

## 理科に関連した課題の解決策を導き出せる生徒を育てる理科授業

### I はじめに

変化が激しく、複雑な現代社会には、それまでに習得した知識や技能をそのまま用いるだけでは解消できない社会問題が多く存在する。生徒たちには、これから直面するであろうそれらの難解な問題を解消するために課題を見だし、様々な解決方法を生み出し、多様な価値観をもつ他者との対話を通して解決策を導き出すことで、課題を解決し、問題を解消していくための「思考力」が必要となってくる。<sup>注1)</sup>

理科教育では学習での「思考」を「ある目標の下に、生徒が既有経験をもとにして対象に働き掛け、様々な情報を得て、それらを既有の体系と意味付けたり、関係付けたりして、新しい意味の体系を創りだしていくこと」<sup>1)</sup>と解釈する考え方がある。この考え方では「外部情報と既有の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」面と「目標である新しい意味体系を創造する」面が重ね合わされている。心理学で「思考」は「推論」と「問題解決」に分けられ、「推論」は「ある情報が与えられたときに、その情報に基づいて何らかの結論を導くような思考のこと」<sup>2)</sup>、「問題解決」は「何らかの目標があり、現状と目標の間に障害があった場合に、目標に到達するための方法を探し出すこと」<sup>3)</sup>と定義される。この定義は先に述べた理科教育の重ね合わせの説明と対応関係があり、平成29年3月公示の学習指導要領においても、「推論」は理科で育む資質・能力の『思考力・判断力・表現力等』と、また「問題解決」は科学的な探究過程を指す『理科の考え方』と対応している。これらを鑑みると、観察・実験や課題解決等の主体的・対話的な活動を通じて、生徒たちは『理科の考え方』の行動様式の中で、科学的な論理や根拠を用いた『思考力・判断力・表現力等』の使用・改善を重ねるなど、「目標である新しい意味体系を創造する」面と「外部情報と既有の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」面を妥当に遂行する力（思考力）をつけることが、「深い学び」であると言える。これは日常生活場面の認知・判断・行動の基盤となり、将来に渡り活用度が高く、より良い社会生活へ向けた価値観を伸長させ得るような科学的な知識体系を形成させていくことにつながると考える。

将来、直面する難解な問題の中に理科に関連した課題を見だし、それを解決することで問題を解消できるようにするためには、習得した知識や技能をそのまま用いるだけでは解決へと導けない理科に関連した課題に対して、科学的な知識体系を形成した上で解決策を導く経験を積み重ね、「思考力」を鍛えることが必要であると考え。前研究シリーズにおいて我々は、生徒たちにより科学的な知識体系を形成させるために、「実感を伴った観察・実験を通して知識や技能を習得させる場」と「単元全体と関わりのある課題について習得した知識や技能を用いて自分なりの考えを生み出し、批判的思考を用いさせた上で他者の考えと競合させる場」（いわば「問題解決」を行う中で「推論」を促す場）を設定した。そして、他者の考えと競合させる場の生徒たちの姿から、言語活動を設定して他者との関わりを促すことは生徒たちに「目標である新しい意味体系を創造する」力と、「外部情報と既有の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」力を育むのに有効で、より科学的な知識体系を形成させることができた結論付けた。これを土台としつつ、今研究シリーズにおいては、「問題解決」を行う中で「推論」させる場の設定を更に工夫して「思考」の二つの面を密接に関わ

らせて繰り返し使用させるとともに、メタ認知をより促すため生徒たちに自身の判断の妥当性や成長の足跡を意識させるようにする。そうすることで、より科学的な知識体系を形成させるとともに、科学的な論理や根拠に基づいた「思考力」を育めると考える。

以上のことから、理科の授業において他者との関わりを促しながら、「思考」の場を繰り返し設定することで、難解な社会問題を解消していくための課題の解決策を導き出せる生徒の基礎が育成できると考え、研究主題を「理科に関連した課題の解決策を導き出せる生徒を育てる理科授業」と設定した。

## Ⅱ 研究の概要

### 1 理科で目指す生徒像

我々は理科の授業を通して、それまでに習得した知識や技能をそのまま用いるだけでは解決へと導けない理科に関連した課題に対して、科学的な知識体系を形成した上で解決策を導く経験を積み重ね「思考力」を鍛えていく。それにより、将来、直面する難解な問題の中に理科に関連した課題を見だし、それを解決することで問題を解消するための基礎となる力が育成できると考えた。そこで次のように理科で目指す生徒像を設定した。

理科に関連した課題の解決策を導き出せる生徒

### 2 育みたい資質・能力

理科で目指す生徒を育てるためには、以下の資質・能力を育む必要がある。

「外部情報と既存の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」と「目標である新しい意味体系を創造する」ことを妥妥に遂行する力（思考力）

資質・能力を育むためには「思考」の源となる「より科学的な知識体系」が必須であり、また一方で、「より科学的な知識体系」の形成には思考が妥妥に遂行されることが必須である。このことより、「自分のもつ知識体系の変化」を点検し、外部情報と既存の知識体系の関係をどう再構築しているかや、新しい意味体系の創造がどの程度進んでいるかを点検する、つまり「思考の妥妥な遂行」をメタ認知することで思考力を効果的に育むことができると考える。なお、自分のもつ科学的な知識体系、すなわち日常の生活経験及び既存の知識体系をより科学的な知識体系にさせる態度を喚起しつつ、上記の能力を育んでいく必要があることは言うまでもない。

### 3 研究の内容

理科で育みたい資質・能力を育むために、次の三つの手立てを講じる。また、育みたい資質・能力がどの程度育まれたかを見取るための評価を行う。

#### (1) 育みたい資質・能力を育むための手立て

##### ア より科学的な知識体系を形成するための手立て

単元を見通して「中核となる知識」と「中核となる知識を支える知識」を設定しておく。「中核となる知識」は予め先行オーガナイザーとして与え、それに「中核となる知識を支える知識」

を関係付けさせるとともに意味付けさせたり、「中核となる知識を支える知識」同士を関係付けさせるとともに意味付けさせたりするように単元を構成し、より科学的な知識体系を形成させていく。そのため「中核となる知識」と「中核となる知識を支える知識」を関係付けさせるとともに意味付けさせる活動を中心としながら、2つの場を設定する。1つ目は新しい情報を既存の知識体系と関係付けさせるとともに意味付けさせて単元に関わる基本的な知識や技能を習得させることを狙いとした「広げる場」である。2つ目は理科に関連した課題を与えて問題を見いださせ、複数の「中核となる知識を支える知識」同士を関係付けるとともに意味付けさせて知識体系に変化をもたらす組み替えを促すことや、「広げる場」において関係付けるとともに意味付けされた知識体系に、より科学的な意味付けを促すことを狙いとする「深める場」である。また、同一単元内での知識体系の形成に限定せず、単元を超えた知識体系を形成させることも目指していく。

#### イ 思考を妥当に遂行する力を育むための手立て

「深める場」において、理科に関連した課題を生徒に与えて問題を見いださせ<sup>注2)</sup>、その解決策を導き出す活動の中で、「外部情報と既存の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」と「目標である新しい意味体系を創造する」ことを密接に関わらせる。活動全般で「目標である新しい意味体系を創造する」ことを意識させた動きを生徒に取らせつつ、解決方法を生み出すときや見直すとき、解決策を導き出すときに「外部情報と既存の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」ことを妥当に遂行する力を育んでいく。

そのために、まず、様々な解決方法を個別に生み出させる（拡散的思考）。次に、小集団で精緻化のための話し合いを行わせた後で、全体で競合を引き起こす話し合いを行わせる言語活動を設定し、他者との関わりを促すことでより矛盾のない解決方法に再構築させていく。そして、解決方法の妥当性を確かめる実験を行った後に解決策として導き出させる（収束的思考）。

なお、「広げる場」においても「深める場」と同様な順序で探究活動を行うことのできる基本的な課題をなるべく多く出題することで、生徒に繰り返し「思考」の二つの面を密接に関わらせて妥当に遂行させる経験の機会を確保する。

#### ウ メタ認知に関わる手立て

単元の学習前に、「中核となる知識」に関わるラベルと「中核となる知識を支える知識」に関わるラベル、それ以外の単元に関わる知識ラベルを生徒に与え、関係するラベル同士を線で結ぶ（関係付ける）とともにリンクワードを記述（意味付け）させる「知識体系マップ」を描かせる。それにより、単元の始めの自分の知識体系を把握させる。そして、「広げる場」において、課題解決後のまとめを書く際に、与えられたキーワードを用いてまとめを書くことができているかを問い掛ける。（モニタリング（M））その後、学習内容のまとめごとに、その内容に関わる知識ラベルを関係するラベル同士を線で結ぶとともにリンクワードを記述させる「探究マップ」を描かせる。その後、単元の始めに描いた「知識体系マップ」と比較させ、変容した箇所を示させた上で、変容の様子についての自身の受け止めを文で述べさせる。その後、他者と互いに「探究マップ」を見比べさせることで、より科学的な知識体系へ向けた変容をメタ認知させる。（リフレクション・モニタリング（RM））

また、「深める場」において解決方法を生み出す際には、様々な可能性を考えることができているか問い掛けることでメタ認知（拡散的思考中のモニタリング（拡M））させる。解決策を導

く際には、解決策を導くのに不可欠なキーワードを用いることができているかを問い掛けることでより科学的な解決策を導くためにメタ認知させる（収束的思考中のモニタリング（収M））。また活動後に、自分の解決方法を生み出す際には様々な可能性を考えることができたか、解決策としてより科学的な考えを導くことができたかを自己評価させることで、自分の思考の仕方についてメタ認知させる。また、「深める場」の探究活動を経てから単元の終わりの「知識体系マップ」を描かせ、単元の始めに描いた「知識体系マップ」や「探究マップ」と比較させ、変容した箇所を示させた上で、変容の様子についての自身の受け止めを文で述べさせる。その後、他者と互いに「知識体系マップ」を見比べ、追記や修正をさせることで、より科学的な知識体系へ向けた変容をメタ認知させる（拡散・収束的思考による課題解決後のリフレクション・モニタリング（拡・収RM））。

## (2) 資質・能力がどの程度育まれたかの評価について

生徒のもつ知識体系を見取り、教師が想定する科学的な知識体系と比較することで、「外部情報と既存の知識体系を分析・解釈して関係を再構築する」と「目標である新しい意味体系を創造する」ことを妥当に遂行する力（思考力）がどの程度育まれたかを評価する。具体的には、「知識体系マップ」において、単元の「中核となる知識」に関わる「中核知識ラベル」に関係付けるとともに意味付けされた知識ラベルの種類と個数を基に、単元の学習前後の「知識体系マップ」が含意する科学性や構造の深淺をつかむ。

## 4 研究の経緯

1年次では、「思考力とメタ認知する力を育むための三つの手立ての有効性を検証し、教科理論の構築をすること」を狙いとし、それらの手立てが有効であるかどうかを、生徒の知識体系マップから検証してきた。単元の前後で描かせた知識体系マップを比較すると、「中核知識ラベル」に関係付けるとともに意味付けされたラベルの数が増加する生徒が多く見られた。単元後に描かせたマップでは、「中核となる知識を支える知識」にかかわる知識ラベル同士を関係付けるとともに意味付けることができた生徒が見られた。「拡散・収束的思考による課題解決後のリフレクション・モニタリング」では、生徒自身が高い自己評価を行い、かつ教師の評価と一致している生徒は、「深める場」において科学的な根拠をもとにしたまとめを記述することができる傾向が見られた。また、「深い理解を伴った知識」に関わる「リフレクション・モニタリング」では、メタ認知がよくできたと教師が評価した生徒は、単元後に描かせた知識体系マップで、関係付けるとともに意味付けされたラベルの数が増加する傾向が見られた。

これらの結果から、三つの手立ては互いに関連しながら、知識体系の形成を進めるとともに思考力を育むことができたと考える。また、適切にメタ認知を働かせることで、より科学的な知識体系が形成されたと考える。

2年次では、より科学的な知識体系の形成を行うために、系統性や関連性を意識した単元構成を行い、より科学的な知識体系の形成を目指した。具体的には、領域を貫いたり、単元をまたいだりするような「中核となる知識」と「中核となる知識を支える知識」を設定し、「広げる場」「深める場」において、より科学的な知識体系の形成をねらいとした。また、「知識体系マップ」から三つの手立ての有効性を見取るため、1年次では思考力とメタ認知する力を育むようにしてきたが、1年次の研究で、思考力の効果的な育成にはメタ認知が欠かせないことを検証することができたため、「メタ認知する力」については育みたい資質・能力から外すこととした。そして、より科学的

な知識体系を形成するための手立てが資質・能力を育むために有効であったかを検証した。

その結果、第2学年「生命を維持するはたらき」において、「生命」の視点から動物と植物を関連付けた単元構成や、第1学年「光の性質」の学習内容と第2学年「行動のしくみ」の目のつくりの学習内容を結び付け、単元を超えた単元構成により学習を進めることで、より科学的な知識体系の形成する成果を上げることができた。一方、「中核となる知識」に関わるラベルと「中核となる知識を支える知識」に関わるラベル、それ以外の知識ラベルを生徒に明示せずに「知識体系マップ」を描かせる方法では、「中核となる知識を支える知識」に関わるラベルがどの程度関係付けるとともに意味付けられているか正確に見取ることができないという課題が残った。

3年次では、「知識体系マップ」を描かせる際に、「中核となる知識」に関わるラベルと、「中核となる知識を支える知識」に関わるラベルを生徒に明示したことで、それらのラベル同士を直接関係づけるとともに意味づける記述が増えたため、生徒の知識体系をより正確に見取ることができた。しかし「中核となる知識」に関わるラベルと、「中核となる知識を支える知識」に関わるラベル以外のラベルの数が多かったため、知識体系の見取りが煩雑になる部分もあった。そのため、「中核となる知識」に関わるラベルや「中核となる知識を支える知識」に関わるラベル以外の知識ラベルも精選していきたい。

### Ⅲ おわりに

目指す生徒像に近づけるため、理科で育みたい資質・能力がどの程度育まれたかを評価するために、「知識体系マップ」によって生徒のもつ知識体系を見取り、教師が想定する科学的な知識体系と比較してきた。学習前後の「知識体系マップ」を比較すると、学習後の「知識体系マップ」には「中核となる知識」に関わるラベルと「中核となる知識を支える知識」に関わるラベルを関係付けるとともに意味付けることができ、より科学的な知識体系を形成した多くの生徒の姿を見ることができた。また、深める場における思考の場面では、これまで形成してきた科学的な知識体系をもとに実験結果を予想しながら、課題の解決策を導き出す姿も見られた。これは、理科で育みたい資質・能力を育むための三つの手立てが有効に機能した結果である。このように資質・能力を育むことは、理科に関連した課題の解決策を導き出せる生徒の育成につながると考える。

注1) 2) 「課題」と「問題」の関係は一般社会やビジネスの場面と教育の世界で順序が変わる。一般社会やビジネスの場面では、人が感じる「問題」(不都合)を乗り越えるために人が向き合うべき「課題」(仕事)を掲げた上で、主体的・協働的な活動を行ってそれを解決する(改善を行う)ことで問題を解消すると捉えており、教育の世界では、教師提示の「課題」(タスク)を達成するために生徒は解決すべき問題(学習目標)を受け止めて、自らまたは他者と協働しながらそれを解決していく(学習する)ことで課題を達成すると捉えている。

### 引用文献

- 1) 日本教材文化研究財団編『科学的思考力を育成するための「すべ」に関する研究』日本教材文化研究財団、2016年、1ページ
- 2) 安藤寿康・鹿毛雅治編『教育心理学—教育の科学的解明をめざして—』慶應義塾大学出版会、2013年、178ページ
- 3) 安藤寿康・鹿毛雅治編『教育心理学—教育の科学的解明をめざして—』慶應義塾大学出版会、2013年、183ページ

### 参考文献

- 市川伸一編『認知心理学4 思考』東京大学出版会、1996年  
 江川玫成『発想のヒント』大日本図書、1996年  
 辰野千壽『学び方の科学—学力向上に生かすAAI—』図書文化社、2006年

## 理科

- 福岡敏行編『コンセプトマップ活用ガイド』東洋館出版社，2002年  
守屋慶子『知識から理解へー新しい「学び」と授業のためにー』新曜社，2000年  
三宮真智子編『メタ認知 学習力を支える高次認知機能』北大路書房，2008年  
文部科学省『中学校学習指導要領』文部科学省，2017年  
内田伸子『子どもの文章 書くこと考えること』東京大学出版会，1990年