

高等学校 理科（生物） 学習指導案

指導者 樋口 洋仁

日時 平成 29 年 10 月 14 日（土）第 1 限（9：30～10：20）

場所 第 2 生物教室

学年・組 高等学校第Ⅱ年 22 人（男子 15 人，女子 7 人）

単元 代謝

- 目標
1. 呼吸において有機物が分解され、ATP が合成される過程を理解する。
 2. 光合成において光エネルギーが化学エネルギーに変換される過程を理解する。
 3. 窒素同化について理解する。
 4. 代謝に関する探究活動を通して、学習内容の理解を深めるとともに、科学的に探究する能力を高める。

指導計画（全 16 時間）

第一次	代謝とエネルギー代謝	1 時間
第二次	異化	4 時間
第三次	異化に関する探究活動	2 時間
第四次	同化（炭酸同化と窒素同化）	5 時間
第五次	同化に関する探究活動	4 時間（本時 3 / 4）

授業について

本単元では、同化に関する探究活動として「なぜ作用スペクトルは緑色光で 0 にならないのか」という問いを設定した。教科書や資料集では、「吸収スペクトル」と「作用スペクトル」のグラフは必ず掲載されているが、緑色光を吸収する光合成色素についての言及がないにもかかわらず、緑色光付近の作用スペクトルは 0 にはなっていない。昨年度の授業で生徒から出たこの質問を題材として、今回の探究活動を設定した。前時に、薄層クロマトグラフィー（Thin Layer Chromatography, 以下 TLC）により、緑色植物に含まれる光合成色素の抽出を行い、TLC の原理や方法について学んだ後、「なぜ作用スペクトルは緑色光で 0 にならないのか」という問いについて各個人で仮説を立て、グループで共有話し合ったのち、「光合成色素の中には、緑色光を吸収するものがある」という仮説を全体で共有した。本時では、その仮説を検証するため、TLC により緑藻、褐藻、紅藻、シアノバクテリアに含まれる光合成色素の抽出を行う。また、得られた結果から、実験に用いた各種の生物のもつ光合成色素の特徴や、それらの生活様式について類推する。

探究活動の流れとしては、① 各個人で課題に対する仮説を考える（内化）→ ② グループで意見を共有し、クラス共通の仮説を設定する（外化）→ ③ 実験を行い、その結果から仮説の検証を各個人で行う（内化）→ ④ グループで検証結果を共有し、意見をまとめる（外化）→ ⑤ 他グループに自分たちのグループの意見を発表する（外化）→ ⑥ 各個人で再度問いに対する自分の考えをまとめ、理解を深める（内化）とした。本時は、③ からの展開となる。

題目 探究活動「なぜ作用スペクトルは緑色光で 0 にならないのか」

本時の目標

1. 光合成色素の種類とそれぞれが吸収する光の波長の関係を理解する。
2. 光合成を行う生物に含まれる光合成色素には、共通性と多様性があることを、多くの生物的・非生物的要因が互いに関与し、それらに有機的な関連があることと結び付けて考察することができる。
3. 薄層クロマトグラフィーおよび Rf 値の原理を理解し、実験を行うことができる。

本時の評価規準（観点／方法）

- 藻類に含まれる光合成色素の共通点と相違点を見出し、既存の学習内容や新たな知識を正しく結びつけて科学的に説明することができる。（思考・判断・表現／ワークシートへの記述）
- 薄層クロマトグラフィーの方法を習得し、Rf 値から色素を同定できる。（観察・実験の技能／ワークシート）

本時の学習指導過程

学習内容	学習活動	指導上の留意点
導入	○課題と仮説の再確認	○本時の学習内容・活動に対する見直しを持たせる。
展開① ・実験方法の確認 ・実験の準備 ・実験	○実験方法を確認し、実験への見直しを持つ。 ○実験材料・器具を準備する。 ○各材料について TLC を行い、光合成色素の抽出を行う。	○実験の注意事項を再度確認させる。 ○グループ内での役割分担を確認させる。 ○実験中の安全メガネの着用を徹底する。 ○安全指導を中心に机間指導を行い、質問は、グループ内で解決するよう促す。
展開② ・結果の考察	○Rf 値を求める。 ○各自で考察を行った後、グループ内で共有し、ホワイトボードシートにまとめる。	○正しく Rf 値を求めることができる 【観察・実験の技能】
(展開③) ・考察の共有	○各グループの考察を発表する。 ○期待される内容 ・光合成を行う生物は、緑色光を吸収する光合成色素をもつ。 ・藻類は、多くの色を吸収することで、光の届きにくい水中でも光合成を行うことができる。	※授業内で難しければ次時に行う。 ○適宜メモを取るよう促す。
終結 ・まとめ	○問いに対する答えを、各自でまとめる。	○これまでの学習内容と実験結果などを正しく結びつけ、科学的に説明できている。【思考・判断・表現】
備考 教科書：高等学校 生物（第一学習社） 副教材：四訂版 スクエア最新図説生物（第一学習社） 材料：緑藻，紅藻，褐藻，シアノバクテリア 器具：展開容器，ふた，細口ピペット，乳鉢，乳棒，シリカゲル（粉末），クロマトグラフィー用 TLC シート，マイクロチューブ，ピンセット 薬品：色素抽出液（ジエチルエーテル），展開液（石油エーテル：アセトン＝7：3）		

「なぜ作用スペクトルは緑色光でも0にならないのか」



出典) 第一学習社『4訂版 スクエア最新図説生物』p.51.

【自分の仮説】

【グループの仮説】

【仮説の検証方法、必要な情報など】

実験「緑色植物の光合成色素の分離」

【目的】

薄層クロマトグラフィー (Thin Layer Chromatography、TLC) を用いて、緑色植物に含まれる光合成色素を調べる。

【TLCの原理】

光合成色素の、展開液との親和性の強弱によって、色素を分離する方法をクロマトグラフィーという。展開液との親和性の強い色素(脂溶性)は、溶媒とともに上昇し、水との親和性が強い色素(水溶性)はあまり動かないことを利用している。薄層クロマトグラフィーでは、ガラスやプラスチックの上に、シリカゲル(いろいろな物質を吸着しやすい)などの粉末を薄く塗り、展開液とシリカゲルの親和性の違いによって分離を行う。

【材料・実験器具】

材料 緑色植物の葉 ()

実験器具 展開容器、ふた、駒込ピペット、乳鉢、乳棒、シリカゲル(粉末)、TLCシート(2cm×8cm)、マイクロチューブ、ピペットチップ、ピンセット、安全メガネ、薬包紙、薬さじ、遠心分離機、ラミネーター

薬品 色素抽出液(ゾルフェール)、展開液(石油エーテル：アセトン=7：3)

【実験方法】 **※必ず安全メガネを着用のこと!!**

- 葉を細かくちぎって乳鉢に入れ、少量のシリカゲルを加えてよくすりつぶし、粉末状にする。
- (1)で得られた粉末をマイクロチューブの1/2のところまで入れ、ジエチルエーテル1mLを加えてよく攪拌、数分置いて色素を抽出する(必要に応じて遠心分離機を使う)。
- TLC用シートの両端からそれぞれ1cmの位置に鉛筆で直線を引き、片方の線の上にピペットチップを用いて色素抽出液をつける。抽出液をつけた点を原点、もう片方の線を溶媒前線とする。原点の直径は5mm程度とし、色素が濃くなるように、乾かしながら色素抽出液を繰り返し(10回程度)つける。
- ピンセットを用いてプレートを展開液に静かに浸し、すぐにふたをする。
- 展開液が溶媒前線まで達したら、すぐにピンセットでプレートを容器から取り出し、分離した色素の輪郭を鉛筆で素早く描いた後、教卓でラミネートする。
- 分離した色素の色を確認し、移動率(Rf値)を求めて記録する(小数第3位を四捨五入して、小数第2位まで求めること)。

$$Rf \text{ 値} = \frac{\text{“原点から分離した色素の中心までの距離”}}{\text{“原点から溶媒前線までの距離”}}$$

【結果】

スポットの位置と色を記録し、それぞれのRf値を記入しなさい。



【考察】

表を参考に、緑色植物に含まれる光合成色素を挙げなさい。また、それらの色素に共通する化学的性質を答えなさい。

(色素)

色素	色	Rf値
カロテン	橙 色	0.9~1.0
フキイサルト	ネオキサンチン	黄 色
	ピオラキサンチン	黄 色
	ルテイン	黄 色
クロロフィルa	青緑色	0.5~0.6
クロロフィルb	黄緑色	0.4~0.5
その他の色素		
その他の色素		
その他の色素		
その他の色素		

(性質)

【気づき・感想など】

実験「光合成生物の光合成色素の分離」

【目的】

薄層クロマトグラフィー (TLC) を用いて、各藻類およびシアノバクテリアに含まれる光合成色素を調べる

【材料・実験器具】

材料 褐藻類 (ワカメ)、紅藻類 (スサビノリ)、緑藻類 (アオミドロ)、シアノバクテリア (ユレモ)

実験器具 展開容器、ふた、駒込ピペット、乳鉢、乳棒、シリカゲル (粉末)、TLC シート (4cm×8cm)、マイクロチューブ、ピペットチップ、ピンセット、安全メガネ、薬包紙、薬さじ、遠心分離機、ラミネーター

薬品 色素抽出液 (ジエチルエーテル)、展開液 (石油エーテル : アセトン = 7 : 3)

【実験方法】 **※必ず安全メガネを着用のこと!!**

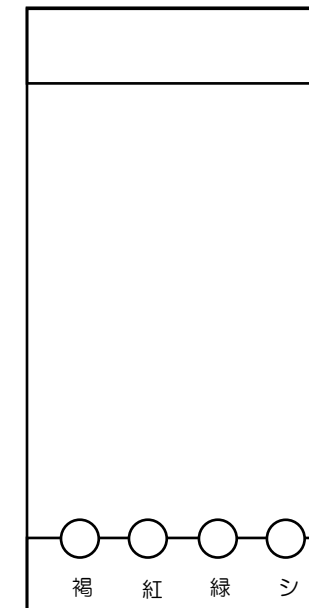
- 材料を乳鉢に入れ、少量のシリカゲルを加えてよくすりつぶし、粉末状にする。
- 得られた粉末をマイクロチューブの 1/2 のところまで入れ、ジエチルエーテル 1mL を加えて色素を抽出する。
- TLC シートの両端からそれぞれ 1cm の位置に鉛筆で直線を引き、片方の線の上にピペットチップを用いて色素抽出液をつける。色素抽出液をつけた点を原点、もう片方の線を溶媒前線とする。原点の直径は 5mm 程度とし、色素が濃くなるように、乾かしながら色素抽出液をくり返し (10~20 回) つける。
- ピンセットを用いて TLC シートを展開液に静かに浸し、すぐにふたをする。
- 展開液が溶媒前線まで達したら、すぐにピンセットで TLC シートを容器から取り出し、分離した色素の輪郭を鉛筆で素早く描いた後、教卓でラミネートする。
- 分離した色素の色を記録し、Rf 値を求める (小数第 3 位を四捨五入して、小数第 2 位まで求めること)。

【結果】

- 試験管内の溶液や残渣の様子について、気づいたことを記録しなさい。

ワカメ	
スサビノリ	
アオミドロ	
ユレモ	

- 各スポットの位置と色、Rf 値を記録しなさい。



【考察】

求めた Rf 値から、各生物に含まれると考えられる光合成色素に○をつけなさい。

光合成色素	色	Rf 値	ワカメ (褐藻類)	スサビノリ (紅藻類)	アオミドロ (緑藻類)	ユレモ (シアノバクテリア)
クロフィル a	青緑	0.5~0.6				
クロフィル b	黄緑	0.4~0.5				
クロフィル c	薄緑	0.1				
カロテノイド	橙黄	0.9~1.0				
キサントフィル	ルテイン	黄	0.3~0.4			
	ジオキサントフィル	黄	0.2~0.3			
	ネオキサントフィル	黄	0.1~0.2			
	ペリキサントフィル	褐/橙	0.3~0.4			
フィコイチン	灰	0.6~0.7				
フィコビリリン	青・赤					

【気づき・感想など】

問い

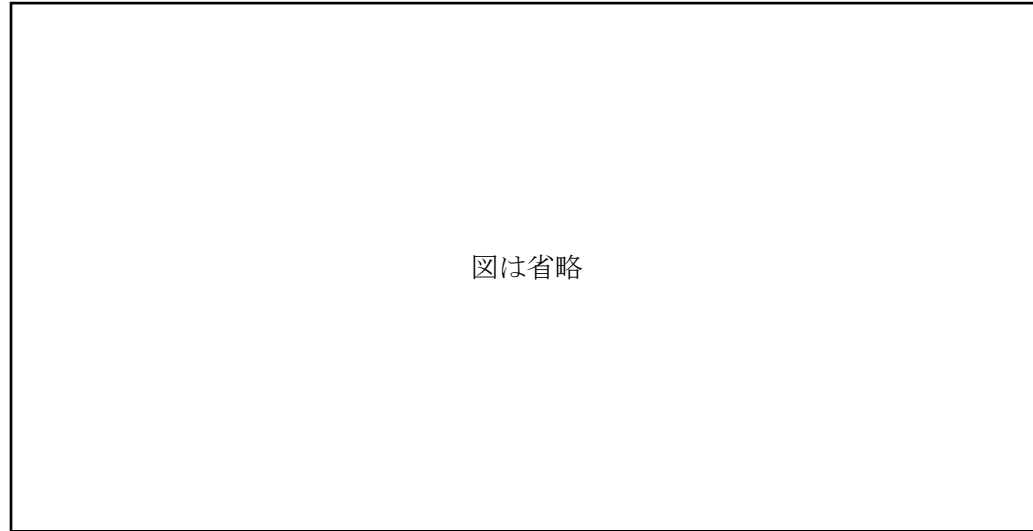
作用スペクトルが緑色光でも0にならないことは、光合成を行う生物にとってどのような利点があるか。実験で用いたそれぞれの生物の生息環境と併せて考察しなさい。

◎実験結果や資料をふまえた自分の考え

◎グループの考え

◎問いに対する自分の考え(まとめ)

【資料①】



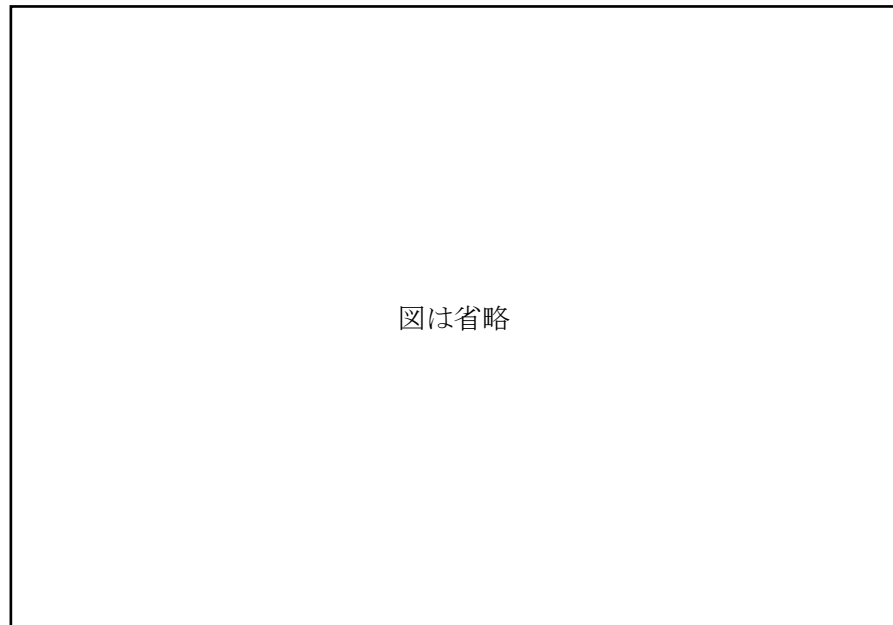
出典) 数研出版『フォトサイエンス生物図録』p.52

【資料③】



出典) 浜島書店『ニューステージ 新生物図表』 p.147.

【資料②】



出典) 数研出版『フォトサイエンス生物図録』p.53

【資料④】

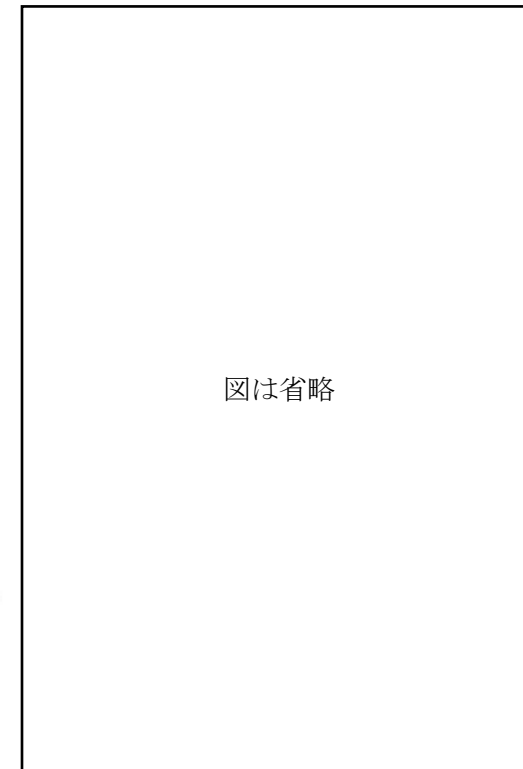


図 2.3 水深と透過する光の色の関係
上の図は汚い池などの場合、中の図は内海の場合、下の図は外海の場合。
Levine and Macnichol (1982) Scientific American を参考に作成。
出典) 三村徹郎・川井浩史編『光合成生物の進化と生命科学』p.22

探究活動「光合成と光合成色素⑤」

2017年10月18日(水)2限

【発展課題】

図は、陸上植物の生葉と色素抽出液の吸収スペクトルを示したものである。このような違いがみられる理由を、葉の構造に着目して答えなさい。

図は省略

出典) 浜島書店『ニューステージ 新生物図表』p.147

実践上の留意点

1. 授業説明

本時の授業では、高等学校生物の2番目の単元である「代謝」のまとめとしての探究活動を設定した。TLCを用いた光合成色素の抽出実験では、畝(2003)に代表されるように、進化の観点から考察させる授業実践が報告されている。今回、新たな切り口として、光の波長と光合成色素の多様性を結びつけて考察させることを提案した。本探究活動では、「なぜ、緑色光で作用スペクトルが0にならないのか」という過去の生徒の質問をもとに課題を設定した。本時では、予定していた内容を時間内に終わることができなかったが、最終的には、陸上植物も緑色光を吸収して光合成を行っていることを、生葉の光の吸収量から読み取り、葉の構造と関連付けて考察させたいと考えている。

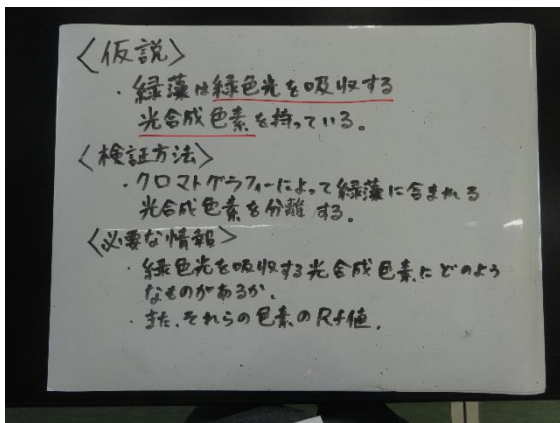


図1 生徒の立てた仮説の例

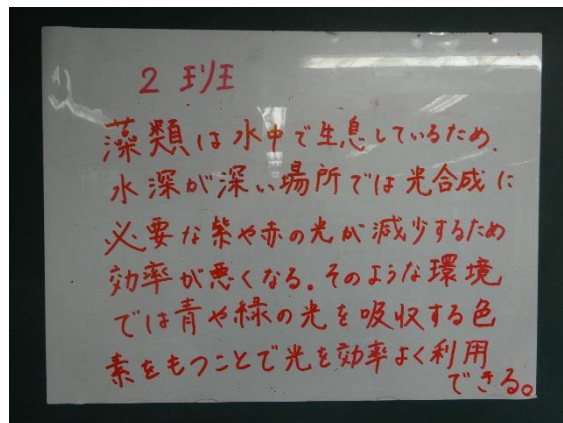


図2 生徒の考察の例

2. 質疑応答

Q: 仮説を導くまでのプロセスを教えてください。

A: 前時では、教科書や資料集などをもとに、作用スペクトルは緑色光で0にならない理由を個人で考えさせ、グループ内で相互に交換させて仮説を立てさせた。また、仮説を検証する方法をグループで考えさせ、クラス全体で検証可能かどうかを検討させた。

Q: 外化の工夫は何か。

A: 簡単すぎず、難しすぎない問いを設定することである。最初は生徒自身が教科書を見れば分かる、教師が参考ページを示して支援すれば分かるといったレベルの問いが考えられる。そこから次第にステップアップしながら、最終的には生徒どうしで解決できるような問いが理想である。

Q: 高等学校学習指導要領は告示されていないが、「見方・考え方」を働かせるための授業づくりのポイントは何か。

A: 知識理解の質を高めるような深い学びを導くために、学術論文や書籍、思考を問う構成になっている大学入試問題を読んで情報を収集したり、授業や休憩時間の生徒のつぶやきをもとに、問いを設定したり、どのような活動を通じて、どのような思考の過程を踏んで深めさせるのかを常に意識して考えるようにしている。生徒が自らの学びを実感できれば、自分から新たな問いを立て、学びを深めていくことができると考えている。

Q: 今日の授業における、深い学びができた具体的な生徒の姿は何か。また、内化と外化を通して深い学びに導くことができているかの手続きをどうすればよいか。

A: 自身で立てた仮説の検証について、実験結果や資料、ディスカッションをもとに、自分の言葉で科学的に記述・説明できるようになることであると考えている。内化と外化が連続的につながっているか、机間指導やレポート、試験などを通じて教員はもちろん、生徒自身が自らの学びを振り返ることが必要であり、評価と一体的に考えていくことが肝要である。