

小学校 理科

小学校第6学年理科において、科学的に考察する力を高める指導法の研究
 —結果について多面的に考える活動を通して—

義務教育課 研究員 秋山 英子

要 旨

小学校第6学年理科の学習において、科学的に考察する力を高めるために、実験の結果を分析して解釈する活動の際に、「多面チャート」の活用を通して、結果について多面的に考える活動を実践した。検証の結果、科学的に考える意識や問題解決の過程を楽しむ意識が向上したこと、科学的な内容を記述できる児童が増加したことが認められた。このことから、本実践が科学的に考察する力を高めることに有効であると明らかになった。

キーワード：小学校 理科 科学的に考察する力 多面的に考える より妥当な考え

I 主題設定の理由

全国学力・学習状況調査における理科の調査は、平成24年度からおおむね3年に一度実施されている。令和4年度全国学力・学習状況調査において、評価の観点思考・判断・表現に関わる問題のうち、正答率が最も低かったのは、**3** (4) だった(表1)。同様の趣旨で出題された**4** (3)においても、全国、青森県ともに正答率が50%を下回っており、結果を基に、自分の考えをもち、記述することに課題があると明らかになった。

表1 令和4年度全国学力・学習状況調査の結果

問題番号	出題の趣旨	平均正答率(%)	
		全国	青森県
3 (4)	実験で得た結果を、問題の視点で分析して、解釈し、自分の考えをもち、その内容を記述できるかどうかをみる。	35.1	37.0
4 (3)	観察などで得た結果を、結果からいえることの視点で分析して、解釈し、自分の考えをもち、記述できるかどうかをみる。	45.5	47.5

「GIGAスクール構想のもとでの理科の指導について」(令和3年6月文部科学省)では、小学校理科における問題解決の過程として、「結果の処理」の後に「考察」を行ってから「結論の導出」を行うと例を示している(図1)。このことと前述の出題の趣旨を踏まえると、表1の問題は、考察する場面に関わる問題であると言える。

これまでの筆者の指導実践では、考察する場面において、何を書けばよいのか分からず困惑する児童の姿が見られることがあったため、手立てとして、学級全体の結果を捉えられるよう、結果を表やグラフに整理させたり、定型文に当てはめて書かせたりした。しかし、児童の記述内容を見てみると、少しずつ自分の考えを書けるようになってきたものの、正しく解釈していなかったり深く理解していなかったりすることがあった。このことから、自分の考えをもち、記述できるようにするための効果的な指導ができていたとは言い難い。

上記調査報告書では、自分の考えをもち、記述できるようにするための指導改善のポイントとして、「観察、実験などで得た結果について分析して、解釈し、より妥当な考えをつくりだすことができるようにする」と示されている。つまり、考察する場面において、観察、実験などの結果について分析して解釈する活動を充実させ、より妥当な考えをつくりだす力を高めることが求められていると考えた。

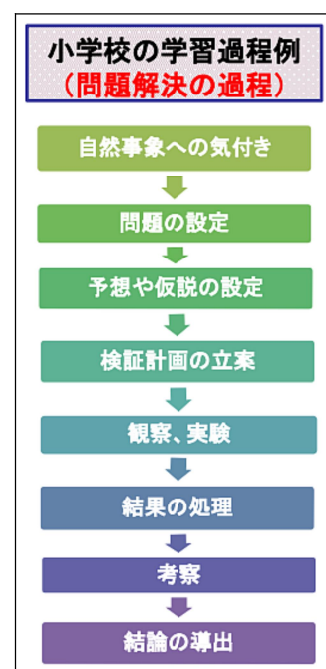


図1 問題解決の過程

より妥当な考えをつくりだす力に関して、小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編 平成29年7月（以下、「解説」という。）では、第6学年で主に育成を目指す問題解決の力として示され（表2）、より妥当な考えをつくりだすとは、「自分が既にもっている考えを検討し、より科学的なものに変容させること」と定義されている。また、科学の基本的な条件として実証性、再現性、客観性が挙げられている（表3）。このことから、これらの条件を満たした科学的な考察を書くことが求められていると捉え、本研究で育成を目指す力を「科学的に考察する力」とした。さらに、解説では、より妥当な考えをつくりだす力を育成するために「多面的に考えることが大切である」と示されている。

以上のことから、観察、実験などの結果を分析して解釈する活動の際に、結果について多面的に考えられるような指導を行うことを通して、科学的に考察する力を高めたいと考え、本主題を設定した。

II 研究目標

小学校第6学年理科において、観察、実験などの結果を分析して解釈する活動の際に、「多面チャート」の活用を通して、結果について多面的に考えられるようにすることが、科学的に考察する力を高めるために有効であることを明らかにする。

III 研究仮説

小学校第6学年理科において、観察、実験などの結果を分析して解釈する活動の際に、「多面チャート」の活用を通して、結果について多面的に考えられるようにすることによって、科学的に考察する力を高めることができるだろう。

IV 研究の実際とその考察

1 研究における基本的な考え方

(1) 多面的に考えることについて

多面的に考えるとは、理科の「考え方」の一つであり、解説では「自然の事物・現象を複数の側面から考えること」と定義されている。具体的には「問題解決を行う際に、解決したい問題について互いの予想や仮説を尊重しながら追究したり、観察、実験などの結果を基に、予想や仮説、観察、実験などの方法を振り返り、再検討したり、複数の観察、実験などから得た結果を基に考察をしたりすること」と示されている。本研究では、観察、実験などの結果を分析して解釈する活動を重視していることから、多面的に考えることを図2のように整理した。

(2) 多面チャートについて

本研究では、観察、実験などの結果について多面的に考えられるようにするための手立てとして、多面チャートを作成した（図3）。これは、観察、実験などの結果を得てから、考察を書くまでの思考の流れを視覚化したものである。多面チャートの構造は、物事をつなげて考

表2 各学年で主に育成を目指す問題解決の力

第3学年	差異点や共通点を基に、問題を見いだす力
第4学年	既習の内容や生活経験を基に、根拠のある予想や仮説を発想する力
第5学年	予想や仮説を基に、解決の方法を発想する力
第6学年	より妥当な考えをつくりだす力

表3 科学の基本的な条件

実証性	考えられた仮説が観察、実験などによって検討することができる
再現性	仮説を観察、実験などを通して実証するとき、人や時間や場所を変えて複数回行って同一の実験条件下では、同一の結果が得られる
客観性	実証性や再現性という条件を満足することにより、多くの人々によって承認され、公認される

- ・ 結果を基に、予想や仮説を振り返る。
- ・ 結果を基に、観察、実験などの方法を振り返り、再検討する。
- ・ 複数の観察、実験などから得た結果を基に考える。

図2 多面的に考えること

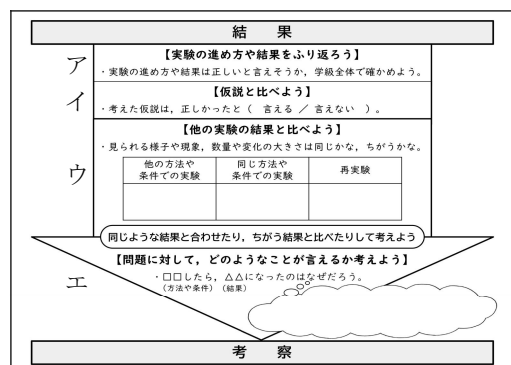


図3 多面チャート

えるための思考の型を簡潔に示した思考ツール「問題一解決チャート」を参考にした。

図3のア～ウは、結果について多面的に考え分析するためのポイントである。図2の内容を、児童にとって考えやすいような表現や順番にして、視点として太字で示した。エは、解釈するためのポイントである。それぞれのポイントにおいて、結果をどのように見ればよいのか、結果からどのように考えればよいのか、視点とともに補助発問を示した。

検証授業において、児童は、紙に印刷された多面チャートをノートに貼って使用した(図4)。当てはまる言葉に丸を付けたり必要に応じて書き込んだりすることで、順序立てて考え、思考を整理できると考えた。

このように、観察、実験などの結果を分析して解釈する活動の際に、多面チャートを活用することで、結果について多面的に考えることを促し、科学的に考察する力を高めたいと考えた。

ア～エについて、それぞれのポイントのねらいを以下に示す。

ア 実験の進め方や結果を振り返る【班・学級全体での活動】(図5)

実験の手順や操作を振り返ったり結果の妥当性を検討したりすることで、正しい結果を基に考えを進めていけるようにする。

イ 仮説と比べる【班での活動】(図6)

結果と仮説を比べ、考えた仮説が正しかったか振り返ることで、実験の目的を再確認し、結果と仮説の差異点や共通点を基に、結果からどのようなことが言えるのか、考えを深められるようにする。

ウ 他の実験の結果と比べる【個人での活動】(図7)

他の実験の結果とは、他の方法や条件で行った対照実験の結果、同じ方法や条件で行った他の班の実験の結果、自分の班の再実験の結果のことである。他の結果と比べながら複数の結果を基に考えることで、より再現性や客観性のある考えをつくりだせるようにする。

エ 問題に対してどのようなことが言えるか考える【個人での活動】(図8)

ア～ウで分析したことを根拠に、問題に対してどのようなことが言えるか解釈する。なぜその結果になったのか要因について考えることで、きまりや関係性を見いだせるようにする。

(3) 科学的に考察する力の見取り方について

「『指導と評価の一体化』のための学習評価に関する参考資料 小学校 理科」(令和2年6月 国立教育政策研究所教育課程研究センター)では、考察する場面で、より妥当な考えをつくりだし表現しているか見取る際の主なポイントとして、「予想や仮説の内容と観察、実験などの結果を照らし合わせているか」「観察、実験などの結果を基に、事実(条件と結果)と解釈(結果から考えられること)を分けて、自分の考えが説明できているか」と示されている。これらを基に、本研究における科学的な考察の条件を3点に整理した(図9)。

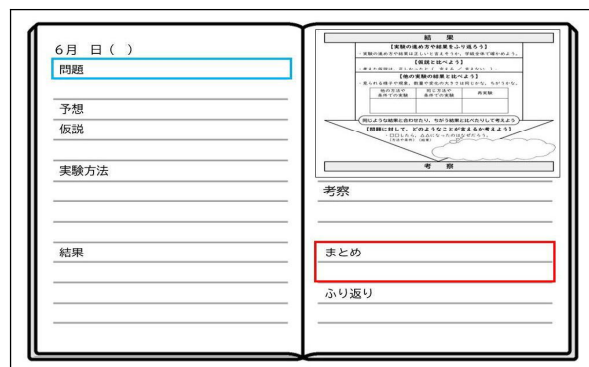


図4 多面チャートを貼ったノートの様子

【実験の進め方や結果をふり返ろう】

・実験の進め方や結果は正しいと言えますか、学級全体で確かめよう。

図5 実験の進め方や結果を振り返る

【仮説と比べよう】

・考えた仮説は、正しかったと(言える / 言えない)。

図6 仮説と比べる

【他の実験の結果と比べよう】

・見られる様子や現象、数量や変化の大きさは同じかな、ちがうかな。

他の方法や条件での実験	同じ方法や条件での実験	再実験

図7 他の実験の結果と比べる

【問題に対して、どのようなことが言えるか考えよう】

・□□したら、△△になったのはなぜだろう。
(方法や条件) (結果)

図8 問題に対してどのようなことが言えるか考える

- ① 仮説と結果を照らし合わせている。
- ② 条件と結果について書いている。(事実)
- ③ 結果から考えられることを書いている。(解釈)

図9 科学的な考察の条件

①は、考えた仮説が観察、実験などによって確かめられたか検討していることから、実証性を満たすための条件と言える。②と③は、観察、実験などの条件や結果を根拠に、結果から考えられることを書いていることから、再現性や客観性を満たすための条件と言える。②において、複数の実験の条件と結果について書いている場合は、より再現性や客観性が高い考察だと言える。

しかし、これまでの筆者の指導実践においては、③の記述が、②と区別されていなかったり、正しい解釈や深い理解ができていなかったりして、客観性に欠け、科学的な考察を書くことができない児童が見られた。そのため、本研究では、図9の条件を満たしているかという構成面と、③において、学習問題に正対した正しい解釈ができていないか、学習内容の深い理解ができていないかという内容面から、科学的に考察する力を見取ることとした。

2 検証授業の実際

検証授業及び調査活動は、研究協力校A校の第6学年の児童を対象に、令和6年5月28日～6月27日の期間で実施した。「物の燃え方と空気」（東京書籍）の単元を、事前及び事後調査を含め、計13時間で構成した（表4）。5時間目、8時間目、11時間目の、実験の結果を分析して解釈する活動（表4下線部）において多面チャートを活用した。2・3時間目にも実験の結果を分析して解釈する活動があるが、検証のため多面チャートを活用しない機会を設けた。また、2・3時間目、6・7時間目は、実験の準備時間を短縮するため、それぞれ2時間続きで授業を実施した。なお、調査活動で得られた結果は16名分であった。

表4 検証授業及び調査活動の流れ

	時間	学習問題	調査内容・活動内容
事前調査			<ul style="list-style-type: none"> ・ 検証テスト ・ 理科における批判的思考の発達検討質問紙 ・ 理科における認知欲求尺度
検証授業	1時間目	集気びんの中でろうそくを燃やし続けるにはどうすればよいのか。	<ul style="list-style-type: none"> ・ ペットボトルランタンの中でろうそくの火が燃えたり消えたりする様子を観察し、問題を見いだす。 ・ 集気びんの中でろうそくを燃やし続けるにはどうすればよいのか、予想や仮説を発想し、解決の方法を考える。
	2・3時間目		<ul style="list-style-type: none"> ・ 集気びんの中でろうそくを燃やし続けるにはどうすればよいのか、実験して調べる。 ・ 実験の結果を分析して解釈し、ろうそくを燃やし続けるために必要なことについて考察を書く。 ・ ろうそくを燃やし続けるために必要なことについてまとめ、学習を振り返る。
	4時間目	空気中の気体のうち、物を燃やす働きがある気体はどれか。	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空気中の気体の成分について知り、問題を見いだす。 ・ 物を燃やす働きがある気体はどれか、予想や仮説を発想し、解決の方法を考える。 ・ 空気中の気体のうち物を燃やす働きがある気体はどれか、実験して調べる。
	5時間目		<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>実験の結果を分析して解釈し</u>、物を燃やす働きがある気体について考察を書く。 ・ 物を燃やす働きがある気体についてまとめ、学習を振り返る。
	6・7時間目		<ul style="list-style-type: none"> ・ 酸素が入った集気びんの中でも、時間が経つと火が消える様子を観察し、問題を見いだす。 ・ ろうそくが燃えるときの空気の変化について、予想や仮説を発想し、解決の方法を考える。 ・ ろうそくが燃える前後の気体の体積の割合の変化について、実験して調べる。
	8時間目	ろうそくが燃えるとき、空気はどのように変化するのか。	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>実験の結果を分析して解釈し</u>、ろうそくが燃えるときの空気の変化について考察を書く。 ・ ろうそくが燃えるときの空気の変化についてまとめ、学習を振り返る。
	9時間目		<ul style="list-style-type: none"> ・ ろうそく以外の物を燃やしても、ろうそくが燃えるときと同じように空気は変化するのか、実験して調べる。
	10時間目		<ul style="list-style-type: none"> ・ 物が燃えた後の気体の体積の割合に着目し、問題を見いだす。 ・ 火が消える要因について予想や仮説を発想し、解決の方法を考える。 ・ 火が消える要因は、酸素の体積の割合が減ったからか、二酸化炭素の体積の割合が増えたからか、実験して調べる。
11時間目	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>実験の結果を分析して解釈し</u>、火が消える要因について考察を書く。 ・ 火が消える要因についてまとめ、学習を振り返る。 ・ 物の燃え方と空気との関係についてまとめ、単元の学習を振り返る。 		
事後調査			<ul style="list-style-type: none"> ・ 検証テスト ・ 理科における批判的思考の発達検討質問紙 ・ 理科における認知欲求尺度

(1) 実験方法の分担

まず、個人の予想を基にして、各班で仮説や解決の方法を考えさせた後、実証可能な学級全体で検討しながら具体的な実験方法を決めさせた。その中から、各班の予想や仮説を検証するために適した実験方法を選んで実験させることで、複数の結果を基に考える必要性を感じられるようにした。

(2) ICTの活用

本研究の検証授業では、各班の実験の様子を互いに共有するため、Googleスライド (Google LLC) を使用した。仮説と結果を入力したり実験動画を挿入したりできるような枠を設けた共有用のシートを班ごとに作成し (図10)、全ての班のシートをまとめて一つのファイルとした。学習問題ごとにファイル (以下、「共有スライド」という。) を作成した。なお、児童の見いだした問題を基に設定した学習問題は、教師がシートに入力してから児童に共有した。また、実験の進め方や結果を振り返るため、タブレット端末のカメラアプリで各班が撮影した実験動画をシートに挿入させ、児童同士で共有できるようにした。

(3) 10時間目の様子

児童は、6～9時間目の学習において、ろうそくの火が消えた後、集気びんの中では酸素の体積の割合が減り、二酸化炭素の体積の割合が増えることを実験で確かめた。このことから、ろうそくが燃えるとき、空気中の酸素の一部が使われて二酸化炭素ができることを学んだ。

その学習を踏まえ、10時間目には、火が消えた要因は、酸素の体積の割合が減ったことと二酸化炭素の体積の割合が増えたことのどちらなのか、あるいは両方が要因なのかという問題を見いだした。そこで、「ろうそくの火が消えるのは、酸素の体積の割合が減ったからか、二酸化炭素の体積の割合が増えたからか。」という学習問題を設定した。学級での話し合いを通して、ろうそくの火が消える要因について調べるため、酸素と二酸化炭素の体積の割合を様々に変えた集気びんの中に、火がついたろうそくを入れる実験を行うことに決まった。実験の留意点については、演示実験や学級での話し合いを通して出た意見を教師がまとめ、実験のポイントとして黒板に掲示した (図11)。

酸素と二酸化炭素の体積の割合については、班ごとに話し合っただけで決めた。実験時間は10分間を目安とし、時間内であれば、気体の体積の割合を変えた実験や再実験を行ってもよいこととした。実験が終わった班から、シートに結果を入力したり実験動画を挿入したりした (図12)。各班の実験結果は表にまとめ、学級全体で共有した (表5)。

(4) 11時間目の様子

多面チャートを活用し、実験の結果を分析して解釈した。

ア 実験の進め方や結果を振り返る【班・学級全体での活動】

児童は、電子黒板に提示された視点 (図13) を参考に、実験の進め方や結果を振り返った。各班の結果を共有スライドで確認し、異なる結果は誤差によるものなのか、あるいは誤差と言えないような違いなのか検討した。「2班だけ燃え続けなかったのは間違いではないか。」「3班と4班で結果が違うため、どちらが正しいのか分からない。」といった発言をしていた。これらの児童の意見を踏まえ、実験動画や黒板に掲示した実験のポイント (図11) を基に、実験の手順や操作が正しかったか各班で検討した後、学級全

問題		1班
仮説		動画
結果		

図10 共有用のシート

実験のポイント

- ・集気びんをまっすぐ立てて、目盛りを合わせる。
- ・ふたを開けたままにしない。

図11 実験のポイント



問題	ろうそくの火が消えるのは、酸素の割合が減ったからだろうか。それとも、二酸化炭素の割合が増えたからだろうか。	3班
仮説	酸素30%、二酸化炭素70%の集気びんに火がついたらろうそくを入れると、消えるだろう。	酸素30%  2回目
結果	すぐ消えた。	

図12 3班のシート

表5 各班の実験結果

酸素	二酸化炭素	結果	
15%	85%	すぐ消えた	6班
30%	70%	1回目: 15秒くらい	すぐ消えた 3班
		2回目: 26秒くらい	
40%	60%	43秒燃えた	3班
50%	50%	激しかったろうそくが燃えつきるまで燃えた 38秒	1班
		1回目も2回目も燃え続けた 1分以上	5班
80%	20%	1分20秒	1班
		1回目: すぐ消えた	2班
		2回目: 激しく30秒以上	
		ずっと燃えた	6班

実験の進め方や結果を振り返ろう

大きくちがう結果はあるかな

・誤差と言えるか。なぜちがう結果になったか。

実験の進め方は正しかったかな

・手順や操作はまちがっていなかったか。
・変えた条件は1つだけか。

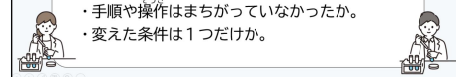


図13 実験の進め方や結果を振り返るための視点

体で確認した。3班の実験動画を見てみると、集気びんに二酸化炭素を溜めている際に「目盛り過ぎちゃった。」という声が入っており、操作の誤りを確認することができた。また、2班の実験動画を見て、二酸化炭素を入れすぎて集気びんから溢れてしまった様子を確認したり、集気びんのふたに触れたことでろうそくの火が消えたのではないかと推察したりすることができた。児童は、実験動画を何度も見返したりスロー再生したりしながら実験の操作を確認していた。

イ 仮説と比べる【班での活動】

仮説について各班で検討した。児童は、何を確かめるための実験だったのか再確認し、結果と仮説の差異点や共通点を基に、仮説が正しかったと言えるか判断して多面チャートの当てはまる言葉に丸を付けた(図14)。判断に迷ったり補足説明したいことがあったりした場合は、自由に書き込んでよいと伝えた。

ウ 他の実験の結果と比べる【個人での活動】

児童は、共有スライドを見ながら、他の班の実験結果と自分の班の実験結果が同じだったか違ったかという視点で比較した。この部分には、他の方法や条件での実験、同じ方法や条件での実験、再実験と、三つの記入欄がある。そのため、どの実験と比べたらよいか分からない児童に対して「まずは他の方法や条件での実験について書きましょう。」などと声をかけたり、比べる班を指定したりした。児童は、図15や図16のように、結果が同じか違うかという視点で書き込むことができた。再実験を行った班は、再実験の欄にも記入するよう促した。

エ 問題に対してどのようなことが言えるか考える

【個人での活動】

児童は、まず、補助発問の「□□したら、△△になったのはなぜだろう。」という文に、実験方法や条件、結果を当てはめた。例えば、酸素50%、二酸化炭素50%の実験をした児童であれば、「酸素50%、二酸化炭素50%の集気びんに火がついたろうそくを入れたら、燃え続けたのはなぜだろう。」という文になる。そして、「ろうそくの火が消えるのは、酸素の体積の割合が減ったからか、二酸化炭素の体積の割合が増えたからか。」という学習問題に対してどのようなことが言えるのか、自分の考えを書き込んだ。A児は、「ろうそくの火が消えるのは酸素が減ったから。」と解釈し多面チャートに書き込んでいた(図17)。B児は、ウの活動で、他の班が行った酸素15%、二酸化炭素85%の実験結果について分析したことを基に、「酸素が減ったから。」ということに加え「19%くらいで消える。」という具体的な割合についても書き込んでいた(図18)。

(4) 考察の視点の提示

科学的な考察に必要な条件について共通理解を図るため、2・3時間目の考察を書く際に、考察の視点を示したスライドを電子黒板で提示した(図19)。さらに、紙に印刷したものをノートに貼らせたり、5時間目、8時間目、11時間目の考察を書く際にも電子黒板で提示したりして、児童が必要に応じて参考できるようにした。

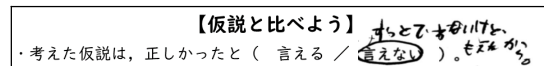


図14 児童が書き込んだ多面チャート①

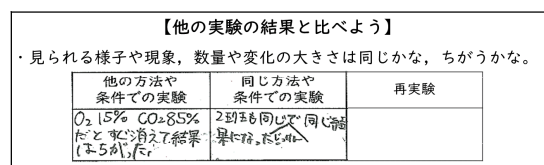


図15 児童が書き込んだ多面チャート②

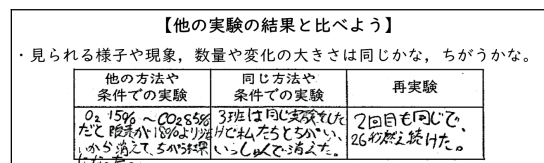


図16 児童が書き込んだ多面チャート③

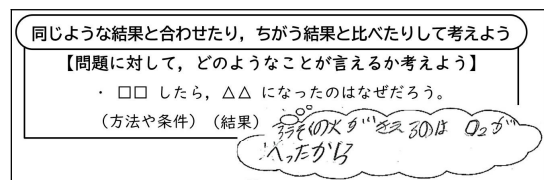


図17 A児が書き込んだ多面チャート

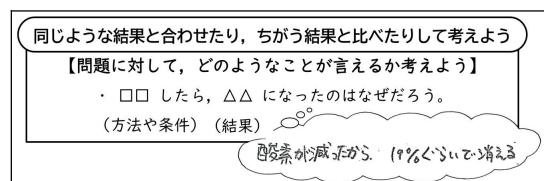


図18 B児が書き込んだ多面チャート

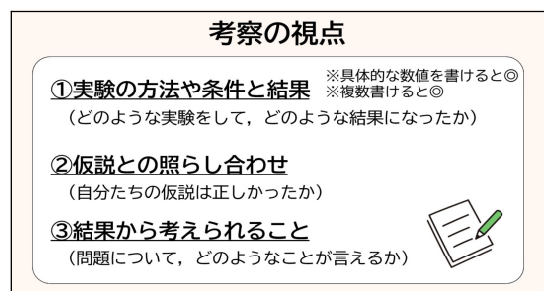


図19 考察の視点

3 検証結果と考察

(1) 意識調査

検証授業の前後で、理科の学習における意識が変容したか検証するため、2種類の質問紙調査を実施した。実施の際には、「このアンケートは成績とは一切関係なく、研究以外の目的では使用しませんので、思ったとおりに教えてください。各質問に対して、最も近いと思う数字を一つ選んでください。」と説明した。

ア 理科における批判的思考の発達検討質問紙による意識調査

「科学的思考力の戦略的育成について」（平成24年8月 中央教育審議会）では、科学的思考力として、科学的リテラシーと批判的思考力の二つを挙げている。このことから、科学的思考力の変容を調査するため、山中・小茂田・古石（2022）が開発した、理科における批判的思考の発達検討質問紙を使用した。この質問紙では、「合理的側面」

「反省的側面」「目標志向的側面」の三つの側面から、批判的思考力を測定することができる（表6）。中山・桃園・木下（2020）による定義を基に、「合理的側面」からは根拠を重視して考える力、「反省的側面」からは考えを見直す力、「目標志向的側面」からは課題を意識しながら考える力を測定することができることと捉えた。

検証授業の前後で、批判的思考力に有意な差があるか調べるため、統計分析を行った。サンプルサイズが小さく正規性が見られなかったことから、Wilcoxonの符号付順位検定を用いた。回答は5件法で、「1. あてはまらない」を1点、「2. あまりあてはまらない」を2点、「3. どちらともいえない」を3点、「4. すこしあてはまる」を4点、「5. あてはまる」を5点に換算して処理した。

統計分析を行ったところ、三つの側面全てにおいて平均値が有意に上昇したと認められた（表7）。

(ア) 合理的側面

平均値は、0.1%水準で有意に上昇した（ $z=3.920$, $p<.001$ ）。

(イ) 反省的側面

平均値は、0.1%水準で有意に上昇した（ $z=4.324$, $p<.001$ ）。

(ウ) 目標志向的側面

平均値は、1%水準で有意に上昇した（ $z=2.616$, $p=.009$, $p<.01$ ）。

イ 理科における認知欲求尺度による意識調査

認知欲求について、雲財・中村（2018）は「学びに向かう力・人間性に内包される概念」、中村・雲財・松浦（2021）は「観察・実験を通した一連の問題解決に自ら取り組み、それを楽しむ内発的な傾向」と述べている。雲財・中村（2018）が開発した理科における認知欲求尺度では、問題解決の各過程における認知欲求を測定できるようになっている。このことから、考察する場面や問題解決の過程全体に対する意識の変容を調査するため、上記の尺度を使用した。

表6 理科における批判的思考の発達検討質問紙の質問項目

三つの側面	質問項目
合理的側面	Q1 予想をするときには、皆が納得できる理由を基に考えようとする。
	Q2 確かめたい問題について、理由を大切に考えようとする。
	Q3 ひとつだけではなく、いくつかの理由を基に考えようとする。
	Q4 考察をするときには、実験で得たデータを基に考えようとする。
	Q5 得られた結果について、なぜそうなったか理由を考えようとする。
	Q6 予想をする時には、すでに学んだ事を基にして考えようとする。
反省的側面	Q7 どこかで勘違いをしていないか、慎重にふりかえろうとする。
	Q8 自分の考えた実験方法が正しいのか、もう一度疑ってみる。
	Q9 実験結果が出ても、本当に正しいのか、疑ってみる。
	Q10 途中で間違えてしまっていないか、慎重にふりかえろうとする。
	Q11 自分が一度出した結論でも、もう一度疑ってみる。
	Q12 問題を解く時、思い違いをしていないか、もう一度疑ってみる。
目標志向的側面	Q13 それぞれの実験手順の目標を踏まえて取り組もうとしている。
	Q14 各実験で何を明らかにするのか、目標を意識するようにしている。
	Q15 考察の時には、実験の目的と照らし合わせるようにしている。
	Q16 何のために実験を行うのか、目的を意識するようにしている。
	Q17 何のために理科を学ぶのか、目的を意識するようにしている。
	Q18 何を確かめるための実験なのか、いつも意識するようにしている。

表7 理科における批判的思考の発達検討質問紙の調査結果（N=16）

三つの側面	平均値			z 値	有意確率 (p)
	事前	事後	差		
合理的側面	3.50	4.15	0.65	3.920	.000***
反省的側面	3.14	3.82	0.68	4.324	.000***
目標志向的側面	3.74	4.06	0.32	2.616	.009**

***: $p < .001$ **: $p < .01$ *: $p < .05$

検証授業の前後で、認知欲求に有意な差があるか調べるため、統計分析を行った。サンプルサイズが小さく正規性が見られなかったことから、Wilcoxonの符号付順位検定を用いた。回答は5件法で、「1. まったくあてはまらない」を1点、「2. あまりあてはまらない」を2点、「3. どちらともいえない」を3点、「4. ややあてはまる」を4点、「5. とてもよくあてはまる」を5点に換算して処理した。

質問項目ごとに統計分析を行ったところ、15項目中8項目において平均値が有意に上昇したと認められた(表8)。

表8 理科における認知欲求尺度の調査結果 (N=16)

質問項目	平均値			z値	有意確率 (p)
	事前	事後	差		
Q1 理科の知識を使って、自然現象を説明していくことは楽しい。	3.13	3.81	0.68	1.807	.071
Q2 実験結果について考察する時間が好きである。	3.00	3.50	0.50	2.332	.020*
Q3 自分の考えが合っていたかどうかを実験で確かめることが好きである。	4.06	4.50	0.44	1.000	.317
Q4 理科の知識を日常生活につなげるようにしている。	2.56	3.63	1.07	2.025	.043*
Q5 日常生活の様々な場面で自然現象に対する疑問を持つことが多い。	2.56	3.06	0.50	1.404	.160
Q6 自分の考えを確かめていく過程は楽しい。	3.00	3.75	0.75	2.653	.008**
Q7 身の回りの自然現象に対して疑問を持つ方だ。	2.81	3.06	0.25	1.098	.272
Q8 ふしぎな自然現象に対して説明を考えていくことが好きだ。	2.56	3.25	0.69	1.731	.083
Q9 問題を追究していく過程を楽しむことができる。	2.88	4.13	1.25	2.859	.004**
Q10 自分の考えをもとに計画していく実験は楽しい。	3.56	4.31	0.75	2.323	.020*
Q11 実験は、予想・仮説をしっかりと考えてから取り組みたい。	3.50	3.94	0.44	0.720	.472
Q12 ふしぎな自然現象に出会うとワクワクする。	3.81	4.19	0.38	1.310	.190
Q13 自然現象のきまりを考えることが好きである。	2.69	3.50	0.81	2.565	.010*
Q14 予想・仮説を確かめる方法について考えることは楽しい。	2.88	4.19	1.31	2.969	.003**
Q15 自然現象に対して自分なりの説明ができると満足を感じる。	3.44	4.13	0.69	2.142	.032*

***: $p < .001$ **: $p < .01$ *: $p < .05$

- (ア) Q2 実験結果について考察する時間が好きである
平均値は、5%水準で有意に上昇した ($z=2.332$, $p=.020$, $p<.05$)。
- (イ) Q4 理科の知識を日常生活につなげるようにしている
平均値は、5%水準で有意に上昇した ($z=2.025$, $p=.043$, $p<.05$)。
- (ウ) Q6 自分の考えを確かめていく過程は楽しい
平均値は、1%水準で有意に上昇した ($z=2.653$, $p=.008$, $p<.01$)。
- (エ) Q9 問題を追究していく過程を楽しむことができる
平均値は、1%水準で有意に上昇した ($z=2.859$, $p=.004$, $p<.01$)。
- (オ) Q10 自分の考えをもとに計画していく実験は楽しい
平均値は、5%水準で有意に上昇した ($z=2.323$, $p=.020$, $p<.05$)。
- (カ) Q13 自然現象のきまりを考えることが好きである
平均値は、5%水準で有意に上昇した ($z=2.565$, $p=.010$, $p<.05$)。
- (キ) Q14 予想・仮説を確かめる方法について考えることは楽しい
平均値は、1%水準で有意に上昇した ($z=2.969$, $p=.003$, $p<.01$)。
- (ク) Q15 自然現象に対して自分なりの説明ができると満足を感じる
平均値は、5%水準で有意に上昇した ($z=2.142$, $p=.032$, $p<.05$)。

(2) 記述分析

ア 考察の記述分析

科学的に考察する力が変容したか検証するため、検証授業の3時間目と11時間目における考察の記述を分析した。構成面と内容面のそれぞれについて評価基準を作成し、質的に分析した。

構成面について、3時間目と11時間目で共通した評価基準を作成した(表9)。本研究における科学的な考察の条件を満たすものを評価A又はBとした。3時間目と11時間目を比較すると、評価Aの児童はどちらも3名で変わらなかった。評価Bの児童は7名から10名に増加、評価Cの児童は6名から3名に減少した(図20)。個人の評価の推移に着目すると、評価Bから評価Aに向上した児童は1名、評価Cから評価A又はBに向上した児童は4名であった。評価Aから評価Bに低下した児童は2名、評価Bから評価Cに低下した児童は1名であった。

内容面について、3時間目と11時間目で、それぞれ評価基準を作成した(表10, 11)。学習問題に正対した正しい解釈ができているものを評価Bとした。さらに具体的な条件や数値に着目しているものは、学習内容の深い理解ができていて、客観性の高い科学的な考察だと言えるため、評価Aとした。3時間目と11時間目を比較すると、評価Aの児童は1名から7名に、評価Bの児童は2名から6名に増加した。評価Cの児童は13名から3名に減少した(図21)。個人の評価の推移に着目すると、評価Bから評価Aに向上した児童は1名、評価Cから評価A又はBに向上した児童は11名であった。評価Bから評価Cに低下した児童は1名であった。

構成面と内容面について、有意な変容と言えるか調べるため、統計分析を行った。対応している3値データであることから、McNemar-Bowker検定を用いた。分析の結果、構成面については有意な変容は認められなかった($\chi^2=2.333, p=.506$)。内容面については、5%水準で有意であり($\chi^2=9.571, p=.023, p<.05$)、内容面の評価が有意に向上したと認められた。

イ 多面チャートの記述分析

考察の内容面の向上が多面チャートの活用によるものと言えるか、関連性について検証するため、11時間目における多面チャートの記述を分析した。解釈するためのポイントにおいて、正しく解釈し表現できている児童は

表9 3時間目と11時間目の評価基準(構成面)

A	<ul style="list-style-type: none"> 仮説と実験の結果を照らし合わせている。 複数の実験の条件と結果について書いている。 結果から考えられることを書いている。
B	<ul style="list-style-type: none"> 仮説と実験の結果を照らし合わせている。 実験の条件と結果について書いている。 結果から考えられることを書いている。
C	<ul style="list-style-type: none"> Bを満たしていない。

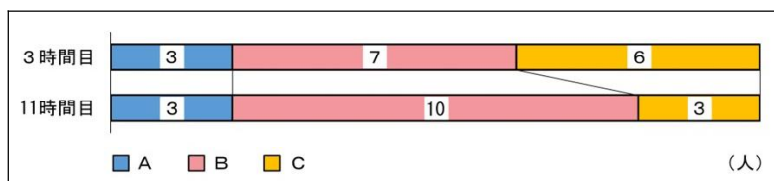


図20 構成面の分析結果 (N=16)

表10 3時間目の評価基準(内容面)

A	<ul style="list-style-type: none"> 集気びんの中でろうそくを燃やし続けるには空気の入替が必要であるということを、すき間の位置や開け方と関係付けて表現している。
B	<ul style="list-style-type: none"> 集気びんの中でろうそくを燃やし続けるには空気の入替が必要であるということを表現している。
C	<ul style="list-style-type: none"> Bを満たしていない。

表11 11時間目の評価基準(内容面)

A	<ul style="list-style-type: none"> 火が消える要因について、酸素の体積の割合が減ると火が消えるということを、燃焼に必要な酸素の体積の割合に着目して表現している。
B	<ul style="list-style-type: none"> 火が消える要因について、酸素の体積の割合が減ると火が消えることを表現している。
C	<ul style="list-style-type: none"> Bを満たしていない。

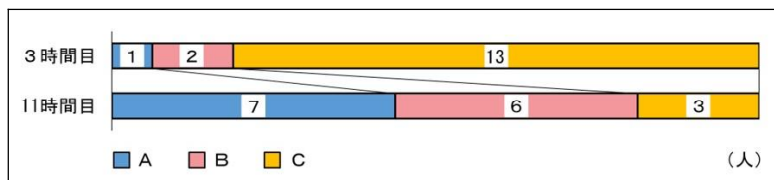


図21 内容面の分析結果 (N=16)

表12 多面チャートの分析結果 (N=16)

火が消える要因について、酸素の体積の割合が減ると火が消えることを表現できている。	13名
火が消える要因について、酸素の体積の割合が減ると火が消えることを表現できていない。	3名

13名、正しく解釈していなかったり深く理解していなかったりする児童は3名だった(表12)。考察の内容面の評価と照らし合わせると、多面チャートにおいて、正しく解釈し表現できている児童は、13名全員が考察の内容面の評価A又はBで、正しく解釈していなかったり深く理解していなかったりする児童は3名全員が考察の内容面の評価Cであった(表13)。これらが有意な関連と言えるか調べるため、統計分析を行った。サンプルサイズが小さく期待度数が5未満のセルがあったことから、Fisherの正確確率検定を用いた。分析の結果、1%水準で有意であり($p=.002$, $p<.01$)、考察の内容面の評価と多面チャートの記述が有意に関連していると認められた。

表13 考察の内容面と多面チャートとの関連性 (N=16)

		11時間目 考察の内容面	
		評価A 又はB	評価C
11時間目	正しく解釈し表現できている児童	13名	0名
多面チャートの分析結果	正しく解釈していなかったり深く理解していなかったりする児童	0名	3名

ウ 振り返りの記述分析

検証授業後の単元の学習を振り返る際、児童は、多面チャートを活用した活動について振り返りを書いた。「初めて使った時は難しかったけど、だんだん慣れて、たくさん書けるようになった。」「始めはどうやるか分からなかったけど、何回も使ううちに使い方が分かって、一人でできるようになった。」という記述から、多面チャートを使い始めた時には書き方や考え方が分からなかった児童も、徐々に慣れていったことが読み取れる。また、「自分の仮説と結果を比べてみて、少し違ったけど、結果を確認することができたので良かった。」「自分たちがやった実験以外に違う条件での実験もメモできるので良いと思った。」「多面チャートを使うと、一段階ずつ進めるから考えやすかった。」「多面チャートを使って自分の考えをメモできたし、実験した時の様子などを書けたので良かった。」と、多面チャートを活用することの効果を感じている記述が見られた。

(3) 検証テスト

科学的に考察する力が、検証授業で扱った内容以外においても適用されるか検証するため、全国学力・学習状況調査の過去問題のうち、考察する場面で自分の考えをもつことや記述することができるかを問う問題を参考にして、検証授業の前後で異なる問題を作成し出題した(表14, 15)。

事前テスト、事後テストともに、それぞれ6問ずつ出題した(表16)。事後テスト①の参考にした問題を、事前テスト①の出題形式と揃え、(ア)で結果について、(イ)でまとめについて、それぞれ正しいものを選択する形式に改編した。また、事後テスト③の参考にした問題も、事前テスト③の出題形式と揃え、結果から考えられることとして正しいものを選択し、わけを記述する形式に改編した。

ア 量的分析

全国学力・学習状況調査の解説資料を参考に採点した。解答類型において、◎とされているものを2点、○とされているものを1点として得点化を図り、量的分析を行

表14 事前テストの問題

問題番号	出題の趣旨	参考にした年度・問題番号
①	自分で発想した予想と、実験の結果を基に、問題に対するまとめを検討して、改善し、自分の考えをもつことができるかどうかをみる。	令和4年度 ② (3)
②	熱膨張が小さい金属について、グラフを基に考察して分析した内容を記述できるかどうかをみる。	平成27年度 ① (3)
③	より妥当な考えをつくりだすために、実験結果を基に分析して考察し、その内容を記述できるかどうかをみる。	平成30年度 ② (3)

表15 事後テストの問題

問題番号	出題の趣旨	参考にした年度・問題番号
①	観察で得た結果を、問題の視点で分析して、解釈し、自分の考えをもつことができるかどうかをみる。	令和4年度 ④ (1)
②	析出する砂糖の量について分析するために、グラフを基に考察し、その内容を記述できるかどうかをみる。	平成27年度 ③ (6)
③	実験で得た結果を、問題の視点で分析して、解釈し、自分の考えをもち、その内容を記述できるかどうかをみる。	令和4年度 ③ (4)

表16 検証テストの出題形式と配点

問題番号	設問	出題形式	配点
①	(ア) 結果	選択式	1点
	(イ) まとめ	選択式	1点
②	結果から考えられること	選択式	1点
	わけ	記述式	2点
③	結果から考えられること	選択式	1点
	わけ	記述式	2点

った。事前テスト、事後テストともに、満点を8点とした。

総得点の平均値は、事前テストでは3.25点、事後テストでは4.25点であった。これが有意な上昇と言えるか調べるため、統計分析を行った。サンプルサイズが小さく正規性が見られなかったことから、Wilcoxonの符号付順位検定を用いた。分析の結果、有意な上昇は認められなかった ($z=1.959$, $p \geq .050$) (表17)。

イ 質的分析

さらに詳細な分析をするため、**2**と**3**の記述式問題2問について質的分析を行った。全国学力・学習状況調査解説資料の解答類型を基に、評価基準を作成した(表18, 19)。解答類型において、正答のうち◎とされているものを評価A、○とされているものを評価B、誤答とされているものを評価Cとした。

2の結果について事前と事後を比較すると、評価Aの児童は0名から5名に増加した。評価Bの児童は10名から4名に減少、評価Cの児童は6名から7名に増加した(図22)。個人の評価の推移に着目すると、評価Bから評価Aに向上した児童は3名、評価Cから評価A又はBに向上した児童は4名であった。評価Bから評価Cに低下した児童は5名であった。

3の結果について事前と事後を比較すると、評価Aの児童は1名から7名、評価Bの児童は0名から4名に増加した。評価Cの児童は15名から5名に減少した(図23)。個人の評価の推移に着目すると、評価Cから評価A又はBに向上した児童は10名であった。

2と**3**の結果について、有意な変容と言えるか調べるため、統計分析を行った。評価Bは解答類型において正答とされているものの記述が十分でないことから、評価A/評価B又はCの2値データに整理して処理した。McNemar 検定を用いたところ、

サンプルサイズが小さいため、二項分布を使用して p 値が計算された。分析の結果、**2**について有意な変容は認められなかった ($p=.063$)。**3**について、5%水準で有意であり ($p=.031$, $p<.05$)、実験の条件と解釈について表現できる児童の割合が有意に増加したと認められた。

(4) 考察

多面チャートを活用し、結果について多面的に考えられるような活動を実践することが、科学的に考察する力を高めるために有効であるか、意識調査、記述分析、検証テストを用いて検証した。

理科における批判的思考の発達検討質問紙による意識調査では、合理的側面、反省的側面、目標志向的側面、三つの側面全てにおいて平均値が有意に上昇した。反省的側面からは、実験方法や結果など考えを

表17 量的分析の結果 (N=16)

	平均値			z 値	有意確率 (p)
	事前	事後	差		
総得点	3.25	4.25	1.00	1.959	.050 [†]

***: $p < .001$ **: $p < .01$ *: $p < .05$ †: $.05 \leq p < .10$

表18 事前テストの評価基準

A	・根拠となる事実と、事実を基に解釈したことの両方を表現できている。
B	・根拠となる事実について示すことはできているが、解釈したことを適切に表現できていない。
	・解釈したことを表現しているが、根拠となる事実を表現できていない。
C	・根拠となる事実と、事実を基に解釈したことを表現できていない。

表19 事後テストの評価基準

A	・実験の条件と、結果を基に解釈したことの両方を表現できている。
B	・結果を基に解釈したことについて表現できているが、実験の条件について示すことができていない。
C	・結果を基に解釈したことについて適切に表現できていない。
	・実験の結果ではなくこれまでの学習や生活を通して獲得した知識を基に解釈したことを表現している。

図22 **2**の質的分析の結果 (N=16)

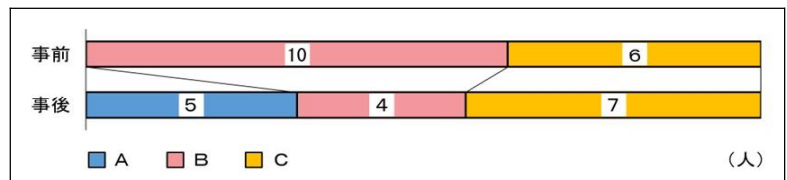
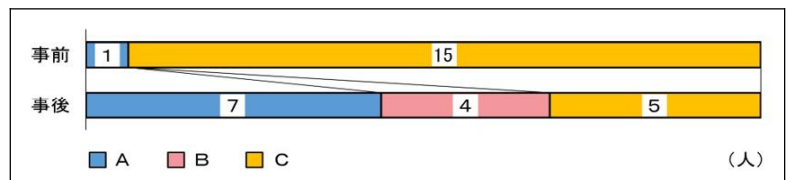


図23 **3**の質的分析の結果 (N=16)



見直す力を測定できることから、多面的に考える意識が高まったと言える。合理的側面からは根拠を重視して考える力、目標志向的側面からは課題を意識しながら考える力を測定できる。これらは、実証性や再現性、客観性と共通する部分が多いことから、科学的に考える意識が高まったと言えるのではないかと考える。理科における認知欲求尺度による意識調査では、Q2の平均値が有意に上昇したことから、考察する時間が好きであるという意識が高まったことが明らかになった。また、Q6やQ9の平均値が有意に上昇したことから、問題解決の過程を楽しむ意識が高まったことが読み取れる。

検証授業内の考察の記述分析からは、構成面での有意な向上は認められなかった。これは、考察の視点を提示した2・3時間目の時点で、科学的な考察に必要な条件を意識した児童が多かったことが理由として考えられる。ところが、これまでの筆者の指導実践と同様、正しく解釈していなかったり深く理解していなかったりする児童が多く見られた。つまり、考察の視点を提示したからといって、科学的な内容を記述できるとは言えないことが分かる。一方、多面チャートを活用した活動を3回行ったことで、11時間目には学習問題に正対した正しい解釈や深い理解ができるようになり、科学的な内容を記述できる児童が増えた。考察の内容面の評価と多面チャートとの関連性が認められたことや、児童の振り返りの記述から、多面チャートを活用することで、順序立てて考え、思考を整理し、正しく解釈したり学習内容を深く理解したりして、科学的な内容を記述することができるようになったと推察される。

以上のことから、多面チャートの活用によって、実験の結果について多面的に考えることを促し、科学的に考える意識や問題解決の過程を楽しむ意識を高め、科学的な内容を記述できるようになることが明らかになった。

しかし、検証テストの質的分析からは、実験の条件と解釈について記述できる児童の有意な増加が認められたものの、量的分析からは、総得点の有意な上昇は認められなかった。このことから、検証授業で扱った内容以外において適用できるまでの力の定着には至らなかったと言える。本研究では一単元のみの実践だったが、他の単元においても多面チャートを継続的に活用することで、科学的に考察する力の定着が図られ、授業で扱った内容だけでなく、他の学習内容や日常の事象についても科学的に考えられるようになるものと期待する。

V 研究のまとめ

本研究では、小学校第6学年理科「物の燃え方と空気」の単元の学習において、多面チャートの活用を通して、実験の結果について多面的に考えられるような活動を実践することが、科学的に考察する力を高めるために有効であるか検証した。その結果、科学的に考える意識や問題解決の過程を楽しむ意識が向上したり、科学的な内容を記述できる児童が増加したりと、科学的に考察する力の育成に一定の効果があることが明らかになった。

一部の児童においては、考察の評価や検証テストの点数が向上しなかったという課題があったものの、多面チャートの活用によって、意識の高まりや考察の文字量の増加といった変容は見られた。この課題については、個に応じた支援や協働的な活動を取り入れながら多面チャートを活用した指導を継続することで、徐々に効果が高まるのではないかと考えている。

本研究では、「物の燃え方と空気」の単元の学習において多面チャートを活用したが、多面チャートで示している視点や補助発問は様々な学習内容に適用できると考える。さらに、発達段階に応じて、多面チャートを部分的・段階的に活用したり、分かりやすい表現に改良したりして、指導を工夫することで、他の学年においても汎用可能であると考えられる。

観察、実験などの結果について多面的に考える活動を継続することで、科学的に考察する力を高めることができることを期待する。今後も、科学的に考察できる児童の育成を目指し、多面チャートの効果的な活用をはじめ、観察、実験などの結果について多面的に考える活動の実践を積み重ねていきたい。

本研究を進めるに当たり、御協力くださった研究協力校の校長先生はじめ先生方に感謝申し上げます。

<引用文献・URL>

- 1 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2022 「令和4年度 全国学力・学習状況調査 報告書 小学校 理科」, pp. 56-57, pp. 68-70
<https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukouku/report/data/22psci.pdf> (2025. 1. 14)

- 2 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2022 「令和4年度 全国学力・学習状況調査 調査結果資料 都道府県別 青森県」
https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/factsheet/02_aomori/index.html (2025.1.14)
- 3 文部科学省 2021 「GIGAスクール構想のもとでの理科の指導について」
https://www.mext.go.jp/content/20210610-mxt_kyoiku01-000015482_tk.pdf (2025.1.14)
- 4 文部科学省 2017 『小学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編 平成29年7月』, p.14, p.16, pp.17-18
- 5 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2020 『「指導と評価の一体化」のための学習評価に関する参考資料 小学校 理科』, 東洋館出版社, p.64
- 6 山中真悟・小茂田聖士・古石卓也 2022 「理科における批判的思考の発達過程に関する基礎的研究」『理科教育学研究 63巻 1号』, pp.205-213
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/63/1/63_21051/_pdf/-char/ja (2025.1.14)
- 7 雲財寛・中村大輝 2018 「理科における認知欲求尺度の開発」『科学教育研究 42巻 4号』, pp.301-313
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssej/42/4/42_301/_pdf/-char/ja (2025.1.14)
- 8 中村大輝・雲財寛・松浦拓也 2021 「理科における認知欲求尺度の再構成および項目反応理論に基づく検討」『科学教育研究 45巻 2号』, pp.215-233
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jssej/45/2/45_215/_pdf/-char/ja (2025.1.14)

<参考文献・URL>

- 1 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2015 「平成27年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 小学校 理科」
https://www.nier.go.jp/15chousa/pdf/15kaisetsu_shou_rika.pdf (2025.1.14)
- 2 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2018 「平成30年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 小学校 理科」
https://www.nier.go.jp/18chousa/pdf/18kaisetsu_shou_rika.pdf (2025.1.14)
- 3 国立教育政策研究所教育課程研究センター 2022 「令和4年度 全国学力・学習状況調査 解説資料 小学校 理科」
https://www.nier.go.jp/22chousa/pdf/22kaisetsu_shou_rika.pdf (2025.1.14)
- 4 竹原卓真 2013 『増補改訂 SPSSのススメ 1 2 要因分析をすべてカバー』, 北大路書房
- 5 中央教育審議会 2012 「科学的思考力の戦略的育成について」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/004/siryu/_icsFiles/afiefieldfile/2012/09/06/1324984_04.pdf (2025.1.14)
- 6 中山貴司・桃原研斗・木下博義 2020 「児童が主体的に批判的思考力を高める指導法に関する研究－レーダーチャートによる目標設定と自己評価活動を通して－」『理科教育学研究 61巻 2号』, pp.309-320
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/61/2/61_20058/_pdf/-char/ja (2025.1.14)
- 7 山田賢吾・小倉康 2022 「フローチャートを活用して児童に実験結果の見通しを多面的に思考させる理科指導」『埼玉大学紀要 教育学部 71巻 2号』, pp.117-130
<https://sucra.repo.nii.ac.jp/records/19714> (2025.1.14)
- 8 山本茂喜 2015 『ビジュアル・ツールで国語の授業づくり』, 東洋館出版社
- 9 山本茂喜 2017 『思考ツールで国語の「深い学び」』, 東洋館出版社

<商標> Googleスライドは、Google LLCの登録商標である。