

平成26年度 教科に関する研究  
研究主題「思考力・判断力・表現力を育む学習指導と評価」

## 理 科

科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価

—問題解決の過程を踏まえ、目指す児童生徒の姿を明確にした授業づくりを通して—



# 目 次

I 主題について	1
II 授業研究	
【授業研究 1】 科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価 —小学校第 6 学年「水溶液の性質」における単元を貫いた学習問題を解決する活動を通して—	6
【授業研究 2】 科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価 —中学校第 2 学年「化学変化と物質の質量」における生徒の疑問を協同的に解決する学習過程の工夫と評価のキーワードの活用を通して—	13
【授業研究 3】 科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価 —高等学校物理基礎「摩擦力が働く運動」における生徒が見通しをもって取り組むことができる探究活動を通して—	19
【授業研究 4】 科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価 —高等学校生物基礎「遺伝子とその働き」における探究的な学習活動を取り入れた観察とモデル実験を通して—	25
III 研究のまとめ	31

## 理科研究主題

### 科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価

—問題解決の過程を踏まえ、目指す児童生徒の姿を明確にした  
授業づくりを通して—

## I 主題について

### 1 理科の目標について

小学校理科及び中学校理科の目標は平成20年3月の学習指導要領において、高等学校理科の目標は平成21年3月の学習指導要領において、次のように示されている。

「小学校理科」 平成20年3月

自然に親しみ、見通しをもって観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに、自然の事物・現象についての実感を伴った理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。

「中学校理科」 平成20年3月

自然の事物・現象に進んでかかわり、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力の基礎と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。

「高等学校理科」 平成21年3月

自然の事物・現象に対する関心や探究心を高め、目的意識をもって観察、実験などを行い、科学的に探究する能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な自然観を育成する。

(下線は本資料作成者による。)

理科の目標では、児童生徒の発達の段階を踏まえて、下線のように、問題解決の能力や科学的に探究する能力と態度を育てることが示されている。また、目標全体を通して、観察、実験などを中心とする問題解決の過程（科学的に探究する過程、以下（ ）内を略す。）を重視している。

### 2 科学的な思考力・表現力の育成と評価について

評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料（【小学校 理科】平成23年11月，【中学校 理科】平成23年11月，【高等学校 理科】平成24年7月 国立教育政策研究所）では、学習指導要領を踏まえ、思考力・判断力・表現力に係る理科の特性に応じた評価の観点「科学的な思考・表現」（高等学校では「思考・判断・表現」、以下（ ）内を略す。）の趣旨について、次のように示されている。

#### 【小学校 理科】

自然の事物・現象から問題を見だし、見通しをもって事象を比較したり、関係付けたり、条件に着目したり、推論したりして調べることによって得られた結果を考察し表現して、問題を解決している。

#### 【中学校 理科】

自然の事物・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを行い、事象や結果を分析して解釈し、表現している。

#### 【高等学校 理科】

自然の事物・現象の中に問題を見だし、探究する過程を通して、事象を科学的に考察し、導き出した考えを的確に表現している。

理科の学習指導において、科学的な思考力・表現力を育むためには、問題解決の過程において、児童生徒の「科学的な思考・表現」に係る学習状況を適切に評価し、その評価を指導に生かしていくことが求められている。

### 3 研究の基本方針

平成22、24年度の研究では、「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」及び「探究的な学習活動」を重視し、現象の起こる科学的根拠を考える活動や自分の考えを言葉で表現する活動を位置付けたり、「教材の工夫」や「場の工夫」を行ったりして、科学的な思考力・表現力の育成を目指した。その結果、自然の事物・現象に問題意識をもち、科学的に考え、自らの考えを表現することに成果が見られた。一方、児童生徒の「科学的な思考・表現」に係る学習状況を見取り、指導に生かしていくことに課題が残った。

今回の研究を進めるに当たって、理科における思考力・判断力・表現力を育むための学習指導と評価についての実態調査を行った。回答から、各校種において問題解決の過程を踏まえた学習指導がおおむね適切に行われており、「観察、実験の実施（各校種）」、「予想や仮説の設定」及び「考察の展開」（小・中学校）が重視されていることが分かった。しかし、「科学的な思考・表現」に係る評価の課題として自由記述で回答を求めたところ、全体として「評価規準の設定」や「『おおむね満足できる』状況や『十分満足できる』状況の判断の基準」などが挙げられた。「科学的な思考・表現」の評価は、ノートやワークシートの記述分析による場合が最も多かったが、その記述を判断することに課題を感じていた。また、ノートやワークシート等の記述の分析においては、「分析する時間の確保の難しさ」が挙げられ、学習評価の妥当性・信頼性ととも、効果的・効率的な評価の仕方に課題が見られた。

本研究では、これまでの研究及び理科学習指導と評価に関する実態調査を踏まえ、科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導の一層の充実を図る。そのためには、問題解決の過程を踏まえ、児童生徒が見通しをもって問題解決に取り組む学習活動を展開できるようにし、指導と評価の一体化を図ることが重要であると考えている。そこで、児童生徒が見通しをもって取り組める学習課題を設定し、学習のねらいに沿って目指す児童生徒の姿を明確にした評価規準の設定や評価方法を工夫することが必要であると考え、本主題を設定した。

#### 4 主題に迫るために

次に示すア、イの2点を踏まえ、具体的な手立てを講じて授業研究を行う。

- ア 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定
- イ 目指す児童生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫

## II 授業研究

授業研究は、小学校1校、中学校1校、高等学校（物理領域、生物領域）2校で実践し、授業研究ごとに分析・考察する。

なお、授業研究1から4における観点別学習状況の評価については、「『十分満足できる』状況と判断されるもの」をA（以下、「A」という）、「『おおむね満足できる』状況と判断されるもの」をB（以下、「B」という）、「『努力を要する』状況と判断されるもの」をC（以下、「C」という）として表記してある。

**資料** 理科における思考力・判断力・表現力を育むための学習指導と評価についての実態調査

- (1) 調査期間 平成25年12月20日から平成26年1月17日
- (2) 調査対象 県内公立小学校542校，公立及び県立中学校229校，県立高等学校96校1分校，県立中等教育学校2校
- (3) 回答総数 717件（小学校430件，中学校188件，高等学校（中等教育学校含む）99件）
- (4) 回収率 82.4%

**設問1** 科学的な思考力・表現力を育むために問題解決の過程（科学的に探究する学習活動，探究活動）を踏まえた学習指導が適切に行われていますか。

(%)

	小学校	中学校	高等学校	総数
そう思う	32.1	21.3	11.2	26.4
まあそう思う	67.0	77.7	67.7	69.8
あまりそう思わない	0.9	1.0	21.1	3.8
思わない	0.0	0.0	0.0	0.0

小・中学校においては、「そう思う」，「まあそう思う」を合わせてほぼ10割である。高等学校においては、「そう思う」，「まあそう思う」を合わせて約8割である。

**設問2** 科学的な思考力・表現力を育むために問題解決の過程（科学的に探究する学習活動，探究活動）において重視している学習活動はどのようなことですか。（複数回答可）

(%)

	小学校	中学校	高等学校	総数
自然事象への働きかけ	38.6	29.8	42.4	36.8
問題の把握・設定	49.3	50.0	28.3	46.6
予想・仮説の設定	81.2	70.2	42.4	72.9
検証計画の立案	17.7	10.6	6.1	14.2
観察，実験の実施	82.6	70.7	71.7	78.0
結果の処理	47.4	48.9	36.4	46.3
考察の展開	68.1	84.6	46.5	69.5
結論の導出	25.8	24.5	21.2	24.8
その他	0.0	0.0	0.0	0.0

「観察，実験の実施」は，小学校で8割台，中・高等学校で7割台である。「予想・仮説の設定」は，小学校で8割台，中学校で7割台だが，高等学校では4割台である。また，「考察の展開」は，中学校で8割台であるが，小学校では6割台，高等学校では4割台である。「結論の導出」は各校種とも2割台である。また，「検証計画の立案」は小・中学校で1割台，高等学校では1割にも満たなかった。

設問3 科学的な思考力・表現力に係る観点別学習状況の評価の観点である「科学的な思考・表現」(小・中学校)、「思考・判断・表現」(高等学校)について、評価を適切に行うために取り組んでいることはどのようなことですか。(複数回答可)

(%)

	小学校	中学校	高等学校	総数
単元の評価規準の設定	54.0	45.7	20.2	47.1
学習活動における評価規準の設定	43.3	46.3	31.3	42.4
評価計画の作成	17.4	20.7	14.1	17.9
評価時期の設定	10.0	6.9	8.1	8.9
学習カードやワークシートの工夫	72.3	79.3	48.5	70.9
学習活動の観察	69.8	56.9	67.7	66.1
ノートやワークシート等の記述の分析	82.1	84.0	63.6	80.1
評価に係る教師間の共通理解	18.6	24.5	7.1	18.5
「おおむね満足できる」状況や「十分満足できる」状況と判断される具体的な例などを想定した評価の実施	9.5	67.6	66.7	32.6
特になし	0.2	0.0	0.0	0.1
その他	0.0	0.0	0.0	0.0

「ノートやワークシート等の記述の分析」は、小・中学校においては最も高くそれぞれ8割台であるが、高等学校では6割台である。「学習カードやワークシートの工夫」も小・中学校では2番目に高く7割台であるが、高等学校では4割台である。一方、「『おおむね満足できる』状況や『十分満足できる』状況と判断される具体的な例などを想定した評価の実施」は、中・高等学校で6割台であるが、小学校では1割弱である。また、「評価に係る教師間の共通理解」は、中学校で2割台、小学校で1割台、高等学校では1割弱と低い。「評価時期の設定」は、各校種とも1割以下と低い。

設問4 課題となっていることがあれば、自由に記述してください。

小学校においては、「具体的な評価規準の設定」、「『十分満足できる状況』」、「『おおむね満足できる状況』」について、具体的な姿を想定した評価規準の設定、「記述分析を評価する具体例の設定」、「記述分析をするための時間の確保」、「学習活動の観察において全員を評価すること」など直接評価に関わる課題とともに、「ノート指導の工夫」、「ワークシートの工夫」など学習の仕方や指導法の工夫などが挙げられた。

中学校においては、「『おおむね満足できる状況』の具体的な評価規準の設定」、「記述分析を評価する具体例の設定」、「記述分析をするための時間の確保」、「学習活動の観察において全員を評価すること」など小学校と共通の課題の他に、「グループ活動や話し合い活動時の個人の評価」、「評価問題の作成」などが挙げられた。

高等学校においては、「具体的な評価規準の設定」、「評価規準の共通理解」、「評価問題作成の工夫」などが挙げられた。

## II 授業研究

### 【授業研究1】

**科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価**  
**—小学校第6学年「水溶液の性質」における単元を貫いた学習問題を解決する活動を通して—**

#### 1 単元名 水溶液の性質

#### 2 単元の目標と観点別評価規準

いろいろな水溶液を使い、その性質や金属を変化させる様子を調べ、水溶液の性質や働きについての考えをもつことができる。

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての 知識・理解
いろいろな水溶液の液性や溶けている物及び金属を変化させる様子に興味・関心をもち、自ら水溶液の性質や働きを調べようとしている。	水溶液の性質や働きについて、自ら行った実験の結果と予想や仮説を照らし合わせて推論し、自分の考えを表現している。	水溶液の性質を調べる工夫をし、リトマス紙や加熱器具などを適切に使って、安全に実験を行うとともに調べる過程や結果を記録している。	水溶液には、酸性、アルカリ性及び中性のものがあることや、気体が溶けているものがあったり、金属を変化させるものがあったりすることを理解している。

#### 3 単元の指導について

##### (1) 教材について

本単元では、いろいろな水溶液の性質や金属を変化させる様子について興味・関心をもって追究する活動を通して、水溶液の性質について推論する能力を育てるとともに、それらについての理解を図り、水溶液の性質や働きについての見方や考え方もつことができるようにすることがねらいである。

本実践では、単元導入時に、単元を貫いた学習問題を設定し、問題を解決するために学習を進めていく。このことで、見通しをもって問題を解決していくようにし、目的意識をもって主体的に学習を進めていけるようにしたい。また、習得した知識や技能を活用して課題を解決する学習を通して、科学的な思考力・表現力を育てていきたい。

**表1 活動に関する意識調査** (平成26年6月6日実施, 第6学年30人)

##### (2) 児童の実態について

表1の意識調査より、見いだした問題に対して予想や仮説の設定ができる児童が多い。しかし、実験方法を考えたり、自分の考えを他の人に説明したりすることに苦手意識を感じている児童が多

意識調査の内容	回 答	
1 理科の授業で問題を見いだすことはできますか。	はい 13人 どちらかといえばいいえ 3人	どちらかといえばはい 14人 いいえ 0人
2 予想や仮説の設定はできますか。	はい 15人 どちらかといえばいいえ 3人	どちらかといえばはい 12人 いいえ 0人
3 実験方法を考えることはできますか。	はい 5人 どちらかといえばいいえ 13人	どちらかといえばはい 9人 いいえ 3人
4 自分の考えを他の人に説明することはできますか。	はい 8人 どちらかといえばいいえ 11人	どちらかといえばはい 10人 いいえ 1人

**表2 内容に関する実態調査** (平成26年6月10日実施, 第6学年30人)

実態調査の内容	回 答	
吸う空気とはいた空気を調べる実験方法を考えるプレテスト (レポート形式A・B・Cで評価)	十分満足できる解答をした児童 おおむね満足できる解答をした児童 努力を要する解答をした児童	9人 7人 14人
前単元終了時に行った「だ液がデンプンにはたらくしくみ」の活用を問うテスト	正答率8割を超えた児童 正答率8割に達しなかった児童	12人 18人



いことが分かった。また、表2 (p. 6) の実態調査から、意識調査と同様に実験方法を考える場面に課題があり、既習の知識や技能を活用して課題を解決することが苦手であることが分かった。

### (3) 主題に迫るための手立て

#### ア 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定

単元の導入時に、透明の水溶液を提示し、単元を貫いた学習問題「正体不明の水溶液の正体をあばけ！」を設定し、単元末にこの学習問題を解決することを確認する。具体的には、学習を通して習得した知識や技能を活用して課題を解決するパフォーマンス課題とする。また、児童自身の問題として捉えられるように、水溶液を特定する方法を考える場面を設定し、「液性を調べる」や「物を溶かすか調べる」など毎時間の学習問題をつくっていく。このように、学習内容を理解できるようにし、学習への必要感をもてるようにすることで、見通しをもって問題解決に取り組むことができる考える。

#### イ 目指す児童の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫

##### (ア) 短時間で見取れる効率的な「判断の基準」の設定

授業者は指導に生かす評価として、児童の表出された思考をワークシートの記述内容や行動観察から見取る。その見取りに際して、評価の妥当性を確保するとともに、効率的な判断が可能となるよう「A」、「B」の状況を明確にした「判断の基準表」(p. 12別添資料)を作成し、授業での活用を図る。特に「C」の場合には、評価したことを生かして授業の中で個別指導を行う。また、授業の中で十分に生かせない場合は、次時に児童にフィードバックし、教師の指導改善に生かせるようにする。

##### (イ) 学習自己評価カードにおける振り返りの記入

学びの過程を可視化し認知面を自分で振り返ることで、自己評価力が磨かれると考える。授業の記録として挙手回数と発表回数は数字で表記する。自己評価として、「見通しをもち、考えて授業に取り組むことができたか」、「学習したことを理解することができたか」については「A」、「B」、「C」で表記し、「学習したことは何か」については自由記述とする。自由記述の欄には、本時における重要事項やキーワードが書かれているか分析して評価する。時間内に記入できなかった場合には、その日のうちに提出するよう促し、次時で「C」の児童への支援や導入の工夫などに生かす。また、単元終了時には、単元全体を振り返り、学習履歴を踏まえて自己評価をすることで、学習による自然の事物・現象についての科学的な見方や考え方の変容に気付くことができるようにする。

## 4 指導と評価の計画 (12時間扱い)

単元を貫いた学習問題「正体不明の水溶液の正体をあばけ！」

第1次	酸性・アルカリ性	4時間
第2次	金属をとかす水溶液	3時間
第3次	気体がとけている水溶液	2時間
第4次	パフォーマンス課題解決学習、単元末問題、まとめ	3時間

時	学習内容	評価の観点				評価規準	評価方法
		関	思	技	知		
1	学習したことを生かして、パフォーマンス課題（正体不明の水溶液の正体をあばけ！）の検証計画を立てる。		○			正体不明の水溶液が何であるかを特定する実験方法を考え、科学的な根拠を基に表現している。	発言分析 ワークシートの記述分析
2	検証実験を行い、水溶液を特定する。			○		効率的でかつ安全に気を付け、自分たちが考えた実験方法で水溶液を特定し、記録している。	行動観察 記述分析
3	単元を振り返り、まとめをする。				○	水溶液の性質や働きについての知識を身に付けている。	ノートの記述分析 ペーパーテストの分析

## 5 本時の指導

### (1) 目標

既習の知識・技能を活用して正体不明の水溶液が何であるかを特定する実験方法を考え、科学的な根拠を基に表現することができる。(科学的な思考・表現)

効率的でかつ安全に気を付け、自分たちが考えた実験方法で水溶液を特定し、記録することができる。(観察・実験の技能)

### (2) 準備・資料

水溶液（塩酸、水酸化ナトリウム水溶液、食塩水、石灰水）、リトマス紙、ムラサキキャベツ液、加熱器具、電子黒板、ホワイトボード、ワークシート等

### (3) 展開（2時間扱い）

学習活動・内容	指導上の留意点・評価
<p>第1時</p> <p>1 本時の学習課題をつかむ。</p> <p>研究所に正体不明な4種類の水溶液が届けられ、その正体をつきとめてほしいと依頼があった。安全に気を付け、全班で協力して水溶液の正体をつきとめ、的確に依頼者に報告しよう。</p> <p>2 実験方法を班で検討する。</p> <p>(1) 4種類の水溶液を調べるためにどのような実験をすればよいか、今まで学習したことを思い出して話し合う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液の様子を見て、見分ける。</li> <li>蒸発させる。</li> <li>においを確認する。</li> <li>リトマス紙やムラサキキャベツ液を使う。</li> <li>鉄とアルミニウムを入れる。</li> <li>振る</li> </ul> <p>(2) 考えた実験方法をホワイトボードに書く。</p> <p>3 実験方法を班ごとに発表する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>各班が考えた実験方法の安全性、妥当性を検討する。</li> <li>発表を聞きながらお互い相互評価を行い、気付いたことや疑問点を伝え合う。</li> </ul> <p>4 自分の班の実験方法について、再検討と再確認を行う。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>水溶液は、塩酸、食塩水、石灰水、水酸化ナトリウム水溶液のうちのどれかであることを示す。</li> <li>実験方法を話し合う場面では、今までの実験方法をノートで確認し、学んだことを生かして考えられるようにする。また、一人の意見で決めるのではなく、班の中で意見を十分に出し合うよう助言する。</li> <li>水溶液を触ったり、口にしたりしないよう再度確認し、安全に気を付けることを意識できるようにする。</li> <li>「○○ならば、□□すれば△△になるだろう。そうすれば、もう一方が◇◇であることも分かる。」というように、筋道を立てて推論しながら実験方法を考えられるよう、今までの学習を想起できる助言をする。</li> <li>実験方法が決まり次第、ホワイトボードに実験方法、結果の予想を書き込むように指示する。</li> <li>自分たちの班の意見と比較して聞くように助言する。</li> <li>机間指導や発表時に児童のワークシートを確認し、授業中のつまずきの把握を行い、適切に助言する。</li> </ul> <p>㊦ 正体不明の水溶液が何であるかを特定する実験方法を考え、科学的な根拠を基に表現している。 (科学的な思考・表現、発言、ワークシート)</p> <p>A：リトマス紙による液性の確認、金属が溶けるかどうか蒸発乾固などの方法を考え、矢印や図を使って表し、効率的に水溶液を特定し、表現している。</p> <p>B：正体不明な水溶液を特定するために、既習事項を使って科学的な根拠を基に考え、表現している。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>机間指導や発表時に児童のワークシートを確認し、授業中のつまずきの把握を行い、適切に助言する。</li> </ul>

学習活動・内容	指導上の留意点・評価
<p>第2時</p> <p>5 1種類の水溶液について調べる実験をする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>安全に気を付け、自分たちの考えた実験方法で水溶液を特定する。</li> </ul> <p>6 結果をワークシートに記入し、結果から分かる水溶液の性質と、性質から判断できる水溶液の種類を班ごとに話し合い、結果を整理する。</p> <p>7 得られた結果を発表シートに記入し、提示する。</p> <p>8 結果を発表する。</p> <p>9 本時のまとめをする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>水溶液の正体は、 A・・・水酸化ナトリウム、B・・・塩酸 C・・・石灰水、D・・・食塩水 である。</p> </div> <p>10 本時の振り返りをする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>学習自己評価カードに記入する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>それぞれの班の結果を合わせたものが全体の結果になるので、責任をもって実験を行うよう促す。</li> <li>準備ができた班から、安全を確認した上で実験に取りかかるよう指示をする。</li> <li>机間指導をし、保護メガネをつけたり換気をしたりすること、また、加熱時のやけどに気を付けるよう助言する。</li> <li>実験の結果を基に、科学的な根拠から結論を出すよう助言する。必要に応じて再実験を促す。</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>発表では、その結果で結論付けてよいのかを十分に検討し、各グループの結果と結論を聞くよう助言する。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p>◎ 効率的でかつ安全に気を付け、自分たちが考えた実験方法で水溶液を特定し、記録している。 (観察・実験の技能、行動観察、記述分析) A：自分たちが考えた実験方法で水溶液を特定し、記録するとともに、他の班が考えた特定方法の科学的な根拠を聞き、ワークシートにメモしている。 B：科学的な性質に基づき水溶液を特定し、記録している。</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>2時間分の学習を振り返るよう助言する。</li> </ul>

## 6 授業の分析と考察

### (1) 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定について

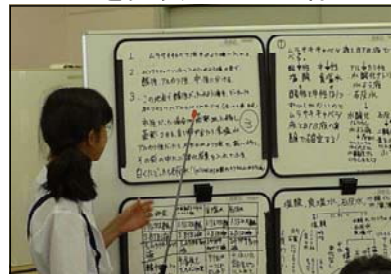
単元の初めに単元を貫いた学習問題「正体不明の水溶液の正体をあばけ！」を設定したことで、水溶液の学習の第1時から、単元を通して課題を解決していくための知識や技能を意欲的に習得していく姿が見られた。学習の目的や目指すゴールが明確に伝わったことで、活動の見通しをもつことができた。

単元末に、資料1のようなパフォーマンス課題を提示した。実験方法を考える場面では、今まで学習してきたリトマス紙やムラサキキャベツ液で液性を調べる方法、金属（アルミニウムや鉄）の溶解、石灰水の変化等、学習を通して習得した知識や技能を活用して実験方法を考え、ホワイトボードに表現することができた。各グループの発表の場面（資料2）では、考えた実験方法が安全であるか、適切であるかについて意見交換し検討を行った。その後、自分たちの実験方法の再検討を行い、実験方法を見直したり、加筆や修正を行ったりして、次時の実験につなげた。資料3の班は、リトマス紙やムラサキキャベツ液で水溶液の液性だけで判断しようとしていたので、「水溶液を調べる時、リトマス紙以外にどんな実験をしたかな。」などの助言を行った。すると、食塩を調べる実験で「蒸発させ

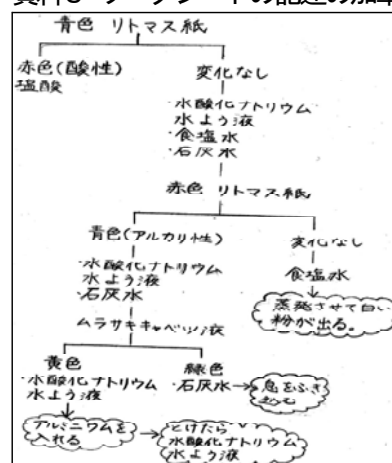
#### 資料1 パフォーマンス課題

研究所に正体不明な4種類の水溶液が届けられ、その正体をつきとめてほしいと依頼があった。安全に気を付け、全班で協力して水溶液の正体をつきとめ、的確に依頼者に報告しよう。

#### 資料2 グループの実験方法を発表している様子



#### 資料3 ワークシートの記述の加筆



て白い粉がでる。」などの記述がワークシートに加筆された。このように、自分たちの考えた実験方法を見直し、より科学的に実証しようとする加筆や修正が行われたことから思考の深まりが見られたと考える。

また、単元を貫いた学習問題を設定し、単元末に課題を解決していくための知識や技能を理解させたことで、見通しをもって問題解決の学習に取り組むことができた。図1の児童の意識調査結果では、特に、実験方法を考えることができた」と肯定的な意識をもっている児童数が14人から30人に増えた。これは、実験方法を考える場面に重点を置き、個人やグループで問題解決のための道筋を考えたり、パフォーマンス課題によって習得した知識や技能を活用する課題を設定したりした成果と考える。

## (2) 目指す児童の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫について

### ア 短時間で見取れる効率的な判断の基準の設定について

授業中の指導に生かす評価方法として、別添資料の「判断の基準表」に照らし合わせ、理科室の座席表に評価を記録していった。資料4は、本時の1時間目の記録である。まず、実験方法を班で話し合い、ワークシートに記述した時点で評価を行った。そして、「C」の児童には、実験方法を再検討できる視点をもてるようにした。ある児童は、始めは「C」であったが、「みんなを説得するには、実験方法を色々示してあげるといいよね。」と言葉かけをすると、ノートを見返しながら幾つかの実験方法を考え、

「B」になった。また、資料4の座席表枠外の評価は、授業後にワークシートやノートを分析して評価したものである。前述の児童は、この評価で「A」になった。この記録を基にクラス全体の評価の変容をまとめたものが図2である。初めの評価の段階「授業中（前半）」では「C」が10人いたが、個別指導を行った後「授業中（後半）」では6人になった。その後の班で行った検討会を通して新たな考えをもつことができ、授業後には「C」が3人まで減り、評価を生かした個別指導の成果が見られた。

このことから、効率的に評価できる判断の基準をもち、評価方法を工夫したことで、指導を評価に生かすことができたと考える。

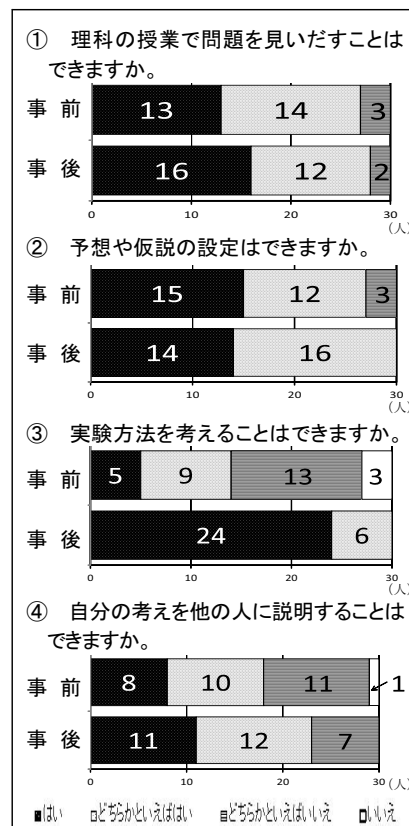


図1 児童の意識の変容  
(事前：平成26年6月6日実施，事後：平成26年7月18日実施，第6学年30人)

### 資料4 評価結果の一部

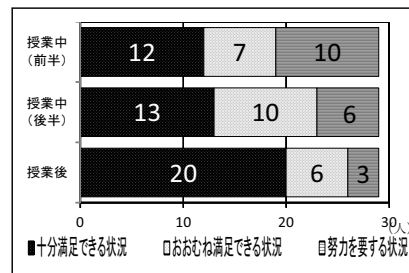
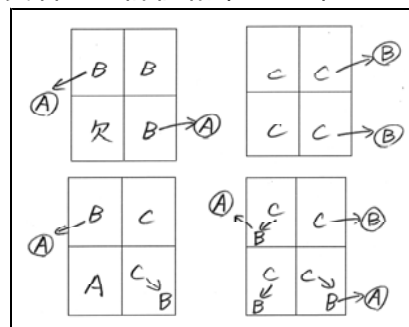


図2 児童の評価の変容  
(平成26年7月16日実施，第6学年29人)

イ 学習自己評価カードにおける振り返りの記入について

ワークシートやノートの記述をそのまま評価してしまうと、友達の考えを写しただけの児童もおり、正しく評価できないことがあると考える。そこで、ワークシートなどの記述と学習自己評価カードの「授業の振り返り」の記述を照らし合わせて見取った。資料5は、学習自己評価カードの一部である。アルミニウムと鉄は塩酸で溶けることを理解し、2つの物質を金属というまとまりで表現している。このような表現を見取り、評価の妥当性・信頼性を裏付けることができた。

このように、授業の終末や授業後に学習を振り返る活動を位置付けたことで、考えの再構築を促し、科学的な思考力・表現力の向上が図れた。

図3は、事後に行った児童の実態を調べた結果である。検証前に低かった実験方法を考える項目が向上した。また、学んだ知識や技能の活用を問う単元末テストでは、正答率が8割を超えた児童が、検証前の12人から検証後は22人になった。このことから科学的な思考力・表現力を育むことに効果があったと考える。

図3は、事後に行った児童の実態を調べた結果である。検証前に低かった実験方法を考える項目が向上した。また、学んだ知識や技能の活用を問う単元末テストでは、正答率が8割を超えた児童が、検証前の12人から検証後は22人になった。このことから科学的な思考力・表現力を育むことに効果があったと考える。

資料5 学習自己評価カードの一部

月・日	学習内容	自己評価					授業の振り返り(学んだこと) *感想ではなく学んだことを書く。
		準備	準備	発表	思考	学び	
7/1	塩酸は多量も変化させるのだから	◎の○	2	0	A	A	塩酸を数でアルミニウムにたらしたり、しめるというところがなかった。
7/2	実験のまとめ	◎の○	6	2	A	A	塩酸にアルミニウムをたしした液を茶色液にして熱すると白い粉が出てくることがわかった。
7/2	塩酸はアルミニウム以外もとれるから	◎の○	0	0	A	A	塩酸はアルミニウムと鉄もたすことが分かった。アルミニウムと鉄はアルミニウムをたすことがわかった。
7/3	実験のまとめ	◎の○	4	1	A	A	塩酸は金属を変化させるから塩酸などにはたす金属は別のもので気体も出てくることがわかった。このとき、まとめるように分けた。

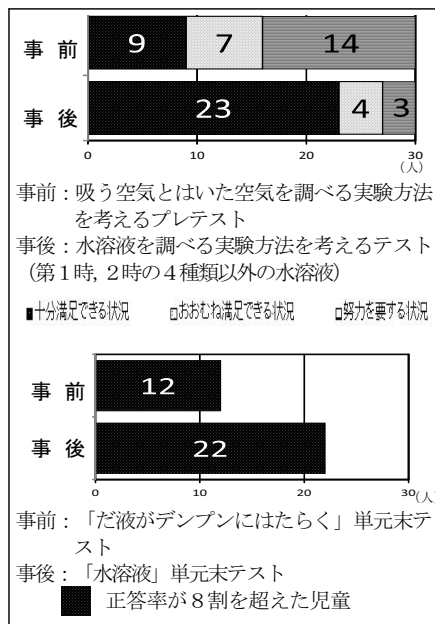


図3 児童の実態の変容

(事前：平成26年6月6日実施，事後：平成26年7月18日実施，第6学年30人)

7 成果と課題

(1) 成果

ア 単元を貫いた学習問題を設定したことで、見通しをもって問題解決に取り組むことができ、主体的な取組が見られた。

イ 短時間で見取れる効率的な判断の基準を設定したことで、児童に評価の内容をフィードバックし、指導できる場面が増えた。「努力を要する」状況の児童を「おおむね満足できる」状況に引き上げることができ、科学的な思考力・表現力を育むために有効であった。また、学習自己評価カードを導入したことで、より客観的な評価ができ、児童自身が学習による変容に気付いたり、教師側の指導改善に生かしたりすることにつながり、科学的な思考力・表現力を育むことに効果があった。

(2) 課題

児童が疑問をいだき、主体的に問題解決に取り組めるようなパフォーマンス課題の提示や単元を貫く学習問題の位置付けなどの工夫改善を図っていききたい。評価については、効率的に判定できる「判断の基準表」を用いて効率的な評価を行えたが、「努力を要する」の状況の児童への支援を更に検討していききたい。

# 本実践で使用した「判断の基準表」

＜別添資料＞

観 点	自然事象への関心・意欲・態度		科学的な思考・表現		観察・実験の技能		自然事象についての知識・理解	
	A:十分満足	B:おおむね満足	A:十分満足	B:おおむね満足	A:十分満足	B:おおむね満足	A:十分満足	B:おおむね満足
観 察 ・ 実 験 前	<p>○自然に親しみ、意欲をもって自然の事物・現象を調べる活動を行い、自然を愛するとともに生活に当てはめてみようとする。</p>	<p>○自然の事物・現象に関わり、問題を見いだそうとしている。</p> <p>○予想や仮説を理由を付けて(友達の考えでもよい)、書こうとしている。</p> <p>○実験方法を日常生活の経験や既習事項を根拠として考えようとしている。</p>	<p>○自然の事物・現象の変化とその要因との関係に問題を見いだしている。</p> <p>○見いだした問題に対して言葉や図等を使って予想や仮説を書くことができ、話し合い活動を通して自分の考えに付加・修正等をしている。</p> <p>○観察、実験の計画や方法を科学的な方法で検証計画を立案している。</p>	<p>○自然の事物・現象から問題を見いだしている。</p> <p>○見いだした問題に対して自分の予想や仮説をもつことができ、その考えを言葉や図等で書いている。</p> <p>○観察、実験の計画や方法をグループで相談して書いている。</p>	<p>○観察、実験を計画的に実施し、器具や機器などを目的に応じて工夫して扱っている。</p> <p>○観察、実験の過程や結果を分かりやすく(言葉や図表を使って)的確に記録している。</p> <p>○自分たちの結果だけでなく、他の班の結果も含め整理している。</p> <p>○安全に気を付け、性質や規則性等を活用してものづくりを行い、友達の良い点を参考にして作品を修正している。</p>	<p>○手順通りに安全に観察、実験を進めている。</p> <p>○観察、実験の過程や結果を記録している。</p> <p>○実験の結果を振り返り必要に応じて、再実験をしている。</p> <p>○安全に気を付け、性質や規則性等を活用してものづくりをしている。</p>		
観 察 ・ 実 験	<p>○グループのリーダーとして意欲的に追究しようとしている。</p>	<p>○意欲的に追究しようとしている。</p>	<p>○問題意識をもち、比較したり、関係付けたり、条件付けたり、推論したりして観察、実験をし、記録している。</p>	<p>○予想や仮説を意識しながら観察、実験し、記録している。</p>				
考 察 ・ ま と め	<p>○見いだしたきまりを生活に当てはめ、事物・現象を見直そうとしている。</p>	<p>○見いだしたきまりを生活に当てはめようとしている。</p>	<p>○得られた結果を整理し、根拠を基に考察し、分かりやすく説明したりノートやレポートに表現したりしている。</p> <p>○話し合い活動で、自分の考えと比較し、自分の考えに付加や修正をしている。</p>	<p>○得られた結果を整理し、根拠を基に考察し、表現している。</p> <p>○話し合い活動で、自分の考えを相手にしっかり伝えている。</p>			<p>○規則性や相互の関係について振り返りに記入したり、新しい知識として身に付けたりしている。</p>	<p>○授業を通して事物、現象について新しいイメージや概念を実感を伴って理解している。</p>
評 価 時 期	<p>第1, 2時・・・水溶液, リトマス紙 第4時・・・ムラサキキャベツ液 第5時・・・塩酸とアルミニウム</p>		<p>第6時・・・アルミニウムはどうなった? 第8, 9時・・・炭酸水 第10, 11時・・・謎の8種類</p>		<p>第3時・・・水溶液実験 第7時・・・金属は溶けるか?</p>		<p>第3時・・・液性を区別 第7時・・・金属は溶けるか? 第12時・・・単元のまとめ</p>	

＜「判断の基準表」についての注意＞

- ・1年間同じ視点で活用できるよう本校の実態に合わせて、第6学年用として作成したものである。
- ・異なる単元でも活用できるように、評価の視点を大枠で捉えて表記している。そのため、単元の内容によって修正をしながら活用している。
- ・学校の実態、学年や校種が変われば、変更する必要がある。

【授業研究 2】

科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価

— 中学校第 2 学年「化学変化と物質の質量」における生徒の疑問を協同的に解決する学習過程の工夫と評価のキーワードの活用を通して—

1 単元名 化学変化と物質の質量

2 単元の目標と観点別評価規準

化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しいことを見いだすことができる。また、化学変化に関係する物質の質量を測定する実験を行い、反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見いだすことができる。

自然事象への 関心・意欲・態度	科学的な思考・表現	観察・実験の技能	自然事象についての 知識・理解
化学変化と質量の保存、質量変化の規則性に関する事物・現象に進んで関わり、それらを科学的に探究しようとするともに、事象を日常生活との関わりでみようとする。	化学変化と質量の保存、質量変化の規則性に関する事物・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察、実験などを行い、原子や分子のモデルと関連付けて、反応物の質量の総和と生成物の質量の総和が等しいこと、反応する物質の質量の間には一定の関係があることなどについて自らの考えを導き、表現している。	化学変化における物質の質量の測定など観察、実験の基本操作を習得するとともに、観察、実験の計画的な実施、結果の記録や整理などの仕方を身に付けている。	反応の前後で物質の質量の総和が等しいこと、反応する物質の質量の間には一定の関係があることなどについて基本的な概念や原理・法則を理解し、知識を身に付けている。

3 単元の指導について

(1) 教材について

本単元は、化学変化の前後における物質の質量を測定する実験を行い、反応する物質の質量の間には一定の関係があることを見いだすことがねらいである。

そこで、見通しや目的意識をもって実験に取り組めるように、比較検討のきっかけとなる演示実験を導入で取り入れる。また、結果から規則性を見いだすためにより精度の高い結果を得たり、グラフを活用して思考し、根拠を示しながら表現したりできるようにする。このようなグラフを基に思考し表現する活動を通して、科学的な思考力・表現力を育んでいきたい。

(2) 生徒の実態について

表 1 は、理科の活動に関する意識調査の結果である。このことから、グループや学級での話し合い活動に前向きに取り組む、友達のことを参考にしながら、友達の考えを自分の考えに生かしていこうとする生徒が多いことが分かった。

表 1 活動に関する意識調査 (平成26年 7 月 1 日実施, 第 2 学年35人)

意識調査の調査内容	回 答		
グループや学級での話し合い活動を通して、新しい考えや気付きをもったことがありますか。	よくある	6人	まあまあある 21人
	あまりない	8人	全くない 0人
話し合い活動を通して知った友達の考えを、自分のノートやワークシートに記録することができますか。	よくできる	6人	まあまあできる 21人
	あまりできない	8人	全くできない 0人
友達の考えを生かして、自分の考えをまとめることができますか。	よくできる	11人	まあまあできる 18人
	あまりできない	6人	全くできない 0人



一方、第2学年の生徒の実態を把握するため、昨年度実施した県学力診断のためのテストの結果を分析した。その結果を観点別で見ると、科学的な思考に関する問題で正答率が低くなっていることが分かった。また、表2は、第1学年で学習した力の大きさとばねののびの関係をグラフ化し、そのグラフから規則性を見いだすことができるかを調査した結果である。この結果からも思考力、表現力が十分でない生徒が多いことが分かった。

**表2 内容に関する実態調査** (平成26年7月1日実施, 第2学年35人)

実態調査の調査内容	回 答
グラフから、与えられたデータが比例関係になっていることを見いだす	正答 16人 誤答 9人 無答 10人
グラフから、2つのデータの規則性(データの比)を見いだす	正答 10人 (考えの根拠を説明できた生徒6人) 誤答 16人 無答 9人

### (3) 主題に迫るための手立て

ア 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定

#### (ア) 導入の工夫による学習問題と協同的な学習活動の場の設定

同じ質量の銅とマグネシウムを皿に載せてつり合わせたてんびんを用意し、2つの皿を同時に加熱する。すると、マグネシウムの方が重くなる。この実験を導入の演示実験として取り入れる。そして、この演示実験を通して生まれた「金属によって、化合する酸素の量は異なるのか」という疑問から、「金属が酸素と化合する時、どのような割合(質量比)で化合するのだろうか」という学習問題を生徒とともに設定していく。そして、友達と協力し合いながら協同的な学習活動を行い、問題を解決していくようにする。このように、活動の見通しをもてる学習課題を設定し、学級やグループで相互に協力しながら問題解決を行うようにすることで、一人一人の思考力・表現力を育むことができると考える。

#### (イ) 評価を次時の指導に生かせる学習過程の設定

本実践では、まず、銅とそれに化合する酸素の質量比を見いだすための実験や結果の分析・解釈を行う。その後、同様の方法でマグネシウムとそれに化合する酸素の質量比を見いだすための実験を行い、結果を分析・解釈し、銅とマグネシウムの結果を比較する。このように、実験から結果を分析・解釈するパターンを2回行う学習過程を組むことで、2回目(マグネシウムの実験や結果を分析・解釈)では、1回目(銅の実験や結果の分析・解釈)での評価を生かしながら、生徒の学習目標の達成に向けて効果的な指導を行うことができると考える。

イ 目指す生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫

評価は、結果からグラフを作成することの「技能」と、質量比を見いだすことの「思考・表現」で行う。「思考・表現」の評価に当たっては、評価の判断の基準となるキーワードを設定しておくことで、短時間で効率よく生徒の記述を判断していく。効率よく評価を行うことで「B」、さらには「A」に達するための支援や助言を行う時間を生み出し、評価を生かしながら生徒の思考力・表現力を育むことができると考える。

## 4 指導と評価の計画 (7時間扱い)

第1次	質量保存の法則	1時間
第2次	化合する物質の質量の割合	6時間



時	学習内容	評価の観点				評価規準	評価方法
		関	思	技	知		
1	一定量の金属と化合する酸素の質量には、限界があることを知る。				○	一定量の金属と化合する酸素の質量には、限界があることについて理解している。	ノートの記述分析
2 3	銅やマグネシウムが酸素と化合する時、どのような割合で化合するのかを見いだす。 ①銅と酸素が化合する時、その質量の比に規則性があることを見いだす。	○				同じ質量の銅とマグネシウムを加熱した時、マグネシウムの方が重くなる現象から、化学変化後の物質の質量の割合について調べようとする。 銅を酸化させた時の質量を測定し、その結果をグラフに表している。	行動観察 グラフ
4 5 本時	②マグネシウムと酸素が化合する時、その質量の比に規則性があることを見いだす。		◎			結果から、銅と酸素が化合する時、その質量の比には規則性があることについて、自らの考えを導き、表現している。	ワークシートの記述分析
4 5 本時	②マグネシウムと酸素が化合する時、その質量の比に規則性があることを見いだす。		◎		◎	マグネシウムを酸化させた時の質量を測定し、その結果をグラフに表している。 結果から、マグネシウムと酸素が化合する時、その質量の比には規則性があることについて、自らの考えを導き、表現している。	グラフ ワークシートの記述分析
6	反応物の一方が多くても、反応相手の物質がなければ化学変化は進まないことをまとめる。				○	化合する物質の質量の間には一定の関係があることを、原子や分子のモデルと関連付けて理解している。	ワークシートの記述分析

◎：指導に生かすとともに記録して総括に用いる評価，○：主に指導に生かす評価

## 5 本時の指導

### (1) 目標

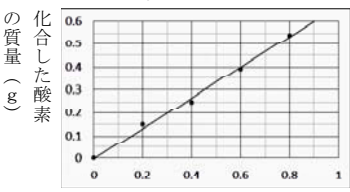
マグネシウムを酸化させた時の質量を測定し、その結果をグラフに表すことができる。（観察・実験の技能）

マグネシウムと酸素が化合する時、マグネシウムと酸素の質量は比例関係にあることや、質量比は一定になることを見いだすことができる。（科学的な思考・表現）

### (2) 準備・資料

マグネシウム粉末，ステンレス皿，三角架，三脚，ガスバーナー，マッチ，電子てんびん，薬品さじ，ワークシート，掲示用シート，ペン，計算機，ヒントカード

### (3) 展開（2時間扱い）

学習活動・内容	指導上の留意点・評価
<p>第4時</p> <p>1 本時の学習課題を確認し、予想する。</p> <p>マグネシウムが酸素と化合する時、どのような割合（質量比）で化合するのだろうか。実験から根拠を見つけ出し、その根拠を基にして考えよう。</p> <p>(予想)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>銅より、酸素の割合が多くなると思う。</li> </ul> <p>2 マグネシウムを燃焼させ、結果を表に記録する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>各グループ1種類の質量の実験をそれぞれ2回行う。</li> <li>燃焼させるマグネシウムの質量は、0.4g, 0.6g, 0.8g, 1.0gとする。</li> </ul> <p>3 マグネシウムと化合した酸素の量の関係をグラフに表す。</p>  <p>マグネシウムの質量 (g)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>本時の活動に見通しをもち、意欲的に取り組めるようにするために、導入の演示実験（同じ質量の銅とマグネシウムを載せてつり合わせたてんびんで、銅とマグネシウムをそれぞれ同時に加熱するとマグネシウムの方が重くなったという実験）を振り返り、本時は、まだ調べていないマグネシウムと酸素の化合時の質量の割合を調べることを確認する。</li> <li>前時に調べた銅と本時のマグネシウムを比較して予想を立てることができるように、前時の「銅の質量とその銅に化合する酸素の質量の割合は常に一定（銅：酸素は約4：1）」を確認する。</li> <li>実験データの正確さを求めるため、グループごとに、それぞれ1種類の質量の実験を2回行うようにする。</li> <li>全グループの結果がそろわないとグラフ化に進めないことを確認し、責任をもって実験活動に取り組めるようにしたい。</li> </ul> <p>◎ マグネシウムを酸化させた時の質量を測定し、その結果をグラフに表している。（観察・実験の技能、グラフ）</p> <p>A：結果をすべて点で打ち、誤差を踏まえて、原点を通る直線のグラフをかいている。</p> <p>B：結果をすべて点で打ち、原点を通る直線のグラフをかいている。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>早く正確にグラフがかけた生徒には、OHPシートに同様のグラフをかくように伝える。そのグラフと銅の実験のグラフを比較しながら、学級でのまとめが行えるようにする。</li> <li>グラフから、実験結果が妥当か、誤差が大きいかを確認できるようにする。その上で、マグネシウムと酸素が化合する時、それぞれの物質</li> </ul>

<p>第5時</p> <p>4 表やグラフを基に、マグネシウムと化合する酸素の質量比に規則性があるかどうかを考える。</p> <p>(1) 自力で考える。</p> <p>(2) グループで考える。</p> <p>5 グループでまとまった考えを掲示用シートに記入する。</p> <p>6 グループの考えを発表し合う。</p> <p>7 本時のまとめをする。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マグネシウムと酸素が化合する時も、銅と酸素の化合の時と同じように、それぞれの物質の質量は比例の関係になっている。</li> <li>・化合する時の質量比は、マグネシウム：酸素が約3：2である。</li> <li>・化合する時の質量比は、物質の種類によって異なる。</li> </ul> </div> <p>8 本時の自己評価をする。</p>	<p>の質量は比例することや、その質量比は一定になることを見いだせるようにする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・表やグラフの作成場面や自力・グループで規則性を見いだす場面で、活動が進まない生徒には、グラフのかき方やグラフの読み取り方のヒントカードを手掛かりにして進めるよう声をかける。</li> <li>・前時の銅の実験での評価を基に、特に自力での活動が難しかった生徒の進行状況を確認する。ヒントカードの活用が不十分な生徒には、具体的にどのヒントをどの場面で活用すればよいかを助言する。</li> <li>・グループのよい考えを青でワークシートに記入するようにする。</li> <li>・この後の学級での発表を意識しながら、グループの考えを分かりやすく整理して掲示用シートに記入するように助言する。</li> <li>・学級で出たよい考えを赤でワークシートに記入するようにする。</li> </ul> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>㊦ マグネシウムと酸素が化合する時、それぞれの物質の質量は比例することや、その質量比は一定になることを見いだしている。</p> <p>(科学的な思考・表現, ワークシート)</p> <p>Aの判断の基準となるキーワード：グラフが直線, 比例, グラフから読み取った値, 3：2</p> <p>Bの判断の基準となるキーワード：グラフ, 比例, 3：2</p> </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・各グループの発表で出てきた言葉等を生かして、学級全体でまとめを行う。</li> <li>・銅の実験と比較をしながらまとめ、物質と物質の化合の際には、その質量比に規則性があること、その質量比は、物質の種類によって異なることに気付けるようにする。</li> <li>・本時の活動を自分自身で振り返り、自分ができたところやできなかったところを意識できるようにする。そして、その評価を、生徒本人及び教師が、次時に生かせるようにする。</li> </ul>
---	---

## 6 授業の分析と考察

### (1) 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定について

#### ア 導入の工夫による学習問題と協同的な学習活動の場の設定について

導入で行った演示実験により、加熱前はつり合っていたてんびんが、加熱後はつり合わなくなったことに多くの生徒が驚き、疑問をもった。そこで、「金属が酸素と化合する時どのような割合で（質量比）で化合するのだろうか。」という学習問題を生徒と設定した。35人中34人の生徒が、「マグネシウムの方が、銅よりも化合する酸素が多いだろう。」と、予想を立てた。

図1は、事前事後の生徒の意識調査の結果を示している。事前の学習に比べ、本実践では、「見通しをもって問題に取り組めた」、「予想を立ててから実験に取り組めた」について十分できたと答えた生徒が、それぞれ14人、11人から24人、25人に増えた。また、実践後に、「課題を達成できた」に十分できたと回答した生徒は、25人であった。このことから、本実践での学習問題の設定は、生徒が見通しをもって最後まで学習活動に取り組むために有効であったと考える。

また、協同的な学習活動の工夫として、2グループで同じ質量を加熱する実験を2回行い、計四つの結果を得るようにした。この結果を平均化し、データの信頼性を向上させたものを、学級全体で分析・解釈に使用する結果として共有した。全グ

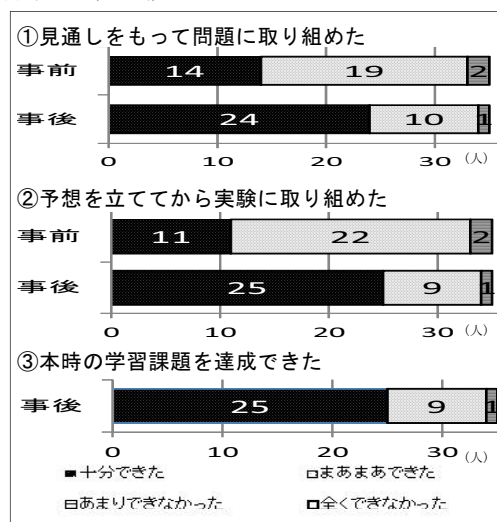


図1 生徒の意識調査の結果

(事前：平成26年7月1日実施，事後：平成26年7月17日実施，第2学年35人)

ループの結果がそろわないと、全員がグラフ化できないという、お互いの協力が必要な場にしたことで、生徒は、分担された役割に責任をもって取り組んだ。

さらに、グラフ化や分析・解釈の活動においては、自力で取り組んだ後、グループ内で考えを発表し合い、自分にはないよい考えや表現を青で加筆するようにした。その後、学級全体で各グループの考えを発表し合い、新たに知ったよい考えや表現を赤で加筆した。表3は、グループと学級全体の話合いを通して、考察の記述が変容したワークシートの記述例である。「思考・表現」の記述に関する評価を見ると、比例関係を見いだす場面では、銅の時は「B」以上が31人で、そのうち8人が加筆していた。マグネシウムの時は、全員が「A」で、そのうち12人が加筆していた。質量比を見いだす場面では、銅の時は「B」以上が28人であり、そのうち11人が加筆していた。マグネシウムの時は、全員が「B」以上（33人は「A」）であり、そのうち13人が加筆をしていた。このことから、グループや学級全体での話合いにより友達の考えのよさ気付き、「B」以上になった生徒の数が増加し、「A」に達した生徒も多くなった。

以上のことから、見通しをもって取り組める学習問題を設定し、学級やグループで相互に協力しながら問題を解決するようにしたことで、生徒は、よりよい考え方や表現の仕方を学び、科学的な思考力・表現力を育むことができたと考える。

表3 グループと学級全体の話合いを通して、考察が変容したワークシートの記述例

(明朝は自力での記述、ゴシックはグループ内での発表後の加筆、丸ゴシックの斜体は学級での発表後の加筆を示す。)

	銅	マグネシウム
比例関係	グラフを見ると、銅が増えると酸素もともなって増えているので、比例の関係になる。 <b>右上がりの直線のグラフになっている。</b>	グラフが右上がりの直線になったので、比例の関係になっている。 <b>マグネシウムとそこに化合した酸素の関係をグラフ化。</b>
質量比	割合は、4 : 1になる。 <b>銅が0.4gの時、化合する酸素の量は0.1gだったから。</b>	グラフから、マグネシウムが0.6gの時、酸素が0.4gなので、質量比は3 : 2になる。

#### イ 評価を次時の指導に生かせる学習過程の設定について

本実践での学習問題は、銅に化合する酸素の質量比について実験し、次に同様の方法でマグネシウムに化合する酸素の質量比について実験することで解決する。銅の時は、グラフの表し方やグラフから規則性を見いだすことに指導が必要であった。この指導を生かし、マグネシウムの時は、生徒のつまずきそうな活動を予測し、ヒントカードの準備等を行った。同じパターンで実験や分析をする学習過程を組むことで、前時の学習活動から、重点的に指導する場面や個別指導が必要な生徒の把握をすることができた。そして、実態の把握やヒントカードの活用により、学習活動中の指導や助言を短時間で効果的に行うことができた。

#### (2) 目指す生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫について

評価は、実験の場面では結果からグラフを作成すること（技能）と、分析・解釈の場面では質量比を見いだすこと（思考・表現）について焦点を当てた。表4は、思考・表現の評価の判断の基準となるキーワードである。このように、評価の観点を焦点化し、評価の判断の基準となるキーワードの設定をしておくことで、生徒が考察欄に記入している間にポイントを絞って記述内容を見取ることができた。「A」に達しない生徒へ「その質量

表4 判断の基準となるキーワード

A基準	グラフが直線，比例，グラフから読み取った値，3 : 2
B基準	グラフ，比例，3 : 2

比は、何を根拠に考えたのか」等の助言をし、「A」に引き上げることができた。このことから、評価の観点の焦点化と判断の基準となるキーワードの設定は、効率的に評価をし、その評価を指導に生かすことに効果があったと考える。

### (3) 生徒の変容

図2は、銅およびマグネシウムの結果をグラフ化した「技能」と、グラフを分析・解釈した「思考・表現」に関する評価の変容を表している。本実践により、結果からグラフを作成する力である「技能」と、グラフを活用して思考し表現する力「思考・表現」の両面で、「A」の生徒が大きく増加した。

また、結果からグラフを作成する力や、グラフを活用して思考し表現する力が、どの程度身に付いたかを調べるために事後調査を行った。資料1は、事後調査の内容を示している。この結果、①グラフ化は33人、②比例関係を見いだすことは29人、③2つのデータの規則性（質量比）を見いだすことは23人が自力で正答を導き出すことができた。

以上のことから、本実践での手立ては、科学的な思考力・表現力を育むことに有効であったと考える。

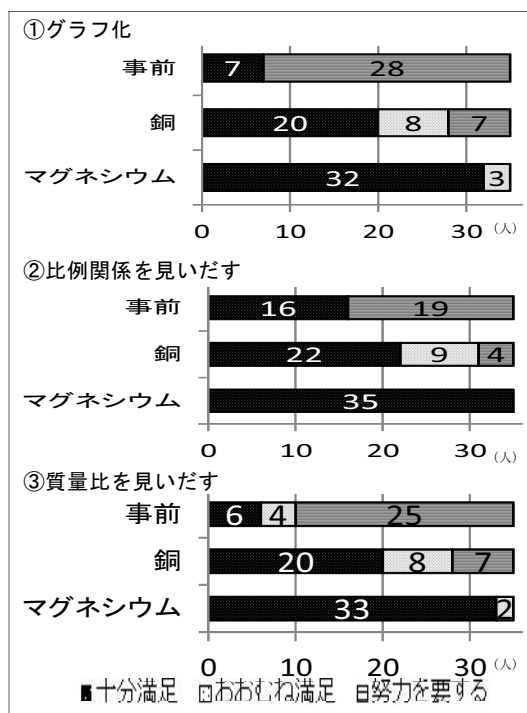


図2 ワークシートの記述の評価の変容

(事前：平成26年7月1日実施，銅：平成26年7月14日実施，マグネシウム：平成26年7月15日実施，第2学年35人)

### 資料1 実態に関する事後調査の内容

(平成26年7月17日実施，第2学年35人)

- 鉄と硫黄が化合する時の質量の関係について調べる実験を行った。(データの表：略)
- ① 表に示すデータをグラフに表しなさい。
  - ② 鉄の質量とそこに化合する硫黄の質量には、どのような関係があるか。根拠を基に説明しなさい。
  - ③ 鉄の質量とそこに化合する硫黄の質量の割合(質量比)は何か。根拠を基に説明しなさい。

## 7 成果と課題

### (1) 成果

ア 生徒の疑問を生み出す導入の工夫による学習問題を設定したことで、解決への意欲とともに活動への見通しをもって、問題を解決できた。また、協同的な学習活動の場を設定したことで、よりよい考え方や表現の仕方を学ぶことができ、科学的な思考力・表現力を育むことができた。また、評価を次時に生かせる学習過程の設定により、生徒のつまづきを予測し、効果的な事前の準備や本時での指導、助言を行うことができた。

イ 評価の観点の焦点化や評価の判断の基準となるキーワードの設定により、ポイントを絞って効率的に評価をし、その評価をその後の指導に生かすことができた。

### (2) 課題

生徒の力を伸ばすための指導と評価ができるようにするために、どの単元のどの学習で、どの力を特に育成すべきかを整理していきたい。また、キーワードを基に評価をする際、文章全体としての構成が不十分なことがあるので、文章構成を含めて、グループ活動等で検討し合えるようにしたい。

【授業研究3】

**科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価**  
**—高等学校物理基礎「摩擦力が働く運動」における生徒が見通しをもって**  
**取り組むことができる探究活動を通して—**

1 単元名 様々な力と運動

2 単元の目標と観点別評価規準

物体に働く様々な力について、それらの力が何によって決まりどこから受ける力かを明らかにした上で、その物体の運動の様子について理解する。また、その力を定量的に扱い、力と運動の関係について考察し表現することができる。

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
物体に働く様々な力について関心を持ち、意欲的に探究しようとする。	物体に様々な力が働くことについて考察し、自らの考えを表現している。	物体に働く力と運動について観察、実験などを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。	物体に様々な力が働くことを理解し、知識を身に付けている。

3 単元の指導について

(1) 教材について

本単元では、物体間に及ぼし合う力を正しく認識し、表現することで、張力を伴う物体の運動や押し合う力が働く2物体の運動等について学ぶ。本授業研究では、及ぼし合う力の中でも静止摩擦力・最大摩擦力に着目し、それらが何によって決まる力なのかについて実験を通して理解できるようにする。

(2) 生徒の実態について

見通しをもって問題解決に取り組んだ経験の程度と本研究で目指す生徒の姿を明確化するため、意識調査を行った。図1はその結果である。「授業中に友達の前で自分の意見を発表することが得意である」、「実験で見た現象を言葉で表現することが得意である」について「あまり当てはまらない」、「まったく当てはまらない」と回答した生徒が40人中それぞれ28人、30人と、自身の考えや見た現象を表現することに苦手意識をもっていることが分かった。また、「実験計画を自ら立てて、実験を行った経験がある」について「あまり当てはまらない」、「まったく当てはまらない」と回答した生徒は35人であった。

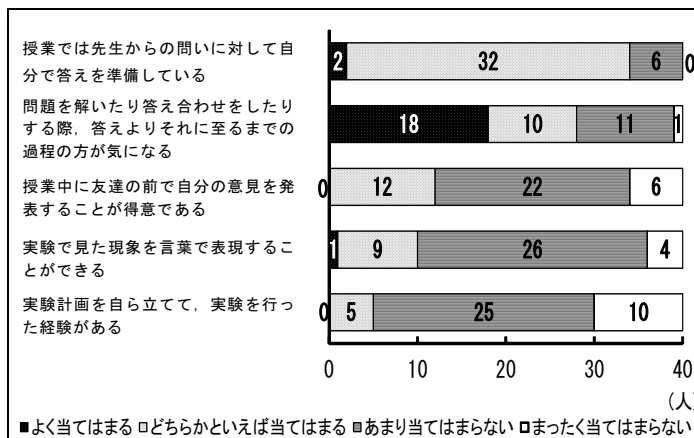


図1 活動に関する意識調査

(平成26年7月1日実施, 第2学年40人)

一方、生徒の既有知識についての実態調査（資料1）について、40人中39人が7問中5問以上に解答できた。これらのことから、生徒は思考した結果や見た現象を文章で表現することはできているが、それを他者に口頭で表現したり、実験の計画を立てて実験を行ったりした経験が少ないことが分かった。

さらに、摩擦力は何によって決まるのか授業前に質問紙調査を行ったところ、図2に示すように、多くの生徒が「物体の質量・重さ」と回答していた。正答である「垂直抗力」と回答した生徒はなく、摩擦力が垂直抗力によって決まるという概念をもっていなかった。

そこで、本研究においては、生徒自ら実験計画を立案し、実験を行い、結果を考察することで、見通しをもって問題解決に取り組めるようにし、科学的な思考力を育みたい。また、活動の中で生徒が自らの学びを整理し他者と共有する機会を設けることで、科学的な表現力を育みたい。

### (3) 主題に迫るための手立て

#### ア 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定

生徒は、最大摩擦力は物体の質量に比例するという誤った素朴概念をもっている。そこで、質量が同じでも摩擦力の大きさが異なる実験を通して、最大摩擦力が物体の質量によって決まらないことを明らかにできるようにし、科学的な自然観につなげていく。ここでは、「最大摩擦力は何によって決まるのか」という学習課題を設定し、生徒はそれを探究する方法について自分の考えを基に班で協議し、班ごとの実験計画に基づいて、様々な物理量を制御しながら問題解決を図る。この活動を通して、目的に沿った実験計画を立案し、実験結果や考察についての意見交換をする中で科学的な思考力・表現力を育む。

#### イ 目指す生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫

本授業研究では、他者との意見や仮説の差異に気付き、物理量の制御を通して見通しをもって実験に取り組み、実施した実験の方法、結果及び考察を自らの言葉で表現することを目指している。そこで、制御する物理量を明確にし、見通しをもった実験計画を立てていることと、話合いの際に自らの考えを表現し意見の共有化と再構成を行っていることを評価する。評価方法としては、ワークシートの記述内容の分析及び生徒の発言内容の分析とする。

### 資料1 生徒の既有知識についての実態調査（平成26年7月1日実施、第2学年40人）

- (1) 次の言葉の意味について、自由に説明して下さい。  
①張力 ②重力 ③摩擦力 ④垂直抗力
- (2) 摩擦の力の大きさは何によって決まると思いますか。また、この力の大きさを測るにはどのような方法があると思いますか。
- (3) 質量が一定の台車を様々な大きさの力で引く実験について考えます。「 $v-t$ グラフ」と「 $a-f$ グラフ」をかきますが、なぜ、2種類のグラフをかく必要があるのでしょうか。
- (4) 台車の質量を変えながら、一定の力の大きさで台車を引く実験について考えます。実験結果を整理する際、「 $v-t$ グラフ」と「 $a-f$ グラフ」と「 $a-1/m$ グラフ」を書きますが、なぜ、3種類のグラフを書く必要があるのでしょうか。

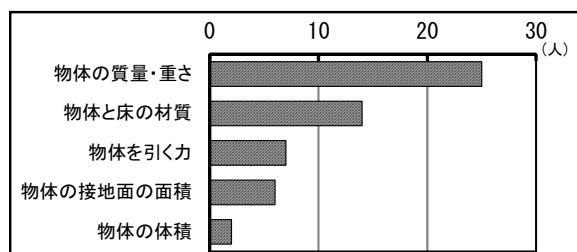


図2 「摩擦力は何によって決まるのか」に対する回答状況（記述式、複数回答）  
（平成26年7月1日実施、第2学年40人）

#### 4 指導と評価の計画（16時間扱い）

第1次	力	4時間
第2次	運動の法則	6時間
第3次	様々な力と運動	6時間

時	学習内容	評価の観点				評価規準	評価方法
		関	思	技	知		
1	張力を伴う物体の運動	◎				物体に働く力について関心をもち、意欲的に探究している。	行動観察
2	静止摩擦力と最大摩擦力		◎			班で協議して未知の現象を探究するための実験計画を立て、整理して文章及び口頭で表現している。また、実験結果から導き出した考えを他者のものと比較し、共通点や相違点を見いだしている。	ワークシートの分析、発言
3	動摩擦力と動摩擦係数				○	静止摩擦力の概念を拡張し、動摩擦力も面からの垂直抗力に比例することを理解している。	ワークシートの分析、小テスト
4	斜面と摩擦力				◎	摩擦力が働く場合の斜面上の物体の運動について、物体に働く力を図示し、力のつり合いや運動方程式を適用することで、運動の様子を理解している。	ワークシートの分析
5	圧力と浮力	○			◎	気体や液体の圧力に関心をもち、様々な歴史的な実験について意欲的に探究している。 圧力の基本的な考え方から水圧や浮力を求める実験計画を立て、的確な実験を行っている。	行動観察、発言 ワークシートの分析
6	空気抵抗を受けるときの落下運動		○		○	空気抵抗がない場合とある場合の落下運動について思考し、 $v-t$ グラフで運動の様子を表現している。 空気抵抗がある場合の終端速度の概念を運動方程式に当てはめて理解している。	ワークシートの分析 小テスト

◎：指導に生かすとともに記録して総括に用いる評価，○：主に指導に生かす評価

#### 5 本時の指導

##### (1) 目標

未知の現象を探究するための実験計画を立て、整理して文章及び口頭で表現することができる。また、実験結果から導き出した考えを他者のものと比較し、共通点や相違点を見いだすことができる。（思考・判断・表現）

##### (2) 準備・資料

摩擦実験器10個、押し引きばねばかり20個、フック付きペットボトル20個、仮止め用テープ5個、クラス発表用画用紙10枚、ペン10本、マグネット40個、ワークシート

##### (3) 展開

学習活動・内容	指導上の留意点・評価
<p>1 本時の学習課題を確認する。</p> <p>静止摩擦力とはどのような力で、何によって決まるのだろうか。</p> <p>・日常生活で摩擦のある（動かそうと思っても動かない）状況を想起する。</p> <p>2 物体を引いても動かない状況を想起し、その物体に働いている力を全て図示する。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・日常生活で摩擦のために動かせなかった状況を生徒が自由に発言することで、本時の学習への意欲を高められるようにする。</li> <li>・静止摩擦力を考える際、物体に働く張力と重力、面からの抗力を図示する必要があるため、それが滞っている生徒に対しては、以前の授業プリントを参照するように促す。</li> </ul>



- 3 図示した内容から、張力と重力、抗力の3力が  
つり合っており、この抗力を面に平行な成分と垂  
直な成分に分けることで定義できることを理解す  
る。
- 4 静止摩擦力と力のつり合いについての演習問題  
を解く。
- 5 演習問題中の張力を徐々に大きくしていった場  
合、どのようなことが起こるか考え、発表する。
- 6 最大摩擦力は何によって決まるのか（何が大き  
くなれば最大摩擦力が大きくなるのか）を個人で  
予想し、発表する。
- 7 質量と垂直抗力の大きさをどのように制御する  
かを考え、最大摩擦力を測定する実験計画を立て  
る。
- 8 実験を行い、その結果を整理する。  
・質量を一定にしてばねばかりを押し引きするこ  
とで垂直抗力の大きさを制御する。
- 9 実験結果を基に考察し、最大摩擦力は何によっ  
て決まるのか、実験結果から班で明らかにする。
- 10 班ごとに実験方法と結果、考察を発表する。発  
表班以外は他者の考えを聞いて、自分たちの考え  
に変化が生じた場合、朱書きでその旨をワークシ  
ートに書き込む。

静止摩擦力は抗力の分力であり、最大静止摩  
擦力は垂直抗力の大きさによって決まる。

- ・生徒が書いた力線から、静止摩擦力は単に進行方  
向と逆向きに働く力であるという概念にとどまる  
ことは誤りであることに気付くようにし、静止摩  
擦力と垂直抗力は面から受ける抗力の分力である  
ことを説明する。
- ・問題演習を通して、張力が存在しても静止してい  
る場合は、力がつり合っていることに気付けるよ  
うにし、静止摩擦力を算出するように促す。
- ・物体をばねばかりで引く演習実験を行い、静止摩  
擦力には上限があり、それより大きな張力が加わ  
ると滑り出すことに気付くようにし、そのときの  
摩擦力が最大静止摩擦力であることを理解できる  
ようにする。
- ・最大摩擦力の定義を十分理解していない生徒に対  
しては、机間指導により摩擦力が大きくなるには  
何が大きくなればよいのか言葉かけを行う。
- ・最大摩擦力について、垂直抗力に言及する班がな  
い場合、質量が同じでも摩擦力に変化が表れる場  
面について再考するよう促す。
- ・どのようにして二つの量を制御するか、提示した  
実験器具から考えられるようにする。
- ・垂直抗力を変化させる方法及び垂直抗力の意味を  
確認させるための言葉かけを行う。
- ・質量を変えて実験を行う班に対しては、質量が変  
化すれば垂直抗力も変化してしまうことを助言し  
一方を一定にし他方を制御する方法を考えるよう  
に促す。
- ・判断の基準Bに至らないと予想される生徒に対  
しては、まずは自らの考察を文章でまとめ、それ  
を読むところから話合いに参加するよう促す。
- ・様々な観点や方法で実験した班があることを強調  
し、班の意見を聞いて学ぶことの重要性を確認す  
る。
- ・生徒間での質疑等を通して、思考の深め合いを促  
す。

㊦ 未知の現象を探究するための実験計画を  
立て、整理して文章及び口頭で表現してい  
る。また、実験結果から導き出した考えを  
他者のものと比較し、共通点や相違点を見  
いだしている。(思考・判断・表現、ワーク  
シートの分析、発言)

- A：目的を明らかにした実験計画を立て、制  
御する物理量を明確にして文章及び口頭  
で表現している。また、実験結果から導  
き出した考えを他者と比較し、共通点や  
相違点を見だし、考えの修正や実験方  
法の工夫など新しい視点を得ている。
- B：目的を明らかにした実験計画を立て、整  
理して文章及び口頭で表現している。ま  
た、実験結果から導き出した考えを他者  
と比較し、共通点や相違点を見いだして  
いる。

## 6 授業の分析と考察

### (1) 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定について

実験計画を立てる場面において、10班すべてが摩擦力は質量によって決まるという  
仮説を立て、それを確かめるための実験計画を作成した。そのため、実験においても  
物体の質量を大きくして最大摩擦力を大きくする実験をしていた。しかし、実験を行



う中で、物体が受ける力を生徒が図示すると、重力が大きくなることで垂直抗力も大きくなってしまい、物理量を制御できないことに気付いた。そこで、質量を一定にして、垂直抗力の大きさを変化させる方法を班の中で思考し、実験に生かすことができた。

資料2は、ある生徒のワークシートの記述である。実験計画を立てる段階では垂直抗力という言葉が入っていないのに対して、班で考えた実験計画では、鉛直上向きまたは下向きに引くと同時に水平方向に引くことにより垂直抗力を制御しながら実験しようとする考えが見られた。さらに、実験結果では、それらを定量的に捉え、既習である力の分解を取り入れて考えており、より科学的に思考することができるようになった。このように、個人で正しい実験計画を立てられなくても班で話し合う中で新たな考えが生まれ、問題解決に取り組む姿が見られた。班での話し合いを行う中で思考に変化が現れた生徒は、40人中37人であった。

資料3は、クラスでの共有のために班で画用紙にまとめた考察内容である。班での考察をクラスで共有する活動では、生徒は複数回実験し、より精密な結果をまとめたり、他班との情報交換により測定値をグラフ化し一つのデータを関連付けて思考したりする姿が見られた。また、摩擦力が垂直抗力によって決まることに気付くことができない班も一つあったが、この活動を通して、納得して正しい概念へと修正することができた。

(2) 目指す生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫について

資料4 (p. 24) のように、計画の段階で物理量の制御に気付き、垂直抗力を変化させて実験に取り組むことの必要性に言及することができた生徒がおり、その評価はAとした。また、最初は質量のみを変化させて実験をしていたが、試行錯誤する中で、質量を変化させることで垂直抗力も変化してしまうことに気付くことができた生徒も存在した。これらの生徒は班で繰り返し実験を行った結果、実験で制御すべき物理量について考察が及んだと考えられるため、評価はBとした。

資料2 生徒の思考の流れ

物体の質量、物体の重さ、物体にかかる重力、物体を引く力

個人で出した考え (実験前)

使うもの: 板、木入りペットボトル、ばねばかり、棒  
 命題: ペットボトルを引く方向で摩擦力はかわるか  
 方法: 下回のように力を加えて調べる。

① 横だけ

② 下向きに1.0Nと横

③ 上向きに1.0Nと横

班で考えた実験計画

あなたの班の実験結果をまとめよう。

①

②

班で導いた実験結果

資料3 班でまとめた考察例

[10班]

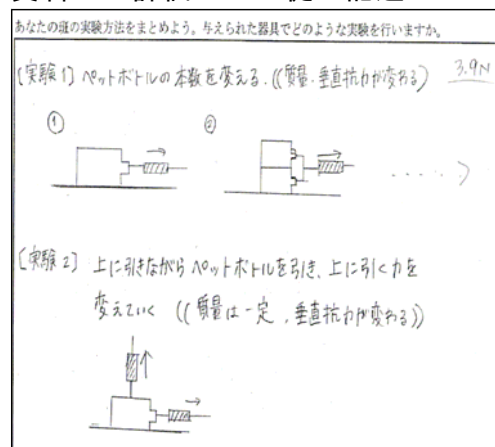
引き出す力	摩擦力	垂直抗力
-1N	1.2N	3N
0N	1.8N	4N
1N	2.3N	5N
2N	3.6N	6N
3N	4.4N	7N

摩擦力 [N]

[結論] 垂直抗力が大きくなると最大摩擦力も大きくなる。

一方で、Bに到達することが難しい生徒も二人みられた。それらの生徒は、班での話し合いは円滑に行うことができたが、物理量の制御について理解できず、見通しをもった実験を展開することが難しかった。そこで、物理量の制御の意義について強調し、質量をむやみに変化させてもそれに伴い垂直抗力も変化してしまうので、最大摩擦力の原因が分からなくなってしまうことを個別に説明し、理解を支援した。その結果垂直抗力のみでの制御についての理解が可能になり、Bとすることができた。

#### 資料4 評価Aの生徒の記述



### (3) 意識調査の結果から

図3は、事前に行ったものと同じ質問紙調査を授業終了後に行った結果を事前と比較したものである。「授業中に友達の前で自分の意見を発表することが得意である」に肯定的な回答をした生徒は12人から30人に増えた。また、「実験で見た現象を言葉で表現することが得意である」に肯定的な回答をした生徒も、10人から38人に増えた。このことから、本授業研究は、実験計画の立案や実験の実行、実験結果及び考察の共有など、他者と意見交換をし思考する活動が充実したために、自身の意見を他者に伝える表現力を育むことに対して一定の効果があつたといえる。

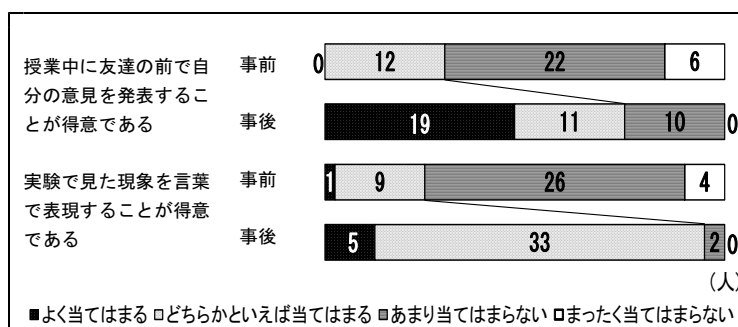


図3 意識調査の結果の比較

(事前：平成26年7月1日実施，事後：平成26年9月3日実施，第2学年40人)

## 7 成果と課題

### (1) 成果

ア 実験計画の立案から実験の考察まで生徒自身で行ったことにより、見通しをもって実験を行うことができ、生徒自身が科学的に思考しながら問題解決する姿が見られた。また、自らの考えを他者に伝えるために、実験内容や考察をより分かりやすく的確な言葉で表現しようとするなど、科学的な表現力も向上した。

イ 目指す生徒の姿を事前に明らかにしたことで、生徒の学習状況を容易に評価することができ、学習状況に応じた的確な指導を行うことができた。

### (2) 課題

本授業は1時間で展開したが、生徒の活動時間を十分確保するために、多くの時間をかけて指導したい。また、生徒が自ら見通しをもって問題解決に取り組む学習を継続した取組にするため、年間指導計画の中でどこに配置するか検討する必要がある。

【授業研究 4】

**科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価**  
**—高等学校生物基礎「遺伝子とその働き」における探究的な学習活動を取り入れた観察とモデル実験を通して—**

1 単元名 遺伝子とその働き

2 単元の目標と観点別評価規準

DNAが複製，分配されることで遺伝情報が伝わり，その情報に基づいてタンパク質が合成されることについて，観察，実験を通して基本的な概念や原理を理解し，科学的な見方や考え方をもちとすることができる。

関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
遺伝情報の分配について関心をもち，それらを意欲的に探究しようとする。	体細胞分裂の前後で遺伝情報の同一性が保たれていることを考察し，導き出した考えを表現している。	遺伝情報の分配について観察，実験などを行い，基本操作を習得するとともに，これらの過程や結果を的確に記録，整理している。	DNAが複製され分配されることにより，遺伝情報が伝えられることを理解し，知識を身に付けている。

3 単元の指導について

(1) 教材について

本単元では，遺伝子の本体であるDNAの構造と，複製されたDNAが体細胞分裂によって均等に分配される過程，そしてDNAの遺伝情報からタンパク質が合成される過程について学ぶ。体細胞分裂における各時期の細胞数とその所要時間の関係は公式として暗記するのではなく，関係性を見いだす学習活動を取り入れた観察やモデル実験を工夫することで，科学的な思考力・表現力を育むことができると考える。

(2) 生徒の実態について

活動に関する意識調査の結果を図1に示す。「理科で学んだ内容を日常生活に生かしたい」，「疑問を解決したり仮説を検証したりする能力を伸ばしたい」という設問に「当てはまる」，「どちらかという当てはまる」と答えた生徒がそれぞれ35人，31人であった。一方，「実験結果を踏まえた考察ができる」，「知識や自分の考えを記述表現できる」という設問に「どちらかという当てはまらない」，「当てはまらない」と答えた生徒はそれぞれ24人，22人であった。

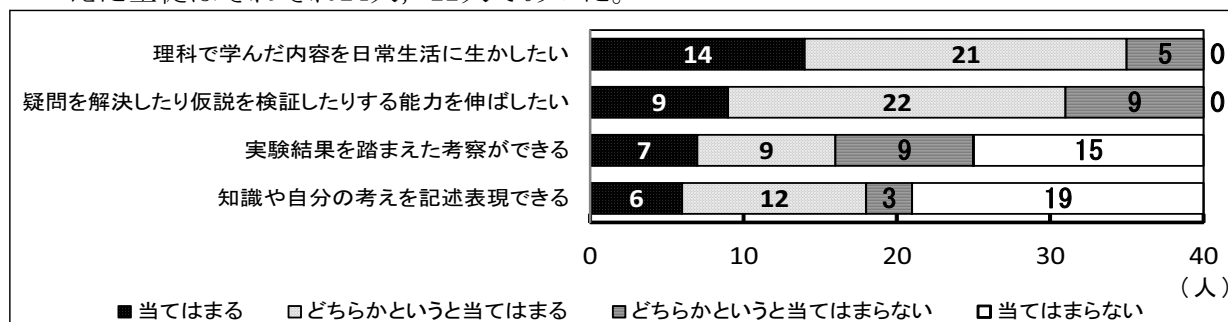


図1 活動に関する意識調査 (平成26年7月1日実施，第1学年40人)

また、カタラーゼと酸化マンガン(IV)の触媒作用を比較して酵素の性質を論述させる問題(資料1)を実施したところ、Aの解答が5人、Bの解答が9人、Cの誤答・無答が合わせて26人であった(図2)。

これらの結果から、疑問を解決したり仮説を検証したりする力を伸ばしたいが、問題と向き合っ**て**じっくりと考えることや、その思考過程を表現することを苦手としていることが分かる。そこで、探究的な学習活動を取り入れた観察やモデル実験を通して、科学的な思考力・表現力を育みたいと考える。

### 資料1 内容に関する実態調査における問題

次の実験結果から、カタラーゼの性質を説明しなさい。  
 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>を入れ、10℃、37℃、45℃の試験管(左から、A、B、Cとする)に肝臓片を入れてから1分間、発生した気体の量を測定したところ、試験管A<試験管C<試験管Bの順であった。同様に酸化マンガン(IV)を入れて行くと、試験管A<試験管B<試験管Cの順であった。また、煮沸した肝臓片を37℃にしてから試験管Bに入れると、気体は発生しなかったが、100℃に加熱した酸化マンガン(IV)を37℃に冷やしてから試験管Bに入れると、気体が発生した。

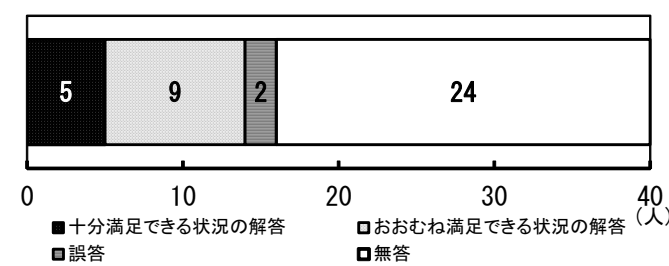


図2 問題の解答状況(事前)  
 (平成26年7月1日実施, 第1学年40人)

### (3) 主題に迫るための手立て

ア 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定

#### (ア) W型探究活動の学習過程の設定

生徒は中学校理科第2分野「(5) 生命の連続性」で、植物の根端部分で体細胞分裂が盛んであることを学習している。しかし、根端部分の細胞数を数えると分裂期の細胞数が非常に少ないことに気付き、既習事項とのずれに疑問を抱く。そこで、細胞周期における間期と分裂期の細胞数の違いが何を示しているのかを検証することを課題とし探究活動を行う。また、初めに提示した課題から「観察→結果→仮説→モデル実験→結果→考察」というW型の探究活動につなげ、生徒が主体的に活動し見通しをもって問題解決に取り組めるようにしたい。

#### (イ) 自らの考えをまとめ、表現する学習活動の工夫

まず、考察欄に自分の考えを記述し、それを班の中で意見交換する。その際、実験結果の考察記入欄を広めに設定し、自分の考えは黒で、班の話合いで考えを見直した場合は青で、クラスでの発表で見直した場合は赤で追記することで、思考の深まりを見取れるようにする。また、各班でまとめた考えをホワイトボードに記入し発表することで、自分の班だけではなく他班の考えを知ることができるようにし、より科学的な思考・表現を導きたい。

イ 目指す生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫

ワークシートの記述に対して判断の基準を設定し、明確に評価できるようにする。また、生徒の実態に応じて、事前に予想されるワークシートの記述内容を幾つか挙げておき、「おおむね満足できる」状況を目指して発問や助言等を準備する。

評価方法としては、机間指導中に生徒がワークシートに色ペンで追記する内容を確認することに加え、ワークシート回収後に記述内容の分析を行うことによって、各生徒の思考の段階的な変容を把握し、評価できるようにする。

#### 4 指導と評価の計画（13時間扱い）

第1次 遺伝情報とDNA・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3時間  
 第2次 遺伝情報の分配・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4時間

時	学習内容	評価の観点				評価規準	評価方法
		関	思	技	知		
1	細胞周期	◎			○	体細胞分裂の周期性に関心を持ち、既習内容に関連付けて、意欲的に探究しようとする。 母細胞から娘細胞ができるまでの過程を理解し、知識を身に付けている。	行動観察 発表内容
2	体細胞分裂の観察実験			◎		核や染色体の形態に注目して根端細胞を観察し、その結果を言葉とスケッチで記録し、整理している。	行動観察、ワークシートの記述分析
3 本時	モデル実験		◎			モデル実験を通して、各時期の細胞数と細胞周期に占める時間との関係性について思考し、導き出した考えを言葉で表現している。	ワークシートの記述分析、発表内容
4	遺伝情報の分配				◎	DNAが間期に複製され、分裂期に正確に分配されることを理解している。	発表内容、小テスト

◎：指導に生かすとともに記録して総括に用いる評価，○：主に指導に生かす評価

第3次 遺伝情報とタンパク質・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 6時間

#### 5 本時の授業（2時間扱い）

##### (1) 目標

核や染色体の形態に注目して根端細胞を観察し、その結果を言葉とスケッチで記録し、整理している。（観察・実験の技能）

モデル実験を通して、各時期の細胞数と細胞周期に占める時間との関係性について思考し、導き出した考えを言葉で表現している。（思考・判断・表現）

##### (2) 準備・資料

発根させたネギ、検鏡器具、ピンセット、ろ紙、ボイスレコーダー（メトロノームの音を録音したもの）、ホワイトボード、ペン

##### (3) 展開

学習活動・内容	指導上の留意点・評価
第2時 1 実験1の学習課題を確認する。 間期と分裂期の細胞には、それぞれどのような特徴があるのだろうか。また、細胞数について違いがあるのだろうか。 2 実験材料や検鏡器具を準備し、プレパラートを作成する。 3 根端細胞を観察し、間期と分裂期の核や染色体の形態、細胞数について言葉とスケッチで記録する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中学校理科の学習内容を振り返り、本時の実験でどのような細胞が観察できるのか確認する。</li> <li>・プレゼンテーションツールを用いて手順を説明し、実験の流れを確認する。</li> <li>・細胞の解離まで終えて染色液に浸した材料を使用するため、固定や解離の操作目的をワークシートに記入するように指示する。</li> <li>・手順に従って進められているか机間指導をし、検鏡倍率や押しつぶし法について助言する。</li> </ul>

<p>間期の細胞では丸い形状の核が、分裂期にはひも状の染色体が観察できる。また、間期の細胞が非常に多く、分裂期の細胞は少ない。</p> <p>4 各時期の細胞数を比較した結果が何を示しているのか各自考察する。次に、各班で話し合い、考察をホワイトボードに記入する。</p> <p>5 班ごとに考察したことを発表し、クラス全体で共有する。</p> <p>細胞数を比較すると、間期の細胞は非常に多く、分裂期の細胞は少ない。細胞数が多い時期ほど、要する時間が長いと考えられる。</p> <p>6 片付けと、ワークシートの振り返りをする。</p>	<p>㊦ 核や染色体の形態に注目して根端細胞を観察し、その結果を言葉とスケッチで記録、整理している。(観察・実験の技能、行動観察、ワークシートの記述分析)</p> <p>A：観察結果の記録がA（十分満足できる）かつ検鏡器具の操作がAまたはB（おおむね満足できる）である。</p> <p>B：観察結果の記録と検鏡器具の操作がともにBである。</p> <p>・班の話し合いで考えを見直した場合は青で、クラスでの発表で見直した場合は赤で追記するように伝える。</p>
<p>第3時</p> <p>7 実験1の考察を基に、実験2の学習課題を確認する。</p> <p>間期と分裂期の細胞数と細胞周期に占める時間には、何か関係があるのだろうか。</p> <p>8 モデル実験のルールを知る。</p> <p>(1) 二人一組で行い、一方が手を動かし他方が記録する。</p> <p>(2) グー1秒、チョキ2秒、パー5秒と設定し、手を動かす生徒はどの動きから始めてもよいが、グー、チョキ、パーの順序は守る。</p> <p>(3) 実験開始後2分たったところで手の動きを止め、グー、チョキ、パーの人数を数える。</p> <p>9 4回分の結果を集計し、ワークシートに記録する。</p> <p>10 実験2の結果を基に、実験1における間期と分裂期の細胞数と細胞周期に占める時間の関係性の有無を各自考察する。次に、各班で話し合い、考察をホワイトボードに記入する。</p> <p>11 班ごとに考察したことを発表し、クラス全体で共有する。</p> <p>間期と分裂期の細胞数と細胞周期に占める時間には比例関係がある。</p> <p>12 考察を基に、前時に観察したネギの細胞周期を22時間とした場合の間期と分裂期に要する時間を求める。</p> <p>13 ワークシートで学習の振り返りをする。</p>	<p>・実験1で考察したことを検証するためにモデル実験を行うことを伝える。</p> <p>・メトロノームの音に合わせて一斉に活動することで、一人一人が実験に参加しているという実感をもてるようにする。</p> <p>・2分間の練習時間を設けて机間指導をし、ルールどおりに活動しているかどうかを確認する。</p> <p>・異なる視野での観察をモデル化するために、試行回数ごとに表計算ソフトのシートに結果を入力し、クラス全体の実験結果をスクリーンで提示する。</p> <p>・班の話し合いで考えを見直した場合は青で、クラスでの発表で見直した場合は赤で追記するように伝える。</p> <p>㊦ モデル実験を通して、各時期の細胞数と細胞周期に占める時間との関係性について思考し、導き出した考えを言葉で表現している。(思考・判断・表現、ワークシートの記述分析、発表内容)</p> <p>A：各時期の細胞数と細胞周期に占める時間が比例関係であることが表現されている。</p> <p>B：各時期の細胞数と細胞周期に占める時間に関係性があることが表現されている。</p>

## 6 授業の分析と考察

### (1) 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定について

#### ア W型探究活動の学習過程の設定について

染色まで終えた材料を使用したため、大部分の生徒が時間内に体細胞分裂の観察



と細胞数の計測を終えることができた。顕微鏡視野の間期と分裂期の細胞数の違いから生徒自身が細胞分裂の特徴を見だし、さらに班やクラス全体で結果や考察を共有することで立てた仮説を検証するという目的が明確になり、主体的に実験に取り組む姿が見られた。また、モデル実験を取り入れたことで細胞数と各時期の所要時間の関係性に気づき、班での話合いやクラスでの発表を通して思考を深め、課題を解決することができたと考える（資料2）。

イ 自らの考えを表現するための学習活動の工夫について

ワークシートの考察欄にグループ活動で発見した新たな気づきを色ペンで追記していくことで、生徒は自分の考えを深めることができた。また、ホワイトボードを活用して自分たちの考えを整理し発表する活動及び発表を聞く活動を通して、生徒の思考が深まったと考える（資料3、4）。

## 資料2 観察実験（上）とモデル実験（下）の様子



## 資料3 グループ活動の様子



## 資料4 ワークシートの記入例

【考察】

1. 間期と分裂期では、どちらの時期の細胞が多く観察されたか。また、その結果は、細胞周期における間期と分裂期の何を示しているのだろうか。

自分の考え + α (班でよい意見があれば青ペンで、クラス内でよい意見があれば赤ペンで追加記入しよう。)

間期のほうが多く観察されたので、  
 2つの細胞分裂する細胞がたまたまあり  
 間期の時々の細胞数がたまたま同じくらいに多い  
 間期では時間の方が分裂期での時間より長い

1. グー、パー各時期の細胞数と所要時間には関係があるのだろうか。

自分の考え + α (班でよい意見があれば青ペンで、クラス内でよい意見があれば赤ペンで追加記入しよう。)

数が多いほど所要時間は長くなっているので細胞数と所要時間には関係がある。  
 時間が長い数が多い  
 例) グー → 後 → 前 → パー  
 1分 2分 5分  
 パーの部分は細胞の数が少ないもの。

※ 丸で囲んだものが、班の話合いで追記したもの。  
 ※ 四角で囲んだものが、クラス発表で追記したもの。

## (2) 目指す生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫について

第2時の「観察・実験の技能」については、観察結果の記録と検鏡器具の操作を評価した。観察結果の記録がAかつ検鏡器具の操作がAまたはBである場合に「技能」をAとし、両方がBの場合をBとした結果、Aが5人、Bが33人、Cが2人であった。Cの生徒には間期と分裂期の細胞の特徴について発問し、顕微鏡でその特徴が見られる細胞を観察するように指示をして活動に取り組みさせた結果、2人ともBになった。

第3時の「思考・判断・表現」については、各時期の細胞数と細胞周期に占める時間が比例関係であることを表現している場合をAとし、関係性があることを表現している場合はBとして評価したところ、Aが21人、Bが15人、Cが4人であった。Cの生徒には、観察で細胞数が多かった時期をパー、少なかった時期をグーとしてモデル

実験の結果から分かることに気付けるようにしたところ、全員がBになった。

### (3) 事後の意識調査・実態調査の結果について

事後の活動に関する意識調査の結果から、「実験結果を踏まえて考察できる」、「知識や考えを記述表現できる」という設問に「当てはまる」、「どちらかという」と当てはまる」と答えた生徒が事前調査に比べ増加した(図3)。生徒からは「自分一人ではこんなに考えが深まることはなかったと思うが、班の人と考えることによって深めることができた。」という感想もあった。

また、動脈血と静脈血の色に違いがある理由を論述させる問題(資料5)で内容に関する実態調査を行った結果、Aの解答が24人、Bの解答が7人、Cの誤答・無答が合わせて10人で、事前調査と比較して正答者が増加した(図4)。この結果から、知識を活用し、自分の考えを科学的に表現できるようになったと考える。

## 7 成果と課題

### (1) 成果

ア 体細胞分裂の観察結果から、生徒が主体的に各時期の細胞数の違いに着目して学習課題を設定することができた。また、モデル実験の結果から細胞数と時間との関係性を見だし、話し合いや発表の場を通して各生徒の思考がより深められ、科学的な思考力・表現力を育むことができた。

イ 生徒の実態に応じて予想されるワークシートの記述内容を挙げ、判断の基準を作成したことで評価の判断が明確になり、指導と評価の一体化を図ることができた。

### (2) 課題

科学的な思考力・表現力を継続して育むために、授業展開のどの場面で、どのような学習活動が適切であるかを整理し実践していきたい。また、評価した内容を各生徒へ効果的にフィードバックする手立てを考えていきたい。

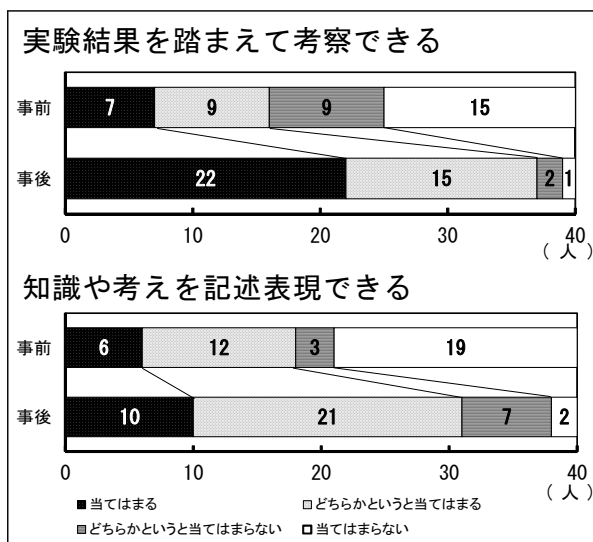


図3 意識調査の結果(事前・事後の比較)

(事前：平成26年7月1日実施，事後：平成26年7月11日実施，第1学年40人)

### 資料5 実態調査における問題(事後)

ヒトの心臓は二心房二心室で、血液を循環させるポンプの役割を果たしている。血液循環には、血液を全身に送り出して心臓に戻す体循環と、全身から流入する血液を肺に送る肺循環がある。肺循環において、肺から心臓に戻る血液は動脈血、心臓から肺へ流入する血液を静脈血といい、血液の色に違いがある。なぜ、動脈血と静脈血で色の違いがあるのだろうか。50字程度で説明しなさい。

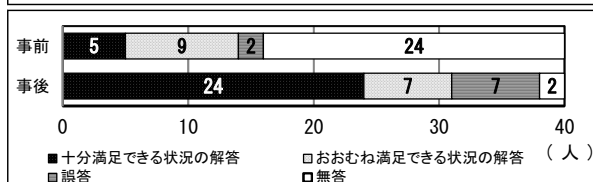


図4 問題の解答状況

(事前：平成26年7月1日実施，事後：平成26年7月11日実施，第1学年40人)



### Ⅲ 研究のまとめ

理科では、研究主題「科学的な思考力・表現力を育む理科学習指導と評価」に向け、問題解決の過程において「学習課題の設定の工夫」と「評価の工夫」を柱とした授業づくりを通して、科学的な思考力や表現力を育む研究を進め、県内小学校1校、中学校1校、高等学校2校で授業研究に取り組んだ。

以下、授業研究の取組から、本研究についての主な成果と課題を述べる。

#### 1 成果

##### (1) 見通しをもって問題解決に取り組むための学習課題の設定

小学校では、単元を貫いた学習問題を提示し単元末にその知識や技能を活用する課題を設定したことで、毎時間のねらいが明確になり、主体的に問題解決に取り組むことができた。単元末の課題では、水溶液を特定する実験方法を考え、クラス全体での方法検討会を通してより実証性の高い実験方法を再思考し、課題を解決することができた。

中学校では、二種類の金属を載せてつり合わせたてんびんが、金属を加熱すると傾く現象を提示することで、金属が酸素と化合する質量比を調べる目的意識が生まれ、二つの金属の実験結果を表やグラフに表現しながら思考を深めることができた。

高等学校では、生徒の誤った素朴概念を転換する学習課題の提示や、新たに気付いた課題を解決するW型の探究活動を行うことで、解決すべき問題を捉え、見通しをもって問題解決に取り組み、科学的に思考し、表現することができた。

##### (2) 目指す児童生徒の姿を明確にした評価規準の設定と評価方法の工夫

学習状況を評価する判断の基準を明確に設定したことで、ワークシートの記述内容や発言内容について妥当性を確保し、効率的に評価することができた。また、評価の効率が上がったことで生まれた時間を指導の時間に使い、評価を生かした指導を行うことができた。

#### 2 課題

考えを引き出す場面では、まず個人の思考活動を十分に保証し、自分の考えを整理した後で、グループや学級全体へ発展させることが大切である。そのために、予想や仮説を立てる時間の保障と考えを表現する方法の工夫が必要である。

また、目指す児童生徒の姿を明確にした評価規準の作成については、判断の基準の設定とともに、より具体的な指導の手立てを準備しておくことが課題である。

#### <引用文献>

- ・文部科学省「小学校学習指導要領」平成20年3月
- ・文部科学省「中学校学習指導要領」平成20年3月
- ・文部科学省「高等学校学習指導要領」平成21年3月
- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料」【小学校 理科】平成23年11月
- ・国立教育政策研究所教育課程研究センター「評価規準の作成、評価方法等の工夫改善のための参考資料」【中学校 理科】平成23年11月

- ・ 国立教育政策研究所教育課程研究センター「評価規準の作成，評価方法等の工夫改善のための参考資料」【高等学校 理科】～新しい学習指導要領を踏まえた生徒一人一人の学習の確実な定着に向けて～平成24年7月

関係者一覧

1	研究協力員		
	水戸市立梅が丘小学校	教諭	西條 博崇
	阿見町立朝日中学校	教諭	菅沼 祐子
	県立土浦第一高等学校	教諭	齊藤 孝通
	県立藤代高等学校	教諭	片岡 亜矢子
2	茨城県教育研修センター		
		所長	武井 一郎
		教科教育課 課長	金子 敏久
		同 指導主事	廣木 一博
		同 指導主事	磯邊 裕一