テーマＡ－２　【中学校　理科（ＩＣＴ活用）】

伊万里市立東陵中学校　教諭　野田　浩輔

要　　旨

理科の学習において，自らの考えを他者に伝えたり，考えたことを図や言葉で論理的に表現したりすることを苦手としている生徒は多い。そこで，ＩＣＴの特性を生かし，生徒の考えや実験結果を視覚的に共有させ，それらの妥当性を検討させる。また，生徒の思考過程を提示して，論理的な考察を行えるようなＩＣＴの活用方法について提案する。これにより生徒は，問題解決のための学習状況を把握しながら，目的意識をもって授業に取り組むようになった。また，自らの考えを論理的に表現できる生徒が増えてきた。

〈キーワード〉　①科学的な思考力・表現力　　②ＩＣＴ活用　　③思考過程の可視化

１　研究の目標

自然の事物・現象(以下事象)を科学的に思考し，表現する生徒を育成するために，ＩＣＴを活用して，意見交流や活動の過程をまとめる指導法の在り方を探る。

２　目標設定の趣旨

ＰＩＳＡ2009 の結果を踏まえ，文部科学省は，平成 24 年度からの学習指導要領において，思考力・判断力・表現力の育成に努めることを強調し，全国学力・学習状況調査に理科を追加した。その結果，実験の計画や考察などを検討し改善したことを科学的な根拠を基に説明することが，課題として挙げられた。本研究では「科学的に思考する」ことを，科学的な根拠を基に，実験計画や考察を検討することと捉え，それらを言葉や図，グラフで表出することを「表現する」と捉える。

本県でも，平成 23 年度の佐賀県学習状況調査において，科学的な思考力・表現力の育成と指導法の改善が求められている。これは，「資料から適切に情報を取り出し根拠を踏まえて解釈を述べる力」，「観察や実験結果を原理や法則等を使って説明する力」が不足していたことによる。所属校の２年生においても同様の傾向が見られる。その原因として，生徒に観察，実験を行わせる際に，方法について考えさせる場が不足し，生徒が見通しをもった活動ができていないことや，根拠を基にした考察の書き方の指導が十分でなかったことが考えられる。

また,平成 18 年に独立行政法人メディア開発センターが行った「教育の情報化の推進に資する研究」において，ＩＣＴを活用することで思考力が高まるという結果が示されている。本県は，これに基づき，平成 23 年度から「先進的ＩＣＴ利活用教育推進事業」をスタートさせ，ＩＣＴを活用した教育の更なる充実を進めている。

そこで本研究では，研究テーマ，研究課題を受け，理科におけるＩＣＴを活用した指導法を探りたいと考えた。ＩＣＴを活用することで，学習過程での意見交流を活発化させ，生徒が自らの意見を整理したり，他者と比較して検討したりすることができると考える。それによって，生徒はより論理性や客観性のある説明ができるようになり，これが科学的な思考力・表現力の向上につながるものと考え，本目標を設定した。

３　研究の仮説

主に観察，実験の計画や考察の段階において，ＩＣＴを活用して観察，実験の計画や結果，考察を提示したり，生徒の思考過程を可視化したりすれば，生徒は他者との共通点や相違点，妥当性を明確にし，事象を科学的な根拠を基に説明する力を身に付けられるだろう。

4　研究方法

(1)　科学的な思考力・表現力の育成に関する指導法の理論研究

(2)　ＩＣＴを活用した指導の検証

(3)　理科の学習やＩＣＴ活用による意識アンケート及びワークシート記述等による生徒の変容の調査及び考察

5　研究内容

(1)　文献や先行研究を基にした科学的な思考力・表現力の育成及びＩＣＴの効果的な活用方法に関する理論研究を行う。

(2)　所属校２年生における単元「電流と回路」(３時間)と「天気の変化」(３時間)の検証授業を行う。

(3)　理科の学習やＩＣＴ活用に関する意識アンケート，ワークシートの記述を基にした生徒の科学的な思考力・表現力の向上を調査及び分析して，仮説を検証し，手立ての有効性を示す。

6　研究の実際

(1)　文献等による理論研究

ア　科学的な思考力・表現力

平成24年度から全面実施された理科の学習指導要領で，科学的な思考力・表現力の育成が図られ，それらを一体的に評価することになった。清水は「生徒を的確に評価するために，学習者に外化を促し，認知活動の再吟味や他者との共有，新たな視点の獲得を図る教授方法が有効な方法と考えることができる」[1)]と述べている。さらに森本は，生徒の思考力・表現力を育む契機として，論証過程を示すレポートやノートなどを生徒の学習の振り返りとして機能させることや，生徒に常に自らの学習状況を意識化させることの必要性を説いている。つまり，メタ認知的活動を行わせることが重要であることを示している。三宮は，このメタ認知的活動の能力を伸ばすために，他者と意見や考えを交流させる学習を行わせ，自己の考えを意識化・客体化する必然性に迫らせ，他者の意見を聞いたり評価を受けたりできる授業環境を整えることが必要であると述べている。これを受け，松浦は「メタ認知能力の育成においては，学習者自身が問題解決の進捗状況をモニタリングし，その結果に基づいてコントロールできるような支援を教師が積極的に行う必要がある」[2)]と述べている。

このことから生徒に対して，他者の考えと自らの考えを比較させたり，自分の考えや他者の考え，実験結果や既習事項を含めて学習状況を常に把握できる機会を設定したりすることが重要であると考える。

イ　ＩＣＴ活用

ＩＣＴ活用による学力向上の効果は諸調査により示されている。日本教育工学振興会が2011年に行った調査によると，ＩＣＴの活用方法は，ディジタル教材の提示や画像，動画といった既存コンテンツの閲覧や検索が中心であり，一斉学習での活用が多いことが示されている。また，生徒の考えや回答を集約し，それを基に意見交換や議論をさせるといった協働学習への活用については少ないことも示されている。

さらに機器の性能向上に伴って活用の仕方も多様化しており，科学的な思考力・表現力に資するＩＣＴの活用方法について研究する余地は十分にあると考える。

そこで本研究ではＩＣＴの特性を生かして，生徒の考えや活動の様子を記録，提示し，視覚的に把握させながら学習を進めていく。これにより，生徒は他者との共通点や相違点，妥当性を明確にし，事象を科学的な根拠を基に説明する力を身に付けられるであろうと考えた。

(2)　検証授業の実際

ア　研究の構想と視点

(ｱ)　ＩＣＴを活用した学習の全体構想

既習事項や実験結果を根拠として,論理性が伴った考察を記述する力を身に付けさせるために，主に１単位時間の学習過程を次のように設定した(**図１**)。導入場面では，教師が生徒に対して事象を提示する。これを基に学習問題を設定し，解決を図る。最後に実験で明らかになったことを基に，導入場面で提示した事象の再説明を行わせる。本研究では，学習問題について実験結果から何がいえるかを考えること，事象の再説明を行うことを併せて考察として扱う。この考察を上記のねらいに迫るものにするために，ＩＣＴの活用場面を２つ設定した。１つは，実験計画や実験結果の処理，考察の各場面において，生徒の考えや実験結果を集約して提示する活用である。２つ目は，スクリーンに学習過程を示し，その中に生徒から出された考えや実験結果を書き加え，思考過程を可視化する活用である。これにより生徒は，自らの考えを整理したり，他者の考えと比較してその妥当性を検討したりすることができ，論理性や客観性のある説明ができるようになると考える。ひいては，これが科学的な思考力・表現力の向上につながるものと考える。

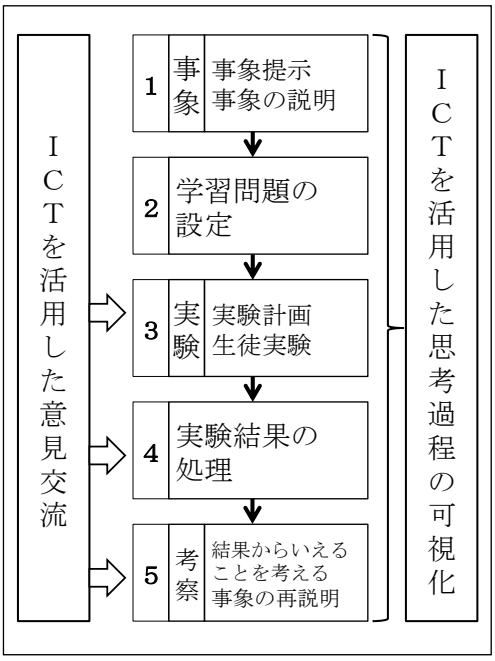


図１　ＩＣＴを活用した学習過程

(ｲ)　検証の視点と具体的な手立て

a　【検証の視点Ⅰ】ＩＣＴを活用して生徒の考えや実験結果を提示することで，生徒間の意見交流が促進され，考えや実験結果の妥当性を検討することができたか

個人または班で，ワークシートを切り抜いた用紙に実験計画や結果をそれぞれ書かせ，これを，ドキュメントスキャナを用いてディジタル化し，スクリーンに提示する。ドキュメントスキャナ(以後スキャナ)とは，紙媒体の文書をディジタルデータ化するための読取装置である。自動給紙装置により紙送りを行うため，手で原稿を差し替える必要がなく，効率的に読み取りを行うことができる。ワークシートを読み込み，他者の考えや実験結果を視覚的に比較させることで，意見交流が活発になるようにする。

b　【検証の視点Ⅱ】ＩＣＴを活用して思考過程を可視化することで，生徒が自分の考えを整理し，根拠を基に表現できるようになったか

黒板の横にディジタルノートを映し出したスクリーンを準備する。ディジタルノートとは，一つの用紙(画面)に対して，テキストやメディアファイル等の挿入や配置がしやすく工夫されたソフトである。授業では，**図２**のように「事象」，「学習問題」，「実験」，「結果からいえること」を配置する。生徒のつぶやきや意見交流で出された考え，既習事項などの情報をペンタブレットで書き加えたり，スキャナで取り込んだ実験結果を貼り付けたりする。また，それぞれの学習場面の関

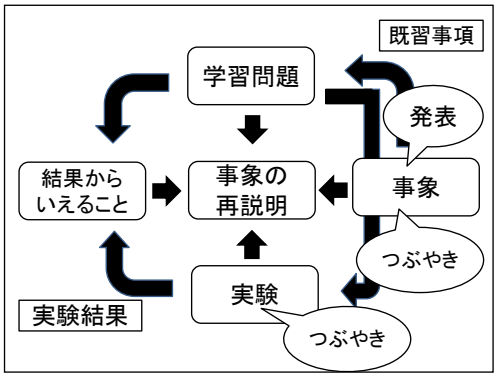


図２　思考過程の可視化

係性を矢印で示して生徒の思考過程を可視化し，学習状況を把握させる。最後に「事象」，「学習問題」，「実験」，「結果からいえること」から矢印を「事象の再説明」に向けることで，学習の中で得られた情報を基に考えさせることを意識付け，事象の再説明を記述させる。

イ　検証授業の実際

(ｱ)　検証授業の概要

仮説の検証に当たって，第２学年の単元「電流と回路」(平成 24 年 11 月)，単元「天気の変化」(平成 25 年 1 月)を検証授業として行った。ここからは，単元「天気の変化」(全 11 時間，20 名）についての詳細を述べる。この単元では，霧や雲の発生，前線の通過に伴う天気の変化など，規模の大きい気象現象について，それが起こる仕組みと規則性を理解させることが主なねらいである。

右は各時の学習内容を示したものである(**表１**)。検証授業は，第１時，第４時，第５時で行った。

表１　単元「天気の変化」の学習内容

	学習内容
第 １ 時	**露点**
第 ２ 時	飽和水蒸気量
第 ３ 時	湿度
第 ４ 時	**凝結核**
第 ５ 時	**雲のでき方**
第 ６ 時	雨や雪のでき方
第 ７ 時	水の循環
第 ８ 時	高気圧と低気圧
第 ９ 時	気団
第 10 時	前線のでき方
第 11 時	前線の通過と天気の変化

ゴシックは検証授業

(ｲ)　ＩＣＴの具体的な活用

第５時の授業の概要と，ＩＣＴの活用場面についての詳細を述べる。

本時は気圧の変化と体積や温度の変化を関係付けながら，雲のでき方を理解させることがねらいである。

導入場面では，注射器の中に線香の煙と水を少量入れ，ピストンを引いたときと，押したときの注射器内の様子の変化を事象として提示し，観察させた(**図３**)。注射器内が白く曇ったり，曇りが消えたりする現象が，注射器内の体積や気圧の変化に起因していることに気付かせ，学習問題を「気圧と体積，温度の関係を調べ，雲ができる理由を考えよう」に設定した。

図３　第５時の事象提示

実験は，３人または４人の班で行わせた。簡易真空調理器にビニル袋と液晶温度シールを入れ，容器内を減圧し，体積と温度の変化を観察させた。実験結果は，個人のワークシートに記入させた(**図４**)。記録用紙に結果を記入させた後，各班１枚を提出させ，スキャナで読み込み，スクリーンに表示した（**図５**）。さらに，体積や温度の変化など，注目してほしい部分を拡大提示したり，ペンタブレットを用いて強調したりしながら交流させた。その後，学習問題に対して結果からいえることと，導入で提示した事象の再説明を記述させた。

㋐	ふくろの様子(体積)	温度
最初	しぼんだまま。	16 ℃
パターン1（気圧 小）	パンパンにふくらんだ	12 ℃
パターン2（気圧 大）	最初にもどった	16 ℃

図４　実験結果を記録したワークシート

また，**前頁図２**の形式に従い，生徒の考えや，交流した後の実験結果を追加して思考過程を可視化し

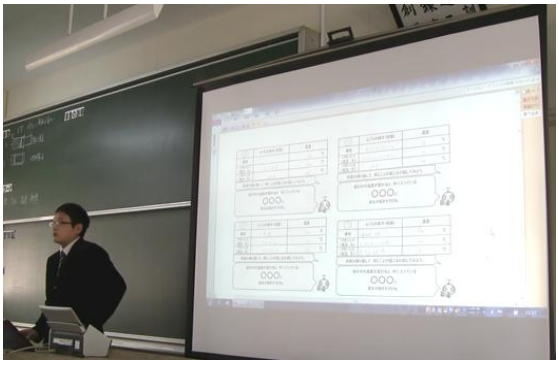


図５　結果の交流

た(**図６**)。**図６**の吹き出し部分の「気圧が小さい」，「体積が変わる」は，事象を最初に説明する場面での生徒の発表やつぶやきを示している。また，雲のできる上空は気圧が小さく，気温が低いという既習事項や，実験時の着目点を全体で確認した後，ペンタブレットで書き加えた。このように本時の問題解決のキーワードである気圧，体積，温度の関係と，学習過程のつながりを意識させるように画面構成を工夫した。特に「結果からいえること」の記述が「学習問題」に対応した記述になること，「事象の再説明」の枠を中央に配置し，学習問題の解決が事象の説明に生かされることを意識させるようにした。

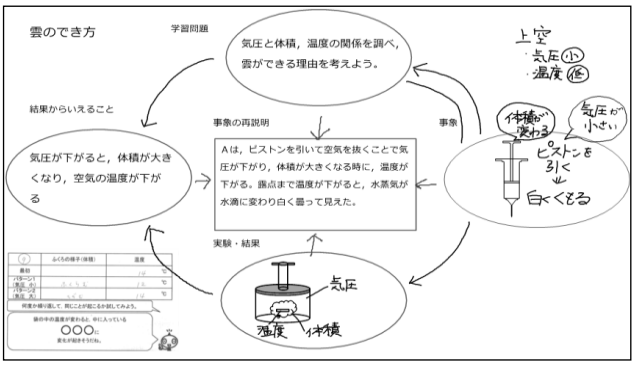


図６　スクリーンに掲示した思考過程

(3)　検証結果と考察

ア　【検証の視点Ⅰ】について

(ｱ)　アンケート，ワークシートの分析

スクリーンに映し出された他班の実験結果や他者の考えを見ることで，どんなことに役立ったかをアンケート(平成 25 年１月)の結果とワークシートの記述より分析する(**図７**)。

図７の質問項目①，③の結果から，他者との比較を通して，自分の実験結果の妥当性を確認している生徒は 90%(18 名)を超えている。また，比較をした後に結果からいえることを書き進めたり，修正しようとしたりする生徒の姿を②や④の結果から読み取ることができる。

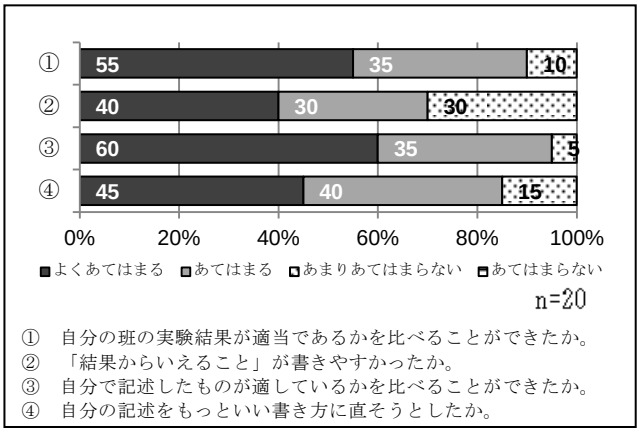
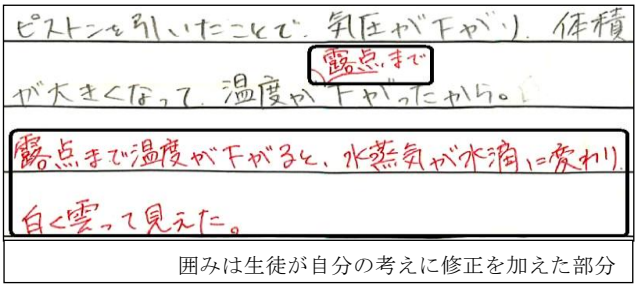


図７　検証の視点Ⅰに関するアンケート結果

第５時における事象の再説明の記述(**図８**)では，初め「ピストンを引いたことで気圧が下がり，体積が大きくなって，温度が下がったから」と実験結果の追説明の記述になっていた。しかし，画面を見て他の生徒の考えと比べることで，「露点まで」という語句と，露点に達することで水蒸気が水滴に変わるという既習事項を追加している。このように他者の考えを提示することで，事象の説明を更に詳しく記述している生徒も見られた。



囲みは生徒が自分の考えに修正を加えた部分

図８　考えを修正した例

イ　【検証の視点Ⅱ】について

(ｱ)　抽出生徒のワークシートの記述の分析

抽出生徒を通して，第５時のワークシートにおける記述と，授業後に行った「事象の再説明を書くときに，画面のどこを参考にしたか。または参考にするとよいか」の調査(平成 25 年１月)に基づき分析する(**次頁表２**)。１学期に行った科学的な思考力・表現力の観点別評価で，十分到達している生徒をＡ群(４名)，おおむね到達している生徒をＢ群(10 名)，到達していない生徒をＣ群(６名)とした。そして，各群から１名を抽出し，生徒Ｘ，生徒Ｙ，生徒Ｚとした。

表２　抽出生徒の記述の様子

		生徒Ｘ	生徒Ｙ	生徒Ｚ
プロフィール		事象の変化を読み取り，その要因について考えたり，記述したりすることができる。自分の考えに自信がなく自ら発表することは少ない。	事象の変化を読み取り，その要因について考えることはできるが，要因を明確にし，根拠を示した記述までには至らないことがある。	事象の変化を読み取ることはできるが，その要因について考えたり，記述したりすることは苦手としている。
生徒の記述	事象の説明	Ａのときが，Ｂのときより気圧が小さいから	Ａの時がＢの時よりも気圧が低いから	ＡのときがＢのときよりも気圧が小さいから
	結果からいえること	気圧が大きくなると，体積は小さくなり，温度は上がる。気圧が小さくなると，体積は大きくなり，温度は下がる。	気圧を低くすると空気の温度は下がり，体積は大きくなる。	気圧が小さくなると，体積は大きくなり，気圧が大きくなると体積は小さくなる。また，気圧が小さくなると，温度は下がり，気圧が大きくなると，温度は上がる
	事象の再説明	ピストンを引くと，気圧が小さくなって体積が大きくなり，温度が露点まで下がり，水蒸気が水滴に変わったので白くくもった。	ピストンを引く（気圧を低くする）と，中の温度が下がる。露点まで下がると，水蒸気が水滴に変化し，白く曇る。	無記入
参考にした画面部分		・　既習事項 ・　学習問題(キーワード) ・　結果からいえること	・　既習事項 ・　学習問題(キーワード) ・　実験 ・　実験結果 ・　結果からいえること	選択なし

※授業では，ピストンを引いたときをＡの事象，押したときをＢの事象とした。

事象の説明の記述では，ピストンを引く操作が気圧を小さくしているのではないかということを，これまでの学習から３名とも気付くことができている。結果からいえることの記述は，３名とも気圧の変化に伴う体積や温度の変化の記述ができている。これは，思考過程を可視化した画面の中で，学習問題と結果からいえることを矢印で結ぶことにより，学習問題に対応した記述をすることが意識できたものと考えられる。

生徒Ｘの事象の再説明の記述は，気圧，体積，温度の関係と既習事項である露点を組み合わせた内容になっている。生徒Ｘは，多くの情報の中から必要な情報を適切に選ぶことで，思考を整理し，科学的な根拠を基にした記述をしたと考えられる。

生徒Ｙは，変化の要因に着目して実験を行うことはできても，根拠を明らかにして論理的な記述に至らないことが多かった。しかし本時では，事象の再説明に体積への言及はないものの，事象の起こる仕組みを順序立てて，根拠を示した記述をすることができている。

一方，生徒Ｚは無記入であった。本時での事象の再説明は，結果からいえることに，既習事項を関連付ける必要がある内容であったため，生徒Ｚは温度が下がることまでは理解できていても，白く曇る現象と関連付けられなかったと考えられる。授業後に，「事象の再説明を書くときに，画面のどこを参考にしたか，または参考にするとよいか」のアンケート調査において，生徒Ｚはどの部分も選択していなかった。このことからも白く曇る理由について情報を探せなかったことが分かる。生徒Ｚにとって，学習状況を把握するには至らなかったと考えられる。

(ｲ)　学級全体のワークシートの分析

事象の再説明の記述を分析し，11 月と１月の比較を行う。記載事項を，十分到達が２点，おおむね到達が１点，到達していない，無記入が０点(**次頁表３**)として評価し，検証授業３時間分の合計値(６点満点)の学級全体と先述した群別の平均値を求めた(**次頁表４**)。これによると，全体の傾向として，変化の要因を示すキーワードを適切に用いて科学的な根拠を基にした具体的な説明ができ

るようになってきた。これを群別に見ると，A群，B群の生徒は11月に比べ向上が大きかった。思考過程を可視化した画面の中から，事象の再説明に必要な情報を選択し，説明にふさわしい文章の構成ができたと考えられる。思考過程を可視化することは再説明に役に立ったと事後アンケートで80%(16名)の生徒が答えていることからも有効であったと考える。

表３　ワークシートの評価基準例（単元「天気の変化」第３時）

点	評価基準	記述例
2	変化の要因を踏まえた説明ができている	外の冷たい空気によって，部屋の窓の内側付近の空気が露点以下まで冷やされると，空気に含まれる水蒸気が水滴となり，結露ができる。
1	事象の説明に具体性が足りない	水蒸気を含んだ空気が露点以下になり，水滴ができる。
0	事象が説明できていない	部屋の外の中の温度差が大きいから。 水蒸気が水滴になったから。
	無記入	

表４　ワークシートの記述の変容

	11月	1月
全体	1.8	2.7
A群	2.25	4
B群	2.2	3.4
C群	0.83	0.67

(ｳ)　科学的な思考力・表現力を評価する客観テストの分析

11月，１月の検証授業後に行った客観テストによる考察を行う。

客観テストには，角屋・松浦らの研究グループが平成 20，21 年に行った科学的な思考力・表現力を評価するためのテスト問題を用いた。問題数は２問(１問３点)で，条件を制御した実験を計画する問題，実験結果を示した表から考察を述べる問題である。研究グループが設定した評価基準により採点を行い，２問の合計点(６点満点)の学級全体と群別の平均値を求めた(**表５**)。これによると，検証授業を行った学級全体では，0.25点増という結果になった。各群の平均値の変容からは，ワークシートの記述による分析結果と同様に，A群とB群の生徒に顕著な向上が見られた。研究グループが対象とした広島県内の公立中学校第１学年(38名)，第２学年(38名)の計76名の平均値が3.03であることからも，思考過程の可視化が科学的な思考力・表現力の育成に有効にはたらいたのではないかと考える。

表５　客観テストの結果の変容

	11月	1月
全体	3.3	3.55
A群	4.5	5.25
B群	3	4
C群	3	1.7
広島	3.03	

ウ　授業の感想の分析

１月の検証授業後に行ったＩＣＴを用いた授業に関するアンケート調査において，「ＩＣＴを使ってよかったこと」について記述を求めた。その結果，ＩＣＴ活用に対して肯定的な意見が多かった。その中で検証の視点に関わるのは以下のような感想であった。

- 他の班と比べることができ，「こういう順番でする」ということが「矢印」で示してあったので分かりやすかった。
- 何を考えればいいかよく分かった。
- 考えが違ったりするところがはっきり分かるからよかった。全体的に分かりやすい。
- まとめやすく分かりやすかった。

資料１　検証授業後の生徒のＩＣＴに関する感想

これらの感想からも，ＩＣＴを活用することが有効にはたらいたと考えられる。「こういう順番でする」，「何を考えればいいかよくわかった」との感想は，学習での思考過程について述べたものであり，問題解決の進捗状況を把握しながら，学習を進められたものと考える。

7　研究のまとめと今後の課題

(1)　研究のまとめ

本研究のようにＩＣＴを活用することで，理科の授業において，次のような生徒の姿が見られるようになった。

・　他者との比較を行うことで，自分の考えや実験結果の妥当性をより吟味する生徒が増えた。
・　問題解決の進捗状況を把握し，実験の計画や実験，結果の処理，考察を行う生徒が増えた。
・　事象を科学的な根拠を基に記述できる生徒が増えた。

これより，本研究のようなＩＣＴを活用した授業を仕組むことで，自然事象を解明するための思考力やそれを表出する表現力の向上が期待できる。

(2)　今後の課題

上記のような成果も見られるが，課題も明らかとなった。科学的な思考力・表現力が十分到達していないと評価していた生徒に対しては,考察を記述するための有効な手立てとは成り得なかった。情報の効果的な提示や，考察に必要な情報を集める活動を，話し合い活動の中で行わせるような工夫，ＩＣＴの特性を生かし，保存したデータを復習に効果的に生かせるような活用の仕方についても検討したい。

《引用文献》

1)　文部科学省　『中等教育資料』　2012 年７月　p.15　学事出版
2)　日本理科教育学会　『今こそ理科の学力を問う　新しい学力を育成する視点』　2012 年８月　p.136　東洋館出版社

《参考文献・URL》

・　文部科学省　『中等教育資料』　2011 年７月　ぎょうせい
・　日本教材文化研究財団「児童・生徒の思考力・表現力を育成する理科学習指導方法と評価システムの開発」　2010 年９月　日本教材文化研究財団
・　国立教育政策研究所　「平成 24 年度全国学力・学習状況調査の結果について」　(2012 年８月)
http://www.nier.go.jp/12chousakekkahoukoku/01gaiyou/24_chousanokekkanitsuite.pdf
・　佐賀県教育センター　「平成 23 年度佐賀県小・中学校学習状況調査 Web 報告書」　(2011 年 10 月)
http://www.saga-ed.jp/kenkyu/scholastic_attainments_analysis/web_report_H23/index.html
・　佐賀県教育センター　「科学的な思考力・表現力の育成を目指した理科学習の在り方」　(2012 年６月)
http://www.saga-ed.jp/kenkyu/kenkyu_chousa/h23/05%20rika/index.html
・　日本教育工学振興会　「学校でのＩＣＴ活用についての実態調査」　(2012 年１月)
http://www2.japet.or.jp/