

食紅等の赤色塗料が発する緑黄光のメカニズム

加古川東高校物理B班

動機・目的

図1は、黒色の机に食用赤色3号という色素を塗布した様子である。赤い色素を塗布しているが、緑色に見える。この事象の起こる理由を解明したいと考えた。

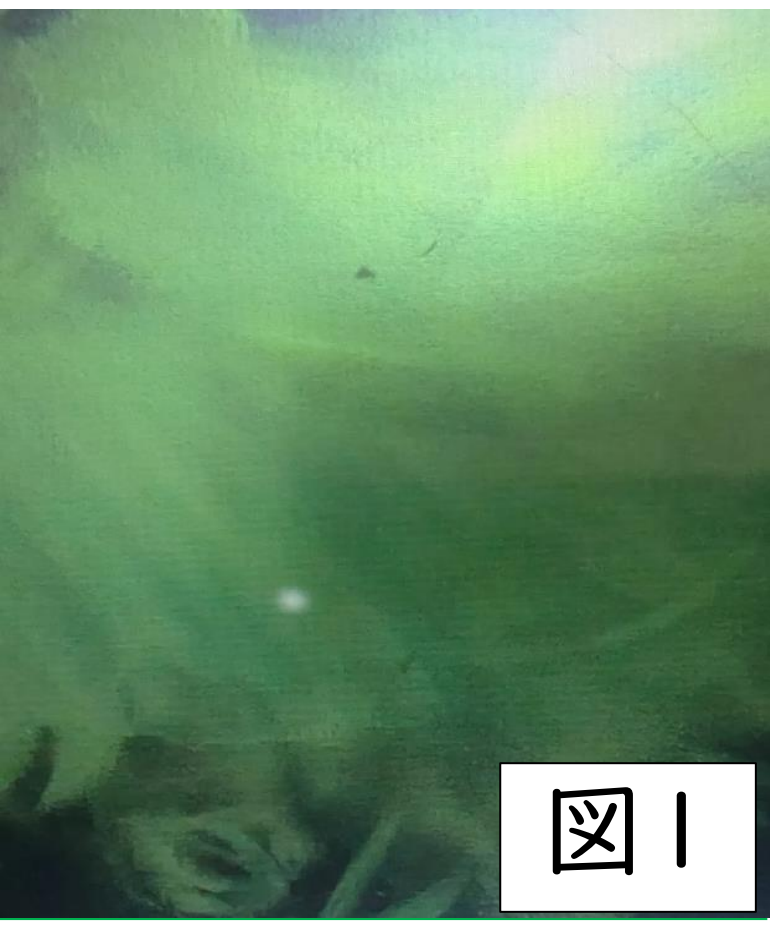


図1

分かっていること

- ①食紅の粉末を薄く塗布したとき、緑色に見える
厚く塗布した場合は赤色のままである
背景色に関係なくある程度の緑が常に見える
→塗料の薄さに関係している(薄さの基準は不明)

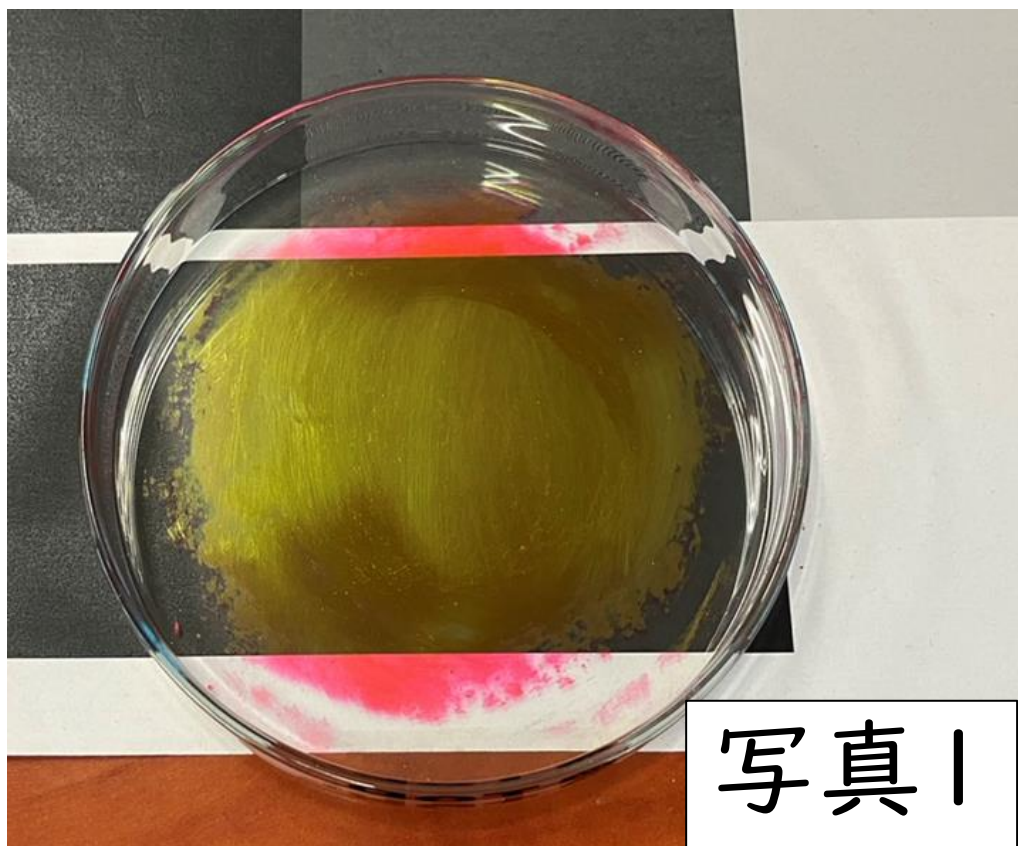


写真1

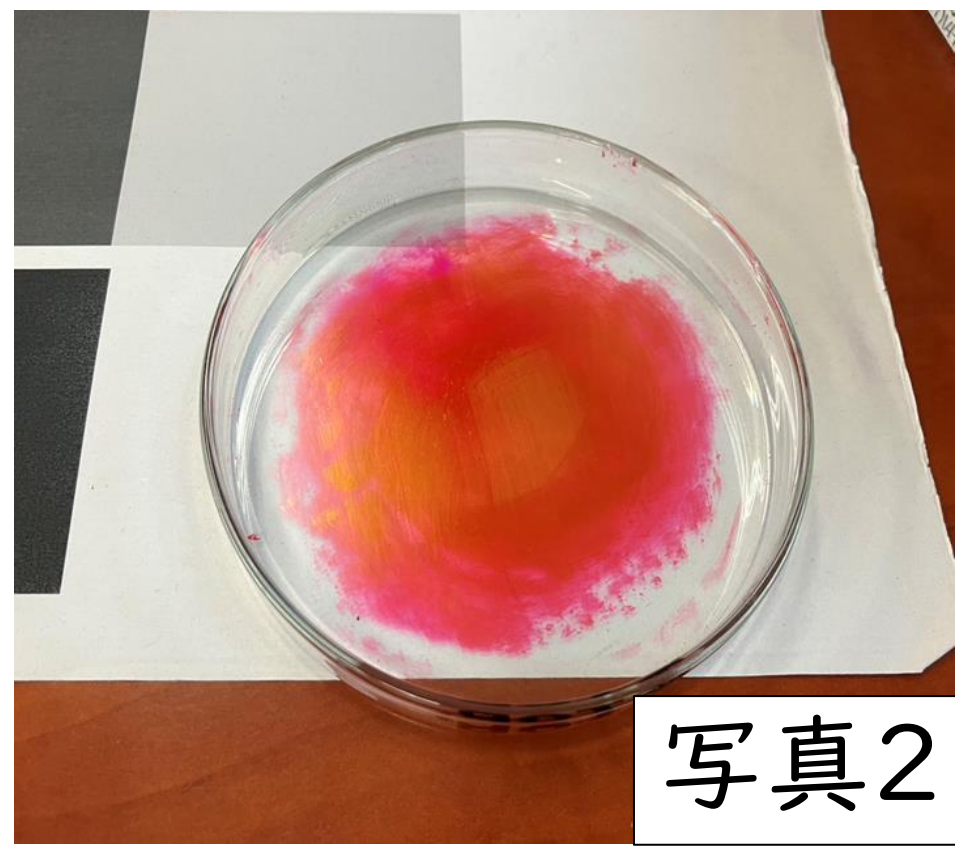


写真2

- ②食紅水溶液の時では、黒の背景の上に塗布した場合でも、元の色の赤色のままで見える
③赤色の塗料でも、
緑色に見えるものとそうでないものが存在する
→原料に依存
④食紅を薄く塗布したとき、
反射光は緑色に、透過光は赤色に見える
→緑に見えているのは反射した成分

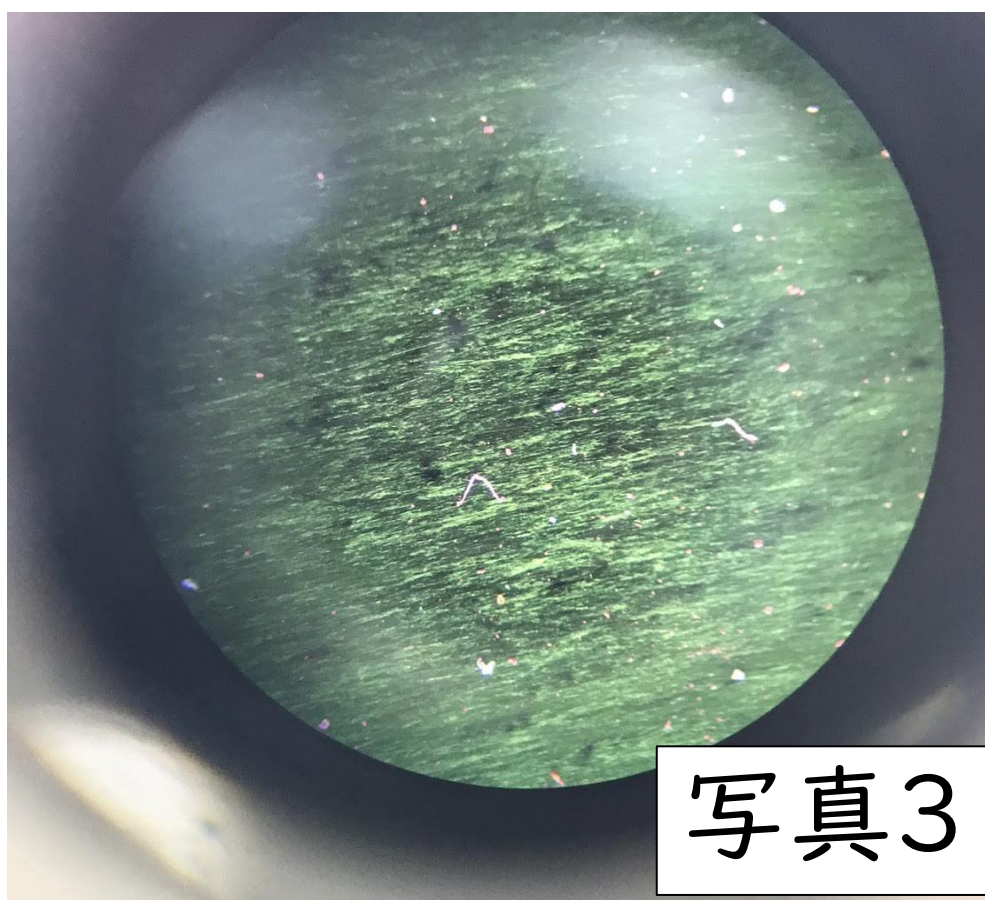


写真3

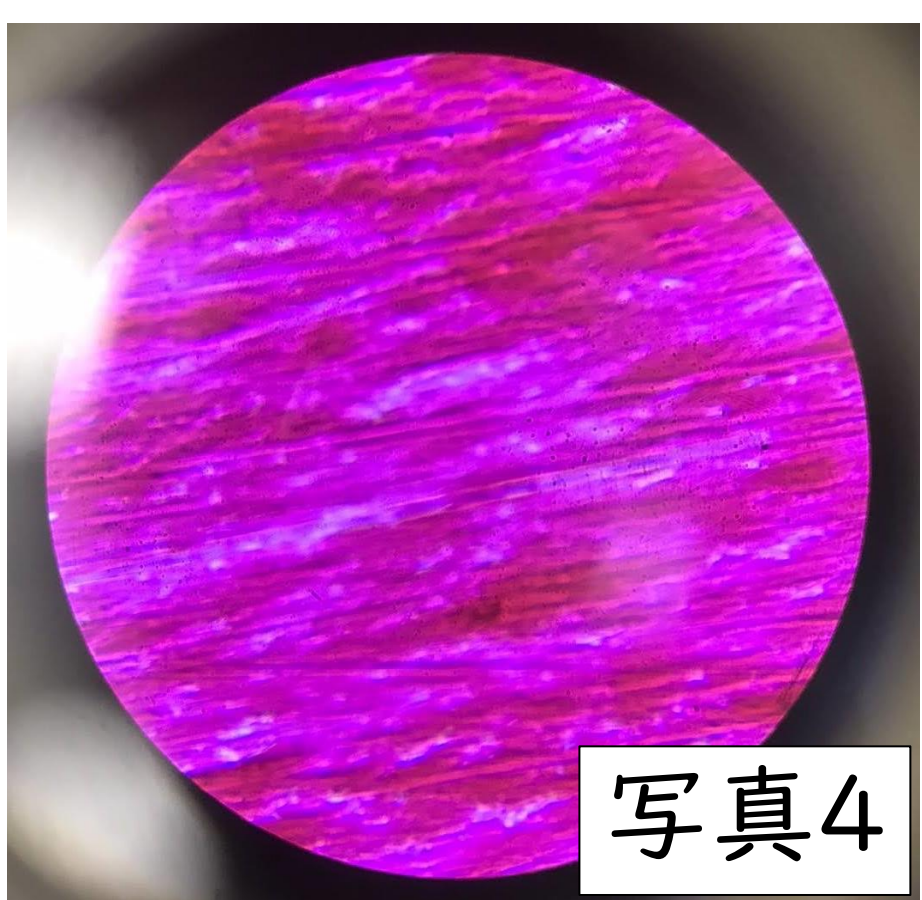


写真4

実験

準備物

シャーレ 食用赤色3号(食紅) 分光器
赤、青、緑のフィルム
LEDライト×4
(そのままのもの×1、
色フィルムで覆ったものそれぞれ1ずつ)

手順

- ・シャーレ上に食用赤色3号を緑色に見えるほどの十分な薄さで塗付する
- ・それぞれの懐中電灯を用いて上からと下から光を当て、反射光、透過光を暗室の実験室で観察

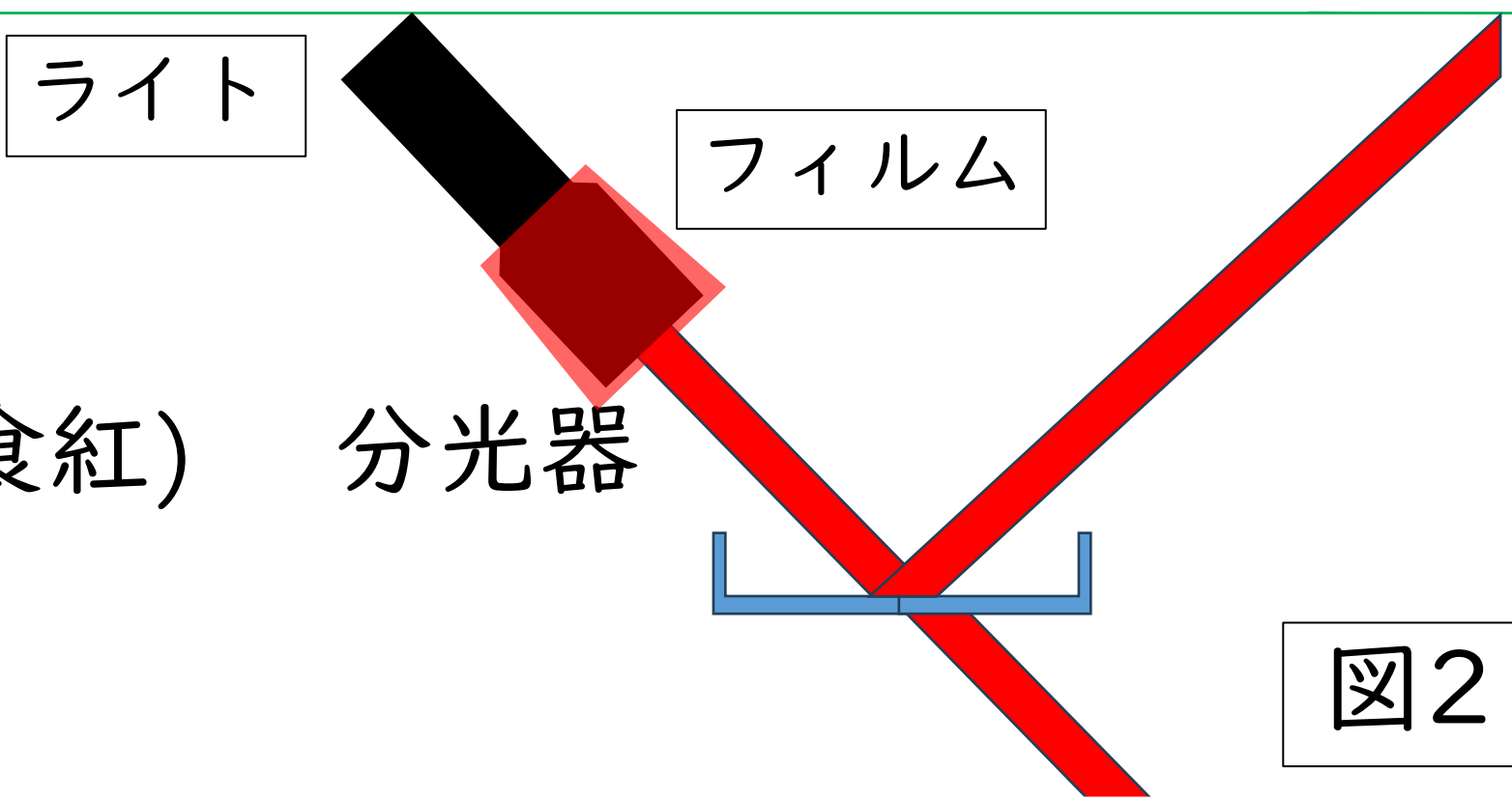


図2

結果

表1

	反射光	透過光
白色光	緑色	赤色
赤色光	赤色	赤色
緑色光	緑色	緑色
青色光	緑色	青色

※観察時に最も強く届いた光の色を記載

白色光を当てた実験において、分光器を用いた観察で
反射光→赤、緑
透過光→赤、緑、青 の成分が含まれていることが分かった

考察

薄いことが条件で、この緑色は反射光であるため
・薄いことによって吸収されきらない
緑色が反射されていると考えた
⇒反射光は赤色成分も多く含んでおり
緑色優位になる原理がわからないため、断定できない

文献の調査より

フラッシュ・・・

特定の色素を多く含むインクなどを紙等に塗ると、
元の色とは違う色の強い光を発する現象

吸光波長に鋭いピークがあるインクで起こりやすい

赤色3号と、フラッシュがみられるベニバナ色素の500～550nm付近の吸光度には鋭いピークがある

これらが類似していることから今回の現象はフラッシュによるものではないかと考えられる

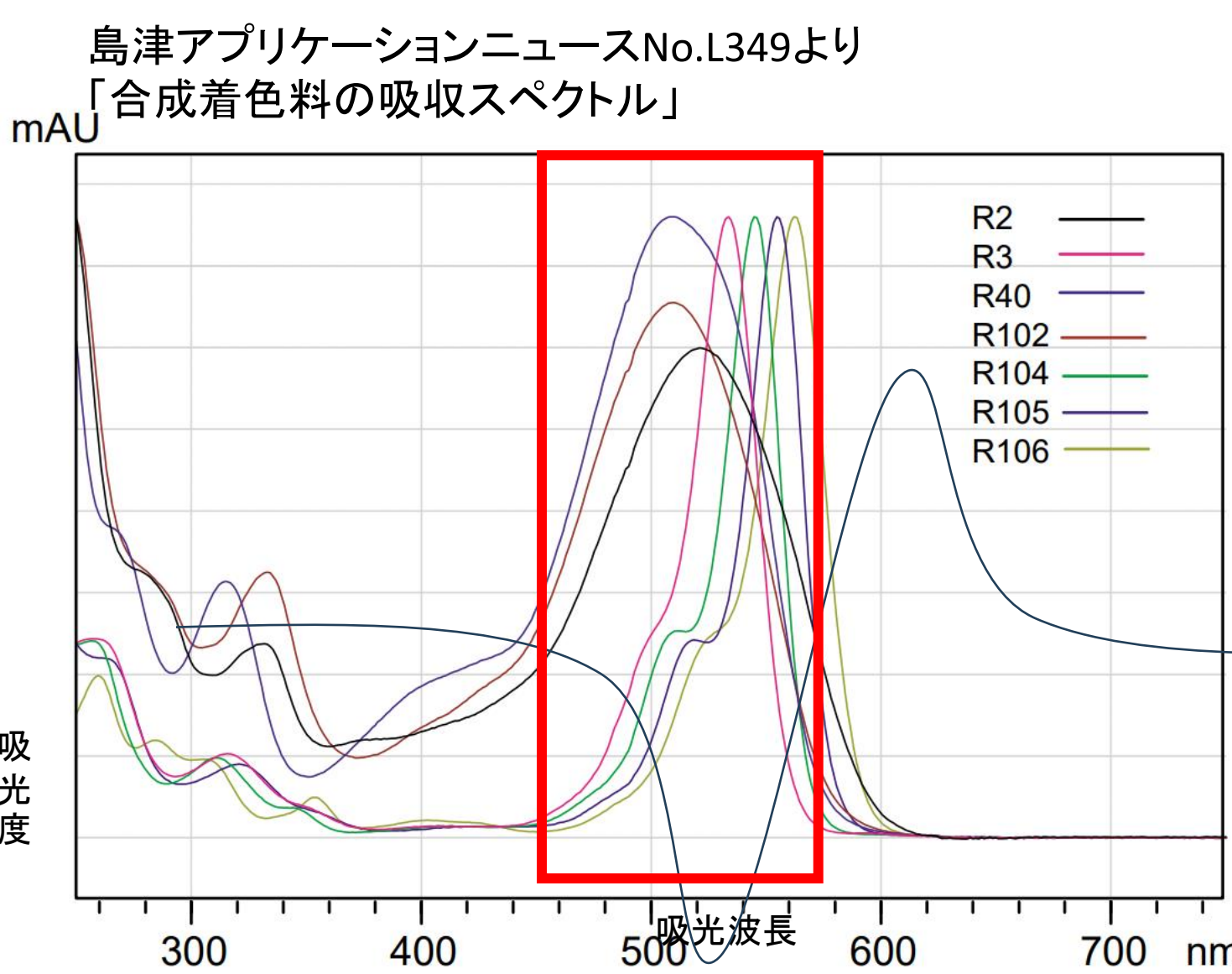


図3

ベニバナ色素膜の緑色金属光沢についてよりカルタミン色素膜の吸光スペクトル、

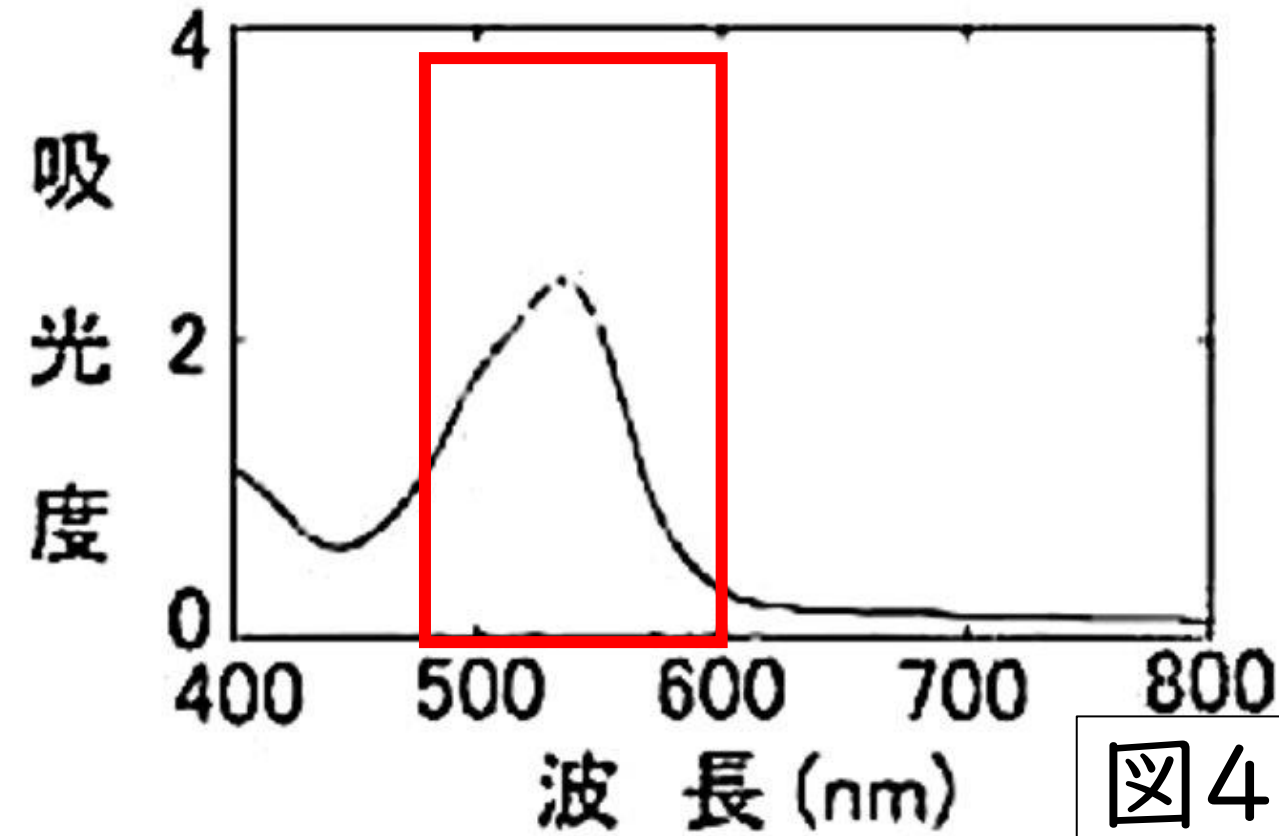


図4

結論

食用赤色3号が緑色に見える原因は光の干渉でも蛍光でもなく、フラッシュによるものである
これはほかの食用赤色色素やベニバナ色素などにも共通する特徴であり、吸光波長が近い(見える色が近い)色素は同じようにフラッシュを起こす可能性が高いことが示唆された

今後の展望

- ・文献ではフラッシュはインクを厚く塗ると顕著に現れるとあるが、今回の食紅を用いた実験では厚く塗ると現れないため、矛盾がある
- ・緑色のフラッシュを示さなかった赤色色素(色鉛筆、絵具など)について、染料と顔料の違いに着目して調べる

参考文献

- (1) 2022年度加古川東高等学校1年ミニ課題研究1班 研究発表ポスター
- (2) <http://ene.ed.akitau.ac.jp/~ueda/education/sentan/photochemistry/principle.htm>
- (3) インクのフラッシュ(Sheen)の原理を考える | INOUE Tomohiro(note.com)
- (4) https://www.an.shimadzu.co.jp/sites/an.shimadzu.co.jp/files/pim/pim_document_file/an_jp/applications/application_note/17881/an_1349.pdf
- (5) ベニバナ色素膜の緑色金属光沢について 門之園 梨菜 https://www.my-craft.jp/html/aboutled/led_supekutoru.html https://global.canon/ja/technology/kids/mystery/m_04_13.html

仮説

白色光 → 反射光は緑色、透過光は赤色
(分かっていることより)
赤色光 → 反射光も透過光も赤色
青色光 → 吸収され、色は確認できない
(透過光、反射光に青色がみられなかったため)

謝辞

本研究において多大なご協力を賜りました
県立健康科学研究所の吉岡直樹氏に
深く感謝いたします

食紅等の赤色塗料が発する緑黄光のメカニズム

加古川東高校物理B班 宮本優 本多和義 前村和奏 押部良祐 大川胡春

動機・目的

写真1は、黒色の机に食用赤色3号という色素を塗った様子である。赤い色素を塗布しているが、緑色に見える。この事象の起こる理由を解明したいと考えた。

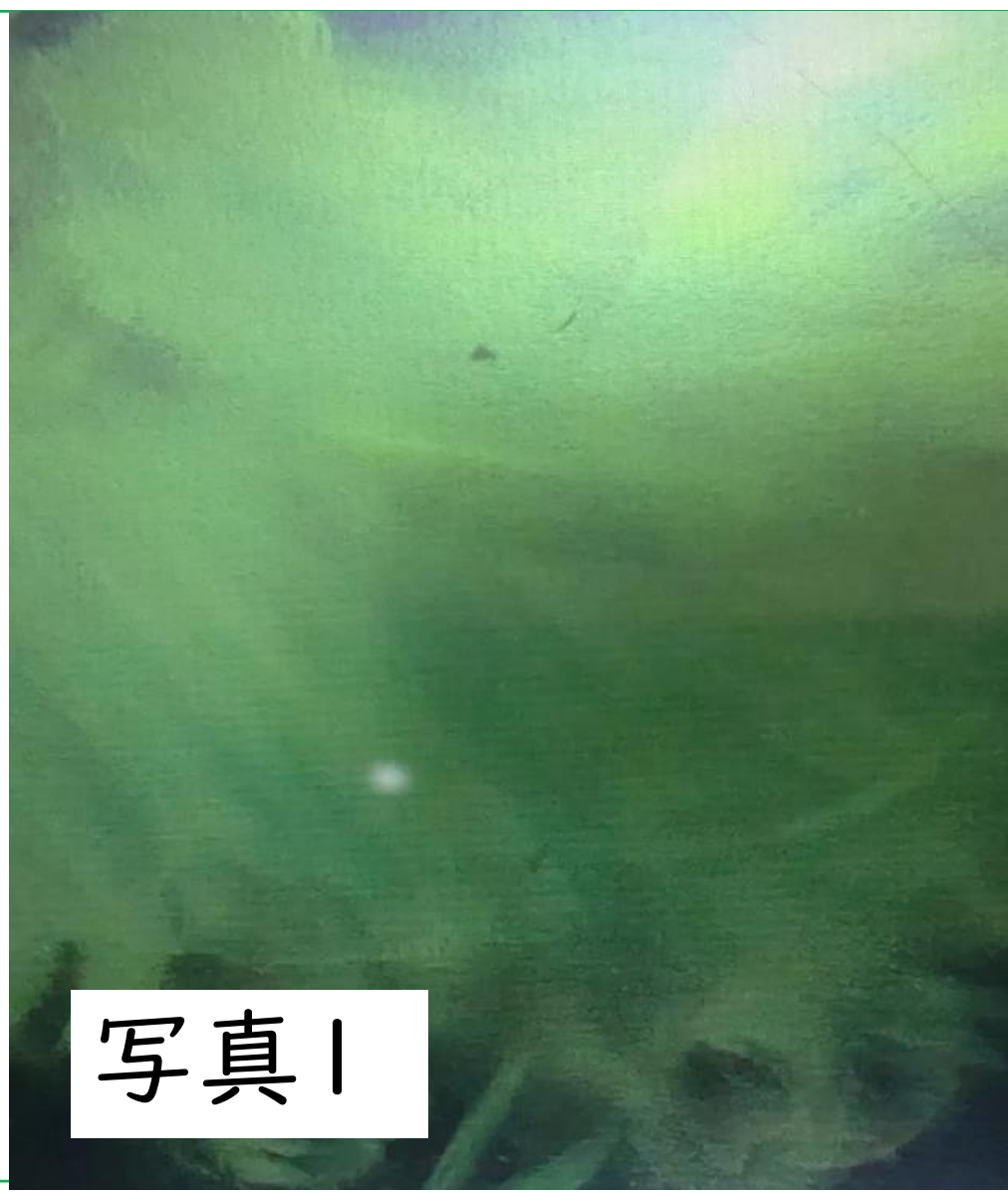


写真1

わかっていること

昨年行った研究で以下の事実が分かっている

①食紅水溶液の時では、黒の背景の上に塗った時であっても、元の色の赤色のままで見える

※食紅水溶液…50mlの水に薬さじ(小)2杯を完全に溶かしたもの

②食紅の粉末を薄く広げたとき、緑色に見える

厚く塗ったときは、赤色のまま

③赤色の塗料の種類によって、緑色に見えるもの、また赤色に見えるものが見られた

<①、②、③から考えられること>

①・②より、緑色に見える現象が起こることは、塗料の薄さに関係していると考えられる

(どれくらいの薄さであれば、赤色から緑色に見えるかという基準は不明)

③より、塗料に原材料の種類や性質が関連していると考えられる

実験手順

実験1

準備物

- ・シャーレ ・食用赤色3号
- ・印刷した紙(白から黒へ明度を下げていき、色のグラデーションを作った紙)

手順 食紅をシャーレの上に薄く広げ、紙の上でシャーレを移動させて食紅の色の变化を観察する

実験2

準備物

- ・透明のアクリル板 ・食用赤色3号 ・顕微鏡
- ・スマホ(ライト)

手順 アクリル板に塗った食紅を顕微鏡で観察する

2-①下からの光あり

(反射光と透過光がある)

2-②下からの光なし

(反射光がある状態)

※①のほうが透過光が多い。明室で実験。

仮説

実験1

黒色背景→緑色 濃灰色背景→赤色

薄灰色背景→赤色 白色背景→赤色 に見える

背景色である黒色が見え方に影響を及ぼしているのであれば、黒色背景でのみ緑色に見えろと考えられる

実験2-①→赤色 実験2-②→緑色 に見える

2-① 物質を透過した光

2-② 物質に対して反射した光 参考文献(2)より判断

結果

【実験1】

背景が黒の部分では全体的に緑色が確認された。

背景が白の部分では基本的に赤色であるが、観察する角度や食紅の厚さによっては部分的に黒色背景の時と同様に緑色を確認された。(写真2, 3)

【実験2】

2-①では赤色(写真4)となった

2-②では黒い机に塗った時と同じような緑色が確認された。(写真5)

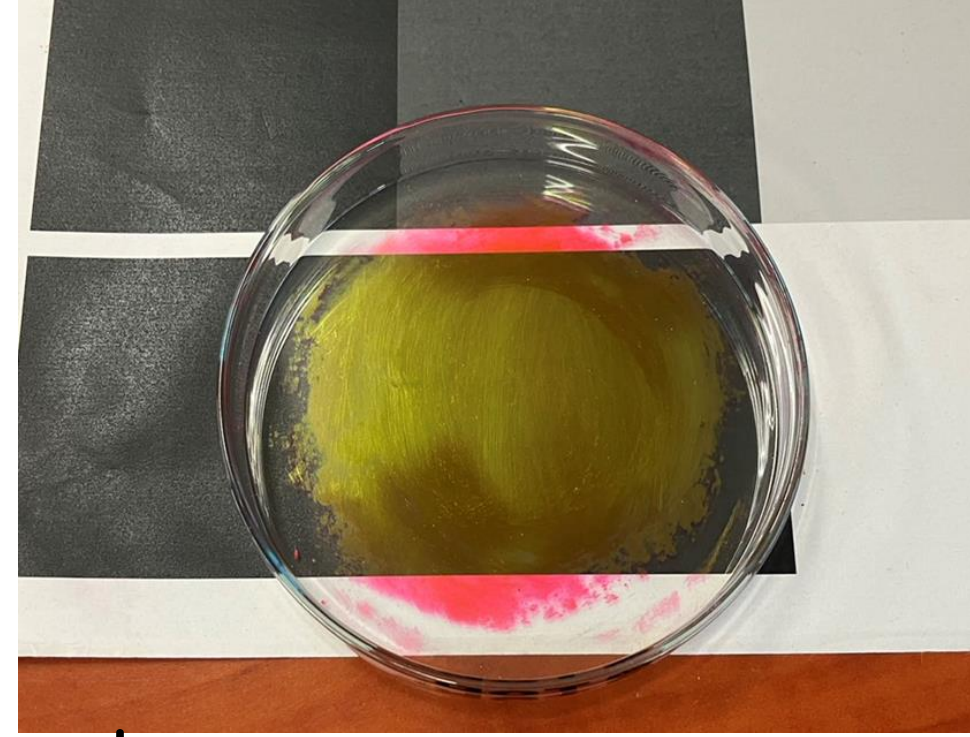


写真2



写真3

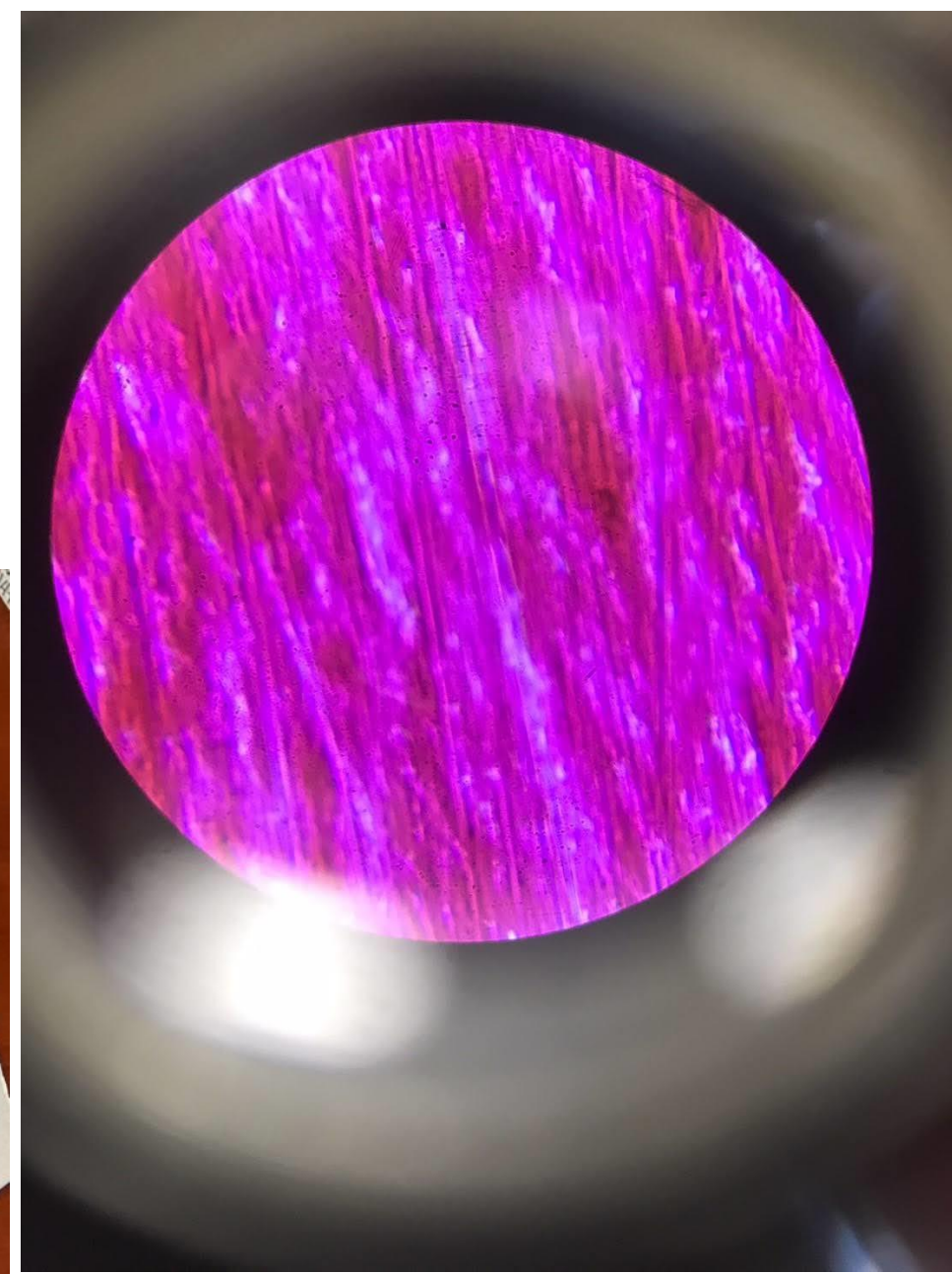


写真4(2-①)



写真5(2-②)

考察

実験1より、背景が黒でない場合においても緑色が確認されたことから、色が変わって見えるメカニズムには背景色以外の別の要因が関係していると考えられる。

実験2より、この食紅は透過光が赤色、反射光が緑色をしていることがわかる。実験1において、白い背景は下からの光の役割を果たし、黒い背景は下からの光を減らし反射光を目立たせる役割をしていると考えられる。

まとめ(今後の展望)

・これからの実験

先行研究より、食紅以外の塗料(ペンのインク等)や赤色以外(青色等)の塗料を使用したときも色が変わって見えることが分かっている

↳【目的】複数の色や種類の塗料を試して色の変わる条件や法則性を見つける

↳【仮説】インク内の色素が「染料」であるとき色が変化し「顔料」であるときは変化しない
赤色以外の色で行ったときもその色よりも波長が短い色が観察できるように変化する

※法則性を見つけることで解明に繋げる

・新たな仮説

光が当たっているのか否か、また観察する角度によって観察できる色が変化することが分かっていることより、光の「干渉」に近い現象が起きている

参考文献

- (1)2022年度加古川東高等学校1年ミニ課題研究1班 研究発表ポスター
- (2)<http://ene.ed.akita-u.ac.jp/~ueda/education/sentan/photochemistry/principle.htm>

食紅等の赤色塗料が発する緑黄光のメカニズム

加古川東高校物理B班 宮本優 本多和義 前村和奏 押部良祐 大川胡春

動機・目的

図1は、黒色の机に食用赤色3号という色素を塗布した様子である。赤い色素を塗布しているが、緑色に見える。この事象の起こる理由を解明したいと考えた。

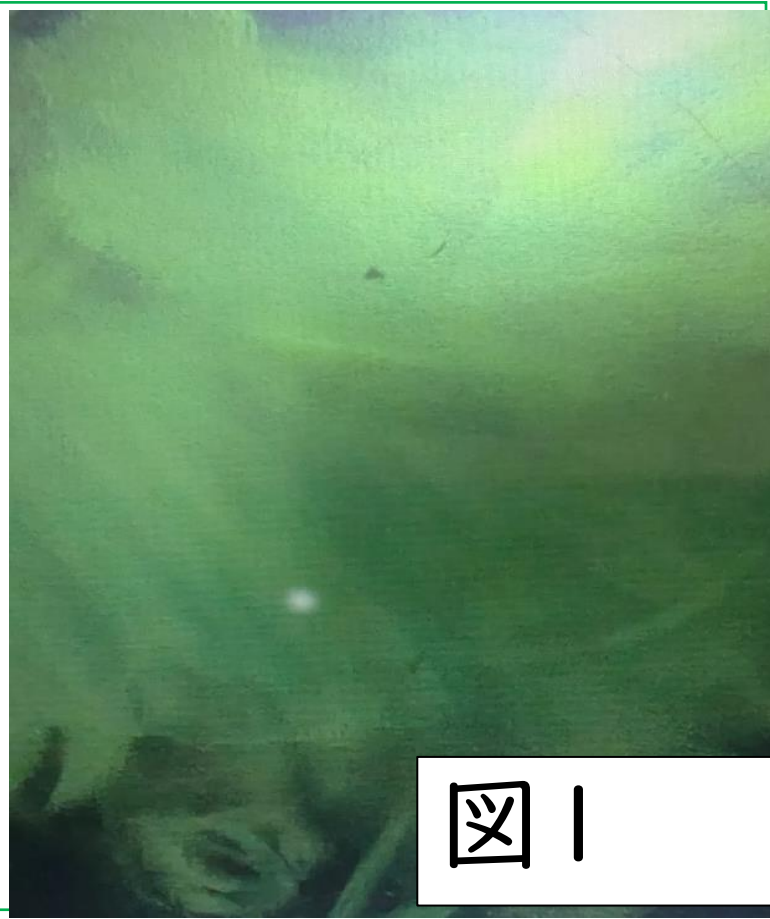


図1

わかっていること

昨年行った研究で以下の事実が分かっている。

- ①食紅の粉末を薄く塗布したとき、緑色に見える。
厚く塗布した場合は赤色のままである。
- ②食紅水溶液の時では、黒の背景の上に塗布した場合でも、元の色の赤色のままで見える。
※食紅水溶液…50mlの水に薬さじ(小)2杯を完全に溶かしたもの

- ③赤色の塗料の種類によって、緑色に見えるもの、また赤色に見えるものが見られた。

- ④食紅を薄く塗布し、明るい部屋において懐中電灯で光を当てるとき、反射光は緑色に、透過光は赤色に見える。

<①、②、③、④から考えられること>

- ①・②より、緑色に見える現象が起こることは、塗料の薄さに関係していると考えられる。
(どれくらいの薄さであれば、赤色から緑色に見えるかという基準は不明)

- ③より、塗料に原材料の種類や性質が関連していると考えられる。

- ④より、食紅が緑色に見える現象は薄く塗布した食紅で反射した光が関係していると考えられる

実験①

準備物

- ・シャーレ
- ・食用赤色3号
- ・印刷した紙(白→黒にグラデーションを作る)

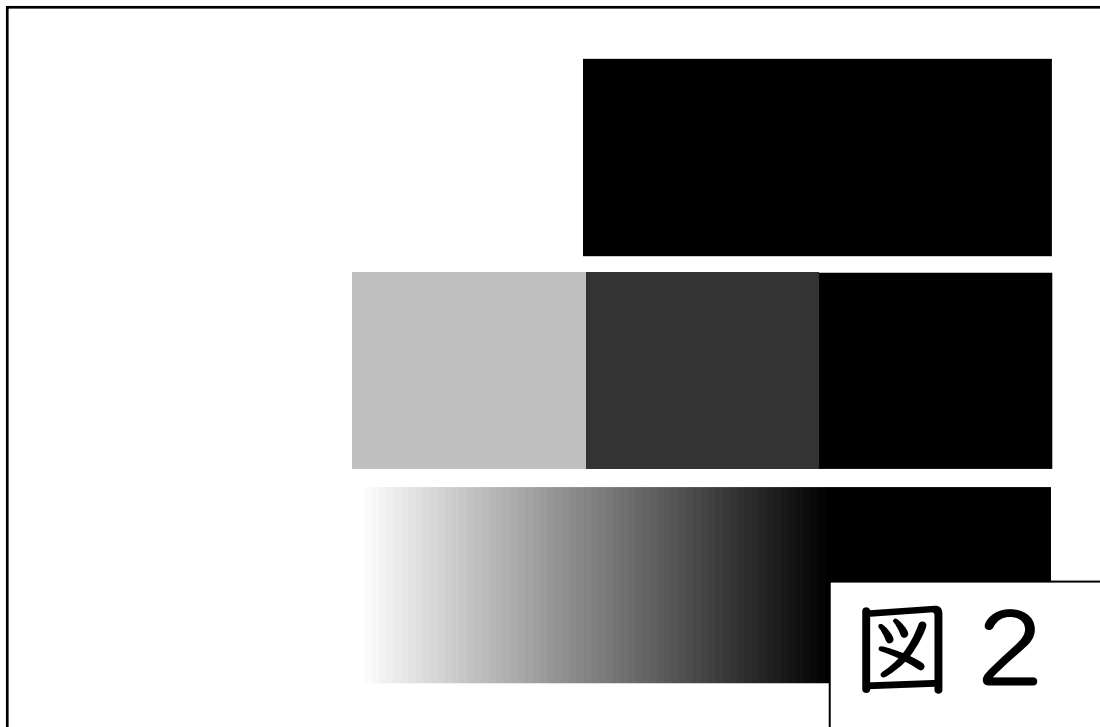


図2

手順 食紅をシャーレの上に薄く塗布し、紙の上でシャーレを移動させて食紅の色の变化を観察する

仮説①

黒色背景→緑色 濃灰色背景→赤色

薄灰色背景→赤色 白色背景→赤色に見える

背景色である黒色が見え方に影響を及ぼしているのであれば、黒色背景でのみ緑色に見えろと考えられる。

結果と考察①

背景が黒の部分では全体的に緑色に見えた。

背景が白の部分では基本的に赤色であるが、観察する角度や食紅の厚さによっては部分的に緑色に見えた。(図3、4)

背景が灰色の部分では黒に近づくにつれて徐々に緑色に見える部分が増えていった。

背景が黒でない場合においても緑色が見えたことから、色が変わって見えるメカニズムには背景色以外の別の要因が関係していると考えられる。

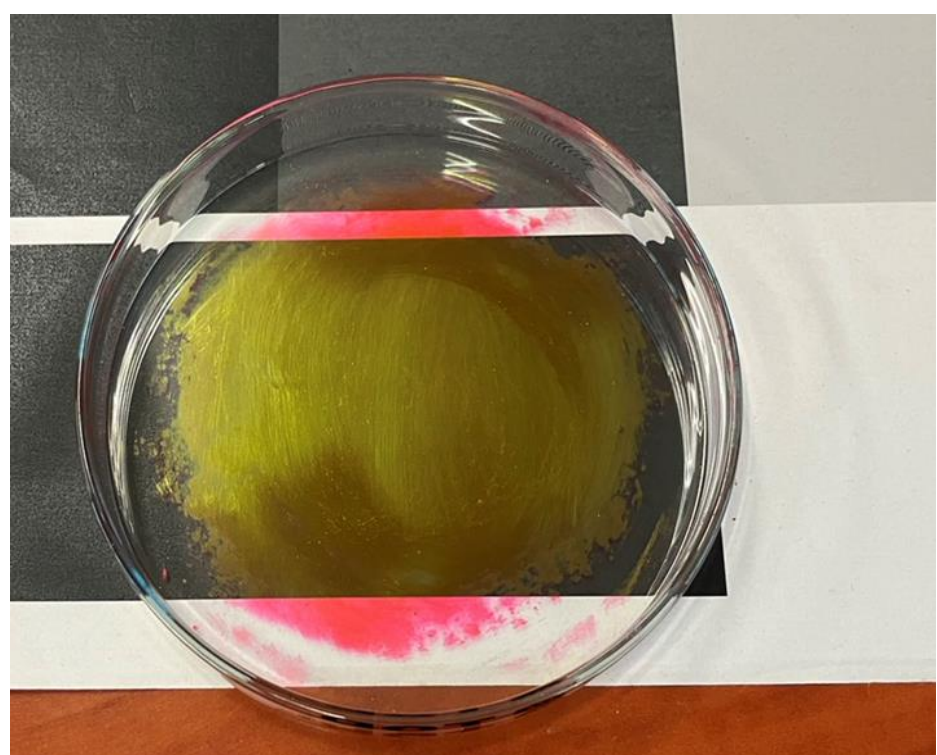


図3

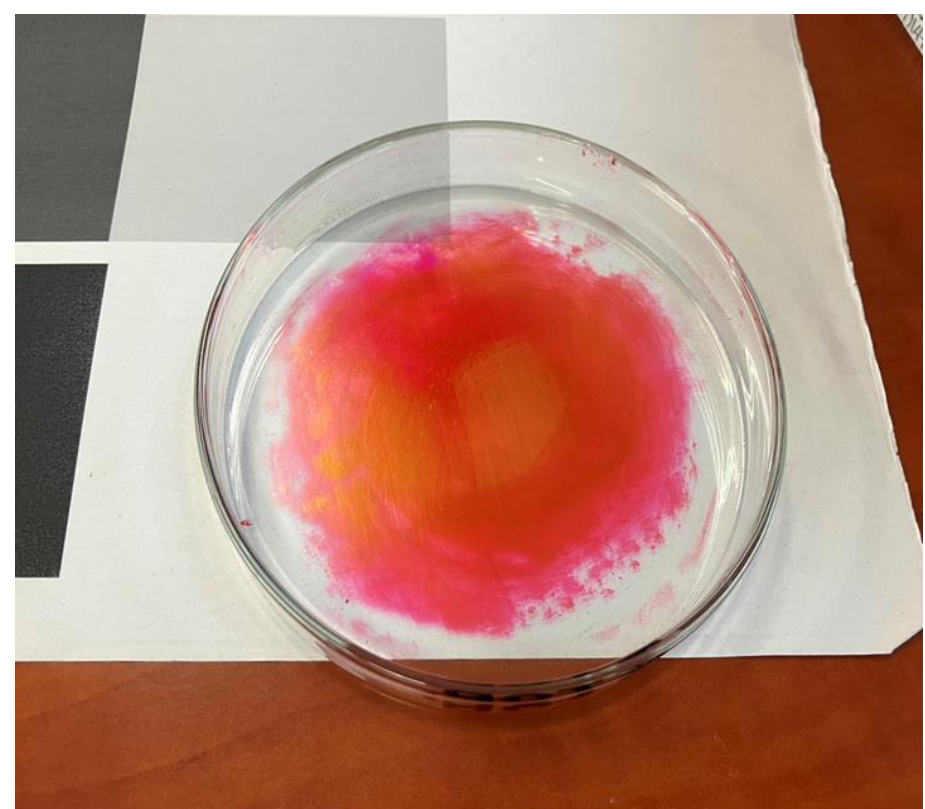


図4

実験②

準備物

シャーレ 食用赤色3号(食紅) 分光器
赤、青、緑のフィルム 懐中電灯(4本)

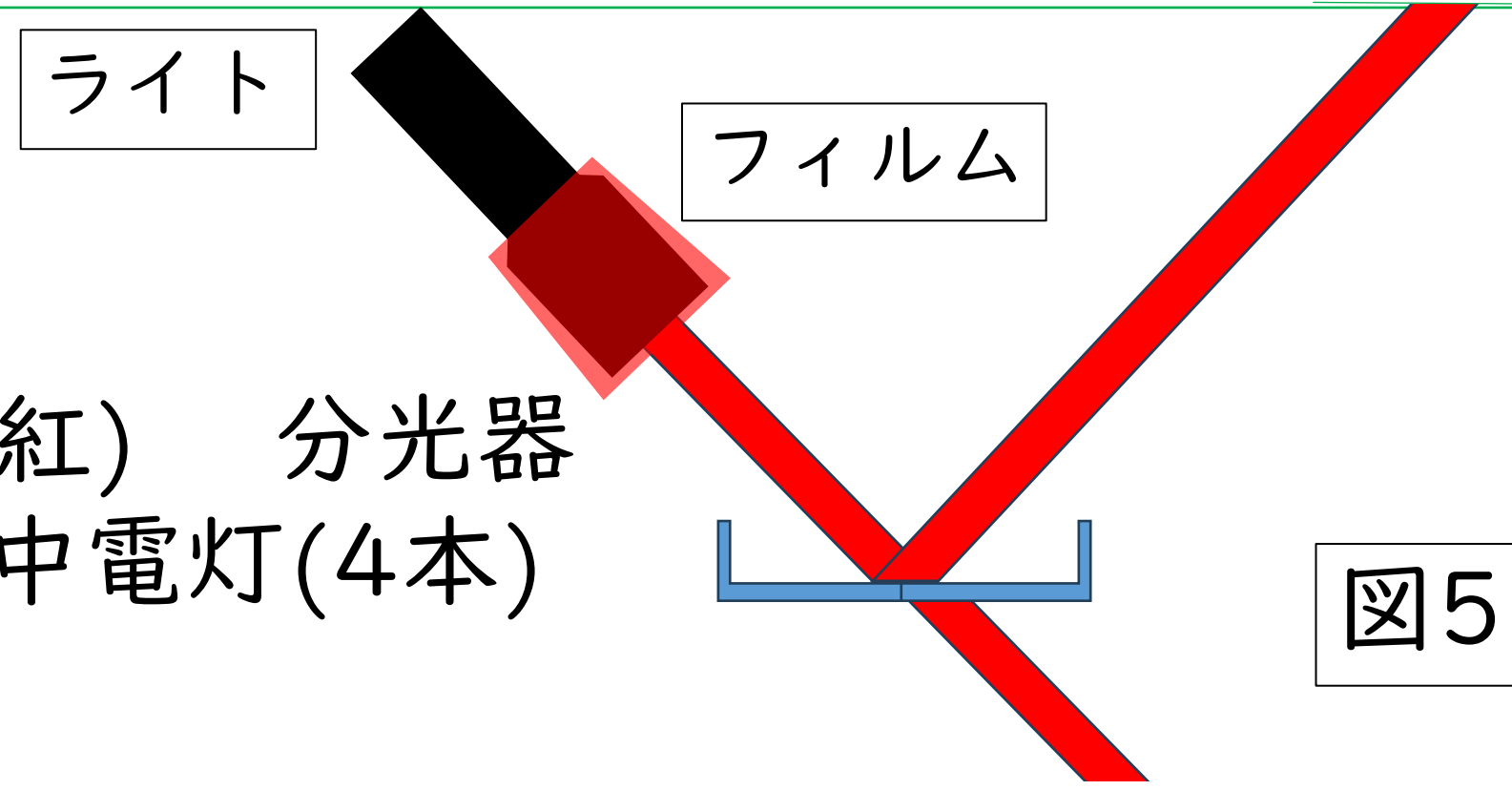


図5

手順

- ・シャーレ上に食用赤色3号を緑色に見えるほどの十分な薄さで塗付する
- ・懐中電灯を4本用意する
- そのうち3本をそれぞれ赤、青、緑のフィルムで覆う(もう1本はフィルム無し)
- ・それぞれの懐中電灯を用いて上からと下から光を当て、食紅そのものの色、反射光、透過光を実験室の暗室で観察する

仮説②

白色光を当てたときは反射光は緑色、透過光は赤色。

赤色光を当てたときは反射光も透過光も赤色。

青色の光はほとんど吸収される。

結果②

表1

※観察時に最も強く届いた光の色を記載

	反射光	透過光
白色光	緑色	赤色
赤色光	赤色	赤色
緑色光	緑色	緑色
青色光	緑色	青色

白色光について、分光器を用いると反射光には赤、緑の成分が含まれ、透過光には赤、緑、青の成分が含まれていた。

考察②

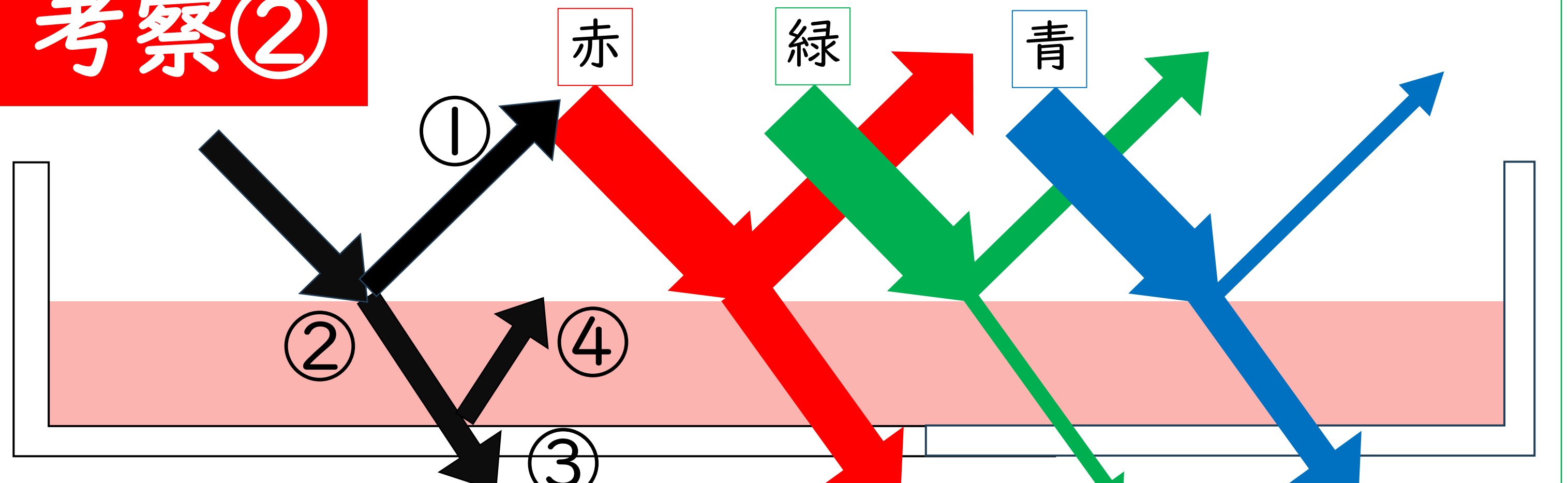


図6

- ・シャーレに薄く塗布した食紅に光が入ったとき

- ①食紅の表面で反射
 - ②食紅による吸収
 - ③食紅・シャーレを透過
 - ④食紅を透過しシャーレで反射
- が起こると考えられる。
- ・表1で緑色に見える現象は、光が①または②～④の工程を経てそれぞれの色の成分が変化し、目に届く量が変わることによって起こっているのではないかと推測できる。
 - 白色光と青色光の反射光は緑色に見えたため、透過せず吸収されなかった緑色の光が見え方に関係しているといえる。
 - ・吸収されない理由の一つに、食紅の薄さがあげられる。

まとめ(今後の展望)

緑色に見える現象は、食紅による反射・吸収・透過で光の色成分が変化していることが関係していることがわかった。

今回の色フィルムを用いた実験では「光の干渉によって赤色が減衰した」のか、「食紅による光の吸収・透過・反射によって緑色が反射されるようになった」だけなのか判別できなかった。

今回使用したフィルムでは完全な単色光を作ることができなかったため、完全な単色光を用いることで精度を高めた実験も行いたい。

参考文献

- (1) 2022年度加古川東高等学校1年ミニ課題研究1班 研究発表ポスター
- (2) <http://ene.ed.akita-u.ac.jp/~ueda/education/sentan/photochemistry/principle.htm>

