

報告

高大連携事業 「高校生の大学研究室への体験入学型学習プログラム」の実施報告

渡部稔¹、山城考¹、佐藤高則¹、大橋眞¹、間世田英明²、続木章三²、英崇夫²
(¹徳島大学総合科学部、²徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部)

(キーワード：高大連携、体験入学型学習、生物学実験)

University and high school cooperation project -A report from experience-based study program of high school students in the laboratory of the university-

Minoru Watanabe¹, Takashi Yamashiro¹, Takanori Satoh¹, Makoto Ohashi¹, Hideaki Maseda², Shyozou Tsuzuki²,
and Takao Hanabusa²

¹Faculty of Integrated Arts and Sciences, ²Institute of Technology and Science, The University of Tokushima

(Key words: university and high school cooperation, experience-based study program, biological experiments)

1. はじめに

われわれは、2年前より大学の実験設備を利用してさまざまな生物学実験を行う機会を地元の高校生へ提供するという、体験入学型の高大連携事業を行っている。一昨年は日本学術振興会が主催する「ひらめき☆ときめきサイエンス」⁽¹⁻³⁾、昨年は科学技術振興機構が主催する「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト (SPP)」⁽⁴⁻⁶⁾という高大連携のプログラムを地元の高校と行った。これらのプログラムは、高校生の生物に対する知識と理解を深め、理科(科学)に対する興味・関心を高めること、徳島大学を地元の高校生に体験してもらうこと、さらに TA (Teaching Assistant) として参加した学生・大学院生に対する教育的な効果などを目的としている。今年度は、今までのプログラムをさらに拡充し、TA にも学部の枠を超えて、総合科学部と工学部の学生・大学院生に参加して貰った。本報告では、今回行ったプログラムの内容と、高校生や TA からのアンケートの結果、得られた効果や今後の課題、さらには今後の高大連携事業の可能性について述べたいと思う。

2. プログラム内容

2008 年の 8 月 (高校は夏休み期間) に以下の

スケジュールでプログラムを行った。

実施日	内容 (担当教員)
8 月 4 日 (月)	マウスの解剖実験 (大橋)
8 月 5 日 (火)	植物染色体の実験 (山城)
8 月 11 日 (月)	カエルの発生の実験 (渡部)
8 月 12 日 (火)	発光タンパク質の実験 (佐藤)

時間は 10:00-12:30 で、場所は総合科学部 3 号館生物学実験室で行われた。実施に先立ち、県内の各高校・教育委員会・図書館・博物館等へチラシ⁽⁷⁾と案内文を配布し、徳島新聞に案内を出し、大学 HP⁽⁸⁾ で案内を行った。また市内のいくつかの高校には生物担当の教諭へ直接連絡をして、参加をお願いした。参加希望者は自分の興味のあるプログラムを選択し、あらかじめ参加登録をしてから参加した。各プログラムへの参加者は以下の通りである。

	解剖	植物	発生	発光	合計
3 年生	9	0	0	2	11
2 年生	13	4	6	7	30
1 年生	6	7	4	6	23
中学生	0	1	0	0	1
合計	28	12	10	15	65

高校教諭	1	0	1	4	6
保護者	0	1	0	1	2
TA	5	3	4	3	15

参加高校および人数は以下の通りである。

学校名	参加人数 (延べ人数)
城南高校	13 (13)
城東高校	9 (19)
阿波西高校	7 (7)
城ノ内高校	7 (12)
城ノ内中学	1 (1)
小松島高校	2 (2)
文理高校	3 (6)
池田高校	1 (2)
名西高校	1 (1)
東工業高校	1 (1)
近大附属東広島高校	1 (1)
合計	46 (65)

以下、各プログラムごとに内容を紹介する。

(1) マウスの解剖実験 (担当：大橋)



マウスの解剖実験は、現在高校ではほとんど行われていない。これは高校の理科の授業ではそもそも実験がほとんど行われていないことや、動物実験に対するハードル(解剖に対する先生の知識および倫理的な問題)が高くなってきていることが原因と考えられる。しかし、脊椎動物の体の内部構造を理解する上でマウス等の動物の解剖を行うことは重要である。このプログラムには、4

日間で最高の28名が参加した。TAは5名、大学の教員は2名が参加した。



プログラムでは最初にビデオにより実験内容の説明が行われた。その後、2人一組になりマウスを炭酸ガスで麻酔したのちに解剖し、内臓諸器官の観察・スケッチ、消化管の長さの測定等を行った。最後にTAの司会で今日の実験の反省や動物実験の意義についてのグループ討論を行った。高校生にとっては、おそらく初めての解剖実験の経験であったと思われる。そのため、教員やTAに技術的なことを含め数多くの質問が寄せられた。また最後のグループ討論でも、TAのリードのもと活発な議論が行われた。



(2) 植物染色体の実験 (担当：山城)

生物の遺伝子DNAが含まれる染色体は、高校の生物Iで履修する。したがって高校2年生では染色体についてのある程度の知識があると考えられる。この実験では、まず生物の染色体についての講義を行い、次いで植物の根から染色体標本を作る手順が示された。その後、参加した高校生がキク(ナカガワノギク、リュウノウギク)の染色体の標本を各自で作製した。そして作成したサ

ンプルを顕微鏡で観察・スケッチを行い、これらのキクの染色体の数や形にどのような違いがあ



るのか観察した。この実験は技術的に難易度が高く、染色体がきれいに観察される標本を作製することは難しい。それでも参加した高校生は何度も標本を作っては観察し、染色体のスケッチを行った。最後に各自が観察した染色体の数を発表し、2種のキク科植物の染色体の数と進化についての考察を行った。



(3) カエルの発生の実験 (担当：渡部)

動物の発生についても、高校生物Iで履修する。したがって高校2年生以上の生徒にとっては、カエルの卵の発生の様子は教科書や参考書で見慣れているはずである。しかし、それを実際に自分の目で観察する機会はほとんどないであろう。このプログラムでは、まずカエルの卵が受精してから発生していく様子のビデオ説明や動物の発生に関する講義が行われた。その後、前日に排卵誘発ホルモンを注射しておいたメスのカエルの腹部を圧迫することで採卵し、それを精子液と混ぜ合わせる人工授精の実験のデモンストレーションを教員が行った。その後、参加した高校生たち自身が採卵・人工授精を行った。そして自分た



ちで受精させた卵が分裂していく様子や、あらかじめ受精させて発生が少し進んだ胚の観察・スケッチを行った。またそれらと同時にさまざまな実験を加えた胚(例えば双頭胚)の観察も行った。さらに、さまざまな発生段階の胚の切片標本を用いて、胚の内部構造の観察も行った。



(4) 発光タンパク質の実験 (担当：佐藤)

最終日はタンパク質の機能に関する実験を、ホタルの発光タンパク質を用いて行った。タンパク質の構造と機能の実験は高校生物IIで履修する内容であるので、参加した多くの高校生にとっては、内容を理解することが難しいということが予想された。そこでこの実験では、各自が行う実験と得られた結果、そこから考えられる考察を記入するワークシートを配布し、ひとつの実験が終わるごとにワークシートの記入を行い、すべての生徒が同じペースで実験を進めることができるように配慮した。また発光を観察するために、実験室の窓は暗幕で覆い、さらに暗箱を用意して弱い光も観察ができるようにした。実験では、まずタンパク質の酵素としての機能についての解説

を行い、実験の手順を説明した。ついで2名一組となり、発光タンパク質と発光基質を混ぜ合わせることで発光すること、溶液の温度やpHにより



発光状態が変化することを調べた。また、生物発光と化学発光の違いについても実験を行った。最後にTAを中心にグループごとにタンパク質の性質についてのグループ討論を行った。

なお、今回のプログラムでは、実験中に行ったスケッチや実験結果を記入したワークシート等は、プログラム終了後回収し、各教員が添削・コメント等を記入して参加した高校生へ郵送した。



3. アンケート結果

ここでは4つのプログラムのアンケート結果(それぞれ5段階評価)を集計して、高校生、引率の高校教諭、TA別に報告する。自由記述は代表的な意見を抜粋した。

(1) 高校生 (65名)

- ・ 授業は面白かったですか?
(面白かった←→面白くなかった)

	1	2	3	4	5
回答	50	14	1	0	0

- ・ 授業で取り扱った内容は難しかったですか?

(難しかった←→易しかった)

	1	2	3	4	5
回答	15	23	15	10	2

- ・ 授業の内容は、自分なりに理解できましたか?

(理解できた←→できなかった)

	1	2	3	4	5
回答	22	37	4	2	0

- ・ また、このような授業があったら、参加したいと思いますか?

(参加したい←→したくない)

	1	2	3	4	5
回答	43	12	10	0	0

- ・ 科学に興味はわきましたか?

(わいた←→わかなかった)

	1	2	3	4	5
回答	32	23	8	0	2

自由記述

今日の実験を行った感想や意見を、ご自由に書いてください。

(マウスの解剖)

- ・ はじめ見たとき、ネズミを生きのまま解剖するという事にとっても抵抗があったが、生で心臓が動くところなどが見れて、解剖をして良かったと思いました。
- ・ 正直あまり、解剖などに興味がなくてさけていましたが、今回の実験を通して、動物(生命)などの分野について興味がとても持てました。
- ・ 教科書で見るとよりもずっとインパクトがあって、あっ本当にこんなふうになっているんだって実感した。いろいろなことを学ぶこと

ができてよかった。

- ・ 最初生きているマウスを見て、さわって、できるかなとかかわいそうだと思った。でも、やってみると、自分の知らないことも知れておもしろかった。生命の強さというか、そういうのも知れた。

(植物の染色体)

- ・ 染色体を見ることができてよかった。
- ・ すごくきれいに染色体が見れてうれしかったです。
- ・ 難しかったけど、染色体が見れて楽しかった。

(カエルの発生)

- ・ 学校で勉強したことを自分で観察できたりして楽しかった。
- ・ 楽しかった。卵の美しさ、教科書通りの実物であることなど感動することが多くありました。

(発光タンパク質)

- ・ 高2になってこの授業(実験)をしたら、もう少し理解できたかなと思った。
- ・ こんなに光るとは思ってたし、すごい感動しました。
- ・ 実験、実験さらに実験の実験ざんまいで楽しかったです。

(2) 引率の高校教諭 (6名)

- ・ 生徒たちにとって、授業は面白かったと思いますか？

(面白かった←→面白くなかった)

	1	2	3	4	5
回答	7	0	0	0	0

- ・ 授業で取り扱った内容は、生徒たちにとって難しかったと思いますか？

(難しかった←→易しかった)

	1	2	3	4	5
回答	0	0	3	2	2

- ・ 授業の内容を、生徒たちが自分なりに理解できたと思いますか？

(理解できた←→理解できなかった)

	1	2	3	4	5
回答	0	4	2	1	0

- ・ また、このような授業があったら、生徒を参加させたいと思いますか？

(参加させたい←→参加させたくない)

	1	2	3	4	5
回答	6	1	0	0	0

自由記述

今日の実験を行った感想や意見を、ご自由にお書きください。

- ・ 動物実験の意義まで考えさせられる大変よい経験になりました。勉強になりました。ありがとうございました。
- ・ 生徒を連れてこれなくて申し訳ありません。とても興味をわく実験でした。わかりやすかったです。「今さらはずかしくて聞けないようなこと」を平気で聞いてしまいました。わからないこと、知らないことはいっぱいありますので…。ありがとうございました。
- ・ 少人数の生徒たちに対して、多くの院生や教授の方々のていねいなご指導があり、生徒たちはとても分かり易かったと思います。最後に行ったグループ討論も主体的な学習ができ、彼らにとって、とても有意義だったと思います。
- ・ 視覚にうったえる実験はやはりおもしろいですね。学校でもやってみたいです。

今回のプログラムに参加された理由について、もしよろしければお書きください。

- ・ 参加したいと申し出てくれた生徒がおりましたので連れてきました。私も興味がありました。
- ・ 「是非、徳島大学へ入学したい。」との強い希望を持った生徒たちに、実際の大学にふれ、授業に参加させたいと思ったから。
- ・ 時間が許せば4日も参加をさせていただきたかったです。SSHの学校設定科目を受け持っている関係で、教科書にのっていない実

験等をいろいろと勉強させていただきたい
と思いました。

今回のような高大連携のプログラムは、高校の生徒にとって、どのような意義や効果があると思われますか？

- 大学で行なっている研究は生徒にとっては未知なものであるので少しでも知ることによって興味もわくだろうし、視野も広がるしよかったですと思います。
- まずは、大学で実験をさせていただけるということで、新鮮である。日頃の授業ではできない(費用面、内容面、時間の制約面等)ことをしていただけるので、興味を引き出せる。
- 授業では、どうしても解剖とか発生の実験はやりづらいので、こういうプログラムに参加させて頂くことにより、理系特に生物学にすすみたいと考えている生徒にとっては、進路決定がより具体的になったと思う。

(3) TA (15名)

- 生徒たちにとって、授業は面白かったと思えますか？

(面白かった←→面白くなかった)

	1	2	3	4	5
回答	9	6	0	0	0

- 授業で取り扱った内容は、生徒たちにとって難しかったと思えますか？

(難しかった←→易しかった)

	1	2	3	4	5
回答	2	6	4	3	0

- 授業の内容を、生徒たちが自分なりに理解できたと思えますか？

(理解できた←→理解できなかった)

	1	2	3	4	5
回答	5	8	1	1	0

- また、このような機会があったら、TAとしてご参加いただけますか？

(参加する←→参加しない)

	1	2	3	4	5
回答	10	4	1	0	0

自由記述

授業の内容を、生徒たちが自分なりに理解できるようにするために、TAとしてどのような点を心懸けましたか？またどのような点を心懸けたらよいと思えますか？

- グループディスカッションの時に全員から意見を述べてもらうようにした。
- あまり、口を出しすぎないように気をつけた。
- できるだけ、生徒にやってもらって、それを側で見て、助言をすることにしました。そして話しことばで分かりやすく説明することを心懸けました。
- 自発的にギモンを持てる様に工夫させてみる。
- 説明をわかりやすく。気軽に話しをかけてくれる雰囲気を出す。
- 生徒の視点にたつて、疑問点などを一緒に考えること。
- ていねいに答えを誘導するように話しかけました。
- 起こっている現象をいかにわかりやすく、考えやすく伝えるかということに重点を置いた。
- 自分で考えるよう促す。

今回のTAの体験は、あなたご自身にとって、どのような意義があったと思えますか？また、この経験を通して、ご自身が変わった、と思う場合は、どのように変わったと思うかをお答えください。

- 自分の理解が不十分なのがよくわかった。
- 意見をとりまとめたりすることはこれから必要になると思いました。
- 高校生と話すことで自分の研究の目的を再確認しました。また動物実験について考えるようになりました。
- 人に教える技術は教える側になってはじめて知る事ができた。
- 自分の研究分野と異なる実験を行い、発生学

に対する面白い知見が得られた。

- 教えられる側の動きが、教える側にどういう風に思われるかを学びました。教えてもらうときの動きはこうすべきだなと心に刻みました。
- いかに関わりやすく、いかに考えさせるように話をするかということに重点を置いた。かみくだいてわかりやすく説明することの大切さ、そして難しさを学んだ。

4. アンケート結果の考察

高校生に対するアンケートでは、また同じような企画があれば参加したい、科学に興味があったという回答がほとんどであった。内容は難しかったと答えた生徒が多かったものの、自分なりに理解できたという回答が9割を超えた。自由記述では、動物実験に興味関心を持った、命と向き合うことの大切さを知った、高校で習ったことを実際に確認できたなど、好意的な回答が目立った。引率の高校教諭に対するアンケートでは、全員が授業は生徒にとっておもしろかった、今後もこのようなプログラムがあれば参加させたいと答えた。また自由記述では、大学で実験を体験できることが高校生にとって新鮮である、高校ではできない実験なので高校生の興味を引き出せるなどの意見があった。TAに対するアンケートでは、高校生が内容を理解できるようにさまざまな工夫をしたこと、またそれらの経験を通じて、自分の理解や知識に対する反省、教える側に立つことの難しさ、わかりやすい説明することの大切さなどについての回答があった。

アンケートの結果からは、われわれが当初に期待した、高校生の生物に対する知識と理解を深め、理科(科学)に対する興味・関心を高めること、徳島大学を地元の高校生に体験してもらうこと、さらにTAとして参加した学生・大学院生に対する教育的な効果などの目的はほぼ達成できたと思われる。

5. 今回のプログラムの反省

(1) プログラムの案内

今回多くの参加者のあった高校は、高校の教諭

からの参加への熱心なはたらきかけがあった。これらの高校は、阿波西高校を除き、われわれから個人的に生物の教諭へ直接参加を依頼していた高校であった。逆に1名～数名が参加した高校の参加者は、徳島新聞の案内や徳島大学のHPを見て自分で参加登録をしてきたケースが多かった。今後はもっと早い時期から各高校へ案内を行い、新聞や大学のHPを通じてプログラムの案内を何度も行うなどはたらきかけをしてゆきたい。

(2) プログラムの日程

今回は各プログラムとも最大30名までの参加者を予定していた。しかし実際には、10～28名の参加であった。予定していたより参加者が少なかった一番の原因は、プログラムの日程にあったと思う。プログラムの実施に先立ち、市内の高校の行事予定を調べ、模試や補習等の少ない日程を選択した。しかし実際にはプログラムに参加した多くの高校生から、別のプログラムにも参加しなかったが、高校の行事(補習等)があり参加できなかった、という声が聞かれた。各高校の行事予定は必ずしも同じではないため、日程の調整は難しいが、今後は夏休み期間以外の実施も含め、日程の調整をさらに慎重に行う必要があると思う。

なお、4日間すべてに参加した高校生は46名中4名、3日間が1名、2日間が5名、1日のみの参加者は36名であった。

(3) プログラムの内容

プログラムで実施した実験内容は、高校の生物の教科書では必ず紹介される内容でありながら、高校で実験を行うことが難しい内容であった。そのため、参加した高校生にはなじみの深い内容であったと思う。しかし、各プログラムにより、参加した高校生の関心にも差があったように思われる。これはプログラムの難易度、準備状況、生徒の理解度によるものだと思う。今回の内容を担当者同士で確認し、今後はよりよい内容のプログラムを提供してゆきたい。

(4) フォローアップ

一般にこのような高大連携事業は、高校生が大

学に来て実験や授業を受けそれで終了というものが多。今回われわれは、このような“やりっぱなし”という状況を避け、今後につながるプログラムを目指すため、実験で行ったスケッチやワークシートを回収し、これらを添削、コメントを記入した後、各高校へ郵送することで参加者へ返却した。高校生にとっては、今回のプログラムに参加した記録にもなったと思う。

6. 今後の可能性

われわれは2年前より高校生に対しこのような体験入学型の学習プログラムを行っている⁽¹⁻⁶⁾。今後もこのような高大連携事業を継続して行うことで、徳島大学を高校・高校生へアピールすることが可能であると思う。また高校生にとっても、高校では体験できないような授業・実験を体験でき、理科(科学)に対する興味・関心が高まると思う。さらに、実験に慣れていない高校生にわかりやすく教えることを通じて、TAの学生・大学院生への教育的な効果も期待できる。現在、大学の教員が高校へ出向いての出張授業・実験がよく行われている。それも大切であるが、大学で実験を行うということには、高校生に大学を体験してもらうという大きな意義があると思われる。

しかし高校生の側としては、たとえ夏休みといえども補習や課外活動、試験等もあり、気軽にこのようなプログラムに参加することは難しいだろう。今回3年生の参加者があまりいなかったことからそれが伺える。そこでこのようなプログラムに参加した実績を、ボランティア活動やクラブ活動のように大学の入学試験(推薦入試)で考慮することができれば、高校生ももっと積極的に参加できるのではないだろうか。科学や研究に対して意欲のある高校生を積極的に推薦入試等で入学させることができるなら、現在問題となっている、高校生の理科離れや大学の受験生対策にもなり得ると思われる。

7. プログラム内容の発表

本プログラムで行った内容は、第121回徳島生物学会⁽⁹⁾で発表したほか、平成20年度全学FD徳島大学教育カンファレンスで発表予定である。

また、本プログラムおよび徳島大学の高大連携の取組みが徳島新聞⁽¹⁰⁾に掲載された(10. 配布資料等参照)。

8. 謝辞

このプログラムは徳島大学学長裁量経費(教育研究等支援経費)、徳島大学パイロット事業支援プログラム(社会貢献支援事業)の支援を受けて行われた。また徳島県教育委員会には本プログラムの後援をいただいた。

9. 参考文献等

- (1) 独立行政法人 日本学術振興会 ひらめき☆ときめきサイエンス 過去の実施プログラム平成18年度
<<http://www.jsps.go.jp/hirameki/>>
- (2) 渡部稔: 高校生の大学研究室への体験入学～「ひらめき☆ときめきサイエンス」プログラム、第117回徳島生物学会会報 p15、2006年
- (3) 渡部稔: 高校生の大学研究室への体験入学—「ひらめき☆ときめきサイエンス」プログラム報告—、平成18年度全学FD徳島大学教育カンファレンス発表抄録集 p53-54、2007年
- (4) 独立行政法人 科学技術振興機構-サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト 事例紹介 平成19年度 生物系
<<http://spp.jst.go.jp/index.html>>
- (5) 渡部稔、山城考、吉川ひとみ、吉田光昭: 講座型学習活動「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト」実施報告、第119回徳島生物学会会報 p17、2007年
- (6) 渡部稔、山城考、吉川ひとみ、吉田光昭: 高大連携事業「サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト」実施報告、平成19年度全学FD徳島大学教育カンファレンス発表抄録集、p10-11、2008年
- (7) 徳島大学 総合科学部 HP
<<http://www.ias.tokushima-u.ac.jp/event/pdf/tai ken2008.pdf>>
- (8) 徳島大学 HP

<http://www.tokushima-u.ac.jp/article/0012108.html>

(9) 渡部稔、山城考、佐藤高則、大橋眞、間世田英明、続木章三、英崇夫：高大連携事業「高校生の大学研究室への体験入学型学習プログラム」実施報告、第121回徳島生物学会会報 p17、2008年

(10) 2008年8月23日付徳島新聞朝刊

(11) 徳島大学 総合科学部 自然システム学科 生命・環境コース 生物化学研究室 HP <http://www.geocities.jp/satokichi2004jp/>

10. 配布資料等

5 乗庁 月日 2008年(平成20年)8月23日 土曜日 特集 (22)

「染色体の数は、進化にどんな意味があるのかを考えた。」 徳島大が徳島市中常三島町の総合科学部キャンパスで四、五、十一、十二日に開いた「高校生の大学研究室への体験入学型学習プログラム」...

指導したのは大学の教官や院生、サンプルを細かく切り取り、薬品処理をするなど多くの工程が必要で、名西一年の校井剛志君(まは)「これが染色体か分からない」と苦戦。顕微鏡をのぞいて頭をひねり、成功すると笑みがこぼれた。

「染色体の数は、進化にどんな意味があるのかを考えた。」 徳島大が徳島市中常三島町の総合科学部キャンパスで四、五、十一、十二日に開いた「高校生の大学研究室への体験入学型学習プログラム」...

高校生の理工系離れ対策に大学が力を入れている。理科学習への興味の低下が叫ばれる中、全国的な理工系学部志願者の減少に危機感を強めているためだ。徳島大も、高校生が科学に理解を深める体験入学などを充実。地域教育に貢献し、かつ将来の学生確保につなげたいとの思いがある。

徳大 高校生の理工系離れ対策

体験メニュー「充実図る」

「理工系離れは少子化の面で深刻な問題。危機感を持って対策に努める」と考える。近年、懸念されている子どもの理科離れ。経済協力開発機構が〇六年度に五十七カ国・地域の十五歳に行った調査では、科学を学ぶことに興味がある日本の生徒は50% (平均63%)。三十歳のはないか」と指摘。任教は「理工系の研究は高西、海部の各高校の生徒にたいして深めていくか。〇

の知識だけでなく、生き物に接し、実験することで理解が深まり、興味も高まる」と話す。今年是指導教官を、昨年の二人から四人に増やし、初年は一日だけだった講座を拡充。昨年の倍の七十人が参加した。城ノ内高一年の形田恵理子さん(まは)「授業と違って体験ができ、大学の雰囲気も感じられて楽しかった。高校生は想像以上に、工

に就いていると考える生徒は8% (同25%)にとどまった。こうした中、大学の理工系学部は全国的に志願者が減少傾向にある。岐阜大の調査では、全国の国立大入試(前期日程)での工学部系の志願者数は、〇二年度から〇六年度にかけて約17%減少。志願者の平均倍率は三・三倍から二・七倍になっている。



大学の教官らから指導を受けながら、植物の染色体を観察する体験入学の高校生—徳島大

将来の学生確保目指す

三年に県内四大学で県教の反省もある。委と協定を結び、高校に教官を派遣する「出張講義」は生まれ、(学生数)や「公開講座」を、(学生数)に目を向けた。ただ「入試」に目を向けた。いろいろな視点から高差もあり、交流も形式化校へ積極的に働き掛けたしていた(学務課)といと話した。

「数学や理科を学ぶ動機付けには、体験講座で先端技術を紹介している徳島大教授は、(社会部・湊健治)に頼らず、地域の活力に直結する課題でもある。大学で学ぶ知識が活用される機会をさらに増やしたい。今の勉強が社会に役立つ技術に結びつくことを実感してもらいたい。」

「技術立国・日本の将来を不安にさせる要因として、知識に偏った勉強、社会全体の科学への関心の希薄化などが指摘され、行政や学校は科学体験講座を聞くなどの対策を年々強化している。」

記者の目 高校生活にどうしても、理工系の研究に触れる機会は限られた。県内では、大学や企業の研究者と高校生が先端の研究成果について意見を交わす「サイエンス力」も浸透してきている。科学技術振興機構が昨年五月から計七回開き、毎回十一千人の高校生が参加。活発な議論を展開している。

マウスの解剖 (担当: 大橋真)

動物のからだは、さまざまな器官から構成されている。また、その器官はいくつかの組織の組み合わせでできたものであり、それぞれの組織を構成する単位は細胞である。このようなからだの成り立ちを形態的に調べるのが解剖学であり、その中で肉眼で器官を観察するのがいわゆる巨視的な(マクロな)解剖学である。哺乳類であるマウスは飼育が容易で良く繁殖するために、遺伝的に均一な系統が数多く確立されている実験動物である。基本的なからだの構造は、ヒトとほとんど同じであり、ヒトの疾患のモデルになる系統もいくつか確立されている。また、最近では遺伝子工学的手法により特定の遺伝子を欠損させたマウスを創りだすことも可能になってきている。この実習では、マウスの解剖により哺乳類の基本的なからだの成り立ちを形態学的に学ぶ。

材料

マウス *Mus musculus*

用具

ピンセット、眼科用ハサミ、虫ピン、定規、ケント紙、鉛筆、消しゴム

方法

マウスを、麻酔により安楽死させる。

解剖台上にマウスの背面を上にして、四肢をピンで固定する。

ピンセットで腹部中央の正中線付近の皮膚を持ち上げてハサミを入れ、皮膚を小さく縦に切断する。ここを起点として下顎から尾の付け根まで皮膚を正中線に沿って切開する。さらに切れ目を四肢の方へ進める。腹腔と胸腔を露出させる。

課題

1. 腹腔、胸腔を開いた条件で、内臓諸器官配置を観察する。
全体像をスケッチする。
2. ハサミを使わずに内臓を引き出し、食道、胃、小腸(十二指腸、空腸、回腸)、大腸(盲腸、結腸、直腸)、肝臓、脾臓、腎臓を観察する。
3. 腸間膜、腸間膜静脈、腸間膜リンパ節、門脈を観察する。
4. 肝臓をピンセットで動かしながら観察せよ。何葉から構成されているだろうか?次に肝臓全体を摘出し、観察する。
5. 肺をピンセットで動かしながら観察せよ。何葉から構成されているだろうか?左右の違いに注意して観察する。次に肺全体を摘出し、観察する。
6. 腸間膜を切りながら、小腸、大腸共に解剖台の上に消化管を伸ばす。定規を使って、腸管の長さを計測する。マウスの体長(頭部から肛門まで)の何倍の長さがあるか計算する。
7. 腎臓、膀胱、生殖器官などを調べる。
8. 観察の終わったマウスの屍体をビニール袋に入れる。



図1 マウスの解剖



図2 小腸（12指腸、空腸、回腸）と大腸（盲腸、結腸、直腸）

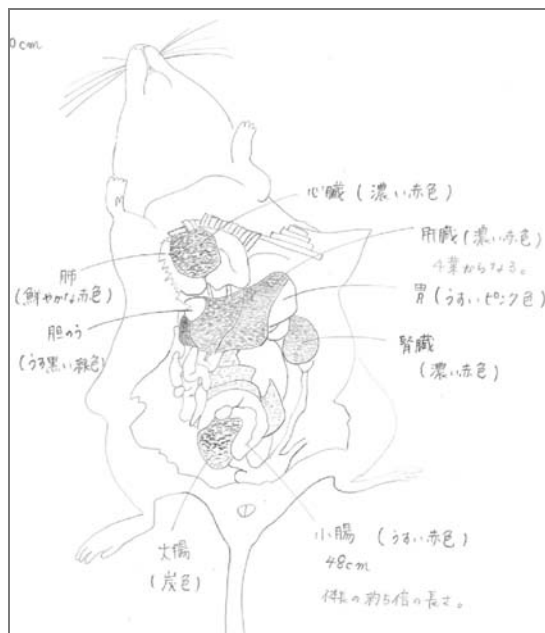


図3 マウスの解剖スケッチ例

動物実験の3Rについて

Replacement (代替)、Reduction (削減)、Refinement (改善) の3つを表し、1959年にイギリスの研究者 (Russell and Burch) により提唱された。

- Replacement (代替) : 意識・感覚のない低位の動物種、in vitro (試験管内実験) への代替、重複実験の排除
- Reduction (削減) : 使用動物数の削減、科学的に必要な最少の動物数使用
- Refinement (改善) : 苦痛軽減、安楽死措置、飼育環境改善など

グループ討論課題 (例)

1. 動物実験は、なぜ必要なのか? あるいは、動物実験は、本当に必要なのだろうか?
2. 高度先端医療 (ES細胞を使った再生医療や遺伝子治療など) は、どのような利点があるか? また、どのような問題があるだろうか?
3. 脳死者からの臓器移植は、どのような利点があるか? また、どのような問題があるか?

リュウノウギクとナカガワノギクの染色体の観察 (担当: 山城考)

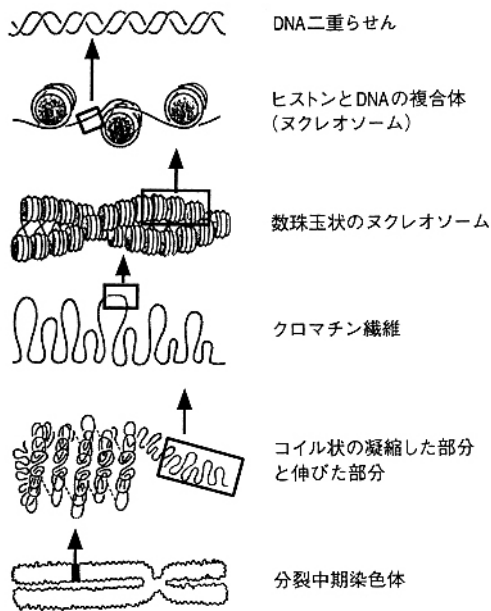


図2-1 染色体-ヌクレオソーム-DNA.

染色体

細胞の核内にある遺伝子は雑然と存在するのではなく、DNA分子の高次らせん構造体である染色体として存在している。それぞれの生物には、その種に固有な染色体の数と形のセット(核型 Karyotype)を持っている。例えばヒトの染色体数は $2n=46$ であるが、タンポポ(在来種)は $2n=16$ である。ヒトの場合、46本の染色体は23本を基本とする、2つのセットからなり、半分(haploid)は母親から、もう半分は父親から受け継いだ物である。

倍数性

倍数性は近縁な植物種間で最も頻繁に見られる染色体数の違いで、倍数化を伴い新しい種が分化したと考えられている植物は多い。そのため、倍数性は植物

物の分類や種分化の研究において、染色体数は基礎的な情報になる。

倍数体はその起源から大きく2つに分類される。

同質倍数体 Autopolyploid: (例: AAAA) 単純に同じゲノムセットが倍数化したもの。

異質倍数体 Allopolyploid: (例: AABB) AゲノムとBゲノムの由来が異なっている。交雑起源の種に見られる。

観察法(アセトールセイン押しつぶし法)

ナカガワノギクとリュウノウギクの根端細胞の分裂組織の体細胞分裂中期の観察を使う。

1) 前処理(紡錘系の形成をカルシウムキレート剤のオキシキノリンを用いて行う):

根端を0.002M 8-ハイドロキシキノリンに3時間浸ける。

2) 固定

前処理した根端をエタノール:酢酸=3:1の混合液に15分程浸け、固定する。

3) 解離(細胞壁の接合を加水分解し細胞をバラバラにする)

固定した根端を60°Cに暖めた、1N塩酸:45%酢酸=2:

1の混合液に20~40秒浸ける。

4) 染色

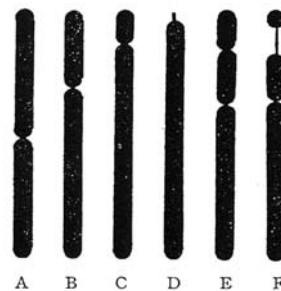


図 8.2 体細胞分裂中期の染色体の型。以下の説明文のなかの数値は腕比(長腕長/短腕長)。A: V型, 中部動原体型 (metacentric), 1.0-1.7。B: J型, 次中部動原体型 (submetacentric), 1.8-3.0。C: I型, 次端部動原体型 (subtelocentric), 3.1-7.0。D: 端部動原体型 (telocentric) (これもI型とよぶことがある), 7.1以上。E: 二次狭窄をもつ染色体。F: 付随体をもつ染色体。腕比の数値にでていることであるが端部動原体型は、Dのような動原体が完全に末端に位置するものばかりでなく、ごく小さな短腕をもつものを含む。そのようなごく小さな短腕をもつものを、アクトセントリック (acrocentric) として、完全に末端にあるものから区別することがある。

解離した根端はスライドグラス上で根冠を取り外し、2%アセトオルセインを1滴垂らし、45%酢酸で満たした湿室に15~30分置き、染色する。

5) 押しつぶし

染色が終わったらいったん、オルセインを濾紙で吸い取り、ガラス面をきれいにする。再度オルセインを1滴、根端に垂らし、カバーグラスを乗せる。カバーグラスの上から先のとがった割り箸で、軽くたたき、解離されている細胞を散らす。濾紙でカバーグラスからあふれる余分なオルセインを吸い取り、片手でカバーグラスがずれないように押さえながら、親指で押しつぶす。

6) 観察

出来上がったプレパラートはまず20倍で観察をし、分裂像が見える細胞については40倍または100倍で観察を行う。図8.2の核型の説明を参考にしながら、染色体の様子をケント紙にスケッチする。

提出物

8/11までに山城あてに配布した封筒を使用して郵送してください(添削して返却いたします)。

1. 今回行ったスケッチ。

2. リュウノウギク、ナカガワノギクの染色体は何本観察されたか?このことから、キク属の基本染色体数はX=いくつか?

3. リュウノウギクとナカガワノギクの染色体が異なっていることが、ナカガワノギクの進化においてどのような役割を果たしたか考察しなさい。

2と3は手書きの場合はレポート用紙に、ワープロ打ちならA4の紙を使用してください。

カエルの発生の実験 (担当: 渡部稔)

実験1 「アフリカツメガエルの人工授精と初期発生の観察」

概説

アフリカツメガエル (*Xenopus laevis*) は、大量の受精卵を1年中容易に得られるため、生物学の実験材料としてよく用いられています。受精卵は直径約1.2mmで、実体顕微鏡で容易に初期発生の様子を観察することができます。この実験では、アフリカツメガエルの人工授精と、初期発生の様子や胚の観察・スケッチを行いません。

実験手順

実験前日

性腺刺激ホルモンの注射

実験を行なう前日の夕方に、メスには0.7mlの性腺刺激ホルモン(1,000 units/ml)を総排泄孔の上部の皮下に注射します。

実験当日 (ここから本日の実験を行います)

精巢の摘出

オスの皮下に0.5mlの麻酔液を注射します。カエルが動かなくなったら解剖ハサミで腹部を切開し、脂肪体に付着している精巢(左右一対)を取り出し、シャーレに移します。

人工授精

ホルモンを注射しておいたメスの腹部を両手でつかみ、シャーレの中に卵を絞り出します。次にひとつの精巢の約1/2を解剖ハサミで切り取り、1.5mlのチューブの中でペッスルを用いてつぶします。チューブに約1mlの蒸留水を加えてさらにつぶして、この液(精子液)を卵に加えてよく混ぜ合わせます。これで受精が成立します。受精5分後に卵の入ったシャーレにくみ置き水を静かに加えます。

脱ゼリー

カエルの卵は粘着性のあるゼリー層で覆われています。よく水を切った受精卵に適量の脱ゼリー液を加え、ペッスルで卵をシャーレからはがし、2-3分間静置します。新たな脱ゼリー液に交換し、さらに2-3分間静置します。その後、卵をくみ置き水で5、6回ていねいに洗います。ゼリー層を取り除いた卵は非常に軟らかく壊れやすいので気をつけてください。

胚の観察とスケッチ

未受精卵は色素の濃い動物極と薄い植物極がランダムな方向を向いていますが、受精により動物極が上を向くようになります。室温(22-24度)では、受精後約90分で最初の分裂(卵割)が起こります。それ以後、胞胚期まで約30分ごとに分裂を続けます。その後、胚の植物極側で原腸陥入が起こり、受精後約24時間で神経や筋肉が形成され、3、4日で遊泳するオタマジャクシになります。今回の実習では、自分たちで人工授精した胚に加え、あらかじめ受精させておいた胚(2細胞期胚～尾芽胚)を用意しています。これらを実体顕微鏡で観察し、ケント紙に鉛筆でスケッチします。スケッチには胚のステージ(8細胞期胚、神経胚など)と、特徴的な外部構造(卵黄栓、神経褶、セメント腺、眼胞、筋節など)の名称を付記して下さい。

観察のポイント

原腸胚: 原口の形成

神経胚: 神経板が閉じて神経管を形成する形態

尾芽胚: 頭部構造の形成、筋肉の形成(ピンセットで突つくと動きます)

実験2 「アフリカツメガエル初期胚の切片標本の観察・スケッチ」

概説・実験内容

アフリカツメガエルの初期胚(未受精卵～尾芽胚)の切片標本(胚を非常に薄くスライスして染色したサンプル)を観察します。発生が進むにつれて、一つひとつの細胞(割球)の大きさが小さくなり、筋肉や神経などの組織ができてくる様子が観察できます。これらを光学顕微鏡で観察し、ケント紙に鉛筆でスケッチします。スケッチには胚のステージ(未受精卵、胞胚、神経胚など合計 12 ステージ)と、特徴的な構造(卵黄栓、筋肉、神経板、卵割腔(胞胚腔)、原腸など)の名称を付記して下さい。

観察のポイント

胞胚: 卵割腔の形成

原腸胚: 原腸陥入の様子、中胚葉の形成

神経胚: 脊索、神経管の形成

実験3 「アフリカツメガエル胚の組織培養」

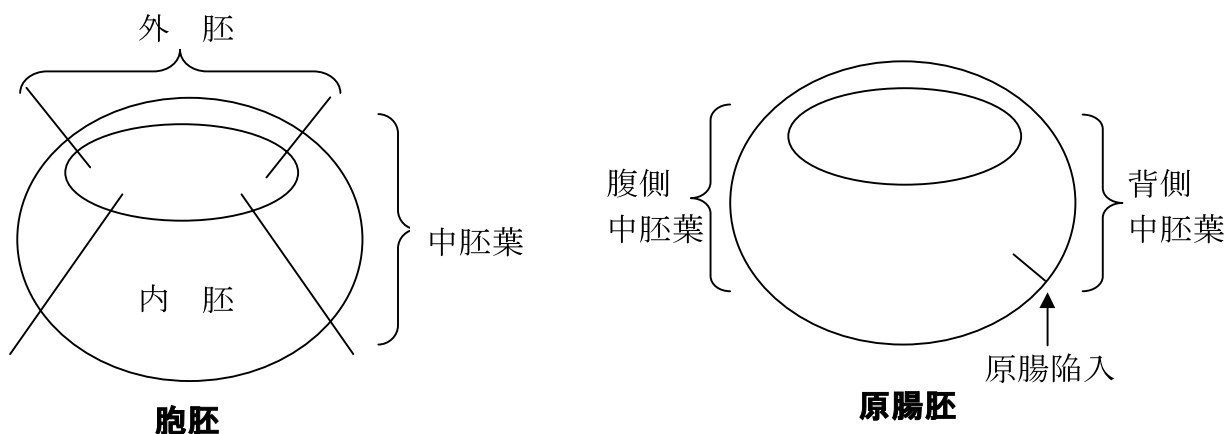
概説

発生中の胚の細胞の運命(筋肉や神経へ分化する運命)は、発生の進行にしたがって徐々に決定されてゆきます。発生運命の決定には、細胞の中にもともと存在する“分化決定因子”による場合と、他の細胞からの働きかけによって発生の運命が決定される“誘導”による場合があります。多くの場合は、この両者の組み合わせにより発生運命が決定されます。本日の実験では、胞胚や原腸胚から、外胚葉、中胚葉などの組織を切り出し培養します。切り出した組織は、翌日どのようになっているでしょうか？

実験手順

ピンセットによる組織の切り出し

寒天でコートしシャーレの中に培養液を満たし、胚を入れます。先のシャープなピンセットを用いて受精膜を取り除きます。外胚葉を切り出す場合には、動物極を上にして、ピンセットで外胚葉の細胞を挟み切ります。中・内胚葉の場合も同様にピンセットで挟み切ります(下図参照)。ピペットで切り取った組織を抗生物質の入った培養液を含む寒天コートしたシャーレに移し、室温で一晩培養します。このとき切り取った組織は、お互い



なるべく離して培養するようにして下さい。

* 提出物 *

スケッチをしたケント紙には、学年・名前等を明記して実験終了後に提出してください。また今日の実験で、印象に残ったことや疑問に思ったことなども書いてください。解説を加えて、組織培養の結果の写真とともに郵送いたします。

発光タンパク質の実験ワークシート (担当: 佐藤高則)

(配布資料の一部のみを掲載しています。詳細は9. 参考文献等の (11) をご覧ください)

高校名	氏名
学科、学年	共同実験者氏名

①酵素 (ルシフェラーゼ) による発光実験 I ~酵素の作用に対する温度の影響~	
実験 1	実験 2
結果	冷やしたとき
	室温に戻したとき
実験 3	まとめ 1
60℃のお湯につけたとき	
室温に戻したとき	

②酵素 (ルシフェラーゼ) による発光実験 II ~酵素の作用に対する pH の影響~	
実験 4	まとめ 2
塩酸を加えたとき	
水酸化ナトリウムを加えたとき	

(まとめ 3) 酵素 (ルシフェラーゼ) による発光実験のまとめ ~酵素の作用の特徴~

③化学試薬による発光実験 I ～化学試薬の作用に対する温度の影響～	
実験 5	実験 6
結果	冷やしたとき
	室温に戻したとき
実験 7	まとめ 4
60℃のお湯につけたとき	
室温に戻したとき	

④化学試薬による発光実験 II ～化学の作用に対する pH の影響～	
実験 8	まとめ 5
塩酸を加えたとき	
水酸化ナトリウムを加えたとき	

(まとめ 6) 化学試薬による発光実験のまとめ ～化学試薬の作用の特徴～

(まとめ 7) 発光実験のまとめ ～酵素と化学試薬の作用の違い～