

高校生物 I・II の教科書に掲載されている 観察・実験の実施状況

— 教員対象WEBアンケートを用いた調査 —

山野井貴浩¹・菊地弘樹²・武村政春²

A Web-based Survey for High School Biology Teachers on the Status of
Implementations of Observations and Experiments as Described in the Textbooks

Takahiro Yamanoi, Hiroki Kikuchi, Masaharu Takemura

1. はじめに

小学校や中学校だけではなく高等学校においても、理科の授業では観察・実験の実施が重視されている。新学習指導要領（文部科学省，2009）における高等学校理科の目標は「自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力や態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。」であり、観察・実験を通して科学的な考え方を養うことが期待されている。そのため、理科教育の現状を評価するうえで、観察・実験の実施状況を把握することはとても重要である。しかしながら、高等学校理科の学習指導要領（文部省，1999）（以下、旧学習指導要領）に基づく生物教育においては観察・実験の実施状況調査がほとんど実施されてこなかった。

1989年告示の学習指導要領（文部省，1989）に基づく高等学校の生物教育における観察・実験状況に関しては大鹿ら（2004）が調査を行っている。

¹白鷗大学教育学部 ²東京理科大学大学院科学教育研究科

彼らは、教育学部の大学生を対象に高等学校の生物（生物ⅠB，生物Ⅱ）の授業においてどのような実験を行ったかを調査し、細胞や代謝分野の観察・実験が他の分野に比べて多く行われていることを報告した。だが一方で、その調査は学生の記憶や印象をもとにしたものであるため、正確性に疑問が残るとしている。つまり、観察・実験の実施状況を調査する際には、より詳細な実施状況が把握できると考えられる現職の高校教員を対象とする方が良いと考えられる。教員を対象とした調査を行うことで、年ごとの観察・実験の実施頻度（毎年行っているかあるいは行う年と行わない年がある）や、ある観察・実験にどのような生物材料が利用されているか等を明らかにすることができる。

今年度から先行実施されている高等学校理科の新学習指導要領（文部科学省，2009）に基づく生物教育では、新たに「生物基礎」および「生物」の2科目が設けられ、その内容も分子生物学・進化学・生態学を軸とする現代化されたものへと刷新されたことから（遺伝2012年5月号「特集 新学習指導要領とこれからの生物教育」参照）、新たな観察・実験教材の開発が必要となると考えられる。また、学習指導要領改訂の基礎となった中央教育審議会答申（2008年1月）の高等学校理科の改善の具体的な事項には「(エ) 科学的な知識や概念の定着を図り、科学的な見方や考え方を育成するため、観察・実験や自然体験、科学的な体験を一層充実する方向で改善する。」とあることから、この学習指導要領の目指す新しい生物教育ではこれまで以上に観察・実験の実施が期待されている。旧学習指導要領下の生物教育における観察・実験の実施状況を把握することにより、新学習指導要領下の生物教育においてどのような観察・実験を開発する必要があるのかが明らかとなる。

観察・実験の実施状況を調査する方法として教科書に掲載されている観察・実験の実施状況を調査する方法がある（例えば、安藤2004）。本研究もこれに倣い、高校生物における観察・実験の実施状況を把握することを目指し、旧学習指導要領に基づく高校生物Ⅰ・Ⅱの教科書に掲載されている

観察・実験の実施状況を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2-1 WEBアンケートの作成

質問紙の郵送ではなくWEBサイトにアンケートのページを作ることで調査を行った。これはWEBアンケートの方が、なるべく広範囲の教員に協力を依頼するのに都合が良い、加えて回答およびその返信に伴う教員の負担を軽減できる、と考えたためである。

WEBアンケートの作成は下記の手順で行った。高等学校理科の旧学習指導要領（文部省、1999）に基づく教科書「生物Ⅰ（3単位）」および「生物Ⅱ（3単位）」（全8社）に掲載されている観察・実験を一覧にし、掲載数が2社以上の観察・実験をWEBアンケートに載せた。WEBサイトへの掲載は、各観察・実験について図1のようにそれぞれの名称と質問内容が書かれた入力用フォームを用意した（図1は例として細胞の観察に関するもの）。ただし、観察・実験の名称に材料生物名が含まれているもの（例えば、ユスリカのだ腺染色体の観察）については実験材料について尋ねなかった。観察・実験の名前だけでは、それがどのような観察・実験かを判断しにくいと考えられるもの（例えば、盲斑の存在を確認する「ヒトの目の構造」）に関しては教科書に掲載されているイラストも掲載した。各観察・実験を行っているかどうかに関しては「毎年実施」「実施する年が多い」「実施しない年が多い」「実施したことがない」の4択の回答形式とした。さらに、実施したことがある（つまり「毎年実施」「実施する年が多い」「実施しない年が多い」の何れか）と回答した場合は、その実施形態が「生徒実験」あるいは「演示実験」のどちらかと、実験材料（自由記述）について尋ねた（図1上）。また、各章の最後には、その他の観察・実験を行っているかどうかについて尋ね、行っている場合には観察・実験の内容について自由記述方式で尋ねた（図1下）。性別、教員歴、勤務高校の所在地（都道府県）についても尋ねた。なおWEBアンケートの作成および集計はQooker

(<http://qooker.jp/>) を利用した。

(上)

質問6-1 細胞の観察・実験を行っていますか？

- ∴ 毎年実施
- ∴ 実施する年が多い
- ∴ 実施しない年が多い
- ∴ 実施したことがない

質問6-2 実施したことがある場合は、実験方法を教えて下さい。【(注)実験方法に関して、年度により演示実験または生徒実験を行うかが異なる場合は、実施頻度の高い方を選択して下さい。】

- ∴ 生徒実験
- ∴ 演示実験

質問6-3 実施したことがある場合は、観察に用いる材料も教えて下さい。(材料例:オオカナダモ・ピーマン・ヒトのほほの細胞など)

(下)

質問11-1 細胞分野に関して他にしている観察・実験がございましたら、実験内容(実施状況、実験方法〔演示or生徒実験〕、材料)について教えて下さい。

図1 WEBアンケートの一部

2-2 WEBアンケートへの協力依頼の方法

なるべく広範囲かつ多数の高校生物教員からの回答が得られるよう、各都道府県の教育センターや教育研究会等に対してEメール（文面にWEBサイトのURLを添付）を利用し依頼した。ただし、郵送を希望した一部の教員に対してはWEBサイトを通してではなく、アンケート用紙を印刷したものを郵送することで協力を依頼した。協力依頼から回答を受け付けた期間は2011年9月～2011年12月である。

2-3 結果の集計

各観察・実験の実施状況を比較するために実施頻度得点を算出した。「毎年実施」を3点、「実施する年が多い」を2点、「実施しない年が多い」を1点、「実施したことがない」を0点とし、それぞれの回答数を乗じ、その総和を実施頻度得点とした。

3. 結果

3-1 全体的な傾向

2社以上の教科書に掲載されている観察・実験数は44あり、これらをWEBアンケートに掲載した（表1）。WEBアンケートへの回答者数は73名であった。様々な勤務年数、複数の地域の教員から回答を得ることができたものの（図2）、北海道、東京都、三重県の教員からの回答の割合が高く、また回答者数も73名と多くはなかった。

表1 WEBアンケートに掲載した観察・実験の数

生物Ⅰ	分野	掲載数	生物Ⅱ	分野	掲載数
	細胞	5		タンパク質と生物体の機能	6
	生殖と発生	4		遺伝情報とその発現	4
	遺伝	3		生物の分類と進化	6
	環境と動物の反応	8		生物の集団	3
	環境と植物の反応	5			

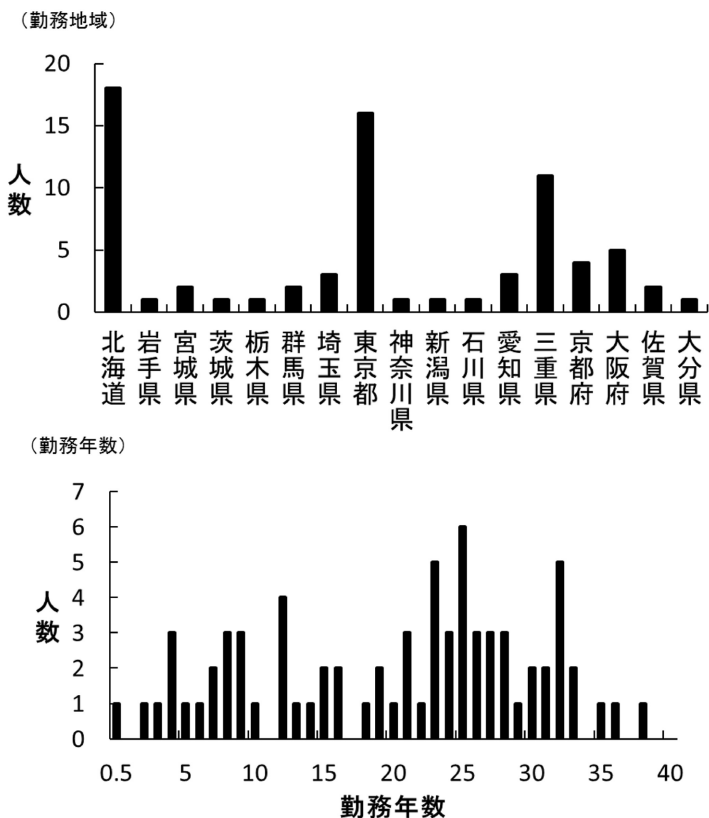


図2 回答者内訳

各観察・実験の材料一覧は資料3、4に示した。回答者数が5名以上の材料のみを主な実験材料と考え、表に掲載した。実施頻度が低く、回答者が5名未満の観察・実験は掲載しなかった。

3-2 生物Ⅰ

生物Ⅰは「1章 細胞」、「2章 生殖と発生」、「3章 遺伝」、「4章 環境と動物の反応」、「5章 環境と植物の反応」の5章で構成されているが、1章では5つすべての観察・実験において毎年実施の割合が50%を超えており、他の章に比べて多くの観察・実験が実施されていることが分かった（資料1）。

観察・実験ごとの実施頻度得点の平均を算出すると（実施頻度得点の合計／アンケート回答者の総数、つまり73）、「細胞の観察・実験」、「人の目の構造と盲斑の位置と形に関する実習」の実施頻度得点をもっとも高く、その値はそれぞれ2.8、2.7であることから、全回答者によってほぼ毎年実施されていると言って良いほどよく行われていることが分かった（毎年実施は3点、2-3参照）。一方、「白血球の食作用に関する観察・実験」、「カエル卵の発生速度と温度の関係」の実施頻度得点の平均はもっとも低く、それぞれ0.01、0.03であったことからほとんど行われていない／多くの回答者がまったく実施していないことが分かった。

回答者が実施しているその他の観察・実験に関して、回答者数が5名以上のものとして、1章の回答（24）には動物や植物の組織の観察（9）が含まれていた。2章の回答（24）にはカエル胚の発生の観察（7）が含まれていた。4章の回答（52）にはブタの目の解剖（10）が含まれていた。3章（3）と5章の回答（15）には該当するものがなかった。

3-3 生物Ⅱ

生物Ⅱは「1章 タンパク質と生物体の構造」、「2章 遺伝情報とその発現」、「3章 生物の分類と進化」、「4章 生物の集団」の4章で構成されて

いる。毎年実施の割合が50%を超えている観察・実験は1章の「酵素」しかなかった(資料2)。生物Ⅰは毎年実施の割合が50%を超える観察・実験が1章当たり1つ以上あったことから、生物Ⅰに比べて生物Ⅱは観察・実験が実施されない傾向があると考えられる。

観察・実験ごとの実施頻度得点の平均を算出すると、「酵素の観察・実験」、「光合成色素の観察・実験」の実施頻度得点が最も高く、その値はそれぞれ2.1、1.9であった。「発芽種子の呼吸商と呼吸基質の観察」、「コアセルバートの作製」の実施頻度得点の平均はそれぞれ0.04、0.11であることから、多くの回答者がまったく実施していない／ほとんど行われていないことが分かった。

その他の観察・実験に関して、回答者数が5名以上のものとして、3章(37)の化石の観察(6)、4章(17)の校内およびその周辺の植生の観察(6)があった。1章(18)と2章(19)の回答には該当するものがなかった。

4. 考察

本調査は、観察・実験の準備と教授を実際に行っている生物教員を対象としたものであったため、授業を受ける側である生徒や既卒生(大学生)を対象とした調査に比べて、観察・実験の実施状況を反映した調査結果を得ることができたと思われる。しかしながら、本研究の限界として、回答者数が73名分と少なく、また勤務地域に大きな偏りが見られたため、本研究の結果が全国的な傾向を反映しているとは言い難いことが挙げられる。しかしながら、旧学習指導要領(文部省1999)に基づく高等学校生物の教科書に掲載されている観察・実験の実施状況を調べた調査はほとんど報告されていないため、今後どのような教材を開発する必要があるかを考える際の基礎資料として公表する価値があると考えた。

現職の生物教員を対象としたWEBアンケート調査の結果、全体的な傾向として、教員歴が長いほど多くの観察・実験を行う傾向があること、教科

書に掲載されている観察・実験の多くは毎年実施されていないこと、生物Ⅰに比べて生物Ⅱでは教科書に掲載されている観察・実験の多くが実施されていないこと、実施形態は生徒実験が主流であることが分かった。また、多くの教員によって毎年実施されている観察・実験がある一方で、多くの教員がまったく実施していない観察・実験があること、ブタの目の解剖等、2社以上の教科書に掲載されていないが多くの教員が実施している観察・実験があることも分かった（ただし、1章の「動物や植物の組織の観察」に関しては、2社以上の教科書に掲載されていた観察・実験であり、本研究のWEBアンケートの項目に入れるべきものであったが、質問項目から抜け落ちてしまったことをお詫びしたい）。

教員歴が長いほど多くの観察・実験が行われる傾向がみられた理由として、観察・実験の中には準備や実施に経験が必要となるものがあることが挙げられる。年齢ごとの分析をするためには多くのデータが必要となるため、多くの生物教員を対象とした大規模な調査を通して、どのような観察・実験の、どのような部分（準備あるいは実施）に経験が必要となるのかを明らかにする必要がある。

生物Ⅰ、生物Ⅱともに実施形態は演示実験よりも生徒実験が多く行われている傾向が見られた理由として、教師が演示するよりも実際に生徒に体験させることを重視していることが挙げられる。安藤（2004）は中学校理科の生物分野においても、演示実験（4.9%）よりも生徒実験（班別実験41.2%、個人実験15.8%）の方が多く行われていることを報告しており、この傾向は中高に共通していると言える。Stohr-Hunt（1996）やコールトン（1998）によって、生徒実験のように生徒が直接、手を動かしながら学ぶ、つまりハンズ・オンの要素を含んでいる方が、手を動かすことにより自身で試して考え、発見するという能動的な心の動きを誘発するため、学習効果は高いことが報告されており、好ましい傾向といえる。一方で、「カイコガの生殖」のように実施頻度が低い観察・実験には演示実験の割合の方が高いのがみられたが、生徒実験で行いにくい観察・実験を演示実験

の形で実施することも大切であろう。

最後に、新学習指導要領の新科目「生物基礎」において、どのような観察・実験を新たに開発する必要があるのかについて述べたい。生物Ⅰ、生物Ⅱの観察・実験のうち「生物基礎」の各章の内容と対応しているものをまとめたものが表4である。この表から判断すると、「3章 生物の体内環境と維持」および「4章 生物の多様性と生態系」に該当する観察・実験が不足しており、その開発検討が必要と考えられる。3章に関しては対応する観察・実験が複数あるものの、今回の調査で実施頻度得点が低いものが多いことから、教材の改良や新たな観察・実験の開発が必要であろう。4章については、該当する観察・実験がなかったことから特に教材の開発検討が必要である。しかしながら、「生物基礎」「生物」の教科書には生物ⅠやⅡの教科書にはない観察・実験が掲載されており、今後「生物基礎」や「生物」においても同様の調査を行うことで、改良や開発が必要な実験について詳細な情報を得ることが必要である。その際には、教科書に掲載されていなくても実施されている観察・実験があることを考慮することや、各観察・実験が行われている理由および行われていない理由も調査することが必要である。料理本のように決められた順番で作業すれば結果が出る観察・実験が多く実施されているようであれば、科学的な考え方は身に付かない。そのため、その観察・実験の実施が科学的な考え方が身に付くのに役立つのかを明らかにすることも必要であろう。

表4 生物基礎で実施される実施頻度一覧

章	実験名	実施頻度			
		毎年実施	実施する年が多い	実施しない年が多い	実施したことがない
1章 生物の特徴	細胞の観察・実験	88	4	8	0
	酵素	53	22	19	6
2章 遺伝子とその働き	体細胞分裂	66	12	21	1
	ユスリカの だ腺染色体	48	15	26	11
	DNA抽出	37	15	21	27
	DNA・RNA分布	5	8	10	77
	DNAの分子模型	11	18	42	29
	パフの観察	19	18	23	40
3章 生物の体内環境の維持	血液の観察	7	17	32	44
	白血球の食作用	0	0	1	99
	心臓の観察	14	9	22	55
	腎臓の観察	15	3	19	63
4章 生物の多様性と生態系	該当なし				

文献

- 安藤秀俊. 理科教育学研究, 44(3), 35-42 (2004).
- ティム・コールトン(著)染川ら(訳). ハンズ・オンとこれからの博物館. 東海大学出版会(1998).
- 文部省. 高等学校学習指導要領解説理科編, 同:理数編. 実教出版 (1989).
- 文部省. 高等学校学習指導要領解説理科編, 同:理数編. 大日本図書 (1999).
- 文部科学省. 高等学校学習指導要領解説:理科編, 同:理数編. 実教出版 (2009).
- 大鹿聖公/佐藤崇之/向平和/竹下俊治/鳥越兼治. 広島大学大学院教育学研究科紀要第2部, 53, 455-462 (2004).
- Stohr-Hunt, P. M. Journal of Research in Science Teaching, 33(1), 101-109 (1996).

謝辞

調査に協力していただいた高校教員の方々に感謝する。なお、本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金・基盤研究(B)(研究代表者:武村政春、平成22~24年度「複製モデル教材ならびに進化教育教材の開発研究を中心とした新しい生物学教育の展開」)、同・基盤研究(B)(研究代表者:武村政春、平成25~27年度「分子生物学教材の開発研究を中心とした複製モデルによる生物教育の新概念構築と展開」)、ならびに同・若手研究(B)(研究代表者:山野井貴浩、平成25~27年度「小中高を通して進化的な見方を養う教材の開発」)の助成を受けて行った。

資料1 生物Iの各観察・実験の実施状況および実施形態の一覧

章	分野	設問内容	実施状況 (%)				実施形態 (%)	
			毎年実施	実施する年が多い	実施しない年が多い	実施したことがない	演示実験	生徒実験
1章	細胞	細胞の観察	88	4	8	0	0	100
		原形質分離	58	10	27	5	4	96
		原形質流動	55	19	22	4	6	94
		酵素	53	22	19	6	19	81
		体細胞分裂	66	12	21	1	1	99
2章	生殖と発生	減数分裂	11	11	27	51	8	92
		花粉管伸長	12	7	37	44	5	95
		ウニの発生	51	10	19	20	4	96
		カエルの発生速度	2	0	1	97	0	100
3章	遺伝	ユスリカのだ腺染色体	48	15	26	11	2	98
		DNA抽出	37	15	21	27	2	98
		ショウジョウバエ交配	3	6	5	86	10	90
4章	環境と動物	ヒトの目の構造	77	16	6	1	1	99
		血液の観察	7	17	32	44	10	90
		白血球の食作用	0	0	1	99	0	100
		心臓の観察	14	9	22	55	25	75
		腎臓の観察	15	3	19	63	38	62
		ゾウリムシの収縮胞	3	3	37	57	10	90
		カイコガの生殖	4	4	11	81	57	43
メダカの体色変化	0	3	22	75	12	88		
5章	環境と植物	気孔の観察	28	23	19	30	2	98
		蒸散速度の観察	0	1	4	95	60	40
		オーキシンの働き	0	3	16	81	21	79
		光合成	1	7	22	70	22	78
		植物体内の水分上昇	6	5	19	70	52	48
全体平均			25.56	9	18.52	46.92	14.84	85.16

高校生物Ⅰ・Ⅱの教科書に掲載されている観察・実験の実施状況

資料2 生物Ⅱの各観察・実験の実施状況および実施形態の一覧

章	分野	設問内容	実施状況 (%)				実施形態 (%)	
			毎年実施	実施する年が多い	実施しない年が多い	実施したことがない	演示実験	生徒実験
1章	タンパク質と生物体の構造	アルコール発酵	27	25	25	23	5	95
		脱水素酵素	15	6	30	49	3	97
		光合成色素	37	33	15	15	0	100
		グリセリン筋	1	3	16	80	27	73
		発芽種子	0	0	4	96	67	33
		酵素	51	23	16	10	7	93
2章	遺伝情報とその発現	DNA・RNA分布	5	8	10	77	0	100
		DNA分子模型	11	18	42	29	0	100
		バフの観察	19	18	23	40	2	98
		プロトプラスト	4	3	14	79	0	100
3章	生物の分類と進化	起源カレンダール	4	7	16	73	12	88
		手羽先の観察	6	6	27	61	4	96
		コアセルバート	1	0	7	92	0	100
		植物体構造比較	17	11	19	53	18	82
		節足動物の観察	4	4	12	80	0	100
		微小生物の観察	10	18	19	53	3	97
4章	生物の集団	個体群の成長	0	0	14	86	10	90
		層別刈取法	0	3	14	83	9	91
		マツの気孔	0	1	19	80	0	100
合計			11.16	9.84	18.00	61.00	8.79	91.21

資料3 生物Ⅰ 実験実習別材料一覧

章	観察・実験名	材料名	利用者数
1	細胞の観察	オオカナダモ	44
		タマネギ	43
		ヒトの細胞（口腔上皮・手の表皮・毛髪）	26
		バナナ	13
		ムラサキツユクサ（葉・おしべの毛）	9
		トマト	7
		ゾウリムシ	6
		ユキノシタ	5
	原形質分離	スギナ	5
		ユキノシタ	46
		オオカナダモ	27
		タマネギ（ムラサキタマネギを含む）	6
	原形質流動	ツツジの花弁	5
		オオカナダモ	61
		ムラサキツユクサ	12
	酵素	シャジクモ	5
		レバー（ウシ・ニワトリ・ブタ）	58
		ジャガイモ	14
		ダイコン	12
	体細胞分裂	ニンジン	7
タマネギ		69	
ニンニク		6	
2	減数分裂	ムラサキツユクサ	19
		バッタ（イナゴを含む）	7
	花粉管の伸長	ホウセンカ	21
		ユリ	15
		ムラサキツユクサ	12
3	DNA抽出	ブロッコリー	36
		タマネギ	12
		バナナ	10
		レバー	8
		白子	6
4	血液の観察	ヒト	19
		ブタ	11
		メダカ	5
	心臓の観察	ヒト	9
		ブタ	9
		ニワトリ	7
		ミジンコ	7
腎臓の観察	ブタ	23	
5	気孔の観察	ムラサキツユクサ	20
		ツバキ	10
		ユキノシタ	10
	光合成	オオカナダモ	20
		ホウセンカ	7
	植物体内の水分上昇	セロリ	6

資料4 生物Ⅱ 実験実習別材料一覧

章	観察・実験名	材料名	利用者数
1	アルコール発酵	酵母菌	52
		酵母菌	19
	脱水素酵素	ニワトリのささみ	10
		モヤシ	5
	光合成色素	ホウレンソウ	41
		シロツメクサ	14
		ノリ	7
		お茶	6
		ワカメ	6
	グリセリン筋	アカジソ	5
ニワトリのささみ		6	
酵素	レバー	50	
	ジャガイモ	9	
	ダイコン	8	
2	DNA・RNA分布	タマネギ	15
		ユスリカのだ腺染色体	7
	バフの観察	ユスリカ	39
	プロトプラスト	ニンジン	7
ピーマン (パプリカを含む)		7	
3	コアセルベート	アラビアゴム	6
	植物体構造比較	ツバキ	15
	微小生物の観察	プールや池などで採取した水	18
ミジンコ		5	
4	個体群の成長	ウキクサ	9