

中学生のための生命科学教材の開発, カリキュラムの 構築およびその実践*

米田英里¹ 澤田一彦² 保木康宏² 浅野 裕^{2†} 糸乗 前^{1**} 杉田陸海¹

Development of Contents and Curricula for Life Science Education, and Their Practices in the Junior High School

Eri YONEDA, Kazuhiko SAWADA, Yasuhiro HOUKI, Yutaka ASANO,
Saki ITONORI and Mutsumi SUGITA

1. はじめに

今日、遺伝子関連の科学技術分野は飛躍的に進歩し、我々の生活においても重要な位置を占めるようになってきた。それに伴い、これらの最新技術に対する疑問や倫理を含めた様々な問題について考える機会が増え、それらに対する正しい知識と理解あるいは判断力が必要となってきた。そのためには中学および高校の授業において生命科学に関する教育が求められるが、現状としてはカリキュラムや実験設備などについての問題点が数多くある¹⁾。しかし、生徒の生命科学に対する興味や関心がますます高まってきたことが感じられる。

2002年に文部科学省から、組み換えDNA実験指針が改訂され、新たに「教育目的組み換えDNA実験」の項目が定められた。さらに、2003年6月には「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」が制定、公布され、2004年2月19日から施行された。これは実験指針を踏まえたものとなっており、極めて安全な実験や安全管理の容易な実験については、法に基づいて所要の措置を講ずることが必要となるが、高等学校等において実施してもよいこととなった²⁾。また学力低下を懸念する動きが高まっているが、学習指導要領の一部改正が行われ、『学習指導要領に示しているすべての児童生徒に指導する内容等を確実に指導した上で、児童生徒の実態を踏まえ、学習指導要領に示していない内容を加えて指導することができる』こと、『学習指導が網羅的・羅列的にならないようにするための事項は、すべての児童生徒に対して指導する内容の範囲や程度等を示したものであり、学校において特に必要がある場合等には、これらの事項にかかわらず指導することができる』ことが明確にされた³⁾。

本研究では、教科の学習経験を基礎とする生命科学に関する学習のカリキュラムを作成し、中学3年生を対象に実践した。特に、学習課題を明確にして、生徒の主体性を高めるために問題解決的手法を取り入れた。また、生徒の科学的な見方・考え方や生命科学の理解度を深めるため実験の数を増やした。さらに、大学の研究室と連携することによる専門的な知識の広がりや深まりも期待した。

*本研究の一部は第54回日本理科教育学会全国大会(平成16年8月4-5日, 筑波大学)で発表

¹滋賀大学教育学部化学教室
(〒520-0862 大津市平津 2-5-1)

²滋賀大学教育学部附属中学校
(〒520-0817 大津市昭和町 10-3)

**連絡者: 糸乗前
(E-mail: itonori@sue.shiga-u.ac.jp)

[†]現所属: 守山中学校
(〒524-0014 守山市石田町 350)
キーワード: 生命科学教材開発, 中等教育実践, カリキュラム構築, 遺伝子組換え遠隔講義システム
(2004年9月30日受理)

2. 研究のねらい

学習指導要領における単元「生物の細胞と生殖」の内容は、身近な生物についての観察・実験を通して、細胞のレベルで見た生物の体のつくりと生殖について理解させるとともに、親の形質が子に伝わる現象について認識させることである。「生物の細胞と生殖」は、「生物と細胞」と「生物の殖え方」の2部に分かれている。「生物と細胞」では、いろいろな細胞の観察を行って、生物の体が細胞からできていること、および植物と動物の細胞のつくりの特徴を見いだす。さらに、体細胞分裂の観察を行い細胞の分裂を生物の成長と関連付けてとらえることを学ぶ。「生物の殖え方」では、身近な生物の殖え方を観察し、有性生殖と無性生殖の特徴を見いだすとともに、生物が殖えていくときに親の形質が子に伝わることを学ぶ⁴⁾。特に「生物の殖え方」は生命科学とつながりが深く、遺伝子のことについて学ぶ。遺伝子は生命科学の学習をする上で最も重要な知識の一つである。ところで、学習指導要領の改訂に伴い、遺伝の規則性は扱わないこととなっているが、生命科学に対する知識を深めるためには、「生物と細胞」「生物の殖え方」とともに、DNA や遺伝子についても、また遺伝子からタンパク質が作られる仕組みについても学習する必要がある。

必修教科の中で生物の基本となる細胞について学習し、さらに必修教科の発展的な内容として、選択理科の時間で行うこととした。① DNA や遺伝子について理解するためのモデルづくり、② DNA からタンパク質が合成される過程を解説するための「暗号解読ゲーム」、③ 最近よく話題にされる遺伝子組み換え食品についての詳細な調査、④実験を通してDNAの実感、⑤遺伝子組み換え生物を用いた実験、による一連の学習を通して、生命科学の基礎を養いたいと考えた。

3. 研究仮説

生徒の生命科学に関する理解度を検証するために、4つの研究仮説を立てた。

仮説1：実験や観察に、身近な材料を用いるこ

とにより興味・関心を高めることができるであろう。

日常の授業における実験および観察や校外学習など、体験を通じた活動によって得られる知識や能力が重要視されている。DNAの抽出実験や遺伝子組み換え生物を用いた実験（大腸菌実験）など、体験実習と一体化した授業を展開するとともに、実験の材料に身近なものを用いることで、生命科学への興味を促すきっかけを作りたいと考えた。

仮説2：専門的な実験操作を行うことにより、高度な実験技術を身につけることができるであろう。

パストールピペット（スポイト）などの一般の実験器具の使い方とともに、大腸菌実験の際に使用する器具の管理や後始末（処理）の方法について、それらを意識させることで、普段の授業では使わない高度な実験技術を体感させたいと考えた。

仮説3：日常生活で利用されている生命科学技術について考えさせることで、思考を深めることができるであろう。

生命科学と社会との接点が増え、遺伝子研究の成果が日常生活に深く関わり、浸透してきた。そして、それと同時に例えば、遺伝子組み換え食品の安全性や遺伝子組み換えの是非などさまざまな問題が提起されるようになってきた。しかし、それらについて安全性の根拠にまで迫る程、真剣に考えることはほとんど無いのが現状である。そこで、調べ学習という形態で生命科学に関するテーマを自ら設定し、追求し、考察することで判断力を育成したいと考えた。

仮説4：大学と連携して授業を進めていくことによって、理解を深めることができるであろう。

大学等の専門的な研究機関と Information Technology (IT) を利用して連携することにより、生命科学に関する知識を広げ、深めることができると考えた。本研究では、滋賀大学教育学部化学教室と附属中学校理科室を遠隔講義システムを用いて連携し、“疑問点を専門家に聞く”“中学校にはない専門的な機器を見る”“実験結果についてリアルタイムで討論する”など、

を行うことでより分かりやすく専門性に富んだ授業の構築を模索した。

4. 研究の方法と内容

(1) 授業の評価

授業の評価は次の3点を基礎として行った。

①選択理科の最初の時間(第1時:タマネギの細胞観察)と最終の時間(第24時:発表会)に質問用紙を配布し、事前アンケートおよび事後アンケートを行った。

②毎時間の授業はビデオカメラとテレビ会議システムを用いて記録した。

③毎回の授業終了直後には簡単なアンケート調査をし、授業の理解度や興味・関心などを調べ、その後の授業の内容を検討する材料とした。

(2) 実証授業における重視点

平成15年度と16年度の二度にわたって実証授業を行った。1年目の実施授業の評価を基礎に、2年目の授業内容に次の4点を重要項目として加えた。

①授業には毎回必ず課題を設定して、その課題に対する予想の交流、それを追求する形での実験、そして授業の最後にまとめを行った。

②生命科学の用語は数多くあるが、その中から学習に必要な用語(例えばDNA、遺伝子、アミノ酸、遺伝子組換えなど12個)を精選し、日常的な用語と混同することがないように定義し、生徒にはそれらをノートに「科学用語」として整理させた。

③先進的な次世代ITの活用という観点から、大学と附属中学校間のLANを用いるテレビ会議システムを利用して、積極的に大学の研究室と中継する時間を設定した。この試みにより、より分かりやすい、専門性に富んだ授業の構築を企った。

④調べ学習を学習の動機付けとして取り入れるのではなく、まとめや発展として最後に位置づけた。

(3) 単元の構成

①タマネギの核と細胞分裂の観察

はじめに、タマネギの細胞を観察し、細胞には核があることを確認する。細胞には寿命があることを知らせ、どのようにして新しい細胞が

生まれてくるのかを考えさせるとともに、タマネギの根を観察し、細胞は分裂して増えていくことに気づかせる。

②遺伝子の解説とDNAモデルの作成

核の中には、DNAがあり、DNAの一部が遺伝情報を伝える遺伝子となっていることを知らせる。DNAの二重らせんモデルを作らせることで、DNAの構造を知り法則性に気づかせる。AとT、GとCのペアは間違えられることはほとんどなく、ミスが生じる確率が10億分の1であることを知らせるとともに、A・T・G・Cの並び方の違いによって、例えば目が二重、髪の毛がくせ毛などの形質の違いがでてくることを理解させる。

③DNAの抽出実験

次に、植物性材料のプロッコリーと動物性材料のニワトリ肝からDNAを取り出し、その性質を体感させる。すなわち、DNAは糸状のものであること、生物共通のものであることを気づかせる。

④タンパク質合成の解説と遺伝子組換え生物を用いた実験

遺伝子が転写、翻訳されてタンパク質が作られる機構を中学生に理解させることは極めて困難である。そこで、『暗号解読ゲーム』を取り入れ、遺伝子からタンパク質が作られる過程を分かりやすく理解させる((4)教材開発③タンパク質合成の仕組みを理解するための教具(暗号解読ゲーム)参照)。また、タンパク質は常に作り続けられているのではなく、必要なときにしか作られないことを理解させるために、『タンパク質を作る・作らない』は『遺伝子解読のスイッチがON・OFF』になることで調整されていることを知らせる((4)教材開発②遺伝子組換え生物(大腸菌)を用いる実験のための教具および解説参照)。さらに赤血球のヘモグロビンのタンパク質を例にして、GAGなどの文字がGTGのように一文字変わることによってつくられるタンパク質の性質が変わり(形が鎌状に変化する)、貧血になりやすい体質になるなどの症状を引き起こすことを知らせる⁵⁾。

さらにMRSA(Methicillin-resistant Staphylococcus aureus:メチシリン耐性黄色ブドウ球菌⁶⁾)を例に、なぜMRSAが恐れら

れているのかを考える中で、進化について理解させる。すなわち、進化には長い年月を要するが、人工的に遺伝子を変化させると短い時期で目的に応じたタンパク質を合成することができる生物を作り出すことが可能である。これが遺伝子組換えであり、日常生活においても利用されていることを気づかせる。遺伝子組換えの長所と短所に触れながら、自分自身はどのように判断するか考えさせる。その後、大腸菌実験を行い、遺伝子組換えがどういうことであるのかを体験的に理解させる。

⑤調べ学習とその発表会

最後に、今までの学習をもとに自ら課題を考え、それを調べ学習という形で追及させる。調べたことは模造紙一枚にまとめ、最後は専門家(大学教員)の同席のもとに、発表して、自分の考えを深めさせる。

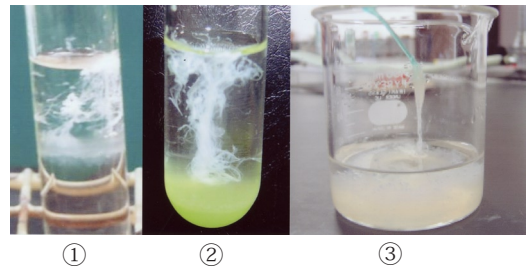
単元構成は、上記①～⑤をひとつの流れとして捉えることができるように課題やまとめを考案した。

(4) 教材開発

① DNA を理解するための教具

始め、細胞観察・核の確認・細胞分裂の観察などでタマネギを用いたことから、タマネギからの DNA の抽出実験を行った。その実験には、ケニス No.1-155-540DNA 抽出キットを用いた。第 1 図①に示すように、白色繊維状の DNA を観察することができた。さらに、ブロッコリーとニワトリ肝からの DNA の抽出を身近にある台所用洗剤(本実験には花王、ファミリーコンパクトを使用)、食塩、アルコールを用いて行った^{7,8)}。その方法について簡単に紹介する。ブロッコリーに関しては、凍結した試料 5g を粉状になるまですり潰し、DNA 抽出液(洗剤 10ml と食塩 6g に水を加えて 100ml にしたもの)を 10ml 加えさらに 5 分間程度すり潰す。その後ろ過し、1ml のろ液を 2ml のエタノールに加えると、第 1 図②に示すような DNA を得ることができる。ニワトリ肝に関しては、凍結した試料 100g、洗剤液(洗剤 10ml に水を加えて 150ml にしたもの)、氷 50g をミキサーで混合する。その混合液の 30ml に、等量の食塩水(2M)を加えて軽く

混ぜた後、液の色が赤色から白色に変化するまで 100℃で湯せんする。その後ろ過し、ろ液に等量のエタノールを加えると第 1 図③に示すような DNA を得ることができる。いずれも、実験操作は比較的簡便で、所要時間も一時間程度である。DNA の収量は用いた材料の量をタマネギと比較しても多かった。また、DNA の抽出に植物性材料と動物性材料の両者を用いることから、DNA が生物共通のものとして存在することも理解できる。



第 1 図 DNA を抽出したときの写真

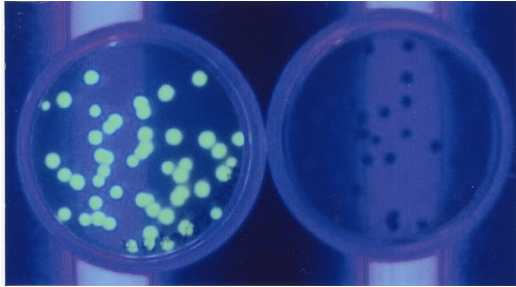
- ① タマネギ
- ② ブロッコリー
- ③ ニワトリ肝

②遺伝子組み換え生物(大腸菌)を用いる実験のための教具および解説

BIO-RAD No.166 - 0003JEDU Kit 1 p G L O バクテリア遺伝子組み換えキットを用いて大腸菌にオワンクラゲの GFP (Green Fluorescent Protein) 遺伝子を導入し、機能発現を紫外線光(UV 照射)で観察する。さらに、組み換え DNA 実験に必要な実験室の管理、廃棄物の処理なども取り入れられる教材である。

本研究ではキットの説明書に示されている方法を少し変えて、実験を 2 段階に分けて行った。すなわち、1 段階目では、通常の寒天培地と抗生物質を入れた寒天培地の 2 つを用いて菌体の増殖を調べ、抗生物質が入っている培地では菌体は増殖できないことを確認した。2 段階目では、抗生物質の入った培地とさらにその中にアラビノースを加えた培地を用いた。GFP 遺伝子を導入した菌体は、その組み込まれた遺伝子により抗生物質の入った培地でも菌体が増殖することを確認した後、さらに、タンパク質を発現させるスイッチ物質(アラビノース)が

存在しないと UV 照射によっても蛍光を発しないことを確認した (第 2 図)。このことで、「遺伝子の変化→作られるアミノ酸の変化→タンパク質の変化→生物の性質の変化」を学習することができる。



第 2 図 GFP 遺伝子を導入した大腸菌を増殖させた寒天培地 (UV 照射)
右: 抗生物質のみを含む培地
左: 抗生物質およびアラビノースを含む培地

③タンパク質合成の仕組みを理解するための教具 (暗号解読ゲーム)

遺伝子からアミノ酸、そしてタンパク質が作られるしくみをできるだけわかりやすくするために、「暗号解読ゲーム」を取り入れた。これには、表 1 に示す「解読表」を用いたが、最初にその見方および暗号は 3 つずつを 1 つの単位 (3 つずつが 1 つのグループ: コドン) として読まなければならないということルールとして確認した。一例であるが、第 3 図のような暗号が示されると、その解読では「じゅわき」となる。同様にもう一つの暗号も解読すると「ぼたん」となり、これらの 2 つの解読結果から連想されるものは「電話」である。この「し」や「濁点」などがアミノ酸に、「じゅわき」「ぼたん」などがペプチドに、そしてそれらのつながりからできる 1 つの機能をもつ「電話」がタンパク質に相当することが理解できる。さらに発展させた暗号文では、開始コドンと終止コドンを発見することも含んだ塩基の配列を用いて、実際の解読に近い原理も利用した。

④ DNA のモデル作製

DNA の二重らせん構造をイメージしやすくするためにインターネットに掲載されていた型

表 1 「暗号解読ゲーム」に用いた解読表

		第 2 文字					
		T	C	A	G		
第 1 文字	T	あ	い	う	え	T	第 3 文字
		お	か	き	く	C	
		け	こ	終了	終了	A	
		さ	し	終了	す	G	
	C	せ	そ	た	ち	T	
		つ	て	と	な	C	
		に	ぬ	ね	の	A	
		は	ひ	ふ	へ	G	
	A	ほ	ま	み	む	T	
		め	も	や	ゆ	C	
		よ	ら	り	る	A	
		開始	れ	ろ	わ	G	
	G	を	ん	ゃ	ゅ	T	
		よ	っ	い	ゝ	C	
		。	。	!	?	A	
		「	」	—	・	G	

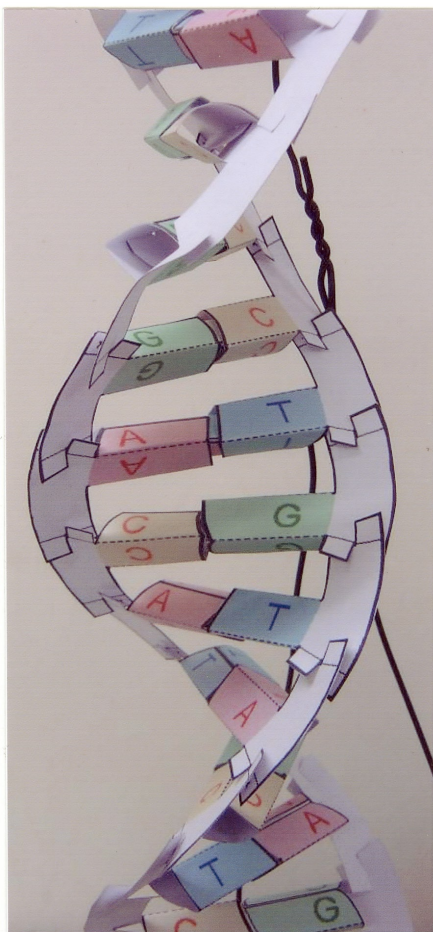
T C G	G G C	G G T	A G G	T A C
し	ゝ	ゅ	わ	き
A T T	G G C	C A T	G C T	→ 電話
ほ	ゝ	た	ん	

第 3 図 「暗号解読ゲーム」で生徒が解読した暗号の一例

紙⁹⁾を使用して DNA モデルを作製した。(第 4 図)。

⑤マニュアル (実験の手引書) の作成

技術的に高度で複雑な実験操作方法の理解を助けるために、17 頁より成る上記①～④の解説を含んだオリジナルのマニュアルを作成した (第 5 図)。



第4図 DNAモデルの完成図



第5図 実験の手引書

(5) 単元の流れ

タマネギの核と細胞分裂の観察

第1次：タマネギの細胞を観察し、細胞には核があることを知る。

第2次：タマネギの根の細胞分裂を観察し、細胞は分裂して増えていくことを知る。

遺伝子の解説とDNAモデルの作成

第3次：DNAの二重らせん模型を作成し、DNAが4つの暗号からなること、AとT、GとCが必ずペアになることを知る。

第4次：トウモロコシの黄色と白色の粒を数えて遺伝の法則について理解する。

DNAの抽出実験

第5次：ブロッコリーとニワトリ肝からDNAを抽出し、DNAの性状を知る。

タンパク質合成の解説と遺伝子組換え生物を用いた実験

第6次：暗号解読ゲームによって、遺伝子からタンパク質が作られる仕組みについて理解する。

第7次：大腸菌を用いて、抗生物質を含む寒天培地には大腸菌の成育がないことを確認する。

第8次：日常生活の中に出てくる「遺伝子組換え」について触れながら、それについて理解するとともに、自分の考えを持つ。

第9次：遺伝子操作を行った大腸菌は、抗生物質を含む培地でも成育すること、さらに、タンパク質を発現させるスイッチ物質（アラビノース）を含む培地で成育した大腸菌は、UVランプを照射すると光ることを確認する。

第10次：遠隔講義システムを用いて大学と中継し、実験結果についての討論および専門的な機器の見学などで、知識を深める。

調べ学習とその発表会

第11次：調べ学習によってまとめをし、それを発表する。

(6) 各時間の課題と用語

各時間の授業内容に対応する課題およびまとめを一括して表2に示した。また、授業で用いるために精選した生命科学用語およびその説明の概略を表3に示した。

表2 各時間の授業内容に対する課題およびそれらのまとめ

授業内容	課題	まとめ
細胞の観察	タマネギの細胞の遺伝子は細胞のどこにあると思いますか	タマネギの全部の細胞の中に、それぞれ丸い「核」という部分があって、その中に遺伝子がある
細胞分裂の観察	細胞がどんどん死んでいく中で、細胞はどのようにして新しく生まれていくのだと思いますか	細胞分裂で細胞が二分する。このとき、遺伝子を同じように分けるためには核は染色体に変化する
DNAの模型作り	DNAの模型を作って、そこからDNAに記録されている暗号を読み取ることができますか	DNAは二重らせんの形をしていて、4つの暗号(A, T, G, C)からなる。磁石のN極とS極がくっつくように、AにはT, GにはCが必ずくっつく
遺伝の法則	黄色イトウモロコシの母親と黄色イトウモロコシの父親が結婚して、本当にたくさんの子(兄弟)が生まれました。兄弟は何色になったと思いますか	黄色が3で白色が1の割合で子ができる
	父が黄色と白色、母も黄色と白色のカードを持っていて、それぞれから1枚ずつ子にわたすと、100回のうち、子が1枚でも黄色をもらうのは何回になるか調べましょう	子が1枚でも黄色をもらうのは25回くらいになり、黄色:白色=75:25=3:1になる
DNA抽出(植物)	ブロッコリーからDNAを取り出す実験をして、ブロッコリーのDNAは実際にはどのように見えるか確かめよう	DNAは白い糸のようなものだった
DNA抽出(動物)	鳥の肝臓からDNAを取り出す実験をして、鳥の肝臓のDNAは実際にはどのように見えるか顕微鏡で調べよう	DNAは顕微鏡で観察しても白い糸のようなものだった
遺伝子からタンパク質がつくられるしくみ	DNAの暗号を解読しよう	タンパク質は作りたいときに遺伝子暗号を解読スイッチがONになって作られる 遺伝子暗号は塩基配列を3つずつの、まとまり(コドン)に分けて解読され、アミノ酸を作る。アミノ酸がたくさんつながったものがタンパク質である
	DNAのATGCの暗号が1文字変わったら、何が起これると思いますか	違うアミノ酸が作られるので、正常な体ができないときがある
大腸菌実験Ⅰ	大腸菌を育てる栄養分を入れた寒天培地では、24時間で目に見えるまで増えた。大腸菌を殺す薬を入れた寒天培地では24時間後にどのように変化していると思いますか	
大腸菌実験Ⅰの確認と遺伝子組換え		栄養のある寒天培地では、大腸菌が増えてコロニーをつくったが、殺す薬を入れた寒天培地では、全滅した
	この遺伝子を組換えてつくったトウモロコシを食べるとき、あなたは健康でいられると思いますか	遺伝子組換えのトウモロコシは、ヒトの都合のよいように人工的に進化させたトウモロコシであり、これまでのトウモロコシとは違う植物であると自覚して、安全性を見つめ直すことが必要である
大腸菌実験Ⅱ	普通の大腸菌に遺伝子操作を加え、大腸菌を殺す薬でも生き延びられて、しかも光という新種の大腸菌を作り出そう	
大腸菌実験Ⅱの確認		遺伝子組換えを行った大腸菌は、抗生物質の中でも生きられるようになった。さらに、遺伝子の暗号解読のためのスイッチを入れた大腸菌は光るようになった

(7) 実証授業

本カリキュラムの実証授業は平成15年6月～7月と平成16年4月～5月の二度に渡って実施したが、本論文では初回の実証授業の結果を基礎としてさらに検討を加えた後者の実証授業について述べる。授業は滋賀大学教育学部附属中学校の3年生選択理科で行った(第6図)。附属中学校における3年生選択理科では、必修教科の内容を超えた現在のトピックス、ホ

ットな話題を扱うことによって、専門性の向上を図っている。本授業に参加した生徒数は19名(男子のみ)、授業時間数は24時間であった。このうち2時間続きで100分間の授業は10回であった。一例として第4次の授業の抜粋を示す。

表3 授業で用いるために精選された生命科学用語およびその説明の概略

用語	説明
遺伝子	親から子へ形質を伝えるもの
遺伝子操作	遺伝子に手を加え、親と形質の異なる子を作り出すこと
酢酸カーミン液	遺伝子を赤く染める
染色体	細胞分裂のときに、遺伝子を減らさないように分かれるために、核がひも状に変化したもの
DNA	遺伝子などの情報の記録テープ。細胞の核にすべて収納されている。細胞分裂の時にはきれいに太く巻き取られ、染色体になる
遺伝の法則	子は親から半分、母親から半分受け継ぐ
アミノ酸	人間の体を構成しているタンパク質を作っている成分。タンパク質を分解すると、アミノ酸になる。全部で20種類しかない
コドン	A・T・G・Cの塩基配列の3つずつのまとまりのこと
突然変異	紫外線や、有害物質などの影響で遺伝子の一部が壊されてしまったり、A-T・G-Cのペアが何らかの理由によってミスが生じること
コロニー	寒天培地上で成育した細胞の集団
進化	時間はかかるが、生物は遺伝子を変化させて環境に適応する力を持っていること
遺伝子組換え	自然な進化を待たず、人工的に遺伝子を変化させること

5. 実践の成果と課題

毎回の授業終了直後に実施したアンケートでは、調査項目を①授業の理解度、②達成感、③次の授業へのやる気とし、これらをそれぞれ5段階で生徒による自己評価を行った。授業の理解度が5ならばその授業がよく分かったこ

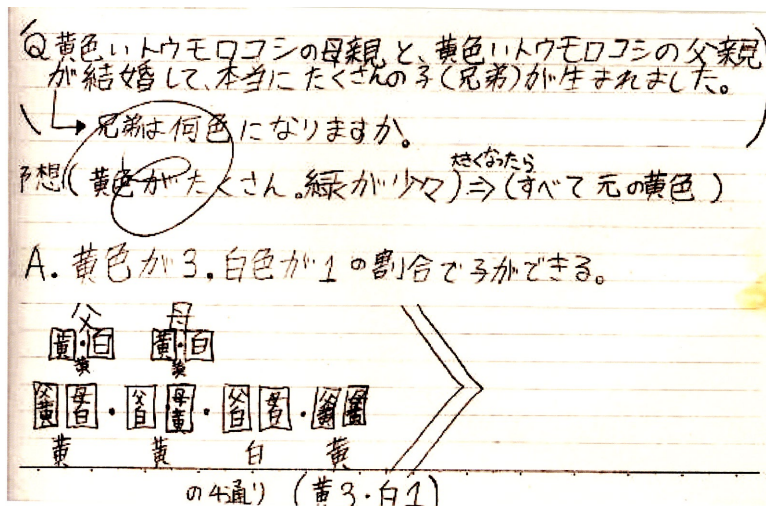


第6図 大腸菌実験をしている様子

大腸菌実験を行うときには、安全面や衛生面を考慮して手袋とマスクを装着した。消毒液を入れたビーカーを机上に配置して、使用後の器具は其中へ回収し、熱殺菌処理を行った

とを意味する、達成感が5ならばやりがいがあったとの認識を有する、次時へのやる気が5ならば次の授業もがんばろうという意欲があると、理解した。第8図に示したように、すべての時間にわたっても1および2の評価をした生徒は少なく、4および5の評価をつけた生徒が大部分を占めた。この結果は、本授業が生徒にとって分かりやすくまた、楽しい学習であったと考えられる。一方、選択理科を終えて行ったアンケート結果では、「毎時間の学習目標をしっかりとたてられましたか?」、「学習内容

第4次 トウモロコシの黄色と白色の粒を数えて遺伝の法則について理解する	
学習内容	生徒の動き
①作成したDNAモデルから法則性に気づく。	<ul style="list-style-type: none"> ATGCの4つの暗号からなること、AとT、GとCが必ずペアになることに注目した。 ATGCの並び方の違いが形質の違いである。
②トウモロコシの粒を数えて遺伝の法則を知る。	<ul style="list-style-type: none"> 黄色と白色の粒の数を数える 黄色と白色の粒の比が3:1になった。
③黄色と白色のカードでゲームをし、遺伝の法則について確かめる	<ul style="list-style-type: none"> 黄色と白色のカードでゲームをする(2人1組でゲームをする。1人ずつに黄色と白色のカードを1枚ずつ配る。机の下でカードをよく組み、1人1枚を机の上に出す。黄色が2枚なら黄色、黄色と白色なら黄色、白色が2枚なら白色として何色が何回出たかを数える。)
③遺伝の法則についてまとめる(第7図)	<ul style="list-style-type: none"> 父親と母親から半分ずつ遺伝子をうけつぐので、子どもは黄色と白色の比が3:1になる。



第7図 生徒のノート

「第4次: トウモロコシの黄色と白色の粒を数えて遺伝の法則について理解する」
で、なぜ黄色と白色の粒の比が3:1になるのかを考えた生徒のノート

に興味・関心を持ち続けられましたか?」、という質問項目に対して、全員の答えが「はい」であった。このことは、毎回の授業で生徒自身が到達点を認識できてははっきりとした課題をしっかりと立てて学習したこと、実験材料などにブロッコリーなど比較的身近に調達できるものを選んだことが、このような結果に結びついたものと考えている。また「この学習でよかったことは何ですか?」、という質問に対しては、「普段できない実験ができたこと」、「DNAを取り出すなどの難しい実験を体験することができた」、という感想があった。大腸菌実験については安全確認のため、手袋とマスクの装着を義務付けたことにより、このような感想が聞かれたものと判断できる。また、新しい実験を体験できたということに関しては、事実、専門的で高度な内容の実験であったが、著者らによって作成された本授業のためのオリジナルのマニュアルで極めて分かりやすく学習を進めることができたと考える。「選択理科で心残りなことは何ですか?」、という質問に対しては、「もっと実験をしたかった」、「もっと調べたかった」という感想があった。具体的にどのような実験を希望しているのかわからないが、生徒の実験に対する興味は非常に高いことが感じられた。調べ学習と発表会の時間に全体の授業時間数の関係から3時間を充当したが、今後、調べ学習

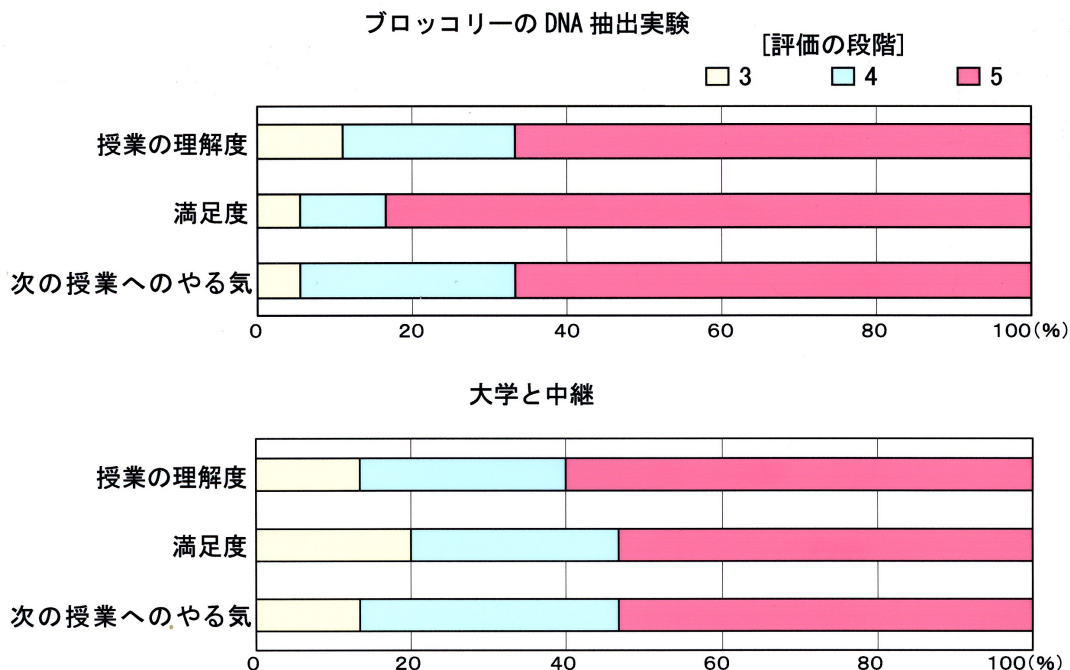
の方法も含めて時間配当の検討が求められる。しかし、表4に示すように生徒自身が考え出した学習テーマによると、内容的に極めて高度と思われるものに挑戦することが可能であると判定できるまで、生徒の生命科学、特にDNAに対する理解度が深くなったことが推測できる。発表の方法においても生徒の個性が出て、充実した発表会であったと考えている。

最後に「学習を終了し、自分ではどんな点で成長したと思いますか?」、という質問に対しては「実験の仕方が上手

くなったし、理科が好きになった」、という感想が聞かれた。高度な実験ではあったが、専門的な実験技術が身についたこと、また大学および現場の教員が連携したことで、現場の教員からは楽しくわかりやすい授業の進め方を、大学の教員からは正しい生命科学の理論をお互いにそれぞれ提供することができたものと考えている。また、今回の実践の目的は遺伝子組換えの是非を問うような倫理観を養うのではなく、それらについて考えるときに必要な、正しい知識を得ることに置いた。発表会における生徒からは本実践で得た知識を活用し、現代社会の生命科学に関する事柄について自分で判断し、自分の考えを積極的に伝える姿勢が見られた。

6. おわりに

ヒトゲノムの全解読など生命科学の分野は世界中で注目されており、わが国においても新聞やニュースで数多く取り上げられている。社会をよりよい方向へ発展させていく判断力・技術力の育成をするために、体系的に生命科学を理解させることは重要であり、これについて中等理科教育の占める役割は大きいと考えられる。本研究では、DNAの抽出実験や遺伝子組み換え生物を用いた実験を取り入れたカリキュラムを考案して、2回の実証授業を行った結果を考察した。



第 8 図 授業終了直後のアンケート結果 (n=19)

表 4 調べ学習で取り上げられたテーマ

○遺伝子組換えの実態
○人間に関する遺伝子組換えの実態
○遺伝子組換えが人体に及ぼす影響
○遺伝子組換えの長所と短所
○遺伝子組換え動物と植物
○遺伝子操作で不老不死!?
○僕たちにも分かる DNA
○遺伝子の歴史
○遺伝子病

本研究は、平成 14 年度教育研究改革・改善プロジェクト経費「新教育課程に対応した次世代 IT を活用する中学生のための生命科学教材の開発」および平成 15 年度教育研究・改革改善プロジェクト経費「新しい選択学習（理科）プログラムの開発—中学生のための生命科学教材の開発、カリキュラムの構築及びその実践—」によって行った。ここに記して謝意を表す。

7. 文献

- 1) 原田宏「高等研究報告書 0322 生物教育と市民の理解—変革する社会への対応を目指して—」.(財)国際高等研究所, (2003) 1-5
- 2) 文部科学省「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」のホームページ
URL : http://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/sei_mei/kumikae.htm
- 3) 文部科学省「小学校、中学校、高等学校等の学習指導要領の一部改正等について」のホームページ
URL : http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/03122606.htm
- 4) 文部省「中学校学習指導要領解説—理科編—」.大日本図書, (1999) 86-91
- 5) 田中隆荘・田村道夫・田中昭男「総合図説生物」.教育図書出版第一学習社, (1998) 116
- 6) URL : <http://www.yoshida-pharm.com/information/dispatch/dispatch05.html>
- 7) URL : <http://www.educ.city.ibaraki.osaka.jp/center/science/2001/dna/dna.htm>
- 8) URL : <http://homepage3.nifty.com/ymorita/DNAext.htm>
- 9) URL : <http://www.venus.sannet.ne.jp/eyoshida/f03sep2.htm>