

授業実践

教育目的遺伝子組換え実験 — 光る大腸菌の形質転換 —

筑波大学遺伝子実験センター 小野 道之

鮮やかに光る大腸菌をつくって観察する教材が今、静かな評判を呼んでいる。大腸菌のプラスミドに組み込んだオワンクラゲの GFP (Green Fluorescent Protein) が発現する大腸菌のコロニーが光り、生徒達の間には歓声や感動のため息がわき起こる。「教育目的遺伝子組換え実験」が教育現場で実施されるようになり 4 年めを迎えた。中でも「光る大腸菌づくり」は農業高校を中心に授業に取り入れられ、スーパーサイエンスハイスクール、サイエンスパートナーシップ、あるいは博物館や大学等での一般向けの公開実験講座などでも盛んに取りあげられている。筆者らは実教出版指導資料「図解 植物バイオテクノロジー」Ⅲ (2003 年) の中で「高等学校における遺伝子組換え実験」として解説した(1)。その後、関連する法律などの周囲の状況に若干の変化はあったが、実施に際してはその内容で問題はない。そこで本稿では、さまざまな角度からの補足を試みることにした。

1. はじめに

2002 年、文部科学省の「組換え DNA 実験指針」の改訂で、第 8 章「教育目的組換え DNA 実験」が設けられ、初等・中等教育において遺伝子組換え実験の実施が可能になった。近年、一般社会人の科学に対する基本的な知識・判断力の低下が問題となっており、科学リテラシー(読み書き能力)の重要性が論じられるようになった。21 世紀に入ってさらに躍進しているバイオテクノロジーは、同時代に生きる全ての人に対し、基本的な教養や生存能力としての科学リテラシーの重要性をより一層喚起することになるだろう。多くの人

にとって、高等学校が社会に出る前の最後の学習の機会となることから、この種の実験を社会に出る前までに体験し、科学について正しく考える力、判断する力を修得することが必要になるだろう。

2. 文部科学省の通知

唯一この 2 年間で変わったことは、前掲の文部科学省の「組換え DNA 実験指針」が 2004 年に廃止され、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律(所謂、カルタヘナ条約国内担保法)」が施行されることになり、「教育目的組換え DNA 実験」は「通知」として明記されるようになったことである(文部科学省のホームページに掲載 http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/seimei/04022302.htm)。これは、全ての遺伝子組換え実験が法律のもとで実施されることになったため、教育目的であっても法律に触れることの無いように注意が必要になったということをしめす。しかしながら、「教育目的組換え DNA 実験」の現場における取り扱いに関しては、法律の施行前と基本的に変わることは無い。「理科実験室等を P1 レベルとして使用」、「実験に用いる遺伝子と生物を特に安全なものに限定」、「遺伝子組換え生物の取扱い経験のあるものが指導」、「所属機関長が同意(望ましい)」、「実施記録をつけ一定期間保管」、の 5 項目を守ることである。もとより本稿で話題としている「光る大腸菌をつくる形質転換」は、米国などでは何の規制も受けない極めて安全な実験であり、現在の実施要領は世界的にみれば不自然に厳格であるが、教育効果を考慮した体験的要素があるのだと考えたい。上記の法律と「教育目的組換え DNA 実験」との関係については、少し厳しく書かれているが、文献(2)を一読していただきたい。

なお、誤解しないでいただきたいことは、今回の法律化は、遺伝子組換え実験が危険であるとの認識が国際的に高まったためのものでは無い点である。国境を越えた生物の移動を規制して発展途上国等の自然財産を保護することを目的として策定された「生物多様性条約カルタヘナバイオセー

フティ議定書」の中に遺伝子組換え生物に対する移動の規制も盛り込まれ、それを批准した我が国ではそれに対応するため法制化したに過ぎない。

3. 実験の概要

「光る大腸菌をつくり観察する」という実験は、大腸菌にプラスミドを導入して形質転換し、形質を観察する、遺伝子組換え実験の最も初歩的な実験を教材化したものである。この種の実験は貝沼喜兵氏の1970年代の先駆的な実施例などがあったが、前述の指針や特殊な試薬・器具などの障壁があり、普通の教育現場で実施可能な普遍性はなかった。これに対し、2002年以降に広まった新しい教材の特徴は、試薬や器具などの全てが調製済みのキットを用いる点と、生じる形質が大腸菌を光らせるという目にも鮮やかな点にある。キットについては先駆的な米国バイオ・ラッド社の製品の完成度が高い。国内2社からも類似のキットが販売されており、各キットの特徴・比較に関しては、佐藤由紀夫氏の総説をお薦めする(3)。

4. 事前と事後の講義の重要性

本実験の操作そのものは平易であり、小学生でも実施可能であるが、事前と事後の講義が重要である。これらの講義が適切でなければ、ただ大腸菌を光らせて歓声をあげるだけに終わってしまう。中学・高等学校以上の生徒には事前・事後の学習により、ある程度の知識の深まりが期待できる。この理解の内容は狭義の生物学的なものである必要は無く、むしろ科学リテラシーの修得に結びつくものであることが望ましい。

5. アラビノース誘導実験について

中学生以上であればアラビノースによる誘導実験は必ず実施したい。遺伝子の発現調節を見事に体験できるからである。遺伝子が、いつ、どこで、どのくらい発現するか、を決める仕組みはいろいろあるが、その中の代表的なしくみをアラビノース・オペロンを通して体験する。対象となる生徒の学年等に合わせて表現は変化するが、遺伝子が

いつでも働くわけでは無いことを体験することにより、遺伝子情報があるだけでは全ての性質が決まらないこと(個性や能力を育むことの大切さ等)、他の生物の遺伝子が万一取り込まれたとしても発現しないこと(遺伝子組換え食品の安全性に対する基本的な知識)などが体験として理解できる。

6. アンケートから

筑波大学遺伝子実験センターでは東京農工大学と共に2001年から「教員のための組換えDNA実験教育研修会」を開催し、「光る大腸菌をつくる実験」の普及に務めてきた。現在では、全国の国立大学法人に附属する遺伝子実験施設等(施設の名称は改称していることが多い)で教育研修会が開催されている。筑波大学遺伝子実験センターで研修を受けた100名を超える理科・農業科の教員に対するアンケートの結果を紹介する。

a. 事前・事後の講義の実施が難しい

前述の教育研修会へ参加して修得することが一番である。また、それらの主催者に出前講義等を依頼することも良いだろう。授業の資料を作成するにあたって、正確なことが書いてある資料の所在を知りたいという要望も多い。後述する「教育目的組換えDNA実験教育連絡会」のホームページなどでも紹介している。

b. カリキュラムに合わない

普通科(高等学校)等ではまとまった時間が取りにくいため実施しにくいという意見がある。実験内容としては普通科の生物II以上に相当することから、生物選択クラスや希望者に対して土・休日に実施されていることが多い。進学の目的意識や学習意欲の向上等の成果は大きいですが、カリキュラムに合わせようとすると無理が生じがちである。一方、普通科の生物IIの受講者は全校生徒の10%程度であり、いずれ大学進学などで遺伝子組換え実験に触れる機会が多いことを考えれば、これが最後の学習の機会となる残りの90%の生徒を中心に実施することの方がリテラシー教育としてはより重要ではないだろうか。そのため筆者は、

生物Ⅱの枠に拘らずに実施することを奨めている。

c. 人力が不足している

実験の準備は大変な労力がかかるという意見がある。準備段階から生徒と共に行うと教育効果が高いとも聞くので、生物クラブ等の生徒と共に準備する等も一つの解決策であろう。また、近隣校の教師が協力して実施した例もある。筆者は「総合的な学習の時間」で他教科の教員と共に実施することを提案している。筑波大学遺伝子実験センターでは2004年12月に「家庭科教員のための組換えDNA実験教育研修会」を開催した。集まった家庭科教員や栄養士は実験も丁寧、実験結果は理科教員よりも好成績であり、実験の重要性を認めるばかりではなく、学内で理科教員が実施する際に補助しても良いとの意見もあった。家庭科の教科書には遺伝子組換え食品の表示の問題点を正しく説明し、ダイエットなどを勧める項などもあり、科学リテラシーを学ぶための良い題材を提供している(4)。ダイエットを共催するとなれば、社会科、国語科等の他教科の協力・共催をさらに期待できるであろう。

d. 廃棄物の処理

実験後の遺伝子組換え生物は、滅菌して処分することが必要である。滅菌処理はオートクレーブ処理(121℃, 15分)が簡便かつ確実である。しかし、中学・高等学校ではオートクレーブが設置されていないことも多い。その場合には、圧力鍋や殺菌剤で滅菌する方法もあるが、オートクレーブを所持する近隣の農業高校や研究機関等に協力を求めることが良いだろう。オートクレーブするまでは二重に封じ込めた包装をして外側に取扱注意と明記して運搬する必要がある。また、滅菌後には産業廃棄物処理業者に引取ってもらうところまで配慮することが教育現場では大切である。

e. 解説マニュアルなどの資料

キットには詳しい説明資料が添付されており、少なくとも教師側には充分である。一方、岐阜県生命科学教育コンソーシアムのホームページ <http://www.gifu-u.ac.jp/~lsrc/conso/manual/index.html> では、教師用・生徒用テキスト、実施

書類のひな型、指導用の動画付き PowerPoint 資料などがダウンロードできるように整備されている(感謝しつつ使用したい)。多様化している教育現場では、これでも不足ということもあるだろう。各現場の教員が実際に教室で配布している資料を集めた事例集等の編纂が期待されている。

7. おわりに

今後、「光る大腸菌をつくる実験」のさらなる普及には各都道府県の教育委員会と協調したネットワーク作りが重要であろう。前述の岐阜県生命科学教育コンソーシアムはその代表例であり、資料の他に機材等の貸出しを行う等、多くの成果を挙げている。各県にネットワークがあれば、事前事後の講義やその準備の資料、廃棄物取り扱い業者、オートクレーブを持つ最寄りの機関の紹介、器具の貸し出しの他、キット購入の予算獲得方法などについてもサポートできるようになるだろう。なお、本実験を実施していない教員等の方は「教育目的組換えDNA実験教育連絡会」のホームページ <http://www2.mgrc.gifu-u.ac.jp/~dnaedu/index.html> などで教育研修会の日程を調べ、ぜひ参加されることをお勧めする。筑波大学等では「教育目的遺伝子組換え実験」を実施できる教員等である証となる修了証書を授与している。

参考文献

- 1) 緒方訓子, 小野道之, 鎌田博, 指導資料「図解 植物バイオテクノロジー」pp. 91-92 高等学校における遺伝子組換え実験 実教出版(2003)
- 2) 高橋伸一郎, 石田大喜, 文部科学省における組換えDNA実験指針の法制化と教育目的の実験—実際に教育目的の実験を始める前に—, 遺伝, 別冊18号:160-170(2005)
- 3) 佐藤由紀夫, 教室で行える組換えDNA実験キットの比較, 遺伝, 別冊18号:151-153(2005)
- 4) 小野道之, 遺伝子組換え食品をおいしくいただくために—「教育目的組換えDNA実験」を通じた国民理解の促進—, 家庭科, 54(2):9-13(2004)