

# 未来を拓く科学的な資質・能力を育成する理科学習

井上 健, 西田 成一

## 1 理科において育成すべき資質・能力

子供たちが自ら未来を拓くために必要な力は、彼らを取り巻く社会の予測困難な変化に対応する力である。自然の事物・現象に関する課題に対して、科学的な「見方・考え方」を働かせながら思考し、問題を解決したり科学的に探究したりすることにより育成される科学的な資質・能力は、まさに予測困難な変化に対応する力を培うものであり、それらは、未来を拓く子供たちにとって重要なものとなる。

理科における育成すべき資質・能力は、以下の通りである。

自然の事物・現象に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、自然の事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを目指す。

- (1) 自然の事物・現象についての理解を深め、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- (3) 自然の事物・現象に進んで関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

さらに、資質・能力を育成する学びの過程においては、課題の把握（発見）、課題の探究（追究）、課題の解決という探究の過程を通じた学習活動を行い、それぞれの過程において資質・能力が育成されるよう指導の改善を図ることが必要であるとされている。なお、理科における見方・考え方は、新学習指導要領において、以下のように整理されている。

自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること。

理科における「見方」は、理科を構成する領域ごとの特徴を見出し、それぞれの領域の特徴的な視点として整理することができる。例えば、「エネルギー」を柱とする領域では、自然の事物・現象を主として量的・関係的な視点で捉えることができ、「粒子」を柱とする領域では、自然の事物・現象を主として質的・実体的な視点で捉えることができ、「生命」を柱とする領域では、生命に関する自然の事物・現象を主として共通性・多様性の視点で捉えることができ、「地球」を柱とする領域では、地球や宇宙に関する自然の事物・現象を主として時間的・空間的な視点で捉えることができる。

理科における「考え方」とは、課題の把握（発見）、課題の探究（追究）、課題の解決といった一連の探究の過程の中で、科学的に探究する方法を用いて考えることであり、例えば、比較したり、関係付けたりするなどのことを指すものである。

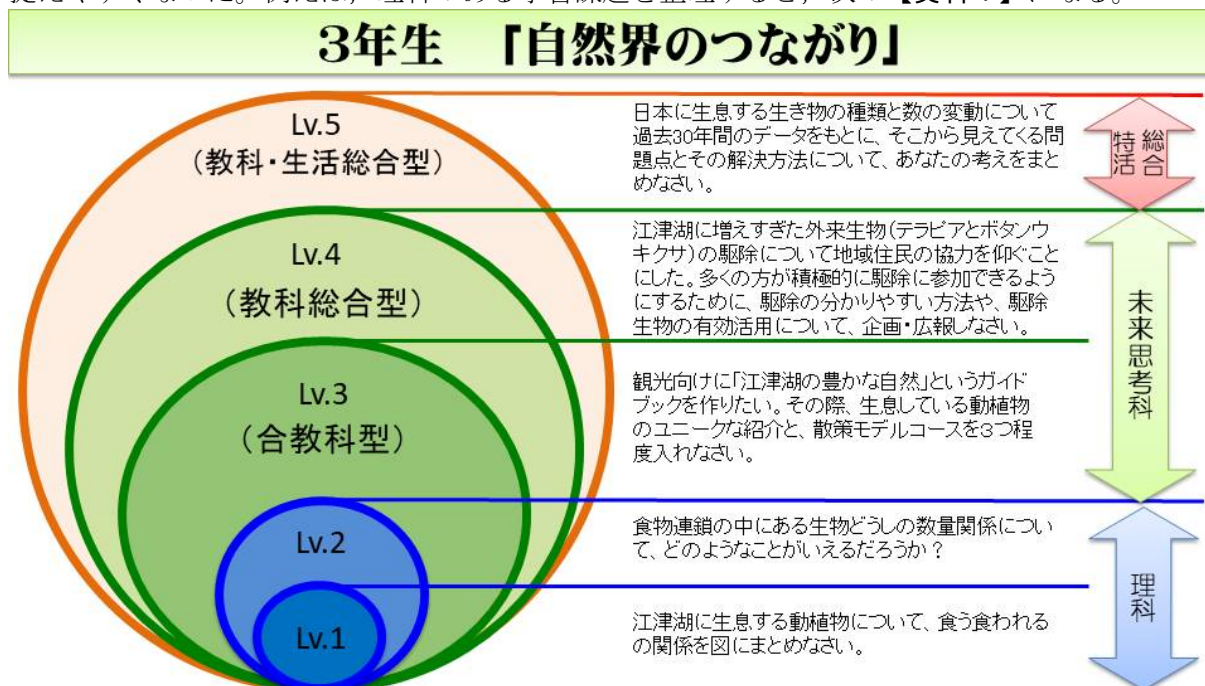
## 2 理科におけるカリキュラム・マネジメント

新学習指導要領では、「生徒の主体的・対話的で深い学びの実現を目指した授業改善」が求められている。これまで、生徒の主体的な学びを導くために学びのプロセスを意識した、いわゆる単元の構造化については理科の枠の中で多くの先行実践がなされてきた。今後さらに「生徒の主体的・対話的で深い学びの実現」を推進していくためには、生徒の学びが、個別の教科でパラレルな関係にあるのではなく、それぞれの学びが教科の枠を超えて相互につながり合うスパイラルな関係にあるべきであると考えられる。そのような学びのスパイラルを効果的に展開するためには、カリキュラム・マネジメントの充実が重要になってくる。

本校が開発している未来思考科は、汎用的な資質・能力である「思考力」の育成を中心とした教科である。この未来思考科は、各教科で育成された「思考力」を束ねて強化するものであり、まさに学びのスパイラルが期待される。

本校では、学習課題をL v. 1～5まで設定し、各教科の枠を超えて学習課題がどのような

広がりや意味を持つのかを段階的に整理することで、教師が学習課題を教科等横断的な視点で捉えやすくなった。例えば、理科のある学習課題を整理すると、次の【資料1】になる。



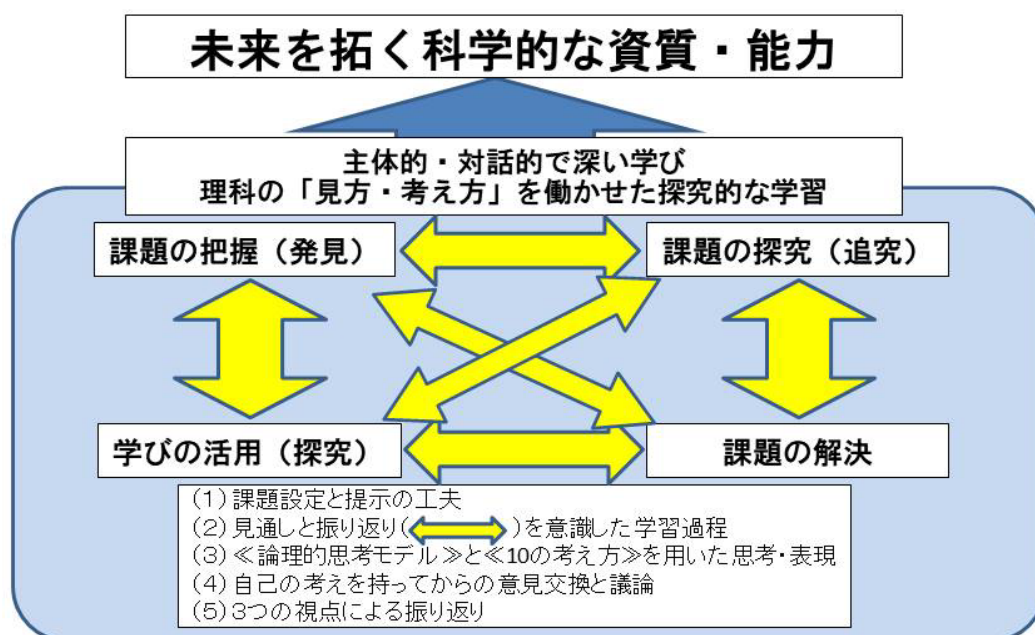
【資料1】3年生「自然界のつながり」学習課題のレベル

このように教師が教科等横断的な視点にたった課題設定を意識することは、それぞれの教科で育成された「思考力」を束ねる一助となる。そのようにして身に付けた汎用的な「思考力」は、各教科の学習に立ち返ったとき、学ぶ意義や内容、その活用についてより深く思考することができるようになるため、深い学びを生み出す力となると考える。

また、このような教科等横断的な視点は、教師にとっても、理科で育成すべき「資質・能力」とは何か、あるいは、その「資質・能力」が育まれる理科の学習課題とは、どのようなものがより適切かを改めて問う機会となる。

「資質・能力」が確実に育まれる理科の授業実践を積み重ねて行くことが、重要であり、そこで育まれた「資質・能力」は、各教科の学びを高い次元でつなげていくと考える。

### 3 未来思考科に取り組んだからこそ見えてきた理科の授業改善



【資料2】本校理科の研究構想図

課題の広がり意識の中で、教科の「資質・能力」をより確実に育む学習課題の設定と「見方・考え方」を働かせた学習過程の工夫の重要性が見えてきた。そこで、本校理科においては、【資料2】の研究構想図に示すとおり、学習課題を生徒自身の課題として捉えさせると同時に、理科の本質に迫るための課題提示を工夫した。また、学習過程の中では、常に見通しと振り返りを意識させながら、どの学習場面でも理科の「見方・考え方」を働かせた探究活動が、繰り返されるよう授業改善を行った。

さらに、3つの視点による振り返りを実施することで、生徒の学びを他教科の学びと結びつけながら、より深い学びへと導きたい。具体的な実践事項は以下の通りである。

## (1) 課題設定と提示の工夫

### ① パフォーマンス課題（単元を貫く学習課題）

#### ア 1年 単元名「身近な物理現象」2章 音の性質

課題「輪ゴムを用いて、弦楽器を作成しよう。～音の高さと大きさを変えられる楽器～」という課題を2章の最初に提示し、既習事項を活用して、楽器の設計から製作までを行わせた。楽器の設計段階では、生徒は、輪ゴム（物質）の性質を考えながら、音の高さを変えるためには、輪ゴムの張り方を変えたり、輪ゴムの太さを変えたりする方がいいという考えや、共鳴箱の材料についても、物質の性質の学習を生かし、段ボール、ティッシュの箱、プラスチックトレイ、2Lのペットボトル等さまざまなアイデアが出てきた。製作作業をする中で、輪ゴムを引っ張って音を聞きながら高さや大きさについて考えを深めることができた。その結果、自分たちが見通していたよりも実際には、材料をうまく利用できないことがあることにも気づくことができた。

また、音楽の授業で箏の学習をしていたので、弦楽器ということで、箏をイメージして箏柱を用いて高さを変える工夫をする班も見られた。このように教科横断的な視点に立った課題を意識することで、教科の枠を越えた学びを生み出すことができた。

#### イ 未来思考科との関連

アで学習した学習課題のレベルを、未来思考科へ広げると、「自作の楽器を作って、使ってもらえるように売り込もう！～ピタゴラス音律と平均律を活用して～」の学習へと発展していく。未来思考科におけるパフォーマンス課題は、「ある幼稚園から①身近（家庭）にあるものを使う。②園児と一緒につくれる。③楽しく演奏ができる。④曲名は『大きな栗の木の下で』という条件で楽器を作ることはできないか、考えてほしいという依頼がありました。」とした。

生徒たちは、アでの学習を生かしながら、未来思考科では、幼稚園児という対象に向けて、どのような工夫が必要なのかを考えると同時に、ピタゴラス音律と平均律を用いて、音階を作製することに取りくんだ。ピタゴラス音律と平均律という考え方をを用いることによって、生徒たちは音の大きさや高さだけではなく、音階を奏でることのできる楽器を作製することができた。未来思考科では、理科で製作した弦楽器という枠を越えて、さまざまな楽器に挑戦する様子が観察された。

### ② 普通の授業での課題設定の工夫

#### 1年 単元名「物質のすがた」

本単元には、「3種類の白い粉末がそれぞれ何であるか、実験によって調べてみよう。」という課題がある。この課題では、自然の事物・現象を主として質的・実体的な視点で捉える（「答申」2016）という理科の見方・考え方を働かせながら、単元の本質である物質には固有の性質と共通の性質があること並びに、その性質に着目すると物質が分類できることを見出して、理解させることが重要である。この単元の本質に迫るべく、プラスチックや金属についても同様に単元の本質を意識した課題の設定を行った。

プラスチックにおいては、最初の授業で、それぞれのプラスチックの性質について押さえた後に、ペットボトルキャップとペットボトル、ビニール袋の切片を用意し、課題「3種類のプラスチックがそれぞれ何であるか、実験によって調べてみよう。」を提示し、予想と見通しを生徒一人一人が考えた後に実験を行った。【資料3】

予想	A ポリプロピレン B ポリエチレンテレフタレート C ポリエチレン
見通し	ビニール袋は、白色をしているので、Cは、ポリエチレンであると考え。ペットボトルキャップは、水に沈むと思うので、Bは、水に沈んでポリエチレンテレフタレート。ペットボトルは、水に浮くので、Aは、水に浮きポリプロピレンであると考えられる。

【資料3】プラスチックの予想と見通し

日常生活の経験からペットボトルが浮くと考えている生徒の割合がとても高く、見通しの段階で、誤った認識をしている生徒が多かった。実際に実験を通して、誤った認識に気付くと同時に、本質を理解することができた。

金属においては、金属の性質について押さえた後に、課題「4種類の線（鉄線、銅線、アルミニウム線、竹ひご）がそれぞれ何であるか、実験によって調べてみよう。」を提示した。同様の課題とその実験を前次に2回行っているということもあり、生徒は試料をよく観察することから始めていた。試料の色や太さなど物質の性質に着目し、より豊かな見方・考え方を働かせ、予想と見通しを立てていた。

また、小学校での既習内容から熱伝導率の違いに目を向けて考える生徒もおり、学びの深まりを見ることもできた【資料4】。

予想	A 鉄線 B アルミニウム線 C 銅線 D 竹ひご
見通し	Aは、鉄線であると考えられるので、磁石に引きつけられる。Bは、AよりもBの方が柔らかく、たたくと広がると考えられるので、アルミニウム線。Cは、10円玉のような色をしているので、銅であると考え。そのため、Cは、先の方を加熱して熱伝導率を比べると一番早く熱が伝わると考えられる。Dは、金属の性質を示すことがないと考えられるので、竹ひごである。

【資料4】金属の予想と見通し

このように、課題設定の工夫を行うことで、質的・実体的な視点を豊かにしながら、粒子領域の本質的な理解に近づくことができた。

## （2）見通しと振り返り（⇔）を意識した学習過程

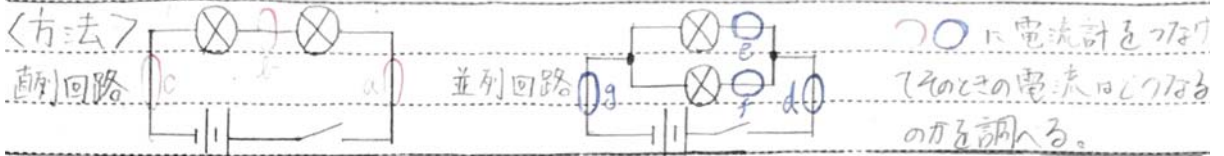
主体的な学びを生み出すためには、課題解決の見通しを持つことが重要である。ある自然の事物・現象に対して、どうしてそのようになるのかを考えて予想を立てる。そして、その予想を確かめるためには、どのような実験を行うべきかを考えることを通して、生徒一人一人が課題と、課題解決までの過程を把握することができる。さらに、見通しの妥当性を検証し、振り返りを適宜行うことで、生徒は、より最適な課題解決の過程に気付くようになる。この繰り返しのよって、生徒のメタ認知力が育成されると考える。

### ①2年 単元名「電流とその利用」

本単元の各実験において、すべて見通しを持った実験と振り返りを行った。「電流は+から-に流れる。」「電流は、回路の途中で増えたり減ったりしない。」という2点について学習した後、課題「直列回路と並列回路に流れる電流の規則性を見つけよう。」を提示し、実験を行った。班ごとに予想を立て、どこをどのように測定をすれば、結果を導くことができるのかを考えて実験を行った。「回路の電圧」「電流・電圧の関係」「合成抵抗」においても同様に見通しと振り返りを伴う実験を繰り返し行った。実験を重ねるごとに見通す力が向上し、考察までスムーズに作業を行うことができたことが、活動中の様子やレポートから読み取ることができた。

【資料5】は、生徒が立てた予想と実験方法を示している。予想（主張）において、「電流は増えたり、減ったりすることがない。」という前時の学習内容を活用しているのが分かる。そこから、直列回路と並列回路に流れる電流の規則性を見つけるためには、どの部分を測定しなければいけないのかを考えている。直列回路では、赤い丸をつけて三カ所測定するようにしている。それを基にして、並列回路では、豆電球二つが並列につながっているの、直列回路での測定場所を参考にしながら、青い丸を付けて四カ所測定するように工夫がされている。また、それぞれの測定場所にa～fまでの記号を用いて、分かりやすく記されている。この方法を立てることが、見通す力につながっていると考えている。

<予想> 電流は増えたり、減ったりすることがないので、どこを計測しても同じなのではないか。



【資料5】予想と方法（見通しを示す）

また、【資料6】のように結果の記入欄までを生徒たちに事前に書かせるようにしている。結果のまとめ方までを自ら考えることによって、実験後の処理の仕方についても見通しを持つことができ、より主体的な学びへとつながると考える。

<結果>

直列回路	電流計を付した所	a	b	c	
	電流の大きさ(mA)	285mA	285mA	285mA	
並列回路	電流計を付した所	d	e	f	g
	電流の大きさ(mA)	500mA	220mA	280mA	500mA

【資料6】結果の欄（見通しをもつための手立て）

見通しを持たせることによって、【資料7】のように分かりやすく考察をまとめることができるようになった。見通しにおいて、文字によって各部分を表していたことで、考察の段階では、文字を用いた式を使って直列回路と並列回路の電流の規則性についてまとめることができる。

<考察>

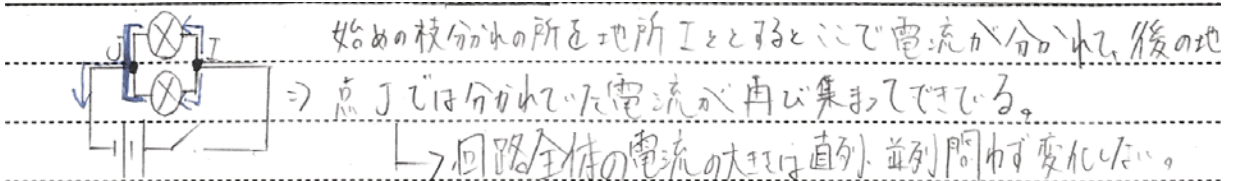
直列回路の場合には a~c において電流の大きさが一緒だった。このことから一本道の回路でもあつたため電流は増減なく流れると言える。並列回路では d と g は 500mA と一緒だったが、e と f は 500mA ではなく、更に e と f は異なる値だった。しかし、e と f の合計は d と g の 500mA となっていた。並列回路の・の枝分かれしている所で電流も分かれたと言うことができ、その電流が分かれる時必ずしも電流の大きさの比は 1:1 には限らないと言える。そこで、このことを a~g の文字を使って表す...

直列回路...  $a = b = c$  と同じように並列回路も文字を使って表す...

並列回路...  $d = e + f$ ,  $g = e + f$ 、つまり  $d = g = e + f$  ということになる。この2つの等式が分かることとして言うのは回路全体に流れる電流の大きさは同じだということと言える。

【資料7】考察の欄（文字式を用いている）

さらに、予想で見られた、「電流は増えたり、減ったりすることがない。」というところと関連させて【資料8】のように、直列回路と並列回路に共通する「回路全体の電流の大きさは直列・並列問わず、変化しない。」という電流の性質を自らの予想を振り返ることができている。



【資料8】考察の欄（電流の性質）

【資料9】では、「知る・できる」の視点による振り返りを行うことによって、実験の過程の中で自分たちが失敗したことをきっかけとして、実験方法を再考しているのが読み取れる。こうした過程を振り返ることが、見通す力を強化していくものだと考える。また、班で失敗を

共有し、解決する手法を獲得できているということは、ここに対話が生まれる学びにつながっていると考える。「つなぐ」の視点による振り返りでは、考察の場面で、数学の文字式を用いたことによって、どのような関係があるのかを一般化できたということを学びとることができている。「生かす」の視点による振り返りでは、豆電球の明るさの違いに触れながら、家庭生活での照明器具の明るさが一定であることとの関連について考えている。

①電流を調べて規則性に気付くことができた。しかも最初は失敗してしまっていたがその原因を班全体で見つけてそれを踏まえてもう一度考えなおして考察に結びつけることができた。

②規則性を数学のおに文字にあてはめて、更に等式をつくることにおいて文字が表している部分同士がどのように関係するのをも数学とつなげてお分かりになった。

③家の電気が全く同じなのに明るさの異なるのはこの回路の仕組みや性質を利用しているからではないだろうか。

【資料9】振り返りの欄（見通しへとつながっている）

また、理科の授業において、3つの視点による振り返りを実験・観察の時は、毎時間行うようにしている。その結果として、生徒たちの中で3つの視点による振り返りが定着し、他教科との関連を常に意識しながら授業に臨み、学ぶ意義を見出していると感じる。【資料10】は、電流と電圧の関係について、実験を行った後の3つの視点によるふりかえりである。生徒が数学と技術と関連させて考えていることが分かる。

①電源装置の電圧が入れれば流れる電流も抵抗器にかかる電圧も同様に増えるという比例関係にたいなっているからとかがあった。②数学科の授業で次関数について学習しているところで、比例のグラフを書くところのノウハウが今回の授業とつながった。③技術とも少しつながった疑問がたが今回使った抵抗器は外見が全く一緒だといふのだが、なぜ抵抗のΩの値が違ったりできるのだろうか

【資料10】振り返りの欄（他教科とのつながり）

（4）自分の考えを持つてからの意見交換と議論

意見交換や議論をする前に、自分の考えを持つてことを常に重要視している。自分の考えカードを作成し、自分で考える時間と意見交換の時間の区別を明確にするとともに、自分の考えを形成する時間を確保している。自分の考えを持つてから班での話し合い活動に入ることによって、主体的・対話的な学習へと変化していくと考える。生徒達は、班での話し合い活動に意欲的に取り組んでいる。その理由として、一番多いのが「他者の意見を聞くことで、自分の考えが深まる。」ということ挙げられており、自分の考えを持つてことが、深い学びにつながっている。

4 成果と課題

3つの振り返りの視点を用いることで、生徒たちは、より理科の本質に近づくことができたと同時に、他教科とのつながりを意識しながら、より主体的に学習に取り組むことができるようになった。「未来を拓く力」をつけるためには、教師自身が、教科の本質を理解することや、学びをつなぐ力の育成が重要であると改めて感じた。今後は、自分の思考をどのように、他者に発信する方法について考え、全員を巻き込んだ議論ができるようにしたい。

【参考文献】

熊本大学教育学部附属中学校（2014）『平成26年度研究紀要「思考力・判断力・表現力を育成する授業づくり」』  
 熊本大学教育学部附属中学校（2015）『平成27年度研究紀要「未来を拓く力を育成する教育課程の開発（2年次）」』  
 西岡加名恵（2008）『「逆向き設計」で確かな学力を保障する』（明治図書）  
 文部科学省（2016）『幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）』  
 文部科学省（2017）『中学校学習指導要領』  
 文部科学省（2017）『中学校学習指導要領解説 理科編』

