

【教育実践報告】

## 2018サイエンスサマーキャンプ実施報告

佐々木謙・堀 浩

### 要 約

中高生に科学の楽しさを体験してもらう目的で毎年行われている高大連携実験講座が、今年度は「食品からコレステロールを抽出してみよう」および「ミツバチの社会行動の観察」の2テーマで2日間にわたり、延べ21名の参加のもと行われた。

キーワード：高大連携、スーパーサイエンスハイスクール、食品、コレステロール、分析、ミツバチ、行動観察

### はじめに

2018年7月25日（水）と26日（木）の2日間、「2018サイエンスサマーキャンプ」を開催した。これは玉川学園9-12年生を対象として玉川大学農学部の教員が毎年行う高大連携実験講座である。今年度は1日目に「食品からコレステロールを抽出してみよう」というテーマで堀が、2日目に「ミツバチの社会行動の観察」というテーマで佐々木が担当した。1日目は12名、2日目は9名の生徒が参加した。

### 1日目：「食品からコレステロールを抽出してみよう」

食品の特定の成分が健康に良い、悪いといった情報が毎日のようにマスメディアから流される。コレステロールはもっともよく耳にするその代表例であろう。

しかし、具体的にそのような成分がどのように化学的に特定されているかについては中高生一般には知られていないのが現状であろう。

コレステロールなど既知成分の特定には、発色反応などその物質に特異性のある方法を用いてその分析が行われることが多い。この方法の利点は混合物のままでも分析が可能であり、対象物質を必ずしも単離しなくとも分析可能であることなどである。

しかし、このような分析法は既知物質しか適応できないのが通常で、未知物質を特定することは一般に困難である。健康成分研究の初期や、発見の時点では対象物質は未知であることが普通である。

そこで、今回のサイエンスサマーキャンプではコレス

テロールを食品から一旦、単離してから、各種スペクトル法を用いて物質の確認を行うという方法の体験を目的に実験を行った。この方法は抽出・精製といった手間がかかり、スペクトルの解釈には技術と知識が要求されるが、未知の物質についても詳細な化学構造情報を得られるという点が特徴である。

具体的には、材料として鶏卵とスルメイカを用い、コレステロールを抽出、精製後、赤外線吸収スペクトルと核磁気共鳴スペクトルを測定しその構造を確認することとした。

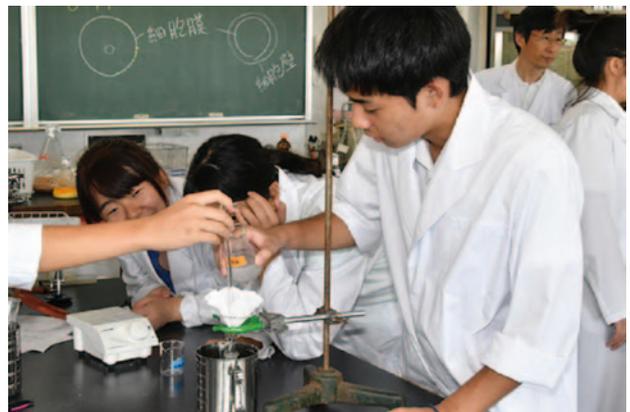


図1 スルメイカからコレステロールを抽出する

なお、スペクトルの解釈は中高生には難易度が高いので、既知のコレステロールのスペクトルと比較し、指紋照合的に同定を行った。

実際の実験は次の1~17のように行い、卵担当班とスルメイカ担当班に分けて実施した。

- 1 ゆでたまご（7個）の黄身だけ取り出す。干しスルメイカ2枚を細かく切る。
- 2 黄身はざるを使って細かくする。干しスルメイカはフードプロセッサで細かくする。
- 3 これらを500 mL三角フラスコに入れ、ジエチルエーテル200 mL（火気厳禁！）を入れよく混ぜる。
- 4 アルミホイルで蓋をして30分間抽出する。
- 5 無水硫酸ナトリウム（脱水剤）50 gを入れ混ぜる。
- 6 プフナーロートで吸引ろ過して抽出液を得る。
- 7 抽出液をロータリーエバポレーターで濃縮する。
- 8 濃縮して得られた橙黄色のシロップを少量のジエチルエーテルに溶かす。
- 9 このエーテル溶液の一部をシリカゲルTLC（10×10 cm）の下から2 cmのところに線状に塗布する。TLCの端に基準品のコレステロールを点状にスポットする。
- 10 クロロホルム：メタノール：酢酸 = 98：2：1で展開する。
- 11 ドライヤーで乾燥後、基準品のスポット部分のみをガラス切りで切り取り、発色試薬（10%硫酸でよい）を噴霧した後、ホットプレートもしくは強力ドライヤーで加熱し発色させ、コレステロールのRf値（位置）を明らかにする。
- 12 発色していないTLC部分のコレステロールの位置を発色した位置を参考に鉛筆でマークを付ける。
- 13 この部分を帯状に彫刻刀で削り取る。
- 14 削ったシリカゲルの粉を100 mLの三角フラスコに入れ、クロロホルム：メタノール = 9：1を50 mL入れ、よく混ぜる。
- 15 脱脂綿を詰めた三角ロートでシリカゲルをろ過して除く。
- 16 得られた口液をロータリーエバポレーターで濃縮する。
- 17 赤外線吸収スペクトルと核磁気共鳴スペクトルを測定し、標準品のスペクトルと比較する。

実施に当たってはどこでも手に入る身近な材料を選ぶことで親しみを持ってもらえるようにし、時間の制約から溶媒抽出時間を短く設定した。また、簡易化のため遊離型コレステロールのみを精製した。

この実験は有機溶媒による脂溶性成分の抽出（図1）、クロマトグラフィを用いた精製など高校化学や生物の教科書にも記載されている方法の体験に加えて、大学レベルのスペクトル測定による化学構造決定の実験（図2）

を組み合わせ、高大連携事業としての特徴を生かしたプログラムとした。実際の食品や生体成分研究の一端を体験できたかのではないかと思う。

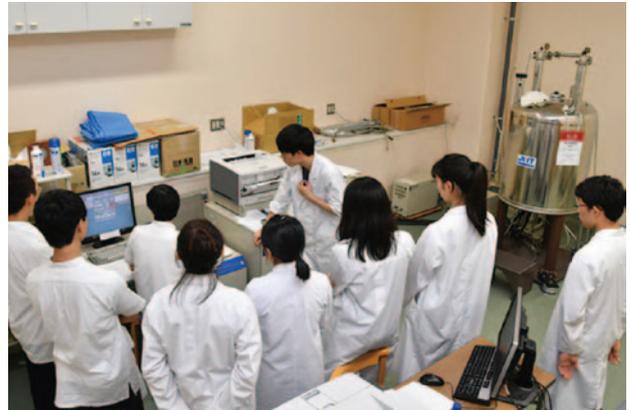


図2 精製したコレステロールの核磁気共鳴スペクトルを測定する

中高生にとっては最初の生物材料を取り扱うときには授業科目の「生物」を、抽出や濃縮、クロマトグラフィなどは「化学」を、赤外線吸収スペクトル、核磁気共鳴スペクトルは「物理」の印象を持つようであるが、実際の研究・開発はこうした個々の科目の知識が組み合わされて行われることも学んでもらえたのではないかと思う。

## 2日目：「ミツバチの社会行動の観察」

セイヨウミツバチは農業における有用昆虫であり、蜂蜜やローヤルゼリー、蜜ろうなどを生産し、野菜や果物の受粉に貢献する。大学での講義や実験では、ミツバチの花蜜や花粉採集に特化した外部形態、帰巣後の餌の受け渡しや貯蔵行動、8の字ダンスなどについて紹介する機会があり、植物との共進化や社会行動（協力的行動）の好例として取り上げている。また、ミツバチは実験の際に容易に多くの個体が手に入るという点で教材としても優れている。

### 蜂場での巣の見学

「2018サイエンスサマーキャンプ」では、学園9-12年生にまずは巣の中で活動しているミツバチを見てもらおうと、安全教育の後に蜂場でミツバチの見学を実施した。生物学に興味を持つ生徒が多かったが、ハチの巣の様子を見た経験のある生徒は少なく、皆緊張しながら私の説明を聞き、観察していた（図3）。



図3 蜂場でミツバチの巣を観察する様子

#### 餌交換行動の観察

餌交換行動はミツバチの典型的な社会行動であり、餌を持つ個体がエネルギー不足の個体に口移しで液状の餌を与える協力行動である。この行動は実験的に操作しやすく、2個体の片方に餌（ショ糖水）を与え、もう片方を絶食させておくと、2個体が出会うとすぐに餌交換行動を始める。実験では、あらかじめ翅を切除したミツバチの胸部に色の異なる塗料でマーキングをし、餌交換行動を観察した。絶食個体が触角を動かして餌をねだる様子やそれに応じて餌摂取個体が口吻を伸ばして餌を与える様子を肉眼と実体顕微鏡を使って観察した。昆虫の体を顕微鏡で拡大して見たことのない生徒がほとんどで、皆、興奮した様子でミツバチの体の隅々まで観察していた（図4）。



図4 餌交換行動を観察する生徒たち

#### 講義と形態観察

餌交換行動の観察を終えたところで、その行動に関わる口器の外部形態や食道・蜜胃などの内部器官の形態を写真や解剖図を使って講義形式で説明した。高校生物で

昆虫の内部形態や解剖図が出てくることはほとんどないので、彼らには新鮮だったようである。説明を終えて、実際に顕微鏡下での形態観察を行った。

#### 実体顕微鏡下での解剖の実演

昆虫の行動を司る脳について、その存在と形態を学んでももらいたいと思い、昆虫の頭部の解剖を実演した（図5）。昆虫の解剖は通常、実体顕微鏡下で行い、専用の手術器具を必要とする。まずは、器具の説明から始まり、頭部の内部構造の説明の後に、解剖の様子を顕微鏡カメラを通して、大画面モニタに映した（図5）。途中、解剖を中断しながら、脳の形態を説明すると、生徒たちは非常に興味を持って聞いてくれた。ヒトの脳と比較しながら理解することで、関心が高まり、教育効果も高くなると感じた。



図5 大画面モニタに映した実体顕微鏡下での解剖の様子

#### おわりに

参加者からは専門的な機器を用いた実験でよい体験であったという意見のほか、少し難しかったという意見も寄せられた。これらをもとに今後さらに短時間でいかにわかりやすく興味を持ってもらえるような実験を組み立てていけるか題材を再考していきたい。

#### 謝辞

コレステロールの精製・抽出、および各種スペクトルの測定において実験を補佐していただいた玉川大学農学部生命化学科4年生、金澤寿明氏と千葉陸氏に感謝いたします。また、ミツバチの社会行動の観察では、助手の柴田佳美氏と村上栄津子氏に実験の補佐をしていただきました。この場を借りて、お礼を申し上げます。