

## 児童・生徒の科学的な思考・表現を高める理科授業モデル

土田 理 [鹿児島大学教育学系(教育実践総合センター)]

下古立 浩 [鹿児島県教育庁]

### Models of science classes to improve scientific thinking and expression of students

TSUCHIDA Satoshi · SHIMOFURUTACHI Hiroshi

キーワード：理科授業、科学的な思考・表現、基礎基本定着度調査、全国学力テスト

#### 1. はじめに

現行の小学校ならびに中学校学習指導要領の理科に関する内容は、PISA (OECD) や TIMSS (IEA) が強く影響を与えている。これは、理科における観点別評価で、「科学的な思考」「観察実験の技能・表現」とされていたものが、「科学的な思考・判断・表現」「観察実験の技能」と変更されたことからわかる。

ここでは、自然事象に関する基礎的知識と思考・表現に関して、鹿児島県内の小学生、中学生の現状を分析した後、科学的な思考・判断・表現力を高める理科授業を目指した理科授業モデル事例を紹介し、まとめとして、科学的な思考・表現を高める理科授業実現のための教師の授業力向上の方策について検討を行う。

#### 2. 鹿児島県内の小学生、中学生の理科学習に関する現状

平成 19 年度から実施されている全国学力・学習状況調査（以下、全国学力テスト。）は、平成 24 年度に初めて、理科が加わった。その後、平成 27 年度学力テストにおいても、理科の調査が行われている。

全国的な傾向として、この二つの全国学力テストを比較して、小学校理科では、平成 24 年度は「観察・実験の結果を整理考察すること」「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こと」に課題があるとされていたが、平成 27 年度では前後者ともに改善がみられたが、新たに「結果を見通して実験を構想すること」「結果を基に自分の考えを改善したりすること」に課題が見られたとしている（文部科学省他、2012a, 2015a）。また中学校理科では、平成 24 年度、27 年度両方を通して「基礎的・基本的な知識や技能を活用して、仮説を検証するための観察・実験を計画すること」「自らの考えや他者の計考えを検討して改善すること」に課題があるとしている（文部科学省他、2012b, 2015b）。

鹿児島県独自の「鹿児島学習定着度調査」では、県内全ての小学校 5 年生、中学校 1 年生、中学校 2 年生を対象に学習状況調査を行っている。

表 1 は、平成 25 年度の理科における「基礎・基本」と「思考・表現」に関する全般的な調査結

表1：平成25年度鹿兒島学習定着度調査結果

理科	基礎・基本	思考・表現	全体
小5	79.3	55.2	73.3
中1	67.5	35.9	57.2
中2	68.1	49.2	62.1

(数字は平均通過率 単位：%)

果である(鹿兒島県教育委員会, 2014a)。

表1より, 調査対象の全学年を通して, 基礎・基本に関して通過率が60%を越えているが, 思考・表現に関しては, 通過率が低い傾向にあることが分かる。

「平成25年度鹿兒島学習定着度調査結果報告書」(鹿兒島県教育委員会, 2014a)を基に, 各学年の課題等を抽出すると以下ようになる。

[小学校5年生]

- 基礎的内容は概ね定着しているが, 「電気の働き」の理解が不十分である。語句や記述による問題に関して無答率が増える傾向がある。
- 天体の規則性や事象を関連付けて理解したり, 条件制御による実験結果を解釈し, 説明したりすることが十分ではない。特に, 論理的に記述することに課題が見られる。
- 「電気の働き」は「電流の働き」「電気の利用」, 中学校の「電流」「電流と磁界」につながる系統的内容である。中学校での「電気回路」に課題が見られることから, 実験結果を筋道立てて記述したり, 図で表し発表したりする学習を通して, 概念形成を図る必要がある。

[中学校1年生]

- 「光合成」などの身近な事象や「凸レンズの焦点」などの基本的な語句は理解しているが, 花が咲く観点によりオオカナダモとマツが同じ種子植物であることや音叉の共鳴現象では振動数が同じであることなど, 他の事象と関連付けた本質的な理解までいたっていない。
- 光の進み方や水溶液の状態など, 視覚的に実感することが難しい現象をイメージして思考することが十分でなく, また, 考えを記述し, 論理的に説明することについて無答率が高くなる。
- 光の進み方の規則性について, 作図や身近な現象との関連付けにより実感を伴う理解を図ったり, 水溶液の学習については, 単元を通して, 生徒一人一人が観察・実験の予想や結果を粒子モデルで説明する活動を取り入れたりして, 応用の利く概念形成を図っていく必要がある。

[中学校2年生]

- 「地震の伝わり方」, 「動物の分類」, 「電気分解」, 「酸化・還元」, 「電気回路」, 「重力の働き」などについて, 知識等の基本的概念は定着しているが, 事象が生じる仕組みや規則性の理解が十分でなく, さらに実験操作や作図等の技能などの習得も不十分である。
- 「化学変化」や「消化・吸収」など, 視覚的に実感することが難しい現象をモデルで理解したり, グラフや図表から現象の情報を読み取りイメージしたりすることが十分でない。

表2：平成26年度鹿児島学習定着度調査結果

理科	基礎・基本	思考・表現	全 体
小5	68.5	55.8	63.9
中1	67.3	40.8	58.5
中2	53.7	30.5	45.4

(数字は平均通過率 単位：%)

- 化学変化における原子の種類や数の保存、消化と吸収における仕組みと働きに関連などをモデルで説明したり、立体的な地層モデルでの視点移動（観察者の視点と鳥瞰的な視点）を通して空間概念を養ったりして、実感を伴った深い理解を図る必要がある。

また、平成26年度の理科における「基礎・基本」と「思考・表現」の全般的な調査結果を表2に示す（鹿児島県教育委員会, 2015a）。

小学校5年生、中学校1年生は平成25年度とは母集団が異なるため、前掲の表1と単純比較はできないが、「基礎・基本」に比較して「思考・表現」に関する内容で通過率が低いことが分かる。また、表1と同じ母集団である中学校2年生では、「基礎・基本」では約14ポイントの低下、「思考・表現」では、約5ポイントの低下がみられる。

「平成26年度鹿児島学習定着度調査結果報告書」（鹿児島県教育委員会, 2015a）を基に、各学年の課題等を抽出すると以下ようになる。

[小学校5年生]

- 「基礎・基本」については、平均通過率は68.5%であり、概ね定着が図られている。サクラの越冬の仕方、湯気と水蒸気の違い、顕微鏡の使用手順などの問題の通過率が低い状況であった。生活経験をもとにした見方や考え方を科学的な見方や考え方に変えるための工夫が必要である。
- 「思考・表現」については、平均通過率は55.8%である。天気の様子と気温の変化、回路がつかない要因の特定、種子、稚魚、胎児の養分の取り方などの問題に課題が見られた。学習した内容を既習の内容と関連付けて捉えていない状況がある。
- 児童が見通しをもって問題解決を進められるようにすることが大切である。特に、児童が授業前に誤った見方や考え方をもちやすい内容については、予想を確実にもたせた上で実験を行い、実験の結果と予想との違いを明確にすることにより科学的な見方や考え方を身に付けさせたい。

[中学校1年生]

- 「基礎・基本」については、平均通過率は67.3%であり、概ね定着が図られている。顕微鏡の見えない原因の特定、メスシリンダーの目盛りの読み方などの問題の通過率が低い状況であった。実験器具の扱いについては、実験の中で全員の生徒に操作させるようにすることはもとより、機会を捉えて繰り返し触れさせるようにすることが大切である。
- 「思考・表現」については、平均通過率は40.8%であり、定着が図られていない。光の反射に

関する問題、海水が濃縮する様子を粒子モデルで表す問題などについて通過率が低い状況であった。身近な生活との関連、モデルで表現することに課題が見られる。

- 授業において、生徒が粒子モデルを用いて考察し、説明するような指導を繰り返し行うようにする。また、学んだことが日常生活や社会と関連していることに気付かせる機会を意図的に設けるようにしたい。

[中学校2年生]

- 「基礎・基本」については、平均通過率は53.7%であり、あまり定着が図られていない。物体に働く重力についての問題、オームの法則を使って抵抗を求める問題などが通過率が低い状況であった。抵抗を求める問題については、電流の単位の変換でのつまずきも考えられるので、実際に計算させるなどの活動の中で確実に定着させたい内容である。
- 「思考・表現」については、平均通過率は30.5%であり、定着が図られていない。地層の広がり方を土地の様子と関連付けて考える問題、火成岩の種類から活火山を選ぶ問題など通過率が低い状況であった。また、説明を記述する問題について、無回答が多い傾向があった。
- 生徒が自ら問題を見だし目的意識をもって探究する学習において、結果を分析し、解釈する場面で効果的に言語活動を取り入れるなどし、科学的な事象について適切な用語を用いながら、自分なりに説明できるようにさせたい。

また、前述した平成27年度全国学力・学習状況調査に関して、理科の平均正答率について問題の枠組み毎の全国と鹿児島県の比較を表3に示す(鹿児島県教育委員会, 2015b)。

表3より、小学校は記述式で若干下回るものの、全ての枠組みで全国平均を越えており、全体と

表3：平成27年度全国学力・学習状況調査結果

	小6		中3	
	県	全国	県	全国
全体	63.4	60.8	51.9	53.0
A問題	66.0	61.3	65.4	63.8
B問題	61.9	60.5	46.6	48.8
思考・表現	61.9	60.5	46.6	48.8
技能	60.3	55.5	47.4	46.8
知識・理解	73.1	68.6	72.6	70.6
選択式	64.9	62.9	51.2	53.1
短答式	72.9	63.6	63.8	61.6
記述式	45.1	45.3	44.5	45.8

(数字は平均正答率 単位：%)

(思考・表現は、B問題としている)

しても全国平均を超えていることがわかる。しかし、中学校においては、「A問題」「技能」「短答式」で全国平均を僅かであるが上回っているものの、その他では平均以下であることがわかる。

平成27年度全国学力・学習状況調査鹿児島県結果分析（鹿児島県教育委員会，2015b）における設問毎の考察では、小学校は「結果を基に考察したり、性質を適用したりすること」を問う問題に、中学校は「自然の事物・現象から問題を見だし、適切に課題を設定すること」や「予想や仮説を設定し、検証する実験を計画すること」を問う問題に課題が見られたとしている。

以上、基礎基本定着度調査や全国学力テストの鹿児島県内の小学生と中学生の現状から、理科の学習に関して、次の課題が浮かび上がってくる。

[小学生]

- ・ 実験結果を解釈し、筋道立てて記述したり、図で表し発表したりすること
- ・ 実験結果と予想との違いを明確にすること
- ・ 論理的に記述すること
- ・ 生活経験をもとにした見方や考え方を科学的な見方や考え方に変えること
- ・ 学習した内容を既習の内容と関連付けて捉えること

[中学生]

- ・ 考えを記述し、論理的に説明すること
- ・ 観察・実験の予想や結果をモデルで説明すること
- ・ 視覚的に実感することが難しい現象を仕組みや働きと関連づけてモデルで理解し、説明すること
- ・ グラフや図表から現象の情報を読み取ること
- ・ 実験は全員の生徒が行えるようになること
- ・ 学んだことが日常生活や社会と関連していること

小学校と中学校のこれらの課題に共通することは、日常経験や学習した事柄を用いて自然事象を解釈、説明することであり、これは科学の中心的役割である。

### 3. 授業モデル事例

日常経験や学習した事柄を用いて自然事象を解釈するためには、児童・生徒自らが獲得している知識や考えている事柄をメタ的に認知することや、原理や仕組みなどを日常的にわかりやすい対象に置き換えて表現するメタファ（隠喩）の活用が重要となる。

このメタ的な認知やメタファの活用は、前述した中学生の課題にあげた「モデル」による説明にもつながるものである。

また、メタ的な認知やメタファの活用を、理科授業中の児童・生徒の活動にも取り入れるためには、児童・生徒が前もって学習事項に関して、基礎的な知識を獲得しておくことが必要である。学習者全員が共通した基礎的な知識を持っていない状況では、授業がその基礎的な知識獲得のための場となり、いわゆるアクティブ・ラーニングにはならない。

### (1) モデルによる説明を強化する授業モデル例

中学生でモデルによる説明を可能とするためには、小学校理科においてモデル作りやモデルを用いた解釈、説明活動を積極的に取り入れることが求められる。特に小学校では、自然現象にまつわる法則を通して解釈することが、中学校理科ほど求められていないため、比較的自由的なモデル作りが可能である。筆者の一人は、小学校に理科専科として勤務している時に、空気と水の物質としての違いを粒子概念を基にして説明するための試行授業を行った。試行授業は、小学校3年生の「空気と水」の単元の最後に、空気がつぼうの中に、砂、土、ビーズ、紙、輪ゴム、スポンジ、発泡ポリスチレンを入れて、前玉を飛ばす実験活動を1時間追加したものであった。いろいろな物を入れて前玉を飛ばす実験の後、空気がつぼうの空気の様子を描画した図に、小さな三角形の生き物が密集した図や、空気がバネの役割をしている図など、粒子メタファ表現の萌芽が読み取れる図が現れてきた(中山, 下古立, 2002)。

この授業実践は、現在、4年生に移行している同じ単元においても活用が可能であり、かつ効果が期待できるものである。

### (2) 基礎的知識を前もって獲得する授業モデル例

理科においては、児童・生徒に前もって教科書を読ませないことをよしとする考え方が一部に存在する。これは、観察、実験を通して探究的に問題解決の活動を行わせたいという教師の思いが反映されていると思われる。

しかし、中学校理科では、理科の既習事項の活用だけでなく、関数やグラフなど数学での既習事項の活用も必要なる単元が多くある。さらに、初めての実験装置や道具を用いて実験を行い、定量的なデータを数学を用いて解釈し、グループで考察しなければならぬ単元もある。これらは、特に第1分野の粒子・エネルギーに関する分野に多くある。

必要最小限の知識を前もって生徒が獲得することで、実際の授業における探究活動を活発にし、さらに実験中の生徒一人一人の思考や説明の活動を高める方略として、反転学習の考え方がある。反転学習とは、これまで授業中に知識の修得を行い、授業後の復習問題などで知識の応用を行っていた授業スタイルを反転させて、知識の習得を授業前に行うことで、授業中に知識の応用を行うことをいう(J. パーグマン他, 2015)。この反転学習のスタイルを理科実験に取り入れることを試み、中学校理科の「運動とエネルギー」の単元の「物体の運動と力」の実験に、実験装置の使い方やデータの処理の仕方を実験予習動画として組み入れたシステム開発と授業実践を行った(諸留, 土田, 2015)。鹿児島市内の中学校3年生1クラスを対象に、実験の事前学習課題として実験予習動画の視聴と動画内容の確認テストを行い、翌日、通常の実験を行った。

実験後の生徒アンケートでは、「余裕を持って進められるようになった」「より深くまで学ぶことができて、おもしろかった」「実験する前に、結果を予想することができた」など、いわゆるアクティブ・ラーニングが目指す能動的な学習状況を示す回答が多くあった。

また、理科授業ではないが、徳之島町立母間小学校においては高学年の児童を対象に、予習課題



が入ったタブレット端末を家庭学習に導入している（鹿児島大学教育学部，2016）。児童が図や文字と同時に、担任の声を録音した予習課題を前もって家庭で行うことで、授業時に求められる基礎的知識の児童間格差の解消を図った実践である。

先述した中学校理科実験の予習動画提示も、Moodle を用いたシステムを構築しており、タブレット端末による実験予習動画の視聴や、実験中での実験操作の動画確認も可能となっている。

#### 4. 科学的な思考・表現を高める理科授業実現のために

鹿児島県教育委員会では、平成 27 年 3 月に「学びの羅針盤～学び続ける教師のための取組指針～」を刊行し、県下全ての教職員に配布している。県下全ての教師が、自ら授業力を高め、学び続ける教師を目指す「羅針盤」としての位置づけられた冊子であり、授業づくりについては、各教科において思考力、判断力、表現力を身に付けるための「授業づくりのポイント」が示されている（鹿児島県教育委員会，2015c）。

この「学びの羅針盤」の理科においては、「子ども自身が問題を見だし、問題解決への確かな見通しを持てるようにする」「子ども一人一人が観察、実験の主体となるようにする」「結果を分析し、解釈する場面で効果的に言語活動を取り入れる」「まとめの場面では、教室内のすべての実験結果を生かす」の 4 つを授業づくりの観点として示している。

観点毎に、観点の意味、授業場面事例、ワンポイントアドバイスを共通で設けることにより、教師の発問、板書や小黒板の活用方法、評価の方法がわかりやすく示されている（図 1）。

科学的な思考力・表現力を育成する理科授業への改善の手立てとして、「学びの羅針盤」は、直接、授業指導助言の際に活用する他、理科の指導法改善のための柱となるものである。また、市町村教育委員会の指導主事が管下の学校の授業を指導する際にも活用することで、県内教師の理科授業力向上のため共通した基礎となるものと思われる。

また、教師が理科授業力を向上するためには、教師自身が自然事象に対して、真正な興味・関心

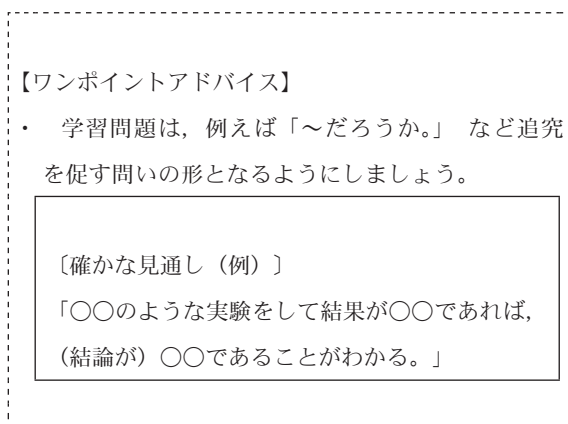


図 1：ワンポイントアドバイスの例

を抱き、積極的に経験し、学ぶ態度を持つことが必要条件である (J.D. ハーレン他, 2007)。特に、小学校教師の理科授業に対する苦手意識は、理科授業の内容に直接関係するため、学習者へ負の要因を与える大きな問題となる。教師が、理科授業に関する研修の機会を持つことは、この問題の解決に対して解決策の一つとなる。しかし、鹿児島県内の小学校教師を対象にした理科授業に対する苦手意識調査からは、教師が中学校や高等学校時代に受けた理科授業も、その要因になっていることが示されている (土田, 林, 2005)。

この解決策の一つとして、小学校理科で扱う教科内容に関してのデジタルリソースの提供は、重要な要因になり得る。特に、次期学習指導要領改訂では、デジタル教科書の内容が大きく進歩し、教科書自体を単にデジタル化したものではなく、各分野の内容に対して、動画や図、データを含む専門的知識までリンクすることが期待される。これらと、教室の ICT 化による新しい情報活用のあり方が、これからの教員研修にも求められるものである。

## 5. まとめ

次期学習指導要領改訂が、小学校では平成 32 年、中学校では平成 33 年に行われることが予定されている (文部科学省, 2015)。道徳活動の充実や小学校英語の導入などが伝えられているが、学びの「21 世紀型スキル」は、その根底に位置すると思われる。

「21 世紀型スキル」として掲げられている、「クリティカル・シンキング」「ディシジョン・スキル」「コラボレーション」等は、これからの社会で個人が責任を果たして活躍するために必要とされるものである。しかし、科学の営みでは、これまでも当然のこととして行われてきたものである。小学校、中学校の理科授業においても、「アクティブ・ラーニング」等に代表される新しい言葉の表面だけに迷わされることなく、その本質を追究するために、目的をもった理科授業実践の積み重ねがより求められる。

## 6. 参考文献

- 鹿児島県教育委員会 (2014), 平成 25 年度鹿児島学習定着度調査結果報告書  
鹿児島県教育委員会 (2015a), 平成 26 年度鹿児島学習定着度調査結果報告書  
鹿児島県教育委員会 (2015b), 平成 27 年度全国学力・学習状況調査鹿児島県結果分析  
鹿児島県教育委員会 (2015c), 学びの羅針盤  
鹿児島大学教育学部 (2016), 「地域の特性を活かした鹿児島教育の未来」報告資料, 19-22  
J. バーグマン, A. サムズ著, 上原訳 (2015), 反転学習, オデッセイコミュニケーションズ  
土田理, 林眞平 (2005), 小学校教師の理科授業に対する苦手意識とその要因, 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要, 第 15 巻, 57-64  
中山迅, 下古立浩 (2002), メタファ表現から見た学びの構造, これからの理科授業実践への提案, 東洋館出版社, 8-11  
J.D. ハーレン, M.S. リプキン著, 深田他監訳 (2007), 8 歳までに経験しておきたい科学, 北大路書房,



諸留有志, 土田理 (2015), 能動的な学習を支援する実験予習動画を用いた授業実践—中学校理科  
実験における有効性の検証—, 日本理科教育学会研究会研究報告, 30 (2), 43-46

文部科学省 (2008), 小学校学習指導要領解説 理科編

文部科学省 (2008), 中学校学習指導要領解説 理科編

文部科学省 (2015), 教育課程部会 総則・評価特別部会 (第1回) 配付資料, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chukyo/chukyo3/061/siryo/1363091.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo3/061/siryo/1363091.htm) (2016/2月現在)

文部科学省, 国立教育政策研究所 (2012a), 平成24年度全国学力・学習状況調査【小学校】報告書,  
18-19

文部科学省, 国立教育政策研究所 (2012b), 平成24年度全国学力・学習状況調査【中学校】報告書,  
19-21

文部科学省, 国立教育政策研究所 (2015a), 平成27年度全国学力・学習状況調査報告書(小学校理科),  
8-9

文部科学省, 国立教育政策研究所 (2015b), 平成27年度全国学力・学習状況調査報告書(中学校理科),  
8-9