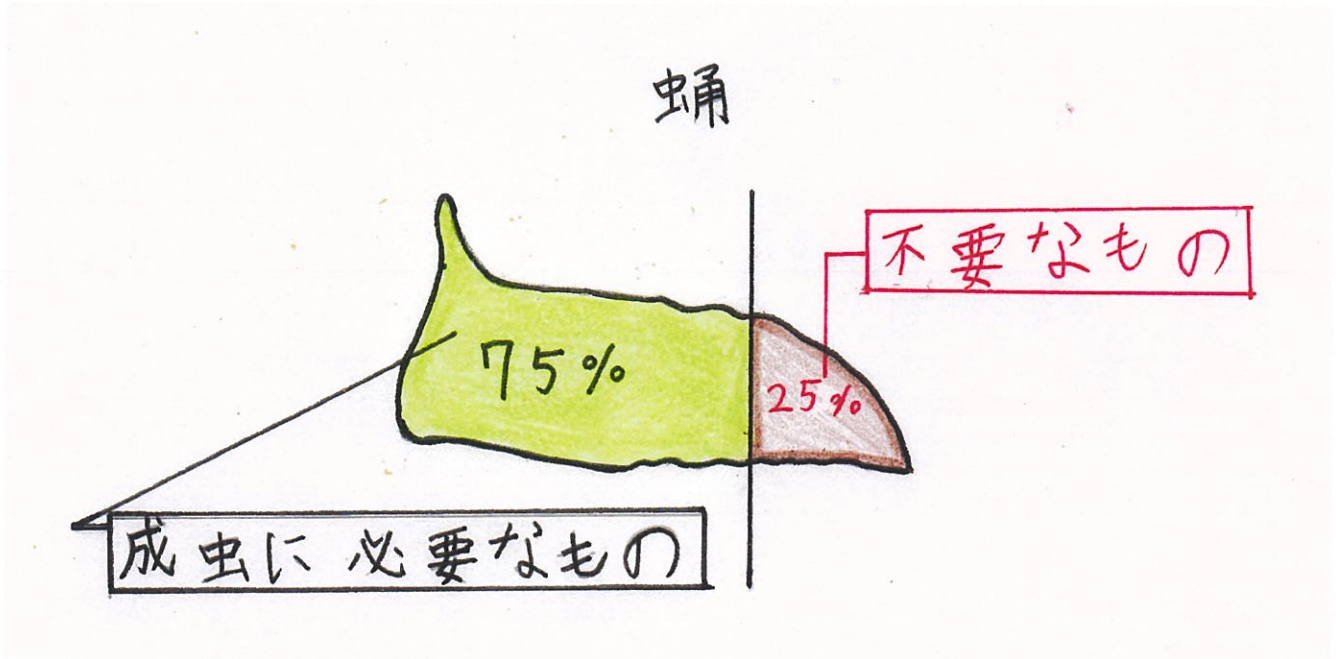


### 【 幼 虫 から 成 虫 へ の 体 の 変 化 】

このことを「アポトーシス（プログラムされた細胞死）」と呼ぶのだそうです。



つまり、「羽化の際にする大量の液体は、体の造り替えの材料として、初めから使われなかったものか、最終的に不要になったもののいずれかで、その割合は蛹の体重の約25パーセントである。」と考えられます。



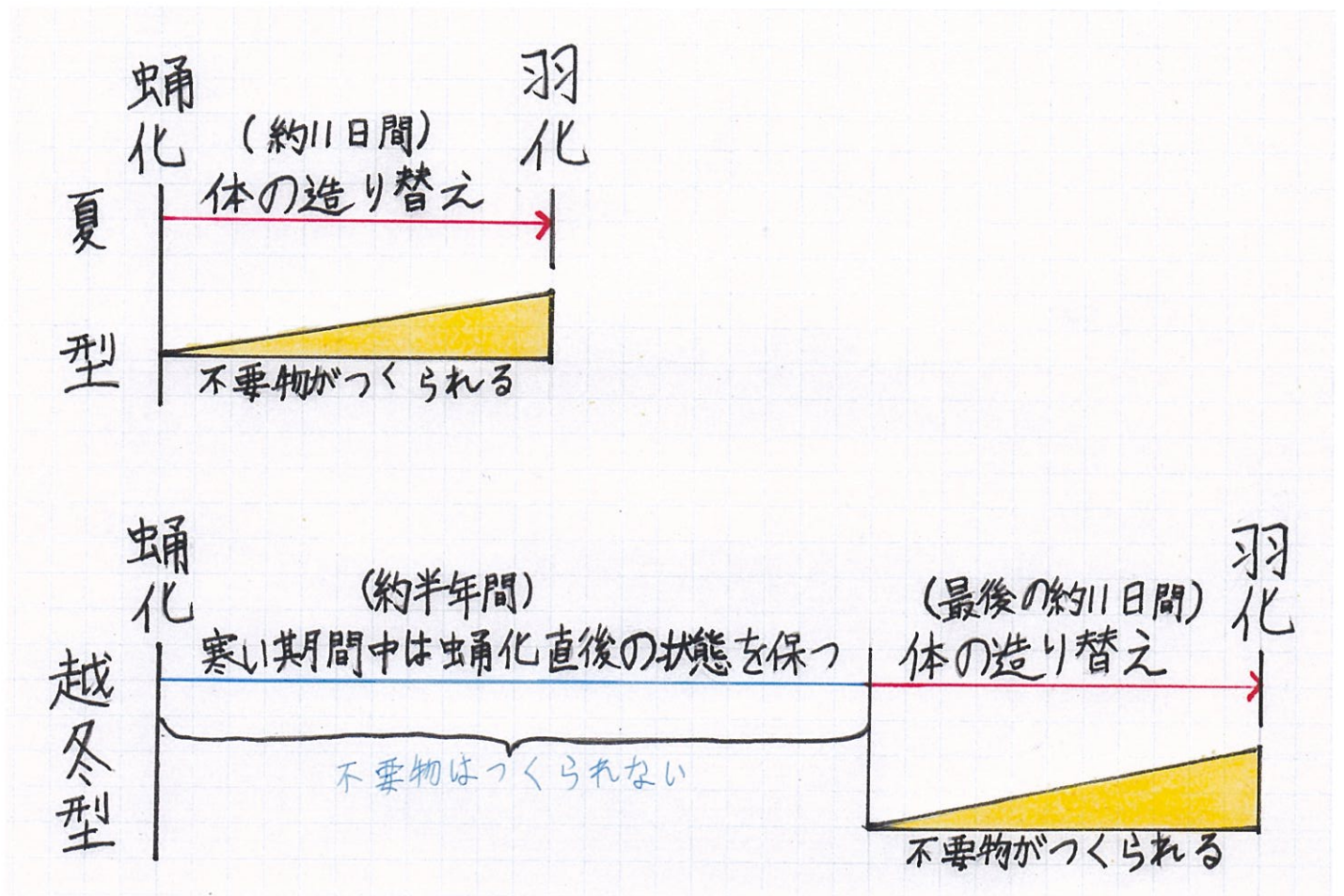
【成虫の体に必要なものと不要なものとの割合】

さらに、夏季の場合は、蛹化してから約11日間で羽化しますが、10～11月くらいの遅い（寒い）時期に蛹化したものは、蛹のまま冬を越して（越冬蛹）、暖かくなってくる翌年3月後半くらいから羽化し始めるようです。このように、同じアゲハでも蛹の期間は約11日間～約半年間と大きく差があります。

もし、この液体が成虫の体にとって不要なものだとすれば、いくら冬は気温が低く物が腐りにくい状態だとしても、長期間体内に残しておくとも体が腐ってしまうのではないかと思います。このことから、

「越冬蛹は、気温の低い冬の間は蛹化直後の状態のままで過ごし、春になって気温が上がってから、夏型同様のスピードで急速に体の造り替えを行って羽化するのではないか。」

という仮説を立てることにしました。



【夏型と越冬型の蛹の中の変化】

### 《感想》

今回、120頭のアゲハのデータを取ることができましたが、実際に飼育した頭数は、この約3倍です。卵から容器に入れ飼育しても、幼虫の時点で死んでしまったり、蛹化に失敗したものや、最後の羽化に失敗してしまうものも多くいました。でも、野生のアゲハの場合は、さらにスズメやアシナガバチなどの天敵に食べられてしまうものがたくさんいるわけですね。自然界のアゲハは、産みつけられた卵の約1パーセントの確率でしか成虫になれないといわれていますが、今回の飼育を通して、成虫になる難しさが分かったような気がします。また、蛹のカラに残された尿を調べることで、メスの方



がオスよりも重いことや、蛹の中の25%が不要なものだというように、具体的な数字を出せたことがうれしかったです。  
とても楽しい観察でした。

《 参 考 文 献 》

「アゲハ」

中山れいこ / 著 矢後勝也 / 監修  
＜ 少年写真新聞社 ＞

「いもむしのうんち」

林長閑 / 監修  
＜ アリス館 ＞

「ワンダフルバタフライ」

本田計一・村上忠幸 / 著  
＜ 化学同人 ＞

「日本のチョウ」

日本チョウ類保全協会 / 編  
＜ 誠文堂新光社 ＞

～ 他、図鑑やホームページなど ～