

物質のつくりに対する児童の認識の更新を表現する、 モデル図を活用した系統的な指導

三木 勝仁

科学的な思考力・表現力の育成を図る観点から、指導内容に応じて、観察・実験の結果を整理し考察する学習活動、科学的な概念を使用して考えたり説明したりする学習活動の充実が求められている^{*1)}。本稿では、小学校理科の授業において、物質のつくりに対する児童の思考を、実験結果をもとに更新させることを通して、科学的な思考力・表現力を育て、児童に自らの変容を意識させる、系統的な指導について述べる。

〔キーワード〕 科学的な思考力・表現力 粒子 系統性 モデル図 教員研修

はじめに

「理科の学習は、児童の既にもっている自然についての素朴な見方や考え方を、観察、実験などの問題解決の活動を通して、少しずつ科学的なものに変容させていく営み^{*1)}」との考え方が、現行の学習指導要領に示されている。

このような理科の学習を行うためには、児童が見出した現象（情報）によって児童の考えが更新され、見出した情報ごとに児童が自分自身の考えが更新されていくことに気付くような指導が必要である。また、児童の素朴な見方や考えを科学的なものに変容させるためには、児童達が互いの考えを表現し合い、どのような考えが眼前の現象を説明し得るものであるのか、否かを検討し合うことも必要となる。

児童の考えが更新されていく過程においては、「児童Aの考えと児童Bの考えは、表現は違うが同じ考えである」と児童が解釈する場面が現れる。これは、児童の思考力や表現力、理解力、分析力が向上したことを示すものであり、望ましいことである。

また、「児童Cの考えと児童Dの考えは違うのだけれど、どちらの考えが良いのか、現在のところでは判断できない」、「児童Cの考え、または児童Dの考えのどちらかを否定するだけの事実を示すことができない」と児童が考える場面も現れる。これは、児童が「『科学的』とはどのようなことなのか」を理解したことを示すものであり、科学的に考える力が向上したこ

とを示すものである。このようなときには、いずれかの考えに収束する、または第三の考えを見出すことができる事実と児童が出会うときまで、教師が学習内容の系統性に留意しながら、児童の問題意識が継続するよう指導する必要がある。本稿では、物質のつくりについての考えを「モデル図」を用いて表現し、その変容を教師が見取りながら指導することを目的とした教員研修講座の概要について述べる。

1 第4学年「空気と水の性質」

本単元においては、「空気と水の性質の違いを力を加えたときに手ごたえなどの体感をもとにしながら比較できるようにする。また、力を加える前後の空気の体積変化について説明するために、図や絵を用いて表現することができるようにする^{*1)}」指導が示されている。そこで、次の(1)、(2)の事実をそれぞれ確認した後、そのようになる理由を、モデル図で表現させた。

- | |
|---|
| <p>(1) 容器に閉じ込めた空気を圧すと体積は小さくなるが、水の体積は変わらない。圧されて小さくなった空気の体積は、圧した力がなくなると、元の大きさに戻る。</p> <p>(2) 容器に閉じ込めた空気を引くと体積は大きくなるが、水の体積は変わらない。引かれて大きくなった空気の体積は、引いた力がなくなると、元の大きさに戻る。</p> |
|---|

受講者は、まず(1)の図をそれぞれに描いた。(1)を表現する図にもさまざまなものがあることに、受講者自身が感心していた。その後、(2)を表現する図、特に、「圧したときだけではなく、引いたときも、水の体積が変わらない理由」を表現したものを描いた。以下、児童の考えを想定して、本研修講座を受講した小学校教諭が、描いた(1)、(2)のモデル図を合わせて紹介する。

① 空気、水を、それぞれ1つの塊のように表現した例(図1、2)

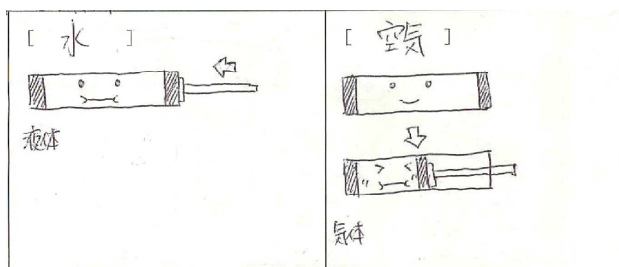


図1

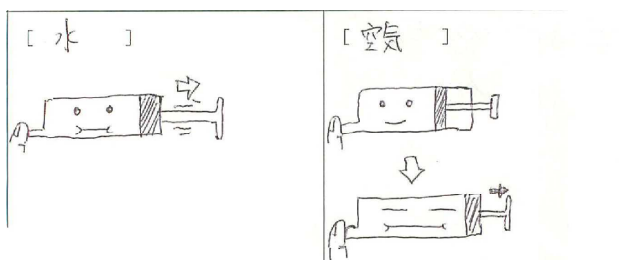


図2

空気と水に力を加えたときの、体積の変化の様子は示すことができたが、その理由については表現できなかった。

② ①と同様に、空気、水を、それぞれ1つの塊のように表現しているが、その内部に粒子を表現した例(図3、4)

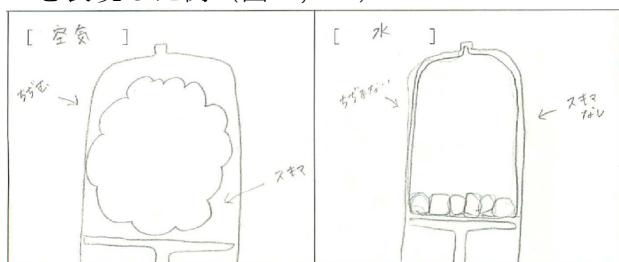


図3

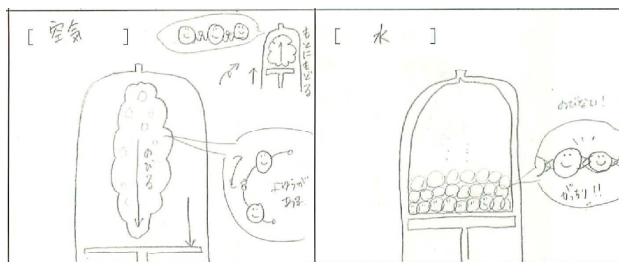


図4

(1)の段階では、空気と水の外側に「縮むことができる理由」としてのすき間を描いていた。しかし、(1)の図では、空気の体積が元に戻る理由、水の体積が変わらない理由を表現できなかったため、その内部に粒子を描き、空気には伸び縮みする手を、水には伸び縮みしない手をつけた。

③ 空気、水を粒子で表現し、体積変化の理由を「粒子をつなぐ物の違い」で表現した例(図5、6)

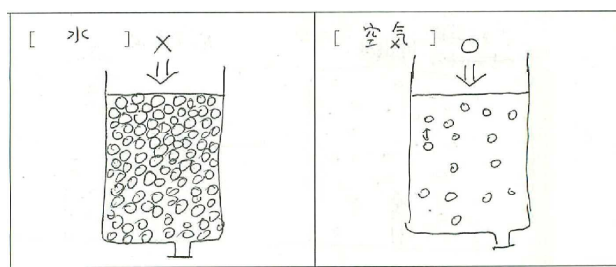


図5

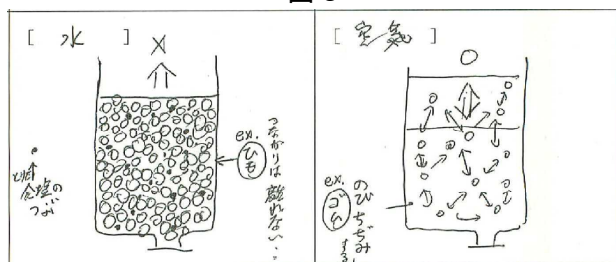


図6

引いたとき(下段)の体積変化を、空気の粒子は「ゴム」のような伸び縮みする物、水は「ひも」のように伸び縮みしない物でつながっているから、と具体物にたとえて(メタファー)表現している。

④ 空気、水を粒子で表現し、体積変化の理由を「粒子の変形」で表現した例(図7、8)

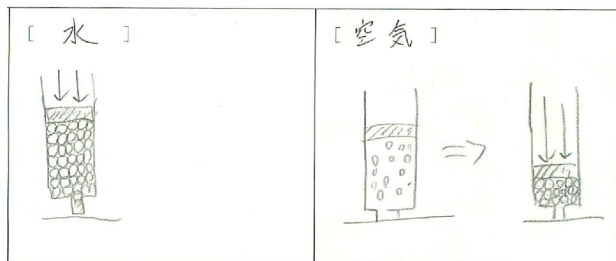


図7

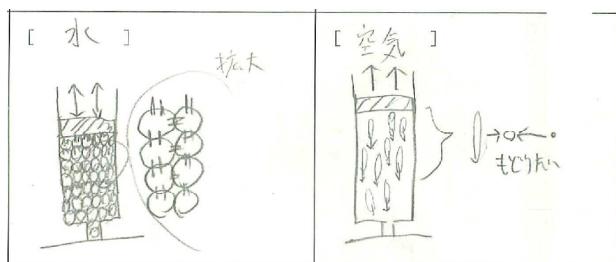


図8

空気の体積変化は「元の形に戻ろうとする」空気の粒子の変形とその性質によるものであり、水が体積変化しない理由として強固な結びつきを表現している。

- ⑤ 空気、水を粒子で表現し、体積変化の理由を「粒子の擬人化による意思」で表現した例(図9, 10)

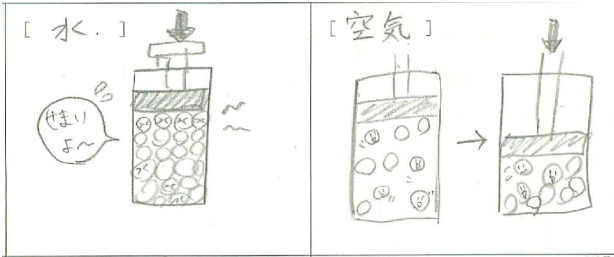


図9

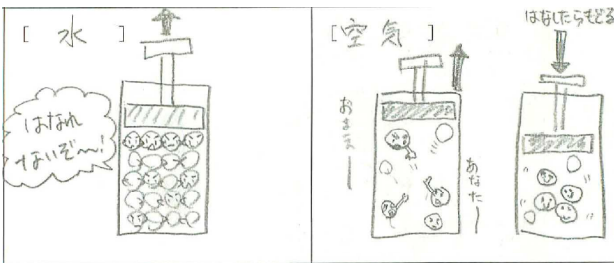


図10

これらの他にもさまざまなモデル図が描かれたが、新たな情報(事実)が加わるたびに、モデル図が更新されていくことを、受講者は自らが描いた図から読み取ることができていた。また、第3学年「物と重さ」における「物は、形が変わっても重さは変わらない」学習をもとに、力を加える前後で、重さの原因となる物の数が変化してはいけないことにも気付いた。

2 第4学年「金属、水、空気と温度」

本単元においては、「金属、水及び空気を温めると、それらの体積は膨張し、冷やすと収縮する。その体積の変化の様子は、金属、水及び空気によって違いがあり、これらの中では、空気の温度による体積の変化が最も大きいことを実験結果に基づいてとらえ、温度変化と物の体積の変化との関係をとらえるようにする^{*1)}」ことが示されている。そこで、次の(1)、(2)の事実をそれぞれ確認した後、そのようになる理由を、単元「空気と水の性質」で描いたモデル図を発展させて表現させた。(2)は、ワッシャーと釘を用いた実験を行い確認した(図11)。

- (1) 水及び空気を温めると、それらの体積は膨張し、冷やすと収縮する。
 (2) 金属を温めると、それらの体積は膨張し、冷やすと収縮する。



図11 ワッシャーの加熱前には通らなかった釘が、加熱後には通り、ワッシャーの冷却により、外れなくなる

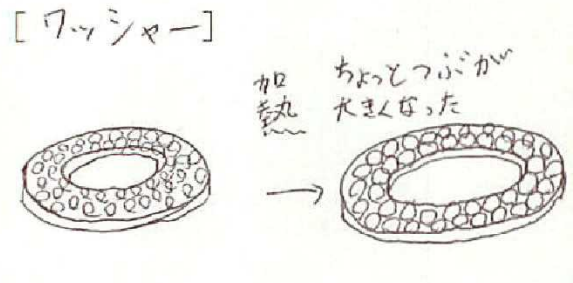


図12

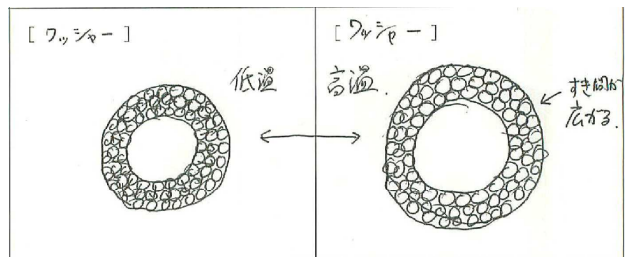


図13

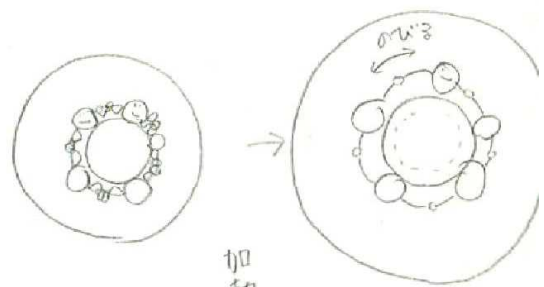


図14

図12, 13, 14はいずれも、(2)の内容である、金属が温められたことにより、体積が膨張(ワッシャーの穴の部分広がる)ことを、金属の粒子を用いて示している。しかし、金属の体積が

変化する理由は、①粒子そのものの大きさが変わるから、②粒子の大きさは変わらずに粒子同士の間隔が変わるから、③粒子同士の間隔が変わるのは粒子同士を結びつけているものの長さが変わるから、と3説ある。(1)についても、図4、6、8、10をもとにしながら、同様の3説であった。児童が観察できる現象からは、3説のうち、いずれが正しいのかを立証することはできない。しかし、いずれかに決めることはできなくても、正しく処理された実験結果に基づいて、児童が自ら自分の論理を作ることには価値があると考えられる。

3 第5学年「物の溶け方」

本單元においては、「物が水に溶けても、水と物とを合わせた重さは変わらない」ことを学習するために、「図や絵などを用いて表現するなどして考察し、適切に説明できるようにすること」が例示されている^{*1)}。実験の工夫や発問例は別稿^{*2)}に詳しいが、ここでは、水に溶けた物は、水の中のどこにあるのかを考え、第4学年「金属、水、空気と温度」の際に描いたモデル図を更新することとした。

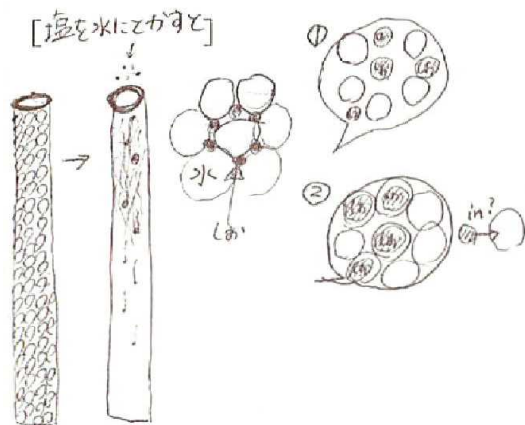


図15

図15は、受講者が描いたモデル図の一つである。水の粒子にすき間があるのだとすれば①、第4学年「空気と水の性質」のときの図1～3のような「すき間のない水」モデルだとすれば②のように、水の粒子の中に入るのではないかと考えている。「物をつくっている粒子は、堅くてすき間だらけの物であり、手やひも、ゴムのような物で結びついている物なのか」「温度や圧力によって形を変えたり、溶かした物が出

入りできるような柔らかい物なのか」と児童の考え方を模索していた。

4 第6学年「水溶液の性質」

本單元においては、「水溶液には、金属を変化させるものがあること」を学習するために、薄い塩酸にアルミニウムを入れるなどして、「水溶液の性質や金属の質的变化について十分に説明するために、推論したことを図や絵、文を用いて表現すること」が例示されている^{*1)}。

薄い塩酸にアルミニウムを入れると、アルミニウムが溶けて気体（水素）を発生させる。アルミニウムが溶けた塩酸を蒸発乾固させると、アルミニウムではないものが残る。児童は、①「発生した気体は、もともと塩酸の中にあっただのか、アルミニウムの中にあっただのか」、②「蒸発乾固させて残った物は、アルミニウムに何かがついた物なのか、アルミニウムから何かが失われた物なのか」と疑問に思い、モデル図を描くと、これが児童が解決すべき問題となる。①は児童には解決できない問題であるが、②は塩酸に溶かしたアルミニウムの重さよりも蒸発乾固させて残った物の方が重いという実験結果から、「アルミニウムに、塩酸の中にあっただの何かがついた物である」ことがわかる。

おわりに

実験の結果以外の、身近な現象の中に、自分達が見出した問題を解決するヒントはないかと、児童が自ら探し始めたとき、学習と日常生活がこれまで以上に結びつき、一歩進んだ「実感を伴った理解」を図る指導が行われたものと考えられる。子ども達は「理科は観察・実験があるから楽しい」とよく言う。その楽しさに加え、考える楽しさ、考えを表現する楽しさ、他とともに知恵を出し合い、事実をもとにして自分の考えを更新する楽しさも理科にはあることを、小学校教師が授業を通して子ども達に伝えられるよう、研究を不断に進めていきたい。

参考文献

- 1) 小学校学習指導要領解説理科編 文部科学省 2008
- 2) 三木勝仁 系統性を大切にした「水溶液の性質」の学習 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要 2013

(みき かつひと 初等理科研究班・化学研究班)

