

琉球大学学術リポジトリ

中学生の科学的な探究過程・能力の実態：
ある中学校に在籍する生徒の学年差の確認と授業準備支援のためのワークシートの提案

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学教育学部 公開日: 2020-10-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 吉田, 安規良, 前花, 日和, Yoshida, Akira, Maehana, Hiyori メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/47087

中学生の科学的な探究過程・能力の実態 —ある中学校に在籍する生徒の学年差の確認と 授業準備支援のためのワークシートの提案—

吉田 安規良¹・前花 日和²

The Reality of the Scientific Inquiry Process and Skills of the Students in a Lower Secondary School — Confirmation for Grade Difference in the Same School and Proposal of the Worksheet to Support Science Lesson Preparation —

YOSHIDA Akira¹ and MAEHANA Hiyori²

要約

生徒が科学的に探究するために必要な指導の工夫や授業づくりの考案につなげるために、沖縄島中南部に所在するA中学校に2019年度（平成31・令和元年度）に在籍していた生徒の科学的に探究する能力に関する実態や傾向を把握した。生徒の実態の特徴として、疑問に思った時は仮説を立てようと意識している生徒は多いが、すぐには仮説を思いつけない生徒が多い。また、他者の仮説や考えを理解することの大切さを感じているものの、自分の立てた仮説に自信がない生徒が多く存在していた。生徒の多くは仮説を確かめるための実験方法を提案しているとは強く思っていない。探究の過程のうち「検証計画の立案」について、仮説の根拠、大まかな検証計画、検証した結果の予測を記述しようとする意識は低い。検証計画を立案する際の独立変数の値を設定する能力の多くの生徒の実態として、独立変数の個数設定根拠が不明確で、0に設定した時の実験を考えていないが実現可能な形で設定していた。この結果を踏まえて、「生徒から引き出したい問いが、生徒が解決を目指す疑問の答えと正対するものであること」、「生徒の生活経験を整理すること」、「既習事項、学習のつながりを整理すること」の関係性を簡単に整理することを狙ったワークシートを試作した。

1. はじめに

(1) 問題の所在

平成29年に告示された中学校学習指導要領では、科学的に探究するために必要な資質・能力の育成が理科の目標に設定された。「指導計画に作成と内容の取扱い」では、科学的に探究する学習活動の充実を図り、それに必要な資質・能力を養うことへの配慮だけでなく、科学的に探究す

る力と態度の育成が段階的に無理なく行えるようにすることへの配慮が示されている（文部科学省，2018a）。だが、そもそも「科学的に探究する」ことはその内容の根幹が自然科学である理科にとって新鮮味のあるものではない。平成20年に告示された中学校学習指導要領の理科の目標でも「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てる」ことが示されている（文部科学省，2008）。

¹ 琉球大学大学院教育学研究科教職実践講座・高度教職実践専攻 Department and Professional School for Teacher Education, Graduate School of Education, University of the Ryukyus

² 琉球大学教育学部学校教育教員養成課程理科教育専修（現所属：那覇市立寄宮中学校） Student of Science Education, Course of Teacher Training Program, Faculty of Education, University of the Ryukyus (Present Address: Yorimiya Junior High School, Naha, Okinawa)

だが、「科学的に探究する能力の基礎と態度を育てる」ことと「科学的な見方や考え方を養うこと」が並列的に目標に示されていたもの（文部科学省、2008）が、「理科の見方・考え方を働かせ」で「科学的に探究するために必要な資質・能力」を育成すること（文部科学省、2018a）へと、その位置付けは大きく異なっている。北林（2020）は、理科の学習によって得られる概念理解に基づく「方法や手続きとそれによって得られた結果及び概念を包含する」ものである「見方や考え方が」、「見方＝自然の事物・現象をどのような視点で捉えるか」、「考え方＝比較、関連付け、条件制御、多面的に考えることなど」と整理、区別され、「育成を目指す資質・能力」とは異なるものへと意味内容が大きく変化し、それを「働かせ」るため、学習の結果として形成されるものではなく学習前にある程度身に付けている必要があることを指摘している。

中央教育審議会（2016b）は、理科において資質・能力の育成のために重視すべき学習過程（探究の過程）等の例として、順に「自然事象に対する気付き」、「課題の設定」、「仮説の設定」、「検証計画の立案」、「観察・実験の実施」、「結果の処理」、「考察・推論」、「表現・伝達」の8段階を示し、学習過程全体及びそれぞれの学習過程で「見通し」をもつことと「振り返り」を行うことの重要性を示した。さらに中学校理科における教育のイメージとして第1学年では「自然の事物・現象に進んでかかわり、その中から問題を見出す」、第2学年では「解決方法を立案して実行し、結果の妥当性を検討する」、第3学年では「探究の過程を振り返り、その妥当性を検討する」ことを示した。江崎（2017）は、第1学年では学習過程の初めである「課題の把握（発見）」に対応する「自然事象に対する気付き」、「課題の設定」が、第2学年では「課題の探究（追究）」に対応する「仮説の設定」、「検証計画の立案」、「考察・推論」が、第3学年では「課題の解決」が主に対応する「探究の過程を振り返ること」が各学年で重視するプロセスの実際だとしている。

このように、これからの理科の学習では、生徒自身が科学的に探究するための指導の工夫や授業づくりが求められている。では、「学習の結果として形成されるものではなく学習前にある程度身

に付けている必要がある」（北林、2020）、科学的に探究するための能力は実際にどのように測定され、どのようなものなのか。

今村・會田・武田（2016）は、小学校理科における探究能力に関する実態を明らかにするとともに、探究過程のうち仮説の設定と結果の見通しを強調する形で小学校第5学年の「ものの溶け方」の単元で授業を実践し、「〇〇ならば〇〇なはずだ」という仮説の設定と、仮説に基づく結果の見通しを強調した授業が可能であり有効であることを確認した。鈴木・稲田（2016）は、「検証計画の立案」に着目し、生徒が独立変数を設定する際に検討すべき4種類の要素－「基準となる0の値」、「値の個数」、「値の間隔」、「値の設定範囲の実現性」－を満たして独立変数の値を設定する能力を育成する指導方策を作成し、中学校第2学年の生徒を対象にその効果を検証した。実践前段階の多くの生徒の実態として、経験から導かれる直感や、複数のデータの比較を判断基準として独立変数の個数を決定していた。また、値の個数について明確な根拠をもっておらず、一定の規則にしたがって値を設定する必要性を感じながらも、その理由を明確に説明できない可能性が示唆された。だが、一連の実践後には、異なる文脈の実験においても多くの生徒が独立変数の値を適切に設定できるようになり、作成した指導方策は有効だった。仁藤・今村（2018）は、中学生の科学的探究に関する実態と課題を明らかにするために、「仮説の設定」に着目した意識調査を第1学年と第2学年の生徒に対して実施した。回答した生徒の多くは、課題を解決するためには仮説を設定することが必要であると思っており、手順として大切であると認識しているながらも、予想や仮説をすぐに思つくとおらず、自分で仮説を設定することには自信がもてない状況であった。また、仮説の設定で用いる経験や知識として、テレビや携帯端末などのメディアからの情報と、家族や友達と過ごす時間の中で得た情報を材料にしていた。このことから、仮説の設定や実験計画の立案、結果を見通すことに課題があり、表面的なものではなく演繹的推論に基づいた仮説を設定し、その結果を見通して実験方法を立案することに関心を高める必要があることを指摘した。

このように、ある特定の学年あるいは学級集団

を対象にした科学的な探究過程に必要とされる能力を把握する研究はいくつか行われている。また、その実態は個々の児童生徒レベルだけでなく、学級集団単位、学年集団単位でも異なることを授業者は感覚的に理解している。何よりも、学習前のある程度身に付けている必要がある「理科の見方・考え方」の一部はそれ以前の学習の結果からも形成される。そのため、科学的に探究するための能力やこれに関する意識を育成していくには、各学年の特徴や傾向も含めた比較、分析により詳細に把握することが端緒となる。何よりも前回理科が実施された2018（平成30）年の全国学力・学習状況調査の結果に関して「沖縄県の公立学校の結果は、小学校は全国並みだが、中学校は最下位」旨の目立つように単純化されたマスメディアの報告や、自分だけの狭い（成功）体験に依拠するシロウト考えの無責任な教育論に巻き込まれる形で沖縄県の中学生の学びを犠牲にしないためにも、生徒の実態の把握が必要である。

(2) 目的

学習指導要領の改訂に際し、中央教育審議会(2016a)は理科の具体的な改善事項として「課題の把握（発見）、課題の探究（追究）、課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程において、資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ること」の必要性と「探究の過程全体を生徒が主体的に遂行できるようにすることを旨とする」ために「生徒自身が観察・実験を中心とした探究の過程を通じて課題を解決したり、新たな疑問を発見したりする経験を可能な限り増加させていくこと」の重要性を示し、「理科のおもしろさを感じたり、理科の有用性を認識したりすることにつながっていく」ことに触れている。科学的に探究する学習活動を充実させることで、理科における資質・能力の向上につながることが期待されている。そのため、科学的に探究することに関する生徒の実態を明らかにし、傾向をつかむことが必要になる。

そこで本研究では、生徒自身が科学的に探究するための指導の工夫や授業づくりの考案に具体的につなげていくために、ある1つの中学校に2019年度（平成31・令和元年度）に在籍していた生徒の科学的に探究する能力に関する実態や傾向を把握することを試みた。本報はその結果の

報告と、その結果を踏まえて生徒の苦手意識を軽減し、生徒自身が問いを見出すための授業準備に利用可能な「問い」が生まれる背景を構成する「経験」と「既習事項」の関係性を整理するワークシートの提案である。

2. 方法

(1) 意識調査の実施時期及び対象

2019年の5月下旬から6月下旬にかけて、沖縄島中南部に所在するA中学校の第1学年から第3学年までの全学年を対象に質問紙調査を実施した。回答に際しては、理科の成績に無関係であり、全部または一部を無回答とすることも可能であることを教示して行った。回答結果の量的な解析には、js-STAR(version 9.8.4j)を用いた。

(2) 科学的な探究の過程に関する意識調査

調査内容は、今村・會田・武田(2016)が実施した仮説及び探究の過程に関する調査内容を基に、A中学校の理科教員の意向を踏まえて一部を抜粋・改変したり別の項目を付け加えたりした(資料1)。仮説の設定に関する意識に関する調査は、今村・會田・武田(2016)のように5件法ではなく「4:思う」、「3:どちらかといえば思う」、「2:どちらかというと思わない」、「1:思わない」の4件法で回答させた。探究の過程に基づく学習の有用性を問う調査のうち、科学的に探究する能力の中で理科の学習で難しいと思うことについては、「①主体的に自然現象と関わる」、「②問題意識をもつ」、「③仮説を立てる」、「④実験方法を考える」、「⑤実験を行う」、「⑥結果をまとめる」、「⑦考察する」、「⑧自分の考えを伝える」の中から、最も意識していることについては「⑨特に意識していない」も加えた中からそれぞれ当てはまるものを1つ選択させる形で回答させた。また、理科において資質・能力の育成のために重視すべき8段階の学習過程（探究の過程）等の例に対応させる形で、理科の学習について上記①～⑧のそれぞれの科学的に探究する能力についての生徒の自己評価を「◎:得意」、「○:どちらかといえば得意」、「△:どちらかといえば苦手」、「×:苦手」の4件法で回答させた。

複数を回答するなど指定された回答方法ではないものやその意図が不明瞭な回答は、無効回答として処理した。無回答や無効回答があった場合、

その質問項目の回答に関しては分析対象外としたが、それ以外については有効回答とみなした。

(3) 探究の過程のうち「検証計画の立案」に関する実態調査

ここでは、鈴木・稲田(2016)の調査問題を一部改変して用いた。調査問題Ⅰ(資料2)では、仮説を設定する力と検証計画を立案する力の実態を把握するため、鈴木・稲田(2016:458)の調査問題の「太郎さんと先生の会話文」のうち、先生が太郎さんに問うものを「予想」ではなく「仮説」に変更した上で、「太郎:坂の角度が大きくなるほど、進む距離は増えると考えています。」という太郎君の予想(仮説)の文章を空白にしたものを示し、坂の角度とその関係性について仮説を立てる問題と、立てた仮説を検証するための検証計画について説明する問題の計2問を出題し、全て記述式で回答させた。自由記述式のため、回収した回答は無回答も含めて全て有効回答とみなして、岸田・小倉(2018)の「仮説設定」と「実験計画の立案」の評価基準を参考に、第二筆者が評価した上で点数化した。

調査問題Ⅱは、鈴木・稲田(2016:458)の質問紙と同一であり、検証計画を立案する際の独立変数の値を設定する能力の実態を把握した。坂の角度とそれが進む関係を調べる際に設定する坂の角度の数について問う問題と実際に設定する角度を問う問題が1問の計2問を出題し、それぞれの回答理由も記述させた。回収した回答は、こちらも全て有効回答とみなした上で、鈴木・稲田(2016)が示した独立変数を設定する際に検討すべき4種類の要素別に分析した。

なお、調査問題Ⅱは調査問題Ⅰの回答例になることから、調査問題Ⅰを実施し回答回収後に調査問題Ⅱを実施した。

(4) 「問題意識をもつこと」に対する生徒の苦手意識を軽減に向けた授業準備の支援

意識調査の結果から、科学的に探究する過程のうち「問題意識をもつこと」に苦手意識をもつ生徒は学年が上がるにつれて多くなる傾向を確認した。そこで、生徒自身が問いを見出すための授業づくりの支援について検討した。沖縄県教育委員会(2019)は、「問い」が生まれる授業を推進し、「問い」が生まれる授業の基盤を『「問い」が生まれる授業サポートガイド』に示している。そこで、

このサポートガイドで提案されている授業づくりの背景と今回の意識調査の対象となった生徒の実態を照合し、授業準備段階で「問題意識をもつこと」に対する生徒の苦手意識を軽減するための手立てを整理する方法を検討した。

3. 結果と考察

(1) 科学的な探究の過程に関する意識調査

① 仮説の設定に関する意識調査

表1は仮説の設定に関する意識の調査結果をまとめたものである。まず、 $3 \times 4 \chi^2$ 検定を用いてQ1からQ15までの全ての質問別回答状況を分析した。

その結果、Q1、Q2、Q4、Q6、Q7、Q14、Q15については、有意差は見られなかった($p > 0.05$)。そこで、A中学校の生徒全体の回答傾向を把握するためこの7問の回答状況についてそれぞれ $1 \times 4 \chi^2$ 検定を用いて分析した。その結果、いずれも有意差が見られたのでライアンの名義水準を用いた多重比較を行った。

Q1($\chi^2(3)=242.452, p < 0.01$)では、他の選択肢と比べて「どちらかといえば思う」と回答した有意に多く、「思わない」と回答した生徒が有意に少なかった。このことから、程度の差はあるものの疑問に思った時は仮説を立てようと意識している生徒が多いといえる。

Q2($\chi^2(3)=127.565, p < 0.01$)では、他の選択肢と比べて「思わない」と回答した生徒が有意に少なく、「思う」より「どちらかといえば思う」、「どちらかというと思わない」と回答した生徒が、「どちらかといえば思う」よりは「どちらかというと思わない」と回答した生徒がそれぞれ有意に多かった。つまり疑問に思う課題が提示された際に、仮説をすぐに思いつく生徒は少なく、全員がすぐに思いついているわけではないことがわかる。また、他の人の意見を聞いたり、これまでの学習を振り返ったりした後に仮説を設定している生徒や時間が経っても仮説が思いつかないまま授業に臨んでいる生徒が存在している可能性が示唆された。

Q4($\chi^2(3)=213.965, p < 0.01$)では、他の選択肢と比較して「思う」と回答した生徒が有意に少なく、「どちらかというと思わない」と回答した生徒が有意に多かった。また、「思わない」と

表1 仮説の設定に関する意識調査結果

質問	学年	回答状況(人数)						計	質問	学年	回答状況(人数)						計
		4: 思う	3: どちらかといえば思う	2: どちらかといえば思わない	1: 思わない	無回答	無効回答(複数回答)				4: 思う	3: どちらかといえば思う	2: どちらかといえば思わない	1: 思わない	無回答	無効回答(複数回答)	
Q1: なぜそうな るのだろうと疑問 に思った時は 仮説を立てる	1	37	79	33	6	3	0	158	Q9: 実験の仮説 と結果が異なる とき、実験をした ときの様子をふ り返っている	1	62	59	22	9	3	3	158
	2	35	82	35	3	0	0	155		2	68	59	26	1	1	0	155
	3	38	83	27	2	0	0	150		3	47	78	19	6	0	0	150
計	110	244	95	11	3	0	463	計	177	196	67	16	4	3	463		
Q2: 仮説をすく に置いてくほう だ	1	27	46	67	16	2	0	158	Q10: 自分の仮 説と結果が異な るとき、他の仮 説に置き換えて いる	1	36	47	36	30	8	1	158
	2	18	48	67	22	0	0	155		2	31	65	51	8	0	0	155
	3	28	45	68	8	0	1	150		3	34	46	54	14	2	0	150
計	73	139	202	46	2	1	463	計	101	158	141	52	10	1	463		
Q3: 友達や先生 の意見を参考に することが大切 だと思う	1	127	23	4	2	2	0	158	Q11: 仮説と結 論があっている ば、途中で間違 えてもいいと思 わない	1	20	28	35	69	5	1	158
	2	106	41	7	0	0	1	155		2	22	34	59	39	1	0	155
	3	101	46	2	0	0	1	150		3	14	28	58	47	0	3	150
計	334	110	13	2	2	2	463	計	56	90	152	155	6	4	463		
Q4: 自分の仮説 は他の人の仮 説より優れている と思う	1	4	27	80	43	3	1	158	Q12: 予想と仮 説は違うと思う	1	50	50	25	25	6	2	158
	2	6	24	69	55	1	0	155		2	30	59	43	19	4	0	155
	3	6	19	73	52	0	0	150		3	32	61	36	17	4	0	150
計	16	70	222	150	4	1	463	計	112	170	104	61	14	2	463		
Q5: 仮説を立て て、見通しをも って実験に取り 組んでいる	1	51	71	28	6	2	0	158	Q13: 理科以外 の授業でも仮 説を立てるよう にしている	1	43	44	45	18	6	2	158
	2	34	66	49	3	2	1	155		2	30	52	51	21	1	0	155
	3	28	77	40	4	1	0	150		3	23	71	37	18	1	0	150
計	113	214	117	13	5	1	463	計	96	167	133	57	8	2	463		
Q6: 仮説を確か めるための実験 方法を提案して いる	1	26	53	54	22	3	0	158	Q14: ★の順に 考えながら学習 することは理科 を勉強するため に必要な方法か と思う	1	110	31	6	3	8	0	158
	2	39	53	53	10	0	0	155		2	98	43	6	6	2	0	155
	3	21	58	48	22	0	1	150		3	88	50	5	3	3	1	150
計	86	164	155	54	3	1	463	計	296	124	17	12	13	1	463		
Q7: 自分が立て た仮説の妥当性 を確認しながら 実験している	1	58	55	30	13	1	1	158	Q15: ★の順に 考えながら学習 することはこれ からの生活に役 立つと思う	1	94	42	11	3	8	0	158
	2	51	67	29	5	2	1	155		2	79	55	17	3	1	0	155
	3	38	67	35	9	0	1	150		3	78	54	13	3	1	1	150
計	147	189	94	27	3	3	463	計	251	151	41	9	10	1	463		
Q8: 自分の仮説 と結果が異なる とき、実験のや り方が間違っ ていたと思う	1	40	33	41	39	4	1	158	★: 主体的に自然現象と関わる→問題意識をもつ→仮説を立てる→実験方法を考える→実験を行う→結果をまとめる→考察する→伝える								
	2	43	56	36	18	2	0	155									
	3	23	33	52	41	1	0	150									
計	106	122	129	98	7	1	463										

回答した生徒が「どちらかといえば思う」と回答した生徒よりも有意に多かった。問われている内容に対して謙虚さが表出した可能性もあるが、このようにQ1で仮説を立てることに肯定的な回答をした生徒が多かった反面、自分が立てた仮説に自信のない生徒の姿が垣間見えた。

Q6 ($\chi^2(3)=74.621, p<0.01$) では、「思わない」と回答した生徒が他の選択肢と比較して有意に少なく、「思う」と回答した生徒も「どちらかといえば思う」、「どちらかといえば思わない」と回答した生徒に比べて有意に少なかった。つまり、必ずしも仮説を確かめるための実験方法を提案しているわけではなく、多くの生徒は仮説が正しいことを前提に実験方法を考えていたり、仮説を検証するために実験を行うという目的を強く意識せずに実験方法を提案したりしている可能性が示唆された。

Q7 ($\chi^2(3)=128.514, p<0.01$) では、「思わない」と回答した生徒が他の選択肢と比較して有意に少なく、「思う」、「どちらかといえば思う」と回答した生徒と比べて「どちらかといえば思わない」と回答した生徒は有意に少なかった。つまり、程

度の差はあるものの多くの生徒は仮説の見通しを確認しながら実験しているといえる。

Q14 ($\chi^2(3)=472.381, p<0.01$), Q15 ($\chi^2(3)=322.903, p<0.01$) の両方とも、「思う」と回答した生徒が他の選択肢と比較して有意に多く、「どちらかといえば思う」と回答した生徒も「どちらかといえば思わない」、「思わない」と回答した生徒に比べて有意に多かった。それに加えてQ15では、「思わない」と回答した生徒は「どちらかといえば思わない」よりも有意に少なかった。つまり多くの生徒が探究の過程を意識しながら学習することの必要性を感じており、それは理科の学習に限らず有効だと認識していることが示された。

$3 \times 4 \chi^2$ 検定の結果、学年による回答状況に有意差が確認できたのは、Q3, Q5, Q8, Q9, Q10, Q11, Q12, Q13であった。

Q3の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=18.082, p<0.01$ だった。残差分析の結果、第1学年では「思う」と回答した生徒と「思わない」と回答した生徒が有意に多く、「どちらかといえば思う」は有意に少なかった。このうち「思わない」と回答し

た生徒は他学年にはいなかったことが特徴的である。また、第3学年の生徒の回答では「どちらかといえば思う」が有意に多かった。つまり高学年になるにつれ「思う」よりも「どちらかといえば思う」という回答をする生徒が増えたことが有意差の背景にあると推察できる。どの学年においても90%以上の生徒が「思う」、「どちらかといえば思う」の肯定的な回答をしたことから、ほとんどの生徒は自分以外の人の仮説や考えを理解することが大切だと感じていることが示唆された。

Q5の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=14.892$, $p<0.05$ だった。残差分析の結果、第1学年では「思う」と回答した生徒が有意に多く、「どちらかというと思わない」と回答した生徒が有意に少なかった。第2学年は「どちらかというと思わない」と回答した生徒が有意に多かった。第3学年では「思う」と回答した生徒は有意に少なかった。つまり第1学年には、仮説を立てて見直しをもって授業に臨む意識が高い生徒が比較的多く見られた。

Q8の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=28.254$, $p<0.01$ だった。残差分析の結果、第2学年では「どちらかといえば思う」と回答をした生徒が有意に多く、「思わない」と回答した生徒が有意に少なかった。また、第3学年では「思う」と回答した生徒が有意に少なく、「どちらかというと思わない」、「思わない」と回答した生徒が有意に多かった。つまり第3学年の生徒はとりわけ第2学年の生徒と比較して、仮説と結果が異なった場合に実験方法や操作よりも仮説を疑う傾向が強い。一方で、第2学年の生徒には実験方法や操作を疑う傾向があった。

Q9の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=14.820$, $p<0.05$ だった。残差分析の結果、「思わない」と回答した生徒が第1学年に有意に多く、第2学年では有意に少なかった。また、第3学年では「思う」と回答した生徒が有意に少なく、「どちらかといえば思う」と回答した生徒が有意に多かった。 $3 \times 2 \chi^2$ 検定を用いて「思う」、「どちらかといえば思う」の肯定的な回答と「思わない」、「どちらかというと思わない」の否定的な回答との間に学年による差の有無を確認した結果、有意差は見られなかった($\chi^2(2)=0.775$, n.s.)。1×2正確二項検定(両側検定)を用いて学年を全てま

とめて肯定的な回答と否定的な回答の割合を比べた結果、肯定的な回答をした生徒が有意に多かった($p=0.0000<0.01$)。少なくとも仮説と結果が異なった際には、その様子を振り返ることに対してどの学年でも大半の生徒が肯定的な回答をした。沖縄県教育委員会(2019:8)は、「問い」が生まれる授業の基盤の一つとして、「めあて」に正対した「まとめ」、「振り返り」を確実に実施することの重要性について指摘するとともに児童生徒に「振り返り」の意義を実感させることや振り返りについての指導のポイントを示して「振り返り」活動の充実を求めている。これに対して「振り返り」の重要性を感じ、少なくとも実験の仮説と結果が異なる際には、振り返ることを意識しているA中学校の生徒は多い。

Q10の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=23.361$, $p<0.05$ だった。残差分析の結果、第2学年の生徒の回答では「どちらかといえば思う」が有意に多く、「思わない」が有意に少なかった。また、第1学年の生徒の回答では「思わない」が有意に多く、「どちらかというと思わない」が有意に少なかった。自分の仮説と結果が異なるときに第2学年の生徒は他の仮説に置き換える傾向があるが、第1学年では最初に立てた仮説に執着する生徒が多いと推察できる。

Q11の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=18.996$, $p<0.01$ だった。残差分析の結果、第1学年では「どちらかというと思わない」という回答が有意に少なく、「思わない」という回答が有意に多かった。また、第2学年では「思わない」という回答が有意に少なかった。全体的な傾向を見るために $3 \times 2 \chi^2$ 検定を用いて「思う」、「どちらかといえば思う」の肯定的な回答と「思わない」、「どちらかというと思わない」の否定的な回答との間に学年による差の有無を確認したが、有意差は見られなかった($\chi^2(2)=2.135$, n.s.)。1×2正確二項検定(両側検定)を用いて、学年を全てまとめて肯定的な回答と否定的な回答の割合を比べた結果、否定的な回答をした生徒が有意に多かった($p=0.0000<0.01$)。つまり、総じて多くの生徒が仮説を検証する際に、結果だけではなく検証過程の正確性も重視すべだと考えていた。その中でも第1学年には強い否定を示す回答をした生徒が有意に多く、検証過程の正確性を強く重視している

生徒が多いことが推察された。

Q12の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=13.000$, $p<0.05$ だった。残差分析の結果、第1学年で「思う」と回答した生徒が有意に多く、「どちらかというと思わない」の回答が有意に少なかった。全体的な傾向を見るために $3 \times 2 \chi^2$ 検定を用いて「思う」、「どちらかといえば思う」の肯定的な回答と「思わない」、「どちらかというと思わない」の否定的な回答との間に学年による差の有無を確認したが、有意差は見られなかった($\chi^2(2)=1.964$, n.s.)。1×2正確二項検定(両側検定)を用いて、学年を全てまとめて肯定的な回答と否定的な回答の割合を比べた結果、肯定的な回答をした生徒が有意に多かった($p=0.0000<0.01$)。つまり、多くの生徒が「予想と仮説は違う」と考えていた。これについて、生徒にとっての「予想」とは、結果だけを予想することであり、その因果関係(規則性・法則性)までを含めて考えることではないと捉えている可能性がある。

Q13の回答状況に対する結果は、 $\chi^2(6)=15.916$, $p<0.05$ だった。残差分析の結果、「思う」の回答は第1学年が有意に多く第3学年が有意に少なかったが、反対に「どちらかといえば思う」の回答は、第3学年が有意に多く第1学年が有意に少なかった。全体的な傾向を見るために $3 \times 2 \chi^2$ 検定を用いて「思う」、「どちらかといえば思う」の肯定的な回答と「思わない」、「どちらかというと思わない」の否定的な回答との間に学年による差の有無を確認したが、有意差は見られなかった($\chi^2(2)=3.012$, n.s.)。1×2正確二項検定(両側検定)を用いて、学年を全てまとめて肯定的な回答の割合と否定的な回答とを比べた結果、肯定的な回答をした生徒が有意に多かった($p=0.0007<0.01$)。つまりどの学年においても理科以外の授業でも仮説を立てるようにしているとする生徒が多い傾向があった。

このように、学年による差の多くは第1学年や第3学年の回答状況が他学年と異なることに起因していた。こうした変化は、高学年になるにしたがって謙虚に回答したり強い自信に裏付けされて回答しなかったり、考え方が変わっていったりした可能性のような進級に伴う変化と見ることができる。だが、その学年集団の特色として捉えるほ

うが自然に思われる回答状況もあるため、同一集団の経年変化を追う必要がある。

② 探究の過程に基づく学習の有用性を問う調査

表2は探究の過程に基づく学習の有用性を問う調査の結果をまとめたものである。

表2 探究の過程に基づく学習の有用性を問う調査結果

Q16: 次のうち、理科の学習で最も難しいと思うものはどれですか(人数)

選択肢	第1学年	第2学年	第3学年	計
①主体的に自然現象と関わる	18	18	14	50
②問題意識をもつ	5	19	24	48
③仮説を立てる	38	19	7	64
④実験方法を考える	19	29	24	72
⑤実験を行う	3	6	6	15
⑥結果をまとめる	8	2	3	13
⑦考察する	26	25	36	87
⑧伝える	35	30	24	89
無回答	4	0	1	5
無効回答(不明瞭等)	2	7	11	20
計	158	155	150	463

Q17: 次のうち、理科の学習で最も意識しているものはどれですか(人数)

選択肢	第1学年	第2学年	第3学年	計
①主体的に自然現象と関わる	7	9	9	25
②問題意識をもつ	17	11	10	38
③仮説を立てる	17	8	14	39
④実験方法を考える	6	4	1	11
⑤実験を行う	12	15	10	37
⑥結果をまとめる	33	19	17	69
⑦考察する	27	54	53	134
⑧伝える	19	19	20	58
⑨特になし	8	10	6	24
無回答	12	0	5	17
無効回答(不明瞭等)	0	6	5	11
計	158	155	150	463

$8 \times 3 \chi^2$ 検定を用いてQ16の回答状況进行分析した結果、有意差が見られた($\chi^2(14)=47.488$, $p<0.01$)。残差分析の結果、「②問題意識をもつこと」を最も難しいと回答した生徒は第3学年で有意に多く、第1学年で有意に少なかった。反対に、「③仮説を立てる」は第1学年が有意に多く、第3学年で有意に少なかった。また、「⑥

結果をまとめる」を最も難しいと回答した生徒は第1学年で有意に多く、「⑦考察する」は、第3学年で有意に多かった。このことから、理科の学習の中で仮説を立てるという経験や、他の人と仮説を共有するという経験を積み重ねていくことで仮説設定への苦手意識が軽減されていくことが考えられる。また、第1学年と第3学年で有意差が見られた項目が異なった。これはその学年集団の特色として捉えることもできるが、学年段階(学習単元・内容)によって最も難しいとする項目が異なり、それに伴い生徒の苦手意識が変化しているとも考えられる。

同様に $9 \times 3 \chi^2$ 検定を用いて Q17 の回答状況を分析した結果、有意差が見られた ($\chi^2(16) = 28.110, p < 0.05$)。残差分析の結果、第1学年では「⑥結果をまとめる」を最も意識すると回答した生徒が有意に多かった。また、「⑦考察する」を最も意識すると回答した生徒は第3学年で有意に多く、第1学年で有意に少なかった。このことから、理科の授業において第3学年では考察することを最も意識している生徒が多いが、第1学年の生徒の多くは、考察することよりも結果をまとめることを意識しながら授業に取り組んでいる実態があり、学年によって最も意識する学習過程が変化していく可能性がある。

Q16 と Q17 の結果を見比べると、結果をまとめることが難しいと思っている生徒は第1学年に多いが、それを意識している生徒も多かった。だが、Q16 で「⑥結果をまとめる」を回答した8人中、Q17 で「⑥結果をまとめる」を選択した生徒は2人だった。つまり、第1学年では理科の授業において、結果をまとめることを最も意識していても同時にそれを苦手と思っている生徒は少なく、最も意識している項目と苦手と思っている項目には違いがあった。その一方で、第3学年の生徒は考察することを苦手とする者が多いが、意識している生徒も多く、そのうち13人がQ16 と Q17 の両方で「⑦考察する」を選択していた。

③ 科学的に探究する能力についての生徒の自己評価

表3は科学的に探究する能力に対する生徒の得手・不得手の自己評価について、◎を4、○を3、△を2、×を1と数値化して、「①主体的に自然事象と関わる」、「②問題意識をもつ」、「③仮説を立てる」、「④実験方法を考える」、「⑤実験を行う」、「⑥結果をまとめる」、「⑦考察する」、「⑧伝える」の8つの項目全てを回答した生徒(第1学年140人、第2学年154人、第3学年147人、計441人)の結果をまとめたものである。この結果に対して、学年×質問内容の2要因混合計画の分散分析を

表3 科学的に探究する能力に対する生徒の得手・不得手の自己評価の結果

		第1学年(140人)							
探究過程		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
平均		2.83	3.02	2.55	2.71	3.47	3.01	2.67	2.65
SD		0.828	0.858	1.009	0.874	0.626	0.866	0.989	1.069
		第2学年(154人)							
探究過程		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
平均		2.64	2.61	2.47	2.63	3.13	3.17	2.73	2.56
SD		0.835	0.863	0.899	0.837	0.727	0.820	0.914	0.993
		第3学年(147人)							
探究過程		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
平均		2.63	2.46	2.64	2.35	3.14	2.97	2.48	2.50
SD		0.776	0.935	0.857	0.862	0.854	0.820	0.906	0.899

行った(表4)。その結果, 交互作用に有意差が見られた($F(14, 3066)=4.19, p<0.01$)。

表4 分散分析表

要因	SS	df	MS	F
学年	28.4415	2	14.2207	6.81 **
個人差	915.2314	438	2.0896	
探究過程	203.6395	7	29.0914	49.85 **
学年×探究過程	34.2332	14	2.4452	4.19 **
個人差×探究過程	1789.2467	3066	0.5836	
全体	2970.7923	3527		** $p<0.01$

表5 学年×探究過程の交互作用の分析表

要因	SS	df	MS	F
学年at①	3.7122	2	1.8561	2.79 +
(個人差 at①)	291.6646	438	0.6659	
学年at②	25.0898	2	12.5449	15.88 **
(個人差 at②)	346.0217	438	0.7900	
学年at③	2.1704	2	1.0852	1.27 n.s.
(個人差 at③)	374.8788	438	0.8559	
学年at④	10.5566	2	5.2783	7.13 **
(個人差 at④)	324.2016	438	0.7402	
学年at⑤	11.2126	2	5.6063	10.08 **
(個人差 at⑤)	243.5672	438	0.5561	
学年at⑥	3.3751	2	1.6875	2.40 +
(個人差 at⑥)	307.4332	438	0.7019	
学年at⑦	4.8094	2	2.4047	2.73 +
(個人差 at⑦)	368.1387	438	0.8816	
学年at⑧	1.7486	2	0.8743	0.89 n.s.
(個人差 at⑧)	430.5723	438	0.9830	
探究過程 at 第1学年	91.2333	7	13.0333	22.33 **
探究過程 at 第2学年	70.6873	7	10.0982	17.30 **
探究過程 at 第3学年	75.9521	7	10.8503	18.59 **
(個人差×探究過程)	1789.2467	3066	0.5836	
			* $p<0.1$	
			* $p<0.05$	
			** $p<0.01$	

表5は, 各要因の単純主効果进行分析した結果である。Holmの多重比較の結果, 「②問題意識をもつこと」と「⑤実験を行う」は, 第1学年の生徒が第2学年や第3学年の生徒よりも得意だと自己評価しており(② $MSe=0.7900, p<0.05$; ⑤ $MSe=0.5561, p<0.05$), 「④実験方法を考える」は, 第3学年の生徒よりも第1学年や第2学年の方が得意としていた(④ $MSe=0.7402, p<0.05$)。また, 第1学年は①と③⑤, ②と③④⑤⑦⑧, ③と⑤⑥,

④と⑤⑥, ⑤と⑥⑦⑧, ⑥と⑦⑧の平均の差が有意であった。第2学年は, ①と⑤⑥, ②と⑤⑥, ③と⑤⑥, ④と⑤⑥, ⑤と⑦⑧, ⑥と⑦⑧の平均の差が有意であった。第3学年では, ①と④⑤⑥, ②と⑤⑥, ③と④⑤⑥, ④と⑤⑥, ⑤と⑦⑧, ⑥と⑦⑧の平均の差が有意であった($MSe=0.5836, p<0.05$)。このように得手, 不得手とする探究過程には学年によって差が見られた。

(2) 探究の過程のうち「検証計画の立案」に関する実態調査

① 調査問題 I

調査問題 I の回答者は, 第1学年 159 人, 第2学年 153 人, 第3学年 150 人の計 462 人だった。表6は岸田・小倉(2018)の評価基準を参考にして作成した評価基準, 表7は学年別の得点分布である。

表6 調査問題 I の評価基準

問題1	仮説設定
観点	点数
①何も書いてない	0点
②何か書いている	1点
③問題に対する答えを書いている	問題に正対している(③-2)→ 2点 問題に正対していない(③-1)→ 1点
④答えの根拠を書いている	根拠が正しい→ 2点 根拠が正しくない→ 1点
⑤大まかな検証計画を書いている	科学的に正しい→ 2点 科学的に正しくない→ 1点
⑥検証した結果の予測を書いている	大まかな検証方法を書いている→ 1点
問題2	検証計画の立案
観点	点数
①何も書いてない	0点
②何かを書いている	1点
③実験に再現性がある	1点
④科学的に信頼できるデータを得るため, 適切な回数実験を行うことが記述されている	1点
⑤実験の結果, 起こる現象が明確または数値をもって結果が示され, 仮説の正当性が示される	1点
⑥記述してある文や絵のとおり実験を行っても実験者または周囲に危険が生じない	1点
⑦実験の各段階において, おおよその時間の見積もりがなされ, 記述がある	1点
⑧実験の結果をわかりやすくするために, 得られたデータをどのように整理し, 表現するのか記述がある	1点
⑨実験の手順の各段階において, だれがどのように作業するのか記述がある	1点
⑩実験に必要な器具とその数が明確に示されている	1点

問題1は, 生徒の仮説設定能力を問うている。学年別の回答傾向を分析するために, どの学年

表 7 調査問題 1 の得点分布 (人)

問題1	0点	1点	2点	3点	4点	5点以上	平均
第1学年	2	16	68	56	17	0	2.4点
第2学年	4	12	59	72	6	0	2.4点
第3学年	2	4	36	104	4	0	2.9点

問題2	0点	1点	2点	3点	4点	5点	6点	7点	平均
第1学年	5	75	42	14	10	5	7	1	2.0点
第2学年	4	89	49	3	5	2	1	0	1.5点
第3学年	2	72	51	9	6	8	2	0	1.9点

も 0 人の「5 点以上」を除き、 $3 \times 5 \chi^2$ 検定で解析した結果、有意差が見られた ($\chi^2(8) = 44.102, p < 0.01$)。残差分析の結果、第 1 学年は 2 点と 4 点の回答者が有意に多く、3 点の回答者が有意に少なかった。第 3 学年は 1 点、2 点、4 点の回答者が有意に少なく、3 点の回答者が有意に多い結果となった。他学年と比べて第 1 学年では 2 点の生徒が多いが、4 点の回答をした生徒も多かったことから、全体として仮説の設定能力が低い傾向があるとはいえない。また、第 3 学年は 3 点の生徒が多いが 4 点の生徒が少なく、第 2 学年は偏りが見られなかったため、仮説設定能力については、学年間の傾向を把握しつつも、生徒一人ひとりの仮説設定能力に目を向けて指導を行う必要があることが示唆された。

2 点の生徒の大多数は観点②と観点③- 1 に該当した (第 1 学年 68 人、第 2 学年 59 人、第 3 学年 35 人)。ここに当てはまる回答の特徴は「ソリの重さと進む速さが関係している」という回答のように、「どのように」関係しているのかを明確に示されておらず、具体性に欠ける仮説だった。3 点の生徒の大多数は観点②と観点③- 2 に該当した (第 1 学年 55 人、第 2 学年 69 人、第 3 学年 102 人)。ここに当てはまる回答の特徴は「坂の角度が大きいほど、ソリが速く進む、ソリの角度が小さいほど、ソリは遅く進む」という回答のように「坂の角度とソリの進む関係」について調べる問題に正対した仮説となっていた。だが、検証結果の予測や日常生活での経験を根拠として示していない回答という特徴もあった。

問題 2 は検証計画を立案する力について問うている。 $3 \times 8 \chi^2$ 検定を用いて学年別の回答の傾向を分析した結果、有意差が見られた ($\chi^2(14) = 24.667, p < 0.05$)。残差分析の結果、第 1 学年は 3 点と 6 点の生徒が有意に多く、第 2 学年は 1 点の生徒が有意に多く、3 点の生徒が有意に少な

かった。このことから第 2 学年の生徒は第 1 学年や第 3 学年の生徒と比較して総じて検証計画を立案できていない実態があった。また、今回調査した第 1 学年には、検証計画を立案する能力が高い生徒が集まっていた可能性がある。第 3 学年については、調査問題を実施した時期に既に「運動とエネルギー」について学習しており、記録タイマーを使った実験を実施していた。そのため、150 人中 44 人が「記録タイマー」に言及していた。しかし、今回の調査での高得点の生徒は、第 1 学年と比較して少なかった。したがって、既習事項との関連が強くても検証計画を立案できる能力が同時に身に付いているとは断言できない。検証計画を立案する能力については、授業以外でもともと習得していた能力の差の影響が考えられる。

また、この問題の回答では 451 人が実験の方法について何かしら記述しており、評価基準の観点②を満たしていた。しかし、観点③から観点⑩のいずれも 3 割未満の生徒しか記述できておらず、複数の観点を含む記述をした生徒は少ない。特に、観点⑦は第 1 学年の生徒に 1 人、観点⑨は第 1 学年に 2 人だけだった。対照実験に関する記述は、第 1 学年の 6 人、第 3 学年の 2 人にだけ見られた。つまり、大多数の生徒は検証計画を立案する際に、実験の各段階における時間の見積もりを行うことや実験の手順や各段階における作業分担を意識していないことが考えられる。また、全ての生徒が科学的に検証するために必要な方法、検証計画を立案するために必要な情報について理解しているとはいえず、自分の考えを言葉や文章で十分に表現できていないことが明らかになった。

1 点の回答の特徴として、仮説を検証するために必要な方法を記述するのではなく、実験器具を図や絵で示し、その使用法や実験方法のイメージを言葉で補う形で説明していたことが挙げられ

る。また、順序立てて説明できず、情報の羅列になっている回答もあった。2点の回答の特徴として、信頼できるデータを得るための工夫や結果のまとめ方、安全面に配慮した実験の記述がみられたが、実験の再現性や仮説の正当性を証明する記述が不十分であったことが指摘できる。

② 調査問題Ⅱ

検証計画を立案する際の独立変数の値を設定する能力を測定する調査問題Ⅱの回答人数は、第1学年159人、第2学年154人、第3学年150人の合計463人だった。

表8は各問題の回答状況を示したものである。問題1では、坂の角度とそりが進む関係を調べる際に設定する坂の角度の数について回答させた。鈴木・稲田(2016)は、生徒は独立変数の値を2個または3個にする傾向があることを報告していた。今回、最も回答者が多かったのは「3個」であり、その点では鈴木・稲田(2016)の回答結果と同様である。だが、A中学校の生徒は、どの学年でも2個と回答した生徒に比べて4個以上を回答していた生徒が多い。そこで、2個または3個とそれ以外の回答状況についてA中学校の生徒の結果と鈴木・稲田(2016)の結果との間に差があるかどうかを、 2×2 フィッシャーの直接確率検定(両側検定)で確認した。その結果、 $p=0.0000 < 0.01$ となり、有意差が見られた。つまり、鈴木・稲田(2016)が示した生徒の実態は、今回の調査対象の生徒には当てはまらない。それは鈴木・稲田(2016)で対象とした生徒よりも、今回の調査対象とした生徒の方が独立変数を4個以上設定すべきであると考えている生徒が多かったことに起因している。

問題2では、実際に設定する角度とその理由について回答させた。実際に設定する角度の個数の設定理由についての回答を、①関係性を調べるため、②グラフにするため、③比較するため、④手間を省くため、⑤不明確、⑥正確に実験を行うため、⑦考察のしやすさの7つに分類した。鈴木・稲田(2016)は①～⑤の5つに分類し、該当項目が複数含まれているものを重複して集計していた。今回の回答には一人の回答の中に該当項目が複数含まれているものは無かったが、①～⑤に単純に当てはめにくい回答があった。そこで、⑥正確性と⑦考察のしやすさを追加した。角度の間隔

は、①規則性がある、②グラフ化と関連、③不明確の3つに分類した。また、基準となる0の値を設定しているか、設定した角度が 0° から 90° 未満でという視点で実現性のある実験かという要素でも回答を分析した。

まず、個数の設定理由について、鈴木・稲田(2016)は多くの生徒が独立変数の値を設定する際に明確な根拠をもっていない実態があることを示していた。そこで、根拠不明確とそれ以外の回答人数について 2×2 フィッシャーの直接確率検定(両側検定)で確認した。その結果、 $p=0.9042 > 0.1$ となり有意差が見られなかった。このことから、鈴木・稲田(2016)の結果と同様に、A中学校の多くの生徒は経験から導かれる直感などを基に独立変数の個数を決定したりするなど、個数について明確な根拠をもっていない実態があることが考えられる。

個数を3個以上設定した回答に着目して、 $2 \times 3 \chi^2$ 検定を用いてその間隔の設定理由の回答状況の差の有無を確認した。その結果は、 $\chi^2(2)=117.686$ 、 $p < 0.01$ となり有意差が見られた。残差分析の結果、「規則性がある」回答人数はA中学校の方が有意に多く、鈴木・稲田(2016)の方が有意に少なかった。その反対に「根拠不明確」は、鈴木・稲田(2016)の方が有意に多く、A中学校のほうが有意に少なかった。A中学校で独立変数の値の間隔の設定について、規則性のある形での回答に加えて測定結果のグラフ化と関連付ける記述をした生徒は全員第3学年であったが、その割合には目立った差はなかった。

同様に無回答を除いた「0の値を設定しているか」の結果の差の有無も 2×2 フィッシャーの直接確率検定(両側検定)で確認したが、有意差は見られなかった($p=0.2054 > 0.1$)。つまり、鈴木・稲田(2016)の結果と同様に、A中学校の生徒は独立変数の値として0の値を必要とせず、0の値を設定することが習慣化していない実態が明らかになった。ただしこれについては、鈴木・稲田(2016)が指摘していたように今回の調査問題では 0° については実験しなくても結果が予測できる事象と捉え、設定する必要性を感じていないことがその理由として考えられる。

最後に「角度が 0° から 90° 未満であり、実験の実現が可能か」についてである。鈴木・稲田

表8 調査問題IIの回答状況

問題1	1個	2個	3個	4個	5個	6個	7個以上	無回答及び 個数を複数回答
第1学年	0	15	61	21	31	7	22	2
第2学年	0	7	55	26	29	10	26	1
第3学年	0	13	35	19	22	10	49	2
計	0	35	151	66	82	27	97	5
鈴木・稲田(2016)	1	12	42	8	7	2	4	0

個数設定理由	関係性	グラフ	比較	手間	不明確	正確性	考察	無回答
第1学年	19	0	25	15	70	18	3	9
第2学年	10	2	11	10	82	20	5	14
第3学年	16	8	17	2	52	38	7	0
計	45	10	53	27	204	76	15	33
鈴木・稲田 (2016)	10	1	27	6	38	—	—	—

角度の間隔	規則性がある	グラフ化と関連	根拠不明確
第1学年	104	0	32
第2学年	124	0	22
第3学年	112	5	18
計	340	5	72
鈴木・稲田 (2016)	8	1	47

注) 個数を3個以上設定した回答からその理由が無回答(第1学年6;第3学年5)を除いた。ただし、グラフ化と関連付ける記述をした第3学年の5人は間隔の規則性にも言及しており、鈴木・稲田(2016)に倣って重複して集計した。

問題2

0の値	設定している	設定していない	無回答
第1学年	12	145	2
第2学年	4	150	0
第3学年	15	134	1
計	31	429	3
鈴木・稲田 (2016)	2	74	0

角度が0° から90° 未満であり、 実験の実現が可能か	実現可能	実現不可能	無回答
第1学年	127	26	6
第2学年	126	28	0
第3学年	89	56	5
計	342	110	11
鈴木・稲田(2016)	64	12	76

(2016)は、坂として実現可能な値を「0°から90°未満」として設定したため、今回もそれに倣った。実現不可能とした回答として、110人中83人が90°を設定し、27人が90°以上を設定していた。同様に無回答を除いたこの回答状況についても2×2フィッシャーの直接確率検定(両側検定)で確認したが、有意差は見られなかった($p=0.1079>0.1$)。つまり、鈴木・稲田(2016)の結果と同様の傾向が確認できた。

以上のことから、独立変数の値の設定個数や規則性について違いがあったが、A中学校の生徒はおおむね鈴木・稲田(2016)が指摘した傾向を示した。すなわち多くの生徒は、独立変数について、個数設定根拠が不明確で0に設定した時の実験を考えていないが実現可能な形で設定していた。また、一部の生徒には実現性を考慮していない実態があることも同様であった。

(3) A中学校の生徒の実態の小括と実態把握に向けた残る課題

A中学校に2019年度に在籍していた生徒の実態の特徴として、仁藤・今村(2018)と同様に、疑問に思った時は仮説を立てようと意識している生徒は多いが、すぐには仮説を思いつけない生徒が多い。また、他者の仮説や考えを理解することの大切さを感じているものの、自分の立てた仮説に自信がない生徒が多く存在していた(表1)。だが、第1学年の生徒には「問題意識をもつ」ことを「得意」とする回答が多いが、学年が上がるにつれて苦手意識が高まる傾向が見られた(表3)。その要因として、学年進行に伴って学習内容が難しくなるにつれ、学習への興味・関心が薄れていくことや学習内容に関して疑問を見出せないでしまうことなどが推測できる。さらに、A中学校の生徒の多くは仮説を確かめるための実験方法を提案しているとは強く思っていない(表1)。検証計画の立案に関する調査問題Ⅰの結果からも、仮説の根拠、大まかな検証計画、検証した結果の予測を記述しようとする意識は低いことが確認できた(表7)。調査問題Ⅰの得点状況から第3学年の生徒には問題に正対した仮説を設定できる生徒が多い。しかし、高得点の生徒は第1学年に有意に多かった。そのため、学年が上がるほど検証計画を立案する力が身に付いているとは断言できな

い。検証計画の立案についても、仮説を検証するために必要な方法を記述するのではなく、実験器具を図や絵で表現する程度で、実験方法を順序立てて説明できていないものや、情報の羅列になっている回答が見られた。さらに、信頼できるデータを得るための工夫や結果のまとめ方、安全面に配慮した記述は見られたものの、実験の再現性や仮説の正当性を証明する記述は十分ではないという実態があった。だが、実際に授業を受け持ち、生徒を常日頃から見ている授業者ではない筆者らには、この結果から「実験はできる、頭では考えつくが上手に表現できない」のか「問題の意味が理解できていない」のかという判断はできない。そのため、生徒の苦手意識の対象やそれをもつ要因についてより明確に調査する必要がある。

同様に調査不十分な点として、今回の意識調査では「予想と仮説は違う」と思う生徒は多いが、その違いの理解度は確認していない。「違う」と認識している生徒が予想と仮説の違いをどのように説明するのかといった、意識と能力との間の差の有無の把握も不十分である。また、「伝える」ことについての得手・不得手の自己評価(表3)を問う質問の回答は、相対的に「得意」と回答(◎, ○)した人数(231人)と「苦手」と回答(△, ×)した人数(217人)との間には1×2正確二項検定(両側検定)の結果には有意差がなかった($p=0.5391>0.1$)。これについても探究の過程に基づく学習の有用性を問う際に「伝えること」と抽象的な形で質問し、「伝える」手段や場面など、「何」が「どう」苦手なのかまでは回答を求めていない。そのため、生徒がもつ苦手意識が具体的に何であるのかという詳細まで把握できていない。とりわけ実際に授業を受け持ち、生徒を常日頃から見ている授業者の立場であれば、科学的な探究の過程における生徒の傾向を把握した上で、さらに具体的に追及する必要がある。

調査問題Ⅱの結果(表8)から、A中学校の生徒はどの学年も独立変数の個数を3個以上にする生徒が多く、鈴木・稲田(2016)の結果と比べて4個以上とした生徒の割合が高い。3個もしくは2個だと関係性をグラフで示そうとした場合に直線近似となるが、4個以上の場合には直線近似すべきか否かを考える必要性が生じるため、関係性が鮮明化しやすくなる。もちろん独立変数の個数

をどれだけ増やそうとも「直線近似できる」と思い込んでグラフを作成することもあれば、反対に増やしたことで外れ値に惑わされることもある。独立変数の個数の設定理由については、鈴木・稲田(2016)の結果と同様に約半数の生徒は根拠不明確であった。その間隔に規則性があった回答はA中学校の生徒のほうが有意に多かったが、多くの生徒は経験から導かれる直感などをもとに独立変数の個数を決定したりするなど、個数について明確な根拠をもっていない実態が推察できるため、この背景についてさらに把握する必要がある。

探究の過程に基づく学習の有用性を問う調査の結果、第3学年には「考察する」ことを最も意識している生徒が多いが、同時に最も難しいと思っている生徒も多かった(表2)。それを裏付けるように生徒自身の得手・不得手の自己評価の結果(表3)でも第3学年の生徒の平均は2.5を下回っており、明確な学年差があるとはいえないが他学年に比べて苦手意識が強い傾向があった(表5)。第1学年では、最も意識している項目として回答した生徒が有意に少なかった(表2)。これは、全般的に考察を苦手とする生徒が多いが、学年が上がるにつれて、理科の授業において生徒が最も意識する探究の過程が変化していくことが考えられる。第3学年で考察することを最も難しいとする生徒が有意に多い要因として、学習内容の高度化が考えられる。学習内容が高度化、複雑化すると生徒の中で情報整理が追いつかず、学習の一連のつながりを簡単に見出せないことが考えられる。また、理科の授業を積み重ねていく中で、考察が重要だと感じているが、自分が導いた考察が意味をもつものなのかという点で考察の導き方への不安を感じている可能性もある。だがいずれも推測の域を出ない。

最後に、どの学年も「実験を行う」や「結果をまとめる」ことは比較的得意だが「考察する」と「伝える」ことが苦手という結果(表3、表5)について、考察の過程には、自分の考えたことを文章等で表現して相手に伝えるという表現や伝達をする場面を含んでいるため、「伝える」ことが苦手であることには「考察する」ことへの苦手意識が関係していると考えられる。

4. 授業準備に利用可能な「問い」が生まれる背景を構成する「経験」と「既習事項」の関係性を整理するワークシートの提案

沖縄県教育委員会(2019:3)は、「課題の設定」に着目した授業づくりに際し、生徒から「問い」を引き出すために教師の手立てを重要視している。だが、授業者が生徒に対して行う手立てについては、「授業構想の段階で子供たちから引き出したい『問い』を明確にし、その問いを生かすための教材研究や子供たちの思考を揺さぶる発問の吟味」を行うことが示されつつも、引き出したい「問い」を明確にするために必要な授業準備方法は具体的に示されていない。その背景には、簡単には一般化できない生徒の実態があり、手立てを具体的に示さないことへの意図には生徒の実態に合わない、誤った授業づくりへと導かないようにすることが考えられる。授業者の授業づくりのオリジナリティがなくなり、汎用性も身に付かず、結果として授業の質が上がらなくなることを懸念していることも考えられる。「問い」を生み出す授業を展開するためには、生徒の実態を把握できていることが必要不可欠であり、その実態に応じた手立てを授業者自身が考える必要がある。だが、複雑化、多様化、困難化している学校をとりまく課題を解決していくことが求められているがゆえに、教員が担うべき本来的な業務でありながらも「不確実性」が伴うために相手や環境に合わせる必要がある学習指導に専念できず、児童生徒と向き合う時間の確保も困難になり、業務内容の「無境界性」から「ブラック職種」の一つに教職が位置付けてしまった現実もある。そこで、生徒の苦手意識を軽減し、生徒自身が問いを見いだすための教師の手立てとして「問い」が生まれる背景を構成する「経験」と「既習事項」の関係性を図式化して簡単に整理することを狙ったワークシートを作成した(資料3)。これは多忙な合間を縫って授業準備をしたり、社会経験がまだ少なく教職経験の乏しい若手教員や教育実習生でも簡単に利用できたりすることを意識してできるだけ簡便に記入できるものとした。

「問い」が生まれる背景について整理するために必要な要素は大きく分けて三つあると考えてそれぞれに対応する記入欄を設定した。第一に、「生

徒から引き出したい問いが、生徒が解決を目指す疑問の答えと正対するものであること」（資料3左上にある単元名記入欄の下及び右上の記入欄）である。沖縄県教育委員会（2019:8）も「問い」が生まれる授業の基盤として「めあて」に正対した「まとめ」を実施することを重視している。「めあて」と「まとめ」が正対することで、児童生徒が学習の見通しをもって授業に臨むことにつながるとしている。これを踏まえて、生徒から引き出したい問いと解決を目指す問いの答えが正対していることを意識することで授業者自身が学習（授業展開）の見通しをもつことにもつながると考えた。第二に、「生徒の生活経験を整理すること」（資料3左下の記入欄）である。「経験」には、事象を実際に見ること、日常生活との関連を考えると、他教科での学びを関連付けることなどがある。一つの学習内容を生徒の様々な経験とつなげて多面的に見ることで、生徒への発問の工夫ができると考えた。最後は、「既習事項、学習のつながりを整理すること」（資料3右下の記入欄）であり、小学校の学習内容とのつながりや中学校の既習事項とのつながりを整理するためのものである。その際、学習指導要領の記述と照らし合わせながら、生徒がこれまで身に付けてきた力や今後育成を目指す力を把握することが重要であると考えた。

資料4は、第3学年の「化学変化とイオン」の単元のうち、「水溶液の電気伝導性」に関する2単位時間扱いの授業を想定して、実際に整理してみた例である。今回想定した授業では、生徒自身が解決を目指す問いの答えを「物質には、水溶液にした時電流が流れる物質（電解質）と流れない物質（非電解質）がある」に設定し、それに正対した問いを「どのような物質でも、水に溶かして水溶液になることで電流が流れるのだろうか」とした。その上で、問いが生まれる背景を「経験」と「既習事項」の2つに分けて整理した。

「経験」のうち、事象を実際に見る経験として、教科書に掲載されている教材実験を実際に経験することで生徒の中に気付きや疑問が生まれると考えた。日常生活との関連については、身の回りにある物質が溶けた液体を想起させることで、興味や関心をもつことにつながると考えた。他教科との関連については、水溶液に関係する直接的な関連ではなく、「電解質」と「非電解質」の言葉の

違いに触れるなど国語的な要素から授業を展開するなど、様々なアプローチの仕方でも問いにせまることができると思える。

「既習事項」は、学習指導要領の解説（文部科学省、2018b, 2018c）を参照して、小学校段階と中学校段階での既習事項を整理した。既習事項を整理することは、生徒が自身の学びを振り返り、新たな問いを見つけることにつながる。また、学びのつながりについて整理することは、授業者が生徒の実態を知る上でも重要であり、生徒の既習事項の定着度や何をどのようにつまづいているのかを確認するなど、学習内容の定着を図ることにつながる。さらに、今回学習する内容と学習指導要領との関連についても整理する作業を通して、授業者が両者の内容を深く把握し、生徒から見出したい問いの方向性と学習指導要領の内容とのずれを生じさせずに学習内容に焦点を当てることができると考えた。

このワークシートは試作の域を出ていない。想定した授業計画の実現可能性も確認しておらず、既習事項の定着度など生徒の実態も踏まえていない、書き方の例示でしかない。そのため、多忙な教育現場で実用性や、とりわけ若手教員や教育実習生の授業準備の一助になるかどうかという点での評価が必須である。

謝辞・附記

本研究を遂行するにあたり、琉球大学教育学部附属中学校教諭の額田侑実子様、坂口卓也様ならびに宮城将吾様（現 那覇市立寄宮中学校教諭）からご協力とご助言を賜りました。この場を借りて感謝申し上げます。

本研究は次の分担により行われた。研究の企画は吉田と前花が行った。前花が調査・分析し、自身の課題研究として整理したものに吉田が大幅に加除修正を施して本報とした。

引用文献

中央教育審議会（2016a）「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf

- (accessed 2020.4.21), 147-148.
- 中央教育審議会 (2016b) 「幼稚園, 小学校, 中学校, 高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申) 別添資料 (2/3)」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_3_2.pdf (accessed 2020.4.21), 33-37.
- 江崎士郎 (2017) 「資質・能力の育成に向けて学年ごとに重視する学習のプロセス」 山口晃弘・江崎士郎編著『新学習指導要領対応! 中学校「理科の見方・考え方」を働かせる授業』東洋館出版社, 13-18.
- 今村哲史・會田晃子・武田重泰 (2016) 「児童の探究能力の育成を目指した理科授業の実践 単元『ものの溶け方』を題材として」『日本科学教育学会研究会研究報告』第31巻, 第3号, 49-54.
- 岸田拓郎・小倉康 (2018) 「実験計画力を育成する『実験計画シート』の開発とその有効性の検討」『理科教育学研究』第59巻, 第1号, 39-48.
- 北林雅洋 (2020) 「『各教科等の見方・考え方』で危惧さえること」『理科教室』本の泉社第63巻, 第4号 (通巻784号), 94-95.
- 文部科学省 (2008) 『中学校学習指導要領』東山書房, 57.
- 文部科学省 (2018a) 『中学校学習指導要領 (平成29年告示)』東山書房, 78-98.
- 文部科学省 (2018b) 『小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』東洋館出版社, 78-80.
- 文部科学省 (2018c) 『中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』学校図書, 58-61.
- 仁藤和弘・今村哲史 (2018) 「中学校理科における科学的探究能力に関する課題 仮説設定を中心とした調査結果をもとに」『日本科学教育学会研究会研究報告』第33巻, 第1号, 109-114.
- 沖縄県教育委員会 (2019) 『平成31年度版「問い」が生まれる授業サポートガイド』 Retrieved from <https://www.pref.okinawa.jp/edu/gimu/gakuryoku/toisapo/toisapo.html> (accessed 2020.2.8; 上記URLは2020年4月5日に令和2年度版に更新済; ただし引用部分については掲載ページを含めて変更はないことを2020年4月21日の時点でPDF版で確認した)
- 鈴木禎弘・稲田結美 (2016) 「実験活動において独立変数の値を設定する能力の育成に関する研究 中学校2年『電圧と電流の関係を調べる』学習を事例として」『理科教育学研究』第56巻, 第4号, 447-458.

資料1 科学的な探究の過程に関する意識調査問題（左：表面；右：裏面）

このアンケートの回答状況は成績に関係しません。答えたくない質問は無回答でも構いません。

中学校 ()年

問1 次のことについて、あなたの考えに最も近いものを1つ選び、番号に○をつけてください。

思う	どちらかといえば思う	どちらかというと思わない	思わない
4	3	2	1

Q1. 「なぜそうなるのだろう」と疑問に思った時は仮説を立てる。 [4・3・2・1]

Q2. 仮説をすぐに思いっくほうだ。 [4・3・2・1]

Q3. 友達の話や考えを、理解することが大切だと思う。 [4・3・2・1]

Q4. 自分の仮説は他の人の仮説より優れている方だ。 [4・3・2・1]

Q5. 仮説を立てて、見直しをもって授業に取り組んでいる。 [4・3・2・1]

Q6. 仮説を確かめるための実験方法を提案している。 [4・3・2・1]

Q7. 自分がたてた仮説の見直しを確認しながら実験をしている。 [4・3・2・1]

Q8. 自分の仮説と結果が異なるとき、実験のやり方が間違っていたと思う。 [4・3・2・1]

Q9. 実験の仮説と結果が異なるとき、実験をした時の様子を振り返っている。 [4・3・2・1]

Q10. 自分の仮説と結果が異なるとき、他の仮説に置き換えている。 [4・3・2・1]

Q11. 仮説と結果が合っていれば、途中が間違っていたり気にしない。 [4・3・2・1]

Q12. 予想と仮説は違うと思う。 [4・3・2・1]

Q13. 理科以外の授業でも仮説を立てようとしている。 [4・3・2・1]

Q14. 「主体的に自然現象と関わる」⇒「問題意識をもつ」⇒「仮説を立てる」⇒「実験方法を考える」⇒「実験を行う」⇒「結果をまとめる」⇒「考察する」⇒「伝える」の順に考えながら学習することは理科を勉強するために必要な方法だと思う。 [4・3・2・1]

Q15. 「主体的に自然現象と関わる」⇒「問題意識をもつ」⇒「仮説を立てる」⇒「実験方法を考える」⇒「実験を行う」⇒「結果をまとめる」⇒「考察する」⇒「伝える」の順に考える理科の学習はその他の教科やこれからの生活に役立つと思う。 [4・3・2・1]

Q17. 理科の学習でも意識していることは次のうちどれですか。（当てはまる番号1つに○をつけてください）

① 主体的に自然現象と関わる ② 問題意識をもつ ③ 仮説を立てる

④ 実験方法を考える ⑤ 実験を行う ⑥ 結果をまとめる ⑦ 考察する

⑧ 自分の考えを伝える ⑨ 特に意識していない

問3 理科の学習について、自分の考えに当てはまる記号をそれぞれ()の中に書いてください。

得意	どちらかといえば得意	どちらかという苦手	苦手
◎	○	△	×

① 主体的に自然現象と関わる() ② 問題意識をもつ() ③ 仮説を立てる()

④ 実験方法を考える() ⑤ 実験を行う() ⑥ 結果をまとめる()

⑦ 考察する() ⑧ 自分の考えを伝える()

問2 次の各質問について、あなたの考えを答えてください。

Q16. 次のうち、理科の学習で難しいと思うものはどれですか。（当てはまる番号1つに○をつけてください）

① 主体的に自然現象と関わる ② 問題意識をもつ ③ 仮説を立てる

④ 実験方法を考える ⑤ 実験を行う ⑥ 結果をまとめる ⑦ 考察する

⑧ 自分の考えを伝える

～ 質問は以上です～

※アンケートは裏面に続きます

資料2 探究の過程のうち「検証計画の立案」に関する実態調査問題I

この調査問題はテストではありません。解答状況は成績に無関係です。わからない場合は、「わからない」と記入してください。

《調査問題I》

中学校 ()年()組()名前:

【1】 次の話は、太郎くんが「坂の角度とソリが進む関係」を調べるための実験方法を先生に相談している場面です。

太郎：坂の角度とソリが進む関係を調べようと思います。

先生：いいテーマママでですね。どのような関係があると考えているのですか？太郎くん

太郎：はい、次のような仮説を考えてください。

太郎くんの仮説

先生：それでは太郎くんの実験方法を教えてくれませんか。

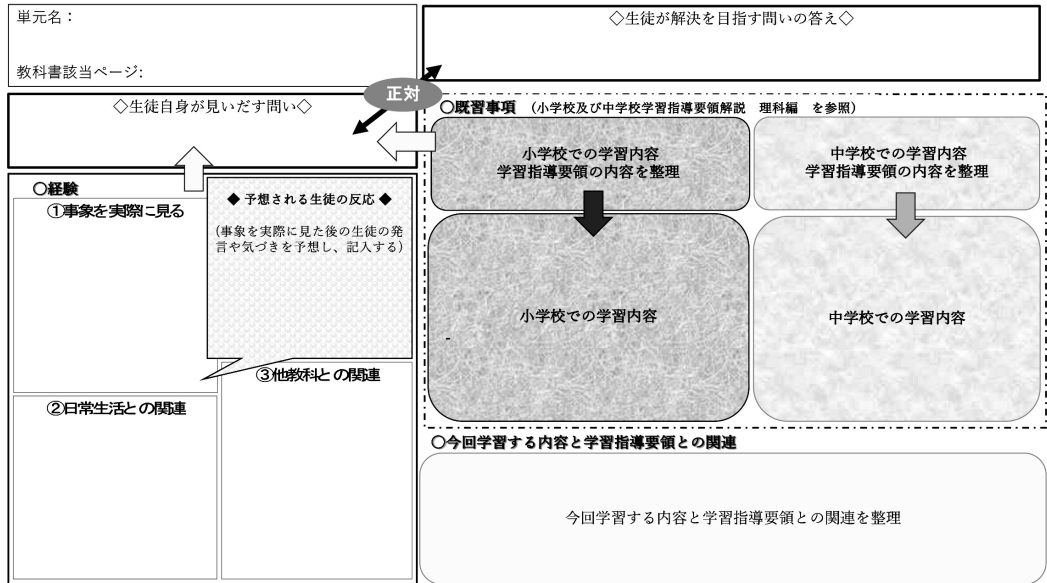
太郎：はい、次のようなものを考えています。

(問1)太郎くんはどのような仮説をたてたでしょうか。太郎くんの立場になって仮説を書いてください。

【仮説】

(問2)問1で書いた仮説をもとにどのような実験を行いますか。実験方法について説明してください。

資料3 「経験」と「既習事項」の関係性を図式化して簡単に整理することを狙ったワークシート



資料4 「水溶液の電気伝導性」の授業を想定したワークシートの記入例

