

中学校理科 考察・推論する場面における 思考力・判断力・表現力等の育成を目指した授業づくり ーアーギュメント構成能力の育成を通してー

串本町立串本中学校
教諭 太田 昇

【要旨】

本研究は、中学校理科の考察・推論する場面における生徒の思考力・判断力・表現力等の育成を目指した。先行研究を踏まえ、本研究で身に付けさせたい資質・能力を育成するには、アーギュメント構成能力を育成する必要があると考え、教師が使用する授業設計モデルや生徒を支援する考察ワークシートを開発し提案授業を行った。この検証より、開発したモデルやワークシートを活用することで、生徒の考察・推論を表現する力に向上が見られ、より妥当な考えを持てるようになった。このことから、アーギュメント構成能力を育成する授業は、考察・推論する場面における思考力・判断力・表現力等の育成に一定の効果があることが示唆された。

【キーワード】

考察・推論，思考力・判断力・表現力等，アーギュメント（主張－事実－理由付け）

1 研究のねらい

新しい時代に求められる資質・能力を育むために、各教科の目標及び内容が「知識・技能」「思考力・判断力・表現力等」「学びに向かう力・人間性等」の三つの柱に整理された。中学校学習指導要領（平成29年告示）解説 理科編（以下、学習指導要領解説と略記）では、思考力・判断力・表現力等について、理科の目標の中で「観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う」（※1）と示されている。

筆者のこれまでの授業実践を振り返ると、知識・技能の習得に偏重し、生徒の思考力・判断力・表現力等を育成するための十分な場が設定できていなかった。具体的には、考察・推論する場面において生徒は考察・推論に結果のみを書いていたり、筆者がまとめた考察・推論を書き写したりするのみにとどまっていた。これは筆者が考察・推論に必要な視点や具体的な手立てを示すことができていなかったことが原因であると考えられる。

また、学習指導要領解説において、平成20年改訂学習指導要領の成果と課題として「観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し説明することなどの資質・能力に課題が見られることが明らかになっている。」（※2）と述べられている。

そこで、アーギュメントの構造（図1）を生かした言語活動を取り入れた授業の在り方について研究する。アーギュメントとは、事実と理由付けを提示しながら、自らの主張を相手に伝える過程を指す。アーギュメントの重要性について、山本（2015）は「アーギュメントとして、証拠データにもとづく科学的な説明は、今まさにPISAやTIMSSといった国際的な学力調査でも求められている。」（※3）と述べている。本研究においては、実験から得たデータや自然法則を利用して、論述を構成する言語活動を行うためのアーギュメント構成能力を育成することで考察・推論する場面における思考力・判断力・表現力等の育成を目指す。

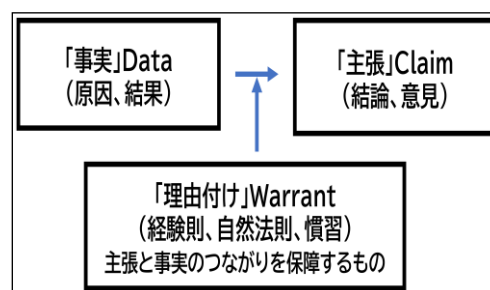


図1 アーギュメントの構造
Toulmin(1958)をもとに筆者作成

2 研究の方法

(1) 本研究で目指す生徒の姿

学習指導要領解説では「観察、実験の結果を分析・解釈する学習活動、科学的概念を使用して考えたり説明したりする学習活動などが充実するよう配慮すること。」(※4)と示しているとおおり、思考力・判断力・表現力等の育成につながる言語活動の充実を求めている。また、科学的に探究する力や態度の育成について、「理科の学習においては、生徒が自然の事物・現象について理解を深め、知識を体系化するため、科学の基本的な概念を身に付けさせることが大切である。この基本的な概念は自然の事物・現象における規則性を生徒が発見していくことによって徐々に育てられていくのである。」(※5)としている。本研究ではこれらとアーギュメントの構造を照らし合わせ、次の3つの要素を含んだ考察・推論を記述表現できる生徒の育成を目指す。

- ①主張：課題に正対し、自然の事物・現象における規則性を導き出している。
- ②事実：観察・実験の結果を分析・解釈している。
- ③理由付け：既習事項等の科学的概念を関連付けている。

(2) 考察・推論させたいことから授業を設計する

考察・推論する場面においてアーギュメントを構成させるには、教師の授業設計にも工夫が必要である。

益田(2014)は「熟達した教師の指導案でさえ、問いがあって答えがない。つまり『課題(問題)を解決する授業』となり得ていないのである。」(※6)と述べ、「考察・推論させたいこと」から授業を構想し、それによって課題(問題)が決まると述べている。

また、松下(2021)はToulminの論証モデルに問題と結論の縦軸を加え、問題解決にも対応できる「対話型論証モデル」(図2)を、提唱している。

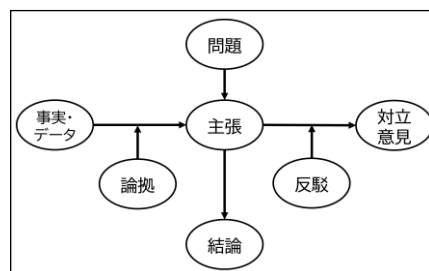


図2 対話型論証モデル

これらをもとに、対話型論証モデルを用いて書かせたい考察・推論を設定し、そこから課題(問題)をつくることで、授業を設計する。そのための授業設計モデル(図3)を作成した。ここでは提案授業第3時の例を示した。このモデルの特徴は、教師が生徒に書かせたい考察・推論から授業を設計し、観察・実験の結果(事実)はどのようなものがよいか、また、理由付けとして、どのような既習事項が考えられるかを、構造的に可視化できる点にある。また、従来のアーギュメントの構造にはなかった課題と結論の縦軸が加わっていることで、課題と結論が正対した適切な課題設定を行えるという利点がある。

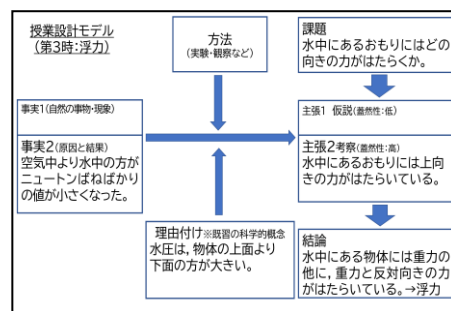


図3 授業設計モデル

(3) 生徒にアーギュメントを構成させる手立て

山本(2015)は、アーギュメント構成能力については、意図的に教授しなければ育成が難しいという実態を報告している。また、これまでのアーギュメントに関する先行研究を20年間分レビューし、その教授方法として三つのデザイン原則(注1)を挙げ(図4)、小学校での実践を行っている。この山本のデザイン原則を援用し、考察・推論する場面において、生徒が三つのデザイン原則を意識できるような単元計画を作成する。そのために、実験ごとの適切な考察・推論例を作成し、それに沿った授業の流れを構成する。また、考察・推論する場面でアーギュメントの構造を反映した考察ワークシート(図5)を用い、生徒を支援する。

- ①：アーギュメントの意義と理解
- ②：アーギュメントの構造の理解と利用
- ③：アーギュメントの内容知識の利用

図4 アーギュメントのデザイン原則

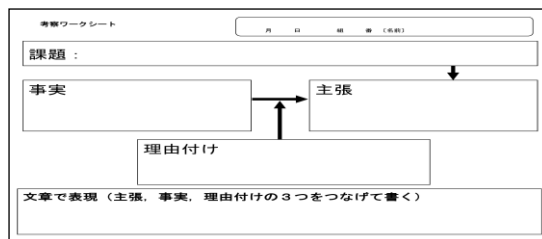


図5 考察ワークシート

3 所属校における提案授業について

(1) 提案授業の概要

期 間	令和3年11月11日～令和3年11月30日		
対 象	所属校第3学年(37人)		
単元名	運動とエネルギー 1章 力の合成と分解		
指導計画			
次	時	学習活動	考察・推論する場面
1	1	単元の導入を行い、第1, 2学年で学習した「力」に関係する事項を復習する。	
	2	水圧の実験結果から考察・推論を行い、水中ではたらく水圧の概念を見いだす。	○
2	3	浮力の実験結果から考察・推論を行い、水中ではたらく浮力の概念を見いだす。	○
	4	演習を行い、浮力に関する概念について理解する。	
3	5	力の合成のうち、一直線上にはたらく2力の合成について理解する。	
	6	力の合成のうち、角度をもった2力の合力と、もとの2力の関係について実験で調べる。	
	7	第6時の実験結果から考察・推論を行い、角度をもった2力の合力と、もとの2力の関係について見いだす。	○
	8	力の分解や分力、分力の求め方について理解する。	

(2) 授業の実際

ア 考察・推論する場面に向けての手立て

考察・推論する場面に向けて行った手立ては次の2点である。

1点目は、日常生活においてアークギュメントの構成を当てはめて、その意義を理解させることである。これは前述したデザイン原則①に当たる。提案授業の第1時に「力」に関する事項を復習した後に、図6に示す日常生活のアークギュメントの例を生徒に紹介した。主張、事実は筆者が提案した後、「なぜこの事実からこのような主張ができるのか。」という発問を行うと、生徒たちは事実と主張をつなげる理由付けを自ら見いだしていた。さらに、アークギュメントの構造を生かし、文章で表現することで説明が説得力のあるものになると実感していた。

2点目は、考察・推論する場面で扱う理由付けを提示しておくことである。これはデザイン原則③に当たる。この理由付けを教師が把握しておくために授業設計モデルを使用し単元計画を行った。図7の授業設計モデルを例にとると、まず教師は結論の部分に理解させたい概念を設定してから、主張を設定する。次に主張を裏付けるための事実を設定し、最後に事実と主張をつなげるための理由付けを設定する。このように授業設計モデルを用いることで、理由付けに必要な既習事項の学習内容が明確になり、授業中における復習する場面をより意図的に設定することができた。

イ 考察・推論する場面での手立て

提案授業全8時間の中で第2時、第3時及び第7時の計3時間において考察・推論する場面を設定した。第2時では、生徒は初めてアークギュメントの構造を基に考察するため、考察ワークシート(図5)を用いて主張-事実-理由付けのそれぞれの要素に入る内容を学級全体で確認しながら、考察・推論を表現させた。第3時では、考察ワークシートでの支援のみを行い、第7時では考察ワークシートの支援も行わず、考察・推論を表現させた。これは段階的に支援を減らし、生徒が自身の力でアークギュメントを構成できるようにするための手立てである。

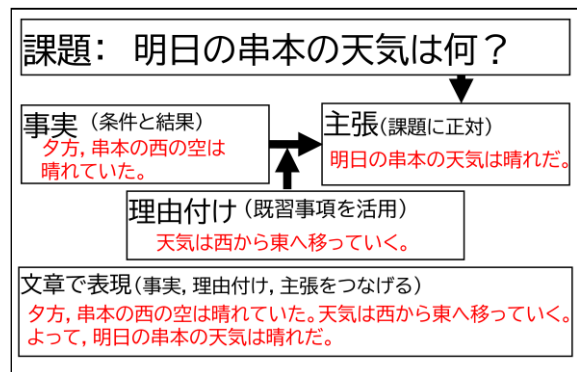


図6 日常生活におけるアークギュメントの例示

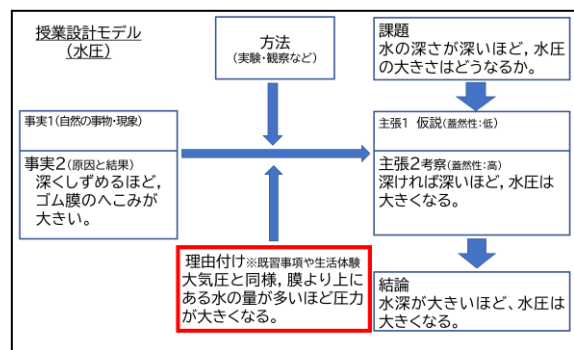


図7 第2時の授業設計モデル

(3) 考察・推論の表現についての評価

次に示す評価規準(表1)を用いて、考察・推論する場面における思考力・判断力・表現力等を育成できたかを評価した。

表1 評価規準

主張	事実	理由付け
・課題に正対し、独立変数と従属変数からなる規則性を見いだしている。	・原因と結果に当たる記述をしている。	・科学的概念を使用して、事実と主張を結び付けている。

ア 提案授業における研究の評価

単元における生徒のアーギュメントの達成状況を評価するために、授業での考察・推論の記述をもとに評価した。

イ 提案授業の事前事後における研究の評価

提案授業の事前事後の変容を明らかにするために、異なる単元内容における調査課題を設定した。その内容を図8に示す。調査課題は事前事後ともに同じ内容で、平成30年度和歌山県学習到達度調査を参考にして出題した。調査の実施時期は提案授業とは別にいずれも10分間で取り寄せた。対象は、授業に参加した第3学年37人のうち、欠席者を除く35人であった。事前調査のあと、生徒に正答は伝えず、事後調査を実施した。

たくやさんは、弦楽器の弦の長さを変えると、音の高さが変わることに関心を持ち、モノコードを使って実験を行い、レポートにまとめました。あとの質問に答えてください。

【レポートの一部】

【課題】
弦の長さを変えると、音の高さはどのように変化するのだろうか。

【方法】
弦をはじく強さが一定になるように、弦の下にグラフ用紙をはり、同じ目盛りの位置から弦をはじいてすべての実験を行う。

① 図1のAの位置にことじを置き、ことじとbの間の弦をはじく。マイクを通してコンピュータの画面に表示された音の波形を調べ、グラフに模式的に表す。(実験1)

② ことじを図1のBの位置に移動し、①と同様に弦をはじく。音の波形を調べ、グラフに模式的に表す。(実験2)

	実験1	実験2
ことじの位置	A	B
はじいた弦の長さ(ことじとbの間)	長い	短い
弦の強りの強さ	弱い	弱い
コンピュータの画面に表示された音の波形をグラフに模式的に表したもの		

質問 レポートには考察がありません。どのような考察が入ると考えられますか。

図8 事前事後調査課題

4 研究のまとめ

(1) 分析方法とその結果

提案授業内で生徒が考察・推論した記述を三つの方法で分析した。

一つ目は、それぞれの場面において生徒が記述した考察・推論に主張-事実-理由付けの要素がどのように含まれているかを分析した(表2)。第3時と第7時を比較すると、三要素の全て含んだ考察・推論を表現できた生徒は、31%から49%になった。また、事前事後では0%から26%になった。これらより要素を意識した考察・推論を書けるようになった生徒が増える傾向が見られた。ここで、主張-事実-理由付けの三要素全てを含んだ考察・推論の記述ができた生徒aの回答を表3に示す。この記述は、表1で示した評価規準を全て満たしている。

二つ目は、生徒ごとに記述した考察・推論に含まれる要素がどのように増減しているかを調べ、その変容を分析した。それぞれの生徒の第3時と第7時の考察・推論を比較し、前時の考察・推論に含まれていた要素よりも1つ以上要素が増えていた場合を「○」、要素の増減がなかった場合を「△」、要素が減った場合を「×」、第3時ですでに3つの要素が書けていて第7時でも書けている場合を「◎」とし、その割合を

表2 考察・推論の記述達成状況

n=35	第3時		第7時		事前	事後
	主張・事実・理由	主張・理由	主張・事実	事実・理由		
	31%	0%	49%	3%	0%	26%
	0%	14%	3%	9%	0%	6%
	14%	3%	14%	9%	29%	14%
	3%	3%	9%	11%	0%	3%
	3%	17%	11%	11%	23%	29%
	0%	0%	0%	0%	0%	6%
	31%	0%	3%	0%	40%	0%
	31%	17%	3%	11%	40%	17%

表3 生徒aの考察・推論の記述

課題	弦の長さを変えると、音の高さはどのように変化するのだろうか。
生徒a	はじいた弦の長さが長いときは、短いときに比べてコンピュータが示した波形の振動数が少なかった。振動数が多いほど、音の高さは高くなる。よって、弦の長さが長いほど音の高さは低くなり、短いほど音の高さは高くなる。

※ は事実、 は理由付け、 は主張を示している。

表4 考察・推論の記述の向上状況

n=35	第3時から第7時		事前から事後	
	実数(人)	割合(%)	実数(人)	割合(%)
○	17	49	23	66
△	5	14	9	26
×	7	20	3	9
◎	6	17	0	0

調べた。事前事後も同様に調べた(表4)。その結果、第3時と第7時を比較すると、前時の考察・推論に含まれていた要素よりも1つ以上要素が増えていた生徒は全体の49%であった。第3時ですでに3つの要素を含んだ考察・推論を書いていた生徒も含めると66%となった。同様に、事前事後で1つ以上要素が増えていた生徒は66%であった。授業を重ねるごとに、考察・推論に含まれる要素が増えていく傾向が見られた。このように事前から事後にかけて考察・推論の表現においてアーギュメントの要素が増えた生徒の具体的記述を表5に示す。事前調査では、主張のみの記述であったが、事後の記述では、主張-事実-理由付けの3つの要素が正しく書けるようになってきている。

三つ目は、生徒が記述した考察・推論から要素ごとの変容を分析した(図9)。提案授業の最後である第7時の考察・推論と、提案授業を終えた後の事後調査の考察・推論の結果から、事後調査の事実の達成率を見ると、46%であり半数以上の生徒が正しく事実を記述できていないことがわかる。また、理由付けにおける達成率が第7時と事後調査でそれぞれ59%と34%であり、他の要素よりも低くなる傾向が見られた。事後調査の考察・推論の記述のうち、事実の誤答として多かったものの例を表6に示す。生徒cを誤答と判断したのは、表1の「原因と結果にあたる記述がある。」の規準に達していないからである。結果にあたる「音の波形が違う」という表現では、音の波形が多くなったのか、少なくなったのか、つまり振動数の大小に言及していないので誤答とした。この誤答例が最も多かった。次に多かった誤答例として、生徒dの記述を挙げる。この記述の「弦の張りの強さ」は揃えている変数であり、原因と結果どちらにも当たらず誤答とした。

理由付けの誤答例を表7に示す。生徒e、生徒fともに、音の科学的概念を理由付けとして扱っているものの、調査課題に対しては「振動数」を主張と結びつけなければならないので誤答とした。この誤答例以外では、理由付けにあたる記述がない場合が多数を占めた。

(2) 成果と課題

一つ目の結果より、要素を意識した考察・推論が書けるようになった生徒が増える傾向が見られたのは、第2時と第3時で考察ワークシート(図5)を用いたことで、アーギュメントの要素を意識しやすくなったからだと考えられる。また、二つ目の結果が示すように、授業を重ねるごとに、考察・推論に含まれる要素が増えていく傾向が見られることから、生徒を支援するために考察ワークシートを用いることは、アーギュメント構成能力を育成する上で、有効性があると考えられる。しかしながら、表2からわかるように、三つの要素を含む考察・推論を表現できるようになった生徒は、第7時と事後調査ではそれぞれ49%と26%にとどまった。一因

表5 生徒bの考察・推論の記述の変容

課題	弦の長さを変えると、音の高さはどのように変化するのだろうか。
生徒b 事後調査	弦の長さは短くなったら、それと一緒に音も高くなる。
生徒b 事後調査	弦の長さを長くすると、振動数が少なくなって、弦の長さを短くすると振動数が多くなる。振動数が多かたら音が高くなり、振動数が少かたら音が低くなるから。弦の長さが長かたら音は低くなって、弦の長さが短かたら音は高くなる。

※ は事実, は理由付け, は主張を示している。

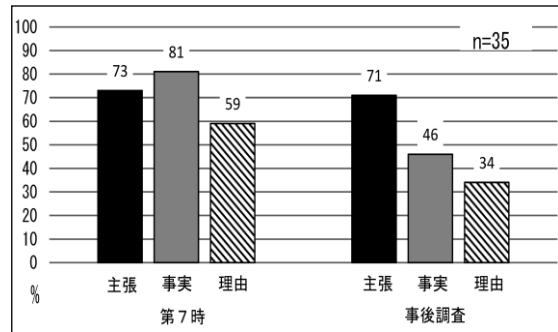


図9 提案授業第7時と事後調査の要素ごとの達成状況

表6 生徒c, 生徒dの事実の記述

課題	弦の長さを変えると、音の高さはどのように変化するのだろうか。
生徒c 事後調査	実験1と実験2では、弦の長さは実験1が長い。実験2は短く、音の波形が違う。
生徒d 事後調査	弦の長さが変化すると、はじいた弦の長さが長いほど弦の張りの強さが強い。

※考察・推論の記述の事実の部分のみ抜き出している

表7 生徒e, 生徒fの理由付けの記述

課題	弦の長さを変えると、音の高さはどのように変化するのだろうか。
生徒e	振幅が大きいほど、音は高くなる。
生徒f	音速は距離が関係しているので音も変わる。

※考察・推論の記述の理由付けの部分のみ抜き出している

として、考察・推論を記述する場面が三回しかなかったため、アーギュメント構成能力を十分に育成できなかったためだと考えられる。二つ目の結果より、提案授業を重ねることで考察・推論に含まれる要素が増えるため、授業の回数を増やしていけば、アーギュメント構成能力は育成されると考えられる。

また、図9より、事後調査における事実の達成率が半数を超えていないことがわかる。誤答例(表6)として挙げたように原因と結果の記述ができていない解答が多かった。これら誤答の原因は、今回の提案授業では課題の設定及び検証計画の立案は教師が提示したり、教科書に掲載されている実験方法を把握したりする事にとどまったからだと考えられる。この課題を解決するには、平成30年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科にあるように、自然の事物現象から問題を見いだして課題を設定する学習活動の充実や、予想や仮説を立て、検証するための観察・実験を計画する学習活動の充実を図る必要があると考える。

また、三つの要素の中で理由付けの達成率が低い傾向にあることから、生徒にとって理由付けを記述することは比較的難しいと考えられる。授業を設計する際には理由付けの基となる既習事項等を確実に習得させる必要がある。具体的には、デザイン原則③に「アーギュメントの内容知識の利用」とあるように、授業設計モデル(図2)を用い、理由付けで扱う既習事項を教師が把握し、その既習事項を授業ごとに復習したり、導き出した規則性を理由付けとして活用したりするような演習を行い、概念的に理解させていくような事が考えられる。

5 今後の取組について

最後に、本研究では、アーギュメント構成能力の育成を通して、思考力・判断力・表現力等の育成を目指す授業を実施した。課題も残ったが、授業設計モデルや考察ワークシートなどを用いることで、それらを育成することに一定の効果が見られた。

生徒がアーギュメント構成能力を身に付けると、他の探究の過程においても考察・推論する際に「事実」は何か、「理由付け」に用いる既習事項は何かと思考を巡らせながら課題を解決することができると考えられる。これを繰り返すことによって、未知の状況にも対応できる思考力・判断力・表現力等が育成されるのではないかと筆者は考える。よって、今後も生徒のアーギュメント構成能力の向上を意識した授業づくりを続けるとともに、探究の過程の考察・推論する場面だけでなく、仮説を設定する場面など他の場面においてもアーギュメントの構造を取り入れていきたい。

<注釈>

注1 デザイン原則とは「授業実践の中から引き出される、授業づくりのベースとなる指針」である。(山本2015)

<引用文献>

- ※1 文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説 理科編』学校図書 p.23 (2017)
- ※2 文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説 理科編』学校図書 p.6 (2017)
- ※3 山本智一『小学校理科におけるアーギュメント構成能力の育成』風間書房 p.1 (2015)
- ※4 文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説 理科編』学校図書 p.123 (2017)
- ※5 文部科学省『中学校学習指導要領(平成29年度告示)解説 理科編』学校図書 p.121 (2017)
- ※6 益田裕充「考察とは何か」『教科研究理科 No.199』学校図書株式会社 p.2 (2014)

<参考文献>

- ・Toulmin.S「The Uses of Argument」New York, NY: Cambridge University Press (1958) (戸田山和久, 福澤一吉訳『議論の技法』東京図書(2011))
- ・松下佳代『対話型論証による学びのデザイン』勁草書房(2021)
- ・山本智一『小学校理科におけるアーギュメント構成能力の育成』風間書房(2015)
- ・国立教育政策研究所『平成30年度全国学力・学習状況調査報告書中学校理科』(2018)