

※背景はCDと電子顕微鏡でみものです。



ヒトは構造色!?

～黄金のサナギの謎～

2年6組 9番 神田 陽菜
南池田中学校

目次

- ・目的 2ページ
- ・実験① ツマクロヒョウモンのさなぎの観察 2～3ページ
- ・実験② サナギのキラキラ部分について考える 4～8ページ
 - ▷ 構造色とは 4～5ページ
 - ▷ 薄層干渉とは 5ページ
 - ▷ 身のまわりにある構造色・薄層干渉の例 6～8ページ
- ・実験③ ツマクロヒョウモンの抜け殻を観る 8ページ
- ・実験④ 構造色を作った、さなぎと比べる 9～10ページ
- ・実験⑤ 薄層を作った、さなぎと比べる 10～11ページ
- ・実験⑥ 羽化する前のさなぎを再現してみる 11～12ページ
- ・考察 13ページ
- ・電子顕微鏡で見てみよう 13～15ページ
- ・結果 15ページ
- ・課題 15ページ
- ・感想 15ページ
- ・研究のまとめ 16ページ
- ・参考文献 16ページ
- ・謝辞 16ページ

表紙
 モリガキ https://www.publicdomainpictures.net/jpl/view_image.php?w=727&h=711&picture=11
 CD-R (<https://ja.wikipedia.org/wiki/CD-RW#11>)

目的

去年、ツマクロヒョウモンの飼育・観察をした。その時になぜさなぎが金色に見えるのか気になったので、もっとよく調べてみたいと思った。今年は金色の部分の観察をメインに、蝶の飼育・観察をした。

実験

実験① ツマクロヒョウモンのさなぎの金色のキラキラ部分の観察

<準備物>

- ・さなぎの抜け殻
- ・カメラ

◎ さなぎになったばかりの写真

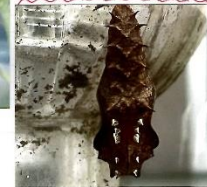


さなぎになったばかりは、金色の部分がない。グリーンム色は、体液でさなぎが少し濡れている。幼虫の模様は透けて見える。

◎ キラキラの部分の写真

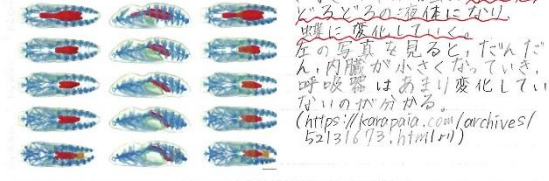


さなぎになったばかりよりも、全体の色が濃くなり、幼虫の模様が透けて見えなくなった。グリーンム色は、この部分がキラキラした金色になった。



別のさなぎの写真。金色は、少し分ける。

② さなぎのときに起こっている変化

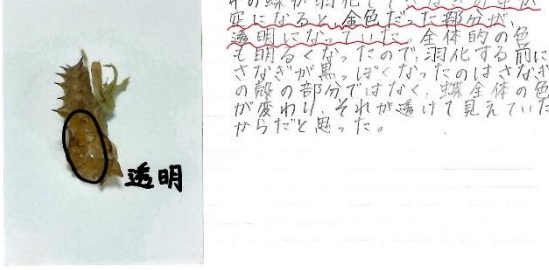


心臓が赤、呼吸器が青で示されている。

③ 成虫になる寸前の写真



④ 抜け殻の様子



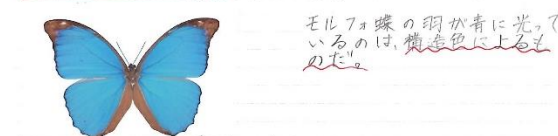
透明

実験②<くさくさ部分について考える>
去年、ツマグロヒョウモン(アゲハ科)のさなぎの金色の部分について、昆虫に詳しい方に質問したところ、構造色で金色に見えるせいとわかった。
そして、ちょうど学校の物理で光について学んでいた兄も、ツマグロヒョウモンのさなぎの金色の部分を見て、今後葉で濡っている、薄膜干渉せいと聞いていた。構造色も薄膜干渉も意味が分からなかったのですが、まずは構造色と薄膜干渉について調べてみることにした。

⑤ 構造色とは…光の反射によって見える色のこと。
(<https://www.nature-engineer.com/entry/2018/10/21/108000> 参照)

「規則正しい凹凸がついた表面に光を当てると光が反射して、本来の色とは違う虹色のように光って見える現象」と理解した。

⑥ モルフォ蝶の羽の不思議(構造色の例)



モルフォ蝶の羽が青に光っているのは、構造色によるものだ。



構造色があらわれていない方の羽は蝶に似ている本色の羽になっている。

蝶の羽を拡大してみると、長方形のような形をした、鱗粉状に小さく見える。(図34)

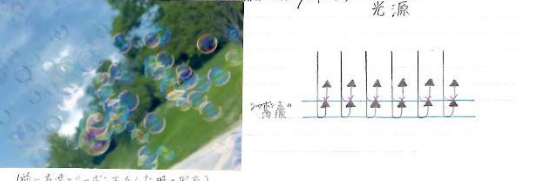


さらに拡大してみると、鱗粉一枚一枚に縦方向に小さな突起がある。



⑦ 薄膜干渉とは…薄膜の上下の境界で反射された光波が互いに干渉し、特定の波長の反射光を増強または低減させる自然現象のこと。

(<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E8%98%84%E8%86%9C%E5%B9%B3%E6%B8%89>)
シャボン玉を例にすると、シャボン玉の表面を反射する光と、シャボン玉の内側を反射する光のふれあいが反射して、下の図の1/4印の部分で干渉することによって、シャボン玉が七色に見える。(https://juken-piyo.com/kakumaki-koroyu/)



(前に戻ってシャボン玉を(1)の明の写し)

⑧ 身のまわりにある構造色、薄膜干渉の例

<構造色>
・CD-R(デジタル信号が書きこまれた面)
・輝いて見える昆虫(モルフォ蝶など)
・鳥類(クジャ、ヒナドリ)
・魚(ネオンテトラ、リスソライドの熱帯魚)
(<http://www.yokohama-lab.com/research/index.html> 参照)



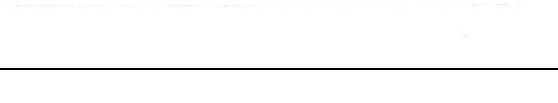
モルフォ蝶



⑨ クジャ



⑩ ヒナドリ



・ネオンテトラ



(<https://ja.m.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BD%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%86%E3%83%88%E3%83%A4>より)

・ルリヌメグイ



(<https://ja.m.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AB%E3%83%8A%E3%83%89%E3%83%82%E3%83%80%E3%83%A4>より)

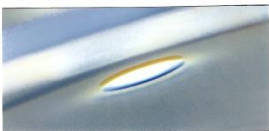
＜薄膜干渉＞

・シャボン玉
眼鏡カメラ等のレンズ

・シャボン玉



・眼鏡Aレンズ



(家の照明をカメラのレンズを通して見たときの写真)

以前、兄が眼鏡を見る角度によって光が分散して見えると言っていたので実際に合わせてもらい、作像することになりました。左の写真を見ると、白い曇りが、分散した光と赤い曇りが、何気なく見えた景色もこんな風に光が関係して見えたのだと知って、驚いた。

構造色は、実際にその色をしていないのに、光が当たると虹色に見える。角度によって色が変ったりするものだと分かった。
しかし、ツマグロヒョウモンも、成虫の時にその色はほとんど打たれず、幼虫が金色に見える。金色に見えるのは打たれず、金色に見えるのは、構造色や薄膜干渉が関係しているせいかもしれないと思えた。

構造色、薄膜干渉について、意味が少し分かるようになった。そこで、まだに残っている金色の部分の抜け殻を観察して、構造色現象を起すように表面に凹凸があるのを探してみた。

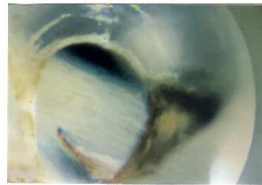
実験③ <ツマグロヒョウモンの金色部分の抜け殻を観る>

①ルミで見てみる



金色の部分はなくなり、透明の殻だけ残った。近づけてみると、透き通ったきれいな透明だった。

②抜け殻の断面を見てみる。



インターネットで調べてみると、ツマグロヒョウモンの金色の表面は、薄い透明の膜が数層重なって、その構造によって虹色に見えるのだ。というところから、透明な膜の断面を見てみようと思った。しかし、家にあった顕微鏡で断面を見てみるも、層にはっきりとは見えなかった。

7 8

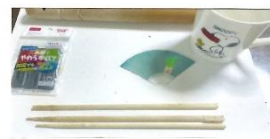
実験③から、さなぎの表面には構造色になる凹凸は観察できなかった。家にある顕微鏡では見えなかったけれど、実際には凹凸が細かいだけに分かる。

ここで、実際に構造色、薄層を作ってみて、その様子を観察してみようと思った。
さなぎが金色に見えるのは表面に凹凸があるせいで、その凹凸の間に薄膜干渉が起きているから。構造色は、観察しているときに、チョコレートの表面に構造色を作ってみようという動画があったので、それを参考にしてみた。(虹色に輝くチョコレートを作ろう！構造色は美しいヨリ)

実験④ <構造色を作って、さなぎと比べる>

準備物
・おゆまる CD(CD-R) 熱湯の入ったマグカップ 割りばし
・カメラ のし様 テープ

①おゆまるに構造色をつくる。
CD-Rの構造色があらわれている面に、おゆまるを押しつけておゆまるに構造色をつくる。

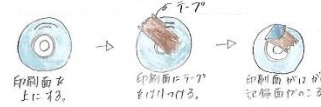


材料を準備する。



熱湯が入ったマグカップに、おゆまるを入れる。

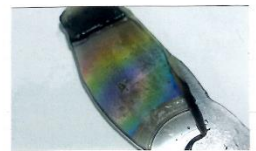
CD(CD-R)の印刷面をテープで貼す。



おゆまるとは？
お湯でやわらかくして冷めると固まるおんごの材料。



CDの構造色があらわれている面に、やわらかくなったおゆまるをおしつける。



おゆまるが冷えて固まると、構造色ができ、虹色に見えるようになった。

光が当たるとCDは虹色に見えるが、モルタルの様に青色一色に薄く構造色もある。ツマグロヒョウモンのさなぎもそのように金色に見えるのと同じように思えた。ツマグロヒョウモンは構造色で金色に見えるならば、透明の抜け殻の部分に構造色が見えるはずだ。

実験⑤ <薄層を作って、さなぎと比べる>

準備物
・水 機械油 鍋 カメラ

以前、雨の日に母と車で買い物に行き、駐車場でできていた水たまりに虹のようないろいろな色を見たことがあった。そのことを兄に話すと、おゆまる薄膜干渉だ、と。そうして、実際にその状況(水たまりの油膜)が浮かんで虹色が見えたりする状態を再現してみた。

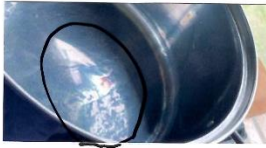
①機械油を水面に浮かべてみる。



きれいな薄層ができた。よく見ると、うすうす虹色が見えるが。

9 10

何度が試してみたが、以前 駐車場で見たとような虹色の薄膜を作る事ができなかった。あきらめて、お風呂を食バようとバスタブをゆていた時、鏡に薄膜ができたのを発見した。イメージしていた虹色に近く薄膜を観察することができた。



できたものを見ると、見る角度によって違う色の虹色ができた。



洗ったあとの風呂には、虹色が広がっていた。

表面にバスタブの成分の膜が張った銅だと虹色に見えるので、ワタワタワイヤのさなざの透明の薄い膜の部分で薄膜干渉を起していたのかもしれない。

もし、薄膜干渉で金色に見えるのなら、羽化直前のように空のさなざの中空色水で満たしたら、金色に見えるかもしれないと思った。

実験② <羽化する前のさなざの状態を再現してみる>

準備物
色水・筆・割りばし・さなざの抜け殻・カメラ

羽化した後のさなざの殻に色水(青、赤、オレンジ)を入れ、羽化する前のさなざの中身のように出来たら、薄膜干渉のようにさなざの金色に輝く部分がでるか実験してみる。



色水で実験してみても再現できなかった。ワタワタワイヤのさなざが金色に見える現象は「薄膜干渉」で、構造色は関係ないのかもしれない。偶然が重なり金色に見えるのが色水が他の色だと再現できず、この考えられることはたくさんあるけど、これが正解かは分からない。

<考察>

～実験から～
さなざが羽化する前の金色の部分を見る角度を変えてみても色は変わらないが、羽化した後の蝶がいかに虹色で金色に見えるのか、透明にはなるが、透明色ではない。薄膜干渉が関係しているのかもしれない。さなざの透明の部分の構造色は、透明膜自体に金色に見えるように仕組みが作られている。中身の蝶が透明に金色に見えると思えば、構造色ではないかもしれない。けれど、色水がさなざの殻にいれても、薄膜干渉が起きなかった。本当に、薄膜干渉が関係しているかは分からない。

～詳しい方に話を聞いて～

8月14日に岸和田資料館で「夏休み自由研究相談会」があったので、そこで相談してみることにした。電子顕微鏡があるんで、観察したりするのがあれば、アコムさん、とお話した。さなざの表面を見せていただいた。専門の方は、さなざの殻の透明の膜を電子顕微鏡で見て、凹凸がわかる。さなざの殻の透明の膜の表面で金色に見えるのは、透明の膜の中の蝶と蝶の間に凹凸があるから関係しているのかもしれない。お話を聞いて、構造色の考えにと、CDの記録面、アコムさんの羽部分、モルフォ蝶の鱗粉を電子顕微鏡で観察させてもらった。モルフォ蝶のCD-R型と虹色は、アコムさん、電子顕微鏡で物の表面の凹凸を観察するのと同じように、凹凸がわかる。

⑤使わせていただく電子顕微鏡



13

青(さなざの金色部分を懐中電灯で照らした時に青色のような虹色に輝いたので、それに似せた色)



透明の部分から青色の色水が見えるだけで、金色のようにはならなかった。

赤(ように便に似せた色)



先ほどの方法だと見にくいので、違うやり方によってみることにした。しかし、青色と同様、透明の部分から、赤色が見えるにはならなかった。

オレンジ(蝶の羽の色に似せた色)



羽化する前のさなざの金色にはならなかった。

このように赤、青、オレンジの3色でさなざの金色の部分を再現出来なかった。他の色で、再挑戦してみたいと思いつつ、さなざには、(さなざ)のこの金色部分はクリーム色なので、その色で再現しようと思った。



クリーム色をしても、輝く金色にはならなかった。だが、一番金色に近い色になった。

実験成功!

CD-Rの型をとったお中巻は構造色と虹色の記録面の凹凸を再現してみた



CD-Rの記録面(4000倍)

(凹凸の穴あきで、CD-Rの型をとったお中巻)



モルフォ蝶(正面)



モルフォ蝶(横から見たとき)
見る角度で、青色が見えたり虹色にたりする。



モルフォ蝶の鱗粉(1000倍)



モルフォ蝶(7000倍)



アコム



アコムさんの羽(1000倍)

14



構造色となるような凹凸は観察できなかった。

さなぎの透明の膜 (60倍)

《結果》
実験や専門の方のお話からさなぎの中のどここの部分が影響して金色に見えるのかなど、正確なことは分らなかった。けれど、さなぎの内側の何らかの構造に光が当たることによりさなぎが金色に見えることが分かった。

《課題》
「発生が見えなびんるに金色に見えるような色がある」のが、「薄膜干渉が関係しているのや」など、はっきりしたことは分らなかった。構造色については聞いたり、調べたりして、分かったが、ワタグロヒヨウモンのさなぎの金色の部分が何でできているのか、何の構造色の種類なのか、具体的に分らなかった。

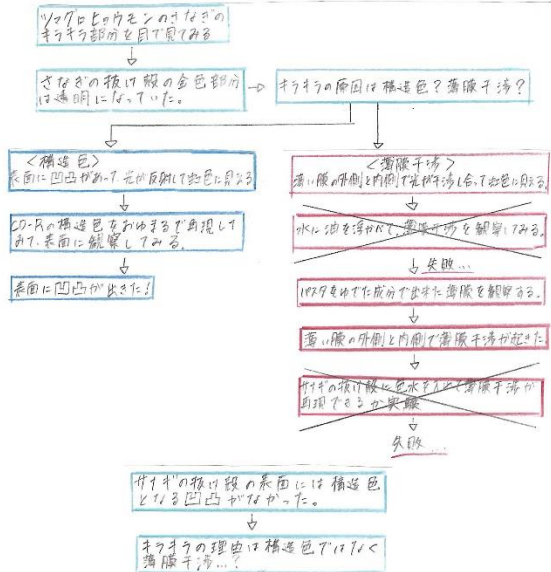
《感想》
ワタグロヒヨウモンのさなぎから構造色や、薄膜干渉について知るきっかけになったのでよかった。けれど、ワタグロヒヨウモンのさなぎの謎について、正解は分らなかった。今後、普通通している中で気づいたことや、新しく授業が学んだことで、あの金色と結びつくようなことがあれば、実験してみたいと思っただ。英語で何を言っているかを、生物の先生に聞いてみることにしよう。



(400倍)

この実験には関係ないが、CDを電子顕微鏡で覗いていたときに、結晶が見えて、開いてみると、汗に濡らした部分に結晶としてできたものではないかと、おもしろいと思った。

〜 研究をひとまとめしてみました 〜



<参考文献>
 構造色について <https://www.nature-engineer.com/entry/2018/12/21/08000>
<https://www.yoshida-lab.com/research/index.html>
 藍色に虹色を浮かべて作る！構造色は美しい。 #11。
 薄膜干渉について <https://ja.m.wikipedia.org/wiki/%E8%96%94%E8%86%9C%E8%89%B2%E8%89%89>
<https://juken-philosophy.com/hakunaku-kanshou/> #11。
 100倍で見た成分でまた薄膜干渉を観察する <https://blog.sooner.jp/dog313/mutate/DeDance0ab5ff1d98ffe501a93049995>

<謝辞>
 音和田裁判官のアドバイスをいただきました。
 兄さん、おかげさまで研究がすすみました。