

単元の導入で観察した現象の変化をグラフに表現させる指導が
疑問の生成に及ぼす効果

栗原 淳一・畔上 峻也・高柳 智之

群馬大学教育実践研究 別刷

第37号 87～91頁 2020

群馬大学教育学部 附属学校教育臨床総合センター

単元の導入で観察した現象の変化をグラフに表現させる指導が疑問の生成に及ぼす効果

栗原 淳一¹⁾・畔上 峻也²⁾・高柳 智之³⁾

1) 群馬大学教育学部理科教育講座

2) 前橋市立第一中学校

3) 館林市立第一中学校

The Effect of Teaching Expressing Changes in Observed Phenomena on a Graph at the Beginning of Learning

Jun-ichi KURIHARA¹⁾, Shunya AZEGAMI²⁾, Tomoyuki TAKAYANAGI³⁾

1) Department of Science Education, Faculty of Education, Gunma University

2) Maebashi Municipal Daiichi Lower Secondary School, Gunma

3) Tatebayashi Municipal Daiichi Lower Secondary School, Gunma

キーワード：疑問の生成、グラフ化、指導方法

keywords : occurrence of question, graphing, teaching method

(2019年10月31日受理)

1. 研究の背景

一般的に自然認識は、自然事象の観察によって生まれる疑問から問題を明らかにすることから始まり、その問題解決を通して行われる。理科授業においても同様に、自然の事象の観察といった働きかけによって疑問を生じさせることから問題解決の活動が始まる(森, 2003)。そして、学習者が抱いた疑問を表現させ、探究の見通しを含む形にした問題を設定させ、その解決を図らせる。

疑問をもつ時は、疑い、驚き、無知、当惑、無理解、不確かさ、困惑といった心理的状态にある(Dillon, 1998)とされる。このことを踏まえると、理科授業において、事象を観察した際の個々の学習者の状態によって、様々な疑問が教室に存在するといえる。これら多様な疑問から、学習内容に沿った問題の設定につなげる指導を行うことは、教師にとって容易

ではない。そこで、理科授業において、疑問から単元の学習内容に沿う問題を設定させる指導の方法を検討する必要がある。

問題の設定については、科学的に調査可能な問題であるか否かを判断する視点を獲得させたり(川崎・松浦・中山, 2013)、科学原理や法則に基づく問題であるか否かの判断基準を理解させたり(坂本・山口・村山・中新・山本・村津・神山・稲垣, 2016)することの有効性が指摘されている。しかし、疑問から問題の設定につなげる指導方法についての知見はほとんどない。

そこで本研究では、現象(従属変数)とその要因(独立変数)についての量的な見方や関係的な見方を働かせて問題解決を行う学習を対象とし、疑問から問題の設定につなげる指導に着目した。自然事象を観察させた後に、現象(従属変数)とその要因(独立変数)の2変数の変化をグラフに表現させる指導によ

て、学習者が疑問をもつ心理状態をつくりだすことができるのではないかと考えた。当然、学習前であるため、その自然事象についての知識はない状態でグラフに表現させることになる。したがって、学習者は2変数の関係を生活経験や既習事項を踏まえて推測することになり、疑い、無知、当惑、無理解、不確かさ、困惑といった疑問感を抱くと考えた。また、現象（従属変数）とその要因（独立変数）の変化をグラフに表現しようとする時、具体的な変化量や2変数の関係について思考することになるため、学習内容に沿う問題につながる疑問を抱く可能性が高くなると考えた。

2. 研究の目的

理科授業の導入場面で現象を観察させ、現象（従属変数）とその要因（独立変数）の2変数の変化をグラフに表現させる指導により、学習内容に沿った問題の設定につながる疑問が生成するかを検証する。

3. 調査

3.1 調査対象及び時期

A県内公立中学校第1学年4学級118名の生徒を対象とした。検証授業は「水の状態変化」についての問題の解決を図る授業の導入場面とし、2018年11月上旬に実施した。授業実施に当たっては、4学級とも同一の教師が担当した。

3.2 指導

検証授業の導入場面の指導の過程を表1に示す。

まず、小学校第3学年で既習済みである「水は0℃で凍ること」、「水は100℃で沸騰すること」、「加熱時間とともに水温は上昇すること」を教師が生徒とのやりとりを通して確認させた（指導過程1）。次に、ピーカー内で凍った水を熱して状態が水に変化し最終的に水が沸騰していく様子の動画（図1）を観察させ（指導過程2）、動画の現象を見て疑問に感じたことや調べたくなったことを記述させた（指導過程3）。そして次に、加熱時間と水の温度をそれぞれ横軸と縦軸として、それらの変化の様子をグラフに表現させるとともに、そのグラフを描いた理由を言葉で記述させた（指導過程4）。グラフ描画後、現象について疑問に感

表1 指導の過程

指導過程	生徒の活動
1 既習事項の確認	既習内容（「水は0℃で凍ること」、「水は100℃で沸騰すること」、「加熱時間とともに水温は上昇すること」）を確認する。
2 現象を観察させる	氷が熱せられて水になり、沸騰していく様子を観察する（動画による観察）。
3 現象の観察によって抱いた疑問を記述させる	観察後に抱いた現象についての疑問や調べたいことを、相談することなく個人で記述する（疑問①の記述）。
4 現象の変化の様子をグラフに表現させ、そのグラフを描いた理由を記述させる	・現象を観察しながら（繰り返し再生される動画を見ながら）、加熱時間に伴う温度の変化を個人でグラフに表す。 ・そのグラフの概形にした理由を個人で記述する。
5 現象について抱いた疑問を記述させる	現象についての疑問や調べたいことを、相談することなく個人で記述する（疑問②の記述）。

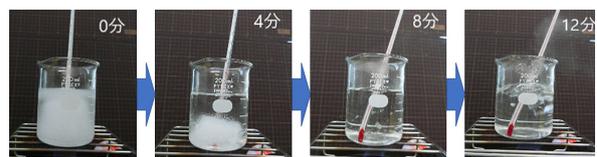


図1 生徒が観察した自然事象の動画の一部
※加熱直後、4分後、8分後、12分後の動画を静止画として切り出して示した。

じたことや調べたくなったことを記述させた（指導過程5）。

指導過程3と5において、生徒が抱いた疑問が複数生成された場合には、全て記述させた。また、疑問が生成されなかった生徒については、記述するスペースを空欄にさせた。

4. 分析の方法

指導過程3における生徒の疑問の記述（疑問①）、指導過程4において生徒が描画したグラフとその理由

の記述、グラフ描画後の指導過程5における生徒の疑問の記述(疑問②)を分析対象とした。

生徒の記述は、その内容で分類した。疑問の記述としては適切でないとは判断されるものは、削除せずに集計した。また、学習指導要領解説理科編(文部科学省, 2018)に示された「純粋な物質では状態変化している間は温度が変化しないこと」を踏まえ、「物質が状態変化している時の温度」に着目している記述を、学習内容に沿った問題の設定につながる疑問とした。

5. 結果と考察

5.1 観察させた現象の変化をグラフに表現させる指導で学習内容に沿った問題の設定につながる疑問が生成するか

観察後の生徒の疑問の記述(疑問①)、グラフ描画後の生徒の疑問の記述(疑問②)の内容とその数を、それぞれ表2と表3に示す。観察後の生徒の疑問の記述(疑問①)、グラフ描画後の生徒の疑問の記述(疑問②)について、「物質が状態変化している時の温度」に着目していた数を表4に示す。

表2から、動画による現象を観察した後の疑問は多様で、まとまりのないものであることがわかる。それに対し、グラフ描画後には、学習内容に沿った問題の設定につながる疑問が描画前に比べて多く出現した(表3、表4)。このことから、単に自然事象を観察しただけでは、学習内容に沿った問題につながる疑問は生成されないと見える。また、本指導方法は、自然事象の観察から学習内容に沿った問題につながる疑問を生成させる一定の効果があると考えられる。したがって、本指導方法は、生徒が抱く多様な疑問から学習内容に沿った問題の設定につなげるための指導方法になり得ることが示唆される。

5.2 疑問の生成パターン

本指導方法によって、学習内容に沿った問題につながる疑問の生成パターンは、主に次の生徒Aと生徒Bの生成パターンに代表された。

5.2.1 生徒Aの記述から

指導過程2で提示した動画では、氷を熱してから約8分後に沸騰が始まっている。生徒Aが記述したグラ

フ(図2)では、加熱時間8分のときに水の温度を100°Cとしている。また、生徒Aの疑問②(図3)から、生徒Aは水が沸騰する温度について理解していることがわかる。

一方、生徒Aは疑問②で「氷が溶け始める温度が知りたい」と記述しており(図3)、「沸騰したときの温度(わかっていること)」と「状態変化している時の温度(わからないこと)」を区別していることがわかる。

つまり、生徒Aは、グラフを描画することによって「わかっていること」と「わからないこと」を区別することができ、このことによって疑問が生成されたと考えられる。

5.2.2 生徒Bの記述分析から

生徒Bは、グラフを描画した理由について、「ふっとう後は、温度は変化しない」と記述している(図4)。しかし、グラフ描画後の疑問②で、「ふっとうしてから、温度の変化はどうなるのか」と記述している(図5)。このことから、生徒Bは、グラフを描画する以前に「理解していた」と思っていたことが、グラフを描画することで、その理解に疑いをもち当惑し、疑問が生成されたと考えられる。これは、西林(1997)が指摘する「不十分な理解状態にもかかわらず、理解がその状態で留まっている安定状態(わかったつもり)」が崩された「わからない状態」への変化ととらえることができる。生徒Bは、グラフを描画することによって「わかったつもり」が崩され「わからない」状態になり、疑問が生成されたと考えられる。

6. 本研究のまとめと今後の課題

理科授業の導入場面で現象を観察させ、現象(従属変数)とその要因(独立変数)の2変数の変化をグラフに表現させる指導は、学習内容に沿った問題の設定につながる疑問を生成させる一定の効果があることが示唆された。本指導方法は、自然の事象の観察といった働きかけによって疑問を生じさせ学習内容に沿った問題の設定につなげるための指導方法になり得ると考えられる。また、本指導方法による疑問の生成パターンは、「わかっていること」と「わからないこと」を区別することで疑問が生成されるパターンと、「わ

表2 観察後の生徒の疑問（疑問①）とその数
※網掛けは「物質が状態変化している時の温度変化」に着目した記述

クラス	生徒が抱いた疑問	数
1	何度までいったのか	1
	実験がやりたくなった	1
	100°C以上のもので何が溶けるか	1
	温度が低くて溶ける物	1
	氷がとけたすぐの水の温度はいくつか	1
	体積の変化はどうか	3
	氷がとける様子と温度の変化を調べたい	1
	1分で温度はどのくらい上がるか	2
	氷が浮いたのはなぜか	1
	温度の変化について	3
	最後にとけた時に温度計も周りに氷が浮いてからとけたこと	1
	氷の白いところは何なのか疑問に感じた	1
	氷がとけるのが思ったより遅かった	1
	氷がとけるまでの時間と沸騰するまでの時間の差	1
	氷が沸騰するとなぜ泡が出るのか	1
	泡の正体	2
	氷がとける順番は上からなのか下からなのか	1
	氷が上に浮かんでからなかなかとけない	1
	泡が出てきたときの温度	1
	2	上半分は水で、下は氷の時なんていうのか
氷がすぐとけると思ったけど遅くてびっくりした		1
上からとけているのはなぜか		7
水から水蒸気になるときは沸騰していた		1
氷が浮いたことが疑問だった		4
状態が変化するとき水と氷が混在すること		1
沸騰はやまないのか		1
氷が下にあることが不思議だった		2
10分くらいから沸騰する理由を調べたい		2
固体から液体に変化している間にどんなことが起きているか		1
3	氷がなくなった時の水の温度	1
	泡がぶくぶくしたことが疑問だった	3
	ロウを凍らせてみたい	1
	あためている温度は何度か	3
	氷がとけてから沸騰するまでのどのくらい上がるのか	1
	物質によって沸騰したり凍る温度は変わるのか	1
	氷がとけていくときの温度変化	1
4	氷がなくなったときの水の温度	3
	液体から気体になるときはどんな温度か	1
	氷がとけるまでの時間と沸騰するまでの時間の差時間と沸騰するまでの時間	1
	氷がとける温度は何度か	6
	沸騰したときに蒸発しているのか	3
	沸騰するのは何度か	3
	水の量は変化するのか	2
	氷がとけたときの温度	1
	氷はどこからとけていくのか	1
	沸騰したときの質量	2
	状態が異なるものが混在しているときの温度	1
沸騰した水の量	1	
最初の温度	1	
沸騰したらなぜ気体が発生するのか	4	

表3 グラフ描画後の生徒の疑問（疑問②）とその数
※網掛けは「物質が状態変化している時の温度変化」に着目した記述

クラス	生徒が抱いた疑問	数
1	沸騰している時の温度変化はどうなっているのか	8
	氷がとけると温度は早くあがるのか	1
	最初の1分の時は、何度くらいなのか	1
	氷は100°C以上になるのか0°C以下になるのか	2
	氷が1分に溶ける量は同じか	1
	温度の上がり方	4
	水温がどこで大きく変化していくのか詳しく調べたい	1
	氷の変化する様子を見たい	1
	最低温度と最高温度の差	1
	温度が何度まで上がるか調べてみたい	1
	加熱時間と温度は比例するのか	1
	7分頃に底のほうに泡がある	1
	どのくらいの温度で氷はとけるのか	1
	温度がいきなり上がったことはあるのか	1
	沸騰するときは何度か	1
	氷が溶け始める温度を知りたい	3
	温度が上がるとなぜ氷がとけるのか気になった	1
	沸騰するとぼくぼくするのはなぜか	1
	氷は何分でとけるのか	3
	状態変化をもっとしらべたくなった	1
2	沸騰するときの温度が分からない	9
	氷がとけるまで時間がかかること	1
	最初の氷の温度	2
	氷がとけ始める温度	1
	氷がとける時間	1
	何度で凍るのか	2
	氷と水の混在しているときの温度	4
	氷は100°C以上いくのか（沸騰している時はあがらないのでは?）	4
	4～7分の温度の変化	1
	温度の変化がわからない	3
他の物質の状態変化の様子	1	
3	氷がとけているときの温度	3
	沸騰している時の温度の変化	11
	氷の温度は何度か	6
	氷と水が混在しているときの温度	4
	4～7分のときの温度	4
	質量と体積の変化	1
	温度変化の傾き	2
蒸発して水がなくなるときの温度を確かめたい	1	
4	氷と水が混在しているときの温度	10
	氷がなくなったときの温度は何度か	1
	氷が上から溶ける理由	1
	氷がない時、沸騰していないときの温度変化	2
	沸騰しているときの温度は100度以上か	4
	沸騰してからの温度	4
	氷の温度は何度か	7
	温度変化の傾き	4
	何度で沸騰するのか	2
	氷の溶ける温度が分からない	1
氷の重さ	1	
氷の大きさを変えたときの温度変化	1	

かったつもり」が崩され「わからない」状態になることで疑問が生成されるパターンであることが明らかとなった。

本研究では、「水の状態変化」についての問題の解決を図る授業を事例として本指導方法の検証を試みたが、他の「現象（従属変数）とその要因（独立変数）

表4 「状態変化している時の温度」に着目した疑問の数

クラス	観察後の疑問の記述（疑問①）	グラフ描画後の疑問の記述（疑問②）
1	1	10
2	0	17
3	2	18
4	1	18

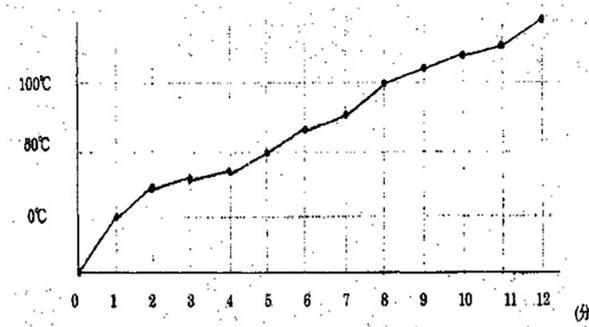


図2 生徒Aが描画したグラフ

「ふっとうした時の温度しか知らないのよ」
 「氷が溶け始める温度」と、「ふっとうした後の温度」が知りたい。

図3 生徒Aのグラフ描画後の疑問（疑問②）

スタートしてから1分は温度は変わらず、ふっとうするまではたぶん温度が上がり、ふっとうしてからは大きな変化が見えなかったため、ふっとう後は温度は変化しない。

○映像を見て、加熱時間と温度の変化の関係をグラフに表してみよう

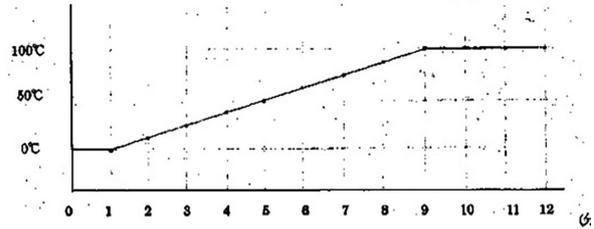


図4 生徒Bが記述した温度の上がり方の説明とグラフ

氷が1分にとける量は同じなのか。
 ふっとうしてから、温度の変化はどうなるのか。

図5 生徒Bのグラフ描画後の疑問（疑問②）

についての量的な見方や関係的な見方を働かせて問題解決を行う学習」についても検証を重ね、指導方法の効果を検討していく必要がある。また、本研究では、問題を設定させる指導まで検討できていない。本指導方法と、問題を設定させるための効果的な先行研究とのマッチングについても検討していく必要がある。

引用文献

Dillon, J. T. (1998) Theory and Practice of Student Questioning. In Karabenick, S.A.(Ed.), *Strategic Help Seeking Implication for Learning and Teaching*. Mahwah, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, 355-369.

川崎弘作・松浦拓也・中山貴司 (2013) 「科学的思考力としての「問題の区別」に関する研究—小学校理科における学習指導法の考案—」『広島大学大学院教育学研究科紀要』第二部, 第62号, 35-41.
 文部科学省 (2018) 『中学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説理科編』学校図書.
 森一夫 (2003) 『21世紀の理科教育』学文社.
 西林克彦 (1997) 『「わかる」のしくみ「わかったつもり」からの脱出』新曜社.
 坂本美紀・山口悦司・村山功・中新沙紀子・山本智一・村津啓太・神山真一・稲垣成哲 (2016) 「科学的な問いの生成を支援する理科授業—原理・法則に基づく問いの理解に着目して—」『教育心理学研究』第64巻, 第1号, 105-117.

(くりはら じゅんいち・あぜがみ しゅんや・たかやなぎ ともゆき)

