

小・中学校理科における学習内容のつながりを重視した 授業構成に関する実践的研究 —中学校第2分野「空気中の水蒸気の変化」小単元を事例として—

館野ひかり*・栢野 彰秀**

Hikari TATENO and Akihide KAYANO

Practical Research on the Class Focusing on the Connection of Learning Contents
between Elementary School Science and Junior High School Science

—Through Lessons of a Junior High School Science Unit on "Changes of Water Vapor in the Air"—

要 旨

今次改訂された『中学校学習指導要領（理科）』に基づいた授業実践を行うに当たり、小学校での既習事項をどのように踏まえ、それを中学校での単元学習にどのように関連させたらよいかを事例的に明らかにしたいと考えた。そのため、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた中学校第2分野「空気中の水蒸気の変化」小単元を構想し、授業実践を行い、実践された授業に分析検討を加え、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた中学校理科の授業の在り方を考えるための第一次資料を得ることを目的とした。

上述した目的を達成するために、小学校における既習事項の復習を小単元の冒頭に位置づけるとともに、さらに前回の授業の学習を既習事項として毎回の授業の学習に関連づけるような授業を実践した。その結果、本小単元的主旨が概ね達成できたとともに、既習事項である小学校第4学年「水の状態変化」単元に関する学習内容の定着度も高まったことが明らかになり、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた中学校理科の授業の在り方を考えるための第一次資料が得られた。加えて、明らかになった課題に対しても、それを克服するための具体案が提案できた。

【キーワード：中学校理科，気象単元，内容の構造，小・中のつながり】

はじめに

2008年に改訂された『小学校学習指導要領（理科）』（2008）及び『中学校学習指導要領（理科）』（2008）では、科学の基本的な見方や概念を柱として、小・中・高等学校を通じた理科の内容の構造化が行われた。それに伴い、『小学校学習指導要領解説理科編』（2008）及び『中学校学習指導要領解説理科編』（2008）には、小学校・中学校理科において取り上げられる全ての単元の構成が「エネルギー」、「粒子」及び「生命」、「地球」という内容の柱ごとに一つの内容の構成図に示された。この内容の構成図を見ると、子どもがこれから学習する単元は、小学校及び中学校第何学年の何という単元が既習事項となっているか、さらにこの単元が後の学年の何という単元につながっているか一目で分かる。

内容の構成図が小学校及び中学校学習指導要領解説理科編に示されたことによって、中学校教科書も変わった。各単元の冒頭に、これまでに学んだことを踏まえてこれから学んで行く内容が記載されるようになった。すなわち、今次学習指導要領に基づく理科授業においては、これまでの既習事項を踏まえた授業展開が教師に求められているのである。

単元学習において、これまでの既習事項とこれからの学習事項をどのようにつないだ授業を構成すればよいの

か、この点を明らかにすることが筆者らが本研究に取り組んだ問題意識である。

ところで、中学校理科「地球」を柱とする内容の単元「天気の変化」のうち「霧や雲の発生」小単元の学習内容は、そのほとんどが「粒子」を内容の柱とした領域内の学習事項である「水の状態変化」で説明できる¹⁾。筆者らは既に、生徒が中学校第2分野「天気の変化」単元の学習に臨むにあたり、小学校第4学年における既習事項である水蒸気は気体状態の水で、目には見えない物質であること、加えて目に見える湯気は液体状態の水の粒である点の理解度が高くはないことを指摘し、中学校における本単元の生徒の理解が思ったように進まないのを懸念している²⁾。加えて筆者らは、小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」単元で教育方法の面において工夫された授業実践を行ったにもかかわらず、沸騰する水の内部から出る泡は水蒸気であること、また水蒸気は気体状態の水であることの理解度が教師が期待したほど高まらなく、本単元の学習内容の複雑さを指摘している³⁾。これらの報告からは、小学校、中学校それぞれにおいて「水の状態変化」に関連する学習内容の理解度を高めるのは難しいという課題が導出できる。

これまでに述べたように、小学校における学習事項である「水の状態変化」に関わる学習内容を生徒に再確認させた上でなければ、中学校における学習事項である「天

* 北海道函館市立宇賀の浦中学校

** 高根大学教育学部自然環境教育講座

気の変化」単元の学習内容は十分に理解できないと考えられる。このように小・中学校の学習内容が関連するにもかかわらず、小学校と中学校の学習内容のつながりを視野に入れた教育実践はこれからの課題とされている。

そこで本研究では、これまでの既習事項をどのように踏まえ、それをこれからの単元学習にどのように関連させたらいかがを事例的に明らかにしたいと考えた。そのため、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた中学校第2分野「空気中の水蒸気の変化」小単元を構想し、小単元の主旨を達成するような授業案を開発し、授業実践を行い、実践された授業に分析検討を加えた。そして、実践された授業の分析検討結果から、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた中学校理科の授業の在り方を考えるための第一次資料を得ることを目的とした。

I. 学習内容の構造及びつながりの検討

1. 「水の状態変化」における小・中学校の学習内容のつながりの検討

授業を構想するにあたり、小学校における既習事項と中学校における学習内容を整理する必要がある。そこで、中学校第2分野「空気中の水蒸気の変化」小単元における学習内容の小・中学校間のつながりに検討を加えた。検討は『小学校学習指導要領解説理科編』(2008)⁴⁾、『中学校学習指導要領解説理科編』(2008)⁵⁾、及び本授業実践が行われた中学校において採択されている理科教科書(東京書籍:『新編新しい科学2下』(2005)⁶⁾)の記載事項に加えた。なお、対象生徒が小学校第4学年であった年度は、2008年版『小学校学習指導要領(理科)』が出版される前の2007年であるが、学習指導要領改訂前後において、その内容は大きな変化がみられないため、2008年版小・中学校学習指導要領解説理科編を使用した。

(1) 中学校教科書に見られる学習内容のつながり

中学校教科書における小単元「空気中の水蒸気の変化」中の記述には、以下の2点が既習事項として示されている。

第一に、空気中の水蒸気が結露して水になって現れること。これは『小学校学習指導要領(理科)』(2008)第4学年の内容項目「B(3)イ水の自然蒸発と結露」にあたる。第二に、水蒸気は気体状態になった水であること。目に見える湯気は液体状態の水の粒であること。これらは、小学校第4学年「A(2)ウ水の三態変化」にあたる。

これらの学習内容が小学校の教科書に記載されているかを確認した。対象生徒が小学校第4学年時に使用していた理科教科書(教育出版:『小学理科4下』,2007.⁷⁾)と、現在の第4学年の児童が使用している新しい教科書(教育出版:『地球となかよし小学理科4』,2011.⁸⁾)の記述を確認したところ、これらの内容は双方の教科書ともに記載されていた。したがって、本小単元において中学校の教科書に示されている既習事項は、小学校第4学年の

「B(3)イ水の自然蒸発と結露」と「A(2)ウ水の三態変化」の内容であることがわかる。

(2) 小・中学校学習指導要領解説理科編に見られる学習内容のつながり

『中学校学習指導要領解説理科編』(2008)では、第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」の内容項目について、「小学校第4学年で水は蒸発し水蒸気となって空気中に含まれること、空気が冷やされると水蒸気は水になって現れることについて学習している。」と明記されている。これより、小学校第4学年「B(3)イ水の自然蒸発と結露」の内容項目が、本小単元の既習事項とされていることがわかる。

『小学校学習指導要領解説理科編』(2008)では、第4学年「B(3)イ水の自然蒸発と結露」について、指導のねらいや留意点は書かれている。しかし、第4学年「A(2)ウ水の三態変化」や中学校第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」との関連は明記されていない。第4学年「B(3)天気の様子」については、第3学年「B(3)太陽と地面の様子」の学習を踏まえたものであると同時に、第5学年「B(4)天気の変化」につながるものであると示されている。さらに、第5学年「B(4)天気の変化」については、第4学年「B(3)天気の様子」の学習を踏まえたものであると示されているが、中学校へのつながりに関しては言及されていない。だが、『中学校学習指導要領解説理科編』(2008)には、第2分野「(4)気象とその変化」について「小学校では、第4学年で、「天気の様子」、第5学年で「天気の変化」について学習している。」と明記されている。

これらのことから、『小学校学習指導要領解説理科編』(2008)に中学校との関連が明記されていないから学習内容が関連していないのではなく、小学校での学習が既習事項となって中学校の学習につながっていることがわかる。

一方、本章1.(1)において中学校教科書に加えた分析により、中学校第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」との関連が明らかになった小学校第4学年「A(2)ウ水の三態変化」についても、『小学校学習指導要領解説理科編』(2008)では指導のねらいや留意点のみが書かれている。この内容項目を含む小学校第4学年「A(2)金属、水、空気と温度」に関しては、中学校「第1分野(2)ウ状態変化」の学習につながると記述されている。『中学校学習指導要領解説理科編』(2008)では、「第1分野(2)ウ(ア)状態変化と熱」において、「小学校第4学年では、水は温度によって水蒸気や氷に変ること、水が氷になると体積が増えることについて学習している。」と明記されている。このことから、小学校第4学年「A(2)金属、水、空気と温度」と、中学校第1分野「(2)ウ(ア)状態変化と熱」の接続は示されているが、中学校第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」との関連については言及されていないこともわかる。

(3)『中学校学習指導要領解説理科編』と中学校教科書における学習内容のつながりの相異

これまでの分析から、『中学校学習指導要領解説理科編』(2008)における学習内容のつながりと、中学校教科書における学習内容のつながりでは、内容項目の接続にずれが生じていることが明らかになった。

中学校教科書における内容のつながりでは、小学校第4学年の「B(3)イ水の自然蒸発と結露」と「A(2)ウ水の三態変化」が既習事項として挙げられていた。これより、中学校教科書は双方の内容項目を「水の状態変化」として捉えて関連させているといえる。「B(3)イ水の自然蒸発と結露」は水の自然蒸発と結露の現象を「大気中の水」の状態変化として捉え、「A(2)ウ水の三態変化」は水の三態変化を「物質としての水」の状態変化として捉えている。したがって、「水」の捉え方にはあるが、双方とも「水の状態変化」と捉えられるため、「空気中の水蒸気の変化」小単元の既習事項として示されている。

ところが、2008年に改訂された小・中学校学習指導要領では、科学的な概念の理解など基礎的・基本的な知識・技能の確実な定着を図る観点から、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」という科学の基本的な見方や概念を柱として内容が整理された。それに伴い、小学校においては、2つの学習内容のまとめ「A物質・エネルギー」と「B生命・地球」に内容が区分された。小学校の学習内容のまとめAは中学校第1分野、Bは中学校第2分野に相当する。この学習内容の構造化によって、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」を柱とした小・中学校7年間の学習内容のつながりがより明確になった。しかし、義務教育段階7年間の理科の学習を通して、小学校のAのまとめとBのまとめ、中学校の第1分野と第2分野において、互いの内容のまとめを越えて接続するような内容項目は見られない。

したがって、『小学校学習指導要領解説理科編』(2008)及び『中学校学習指導要領解説理科編』(2008)では、「大気中の水」と「物質としての水」が、それぞれ異なる基本的概念の柱に位置づけられているため、「水の状態変化」を中心とした学習内容のつながりが示されず、小学校「B(3)イ水の自然蒸発と結露」との関連のみが示されたと考えられる。

以上のことから、中学校での天気にかかわる学習内容が「水の状態変化」で説明できることを踏まえ、小単元「空気中の水蒸気の変化」の授業を行うにあたっては、小学校第4学年の「B(3)イ水の自然蒸発と結露」と「A(2)ウ水の三態変化」、さらには中学校第1分野「(2)ウ状態変化」の学習内容を復習させ、本小単元の一連の学習を進める必要がある点が導出できる。

2. 「水の状態変化」を中心とした学習内容のつながり

本章1.(1)～(3)における分析結果を図に示すと、図1のようになる。

図1における実線の矢印は、『中学校学習指導要領解

説理科編』(2008)に明記された接続が示されている。「地球」を柱とした内容において、小学校での天気に関わる項目と中学校での天気関わる項目が関連し、さらに「粒子」を柱とした内容において、小学校第4学年「A(2)金属、水、空気と温度」と中学校第1分野「(2)ウ状態変化」が関連していることが示されている。しかし、中学校第1分野「(2)ウ状態変化」と第2分野「(4)イ天気の変化」との関連は示されていないため、×印が付されている。

図1における点線の矢印は、『小学校学習指導要領解説理科編』(2008)に明記された接続が示されている。「粒子」を柱とした内容において、小学校第4学年「A(2)金属、水、空気と温度」が中学校第1分野「(2)ウ状態変化」につながることを示されているが、「地球」を柱とした内容において、小学校での天気に関わる項目は第3、4、5学年の接続にとどまり、中学校での天気の学習に関しては明記されていなかったため、×印が付されている。

図1における2点鎖線矢印は、教科書と小学校及び中学校学習指導要領解説理科編に加えた分析を受けて、筆者らが授業を構想する上で意識した接続である。授業を構想する際には、以下の2点の接続を意識した。

第一に、小学校第4学年「A(2)ウ水の三態変化」に基づく中学校第1分野「(2)ウ状態変化」の学習内容を、第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」に接続させる。

第二に、小学校第4学年「B(3)イ水の自然蒸発と結露」と第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」を接続させる。

II. 授業構成策定の視点

既習事項をこれから学習する小単元の学習内容に位置づけるための2つの視点を述べる。

1. 小学校における既習事項の復習を小単元の冒頭に位置づける

小学校における「水の状態変化」に関わる学習内容を再確認させるため、本小単元の冒頭に小学校における既習事項の復習を位置づける授業を構想した。具体的には、第1時でプレ・テストを実施し、小学校第4学年の内容項目「B(3)イ水の自然蒸発と結露」と「A(2)ウ水の三態変化」の学習内容を復習させることにした。プレ・テストは筆者らによって作成され、図1に示されたつながりが意識された問題となっている。プレ・テストで復習を行う目的は、以下の3点である。なお、プレ・テストの内容は、資料1に示されている。

第一に、小学校第4学年の教科書における小単元「水のすがたとゆくえ」に関わる学習内容が、本小単元の既習事項になることを生徒に理解させるためである。プレ・テストは2つの大問からなる。問題1は、小学校第4学年「A(2)ウ水の三態変化」の内容項目に対応し、「物質としての水」の状態変化に関わる問題となっている。問題2は、「B(3)イ水の自然蒸発と結露」に対応し、「大

	粒子		地球	
	粒子の保存性	粒子の持つエネルギー	地球の表面	地球の周辺
小3			B(3) 太陽と地面の様子 ア. 日かげの位置と太陽の動き イ. 地面の暖かさや湿り気の違い	
小4		A(2) 金属、水、空気と温度 ア. 温度と体積の変化 イ. 温まり方の違い ウ. 水の三態変化	B(3) 天気の様子 ア. 天気による1日の気温の変化 イ. 水の自然蒸発と結露	
小5			B(4) 天気の変化 ア. 雲と天気の変化 イ. 天気の変化の予想	
小6				
中1	ウ. 状態変化 (ア) 状態変化と熱 (イ) 物質の融点と沸点			
中2			ア. 気象観測 (ア) 気象観測 イ. 天気の変化 (ア) 霧や雲の発生 (イ) 前線の通過と天気の変化 ウ. 日本の気象 (ア) 日本の天気の特徴 (イ) 大気の動きと海洋の影響	
中3				

図1 「水の状態変化」を中心とした学習内容のつながり

気中の水」の状態変化に関わる問題となっている。どちらの間も「水の状態変化」に関する問題である点を強調するため、双方ともに水蒸気が凝結する現象を説明する記述問題が設けられている。

第二に、小学校第4学年の学習内容の理解度を生徒自身に把握させるためである。テスト形式で復習させることによって、理解できている部分と不十分な部分が明確になり、生徒自身の理解度を把握させやすいと考えた。さらに同様のテストを単元の最後に実施することで、自己の変容も振り返えられるため、プレ・テストに加えポスト・テストも導入した。

第三に、教師が小学校第4学年の学習内容の生徒の定着度を把握するためである。このプレ・テストを第1時に実施することで、教師は生徒のレディネスが捉えられるとともに、その後の指導内容にフィードバックできる。加えて、第1時のまとめの場面では、小学校第4学年「B(3) イ水の自然蒸発と結露」と「A(2) ウ水の三態変化」だけでなく、中学校第1分野「(2) ウ状態変化」の既習事項とも関連させ、より「水の状態変化」が意識されるよう意図した。

2. 既習事項を小単元の学習内容に関連づける

本章1. で示したように、プレ・テストによる既習事項の復習では、小学校第4学年の学習内容が本単元の学習の前提になることを理解させる授業を構想した。しかし、プレ・テストを第1時に行うことで生徒の既習事項の理解と定着を図ろうとはされていないが、既習事項が本小単元の中でどのように活用されていくのかは明ら

かにされていない。そこで、プレ・テストで復習した既習事項や中学校の学習内容を活用させるために、本単元では「学習内容のつながり」を意識して小単元を構想した。小単元構成を考える上で、注意した点は以下の2点である。

第一に、小単元学習の冒頭で、生徒に対して小単元の目標を提示すること。

第二に、前時の学習内容と関連のある本時の課題を設定することである。

理科の教科目標では、目的意識をもって観察・実験などを行わせ、一連の学習をリンクさせることの重要性が述べられている。理科の学習は観察・実験が中心となるが、一連の学習をリンクさせるためには、学習課題に対しても目的意識を持たせる必要がある。そのため、生徒に対して小単元の目標を提示し、認識させることで、目的意識をもって小単元の学習に臨めるように工夫されている。後に詳述するが、本小単元は、単元の前半で獲得した知識を後半で活用して雲のでき方を説明させることが目標となるので、小単元の目標を軸として1時間ごとの学習のつながりを意識させることが不可欠である。したがって、1時間ごとの学習が途切れないように、前時の学習内容の復習を本時の学習内容の導入として関連させ、つながりを確認させながら各時間の学習課題に臨めるように工夫されている。

Ⅲ. 授業展開の概要

授業実践が行われた小単元は、中学校第2学年理科第

2分野「天気とその変化」単元に含まれる小単元「空気中の水蒸気の変化」である。2008年に改訂された『中学校学習指導要領（理科）』において、本小単元に対応する内容項目は、第2分野「(4) イ (ア) 霧や雲の発生」である。この内容項目は、霧や雲の発生についての観察・実験を行い、そのでき方を気圧、気温及び湿度の変化と関連付けてとらえさせることがねらいとされている。そこで筆者らは、本小単元の目標を「雲のでき方を気圧、気温及び湿度の変化と関連付けて説明できること」とした。

授業は、全6時間で構成され、2011年12月に行われた。授業実践の対象者はF中学校2年生1クラス40人（男子19人、女子21人）である。表1には、授業展開の概要が示されている。

表1からわかるように、単元の授業の冒頭で、小学校理科第4学年「水のすがたとゆくえ」小単元における既習事項が出題されたプレ・テストを導入し、その後は教科書に基づいて既習事項と前時の学習事項を踏まえ学習を進め、最後にポスト・テストを実施する授業計画となっている。

第1時

第1時の授業では、最初に前小単元「気象を見る目」の学習事項である天気記号と、雲量によって天気が決まることを復習し、前小単元と本小単元での学習内容をつなぐキーワードが「雲」であることを説明した。その後、本小単元のねらい「雲がどのようにできるのかを説明できるようにしよう」を説明した。

次に、本時の課題を提示した。提示した課題は「水はどのように姿を変え、どこに行くのか確認しよう」である。本時の授業では、これから小学校第4学年の既習事項をプレ・テストによって生徒に確認させるため、課題の文末は「確認しよう」という表現になっている。生徒にも「確認しよう」という文末表現の意図を説明し、既習事項を再確認させるため、プレ・テストを実施した。プレ・テストは、2つの大問からなり、加熱による水の水蒸気への変化に関する問題1と、空気中の水蒸気の存在と結露に関する問題2に分かれている。

続いて、問題2に出題された現象と小学校時に行われていた実験を再度確認させるため、結露を生じさせる実験①を行わせた。実験方法は以下のとおりである。色水と氷をビーカーに入れ、ビーカーを放置した。その後、結露が生じるまでの時間を利用してプレ・テストの解答と解説を行った。解答と解説の場面では、自分の解答が誤答であった場合でもその解答を消さずに、色の異なるペンで書き加えるよう指示した。

問題1は、3つの小問からなる。問1、問2は共通の選択肢「ア. 氷, イ. 水, ウ. 水蒸気, エ. 空気」から記号を選択する問題で、問3は記述式問題である。問1は、水を沸騰させたときに、液体の内部から出てくる泡の正体を問う問題である。生徒の正誤数は、挙手によって把握した。問2は、湯気の正体を問う問題である。生徒の正誤数は、同様に挙手によって把握した。問3は、

表1 授業展開の概要

次	時	授業展開の概要
1	1	<ul style="list-style-type: none"> ■ 小学校における既習事項の復習 ◎ 水はどのようにすがたを変え、どこに行くのか確認しよう <ul style="list-style-type: none"> ・プレ・テスト ・小学校第4学年「水のすがた」, 「水のゆくえ」単元の学習事項の復習 ・実験①：ビーカーの表面に結露を起こそう ・実験②：ビーカーの表面に結露してついた水滴を蒸発させる実験
2	2	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 水蒸気が水滴に変化する際の規則性を見いだそう <ul style="list-style-type: none"> ・実験③：湿度を変化させて、空気中から水滴を取り出す ・実験④：温度を変化させて、空気中から水滴を取り出す ・実験③, ④の結果から、水蒸気が水滴に変化する際の規則性を見いだす
	3	<ul style="list-style-type: none"> ・露点、飽和水蒸気量、湿度の考え方を知る
	4	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 露点を測定して、理科室の湿度を求めてみよう <ul style="list-style-type: none"> ・実験⑤：露点の測定 ・乾湿計から湿度を求め、比較する ・問題演習をして、露点、飽和水蒸気量、湿度の理解を深める
3	5	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 気圧を変化させた際の規則性を見いだそう <ul style="list-style-type: none"> ・実験⑥：気圧を変化させて、真空容器内の温度の変化を調べる ・実験⑦：気圧を変化させて、真空容器内の風船の変化を調べる ・実験C, Dの結果から、気圧を変化させた際の規則性を見いだす
	6	<ul style="list-style-type: none"> ◎ 学んだことを関連させて、雲ができるしくみを説明しよう <ul style="list-style-type: none"> ・実験⑧：雲をつくる ・これまでに学習したことから、自然界における雲のでき方を考える ・雨や雪が降るしくみと水の循環について理解する ・ポスト・テスト

水が沸騰しているとき、やかんの注ぎ口付近では何も見えないのに、少し離れた部分では白い湯気になって目に

見えるようになる理由を記述により問う問題である。その理由のポイントは、水が沸騰しているやかんの注ぎ口よりも、少し離れた湯気の方が温度が低いこと、気体は見えないが液体は見えること、気体が液体に変化して、小さな粒となって集まっていることの3点を口頭により説明した。

問題2も3つの小問からなる。問1は、コップの外側に凝結した液体の正体を問う問題である。問2は、凝結した液体がつき、コップの外側がぬれる現象を、①問1で答えた液体が、もともとどこに存在していたのか。②なぜ、液体が現れたのか。この2点に触れて、記述させる問題である。これらの解説の際には、色水の入ったビーカーを観察させながら、空気中に存在していた水蒸気が、水滴となって現れた現象を説明した。そのとき、コップの中に入れた色水が外側についたわけではないことを確認させるため、放置して結露が生じたビーカーを手で触わり、内部の色水とは色の異なる液体がビーカーの外側についていることを実体験させた。問3は、凝結によりビーカーの外側についた水滴をふき取ることなくす方法を記述させる問題である。ここでは、ビーカー内の色水を捨てた後、班ごとに水滴をなくす方法を考えさせ、実験をさせた。これが実験②である。実験に使用する道具は、各班の必要に応じて用意した。各班が行った実験方法は、「ストーブの熱風に当てる」、「乾燥機に入れる」、「ガスバーナーで加熱する」、「下敷きであおぐ」であった。すべての班がそれぞれの考えた実験計画どおり、水滴が蒸発できた。

最後に、次の既習事項について板書を行い、まとめとした。板書内容は、①水は温度によって姿を変えること。②水の三態と、氷と水は目に見え、水蒸気は目に見えないこと。③蒸発や沸騰、凝縮の意味。④蒸発すると水蒸気となって空気中に含まれ、また凝結すると水滴が現れること。以上の4点である。①と②は小学校第4学年の「金属、水、空気と温度」の既習事項、③は中学校第1学年で学習する第1分野「状態変化」の既習事項、④は小学校第4学年「天気の様子」の既習事項である。なお、中学校第1学年で学習する第1分野「物質のすがたと状態変化」小单元において、教科書では「凝結」という科学的用語が使用されていないが、対象生徒は第1学年で「凝結」について学習している。

第2時

第2時の授業では、最初にワークシート1を配布した。ワークシート1には、本時の課題と実験③と④の手順が示されており、観察結果と結果からいえることを生徒が記入できるようになっている。

次に、前時の学習事項である水の三態と、氷と水は目に見え、水蒸気は目に見えないことを復習した。日常生活では、液体の水を単に水と呼ぶため、物質としての水(H₂O)と区別しにくい。そのため、今後物質としての水(H₂O)を表すときには「水」と括弧をつけて表記することを周知した。その後、あらかじめ沸かしておいた

水から出る湯気を見せ、湯気の「水」の状態は液体であること、また液体の水は目に見えることを復習した。

次に、白く見える湯気も、白い雲も、そのでき方は凝結という現象に関係があることを説明し、ワークシート1を活用しながら本時の課題を説明した。本時の課題は「水蒸気水滴に変化する際の規則性を見いだそう」である。続いて、2つの実験③、④を行なわせた。実験③は、次のような実験であった。ぬるま湯を入れたビーカーと何も入れないビーカーの双方に氷水のはいったシャーレを乗せて、ビーカー内の空気を冷やし、懐中電灯の光を当てて内部を観察する。すなわち、湿度の違いと凝結によって出てくる水滴の量の関係を調べる実験である。実験④は、次のような実験であった。ペットボトルの中に湯気を入れて温度計つきのゴム栓をし、ドライヤーで温めたり冷やしたりして、内部の様子を観察させるとともに、ペットボトルの内部がくもり始めるときの温度を測定させた。すなわち、閉じこめられた「水」の温度の変化に伴うペットボトル内の様子を探る実験である。

実験終了後、ワークシート1に記入した実験③の観察結果を各班の班長に発表させた。実験③の観察結果において、何も入れていないビーカーの中では、「変化なし」、「水滴が見えない」、「光が直進した」と発表された。全ての班が同様の発表を行った。また、ぬるま湯を入れたビーカーの中では「水滴が見えた」、「白い粒が見えた」、「光がぼやけた」、「光がにごった」、「白くもった」と発表された。こちらも全ての班が同様の発表を行った。

実験④の観察結果において、ペットボトルをあたためたときは「水滴がなくなった」、「膨張した」「内側のくもりが消えた」、「すきとおる」、「液体が気体になった」と発表された。全ての班が同様の発表を行った。また、冷やしたときは「また水滴が現れた」、「白くもった」、「へこんだ」と発表された。全ての班が同様の発表を行った。続いて、結果からいえることをワークシート1に記入させた。最後に、教師が結果からいえることをまとめて板書した。板書事項は次の2点である。実験③からは、湿度が高いほうが、たくさん水滴が出る。実験④からは、「水」の温度を上げるとくもりが消えて、「水」の温度を下げるとまたくもった。

第3時

第3時の授業では、最初に前時の学習事項である次の2点を復習した。実験③からは、湿度が高いほうが、空気中に含まれている水蒸気が多いので、冷やされたときに水滴が多く現れた。実験④からは、液体の水である湯気を温めることによって蒸発し、くもりが消え、また水蒸気を冷やすことによって凝結し、再びくもった。

次に、「空気がふくむことのできる水蒸気量に限度はあるのか」と発問し、それについて隣同士で話し合わせた。その後、限度があるか、ないかの2択で挙手させ、それぞれの人数を把握した。このとき、限度がないと答えた生徒が1名で、残り全員が限度はあると答えた。そ

ここで、「もしも空気中にふくむことができる水蒸気の量に限度がないとしたら、地球上ではどのような現象が起きるか」と発問し、それについて周囲の生徒同士で話し合わせた。話し合いでは「砂漠になる」、「海がなくなる」、「人間も乾く」といった意見が出された。続いて、空気中に含むことができる水蒸気の量には限度があることを口頭で説明し、 1 m^3 の空気中にふくむことができる最大の水蒸気の質量を「飽和水蒸気量」ということ、また飽和水蒸気量は温度が高いほど多く、温度が低いほど少ないことを説明し、板書した。

次に、温度の変化に伴う飽和水蒸気量の変化を、教科書に記載されている図を参考にして筆者らが作成した教材を用いて説明した。この教材は、画用紙に描かれた 1 m^3 の立方体に丸い穴が空いた図が3枚と、磁石付きの青い丸である。青い丸は水蒸気の粒、丸い穴は水蒸気が含まれていない状態が表されている。丸1つを水蒸気 1 g と仮定することで、丸い穴の数はその温度における飽和水蒸気量となる。丸い穴に青い丸を入れることで、空気 1 m^3 中に含まれている水蒸気量が視覚化できる。本時では気温 15°C 、 5°C 、 0°C の場合の飽和水蒸気量を提示するため、3枚の図はそれぞれ丸い穴の数が異なる。まず、気温 15°C の場合の飽和水蒸気量を、教科書の表から読み取らせ、発表させた。気温 15°C における飽和水蒸気量は、 $12.8\text{ g}/\text{m}^3$ であった。約 $13\text{ g}/\text{m}^3$ なので、丸い穴が13個空いていることを説明した。また、穴が空いたままの状態は水蒸気が含まれていないので、乾燥した空気を表していることを説明した。

このあと湿度を計算させるために、 7 g の水蒸気が含まれた状態であると仮定し、青い丸を7つ用意した。そして、青い丸を生徒に渡し、空いている穴に入れさせた。ここで、「 15°C の空気 1 m^3 が含むことができる最大の水蒸気量に対して、実際に含まれている水蒸気量の割合は何%であるか」と発問し、計算によって湿度を求めさせた。このとき、式も書くよう指示した。続いて、生徒を指名し、計算して求めた割合を発表させた。式は、 $7 \div 13 \times 100 = 53.8$ で、 54% であった。ここで、全員に「この 54% という数値が何を表しているのか」と発問し、教科書に載っているような公式を覚えなくても、先ほどの学習活動によって「湿度」が求められることを生徒に理解させた。前小単元「気象を見る目」では、乾湿計による湿度の求め方を学習し、本時では計算による湿度の求め方を学習したことになる。

次に、先の教材を提示し、 1 m^3 の空気中に含まれている水蒸気量を変化させずに、気温を 15°C から 5°C まで下げた場合を考えさせた。気温 5°C のときの飽和水蒸気量を、教科書に記載された表から読み取らせ、発表させた。気温 5°C における飽和水蒸気量は $6.8\text{ g}/\text{m}^3$ なので約 $7\text{ g}/\text{m}^3$ とし、 1 m^3 立方体に7つの丸い穴が空いた教材を提示した。続いて、 1 m^3 の空気中に含まれている水蒸気量を変化させないという条件を再確認し、気温 15°C のときと同様に、7つの青い丸を生徒に渡し、穴に入れるよう指示した。次に、これ以上水蒸気を含むことができな

い状態を「飽和」ということを説明し、「このときの湿度は何%であるか」と発問した。すると、生徒は一斉に、湿度 100% であると答えた。

続いて、空気中に含まれている水蒸気の量を変化させずに、気温を 5°C から 0°C まで下げた場合を考えさせた。気温 0°C のときの飽和水蒸気量を、教科書に記載された表から読み取らせ、発表させた。気温 0°C における飽和水蒸気量は $4.8\text{ g}/\text{m}^3$ であるが、約 $5\text{ g}/\text{m}^3$ とし、 1 m^3 立方体に5つの穴が開いた教材を提示した。さらに、含まれている水蒸気量は変化させないので、同様に7つの青い丸を生徒に渡し、空いている穴に入れさせた。しかし、2つの青い丸は丸い穴に入れることができずに余る。そこで、「入りきらない青い丸はどうしたらよいか」と発問し、水蒸気を示す青い丸の粒をどこに配置するかを発表させた。発表した生徒は、「 1 m^3 の立方体の外側に青い丸を出す」、「水蒸気のままではいられない」と答えた。最後に、 1 m^3 の空気中に含みきれなくなった水蒸気は、水滴になって現れることを説明し、「凝結」という現象であるとまとめた。また、例示した教材の場合「凝結し始めるときの温度は何 $^\circ\text{C}$ であるか」と発問し、その温度を「露点」ということも説明した。

第4時

第4時の授業では、最初にワークシート2を配布した。ワークシート2の表面は、本時の課題、実験⑤の手順、気温の変化に伴う飽和水蒸気量の変化を表すグラフが示され、実験手順に沿って測定結果が記入できるようになっている。裏面は、グラフから読み取った値を用い、計算によって湿度を求める欄と、学習事項の定着を図るための演習問題が設問されている。

続いて、前時の学習事項である「飽和水蒸気量」、「露点」、「凝縮」について復習し、本時の課題を提示した。本時の課題は「露点を測定して、理科室の湿度を求めよう」である。本時の課題を解決するために、実験⑤によって露点を測定し、理科室内の湿度を求めた。実験方法は次のとおりである。まず、金属コップに3分の1程度、くみおきの水を入れ、その温度を測定してワークシート2に記入させる。次に、ピーカーに入れた氷水を、金属コップに入ったくみおきの水に少しずつ注ぎ足し、熱が均等に伝わるよう攪拌する。このとき、金属コップを手で触ったり、息を吹きかけたりしないように注意する。そして、金属コップの外側がくもり始めたときの温度を測定し、ワークシート2に記入させる。

実験によって露点を測定した後、くみおきの水の温度と、金属コップの外側がくもり始めたときの温度をもとにグラフを読み取り、空気 1 m^3 中の水蒸気量を求め、湿度の計算をさせた。湿度が計算できたら、各班に配布したマグネットシートに露点と湿度を記入させ、黒板に貼るよう指示した。全ての班が求めた露点と湿度の値が出揃った後、各班のデータを比較させた。生徒は、全ての班のデータから、同じ教室内であっても測定する場所によって湿度が異なることを見いだした。また、生徒に教

壇に設置されている乾湿計から湿度を求めさせ、露点から計算で求めた湿度の値と比較させた。

理科室内の湿度を測定し終わった後、湿度についての理解が深まったかどうかを生徒自身に把握させるため、ワークシート2に出題された演習問題に取り組み、最後に解説を行った。演習問題は、教室の窓に生じる結露に関する問題で、2つの問いが出題されている。問1は、結露が生じる理由を「露点」と「凝縮」という2つの用語を使って記述させる問題である。問2は、気温が同じ時、湿度の違う2つの教室で、早く結露が生じるのはどちらであるかを答えさせ、さらにその理由を記述させる問題である。問1の説明では、教室内の空気が冷やされて、露点に達したときに凝結が起こること、また水蒸気水滴に変化することを、教室の窓に結露が生じる理由として説明した。問2の説明では、温度の変化に伴う飽和水蒸気量の変化を表すグラフを板書して、湿度の違いによる露点の変化を説明した。

最後に小単元のねらいを再び生徒に提示して、残りの2時間では自然界で雲がどのようにできるのかを調べていくことを伝えた。雲のできかたを学習するにあたり、教科書に記載されている「霧は、このようにしてできた水滴が、空気中にうかんでいるもので、露は、その水滴が草やガラスなどについたものである。」という部分に触れ、「雲も水滴が空気中に浮かんだものであるが、霧と雲の違いは何か」と発問し、考えさせた。その後、霧と雲の違いを発表させ、霧は地面に接している、雲は地面に接していないことを説明した。このとき、生徒からは、「高さが違う」、「水滴の量が違う」といった考えが出された。

第5時

第5時の授業では、最初にワークシート3を配布した。ワークシート3は、第5、6時を通しての課題、本時の課題、実験⑥、⑦の実験方法が示され、実験結果と結果からいえることが記述できるようになっている。また、最後に実験⑥、⑦の実験結果からいえることを統合させ、気圧を変化させたときの規則性も記述できるつくりとなっている。

次に、ワークシート3を用いて、第5、6時を通しての課題を提示した。第5、6時の2時間を通して課題は「自然界で雲がどのようにできるのかを説明しよう」であり、単元のねらい達成に迫るものである。

続いて、前時までの学習事項である霧や雲は液体の水からできていること、霧と雲の違いについて復習した。次に、人間が平地から高地へ移動するときに、高さの変化に伴って何が変化するかを考えさせた。このとき、生徒から「気圧」という発言は出たが、気温が変化するという発言は出なかった。ここで、高地へ移動すると、気圧と気温が変化することを説明し、ワークシート3を用いて本時の課題を提示した。本時の課題は「気圧を変化させたときの規則性を見いだそう」である。本時は、第5、6時を通しての課題を解決するため、2つの実験⑥、

⑦を通して、気圧を変化させたときの規則性を見いだす活動を行う。

実験⑥、⑦は次のような実験であった。実験⑥は、気圧と温度の関係を調べる実験である。まず真空容器内に液晶温度計を入れて、気圧を変化させる前の温度を測定する。次に、ピストンを引いて、真空容器内の気圧を下げ、そのときの温度を測定する。その後、ピンチコックを開けて、真空容器内を大気圧へと戻したときの温度を測定する。実験⑦は、気圧と空気の体積の関係を調べる実験である。まず真空容器内に、少し膨らませた風船を入れ、その時の風船の様子を観察させた。次に、ピストンで真空容器内の気圧を下げた時の風船の様子を観察する。その後、ピンチコックを開けて、真空容器内をもとの大気圧に戻したときの風船の様子を観察する。

2つの実験⑥、⑦を行わせ、それぞれの実験結果をワークシート3に記入させた。その後、実験⑥のデータを記入するためのワークシート4を各班に1枚ずつ配布した。ワークシート4は、気圧を下げる前、気圧を下げた後、気圧を上げた後の真空容器内の温度データを、全ての班分記入できる表になっている。

次に、実験⑥の結果を全ての班に発表させ、発表された温度をワークシート4に記録させた。続いて、実験⑦の結果を発表させた。気圧を下げたときの風船の様子のある班に発表させたところ「風船がふくらんだ」と発表した。同様の結果が得られた班を挙手させたところ、全ての班とも同様の結果であった。続いて、気圧を上げたときの風船の様子のある班に発表させたところ「風船がしぼんだ」と発表した。同様の結果が得られた班を挙手させたところ、全ての班が同様の結果であった。また、授業終了後にワークシート3の記述を確認したところ「もとにもどった」という記述も見られた。

次に、実験⑥、⑦それぞれについて、結果からいえることをワークシートに記述させ、発表させた。そして、全ての班の発表を聞きながら、実験⑥の結果からいえることを「気圧が下がると温度が下がる。気圧が上がると温度が上がる。」と教師が板書によってまとめた。実験⑥と同様に、全ての班の発表を聞きながら、実験⑦の結果からいえることを「気圧が下がると、空気が膨張して、体積が大きくなる。気圧が上がると、空気の体積が小さくなる。」と教師が板書し、まとめた。

続いて、2つの実験結果からいえることをワークシート3に記入させた。最後に、2つの実験結果からいえることを生徒に聞きながら、教師が「気圧が下がると空気の体積が大きくなり、気温が下がる」と板書し、先に生徒が書いた記述と比較させた。

第6時

第6時の授業では、最初にワークシート5を配布した。ワークシート5は、第5、6時を通しての課題、本時の課題、実験⑧の手順が示され、実験結果と「単元のゴール」と題された自然界において雲ができる過程が記述できる枠が設けられている。

次に、第5、6時を通しての課題を再確認し、本時の課題も提示した。提示した課題は「学んだことを関連させて、雲ができる仕組みを説明しよう」である。本時は小単元の最終時であり、これまで学習してきたことを関連させて、雲ができるしくみを説明できるようになることが目標となる。

続いて、フラスコ内で雲をつくる実験⑧を行った。実験方法は、次のとおりである。まず、ぬるま湯で濡らした丸底フラスコに線香の煙を少量入れ、ゴム管でフラスコと注射筒を接続させる。そして、注射筒のピストンを引いたり、押ししたりして、フラスコ内部でどのような変化が生じるかを調べた。実験終了後、実験結果を口頭で個人に発表させた。ピストンを引いて気圧を下げたときに、フラスコの内部が白くもったことが多数の生徒から確認できるとともに、全ての班から同様の結果が得られた。その後、生徒の発言をまとめて「気圧を下げると、白くもった。」と板書し、この白いくもりが「雲」であることを教えた。

続いて、板書事項を「気圧を下げる」部分と「白くもった」の部分に分け、①気圧が下がるときには、どんな規則性があったか、②なぜ白くもったのか、をワークシート5に記入させた。このとき、それぞれの板書事項が、実験③、④、⑥、⑦とそれに伴う既習事項のどの部分に関連するのかを考えさせ、記述する視点を与えた。

次に、自然界における雲は、地上にある空気が上昇することによってできることを説明した。そして、空気が上昇してから、自然界の雲ができるまでの過程を、既習事項を活用し自分の表現でワークシート5に記述させた。

その後、自然界において雲ができるまでの過程を教師が説明した。雲のでき方を説明する上では、空気がどのように上昇するのかを説明しなければならないが、上昇気流については次の小単元「前線と天気の変化」で学習する。そこで、教科書の図を参照させて上昇気流のできかたを説明した。次に、空気の上昇に伴い、気圧が下がることで、どのような現象が生じるのかを説明した。生徒は、実験⑥、⑦から、気圧が下がると空気の体積が増し、気温が下がることを学習している。また、白くもるとき、水蒸気が凝結し水滴になることも学習している。よって、両者を統合するような説明を加えた。説明した内容は、気圧が下がると空気が膨張して気温が下がり、空気の温度が露点以下になると水蒸気が凝結核を中心に凝縮して、水滴に変化して、白い雲ができることである。続いて、上空で雲を形成している水滴や氷の粒が大きくなり、重力によって地面に落ちてくると雨や雪となることを説明し、水の循環についても理解させた。

最後に、単元の最初と同一問題のポスト・テストを実施し、単元の授業を終えた。

IV. 授業評価と考察

1. 実践された授業の評価

本授業実践では、以下の2観点から授業評価を行い、

実施された授業に検討を加えた。

第一に、小学校第4学年「水の状態変化」に関する学習内容の定着度は高まったか。

第二に、本小単元「空気中の水蒸気の変化」の主旨が達成できたか。

これらの点を明らかにするため、前者については、学習前後に実施したプレ・テスト、ポスト・テストの結果に分析を加えた。後者については、生徒によって書かれたワークシートの記述に検討を加えた。

2. プレ・テスト、ポスト・テストの分析・検討

(1)加熱による水の水蒸気への変化に関する問題

プレ・テストとポスト・テストの結果を分析することにより、実践された授業の評価を行う。なお、プレ・テストとポスト・テスト双方を受けた生徒は38名であった。

加熱による水の水蒸気への変化に関する問題は、問題1に相当する。本問題からは『小学校学習指導要領(理科)』(2008)における第4学年「A(2)ウ水の三態」の学習内容の定着度がわかる。以下の図2は、問題1問1におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人数の推移が示されている。

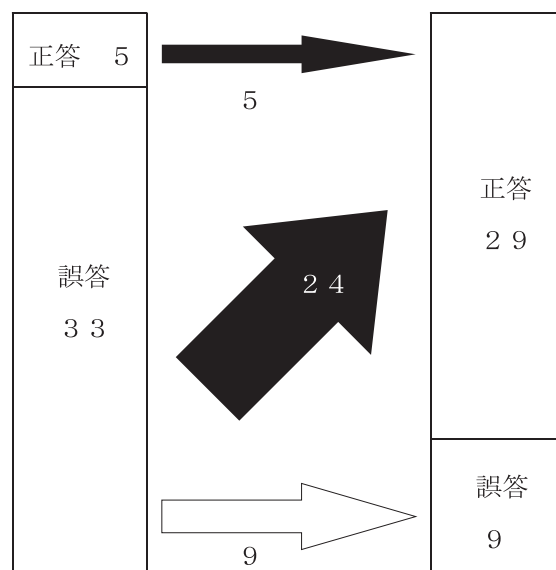


図2 問題1問1におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人数の推移

問題1問1は、水を沸騰させたときに、液体の内部から出てくる泡の正体を問う問題である。図2より、プレ・テストでは、正答である「水蒸気」を選択した生徒は5人で、残る33人が誤答であることがわかる。この33人は全員「空気」を選択していた。ポスト・テストでは、正答を選択した生徒は29人で、残る9人は誤答を解答したことがわかる。この9人は「空気」を選択していた。正答した生徒の人数は24人増加し、変容が見られない生徒は9人であることがわかる。

図3には、問題1問2における解答の正誤人数の推移が示されている。

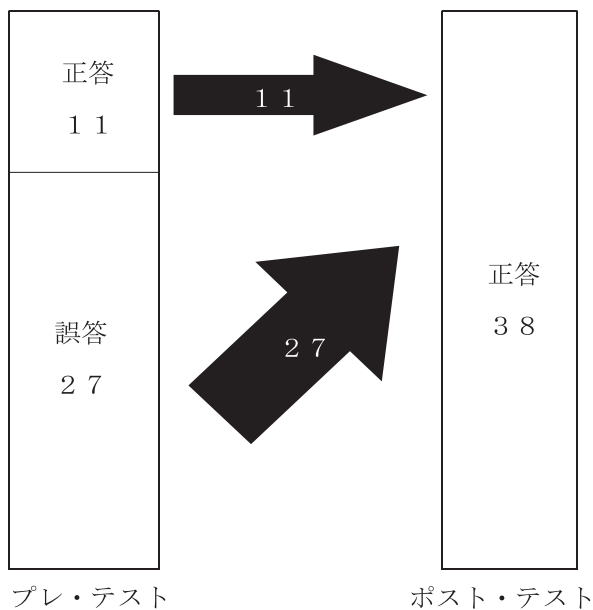


図3 問題1問2におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人数の推移

問題1問2は、湯気の正体を問う問題である。図3よりプレ・テストでは、正答である「水」を選択した生徒は11人で、残る27人が誤答を答えたことがわかる。この27人は「水蒸気」を選択した。ポスト・テストでは、38人が正答を選択し、プレ・テストで誤答だった生徒27人が正答を答えたことがわかる。

これらのことから、本小単元の学習以前は、生徒の多くが「湯気の正体は、水蒸気である」または「沸騰するときに出てくる泡は空気である」という誤概念を有していたことが分かる。すなわち、目に見える湯気は液体状態の水の粒であること、沸騰する水の内部から出る泡は水蒸気である点の理解度が高くはない状態であったといえる。一方、ポスト・テストでは、問題1問1、2とも正答人数が増えたことから、目に見える湯気は液体状態の水の粒であること、沸騰する水の内部から出る泡は水蒸気である点の理解度は高まったといえる。だが、ポスト・テストの結果、問題1問2で全員が湯気の正体を「水」であると解答できたのに対し、問題1問1で問われている水が沸騰するときに出てくる泡の正体が「水蒸気」である点については、その理解に変容が見られない生徒が9人いた。このことから、液体の水の内部からも気体の水である水蒸気が泡になって出ていく現象が「沸騰」であることの理解に課題が残される結果といえる。

問題1問3は、水が沸騰しているとき、やかんの注ぎ口付近では何も見えないのに、少し離れた部分では白い湯気になって目に見えるようになる理由を記述させる問題である。水蒸気が水に変化する際の説明として生徒が書いた文章記述を、筆者らが次の3つの評価基準により分類し、その数を数え上げた。①正答：凝結という用語が用いられている。②準正答：凝結という用語が用いられていない。③誤答：無答及び①及び②以外の文章記述。ただし、「凝結」という用語は小単元の学習の中で扱わ

れるため、プレ・テストの時点で「凝結」という用語を学習していない状態で実施されている。図4には、問題1問3におけるプレ・テスト、及びポスト・テストの解答の正誤人数の推移が示されている。

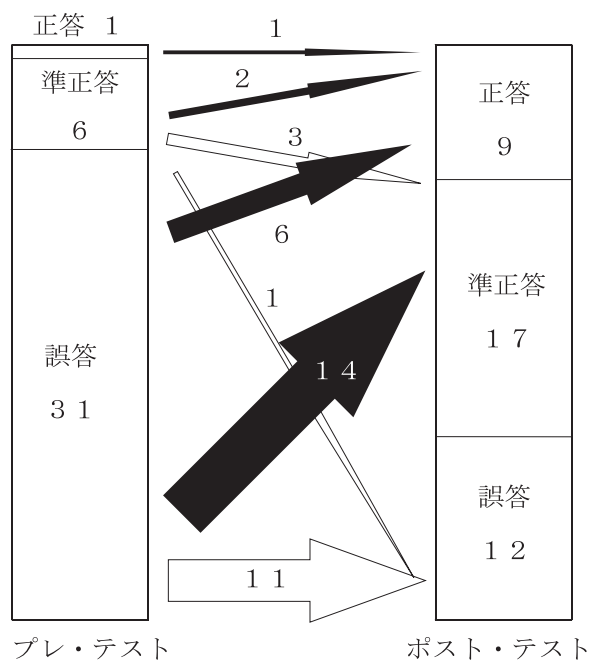


図4 問題1問3におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人数の推移

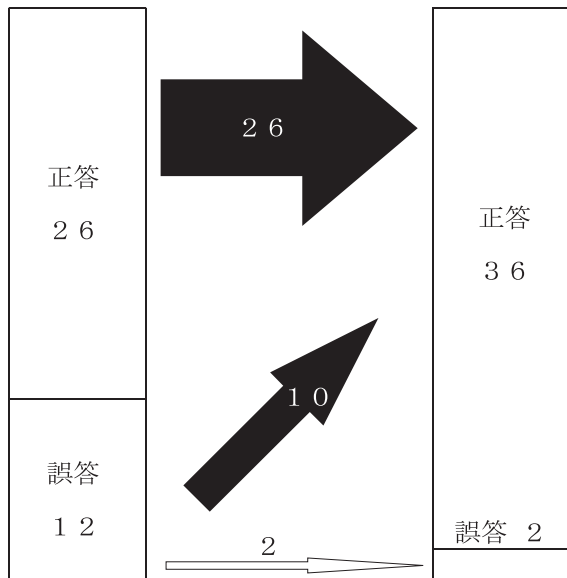
図4からわかるように、プレ・テストでは正答を答えた生徒は1人、準正答は6人、誤答は31人であった。誤答のうち無答の生徒は8人であった。ポスト・テストでは、正答を答えた生徒は9人、準正答は17人、誤答は12人であった。誤答を答えた生徒のうち、無答の生徒はいなかった。

さらに図4より、プレ・テストでは凝結という用語を用いずに水蒸気が水滴に変化することを説明していた6人の生徒のうち、2人は学習事項である凝結という用語を用いて水蒸気が水滴に変化することが説明できた。プレ・テストで誤答を答えた31人のうち6人が正答、14人が準正答を答え、準正答から正答に変容した2人の生徒をあわせると22人の生徒の記述内容が改善されたことがわかる。これより、既習事項の復習によって、ポスト・テストにおける誤答を答えた生徒数は減少したものの、正答を答えた生徒は9人に留まったことも分かる。

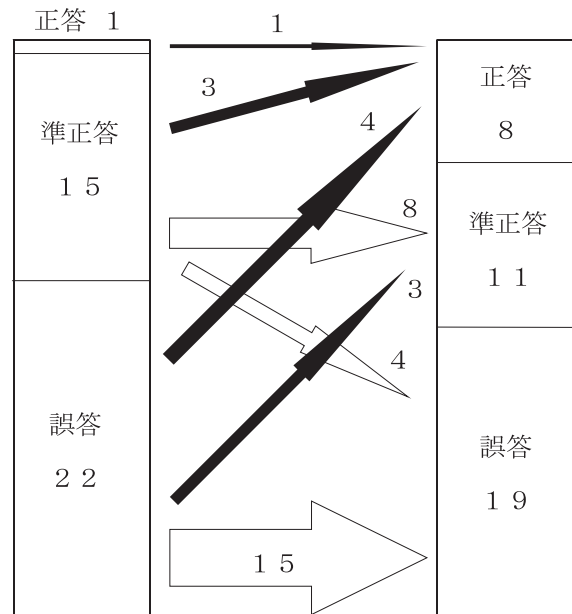
すなわち、「凝結」という学習した用語を用いて、水蒸気が水滴に変化することを説明できた生徒数は教師が期待するほど多くはなかったともいえる。

(2)空気中の水蒸気の存在と結露に関する問題の分析

空気中の水蒸気の存在と結露に関する出題は、問題2に相当する。本問題からは、『小学校学習指導要領(理科)』(2008)における第4学年「B(3)イ水の自然蒸発と結露」の学習内容の定着度がわかる。以下の図5は問題2問1におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人



プレ・テスト ポスト・テスト
 図5 問題2問1におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人数の推移



プレ・テスト ポスト・テスト
 図6 問題2問2におけるプレ・テスト、ポスト・テストの解答の正誤人数の推移

数の推移が示されている。

図5より、プレ・テストで正答を解答した生徒は26人であり、誤答の生徒は12人であることが分かる。ポスト・テストでは、正答した生徒は36人であり、誤答の生徒は2人であることが分かる。プレ・テストにおいて誤答だった12人のうち10人が正答を答え、結露によって生じた液体が「水」であることが概ね理解できたといえる。

問題2問2は、凝結してできた液体がつきコップの外側がぬれる現象を①問1で答えた液体が、もともとどこに存在していたのか、②なぜ液体が現れたのか、の2点に触れて、記述させる問題である。生徒が答えた文章記述を、筆者らが問題1問3と同様の評価基準により分類し、その数を数え上げた。図6には、問題2問2におけるプレ・テスト、及びポスト・テストの解答の正誤人数の推移が示されている。

図6からわかるようにプレ・テストでは、正答を答えた生徒は1人、準正答を答えた生徒は15人、誤答の生徒が22人であった。誤答に分類された22人のうち、無答は6人であった。ポスト・テストでは、正答を答えた生徒は8人、準正答を答えた生徒は11人、誤答の生徒は19人であった。無答はいなかった。ポスト・テストでは、プレ・テストで準正答だった15人のうち3人が正答、プレ・テストで準正答だった22人のうち4人が正答、3人が準正答を答え、あわせて10人の記述内容が改善されたことがわかる。これより全体の傾向としては、誤答の減少と正答の増加が見られるものの、記述内容が改善された生徒が10人に留まったとの指摘もできる。このことから、問題1問3と同様に、「凝結」という科学的用語を使用した正答の文章記述は教師が期待するほど多くはなかったともいえる。

問題2問3は、凝結によりコップの外側についた水滴を蒸発させる方法を記述させる問題である。

プレ・テストでは、38人の生徒から43の文章が書き出された。そのうち正答に該当する文章は40であった。正答の中には、「コップを温める」など加熱による蒸発を示す記述 (14人)、「ドライヤーで乾かす」など加熱と送風による蒸発を示す記述 (11人)、「放置する、温度差をなくす」など自然蒸発を示す記述 (15人)が見られた。これらの38人のうち5人の記述には「蒸発」という用語が見られた。誤答である3人の記述は、「コップにラップをする」などであった。無答は2人であった。

ポスト・テストでは、38人から40の文章が書き出され、すべてが正答であった。正答の中で、加熱による蒸発を示す記述が24人、加熱と送風による蒸発を示す記述が12人、自然蒸発を示す記述が3人見られた。これより、「蒸発」に関する学習内容の理解度はプレ・テスト実施時でも低くはないが、ポスト・テストにおいて38人全員が「蒸発」に関する学習内容を理解できたといえる。

(3)プレ・テスト、ポスト・テスト全体の結果から

上記 (1) 及び (2) の結果から、すべての問題においてポスト・テストでの誤答の数に減少が見られ、正答を解答の数に増加が見られた。これより、小学校第4学年の「B (3) イ水の自然蒸発と結露」と「A (2) ウ水の三態変化」、さらには中学校第1分野「(2) ウ状態変化」の学習内容の復習によって、概ねこれらの定着が図られたといえよう。

しかし、ポスト・テストとプレ・テストの結果を比べると、解答に改善が見られた生徒の人数は、問題1の各問題よりも問題2の各問題のほうが少ないこともわかる。これより『小学校学習指導要領(理科)』(2008)の

第4学年における「水の状態変化」に関する学習内容のうち、「A (2) ウ水の三態変化」に関する学習内容の理解度は十分に高まったと考えられるが、「B (3) イ水の自然蒸発と結露」に関する学習内容の理解には課題が残される結果となったといえる。さらに、「B (3) イ水の自然蒸発と結露」に関する学習内容の中でも、特に「蒸発」に関する学習内容の理解度は十分に高まったと考えられるが、「凝結」を取り扱った問題1問3と問題2問2の記述問題の結果を比較すると問題2問2で扱った「結露」に関する学習内容の理解が高くはないことがわかる。これは、結露を「凝結」という状態変化として理解することが不十分であったためととらえられる。

問題1問3と問題2問2について、ポスト・テスト実施時には、「凝結」という科学的用語やその現象の意味を学習しているが、双方の文章記述から「凝結」という用語が確認できた生徒は、5人に留まった。このことから、生徒は本小単元で学習した科学的用語を使用せずに、日常生活で使用している言葉で記述しようとする傾向があると考えられる。

2. ワークシートに書き出された文章記述の分析・検討

第6時に使用したワークシート5における「単元のゴール」に書き出された文章記述をもとに、本小単元の主旨を達成できたか否かについて検討を加える。

『中学校学習指導要領(理科)』(2008)の第2分野「(4)イ(ア)霧や雲の発生」には、「霧や雲の発生についての観察、実験を行い、そのでき方を気圧、気温及び湿度の変化と関連付けてとらえること。」と示されている。そのため、本小単元の主旨は「雲が発生についての観察・実験を行い、そのでき方を気圧、気温の変化と関連付けて説明できる」となる。従って、生徒の書き出した文章中に、次の5点が記載されているか否かが評価の観点となる。①気圧が下がる。②空気の体積が増加する。③気温が下がる。④露点以下になる。⑤水蒸気が凝結し、水滴になる。

これら5つの評価の観点をもとに、筆者らが評価基準を設定し、評定をつけた。「①気圧」及び「③気温」の変化と「⑤凝結」が関連付けられて書かれた記述を評定「B」とし、B以上の評定を主旨が達成されたとみなした。また、5観点すべてを満たした記述を評定「A」の中でも特に望ましいものとして「S」とした。その他の評価基準と評定結果は表2に示されている。

表2 自然界における雲の発生過程に関する文章表現の評価基準と評定の人数

評定	評価基準	人数
S	①～⑤全てが記述されている	9
A	①,③,④,⑤または①,②,③,⑤が記述されている	21
B	①,③,⑤が記述されている	4
C	その他	5

表2からわかるように、本小単元の主旨を十分に達成できたと判断できるS及びAの記述が見られた生徒は30人であった。また、34人の生徒が「①気圧の変化」、「③気温の変化」、「⑤凝結」を関連させて、雲の発生の過程が説明できていた。これより、多くの生徒が本小単元の主旨が達成できたといえる。

しかしながら、生徒の記述を5つの観点別に分類すると「①気圧」に関する記述が35人、「②空気の体積」に関わる記述が24人、「③気温」に関わる記述が38人、「露点」に関わる記述が21人、「④凝結」に関わる記述が37人であった。このことから、本小単元の学習事項である「②空気の体積の変化」、「④露点」についての記述は①、③、⑤に比べて少ないことがわかる。したがって、本小単元の主旨はおおむね達成できたが、生徒が全ての学習事項が活用できるような教授方略の検討が課題として残される結果となった。

おわりに

本研究では、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた小単元を構想し、小学校における「水の状態変化」に関わる学習内容の確実な定着を図るとともに、中学校第2分野「空気中の水蒸気の変化」小単元の主旨を達成する授業案を開発し、授業実践を行い、実践された授業の評価を試みた。

実践された授業の評価から、小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」小単元の学習内容の理解度が高くない状態で本小単元の学習に臨んだが、一連の学習後は本小単元の主旨がおおむね達成できたとともに、小学校の既習事項の定着度にも上昇が見られたことが明らかになった。これより、小・中学校における学習内容のつながりに視点をあてた中学校理科の授業の在り方を考えるための第一次資料が得られたといえ、本研究の主旨は十全に達成されたといえよう。

しかし、解決すべき課題も明らかになった。明らかになった課題は次の3点である。

第一に、本研究は実験群のみに対する授業実践から得られたデータに検討を加えたに過ぎない。今後の授業実践では、実験群だけではなく比較群を加え、これら2者から得られたデータに質的・量的検討を加え、研究を精緻にすべき課題である。

第二に、本研究は一つの小単元において筆者らが提案した枠組みで授業実践しただけである。今後、他の単元学習においても同様な授業実践を行い、筆者らが提案した枠組みの適用範囲を広げられるか否かを検討すべき課題である。

第三に、生徒の学習内容理解そのものに対する次の課題である。①沸騰する水の内部から出てくる気体が水蒸気であることへの理解。②湯気ができる現象及び結露が生じる現象を「凝結」として理解させる点。③学習した科学的用語が使用されずに、日常生活で使用している言葉で記述しようとする傾向が見られる点。以上の3点である。

上述した3つの課題のうち第三の課題は、今後第一及び第二の課題を克服するために必要不可欠となる部分である。本章では、授業実践の成果だけを強調するのではなく、明らかになった課題に対し、それを克服するための考察を丁寧に行う。それにより、単元の授業を行う教師へのフィードバックが行われ、ひとつの授業実践が次の授業改善へとつながるオープンエンドの実践研究になるからである。

1. 沸騰する水の内部から出てくる気体の正体を理解させるための手立て

ここでは、上記①の課題について詳述する。本実践において、対象生徒の多くが「湯気の正体は、水蒸気である」、または「沸騰するときに出てくる泡は空気である」という誤概念を有した状態で本小単元の学習に臨んでおり、先行研究で指摘されていた課題と同様の実態が明らかになったことは、IV章2において論じた。

しかし、ポスト・テストにおいて、全員が湯気の正体を「水」であると解答できたのに対し、水が沸騰するときに出てくる泡の正体が「水蒸気」である点については、その理解に変容が見られない生徒が9人いた。このことから、液体の水の内部からも水蒸気が発生し、気体の水である水蒸気が泡になって出ていく現象が「沸騰」とであると板書をしながら説明したが、それだけでは「沸騰」という現象を理解させる手立てとして不十分であったといえる。

この課題を解決するためには、中学校第1学年の学習内容である第1分野「状態変化」の学習において「沸騰」という現象を理解させ、かつ本小単元の学習につながるような手立てが必要であると考えられる。具体的な改善策として、以下のような授業案を提案する。

小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」小単元では、沸騰する水の中から出てくる泡を捕集し、その正体を確かめる実験が行われる。しかし、この実験では、泡が空気ではないことを示すことはできるが、必ずしも「気体の水＝水蒸気」であるとは説明できない。なぜならば、小学校では「水」を同定する方法が学習内容となっていないためである。また日常生活では、ストローで液体に呼吸を吹き込んだり、勢いよく水を注いだりしたときにできる気泡などを「空気の泡」という言葉を使って表現されることが多い。これより、小学校第4学年で「あわ」という表現を用いて実験させる限り、生徒の日常経験がテストの解答に反映され、水が沸騰するときの泡を調べる実験では、実感を伴った理解を図ることが不十分となると考えられる。

「身のまわりの物質」にかかわる内容は、中学校第1学年の学習内容である。すなわち、「物質」についての概念を有していない小学校第4学年で「物質の同定」をさせても、十分な理解は図れないと考えるのである。そこで、小学校第4学年では「沸騰する水の中から出てくる泡の正体が水蒸気である」ことの理解が定着していないのを前提として、中学校第1学年第1分野「状態変化」

の授業展開を考えなければならないと考えられる。「状態変化」の単元では、水とエタノールの混合物を沸騰させ、その時に出てくる気体を捕集し凝縮させる。これより、それぞれ異なる2種類の物質が液体となって現れる。この実験から、沸騰するときに出る泡の正体は「空気」ではなく、沸騰させた液体が、気体になったものだと理解させることができると考えられる。

2. 湯気のでき方と結露が生じる現象を「凝結」として捉えさせるための手立て⁹⁾

ここでは、上記②の課題について詳述する。プレ・テスト、ポスト・テストにおける2つの記述式問題、問題1問3及び問題2問2は、どちらも「凝結」を説明する問題であり、その評価は同様の評価基準で行われている。先に提示した図3、図4により問題1問3と問題2問2の結果を比較すると、プレ・テスト、ポスト・テストにおける誤答の人数の推移から以下の2点が明らかになった。第一に、本小単元の学習前において「凝結」に関する理解度は問題2問2よりも問題1問3のほうが低いこと。第二に、学習後において「凝結」に関する理解度は、問題1問3よりも問題2問2のほうが低いことである。

このことから、プレ・テストによる既習事項の復習では小学校第4学年の学習内容のうち「A(2)ウ水の三態変化」の理解を十分に高めることはできたが、「B(3)イ自然蒸発と結露」の理解度は課題が残る結果とであったといえる。どちらも「凝結」を説明する問題であるにもかかわらず、その解答が一致していない生徒はプレ・テストにおいて13人、ポスト・テストにおいて19人であった。これより、既習事項の復習をしたにもかかわらず、湯気と結露を同じ「凝結」という現象として捉えられていないと考えられる。しかし、ワークシート5の「単元のゴール」欄の記入をみると、おおむね雲のでき方が説明できていることから、雲のでき方に関しては「凝結」という現象として捉えられていると考えられる。以上のことから、結露及び雲の発生は「空気中の水蒸気の凝結」で共通しているにもかかわらず、特に「結露」が生じる現象を説明する記述に不十分さが見られるといえる。

ここからは、筆者らの推測であるが、湯気と結露を同じ「凝結」という現象として捉えられない原因として、水の粒の大きさの違いを考えている。生徒の身のまわりに存在する気体は目に見えないが、風を感じたり、袋に閉じ込めたりしたときに、ふわふわした物体としてその存在が確認できる。また、プレ・テストで明らかにされたように、学習前の生徒は、湯気を気体の水である水蒸気と捉えていた。このことから、生徒は白くてふわふわした湯気を「気体」とであると誤って認識していたのではないかと考えるのである。一方、結露が生じる現象は、目に見えなかった空気中の水蒸気が、普段の生活で見慣れている粒の大きな水滴として現れるので、こちらは湯気に比べて「液体の水」であることを認識しやすいのではないかと考えられる。このように、本小単元の学習前において多くの生徒は、無意識に湯気と結露を水の粒の

大きさで区別し、別の事象として捉えていたのではないかと思われるのである。

また、本小単元で扱われた霧や雲は、「空気中の水蒸気の凝結」という面において「結露」が生じる現象と共通しているが、その粒の大きさは細かく、白くふわふわしていることから「湯気」に近いものとして捉えやすいと思われる。これより、本授業実践においては、小学校の学習内容を復習し、気体は目に見えないこと、水蒸気が冷やされて凝結し、目に見える湯気になったことを理解させることによって、それらを活用して白く目に見える雲のでき方を「凝結」と結びつけて説明することができたと思われる。

この課題を解決するために、結露のように透明で粒の大きな水と、湯気や雲のように白く見える水を、同じ「液体の水」として認識させる手立てが必要であると考えられる。具体的な改善策として、以下のような授業案を提案する。

本小単元では、雲のでき方を説明した後に、雨や雪が降る仕組みを学習した。ここでは、雲を生成している水や氷の粒が徐々に大きくなり、重力によって地面に落下してくるために雨や雪が降ることを説明したが、上空での現象であるため、水や氷の粒が大きくなる現象を間近で見ることができない。そこで、小さな粒が大きくなっていく現象ではなく、大きな粒を細かくしていく現象を観察させることによって、透明な液体の水と白く見える液体の水を同じ「液体の水」として認識させる。具体的には、霧吹きに透明な液体状態の水を入れ、水が噴射された瞬間を観察させる。すると、液体の水が細かくなり、白く見えるのが確認できる。また、噴射して、水がかかった部分を手で触ると濡れているのがわかるため、液体の水が細かくなると白く見えるということを実感させることができると考えられる。

3. 学習した科学的用語が使用されずに、日常生活で使っている言葉で記述しようとする傾向を改善するための手立て

ここでは、上記③の課題について詳述する。プレ・テスト、ポスト・テストの記述問題で正答に分類される生徒が多くはないことに加え、ワークシート5「単元のゴール」欄の記述で、「露点」や「空気の体積」に関する記述が多くないことから、生徒は本小単元で学習した科学的用語を使用するよりも、日常生活で使用している言葉で記述しようとする傾向があると考えられる。

生徒に科学的用語を意識して使用させるためには、理科授業において、教師が科学的用語を意識して使用するだけでなく、科学的用語で説明できるところを無意識に日常用語で説明したりしないような授業中の発言や説明に対する細心の注意が必要である。加えて、理科授業の場面において生徒が日常用語で説明したり発言したりした時は、教師はそれを聞き逃さずに生徒に対して「教科書に書いてある言葉で説明するとどうなるかな？」などと問い返し理科の授業では教師が科学的な言葉による説明や発言を求めていることを生徒が理解できるまで働きかけを継続的に行う必要があると考える。

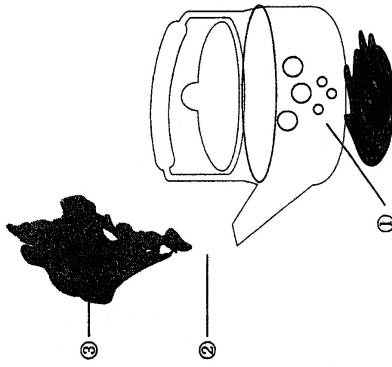
註

- 1) 森健一郎：「楽しくわかる地学の授業（中学の例）」、左巻他編：『授業に活かす！理科教育法中学校・高校編』,p.52,2009,東京書籍。
- 2) 栢野彰秀他：「イメージマップを用いた学習支援に関する実践的研究」、『北海道教育大学紀要』,Vol.61,No.2,pp.229-241,2011。
- 3) 栢野彰秀他：「イメージマップを用いた小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」単元の学習支援に関する抽出事例研究」、『北海道教育大学教職大学院紀要』, Vol.2,pp.85-97,2012。
- 4) 検討を加えた箇所は、文部科学省：『小学校学習指導要領解説理科編』,pp.34-42,2008,大日本図書。である。以降、同部分を参照した場合の本文への注釈の書き込みは略す。
- 5) 検討を加えた箇所は、文部科学省：『中学校学習指導要領解説理科編』,pp.78-82,2008,大日本図書。である。以降、同部分を参照した場合の本文への注釈の書き込みは略す。
- 6) 検討を加えた箇所は、東京書籍：『新編新しい科学2下』,pp.8-15,2005。である。以降、同部分を参照した場合の本文への注釈の書き込みは略す。
- 7) 教育出版：『小学理科4下』,pp.14-31,2007。
- 8) 教育出版：『地球となかよし小学理科4』,pp.155-180,2011。
- 9) 湯気ができる現象や結露が生じる現象は、高等教育や専門学界では「凝縮」と表現されるが、中学校理科教科書では「凝結」と表記されているので、本論では中学校理科教科書の表記に従った。

資料1 プレ・テスト

組 番号

問題1 ガラスのやかんに水を入れ、火にかけました。中の水は沸騰してお湯になっています。下の図はそのようすを示しています。以下の間に答えなさい。

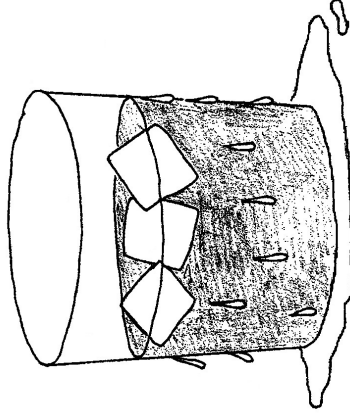


- 問1. ①は、やかんの底から出てきた泡を示しています。この泡の正体は何ですか？
下の選択肢から適当な語句を選び、記号で答えなさい。()
- 問2. ③は、白い湯気を示しています。湯気の正体は何ですか？
下の選択肢から適当な語句を選び、記号で答えなさい。()

【問1, 2 共通 選択肢】 ア. 氷 イ. 水 ウ. 水蒸気 エ. 空気

問3. ②の部分は何も見えないのに、③で白い湯気が現れるのは、なぜですか？
その理由を、自分の言葉で説明を書きなさい。

問題2 よく冷えたコーラをコップに注ぎ、置いておいたら、コップの外側に液体がついてペチャペチャになっていました。以下の間に答えなさい。



- 問1. コップの外側について液体の正体は何ですか？ ()
- 問2. コップの外側に液体が付いた理由を、以下の2点に触れて自分の言葉で説明を書きなさい。
① 問1で答えた液体は、もともと、どこに存在していたのか。
② なぜ、液体が現れたのか。

問3. コップについて液体をふき取ることなく、なくす方法を書きなさい。