

遺伝子を理解する分子生物学実験の開発、実施と共同実施校での実施による普及活動 (2年次報告)



実施担当者 兵庫県立神戸高等学校
教諭 繁戸 克彦

1. はじめに

高等学校の指導要領の改変が平成 24 年から実施され、教科：理科、科目：生物の内容に急進する分子生物学の成果が盛り込まれ、遺伝情報の発現やバイオテクノロジーの分野が教科書に実験を含むものとして大きく扱われるようになった。しかし、高等学校現場では、設備やコスト面だけでなく、教員にこれらの実験の実施や指導の経験がなく、教科書に掲載されている実験でさえ実施が困難な状況である。この状況を打開すべく、一般の高等学校で実施可能なバイオテクノロジーを体験する分子生物学実験を開発し、生徒、教員対象の実験実習会を実施することで、遺伝子組み換え技術の論理やバイオテクノロジーに対する興味関心を高め、さらに設備が十分でない学校でも実施可能な実験器具、実験材料、薬品等を整備し、それを用いて担当教員が自校で多くの生徒を対象に実験を行うことによる普及を目的とした。

2. プログラムの経緯・状況

《1年次》

2014年7月 詳細な実施計画を作成

実験に関する情報を収集

実験協力校との打ち合わせ

2014年8～10月 実施実験の試行と改良

・DNAフィンガープリント実験

●神戸高校での試験実施

7月28日(月)～30日(水) 参加生徒 37名

●遺伝子を理解する分子生物学実験実習会

(第1回) 県立神戸高等学校

11月18日(火) 参加生徒 32名 教員 5名

11月19日(水) 参加生徒 31名 教員 5名

●共同実施校での実験実習会実施

県立兵庫高等学校 生物実験室

12月11日(木) 参加生徒 22名 教員 2名

12月12日(金) 参加生徒 22名 教員 2名

●遺伝子を理解する分子生物学実験実習会

(第2回) 県立神戸高等学校

12月19日(金) 参加生徒 10名 教員 7名

12月20日(土) 参加生徒 6名 教員 5名

●共同実施校での実験実習会の実施

兵庫県立小野高等学校

12月25日(木) 参加生徒 10名 教員 1名

●共同実施校での実験実習会実施

神戸学院大附属高等学校

2015年2月5日(木) 参加生徒 15名 教員 1名

2月6日(金) 参加生徒 15名 教員 1名

●神戸高校での改良実験の実施

2月9日(月) 参加生徒 18名

2月10日(火) 参加生徒 19名

2月17日(火) 参加生徒 19名

2月18日(水) 参加生徒 19名

≪2年次≫

2015年4月～7月 実験材料準備のためのシステム作り。

●神戸高校での試験実施

7月28日(火)～30日(木) 参加生徒 39名

●神戸高校での試験実施(発展編)

9月23日(祝) 参加生徒 5名

●遺伝子を理解する分子生物学実験実習会

(第3回) 県立神戸高等学校

11月1日(日) 参加生徒 29名 教員 11名

11月3日(祝) 参加生徒 26名 教員 9名



TA(ティーチングアシスタント)が実験会をリード(DNAフィンガープリント実験)

すでにこの実験の経験のある生徒(神戸高校2年生)が、TAとなって実験を指導した。

●共同実施校での実験実習会の実施

兵庫県立宝塚北高等学校

11月11日(水) 参加生徒 7名 教員 1名

11月13日(金) 参加生徒 7名 教員 1名

11月12日(木) 参加生徒 28名 教員 1名

11月13日(金) 参加生徒 28名 教員 1名

●共同実施校での実験実習会の実施

兵庫県立神戸商業高等学校

12月9日(水) 参加生徒 17名 教員 1名

12月10日(木) 参加生徒 14名 教員 1名

●神戸高校での実験実施

12月16日(水) 参加生徒 12名

12月17日(木) 参加生徒 12名

●神戸高校での実験実施

2016年1月26日(火) 参加生徒 19名

1月29日(金) 参加生徒 19名

2月17日(水) 参加生徒 27名 教員 1名

2月19日(金) 参加生徒 27名 教員 1名

●共同実施校での実験実習会実施

神戸学院大附属高等学校

2月4日(木) 参加生徒 43名 教員 2名

2月5日(金) 参加生徒 43名 教員 2名

●共同実施校での実験実習会の実施

兵庫県立小野高等学校

3月16日(水) 参加生徒 40名 教員 2名

3月17日(木) 参加生徒 40名 教員 2名



共同実施校での実施(神戸学院大附属高等学校)



共同実施校でも一度実験会に参加したものがTAとなり共同実施校での実験をリードする。(形質転換実験)

3. 共同実施校での実施拡大への工夫

初年度の遺伝子実験についての教員アンケートでは、「市販の実験キットは高価で、購入が難しい。」「クラス 40 人での実験には、複数セットの購入が必要でお金がかかる」という経済面での問題、「興味ある実験であるが、実験器具が整備できない」「電気泳動層やマイクロピペットはあるが、1 つしかない。このようなものがあるという演示に使っている」といった実験器具についての問題と、「生徒実験をどのように行ったらよいか、その手法がわからない」「授業での実験では人数が多く、1 人の教員ではいきなり新しい器具の多い実験では、指導しきれない」といった実験実施、指導に伴う問題が寄せられ、これらの問題を解決することを 2 年次の課題として取り組んだ。

●実験材料等の提供

プラスミド等の大量培養と抽出を行い、形質転換・DNA フィンガープリントの両実験とも、2 人 1 組でできる準備をした。培地や DNA、プラスミド、大腸菌などすぐに実験できるように整備した。



形質転換用プラスミド DNA フィンガープリントで使用する DNA 実験に適切な濃度、量を調整し分注して配布する

●貸し出し機材の整備

初年度、本校の備品も貸し出ししていたが、校内で別の用途で使用したり、他校への運搬等でトランスイルミネーターが破損したりすることがあり、貸し出し機材開発と整備を行った。遠心器や泳動層、マイクロピペット、ボルテックスミキサー等の備品のほか、チップやマイクロチューブ、ループ、手袋といった消耗品もセットにして貸し出した。また、簡易トランスイルミネーターを 10

台以上開発、作成、実験班ごとに使用できるものとして、貸し出した。



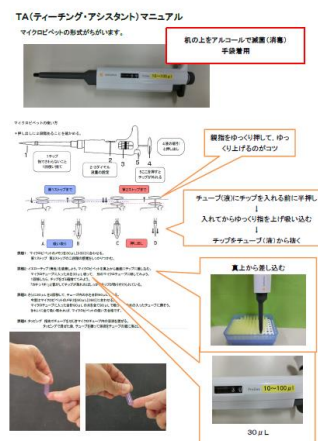
科学教育振興【プログラム】助成により整備した貸出備品（電位泳動層やマイクロピペターなど）



簡易トランスイルミネーターと観察用暗箱 生徒のスマートフォンでも撮影でき、DNA の大きさが解析できる性能がある。

●TA の育成と教材

TA マニュアルを作成し、実験会に参加した生徒にこのマニュアルを使って実験を経験させることで、自校実施時にアシスタントとして活躍できるようにした。



TA マニュアル（一部）

教材も新たに、1 年生で十分に学習が進んでいない生徒に向けて「遺伝子 DNA とは」事前学習用教材を作成、実験プリントの（発展編）として形質転換では、オペロンの説明を加えたもの、DNA フィンガープリントでは、方対数グラフを利用して解析するものも作成した。

実験プリント、事前学習プリント、原理の説明プリント、TA マニュアル、実験を円滑に進めるためのスライド(パワーポイント)を USB メモリーに入れて配布した。

4. 実施の効果

実験実習会実施に当たって、本校で行った実験会、連携校での実験会とも実験後にアンケートを記入してもらい実験実習会の効果を分析した。

生徒用アンケートは遺伝子を扱った実験の経験、マイクロピペットなど器具の操作の経験を聞く項目(6項目)と実験後の変化を聞く項目(10項目)とした。

ここでは実験実習による生徒の変化を中心に報告する。各質問に対して以下の尺度で行った。

5ポイントが最も高く 2.5ポイントが中央値。

当てはまる できた	全く当てはまらない 全くできなかった	
5	4	3
2	1	0
1 大腸菌についての知識・理解が深まった。	4.13	
2 遺伝子の発現についての知識・理解が深まった。	4.10	
3 大腸菌の形質転換の原理が理解できた。	4.06	
4 形質転換の実験操作や器具の扱いができた。	4.45	
5 DNAの電気泳動の原理が理解できた。	4.34	
6 電気泳動の実験操作や器具の扱いができた。	4.41	
7 行った実験操作がどのような意味があるか理解できた。	4.11	
8 実験に興味や関心を持ち、意欲的に取り組めた。	4.40	
9 実験結果の予想について、考察(予想できた)できた。	3.94	
10 遺伝子組換えやバイオテクノロジーについての興味・関心が強まった。	4.16	

有効回答数 生徒 336 名分

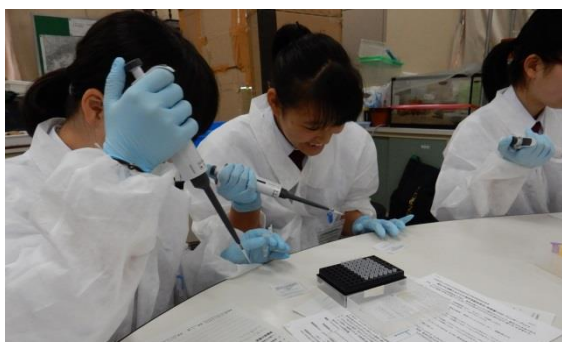
アンケートの結果から、質問項目 1, 2, 3, 5 の「実験に関する原理や知識や理解」の平均は 4.15 ポイントであり、遺伝子についての学習としての効果があったことがわかる。質問項目 4, 6 の「実験操作と器具の扱いについて」は神戸高校で行った実験実習会ではそれぞれ 4.46 ポイント, 4.32 ポイントであったが、神戸高校以外の共同実施校ではそれぞれ 4.40 ポイント, 4.52 ポイントと電気泳動に

関しては高い値が出ており、自校で実験を行った先生方の指導力の高さが伺われる。共同実施校での生徒の感想に「先生のスライドショーを見て少し知識が付き実験に取り組みやすくなり楽しく実験をすることが出来た。」とあり実験の流れと操作を解説するプレゼンテーションスライドも効果があったようだ。また、TA 役として実験をサポートした生徒の果たした役割も大きいと考えられる。

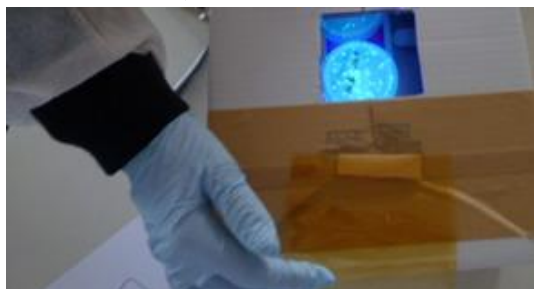
質問項目 7 の「実験操作の意味が理解できたか」については、神戸高校で行った実験実習会 4.41 ポイント、共同実施校での実施 3.77 ポイントと大きな差が出ている。実験実習会は休日十分な時間を使って行っているが、共同実施校での実験は授業中の時間を使って行うため、実験操作はスムーズに行えても、その操作の持つ原理まで十分に説明する時間がとれなかったのであろう。神戸高校で行った実験実習会に参加した生徒が十分に実験操作の意味を理解したことで、自校では TA 役として初めての生徒に指導ができるものと考えられる。質問項目 9 の「結果の予想や考察について」は、一度、実験実習会を経験した生徒では、4.15 ポイントと高く、初めてのものの 3.73 ポイントを大きく上回る。一度経験し、自校実施で TA として指導的な立場で実験を行うことでより深い理解ができるものと考えられる。

質問項目 8 の「興味や関心を持ち意欲的に取り組めた」は 4.40 ポイント、質問事項 10 の「遺伝子組換えやバイオテクノロジーについての興味・関心が強まった」は 4.16 ポイントとどちらも高い値であり、実験後の感想にも「印象に残ったことは、初めての器具を使って遺伝子組み換えをして実験中楽しかったです。感動したことはライトを当てた時にコロニーが光ったときに綺麗な蛍光色になった時です。」「準備がたくさんあって、その時点から楽しかったです。目に見えるかなとワクワクしました。」「初めて DNA を扱う実験をして、今まで教科書の

上だけだったのであまりよく分からなかったが、本当にこんなことできるのか？と疑問に思っていたことを実験できたので良かった。」「今までは図録で写真を見るか問題集の解答を見てこの実験はこうなるんだとしか思っていなかったけど実際にやってみると理解度も全然違って、いい実験が出来て良かったです。」このような回答からも意欲的に楽しく実験に取り組めたことがわかる。



5 μ L計りとり 初めて使う器具も楽しみです



自分が行った実験で大腸菌の光るコロニーを確認 シャーレの中の星空に感動

TAとして自校での実験をサポートした生徒は「今回は先生のアシスタントとして実験に参加しました。前回の復習が出来て、細かい注意点も押さえることが出来たので良かったです。」

「2回目の実験だったのでより理解できました。説明する立場になると、分かっていないことが結構あったので、これを機会にしっかり理解できたと思います。」といった感想があり、TAとして他の生徒を指導することでより深い理解ができたようだ。

本事業で行った、初めて体験する目では見えない分子生物学実験においても、実際にその内容を実験とともに学習することにより、その理解が深まることが確認された。この分野では実

験をする実験条件が整わない学校も多い、そのような学校の生徒に対し、この事業によりこれから実験の普及活動を行うことで、より多くの生徒に実験の機会を設けることができ、この分野の知識・理解を深めることができた。また、異なる学校の生徒が交流できる場ができ、教員同士にもつながりができたことはこの実験実験会の意味は大きい。



TAとして実験をサポートする。実験を通して他校生とも交流できた。

5. まとめ

この事業では、兵庫県立高校9校、神戸市立高校1校、私立高校2校の計12校、延べ757名の生徒の参加があり、生徒の変化、効果も検証された。教員も延べ65名（神戸高校実施企画担当者を除く）が実験を行った。教員に行った44項目に記述回答を加えたアンケートから、2年次にはプログラムに改良を加えた。この事業で、整備した実験器具等は今後も希望する学校に貸し出し、実験材料の供給も継続する。この事業により高等学校における分子生物学実験の真の普及ができたと考える。

謝辞

本事業は公益財団法人中谷医工計測技術振興財団科学教育振興【プログラム】助成を得て2年間に渡り行われたものであり、実験器具の整備、実験実習会開催に関し、多大な援助いただいたことに心よりお礼を申し上げます。また、本事業に協力していただいた参加高等学校の先生方、生徒の皆様、そして、お手伝いいただいた本校職員、本校生に厚くお礼を申し上げます。