

学生アンケートに見る 中学校・高等学校における理科実験の体験率

山本 明 利

北里大学理学部

本研究の概要

理科教育において実験・観察がことさら重要であることは論を俟たない。どの時代の学習指導要領でも、このことは繰り返し強調されている。理科教員には、実験・観察の指導スキルが不可欠である。理学部の教職課程において中学校・高等学校の理科の教員を養成するにあたり、学生たちが実験・観察の指導力のベースとして、理科実験を学校でどれほど体験してきているのかを調査した。調査は2015～2019年度の毎年、本学理学部教職課程2年次生を対象に質問紙法で行い、総計216名から有効回答を得た。

詳細なクロス集計は今後行う予定であるが、さしあたり総括的な暫定集計を行ったので、その結果をここに中間報告する。

調査対象者の世代

本調査では、実験・観察の体験に関する質問項目の他に、出身高等学校の設置者区分（公立・私立）や、高等学校での理科の履修科目・大学受験の際に受験した科目なども調べている。いずれ、これらの項目間のクロス集計を試みる予定であるが、本稿ではひとくくりにして全体的傾向を見ることにする。

調査対象とした最初の学年、2015年度2年次生のほとんどは2014年の入学生である。現行の一つ前の学習指導要領（中学校は平成10年、高等学校は平成11年告示）の教育を受けた世代を、わかりやすく仮に「ゆとり世代」と呼ぶことにすると、この2014年入学生は、現役・浪人含めて全員が最後のころのゆとり世代である。次の、2015年入学生は現役が「理数先行実施世代」であり、2016年入学生から、現役は現行学習指導要領（中学校は平成20年、高等学校は平成21年告示）の完全実施時代の学生ということになる。これを仮に「脱ゆとり世代」と呼ぶことにする。2018年度、2019年度の調査対象者（2017年、2018年入学生）は全員が脱ゆとり世代である。

背景となる高等学校理科の科目別履修率

参考までに、調査対象の学生が高等学校で履修していた理科の科目を見てみよう。図1の横軸は入学年次、縦軸は各科目履修者の人数比(百分率)である。教職課程には物理学科、化学科、生命科学科が混在しており、各学科の履修者の数も年度ごとにまちまちであるから、細かい変化に意味はない。また、2014年入学生は旧課程であるから、科目名が変わっている。「理科総合A+物理I」を「物理基礎」、「物理II」を「物理」と読み替えた。他科目も同様である。2015年入学生以降も、教育課程の異なる過年度卒の学生にはこの読み替えを適用した。

現行課程完全実施の2016年入学生以降、高校理科は原則3科目必修となったので、いわゆる「基礎付き」科目の履修率は上がったが、最近の傾向として4単位科目については物理・化学から生物へのシフトが見られる。本学の理学部が生命科学系の研究に力を入れていることが、志願者の傾向に影響している可能性がある。



アンケートの内容

学生アンケートでは、現行の中学校学習指導要領（平成20年告示）に準拠した複数の出版社の教科書^{1~5}に掲載されている実験・観察の項目を拾い、次ページ表1のように学年別に物理・化学・生物・地学の各分野に分類して配列した上で、その各項目について体験の形態「1：先生が演示して見せてくれた、2：生徒実験として体験した、3：両方やった」の数字を回答欄に記入させた。体験が中学時代か、高校時代かは学生の記憶が判然としないので、中学・高校を通じての体験で可とした。ただし、自分の趣味や、科学部などの部活動で体験したものは除外してもらい、あくまでも授業内での体験について回答するよう指示した。

学生には「理科の教員になった場合、中学校だけでもこれだけの教科書実験の指導をすることになるが、自分がこれまでにそれらを体験したことがあるか、チェックしてみよう。」という呼びかけでアンケートに協力してもらっている。記入しながら「実験・観察って、こんなにあるのか。」と驚く学生、「自分は理科が好きだったのに、ほとんど実験・観察を体験させてもらっていない。」と残念がる学生もいる。

表1 アンケート用紙のイメージ

現行の中学教科書に載っている実験をどれだけ体験してきましたか。中学・高校を通じての体験で構いません。ただし、学校教育として体験したものに限り、該当する番号を各欄に記入してください。体験していないものは空欄とします。

1：先生が演示して見せてくれた、2：生徒実験として体験した、3：両方やった

中学校1年	中学校2年	中学校3年
(生物分野)	(化学分野)	(化学分野)
水中微生物の顕微鏡観察	炭酸水素ナトリウム(重曹)の熱分解	水溶液の電気伝導の実験
花のつくりの観察	カルメ焼きを作る	塩化銅などの水溶液の電気分解
葉の表皮や断面の顕微鏡観察	水の電気分解(酸素と水素の発生)	電池を作る実験
根や茎のつくりの観察	鉄と硫黄の化合	乾電池の分解
光合成の実験	ダイヤモンドの燃焼	リトマス紙や万能試験紙による液性判定
気体検知管の操作	スチールウールを燃やす実験	BTB溶液等の指示薬による液性判定
蒸散の実験	酸化銅の還元実験	紫キャベツ液などによる液性判定
シダ植物の観察	マグネシウムの燃焼	pHメーターによる測定
学校周辺の植物の観察・分類	炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応	イオン泳動の実験
(化学分野)	金属粉末の酸化と質量変化の測定	水酸化ナトリウムと塩酸の中和反応
メシリンダーの使い方	反応熱の発生の観察	(生物分野)
ガスバーナーの使い方	化学カイロの製作	タマネギの根などの細胞分裂の観察
二酸化炭素の発生・捕集	(生物分野)	花粉管の顕微鏡観察
酸素の発生・捕集	植物細胞の顕微鏡観察	遺伝子カードによるモデル実験
水素の発生・捕集	動物細胞(口内粘膜)の顕微鏡観察	(物理分野)
アンモニアの発生・捕集	ガラス玉顕微鏡の製作	記録タイマーによる運動の測定
溶解と濾過の実験	だ液によるデンプンの分解	斜面を下る台車の運動の測定
析出・再結晶による分離実験	メダカなどの血流の顕微鏡観察	落下運動の観察・測定
ロウの状態変化の観察	魚、イカや動物の解剖	真空中の落下運動
エタノールの沸点の測定	(物理分野)	平面上での力の合成の実験
蒸溜の実験	直流電源装置の操作	水ロケットの実験
(物理分野)	電圧計・電流計の接続と測定	斜面で小球を転がすエネルギーの実験
鏡を使った光の反射の実験	抵抗の直列/並列接続の実験	てこや滑車による仕事の測定
水やガラスによる屈折の実験	電熱線の発熱(ジュール熱)の実験	(地学分野)
凸レンズで像を作る実験	永久磁石が作る磁界の観察	望遠鏡による太陽黒点の観察
簡易カメラの製作	コイルが作る磁界の観察	プリズムによる光のスペクトル観察
共鳴音叉の実験	手回し発電機の実験	回折格子による光のスペクトル観察
オシロスコープによる音の波形観察	簡単なモーターの製作	太陽の動きの観察(日時計など)
力とばねの伸びの関係の測定	リニアモーターの実験	星の運動の観察
水の深さと水圧の関係の観察	コイルと磁石による電磁誘導の観察	月の満ち欠けの観察
浮力を調べる実験	はく検電器の実験	月の満ち欠けのモデル実験
大気圧による空き缶つぶしの実験	ストローによる静電気の実験	日食の観察
空気の重さを調べる実験	電気クラゲの実験	月食の観察
(地学分野)	陰極線管(クルックス管)の放電実験	
火山灰の観察(顕微鏡、ルーペ)	(地学分野)	
火成岩の観察と分類	気圧、湿度、風向、風力の観測	
ミョウバンや食塩の結晶作り	天気図を描く実習(ラジオ天気図)	
地震波の記録から震央距離を求める	雲の観察と分類	
堆積岩の観察と分類	露点温度の測定	
地層の観察実習(野外観察)	断熱膨張による霧の発生実験	

※調査対象：2015～2019年度北里大学理学部教職課程2年次生・総計216名

暫定集計結果と学年別の傾向

これらの質問項目について、体験の形態「1：先生が演示して見せてくれた、2：生徒実験として体験した、3：両方やった」を区別せず、1～3のいずれであっても体験はしたもとして、回答者総数に対する肯定的回答の百分率を「体験率」と呼ぶことにする。これを質問紙の項目順に単純集計したものが以下の棒グラフである。各グラフの上端のカ

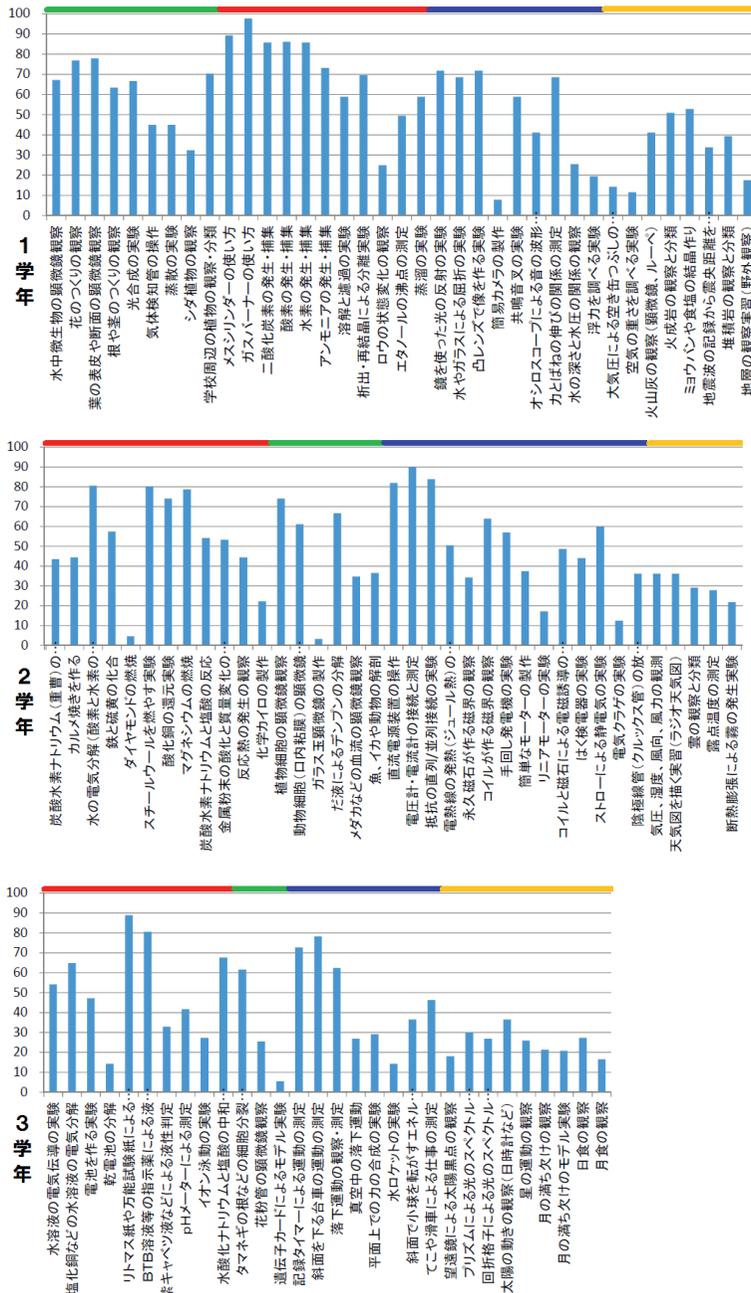


図2 学年別・項目順の総合集計結果

ラーバーは、物理（青）、化学（赤）、生物（緑）、地学（黄）の各分野を示している。

中学校・高等学校を通じての体験であるから、必ずしも中学校の授業実態を反映してはいないが、一見してわかる傾向として、体験率は化学分野で高く、地学分野で低いこと、学年進行と共に体験率が下がること、同じ学年の同じ分野でも、後半ほど体験率が下がること、などが読み取れる。しかし、全体的な体験率は当初心配していたほど低くはなかった。

化学分野の体験率が高いことは、設備面も含めて実験がやりやすいことを反映していると思われる。高等学校での科目履修率がほぼ100%であることも影響しているだろう。地学分野はその逆で、教室内で行える実験・観察に限られること、高等学校での科目履修率あるいは開講率が低いことが体験率を下げていると思われる。

1年から3年へと学年が進むにつれ、体験率が全体に低下していくのは、理科の学習内容が次第に抽象化していくことのあらわれと見ることができる。各教科書とも、実験・観察の内容を工夫しているが、それでも3学年に収録されている項目数はほとんど少ない。また、推測の域を出ないが、3学年になると高校受験のために実験よりも問題演習に時間が割かれる傾向もあるかもしれない。

同じ単元でも後になるほど体験率が下がる傾向は面白い。教科書の記事の配列が、定番実験をまず前面に出して単元を組み立て、逆に後半ほどオプションな実験を置くためだと思われるが、授業進行の都合で、後半は時間が足らず、実験が省略される傾向が見えている可能性もある。

次に、科目分野ごとに、学年をまたいで各項目を少し詳しく見ていくことにする。

生物分野の傾向

生物分野の実験・観察は、1学年では項目数が多いが、学年が進むにつれて激減する。

学年科目	総数	216	100%
1生 水中微生物の顕微鏡観察	145		67%
1生 花のつくりの観察	166		77%
1生 葉の表皮や断面の顕微鏡観察	168		78%
1生 根や茎のつくりの観察	137		63%
1生 光合成の実験	144		67%
1生 気体検知管の操作	97		45%
1生 蒸散の実験	97		45%
1生 シダ植物の観察	70		32%
1生 学校周辺の植物の観察・分類	152		70%
2生 植物細胞の顕微鏡観察	160		74%
2生 動物細胞(口内粘膜)の顕微鏡観察	132		61%
2生 ガラス玉顕微鏡の製作	7		3%
2生 だ液によるデンプンの分解	144		67%
2生 メダカなどの血流の顕微鏡観察	75		35%
2生 魚、イカや動物の解剖	79		37%
3生 タマネギの根などの細胞分裂の観察	133		62%
3生 花粉管の顕微鏡観察	55		25%
3生 遺伝子カードによるモデル実験	12		6%

1学年では主に植物を扱うので、試料の入手や取り扱いが容易であるが、3学年では細胞分裂や遺伝など、教員に専門的スキルが求められ、中学校レベルでは扱いにくい実験内容が増え、抽象化が進むためである。実施率もおおむねこの実態を反映して推移する。

「ガラス玉顕微鏡の製作」（レーウエンフックの顕微鏡）や「遺伝子カードによるモデル実験」が極端に少ないのは、特定の教科書にのみ収録されている実験だからと見られる。

化学分野の傾向

化学分野は教科書に収録されている実験・観察の項目数が、物理分野と共に理科4分野中最多であり、学年進行と共に減る傾向はない。実験の体験率は4分野中最も高く、中でも、メスシリンダーやガスバーナーの取り扱いのような基礎技術や、リトマス紙やBTB溶液による液性判定、気体の発生や、酸化・還元、電気分解などの体験率が高いことが目を引

学年科目	総数	216	100%
1化	メスシリンダーの使い方	193	89%
1化	ガスバーナーの使い方	211	98%
1化	二酸化炭素の発生・捕集	185	86%
1化	酸素の発生・捕集	186	86%
1化	水素の発生・捕集	185	86%
1化	アンモニアの発生・捕集	158	73%
1化	溶解と濾過の実験	127	59%
1化	析出・再結晶による分離実験	150	69%
1化	ロウの状態変化の観察	54	25%
1化	エタノールの沸点の測定	107	50%
1化	蒸溜の実験	127	59%
2化	炭酸水素ナトリウム(重曹)の熱分解	94	44%
2化	カルメ焼きを作る	96	44%
2化	水の電気分解(酸素と水素の発生)	174	81%
2化	鉄と硫黄の化合	124	57%
2化	ダイヤモンドの燃焼	10	5%
2化	スチールウールを燃やす実験	173	80%
2化	酸化銅の還元実験	160	74%
2化	マグネシウムの燃焼	170	79%
2化	炭酸水素ナトリウムと塩酸の反応	117	54%
2化	金属粉末の酸化と質量変化の測定	115	53%
2化	反応熱の発生の観察	96	44%
2化	化学カイロの製作	48	22%
3化	水溶液の電気伝導の実験	117	54%
3化	塩化銅などの水溶液の電気分解	140	65%
3化	電池を作る実験	102	47%
3化	乾電池の分解	31	14%
3化	リトマス紙や万能試験紙による液性判定	192	89%
3化	BTB溶液等の指示薬による液性判定	174	81%
3化	紫キャベツ液などによる液性判定	71	33%
3化	pHメーターによる測定	90	42%
3化	イオン泳動の実験	59	27%
3化	水酸化ナトリウムと塩酸の中和反応	146	68%

く。これらは、高等学校の入学試験でしばしば出題される実験例でもあり、高等学校の授業でも体験する機会がある。「ダイヤモンドの燃焼」は特定教科書にのみ収録されている実験のため、体験率が低いと思われる。

3学年の実験項目の体験率は1、2学年に比べて低く、同じ学年でも後半に収録されている項目の体験率が低くなる傾向があるが、3学年の「水酸化ナトリウムと塩酸の中和反応」は例外である。その重要性が現場で認識されており、高校入試でも頻出事項だからだろう。

物理分野の傾向

物理分野の項目数は化学分野と共に多いが、3学年の力学では実験項目が少ない。仕事とエネルギーの単元では、中学生にも理解しやすい効果的な実験が少なく、抽象化も進むためであろう。2学年の直流回路の分野の体験率が特に高いことが注目される。これも高

学年科目	総数	216	100%
1物	鏡を使った光の反射の実験	155	72%
1物	水やガラスによる屈折の実験	148	69%
1物	凸レンズで像を作る実験	155	72%
1物	簡易カメラの製作	17	8%
1物	共鳴音叉の実験	127	59%
1物	オシロスコープによる音の波形観察	89	41%
1物	力とばねの伸びの關係の測定	148	69%
1物	水の深さと水圧の關係の觀察	55	25%
1物	浮力を調べる実験	42	19%
1物	大気圧による空き缶つぶしの実験	31	14%
1物	空気の重さを調べる実験	25	12%
2物	直流電源装置の操作	177	82%
2物	電圧計・電流計の接続と測定	194	90%
2物	抵抗の直列/並列接続の実験	181	84%
2物	電熱線の発熱(ジュール熱)の実験	109	50%
2物	永久磁石が作る磁界の觀察	74	34%
2物	コイルが作る磁界の觀察	138	64%
2物	手回し発電機の実験	123	57%
2物	簡単なモーターの製作	81	38%
2物	リニアモーターの実験	37	17%
2物	コイルと磁石による電磁誘導の觀察	105	49%
2物	はく検電器の実験	95	44%
2物	ストローによる静電気の実験	129	60%
2物	電気クラゲの実験	27	13%
2物	陰極線管(クルックス管)の放電実験	78	36%
3物	記録タイマーによる運動の測定	157	73%
3物	斜面を下る台車の運動の測定	169	78%
3物	落下運動の觀察・測定	135	63%
3物	真空中の落下運動	58	27%
3物	平面上での力の合成の実験	63	29%
3物	水ロケットの実験	31	14%
3物	斜面で小球を転がすエネルギーの実験	79	37%
3物	てこや滑車による仕事の測定	100	46%

校入試での出題頻度が高い単元であり、高等学校でもほぼ同じ内容を学習するためであろうか。一方、1学年の圧力の単元は体験率が低い。他の項目と異なり、高等学校では行わない実験だからかもしれない。

物理分野の全般的な体験率は、生物分野、化学分野と比べると若干低い。これは本学に入学する学生は、高等学校での物理の履修率が、化学・生物に比べて低いことと関連している可能性がある（図1）。

地学分野の傾向

最後に地学分野を見てみよう。科目の特性として、地質・気象・天文など、観察対象を屋外に求める単元が多いこと、教室内実験が容易でない教材がほとんどであることなどから、教科書に収録されている実験・観察の項目がそもそも少なく、学生の体験率も4分野中最低である。ほとんどの項目で体験率は50%を切っている。

収録されている教室内実験には、「結晶作り」「断熱膨張による霧の発生」「スペクトル観察」など、物理・化学分野と共通する項目も含まれている。なんとかして科目間のバランスを取ろうとする教科書著者の苦労がしのばれる。現場の授業でも、画像や映像などの疑似体験で補完していることであろう。今後、デジタル教科書の時代を迎えれば、そうした疑似体験も含めて評価するのが適切かもしれない。

学年科目	総数	216	100%
1地	火山灰の観察(顕微鏡、ルーペ)	89	41%
1地	火成岩の観察と分類	110	51%
1地	ミョウバンや食塩の結晶作り	114	53%
1地	地震波の記録から震央距離を求める	73	34%
1地	堆積岩の観察と分類	85	39%
1地	地層の観察実習(野外観察)	38	18%
2地	気圧、湿度、風向、風力の観測	78	36%
2地	天気図を描く実習(ラジオ天気図)	78	36%
2地	雲の観察と分類	63	29%
2地	露点温度の測定	60	28%
2地	断熱膨張による霧の発生実験	47	22%
3地	望遠鏡による太陽黒点の観察	39	18%
3地	プリズムによる光のスペクトル観察	65	30%
3地	回折格子による光のスペクトル観察	58	27%
3地	太陽の動きの観察(日時計など)	79	37%
3地	星の運動の観察	56	26%
3地	月の満ち欠けの観察	46	21%
3地	月の満ち欠けのモデル実験	45	21%
3地	日食の観察	59	27%
3地	月食の観察	36	17%

まとめと今後の見通し

中学校レベルの理科実験・観察を「見たことがある」あるいは「やったことがある」という総括的な体験率の平均は約50%前後ということになり、当初心配したほど低くはなかった。しかし、個別の学生について見れば、担当の理科教員が実験指導に熱心だったものか、大変多くの実験・観察を体験してきている者もいる反面、中高の6年間にほとんど実験・観察を体験しないまま、大学に入学してきている者もいるという具合に、個人差が非常に大きい。

後者のように、学校が高校・大学の受験指導に力を入れるあまり、実験を体験させてもらえないまま大学に入学してきた学生は、模擬授業を組み立てさせても、演示実験すらイメージできず、入試問題の解法のような座学の授業しか作れない。もし、彼がそのまま教壇に立つことになれば、再び好ましくない再生産が行われることになるだろう。それだけは避けたいと思う。こうした学生にも体験の機会をぜひ与えたいと考えるが、教職課程に与えられた設備と時間の中ですべてをカバーするのは厳しいのが現状である。理学部の学生は1～3年次に基礎実験や専門科目の実験が必修として課されているが、その内容は中学校のレベルからは大きく乖離している。初等的な原体験のないまま専門の高度な実験に取り組んで、自然現象が正しくイメージできるのかどうか、認知心理学的な興味はわく。教職課程としてできる対応は、新課程で新設される理科教育法Ⅲ、およびⅣでできるだけ実験指導の時間を割くことであろうか。

本学ではひとつの対策として、学校有志による任意参加の自主活動の形をとりながら、「北里大学夏休み子ども実験教室」を実施している。小学生対象ではあるが、実験の企画、安全対策、児童とのふれあい方などを学ぶよい機会になっている。^{6,7}

今回の報告では、暫定集計として、全体をひとくくりとして、教員による演示実験と生徒実験による直接体験を区別せずに集計を行ったが、データはこれらを分離できるように取得してあるので、今後さらに細かい分析を進めるつもりである。また、出身高校の設置者別（公立・私立）や、性別による有意な差が出るかどうかにもクロス集計を試みたい。

本調査は調査期間がちょうど「ゆとり」から「脱ゆとり」への転換期にあたっているので、理科の時数が増えたことによる変化を抽出できる可能性もある。

提案

本稿の内容を、2019年4月に神奈川県横浜市で行われた「神奈川の理科教育を考える集い」で報告する機会を得た。聴衆の多くは神奈川県を中心とする関東圏の小学校～高等学校の理科教員である。聴衆からの反応の中に、「全国的にどんな理科実験がよく行われているのかがわかって参考になった」というものがあった。学校現場において実際に教壇に立っている教員でも、自分の学校の中ぐらいしか比較対象がなく、他校でどんな取組が行われているのか知るすべがないらしい。国レベルの調査結果もあるのだが、あまり周知されてい

ないようである。

ちなみに、平成24年度全国学力・学習状況調査では「理科」を追加して調査が実施され、小学校・中学校ともに「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること」などに課題が見られると報告されており、「観察・実験」を通じた理科の学習指導の改善・充実が求められている⁸。ここで行われた調査は、特定の実験を抽出して行っているが、調査の枠はもっと広げてよいのではないか。学習指導要領に例示された実験・観察の項目をまんべんなくカバーした上で、現場における実施状況の調査結果を公表すべきである。

さらに、理科教員の質の向上のためには、本研究の調査と同内容の実験・観察体験率調査を、全国の教職課程の学生を対象に行ってはどうか。本学も含め、多くの教員養成課程が対策を迫られることになるのは間違いないが、「実験・観察ばなれ」の悪循環を断つためには大いに効果があると思われる。

参考文献

- 1 東京書籍（平成27年）『新しい科学 1年』・『同 2年』・『同 3年』
- 2 大日本図書（平成26年）『理科の世界 1年』・『同 2年』・『同 3年』
- 3 教育出版（平成27年）『自然の探求 1』・『同 2』・『同 3』
- 4 啓林館（平成27年）『未来へひろがるサイエンス 1』・『同 2』・『同 3』
- 5 学校図書（平成27年）『中学校科学 1』・『同 2』・『同 3』
- 6 渡辺克己、山本明利（2015）「北里大学夏休み子ども実験教室実施報告 - 教職課程センターの整備とアクティブラーニング -」『北里大学教職課程センター教育研究』第1号
- 7 井出詞央里（2019）「北里大学夏休み子ども実験教室」『北里大学教職課程センター教育研究』第5号（本誌）
- 8 国立教育政策研究所教育課程研究センター（平成25年11月）『理科の学習指導の改善・充実に向けた調査分析について【中学校】』