

小・中学校理科研究部

I 研究主題

系統性を活かした思考力・表現力の育成とその評価

II 研究主題設定の理由

新学習指導要領が、小学校・中学校ともに全面実施となり、これからは新学習指導要領の趣旨を活かした充実した授業展開が求められる。理科の改善の基本方針においては、『「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」などの科学の基本的な見方や概念を柱として、小学校・中学校・高等学校を通じた理科の内容の構造化を図る。』とされ、また科学的な思考力・表現力の育成を図る観点からは、『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、探究的な学習活動を充実する。』とある。しかし、実際の教育現場では、小学校の教師は児童が中学校で何を学ぶかを意識して指導しておらず、中学校の教師は生徒が小学校でどこまで学んできたかを把握しきれていない現状がある。また子どもたちが、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にも大きな課題がある。

昨年度の理科研究部では、小学校では「児童の思考を發揮させる指導法の研究」、中学校では「科学的思考力・表現力を高める授業の研究」を課題に研究を行った。科学的思考を高めるための判定基準の作成とその有効な活用について成果を上げ、児童・生徒の変容も見ることができた。しかし、両研究部とも思考力・表現力を伸ばすために最も支援が必要となる判定基準のC評価の児童・生徒に対する支援が課題として挙げられた。

そこで今年度、小中合同となった本研究部では、小中における4つの領域構成「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の中で、9年間を見通した系統性を活用し、C評価の児童・生徒をはじめ、全ての児童・生徒の思考力・表現力を伸ばすための判定基準を用いた授業設計を行うこととした。

III 研究内容及び方法

1 研究内容

本研究部では、以下の2つの柱に基づき研究を進める。

- (1) 理科の4つの領域構成「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」をふまえた指導と評価をすることで、科学的思考力・表現力を高めることができる。
- (2) 科学的な問題解決能力を育てる授業設計をすることで、9年間を見通した科学的思考力・表現力を高めることができる。

2 研究方法

- (1) 小中学校の領域構成を確認し、それぞれの単元の観点について比較を行い、「エネルギー」「粒子」「生命」「地球」の各領域において研究する単元を決める。
- (2) 評価の観点(科学的思考・表現)の趣旨を小学校・中学校で比較し分析する。
- (3) 発達段階に応じた問題解決能力の確認を行う。
- (4) 問題解決能力を踏まえ、小中の系統性を活かした判定基準を作成する。
- (5) 系統性を活かした判定基準を用いて授業設計を行う。
- (6) 授業設計を基に実践する。授業では判定基準に基づき形成的評価を行う。
- (7) 科学的思考力・表現力が高めることができたか検証する。(児童・生徒、教師)

3 研究の実際

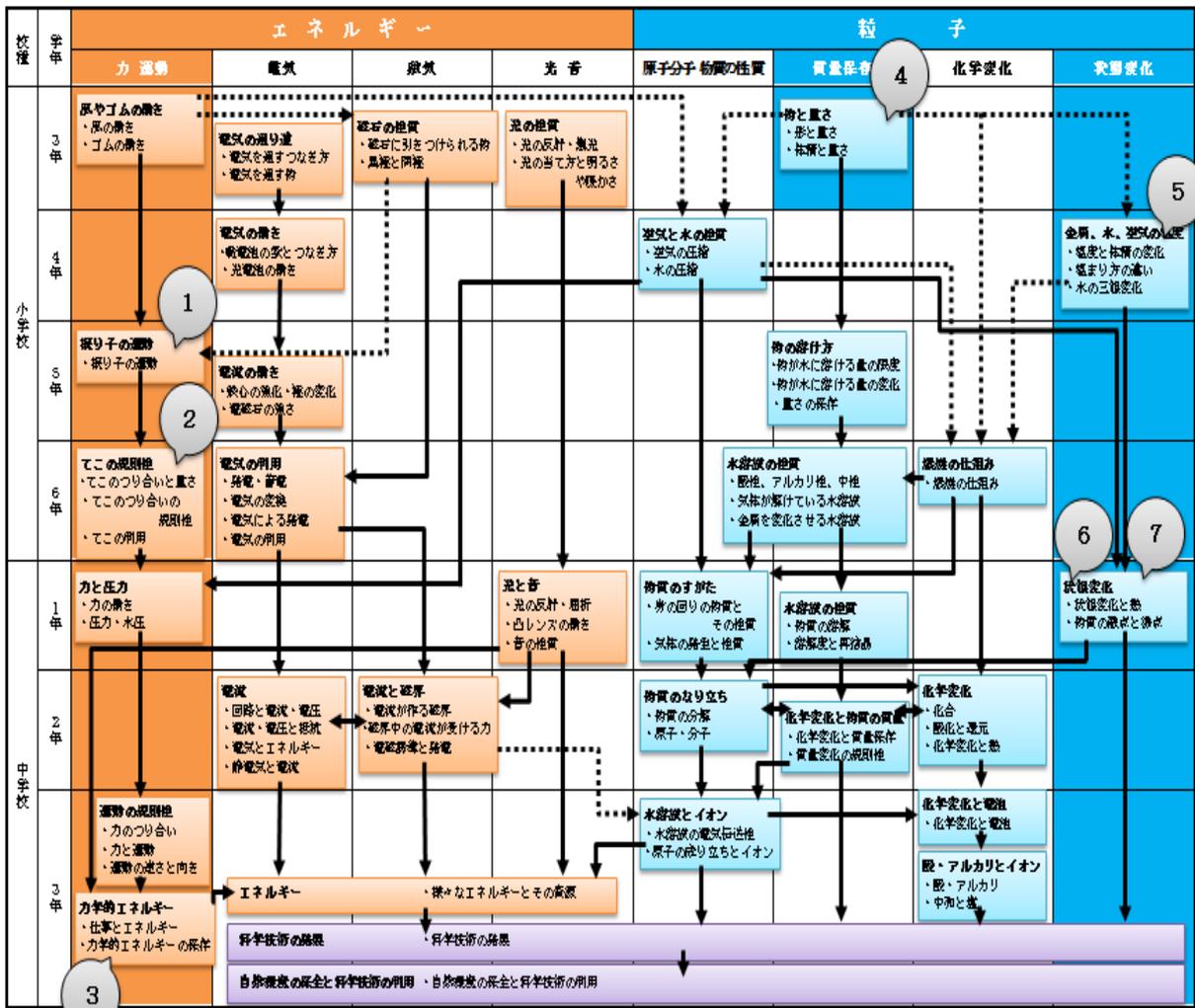
(1) 小学校・中学校の領域構成を確認する。

「エネルギー」と「粒子」の領域から研究する単元を決める。



小学校・中学校理科の系統表（小学校「Aエネルギー・粒子」、中学校「1分野」を柱とした内容構成）

→ 系統 関連



(2) 評価の観点の趣旨を小学校・中学校で比較し分析する。

観点の趣旨【科学的思考・表現】

引用：観点別学習状況の評価規準と判定基準【理科】

	問題・課題の引き出し方	思考の対象と様相	判断の視点や用いられる情報と様相	表現等
小学校	自然事物・現象から問題を見だし、	見通しをもって現象を比較したり、関係づけたり、条件に着目したり、推論したりして調べる	ことよって得られた結果を	考察して、問題を解決している。
中学校		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。

(3) 発達段階に応じた問題解決能力の確認をする。

小3	比較				
小4	比較	関係付け			
小5	比較	関係付け	条件制御		
小6	比較	関係付け	条件制御	推論	
中学	比較	関係付け	条件制御	推論	分析・解釈

発達段階とキーワード

小3 比較 「○と△を比べて～」
 小4 関係づけ 「○と△は～関係がある。」
 小5 条件制御 「○の条件だけ変え、△の条件は変えないので、～とわかる。」

(4) 問題解決能力を踏まえ系統性を活かした判定基準をつくる。

★エネルギー★

単元の評価基準【科学的思考・表現】

引用：観点別学習状況の評価規準と判定基準【理科】

	問題・課題の引き出し方		思考の対象と様相		判断の視点や用いられる情報と様相		表現等
小5	振り子の運動の変化とその要因について	予想や仮説をもち、	条件に着目して実験を計画し、	調べる	振り子の運動の変化とその要因を関係付けて	考察して、	自分の考えを表現している
中3	仕事とエネルギー、力学的エネルギーの保存に関する事物・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	仕事と仕事率、エネルギーと仕事、運動エネルギーと位置エネルギーの相互の移り変わり、力学的エネルギーの保存などについて	自らの考えを導いたりまとめたりして、	表現している

判定基準【科学的思考・表現】(B評価)

	小3比較	小4関係付け	小5条件制御	小6推論	中学分析・解釈
運動・力	条件制御は主に実験観察の技能で評価のため。		小5 『ふりこのきまり』 おもりの重さや振り子のふり幅を変えても時間は変わらないが、振り子の長さを変えたら時間も変わると表現している。		中3 『運動とエネルギー』 斜面を下る運動や振り子の運動などから、位置エネルギーと運動エネルギーは相互に移り変わるが、それらの和である力学的エネルギーは変わらないことを表現している。

●粒子●

単元の評価基準【科学的思考・表現】

引用：観点別学習状況の評価規準と判定基準【理科】

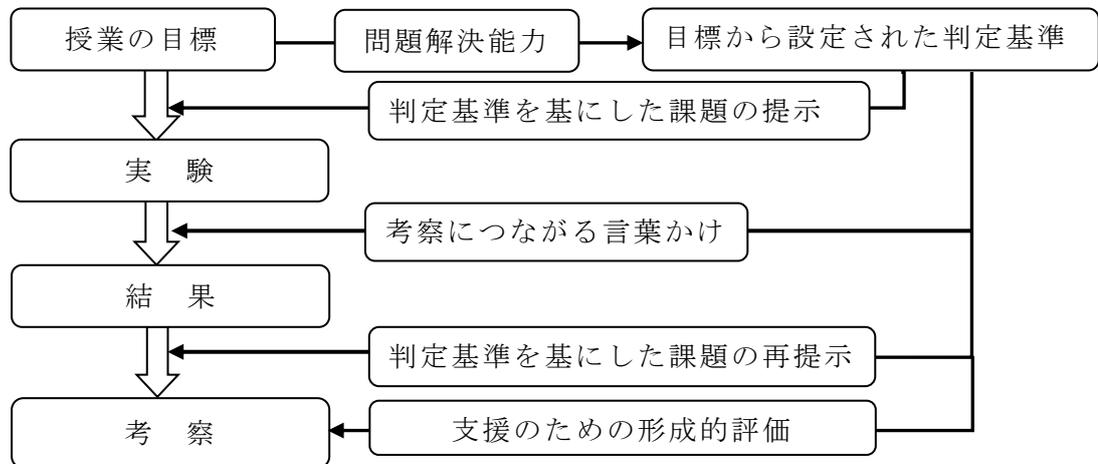
	問題・課題の引き出し方		思考の対象と様相		判断の視点や用いられる情報と様相		表現等
小3	物の形を変えたときの重さや、物の体積を同じにしたときの重さを比較して、		予想や仮説をもち、		物の形を変えたときの重さや、物の体積を同じにしたときの重さを比較して、	考察して、	自分の考えを表現している
小4	金属、水及び空気の体積変化の様子、温まり方と温度変化や、水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度を関係付けて、		予想や仮説をもち、		金属、水及び空気の体積変化の様子、温まり方と温度変化や、水蒸気や氷に姿を変える水の状態変化と温度を関係付けて、	考察して、	自分の考えを表現している
中1	状態変化と熱、物質の融点と沸点に関する事物・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	粒子のモデルと関連付けた状態変化による体積の変化、融点や沸点を境にした物質の分離などについて	自らの考えを導き	表現している

判定基準【科学的思考・表現】(B評価)

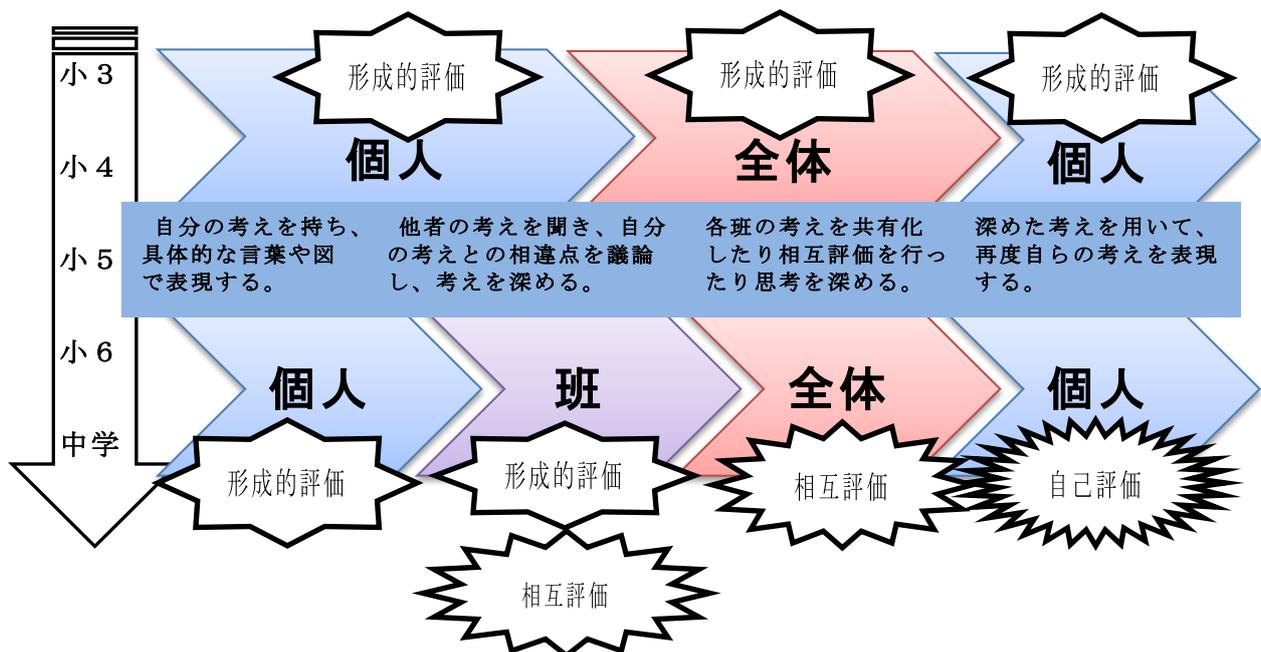
	小3比較	小4関係付け	小5条件制御	小6推論	中学分析・解釈
温度と体積変化		小4 『ものの温度と体積』 水も空気と同様に、あたためたり冷やしたりすると、その体積が変わることを表現している。			中1 『物質の姿と状態変化』 物質の状態が変わることにより、体積が変化している様子や、体積は変化するのに質量は変化しない理由を粒子モデルで表現している。
質量保存	小3 『ものと重さ』 粘土の形を変えたときと変える前の重さを比較して、重さは変わらないと表現している。				

(5) 系統性を活かした判定基準を用いた授業設計を行う。

※ルーブリック（判定基準）を利用した授業全体の構造例



(6) 授業の中で判定基準に基づき形成的評価を行う。



(7) 科学的思考力・表現力が高めることができたか検証する。

- ① 児童生徒の成果物の出来具合から検証する。
- ② 判定基準の信頼性を図ることで検証する。

IV 実践①～系統性～

1

★エネルギー★

1 単元名 ふりこのきまり (小学校第5学年)

2 本時の学習指導

(1) 本時の目標 <科学的な思考・表現>

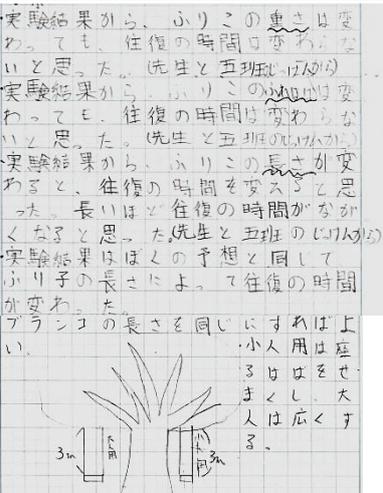
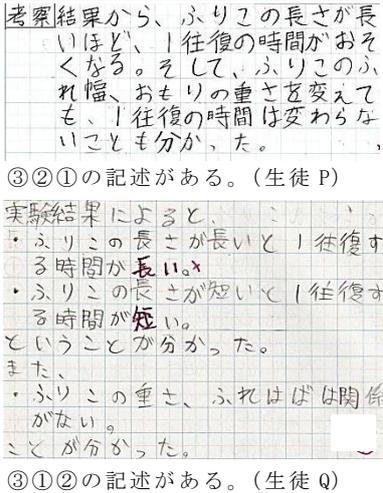
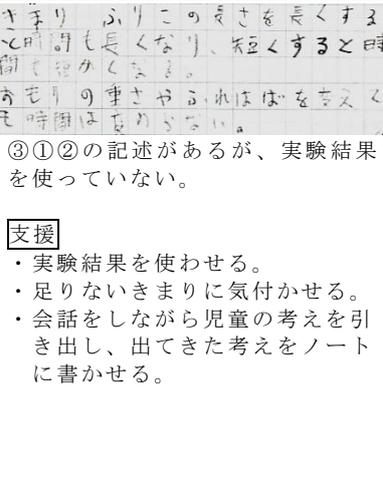
振り子の運動の変化とその要因を関係づけて考察し、自分の考えを表現している。



(2) 本時の展開

過程	学習活動	○教師の働きかけと・予想される児童の反応	評価及び指導上の留意点【評価方法】
展 開	1 本時の課題を知る。	子どもから大人まで参加するイベントで、2つのちがうブランコを作るようになった。ブランコ10往復を同じ時間になるように頼まれている。 ふりこのきまりを見つけ、2つのちがうブランコの設計をかきなさい。	
	2 実験する。	○班の計画に沿って、実験をしよう。	<科学的思考・表現> 自分の全ての実験結果を比較して、振り子が1往復する時間は、 ①おもりの重さに関係ないこと ②振れ幅に関係ないこと ③振り子の長さにより変わることの3つのきまりを言葉で書いて説明している。【ノート】 ・まとめは児童の発表を使って、教師がまとめる。 ・課題に戻る。
	3 結果を交流し、考察する。	○実験結果が出た班は結果を書いて黒板に貼り、個人考察を始めよう。	
	4 班で考察を交流し、代表が全体発表する。	○班で話し合い、全体発表の準備をしよう。 ○班代表の発表を聞こう。 ○他の人や班の考察もふまえて、ノートに図や言葉でわかりやすく書こう。	
	5 まとめとふりかえりをする。	○まとめよう。 ・ふりが1往復する時間は、ふりの長さを長くすると長くなり、短くすると短くなる。おもりの重さやふれはばを変えても、時間は変わらない。 ○ブランコを作るには、どんなことに気をつければよいですか。 ・ブランコのひもやロープの長さを同じにする。乗る人の体重も乗り始める位置も気にしなくてよい。	

(3) 本時の判定基準と例

	A	B	C
判定基準	<p>Bに加えて、</p> <ul style="list-style-type: none"> 他班の実験結果と比較している。 自分の予想に返っている。 ブランコの設計を正しくかいている。 <p>などを図や言葉で書いて説明している。</p>	<p>自分の全ての実験結果を比較して、振り子が1往復する時間は、</p> <p>①おもりの重さに関係ないこと ②振れ幅に関係ないこと ③振り子の長さにより変わること</p> <p>の3つのきまりを言葉で書いて説明している。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 実験結果を使わず、①②③のきまりを言葉で書いて説明している。 実験結果を使って、①②③の1つまたは2つのきまりを言葉で書いて説明している。 自分の考えを言葉で書いて説明しようとしている。
例			
	<ul style="list-style-type: none"> 実験結果から、ふりこの重さは変わっても、往復の時間は変わらないと思った。(先生と五班の実験から) 実験結果から、ふりこのふれはばは変わっても、往復の時間は変わらないと思った。(先生と五班の実験から) 実験結果から、ふりこの長さが変わると、往復の時間は変わると思った。長いほど往復の時間が長くなると思った。(先生と五班の実験から) 実験結果は僕の予想と同じで、ふりこの長さによって往復の時間が変わった。 	<p>結果から、ふりこの長さが長いほど、1往復の時間が遅くなる。そして、ふりこのふれ幅、おもりの重さを変えても、1往復の時間は変わらないことも分かった。</p> <p>③②①の記述がある。</p> <p>実験結果によると、</p> <ul style="list-style-type: none"> ふりこの長さが長いと1往復する時間が長い。 ふりこの長さが短いと1往復する時間が短い。 <p>ということが分かった。</p> <p>また、</p> <ul style="list-style-type: none"> ふりこの重さ、ふれはばは関係がない。 <p>ことが分かった。</p> <p>③①②の記述がある。(生徒Q)</p>	<p>ふりこの長さを長くすると時間も長くなり、短くすると時間も短くなる。</p> <p>おもりの重さやふれはばを変えても時間は変わらない。</p> <p>支援</p> <ul style="list-style-type: none"> 実験結果を使わせる。 足りないきまりに気付かせる。 会話をしながら児童の考えを引き出し、出てきた考えをノートに書かせる。

1 単元名 運動とエネルギー「イ 力学的エネルギー」(中学校第3学年)

2 本時の学習指導

(1) 本時の目標 <科学的な思考・表現>

力学的エネルギーの保存に関する事物・現象の中に問題を見だし、目的意識をもって観察・実験を行い、運動エネルギーと位置エネルギーの相互の移り変わり、力学的エネルギーの保存などについて自らの考えを導きまとめ、表現している。

(2) 本時の展開

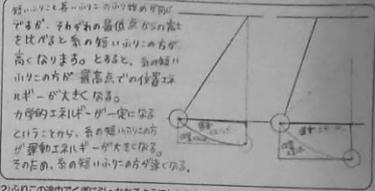
過程	学習活動	○教師の働きかけと・予想される生徒の反応	評価及び指導上の留意点【評価方法】
導入	1 小学校の既習事項の確認をする。	○映像コンテンツで確認する。 ・ふりこは一定の時間で左右にふれる運動をする。 ・おもりが1往復する時間は振幅に関係がない。 ・ふりこの長さを長くすると、1往復する時間は長くなる。	
展開①	2 本時の課題を知る 3 ふりこの運動による力学的エネルギーの保存について図にまとめる。 4 図や言葉でまとめられている生徒が発表を行い、各自でまとめを行う。	ふりこの運動をエネルギーで考えてみよう。 ○位置が一番高いA点を位置エネルギー10とする。ふりこは空気抵抗などを0とし、Aの位置から手をはなすと、どこまで上がるか図に記入しよう。 ・反対側のCまで上がる。 ・もっと高くまで上がる。 ○高さが低くなると、速さはどうなるだろうか。 ○このときA～D点における、位置エネルギー、運動エネルギーはどうなっているか図に記入しよう。 ○プリントを画面に映し、発表させる。	<科学的思考・表現>① 位置エネルギーは高さが最も高い点で最大になり、運動エネルギーは最下点で最大になることを指摘している。【ワークシート】
展開②	5 小学校での既習事項について、力学的エネルギーを用いて自分で考える。 6 各自の考えを班で話し合い、考察をまとめる。	○ 同じ質量で、糸の短いふりここと長いふりこではふり始めの高さが同じとき、最下点での速さはどちらがはやいだろうか。 ○ ふりこの途中でくぎに引っかかるようにしたとき、どのようなふれ方をするだろうか。 ○ 質量の異なるふりこを同じ高さからはなすと、なぜ同じ速さになるのだろうか。	<科学的思考・表現>② 位置エネルギーと運動エネルギーの和が力学的エネルギーであることを用いて、様々な条件において図または言葉で説明している。【ワークシート】
まとめ	7 5の課題について発表を行う。	○ プリントを画面に映し、発表させる。	・他の生徒の意見を聞き、気づいたこと、わかったことは赤でワークシートに追記させる。

(3) 本時の判定基準と例

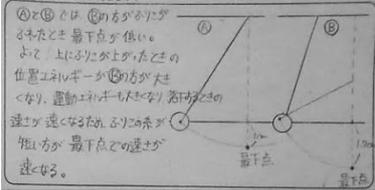
	A	B	C
①	振り子の運動から位置エネルギーと運動エネルギーは相互に移り変わるがそれらの和である力学的エネルギーは変わらないことを指摘している。	位置エネルギーは高さが最も高い点で最大になり、運動エネルギーは最下点で最大になることを指摘している。	高さが低くなると速さが遅くなることは指摘できる。 ※物体の高さが下がると速さが増えていく原因を問いかけ、説明する。
②本時	位置エネルギーと運動エネルギーの和が力学的エネルギーであることを用いて、様々な条件において図や言葉で説明している。	位置エネルギーと運動エネルギーの和が力学的エネルギーであることを用いて、様々な条件において図または言葉で説明している。	糸が長いほうが最下点での速さは速くなることは指摘できる。 ※糸の長さが変わると高さが変わることに原因を問いかけ、説明する。

例

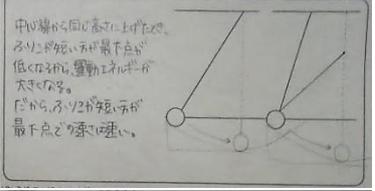
糸の短い方と長い方の振り始めの高さを比べると、糸の短い方が高くなります。とすると、糸の短い方が最高点での位置エネルギーが大きくなる。力学的エネルギーが一定になるということから、糸の短い方が運動エネルギーが大きくなる。そのため、糸の短い方が速くなる。



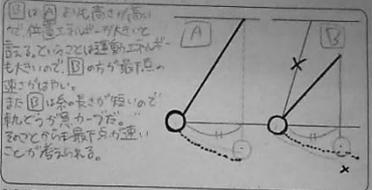
①と②では、①の方が振り始めの高さが低いため、最低点での位置エネルギーが小さくなり、運動エネルギーも小さくなる。そのため、最低点での速さが遅くなる。



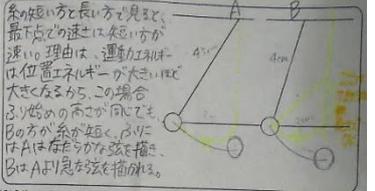
中心線から同じ高さに上げたとき、振り始めの低い方が、運動エネルギーが大きくなる。だから、振り始めの低い方が最低点での速さは早い。



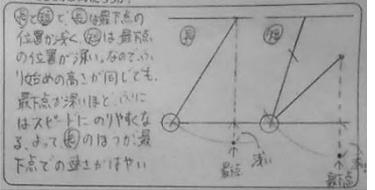
①は糸の長さが短いので、位置エネルギーが大きい。このため、運動エネルギーも大きくなる。また、②は糸の長さが長いので、軌道が急カーブだ。そのことから、最低点での速さが遅くなる。



糸の短い方と長い方で見ると、最低点での速さは短い方が速い。理由は、運動エネルギーは位置エネルギーが大きいほど大きくなるから、この場合振り始めの高さが同じでも、Bの方が糸が短く、振り始めはAより急な弦を描く。BはAより急な弦を描かれる。



①と②は最低点の位置が浅く、③は最低点の位置が深い。振り始めの高さが同じでも、最低点の位置が浅いほど振り始めはスピードにのりやすくなる。よって、「長」のほうが最低点での速さが早い。



短いふりここと長いふりこの振り始めが同じですが、それぞれの最低点からの高さを比べると糸の短いふりこの方が高くなります。とすると、糸の短いふりこの方が最高点での位置エネルギーが大きくなる。力学的エネルギーが一定になるということから、糸の短い方が運動エネルギーが大きくなる。そのため、糸の短いふりこの方が速くなる。

AとBでは、Bの方が振り始めの高さが低いため、最低点での位置エネルギーが小さくなり、運動エネルギーも小さくなる。そのため、最低点での速さが遅くなる。

中心線から同じ高さに上げたとき、振り始めの低い方が最低点での速さは早い。BはAよりも高さが高いため、位置エネルギーが大きいと言える。ということは運動エネルギーも大きいため、Bの方が最低点での速さは早い。また、Bは糸の長さが短いので軌道が急カーブだ。そのことから、最低点での速さが遅くなる。

糸の短い方と長い方で見ると、最低点での速さは短い方が速い。理由は、運動エネルギーは位置エネルギーが大きいほど大きくなるから、この場合振り始めの高さが同じでも、Bの方が糸が短く、振り始めはAより急な弦を描かれ、BはAより急な弦を描かれる。

「長」と「短」で「長」は最低点の位置が浅く、「短」は最低点の位置が深い。なので、振り始めの高さが同じでも、最低点の位置が浅いほど振り始めはスピードにのりやすくなる。よって、「長」のほうが最低点での速さが早い。

3 実践の振り返り

今回の実践は、小学校で学習したふりこの規則性を中学校では力学的エネルギーの保存の法則で活用し、エネルギー概念の理解を深めることをねらいとした。授業を通して明らかになったことは、ふりこの規則性を小学校第5学年で学習した後、他教科の学習や日々の生活の中で少しずつ誤概念が形成され、中学校での学習時は知識として身につけている生徒は少ないということ、また、その誤概念は、生徒自身が体験し自分で考え導き出さなければ修正しにくいということの2点である。中学校で授業を行う中で、この誤概念の修正のためには、小学校での既習事項（糸の長さによる変化や質量）について生徒自身が力学的エネルギーを用いて考える活動が有効であることがわかった。

評価について、当初私たちは、小学校のA評価と中学校のC評価が単純に重なるのではないかと予想していた。実際は、小学校のB評価と中学校のC評価は重なるが小学校のA評価と中学校のB評価は、重ならなかった。これは小学校ではふりこの規則性に気

付き、そのことについて図や文章で説明するのを目標としているのに対し、中学校ではエネルギーという概念を活用し、図や文章で説明することを目標としているからである。次の表に示すように、小学校でのA評価は、エネルギーに触れずにB評価に加えて科学的見方や考え方（他の班とも比較し一般化した形）でまとめたものとなる。数は少ないが下の表の小学校※の考察のように小学校でも未学習のエネルギーに気が付く児童もいる。

系統性を活かした判定基準		小学校B評価をさらに科学的視点で説明している。		
小学校	※ エネルギー概念を理解する児童もいる。 ふりこの実験で、長さ以外はどちらも同じ結果だ。だが、長さには、短いほど1往復が速くなり、長いほど1往復がおそくなる。この重さが重い。僕は、ふりがついて速いが、上りはふりこのおもりが重くてスピードが落ち、土のなるからどちらも同じ結果になり、ふれははも下りは勢いがついて速くなるが、上りはスピードが落ちる。この通り重さが短くなり、早く1往復すると思いたく。	A Bに加えて、 ・他の班の実験結果と比較している。 ・自分の予想に返っている。 ・ブランコ的设计を正しくかけている。 などを図や言葉で書いて説明している。	B 自分の班の全ての実験結果を比較して、振り子が1往復する時間は、①おもりの重さに関係ないこと②振幅に関係ないこと③振り子の長さによって変わることの3つを言葉で書いて説明している。	C ・実験結果を使わずに、①②③を言葉で書いて説明している。 ・実験結果を使って、①②③の1つまたは2つを言葉で書いて説明している。 ・自分の考えを書いて説明しようとしている。
		共通した判定基準		
中学校	A 位置エネルギーと運動エネルギーの和が力学的エネルギーであることを用いて、様々な条件において図や言葉で説明している。	B 位置エネルギーと運動エネルギーの和が力学的エネルギーであることを用いて、様々な条件において図または言葉で説明している。	C 糸が長いほうが最下点での速さは速くなることは指摘できる。 ※糸の長さが変わると高さが変わることに関因を問いかけて、説明する。	

● 粒子 ●

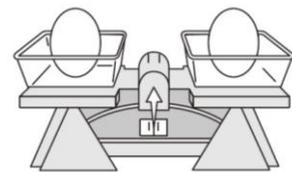
1 単元名 ものと重さ（小学校第3学年）

2 本時の学習指導

(1) 本時の目標 <科学的な思考・表現>

実験結果をもとにして、粘土の形を変えても重さは変わらないと考え、表現している。

(2) 本時の授業展開



過程	学習活動	○教師の働きかけと・予想される児童の反応	評価及び指導上の留意点【評価方法】
導入	1 本時の課題を設定する。 2 実験方法を考える。 3 予想する。	ねん土は、形が変わると、重さもかわるだろうか。 ・さいころの形にする ・円柱にする ・小さく分ける ・細長くする ・平らにする ・三角にする	

展開	4 実験し、結果を書く。	○てんびんを使って、重さを比べよう。 ○結果を発表しましょう。	<科学的思考・表現> 下記の①、②のどちらかを表現している。 ①水も空気と同様に、「(温度によって)」「あたためたり、冷やしたりすると)」その体積が変わること。 ②空気と水の体積変化を比較して、水は空気より温度による体積変化が小さいこと。【ノート】
	5 わかったことを書く。	○ノートの結果とわかったことを書きましょう。 ○実験結果を比べて分かったことを書きましょう。 ○「ねん土」「重さ」「形」という言葉を使ってみよう。	
	6 発表する	○わかったことを発表しよう。 ○発表を聞いて、自分の考えに付け足しよう。	・粘土は形を変えても重さが変わらないことに気づかせる。
まとめ	7 まとめ	・粘土は、形が変わっても、重さは変わらない。	

(3) 本時の判定基準と支援

	A	B	C
判定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・他の班の実験結果と比較して考えている。 ・先生の実験結果と比較して考えている。 ・自分の予想と比較して考えている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・粘土の形を変えても、重さは変わらないとノートに書いている。 ・具体的な形をいくつも書き、そのすべての形の重さが変わらないと、ノートに書いている。 	<ul style="list-style-type: none"> ①それぞれの形について、結果をノートに書いている。 ②結果からわかったことを書こうとしている。 ③日本語力がなく、文意が伝わらない。
例(写真)	<p>まゝい形にしたらよそうでは、軽いかなと思つたら、ぜんぶかわらないgだったの1つのねん土でもちがう形でもぜんぶかわらないgなんだなあ～と思つた。</p> <p>手とでんしてんびんをくらべると、でんしてんびんのほうがせいかくにくらべられるのでいいなあ～と思つた。ぜんぶの形が78gだったのですごいなあ～と思つた。よそうとはぜんぜん、ちがいました。びっくりしました。</p> <p>アルミホイルをひろげたままやったら1gだった。おつたらぜんぜんかわらない1gだった。☆の形と○の形も魚の形もどんなかたちでもくらべるとおなじおもしろさだった。おもりとえんぴつのキャップがついているやつをくらべたら、かわらないg(グラム)だった。キャップをはずしても、かわらないg(グラム)だった。</p>	<p>ねん土の重さは、かわらない。</p> <p>重さは、すべて、かわらない。</p> <p>平らを分けたらかわらない。</p> <p>まると、平ら、三角、四角、平らを2つにわけるのは、かわらない。</p> <p>ねん土の重さは、かわらない。</p> <p>重さは、すべて、かわらない。</p> <p>平らを分けたらかわらない。</p> <p>まると、平ら、三角、四角、平らを2つにわけるのは、かわらない。</p> <p>ねん土の重さは、かわらない。</p> <p>重さは、すべて、かわらない。</p> <p>平らを分けたらかわらない。</p> <p>まると、平ら、三角、四角、平らを2つにわけるのは、かわらない。</p>	<p>よそうで、小さい丸とふつうのねん土をくらべたら小さいほうが重いと思つた。</p> <p>次に、ねん土のかたちをかえてみたら、ドーナツとふつうのねん土は、ふつうのねん土のほうが重かったです。</p>

<p>まるい形にしたらよそうでは、軽いかなと思つたら、ぜんぶかわらないgだったの1つのねん土でもちがう形でもぜんぶかわらないgなんだなあ～と思つた。</p> <p>手とでんしてんびんをくらべると、でんしてんびんのほうがせいかくにくらべられるのでいいなあ～と思つた。ぜんぶの形が78gだったのですごいなあ～と思つた。よそうとはぜんぜん、ちがいました。びっくりしました。</p> <p>アルミホイルをひろげたままやったら1gだった。おつたらぜんぜんかわらない1gだった。☆の形と○の形も魚の形もどんなかたちでもくらべるとおなじおもしろさだった。おもりとえんぴつのキャップがついているやつをくらべたら、かわらないg(グラム)だった。キャップをはずしても、かわらないg(グラム)だった。</p>	<p>・ねん土の重さは、かわらない。</p> <p>・重さは、すべて、かわらない。</p> <p>・平らを分けたらかわらない。</p> <p>・まると、平ら、三角、四角、平らを2つにわけるのは、かわらない。</p> <p>【BをAにするための支援】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・他の班や、先生の演示実験(はかり)の結果と比較させる。 ・自分の予想と比較して考えさせる。 	<p>よそうで、小さい丸とふつうのねん土をくらべたら小さいほうが重いと思つた。</p> <p>次に、ねん土のかたちをかえてみたら、ドーナツとふつうのねん土は、ふつうのねん土のほうが重かったです。</p> <p>【CをBにするための支援】</p> <ul style="list-style-type: none"> ①1つの結果だけでなく、複数の結果を使って説明させる。(他のかたちとも比べてよう。) ②具体的に助言し、実験結果から、課題の答えに気付かせる。 ③何を表したいのかを確認し、正しい日本語で書けるように指導する。
---	--	---

1 単元名 ものの温度と体積（小学校第4学年）

2 本時の学習指導

5

(1) 本時の目標 <科学的な思考・表現>

実験結果をもとにして、水の温度変化と体積変化とを関係づけて考え、自分の考えを表現することができる。

(2) 本時の展開

過程	学習活動	○教師の働きかけと・ 予想される児童の反応	評価及び指導上の留意点 【評価方法】
展 開	実験結果から、水は温度によって、どのように体積が変わるといえるだろうか。		
	3 予想を交流する。	○空気と水ではどちらの体積の変化が大きいか。 ○予想の理由を発表しよう。	・「空気」「水」「変わらない」それぞれの人数を確認する。 ・発表者があまり出なかった時は、予めノートを見ておき、教師が紹介する。
	4 演示実験を見る。		・比較しやすいように、水の印と空気の印が同じ高さになるように調整する。 ・実験1の班での最高の結果13cmよりも、空気の体積変化が大きいことを確認する。
	5 結果を書く。	○実験でどちらの印の方が上に上がったかな。 ・水より空気の方が印が上がった。	○ここでの記述は、考察ではないので「どちらの方が体積の変化が大きいか」にならないように促す。 ○実験1と2両方の結果から考察するよう指示する。 ○考察を書く時のポイントを確認する。 ・課題に戻る。 ・主語と述語を明記する。
	6 考察をする。	○実験結果の考察をしよう。 ・実験1から、水も空気と同じようにあたためると体積が大きくなり、冷やすと体積が小さくなる。 ・実験2から、水より空気の方が体積の変化が大きいといえる。 ・実験から、水も空気と同じように体積が変化する。 ・水はあたためると、水面が上がる。 ・空気はあたためると、ゼリーが飛ぶ。	<科学的な思考・表現> 下記の①、②どちらかを表現している。 ①水も空気と同様に（「温度によって」「あたためたり、冷やしたりすると」）その体積が変わること。 ②空気と水の体積変化が小さいこと。【ノート】
7 考察を交流する。	○みんながどんな考察をしたのか聞いてみよう。	○実験1・2どちらの実験から言える事なのか、根拠をはっきりさせる。	

(3) 判定基準と例

	A	B	C
判定基準	・B基準の①、②どちらも表現している。	下記の①、②どちらかを表現している。 ①水も空気と同様に(「温度によって」「あたためたり、冷やしたりすると」)その体積が変わること。 ②空気と水の体積変化が小さいこと。	実験結果と同じ内容を書いている。
例(写真)			
	空気と水は、どちらも温度によって体積が変わる。空気のほうが体積の変化が大きい。	空気のほうが水より、ずっと体積の変化が大きい。	水はゆっくりとしるしより上がり空気のしるしは一しゅんて飛んだ。

【BをAにするための支援】

実験1(水の温度による体積変化を調べる実験)から、どんなことがわかったか考えるよう促す。

・【CをBにするための支援】

課題は何だったかを確認する。
・考察とは「結果からわかること」であることを確認する。

1 単元名 身のまわりの物質(中学校第1学年)

6

7

2 本時の学習活動

(1) 本時の目標 <科学的な思考・表現>

状態変化において、体積は変化するのに質量は変化しない理由を、粒子モデルを使って表現することができる。

(2) 本時の展開

過程	学習活動	○教師の働きかけと・予想される生徒の反応	評価及び指導上の留意点【評価方法】
展 開	4 本時の課題を知る。	○なぜ、体積が増えたのに質量は変わらなかったのだろう。エタノールの実験に注目して、体積が増えて袋が膨らんでいるようすをエタノール粒子で描こう。	・粒子の模型を数個ずつ班に配り、表現させ、イメージを深めさせる。
	状態変化ではどのような事が起こっているのか？粒子で表現してみよう！		
	5 自分の考えをまとめ、粒子モデルに表す。	○ワークシートに自分の考えをまとめ、図を使って表現しよう。 ・①図が描けない。 ・②粒子を大きく描いてしまう。 ・③粒子の数を増やしてしまう。 ・④粒子が動くようすが描かれている。 ○①②③の生徒を④にするために手立てを、支援する。	手立て① ・粒子モデルでイメージを持たせ体積変化から先に考察させる。 手立て②③ ・質量が変化しないことに着目させる。 手立て①②③ ・既習事項の「水に溶ける物質のようす」で扱った粒子モデルを思い出させる。
	6 自分の意見を班で発表し、班で意見をまとめる。	○班で意見をまとめよう。 ○班の意見を粒子の模型を活用し、発表させる。 ・⑤粒子が跳ね返らず袋を外に押し続ける。 ・⑥粒子が袋の中で跳ね返りながら跳び、袋が膨らむ。 ○生徒間での話し合いの中で⑥の生徒が、⑥になるように手立てを支援する。 ・⑤では、外に広がるのでロウソクだと中が空洞になってしまう。	<科学的思考・表現> ・物質の状態が変わることにより、体積が変化するのに質量は変化しない理由を、粒子モデルで表現している。 ①粒子モデルの動きを表している。 ②粒子モデルの大きさが同じである。 ③粒子モデルの数が同じである。
7 班の意見を発表する。			・竹串を配り、粒子モデルに刺し、粒子の動きを実際に班で表現させる。 手立て⑤
8 自分たちの意見を主張し全体で話し合う			・ロウソクが溶けて体積が増えるようすを考えさせる。

(3) 本時の判定基準と例

	A	B	C
判定基準	Bに加えて ・状態変化が熱によって進んでいく様子を、熱と粒子の運動を関係付けて粒子モデル、または文章で説明している。	・物質の状態が変わることにより、体積が変化するのに質量は変化しない理由を、粒子モデルで表現している。 ①粒子モデルの動きを表している。 ②粒子モデルの大きさが同じである。 ③粒子モデルの数が同じである。	・Bの①～③を1つでも満たしていない場合。
例(写真)			
	粒子自体は変わらない。(大きさなど)だが、粒子が離れたり、くっついたり、動いたりすることで状態変化がおこる。状態変化(熱によって変化)しても粒子の大きさと数は変わらないから質量は変わらない。	固体の粒子は動かないが、液体の粒子は少しはじいて動く。そして、気体は大きくはじく。そのため、固体は固まった状態でよく見え、液体はどろどろの状態で見え、気体は全く見えないのではないかと思う。そして気体でも粒子がなくなることはない。粒子の数は変わらないので質量は変化しない。	温度が上がると固体がみつくなると状態変化し液体などになった。(みんなの考え)

【BをAにするための支援】
状態変化を進める「エネルギー」について考えさせる。

【CをBにするための支援】
質量が変化しないことに注目させ、「粒子の大きさ」「粒子の数」に注目させ考察させる。

中学校の評価基準における小学校の評価基準の対応表

		中学校 B評価 基準
小4年	・水も…温度によって…その体積が変わる。	物質の状態が変わることにより、体積が変化するようすや、 (①粒子モデルの動きを表している)
小3年	・粘土の形を変えても、重さは変わらない。	体積は変化するのに質量は変化しない理由を、 (②粒子モデルの大きさが同じである) (③粒子モデルの数が同じである)
中1年	・粒子モデルで表現している。	粒子モデルで表現している。 ① ③が満たされた粒子モデルを描いていればB

3 実践の振り返り

当初、私たちは小学校第3学年「ものと重さ」、小学校第4学年「ものの温度による体積変化」の内容が中学校第1学年「状態変化」に結びつくと考え、評価についても小学校第3学年の判定基準B評価と小学校第4学年B評価を合わせたものが中学校第1学年B評価になると予想した。しかし、実際には上の対応表のように中学校第1学年B評価では、中学校第1学年で「物質の溶解」で初めて学ぶ「粒子モデル」を描くことが必要となるため、小学校第3学年と小学校第4学年B評価だけでは中学校第1学年B評価にはなり得ない。さらに小学校5学年「もののとけ方」や小学校第6学年「水溶液の性質」も関わってくるのがわかった。つまり、中学校での「粒子モデル」で思考を発揮させるための土台として、小学校の各学年の学習内容と中学校の既習事項のすべての積み重ねが必要不可欠であることがわかった。

また、小学校の教師は、授業設計の際、今行っている授業が中学校のどの単元とつながっているかを理解しておくことで、単元の発展的な内容として児童に考えさせることができる。小中の系統性を具体的に把握することにより、中学校との接続が滑らかに図れるのである。中学校の教師としても、小学校の既習内容を単元名だけでなく、実際に行った実験などについて詳しく知っておくことで、より確実な積み重ねを行うことができた。この研究を通して、「比較」「関係づけ」「条件制御」「推論」「分析・解釈」といった発達段階に応じた問題解決能力を教師が意識し、意図的に考えさせることが児童・生徒の思考の深まりにつながるということがわかった。

Ⅴ 実践②～判定基準の信頼性～

判定基準の信頼性を図る方法

評価課題と判定基準を作る→2つの学校で同時に実施する。→最終的な課題の成果物を持ち寄る。→2名以上の教員が成果物をそれぞれ独立に評価する。→採点結果の分析

●粒子●

1 単元名 身のまわりの物質（中学校第1学年）

2 本時の学習活動

(1) 本時の目標 <科学的な思考・表現>

状態変化において、体積は変化するのに質量は変化しない理由を、粒子モデルを使って表現することができる。

(2) 展開については前掲と同じもののため省略

3 形成的評価と支援



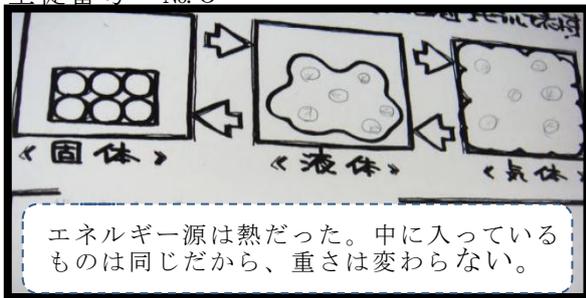
	A	B	C
判定基準	Bに加えて ・状態変化が熱によって進んでいく様子を、熱と粒子の運動を関係づけて粒子モデル、または文章で説明している。	・物質の状態が変わることにより、体積が変化しやすいや、体積は変化するのに質量は変化しない理由を、粒子モデルで表現している。 ①粒子モデルの動きを表している。 ②粒子モデルの大きさが同じである。 ③粒子モデルの数が同じである。 ①～③が満たされた粒子モデルを描いていればB	・Bの①～③を1つでも満たしていない場合。
支援		・状態変化を進める条件（温度変化）について考えさせる。	・①沸騰しているヤカンの蒸気や、蒸気機関車など、身近なものをイメージさせ、加熱によりエネルギーが加わっていることをとらえさせ、考察させる。 ・質量が変化しないことに注目させ、②「粒子の大きさ」 ③「粒子の数」に着目させ考察させる。 ・袋に入った粒子模型を渡し、エタノールのイメージを持たせ体積変化を先に考察させ粒子モデルを書かせる。 ・考察に時間を多くとる。 ・普段の授業から文章による表現力、考察の書き方等を指導する。

2 複数評定者による信頼性の確認

生徒番号	評定者1評価	評定者2評価	評定者3評価	評定者4評価
1	A	A	A	A
2	B	B	B	B
3	C	C	C	C
4	A	A	A	A
5	C	A	B	B
6	C	C	C	C
7	B	B	C	B
8	A	A	A	A
9	B	A	B	B
10	C	C	C	C
11	A	A	A	A
12	C	B	C	C
13	A	A	A	B
14	C	C	C	C
15	B	B	B	B
16	A	A	A	A
17	B	B	B	B
18	A	A	B	C
19	C	C	C	C
20	B	B	B	B

生徒番号No. 1～No. 20のうち、No. 5・No. 7・No. 9・No. 12・No. 13・No. 18の評価が分かれる結果となった。そのうち、A評価、C評価と極端に分かれる評価を示した生徒2名について、評定者4名にて考察を行った。以下、No. 5とNo. 18の記録である。

生徒番号 No. 5



【A評価】

・粒子モデルの動き、大きさ、数がほぼ等しく、説明でも熱との関わりに触れている。

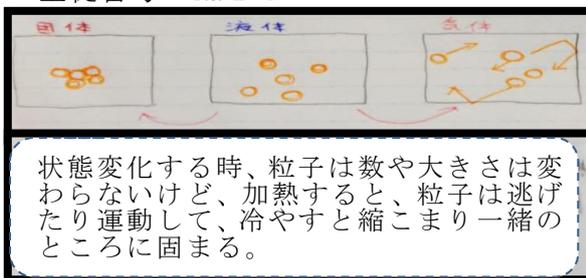
【B評価】

・熱については書かれているが、状態変化との関わりについて説明されていないため。

【C評価】

・液体、気体の粒子モデルの動きに、矢印は書かれているが、その違いが明確ではない。

生徒番号 No. 18



No. 18に対する評価の理由

【A評価】

・粒子モデルの動き、大きさ、数がほぼ等しく、説明でも熱との関わりに触れている。

【B評価】

・気体の粒子の数が減ってしまっているが、文章で「数は変わらない」と説明できている。

【C評価】

・気体の粒子モデルの数が減ってしまっているため、基準の③が満たされていない。

4 実践の振り返り

最初に検討した判定基準を使って評価したところ、評価者の違いによって一つの成果物に対する評価のばらつきが目立った。再度、評価者で話し合い、判定基準を練り直したことにより、客観性が増し、複数の評定者でも同じ評価が得られる信頼性の高い判定基準を作ることができた。(一般化可能性係数0.82 ※0.80以上で信頼性が高いといえる) このことから、信頼性の高い評価基準を作るためには、1人で判定基準を作るのではなく、複数の評価者で話し合い作ること、授業が終わった後に、生徒の成果物を見て、再度検討し直すことが必要であるといえる。

今回の研究を通して高い信頼性のある判定規準を作ることができたが、課題として、No. 5、No. 18のように生徒の表現方法が乏しく、「伝えたいことは解るが、基準に達していない」のようなレポートに対しては評価者によって評価に大きな違いがでてしまった。形成的評価は自らを伸ばす方法を教師から与えるチャンスである。このような生徒に対しては、形成的評価として捉えて厳しく評価し、その生徒に対しての手立てを考え、支援していく必要があると考える。

VI まとめ

《 成果 》

1 理科の4つの領域構成をふまえた指導と評価について

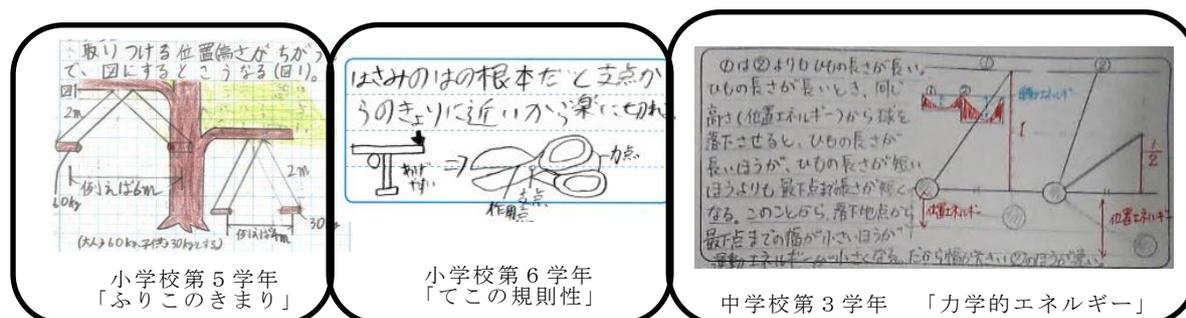
小学校から中学校を見通した学習内容の系統図からは、同じ学年で何をどう習い（横の関係）またそれが上級学年さらには中学校での学習にどうつながっていくのか（縦の関係）がわかる。今回は「エネルギー」「粒子」という2つの領域にしぼり縦のつながりについて具体的に研究を進めた。成果としては、毎時間の授業の中で判定基準に基づいた形成的評価を行うことで子どもたちの思考や表現が変化していったことである。教師側がしっかりした判定基準を持てば、「CをBにするための支援」「BをAにするための支援」が具体的にわかり、授業の場面に応じて個々の児童生徒に支援することができるのである。中学校では、理科の領域構成をふまえて接続部分を考慮して指導をする。導入では小学校の既習内容に戻って考えさせ支援をすることで、思考力を発揮させることができた。教師側がしっかりした判定基準を持つためには、各単元、領域ごとに見通しをもった課題設定を行い、そこから判定基準をつくり授業設計を行う必要がある。

2 科学的な問題解決能力を育てる授業設計について

小学校では、理科における基礎基本となる資質・能力を確実に定着させなければいけない。この問題解決能力は、その学年で中心的に育成するものである。例えば3年生なら様々な単元で教師の発問や支援の中で活用することで問題解決能力「比較」を定着させる必要がある。下の学年の問題解決能力は上の学年の問題解決能力の基盤となる。教師はそれらのことを踏まえたうえで、授業設計をし、授業を展開する必要がある。

また中学校では、小学校段階で育成する問題解決の資質・能力である「比較・関係付け・条件制御・推論」を習得し活用できないと「分析・解釈」につなげることができない。つまりいている生徒には、小学校段階で習得すべき問題解決の資質・能力に立ち戻って支援していくことで、科学的思考力・表現力を発揮させることにつながった。

下に示した図は、それぞれ小学校第5学年「ふりこのきまり」、小学校第6学年「てこの規則性」、中学校第3学年「力学的エネルギー」における、問題解決場面での児童・生徒の考察を示した記述例である。第5学年では、条件制御し二つの条件を比較して考察している。第6学年では、既習事項から類推し、学習したことを身近なものに活用して考察を深めている。中学校第3学年では、科学的な用語を図に書き込むことで考察を導き、自らの考えをより正確に表現している。

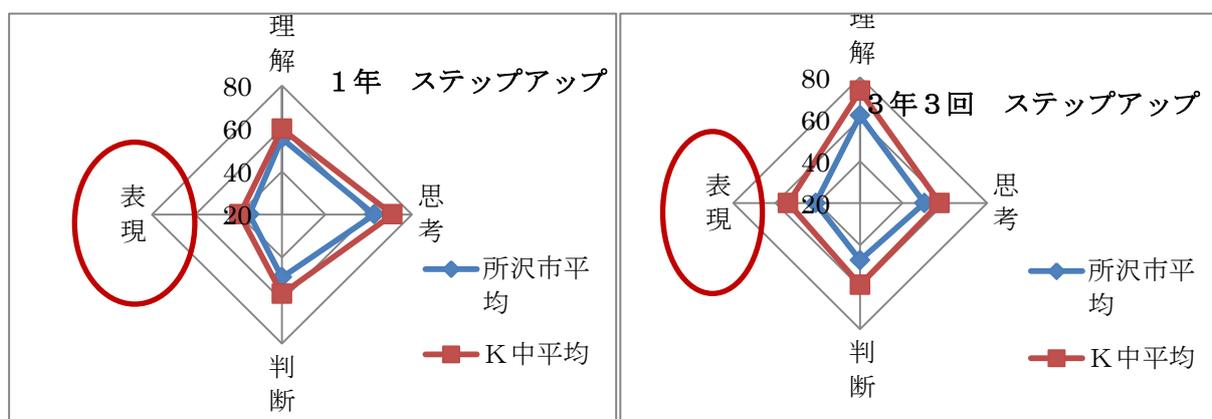


図示して考察する場合においても、各学年において育成すべき問題解決の資質・能力に照らし合わせ、系統性活かして表現力を養っていくことが大切である。児童・生徒が図や表、グラフなど多様な表現方法を知り使いこなせるようになれば、問題解決場面において、自らの考えをわかりやすく表現し、十分に思考力を発揮することができる。理科の学習では図示する際に科学的な用語やキーワード、正確な数値を書き込ませるなど、小学校から段階的に表現力を高めさせていくことで確かな学力の育成が図られると考えられる。

3 判定基準を用いた授業実践を行った結果について

下の表と次のページのグラフは、科学的思考力・表現力を高めるために、研究員の一人が中学校1年生から中学校3年生にかけ、「判定基準を用いた授業実践」「図やモデルを基に説明する力の育成」を行った市内中学校3年生のステップアップ調査の得点率の変化である。どの観点も市内平均より上回る結果となっているが、特に表現については大きな伸びがみられた。この結果から、科学的な表現力を向上させるためには「判定基準を用いた授業設計」を行い、日々の授業の実践を積み重ねていく必要があることがわかる。

	1年次				3年次				3年間の 変化
	市内 平均	K中 平均	平均値 との差	差の 割合	市内 平均	K中 平均	平均値 との差	差の 割合	
理解	55.3	59.8	4.5	8.1	61.8	73.5	11.7	18.9	10.8
思考	62.6	71.0	8.4	13.4	50.4	57.6	7.2	14.3	0.9
判断	49.3	57.0	7.7	15.6	47.2	58.9	11.7	24.8	9.2
表現	35.0	39.5	4.5	12.9	41.0	54.0	13.0	31.7	18.9



《 課 題 》

1 科学的思考力・表現力を高めるための計画的な形成的評価の必要性

本実践研究では、系統性を活かした判定基準（ルーブリック）を用いて授業実践を行うことにより、児童・生徒の科学的思考力・表現力の向上に努めてきた。児童・生徒の考察をより充実させるためには、言語活動の充実を図ることが必要である。しかし、学習形態や考えを説明する学習活動については、各研究員が学級の実態に合わせて設定したため、その評価に関わる教師の主観が影響してしまった。実際、授業後のノートやワークシートを評定者数名で評価した際に、複数の児童・生徒の評価について判断が分かってしまった。原因としては、児童・生徒の文章や図の表現は不十分なのに、子どもの思考や意図を教師が汲み取って、高く評価していた。授業の中での形成的評価は、子どもの思考力・表現力を伸ばすチャンスである。このような児童・生徒に対しては、厳しく評価し、具体的な手立てを考え、支援していくことで最終的な評価である総括評価で思考力・表現力が充分発揮できる力をつけていくべきである。教師側が計画的に形成的評価を行えるようにし、児童生徒が自ら伸びる方法を与えられるようにしていくことが今後の大きな課題である。

2 領域間の関連を活かした指導と評価の工夫

今回の研究では「エネルギー」「粒子」それぞれの系統性を重視して研究を行ったことで、児童・生徒の科学的思考力・表現力の向上を図ってきた。研究を進める中で、領域間の関連性を明確にしていく必要性を感じた。今後、検討していきたい。

《参考・引用文献》

- ・ 観点別学習状況の評価基準と判定基準[小学校理科]
北尾倫彦・山森光陽・鈴木秀幸 図書文化社
- ・ 観点別学習状況の評価基準と判定基準[中学校理科]
北尾倫彦・山森光陽・鈴木秀幸 図書文化社
- ・ 埼玉県小・中学校教育課程編成要領 埼玉県教育委員会
- ・ 埼玉県小・中学校教育課程指導資料 埼玉県教育委員会
- ・ 埼玉県小・中学校教育課程評価資料 埼玉県教育委員会
- ・ 埼玉県小・中学校教育課程実践事例集 埼玉県教育委員会