

「理科」における「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の捉え方

小林 辰至*・後藤 顕一**

(平成27年8月18日受付；平成27年10月26日受理)

要 旨

本稿は、「理科」において、観察・実験を通して育成できる問題解決の能力を、国立教育政策研究所が提唱している「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を構成する3つの能力、「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」に対応させるための考え方や手立ての検討を通して、評価規準作成の可能性を明らかにすることを目的とした。

検討に当たって、最初に「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を構成する三つの能力について、“Science-A Process Approach (SAPA)”のプロセス・スキルズを精選・統合して作成した七つの「探究の技能」の上位項目のいずれが対応するかを検討した。次に、その結果を踏まえ、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の三つの能力について、合わせて十の下位項目を設定した。そして最後に、「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」の能力の下位項目の一つ一つについて、中学校理科の実験「ばねに加える力とばねの伸び」を取りあげ、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準の作成を試みたところ、矛盾なく設定することができた。

KEY WORDS

21世紀に求められる資質・能力, 理科, 問題解決の能力, プロセス・スキルズ

1 はじめに

現代は知識基盤社会である。世界に目を転じて教育改革の動向を見ると、断片的な知識や技能の習得を目的とするのではなく、一人一人の全体的な能力の育成を重要視する動きが広がっている。変化が激しく先行きが見通しにくい現代にあって、欧米をはじめとする国々は、従来にも増して一人一人が自立して考え行動し、また他者と協働して新しい価値や社会を創造できる人材の育成を目指している。

我が国の教育改革の動向も同様の状況にあり、国立教育政策研究所は、これからの時代に求められる汎用的な能力として、「21世紀に求められる資質・能力」を提案している。「21世紀に求められる資質・能力」は「道具や身体を使う（基礎力）」、「深く考える（思考力）」、「未来を創る（実践力）」で構成されている（以下、基礎力、思考力、実践力と表記する）。

それでは、教科としての「理科」は、「21世紀に求められる資質・能力」の育成にどのように資することができるのだろうか。「理科」は、児童・生徒が自然の事象から問題を見だし、実験等で検証して問題を解決する過程を大切にしている教科である。このような特徴を持つ理科が、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の育成に最も資することができるのは、何と言っても問題解決の能力であろう。

本報では、観察・実験を通して育成できる問題解決の能力と、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を構成する3つの能力、「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」を対応させ、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準の作成のための考え方や具体的な手立てについて述べる。

2 日本の近年の教育政策と社会の変化

教育の理念は、国の経済や社会の要請ではなく、何者にも支配されることなく「人格の完成」など普遍的な価値観で構想されるべきものである。しかし、その理念を教育課程として具体的に構築するとすると、社会の変化とそれに

伴う要請と無関係ではいられない。例えば、1980年代には「完成教育」から「自己教育力」育成への転換が行われた。これは、それまで社会人に必要なことはすべて学校で教えるという考え方から、生涯にわたって学び続ける力をつける教育への転換で、激しさを増す社会の変化に対応するためであった。2006年（平成18年）に改正された教育基本法では、①知・徳・体の調和がとれ、生涯にわたって自己実現を目指す自立した個人、②公共の精神を尊び、国家・社会の形成に主体的に参画する国民、③我が国の伝統と文化を基盤として国際社会を生きる日本人の育成を目指すことが明確にされた。また、2007年（平成19年）の学校教育法の一部改正では、「生きる力」を支える「確かな学力」、「豊かな心」、「健やかな体」の調和を重視するとともに、学力の重要な要素として、①基礎的・基本的な知識・技能の習得、②知識・技能を活用して課題を解決するために必要な思考力・判断力・表現力等、③学習意欲が示された。さらに、2012年（平成24年）の第2期教育振興基本計画の審議経過報告では、「社会を生き抜く力の養成」が「自立」、「協働」、「創造」を軸とした生涯学習社会の基盤に位置づけられた。これは、経済や社会の変化に対して、受け身で対応するのではなく、「自立」した個人が他者と「協働」することにより、新しい価値や社会を「創造」することが期待されているためである。現代が変化の激しい社会であるからこそ、多様な個人の人格を尊重し、互いに異なる考えを認め合い、生かしあって民主的で文化的な国家を形成する主体となることが、従前よりも一層求められていると言える。

3 「21世紀に求められる資質・能力」について

世界の教育改革の動向を見ると、断片的な知識や技能の習得を目的とするのではなく、人間の全体的な能力の育成を重要視する動きが広がっている。人間の全体的な能力をコンピテンシー（competency）という言葉で捉え、その定義に基づいて目標を設定し、教育政策を設計する動きが世界的な潮流となっている。特に、OECDのDeSeCoプロジェクト（1997～2003）の「キー・コンピテンシー」の概念は、PISA等の国際調査に取り入れられ、世界の教育改革の動向に大きな影響を与えている。なお、DeSeCoプロジェクトでは、「キー・コンピテンシー」を「単なる知識や技能の習得を越え、共に生きるための学力を身に付けて、人生の成功と、良好な社会を形成するための鍵となる能力概念」として定義している。

我が国では、国立教育政策研究所が、「21世紀に求められる資質・能力」を整理している（図1、表1）。この「21世紀に求められる資質・能力」は、「基礎力」、「思考力」、「実践力」の三層で示されている。これらの意味するところ、さらに「理科」として、これらの能力をどのように捉えれば、その育成に貢献できるのかについて述べる。

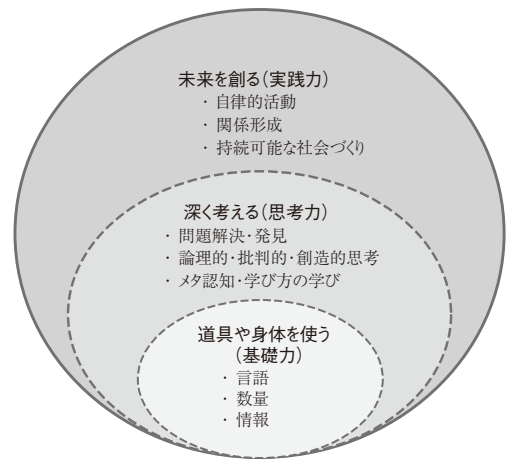


図1 国立教育政策研究所が提案した「21世紀に求められる資質・能力」の構造一例

表1 「21世紀に求められる資質・能力」における三つの能力の整理⁽¹⁾

	求められる力（イメージ）	構成要素
未来を創る（実践力）	生活や社会、環境の中に問題を見だし、多様な他者と関係を築きながら答えを導き、自分の人生と社会を切り開いて、健やかで豊かな未来を創る力	自律的活動 関係形成 持続可能な社会づくり
深く考える（思考力）	一人一人が自分の考えを持って他者と対話し、考えを比較吟味して統合し、よりよい答えや知識を創り出す力、更に次の問いを見付け、学び続ける力	問題解決・発見 論理的・批判的・創造的思考 メタ認知・学び方の学び
道具や身体を使う（基礎力）	言語や数量、情報などの記号や自らの身体を用いて、世界を理解し、表現する力	言語 数量 情報（デジタル、絵、形、音等）

3. 1 国立教育政策研究所で整理した「道具や身体を使う（基礎力）」の捉え方

「基礎力」は、言語、数量、情報（デジタル、絵、形、音など）を扱うスキルで構成し、道具としてのリテラシーを意味するものである。我々は、道具として言語、数量、情報や身体を使って、周囲の世界を認識したり、メッセージに表現したりしている。生活世界で生じる事象を把握したり、自分の思いや考えを効果的に表現したりできるよう

になるためには、これらの道具を思いのままに使いこなす経験が繰り返し求められると考えられる。未知の世界と出会い自分の思いや考えをより良く表現できるようになるためにも、心身を働かせて、ICTを含めた様々な道具を効果的に操作・活用できる「基礎力」の育成が求められる。

「理科」の立場で「基礎力」の構成要素である、言語、数量、情報（デジタル、絵、形、音等）について述べる。

「基礎力」としての言語は、言語で表現された科学的な概念の理解である。もう一つは、言語で定義して用いる科学的な用語の理解である。科学概念にしる科学的な用語にしる、従来の教育ではややもすると、それらが断片的な知識に留まりがちな点に課題があった。例えば、ヒトの体のつくりと働きなどの学習において、それぞれの臓器の働きを知っていても、それらが互いにどのように関わり合って一つのシステムとして機能しているのかを、科学的な概念や科学的な用語を関連づけて、論理的に説明できる能力まで高められていない実態があることから、指導に課題があると考えられる。また、実験の計画や実施に先だって設定する仮説についても、児童・生徒に考えさせ言語で表現させる指導が、日常的に行われているのかという点にも課題がある。「21世紀に求められる資質・能力」の言語については、学習した概念や知識を関連づけて論理的に説明させたり、実験の見通しを立て結果を考察したりする場面において、論理的な文章で記述させる指導を行うことで対応できると考える。数量については、事象の変化の定量的な測定の方法を理解したり、測定の誤差や測定値の分布を統計的に理解したりすることとして捉えることができる。また、実験を行う際には変数に着目して立てた仮説を検証するために測定の方法を考えたり、得たデータを表やグラフにして分析・解釈する等、探究の過程を通して育成できると考える。情報については、観察を通して得た定性的な記録を分析・解釈したり、数量的な実験の結果を表やグラフに表現して分析・解釈したり、あるいはその過程や明らかになったことを他者に分かりやすくまとめたりすることで育成できると考える。

以上のように、「理科」は「基礎力」として示されている言語、数量、情報等の育成にも資することができる教科と言える。

3. 2 国立教育政策研究所で整理した「深く考える（思考力）」の捉え方

変化の激しい時代においては、一人一人が自分の考えを持つとともに、自分の考えを他者の考えと比較・検討して、批判を加えたり良い考えは受け入れたりして、協働的に問題を立てたり問題解決したりできる「思考力」が重要となってくる。

「思考力」は、「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」から構成されている。「思考力」は、さまざまな思考を働かせながら、主体的・協働的に問題を解決し、更に新たな問いを見いだしていく力を意味する。人は、自分の経験や知識を新たに学ぶ知識と結びつけ再構成して、自分なりの世界のモデルを創り変えていく。その過程で、知識を活用できる深い理解を可能にし、主体的な学びができるようになるため、理由や根拠まで問題を深く追究して納得する経験や、その思考プロセスを内省的に振り返り、学び方を学ぶといった経験を繰り返すことが求められると考えられる。将来的に社会や生活の中で問いを立て、直面する課題を主体的に解決できる学び手になるためには、論理的・批判的・創造的に深く考え、自らの学びを省察する高次の思考力の育成が求められる。

ここでは、「基礎力」と同様に、「理科」の立場で「思考力」について、とりわけ重要な問題解決について述べる。

「理科」における問題解決の過程は、複雑な自然事象の中から変数を同定し、実験で検証できる創造的な問題を設定して、観察・実験を行って、その結果として新しい知見の発見に至るまでの流れをたどる。このような過程を通して、論理的思考力や批判的思考力が育まれると考えると、実践の場面では、「問題解決・発見力」、「論理的・批判的・創造的思考」に含まれる要素を切り離すことなく、一体として捉えられるようになる。

メタ認知は、自己の情動、記憶、思考などの認知活動を客観的に捉え評価した上で制御する思考力である。問題解決の場面で、いつどのような方略を用いるかといった知識や判断もメタ認知である。メタ認知は問題解決と密接に関わっている。科学的に問題解決を行うためには、自然事象に働きかけよく観察して、その問題は観察によって解決が可能なのか、それとも実験で検証して解決できるのかを見極めることから始まる。何かのようすやつくりを調べたいのであれば、まず観察から始めることになる。また、自然事象の変化の様子を調べたいときも観察が適している。よく観察した結果、その変化に何かの原因が考えられれば、原因と結果の関係について仮説を立てて実験で検証することになる。観察にしる実験にしる、問題解決の過程の適切な段階において、知識と方略を適切に適用しなければならない。このような、思考や判断はメタ認知である。「メタ認知」と対になっている「学び方の学び」は、実践の立場からはメタ認知と同義に解釈しておくのが良いと考える。つまり、「学び方の学び」は、当初に立てた問題解決の計画の遂行が順調に進んでいるかどうかを客観的に評価するとともに、必要に応じて計画や方略を修正する力として捉えるのである。

3. 3 国立教育政策研究所で整理した「未来を創る（実践力）」の捉え方

「実践力」は、「自律的活動」、「関係形成」、「持続可能な社会づくり」から構成され、自分自身と社会の未来を切り開いていく力を意味する。我々が実生活や実社会で出会う様々な問題においては、「道具や身体を使いこなす力（基礎力）」や「考える力（思考力）」を「何のために使うのか」が問われる。正解が一つではない問い、社会や自然の課題と向き合い、新たな価値を創造する持続可能な社会づくりに、自らあるいは協働で答えを出すことができる、未来を創るための「実践力」が求められる。こうした自立・協働・創造の力を育むためには、子供たちが生きる現実的な文脈の中で、自分たちが主体となって、多様な人々と関わり合い協働しながら、具体的な課題を創造的に解決していく経験が必要になると思われる。活力ある豊かな未来を創っていくためにも、自立した個人が、多様な人々と協働して、新しい価値を創造していく実践力の育成が求められる。

「基礎力」「思考力」と同様に、「実践力」の育成に、「理科」の学習がどのように資することができるのかについて述べる。観察・実験は班（集団）で行うのが一般的である。班で観察・実験を実施する場面を想定して、上記の三つの要素のうち「自律的活動」と「関係形成」について考えてみる。まず、構成員の一人一人が、科学的な概念や用語を正しく理解し、問題解決の知識や技能を習得していることが大切であり、これが自律的活動力の基盤となる。一人一人が自律的活動力を備えた集団は、言語を用いて自分の考えを他者に伝えるときにも、他者の考えを批判したり受け入れたりして、より適切な問いを立てたり問題解決に取り組むことができる。人間関係の形成力は、このような過程で育まれると考えられる。

仮説を設定する場面を例に挙げて、もう少し具体的に述べてみる。仮説の発案には既習の知識や経験に基づく創造的な思考を要する。このような、創造的な思考を要する場面では、一人一人の「自律的活動」がより一層問われる。例えば、問題となる事象における因果関係の有無や、問題解決のための仮説を出し合う際には、一人一人の経験や知識の質や量が鍵になってくる。鍵となる経験や知識の質や量が乏しいと、受け身になったり消極的になったりする懸念がある。「実践力」は、基礎力や思考力に支えられた総合的な能力である。「理科」の授業においては、上述したような「実践力」が習得できるよう、見通しをもった教育課程の編成と実施が大切となる。

3. 4 「基礎力」「思考力」「実践力」の相互関係

上述した「基礎力」、「思考力」、「実践力」の三つの力は、それぞれ分離・独立したものではなく、一体として働くものと捉えている。すなわち、三つの力が一体として働くことによって、「学びの道具を使って、深く考え、未来を創る」ことが可能になる。それが、「生きる力」の育成にも貢献すると考える。

さらに、「民主的な社会の形成者」の観点から見ると、三つの力が一体として働く過程を「知り、考え、行動する」とまとめることもできる。一人一人の子供が世界にアクセスし、主体的に思考する市民になることができれば、多様な意見が共有でき、社会がより成熟することになり得る。一人一人が自由に意見を述べる事が許され、意見の違いから互いの考えを深めることが自然にできるようになれば、自立も一層促されることになる²⁾。また、これらの力は、「理科」を通じて培うことが可能であると考えられる。

4 「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を考える原点としてのプロセス・スキルズ

「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を、「理科」の観察・実験を通して育成するためには、まず観察・実験で育成できる問題解決の能力を行動目標として明文化しておくことが必要である。その際の手掛かりの一つとして、1960年代にアメリカ科学振興協会（American Association for the Advancement of Science ; AAAS）が、「Science-A Process Approach (SAPA)」において提案した、プロセス・スキルズが挙げられる。

プロセス・スキルズは、「観察する」、「時空の関係を用いる」、「分類する」、「数を使う」、「測定する」、「伝達する」、「予測する」、「推論する」の八つの基礎的プロセスと「仮説を設定する」、「操作的に定義する」、「変数を制御する」、「データを解釈する」、「実験する」の五つの総合的プロセス、合わせて十三のプロセス・スキルズのもとに、合計五十七の目標が設定されている。

しかし、我が国の「理科」の授業に、十三のプロセス・スキルズとその下に設定された五十七の目標を、そのまま適用するのは難しい。その理由の一つとして、例えば基礎的プロセスの「測定する」に設定されている目標の「正確さ（accuracy）と精密さ（precision）の違いを識別することができる。」等のように、我が国の「理科」授業の実情にそぐわないものが複数存在することが挙げられる。また、総合的プロセスの「実験する」のように、「仮説を設定する」や「変数を制御する」等、多くのプロセス・スキルズを包含しているため、観察・実験の評価に適用しにくい

ことも理由として挙げられる。このような理由から、長谷川らはSAPAのプロセス・スキルズを精選・統合して、我が国の理科教育の実情に合うように作り替え、それに「探究の技能」という名称を与えた(表2)。これは、言わば日本版のプロセス・スキルズである。以下に、その概略を述べる。

「探究の技能」の作成に当たっては、基礎的プロセスと総合的プロセスの区別をなくすとともに、科学的な問題解決や探究において重要な要素となるスキルは、すべて取り入れることを念頭に置いて検討した。その結果、「探究の技能」の上位項目として、「Ⅰ 事象を理解・把握するために観察する技能」、「Ⅱ 分類の基準に基づいて分類する技能」、「Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能」、「Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能」、「Ⅴ 観察・実験で測定する技能」、「Ⅵ データを解釈する技能」、「Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能」を設定した。これらの上位項目は、「理科」の問題解決の過程の流れに沿って、順に番号を付した。そして、これら七つの「探究の技能」の下に三十一の下位項目を設定した。これら三十一の下位項目に基づいて、観察・実験で育成できる問題解決の能力の目標分析を行い、行動目標の形式で明文化すると評価規準が作成できる。

表2 Science-A Process Approach commentary for teachers (SAPA) に掲載されているプロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」⁽³⁾

<p>Ⅰ 事象を理解・把握するために観察する技能</p> <p>I-1 五感を通して得た事象のようすや性質等を記録する。</p> <p>I-2 数値を用いて観察したことを記録する。</p> <p>I-3 観察した事象の変化のようすや変化の特徴を記録する。</p> <p>I-4 立体や平面の図を使用して観察した事象を記録する。</p> <p>I-5 事物の構造や位置関係の特徴を記録する。</p> <p>I-6 事象を空間的に捉え平面的に記録する。</p> <p>Ⅱ 分類の基準に基づいて分類する技能</p> <p>Ⅱ-1 分類する観点・基準(操作的定義なども含む)に基づいて識別する。</p> <p>Ⅱ-2 分類する基準をもとに事象を階層的に比較したり識別したりする。</p> <p>Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能</p> <p>Ⅲ-1 観察した事象から生じた疑問や問題を特定する。</p> <p>Ⅲ-2 予想や仮説を立てる。</p> <p>Ⅲ-3 仮説を立てた根拠を示す。</p> <p>Ⅲ-4 予想や仮説を確かめる実験の計画を立てる。</p> <p>Ⅲ-5 実験において独立変数を変化させると従属変数がどのように変化していくかについて予想する。</p> <p>Ⅲ-6 観察・実験の結果の考察に基づいて、予想や仮説の支持・不支持を明らかにして、必要に応じて予想や仮説を修正する。</p> <p>Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能</p> <p>Ⅳ-1 事象の変化に影響を及ぼす可能性のある独立変数や従属変数を明確にする。</p> <p>Ⅳ-2 実験において変化させる独立変数と一定に保つ独立変数を設定する。</p> <p>Ⅳ-3 観察・実験の目的に応じて従属変数等を適切な言葉で操作的に定義する。</p> <p>Ⅴ 観察・実験で測定する技能</p> <p>V-1 測定の目的に応じて適切な計測器を使用する。</p> <p>V-2 最小目盛りに着目して正確に数値を読み取る。</p> <p>V-3 測定値から目的に応じて物理量を計算で求める。</p> <p>V-4 長さ、面積、体積、質量などの量を見積もったり、測定器具の秤量・感量及び測定誤差を考慮して意味のある測定値(有効数字)を示したりする。</p> <p>V-5 相対的な位置や物の大きさをスケールを示して図示する。</p> <p>Ⅵ データを解釈する技能</p> <p>Ⅵ-1 表やグラフから縦軸と横軸を関係付けて読み取る。</p> <p>Ⅵ-2 測定値の分布、平均値、度数分布等から事象の変化の特徴を読み取る。</p> <p>Ⅵ-3 グラフから読み取った事象の変化の傾向に基づき今後の変化を予測する。</p> <p>Ⅵ-4 観察した事柄や実験結果についてモデルを使って考察する。</p> <p>Ⅵ-5 観察・実験結果について観点を決めて表にまとめる。</p> <p>Ⅵ-6 測定結果等をグラフで示す。</p> <p>Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能</p> <p>Ⅶ-1 事象の変化に及ぼす要因を経験・直観等からアブダクション的推論によって推測し、結果を予測する。</p> <p>Ⅶ-2 観察の結果や測定結果を帰納的に思考して規則性や共通性を導く。</p> <p>Ⅶ-3 原理や法則、規則性を前提として事象について演繹的に思考して結論を導く。</p>

5 日本版プロセス・スキルズ「探究の技能」の上位項目に基づいた「21世紀に求められる資質・能力」(思考力)の評価規準

SAPAのプロセス・スキルズを精選・統合して作成した「探究の技能」の七つの上位項目を、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を構成する三つの要素「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」に対応させることで、観察・実験を通して育成できる「21世紀に求められる資質・能力」(思考力)の評価規準を作成することができる(表3)。

「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」の要素の中で骨格となるのは「問題解決」である。それは、問題解決の過程において創造力と新しい知見の発見力が育成されると考えられるからである。問題解決は、事象の観察に基づいた問題の発見と設定に始まり、仮説検証及び結果の分析・解釈を経て結論に至るまでの過程を経る。

「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の一つ目の、「問題解決・発見」の育成を考えると、「探究の技能」のⅠからⅦの全て、具体的には「Ⅰ 事象を理解・把握するために観察する技能」、「Ⅱ 分類の基準に基づいて分類する技能」、「Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能」、「Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能」、「Ⅴ 観察・実験で測定する技能」、「Ⅵ データを解釈する技能」、「Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する」が関わると考えられる。そこで、「問題解決・発見」の評価規準として、「自然の事象を観察して問題を見つけ、問いを立てる。」、「問題解決のための仮説を立てる。」、「問題解決のための観察・実験の計画を立てる。」、「問題解決のための観察・実験を行い、分析・解釈する。」の4つを設定した。

二つ目の「論理的・批判的・創造的思考」は、一つ目の「問題解決・発見」を育成する過程において、同時に育まれる能力であり、互いに不可分の関係にあると考えられる。また、「論理的・批判的・創造的思考」は、問題を見いだす段階ではなく、見いだした後の問題解決の過程で必要となる能力であると考えられる。そこで、「論理的・批判的・創造的思考」は、「探究の技能」の「Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能」、「Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能」、「Ⅴ 観察・実験で測定する技能」、「Ⅵ データを解釈する技能」、「Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能」を用いることで育成できるものと判断した。そして、「論理的・批判的・創造的思考」の評価規準

表3 SAPAのプロセス・スキルズを精選・統合して作成した「探究の技能」の上位項目に基づいて設定した「21世紀型能力」の「思考力」の要素及びその下位項目

SAPAのプロセス・スキルズを精選統合して作成した「探究の技能」の上位項目	「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の要素及びその下位項目	
	要素	下位項目
Ⅰ 事象を理解・把握するために観察する技能 Ⅱ 分類の基準に基づいて分類する技能 Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能 Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能 Ⅴ 観察・実験で測定する技能 Ⅵ データを解釈する技能 Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能	問題解決・発見	1 自然の事象を観察して問題を見つけ、問いを立てる。 2 問題解決のための仮説を立てる。 3 問題解決のための観察・実験の計画を立てる。 4 問題解決のための観察・実験を行い、分析・解釈する。
Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能 Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能 Ⅴ 観察・実験で測定する技能 Ⅵ データを解釈する技能 Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能	論理的・批判的・創造的思考	5 見いだした問題の問いが、観察・実験で解決できるものになっているかどうかについて説明する。 6 仮説が観察・実験で検証できる表現になっているかどうかについて説明する。 7 観察・実験における条件の制御の仕方や方法等が適切かどうかについて説明する。 8 観察・実験で得られた結果にもとづいた考察や結論が適切かどうかについて説明する。
Ⅲ 観察・実験のための仮説を立てる技能 Ⅳ 観察・実験で変数を制御する技能 Ⅴ 観察・実験で測定する技能 Ⅵ データを解釈する技能 Ⅶ 要因の抽出や観察・実験結果について推論する技能	メタ認知・学び方の学び	9 観察・実験で問題を解決する過程及び終えた後において、仮説の設定、観察・実験の計画・実施・進捗状況・結論を振り返って、説明する。 10 新たな問題に対して、仮説の設定の仕方、観察・実験の計画・実施等、既習の問題解決のための考え方や適用の仕方について説明する。

として、「見つけた問題の問いが、観察・実験で解決できるものになっているかどうかについて説明する。」「仮説が観察・実験で検証できる表現になっているかどうかについて説明する。」「観察・実験における条件の制御の仕方や方法等が適切かどうかについて説明する。」「観察・実験で得られた結果にもとづいた考察や結論が適切かどうかについて説明する。」の四つを設定した。

最後に三つ目の、「メタ認知・学び方の学び」について述べる。メタ認知は、自己の情動、記憶、思考などの認知活動を客観的に捉え評価した上で制御する思考力である。問題解決の場面で、いつどのような方略を用いるかといった知識や判断もメタ認知である。メタ認知は問題解決と密接に関わっている。科学的に問題解決を行うためには、自然事象をよく観察して、問題は観察によって解決が可能なものか、それとも実験で検証して解決できるのかを見極めることから始まる。自然の事物のようすやつくり等を調べたいのであれば、まず観察から始めることになる。また、自然事象の変化の様子を調べたいときも観察が適している。よく観察した結果、その変化に何かの原因が考えられれば、原因と結果の関係について仮説を立てて実験で検証することになる。観察にしる実験にしる、問題解決の過程の適切な段階において、知識と方略を適切に適用しなければならない。このような、思考や判断はメタ認知である。そこで、「メタ認知・学び方の学び」については、問題解決の過程を振り返る能力と捉えることにした。このように捉えることにより、「メタ認知・学び方の学び」も、上述した「論理的・批判的・創造的思考」と同様の「探究の技能」を用いる過程で育成できると考えることができる。そこで、「メタ認知・学び方の学び」の評価規準として、「観察・実験で問題を解決する過程及び終えた後において、仮説の設定、観察・実験の計画・実施・進捗状況・結論を振り返って、説明する。」と「新たな問題に対して、仮説の設定の仕方、観察・実験の計画・実施等、既習の問題解決のための考え方や適用の仕方について説明する。」の二つを設定した。

6 観察・実験を通して育成できる「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準の設定の仕方

小・中学校の理科教科書に掲載されている一つ一つの観察・実験を通して育成する、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準の設定の仕方について述べる。

具体例として、中学校1年生の物理的領域の実験「ばねに加える力と伸びとの関係を調べる実験」を取り上げる(表4)。一つ目の「問題解決・発見」については、下位項目として「1 自然の事象を観察して問題を見つけ、問いを立てる。」「2 問題解決のための仮説を立てる。」「3 問題解決のための観察・実験の計画を立てる。」「4 問題解決のための観察・実験を行い、分析・解釈する。」を設定している。これらの下位項目に対応させると、「問題解決・発見」の評価規準として、それぞれ「1 ばねに加える力と伸びとの関係を導き出すことが可能な問いを立てることができる。」「2 ばねに加える力と伸びとの関係について検証が可能な仮説を立てることができる。」「3 ばねに加える力と伸びとの関係について立てた仮説を検証するための実験の計画を立てることができる。」「4 ばねに加える力の大きさを変えて測定したばねの伸びの実験結果をまとめた表とグラフに基づいて分析・解釈し、ばねに加える力と伸びとの間に正比例の関係があることを結論として得ることができる。」を設定することができる。

二つ目の「論理的・批判的・創造的思考」については、下位項目として「5 見つけた問題の問いが、観察・実験で解決できるものになっているかどうかについて説明する。」「6 仮説が観察・実験で検証できる表現になっているかどうかについて説明する。」「7 観察・実験における条件の制御の仕方や方法等が適切かどうかについて説明する。」「8 観察・実験で得られた結果にもとづいた考察や結論が適切かどうかについて説明する。」を設定している。これらの下位項目に対応させると、論理的・批判的能力の評価規準として、それぞれ「5 問いについて、ばねの伸びを従属変数、ばねに加える力を独立変数として捉えているか否かについて、根拠をあげて説明することができる。」「6 仮説が従属変数をばねの伸びとして、また独立変数をばねに加える力として捉えられ、作業仮説として表現されているか否かについて、根拠をあげて説明することができる。」「7 ばねの伸びの長さの求め方やばねに加える力の変化のさせかた等、測定方法や条件の制御が適切であるか否かを説明することができる。」「8 分析・解釈において、ばねに加える力とばねの伸びとの関係に関する仮説に測定値を照らし合わせて、その支持・不支持を検討して結論を得ているか、またその過程において論理の飛躍はないか等について、根拠をあげて説明することができる。」を設定することができる。

三つ目の「メタ認知・学び方の学び」については、下位項目として「観察・実験で問題を解決する過程及び終えた後において、仮説の設定、観察・実験の計画・実施・進捗状況・結論を振り返って、説明する。」「新たな問題に対して、仮説の設定の仕方、観察・実験の計画・実施等、既習の問題解決のための考え方や適用の仕方について説明す

表4 理科における「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準の設定の仕方ー「ばねに加える力と伸びとの関係を調べる実験」を例としてー

「問題解決・発見」の下位項目	「問題解決・発見」の評価規準
1 自然の事象を観察して問題を見つけ、問いを立てる。	1 ばねに加える力と伸びとの関係を導き出すことが可能な問いを立てることができる。
2 問題解決のための仮説を立てる。	2 ばねに加える力と伸びとの関係について検証が可能な仮説を立てることができる。
3 問題解決のための観察・実験の計画を立てる。	3 ばねに加える力と伸びとの関係について立てた仮説を検証するための実験の計画を立てることができる。
4 問題解決のための観察・実験を行い、分析・解釈する。	4 ばねに加える力の大きさを変えて測定したばねの伸びの実験結果をまとめた表とグラフに基づいて分析・解釈し、ばねに加える力と伸びとの間に正比例の関係があることを結論として得ることができる。
「論理的・批判的・創造的思考」の下位項目	「論理的・批判的・創造的思考」の評価規準
5 見つけた問題の問いが、観察・実験で解決できるものになっているかどうかについて説明する。	5 問いについて、ばねの伸びを従属変数、ばねに加える力を独立変数として捉えているか否かについて、根拠をあげて説明することができる。
6 仮説が観察・実験で検証できる表現になっているかどうかについて説明する。	6 仮説が従属変数をばねの伸びとして、また独立変数をばねに加える力として捉えられ、作業仮説として表現されているか否かについて、根拠をあげて説明することができる。
7 観察・実験における条件の制御の仕方や方法等が適切かどうかについて説明する。	7 ばねの伸びの長さの求め方やばねに加える力の変化のさせかた等、測定方法や条件の制御が適切であるか否かを説明することができる。
8 観察・実験で得られた結果にもとづいた考察や結論が適切かどうかについて説明する。	8 分析・解釈において、ばねに加える力とばねの伸びとの関係に関する仮説に測定値を照らし合わせて、その支持・不支持を検討して結論を得ているか、またその過程において論理の飛躍はないか等について、根拠をあげて説明することができる。
「メタ認知・学び方の学び」の下位項目	「メタ認知・学び方の学び」の評価規準
9 観察・実験で問題を解決する過程及び終了後において、仮説の設定、観察・実験の計画・実施・進捗状況・結論を振り返って説明する。	9 ばねに加える力と伸びとの関係に関する仮説を検証するための実験計画、実験手順、得られた結果の整理の仕方、考察、結論までの過程を振り返って、その妥当性や改善等について説明することができる。
10 新たな問題に対して、仮説の設定の仕方、観察・実験の計画・実施等、既習の問題解決のための考え方や適用の仕方について説明する。	10 ばねに加える力と伸びとの関係に関する新たな問題に対して、仮説の設定の仕方、観察・実験の計画・実施等、既習の問題解決のための考え方や適用の仕方について説明することができる。

る。」を設定している。これらの下位項目に対応させると、メタ認知・学び方の学びを評価する規準として、それぞれ、「ばねに加える力と伸びとの関係に関する仮説を検証するための実験計画、実験手順、得られた結果の整理の仕方、考察、結論までの過程を振り返って、その妥当性や改善等について説明することができる。」「ばねに加える力と伸びとの関係に関する新たな問題に対して、仮説の設定の仕方、観察・実験の計画・実施等、既習の問題解決のための考え方や適用の仕方について説明することができる。」を設定することができる。

以上のように、プロセス・スキルズを精選・統合して作成した「探究の技能」の七つの上位項目に基づいて、観察・実験を通して育成できる問題解決の能力と、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を構成する三つの要素「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」を対応させることで、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準を矛盾なく設定できることを示すことができた。

例として取りあげた実験は、平成20年告示の学習指導要領に準拠した教科書に掲載されているものである。特に新奇性のない実験について、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準が作成できたことは、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の三つの要素の観点で、問題解決の過程を分析的に捉えることで、以前から取りあげられている教育内容であっても、資質・能力の育成の視点から新たな可能性を見いだせることを示すものであろう。

平成20年告示の小学校学習指導要領解説理科編⁽⁴⁾では、改善の具体的事項として「身近な自然について児童が自ら

問題を見いだし、見通しをもった観察・実験などを通して問題解決の能力を育てるとともに、(以下略)」と記されている。また、中学校学習指導要領解説理科編⁽⁵⁾では、改善の具体的事項「身近な自然の事物・現象について生徒が自ら問題を見いだし解決する観察・実験を一層重視し、自然を探究する能力や態度を育成するとともに、(以下略)」と記されている。「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」において示された三つの要素の観点で、観察・実験を通して育成できる問題解決や探究する能力を明文化することで、平成20年告示の学習指導要領が期待する能力をより明確に示すことが可能になると言えよう。

「21世紀に求められる資質・能力」は、文字通り基礎力が基礎である。基礎的な知識やスキルを土台として、問題解決の能力を育成する適切な指導法と評価を一体として捉え、児童・生徒の主体性を大切にしながら能動的な学習や授業を展開することで、「21世紀に求められる資質・能力」の育成が期待できるのではないだろうか。

7 おわりに

本報では「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」を構成する三つの要素、「問題解決・発見」、「論理的・批判的・創造的思考」、「メタ認知・学び方の学び」とを関係付け、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準を作成する考え方と具体的な手立てについて述べた。

今後の課題は、理科の教科書に掲載されている観察・実験の一つ一つについて、「21世紀に求められる資質・能力」の「思考力」の評価規準を作成するとともに、その能力の育成にふさわしい指導法と評価の手立てを開発することである。

参考文献

- 安彦忠彦「コンピテンシー・ベース」を超える授業づくり，図書文化，2014.
- Commission on Science Education of American Association for the Advancement of Science (eds.)(1963). *Science - a process approach commentary for teachers*. AAAS/XEROX Corporation. pp.122-131.
- 後藤顕一 (2015)「私たちが整理している「21世紀型能力」とは」教育時評 No.35 一般財団法人 学校教育研究所 pp.12-19.
- 国立教育政策研究所 (2013)「教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書5 社会の変化に対応する資質や能力を育成する教育課程編成の基本原則」.

引用文献

- (1) 国立教育政策研究所 (2015)「資質・能力を育成する教育課程の在り方に関する研究報告書1」, pp.93-94.
- (2) 前掲 (1), p.29.
- (3) 長谷川直紀・吉田 裕・関根幸子・田代直幸・五島政一・稲田結美・小林辰至 (2013)「小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等の類型化とその探究的特徴—プロセス・スキルズを精選・統合して開発した「探究の技能」に基づいて—」, 理科教育学研究, 54(2), pp.225-247, 2013.
- (4) 文部科学省 (2008)「小学校学習指導要領解説理科編」, p.4.
- (5) 文部科学省 (2008)「中学校学習指導要領解説理科編」, p.4.

Viewpoints of the “Thinking Power” of the “21st Century’s Ability” on Science Education

Tatsushi KOBAYASHI* · Kenichi GOTO**

ABSTRACT

The purpose of this research is to examine three factors comprising the “thinking power” of the “21st Century’s ability”: “problem solving, the power of discovery, and creative power,” “logical and critical thinking capacity,” and “metacognitive and adaptive ability of learning” as problem-solving ability which can be developed through observation and experiment. Therefore, I checked first whether these three factors corresponded to any of seven high-rank items of “skills of exploration” made by elaborating process skills of Science: A Process Approach (SAPA). Then, based on the results ten low-rank items for three factors were also created. Lastly, I set up evaluation criteria of the “thinking power” of the “21st Century’s ability” consistently by taking up “the force applied to a spring and the amount of stretch” on each low-rank item of three factors.