

## 「第 17 回一日体験講座」レポート

### —楽しい科学実験の構築に向けて—

阿久津和彦\*<sup>1</sup>      清田恭平\*<sup>1</sup>      吉田俊明\*<sup>2</sup>  
木村明生\*<sup>2</sup>      梶村計志\*<sup>1</sup>      尾花裕孝\*<sup>3</sup>

平成 25 年 10 月に、大阪市立環境科学研究所がこれまで実施してきた市民向け一日体験講座に共同参加する機会を得た。今後の当所における参考情報として、今回の体験講座の概要をまとめた。

キーワード：着色料、タール色素、毛糸染色、薄層クロマトグラフィー

Keywords: food colors, coal-tar colors, wool dyeing, thin-layer chromatography

大阪市立環境科学研究所(環科研)では、以前から、市民や学生など様々な層を対象とした参加型の実習、観察会、環境調査、講座、教室等の数多くの企画を実施してきている。一日体験講座は、簡単な実験を通じて市民に研究所の業務と役割を身近に感じてもらうことを目的として、17 年前から毎年の実施を定着させている参加型企画の一つである。

当所(公衛研)では、市民向けの参加型企画の実施経験がこれまでなかったが、昨年、環科研が実施してきた一日体験講座に初めて共催の形で参加する機会を得た。実験室や実験資材・器具類の提供等、環科研からの全面的支援により実現した今回の取り組みは、環科研にこれまでに蓄積された講演と参加型実習の複合形式手法、内容設定、時間配分、配布資料の作成方法、受付等の手順、進行方法と役割分担、アンケート実施方法等に関する様々なノウハウを得る機会ともなった。今後、当所において市民向けの参加型企画に取り組む際の参考とするため、今回の一日体験講座への参加で得られた情報等を整理した。

## 方法

### 1. 開催日時および場所

\*<sup>1</sup> 大阪府立公衆衛生研究所 衛生化学部 食品化学課

\*<sup>2</sup> 大阪府立公衆衛生研究所 企画総務部 企画調整課

\*<sup>3</sup> 大阪府立公衆衛生研究所 衛生化学部

Report of 17th one-day workshop — toward the development of enjoyable science experiments

by Kazuhiko AKUTSU, Kyohei KIYOTA, Toshiaki YOSHIDA, Akio KIMURA, Keiji KAJIMURA, and Hirota OBANA

開催日時、場所、時間配分は全て環科研が企画・決定した。今回の体験講座は、平成 25 年 10 月 26 日(土)の 13 時～16 時に環科研にて開催された。環科研が A コース「測ってみよう! 果汁のビタミン C」、公衛研が B コース「食品中の天然色素と合成色素の違いを確認してみよう」を担当した。12 時半～13 時が受付時間、13 時～14 時が環科研の所長挨拶および両コース合同での講義、14 時～16 時が実習という時間配分であった。

### 2. 対象者

対象者および申込・受付方法については環科研が設定して関連作業を実施した。高校生以上の一般市民を対象として参加者を募集した。開催日の約 4 ヶ月前から両組織関連のホームページ、広報誌、メルマガ等で体験講座の開催を告知した。受入数は各コース 20 名までとし、希望者が 20 名を超過した場合は、申込順ではなく抽選方式により参加者を決定することとした。

### 3. スタッフ

B コースでは、体験講座当日の講義および実験操作のデモンストレーションを担当する講師スタッフ 1 名の他、会場設営準備や各班の実験補助を担当するサポートスタッフ 5 名を含む計 6 名のチーム編成で体験講座に臨んだ。今回の講師スタッフは食品化学課員(食品安全室グループリーダー)が担当した。サポートスタッフの内訳は、食品化学課・企画調整課から各

2名（うち2名は課長）および衛生化学部長であり、比較的年齢層の高い人員構成であった。

#### 4. 試料

市販品の2銘柄の粒チョコレートを用いた。これらの製品はいずれも着色コーティングされており、一方の製品（A社、7色）は天然色素、もう一方の製品（B社、6色）は合成色素が使用されている。体験講座では、各班にこれらの製品を未開封状態で1包装単位ずつ配布した。A社の製品から桃色の粒チョコレートを除くと、2社の製品に含まれる粒チョコレートの色の種類は、いずれも近似的に「茶・赤・橙・黄・緑・青」の6色に分類可能である。これらの6色の粒チョコレートを色別に2銘柄の製品から取り分けて計12種類の試料とした。

また、天然色素に関連する追加実験素材として、ブルーマロウ（ウスベニアオイ）乾燥ハーブを用意した。

#### 5. 試薬類

酢酸、25%アンモニア水、エタノール、メタノール、塩化ナトリウム、硫酸ナトリウムは和光純薬工業製または関東化学製の試薬一級または同等以上のグレードの製品を用いた。また、試薬調製と試料抽出用の水にはイオン交換水を用いた。食用赤色40号（赤40）、食用黄色4号（黄4）、食用黄色5号（黄5）、食用青色1号（青1）は、日本公定書協会製の食品添加物公定書標準品を用いた。これらの標準品を水/メタノール（1:1）に溶解・混合して各0.25 mg/mLの濃度としたものを合成色素の混合標準溶液とした。

薄層クロマトグラフィー（TLC）用のC18プレートは、メルクミリポア製のRP-18F<sub>254S</sub>アルミプレートを各辺10 cmの正形状になるようにカッターで切り取って用いた。TLC展開条件の事前検討や体験講座でのスポットティングの練習には、上記プレートをさらに短冊状（1 cm×10 cm）に切り取ったものを用いた。染色実験用の毛糸は、脱脂・乾燥処理を行った東洋紡製の羊毛毛糸（中細、白色）を約15 cmずつの長さに切り取ったものを用いた。

#### 6. 装置・器具

溶液加熱用のホットプレート調理器およびTLCプレート乾燥用のヘアドライヤーは汎用品を用いた。色素の粗抽出操作には使い捨ての紙コップを用いたが、その他の器具類は理化学実験用の製品を用いた。

#### 7. TLC展開条件の検討

体験講座に備えて、劇物の有機溶媒を使用せずに4種類の酸性タール色素（黄4、黄5、赤40、青1）を分離判別できる展開条件を事前検討した。短冊状に切り取った計12枚のC18プレートの下端2 cmの位置に合成色素の混合標準溶液をスポットティングした。各プレートについて、4通りの比率（2:3、1:2、2:5、1:3）でエタノールと水、またはエタノールと無機塩の水溶液（1%硫酸ナトリウム溶液または5%塩化ナトリウム溶液）を混合した溶液を用いて、アルミホイルで密封した10 mL容の試験管内で35分間展開した後、各色素の分離状況を観察した。

#### 8. 体験講座の目的と概要

Bコースでは、講義および実習を通じて食品中の着色料やその初歩的な定性検査技術について理解を深めてもらうと共に、研究所職員との直接的な交流を通じて市民に研究所を身近に感じてもらうことを目的とした。

講義では、配布資料とスライドを用いて、着色料に関する基礎知識および今回の実習の流れと注意事項について約20分間解説した。

実習では、まず、食品試料から抽出した天然色素と合成色素を用いて酸性条件下で毛糸染色を行い、毛糸の染まり具合を比較して天然色素と合成色素の性質の違いを確認した。次に、染色した毛糸をアルカリ性溶液中で加熱して合成色素を抽出し、毛糸に対する合成色素の挙動が液性（pH）によって異なることを確認した。さらに、濃縮した抽出液を逆相TLCに供して、試料に含まれる合成色素の種類を判別した。判別結果から、B社の6色の粒チョコレートのコーティングが、包装表示通りの4種類の合成色素の組み合わせにより調色されていることを確認した。

簡単な追加実験として、アントシアニン系の天然色素を含む乾燥ハーブを水抽出して、液性の違いにより、抽出液の色調が変化することを確認した。

#### 9. アンケート調査

アンケート調査は環科研が企画して実施した。参加者にアンケート用紙を配布して、講義と実習のわかりやすさ、内容の良否、今回参加したきっかけ、その他自由意見を回答してもらい、実習終了後に用紙を回収して後日回答を集計した。参加したきっかけと自由意見以外の設問については5段階評価の選択肢から一つを選んで回答する形式であった。環科研が実施した

アンケート結果についてグラフ化および点数化を行った。

## 結果および考察

### 1. TLC 展開条件の検討

TLC を用いた酸性タール色素の定性検査では、TLC 展開溶媒として、順相系では酢酸エチルとメタノール、逆相系ではアセトニトリルとメタノールを含有する混合溶液が使用されることが多い。一方、これらはいずれも劇物指定の有機溶媒であり、市民向けの体験講座での使用は避けたいところである。そこで今回、市民向け体験講座での利用を前提とした、劇物を使用しない安全性の高い TLC 条件の検討を行った。

文献調査を行ったところ、C18 プレートおよびエタノール/硫酸カリウム水溶液を展開溶媒として用いる逆相 TLC で酸性タール色素の分離を試みた海外の報告例があった<sup>1)</sup>。当所の検査で使用している TLC 条件と比較すると、各色素のスポット形状や分離は全体的に良くないものの、エタノールと水溶液のみのシンプルな組成の展開溶媒であり、安全性や簡便性の観点から有望な条件であるので、この条件を参考に検討を行った。

その結果、単純にエタノールと水を混合しただけの展開溶媒では、対象とする 4 種類の酸性タール色素（黄 4、黄 5、赤 40、青 1）の分離が良くないが、塩化ナトリウム等の無機塩類を溶解することにより、分離が良くなることが分かった。また、塩化ナトリウムは食塩成分として一般的な認知度が高く、水に容易に溶解するので、体験講座での使用に適していると考えられた。検討の結果、C18 プレートおよびエタノール/5%塩化ナトリウム溶液（1：2）を用いることで、上記 4 種類の色素を良好に分離判別できることが分かった。そこで、この展開条件を体験講座で使用することにした。

### 2. 体験講座の実施

前日に台風 27 号が近畿地方南部を通過しており、参加者数の減少が懸念されたが、幸いに当日は天候も良く、当日の参加キャンセルは 3 名のみに留まった。

まず、本館の会議室で A コースおよび B コースの参加者に対して合同で両コースの講義を行った。その後、別棟の附設栄養専門学校の実験室に移動し、B コースの 17 名の市民参加者を 3 名または 4 名ずつ、5 つの班に分けて実習を行った（図 1）。実験室内の 3

つの実験台を、半面ずつ計 6 つのスペースに分け、中央の 1 スペースを講師スタッフが単独で使用した。残りの 5 つのスペースを各班に割り当て、各班につき 1 名のサポートスタッフを配置した。なお、理科実験においては 4 名のグループが自然な人数構成と言われており<sup>2)</sup>、今回の班分け（サポートスタッフを含めて各班 4 名または 5 名）は人数面からも妥当であったと考える。

毛糸染色および TLC のいずれについても、全ての班で期待通りの結果が得られた。追加実験では、アントシアニン系の天然色素の色調が pH により変化する現象を希望者に体験してもらった。いずれの班も時間内に予定通り実験操作を完了し、体験講座を無事に完了することができた。各班で染色した毛糸については、今回の記念作品として、配布資料に貼付したものを参加者全員に持ち帰ってもらった。展開後の TLC プレ



環科研所長の開会挨拶



講義 (A コース)



講義 (B コース)



物品の最終チェック



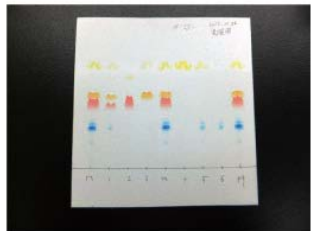
試料の抽出



毛糸染色



加熱操作の観察



展開後の TLC プレート例

図 1 体験講座当日の様子

ート（計6枚）は、チャック付きポリ袋に入れたものを一部の希望者に譲渡した。

これらの成果物（染色後の毛糸や展開後の TLC プレート）は、実験の成功を裏付ける客観的資料となるものであったが、当日はその点に思い至らなかった。各班の成果物をデジタルカメラで撮影して記録化しておかなかったことは、非常に悔やまれる点であった。

### 3. 参加者の評価

アンケート調査による B コースの参加者の評価を図 2 に示した。講義および実習のわかりやすさや内容の良否について、マイナス評価の選択肢（すこしわかりにくかった、わかりにくかった、あまりよくなかった、よくなかった）を選んだ回答者は皆無であった。参加者の自由意見も好意的なものも多く、成功と言える調査結果であった。より客観的に結果を解析するために、5 段階評価の選択肢を点数化（最高 5 点～最低 1 点）して集計し、各評価項目に関する 1 人あたりの平均点を 5 点満点で算出した（表 1）。その結果、4.5～4.9 点となり、いずれも 4 点台の得点であった。また、各評価項目の点数を比較すると、実習の方が講義より高い得点となる傾向が認められた。この結果は、実体験を伴う実習が講義より直感的かつ刺激的であること、また、講義と実習ではアンケート対象者の範囲が異なること\*の 2 点を反映したものと考えられた。

(\*B コースの講義内容に対するアンケートは A コースへの参加者も対象としているが、B コースの実習内容に対するアンケートは同コースの実習参加者のみが対象。)

なお、参加のきっかけとしては、メールマガジンや知人の紹介が多く、合わせて回答の 8 割以上を占めており、ホームページや広報誌は比較的少数であった。

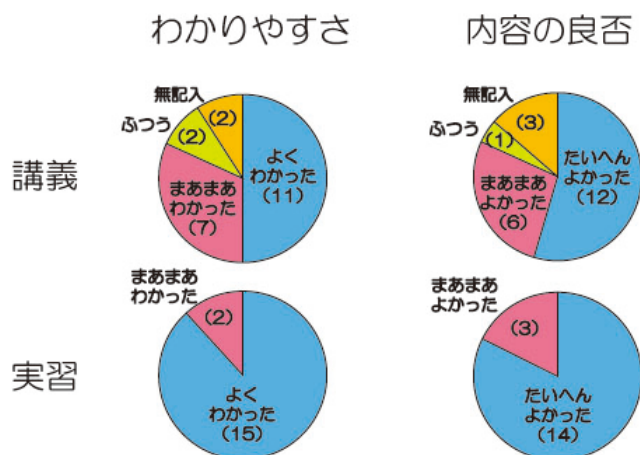


図 2 B コースに関するアンケート調査結果（括弧内の数字は回答者数）

「わかりやすさ」について「すこしわかりにくかった」または「わかりにくかった」と回答した参加者、「内容の良否」について「あまりよくなかった」または「よくなかった」と回答した参加者はいずれも 0 名であったため、上のグラフには表示していない。環科研実施のアンケート調査結果を利用。

### 4. 体験講座の準備作業に関する情報および考察

#### 4. 1. タイムスケジュール

体験講座に関連する作業のタイムスケジュールを表 2 に示した。体験講座の約 5 か月前にはテーマが決定しており、本来であれば比較的余裕のあるタイムスケジュールであったと言える。ただし、実際にはこれらの各作業の必要性やスケジュールを事前に十分に把握できていたとは言い難く、締切間際の至急対応が必要となる場面もあった。

各作業をより効率的かつ円滑に進めるために、今後は全体的なタイムスケジュールを早めに明示・共有化して準備を進めることが望ましいと考えられた。

#### 4. 2. テーマ設定

表 1 B コースに関するアンケート評価点の集計結果

評価項目	対象	有効回答数	得点（配点×回答者数）					計	1人あたり平均
			評価5	評価4	評価3	評価2	評価1		
わかりやすさ	講義	20	55	28	6	0	0	89	4.5
	実習	17	75	8	0	0	0	83	4.9
内容の良否	講義	19	60	24	3	0	0	87	4.6
	実習	17	70	12	0	0	0	82	4.8

配点および集計方法：いずれの項目も、1～5の5段階で配点した。「わかりやすさ」では、最高評価の「よくわかった」を5、最低評価の「わかりにくかった」を1とした。また「内容の良否」では、最高評価の「たいへんよかった」を5、最低評価の「よくなかった」を1とした。配点不能な無記入の回答は集計から除外した。環科研実施のアンケート調査結果を利用。

表2 関連作業のタイムスケジュール

月	日	作業内容
5	30	スタッフおよびテーマの決定
	31	Bコース案内文案の作成
6	14	両コース案内文の最終確認
8	30	シナリオの提案
9	30	両組織スタッフによる打ち合わせ※
10	4	試薬・器具準備リストの送付
	18	配布資料原稿の送付
	22	会場設営および実地リハーサル※
	25	講義スライドの最終確認
	26	体験講座当日
	28	アンケート集計結果の確認
11	29	物品引き取り※
	14	当所HPへの開催報告の掲載

※物品輸送等に公用車を利用

今回は食品化学課が主体となって B コースの実習内容を企画するという方向性が定まっていたこともあり、食品中の着色料に関連するテーマとした。これは、着色料であれば視覚的に鮮やかで分かりやすい実験が可能であることや、具体的な事例資料<sup>3)</sup>が公開されていることを考慮した上での判断である。最終的に B コースでは「食品中の天然色素と合成色素の違いを確認してみよう」というテーマを設定した。

体験講座の時間配分は実習が 14 時～16 時であり、デモンストレーションも含めて 2 時間以内に完了する実習内容を構築する必要があった。作業フローの過密化を避けて糸染色のみの実施とすべきか判断に迷うところであったが、最終的に「方法」の部に示した実習計画を構築し、TLC も含めることにした。なお、色素溶液の吸光スペクトルを測定して光の波長と色との関係について学習する案や、糸染色のバリエーションとして、ナイロンやセルロース等、羊毛以外の素材の繊維製品を染色する比較実験を実施する案もあったが、時間や設備の都合から今回は実施を見送ることにした。

参考資料として過去の体験講座のテーマ一覧を表3に示した。環科研主催により実施された平成9年度～24年度の計32テーマを大別すると、飲料水の水質(硬度等)が6件、食品栄養成分(ポリフェノール、ビタ

表3 過去に環科研が実施した一日体験講座のテーマ一覧

年度	タイトル
H9	おいしい水ってどんな水
	目で見る話題の栄養成分
H10	おいしい水ってどんな水
	魚の寄生虫を見よう
H11	知らなきゃ損するプラスチックの特性
	部屋の空気の汚れを調べよう
H12	プラスチックの種類判別
	気になる”におい”の測定
H13	香りを楽しもう～あなたはどんな香りをお好みですか～
	食品の正しい知識～食品中の油の酸化について～
H14	部屋の空気の汚れを調べよう
	食品の正しい知識～食品中の油の酸化について～
H15	遺伝子(DNA)を見よう
	部屋の空気の汚れを調べよう
H16	あなたの蛇口からの水道の水質は?
	遺伝子(DNA)を見よう
H17	あなたの蛇口からの水道の水質は?
	ビフィズス菌を見よう
H18	あなたの唾液のデンプン消化力実験
	私たちの生活を考えてみようごみの減量とリサイクル
H19	ビフィズス菌を見よう
	私たちの生活を考えてみようごみの減量とリサイクル
H20	唾液で判る?あなたのストレス -唾液のデンプン消化力実験-
	あなたのお家のホルムアルデヒド濃度を測ってみませんか
H21	あなたのお家のホルムアルデヒド濃度を測ってみませんか
	緑茶のポリフェノールを測ってみよう
H22	ミネラルウォーターの硬度を測定しよう。 あなたは軟水派or硬水派
	お茶のポリフェノール(カテキン)を測ってみよう
H23	測ってみよう!果汁のビタミンC
	ミネラルウォーターの硬度を測定しよう。 あなたは軟水派or硬水派
H24	リンを測ってみよう。日常生活で捨てられているリン
	測ってみよう!果汁のビタミンC(中止)
H25	測ってみよう!果汁のビタミンC
	食品中の天然色素と合成色素の違いを確認してみよう※

※公衛研側が今回担当したテーマ

ミンC)が5件(うち1件は中止)、屋内大気(ホルムアルデヒド、空気の汚れ)が5件、生化学物質(消化酵素、DNA)が4件、生体内生物(寄生虫、ビフィズス菌)が3件、環境問題(ごみ問題、リン)が3件、臭い・香り成分が2件、家庭用品(プラスチック)が2件、油脂の酸化が2件の内訳となり、食品中の着色料については過去の一日体験講座では前例のないテーマであった(ただし、環科研の別の参加型企画では実施例あり)。

なお、体験講座の準備に必要な労力を考慮すると、過去に実施したテーマとの重複は特に否定すべきものではなく、毎回新たなテーマや実習内容を一から企画する必要性は特にないと考える。

#### 4. 3. 試料

当初の企画段階では、粒チョコレートとグミキャンデーを用いて毛糸染色を行う方向で検討を進めていたが、時間の都合により、今回は抽出が容易な粒チョコレートのみを試料とすることにした。なお、用いた2銘柄の粒チョコレートについては、あらかじめスタッフ側で3粒ずつ色分けして各班に配布した方が当日の作業時間をより短縮できたのであるが、あえて未開封の包装品を各班に配布した。その意図は2つあり、1つは試料が市販菓子そのものであること（小細工がないこと）を参加者に得心してもらうことであり、もう1つは、包装品の開封や中身の色分けという簡単なウォームアップ作業からスタートすることで、班分け直後の参加者の緊張感や不安感を和らげ、より積極性を引き出すことであった。当日は講師スタッフより先に色分け作業を終えて次の実験操作を開始していた班もあり、期待した効果が得られたのではないと思う。

その他、空き時間が生じた際に備えて、乾燥ハーブとして市販されているブルーマロウを準備した。ブルーマロウは紫キャベツ（赤キャベツ）と同様にアントシアニン系の天然色素を含んでおり、水で抽出した溶液に弱酸・弱アルカリ溶液を加えて液性を変えると瞬時に色が変わる。この性質を利用して、短時間でインパクトのある実験を行うことが可能である。また、乾燥品であるため、室温下で長期保存が可能である点や、軽量で場所を取らずに手軽に運搬できる点が、予備的な実験素材として優れていると考える。

#### 4. 4. 試薬類および装置・器具類

今回、Bコースでは「科学検査の一端に触れてもらう」ことをコンセプトとして、TLCプレートや展開槽等、実際の着色料検査で用いるグレードの製品を準備した。

一方、各家庭での追試や自由研究への応用性を重視して、一般市民が入手可能な日用品のみを用いて「家庭でもできる」実習を構築するのも一案であろう。今回のBコースの実習内容についても「家庭でもできる」をコンセプトにして簡易化することが可能である。まず、液性調整用の酸・アルカリ溶液には、市販の食酢

および薬用アンモニア水を使用できる。また、ビーカー、ガラス棒、毛細管等の器具類は、各々使い捨ての紙コップ・耐熱プリンカップ、割り箸・竹串、つまようじ等の日用品で代用可能であろう。抽出溶液の加熱装置に、ホットプレートより手軽な電子レンジを用いる手法もある<sup>4)</sup>。着色料の分離判別に関しては、牛乳パッククロマトグラフィー<sup>5)</sup>のアイデアが活用できるかと思う。

#### 4. 5. 配布資料およびスライド

体験講座の資料については、Aコースと一括して環科研側でコピー製版したものを配布するため、カラー印刷の利点を活用できない制限があった。そこで、操作の解説には写真を用いず、線画イラストを用いることにした（参考資料1-1～1-5）。線画イラストの特長として、（1）コントラストが明瞭で複写時の画質の変化が少ない、（2）背景がシンプルで補足・解説用の文字情報との相性が良い、（3）操作のポイントを抽象化して強調しやすい等が挙げられる。

一方、実際の講義で使用するスライドには特にカラー制限が無いため、参加者の興味を引き付け、実際の操作や使用物品のイメージをより直接的に伝えることを目的として、配布資料とは対照的にカラー画像を多用することにした（参考資料2-1～2-3）。なお、一部の画像は「改訂原色食品衛生図鑑」<sup>6)</sup>または大阪市Webページ<sup>7)</sup>、著作権フリー素材集等から、適宜出典を明記して引用した。スライドの配色やレイアウトについては「伝わるデザイン 研究発表のユニバーサルデザイン」のWebサイト<sup>8)</sup>の情報を参考にした。

#### 4. 6. 安全面への配慮

今回の実習では酸・アルカリ溶液やエタノールを使用した実験操作を行うことから、身体保護具として保護眼鏡、簡易活性炭マスク、使い捨てエプロン、使い捨て手袋を参加者に配布し、実習中はこれらの保護具を原則着用することとした。また、軍手を各班に1双ずつ配布し、加熱溶液の取扱時など必要に応じて着用することとした。酢酸やアンモニアを含有する溶液の加熱操作はドラフトチャンバー内で行った。なお、配布資料原稿の提出時点ではTLC条件が未定（劇物使用の可能性あり）だったため、展開操作をドラフトチャンバー内で実施する旨の注釈を記載したが（参考資料1-4上段）、その後、有害性の低い展開条件（劇物不使用）を構築できたことから、当初の方針を変更して、より参加者が観察しやすい各班の実験台上でTLC

を行った。実習中は飲食禁止である旨を周知し、余った食品試料は全て回収処分した。

#### 4. 7. リハーサル

体験講座の4日前に、必要な物品や試薬類の最終チェックを兼ねて実習のリハーサルを行った。各スタッフから幾つかの時間短縮のためのアイデアや細部の修正意見が提案され、開催当日に向けて効果的なリハーサルを実施することができた。今回の参画スタッフには着色料検査の未経験者も含まれていたため、より一般市民（初心者）に近い視点で各実験操作を検証することができた。体験講座では、基礎知識や技術レベルが異なる集団に柔軟に対応する必要がある。そのため、横断的なスタッフ混成チームを編成してリハーサルに臨むことは有用であろう。

#### 5. 情報の共有化

今回、スタッフ間の情報伝達は、主として口頭およびメールにて行った。この方法は一般的なものであるが、中長期的なプロジェクトにおいては伝達内容の遡及や全体的な俯瞰が難しい面がある。また、基本的に当事者以外には情報が伝達されない方法でもある。

今後の体験講座において、新参スタッフが過去の一連の作業過程を容易に把握できるような情報共有方法を早い段階で仕組み化しておくことは有用であろう。また、市民参加者の満足度の向上を目指し、体験講座の一層の充実を図るためには、各回の体験講座で得られた知見やアイデアを風化させず、形に残る文書や情報リンクとして体系的に残す仕組みの存在が不可欠と考える。

そのための記録媒体として、今回著者らが試みたように所報の活用も選択肢の一つではあるが、手軽さに欠け、発行までに時間が掛かる難点がある。また、可能であれば、著者側からの一方的な情報発信ではなく、読者側からの気づきやアイデアをリアルタイムで顕在化・共有化し、体験講座への各職員の積極的な協力を後押しするような仕組みが欲しいところである。

一案として、例えばブログや Wiki の仕組みを利用すれば、手軽で双方向的な情報提供が可能であり、上記課題をクリアできる。ページの作成や編集に際して HTML 文書に関する専門的な知識は不要であり、各スタッフやチームによる主体的な情報発信が可能である。これらの仕組みの公式導入は、両組織職員の情報交流の促進や、市民に顔の見える研究所としての雰囲気づくりにも役立つであろう。ブログ形式であれば、

市民に対しても体験講座の雰囲気を伝えやすく、市民がより気軽に体験講座に参加しやすくなる効果も期待できる。

#### 6. おわりに

以上、参考情報として今回の経験をまとめた。今後の開催に向けた議論やイメージトレーニングに役立てていただければ幸いである。

第 17 回一日体験講座にご参加下さり、アンケート調査にご協力下さった市民の皆様に感謝いたします。

B コースについては申込者数が上限の 20 名を超過したため、環科研で実施した抽選により一部の方のご参加をお断りさせていただきました。ご参加できなかった皆様、この場を借りて改めてお詫び申し上げます。

実習計画の立案に際しては、文献 3 に示した神奈川県衛生研究所の「かながわサイエンスサマー」の資料を参考にさせていただきました。今回の実験内容および配布資料の大枠は上記資料によるものであり、ここに記して深く感謝いたします。

最後になりましたが、一日体験講座に参加する貴重な機会および御助言を賜り、実験室、実験資材、器具類、アンケート集計結果をご提供下さり、その他の実務面での各種作業（案内・配布資料等の作成、参加申込の事前調整（抽選、連絡）、当日の受付、事後の器具洗浄、会場の清掃、アンケート集計等）の労を担い、全面的にご支援下さった大阪市立環境科学研究所の皆様、誠に感謝いたします。

#### 文献

- 1) Măruțoiu, O.F., Gogoășă, I., Măruțoiu, C., Tofană, M., Moigrădean, D., Gergen, I., Separation and identification of some synthetic food colorants from foods through thin-layer chromatography – “UV-VIS” Spectrometry, *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 17, 46-53 (2011)
- 2) 西川純, 理科だからできる本当の「言語活動」, 東洋館出版社 (2014)
- 3) 神奈川県衛生研究所, 「かながわサイエンスサマー 身近な食品をテストする ―着色料を調べてみよう―」 (2006)  
[http://www.eiken.pref.kanagawa.jp/001\\_event/0102\\_summer/images/summer\\_text.pdf](http://www.eiken.pref.kanagawa.jp/001_event/0102_summer/images/summer_text.pdf)

- 4) 石田裕, 食品添加物の測定—合成着色料, 日本調理科学会誌, **29**, 160-165 (1996)
- 5) 谷口博士, 堀内和夫, 牛乳パッククロマトグラフィー, 化学と教育, **53**, 496-497 (2005)
- 6) 辺野喜正夫, 細貝祐太郎, 春田三佐夫, 菅原龍幸, 改訂原色食品衛生図鑑, 建帛社 (1981)
- 7) 大阪市 Web ページ, 「食品添加物「アカネ色素」は使用できなくなりました」(2012年9月7日)  
<http://www.city.osaka.lg.jp/kenko/page/0000005963.html>
- 8) 高橋佑磨, 片山なつ, 「伝わるデザイン 研究発表のユニバーサルデザイン」  
<http://tsutawarudesign.web.fc2.com/index.html>



## 公衛研担当Bコース

テーマ：「食品中の天然色素と合成色素の違いを確認してみよう」

日時：平成25年10月26日（土）13時～16時

場所：大阪市立環境科学研究所

定員：20名（各班4名×5班）

講義・実験説明：阿久津和彦

実験サポート：尾花裕孝、梶村計志、木村明生、吉田俊明、清田恭平

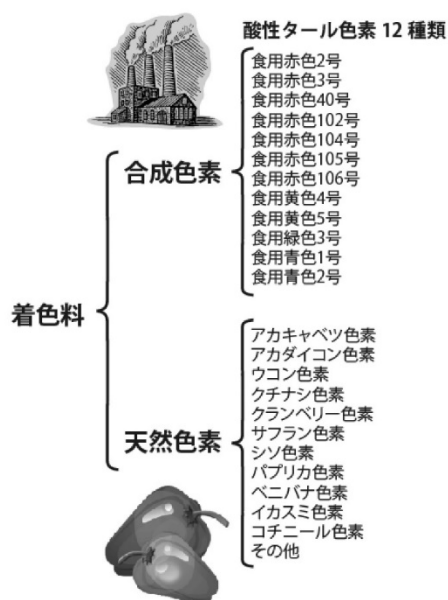
### 【目的】

食品を選ぶ時には、味や品質だけでなく、見た目も気になります。食品の外観では色は重要で、食品を加工するときに「着色料」と呼ばれる安全な色素を使って色を付けることがあります。これらの着色料には、天然の植物などから取る成分と人工的な合成品の2種類があります。

Bコースでは、粒チョコレートから抽出した色素で毛糸を染色して、天然色素と合成色素の性質の違いを確認していただきます。さらに、「薄層クロマトグラフィー」という手法を用いて、取り出した合成色素の種類を判別していただきます。

これらの体験を通じて、皆さんに「色」や「着色料」についての理解を深めていただければと思っています。

### 着色料の種類



### 食用の合成色素（タール色素）の歴史

19世紀の有機化学の発達により、石炭タールから各種の化学物質が合成されるようになった。

1856年、イギリスの研究者パーキンが、世界で初めて人工染料（モーブ、紫色）の合成に成功。

繊維の染色目的で、各種の人工染料（タール色素）が工業的に製造されるようになった。

食品工業の発達に伴い、食品を着色する傾向が強まる。天然色素より安価なタール色素が次第に食品に使用されるようになった。

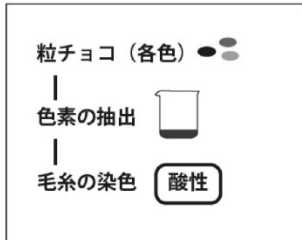
初期には急性毒性のあるタール色素（塩基性タール色素等）も使用されたが、次第に淘汰。

20世紀には、我が国でも24種類の食用タール色素が使用されるようになった。

その後、発がん性や慢性毒性の問題により、一部の食用タール色素は不許可となった。

現在では食用の合成色素として、12種類の酸性タール色素のみが許可されている。

実験1 (天然・合成色素共通)

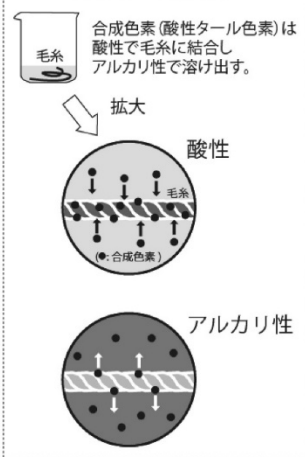


食品から色素を取り出して毛糸を染めてみよう！

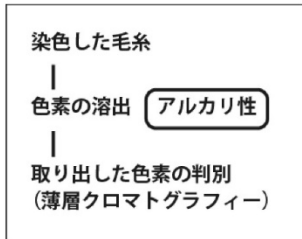
【ポイント】  
天然色素と合成色素の毛糸の染まり具合の違いに注目。



毛糸染色の模式図



実験2 (合成色素のみ)



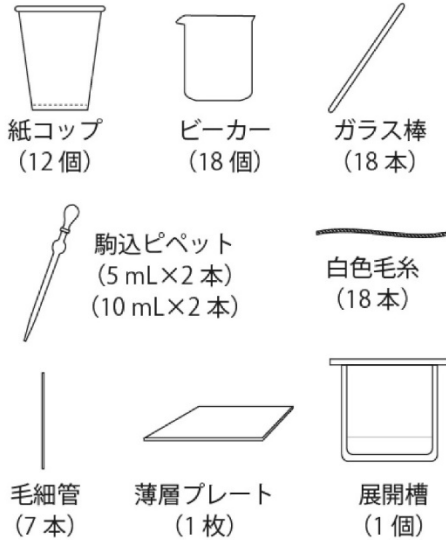
染めた毛糸から色素を取り出して判別してみよう！



【ポイント】  
実験1とのpHの違いに注目。

(補足) 粒チョコの色について  
今回の実験では、MJ社とMM社の粒チョコ市販品を使用する。  
2社の粒チョコの色合いは微妙に異なっているが、比較しやすいように、いずれの製品も「①茶、②赤、③橙、④黄、⑤緑、⑥青」の6色※で表す。  
※MJ社の製品は7色だが、桃色(ピンク)を除く6色を使用する。

実験で使用する主な物品  
括弧内は1班あたりの配付数



予備を用意していますので、  
破損等で物品が不足した場合は  
お気軽にスタッフに声を掛けて下さい。

【その他】

- 粒チョコ (2 銘柄)
- 合成色素混合標準溶液
- 10%酢酸溶液
- 0.5%アンモニア水
- 展開溶媒
- 精製水
- pH 試験紙
- 沸騰石
- 鉛筆・定規
- ホットプレート
- ドライヤー
- 紙皿・アルミホイル
- インデックスシール
- ペーパータオル
- スポイト
- ハサミ



【身体保護具】

- 保護眼鏡
- 使い捨てエプロン
- 使い捨て手袋
- 活性炭マスク
- 軍手



安全第一  
SAFETY FIRST

実験 1-1 粒チョコからの色素の抽出 (同じ操作を計 12 セット行う (6 色 × 2 銘柄))

粒チョコ

同じ色の粒チョコを 3 つ選んでコップに入れる。

水を 20 mL 入れて 1 分間放置する。

コップを緩やかに振って粒チョコの表面の色素を溶かす。

色の付いた液 (抽出液) をビーカーに移す。粒チョコは移さない。

実験 1-2 毛糸の染色 (同じ操作を計 12 セット行う (6 色 × 2 銘柄))

10%酢酸 1 mL

10%酢酸を駒込ピペット (またはスポイト) で 1 mL 加える。

酸性

ガラス棒で液を混ぜて、ガラス棒の先の液滴を pH 試験紙に付けて、pH3 ~ 4 の色 (橙色) に変化することを確認する。

毛糸

毛糸は浮かびやすいので先に水に濡らしておくが良い。

毛糸を入れて約 10 分間加熱する。天然色素の抽出液には 1 本、合成色素の抽出液には 2 本\*の毛糸を入れる。\*保存用・分析用、各 1 本

毛糸を取り出して水で洗い、毛糸の色を観察する。

実験 2-1 染色した毛糸からの色素の溶出 (同じ操作を計 6 セット行う (6 色 × 1 銘柄))

合成色素の抽出液で染色した毛糸 1 本をビーカーに入れる。

0.5%アンモニア水 5 mL を駒込ピペットで加えて約 10 分間加熱する。(念のため 0.5%アンモニア水を pH 試験紙に付けて、pH10 ~ 11 の色 (紫色) に変化することを確認する。)

アルカリ性

ガラス棒でかき混ぜて、液に色が移ったことを確認してから毛糸を取り出す。(毛糸に少し色が残っていても OK。)

沸騰石を入れて液を加熱して水分とアンモニアを蒸発させる。完全に乾く直前でホットプレートから下ろす。

実験 2-2 薄層クロマトグラフィー (濃縮液のスポットティング)

毛細管

定規と鉛筆を用いて、プレートにスタートライン (原線) を書き、そのラインと交差する短い線を 1cm 刻みで書き入れる。

毛細管の先をビーカー内の濃縮液に浸ける。(少量の濃縮液が自然に吸い上げられる。)

注意! 毛細管から液が流れ出したら、すぐに毛細管を上げる。

プレートに書いた「+」状のマークの中心 (原点) に毛細管の先を付けて「少量」の液を附着させる。色が薄い場合は、ドライヤーを用いてスポットを乾燥させてから、同様の操作を数回繰り返す。スポットは直径 5mm 以内の大きさに収めるのが良い。

スポット例  
「M」は混合標準溶液

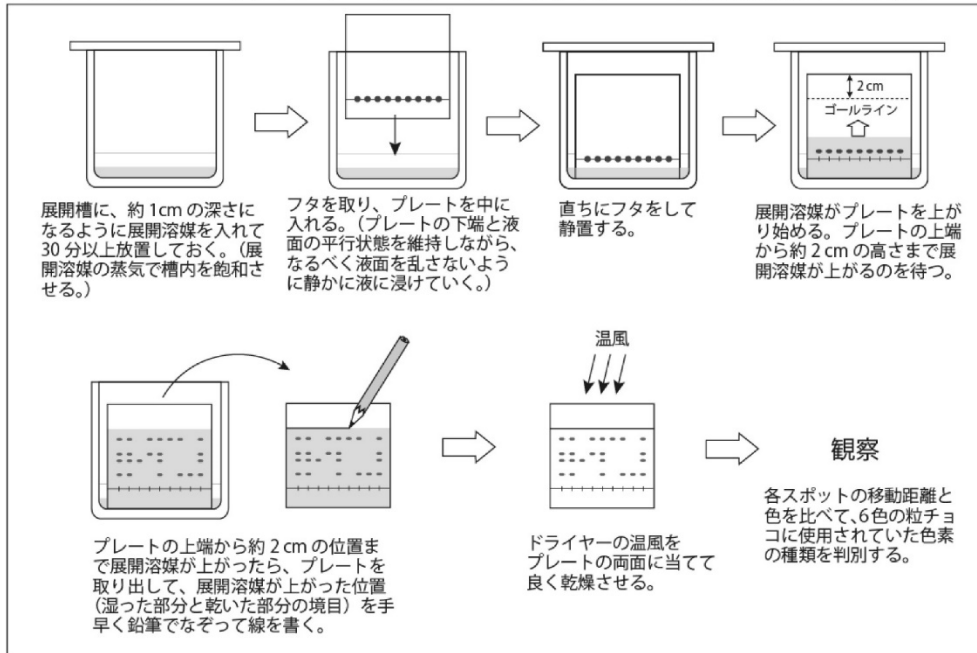
濃縮液 濃縮液

M 茶 赤 橙 M 黄 緑 青 M

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

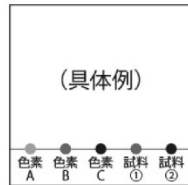
参考資料 1-3 配布資料 (実験操作の解説)

実験 2-3 薄層クロマトグラフィー（展開） ドラフトチャンバー（局所排気装置）内で作業



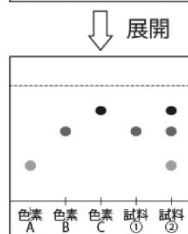
合成色素の判別方法

毛糸から取り出した色素の濃縮液を標準色素と一緒に展開してスポットの移動距離と色を見比べて色素の種類を判別する。



注：左図では、標準色素として 3 種類の色素溶液（A、B、C）を個別にスポットした場合の展開例を示している。

実際の体験講座では、4 種類の色素を「混合」した標準溶液を使用する。

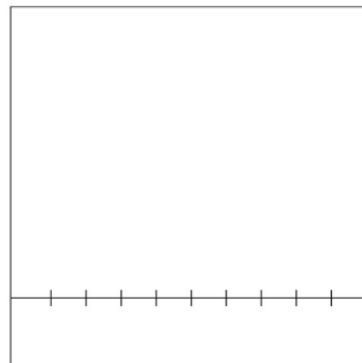


試料①には色素B  
試料②には色素A、B、C  
が含まれる。

【豆知識】

より詳しく比較する場合には、色素のスポットの移動距離を溶媒先端の移動距離で割った数値（Rf 値）を算出する。同一の展開条件で、かつ試料中の共存成分の影響が小さい場合、同じ色素の Rf 値はほぼ一定の値を示す。

展開結果（スケッチ）



合成色素の判別結果  
(該当する色素にチェック)

- ①茶→黄 4 黄 5 赤 40 青 1
  - ②赤→黄 4 黄 5 赤 40 青 1
  - ③橙→黄 4 黄 5 赤 40 青 1
  - ④黄→黄 4 黄 5 赤 40 青 1
  - ⑤緑→黄 4 黄 5 赤 40 青 1
  - ⑥青→黄 4 黄 5 赤 40 青 1
- 注：黄 5 の色調は黄色より橙色に近い

毛糸貼付・自由メモ欄

MJ社（天然色素を使用）

① 茶      ② 赤      ③ 橙      ④ 黄      ⑤ 緑      ⑥ 青

MM社（合成色素を使用）

① 茶      ② 赤      ③ 橙      ④ 黄      ⑤ 緑      ⑥ 青

Bコース 5ページ

参考資料 1-5 配布資料（毛糸貼付欄）



## 講義内容

- 食用色素について
- 本日の実験について



## 食用色素について

### 食用色素の用途

- **食品の色（彩り）**は、味・香りとともに重要な要素 
- 食品に好ましい色調を与えるために**食用色素（着色料）**が添加される
  - ✓ 安全性に問題があるものは不許可
  - ✓ **生鮮食品への使用は禁止**
  - ✓ 表示義務あり 

### 天然色素

主として生物（特に植物）由来



他にも多数

画像出典：「精製食用天然色素」光祥社

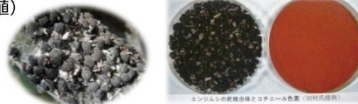
### 変わり種の天然色素

#### ラック色素（赤橙色）

ラックカイガラムシの分泌する樹脂状物質から抽出したもの（インドや東南アジアで養殖）

#### コチニール色素（赤色）

エンジムシ（コチニールカイガラムシ）から抽出したもの（南米で養殖）



画像出典：Wikipedia

画像出典：「精製食用天然色素」光祥社

### 使用禁止となった天然色素の例

食品添加物「アノキサ色素」は使用できなくなりました。

平賀氏(1)氏は1974年アノキサ色素が体内の動物組織から検出され、厚生労働省(2)が7年) 動物実験を行った後、平賀氏の発見からアノキサ色素は食品添加物として使用することができなくなりました。このため、アノキサ色素がこれまでも食品添加物(3)は使用できなくなりました。

①アノキサ色素への

- ・平成28年10月1日からアノキサ色素及びこれを含む食品の製造・輸入・輸入品の出回りが禁止されたので、食品は回収して廃棄しないで見直し

②一般消費者の方へ

- ・アノキサ色素を使用した食品を廃棄した場合は罰則せず、お返しの保証書までお持ちください。(アノキサ色素を含有した食品には、「着色料(アノキサ)」や「アノキサ色素(アノキサ)」の表示が義務づけられています。)

【アノキサ色素とは】アノキサ色素はアノキサ色素の抽出から得られる色素で、黄色～赤色を呈する。

画像出典：Wikipedia

### 合成色素

- 石油が原料
- 全て**酸性タール色素**（12種類）
- 「食用赤色2号」など



酸性タール色素  
タール色素のうち、酸性溶液中で羊毛などを染める色素。  
スルホン酸基、カルボキシル基など酸性の基を分子内にもつ。

画像出典：「改訂着色食品衛生学」緑寿社

### 英国 合成色素のはじまり

- 1856年、イギリスの化学者**パーキン**（当時18歳）が、マラリアの特効薬キニーネの合成方法を検討している途中で、絹を**紫色**に染める色素（**モーブ**）を発見。
- この発見が、**合成色素**の研究開発と工業的生産の幕開けとなり、次第に**食品**にも**合成色素**が添加されるようになった。

## 使用禁止となった合成色素の例



動物実験で慢性毒性や発がん性が確認され、  
食品添加物としての指定が解除された

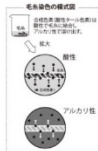
## 本日の実験について

### 実験の目的

#### 【実験1】

- 毛糸を用いて合成色素（酸性タール色素）特有の性質を確認

✓酸性条件で毛糸に結合して、  
アルカリ性条件で毛糸から離れる。



#### 【実験2】

- 色素の分析法を体験

✓実際の食品検査の現場で使用されている  
薄層クロマトグラフィーという手法を体験。  
✓特殊なプレートと溶媒を用いて色素を見分ける。



### 使用する食品試料

#### 天然色素を使用

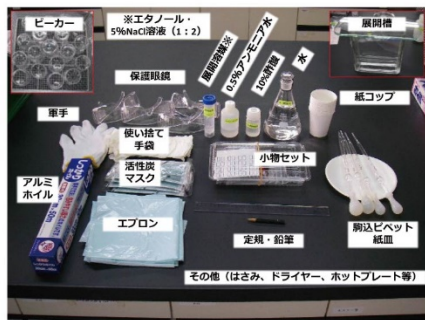


#### 合成色素を使用



実験室内は飲食禁止ですので、  
試料をうっかり食べてしまわないようにして下さい。  
(余った粒チョコは実験終了後に全て回収します。)

### 試薬・物品



### 小物セットの内訳



### 身体保護具の装着例

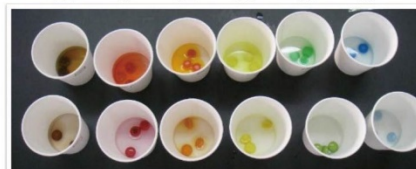


今回の実験では、酸、アルカリ、アルコールを使用します。  
また、ホットプレートを使用した加熱操作を行います。  
「安全確保」および「衣服の汚損防止」のため、実験中は、左の例に従って、身体保護具を装着して下さい。

### 実験1 スタート

メーカーごとに各色の粒チョコを紙コップに入れ、  
水を加えて色素を溶かす。

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| ① | ② | ③ | ④ | ⑤ | ⑥ |
| 茶 | 赤 | 橙 | 黄 | 緑 | 青 |



## 参考資料 2-2 講義スライド（実習内容の解説—導入部—）

(注) 実際の講義では、ほかし加工をしていない試料画像を示した。

色素が溶けた水をビーカーに移し、**10%酢酸**を加えて**酸性溶液**にする。



毛糸を色素抽出液に加えてホットプレート上で**加温**する。



毛糸を取り出して水で洗い色調を確認・比較する。



**実験1 完了**

**実験2 スタート**

合成色素で染色した毛糸をビーカーに入れる。**0.5%アンモニア水**を加えて**アルカリ性溶液**にして、ホットプレート上で**加熱**する。色素が溶出する。



溶液が着色したことを確認して、毛糸を取り出す。**沸騰石**を入れて、さらに**加熱**して着色液を濃縮する。



色素混合標準溶液と各色の濃縮液を薄層プレートにスポットする。Bコース配付資料の3ページ下段参照。

ドライヤーでスポットを乾かす際には、プレートが飛んでいかないように注意。




M ① ② ③ M ④ ⑤ ⑥ M  
茶 赤 橙 黄 緑 青  
M:色素混合標準溶液

プレートを展開槽に入れて**薄層クロマトグラフィー**を行う。時間が無い場合は4種類の色素を概ね分離できた時点で展開終了とする。



濃縮液の展開結果（移動距離、色調）を標準色素のスポットと比較して、各色の粒子ヨコで使用されている合成色素を判別（推定）してみる。

染色した毛糸をはさみで4等分して配布資料の最終ページに貼付する。



**実験2 完了**

参考資料 2-3 講義スライド（実習内容の解説—実験操作の流れ—）