

4 理科

(1) 理科における学習内容の関連

科学的な思考力・表現力は、問題解決の過程の中で、科学的な方法で問題を考えたり、考えたことを分かりやすく表現したりするなどの言語活動に、単元や年間を通して意図的、計画的に取り組ませることで効果的に高まっていく。

表11 各校種における「思考・判断・表現」の評価の観点とその趣旨

校 種	評価の観点	趣 旨
小 学 校	科学的な思考・表現	㉞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㉞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	科学的な思考・表現	㉞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㉞分析して解釈し、表現している。
高等学校	思考・判断・表現	㉞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㉞科学的に考察し、導き出した考えを的確に表現している。

問題解決の過程における「思考・判断・表現」の状況は、学習指導要領を踏まえ、表11の評価の観点とその趣旨を用いて、児童生徒の発言や記述の内容から把握する。その際、学習内容の関連については、対象となる事物・現象の内容と科学的に探究する能力（小学校においては問題解決の能力）から捉える必要がある。

表11の下線部㉞に示されているように、理科において探究の対象となるものは自然の事物・現象であり、その内容には系統性がある。図27は、粒子（化学）領域の「水溶液」に関する内容を児童生徒が学習する順に並べたものである。

小学校では、事物・現象の性質や働きを体験を通して学習し、中学校や高等学校では、その事物・現象を引き起こしている理由について

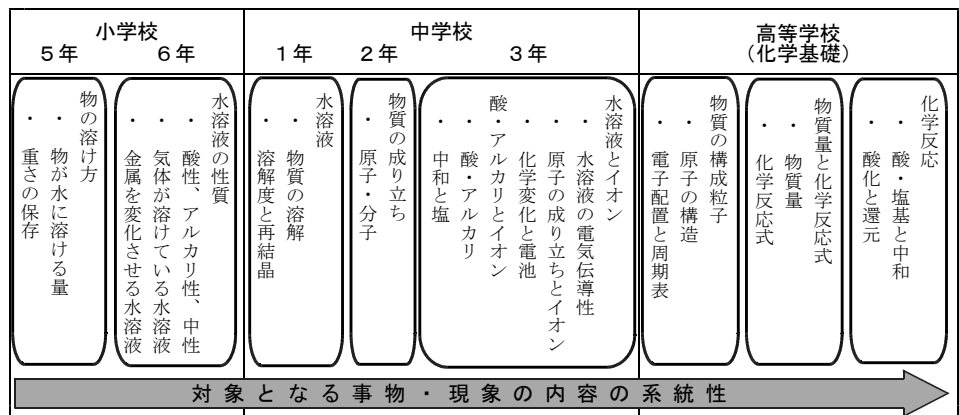


図27 対象となる事物・現象の内容の系統性（例：水溶液）

て粒子モデル等を用いて科学的に考察するなど、発達の段階に応じて学習する内容の高まりが見られる。この例以外にも各校種の学習指導要領解説に対象となる事物・現象の内容の系統性が示されており、理科の学習は、小学校、中学校及び高等学校を通じて、「エネルギー」、「粒子」、「生命」、「地球」等の科学の基本的な見方や概念を柱として構成されている。

また、表11の下線部㉞に示した科学的に探究する能力も発達の段階に応じた高まりが見られ、それは図28のように表すことができる。小学校段階では比較、関係付け、条件制御、推論といった問題解決の能力を各学年で重点的に高めていく。そして、中学校や高等学校では、事物・現象の分析や解釈を通して小学校で身に付けたこれらの能力を高めながら、科学的に探究する能力を養っていくことになる。

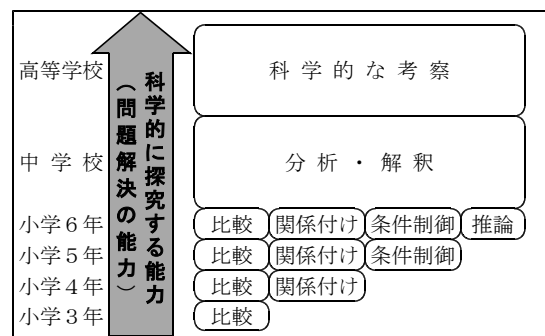


図28 科学的に探究する能力の高まり

そこで、問題解決の過程における「思考・判断・表現」の状況を把握する際には、図27のような対象となる事物・現象の内容の系統性と図28のような科学的に探究する能力の高まりがあることに着目して捉えなければならない。このような学習内容の関連を踏まえて「判断基準」を設定し（図29）、指導と評価の一体化を図ることにより、児童生徒の科学的な思考力・表現力を単元や年間を通して継続的に育成することができる。

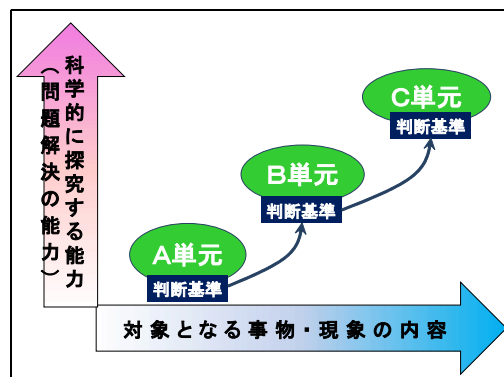


図29 理科における学習内容の関連

(2) 理科における学習内容の関連を踏まえた指導

ア 知識・技能の活用を図る学習活動

理科における知識・技能の活用を図る学習活動は、「科学的な言葉や概念を使用して考えたり説明したりする学習活動」と言える。そのような学習活動を充実させるためには、図30に示す問題解決の過程において、観察、実験だけにとらわれず、①「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」や②「観察、実験の結果を整理し考察する

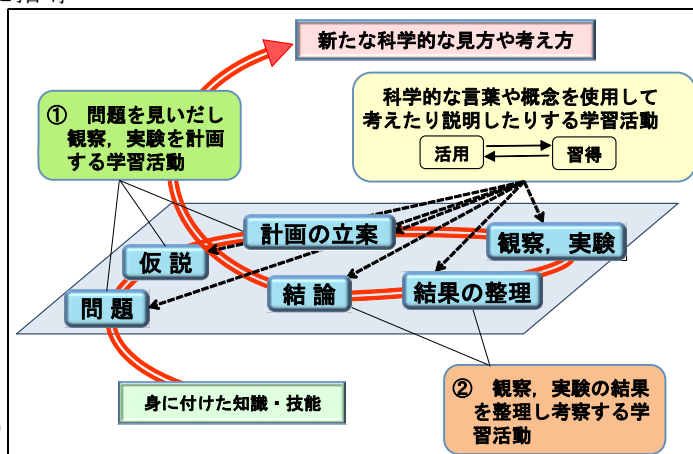


図30 問題解決の過程で重視すべき学習活動

学習活動」を重視し、学習内容の関連を踏まえた指導を行う必要がある。

①「問題を見だし観察、実験を計画する学習活動」では、児童生徒が、もっている知識や技能を基に、事象と既習事項等を比較したり分類したりすることによって「問題」を明確にし、事象と既習事項等を関連付けて「仮説」を立てる。次に、既習事項等の中から適用できることを基にして「観察、実験の計画」を立て、条件を制御しながら「観察、実験」を行う。

②「観察、実験の結果を整理し考察する学習活動」では、得られた結果をグラフや図表等に「整理」し、それを基にこれまでに身に付けた科学的な見方や考え方により分析・解釈する。そして身に付けている科学的な見方や考え方をを用いながら相互に話し合ったり、推論したりして新たな科学的な見方や考え方に繋がる「結論」を導き出す。

児童生徒の科学的な思考力・表現力は、このような一連の問題解決の過程を繰り返すことで高まっていく。したがって、授業中の言語活動を最も充実させる場面において、本単元の学習内容だけに着目するのではなく、関連のある既習単元の学習内容を把握し、身に付けた知識・技能をどのように活用しているかを見取りながら指導することが不可欠である。

イ 見通し・振り返り学習活動

理科における見通しの学習活動は、図30の①の過程で行われる。ここでは、問題解決のための見通しをもたせながら、それまでの学習を通して「自分はどのような考え方ができるか」を確認させることが大事である。そのためには、学習内容の関連を踏まえ、児童生徒が身に付けた知識や技能を活用することで見通すことができる学習課題の設定が必要である。

また、図30の②の過程の後で行われる振り返りの学習活動では、「〇〇ができるようになった。」というような学習の成果を児童生徒に感じさせることで、科学的な思考力・表現力を効果的に育むことが期待される。

(3) 理科における学習内容の関連を踏まえた「判断基準」の設定と評価

ア 「判断基準」の設定

「判断基準」の設定に当たっては、学習内容の関連について対象となる事物・現象の内容の系統性と科学的に探究する能力の高まりから捉えていく。そうすることで「児童生徒は何ができて、どのように表現することができるか」、「何を児童生徒に指導するべきか」が明確になり、指導と評価を焦点化することができる。

例えば、小学校第4学年で学習する「水のすがたとゆくえ」の実践事例では、既習単元として「物の体積と温度」を取り上げ、「判断基準」を表12のように設定した。

二つの単元には、「粒子」概念の素地となる物質観に関する系統性があること、問題解決の能力の面では、第4学年において関係付けの能力を重点的に育成することが求められていることを踏まえる必要がある。まず既習単元において、温度変化に伴う金属や水、空気の体積変化を捉えさせる際には、「温度が上がると体積が大きくなる」というように一つの要因と一つの現象を関係付けて考察させる。そして、本単元では、温度変化に伴う水の状態変化を捉えさせるが、その際には、水を温め続けると100℃付近で沸騰し、その後は温度が上がらないことや、沸騰したときに出る泡を袋に集めると水になること、沸騰すると水の量が減ることなど複数の現象を要因と関係付けて考察させることが大切である。このように本単元では、既習単元の学習時よりも児童の関係付けの能力を高めることを考慮し、指導する必要がある。

表12 「判断基準」の設定例（小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」）

既習単元「物の体積と温度」	本単元「水のすがたとゆくえ」
評価基準	
金属、水及び空気の体積変化の様子と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。	水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度変化を関係付けて考察し、自分の考えを表現している。
判断の要素	
ア 金属の温度変化 イ 体積変化の様子 ウ 関係付けた考察	ア 水の温度変化 イ 状態変化の様子 ウ 関係付けた考察
判断基準 B	
ア 金属球を熱したり冷やしたりすると、輪の通り抜け方が変わることを説明できる。 イ 金属球の輪の通り抜け方が変わることから金属の体積が変化していることを説明できる。 ウ 金属の体積は、空気や水と同様に温めると膨張し、冷やすと収縮することを実験結果を基に説明できる。	ア 水を100℃近くまで熱すると、沸騰して泡が盛んに出ることを説明できる。 イ 泡を集めるとポリエチレンの袋に水がたまり、ビーカーの水量が減っていることを説明できる。 ウ 水を100℃近くまで熱したときの泡は、熱せられた水が変化したものであることを実験結果を基に説明できる。
【予想される児童の表現例】 金属球を温めると輪を通らなくなり、冷やすと輪を通り抜けるようになった。このことから、金属の体積も空気や水と同じように温めると大きくなり、冷やすと小さくなるということが分かります。	【予想される児童の表現例】 水が沸騰するときの泡を集めると、袋に水がたまり、ビーカーの水が減ったことから、泡の正体は水だということと、水は、100℃近くになると気体に変化すること分かります。
判断基準 A	
(判断基準Bに加えて) 空気や水、金属の体積変化の共通点と差異点を明確にして説明することができる。	(判断基準Bに加えて) 水を熱したときの水蒸気や湯気への変化の様子を図に正確にまとめるとともに、水の様々な状態変化を温度変化と関係付けて説明することができる。

イ 「判断基準」に基づく評価

表12で示した「判断基準」により、児童の表現を評価した実践例を表13に示す。

表13 「判断基準」に基づく見取りと評価の実践例（小学校第4学年「水のすがたとゆくえ」）

B 状況の児童の表現例	C 状況の児童の表現例
	
袋の様子に関する記録、ビーカーの水の量の変化が記述されている。また、「(水が) ふつとすると」と温度変化を関係付けて表現している。	袋の中に水がたまった様子、結果のみの記述となっており、要因との関係付けができていない。

B状況の児童の表現例では、複数の事実を関係付けることで結論を導き出しており、児童の関係付けの能力が高まっていることを見取することができる。

(4) 理科における「判断基準」に基づく評価結果を踏まえた指導

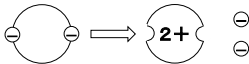
ア 補充指導

表14の実践事例では、予想される生徒の表現例に対し、既習内容である粒子モデルを想起させ、反応に伴う電子の移動を考えられるように補充指導を設定した。このように学習内容の関連を踏まえ、児童生徒の身に付けている科学的な見方や考え方に基づく補充指導により、C状況にある児童生徒に適切な手立てを講じ、B状況に到達させやすくなる。

イ 深化指導

この実践事例では、化学反応の量的な関係や他の金属のイオン化傾向を考えさせる深化指導を設定した。反応を定量的に考えたり、類似する物質に対象を広げて考察したりすることは、この後の学習において重要である。このように身に付けなければならない科学的な見方や考え方を踏まえた深化指導を行うことで、児童生徒はこの後の学習に取り組みやすくなる。

表14 「思考・判断・表現」の補充・深化指導の実践例（高等学校第1学年 科学と人間生活）

評価規準	評価と生徒の表現	補充・深化指導
金属の単体と金属イオンの反応では電子の移動が起こっていることを理解し表現できる。また、実験結果より金属のイオン化傾向の大小を判断できる。	【C状況】(予想される表現例) $\text{Cu} + \text{e}^- \rightarrow \text{Cu}^{2+}, \text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag} + \text{e}^-$ イオンと電子の関係が結び付いていないため、正しくイオン化傾向の大小が判断できない。	【補充指導】 以下のような粒子モデルで反応を表して考えさせる。 
判断基準 B		
ア 実験結果を化学式を用いて正しく表し、反応に伴う電子の移動を表現できる。 イ 銅は、銀に比べてイオンになりやすいということを実験結果に基づいて表現している。	【B状況】(予想される表現例) ア $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{e}^-$ $\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$ イオン化傾向 $\text{Cu} > \text{Ag}$ 硝酸銀水溶液に銅を入れたとき、銅から生じた電子は銀イオンが受け取る。 イ 硫酸銅水溶液に銀を入れても反応しないから銅は銀よりもイオン化傾向が大きい。	【深化指導】 反応で移動する電子の数や金属イオンの価数に着目させ、イオン反応式を考えさせる。また、他の金属のイオン化傾向の大小を考えるためにはどうしたらよいかを考えさせる。
判断基準 A		
移動した電子の数についても考慮し化学反応式で表現できる。また、他の金属のイオン化傾向を調べる実験を計画することができる。	【A状況】(判断基準Bに加えて) $\left. \begin{array}{l} \text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \\ 2\text{Ag}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{Ag} \end{array} \right\} \text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$ 銅から生じた2個の電子は、2個の銀イオンが受け取る。 または、 鉛イオンの水溶液と亜鉛の反応、亜鉛イオンの水溶液と鉛の反応を比べると、亜鉛と鉛のイオン化傾向はどちらが大きいかわ判断することができる。	

(5) 各学校の実践例

ア 小学校第6学年 単元名「植物の体の働き」

(ア) 学習内容の関連を踏まえた言語活動の充実

○ 学習内容の関連

既習単元「動物の体の働き」と本単元「植物の体の働き」の関連

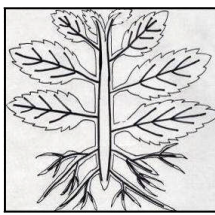
○ 本時における、知識・技能の活用を図る学習活動

対象となる事物・現象の内容の系統性では、両単元とも「生物の構造と機能」に関する学習であり、既習単元で養った「血液は体内を循環し、酸素や二酸化炭素を運んでいる」という見方や考え方を活用しながら、植物の体内の水などの行方について追究させる。また、問題解決の能力の段階性では、既習単元では肺や心臓の機能を基に血液循環の仕組みを、本単元では根、茎、葉の切断面の観察結果を基に植物の体内の水の通り道を推論する活動を行う。その際、科学的に推論するためには、根拠を明確にすることや、モデル図を用いて考えたり、説明したりすることが大切であることを想起させ、活用させる。

○ 本時における、見通し・振り返り学習活動

見通しの学習活動では、植物に水やりをする理由を話し合う際に、既習単元での人の血液循環を想起させ、植物にも水を体のすみずみまで行き渡らせる通り道があるだろうという予想をもたせ、ハウセンカの吸水実験の結果を基に、水の通り道を推論する必要性をもたせる。また、振り返りの学習活動では、観察、実験の結果を根拠にして推論できたか振り返らせ、目に見えない現象についてモデル図に表現して思考する能力の高まりを実感させる。

(イ) 学習内容の関連を踏まえた「判断基準」の設定

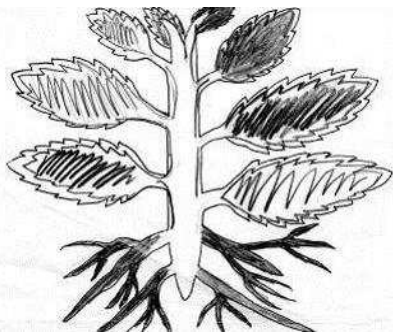
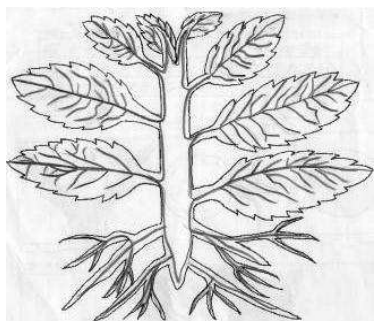
既習単元「動物の体の働き」	本単元「植物の体の働き」
評価規準	
人の体のつくりと血液の循環について、自ら調べた結果と予想や仮説を照らし合わせて推論し、自分の考えを表現している。	植物の体内の水などの行方について、自ら行った実験の結果と予想や仮説を照らし合わせて推論し、自分の考えを表現している。
判断の要素	
ア 結果と予想や仮説を照合した推論	ア 結果と予想や仮説を照合した推論
イ 自分の考えの表現	イ 自分の考えの表現
判断基準B	
ア 動物の血液循環について、血液や心臓の働きを調べ、自らの予想や仮説と照らし合わせながら推論することができる。	ア 植物の水の通り道について、根、茎、葉の切断面を観察し、自らの予想や仮説と照らし合わせながら推論することができる。
イ 推論したことを動作に表したり、関係図にまとめたりして説明することができる。	イ 推論したことを描画し、説明することができる。
【予想される児童の表現例】 肺で取り入れられた酸素は、血液によって心臓から全身へ運ばれ、体の各部分で二酸化炭素と入れ替わる。二酸化炭素の多い血液は心臓に戻った後、肺に運ばれ、そこで二酸化炭素と酸素が入れ替わる。 肺 → 心臓 → 全身 酸素の多い血液 二酸化炭素の多い血液	【予想される児童の表現例】 根、茎、葉の色で染まった部分は水が通っていることが分かる。このことから、植物の根、茎、葉には、根から取り入れられた水の通る決まった通り道があり、ここを通って水は根から体全体に運ばれることが分かる。 
判断基準A	
(判断基準Bに加えて) 心臓から全身や肺へ向かう血管と全身や肺から心臓に戻る血管があることを血液の流れと関連付けて説明することができる。	(判断基準Bに加えて) より多くの場所を観察し、葉脈が葉全体に網目状に広がっていることなど、植物全体の水の通り道を詳細に説明できる。

(ウ) 「判断基準」に基づく「思考・判断・表現」の指導と評価

本時では、根、茎、葉の水の通り道について各自が予想した図を比較し、互いの考えの相違点に着目させることで問題意識を高めるとともに、観察の視点を明確にさせた。そして、染色液を用いて導管を染めたホウセンカの根、茎、葉の切断面の様子を虫眼鏡や解剖顕微鏡を用いて観察させ、それを根拠にして、植物全体の水の通り道を描画しながら推論させた。

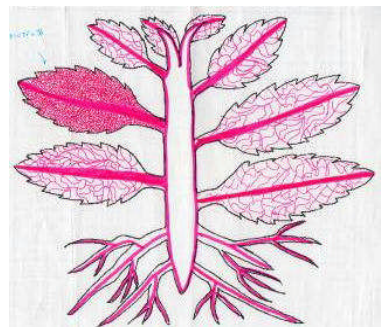
○ 本時におけるC状況にある児童の表現の変容例

C状況にある児童への補充指導として、着色していない水を吸わせたホウセンカの根、茎、葉の断面の様子と比較させて、色が染まった部分は水が通った場所であることを捉えさせ、観察結果を基に植物全体の水の通り道を描画させた。

補充指導前の児童の表現	補充指導後の児童の表現
	
【見取りと評価】 茎の水の通り道は観察結果を基に推論しているが、葉と根については、表面全体に水が行き渡っている様子を描画しており、口頭でも観察結果を根拠とした説明ができないことからC状況と判断した。	【見取りと評価】 葉の表面や葉及び根の切断面を再度観察し、それぞれ決まった水の通り道があることを確認し、描画することができており、口頭で観察結果を根拠とした説明ができたことからB状況と判断した。

○ 本時におけるB状況にある児童の表現の変容例

B状況にある児童への深化指導として、水の流れを意識させながら根、茎、葉の様々な部分を切って観察させ、体内のすみずみまで水が行き渡っていることに気付かせたり、体内を水が循環し続けられれば水掛けをする理由がないのではないかと問い、話し合わせたりした。

深化指導後の児童の表現	【見取りと評価】
	葉には、細かい水の通り道が無数にあり、すみずみまで水が行き渡っていることを葉の表面の丁寧な観察や複数の断面の観察から推論し、表現することができた。また、口頭では複数の観察結果を根拠に説明し、水が葉から出て行くのではないかと推論できたことからA状況と判断した。

(エ) 成果と課題

○ 学習内容の関連を考慮することにより、それぞれの単元の内容に応じて、観察・実験の結果に基づいた多面的な思考を促す表現のさせ方や手立てを考えることができた。

△ 推論の能力を高めるには、予想や仮説の設定、検証計画の立案、観察・実験による情報収集等が更に主体的に行われるように働き掛ける必要がある。「どうして、そのように考えたのか」、「その考えはどのようにして確かめられるのか」などと問うことで考えの根拠を明確にさせ、グループ等で主体的に話し合うような態度を育てていく必要がある。

イ 中学校第2学年 単元名「磁界の中で電流が受ける力」

(ア) 学習内容の関連を踏まえた言語活動の充実

○ 学習内容の関連

既習単元「回路に流れる電流」と本単元「磁界の中で電流が受ける力」の関連

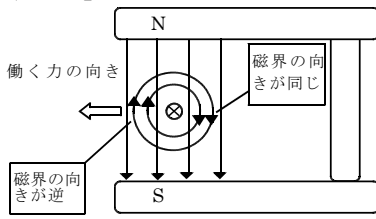
○ 本時における、知識・技能の活用を図る学習活動

対象となる事物・現象の内容の系統性では、両単元ともエネルギーを基にした考察が必要であり、観察、実験を通して、電気と磁気の関連性や電磁気のエネルギー観の基礎を養うこととなる。また、科学的に探究する能力では、両単元とも電流や磁界の様子を観察、実験の結果から推論させ、水流モデルや磁力線を用いて自分の考えを表現する必要があり、言語活動を通して、観察、実験の結果を分析、解釈し、モデルを用いて表現する能力を高めることになる。

○ 本時における、見通し・振り返り学習活動

見通しの学習活動では、磁石による磁界と電流による磁界によって起きる現象であることを確認することで、磁界は目に見えないがモデルを使えば磁界の様子を思考できるという意識をもたせた。振り返りの学習活動では、力が働く方向について推論できたか振り返らせ、目に見えない現象についてモデルを用いて思考する能力の高まりを実感させる。

(イ) 学習内容の関連を踏まえた「判断基準」の設定

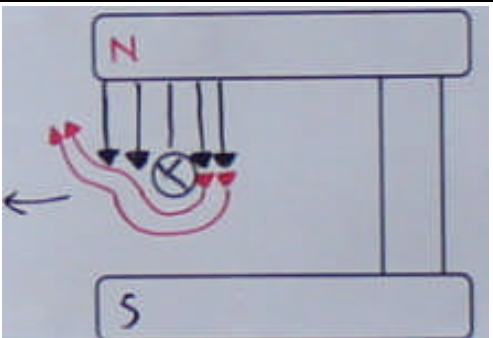
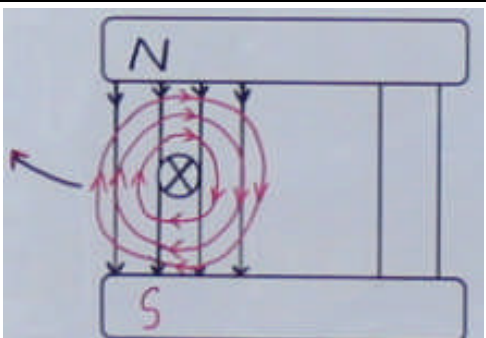
既習単元「回路に流れる電流」	本単元「磁界の中で電流が受ける力」
評価規準	
直列・並列回路に流れる電流の総量を、水流モデルと関連付けて自分の考えを表現している。	磁界中を流れる電流が受ける力の向きについて、その規則性を磁界のモデルと関連付けて自分の考えを表現している。
判断の要素	
ア 回路を流れる電流の総量は変わらないことを、水流モデルと関連付けた考察 イ 水流モデルを用いた表現	ア 導線が動く向きを、磁石・電流相互の磁力線の作用と関連付けた考察 イ 磁界のモデルを用いた表現
判断基準B	
ア 電流の量は、回路が一本でも分かれていても総量は変わらないことを説明できる。 イ 直列・並列回路の電流の流れを水流モデルを用いて説明できる。	ア 電流の向きや磁界の向きを変えると電流が受ける力の向きが変わることを説明できる。 イ 力を受ける向きについて自分の考えを磁界のモデルを用いて説明できる。
【予想される生徒の表現例】 直列回路では、一本道なので各点を流れる電流はどこでも同じである。 並列回路では、道が分かれているので、電流はそれぞれに分かれていくが、総量は変わらない。	【予想される生徒の表現例】 磁石による磁界と電流による磁界の向きが同じ方から逆の方へ力が働く。 
判断基準A	
(判断基準Bに加えて) 流れている電流の量を矢印(→)の長さによって説明できる。	(判断基準Bに加えて) 磁界が強め合う向きから弱め合う向きに、力が働くことを説明できる。

(ウ) 「判断基準」に基づく「思考・判断・表現」の指導と評価

本時では、磁界中を流れる電流が受ける力の実験結果を基に、見通しの学習活動では、目に見えない磁界の様子をモデルを用いて思考すればよいことに気付かせた。そして、磁石による磁界と、電流による磁界をそれぞれ磁力線のモデルでワークシートにかかせて磁界中を流れる電流が受ける力の向きを推論させた。

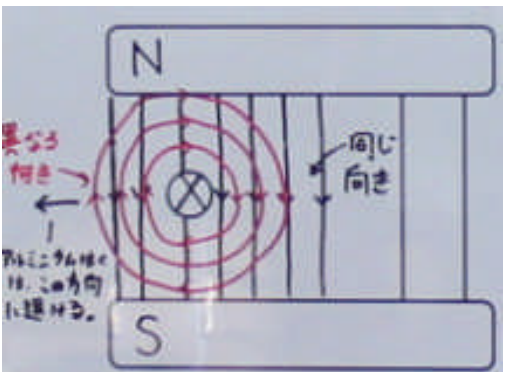
○ 本時におけるC状況にある生徒の表現の変容例

C状況にある生徒への補充指導として、磁石や電流によってできる磁界の様子を砂鉄の模様から再考させ、磁力線のモデルを用いて表現させた。また、磁力線のかき方を確認した。

補充指導前の生徒の表現	補充指導後の生徒の表現
	
【見取りと評価】 磁石による磁力線と電流による磁力線を部分的にしか表現できておらず、口頭でも説明できないことからC状況と判断した。	【見取りと評価】 磁界の様子を磁力線を用いて表現できおり、口頭で磁界の向きと力が働く向きについて指摘できたことからB状況と判断した。

○ 本時におけるB状況にある生徒の表現の変容例

B状況にある生徒への深化指導として、磁石による磁界と電流による磁界の向きが同じであるか逆であるかによって、磁力線がどのように変化するか意識させた。

深化指導後の生徒の表現	【見取りと評価】
	磁界の様子を磁力線を用いて表現できており、磁石による磁力線と電流による磁力線の向きと力が働く向きについて指摘できたことからB状況と判断した。 さらに、深化指導により、磁界の向きが同じところでは磁力線が重なって磁界が強くなり、逆向きでは弱くなることを指摘し、磁界が強い方から弱い方に力が働くのではないかと口頭で推論できたことからA状況と判断した。

(エ) 成果と課題

- 「判断基準」を作成して指導した既習単元を基にするとともに、本時の「判断基準」を設定することで、本時の授業展開や指導上の留意点が設定しやすくなり、指導のポイントを整理した授業を行うことができた。
- 既習単元で「水流モデル」を用いて行った学習と関連付けて指導を行うことで、生徒は、力が働く向きを「磁界のモデル」と関連付けて考察したり、モデルを用いて表現したりすることがスムーズにできた。
- △ 理科担当教諭が複数の場合、単元が学年をまたいで関連しているときなど、知識・技能をうまく活用させることができるとは限らない。教師間で「判断基準」と学習内容の関連を共通理解、共通確認しておく必要がある。

ウ 高等学校「物理」第3学年 単元名「気体の状態変化」

(7) 学習内容の関連を踏まえた言語活動の充実

○ 学習内容の関連

既習の学習「電位」と本時の学習「気体の状態変化」の関連

○ 本時における、知識・技能の活用を図る学習活動

本単元「原子、分子の運動」の本時「気体の状態変化」の目標は、仕事の定義や熱力学第一法則の知識を活用して、気体に関する仕事や熱量、内部エネルギーを式で表現できることである。しかし、それらに関わる現象を式からイメージするのは困難である。そこで、本時では、式で表現させるだけでなく、モデル化の能力を活用してグラフや図でも表現させ、それを基に現象をイメージさせるような深化指導を行うこととする。例えば、気体が行う（される）仕事では、 $P-V$ グラフ（圧力と体積の関係を表すグラフ）を用い、熱量の吸収（放出）や内部エネルギーの増加（減少）では、グラフやモデル図を用いたイメージ化などが有効であると考ええる。

○ 本時における、見通し・振り返り学習活動

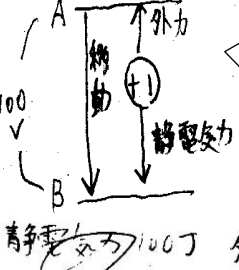
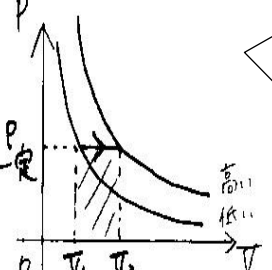
本時の学習で、式だけでなくグラフやモデル図で表すと現象を捉えやすいという見通しをもたせるために、既習単元「電気と磁気」の「電位」の学習において、全ての生徒が電場中での仕事を式で表せるB状況に到達したことを確認後、モデル図を用いて仕事の正負を判断させる深化指導を全体に行った。それにより、本時の見通しの学習活動では、現象を捉えるためにはグラフ化や作図が有効であるという意識をもたせることができる。さらに、振り返りの学習活動では、モデル図で表現して現象をイメージし、それを基に思考・判断する能力の高まりを、「電位」の学習時と比較して実感させることができると考える。

(4) 学習内容の関連を踏まえた「判断基準」の設定

既習の学習「電位」	本時の学習「気体の状態変化」
評価規準	
電場中で電荷を移動させるとき、静電気力や外力がした仕事を考え、表現することができる。	等圧変化における、体積の増加（減少）と気体が行う（される）仕事の関係を考え、表現することができる。
判断の要素	
ア 電場中における仕事 イ 電位差とエネルギー ウ 静電気力や外力を表現したモデル図の活用	ア 気体が行う（される）仕事 イ 仕事の次元 ウ $P-V$ グラフの活用
判断基準B	
電場中で電荷を移動させるときの静電気力や外力がする仕事を、 $W = qV$ （ W ：仕事、 q ：電気量、 V ：電位差）を用いて式で表現している。	気体が行う（される）仕事を、 $W = P\Delta V$ （ W ：仕事、 P ：圧力、 ΔV ：体積変化）を用いて式で表現している。
【予想される生徒の表現例】 $W_{A \rightarrow B} = qV_{AB} = q(V_A - V_B)$	【予想される生徒の表現例】 $W = P\Delta V = P(V_2 - V_1)$
判断基準A	
（判断基準Bに加えて） 電場中で電荷に働く静電気力と外力をモデル図で表現し、仕事の定義から仕事の正負を判断している。	（判断基準Bに加えて） $P-V$ グラフの下面積は、気体が行う（される）仕事を表すことを理解し、また、二つの等温曲線を使って、体積の増加（減少）と温度の上昇（下降）の関係を考えている。

(ウ) 「判断基準」に基づく「思考・判断・表現」の指導と評価

本時では、等圧変化における気体が行う（される）仕事をノートに表現させ、表現できない生徒には個別に補充指導を行い、全員がB状況に到達してから全体に深化指導を行った。

既習の学習「電位」	本時の学習「気体の状態変化」
C状況にある生徒への補充指導	
正電荷は、電位の高い方から低い方に静電気力を受け、外力は静電気力と反対向きであることを確認させ、具体的な数値を与えた問題に解答させた。	仕事の定義を確認させ、等圧変化の場合、気体が行う（される）仕事を、圧力と体積変化を用いてどのように表すことができるかを考えさせた。
B状況にある生徒の表現例	
問題 A点はB点より100V高電位である。A点からB点へ+1Cの電荷を移動させるとき、静電気力が行う仕事と、外力が行う仕事を求めよ。 $W = 1 \times 100$ $= 100$ $W = -1 \times 100$ $= -100$ 静電気力が行う仕事と外力が行う仕事について、正負を考慮し、$W = qV$を用いて求めている。	圧力Pが一定 ① V_1 ② V_2 気体が行った仕事 ΔW $\Delta W = P \cdot \Delta V$ $= P \cdot (V_2 - V_1)$ 等圧変化における気体が行う仕事を、$W = P \Delta V$を用いて表現している。
B状況にある生徒への深化指導	
電場中の正電荷を、重力場中の質量の表現と同様な形でモデル図をかかせた。そして、静電気力や外力の向きと電荷が動いた向きから仕事の正負を考えさせ、式で求めた仕事と比較させた。	$P-V$グラフの下の面積は、仕事の次元をもつことを考えさせ、面積で求めた仕事と式で求めた仕事を比較させた。さらに、二つの等温曲線を使って、体積変化と温度変化の関係を考えさせた。
A状況にある生徒の表現例	
 電場の向きを基に、正電荷に働く静電気力と外力の向きをモデル図で表すことで、仕事の正負を正しく判断している。	 温度の異なる二つの等温曲線をグラフで表し、グラフの面積から気体が行う仕事を表現している。 $P \cdot (V_2 - V_1)$

(エ) 成果と課題

○ グラフやモデル図で表現したりそれらを用いて思考・判断したりすることについて「判断基準」を設定したことで、生徒がどのように現象を捉え、思考しているのかをより明確に把握し、評価することができた。さらに、生徒の表現例を予想していたことで、授業中に素早く補充指導、深化指導を行うことができた。

○ 「電位」の学習と「気体の状態変化」の学習を関連付けて指導したことで、グラフやモデル図で表現する能力を高めることができた。また、表現したグラフやモデル図を用いて考えさせることにより、仕事の正負を正しく判断させることができた。さらに、グラフ化によって温度の上昇（下降）が明確になることから、熱の吸収（放出）や内部エネルギーの増加（減少）についてもイメージさせることができた。

△ 第2学年の「運動とエネルギー」の学習において、仕事やエネルギーの概念を十分理解させていなかったため、本単元の初期段階ではC状況である生徒が多かった。そこで、「判断基準」を設定する際には、事後に学習する学習内容との関連を幅広く考え、それぞれの単元での学習における活用を考慮して、補充指導、深化指導を工夫する必要がある。