

理科学習における観察・実験結果の考察に関する研究

— 小学生・中学生・高校生の比較を通して —

木下博義・福本伊都子¹・白神聖也²

(2012年10月2日受理)

A Study on Observation and Consideration of Experimental Results in Science Learning
— Through a comparison of elementary, junior high and senior high school students —

Hiroyoshi Kinoshita, Itsuko Fukumoto and Masaya Shiraga

Abstract: The main purpose of this study was to clarify the learning situation of senior high school students with respect to the learning activities of observation and consideration of experimental results. In addition, the secondary purpose of this study was to clarify the structure of factors in the same educational setting that affect the learning of elementary, junior high and senior high school students from the perspective of a comparison between these students based on these results. A 13-item questionnaire was conducted on 380 high school students in order to achieve the purposes of this study. The results of this study clarified (1) the learning situation of senior high school students with respect to learning activities that derive consideration and (2) the structure of factors in the same educational setting that affect the learning of elementary, junior high and senior high school students. (1) Rather than describing their considerations after watching and listening to the summary of the teacher, students lead the consideration of the results and describe the conclusions they have reached themselves. (2) With respect to learning activities that derive consideration, hypothesis-setting activities strongly affect the learning of elementary students and reliance on the teacher strongly affects the learning of junior high and senior high school students.

Key words: Observation and Consideration of Experimental Results, Elementary School Students, Junior High School Students, Senior High School Students

キーワード：観察・実験結果の考察，小学生，中学生，高校生

1. 研究の背景

平成20年3月、翌21年3月にそれぞれ告示された小学校および中学校学習指導要領、高等学校学習指導要領では、平成20年1月の中央教育審議会答申による理科の改善の基本方針を踏まえ、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動の充実が強調されている。例え

ば、小学校の場合、観察・実験において結果を表やグラフに整理し、予想や仮説と関係づけながら考察すること、中学校の場合、小学校で身につけた力をさらに高め、観察・実験の結果を分析・解釈して考察することの重要性が示されている。また、高等学校の場合は、中学校での学習の成果を踏まえ、観察・実験や探究活動などにおいて、結果を分析し解釈して自らの考えを導き出すことの重要性が示されている（文部科学省、2008、2009）。

以上のことから、観察・実験の結果を考察する学習

¹ 広島県立広島観音高等学校

² 広島大学附属中・高等学校

活動を一層充実させ、その力を子どもに身につけさせるため、子どもの学習活動を調査・分析し、その上で実態に即した指導を行う必要があるといえる。

そこで、これまでに筆者らは、観察・実験の結果を考察する活動における小学生および中学生の学習実態に関して、質問紙を用いて調査している（以下、小学生調査、中学生調査とする）。その結果、小学生と中学生に共通して、(1) 児童・生徒が仮説を設定する活動に比べて、考察を導出する活動が十分に行われていないこと、(2) 児童・生徒自らが仮説を設定したり考察を導出したりする活動に比べて、教師がまとめた考察を見て自分の考察を記述する活動が多く行われていることが明らかになった。さらに、(3) 考察を導出する活動に対して、小学生の場合は仮説を設定する活動が強い影響を及ぼし、中学生の場合は教師へ依存する活動が強い影響を及ぼしていることも明らかになった（木下ら、2012(a)(b)）。

しかしながら、筆者らは高校生を対象とした同様の調査については行っていない。科学技術振興機構理科教育支援センターおよび国立教育政策研究所教育課程研究センターは、平成20年度に小学校理科教育実態調査、中学校理科教師実態調査、高等学校理科教員実態調査をそれぞれ実施し、小学校、中学校、高等学校を通じた傾向として、(a) 子どもに自分の考えを発表する機会を与えている教師の割合は、小学校よりも中学校、中学校よりも高等学校で低くなること、(b) 実験したことからどんな結論が得られるかをよく考えさせている教師の割合は、小学校と中学校では同程度であるが、高等学校ではより低くなることなどを明らかにしている。

このことから、小学校、中学校、高等学校では、授業の形態に違いが見られるようである。その場合、観察・実験の結果を考察する活動における学習実態やそれに影響を及ぼす要因構造は、小学生、中学生、高校生で異なることが推測される。したがって、上述した小学生調査および中学生調査の結果を踏まえ、高校生についても、観察・実験の結果を考察する活動における学習実態やそれに影響を及ぼす要因構造を明らかにする必要があると考える。また、小学校で身につけた力を中学校、高等学校においてさらに高めていくためには、三者を比較の視点から分析・考察し、今後の指導へ向けて方向性を示すことが急務であると考えられる。

2. 研究の目的

前項で述べた背景より、本研究では、観察・実験の結果を考察する活動における高校生の学習実態を明ら

かにすることを第一の目的とした。さらに、その結果を踏まえ、同場面における小学生、中学生、高校生の学習に影響を及ぼす要因構造について、三者の比較の視点から明らかにすることを第二の目的とした。なお、本研究では、角屋（2010）や森本（2010）の考えを参考に、「仮説と観察・実験の結果を照らし合わせ、両者の一致・不一致という視点で結果を解釈すること」を「観察・実験の結果の考察」と捉えることにした。

3. 研究の方法

これまでに筆者らは、観察・実験の結果を考察する活動における小学生および中学生の学習実態を把握するため、公立小学校5、6年生200名、公立中学校1～3年生1325名を対象に調査を行っている。

本研究では、この小学生調査および中学生調査で用いた質問紙を高校生に適用させるため、文章表現の一部に修正を加えた。そして、高校生380名を対象に調査を行った。その詳細を以下に示す。

3.1 質問紙の作成

質問項目は、小学生調査および中学生調査で用いたものと同様の手順で作成した。具体的には、以下のようにして作成した。

まず、観察・実験の結果を考察する際、どのように思考して考察を導いたり記述したりしているかなどに関する質問項目を作成した。次に、考察を行うには、仮説と観察・実験の結果を照らし合わせる必要があるため、同様の手順で仮説に関する質問項目を作成した。続いて、小椋（2007）やBaron（2008）の考えを参考に、仮説と観察・実験結果の照合を円滑に行うために必要な結果の予想に関する質問項目を作成した。さらに、教師主導で仮説の設定や考察の導出が行われる場合も見られるという平賀（2004）や小林（2010）の指摘を踏まえ、仮説を立てたり考察を導いたりする活動の教師への依存に関する質問項目を作成した。そして最後に、これら13項目を学習の展開に沿って配列した。作成した質問項目を表1に示す。

このようにして作成した質問項目に対して、「このアンケートは、あなたが理科の授業で観察・実験をするときに、考えたり行ったりしていることについての質問です。成績とは一切関係ありませんので、ありのままの気持ちで回答してください」という教示のもと、「1. 当てはまらない」「2. あまり当てはまらない」「3. どちらでもない」「4. 少し当てはまる」「5. 当てはまる」の5件法で回答を求め、選択肢に付した数字をそのまま得点として用いることにした。なお、この質問紙の

表1 作成した質問項目

質問項目	
Q1	自分で仮説を立てている。
Q2	仮説を立てる時は、以前勉強したことをもとにしている。
Q3	仮説を立てる時は、その理由まで考えている。
Q4	仮説を立てた理由を観察・実験プリント（またはノート）に書いている。
Q5	先生から観察・実験の方法を聞いている。
Q6	観察・実験の結果を予想してから、観察・実験を始めている。
Q7	観察・実験プリント（またはノート）に考察を書く時は、仮説（予想）と観察・実験の結果を比べて書いている。
Q8	観察・実験プリント（またはノート）に考察を書く時は、先生のまとめを聞いて書いている。
Q9	観察・実験プリント（またはノート）に考察を書く時は、黒板に先生が書いたまとめを見て書いている。
Q10	観察・実験プリント（またはノート）に考察を書く時は、観察・実験の課題（目的）を振り返っている。
Q11	観察・実験プリント（またはノート）に考察を書く時は、立てた仮説（予想）を振り返っている。
Q12	考察について、グループで話し合っている。
Q13	考察について、クラス全体で話し合っている。

作成に当たっては、小学校教師8名、中学校理科担当教師5名、高等学校理科担当教師4名で、観察・実験の結果の考察に関して高校生の思考や行動を捉えることができるか否かという観点から、各項目の内容や文章表現の妥当性について検討した。

3.2 調査時期および対象

2010年10月に、協力が得られた広島県の公立高等学校および国立大学附属高等学校で調査を実施した。なお、調査対象は、高等学校2、3年生380名であった（第2学年258名、第3学年122名）。

3.3 分析の視点

本研究では、小学生調査および中学生調査で用いた質問紙の文章表現を一部修正し、高校生用質問紙として調査に用いた。このため、高校生用質問紙についても質問項目の妥当性と信頼性の確認が必要であると考へ、その検討を行った。そして、各項目への回答とともに、観察・実験の結果を考察する場面における高校生の学習実態を分析するとともに、小学生、中学生のそれとの比較・検討を行った。さらに、小学生、中学生、高校生が考察を行う活動に影響を及ぼす要因構造を比較・検討するため、構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling; SEM) を用いて3母集団の同時分析を行った。なお、小学生および中学生の分析には、これまでに実施したそれぞれの調査で得た回答を用いた。

4. 結果と考察

4.1 質問項目の妥当性と信頼性の検討

まず、本調査で得られた回答を集計し、作成した質問項目の妥当性を検討することにした。各項目の平均値および標準偏差を表2に示す。

妥当性の検討においては、小学生調査および中学生調査で得たものと同一の因子を抽出できると想定し、確認的因子分析を行った。その結果、「仮説の設定」「考察の導出」「教師への依存」という3つの因子からなるモデルに対して、 $GFI=.950$ 、 $AGFI=.924$ 、 $RMSEA=.065$ という値が得られた。 $RMSEA$ が慣習的基準の.05より大きな値を示しているものの受容の目

表2 各項目の平均値および標準偏差

項目	平均値	標準偏差
Q1	2.54	1.29
Q2	3.28	1.33
Q3	2.73	1.31
Q4	2.65	1.44
Q5	2.75	1.22
Q6	4.61	.87
Q7	3.53	1.28
Q8	2.81	1.41
Q9	2.38	1.32
Q10	3.06	1.30
Q11	3.46	1.29
Q12	3.48	1.34
Q13	2.93	1.22

表3 因子と項目間の標準化係数

因子	項目	標準化係数
仮説の設定	Q 1	.56
	Q 2	.67
	Q 3	.78
	Q 4	.52
	Q 6	.28
	Q 7	.44
考察の導出	Q10	.74
	Q11	.28
	Q12	.22
	Q13	.72
	Q 5	.47
教師への依存	Q 8	.80
	Q 9	.36

表4 信頼性分析の結果

因子	Cronbach α
仮説の設定	.76
考察の導出	.81
教師への依存	.78

安とされる .08よりも小さな値を示していることから、想定したモデルと標本データが適合していると判断した。このモデルにおける各因子と項目間の標準化係数を表3に示す。

以上のことから、作成した質問項目の妥当性が得られたと考え、次に質問項目の信頼性を検討するため、各因子の信頼性係数 (Cronbach α) を算出した。その結果を表4に示す。

表4に示した信頼性分析の結果から、 $.76 \leq \alpha \leq .81$ であり、各因子の内部一貫性が保障されたと考えた。

これまで示してきたことから、作成した質問項目は妥当性と信頼性があると判断した。

4.2 考察場面における高校生の学習実態

これまでの小学生調査および中学生調査より、両者に共通して、(1) 児童・生徒が仮説を設定する活動に比べて、考察を導出する活動が十分に行われていないこと、(2) 児童・生徒自らが仮説を設定したり考察を導出したりする活動に比べて、教師がまとめた考察を見て自分の考察を記述する活動が多く行われていることなどが明らかになっている。しかし、小学校、中学校、高等学校では、観察・実験を行う際の授業形態に違いが見られることから、考察場面における三者の学習実態も異なることが推測される。

そこで、小学生、中学生と同様に、得られた回答をもとにし、観察・実験場面における高校生の学習実態を分析することにした。

具体的には、まず、得られた3つの因子それぞれについて、因子を構成する項目に対する各生徒の回答の平均値を算出し、これを各因子の得点とした。次に、算出した各因子の得点の平均値に有意な差があるか否かを検討するため、1要因の分散分析を行った。各因子の得点の平均値および標準偏差を表5に、分散分析の結果を表6に示す。

表6に示した分散分析の結果から、各因子の得点の平均値に有意な主効果が見られた ($F(2,758) = 109.42, p < .05$)。そこで、どの平均値間に有意な差があるのかを明らかにするため、Bonferroniの方法を用いて多重比較を行った。その結果を表7に示す。

表7に示した多重比較の結果から、「仮説の設定」と「考察の導出」の間に有意な差は見られなかった。一方、「教師への依存」は、「仮説の設定」「考察の導出」よりも有意に低かった。これは、生徒が観察・実験した結果を考察する際、教師のまとめを見たり聞いたりして自分の考察を記述するのではなく、生徒自身が考察を導き、それを記述していることを示している。したがって、観察・実験場面における高校生の学習実態

表5 各因子の得点の平均値および標準偏差

n=380		
因子	平均値	標準偏差
仮説の設定	3.17	.80
考察の導出	3.19	.82
教師への依存	2.64	.99

表6 分散分析の結果

変動因	平方和	自由度	平均平方	F 値
因子	72.13	2	36.07	109.42*
誤差	249.84	758	.33	
全体	321.97	760		

* $p < .05$

表7 多重比較の結果

	平均値の差		
	仮説の設定	考察の導出	教師への依存
仮説の設定	—	.02	.53*
考察の導出		—	.55*
教師への依存			—

* $p < .05$

は、教師がまとめた考察を見て自分の考察を記述する活動が多く行われているという小学生や中学生の実態とは異なる傾向にあるといえる。この結果について、高校生の場合は課題研究などの活動を通して、主体的に課題を設定し、観察・実験を行い、その成果をまとめ報告するといった一連の研究の過程を経験していることによるのではないかと考えられる。

4.3 考察活動に影響を及ぼす要因構造

小学生調査および中学生調査より、考察を導出する活動に対して、小学生の場合は仮説を設定する活動が強い影響を及ぼし、中学生の場合は教師へ依存する活動が強い影響を及ぼしていることが明らかになっている。

また、前項で示したように、小学生、中学生と高校生では学習実態に違いが見られた。このことから、考察を行う活動に影響を及ぼす要因も、小学生、中学生と高校生では異なるのではないかと考えられる。そこで、これまでの調査で対象とした小学生および中学生と本研究で対象としている高校生の3つの母集団について、SEMを用いてそれぞれ因果モデルを作成し、3母集団の同時分析を行うことにした。

具体的には、まず「考察の導出」に対して、「仮説の設定」「教師への依存」の2つの要因で説明する因果モデルを作成した。次に、モデルの適合度指標(GFI, AGFI, RMSEA)をもとに、作成した因果モデルから、「考察の導出」に影響を及ぼす要因構造を検討した。

作成した因果モデルを図1(小学生)、図2(中学生)、図3(高校生)に示す。各適合度指標の値が、GFI=.931, AGFI=.915, RMSEA=.049であったことから、作成した因果モデルと標本データは適合していると判断した。

このため、図1, 2, 3に示した因果モデルから、小学生、中学生、高校生が考察を行う活動に影響を及ぼす要因構造を検討した。このとき、要因構造を詳細に検討するため、「考察の導出」に影響を及ぼす要因の直接効果、間接効果および総合効果をまとめた。その結果を表8に示す。

図1, 2, 3および表8に示した各効果の値から、以下のことがいえる。まず、「考察の導出」に対する「仮説の設定」の直接効果および総合効果は、小学生、中学生、高校生の順で大きな値を示しており、とりわけ高校生については有意な影響力ではない。一方、「考察の導出」に対する「教師への依存」の直接効果および総合効果は、高校生、中学生、小学生の順で大きな値を示している。つまり、観察・実験の結果を考察する活動に影響を及ぼす要因構造は、小学生、中学生、

高校生で違いがないが、要因に及ぼす影響力には違いがあるといえる。具体的には、「考察の導出」に対して、小学生の場合は「仮説の設定」が、中学生の場合は「仮説の設定」を介した「教師への依存」が、高校生の場合は「教師への依存」が強い影響を及ぼしていることが明らかになった。

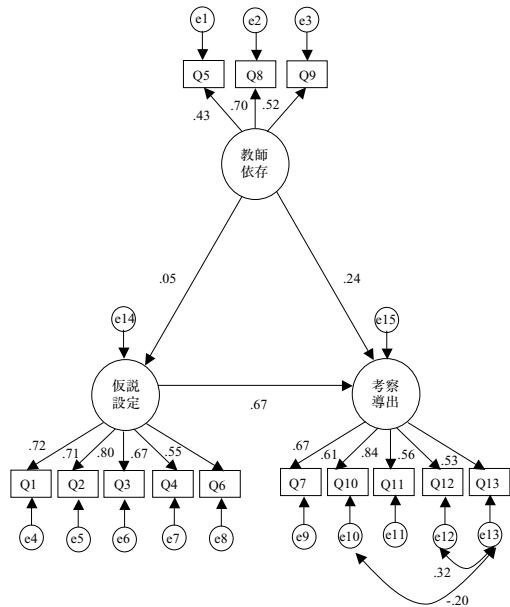


図1 考察の導出に対する因果モデル (小学生)

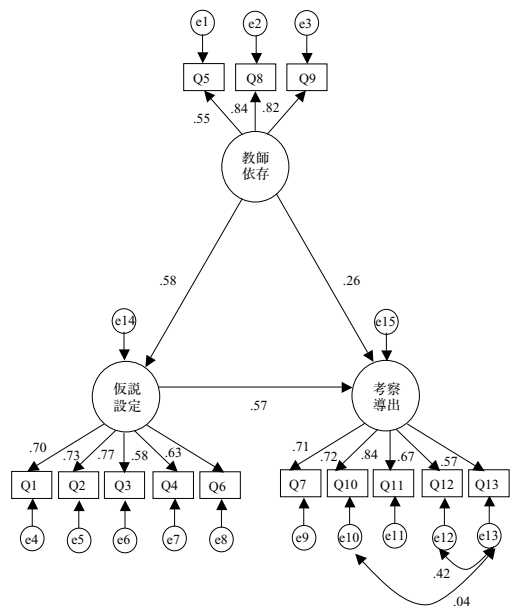


図2 考察の導出に対する因果モデル (中学生)

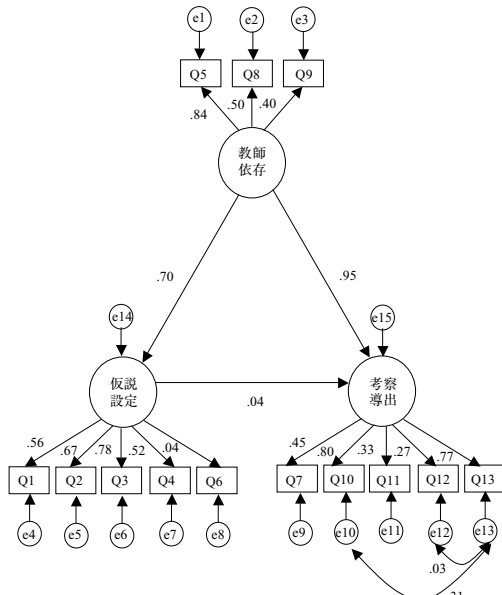


図3 考察の導出に対する因果モデル（高校生）

表8 「考察の導出」に影響を及ぼす要因の効果

要因	学習者	直接効果	間接効果	総合効果
仮説の設定	小学生	.67	—	.67
	中学生	.57	—	.57
	高校生	.04	—	.04
教師への依存	小学生	.24	.03	.27
	中学生	.26	.33	.59
	高校生	.95	.03	.98

これらの結果より、小学生は既習事項を用いて自分で仮説を立てたり、それをノートに記述したりする活動を行うことによって、考察の場面で仮説に照らして結果を解釈することができるようになると考えられる。これに対して中学生は、初めは教師のまとめを参考にしながら仮説を立てる活動を行うことを通して、次第に仮説を立てることができるようになり、それに伴って考察を導くことができるようになると考えられる。そして、高校生は、考察を導出するための定型文を用いた論述指導などを行うことによって、自ら考察を導出できるようになると考えられる。なお、高校生については、前項で示したように、仮説を設定したり考察を導いたりする活動よりも、教師へ依存する活動が少なかったにも関わらず、考察を導く活動には教師へ依存する活動が強い影響を及ぼしていた。また、仮説を設定する活動から考察を導く活動への影響力がないことから、仮説の立て方や仮説と考察の対応関係に

関しても丁寧に指導する必要があると考える。

5. まとめ

本研究では、観察・実験の結果を考察する活動における高校生の学習実態を調査するとともに、同場面における小学生、中学生、高校生の学習に影響を及ぼす要因構造を三者の比較の視点から明らかにすることを目的とした。

これらの目的を達成するため、これまでに小学生調査および中学生調査で用いた質問紙の文章表現を一部修正し、高校生用質問紙を作成して調査を行った。得られた回答をもとに分析を行ったところ、一つ目の目的に対して、高校生は自ら仮説を立てたり考察を導いたりする活動に比べて、教師がまとめた考察をそのまま自分の考察として記述するような活動をあまり行っていないことが明らかになった。このような高校生の学習実態は、小学生や中学生のそれとは異なる傾向であった。

以上の結果を踏まえ、小学生、中学生、高校生が考察を行う活動に影響を及ぼす要因構造を分析したところ、二つ目の目的に対して、三者の要因構造に違いはないが、要因に及ぼす影響力には違いがあることが明らかになった。総合的な影響力としては、考察を導出する活動に対して、小学生の場合は仮説を設定する活動が強い影響を及ぼし、中学生および高校生の場合は教師へ依存する活動が強い影響を及ぼしていた。

これまで述べてきたことから、今後、観察・実験の結果を考察する学習活動を一層充実させ、その力を子どもに身につけさせるためには、小学生の場合は既習事項を用いて自分で仮説を立て、それをノートに記述する活動を丁寧に指導すること、中学生の場合は、初めは教師がモデルを示すなどして仮説や考察の考え方・まとめ方を段階的に指導すること、高校生の場合は、定型文を用いて考察の導き方を示したり、仮説と考察の対応関係も含めた論述指導をしたりすることが重要であると考えられる。

【参考文献】

- Baron, J. (2008). *Thinking and Deciding*. Cambridge University Press.
- 平賀伸夫 (2004) 「科学的表現力の育成をねらいとした実験レポート作成に関する指導」『愛知教育大学研究報告 53 教育学科編』 pp.115-122.
- 角屋重樹 (2010) 「理科における「活用」」『現代理科教育改革の特色とその具現化』 pp.90-97, 東洋館出

版社.

木下博義・松浦拓也・清水欽也・寺本貴啓・角屋重樹 (2012a) 「理科学習における観察・実験結果の考察に関する調査研究—中学生を対象とした質問紙調査をもとに—」『日本教科教育学会誌』Vol.35, No.1, pp.1-9.

木下博義・松浦拓也・清水欽也・寺本貴啓・角屋重樹 (2012b) 「理科における観察・実験結果の考察に関する子どもの学習実態と要因構造の分析—小学生と中学生との比較の視点から—」『理科教育学研究』Vol.53, No.1, pp.29-38.

小林辰至 (2010) 「思考力・判断力・表現力等をはぐくむ理科の学習指導」『中等教育資料』 pp.10-15,

2010, ぎょうせい.

文部科学省 (2008) 『小学校学習指導要領解説理科編』大日本図書.

文部科学省 (2008) 『中学校学習指導要領解説理科編』大日本図書.

文部科学省 (2009) 『高等学校学習指導要領解説理科編理数編』実教出版.

森本信也 (2010) 「「考える」ことを大切に理科授業と学習活動」『理科の教育』Vol.59, No.693, pp.5-8.

小椋郁夫 (2007) 「生徒が「考察」できない原因と「考察」する力を育てるための指導のポイント」『理科の教育』Vol.56, No.11, pp.19-21.