

アオスジアゲハの色調べ パート5

～光で変身、不思議な仕組み～
変身に必要な光の量と光の色は？

2015/9/27



つくば市立吾妻小学校6年

井原 愛佳

三谷 京子

1. 研究の経過 アオスジアゲハの不思議を追い続けて

2010年より、「アオスジアゲハの幼虫の体色と成虫の翅のすじの色は、太陽の光の当たり具合によって変化する」という不思議をテーマに研究を続け、今回はパート5になる。

研究パート1では、「幼虫に太陽光が当たると濃い緑色になり、光が当たらないと黄色っぽい体色になる」「成虫の翅に太陽光が当たると、すじの色が鮮やかな水色になり、光が当たらないと薄い黄緑色になる」ということが分かった。

研究パート2では、「光をさえぎって育てた黄色っぽい幼虫は、太陽光に当たると1～3日で緑色になるが、太陽光を当てて育てた緑色の幼虫は、光をさえぎってから黄色っぽい幼虫になるには2週間ぐらいかかる」「成虫の翅のすじの色は、幼虫の体色に関係なく、光をさえぎって羽化した場合は薄い黄緑色で、太陽光に当たると水色になる」「太陽光で水色になったすじの色は、変化後に光をさえぎっても、薄い黄緑色にはもどらない」ということが分かった。

研究パート3では、「光を感じて翅の色が変わるスイッチは翅そのものにあり、太陽光が当たることによって化学反応のようなことが起こり、色が変わる」ということが分かった。

研究パート4では、「①翅のすじの部分には光に反応して青くなるのを助けるたんぱく質があり、翅に熱を加えると壊れて青く変化できなくなる。②体から切り離れた翅は、24時間以上経つと、青く変化させられなくなる。という2点のことから、光に対するすじの色の変化は生体反応である」「光をさえぎって育てた幼虫は、太陽光のもとで育てた幼虫よりも幼虫から羽化するまでの期間が長いが、大きさには差異はない」ということが分かった。

2. 研究の動機 アオスジアゲハの色の変身能力をもっと知りたい

これまでの研究を通して、アオスジアゲハの光に反応する色の変化の仕組みが、少しずつ明らかになってきた。この光の反応について、次の仮説を立ててみた。

「光照射によるアオスジアゲハの色の変身能力は種の存続のために有効である」

幼虫が、太陽の出ている時間にクスノキの緑色の葉にくっついて葉を食べたり休んだりするとき、光を浴びずに育った黄色っぽい体色よりも光を浴びて育った緑色の体色のほうが目立ちにくく、鳥などに襲われにくいと想像できる。また光を浴びて育った幼虫は、光を浴びずに育った幼虫よりも早く成長するので、次世代への回転が速くなる。これらのことから、光を浴びて育った幼虫のほうが有利に成長することが分かる。

その有利さを保つために、光を浴びずに育った黄色っぽい幼虫は光を浴びた瞬間からほとんど緑色に変化するが、光をさえぎってから黄色っぽくなるには時間がかかる。つまり、なるべく緑色の体色を保持するように反応している。

また光を浴びずに育った幼虫は、たとえ成長に時間がかかっても光を浴びて育った幼虫と同じ大きさまで育ち、さなぎでそれまでの姿をリセットし、光を浴びて育った幼虫と同じように成虫で翅のすじを青くする機会を持つことができる。

そして成虫は、幼虫時代の色に関係なく光を浴びると翅が青く変化する。幼虫時代とは違い、成虫は変化後光をさえぎっても元の色には戻らない。成虫は、より青色を保持するように反応しているのである。それは、吉岡 泰子氏と加藤 義臣氏が明らかにしているように、翅の青色への変化が雄の求愛行動を誘発することに大きく関わっており、その後の配偶行動へとつながるため、青色への変身は種の存続に必要なのである。

そこで今回の研究では、アオスジアゲハが持つ光に対する変身能力はどういうものなのかを、光の量と光の色に注目して調べてみたいと思った。

3. 目的 変身と光の量・光の色との関係を調べる

アオスジアゲハは、種の存続のために、自然界では光に反応して幼虫の体色は緑色に、成虫の翅のすじは青色に変化するほうが有利であり、そのように変化できない場合は不利

益が生じるため、前者の変化のほうが優位に起こるということを明確にしたい。

そのために以下の3つの疑問に着目し、調べることにした。

- 1) アオスジアゲハの成虫は、どのくらいの強さの光が何時間くらい当たると翅のすじの部分のたんぱく質が働いて色が変わるのか。
- 2) 光の色によって、翅のすじの部分のたんぱく質の働きが変わり、すじの色の出方に影響するかどうか。
- 3) 緑色の幼虫は、どのくらいの時間光に当たらないと黄色になっていくのか、逆に黄色の幼虫は、どのくらいの時間光に当たると緑色になるのか。(研究パート2の確かめ)

4. 予想 幼虫は緑色、成虫は青色になりたい

アオスジアゲハの光に反応して幼虫の体色が緑色に変化したり、成虫の翅の色が青く変化したりする仕組みは、どちらも同じたんぱく質の働きによるものと考え。そのたんぱく質は光を浴びていない状態の色がもとの色で、幼虫は黄色っぽく、成虫は薄い黄緑色に見える。それが光を浴びることで青色を誘導して幼虫は緑色になり、成虫の翅のすじは青く変わるのだと思う。色を変化させるたんぱく質の量は幼虫、成虫でそれぞれ決まっています、ある一定の色になるまでは、浴びる光の量に比例して青色が濃くなると考える。

その反応は自然界でより有利に子孫を残すためのものであり、一度光に反応したたんぱく質はもとの色に戻ることを嫌うと考える。

よって次のような具体的な予想を立てた。

- 1) 翅のすじの色は、ある一定の青色が出るまで、光の量、つまり光の強さと照射時間に比例して青色が濃くなる。
- 2) どんな光の色でも光の強さが弱すぎなければ、翅の色は変化する。
- 3) 幼虫の体色は、光の有無に反応して黄色から緑色へはすぐに変わるが、逆はなかなか変わらない。

5. 方法

■アオスジアゲハの捕獲と飼育

つくば市(吾妻、春日、松代、天王台)・桜川市真壁町にあるクスノキの葉っぱに産み付けられたアオスジアゲハの卵と幼虫を捕獲した。ふ化後の幼虫と捕獲した幼虫は個別にカップに入れて飼育し、食樹であるクスノキの葉っぱを十分に与えた。ふんがたまると不衛生になるので毎日そうじをした。



食樹：クスノキ



個別飼育

■実験に使用した幼虫と成虫の頭数

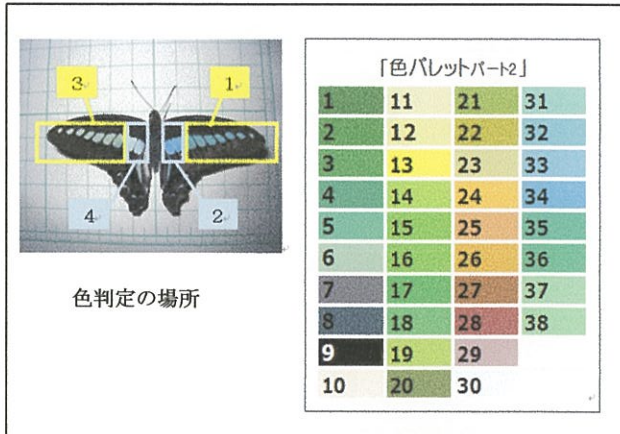
9月19日時点	捕獲した卵・幼虫	飼育した幼虫	羽化した成虫	実験に使った幼虫	実験に使った成虫
頭数	135	66	35	18	32

梅雨以降の卵はふ化しにくく、ふ化してもすぐに死んでしまう個体が多かったが、実験に有効な個体数は得られた。

実験1：成虫の翅の色と光の量・光の色の関係を探る

成虫の翅のすじの部分は、どのくらいの強さの光が何時間くらい当たるとたんぱく質が働いて色が変わるのか、また、光の色の種類によって色の出方に違いがあるのかを調べるために、次のような実験を①②③を行った。

条件をそろえるために、実験に使用する成虫は全て、穴をふさいだダンボール箱内の光をさえぎった場所で羽化させた。また、羽化後半日から1日たった成虫を使用した。色の判定は、研究パート4と同様に上翅の部分を右翅上部、右翅下部、左翅上部、左翅下部の4か所に分け、色パレットを使用して判定した。



①太陽の光（強い光）に対する変化を調べる

まだ光に当たっていない成虫を透明な容器に入れ、風で飛ばないように押さえて太陽の光に当て、1時間ごとに翅の色と光の強さを調べた。照度計は DIGITAL LUX METER (デジタル照度計)を使用した。光の色の種類を調べるために、簡易分光器：七色の光が見える不思議な箱（つくばエキスポセンターのもの）を自作した。

②人工の光（弱い光）に対する変化を調べる

外からの光が入らないように密閉した縦・横・高さ (32.5cm × 18.3cm × 31cm) のダンボール箱の底に、魚用ライト FLATLED300 (観賞魚用 LED ランプ応用器具) を設置し、まだ光に当たっていない成虫に FLATLED300 の光を当て、1時間ごとに翅の色を調べた。照度計で光の強さを調べ、簡易分光器で光の色の種類も調べた。



人工の光：FLATLED300

③光の色（青色、赤色、緑色）に対する変化を調べる

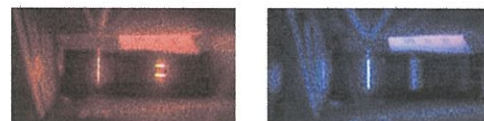
②で使用した FLATLED300 に青緑赤のセロファンをそれぞれかぶせて、青色の光、緑色の光、赤色の光になるようにした。セロファン1枚の場合、見た目は青色・緑色・赤色となっていたが、分光器を使用して色の種類を確認すると7色 (虹色) 出ているため、セロファンを2枚以上にして青色・赤色・緑色が分光器で強く出るように調整した。外の光をさえぎったダンボール箱の中に青ライト・赤ライト・緑ライトを設置し、まだ光に当たっていない成虫を入れて1時間ごとに翅の色を調べた。照度計で光の強さも測った。

簡易分光器による光の色の確認



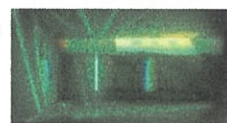
太陽の光

人工の光



赤セロファン

青セロファン



緑セロファン

実験2：幼虫の体の色と光の量の関係を探る

幼虫を飼育する場所を、光に当たる場所は「明」、光をさえぎった場所は「暗」(0ルクス)とし、とくに「明」の光は野外の太陽光を「太陽光」(強い光)、室内に差し込む太陽光を「室内光」(中間

の光)、FLATLED300の光を「人工光」(弱い光)というように区別した。

まず幼虫の頭の大きさを見て何れいなのか確かめ、体色が変化する3れい~5れいの幼虫を「明」→「暗」、「暗」→「明」というように場所を移動して飼育し、色パレットを使って体色の变化を調べた。

①「明」→「暗」のときの变化を調べる

「明」で育てて緑色になった幼虫を、ダンボール箱で光をさえぎった「暗」(0ルクス)に移動させ、はじめは1時間ごとに色の変化を調べた。実験中、長時間たってもほとんど色が変わらなかったため、1日1回の判定とした。

また、幼虫を「太陽光」で死なないように長時間個別飼育するのは難しいので、全て「室内光」で育てた幼虫を使った。

②「暗」→「明」のときの变化を調べる

「暗」で育てて黄色っぽくなった幼虫を「明」に移動し、どのくらいの時間で幼虫の色が変わるか1日1回調べた。ただし「太陽光」の場合は、過去の実験で黄色から緑色への変化が早いことが分かっているため、1時間ごとに計測した。照度計で光の強さも調べた。

6. 実験の結果

実験1：光に対する成虫の翅の色の反応は？

①太陽の光(強い光)での反応

太陽の光を当てて1時間後から翅のすじの色が青く变化した。上翅上部はいったん青色が出ると時間がたってもそのままだが、上翅下部は3時間くらいまで青色が濃くなっていた。その後、色は変化しなかった。(表1)

光の強さは、開始後1~3時間が105,000ルクス~85,000ルクス、その後天候が曇ってくると6,200ルクス~1,000ルクスだった。光の種類は分光器で見ると幅の広い7色(虹色)だった。

表1：翅の色判定(太陽の光)

個体番号 70	もともとの色	1時間後	2時間後	3時間後	4時間後	5時間後	6時間後
太陽光 (晴れのち くもり)							
光の強さ	105000ルクス (光照射開始時)	102500ルクス	85000ルクス	6200ルクス	3000ルクス	1400ルクス	1000ルクス

②人工の光(弱い光)での反応

箱の中のFLATLED300の光の強さは場所によって1850ルクス~6150ルクスだった。人工の光の色の種類は、分光器で見ると太陽の光と同じ7色(虹色)が出ていた。1時間から24時間人工の光を当てた結果、翅の色は表2(照射時間ごとに個体を並べたもの)のようになった。

上翅上部の色は、2時間以上光に当たると青色(黄緑色)に変化していることが分かった。より色の差が出る上翅下部の色は、光を当てておよそ2時間後から青色が出始め、その後6~9時間までは照射時間が長いほど色が濃くなることが分かった。その後は24時間まで、同じ色のままか緩やかな濃い青色への変化となっていた。2時間しか光に当たっていないのに濃い青色が出ている個体(個体番号11)や12時間当たっているのに色が出ない個体(個体番号14)があるが、同一箱内であつてもうまく光が当たらなかったか、個体差によるものと考えられる。

表 2 : 翅の色判定 (人工の光)

個体番号	3	9	15	11	54	20
羽化日	6月17日	6月10日	7月6日	6月27日	8月12日	7月5日
オス・メス	メス	オス	オス	メス	メス	メス
大きさ	45.3	43.4	44.6	44.3	41.8	45.6
メモ	光0時間	光0時間	光1時間	光2時間 (失敗)	光2時間	光3時間
色番号	うすい ②③ ③①	うすい ②③ ③⑥	うすい ②③ ⑥	こい ②③⑦ ③①	こい ②③⑦ ③①	こい ②③ ⑥
個体番号	23	40	21	80	57	34
羽化日	7月20日	8月12日	7月7日	8月12日	8月15日	8月18日
オス・メス	オス	オス	オス	メス	オス	メス
大きさ	42.8	42.3	46.3	40.5	41.2	43.3
メモ	光4時間	光5時間	光6時間	光6時間	光7時間	光8時間
色番号	うすい ③⑦ ⑥	うすい ③⑦ ③①	③⑧ ③⑦	③⑧ ③④	③⑦ こい ③①	③⑧ こい ③①
個体番号	19	①	14	18	69	74
羽化日	7月4日	9月13日	6月26日	7月8日	8月21日	8月22日
オス・メス	オス	メス	オス	オス	オス	メス
大きさ	43.9	38.0	43.5	41.3	42.3	46.6
メモ	光9時間	光10時間	光12時間 (失敗)	光12時間	光12時間	光12時間
色番号	③① ③②	③⑧ ③④	③⑧ ③⑥	③⑦ こい ③①	③⑦ ③②	③⑧ ③③
個体番号	76	②	17	4	63	64
羽化日	9月12日	9月11日	7月2日	6月28日	8月20日	8月14日
オス・メス	オス	オス	オス	メス	メス	オス
大きさ	40.0	40.0	42.6	45.9	42.8	42.7
メモ	光13時間	光14時間	光15時間	光24時間	光24時間	光24時間
色番号	③⑦ ③③	③⑧ ③④	③⑧ ③④	③⑧ ③②	③⑧ ③④	③⑦ ③④

③光の色 (青色、赤色、緑色) に対する反応

表 3 の「青色の光①」の実験は、セロファンで見た目を青色にした FLATLED300 ライトの光を当てたものである。照度計で測るとだいたいを 600 ルクスだった。1 時間後から翅のすじに青色が出始めて、3 時間後にはかなり濃い青色となった。実験が終わってから気付いたのだが、見た目の光の色は青色だったが、分光器で青色ライトを見てみると 7 色 (虹色) すべてが出てしまっていた。そのため、青色の光が主に出るようにセロファンを 2 重にして「青色の光②」として再実験した。照度は 500 ルクスだった。その結果、3 時間後からすじの色が青く変化した(上翅上部：色番号 38 番、下部：32 番)。

「赤色の光」も同様に、セロファンを 2 重にして分光器で主に赤が出るように調整をして成虫に光を当てた。照度は 200 ルクスだった。実験の結果、6 時間たっても最初の翅の色とほとんど変化が出なかった (上翅上部：色番号 23 番、下部：31 番)。

赤色の光だったから翅の青色への変化がわずかなのか、それとも 200 ルクスでは照度が足りなかったのか分からなかったため、「緑色の光①」の実験は、光の照度が 200 ルクスになるように調整して行った。200 ルクスにするために緑色のセロファンを 6 重にした。結果、3 時間後にやや青く変化した。「青色の光②」よりも薄い青色だった (上翅上部：色番号 38 番、下部：31 番)。

9月に羽化した成虫を使い、追加実験「青色の光③」「青色の光④」「緑色の光②」を行った。実験の条件をそろえるため、照度を200ルクスに調整して6時間照射したところ、青色の光では上翅上部：色番号37番、下部：31番となり、緑色の光では、上翅上部：色番号11番、下部：31番となった。

表3：翅の色判定（青色、赤色、緑色の光）

個体番号	もともとの色	1時間後	2時間後	3時間後	4時間後	5時間後	6時間後
56							
青色の光①							
光の強さ	600ルクス (光照射開始)	600ルクス	800ルクス	700ルクス	600ルクス	700ルクス	700ルクス
82							
青色の光②							
光の強さ	500ルクス (光照射開始)	500ルクス	400ルクス	500ルクス	500ルクス	500ルクス	500ルクス
84							
青色の光③							
光の強さ	200ルクス (光照射開始)	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス
88							
青色の光④							
光の強さ	200ルクス (光照射開始)	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス
34							
赤色の光							
光の強さ	200ルクス (光照射開始)	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス
79							
緑色の光①							
光の強さ	200ルクス (光照射開始)	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス
83							
緑色の光②							
光の強さ	200ルクス (光照射開始)	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス	200ルクス

実験2：光に対する幼虫の体の色の反応は？

①「明」→「暗」の反応

・「室内光」(中間の光)→「暗」の場合

「室内光」(5900~7300ルクス)で育てた3~5れい幼虫(色番号1番)を、「暗」に移動すると、表4のとおりだいたい3~9日、平均して5.7日で濃い緑色(色番号1番)から黄色っぽい緑色に変わりはじめた。5れいで移動した幼虫は前ようになるまでの期間が短いので、緑色のまま前ようになった。4れいの幼虫(個体番号4番、95番)は、12~15日後に光を全く当てていない幼虫と同じ色(色番号22番)まで変化した。同様に、3れいの幼虫は14日後に色番号22番になった。

表4：「室内光」→「暗」に移動した後の体色の变化と日数

個体番号	光	0日	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後	9日後	10日後	11日後	12日後	13日後	14日後	15日後	16日後	17日後	24日後	
①	室内光→暗(5れい)	5れい								前よう	さなぎ										未
②	室内光→暗(5れい)	5れい								前よう	さなぎ										未
③	室内光→暗(5れい)	5れい					前よう	さなぎ													未
④	室内光→暗(4れい)	4れい						5れい													未
95	室内光→暗(4れい)	4れい						5れい											前よう	さなぎ	未
54	室内光→暗(4れい)	4れい					5れい													前よう	さなぎ
62	室内光→暗(3れい)	3れい				4れい										5れい					
⑤	室内光→暗(3れい)	3れい						4れい		5れい											未

・「人工光」(弱い光)→「暗」の場合

「人工光」(1200~2800ルクス)で育てた幼虫は、「暗」に移動すると5れい幼虫であっても1日後から色のばらつきが見られはじめた。「暗」に移動する前に色番号1番だった4れいと5れい幼虫は平均3.7日で黄色っぽい緑色に変わり始めたが、前ようになるまで色番号22番までの変化はなかった。3れい幼虫ははじめから濃い緑色(色番号1番)ではなく、7日後に色番号22番に変わった。(表5)

表5：「人工光」→「暗」に移動した後の体色の变化と日数

個体番号	光	0日	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後	9日後	10日後	11日後	12日後	13日後	14日後	15日後	16日後	17日後	24日後	
75	人工光→暗(5れい)	5れい								前よう	死亡										
83	人工光→暗(5れい)	5れい											前よう	さなぎ							未
88	人工光→暗(4れい)	4れい				5れい								前よう	さなぎ						未
76	人工光→暗(3れい)	3れい										4れい			5れい						

②「暗」→「明」の反応

・「暗」→「太陽光」(強い光)

「暗」で育てた3~5れい幼虫(色番号22番)を「太陽光」(11600ルクス~)に当てたところ、1時間後には色番号22番から21番に変化し始め、3れいは2時間後に1番へ、4れいと5れいは5時間後には3番となった。(表6)

表6：「暗」→「太陽光」に移動した後の体色の变化 (1時間ごとの計測)

個体番号	光	0	1	2	3	4	5	6	7	時間後 ルクス
		11600	14900	16800	69500	32300	6200	2300	80	
⑥	暗→太陽光(5れい)									日が暮れて終了
⑦	暗→太陽光(4れい)									日が暮れて終了
⑧	暗→太陽光(3れい)									日が暮れて終了

・「暗」→「室内光」(中間の光)

「暗」で育てた5れい幼虫(色番号22番)に「室内光」(5900~7300ルクス)を当てたところ、1日後に色番号20番になり2日後は1番と20番の中間の色に変わった。完全な1番の色になりきらず前ようになった。(表7)

表 7 : 「暗」 → 「室内光」 に移動した後の体色の変化と日数

個体番号	光	0日	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後	9日後	10日後	11日後	12日後	13日後	14日後	15日後	16日後	17日後	24日後	25日後	
69	暗→室内光(5れい)	5れい		1+20	1+20	1+20	1+20	前よう	さなぎ													羽化
70	暗→室内光(5れい)	5れい		1+20	1+20	1+20	前よう	さなぎ														羽化

・「暗」 → 「人工光」 (弱い光)

「暗」で育てた4れい幼虫(色番号23番)を、人工光(1,200~2,800ルクス)に当てたところ、3日後に色番号21番となり、6日後に1番になった。(表8)

表 8 : 「暗」 → 「人工光」 に移動した後の体色の変化と日数

個体番号	光	0日	1日後	2日後	3日後	4日後	5日後	6日後	7日後	8日後	9日後	10日後	11日後	12日後	13日後	14日後	15日後	16日後	17日後	24日後	25日後	
84	暗→人工光(4れい)	4れい					5れい								前よう	さなぎ						未

7. 考察

■成虫の翅の色の秘密

光の強さと照射時間に対する成虫の翅の色の変化を調べた実験からは次のことが分かった。

図1は、太陽光・人工光に当てた翅の色の濃さを時間ごとにまとめた色分布図である。

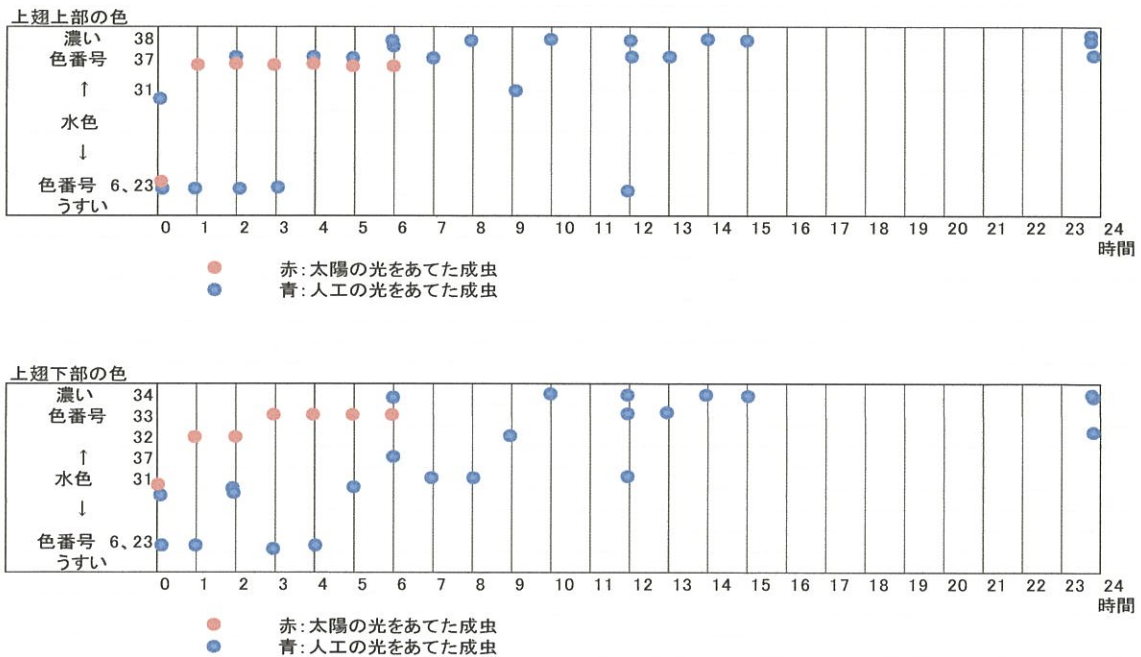


図 1 : 太陽光・人工光に当てた翅の色の濃さと時間

この色分布図から、太陽光の強い光と人工の弱い光のどちらでも翅のすじの色が青色に変化しているため、ある一定以上の光の強さがあれば、たんぱく質が反応し青色に変化するということから分かる。太陽光のように強い光であれば、1~2時間でいっしょに反応が進み、3時間後にはそれ以上青色が濃くならない。人工光のように弱い光の場合は、太陽光よりもゆっくりと青色が濃くなるが、最終的に太陽光と同じ青色が出るとやはりそれ以上は変化しない。

これらのことから、「太陽光・人工光どちらの場合も、光の強さ・照射時間に比例して徐々に青色が濃くなる。ただし、太陽光の場合は光が強いためたんぱく質の反応が早く、短時

間で青色の蓄積が最大まで進み一定の色になるが、人工光の場合は光が弱いためにたんぱく質の反応がゆるやかに進み、太陽光と同様に青色の蓄積が最大値になるとそれ以上は反応が進まなくなる。」と考えられる。

次に、翅の色の変化と光の色の関係を調べた実験から分かったことを述べる。

8月中の実験では、青色の光を当てたときに最も翅のすじの青色が濃くなり、緑色の光では青色に変化するが、青色の光よりも色がうすく、赤色の光ではほとんど変化しないことが分かった。ただしこの時の実験では、赤色と緑色の光は 200 ルクスで光の強さをそろえていたが、青色の光だけが 500 ルクスであったため、反応が強かったのかもしれないと実験を進めていくうちに気付いた。

9月に入り何匹か羽化したため、光の強さを 200 ルクスにした青色の光で追加実験を行った結果、薄い青色の変化が確認できた。また、緑色の光 (200 ルクス) でも同様な薄い青色への変化が見られた。しかし 200 ルクスという弱い光では、青色と緑色の光の差ははっきりとは分からなかった。

これらのことから、「太陽の光の中には 7 色 (虹色) 含まれているが、その中で青色と緑色の光では翅のすじにあるたんぱく質の反応が起こり、赤色の光では反応しない。」「翅の色のスイッチは真っ暗では反応しないが、太陽と比べてかなり弱い光 (200 ルクス) でも、反応する。」ということは言えるだろう。

セロファンで光の色を調整するとどうしても光の強さが弱くなってしまい、翅のすじのたんぱく質の反応も弱くなってしまった。反応が弱いため、より効果的な光の色を判別しにくかった。この実験にはある程度の光の強さが必要であるため、セロファンで色を分けることは難しいと思った。

また、翅のたんぱく質の反応は光の強さだけでなく照射時間にも関係しているのも、光の色の実験を 6 時間で終わらせず、もっと時間をかければ反応の出た青色と緑色の光では、反応に差が出たかもしれないし、青色の上限までの翅の色の変化が起こったかもしれないと思った。



濃い青色になった成虫



青色が出ていない成虫

■幼虫の体の色の秘密

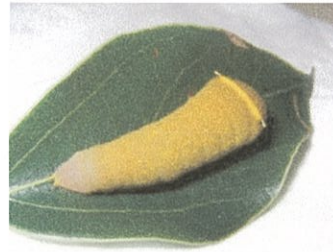
光の強さと照射時間に対する幼虫の体色の変化を調べた実験では、次のことが分かった。「明：室内光 (5900~7300 ルクス)」から「暗」に移動させた実験では、4~9 日で緑色 1 番から黄色っぽい緑に変わりはじめ 12~15 日後に黄色 22 番に変化し、「明：人工光 (1200~2800 ルクス) から「暗」に移動させた実験では、1~4 日後に黄色っぽい緑色に変わり始め、7 日後に黄色 22 番に変化している。一方、「暗」から「明」での実験では、特に太陽光 (11600~69500 ルクス) の場合、数時間で黄色から緑色 1 番に変化し、室内光の場合は 1 日後から黄色っぽい緑色に変化し始め 2 日後には緑色 1 番に変化、同様に人工光の場合は 3 日後に黄色っぽい緑色、6 日後には緑色 1 番に変化している。

これらのことから、「幼虫の体色が黄色から緑色になるときは光が強ければ強いほどたんぱく質の反応が早く進みより多くの緑色が蓄えられ、ある一定の量で反応が止まる。」ということと、太陽光・室内光・人工光の明るいところで育てた幼虫は、一見同じような緑色となっているが、光の強さによって蓄えられた緑色の量が異なり (緑色の量：太陽光>室

内光>人工光)、「弱い光に当たっていた幼虫よりも強い光に当たっていた幼虫の方が、緑色の蓄えが多いため、光を当てていない状態の黄色へと戻る変化はより時間がかかる。」ということが考えられる。



緑色 (色番号1番) の幼虫



黄色 (色番号22番) の幼虫

8. まとめ 成虫は求愛のために青くなり、幼虫は緑色で生存率アップ!

『アオスジアゲハ(鱗翅目、アゲハチョウ科)雄の配偶行動に影響する視覚刺激』という論文の概要に「雄の雌に対する接近行動を見るために翅に色紙をつけて行った実験の結果、黄・赤および黒い翅モデルよりも、青い翅モデルにより頻繁に接近行動がみられた。すなわち、アオスジアゲハ雄の求愛行動を誘起するには翅の青色自体が有効であり、形や大きさは関係なかった。したがって、翅の青色化を誘導する羽化後の光照射は配偶行動に重要な意味を持っていることが推察される」と書かれていた。今回の実験で明らかになったように、自然の中で太陽光を浴びて翅をより濃い青色にするということは、子孫を残していくために重要なのだと思った。弱い人工光でも時間とともに徐々にたんぱく質が反応し青色が蓄積されていくということは、できるだけ濃い青色になって有利に配偶行動を行うことにつながっているのだと思う。

幼虫においても、太陽光のように強い光のもとでは、たんぱく質の反応がより多く進み、緑色をなるべくたくさん蓄えるようにして、黄色になかなか変化しないようにしていることが分かった。つまりそれは幼虫の体の色は黄色には変わりにくく、緑色を保持しようとするということである。幼虫が緑色を保持しようとすることは、クスノキの緑色の葉っぱの上で生きていくあいだ保護色のようになり、生存率をあげるひとつの方法なのだと思う。

自然界のちょうは、寄生やウィルス性の病気、そして野鳥に捕食されてしまうことにより、さなぎになれるのがおよそ4%、羽化して成虫になるのは2%弱といわれている(矢島稔、『謎とき昆虫ノート』NHK ライブラリー)。今回明らかになった「アオスジアゲハの成虫の翅の色は青く、幼虫は緑色を保持しようとする」ということは、このような厳しい環境の中で、種の存続のために重要な役割をはたしているといえよう。

10. 参考文献

1. 『蝶・サナギの謎』, 平賀 壯太, トンボ出版 (2007)
2. 『謎とき昆虫ノート-NHK ライブラリー』, 矢島 稔, 日本放送出版協会 (2003/06)
3. 『原色大辞典』, <http://www.colordic.org>
4. 『アオスジアゲハ属のチョウのはねにおける青色ビリル色素』, 加藤 義臣・山田 弘生 (2010)
5. 『アオスジアゲハにおける幼虫の皮膚及び成虫翅の青緑色化に対する光照射の効果』, 加藤 義臣・山田 弘生 (2010)
6. 『光照射によるアオスジアゲハ翅の青色ビリル色素生成』, 加藤 善臣・江波 淳子・山田 広生 (2010)
7. 『アオスジアゲハ(鱗翅目、アゲハチョウ科)雄の配偶行動に影響する視覚刺激』, 吉岡 泰子・加藤 義臣, 日本鱗翅学会 蝶と蛾 54(4), 209-219, 2003/09/30