

バイオリテラシーの育成 — 生物教育と科学館の可能性 —

The Chiba Museum of Science and Industry and Opportunities for Biological Education

*佐々 義子

Yoshiko SASSA

概要：バイオテクノロジーの目覚ましい発達と私達のくらしの関係が密接になるにつれて、先端技術が健全に発展していくためには国民の理解と受容が必要であり、専門的な先端技術の理解には関連情報の提供が市民に対して行われることも同時に必要であることが一般的に認識されてきている。未就学児、義務教育を受ける児童・生徒、市民へのこれらの情報提供のあり方を考えたとき、学校における理科教育が第一に挙げられる。学校教育には、現在それを受けている児童・生徒ばかりでなく、すでに学校教育を終了した市民への間接的な影響があると考えられるが、本稿では、対象を就学児童・生徒（小中学生）にしぼり、義務教育の中でのバイオテクノロジーに関する情報提供が国民理解の形成に資するものであるかどうかを検討し、市民も含めた新しい情報提供の試みの事例を紹介する。

Abstract : As biotechnology keeps to impact on our lives, the sound development of the high technology will come to depend more and more on the extent to which people understand it and their acceptance developments. Considerable thought must be given, first, to the role of schools; it is assumed that school education has not only a direct influence on students but also indirectly influences those who have already graduated. This article will examine the utility of providing information on biotechnology in compulsory education for the general popular understanding of the field, focusing on elementary as well as junior high school students; it will also introduce a practical example of providing the general public with information on bio-technology.

キーワード：バイオ戦略大綱 組換えDNA実験 科学館 博物館 理科学習指導要領 バイオリテラシー 生物学教育

Key words : Bio-strategic principles, recombinant DNA experiment, science museum, natural history museum, government guidelines on science courses, literacy of biology, education in biology

1 バイオ戦略大綱と国民理解の意味

2002年バイオ戦略会議が小泉純一郎首相のもとで開かれ、同年12月にはバイオ戦略大綱が発表された。バイオ戦略大綱では、1)研究開発の充実、2)産業化プロセスの強化、3)国民の理解浸透を3本柱とし、さらにこれらの戦略は「生きる」「暮らす」「食べる」の向上を切り開くものであるとされている。

技術開発の成果が産業として発展していくには、人材、資金さえあればよいとされてきたが、国民理解は、新しい技術に対する市民の理解が不可欠であるという意味で、今までなかった視点で

ある。バイオテクノロジーについての国民理解浸透を図るためには、まず情報提供が大切であることはいうまでもないが、誰が(who)、誰に対して(whom)、どのように(how)、どのような機会(when)に、何を(what)伝えるのがふさわしいのかという具体的な議論は十分に行われているとは言いがたい。

コンテンツについて考えるならば、バイオテクノロジーやバイオインダストリーへの市民の理解に生物学教育が大きく影響することは明らかだが、先述のように理科教育指導要領のみで、国民理解浸透が実現するのだろうか。バイオの理解の

推進は次のような理由から非常に難しい。

- ・理解するには分子生物学の専門知識が必要
- ・義務教育の理科教育でカバーできていない
- ・政治的な関係と技術の問題が混在している
- ・優性論のような遺伝学への偏った見方と結びつきやすい
- ・食生活のようにすべての人の日々の暮らしに関わっているので避けられない（市民には避ければよいので、理解しないで済むという選択肢がない）

また、国民理解の対象になるバイオテクノロジーに関わる知識は、専門家や研究者と同種類、同程度である必要はなく、読み書きそろばんのように市民の日常生活をより豊かにするために資するものである。このようにバイオテクノロジーを、リテラシー（読み書き能力）として捉えて身につけていくことを、「バイオリテラシーの育成」と呼ぶことにする。

2 現在の小中学校教育について

小学校学習指導要領で定める小学校の科目と時間数は、全学年ともに旧小学校教育指導要領よりも70単位時間／年減らして以下のようにになっている（1単位時間は45分）。

○科目

- ・低学年：国語，算数，生活，音楽，図画工作，体育（1－4年生）→6教科
- ・中学年：国語，社会，算数，理科，音楽，図画工作，体育→7教科
- ・高学年：家庭科が加わる→8教科

○時間数：

1学年	782単位時間数／年
2学年	840
3学年	910
4学年以上	945

中学校の必修科目は、国語，数学，理科，社会，音楽，体育，技術・家庭科，美術の8教科で、選択科目は、必修科目と同じ科目に加えて、外国語，

中学校指導要領に定めるそのほか特に必要な教科とされている。時間数は全学年とも旧学習指導要領より70単位時間／年減らして、980単位時間／年になっている。（1単位時間は50分）

学習指導要領の改訂により小中学校ともに単位時間数が減らされた。これでは社会人として生きていくのに必要な知識が習得されてないのはいか、また知識そのものよりも結論に至る考え方を育てる学習経験が不十分ではないか、という懸念が教育関係者からあがり、新聞で取り上げられたり、意見書が提出されたりした。また私立学校の中には、土曜日にも授業を行ったり、授業数を減らさないという方針を打ち出し、実施している学校も多くある。

平成15年12月26日には、学習指導要領の更なる定着を進め、そのねらいの一層の実現を図るために、小学校学習指導要領，中学校学習指導要領，そのほかの一部改正が行われた。その中では特に総合学習の時間の扱いが取り上げられ、充実が図られている。

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/youryou/index.htm

このような状態で、バイオリテラシーの育成は可能だろうか。

3 バイオリテラシー育成に必要なバイオテクノロジー関連情報

日進月歩のバイオテクノロジーの恩恵を市民が納得して選択していくために、バイオテクノロジーに関する情報の理解が必要なことはすでに述べた。市民の生活を豊かにするために必要なバイオテクノロジー関連の知識を以下のように「読み書きそろばんバイオロジー」としてまとめてみた。項目は、店頭で食品の表示を見るとき、病院でインフォームドコンセントを求められたときなどに、自信を持って選択，判断できる，考える道筋をもった市民になることを念頭において選択した。

その中で上述の理科教育の中でカバーできそう

なものに編みかけを行ったところ、生物学に関することのみに限られてしまった。

読み書きそろばんバイオロジー

(リテラシーとしてバイオテクノロジーを学ぶ)

生物学に関すること	品種改良の歴史 DNAの意味とはたらき 遺伝子組換え技術の意味
安全性の考え方	安全、自然とはなにか 科学の役割 安全性評価の考え方
流通に関すること	輸入の現状 遺伝子組換え食品の表示
全体からの視点	世界の食糧事情と人口問題 日本の自給率と農業 生命倫理の視点

4 中学校における生物学の学習とバイオリテラシー育成

中学校の理科は第一分野（物理，化学）と第二分野（生物，地学）に分かれており，バイオリテラシーと内容が最も重複するのは中学校の理科第二分野である。

以下に，ある中学校の教科書の目次から，バイオリテラシー育成に発展させられそうな項目を「→斜体」という形で示す。

*植物の生活と種類：身近な生物の観察（ルーペの使い方），植物の体のつくりと働き（花の構造，蒸散の仕組み，根・茎・葉，光合成），植物の分類（被子植物と種子植物，双子葉類と単子葉類）
→**組換え技術**

*動物の生活と種類：動物の生活の観察（食物のとり方と体のしくみ），感覚と運動のしくみ（ヒト：刺激と運動，筋肉の動き），**生命を維持するはたらき**（ヒトの体の仕組みと働き：消化，養分の吸収，循環器，血液）→**食品の安全性**，動物の分類（動物の分類，進化にはふれず）

*細胞と生物の増え方：生物の体を形づくるもの，**生物の生長と細胞**（体細胞分裂）→**生命活動の維持**，**生物のふえ方**（減数分裂）→**DNA情報の伝達**

*自然と人間：**生物の生活とつながり**（食物連鎖）

→**環境に対する考え方**，身近な自然（気候とくらし），（選択）自然環境と人間の生活（災害とくらし）

市民が最も気にしているバイオテクノロジーに関わる安全性の考え方や，食品安全委員会で導入されたリスクアナリシスの考え方も，義務教育の中に取り込まれるのは未だ先のことと思われる。

また，遺伝子組換え技術によって導入された遺伝子が農作物の体内で合成したたんぱく質の消化実験などを理解するためには生物学よりも保健体育の「ヒトの体」の学習で扱う方が適切かもしれないし，農薬などの化学物質に関わる安全性審査の方法はPRTR（Pollutant Release and Transfer Register：環境汚染物質排出移動登録 <http://www.env.go.jp/chemi/prtr/risk0.html>）といて，1999（平成11）年，「特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律」（PRTR法）などにより定められているので，これらを化学の学習に取り込む方法も考えられる。流通に関することや，世界や日本の食糧事情などは社会科に，生命倫理は公民に含まれるものであろう。

バイオリテラシーの育成には，学校の生物学の知識だけでは不十分であることがわかる。このように生物学，保健体育，社会など縦割りになっている科目を総合的に扱う視点がなければ，学校で習う学習内容が市民のバイオリテラシー育成とはかみ合わないことになる。

5 総合学習（総合的な学習の時間）

「生きる力」の育成を目指し，各学校が創意工夫を生かして，これまでの教科の枠を超えた学習などができる「総合的な学習の時間」が平成15年度から新設された。具体的には「自ら学び，考える力」と「学び方，調べ方」を身につけることが目標となる。

http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/sougou/index.htm

縦割りの科目学習の中で、ばらばらに扱われてしまうバイオリテラシーを育む学習は総合学習などの場につながるようにしないと、せっかくの学習がいつまでもバイオの恩恵の選択に役立たない。

総合学習がバイオリテラシー育成に活用されることを期待するが、理科の教員のすべてが生物学を専攻しているわけではなく、総合学習は教師個々の得意分野が扱われる傾向が強いことを考慮すると、バイオテクノロジーが総合学習のテーマになる頻度は多くないだろう。



図1 教育情報ナショナルセンター (NICER) のHP

総合学習の時間応援団という文部科学省のHPから教育情報ナショナルセンター (NICER) <http://www.nicer.go.jp/> の特別支援教育を検索すると、中学校理科に関する登録が3,133件、そのうち第二分野が2,605件である。一般に国語や社会より、理科や社会の方が登録は一桁多い。「生物細胞と生殖」への登録が78件あるが、ほとんどが「細胞の分裂」、「細胞のつくり」で、DNAを扱っているのは「DNAから染色体へのモデル」(教育用画像素材集) 1件のみである。このような教材の提供元は国立教育政策研究所、科学技術振興機構がほとんどである。バイオテクノロジーが全くといっていいほど扱われていないことが、総合学習の素材の量からも推量される。むしろ、STAFF (農林水産先端技術振興センター) やバイオテック情報普及会が行っている出前授業、協和発酵工業(株)のアドベンチャー号(微生物に関する学

習を中心とした授業をバスで希望した学校に向いて企業の研究者が行う)のような活動が総合学習に役立つのではないか。

6 教育目的組換えDNA実験

平成14年1月の組換えDNA実験指針の改訂により、組換えDNA実験が高等学校、科学館などで行えるようになった。

http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/seimeidna.htm

このような実験も、バイオテクノロジーへの興味を開く実験として有効であると考えられる。

GFP (オワンクラゲの緑色蛍光色素) を大腸菌の遺伝子に組み込むことで、光る大腸菌をつくる実験キットが販売されており、このキットを購入し、日本全国の大学遺伝子実験施設などを中心に理科教員を対象にした研修会が開催されている。ここで強調されているのは、実験の手順を教えることが主目的ではなく、組換えDNA技術の安全性の考え方、遺伝子組換え体の扱い(廃棄物の処理の仕方を含む)などが実験を通じて体験されることである。研修を受けた教員が各校でこれらの実験を取り込むことができるように、技術、資金、教材提供、校長への申請書類の作成など多様な支援が行われている。(教育目的組換えDNA実験連絡研究会事務局: 筑波大学遺伝子実験センター)

このような研修会から出発して「高校生物における遺伝子組換え実験の開発とその有効性〜くらげの緑色蛍光タンパク質遺伝子による“光る大腸菌”の作成を通して〜」という10時間の独自のカリキュラムを作り、微生物の学習、組換えDNA実験、プレゼンテーションなど幅広い授業を行っている例もある。(広島県立広島商業高等学校 山内宗治教諭) (参考資料)

7 教科書検定制度

日本では学校教育法により教科書検定制度が採

用され、著作・編集を民間にゆだねることで著作者の創意工夫を活かし、検定を行うことで適切な教科書の確保を目指し、4年ごとに更新している。

平成15年現在、中学校の検定教科書は5種類（啓林館，大日本印刷，東京図書，学校図書，教育出版），小学校の検定教科書は6種類（中学校の5社に信教が加わる）となっている。

学習指導要領の改訂により、授業時間が減ることから、教科書で扱う内容の中には削除される項目が生じ、教育関係者からこれを問題視する意見書も提出されている。たとえば、「進化」「イオン」が削除され、それに関連する部分も削除されていく教科書ではバイオリテラシー育成への展開は難しくなる。（くらしとバイオニュース

<http://www.life-bio.or.jp/topics/topics25.html>）

一方、海外の初等教育における教科書の検定にしくみは、次のようになっている。

検定を行っている国	ドイツ，ノルウェー，中国，インドネシア
認定を行っている国	フランス，ロシア，アメリカ，カナダ，中国，インドネシア
検定，認定ともに行っていない国	英国，スウェーデン，フィンランド

8 理科大好きプログラム

文部科学省では「科学技術創造立国」をうたいながら、青少年をはじめとする国民の「科学技術離れ」「理科離れ」が広がっている現在、これに対処し、科学好き、理科好きな児童生徒を増やすため、平成14年度より「科学技術・理科大好きプラン」が開始された。大学などと教育現場が連携するサイエンスパートナーシッププログラム（SPP）事業、科学技術や理科・数学教育を重点的に行う高等学校を定めて特別なカリキュラム開発や大学などのとの連携について研究するスーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業、その他の先進的な科学技術・理科教育デジタル教材の開発、「産業技術史資料情報センター」の設置、科学技術・理科教育総合推進事業などがある。

①サイエンスパートナーシッププログラム事業
中学校，高等学校等を対象に，先進的な研究施設や実験装置等，科学技術・理科教育に活用できる様々なリソースを持つ大学，研究機関，企業等と学校現場が連携することにより，第一線の研究者・技術者による特別授業や研究機関等を利用した発展的な学習プログラムの開発，教員を対象とした最先端の科学技術に関する研修等を実施するプログラム。実施方法には以下の3つがあり，バイオリテラシー育成に役立つ可能性がある。

○学校が大学，研究機関等の研究者，技術者を招いて，科学技術・理科，数学に関する観察，実験，実習等の学習を行う「研究者招へい講座」に対する支援。

○大学，研究機関等が学校と連携して，当該大学，研究機関等において，科学技術，理科・数学に関する観察，実験，実習等の学習を行う「教育連携講座」に対する支援。

○各都道府県教育委員会，大学，研究機関等において，教員を対象とした科学技術・理科，数学に関する研修を行う「教員研修」に対する支援。

②スーパーサイエンスハイスクール（SSH）
科学技術，理科・数学教育を重点的に行う学校をSSHと指定し，高等学校及び中高一貫教育校における理科・数学に重点を置いたカリキュラムの開発，大学や研究機関などとの効果的な連携方策についての研究を推進し，将来有為な科学技術系人材育成に資する。2002年には26校（国・公立23校，私立3校），2003年には26校（国・公立25校，私立1校）が参加し，2003年度は継続を加えて52校が研究・開発を行っている。

2002年度にSSHの指定を受けた立命館高校では「生命学」という講座を高校2年生の必修科目と定め，2003年度にこの講座を初めて走らせている。講座はSSHにあわせて企画されたものではなく，同校が今後のビジョンのひとつとして，将来，立命館大学のサイエンスを支え，発展させることのできる人材が供給されるようにと考え出さ

れたものであり、学校をあげての熱意に溢れた取り組みである。オリジナルの教科書を作って使用している。以下に生命学の目次を掲げる。

第1章 生命と細胞

私たちの体をつくる細胞，細胞の中を探検しよう，原核細胞と真核細胞，DNAの構造とその複製，細胞がふえるしくみ

第2章 ヒトの誕生と遺伝

減数分裂のしくみと受精，ヒトの誕生，遺伝の法則，ヒトの性と遺伝，遺伝子の連鎖とくみかえ

第3章 遺伝子とそのはたらき

わたしたちの体をつくる分子，たんぱく質と酵素，遺伝子本体 DNA，遺伝情報からたんぱく質へ，突然変異（DNAも間違いを起こす），遺伝子組換えの原理とその応用，遺伝子と生命倫理

第4章 生命を維持するしくみ

血液とその成分，生体防御（免疫のしくみ），神経系とそのしくみ，自律神経とホルモンの作用

第5章 生命と地球の歴史

宇宙の中の地球，生命の起源，原核生物から真核生物へ，生命 陸上へ，ヒトの出現，生態系（エコ・システム）とその構成，物質循環とエネルギー，多様性の保全と環境問題

教科書「生命」の目次には「よみかきそろばんバイオロジー」よりも詳しくヒトの体（生命維持の仕組み）や地球の歴史や進化が含まれている。同校では、最後にこれらの授業をもとにして生徒たちが発表資料を作って、プレゼンテーションを行い、自分の意見を述べることでまとめとしてコンクールを行っており、生徒は大変熱心に取り組んでいる。

食の安全，安心を学ぶ意味での流通や経済の問題までは、この「生命学」の中に含まれていないが、この教材は今後のバイオリテラシー育成のた

めの教材作りの基礎になるものである。

バイオリテラシー育成は、産業・研究分野における優れた人材育成よりも、市民がQOLの向上を目指すものであるので、SSHの目的とはやや異なる。しかし、SSHやSPPで開発、利用された教材、実験キットも市民のバイオリテラシーの育成に有効であると考えられる。

9 学校における生物教育以外の情報提供

学校教育がバイオリテラシー育成に十分であるかどうかを考察してきたが、実際には市民のほとんどは学校教育を終えている。遺伝子組換え食品の安全性を問う学習会が消費者団体や学会の主催で行われてきたことは、市民がかつて受けた学校教育では、そのような情報をカバーできていないことの現われではないだろうか。病院でインフォームドコンセントを得るにあたっての医療従事者のための説明マニュアルが最近、作られていることも同様に、先端医療までを理解する素地作りは学校における理科教育だけでは追いつけないことを示しているのではないか。また、くらしに即した食の安全・安心に関わるリスクの考え方などは、現在の縦割りの科目学習ではカバーできないこともわかった。

バイオリテラシー育成には今まで組換えDNA技術で検討されてきたようなヒトと環境への安全性評価だけでなく、「心の安心」にまで関わる情報、知識が含められるべきだと考える。

すなわち、個人遺伝情報保護、トレーサビリティの確保による食への安心、よりよいバイオテクノロジーに関する情報伝達のあり方の研究などが心の安心や自己決定ができる個人の考え方の構築を支援するものとなるのではないだろうか。

バイオテクノロジーの安全性評価が適切に行われることは、バイオテクノロジーという先端技術の活用と市民の理解や受容に不可欠であることはすでに述べてきた。新技術の導入には、安全性評価の基本であるヒトへの影響、環境への影響に加

えて、情報を受け止める個人の内的環境の3つの軸足があるべきであり、内的環境への配慮として情報提供時の「誰に、何を、誰が、どこで、どのように」が常に考えられるべきである。

誰に	就学年齢以下	就学年齢	市民
何を	生命の意味	生物学	バイオリテラシー
誰が	教師、親	教師	消費生活アドバイザー、学芸員、研究者、公務員、教師
どこで	幼稚園、家庭	学校	消費生活センター、博物館
どのように	お話、読み聞かせ、作業	講義、実験	講義、体験学習

博物館や科学館における情報提供は縦割りで行われている学校教育の間隙を埋めるために、学校教育を終えた市民にはもちろんのこと、児童・生徒にとっても有効である。情報提供ばかりか双方向性のある議論の場に発展することは更に効果をあげる。2003年12月14日に千葉県立現代産業科学館で開催した発酵を学ぶ実験教室は、親子でパン作りの作業を行いながら、イースト菌や発酵、ケーキなどの泡のような構造を持つその他の食品について学ぶことを目的に作られたカリキュラムであった。

<http://www.life-bio.or.jp/topics/topics63.html>



図2 発酵を学ぶ実験教室において、卵白を泡立てて、イースト菌の発酵との違いを比べる

たとえば、教育目的の組換えDNA実験を行う

ことができるように文部科学省の指針が改訂されたことはすでに述べたとおりだが、これは現在はカルタヘナ議定書国内担保措置法の中に記述されており、学芸員や理科教師が研修を受けて博物館、科学館なども同実験を実施できるようになってきている。(J-BCHバイオセーフティクリアリングハウス「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」

<http://www.bch.biodic.go.jp/houreil.html>)

このような体験学習会の開催や開催場所の提供や指導者の派遣が盛んに行われることが望ましい。そのための人材や情報のネットワークを支えるという裏方の機能も、今後の博物館、科学館の機能に加わることが大いに予想され、その意義は極めて大きい。

参考文献

- 1) 佐々義子：バイオコミュニケーション ～市民の視点から情報提供のあり方を考える～平成14年度 千葉県立現代産業科学館研究報告 第9号
- 2) 「生物教育と市民理解～変革する社会への対応を目指して～」高等研報告書0322 (財)国際高等研究所2003

平成14年度理科教育研究講座 (資料)

広島県立広島商業高等学校 山内宗治

「高校生物における遺伝子組換え実験の開発とその有効性

～くらの緑色蛍光タンパク質遺伝子による「光る大腸菌」の作成を通して～」

1 限目	微生物とのかかわりあい	微生物利用の具体例, 微生物の種類, 微生物の発見と研究 ☆微生物培養実習, ☆抗生物質の効果実験
2 限目	微生物の利用	発酵と腐敗, 発酵食品の製造, 抗生物質の製造 ☆抗生物質の効果実験の考察
3・4 限目	これからの微生物利用	遺伝子組換え技術の実際, 大腸菌を使った遺伝子組換え技術とは ☆DNA抽出実験 (サケの精巣を使って)」
5 限目	光る大腸菌を作ろう (解説)	遺伝子組換え実験を行う前に (注意事項), 実験材料, 実験手順のイメージ ☆大腸菌の培養
6 限目	光る大腸菌を作ろう (実験)	実験手順 ☆形質転換実験
7 限目	光る大腸菌を作ろう (まとめ)	実験結果と考察のまとめ, 大腸菌を使った組換えDNA実験の安全性
8 限目	遺伝子組換え食品について その1	遺伝子組換え食品の実際, 安全性について, これからの遺伝子組換え食品
9 限目	これからの微生物利用	遺伝子組換え微生物による有用物質の生産, バイオリクター, バイオマスシステム等
10限目	遺伝子組換え食品について その2	☆各個人によるインターネットでの調べ学習 (遺伝子組換え食品の現状と問題点, 賛成派や反対派の主張, 是非について自分自身の意見)