

単元学習の導入段階で生徒が見いだす疑問 —中学校第1学年理科「身のまわりの物質」単元を例として—

山代 一成*・栢野 彰秀**

Issei YAMASHIRO, Akihide KAYANO

Students Find Learning Questions at the Introduction of the Unit

—Through the 1st Grade of Junior High School Lessons on "Personal Materials".—

ABSTRACT

中学校第1学年理科「身のまわりの物質」単元内の2つの小単元「水溶液の性質」及び「物質の姿と状態変化」を取り上げた。それぞれの小単元の学習の導入段階で、小単元の学習内容に関連する自然の事物や現象を可能な限り生徒に演示した。演示を見た生徒が1. 学習課題の設定につながるどのような疑問を自ら見いだしたのか、2. それらの疑問は一連の学習を通してどの程度解決されたのか、について検討を加えた。その結果、次の2点の示唆が得られた。

- ① 中学校の学習内容を超越する演示に留意しながら、単元の学習内容に関連する多様な自然の事象を授業者が演示するのは、生徒の単元の学習課題の設定につながる疑問を自ら見いださせるために有効である。
- ② 疑問を自ら見いださせるだけでなく、生徒個人が持った疑問を一旦クラス内で全員に発表させ、共有し、数多く出された疑問にクラス全体で比較検討を加えて、同じ主旨の疑問にまとめ収斂させて、単元や小単元の学習課題として設定する取り組みが必要である。

【キーワード：探究の過程，学習課題，中学校第1学年，理科】

1. はじめに

2017年に改訂された学習指導要領（理科）では、資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージとして「探究の過程」が明記され、探究に基づく理科学習が重要視された¹⁾。そこには「課題の把握（発見）」から始まり「課題の探究（追究）」の段階を経て、「課題の解決」に至る流れが示されている。「課題の把握（発見）」の段階には、「自然事象に対する気づき」と「課題の設定」という2つの過程が示されている。

児童・生徒が「探究の過程」を経る理科学習を行う際に、単元学習にかかわる自然事象に気付くとともに、単元の学習課題を自ら設定できたりしたりすることは重要である。なぜならばわが国において従来、探究に基づく理科学習は、「児童・生徒の主体的活動」という要素を含むカリキュラム構成と捉えられているからである²⁾。2017年に改訂された学習指導要領で強調された「主体的・対話的で深い学び」のうち、特に「主体的な学び」の実現に「探究の過程」を経る理科授業が寄与するためであるからと考えられる。『理科の教育』誌でも学習課題を見いだす点を集集テーマとして2018年10月号が編集されていることから、2017年に改訂された学習指導要領（理科）全面実施に当たって、重要な検討課題となっていることが分かる。

筆者らはこれまで単元や小単元の導入段階において、

可能な限り単元や小単元の学習内容に関連する自然の事象を生徒に演示したり提示したりする教育実践を行っている³⁾。これらの演示を生徒が見ることによって生徒自身が疑問を見だし、見いだした疑問をもとにこれから行われる単元や小単元の学習の見通しを持って、科学的探究のための課題を設定できたりしたりすることを期待しているからである。島根大学教育学部附属中学校の園山は、これを一歩進めた教育実践を行っている。そこではまず第一に、単元や小単元の導入段階において単元や小単元の学習内容に関連する自然の事象を生徒に提示する。これを見た生徒が自ら見いだした疑問を発表させた後、クラス内での話し合いを通して生徒が見いだした数多くの疑問を集約し、生徒の言葉でこれからの単元学習の学習課題を設定する取り組みを行っている⁴⁾。だが、この取り組みは島根大学教育学部附属中学校における取り組みに留まっている。

そこで本稿では、授業実践の対象を公立中学校に広げ、島根大学教育学部附属中学校が行っている理科授業に従い、小単元の学習内容に関連する自然の事物や現象を可能な限り生徒に演示する。それを見た生徒が学習課題の設定につながるどのような疑問を自ら見だし、一連の学習によってそれらがどの程度解決されたかについての実際を記述・整理することを目的とした。

* 出雲市立第三中学校

** 島根大学学術研究院教育学系

2019年10月28日受付

2020年2月18日受理

2. 取り組みの概要

(1) 授業実践の対象

授業実践は松江市内公立A中学校第1学年2クラス54人を対象に、2018年10月から11月中旬に行われた。対象となった単元は、中学校第1学年「粒子」領域の単元「身のまわりの物質」のうち、「水溶液の性質」、「物質の姿と状態変化」小単元である。使用教科書は東京書籍版『新編新しい科学1』（2018）である。

(2) 小単元学習の導入段階で行われた演示等の実際

① 「水溶液の性質」小単元の場合

小単元の冒頭第1回目の授業時間全てを使って、表1に示された自然の事象の演示等を行った。

表1 生徒に演示した自然の事象

1. 水の入ったビーカーの中に釣り糸でつるした氷砂糖を入れ、溶けるようす。
2. 教科書に掲載された写真を使って、透明な液体に釣り糸でつるされたミョウバンの結晶が徐々に大きくなっていくようす。
3. 水の入ったペットボトルの口からそれぞれすりつぶした食塩、白砂糖、ミョウバンを入れたときの溶けるようす。
4. 5種類の物質（片栗粉、食塩、白砂糖、硫酸銅(Ⅱ)五水和物、過マンガン酸カリウム）の色、及びそれぞれを水の中に入れたときのようす。

② 「物質の姿と状態変化」小単元の場合

本小単元においても、冒頭第1回目の授業時間全てを使って、表2に示された自然の事象の演示等を行った。

表2 生徒に提示した自然の事象

1. 授業者撮影の動画による、リンゴの形をしたロウの融解のようす。
2. 授業者撮影の動画による、固体の食塩の融解のようす。
3. 動画による気体の酸素の凝縮のようす。
4. エタノールが入った密閉した透明な袋に熱湯をかけたときのようす。
5. 細かく砕いたドライアイスに密閉した透明な袋の中に入れた直後のようすと時間経過後のようす。
6. 細かく砕いたドライアイスに内蓋付きのプラスチック容器に入れ、状態変化前後の質量の測定。
7. 授業者撮影の動画による、試験管に入ったパルミン酸とセタノールを湯せんで加熱したときのようす。
8. 透明な袋に入った液体のブタンを袋越しに指で触れたときのようす。

3. 生徒が見いだした疑問

(1) 生徒が見いだした疑問の抽出方法

小単元の学習課題に関連する自然の事象の演示を見た後、生徒が自分自身で見いだした疑問を生徒全員に発表させた。それとともに、口頭で発表した内容を文章でも記述させ、記録として残した。

(2) 生徒が見いだした疑問の実際

資料1には、小単元「水溶液の性質」の学習内容に関連する自然の事象についての演示を見て、生徒自身が見いだした疑問が示されている。同様に資料2には、小単元「物質の姿と状態変化」の学習内容に関連する自然の事象についての演示を見て、生徒自身が見いだした疑問が示されている。

4. 生徒が見いだした疑問の分類

(1) 「水溶液の性質」小単元の場合

資料1に示された生徒が見いだした疑問を書いた文章に筆者らが検討を加えたところ、表3のような3種類の疑問に分類された。

- I. 本小単元の学習で獲得する「科学の知識」や「科学についての知識」を活用すれば解決可能な「水溶液」に関する疑問。
- II. 高等学校やそれ以上の学校種等における学習で獲得する「科学の知識」や「科学についての知識」を活用しなければ解決できない「水溶液」に関する疑問。
- III. 「水溶液」以外に関する疑問。

表3 生徒が見いだした疑問の分類

Iに分類された疑問を見いだした生徒の数は24人、IIに分類された生徒の数は28人、IIIに分類された生徒の数は2人であった。

資料1に示された生徒それぞれの文章記述の後に（I）と表示されていれば、その生徒が見いだした疑問は表3における分類Iに筆者らによって分類されたことが示される。同様に（II）と表示されていれば分類IIに、（III）と表示されていれば分類IIIに分類されたことが示される。

① Iに分類された主な疑問の検討

学習者番号生21の生徒は「なぜ、ミョウバンは溶けずに大きくなっていくのか。」と記述した（以降、生徒21と記述）。生徒21が見いだしたこの疑問は、表1に示された1及び2の事象を見ての疑問といえる。ビーカーの中のミョウバンが溶けないのは、ミョウバンが溶けている水溶液が飽和に達しているためである。ビーカーの中のミョウバンが大きくなっていくのは、一度水に溶けたミョウバンがビーカーの中にあるミョウバンの結晶に再結晶して大きくなるためである。どちらも「水溶液の性質」小単元における学習後に説明できる。同様な疑問を

見いだした生徒は他に7人(生徒5, 8, 9, 10, 16, 23, 27)いる。

生徒40は「かんぜんにとける時間が、ちがうのはなぜか?」と記述した。生徒40が見いだしたこの疑問は、表1に示された3及び4の事象を見ての疑問といえる。(物質が水に)とける時間がちがうのは、物質によって一定量の水にとける質量が異なるだけでなく、水への溶けやすさも物質によって異なるからである。「水溶液の性質」小單元における学習後に説明できる。同様な疑問を見いだした生徒は他に5人(生徒1, 15, 17, 19, 25)いる。

生徒24は「硫酸銅は本当に、溶けるのか?」と記述した。生徒が見いだしたこの疑問は、表1に示された4の事象のうち、硫酸銅(Ⅱ)五水和物の固体の色とそれを水の中に入れた時に水溶液が青色になったのを見ての疑問といえる。この疑問を見いだした時点で生徒24は無色と透明の差異点に気付いていなかったと考えられる。物質が水に溶けた時、有色であっても無色であっても透明であれば水溶液である。この点は本単元の意図する水溶液の概念理解の一つとなる。同様な疑問を見いだした生徒は他に1人(生徒28)いる。

その他「水にとける物やとけない物があるのか。」(生徒7)等の疑問を見いだした生徒は7人(生徒12, 18, 38, 43, 47, 48, 52)であった。

② IIに分類された主な疑問の検討

生徒39は「なぜ水に溶けるものと溶けない物があるのか。」と記述した。生徒39が見いだしたこの疑問は、表1に示された3及び4の事象を見ての疑問と思われる。なぜ、水に溶ける物と溶けない物があるのかという点について、高等学校化学の範囲内で説明すれば、溶媒である水が極性を持つので、溶質にあたる分子の極性を考慮するなど必要とされる場合もある。このためIIに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は他に9人(生徒3, 11, 13, 22, 26, 34, 41, 49, 53)いる。

生徒20は「なんで、一つの線のようになってとけるのか?」と記述した。生徒4が見いだしたこの疑問は、表1に示された1の事象を見ての疑問と思われる。シュリーレン現象に関する疑問である。溶質が溶媒に溶けた直後の水溶液とまわりの溶媒との屈折率の差によってこの現象が観察される。その後、水溶液とその周りにある溶媒が次第に混合していき、両者の屈折率の差が小さくなるとこの現象が観察されなくなる。一つの線のようになって溶けることの説明は、液の濃度の差とそれに伴う屈折率の差について論及しないと説明できないため、IIに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は他に4人(生徒4, 30, 33, 54)いる。

生徒36は「(水溶液に)なぜ色がついているのか。」と記述した。生徒36が見いだしたこの疑問は、表1に示された4を見ての疑問と思われる。色が見えるのは、その波長の光を吸収している点に論及しなければならないため、IIに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は他に11人(生徒14, 29, 31, 32, 37, 42, 44, 45, 46, 50, 51)いる。

(2)「物質の姿と状態変化」小單元の場合

資料2に示された生徒が見いだした疑問を書いた文章に筆者らが検討を加えたところ、表4のような4種類の疑問に分類された。

表4 生徒が見いだした疑問の分類

- | |
|--|
| <p>I. 本小単元の学習で獲得する「科学の知識」や「科学についての知識」を活用すれば解決可能な「物質の状態変化」に関する疑問。</p> <p>II. 高等学校やそれ以上の学校種等における学習で獲得する「科学の知識」や「科学についての知識」を活用しなければ解決できない「物質の状態変化」に関する疑問。</p> <p>III. 「物質の状態変化」以外に関する疑問。</p> <p>IV. 該当なし。</p> |
|--|

Iに分類された疑問を見いだした生徒の数は38人、IIは13人、III 2人、IVは1人であった。

資料2に示された生徒の疑問の文章記述の後に(I)と表示されていれば、その生徒が見いだした疑問は表3における分類Iに筆者らによって分類されたことが示される。同様に(II)と表示されていれば分類IIに、(III)と表示されていれば分類IIIに、(IV)と表示されていれば分類IVに分類されたことが示される。

① Iに分類された主な疑問の検討

生徒11は「物質が状態変化するときの温度は決まっているのか。」と記述した。生徒11が見いだしたこの疑問は、表2に示された1～8の事象全てを見ての疑問といえる。本小単元の目標のうちの一つは、物質が状態変化するときの温度は、物質の種類によって決まっている、ということを実験を通して生徒が見いだすことである。生徒11の疑問は本単元の学習内容そのものといえ、Iに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は他に11人(生徒7, 9, 16, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 35, 46)いる。

生徒8は「状態変化するとき体積や質量は変わるのか?」と記述した。生徒8が見いだしたこの疑問は、表2に示された3～6の事象を見ての疑問といえる。本小単元の目標のうちの一つは「物質が状態変化するとき、体積は変化するが質量は変化しない。」ということを実験を通して生徒が見いだすことである。生徒8の疑問も本単元の学習内容そのものといえ、Iに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は他に2人(生徒29, 32)いる。

生徒2は「どうして、風船がふくらむのか?」と記述した。生徒42は「なんでさわっただけでふっとうしたのかきもんに思いました。」と記述した。生徒2や42が見いだしたこれらの疑問は、表2に示された5または8の事象を見ての疑問といえる。いずれもドライアイスやブタンという具体的な物質を例にして、固体から気体への状態変化、液体から気体への状態変化についての事象に関する疑問の記述である。本小単元の学習内容といえるため、Iに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は

他に17人(生徒 1, 10, 13, 31, 33, 36, 37, 39, 41, 44, 45, 48, 49, 50, 51, 52, 54) いる。

② IIに分類された主な疑問の検討

生徒14は「なぜ、ろうはとけるのか?」と記述した。生徒14が見いだしたこの疑問は、表2に示された1の事象を見ての疑問といえる。この疑問は物質の状態変化の機構に関する疑問と思われる。ロウ(固体)が融ける事象に限らず、物質の状態変化については構成粒子の熱運動にまで論及しないと説明ができなため、IIに分類された。同様な疑問を見いだした生徒は他に4人(生徒3, 5, 17, 27) いる。

(3) 生徒が見いだした疑問についてのまとめ

表4を見ると分かるように、「水溶液の性質」小単元の場合も「物質の姿と状態変化」小単元の場合も、IまたはIIに分類されておれば、授業者の意図通り、学習課題の設定につながる疑問を生徒自身が見いだしたと考えられる。「水溶液の性質」及び「物質の姿と状態変化」小単元においてIまたはIIに分類された疑問の数をそれぞれ数え上げると表5のようになる。

表5 IまたはIIに分類された人数

小単元名 \ 分類	I	II
水溶液の性質	24	28
物質の姿と状態変化	38	13

(人)

表5を見ると、「水溶液の性質」では、IまたはIIに分類された疑問は54人中52人の生徒が見いだしたことが分かる。「物質の姿と状態変化」小単元では、IまたはIIに分類された疑問は54人中51人の生徒が見いだしたことが分かる。この面から捉えると、授業者が生徒に提示した自然の事象は妥当であったといえる。

しかし、小単元「水溶液の性質」ではIに分類された生徒は24人、IIは28人である。同様に小単元「物質の姿と状態変化」では、Iは38人、IIは13人である。「水溶液の性質」小単元における子どもの数24と28を群1、「物質の姿と状態変化」小単元における子どもの数38と13を群2として、フィッシャーの検定を加えたところ、有意差が認められた($p=0.0047$)。

このことから次の2点がいえる。

1. 「物質の姿と状態変化」小単元の導入段階の演示では、中学校の学習の範囲内で解決可能な疑問につながる自然の事象が提示されていた。

2. 「水溶液の性質」小単元の場合、高等学校やそれ以上の学校種等における学習が行われないと解決可能とならない疑問となる内容を含む自然の事象が演示されていた。

表1に示された4における演示のうち、硫酸銅(II)五水和物及び過マンガン酸カリウムの色とそれを水の中に入れたときの水溶液の色を観察させたため、上記2.が生じたのではないかと筆者らは考察した。

中学校における学習内容の範囲内における水溶液の概念については、①質量保存、②透明、③均一についての理解があればよい。②の場合、無色か有色かを問わず透明であればよい。これに加えて、コーヒーシュガーなどの有色透明の水溶液が教科書に掲載されているのは、もちろん有色でも透明であることを示す面もある。しかしそれよりも、有色の範囲が次第に広がっていきやがて溶液全体が同じ色の濃さで有色になっていくことへの理解、すなわち溶液の均一性の理解が優先されている。この色の変化に伴って、溶媒としての水の粒子と溶質の粒子がどのように分布しているのか、目には見えない小さな世界を粒子のモデルを用いて解釈させたり推論させたりするためである。この点については、授業者が無色透明と有色透明の理解までを含めて生徒に演示しようと意図したが、それがかえって中学校のレベルを超える疑問を生徒が出す結果になったと捉えられる。

水溶液の色に関してIIに分類された疑問を見いだした生徒の数は11人であった。上記の点を解決して、それらの生徒全員がIに分類される疑問を見いだせたとしたら、Iの分類の生徒の数は35人(=24+11)となる。

5. 生徒が見いだした疑問の解決

(1) 疑問が解決されたかについての調査

単元学習の導入段階で生徒が見いだした疑問が、一連の単元学習によって解決されたかについての調査も行った。単元学習終了後に導入の段階で各生徒が見いだした疑問をふり返らせながら、一連の単元学習を終え疑問が解決されたかについて自由記述させた。なお、紙幅の都合により、生徒が書き出した文章記述を資料に示すのは割愛した。

(2) 調査結果検討の視点

表6には、「水溶液の性質」小単元及び「物質の姿と状態変化」小単元終了時に生徒が書いた文章記述に筆者らが検討を加えた視点が示されている。

表6 検討を加えた視点

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> i. 生徒自身が見いだした疑問を解決したと捉えられる考えの記述。 ii. 小単元の学習で獲得した「科学の知識」や「科学についての知識」を超えた記述は不足しているが、生徒自らの考えの記述。 iii. 「解決できなかった」などの記述。 iv. その他 |
|--|

表6に示された視点に基づいて、単元学習終了後に生徒が書いた文章記述に筆者らが検討を加えた。

(3) 検討結果

① 「水溶液の性質」小単元

表7には、資料1に示された小単元「水溶液の性質」の導入の段階で小単元の学習内容に関連する自然の事象の演示を生徒が見て見いだした疑問（以降、疑問と略）の分類（Ⅰ～Ⅳ）に対して、一連の単元学習の後、見いだした疑問がどのように解決（分類ⅰ～ⅱ）（以降、解決と略）されたかが生徒毎に学習者番号の昇順で示されている。

表7 生徒毎の「疑問」と「解決」の分類一覧

学習者番号	疑問の分類	解決の分類	学習者番号	疑問の分類	解決の分類	学習者番号	疑問の分類	解決の分類
5	Ⅰ	ⅰ	20	Ⅱ	ⅰ	2	Ⅲ	ⅲ
7	Ⅰ	ⅰ	31	Ⅱ	ⅰ	6	Ⅲ	ⅲ
8	Ⅰ	ⅰ	33	Ⅱ	ⅰ			
9	Ⅰ	ⅰ	3	Ⅱ	ⅱ			
10	Ⅰ	ⅰ	11	Ⅱ	ⅱ			
18	Ⅰ	ⅰ	14	Ⅱ	ⅱ			
19	Ⅰ	ⅰ	22	Ⅱ	ⅱ			
21	Ⅰ	ⅰ	37	Ⅱ	ⅱ			
24	Ⅰ	ⅰ	41	Ⅱ	ⅱ			
27	Ⅰ	ⅰ	42	Ⅱ	ⅱ			
38	Ⅰ	ⅰ	44	Ⅱ	ⅱ			
47	Ⅰ	ⅰ	45	Ⅱ	ⅱ			
52	Ⅰ	ⅰ	46	Ⅱ	ⅱ			
40	Ⅰ	ⅱ	49	Ⅱ	ⅱ			
12	Ⅰ	ⅲ	53	Ⅱ	ⅱ			
17	Ⅰ	ⅲ	13	Ⅱ	ⅲ			
28	Ⅰ	ⅲ	26	Ⅱ	ⅲ			
1	Ⅰ	ⅳ	29	Ⅱ	ⅲ			
15	Ⅰ	ⅳ	32	Ⅱ	ⅲ			
16	Ⅰ	ⅳ	35	Ⅱ	ⅲ			
23	Ⅰ	ⅳ	36	Ⅱ	ⅲ			
25	Ⅰ	ⅳ	39	Ⅱ	ⅲ			
43	Ⅰ	ⅳ	50	Ⅱ	ⅲ			
48	Ⅰ	ⅳ	54	Ⅱ	ⅲ			
			4	Ⅱ	ⅳ			
			30	Ⅱ	ⅳ			
			34	Ⅱ	ⅳ			
			51	Ⅱ	ⅳ			

表7より、「疑問」の段階で分類Ⅰに分類されていた24人の生徒のうち13人が、「解決」の段階でも分類ⅰに分類されたことが分かる（以降、Ⅰ24→ⅰ13と記述）。同様に、Ⅰ24→ⅱ1、Ⅰ24→ⅲ3、Ⅰ24→ⅳ7、Ⅱ28→ⅰ3、Ⅱ28→ⅱ12、Ⅱ28→ⅲ9、Ⅱ28→ⅳ4、Ⅲ2→ⅲ2である。

② 「物質の状態変化」小単元

表8には、資料2に示された小単元「物質の状態変化」の導入の段階で小単元の学習内容に関連する自然の事象の演示を生徒が見て見いだした疑問（以降、疑問と略）の分類（Ⅰ～Ⅳ）に対して、一連の単元学習の後、見いだした疑問がどのように解決（分類ⅰ～ⅱ）（以降、解決と略）されたかが生徒毎に学習者番号の昇順で示されている。

表8 生徒毎の「疑問」と「解決」の分類一覧

学習者番号	疑問の分類	解決の分類	学習者番号	疑問の分類	解決の分類	学習者番号	疑問の分類	解決の分類
7	Ⅰ	ⅰ	5	Ⅱ	ⅰ	6	Ⅲ	ⅲ
8	Ⅰ	ⅰ	27	Ⅱ	ⅰ	26	Ⅲ	ⅲ
9	Ⅰ	ⅰ	38	Ⅱ	ⅰ	15	Ⅳ	ⅳ
10	Ⅰ	ⅰ	3	Ⅱ	ⅱ			
18	Ⅰ	ⅰ	14	Ⅱ	ⅱ			
19	Ⅰ	ⅰ	40	Ⅱ	ⅱ			
20	Ⅰ	ⅰ	53	Ⅱ	ⅱ			
21	Ⅰ	ⅰ	17	Ⅱ	ⅲ			
24	Ⅰ	ⅰ	28	Ⅱ	ⅲ			
31	Ⅰ	ⅰ	4	Ⅱ	ⅳ			
33	Ⅰ	ⅰ	30	Ⅱ	ⅳ			
47	Ⅰ	ⅰ	34	Ⅱ	ⅳ			
52	Ⅰ	ⅰ	43	Ⅱ	ⅳ			
11	Ⅰ	ⅱ						
22	Ⅰ	ⅱ						
37	Ⅰ	ⅱ						
41	Ⅰ	ⅱ						
42	Ⅰ	ⅱ						
44	Ⅰ	ⅱ						
45	Ⅰ	ⅱ						
46	Ⅰ	ⅱ						
49	Ⅰ	ⅱ						
2	Ⅰ	ⅲ						
12	Ⅰ	ⅲ						
13	Ⅰ	ⅲ						
29	Ⅰ	ⅲ						
32	Ⅰ	ⅲ						
35	Ⅰ	ⅲ						
36	Ⅰ	ⅲ						
39	Ⅰ	ⅲ						
50	Ⅰ	ⅲ						
54	Ⅰ	ⅲ						
1	Ⅰ	ⅳ						
16	Ⅰ	ⅳ						
23	Ⅰ	ⅳ						
25	Ⅰ	ⅳ						
48	Ⅰ	ⅳ						
51	Ⅰ	ⅳ						

表8より、「疑問」の段階で分類Ⅰに分類されていた38人の生徒のうち13人が、「解決」の段階でも分類ⅰに分類された（Ⅰ38→ⅰ13）ことが分かる。同様に、Ⅰ38→ⅱ9、Ⅰ38→ⅲ10、Ⅰ38→ⅳ6、Ⅱ13→ⅰ3、Ⅱ13→ⅱ4、Ⅱ13→ⅲ2、Ⅱ13→ⅳ4、Ⅲ2→ⅲ2、Ⅳ1→ⅳ1である。

(4) 生徒が見いだした疑問の解決についてのまとめ

本章(3)で述べたことから、次の3点がいえる。

1. 小単元の導入段階で生徒が見いだした疑問が必ずしも一連の学習によって解決されているとはいえない。
2. 中学校の範囲を超える「科学の知識」や「科学についての知識」を用いないと解決できないような疑問を「疑問」の段階で見いだした場合、一連の学習によってそれを解決することは難しい。
3. 「解決」の段階で、(疑問が)「解決できなかった」(ⅲ)やその他(ⅳ)に分類され、生徒自らの考えの記述が見られない生徒が一定数いる。

第1の根拠は「水溶液の性質」小単元の場合、「疑問」の段階でⅠに24人分類されていたが、「解決」の段階ではⅡ→ⅰとなった3人を含めて16人(=13+3)しかⅰ

に分類されていない。同様に「物質の姿と状態変化」小単元の場合、Ⅰは38人、Ⅱ→iとなった3人を含めてiは16人(=13+3)である。

第2の根拠は「水溶液の性質」小単元の場合も「物質の姿と状態変化」小単元の場合も、Ⅱからiへ移り変わったのはわずか3人ずつである。

第3の根拠は「水溶液の性質」小単元の場合も「物質の姿と状態変化」小単元の場合も、iiiまたはivに分類された生徒は54人中25人である。

6. おわりに

小単元の導入段階において、小単元の学習内容に関連する自然の事象を可能な限り授業者が生徒に演示し、それを見た生徒が自ら見いだした単元の学習課題の設定につながる疑問に検討を加えた結果、次の2点が考察された。

- ① 「物質の姿と状態変化」小単元の導入段階の演示は、中学校の学習の範囲内で解決できる疑問につながる事象が提示されていた。
- ② 「水溶液の性質」小単元の場合、高等学校やそれ以上の学校種等における学習が行われないと解決できない疑問につながる内容を含む演示が行われていた。それは、硫酸銅(Ⅱ)五水和物及び過マンガン酸カリウムの色とそれを水の中に入れたときの水溶液の色の観察であると考えられる。

これらのことから、中学校の学習内容を超える演示に留意しながら、授業者が多様な単元の学習内容に関連する自然の事象を演示するのは、生徒の単元の学習課題の設定につながる疑問を自ら見いださせるために有効である点が導出される。

「疑問」の段階で生徒が見いだした疑問が解決されたかについて調査を行い、検討を加えた結果、次の点が考察された。

- ・小単元の導入段階で生徒が見いだした疑問は、一連の単元学習によって必ずしも解決されない。

単元学習に関連する自然の事象の演示を生徒が見て、中学校の学習範囲を超える疑問をある程度の数の生徒が見いだすことは筆者らの想定内であった。それらの生徒は一連の学習の後に疑問が解決できるかについては、少なからずの生徒が解決できないことも筆者らの想定内であった。しかし、「疑問」の段階で中学校の学習内容内で説明できる疑問を書きだしていながら、「解決」の段階で疑問が解決できた生徒が多くはなかったのは筆者らには意外であった。「水溶液の性質」小単元では「疑問」の段階において分類Ⅰが24人いたが、「解決」の段階で分類iは16人であった。「物質の姿と状態変化」小単元ではⅠは38人であったが、iでは16人に減少している。

このことは、単元学習の導入段階で単元学習に関連する自然の事象の演示が生徒個人の疑問に留まっているからであると考えられる。生徒個人が持った疑問を全員に

一旦クラス内で発表させ、共有し、数多く出された疑問にクラス全体で比較検討を加えて、同じ趣旨の疑問にまとめ、さらに収斂させて、単元や小単元の学習課題としてクラス全体で設定すれば、上記の点は克服できると考えられる。この面からも、園山の取り組みの有効性が分かる。

今後は、疑問を見いださせるだけでなく、見いだした疑問をクラス全体の話し合いで収斂させ、単元の学習課題として設定する取り組みを行うべき課題が残された。

謝辞

授業実践の際に多方面からご支援をいただいた松江市立玉湯中学校の今井貴子先生に感謝いたします。

註

- 1) 文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』, p.9,2017,学校図書.
- 2) 小川正賢：「探究学習論」,『理科教育講座5』, pp.28f,1992,東洋館出版社.
- 3) 島根大学教育学部附属中学校理科部：『実践事例集』, 2016,島根大学附属中学校理科部：『理科実践事例集』, 2017,2018.
- 4) 園山裕之：「生徒自身が科学的に探究するための課題を設定する理科学習」,『理科の教育』,2018年10月号, pp.31-33, 東洋館出版社.
- 5) 検定にはjs-STAR (<http://www.kisnet.or.jp/nappa/software/star/freq/2x2.htm#>) に記載されたソフトウェアを用いた。

資料1 「水溶液の性質」小單元において生徒が自ら見いだした疑問

学習者 番号	文章記述	学習者 番号	文章記述
1	なぜ、とかす物によって、溶けるスピードがちがうのか。(I)	28	水にとける物と溶けない物があった。色のついている物でも水溶液になるのは疑問に思った。(I)
2	硫酸銅の性質は?(III)	29	なぜむらさき色の液体は色が変化したのだろうか。青色も。(II)
3	なぜ溶けるものと溶けないものがあるのか?(II)	30	氷砂糖を溶かしたときに、糸のような物が出ていたことが不思議に思った。(II)
4	なぜ糸のような形でとけるのか?(II)	31	溶ける物に色がつくものがあるのか。(II)
5	ミョウバンを水に入れるとなぜ大きくなるのか?(I)	32	水に溶けたときに、透明になるものと色がつくものの違いは何か。(II)
6	粉末には、水にいれたときに水温を冷やす物はあるのか。(III)	33	さとうが溶ける時に、モヤモヤが出ていて、不思議だと思った。(II)
7	水にとける物やとけない物があるのか。(I)	34	水に溶けないのは他にないか。(II)
8	ミョウバンは、なぜ大きくなるのか?(I)	35	固体がとけたら水の体積は増えるのか?増えないのか?(II)
9	ミョウバンはなぜ大きくなるのか。(I)	36	なぜ色がついているのか。(II)
10	ミョウバンは、水に入れると、大きくなるのか?(I)	37	とけたのは、色は変化しないのにとけたのに、色が変化するの、なぜなのか。(II)
11	なぜ、物体によってとけたり、とけなかつたりするのか。(II)	38	それぞれの水溶液は、時間がたつとどうなのか。(I)
12	なぜ片栗粉は水に入れたら、とけないのか。(I)	39	なぜ水に溶けるものと溶けない物があるのか。(II)
13	硫酸銅はなぜとけたのか。(II)	40	かんぜんに溶ける時間が、ちがうのかなぜか?(I)
14	片栗粉や青いのは水にいれたときに色があって、食塩や砂糖は色が無いのか?(II)	41	物質によって、とけ方などは、どうなるのか?(II)
15	溶けるスピードが溶かす物によってなぜちがうのか。(I)	42	食えんと、さとうはなぜ色が変化しないのか?(II)
16	なぜ、大きくなるのか。(I)	43	氷さとうから、モヤモヤが出ていた.何が出てくるのかを知りたい。(I)
17	なぜ、落ちる速さがちがうのか。(I)	44	なぜあんなに色がついたのか?(むらさき)(II)
18	硫酸銅は水に入れると、どんなふう溶けていくのか?(I)	45	砂糖や食塩、かたくり粉は最初は同じ白の粉なのになぜ水にとかすと変わるのか。(II)
19	なぜとけるスピードがちがうのか?(I)	46	とけ方の違いや色がついたのはどうしてなのか。(II)
20	なんで、一つの線のようになってとけるのか?(II)	47	水溶液の性質が何なのか疑問に思った。(I)
21	なぜ、ミョウバンは溶けずに大きくなっていくのか。(I)	48	水溶液の性質がどうなっているのかきもんに思いました。(I)
22	なぜ、物体によって溶ける物と溶けない物(ミョウバンなど)があるのか。(II)	49	なぜ、水にとける物と、とけない物があるのか。(II)
23	ミョウバンは、なぜ水に入れると大きくなるのか?(I)	50	なぜとうめいな水溶液と青やむらさきの水溶液とでちがいがあのだろうか。(II)
24	硫酸銅は本当に、溶けるのか?(I)	51	なぜ色が変化したのにとけるのか?(II)
25	溶ける速さはなぜ、溶かす物によって変わるのか。(I)	52	本当に、水溶液になっていたのか?→溶けていたのか?氷砂糖からモヤモヤが出ていたがその正体とは何なのか?(I)
26	なぜ、物体によって、とけたり、とけなかつたりするのか。(II)	53	水に溶ける物と水に溶けない物のちがいは?(II)
27	ミョウバン以外にでかくなるものはあるのか?(I)	54	なぜ、溶けるときにシュリーレン現象が起こるのか?(II)

資料2 「物質の姿と状態変化」小單元において生徒が自ら見いだした疑問

学習者番号	文章記述	学習者番号	文章記述
1	なぜ、ブタンが状態変化しても、質量が変わらないのか？(I)	28	固体が加熱させられることによって液体になることがわかりました。気体を加熱したらどうなるのか？(II)
2	どうして、風船がふくらむのか？(I)	29	固体⇄液体⇄気体に状態変化する時、体積は増えるのに、質量は変化しないのか。また、密度はどのように変化するのか。粒子の数に変化はあるのか。(I)
3	なぜ、ふっとうする液体があるのか？(II)	30	ドライアイスは、どうやってつくっているのか。(II)
4	個体でも気体になるものと液体になるものがあってふしぎにおもった。(II)	31	なんでさわるとふっとうするのか？なんでふうせんがふくらむのか？(I)
5	ロウはなぜとけるのか？(II)	32	状態変化するとき、体積や質量が変わらないのか。(I)
6	ドライアイスは食することができるのか。(III)	33	風船がふくらんで不しぎだとおもった。白いモクモクがでて不しぎだった。(I)
7	状態変化をしない物はあるのか。一番高い温度で気体になるものは何か。(I)	34	風船がドライアイスでふくらんですごいと思った。ドライアイスは何度で、できるか。(II)
8	状態変化するとき体積や質量は変わるのか？(I)	35	状態変化の温度はきまっているのか？決まっているなら何度からなのか？(I)
9	物質が状態変化するときの温度は決まっているのか。(I)	36	なぜふっとうしたのかを考えたいです。(I)
10	どうして風船が、大きく、ふくらむ？(I)	37	なぜさわっただけでふっとうするのか。音がなったのはなぜか。(I)
11	物質が状態変化するときの温度は決まっているのか。(I)	38	ドライアイスの変化の様子を見ることができた。何を条件にしてドライアイスの状態変化が起こるのかが気になった。(II)
12	全ての物質が状態変化するのか。(I)	39	ドライアイスが入った袋にお湯をかけるとふくらんだのか疑問に思いました。(I)
13	空気をぬいたふくろに、固体のドライアイスをつつたりすると、空気が入るのか？(I)	40	なぜ、液体ちっ素をふくろの外からさわったとき、「ぶちっ」と音がしたのか。(II)
14	なぜ、ろうはとけるのか？(II)	41	ドライアイスで、気体になるのは、密度などは関係するのか。(I)
15	実験がおもしろかった。(IV)	42	なんでさわっただけでふっとうしたのかきもんに思いました。(I)
16	なぜ、ものによって蒸発する温度がちがうのか。なぜ、破れっ音がしたのか。(I)	43	ドライアイスが液体になることはないのか？なんで、水がふっとうするとふえるのか。(II)
17	なぜ冷えるのか。なぜかたまるのか。なぜふっとうするのか。なぜとけるのか。(II)	44	風船がふくらんでふしぎ。(I)
18	物質の3体を利用して、固体から順に加熱したら、全部の物質が気体になるのか。(I)	45	なぜガスボンベのやつはなぜあんなにすぐにふっとうするのか？(I)
19	なぜ、セタノールとパルミチン酸で、液体になる温度がちがうのか？ブタンは、なぜ状温で、ふっとうするのか？(I)	46	熱した時に、パチパチはねても、状態変化しなかったのは、どうして。温度は決まっているのか。(I)
20	液体になった物質を室温においておくとどうなるのだろう。(I)	47	空気(気体)が固体になるのは、どうしてなのかということをしりたいです。(I)
21	なぜ、100℃もいってないのに、ふっとうする液体があるのか。どういう液体が100℃にいく前にふっとうするのか。(I)	48	なぜドライアイスを入れて振ると、ふくらむのだろうか？(I)
22	状態変化している時、どんなことが起こっているのか？(I)	49	実験を見て、おもしろかったです。風船がふくらむのはすごかった。なんで風船がふくらむのか。(I)
23	なぜものによって蒸発する温度がちがうのか。(I)	50	なぜドライアイスは気体になると大きくなるのに質量がかわらないのか。(I)
24	液体になった物質を室温においておくとどのようになるのだろう。(I)	51	なぜ指でさわったときにパチパチするのか。指でさわったときになぜふっとうするのか。(I)
25	液体になっている物質を室温に置いておくと、どのようになるのか？(I)	52	なんで、ドライアイスを入れたときにふくらみ、はれっするのだろうか。(I)
26	なぜ、手でふっとうさせて、変な臭いがしたのか。(III)	53	ドライアイスを使って、いろいろ分かって良かった。「冷却」の言葉も分かった。なぜ、ドライアイスから白いけむりがでてくるのか？(II)
27	なぜえきたいになるの？どらいあいはたべれるのか？(II)	54	なんで、ドライアイスをいれたら、ふくらんだのか？(I)