

# 観察・実験の結果を科学的に考察する力を育成する理科学習指導法の研究

- 目的意識を持たせ考察活動へつなぐ、ワークシートの開発・活用を通して -

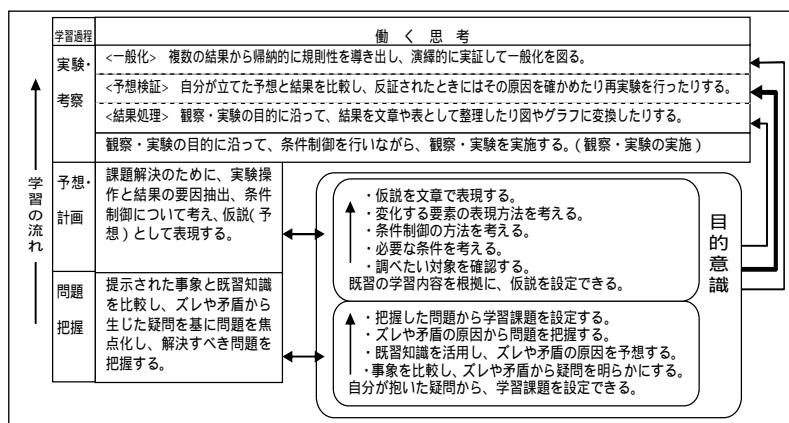
教育指導部教科教育班 長期派遣研修員 山本 治徳

## 1 研究主題についての説明

### (1) 主題の意味

#### ア 観察・実験の結果を科学的に考察する力とは

観察・実験の結果を科学的に考察する力とは、実験・考察段階における結果処理の思考、予想検証の思考、一般化の思考をする力である。考察段階における思考は、図1のように学習過程の問題把握及び予想・計画の段階で明確化された目的意識によって促されていく。その中でも、予想検証の思考は観察・実験の目的の根幹であることから、予想検証の思考に基づ



いて、結果処理及び一般化の思考が促されると考えた。本研究においては、この結果処理及び一般化の思考に着眼し、目指す生徒像を表1のように設定した。

表1 目指す生徒像

目指す生徒像	具体的な姿
・結果を適切に処理できる生徒	観察・実験により得られた事実を結果としてとらえ、結果を、観察・実験の目的や既習の知識を基準として分類したり、グラフ化したりできる。
・結果から結論を表現できる生徒	観察・実験を実施して得られた結果の順序、相互、因果などの関係を把握し、結果から言えることを結論として表現することができる。

#### イ 目的意識を持たせ考察活動へつなぐ、ワークシートの開発・活用とは

目的意識とは「把握した問題を解決するための予想を、観察・実験によって確かめる。」という学習の動機を自ら把握している心的状態である。考察活動へつなぐとは、学習過程の問題把握、予想・計画段階の思考を促して目的意識を明確にさせることで、実験・考察段階での思考の筋道を立てさせていくことである。

ワークシートの開発とは、問題把握、予想・計画、実験・考察のそれぞれの段階に対応させたワークシートのねらい及び形式を明らかにすることである。本研究では小林の開発したワークシート<sup>1)</sup>を基にした予想・計画段階のワークシートを中心に、複数のシートを構造化したワークシートを開発した。ワークシートの活用とは、シートの記述を基に班・学級の考えを設定していくこと及び前時のワークシートの記述を振り返ることで、生徒の思考を促していくことである。

### (2) 主題設定の理由

平成10年の学習指導要領の改訂で、目的意識を持って観察・実験を行うことがそれまで以上に重視されるようになった。しかし国立教育政策研究所は平成18年に実施した「特定の課題に関する調査」のまとめで、見通しを持って観察・実験の方法を考案すること、結果を基に考察し結論を導き出すことに課題があると報告している。さらに平成18年度に報告された4県統一学力テストの結果からは、科学的に解釈し表現する活動が十分でないという、福岡県における理科教育の課題が明らかにされている。これらの実態から、観察・実験の結果を科学的に考察するための指導法の工夫改善が必要であると考え、本主題を設定した。

## 2 研究の目標

生徒の科学的に考察する力を育成するために、問題把握及び予想・計画段階の思考と実験・考察段階の思考をつなぐワークシートを開発し、その活用の在り方を究明する。

## 3 研究の仮説

理科の単元において「問題把握」「予想・計画」「実験・考察」の3つの段階を仕組む。そして表2に示すねらいで開発したワークシートを各段階で活用して目的意識を明確にさせれば、観察・実験の結果を科学的に考察する力を育成することができるであろう(図2)。

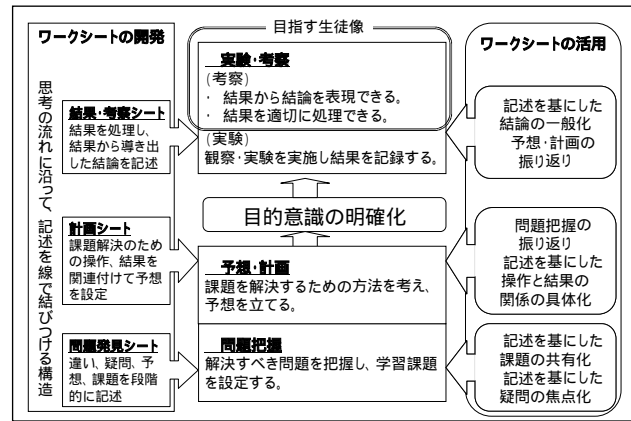


図2 研究構想図

## 4 研究の内容

### (1) 研究の構想

目的意識を明確にするためには、

問題発見シート	複数の事象の違いから疑問を生み出し、予想や学習課題を設定できる。
計画シート	実験操作と結果の関係を書き出すことによって明確にし、自分の記述を基に実験に対する予想を設定できる。
結果・考察シート	予想・計画段階の思考を振り返りながら結果を処理し、結果から導き出した結論を表現できる。

表2 ワークシート開発のねらい

どんな実験操作でどんな結果が得られるのか、という操作と結果の関係を十分に把握することが必要である。このことについて小林は、科学的な探究を可能にするために「.....変化させる変数(独立変数)とその影響を受けるもう一つの変数(従属変数)との関係を仮説(予想)として表現しなければならない.....」<sup>1)</sup>と述べている。本研究では、独立変数を実験操作、従属変数を操作で得られる結果とし、その2つの要素を把握させるために必要なワークシートの形式及び活用の在り方について研究を進めた。

### ア ワークシートの開発

図3は開発したワークシートの形式であり、各段階での思考を促すために必要となる学習者のとらえた事実や考えを示している。本研究では、小林が開発した「The four question strategyを構造化したワークシート」<sup>2)</sup>を基にして作成した計画シートをさらに効果的に活用するために、複数のシートをつないだワークシートを開発した。問題発見シートのね

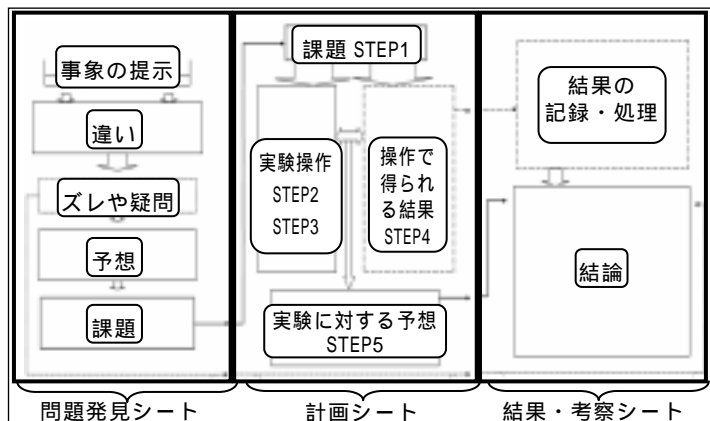


図3 3つのワークシートの形式

らいは、計画シートのSTEP1につなぐ学習課題を設定することにある。そのため、問題把握の段階における、提示された複数の事象の違い、違いから生じるズレや疑問、疑問に対する予想、予想を確かめるための学習課題という、事実や考えを意識化して目的意識を持たせることができるよう、段階的に記述できる形式とした。さらに、自分の思考の流れを意識しながら目的意識を予想・計画段階につなぐために、問題発見シートの課題と計画シートのSTEP1をつなぐ構造とした。結果・考察シートのねらいは、計画シートでの自分の考えを振り返りながら結果と結論を整理させることにある。予想設定時にSTEP1～STEP5の考えを意識化することで高められた目的意識を考察段階につなぐためにSTEP4と結果の記録・処理並びにSTEP5と結論をつなぐ構造とした。具体的には、計画段階でのSTEP4と観察・実験の結果を照らし合わせることで事実のみに着目して結果を記述でき、STEP5を振り返りながら考察することで実験操作と操作で得られる結果の関係に着目して、結果から考えられることを結論として表現できると考えた。このように複数のシートをつなぎ、思考の過程における一つ一つの考えを構造化して開発したことにより、前の学習内容や思考の過程を視覚的にとらえやすくなり、目的意識が考察活動につながっていくと考える。

### イ ワークシートの活用

図4は、学習過程の各段階の思考を促すためのワークシートの活用を示している。

問題把握の段階では、まず事象提示後に、問題発見シートの違いと疑問について記述させる。次に、記述を基にして班・学級での意見交流を行うことにより、個人の疑問を学級の疑問として焦点化する。そして予想と課題について記述させた後、同様に意見交流を行うことで、学級の課題を共有化する。予想・計画の段階では、まず問題発見シートの記述を振り返らせながらSTEP4まで記述させる。次に、記述を基にして班・学級での意見交流を行うことにより、予想・計画段階の考えを具体化する。そして一つ一つの考えを振り返らせながら実験に対する予想を文章化しSTEP5に記述させる。実験・考察の段階では、まずSTEP4とSTEP5の記述を振り返らせながら結果と結論を記述させる。次に、記述を基にして班・学級での意見交流を行うことで、結論の一般化を図る。

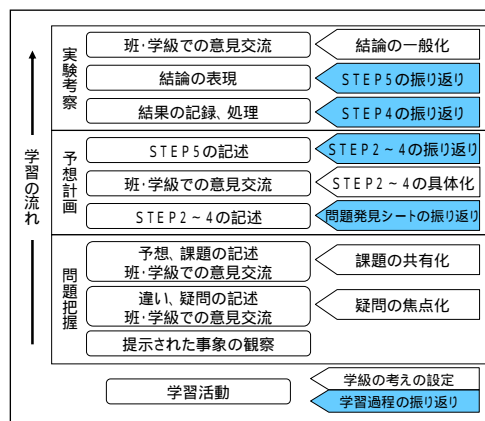


図4 ワークシートの活用

このように、本研究で開発したワークシートを活用することで、自ら設定した課題を解決するための一つ一つの考えが意識化され、実験に対して抱いていた目的意識が次第に明確になると考える。

### (2) 実態調査

調査期日 平成19年6月8日 調査対象 A町立B中学校第2学年C組

観察・実験の予想・計画段階の思考力と実験・考察段階の思考力を表3のような基準で数値化し、グラフで表したものが図5及び図6である。図5からは、予想・計画段階で、操作と結果を関係付けたり、予想を立てたりする思考力が、図6からは、結果から結論を表現したり結果を処理したりする思考力が十分でない生徒が50%以上いることが分かる。

表3 予想・計画段階及び考察段階での思考力の数値化基準

数値基準	4	3	2	1
操作と結果を関係付ける力	正しい科学概念に基づいた論理的な文章構成がされている。	誤概念が含まれているものの、筋道のたった文章構成がされている。	文章は書いているが、筋道のたった構成になっていない。	分からない、無回答。
問題解決の予想をする力	結果の相互関係を意識して表やグラフにできる。	正しい基準での分類やグラフ化ができる。	分類の基準やグラフのプロットが曖昧である。	書けない、無回答。
結論を表現する力				
結果を処理する力				

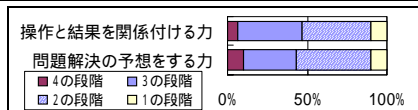


図5 予想・計画段階の思考力

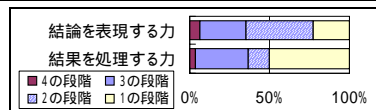


図6 考察段階の思考力

### (3) 実証授業の実際と考察

#### ア 単元指導計画

#### (ア) 実証授業の学年及び単元

中学校第2学年 単元名「物質が何からできているかを調べよう」

#### (イ) 単元指導計画

単元指導計画を表4に示す。ワークシートの活用については学級の考えの設定を、は学習過程の振り返りを表す。単元を四次で構成し、各次において表4に示したワークシートの活用を行う。

表4 単元指導計画

	学習活動	ワークシートの活用
一次	炭酸アンモニウムを加熱することで、どんな物質が発生するか予想し、それを確かめる方法を計画する。 炭酸アンモニウムの熱分解を実施し、二酸化炭素・水・アンモニアが発生することを見いだす。	問題発見シートの記述を基に、班・学級で意見交流を行い、学級全体の疑問を焦点化し、課題を共有化する。 疑問と課題の記述を振り返らせながらSTEP2～STEP4を記述させる。 計画シートの記述を基に、班・学級で意見交流を行い、考えを具体化する。 計画シートに記述した考えを振り返らせながら予想を文章化しSTEP5を記述させる。 STEP4とSTEP5を振り返らせながら結果の記録・処理と結論を記述させる。 結果・考察シートの記述を基に班・学級で意見交流を行い、結論の一般化を図る。
二次	炭酸水素ナトリウムを加熱することで、どんな物質が発生するか予想し、それを確かめる方法を計画する。 炭酸水素ナトリウムの熱分解を行い、二酸化炭素・水・炭酸ナトリウムが発生することを見いだす、物質が複数の物質に分解されることに気づく。	
三次	水に電圧をかけたときの変化を予想し、それを確かめる方法を計画する。 水の電気分解を行い、水が水素と酸素に分解されることを見いだす。	
四次	塩化銅水溶液に電圧をかけたときの変化を予想し、それを確かめる方法を計画する。 塩化銅水溶液の電気分解を行い、塩素と銅に分解されることを見いだす。	

イ 実証授業の実際と考察（第二次）

(ア) 問題把握の段階

ここでは、炭酸水素ナトリウムという身近な物質を使うときと使わないときの科学的な変化の違いに気づかせ、炭酸水素ナトリウムの性質について調べるとい学習課題を設定させることをねらいとした。まず、問題把握のために、小麦粉のみの生地と炭酸水素ナトリウムを加えた生地を加熱したときの変化の違いに着目させた。次に、問題発見シートを活用し、違い、疑問、予想、課題について、個人の考えを段階的に記述させた。そして、個人の記述を基に班・学級での意見交流を行い、疑問の焦点化及び課題の共有化を行った。

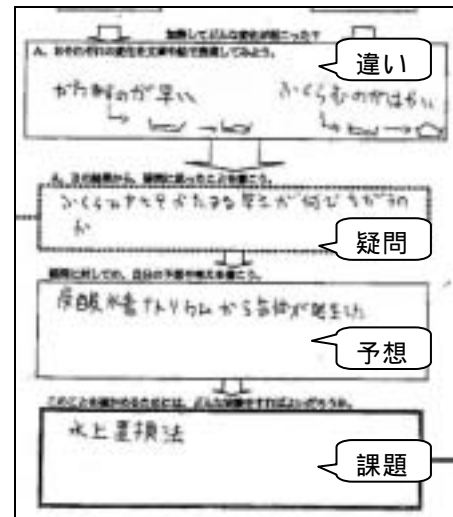
生徒A（学力中位層）は2つの事象を比較することで、膨らみ方や炭酸水素ナトリウムの有無に着目し、資料1のように、炭酸水素ナトリウムから気体が発生したのではないかと予想を記述することができた。学級全体の生徒の記述状況を、4段階の基準で評価した結果を図7に示す。3の段階以上の生徒に着目すると、約80%の生徒が2つの事象の違いをとらえ、約90%の生徒が違いから疑問を生み出すことができた。また、その違いに炭酸水素ナトリウムが影響しているのではないかと考えた生徒は約80%であり、学習課題の設定についても約90%の生徒が炭酸水素ナトリウムを加熱することを記述できた。

これらのことから、問題発見シートを活用して生徒の思考を段階的に記述させ、疑問の焦点化及び課題の共有化を行うことは、学習課題を設定する上でおおむね有効であったと考える。

(イ) 予想・計画の段階

ここでは問題把握の段階で設定した課題を解決するために、炭酸水素ナトリウムを加熱して発生する物質を調べること及びその調べ方について、具体的な予想や計画を立てさせることにより実験に対する目的意識を明確にすることをねらいとした。まず、課題設定時における自分の思考の流れを意識しながら目的意識を予想・計画段階につなぐために、設定した課題、課題解決のための実験操作について確認し STEP 1 ~ STEP 3 を記述させた。次に、操作で得られる結果とそれを確かめる方法について STEP 4 に個人で考えを記述させた。そして、個人の記述を基に班・学級での意見交流を行い、予想される変化及び確かめる方法を具体化していった。最後に STEP 2 ~ STEP 4 を振り返らせながら文章化した予想を、STEP 5 に記述させた後に班の予想を掲示した。

生徒Aは課題設定時に気体の発生までは予想できたが、その確かめ方として水上置換法という曖昧な記述をしていた。計画シートを活用して班・学級での意見交流を進めると、資料2のように二酸化炭素の発生と石灰水による確認について記述し、問題解決の方法が具体化されていった。また意見交流の結果を黒板に掲示すると二酸化炭素が発生するのではないかと記述が全ての班にみられた。これは、第一次の学習内容である炭酸アンモニウムを加熱し二酸化炭素が発生した事実を想起できた生徒の考えが、意見交流の中心となったからであると考えられる。資料3は、STEP 2 ~ STEP 4 を振り返りながら生徒A



資料1 問題発見シートの記述

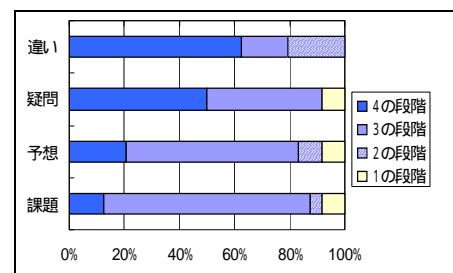
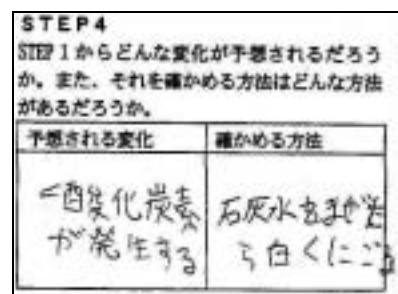
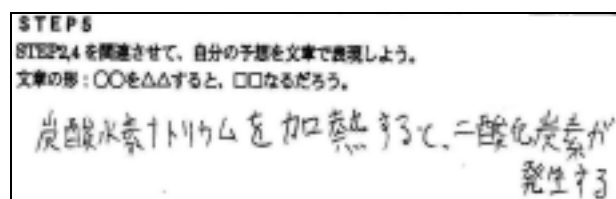


図7 問題発見シート記述状況



資料2 STEP 4の記述



資料3 予想の記述

が記述した予想である。資料から、実験に対する生徒Aの予想が具体的になっていることが分かる。このような個人の記述を基に班・学級での意見交流を行い、「炭酸水素ナトリウムを加熱すると二酸化炭素が発生するであろう」という学級全体の共通した予想を設定した。生徒は自らの疑問を出発点として予想を設定し、目的意識を明確にすることができたと言える。また図8に見られるように、操作で得られる結果について記述した生徒の76%が予想を記述することができた。

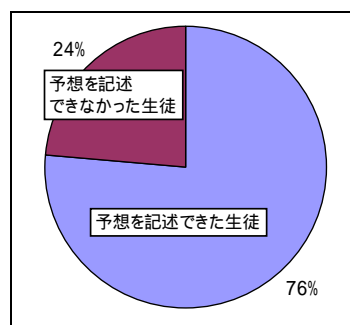


図8 予想の記述状況

これらのことから、思考の過程における一つ一つの考えを構造化したシートを振り返りながら、予想・計画段階の考えを具体化することは、

実験に対する具体的な予想を立て目的意識を明確にする上でおおむね有効であったと考える。しかし、24%の生徒は予想まで記述することができなかった。これは STEP 2 ~ STEP 4 で記述した内容をどのように関連付けて予想を文章で表現するか、という具体的な例示をしなかったことが原因であると考えられる。特に生徒にとって初めての形式のワークシートであったため、初期の段階では具体的な例を示すなど、活用の留意点の見直しが必要であると考えられる。

#### (ウ) 実験・考察の段階

ここでは、前時に記述した計画シートに基づいて実験を実施し、発生した物質をどのように確かめ何が発生したかを結果・考察シートに記述する活動を通して、物質を加熱することで複数の物質に分解される化学変化について理解させることをねらいとした。まず、全体共通の実験として二酸化炭素を確認するための石灰水の使用について説明を行った。次に、班によって計画の中で必要とされた、水の確認のための塩化コバルト紙、アンモニアの確認のためのフェノールフタレイン液について、使用の順番と方法を説明した。そして、結果の記録については STEP 4 を振り返らせながら「どんな変化があった」「どうやって確かめた」の欄に事実を、「何ができたと分かった」の欄に事実から考えられることを記述するよう指導した。最後に、計画シートでの STEP 5 を振り返らせながら、実験結果から言えることを結果・考察シートに文章で表現させ、個人の記述を基に班・学級での意見交流を行い、結論の一般化を行った。

どんな変化があった	どうやって確かめた	何ができたと分かった
石灰水が白くにごった 塩化コバルト紙が赤色になった	石灰水にとがした	二酸化炭素 水

資料4 結果の記述

資料4は生徒Aの結果の記述である。変化と確かめる方法が明確に区別されてはいないが、事実から考えたこととして、二酸化炭素と水が発生したことについては記述できた。生徒Aは水の発生については予想できていなかったが、実験を行い試験管にたまった液体が水であるのかどうかを確かめる必要性を感じ、塩化コバルト紙を用いて水の確認を行うことができた。図9は学級全体の結果の記述状況を表したグラフである。87%の生徒が、自分たちで予想できていた二酸化炭素の発生について、実験結果を基にその存在を確認することができた。また、資料5は結果から言えることを表現した生徒Aの記述であるが、予想を立てた生徒の約90%が、同様の内容を記述できた。

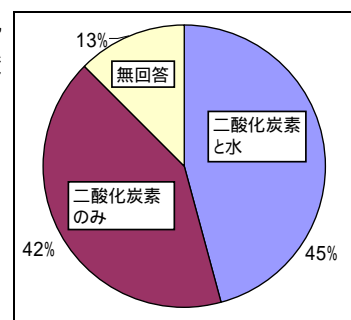


図9 結果の記述状況

これらのことから、思考の過程における一つ一つの考えを構造化したシートを振り返りながら、事実と考えを明確に区別して記述させること及び記述を基にした班・学級での意見交流により結論の一般化を行うことは、結果を適切に処理し、結論として表現させる上でおおむね有効であったと考える。しかし、結果として二酸化炭素のみについてしか記録できなかった生徒が42%いたことは課題である。これは、予想できなかった実験結果に対して、生徒の気づきを促すことができなかったからだと考える。単元の学習で習得すべき内容について生徒が予想できなかった場合は、観察の視点を再提示するなど、新たな気づきを生み出す支援が必要であったと考える。

炭酸水素ナトリウムを加熱すると二酸化炭素と水ができた

資料5 結論の記述

#### (4) 全体考察

ア 目的意識が明確になったか。

実験によって予想を確かめる意識について、実証授業の前後で、質問紙法による調査を行った。図10は、その調査結果をグラフで表したものである。実験結果から予想を確かめることを意識している生徒は事前調査の結果に比べて20ポイント以上の増加がみられた。このことから、文章化した予想を振り返りながら実験・考察段階の思考を促すために構造化されたワークシートを開発・活用することにより、予想の検証が意識化され、目的意識が明確になったと考える。

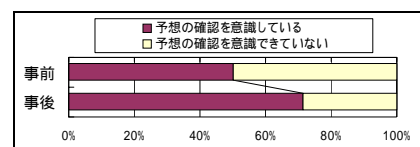


図 10 予想を確かめる意識

イ 結果を適切に処理できたか。

図11は結果を適切に分類して記録するという処理の仕方について、ワークシートの記述を4段階で評価し、実証授業前後の変容を表したものである。3の段階の生徒が増加しているとともに1の段階（分からない、無回答）の生徒が減少している。このことから、思考の過程における一つ一つの考えを構造化したワークシートの活用により、生徒が実験操作と操作で得られる結果の関係を把握し、結果を適切に記録できるようになったと考える。

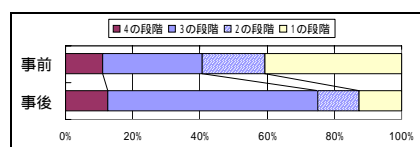


図 11 結果を処理する力

ウ 結果から結論を表現できたか。

図12は、結果から結論を記述することについて、ワークシートの記述を4段階で評価し、実証授業前後の変容を表したものである。4、3の段階の生徒が大きく増加しているとともに、1の段階（分からない、無回答）の生徒が約3分の1に減少している。このことから、自分の考えを段階的に記述できるシートの活用により、生徒が自分なりに結論を表現しようとするのができたかと考える。また、シートの記述内容についての意見交流を行うことによって、様々な考えにふれ、自分の記述をより具体的なものに修正することができたかと考える。

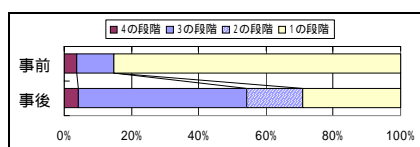


図 12 結論を表現する力

エ ワークシートの有用性はどうかであったか。

図13は、ワークシートの有用性についての質問紙法による意識調査の結果である。疑問の明確化、予想の設定、結果の記録、結果からの発見の全ての項目について、約80%以上の生徒が、ワークシートが役に立ったと肯定的に回答している。これらの結果からワークシートの形式や活用については、おおむね有効であったと考える。

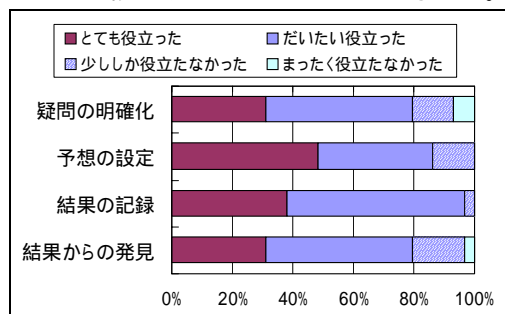


図 13 ワークシートの有用性調査

#### 5 研究の成果と今後の課題

##### (1) 研究の成果

理科の学習過程の各段階に応じて開発したワークシートの活用は、生徒自ら課題を設定し、実験操作と結果の関係を把握して予想を設定することに有効であった。

学習過程における生徒の考えを構造化し段階的に記入できる形式及び意見交流による学級の考えの設定は、観察・実験の結果を適切に処理し、結果から結論を表現するのに有効であった。

##### (2) 今後の課題

ワークシートの形式については、学年や学期に応じて初期の段階では、定型文の例示や観察の視点の提示を行い、段階的に記述欄の自由度を高めるなどの工夫をする必要がある。また活用についてはシート上で予想していなかった結果に対しても、新たな気づきを生み出す支援が必要である。

< 引用文献 >

- 1) 小林辰至(2006)「探究活動の仕組み方」理科教育研究会『未来を展望する理科教育』p.92
- 2) 小林辰至(2006)「探究活動の仕組み方」理科教育研究会『未来を展望する理科教育』pp.96-97

< 参考文献 >

- ・日本理科教育学会(2007)『理科の教育 4月号、11月号』東洋館