

エサに色素を添加したカイコが産生する絹糸の分子構造のラマン分光法による研究

島根大学GSC 香蘭女学校高等科2年 佐々木彩乃

概要 カイコの繭の色は、色素の輸送経路に関わる遺伝子の発現によって黄色や緑色など様々な色に変化する。しかし、繭糸はセリシンとフィブロインの二層構造になっていて、繭糸を絹糸として利用するためにはセリシンを落とす必要がある。

しかし、このような天然の色繭は、セリシンしか着色されていないため、実際は無色の絹糸しか作ることが出来ない。そこで本研究では、合成色素の混餌による有色絹糸の生成、色素の輸送に必要な条件の解明を試みる。

目的

①人工飼料に色素を混餌することによるセリシン、フィブロインへの影響を調べる

②色素の輸送経路（腸→体液→絹糸腺）のうち、摂取した色素はどこまで輸送されているのかを調べる
(①のカイコの内部形態の観察)

③着色についての詳細

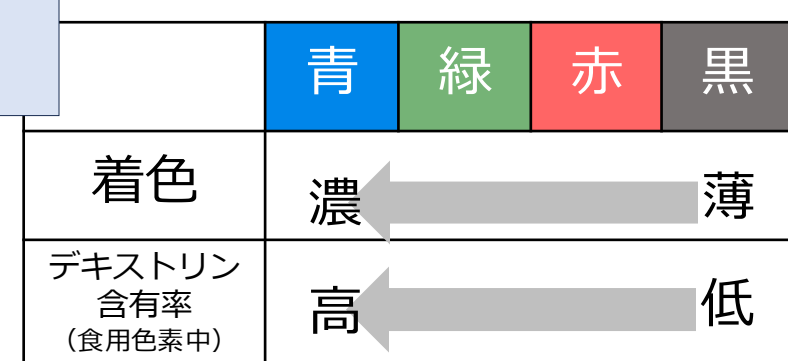
実験① 食紅混餌による着色 使用個体：錦秋鐘和

安全性、入手のしやすさの観点から市販の食用色素を使用



色によって着色の濃さが異なる

左真ん中：赤
左下：青
右下：緑



仮説：着色の濃さは、デキストリン濃度に影響される

実験②③ デキストリンによる影響の検証

先行研究で混餌による着色に成功しているローダミンβを用いて実験を行う。



〈使用したカイコ系統〉

実験②：錦秋鐘和 実験③：NB1系統

結果② デキストリンを飼料に加えると着色は薄くなる



結果③ 変化なし



考察②③ デキストリンは色素の吸着を阻害する

	アミラーゼ活性	体内でのデキストリンの有無	繭への着色
錦秋鐘和	△	◎	△
NB1	◎	×	◎

デキストリンの整腸作用、シルク生成時の置き換えなどが影響か

色素混餌による繭への色素輸送には、デキストリンではなく色素の特性が関係するのではないか

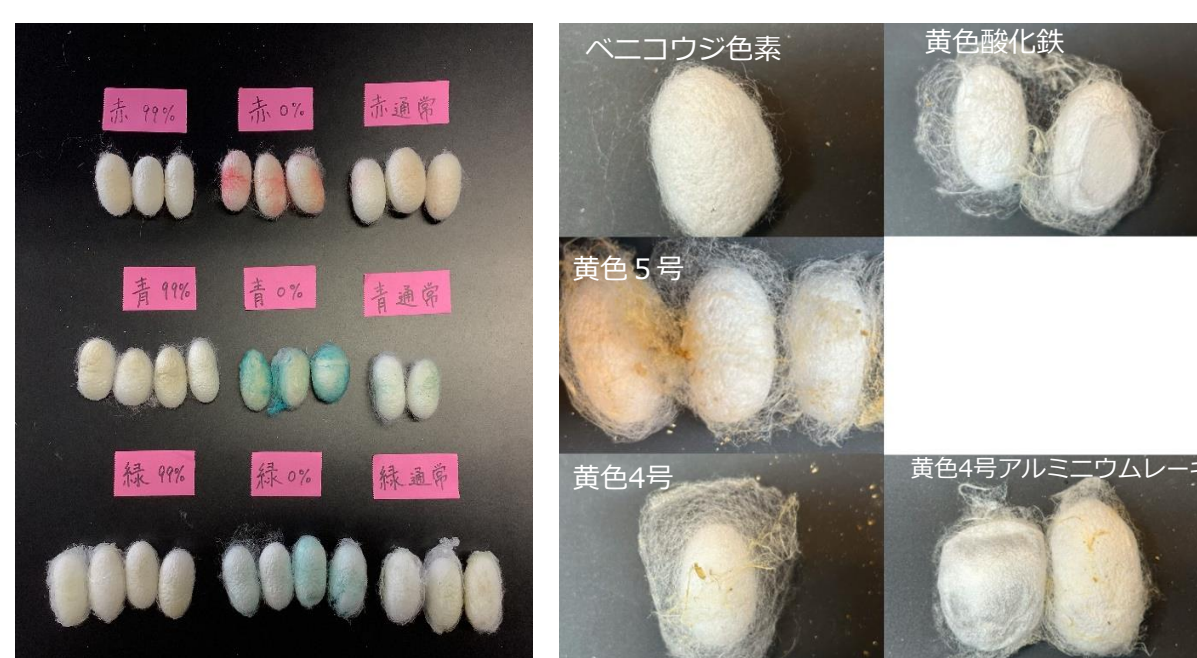
実験④ 様々な色素を混餌 使用個体：錦秋鐘和

色素の種類	選択理由
ペニコウジ色素	有機・無機
黄色酸化鉄	
黄色4号	水溶性・油溶性
黄色4号アルミニウムレーキ	
青色2号	耐酸・耐塩
黄色5号	
青色1号	
緑色3号	通常の食紅
赤色102号	

黄色4号と黄色4号アルミニウムレーキはデキストリン含有率を99%に統一したものを使用

〈色素濃度〉人工飼料に対し
・ペニコウジ色素、黄色酸化鉄→1%
・合成色素→0.1%

結果④



・色素量が多い方が濃く着色される
・毛羽と繭の真ん中あたりが濃く着色される

考察④

・色素はフィブロイン部分よりセリシン部分に入り込みやすい

実験⑤ 色素混餌実験 -受動輸送-

輸送が確認されているCNT,CNF,ローダミンβの共通点は、その粒子径の小ささ(ナノサイズ)

→混餌物質は拡散で輸送されるのではと考え、溶解性と分子量に着目して実験

色素	分子量	溶解性
ローダミンβ	479	脂溶性
赤色104号	580	水溶性
赤色105号	1017	水溶性
赤色106号	929	水溶性
青色1号	808	水溶性
青色2号	792	水溶性
緑色3号	466	水溶性
黄色4号アルミニウムレーキ	534	油溶性

※一般的に分子量500以下なら細胞膜の透過可

結果⑤ 繭への着色状況に、溶解性・分子量は依存しない

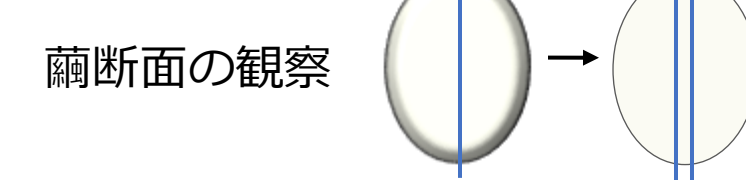


- 1.全ての色素において着色が見られた
- 2.繭の中心部が濃く着色された
- 3.脂溶性色素と水溶性色素で染まり方が異なった

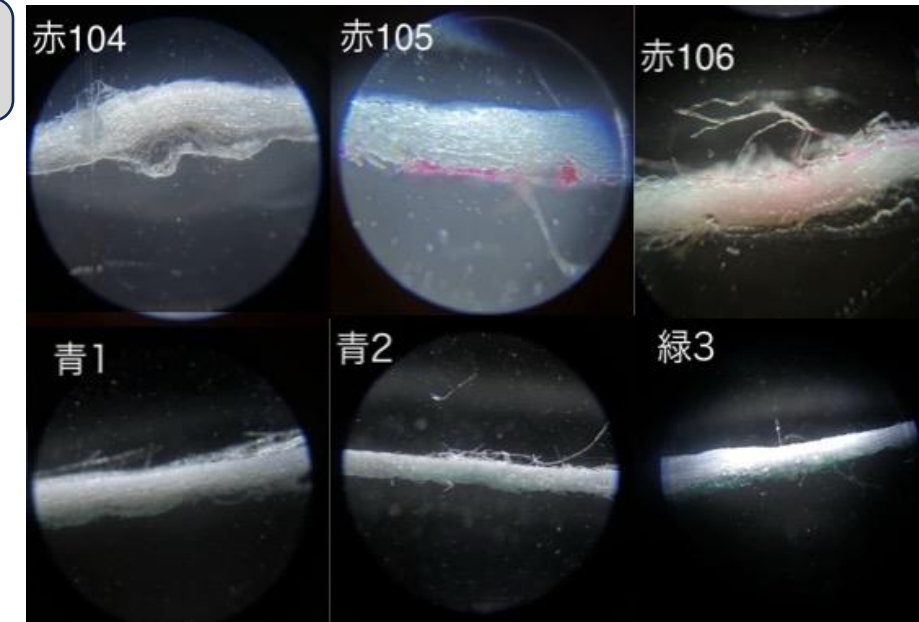
これらに関し、実験⑥⑦、考察⑧を行った

実験⑥ 繭への色素の着色状況の観察

実験⑥：繭の中心部が濃く着色されている
→外から付着した色素なのか(毛細管現象によって中心部が濃くなる) or カイコが吐き出した糸に取り込まれているのか



結果⑥



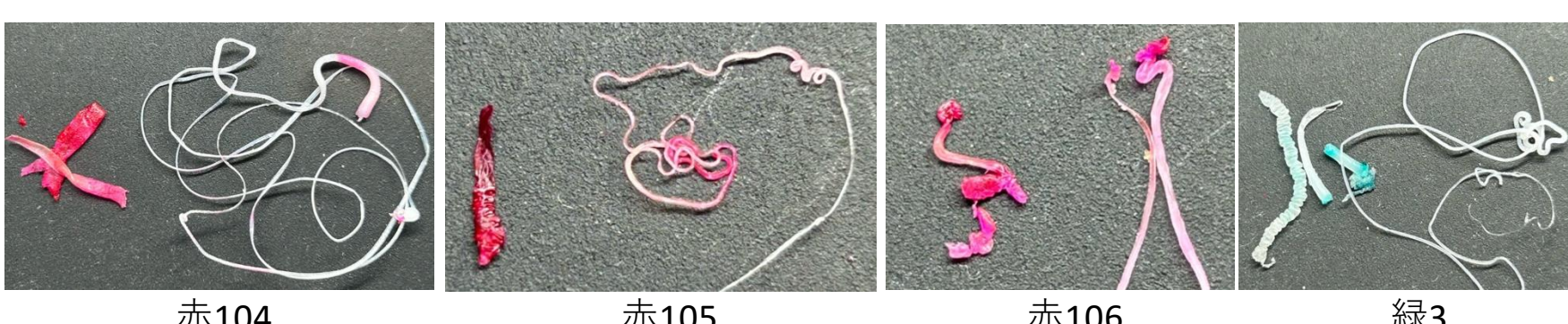
赤104、赤106
→糸に着色されている
その他
→表面に付着

実験⑦ 絹糸腺の色素透過実験

仮説「拡散で色素が輸送されるのであれば、繭への色素輸送状況と 絹糸腺の色素透過試験の結果は対応するはず」

- ①0.8%生理食塩水に色素を溶解
- ②通常の飼料で育てたカイコから絹糸腺を摘出
- ③絹糸腺を①の溶液に30分浸し、着色を確認
- ④③の絹糸腺をエタノールに浸し、フィブロインを分離

結果⑦ 対応せず



考察⑦ 腸→絹糸腺は拡散ではない輸送方法で輸送される
ex) CYBのような役割の何かがある、特異的に物質を取り込む機能(細胞膜)

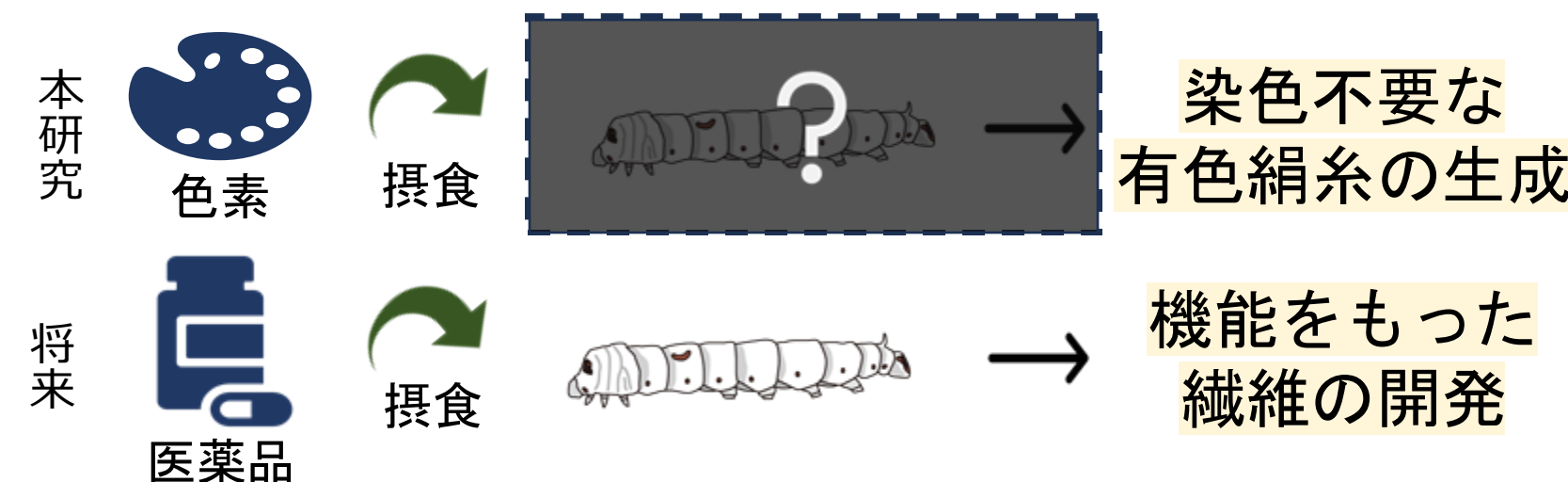
考察⑧ ・脂溶性色素
→リポボリン(脂質輸送タンパク質)によって輸送される
輸送方法の差によるもの?

まとめ

- (1)混餌した色素によって着色箇所や着色具合が異なった。その違いの原因として、細胞膜の機能やCYBのような役割を果たす何かの存在があるのではないかと考えられる。
- (2)粒子径が小さい物質は拡散によって輸送される。
- (3)系統により絹タンパクへの色素の溶け込み具合や生体機能の強さが異なる。

展望

カイコが摂取した物質が繭糸に輸送される仕組み・条件を解明することにより、付加価値を加えた機能性繊維の開発に繋がるのではないかと考える。



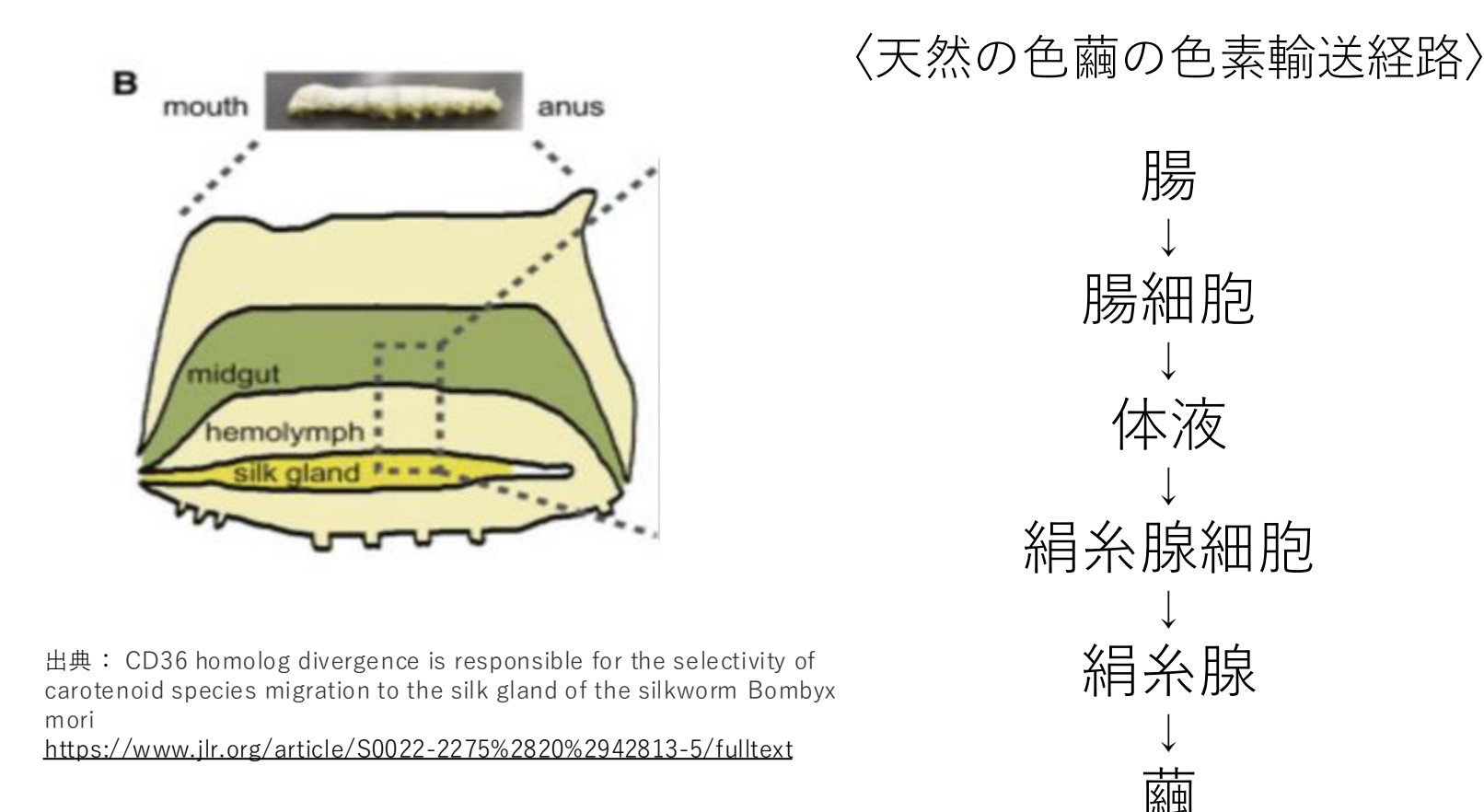
生き物と人の生活の橋渡しの役割

謝辞

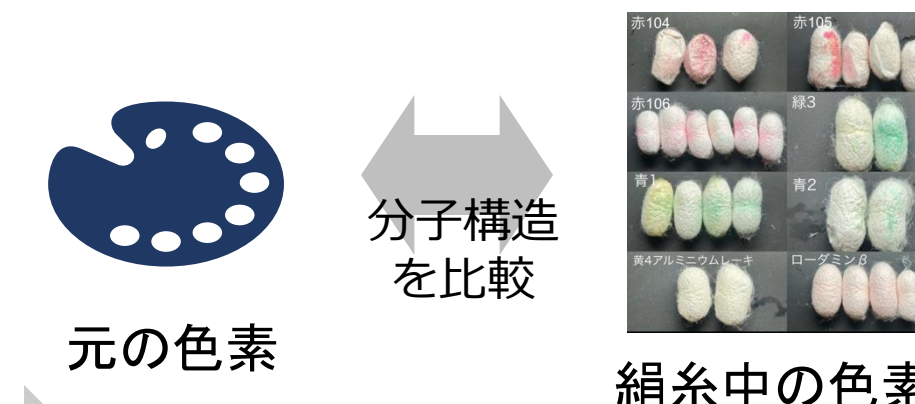
本研究にあたり、島根大学GSC松田みゆき先生、山本達之先生、ヘマンス・ヌータラパティ先生、香蘭女学校理科の先生方、Advance Labの皆様、ダイワ化成株式会社様、紅不二化学工業株式会社様、農工大学大学院蚕学研究室 伊藤克彦先生、駒ヶ根シルクミュージアム館長 九州大学名誉教授 伴野豊先生、アンザワ養蚕様、坂本聖五先生に心より感謝いたします。

今後の予定

ラマン分光法を用いた有色絹糸の分子構造の解析



色素が体内で代謝されて化学構造が変化しているのではないかと
(共役二重結合が崩壊しない程度or抱合系)



色素の構造変化の解明を試みる

参考文献

- ・中沢浩, 松坂裕之『高校生・化学宣言PART9 高校生化学グランドコンテストドキュメント』株式会社遊タイム出版, 2016年
- ・吉田隆『カイコの実験』株式会社エヌ・ティー・エス, 2019年
- ・岸弘子, 清水治 2001年『染料添加人工飼料による多様なカラー繭の作出』『群馬県蚕業試験場研究報告』7号 29-32