

《中学校・理科》

I 学力診断テストの概要

1 「群馬県教育課程実施状況調査」等に見られる本県生徒の課題

(1) 「群馬県教育課程実施状況調査」の結果について

「群馬県教育課程実施状況調査」では、本県の生徒の通過率はすべての領域において全国平均を上回っている。しかし、第1分野の「化学変化と物質」の単元の質量保存の法則と、第2分野の「天気の変化」の単元の飽和水蒸気量と雲の発生の関係について、通過率は低い。したがって、この2点のつまずきに関する課題分析が必要である。

(2) 科学的な思考力の向上を図る観点から

理科における「科学的な思考力」については、本県のみならず全国の課題である。生徒の多くは、実験結果と知識などを合わせ、理由を説明することが大変苦手であり、記述する設問において無解答が多い。また、気象や化学領域においてもグラフの解釈や作成につまずきがみられた。これらのことは、PISAやTIMSS2003の調査においても共通しており、PISA型の読解力の向上の観点からも指導方法の改善が望まれる。

2 出題単元と各設問の設定意図

単元	設問	各設問の設定意図
化学変化	化学反応前後の質量の変化をどのように考えているか、閉鎖系と開放系など様々な場合について考え方をみる。さらに、化学反応における原子や分子などの微視的などらえ方と質量保存の法則の考え方の関係を見る。	1 小学校5年「もののとけ方」における質量保存の考え方を問い、中学校の化学反応における質量保存の法則の考え方との関係を調べる。
		2 沈殿が生成する反応と気体が発生する反応において、反応の前後の質量変化をどのように考えているかを調べる。
		3 燃焼における反応の前後の質量変化について、開放系と閉鎖系のそれぞれの場合でどのように考えているかを調べる。
		4 日常経験としての燃焼における質量変化の結果を、どのように考えているかを問うことで、化学変化における質量保存の考え方を調べる。
		5 化学反応における原子や分子などの微視的などらえ方と質量保存の法則の考え方との関係を調べる。
天気の変化	資料(数値データやグラフ)の読み取りとともに、露点、飽和水蒸気量、湿度の概念、さらに、霧について、実験結果と自然現象を関連させて問う。	1 空気中の水蒸気について、温度と湿度及び飽和水蒸気量の関係についての概念やグラフとの対応、また、日常の現象から飽和水蒸気量と温度の変化との関係について理解の程度を調べる。
		2 1日の気温と湿度の変化が、空気中の水蒸気と関連付けられているかを調べる。
		3 霧(地上にできる雲)の発生と消滅を、温度と空気中の水蒸気量の関係から理解しているかを調べる。

Ⅱ 各設問における分析結果と授業改善のポイント

課題1 授業の組立ての工夫を行い、考える場を設定する。

1 具体的な反応率

(1) 授業の組立て

本学力調査に伴い生徒に対して質問紙調査を行った。その結果の一部を図1に示す。「観察・実験の前に自分で予想を立てる」(思う・やや思う: 56.9%)、「グループや学級で予想を話し合う時間は十分たりる」(思う・やや思う: 41.8%)と回答している。

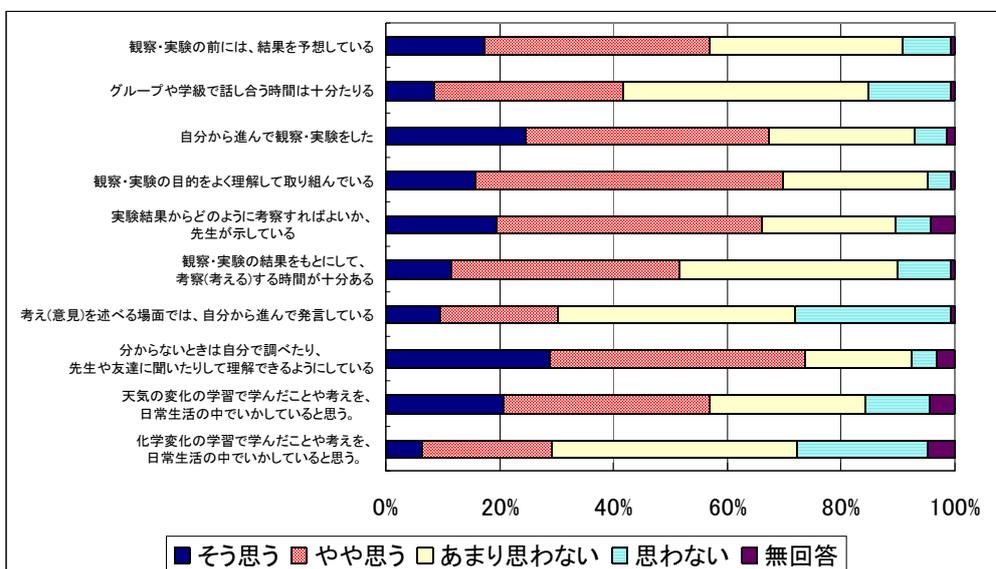


図1 授業の組立ての実態(生徒)

(2) 授業構想

図2に示す学校調査で教師の問題解決的な単元構想を「行っていた・どちらかといえば行っていた」の回答率が63.9%である。

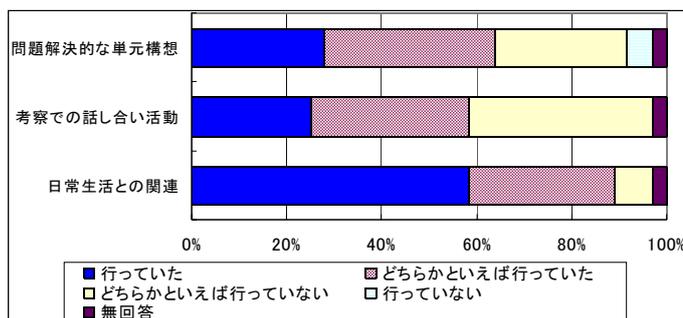


図2 授業構想の実態(教師)

また日常生活との関連については、88.9%の教師が行っていたと回答している。生徒は化学変化の学習において約3割、天気の変化については約6割が学んだことを日常生活に生かしていると回答している。

(3) 生徒の意見の活用

図3は、生徒の多様な意見の活用について示しており、約7割の教師が活用しているという結果である。

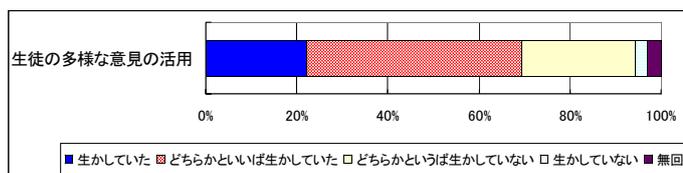


図3 生徒の意見の活用の実態(教師)

(4) 学習形態

理科の授業形態(図4)について、習熟度別学習は、ほとんど行われておらず、学習課題に応じたグループ編成も少ない。

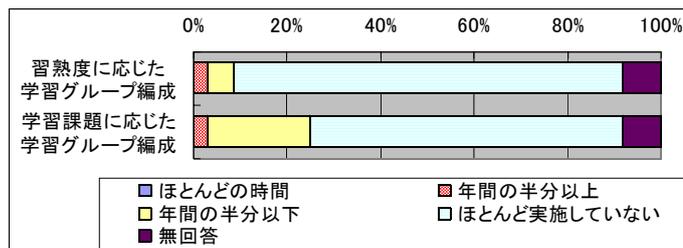


図4 学習形態の実態(教師)

2 課題の分析結果

図1、2より、問題解決的な学習に関する設問に対して、生徒及び教師の6割程度は行っていると判断できる。しかし、話合いの時間の不足や自分から進んで発言していると回答している生徒が少ないという結果も出ている。よって、図3と合わせて考えると、考察での話合いの場をあまり設定していない教師が4割程度いることにもなる。理科の学習において、問題解決的な学習は根本となるため、この数値は、良いとは言えない。

また、学習形態について、理科の教員の加配は、5.6%(TTの実施2.8%、少人数指導2.8%)であることから、図4で示すように教員数の関係で一斉指導が多くなり、習熟度別指導や少人数指導がしにくい現状がある。

よって、一斉授業における問題解決学習を取り入れた、指導法の工夫が望まれる。

3 授業改善のポイント

- 問題解決的な学習を取り入れやすい単元(題材)を選んだり、単元計画を工夫したりして、問題解決的な学習の場を設定する。その際、「予想」「計画」「実験」「考察」の過程を計画的に学習に取り入れて、科学事象に対する見方や考え方を高めたり、いろいろな意見を聞く話合い活動の場を設定して、考えの練り上げが図られるよう工夫する。
- 生徒の課題意識を高め、課題別学習班を作るなどの学習形態を工夫する。そのためには、生徒の関心や意欲を高められるような教材提示の工夫を行い、ジグソー法やTTなど学習形態を工夫する。

課題2 化学変化における質量保存の法則を分子・原子の概念で理解できるようにする。

1 具体的な問題の反応率

(1) 閉鎖系と開放系での化学変化の設問

本調査では、質量保存の法則について、具体的にどの部分でつまづいているかを調査するために、閉鎖系と開放系の化学変化の設問を3つ設定した。実験Aの閉鎖系で、沈殿ができる場合の質量変化について正答率は71.0%、理由の正答率は25.5%。実験Bの閉鎖系での気体発生における質量変化について正答率は64.7%、理由は57.8%。また、実験Bのふたを開けて質量を測定した場合の正答率は79.6%。実験Cのスチールウールを空气中(開放系)で燃焼させたときの正答率は74.7%、理由は69.7%。実験Eは、Dの実験後にゴム管を水槽に入れ、ピンチコックをはずしてゴム管内の水位の変化を問う設問である。Dの質量変化についての正答率は45.6%、ピンチコックをはずした時の予想の正答率は46.6%、理由の記述の正答率は17.2%であった。

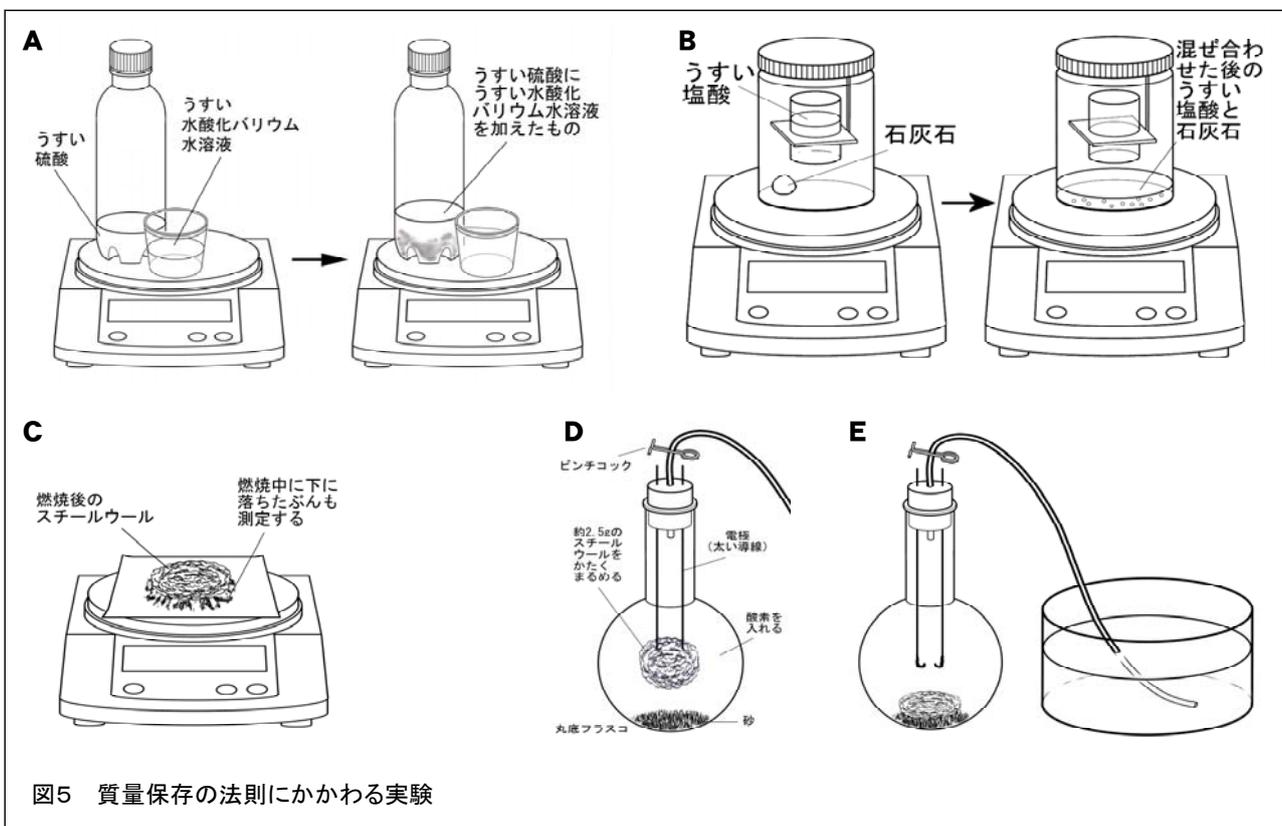


図5 質量保存の法則にかかわる実験

(2) 化学変化のモデル化

図6は、酸化銅の化学変化をモデル式で表した設問である。正答率が51.9%であり、酸素分子を酸素原子2つ又は係数を考慮していない評価基準枠外の解答率が46.1%である。

5 銅を加熱して酸化銅になる化学変化を、◎を銅原子、○を酸素原子として、モデル式で表すと、どのようになりますか。次の①から⑤までの中から1つ選んで、その番号を書きなさい。

① ◎ + ○○ → ◎○
 ② ◎◎ + ○○ → ◎◎◎◎
 ③ ◎◎ + ○ → ◎◎
 ④ ◎◎ + ○○ → ◎◎
 ⑤ ◎ + ○ → ◎○

図6 設問15の原子モデル式

2 課題の分析結果

化学変化に伴う質量関係の設問は、「増える、変わらない、減る」の記号の三択であった。そのため、各設問の結果の予想については、半数近く、又はそれ以上の正答率であった。しかし、閉鎖系であるA・B・Dの3問すべて正答している生徒の割合は、32.6%と低い。また、理由についても低い正答率となり、実験Eの結果の理由についての無解答は22.3%であり、記述式設問への苦手さが現れている。実験D・Eの閉鎖系・開放系の解答結果から、フラスコ内の酸素が化合によって減り、そのためフラスコ内の気圧が下がったことを推測することが十分にできていないと考えられる。

これらのことから、化学変化における分子や原子の出入りを、質量関係の面から十分理解していないことが分かる。

このように、本テストでは、化学変化に伴う質量変化の予想や理由について、閉鎖系と開放系の問題を組み合わせてつまずきを見てきた。その結果、予想は三択であるため正答率はよいが、理由が曖昧であることや、3つの閉鎖系の実験結果の予想が3問とも正答であった生徒が32.6%であることは、化学変化における質量保存の法則を十分理解していないと思われる。

また、モデル式の設問の結果からも分かるように、原子の組み合わせで物質はできているという考え方について十分理解していないことが分かる。化学変化のしくみや質量保存の法則を理解する上で原子をモデル化してとらえさせることは大切である。

3 授業改善のポイント

- 化学変化の実験において、実験の条件を理解してから、予想をたて、実験を行い、結果から考察する学習過程を意図的・計画的に設定する。
- 反応させる物質は何か、閉鎖系か開放系か、外部への物質の出入りがあるかないかなど、実験結果を整理して考えられるようにする。
- 質量変化の要因について、理由を説明し合うなどの活動を取り入れることにより、考えを深め、多面的な見方を育てられるようにする。
- 分子や原子をモデルなどを使って表し、変化(反応)を理解できるよう工夫する。原子モデルを使うことにより、分子の概念や化学変化の法則の理解を深められる。また、目に見えない原子や分子を粒子として視覚的にとらえることができ、質量の変化について考えやすくなる。

課題3 実験の条件や結果を基に考察する力を付ける。

1 具体的な問題の反応率

本調査は、科学的な思考力を見る観点から、実験結果の理由を選択肢や記述式で説明させる設問を多く取り入れた。それぞれの記述設問の無解答率は、化学変化の設問の[1]-2(2)(発生した気体の質量)で16.7%、[1]-2(3)(開放系での質量減少)で9.7%、[1]-3(4)(酸化による酸素消費)で22.3%、[1]-4(割りばしの燃焼による質量変化)で20.9%であった。天気の変化の設問の[2]-1(4)(湿度の計算)で45.1%、[2]-1(5)(資料1：結露の説明)で23.4%、[2]-1(8)(露点より冷やしたコップの表面の様子)で22.1%である。また、

資料1 結露の説明 [2]-1-(5)

金属の容器が冷やされると、くもるのはなぜか、その理由について「露点」と「水蒸気」という語を用いて簡潔に書きなさい。

[2]-1(5)ので金属のコップがくもった理由の説明で、評価基準枠外の解答が46.0%である。記述式の設問に関して、これらの設問での無解答率を平均すると約23%になる。

2 課題の分析結果

理由等の記述式の設問に関して、本調査に限らず教育課程実施調査やPISA調査においても、無解答が多いことは指摘されている。

- 化学変化の設問において、閉鎖系と開放系で同じような設問を繰り返し、その原因やつまづきを探った。その結果、予想が正答であっても理由として「ふたをしているから」とか「気体が発生したから」などという解答が多い。このことは、現象面だけを見ている生徒が多く、化学変化にかかわる物質まで考えが及んでいないと思われる。さらに、理由を問う設問で、予想を間違えた生徒の多くが記述式で無解答だったり、選択肢であっても無解答の割合が高い。
- 天気の変化の設問では、湿度の計算式を資料として示しているにもかかわらず、無解答が45.1%(正答率が24.6%)であるのは、実験結果と気温、露点、飽和水蒸気量の関係を理解していないと考えられるため、飽和水蒸気量のグラフと湿度とのかかわりを理解させる必要がある。さらに、結露や雲ができる現象を飽和水蒸気量のグラフを使い、温度変化と水蒸気量との関係を視覚的にとらえさせる必要がある。
- 課題としては、実験結果を実験の条件や知識と結び付けて、推論していく力を向上させることが必要である。このことは、課題1(教師と生徒の問題解決的な学習の実態)でも示したが、学習計画作りから問題解決的な学習を意識的に指導計画に盛り込むことが大切である。

3 授業改善のポイント

- 学習のねらいをおさえて実験を行い、条件と結果を明確にした後に自分の考えで考察するようにする。
- 実験のまとめの場で、結果と考察を区別して自分の考えを書けるよう指導を工夫する。
- 定型文による考察を繰り返すことは、考察のスタイルを身に付けさせ、考察力や思考力の向上を図る上で有効である。そこで、ワークシートやノートを活用し、「・・・したら、・・・になった。その理由は、・・・だから。」等の定型文を使うなど、現象の説明や考察がしやすくなるよう工夫する。

課題4 具体的に事象と関連付けてグラフを理解する力を身に付ける。

1 具体的な問題と反応率

②-1は、温度の違うコップに付いた水滴の原因を探るために、図7のように金属容器を冷やして露点や湿度を調べ、空气中的水蒸気量の理解を問う設問である。表1の項目(1)は実験時の飽和水蒸気量を表やグラフから読み取る設問である。また、(2)はコップがくもった実験から露点を知り、室内に含まれる水蒸気量を表やグラフから読み取り、図8のグラフ内に棒グラフとして示す設問である。3つの正答率は、順に49.3%、39.7%、48.7%である。さらに、表で示すように、水蒸気量へのグラフ化は、無解答率が、25.3%である。

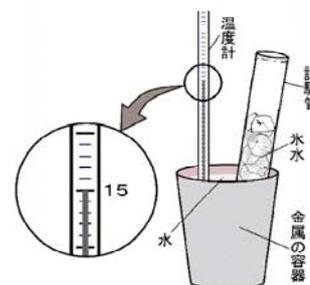


図7 露点を調べる実験

2 課題の分析結果

表1 各設問の解答の様子

設問②-1	正答及び準正答%	評価基準枠外の解答%	無解答%
(1)実験時の飽和水蒸気量の読み取り	49.3	41.9	8.7
(2)露点の理解と露点時の水蒸気量の値 水蒸気量のグラフ化	39.7	43.9	16.3
(3)グラフ上の露点の位置	48.7	25.9	25.3
(4)湿度の計算の式	60.5	34.4	5.2
解	27.0	27.9	45.1
	23.0	34.4	42.6

○ 設問②-1で(3)の結果(正答率:60.5%)からも、露点気温と飽和水蒸気量の関係のグラフのどの部分に当たるか、十分理解しているとはいえない。表1の(1)～(3)の結果からも、露点の概念と、露点気温が表やグラフ上のどこを示しているのか、十分理解していない現状がある。

○ 設問②-1(2)において、飽和水蒸気量曲線のグラフへの露点の記入(図8)は、数値の記述に比べ、グラフ内に示す正答率の方が高い結果が出ている。これは、資料の正確な数値表を使わずに、資料のグラフから大まかに読み取っている生徒もいたと考えられる。さらに、±0.2gまでの誤差を正答と見なしたため正答率が高くなっている。さらに、(2)のグラフ化で正答・準正答率が約半数であるにもかかわらず、無解答率が25.3%であることは、グラフの読み取りだけでなく、グラフへの表現も含めた、グラフの理解ができていないと考えられる。

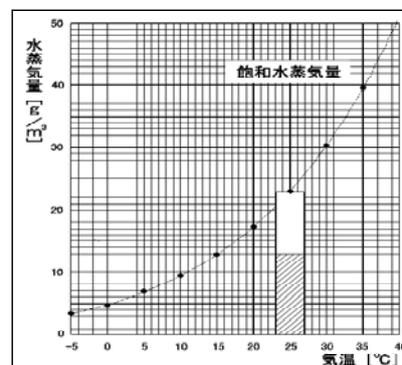


図8 ②-1(2)の飽和水蒸気量曲線

3 授業改善のポイント

- 「気温が下がれば、空気1m³に含むことのできる最大の水蒸気量が減っていく」ことを、飽和水溶液のグラフと関連させて、理解できるようにする。水蒸気をモデルで表すことも、視覚的にとらえられて効果的である。
- 露点と飽和水蒸気量について、言葉だけでなく、グラフや表と合わせ、実験の流れや結果と関連させながらグラフ上に示すなど、理解を深める工夫をする。
- 飽和水蒸気量の値について、表とグラフのそれぞれの利点を生かした読み取り方を指導する。
- 露点における水蒸気量をグラフ内へ表示させることにより、湿度の概念を視覚的にとらえられるようにする。

課題5 日常の現象を科学的に理解する力を身に付ける。

1 具体的な問題と反応率

(1) 1日の気温と湿度の関係

図8は、1日の気温と湿度の変化の典型的なグラフから、その日の空気中の水蒸気の状態を説明する設問で、グラフを選ぶ正答率が78.6%である。しかし、(2)で理由の正答率が5.9%である。誤答の理由で「③気温が高くなると空気中の水蒸気量が減る」と解答している生徒が66.0%いる。(1)と(2)両方の正答率は3.4%であった。

(2) 温度・湿度・露点の相互関係

図10は、温度・湿度・露点の相互関係の設問であり、その解答率を表2に示した。(6)と(7)それぞれの解答率が42.9%、46.3%であり、2問とも正解している割合が25.4%である。

2 晴れて風の少ない日に、1日の気温と湿度を調べました。

(1) 調べた結果として、適切と思われるグラフはどれか、①から③の中から選び、記号で書きなさい。ただし、地面や植物からの水分の蒸発は、無視するものとする。

(2) (1)で選んだ理由を次の①～④から1つ選び、その番号を書きなさい。

- ① 調べた日の空気中の水蒸気量は、1日のうちで大きな変化はないから。
- ② 気温が高くなると、空気中の水蒸気量が増えるから。
- ③ 気温が高くなると、空気中の水蒸気量が減るから。
- ④ 湿度は、気温が変わっても、1日のうちで大きな変化はないから。

図9 [2]-2 1日の気温と湿度の関係

表2 1日の気温と湿度の関係

設問 [2]-2	正答 %	評価基準枠 外の解答%	無解答 %
(1) 図の選択	78.6	18.9	2.5
(2) 理由の選択	5.9	91.0	3.1
設問 [2]-2 (1)と(2) 共に正解	3.4 %		

2 課題の分析結果

図9の設問で、(1)の1日の気温と湿度のグラフは教科書等で見慣れている図であり、さらに3択問題であるために正答率が高い。(1)で正答の②を選択し、(2)で誤答の③(水蒸気量は減る)を選択した生徒が63.6%であることは、ほとんどの生徒が湿度の概念や計算式を理解していないことによると思われる。

湿度計算は[2]-1(4)で設問している。ここでは、設問に湿度の計算式を示していながら正答と準正答の割合が27.0%(式)、

(6) 温度と湿度の関係を正しく述べている文を、次の①から③までの中から1つ選び、記号で書きなさい。

- ① 同じ温度の空気ならば、湿度が高い方が露点も高い。
- ② 同じ温度の空気ならば、湿度が高い方が露点は低い。
- ③ 同じ温度の空気ならば、湿度に関係なく露点は一定である。

(7) 湿度と露点の関係を正しく述べている文を、次の①から③までの中から1つ選び、記号で書きなさい。

- ① 同じ湿度ならば、空気の温度の低い方が露点が高い。
- ② 同じ湿度ならば、空気の温度の高い方が露点も高い。
- ③ 同じ湿度ならば、空気の温度に関係なく露点は一定である。

図10 [2]-1(6) 温度・湿度・露点の関係

表3 温度・湿度・露点の関係

設問 [2]-1	正答 %	評価基準枠 外の解答%	無解答 %
(6) 温度と湿度の関係	42.9	55.4	1.7
(7) 湿度と露点の関係	46.3	51.6	2.1
設問 [2]-1(6)と(7) 共に正解	25.4 %		

23.0%(数値)である。1日の気温と湿度の変化を示す[2]-2(1)と理由(2)及び湿度計算(値)[2]-1(4)の3問とも正答している生徒は、1.5%に過ぎない。また、図10及び表3に示すように、温度・湿度・露点の関係が理解されていないことから、[2]-2(2)の正答率が低い結果になっている。

このようなことから、温度・湿度・露点や飽和水蒸気量との関係をグラフ上だけでなく、湿度計算から、また、1日の気温と湿度の変化のグラフと比較しながら多面的に解釈する必要がある。

3 授業改善のポイント

- 気象観測を行い、身近なデータを利用して気温・露点の値から飽和水蒸気量や湿度を求める工夫をする。湿度の計算を練習問題だけで行うのではなく、実測データから計算する回数を増やすことにより、湿度と気温の関係についての理解を深めることができる。
- 乾湿計での湿度の測定と、気温と露点からの湿度の測定を併用することにより、湿度の概念の形成を促すようにする。
- 湿度について、単に数値を当てはめて計算で求めるだけでなく、モデル化された空気中の水蒸気の様子や、気温と飽和水蒸気量の関係のグラフと関連付けるなど、概念が形成しやすくなるよう工夫する。
- 気温と飽和水蒸気量のグラフの中に、存在する水蒸気量を棒グラフで示すなど、湿度についてグラフと関連させて理解できるようにする。
- 空気中に水蒸気が存在し、そこに含まれる水蒸気量には限界があることを、モデルなどを使って理解できるようにする。

1 m^3 の枠の中で水蒸気量を●の数、含むことのできる数を○等のモデルで示すなどすると、空気中の水蒸気の存在を視覚的にとらえることができる。また、図11のように 1 m^3 の水蒸気量を水としてメスシリンダーに入れ、実際の水蒸気量と飽和水蒸気量の違いを理解させることも有効である。



図11 飽和水蒸気量の理解につながる 1 m^3 モデル

課題6 身近な現象を授業で取り上げ、日常の事象や現象と科学的な変化を結び付けて考えられるようにする。

1 具体的な問題と反応率

(1) 砂糖を溶かしたときの質量

図12は、[1]-1の砂糖水を作り、混ぜた前後の質量変化を問う設問であり、正答率は67.0%である。基準枠外の解答として増えると回答した割合は28.6%、減ると回答した割合は4.3%であった。

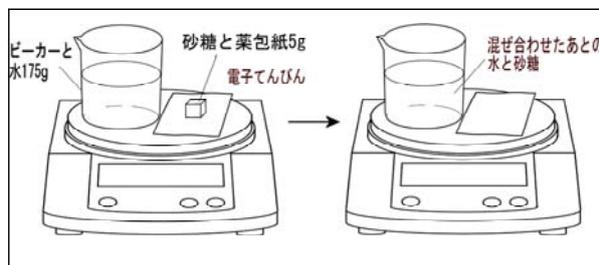


図12 [1]-1 砂糖水の質量

(2) 木片の燃焼

図13は、割りばしをステンレス皿の上に乗せて、加熱し燃焼させ、質量が減少した理由を問う設問である。正答は4.2%、準正答は19.2%であり、無解答は20.9%である。

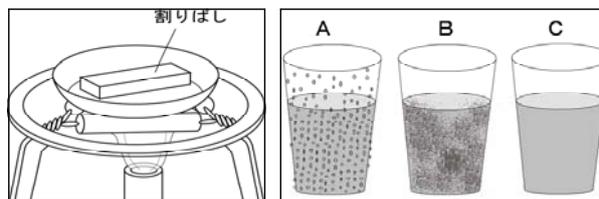


図13 [1]-4 割りばしの燃焼 図14 [2]-1 コップについて水滴

(3) コップについて水滴

図14は、[2]-1の設問で取り上げた温度の違うジュースを入れたコップの表面の違いを示した図である。この図を参考にして、露点よりさらに冷やした金属容器の表面の様子を説明する設問(8)の正答率は50.7%、準正答は13.7%、無解答22.7%である。

2 課題の分析結果

これらは、日常で経験できる事象を科学的に解釈できるかをみる設問である。

- 図12で水と砂糖を混ぜ合わせても全体の質量は変わらないのであるが、増えると解答している28.6%の生徒は、反応前も砂糖と合わせた質量であることを見落としていると思われる。この条件を見落とした理由として、「加えれば増える」という日常感覚があるものと思われる。
- 図13のように木片を燃やすという経験は、多くの生徒が体験している。しかし、空気中の酸素と木片の炭素が結合して発生する二酸化炭素に目を向けられず、「炭になったから」と言うように、目に見える現象だけしかとらえていない生徒が多い。さらに、無解答が20.9%であった。
- 図14についても、体験している生徒は多いと思われる。設問はくもり始めた15℃と、さらに冷やした5℃を比較して表面の様子の違いを説明するものであるが、正答・準正答(64.4%)であり、基準枠外の解答のほとんどが表面の水滴の量に着目できていない。

多くの生徒にとって、このような例は日常経験をしているが、水溶液、酸化(燃焼)や結露等の科学的な現象と結びついて理由を考えることが苦手と思われる。

3 授業改善のポイント

- 学習したことと具体的な日常現象を関連させ、理由を考えることで、思考力の向上を図る。
- 身近な自然現象を撮影して教材化したりして実物を取り上げ、科学的な変化についての理解を深める。