

科学的思考の方略としての思考アイテムを自在に働かせる 理科指導法の開発

佐久間聡子 幸手市立上高野小学校
小倉康 埼玉大学教育学部自然科学講座理科分野

キーワード: 小学校理科、思考アイテム、メタ認知的知識、科学的思考力

1. 問題の所在

平成29年告示学習指導要領では、「知識・技能」、「思考力・判断力・表現力等」、「学びに向かう力・人間性等」という資質・能力の三つの柱が示され、これらを身に付けるために「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善が提言された。つまり、学校教育を通して、他者と協働する態度、思考力・判断力・表現力を働かせ創造していく能力などを子どもたちに身につけていく必要がある。

1970年代、「メタ認知」という言葉が用いられるようになり、理科教育分野でも注目されるようになった。先行研究等から、メタ認知を効果的に働かせることにより学習力が大きく伸びる可能性を秘めている（三宮、2008）ことから、メタ認知に着目した学習研究は児童の思考力・判断力・表現力の育成に重要なものである。

Flavell (1979) は子どものメタ認知がどのように発達していくのか調べるためにメタ認知的知識の獲得について調べ、「認知的モニタリングのモデル」を「メタ認知的知識」「メタ認知的経験」「目的（もしくは課題）」「行動（もしくは方法）」の4つの要素で構成し、その中の1つであるメタ認知的知識を「人」「課題」「方略」の3つのカテゴリに分類した。

久坂（2016）は、我が国の理科教育学研究におけるメタ認知研究の動向と課題を明らかにするために、代表的な学術誌から文献を収集して分析を行った。その結果、メタ認知的活動を直接的に促す授業設計や学習方略に関する研究は盛んに行われているが、メタ認知的知識の種類やそれらを獲得させるための教授方法に関する研究といったメタ認知の知識的側面に着目した研究が少ないことを明らかにしている。さらに、これまでの研究において、メタ認知的知識を有することは教科の学習を効率的にすることが実証されていることから（岡本、2012）、理科の学習において獲得させたいメタ認知的知識とは何か、それをいつ、どのようにして獲得させるかについて、学年や単元の学習内容と関連付けた教育プログラムの開発が今後望まれると述べている。

角屋・山根・西内・雲財・稲田（2018）は、思考力・判断力・表現力を育成している小学校の理科の実践事例を分析することを通して、思考力・判断力・表現力を育成する学習指導が具備する条件として、「思考・判断・表現」の『すべ』を子どもに獲得させること」「『すべ』を問題解決の各過程で具現化するような手立てが必要であるということ」を明らかにした。また、加藤・引間（2009）は、学習方略（学び方アイテム）を自発的に利用していくためのメタ認知の働きに焦点を当て、その指導法の開発を行った。さらに、加藤（2012）は、「学び方アイテム」をプロセス・スキルの視点を取り入れて整理した。この研究より、メタ認知ツールとして学習者レベルで利用できる「学び方アイテム」の指導方法に関する示唆と

して、得られた知見を以下の2点に整理している。

①「学び方アイテム」の指導は、5年生から始め、6年生へと段階的に行うこと

②学習者が利用しやすい「学び方アイテム」を理科授業の具体的な場面で指導すること

また、加藤（2014）は、理科の実践授業を通して「学び方アイテム」が、子どもたちにメタ認知的知識として受け入れられ、それがメタ認知的活動を活性化させる可能性があることを示唆した。

しかしながら、小学校3～6年の理科授業を通じてどのようなメタ認知的知識を継続的に指導し、定着させるかについては明らかにされていない。したがって、問題解決の過程における様々な方略や学習者が自分で学習を進めていくための方略を小学校理科の中で計画的かつ体系的に獲得させることが、児童の思考力・判断力・表現力の育成をさらに効果的なものにするものと考えられる。

本研究は小学校の理科教育を通じて育成する体系的なメタ認知的知識の方略を「思考アイテム」と呼び、その教授学習過程を検討するものである。「思考アイテム」とは、身の回りの事象から問題を見だし、それらを解決していくために有効な既存の知識・技能に気付いたり、それらに関連付けたりしながら、新しい知識を構築したり、知識についての知識を増やしたりしていくために必要な思考方略と定義する（図1）。引間・加藤（2009）による「学び方アイテム」は、子ども自身が自問自答したり、それらを活性化させたりするための学習方略であり、本研究の「思考アイテム」は、学習者が新たな気づきや新しい知識を獲得するための考えを促す思考方略であり、3～6年で使用できるものを想定している。本研究では、この思考方略がメタレベルで働く状態を「自在に使える」状態とし、この状態で「思考アイテム」が働くようになることを目指す。なお、本研究での「メタレベル」は、Nelson & Narens（1990）が「メタレベル」と「対象レベル」の二段階間でコントロールやモニタリングなどのメタ認知的情報処理が行われると捉えた思考の二段階の一方を意味する。

思考アイテムがメタレベルで「自在に使える」状態でない間はメタ認知的知識の方略と同義ではないが、本研究では学習の結果として「思考アイテム」がメタ認知的知識の方略として機能するようになるための教授学習過程を小学校理科の各学年段階で検討するものであり、その過程を通じて「思考アイテム」の働き方がメタレベルへと質的に変容するものとしてとらえている。

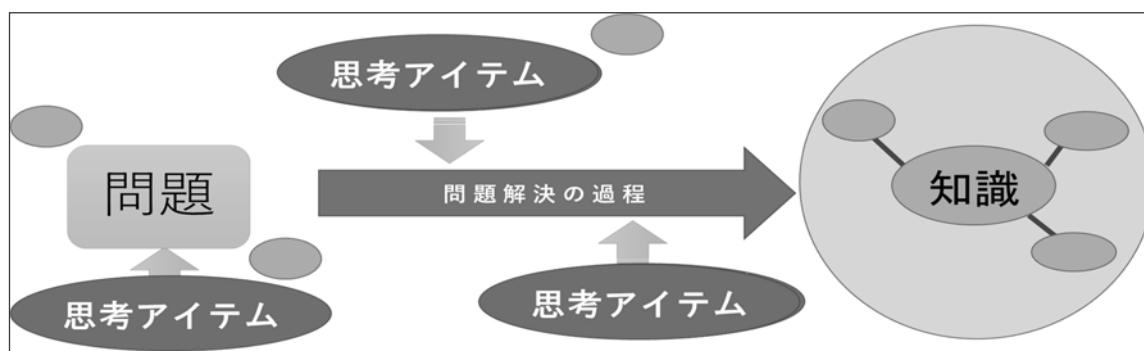


図1 思考アイテムのイメージ図

2. 研究の目的

本研究は、理科学習における問題解決の過程での思考に着目し、小学校理科を通じて体系的に育成する「思考アイテム」を自在に働かせるようにする指導法を設計し、各学年段階でその効果と課題を実践的かつ統計的に検証することを目的とする。

3. 「思考アイテム」を働かせるための方法

3-1 使用する思考アイテム

小倉・岸田・小暮・島田（2015）は、科学的探究過程で育成可能な諸能力をより分析的かつ具体的にとらえ、学習目標を科学的探究能力の観点から精緻化した。科学的思考・表現については「素朴な疑問・問題」「モデル」「予想・仮説」「実験（観察）・計画」「条件制御」「シミュレーション」「表・グラフ化」「モデル化」「比較・分類」「数的処理」「規則性（因果関係・相関関係）」「論理的推論」「結論」「誤差」「評価・改善（メタ認知・反省的思考）」「適用・関連付け」の16項目に細分化している。これらは、小倉（2011）が理科で育てる「思考力」として、「科学のプロセス・スキル」と「合理的思考のためのスキル」について米国の中学校科学教科書”Science Explorer”（2002）を参照し、「観察する」「推測する」「予測する」「分類する」「モデルを作る」「伝達する」「測定する」「計算する」「データ表を作成する」「グラフを作成する」「疑問を提示する」「仮説を立てる」「実験を計画する」「変数を制御する」「操作的定義を作る」「データを解釈する」「結論を導く」の17の科学のプロセススキル、および、「比較し対照する」「概念を応用する」「図やグラフ、写真、地図を解釈する」「原因と結果を関連付ける」「一般化する」「判断する」「問題を解決する」の7つの合理的思考（批判的思考）のスキルを抽出した中から、日本における理科の問題解決過程に合わせて整理したものである。なお、「シミュレーション」については今日のICT教材の普及を受けて新たに加えられた。本研究では、これらの項目のうち、モデルとモデル化、誤差と評価・改善、論理的推論と結論をそれぞれ統合し、シミュレーションを小学校段階のため除き、それぞれアイテムとして親しみやすい名称をつけて用いることとした。それらを科学的に思考するための方略として知識を児童に与え、自在に働かせることができる状態になることを目指していく。本研究では思考アイテムは主に言語を媒介として働くものととらえ、言語化された例を示した。問題解決の過程で、意図的・計画的に思考アイテムを働かせる場面を設定するために、活用の目的も整理した。これらをまとめたもの（表1）を作成し、指導計画を作成する際の資料にするとともに、これをもとに、児童が言語化して思考する際のヒントとなるカード（アイテムカード）を作成した。なお、アイテムカードについての詳細は3-2に示す。

3-2 設計した指導法

設計した指導法では、メタ認知の形成を目指した指導法に関する先行研究（Palincsar & Brown、1984; Schoenfeld、1985）などを基に、初めに思考アイテムを知識として与え使い方のモデルを示し、意識的に活用させることで思考アイテムを問題解決の中で練習する機会を与え、メタレベルで働くようにすることをねらっていく。

表 1 本研究で用いる思考アイテム一覧表

思考アイテム	科学的思考・表現	言語化された例	思考アイテムを働かせる目的
問題	素朴な疑問 問題	<ul style="list-style-type: none"> ・○○はなぜだろう。ふしぎだな。 ・○○についてもっと知りたいな。 ・どうして、そうなるのだろう。 	<ul style="list-style-type: none"> ・事物や事象、事実から児童の気づきを基に本時の学習課題や問題を設定する。
モデル	モデル モデル化	<ul style="list-style-type: none"> ・(わかったことを) 図や物を使って表してみよう ・イメージ図を描いてみよう 	<ul style="list-style-type: none"> ・事物・現象が目に見えないときや自分の範囲におさまるものでないときに目に見えるようにしたり、小さくしたりして事象を捉えられるようにする。 ・得られたデータや結論をわかりやすくするために、仕組みや働きを図や物に置き換えてわかりやすく表現する。
予想・仮説	予想・仮説	<ul style="list-style-type: none"> ・○○なので○○だろう。(予想) ・もし○○が正しければ、○○をすれば○○になるだろう。(仮説) 	<ul style="list-style-type: none"> ・事物・現象から見いだした問題に対して ・今までの自分の経験や知識などを用いながら考えをあらかじめ作り出す。(予想) ・合理的に説明するために、実証的な考えを前もって仮に立てる。(仮説)
計画	(実験・観察) 計画	<ul style="list-style-type: none"> ・予想(仮説)が正しいか確かめるために、○○を試みよう。 ・使う道具は○○、調べる順番は①②③、記録することは・・・。 	<ul style="list-style-type: none"> ・必要な情報を収集するために、適切な方法と手順を検討し、活動する。
条件	条件制御	<ul style="list-style-type: none"> ・○○を調べるために△△をそろえて考えると～ 	<ul style="list-style-type: none"> ・変化させる条件と同じにする条件を設定し、変化の決まりを見いだせる方法を考える。
表・グラフ	表・グラフ化	<ul style="list-style-type: none"> ・調べたことを表に整理してみよう。 ・調べてわかったデータをグラフに表してみよう。 	<ul style="list-style-type: none"> ・得られたデータを分析するために、適切な表やグラフに表現する。
比較・分類	比較 分類	<ul style="list-style-type: none"> ・○○と△△を比べてみると ・(今まで学習したこと・知っていることと) ているところは・・・ ちがうところは・・・ ・○○で分けてみると 	<ul style="list-style-type: none"> ・比較したり分類したりして、共通点や差異点を見いだす。
数	数的処理	<ul style="list-style-type: none"> ・平均を求める。 ・得られたデータから、どのように変わっているか調べると。 	<ul style="list-style-type: none"> ・得られたデータを適切に数的処理を行なう。
きまり	規則性・因果関係	<ul style="list-style-type: none"> ・○○すると△△になるのではないだろうか。 ・○○が～なので、△△も～になるのではないだろうか。(因果) ・○○が～なると、△△も～になるのではないだろうか。(相関) 	<ul style="list-style-type: none"> ・得られたデータから、変化と要因を関係づけて、きまり(因果関係)や傾向(相関関係)などを見いだす。
すじみち	論理的推論 結論	<ul style="list-style-type: none"> ・私は○○(結論)だと思う。なぜなら△△(事実)から□□(考え)と考えたからだ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・問題に対して、自分の経験や知識、実験観察から得られた事実をもとに論理的に思考する。 ・問題に対する答えとして、わかった事柄を明確にする。
見直し	評価・改善 誤差	<ul style="list-style-type: none"> ・よかったところは～よかったところは～ ・○○は△△するとよりよくなる。より分かりやすくなる。 ・結果はどれだけ正確であるだろう。 ・ばらつきの原因は○○だろう。 	<ul style="list-style-type: none"> ・思考したり判断したりする過程が間違っていなかったか確認したり、より良い追究方法を検討したりする。 ・得られたデータがもっている誤差の原因、範囲と解釈への影響について検討する。
結びつける	適用・関連づけ	<ul style="list-style-type: none"> ・○○すると～なので、△△も～といえる。 ・○○と△△は関係がありそうだ。 	<ul style="list-style-type: none"> ・学習したことが、日常生活に利用できるか検討する。 ・問題を解決するときに、今まで学習したことと関連付けて考えられないか検討する。

引間・加藤（2009）は「学び方アイテム」を子どもたちに獲得させ、子どもたち自身がそれを自発的に利用できるようにするためにメタ認知の働きに焦点を当て、「学び方アイテム」に気づかせること（気づき）、そしてそれを意識化させて使わせること（意識化）、それを使ったときの感覚を評価させる（行為の評価）指導を繰り返し指導していくことを目指した。また、猪口・後藤・和田（2018）は、問題解決活動の推進に関わるメタ認知の機能の活性化は、教師によるその機能への方向付けが重要であることが明らかになったと述べている。

和田・森本（2014）は、子どもが既有的の表象ネットワークを適用して自分なりのモデルを構築し、それを表現することによって、個人のメタ認知機能の向上が図られることを明らかにし、協同的モデル構築のプロセスを基調とした理科授業デザインを通じて、子どもは目標を共有化した中で社会及び個人におけるメタ認知機能を高次化させ、同時に科学概念構築を促進させたと述べている。また、木田・清水（2012）は討論の方法を指導することが、考察する力を高めることに有効であることを示唆している。

これらの先行研究から、「思考アイテム」は子どもが自分の考えを構築していく際に働かせるものであり、これを意図的・計画的に教師が児童に使わせる段階的な手立てや、対話の場面を効果的に取り入れた指導法を立案することが重要であると考えられる。

本研究では引間・加藤（2009）が考案した3段階の手立てを参考にし、手立て①で「思考アイテム」に気づくための具体的な手立て、手立て②では意識化させ、行為を評価するための具体的な手立てを考案した。初期のころ、児童が思考をする際にメタレベルで使用する思考アイテムには個人差がある。そのため、初期の段階で全員一律に思考アイテムを知識として獲得する機会を設ける（初期）。思考アイテムの定着のレベルは、知識レベル（初期）、意識的活用レベル（中期）、メタレベル（後期）と3段階に整理される（図2）。それぞれのレベルで想定している児童の状態を表2に示す。

理科の授業を通して、思考アイテムの定着レベルを段階的に上げていくことを目指し、

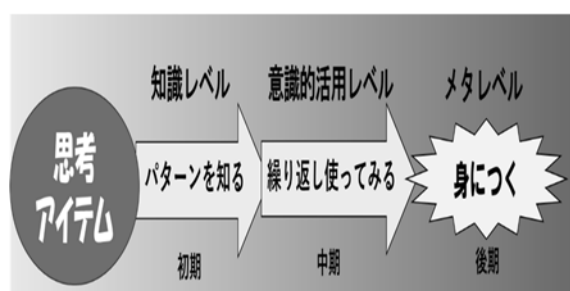


図2 思考レベルの解説図

表2 思考アイテムの定着レベル

定着レベル	状態
知識レベル	思考アイテムを知識としてもっている状態 それぞれのアイテムがどのようなものなのか、わかってはいるが、適切に使用することはできない。
意識的活用レベル	思考アイテムを意識的に働かせることができる状態 使用するアイテムを示されたり、アイテムカードを見たりすれば適切に使用することができる。
メタレベル	自在に働かせることができる状態 問題解決をする際に、独力で必要なアイテムを適切に働かせることができる。

本研究で設計した指導法を図3に示す。以下、手立て①②③について説明する。

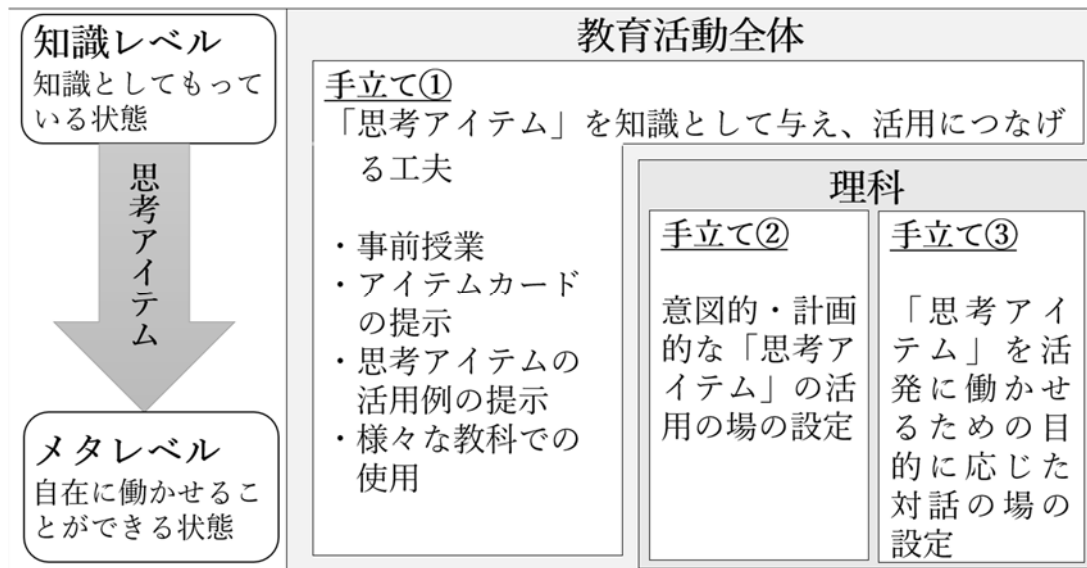


図3 設計した指導法

(1) 手立て①「思考アイテム」を知識として与え、活用につなげる工夫

検証授業前に事前授業を行い、体系的に思考アイテムを児童に与える。事前授業では、どんな時に私たちは考えるか、先人たちが考えることを通して私たちの暮らしはどう変わっていったか、といったことについて話し合い、思考することの価値について考える時間を設ける。その過程で、考えてもわからないときがあることに気づかせ、そのようなときに役立つものとして「思考アイテム（児童には「ピカッとアイテム」という名称で紹介）」を紹介する。ここでは、アイテムの使い方、使用例を説明する。思考アイテムは1アイテムにつきA4大で1枚にカード化した（図4）。

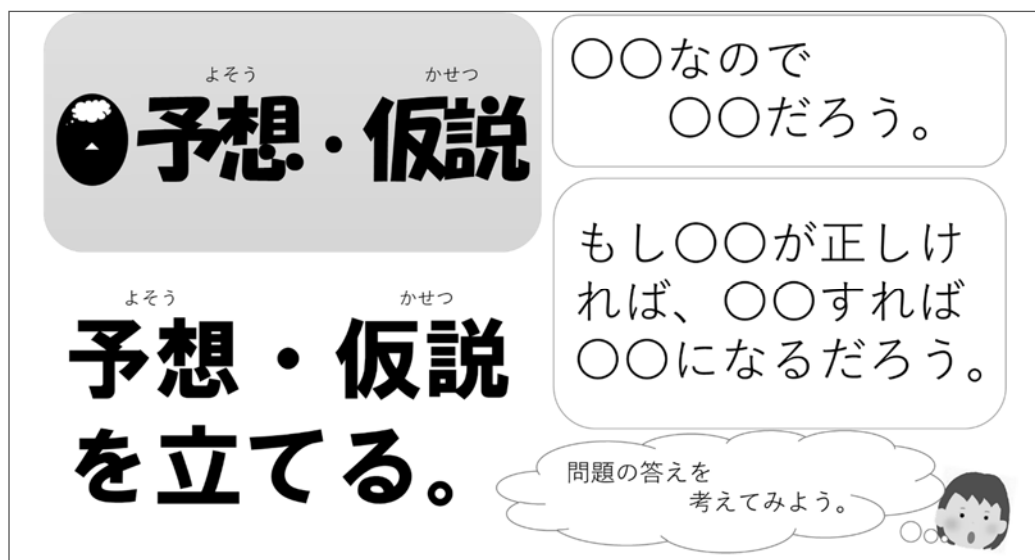


図4 思考アイテムカード（予想・仮説）

思考アイテムカードは、表 1 に整理した「言語化された例」を載せており、この文例に当てはめてみれば考えるヒントになる。さらに、思考アイテムを働かせる目的にそって、どのような場面で使うカードなのかも示している。

児童には「思考アイテム」を紹介した後、実際の問題解決場面を想定した紙芝居を提示しながら、どの過程でどんな思考アイテムを使用しているかを問い、実際に思考アイテムを使用するイメージをつかめるようにする。

事前授業で「思考アイテム」を紹介し知識として与えた後も、意識化を図り活用につなげることができるよう、各学級にアイテムカードと使用例（図 5）を掲示したり、理科室前に「ピカッとアイテムコーナー」を設け、事前授業で使用した資料を掲示したり、使用例をクイズ形式で紹介したりし、思考アイテムに触れる環境を整える。

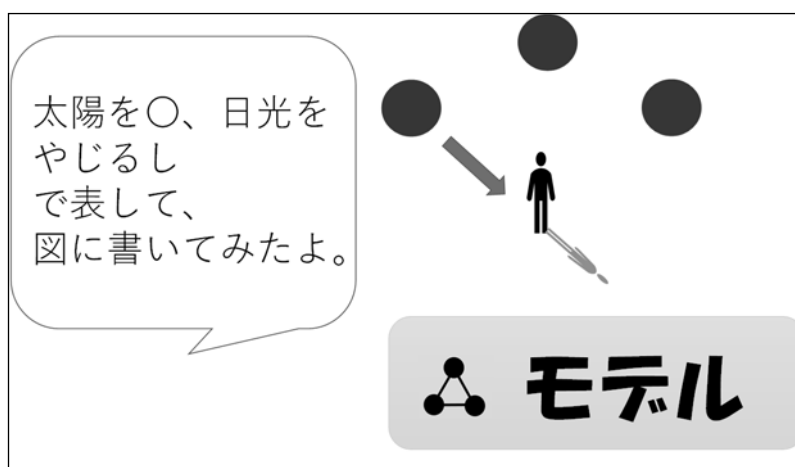


図 5 思考アイテム使用例カード（モデル）

(2) 手立て② 意図的・計画的な「思考アイテム」の活用場の設定

理科授業の中で、実際に活用することを通して、活用の仕方を身につけていく。指導計画の中で、意識させたい「思考アイテム」を明確にし、思考のヒントとしてアイテムを用いる。

初期の段階では、児童は「思考アイテム」について、知識としてはもっているが活用の仕方があいまいな状況である（知識レベル）。この知識レベルの児童を、アイテムの与え方を変化させながら図 2 のように意識的活用レベル、メタレベルへと引き上げていく。

例えば、知識レベルの段階では、児童が思考する場面において、教師から思考のヒントとしてアイテムを提示したり、児童の発問に対する発言とアイテムを結び付けたりすることで、どの場面でどんなアイテムを使うとよいのか、どんなアイテムを使っているのか意識させていく。

知識レベルと意識的活用レベルが混在する段階に入ったら、思考するとよいアイテムを児童に選択させる。

つまり、「思考アイテム」の使い方が未熟な時期は教師が「○○アイテムを使って考えてみましょう。」と提示して、カードの文例に沿った発問をして思考アイテムに沿った児童の思考を促したり、「今の考えは○○アイテムを使っていますね。」といったように、教師が

思考アイテムと児童の思考を結び付けたりしていたが、使い方がわかってきたら、児童自身が思考アイテムと児童自身が思考しようとしていることを結び付けられるようにしていく。

また、毎時間活用した思考アイテムを「ふりかえりカード」(図6)に記入する時間を設け、そのよさに気づかせるとともに、積極的な思考アイテムの使用を促すようにする。最終的には、アイテムを提示しなくても、自在にアイテムを使って考えている段階(メタレベル)にしていく。つまり、思考アイテムカードに書かれている思考を自在に行えるようになっていく状態である。

流れる水のはたらき ふりかえりシート 5年 組 番

☆今日はどんな「ピカッとアイテム」を使って、新しい発見やぎもんを見つけましたか？
ふりかえてみましょう。

使ったアイテムのところに丸印をつけよう！！

日にち	ぎもん 発見	モデル	よそつ かせつ	計画	しょう けん	表・ グラフ	ひかく 分るい	数	さまり	すしみ ち	発見し ける	結びつ ける	今日の発見！見つけたふしぎ！
/													
/													
/													
/													
/													
/													
/													

発見！身の回りの流れる水のはたらき！



いろいろなことを
発見して、このカ
ードに書いて教え
てね！

図6 振り返りカード

(3) 手立て③ 「思考アイテム」を活発に働かせるための目的に応じた対話の場の設定

米国学術研究推進会議(2002)によると、子どもたちは教室の中で、様々な形で協同学習に取り組んでおり、仲間との議論や仲間との相互作用によって認知発達が促進することなどが先行研究によって明らかにされていると述べている。さらに、Azmitia(1996)は、仲間との共同が子どもの学習に有効である理由として、難しい課題や新しい課題の解決に向けての動機づけ、お互いのスキルを模倣し学習する機会、他者に説明することによる理解の精緻化、議論への参加による理解の向上などを指摘している(藤村、2008)。

そこで、指導計画の中で、各アイテムの言語化されたパターンを使用できる場を設定していくことで、思考アイテムの使い方を習得させていくことにした。児童は対話の場を通して、言語化した例に当てはめて自分の考えを外化することでスキルの使い方を習得したり、思考アイテムをどう使うのか他者を模倣したりしながら、アイテムの活用の仕方を獲得していく。対話の形態は、思考アイテムを働かせる目的、時間によって計画的に変化させていく。例えば、第4学年「ものの体積と温度」において、空気の温度による体積変化の学習で、実験方法を立案する場面であれば、全体で対話をしながらカードに沿って計画を立てていく。実験道具を教師が用意しておき、これらを用いて予想を確かめる方法を全

員で前に集まり決めていく。児童が実験計画を立てる経験が少ないこと、実験時間を十分確保することを考慮して、全体で対話を行うこととする。回数を重ねるごとにアイテムを使って、教師が介入しなくても話し合いが進行するようにする。実験を行う場面であったら、アイテムカード「比較・分類」を提示し、グループで実験を行う。グループ内で、アイテムカードに書かれた視点を持ち、言語化した例を参考に、気付いたことを言葉にしてグループで共有し合うように伝える。児童は「温めたときと冷やしたときの石鹼膜の張り方を比べる」という視点を持ち、気付いたことを言葉にしながらか実験を行うようにする。

考察の場面であれば、個人で考えた後に自分の考えをペアやグループで伝え合うことで、自分の理解の精緻化を図ることができるようにする。

以上のように言語化された例を使いながら対話をすることで、科学的な視点をもった活発な対話の場を設定する。

4. 検証授業

4-1 対象及び時期

検証授業は埼玉県公立 A 小学校第 3 学年～6 学年各 2 クラスにおいて、2018 年 10 月から 12 月にかけて行った。全学年共通の事前調査と事前授業を行い、各学年 1 単元ずつ検証授業を行った。実施単元は 3 年「ゴムのはたらき (5 時間)」、4 年「ものの体積と温度 (10 時間)」、5 年「流れる水のはたらき (9 時間)」、6 年「水溶液の性質 (10 時間)」である。検証授業終了後に全学年共通の事後調査を行った。検証授業の流れを図 7 に示す。

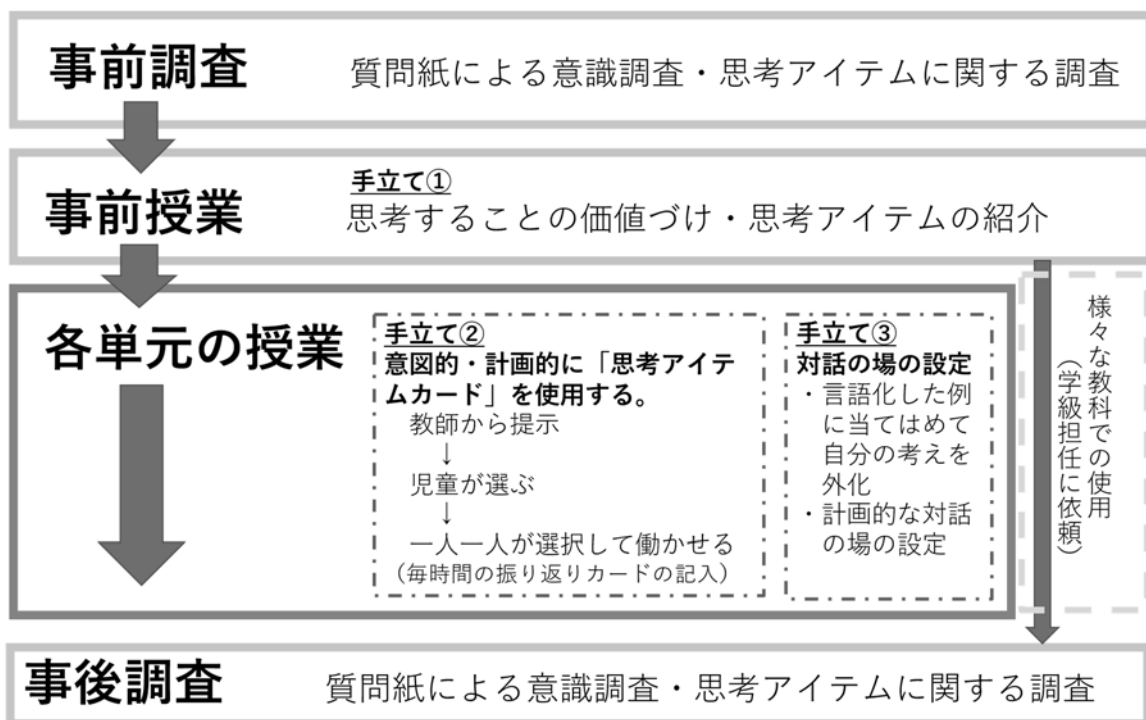


図 7 検証授業の流れ

表3 単元計画 第4学年「ものの体積と温度」

第4学年 ものの体積と温度 (10時間)	問題	モデル	予想・仮説	計画	条件	表・グラフ	比較・分類	数	きまり	すじみち	見直し	結びつける
①湯の中に入れたペットボトルの栓が飛び出すのはどうしてだろう。	○	○	○									○
②③空気は温めたり冷やしたりすると、体積が変化するのだろうか。	○	○	○	○			○		○	○		○
④⑤水は温めたり冷やしたりすると、体積が変化するのだろうか。	○	○	○	○	○		○				○	○
⑥実験方法を見直して再実験して確かめよう。	○						○		○	○		○
⑦⑧金属は温めたり冷やしたりすると、体積が変化するのだろうか。	○		○	○	○		○				○	○
⑨実験方法を見直して再実験して確かめよう。		○					○		○	○		
⑩学習したことが、生活の中でいかされている場面を見つけよう。	○											○

各単元において、意図的・計画的に「思考アイテム」を使用した授業を行った。思考アイテムを整理した単元計画を、誌面の都合上第4学年のみ表3に示す。また、使用する「思考アイテム」は図8のように指導案中に（ ）書きで示した。なお、これは1例であり、教師の意図により使用させたい思考アイテムは変わってくる。

時間	段階	学習者の○活動と学習目標 (働かせたい思考アイテム)	教師の発問と○指導	☆評価 ○留意事項 対話の形態
2	問題	○前時の内容をふりかえり、問題を確認する。 今日調べることを把握し、問題意識を共有する。(問題)	今日は何について調べますか。	
30	予想	○予想を書く。 問題に対して、根拠を基に予想を考えている。(予想・仮説、結びつける)	自分の予想をノートに書きましょう。 ○使うとよい思考アイテムカードを確認する。 ○自信度ごとにネームプレートを貼らせる。 ○一番多かった予想を基に、仮説を立てる。	○児童の素朴概念を把握する。 ☆水を温めたり冷やしたりしたときの体積

図8 指導案 第4学年「ものの体積と温度」

また、単元によってアイテムごとの出現頻度は異なるが、本研究では各学年で思考アイテムを自在に働かせる指導法を各学年1単元ずつ設計し、実践するものであり、効果が期待されれば、さらに他の単元にも適用することで、すべての思考アイテムにつながるより充実した指導を行うことを意識している。

4-2 思考アイテム問題紙調査

本実践により、使うことができる思考アイテムの種類や思考アイテムの使い方によつてどのような変容がみられるか調べるため、記述式の問題解決の場面を想定した調査問題を作成し、検証授業前と後に実施した。なお、問題の内容は事前と事後において同質の異なる問題を用意した。

調査問題の内容は大きく分類すると3つあり、それぞれで把握する思考アイテムを以下に示す。

(1) 理科に関することで、今調べてみたいことを尋ねる内容

思考アイテム：問題

(2) 植物の成長に関する内容（図9の(1)）

- ・比較して、その原因を考える質問
- ・原因と考えられることが正しいかどうか調べるための実験計画を考える質問

思考アイテム：モデル、予想・仮説、結びつける、計画、条件、比較・分類

(3) ある内容について実験観察をして得られたデータに関する内容（図9の(2)）

- ・データのまとめ方を考える質問
- ・データから考察し結果を導く質問
- ・実験方法の改善の必要性について問う質問
- ・実験内容と生活との関連について問う質問

思考アイテム：表・グラフ、数、比較・分類、きまり、すじみち、見直し、結びつける

これらの質問について、どの思考アイテムをどのレベルで使用し解答したか分析していくことで使用している思考アイテムや活用レベルを表4の分類表の基準で見取っていく。メタレベルで思考アイテムを使用できるかを見取るものである。ただし、適切に使用できない状態であっても思考アイテムを働かせようとしている状態も成長と捉え、それを知識レベルとして見取ることとした。なお、図2の「意識的活用レベル」については、授業中で教師からの働きかけで使用できる状態であることから、独力で問題を解かせる本調査では見取る対象としていない。


思考アイテム「表・グラフ」の分類表「Aメタレベル」「B知識レベル」の解答例を図10に示す。なお、この解答は図9の(2)に対するものである。解答用紙には、方眼のみ印刷してある。「Aメタレベル」の児童は、データを適切にグラフに表しているが、「B知識レベル」の児童は、グラフに表すとよいことには気づいているが、データを適切に表すことはできていない。よって「グラフに表す」という知識は持っているが、それを独力で適切に働かせることはできていないと判断できる。

(1) AさんとBさんはアサガオの種をまきました。芽が出たときの記録は次のようになりました。

Aさん
たねをまいた日 5月11日
めがでた日 5月16日



Bさん
たねをまいた日 5月11日
めがでた日 5月20日



(2) 水を300mLペットボトルに入れてこおらせたあと、タオルやアルミホイルでまいて部屋においておき、まわりにまくものによるとけ方のちがいについて調べました。10分ごとにとけた液の重さをはかり、ふせん紙にメモをしておき、あとでノートにまとめることにしました。



アルミホイル 10分後 1g	アルミホイル 20分後 4g	わたしは 水を 300mLこ おらせた ました。	
タオル 10分後 0g	タオル 20分後 1g		
アルミホイル 30分後 11g	アルミホイル 40分後 22g		
タオル 30分後 3g	タオル 40分後 5g		
アルミホイル 50分後 30g	タオル 50分後 10g	Aさん	

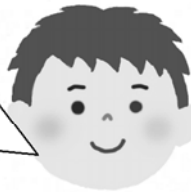
アルミホイル 10分後 1g	アルミホイル 20分後 4g	ぼくは 水を アルミホ イルの方 は300m L、タ オルの方 は400 mLこ おらせ ました。	
タオル 10分後 0g	タオル 20分後 2g		
アルミホイル 30分後 10g	アルミホイル 40分後 22g		
タオル 30分後 5g	タオル 40分後 8g		
タオル 50分後 12g	Bさん		

図9 思考アイテム調査問題（事前）主問題

表4 思考アイテムに関する調査問題の分類表

	A メタレベル	B 知識レベル	C 確認できない
分類基準	思考アイテムを適切に働かせて解答している。	思考アイテムを働かせて解答しているが十分、または適切ではない。	思考アイテムを働かせていることが確認できない。

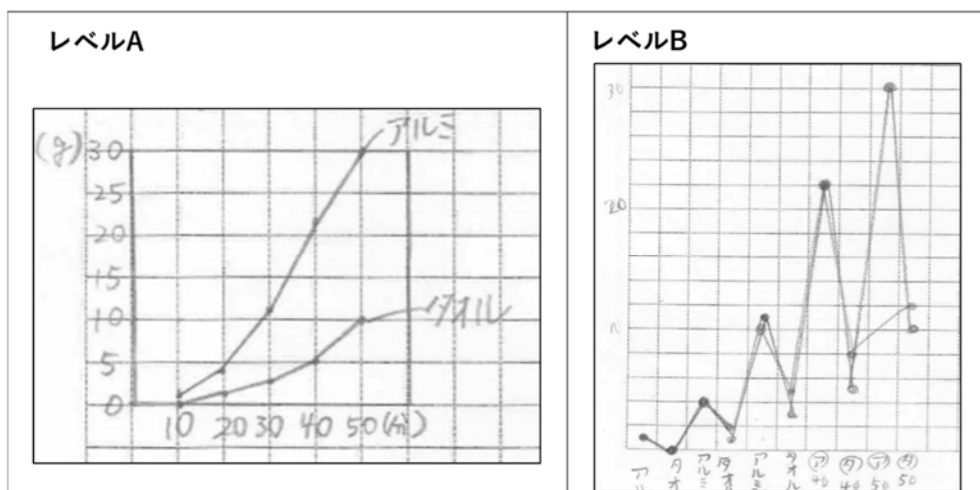


図 10 「表・グラフ」アイテムを用いた児童の解答

5. 結果と考察

5-1 思考アイテム調査問題の分析

思考アイテムを知識として与え、思考アイテムを意識した授業実践を行うことで活用の仕方が身につく、効果的にはたらかせることができるようになったかについて検証するために、検証授業前後に行った思考アイテムに関する調査問題を分析した。なお、調査問題の解答は分類表（表 4）の基準に沿って思考アイテムのレベルに分類した。本論文第 1 著者が分類表に沿って判別した。第 2 著者との間で判断の事例が難しい事例を検討するとともに、具体的な分類の結果を整理し、一貫して同じ基準で分類できるようにした。

分類表に基づいて数値化した値を、以下の検証項目に沿って数値化し、事前と事後において平均値を求め比較した。事前と事後の間で、平均点の差がないことを帰無仮説とした t 検定を行った。有意水準が 5% 未満の場合、両群の平均点の間に有意な差があると見なした。

(1) 使用している思考アイテムの種類数

表 4 の分類表を基に、A または B に分類された項目数を数え、解答するときを使用した思考アイテム数の変容を調べた。12 項目全ての思考アイテムを使用すると最大値 12 となる。各学年の事前事後の平均数の推移を図 11、t 検定の結果を表 5 に示す。

各学年とも、検証授業後に思考アイテムの種類数が統計的に有意に増加した。

(2) メタレベルで使用できる思考アイテムの種類数

表 4 の分類結果を基に、A メタレベルに達した思考アイテム数を数え、一人当たりのメタレベルに達した思考アイテム数を事前と事後で比較し、量的な変化を調べた。12 項目すべての思考アイテムがメタレベルで使用できていると最大値 12 となる。各学年の事前事後の平均数の推移を図 12、t 検定の結果を表 6 に示す。

各学年とも、検証授業後にメタレベルで使用できる思考アイテムの種類数が統計的に有意に増加した。

これらのことから、本指導法によって、より多くの児童が思考アイテムを独力で適切に働かせることができるようになることが示唆された。

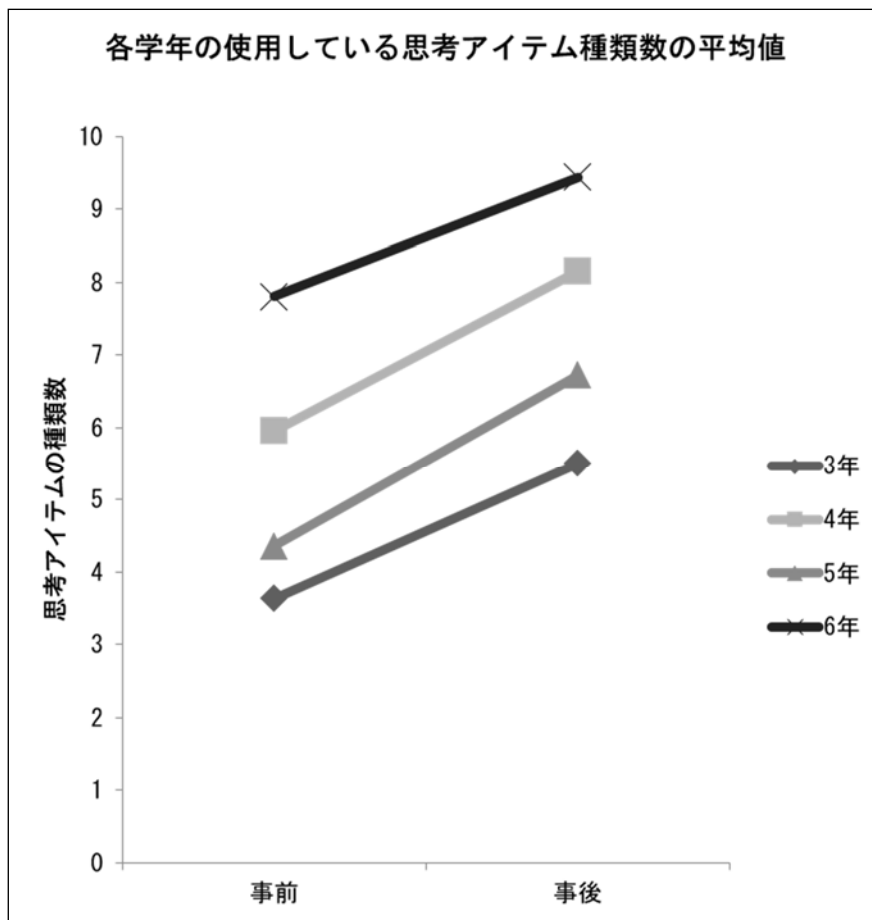


図 11 各学年の使用している思考アイテムの種類数の平均値

表 5 使用している思考アイテムの種類数 t 検定結果

	事前平均	事後平均	自由度	t 値	p 値 ** : 1%有意 * : 5%有意
第3学年 (n=52)	3.63	5.50	51	-6.66	<.001**
第4学年 (n=51)	5.96	8.16	50	-8.45	<.001**
第5学年 (n=51)	4.35	6.73	50	-8.04	<.001**
第6学年 (n=50)	7.80	9.44	49	-6.31	<.001**

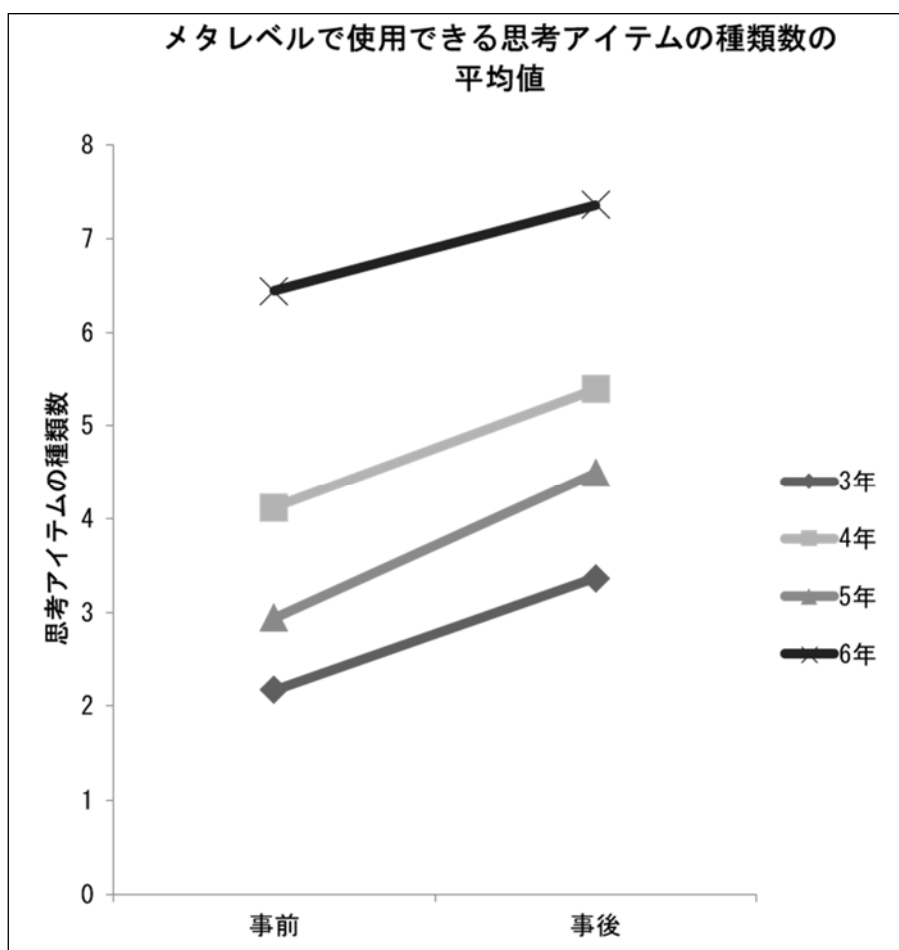


図 12 メタレベルで使用できる思考アイテム種類数の平均値

表 6 メタレベルで使用できる思考アイテム種類数の平均値 t 検定結果

	事前平均	事後平均	自由度	t 値	p 値 ** : 1%有意 * : 5%有意
第3学年 (n=52)	2.17	3.16	51	-5.34	<.001**
第4学年 (n=51)	4.12	5.39	50	-5.73	<.001**
第5学年 (n=51)	2.94	4.49	50	-6.50	<.001**
第6学年 (n=50)	6.44	7.36	49	-3.94	<.001**

5-2 考察とまとめ

本研究は、理科学習における問題解決の過程での思考に着目し、小学校理科を通じて体系的に育成する「思考アイテム」を自在に働かせるようにする指導法を設計し、各学年段階でその効果と課題を実践的かつ統計的に検証することを目的として取り組んだものである。その結果、それぞれの学年において思考アイテム調査問題の分析の結果、検証授業後に使用した思考アイテムの種類数、メタレベルで使用できる思考アイテムの種類数に統計的に有意な上昇がみられた。よって、本指導法は3～6学年において、問題解決において多様な思考アイテムをより適切に働かせることができるようになることが示唆された。また、表6の結果で4年の方が5年よりも得点水準が高かったことは、学年を構成する児童の特性やその集団に対する過去の指導の内容等によって、児童の思考力の成長が必ずしも学年段階に比して高まるものでないことを示唆している。

以上から、「思考アイテム」を用いた本指導法を行うことは、様々な思考アイテムを働かせるきっかけとなり、対話的な学習を通して問題解決の過程で働かせることで、次第に独力で働かせることが可能になると考えられる。

6. 今後の課題

今回使用した12項目の思考アイテムは、学年により項目ごとの活用レベルに差がみられた。しかし、本検証授業は1単元でのみ行ったものであり、学年相互の比較は行わなかった。6年と3年では大きな変容がみられ、指導法によって授業の前後でも成長がみられたが、それが学年をまたぐような継続的な成長を伴うものなのかは継続して調べないとわからない。また、今回の調査問題はその問題を解答するために、4・2に示した思考アイテムを必ず使用しなくても解答することができ、1つないし複数の思考アイテムが活用されて解答できる問題であった。そのため、特定の1つのアイテムがどれくらい定着したのかについて明らかになっていない。今後、中・長期的な見通しの中で継続的に指導を行い、発達段階による思考アイテムの定着の仕方の違いをアイテムごとにも比較する必要がある。さらに、活用レベルの差が発達段階の差によるものなのか、調査問題の内容も含めて今後慎重に検討していく必要がある。本研究で4年の方が5年の児童よりも高い活用レベルを示したことが、発達段階にともなって自然に成長する思考力ではないことを示唆していることから、小学校においてより長期的に児童の思考力を高める研究の意義と必要性が認められる。さらに、本研究では意識的活用レベルからメタレベルに引き上げる手立てとして主に手立て②を設定しているが、意識的活用レベルの児童がどのくらい存在するか事前事後に調査をしていない。児童がどのように思考アイテムをメタレベルへと移行させていくのかについて明らかにしていくためにも、意識的活用レベルの児童の調査方法について今後検討していきたい。

また、本研究で取り上げた思考アイテムは、理科学習だけではなく他教科でも働かせることが可能であり、思考アイテムの中には他教科においてそのアイテムの内容を学習するものもある。そこで、他教科でも思考する際に思考アイテムを取り入れて、指導する可能性について学級担任と検討を始めている。今後は、様々な教科で学んだアイテムを、他教科でも使用して考えるという指導について検証しその効果を明らかにしていきたい。

さらに、今回の検証授業は第一著者が授業を行ったわけであるが、手立て①～③を他の教

員も含め学校全体で取り組むと、学校全体で思考アイテムのメタレベルでの使用がどのように変化がみられるか効果が測られていない。今回、教科横断的な思考方略として「思考アイテム」を提示できたことの意義は大きい。そのため、この「思考アイテム」を学校全体で教科横断的に持続して取り組んでいくことが今後の課題である。

引用文献

- Azmitia, M. (1996) Peer interactive minds: Developmental, theoretical, and methodological issues. In Baltes, P. B. & Staudinger, U. M. (Eds.), *Interactive minds: Life-Span perspectives on the social foundation of cognition*. New York: Cambridge University Press.
- 米国学術研究推進会議編著, 森敏昭他監訳 (2002)『授業を変える (How People Learn) —認知心理学のさらなる挑戦』北大路書房, 285-286.
- Flavell, J. H. (1979) Metacognition and Cognitive Monitoring; A New Area of Cognitive-Developmental Inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.
- 藤村宣之 (2008)「知識の獲得・利用とメタ認知」三宮真智子編『メタ認知 学習力を支える高次認知機能』北王路書房, 39-54.
- 久坂哲也 (2016)「我が国の理科教育におけるメタ認知の研究動向」『理科教育研究』Vol.56, No.4, 397-408.
- 猪口達也, 後藤大二郎, 和田一郎 (2018)「理科学習における主体的な問題解決活動の推進に関する社会的メタ認知機能についての事例的研究」『理科教育学研究』Vol.59, No.2, 229-242.
- 角屋重樹, 山根悠平, 西内舞, 雲財寛, 稲田結美 (2018)「思考力・判断力・表現力の育成を目指した学習指導法の開発」『日本体育大学大学院教育学研究科紀要』第1巻第1・2合併号, 151-160.
- 加藤尚裕, 引間和彦 (2009)「小学校理科における学習方略に関する指導法の開発—「学び方アイテム」の自発的な利用をめざして—」『国際経営・文化研究』Vol.14, No.1, 71-85.
- 加藤尚裕 (2012)「プロセス・スキルに視点を当てた問題解決能力の指導に関する予備的研究—小学校理科におけるメタ認知ツールの開発を目指して—」『国際経営・文化研究』Vol.16, No.2, 67-76.
- 加藤尚裕 (2014)「理科授業におけるメタ認知を育成するための指導方法の開発—小学校第6学年「てこの規則性」を事例として—」『国際経営・文化研究』Vol.18, No.4, 31-44.
- 木田真貴子, 清水誠 (2012)「考察する力を高める学習指導法の研究—討論の方法を指導することの効果—」『理科教育学研究』Vol.52, No.3, 201-207.
- Nelson, T. O., Narens, L. (1990) Metamemory: A theoretical framework and new findings. In Bower G. (Ed.), *The Psychology of learning and motivation*, 26, 125-123. San Diego, CA: Academic Press.
- 小倉康 (2011)「理科で育てたい「思考力・判断力・表現力」とは」『理科の教育』Vol.60, 807-810.
- 小倉康, 岸田拓郎, 小暮建宏, 島田広彦 (2015)「科学的探究能力を確かに指導するための学習目標の精緻化と授業設計法への展開」『日本理科教育学会 第65回全国大会発表論文集』, 531.
- 小倉康 (2016)「科学コミュニケーション社会における学校理科教育—学校と社会との効果的な連携のための実行可能な方法の提案」『日本サイエンスコミュニケーション協会誌』第5巻, 第1号, 40-45.

- 岡本真彦 (2012) 「教科学習におけるメタ認知—教科学習のメタ認知知識と理解モニタリング—」
『教育心理学年報』第51集, 131-142.
- Palincsar, A. S. & Brown, A. L. (1984) Reciprocal teaching of comprehension-fostering and
comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1, 117-175.
- Padilla, M. J. (Eds.) (2002) “Science Explorer: Teacher’s Edition”, Prentice Hall.
- 三宮真智子編 (2008) 『メタ認知 学習力を支える高次認知機能』北王路書房, 7-12.
- Schoenfeld, A. H. (1985) *Mathematical problem solving*. New York: Academic Press.
- 和田一郎, 森本信也 (2014) 「理科授業における社会的相互作用がメタ認知の機能に及ぼす影響に
ついての事例的研究—教師と子どもとの共同的なモデル構築過程を中心として—」『理科教
育学研究』Vol.55, No.1, 95-108.

(2021年3月31日提出)

(2021年5月10日受理)

Development of Science Teaching Method to Make Students Freely Operate “Items for Thinking” as Scientific Thinking Strategies

SAKUMA, Fusako

Kamitakano Elementary School, Satte City

OGURA, Yasushi

Faculty of Education, Saitama University

Abstract

The purpose of this study is to develop a teaching method to make students become freely operate “Items for Thinking (IT)” during the process of science activities that are mediated by language, and to test effectiveness of the method. We identified twelve IT as thinking strategies in science, which elementary students are expected to acquire, and developed a teaching method in which the IT are given as knowledges by teacher and students make use of them repeatedly during the process of science activities.

We tested the method in one science unit of each grade from 3 to 6 at an elementary school. As the results, the number of types of IT used by students and the score of how to use IT increased statistically significant, compared to those in pre-test. These results suggested that students became more easily to operate IT during the process of science problem solving.

Keywords : Item for Thinking, thinking strategy, meta-cognitive knowledge, science problem solving