

(論文)

理科授業における科学の方法の指導に関する実践的研究

加藤 尚裕

キーワード

メタ認知 科学の方法 授業研究 理科 小学校

1 研究の背景

中央教育審議会答申（2008）の理数教育の充実において、論理や思考といった知的活動の基盤という言葉の役割に着目した場合、比較や分類、関連付けといった考えるための技法の重要性が示されている。

この答申で示されている考えるための技法は、小学校の理科授業では「比較する」「予想を立てる」「推論する」などといった科学の方法と同じであると考えられる（以下、「科学の方法」と記す）。

科学の方法とは、「観察、実験、測定、記録、分類、推論、予測、モデルの形成、仮説の設定、検証など」である（文部省、1968）。この方法は、昭和44年の中学校指導書理科編（文部省、1970）で「自然の事物・現象の中に問題を見だし、それを探究する過程を通して科学の方法を習得させ、創造的な能力を育てる」と示され、科学の方法の習得を目指して以来、現在の小学校の学習指導要領解説理科編（文部科学省、2008）でも、「科学の方法」という言葉を用いていないが、小学校の学年を通して育成する問題解決の能力として示されている。また、この方法は、学習者の科学的概念の形成を促すという観点からも重要な役割を果たすものと考えられている（湯澤、2008）。

この科学の方法に関する指導について、奥村（1998）は、理科授業においては、かなり高度なものであって、理科を担当する教師自身がこれを十分に理解し、使いこなすのが困難であることとも指摘している。また、今田・小林（2004）が中学校理科教師を対象とする調査で、教師が科学の方法に関する指導を行っているにもかかわらず、生徒への定着が不十分であることを明らかにしている。さらに、植坂（2009）は、現在の日本の学校教育において科学の方法に関するような指導が十分に行われているとは考えにくいのが現状であることを指摘している。

こうした先行研究から考えると、理科授業を通して科学の方法を指導することは、学習者が問題を解決していくための重要な能力の一つであるが、指導方法等の工夫が必要であることがわかる。

このように重要な能力の一つである科学の方法に関する指導方法については、筆者の知る限り、小学校理科授業での実践的研究が十分に行われていないのが現状である。そこで、本研究では、加

かとう たかひろ：淑徳大学 教育学部 教授

藤・引間（2009）が考案した「同じにする条件と変える条件は何か」「予想が立つかな」「事実をもとに考えよう」といった科学の方法に関する思考の言葉（以下、学び方アイテムと記す）を学習者自身が内化し、自らの学習状態を診断的に見つけ、改善するといったメタ認知の働きを活用した指導方法の実証的な研究を行う。なお、この指導方法は、学習者自身の科学的概念の形成を促進することも可能であると考えている（Bransford, Brown, and Cocking, 1994）。

2 メタ認知について

ここでは、学習者自身に理科の学習活動の中で学び方アイテムをメタ認知として機能させて学習を行わせることの意義について考えてみる。

学習者が理科の学習活動の中で学び方アイテムを意識して使うことは、科学の方法を身に付けていくための方法である。学習者が理科授業の中で問題解決を主体的に行うためには、科学の方法を使うための道具が必要である。本研究では、そのような道具が学び方アイテムである。学習者はそれらを使って考えをめぐらし、観察・実験を行って理科の問題を解決していくのである。たとえば、「ものの燃え方と働き」の授業で、学習者が学び方アイテムを使って思考をめぐらす場面を考えてみよう。この授業で、学習者が「酸素・窒素・二酸化炭素・空気のそれぞれの集気びんの中でろうそくを燃やすと、どのような変化が起こるのだろうか」という問題に対して、どのような変化が起こるのかを予想する場合、学習者自身が「予想が立つかな」といった学び方アイテムを自問自答するといったメタ認知を行わせる。そうしたことで学習者が自分自身に問いかけ、自分自身に予想を考えるようにしむけていくことが可能になるだろう。また、「電流の働き」の授業では、コイルの巻き数によって磁力の大きさが変わるかを調べる方法を考える場面では、学習者自身が条件制御を意識し、「同じにする条件は何か」という学び方アイテムを考えるための道具として利用して考えをめぐらせる。そして、実験を行う回数や手順、観察の視点などについてセルフチェックをかけたるといったメタ認知を機能させるようにする。

このように学び方アイテムは、学習者にとって自然を調べる過程で取り上げられる考えるための科学の方法であり、その方法に関する言葉を、自然を調べる過程の中で学習者自身が内化し、自分の認知構造として再編していくものと考えられる。学び方アイテムは、考えるための道具であるから、当然、科学の方法としての考えるための道具としての言葉を知ったり使うための練習をしたりする必要がある。また、学習者自身により考えるための道具として修正されたり新しく創られたりするものでもある。

要するに、学び方アイテムをメタ認知として機能させるためには、自然を調べる過程の中で、考えるための道具としての言葉を知ったり使うための練習をしたりして、学習者自身に認知過程の内化を促すこと、言い換えるとメタ認知を育成することが重要な指導であると考えている。

堀（2009）は、内化とは、外にあるものを自分の認知過程の中に取り入れることであるが、そのとき自分自身の認知構造の再編成が行われることまでも含めて考える必要があり、メタ認知の育成にとって避けて通ることができないと言い、これまでの実践的な研究では、内化へとつなげていく働きかけがきわめて弱いか、もしくはないことを指摘している。そして、学習者は一人で内化の機能を働かせることは無理であるので、教師が適切な内化を促す働きかけを行うことが必要であると指摘している。

このことから、これまでも学び方アイテムを内化するための指導方法の実践的な研究を行ってきた（加藤、2014）。特に、本研究では、適切な内化を促す働きかけに視点を当てて検討を進める。なお、本研究で扱うメタ認知は、三宮（2008）が示している定義によっている。すなわち、

人間の認知特性についての知識、課題についての知識、方略についての知識といったメタ認知的知識と、認知についての気づき、フィーリング、予想、点検、評価などのメタ認知的モニタリングおよび認知についての目標設定、計画、修正などのメタ認知的コントロールといったメタ認知的活動の2つの側面からとらえることである。

3 研究の目的

本研究では、学習者自身に学び方アイテムをメタ認知として機能させ、学習活動を行わせることによる学習効果を検討することである。

なお、本研究で扱う学び方アイテムという言葉は、小学生にわかりやすい言い方として、この言葉を使用している。

4 研究の方法

- (1) 小学校理科第6学年「てこの規則性」の授業で、学び方アイテムの指導を行い、それに対する意識として、この規則性に関する科学的概念の形成との関係を明らかにする。
- (2) 「発電と電気の利用」の授業で、「てこの規則性」の授業で指導した学び方アイテムのメタ認知としての働きを調べ、科学的概念形成に及ぼす効果を検討する。

5 研究の概要

5.1 学び方アイテムの指導

本研究での学び方アイテムに関する指導では、Bruer（1993）のメタ認知の指導方法を参考にし、明示的な方略の解説、いつその方略が役に立つかについての教授、そしてなぜそれが役に立つのかの説明を行った（図1）。

具体的には、まず、「てこの規則性」の授業を行う前に、「学び方アイテム」とは何かということ学習者に説明する。次に、授業のはじめの時間に、今日の授業で使ってほしいアイテムの説明する（図1の①）。そして、学習者にそのアイテムを図2に示すワークシートに記入させる（図1の②）。その後、アイテムの使い方の説明を行う（図1の③）。

授業中、個人やグループに対してアイテムの利用場面の説明や、アイテムを声に出して使うように助言する。なお、アイテムを声に出させるのは、佐藤（1996）が自分のモノログは、即座に自分がもう一度その声を聞き、自己との対話を引き起こすと述べていることから「学び方アイテム」を意識させることが期待できると考えた。また、学習者がアイテムを利用している場面を発見したときには褒め（図1の④）、他の学習者にもそのアイテムの使い方を広めるように配慮する。

授業の終末場面では、その時間の学習を振り返って、その日に使ったアイテムがこれからも使えそうかについて「学び方アイテム」振り返りシート（図3）に記入させ、アイテムに関する振り返りを行う（図1の⑤）。

5.2 実践授業の概要

埼玉県内公立小学校、第6学年39名を対象として、平成24年1月～2月にかけて、O教諭が「てこの規則性」の授業（表1）を8時間と「発電と電気の利用」の授業を10時間実施した（表2）。なお、この2つの単元は連続して授業を行った。

〈授業のはじめの場面〉

T：この時間は、ボールでくぎを抜いたり、丈夫な棒で重いものを持ち上げたりする実験をしようと思います。

その時、みんなに「学び方アイテム」を使ってもらいたいと思います。実験をしながら、「違いはあるかな」と自分自身に問いかけてみましょう。①

T：ワークシートの吹き出しに「違いはあるかな」と書いてください。②

(略)

T：実験をしながら、自分自身に「違いはあるかな、違いはあるかな」と問いかけてみましょう。くぎを抜くためにボールの使い方をいろいろ試しながら、「違いはあるかな」と自分自身に問いかけられるといいですね。③

[活動中]

(略)

T：実験の結果をワークシートに書きましょう。

T：結果を、ボールの上を持ったときは・真ん中を持ったときは・下を持ったときはと分けて書いている人がいますね。その時、「違いはあるかな」と自分自身に問いかけられるといいですね。④

(略)

[授業の終わりの場面]

T：今日の学習を振り返って「違いはあるかな」というアイテムは、くぎをぬいてみる実験をしたときに使えたでしょうか。「学び方アイテム振り返りシート」に書いてください。⑤

図1 「学び方アイテム」の指導場面


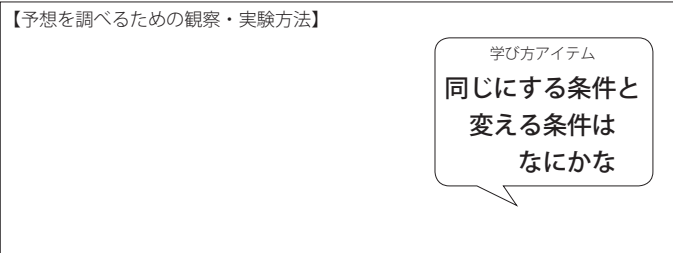
単元名	てこの規則性	月	日	名前 ()
【問題 (課題)】				
				学び方アイテム 違いは あるかな
【予想を調べるための観察・実験方法】				
				学び方アイテム 同じにする条件と 変える条件は なにな

図2 ワークシート

学び方アイテム振り返りシート

今日の授業じゅぎょうの中で、先生が教えてあげた
 学び方アイテム（ ）は
 これからの理科の授業で使えると感じましたか。

はい いいえ

「はい」と答えた人だけにききます。今日の授業じゅぎょうで、今日先生が教
 えてあげた学び方アイテムが使えるそうだと感じたわけをくわしく書いて
 ください。

図3 「学び方アイテム」振り返りシート

表1 「てこの規則性」の授業概要と指導した「学び方アイテム」

○「てこの規則性」に関する事前テスト

次	時	学習活動（○）	指導した学び方アイテム
第一次	①	「バールでくぎを抜いたり、丈夫な棒で重いものを持ち上げたりして、楽に作業できる方法を見つけてみよう。」 ○バールでくぎを抜いたり、丈夫な棒で重いものを持ち上げたりして、楽に作業できる方法を見つける。 ○学び方アイテム振り返り	・違いはあるかな
	②	「てこをどう使えば、重いものを楽に持ち上げることができるのだろうか。」 ○支点・力点・作用点など、てこについての用語をおさえる。問題に対する予想を立てる。	
	③	○実験1 棒を使って砂袋を持ち上げ、力点や作用点などの位置を変えて手応えを調べる。	・同じにする条件と変える条件は何か
	④	○実験1の結果からてこをどう使えば重いものを楽に持ち上げることができるのだろうか考察する。 ○学び方アイテム振り返り	
第二次	⑤	「左右のうで、おもりの重さやつるす位置を変えると、どんなときにつり合うのだろうか。」 ○実験2 実験用てこを使って、てこがつり合うきまりを調べる。 ○学び方アイテム振り返り	・試してみようかな
	⑥	○実験2の結果から左右のうでがつり合う時のきまりを見つける。 ○学び方アイテム振り返り	・決まりはあるかな
第三次	⑦	「てこを利用した道具を探して、しくみを調べよう。」 ○実験3 身の回りにある、てこのきまりを利用した道具の支点・力点・作用点を調べる。小さな力で作業できる使い方を調べる。 学び方アイテム振り返り	・しくみはどうなっているのかな
	⑧	○実験3の結果から、小さな力で作業できる使い方をまとめる。てんびんや上皿天秤の使い方を思い出す	

○「てこの規則性」に関する事後テスト

表2 「発電と電気の利用」の授業概要

○「発電と電気の利用」に関する事前テスト

次	時	学 習 活 動
第一 次	①～④	どのようにすると、発電できるのだろうか。 実験1：モーターや電子オルゴールなどつなぐものを変えてみる。実験の結果から、手回し発電機の特徴についてまとめる。
第二 次	⑤～⑦	○学び方アイテム使用に関する指示① 実験2：コンデンサーに手回し発電機で発電した電気を蓄え、豆電球や発光ダイオードを点灯させる。実験の結果から、コンデンサーのはたらきをまとめる。 ○メタ認知に関する調査①
第三 次	⑧～⑨	○学び方アイテム使用に関する指示② 実験3：太さの違う電熱線に電流を流した時の発熱を調べ、電熱線の太さと発熱の関係を考える。 ○メタ認知に関する調査②
第四 次	⑩	電気には、どんな利用のしかたがあるのだろうか。資料で調べる。

○「発電と電気の利用」に関する事後テスト

5.3 指導する学び方アイテムの選定

本実践で指導した学び方アイテムは、表1に示すものである。

学び方アイテムの指導では、1単位時間に1つのアイテムを扱った。どのアイテムを教えるかは、授業者が単元の授業内容を考えて、加藤（2014）が考案した学び方アイテム（表3）から学習者がメタ認知として機能させやすいと考えられるものを選んだ。

具体的には、本実践の「てこの規則性」では、第一次の導入で「ボールでくぎを抜いたり、丈夫な棒で重いものを持ち上げたりして、楽に作業できる方法を見つける」という活動を通して、てこに関する問題を見いださせたい。そこで、問題を見いだす場面で「違いはあるかな」というアイテムを指導する（表1の①時）。次に、「てこをどう使えば、重いものを楽に持ち上げることができるのだろうか」という問題を解決させるために、棒を使って砂袋を持ち上げ、力点や作用点などの位置を変えて手応えを調べる実験では、実験方法を考える場面で「同じにする条件と変える条件は何かな」というアイテムを指導する（表1の③時）。

第二次では、実験用てこを使って「左右のうで、おもりの重さやつるす位置を変えるとどんなときにつり合うのだろうか」という問題を解決させるために、実験用てこを使って、てこがつり合う時のきまりを調べる実験では、実験・観察を行う場面で「試してみようかな」のアイテムを指導する（表1の⑤時）。そしてその実験結果から、つり合うときのきまりを考察していく場面で「決まりはあるかな」のアイテムを指導する（表1の⑥時）。

6 第三次では、「てこを利用した道具を探して、しくみを調べよう」という問題を解決させるために、身の回りにある、てこのきまりを利用した道具の支点・力点・作用点を調べる実験では、実験・観察を行う場面で「しくみはどうなっているのかな」のアイテムを指導する（表1の⑦時）。

5.4 分析の方法

研究対象の学習者は、「てこの規則性」8時間と「発電と電気の利用」10時間の授業をすべて受けた者で、しかも事前・事後テスト、「学び方アイテム」に関する調査内容の記述に不備のなかつ

た者20名である。

学び方アイテムと科学的概念の形成に関する分析を、以下の方法で行った。

(1) 科学的概念に関する調査

ここでは、資料1に示す「てこの規則性」の科学的概念に関する調査問題（以下、「てこ調査」と記す）を使用した。調査時期は、事前テストとして「てこの規則性」の単元に入る前に実施し、事後テストとして単元終了後に実施した（表1）。また、資料2に示す「発電と電気の利用」に関する科学的概念に関する調査問題（以下、「電気調査」と記す）を使用した。調査時期は、事前テストとして「発電と電気の利用」の単元に入る前に実施し、事後テストとして、単元終了後に実施した（表2）。

(2) 学び方アイテムに関する意識調査

「てこの規則性」の授業における学習者の学び方アイテムに関する意識調査は、表1の②、④の時間で、授業終了直前に「今日の授業で使えたと思ったアイテムとその理由を書きましょう」と指示し、図3に示す学び方アイテム振り返りシートに記述させた。

「発電と電気の利用」の授業における学習者の意識調査は、「てこの規則性」の単元で使用したアイテム、「違いはあるかな」「同じにする条件と変える条件は何かな」「試してみようかな」「きまりはあるかな」「しくみはどうなっているのかな」の5つを授業の開始直後に実施した（表2の⑤～⑦と⑧～⑨）。

6 実践結果と考察

6.1 学び方アイテムに関する意識

まず、学習者が「てこの規則性」の授業で初めて学んだ学び方アイテムを意識しているかどうかを検討した。

指導したアイテム「違いはあるかな」「同じにする条件と変える条件は何かな」「試してみようかな」「決まりがあるかな」「しくみはどうなっているのかな」について、学習者が意識しているかどうかを整理し、直接確率計算を行った。

その結果、表4に示す通り、指導した5つの学び方アイテムがすべて1%水準で、意識していると思っている群の方が有意に多かった。

次に、学習者が学び方アイテムを意識して使っているかどうかについて、学び方アイテム振り返りシート（図3）の記述をもとに検討を行った。

ここでは、学び方アイテムを意識しているかどうかは、学び方アイテムがメタ認知として働いて

表3 考案した学び方アイテム

学習場面	学び方アイテム
問題を見いだす場面	何だろう、どういうことかな
	違いはあるかな
予想や仮説を考える場面	事実をもとに考えよう
	試してみようかな
	予想がたつかな
観察・実験方法を考える場面	ほかの方法はないかな
	どんな計画で調べてみようかな
	同じにする条件と変える条件は何かな
	〇〇を使えばわかるかな
観察・実験を行う場面	よく観察してみよう
	何でできているのかな
	しくみはどうなっているのかな
	はかってみようかな
	手がかりがみつかるかな
	正確な実験をするには
	特徴は何かな
観察・実験結果を得て、その結果を考察する場面	○と△は関係あるのかな
	条件は何かな
	〇だから、～だろう
	きまりはあるかな
	〇がどうかわったかな
	共通点は何かな
	事実をもとに考えよう
	言葉で説明してみようかな

表4 指導した「学び方アイテム」について

N=20

指導した「学び方アイテム」	意識している	意識していない	検定結果
「違いはあるかな」	18	2	**
「同じにする条件と変える条件は何かな」	17	3	**
「試してみようかな」	17	3	**
「決まりはあるかな」	20	0	**
「しくみはどうなっているかな」	20	0	**

※両側検定 ** (p<.01)

表5 「学び方アイテム」の機能状況に関する読み取り指標

分類		読み取り指標
機能していない		・無回答、考えていなかった
機能している状況	知識として機能させている	・使用しているアイテムについて考えている。
	メタ認知的活動として機能させている	・なぜそのアイテムを使用するのかを理解している。 ・課題に関連するアイテムを実行できる。

いるかで判断した。なぜならば、秋田（1989）が指摘しているように「メタ認知と認知は、より自覚的な理解水準を『メタ認知』、自動化した水準を『認知』と呼んできたのであり、両者は連続しており、意識が関与する相対的な程度の問題である」と考えられているからである。この指摘を踏まえ、学習者の記述から学び方アイテムを意識しているかどうかを読み取るに当たり、Israel（2007）が整理しているメタ認知の機能している状況に関する研究を参考にして、学び方アイテムが機能している状況を読み取る指標を作成し、それに基づいて学習者の記述を読み取った。

具体的には、表5に示す学び方アイテムに関する機能状況の読み取り指標、すなわち「使用しているアイテムについて考えている」「いつなぜそのアイテムを使用するのかを理解している」「課題に関連するアイテムを実行できる」という読み取り指標を作成して学習者の記述を読み取った。

たとえば、「学び方アイテムを思いうかべるのはいいことだと思った」「学び方アイテムのことばを考えるのは大切だと思った」などの記述を、学び方アイテムを知識として機能させている状況であると読み取った。また、「実験などで、自分で立てた予想と結果が違ったときに『何でこうなったか』と思うとき使ったから」「くぎを打って、それを抜こうとしても抜けなかったのに、先生がやったら一瞬で抜けたときに『何でだろう』と思ったから」「自分が『こうかな？』っていう疑問を深めて、最後にひらめいて、自分のアイデアを出すから」などの記述を、学び方アイテムをメタ認知的活動として機能させている状況として読み取った。

このようにして学び方アイテムに関する機能状況を調べた結果、以下のようなことが明らかになった。

8 まず、表6は、「てこの規則性」の指導に関する実践について読み取ったものを整理した。なお、学習者の記述の読み取りは、筆者と授業者の2人で別々に読み取り、不一致内容については協議をして判定した。そして、学習者が学び方アイテムを意識しているかどうかについて直接確率計算を行った。

その結果、表6に示す通り、指導した5つの学び方アイテムすべてが1%水準であり、学び方アイテムを機能させている群のほうが有意に多かった。

以上のことより、学習者が「てこの規則性」の授業で指導した5つの学び方アイテム、「違いは

表6 「てこの規則性」における「学び方アイテム」の機能状況

指導した「学び方アイテム」	機能させている	機能させていない	検定結果
違いはあるかな	18	0	**
同じにする条件と変える条件は何かな	16	1	**
試してみようかな	17	0	**
決まりはあるかな	20	0	**
しくみはどうなっているかな	20	0	**

※対象人数が違うのは、「学び方アイテム」を意識している者を対象としたためである。
両側検定 ** (p<.01)

表7 2単元の「学び方アイテム」の機能状況

	知識として機能している	メタ認知的活動として機能している
てこの規則性	54▲	37▽
発電と電気の利用	9▽	26▲

(▲有意に多い、▽有意に少ない、p<.05)

あるかな」「同じにする条件と変える条件は何かな」「予想が立つかな」「決まりがあるかな」「しくみはどうなっているかな」をメタ認知として機能させていると考えられる。

次に、「てこの規則性」の授業で指導したアイテムが「発電と電気の利用」の授業において、学び方アイテムを知識として機能させている人数とメタ認知的活動として機能させている人数を調べ、直接確率計算を行った(表7)。

その結果、その偶然確率は $p=0.0002$ (両側検定)であり、有意水準5%で有意であった。このことから、当然のことながら、「てこの規則性」の授業で学び方アイテムを指導したので、メタ認知知識として機能させているのは、「発電と電気の利用」の授業より「てこの規則性」の授業であることがわかる。また、学び方アイテムをメタ認知的活動として機能させている学習者は、「てこの規則性」より「発電と電気の利用」の方が有意であるといえる。したがって、「てこの規則性」の授業で指導したアイテムは、「発電と電気の利用」の授業において、メタ認知的活動として機能させている可能性があると考えられる。

6.2 学び方アイテムと科学的概念

学び方アイテムの指導と科学的概念との関係について、事前・事後テスト(資料1)を基に、マクネマー検定を行った。

その結果、表8、表9に示すように、ほぼ全ての問題で正答に有意差が見られ、一定の学習成果が出ていることが分かる。しかし、この学習成果は、継続的に学び方アイテムを指導し、学習者がそれをメタ認知として機能させていることと関係づける証拠が明確になっているわけではない。また、今回の実践では、実験群と統制群を設定して検討をしていないので、学び方アイテムと学習成果との関係が十分に明らかになったわけではない。したがって、今後、学び方アイテムの利用と学習者の学力への影響について検証していく必要がある。

表8 「てこの規則性」事前・事後テスト結果

問題	正答→誤答	誤答→正答	検定結果
①	0	9	**
②	2	10	*
③	0	6	*
④	0	8	**
⑤	0	17	**
⑥	0	10	**

※正答→誤答：事前テストに正答した者が事後テストで誤答した者
 誤答→正答：事前テストに誤答した者が事後テストで正答した者
 両側検定、** ($p<.01$)、* ($p<.05$)

表9 「発電と電気の利用」事前・事後テスト結果

問題	正答→誤答	誤答→正答	検定結果
(1)	1	11	**
(2)	1	11	**
(3)	1	8	*

※正答→誤答：事前テストに正答した者が事後テストで誤答した者
 誤答→正答：事前テストに誤答した者が事後テストで正答した者
 両側検定、** ($p<.01$)、* ($p<.05$)

7 総合考察

本研究の主要な目的は、学習者自身に学び方アイテムをメタ認知として働かせるような指導を行い、その成果について検討するものであった。

まず、学習者自身が学び方アイテムを学習中に意識することについては、多くの学習者が「てこの規則性」の授業で指導したアイテムを意識していることが明らかになった(表4)。また、学習者は、アイテムをメタ認知的知識として獲得していく可能性が期待できることも見いだされた(表7)。

これらのことから、Bruer (1993) のメタ認知の指導方法の研究で示されているような明示的な方略の解説、いつその方略が役に立つかについての教授、そしてなぜそれが役に立つのかの説明を行うことにより、学習者に学び方アイテムをメタ認知的知識として獲得させられる可能性があると考えられる。

次に、学習者は、指導したアイテムをメタ認知的活動として機能させている可能性があることが示唆された。また、次の単元「発電と電気の利用」では、特に学び方アイテムの指導を行わないでも、それらをメタ認知的活動として機能させていくことの可能性も示唆された。

最後に、学び方アイテムをメタ認知として働かせることと科学的概念の形成との関係では、一定の学習成果が期待できることがわかった(表8)。このことから、学び方アイテムがメタ認知として機能することにより学習者自身の科学的概念の形成を促進できると考えられる。

上記の結果を整理すると、科学の方法に関する思考の言葉としての学び方アイテムは、学習者がそれをメタ認知として機能させ、理科の学習活動を行い、学習者自身の科学的概念の獲得の促進に役立てていくためのツールとして利用できる可能性があると言える。

今後の課題として、学び方アイテムを科学の方法として指導する場合、アイテムとしての言葉と、科学の方法として意味する「測定、記録、分類、推論、予測、モデルの形成、仮説の設定、検証など」の具体的な方法が学習活動の中でどのように役立てられているのか、学習成果との関係をとおして明らかにし、メタ認知ツールとしての学び方アイテムと学習者の学力への影響を研究していきたい。

謝辞

授業実践では、埼玉県川越市立大東西小学校の大野貴寛教諭にお世話になりました。また、実践研究データの統計処理では、上越教育大学の中野博幸先生・信州大学田中敏先生のjs-STARを使用させていただきましたので、ここに衷心より感謝申し上げます。

本研究は、日本学術振興会平成22～24年度科学研究費補助金（基盤研究（C））課題番号22530991「メタ認知の働きを活用した問題解決能力の育成に関する指導法の開発」（研究代表：加藤尚裕）を受けて実施したものである。

引用文献

- 秋田喜代美（1989）。文章理解におけるメタ認知の役割、JAPANESE JOURNAL OF DISCOURSE PROCESSES, 1、29-30。
- Bransford, J. D. Brown, A. L. and Cocking, R. R. (1994). How People Learn. 森敏昭・秋田喜代美（監訳）授業を変える—認知心理学のさらなる挑戦、北大路書房、2002、3-25。
- Bruer, T. J. (1993). Schools for Thought, A Science of Learning in the Classroom, Cambridge, MA: The MIT Press. 松田文子・森敏昭（監訳）授業が変わる—認知心理学と教育実践が手を結ぶとき—、北大路書房、p.67、1997。
- 堀哲夫（2009）。山梨大学教育人間科学部紀要第11巻、12-22。
- 今田利弘・小林辰至（2004）。中学校理科教員のプロセス・スキルズ育成に関する指導の実態。理科教育学研究、45（2）、1-8。
- Israel, S. E. (2007). Using Metacognitive Assessments to Create Individualized Reading Instruction. 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、14（1）、71-85。
- 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、18（2）、31-44。
- 文部省（1968）。中学校新しい理科教育—理科教育現代化講座指導資料—。東京書籍、p.9。
- 文部省（1970）。中学校指導書理科編（昭和45年5月）。大日本図書、p.10。
- 文部科学省（2008）。小学校学習指導要領解説理科編。大日本図書。8-9。
- 奥村清（1998）。科学の方法、日本理科教育学会編、キーワードから探るこれからの理科教育、東洋館出版社、58-63。
- 三宮真智子（2008）。メタ認知—学習力を支える高次認知機能—、北大路書房、7-12。
- 佐藤公治（1996）。認知心理学からみた読みの世界—対話と共同的学習をめざして—、北大路書房、p.110。
- 中央教育審議会（2008）。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について（答申）、文部科学省、p.55。
- http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2009/05/

12/1216828_1.pdf

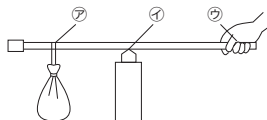
平成24年9月7日取得。

植阪友理 (2009)。Cognitive Studies、16 (3)、313-332。認知カウンセリングによる学習スキルの支援とその展開—図表活用方略に着目して—。

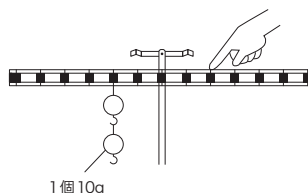
湯澤正通 (2008)。科学的思考と科学理論の形成におけるメタ認知、三宮真智子編著、メタ認知—学習力を支える高次認知機能—、北大路書房、131-149。

〈調査問題〉

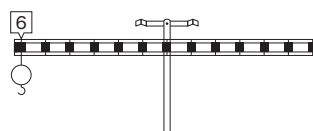
- ① 図のようにして砂ぶくろを持ち上げるとき、手が棒に加える力の大きさについてどのようなことがいえますか。正しいものに○をつけなさい。
- ア () いつも砂ぶくろの重さより小さい。
 イ () いつも砂ぶくろの重さより大きい。
 ウ () いつも砂ぶくろの重さと同じになっている。
 エ () いつも棒をおすところによって変化する。



- ② 図のように実験用てこが水平になっているとき、左のうでに加えられる力と、右のうでに加えられる力はどのような関係になっていますか。



- ③ 図のように右のうでを指でおす代わりに、指でおしている位置におもりをつるします。図と同じように、実験用てこを水平にするためには、何 g のおもりをつるせばよいですか。



- ④ 左のうでの [6] の位置に 10g のおもりを 1 個つるしました。右のうでの [1] の位置におもりをつるして実験用てこのうでを水平にするためには、10g のおもりが何個必要ですか。
- ⑤ 左のうでの [6] の位置に 10g のおもりを 1 個つるし、右のうでに 10g のおもりを何個かつるしたところ、うでが水平にならない位置が 2 つありました。それは、どの位置とどの位置ですか。 [2] ~ [6] から 2 つ選びなさい。またその理由をかきなさい。
- ⑥ てこをかたむけるはたらきを表しているものはどれですか。正しいものに○をつけなさい。
- ア () おもりの重さ + 支点からのきより
 イ () おもりの重さ - 支点からのきより
 ウ () おもりの重さ × 支点からのきより
 エ () おもりの重さ ÷ 支点からのきより

〈調査問題〉

手回し発電機の電気をコンデンサーにたくわえ、豆電球や発光ダイオードをつなぎ、明かりがつく時間を調べました。右の表はその結果を表したものです。次の問いに答えなさい。

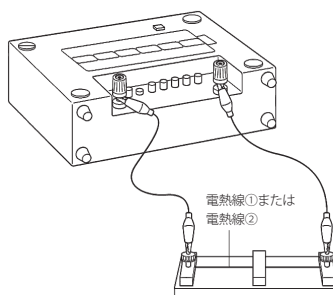
ハンドルを回す回数	豆電球がつく時間
10回	9秒
20回	14秒
30回	16秒

(1) 手回し発電機のハンドルを回す回数を増やすと、豆電球の明かりがつく時間はどのように変化しましたか。正しいものに○をつけなさい。

- ア() 明かりがつく時間が長くなり、その増え方も大きくなった。
 イ() 明かりがつく時間が長くなり、その増え方は変わらなかった。
 ウ() 明かりがつく時間が長くなり、その増え方は小さくなった。

ハンドルを回す回数	発光ダイオードがつく時間
20回	2分20秒

図のように、電源装置に太さのちがう電熱線①または②をつなぎ、その上に発ぼうポリスチレンをのせて、発ぼうポリスチレンの切れ方を比べました。次の問いに答えなさい。



(2) この実験の結果、電熱線①の上のせた発ぼうポリスチレンが切れるのに2.8秒、電熱線②の上のせた発ぼうポリスチレンが切れるのに3.8秒かかりました。電熱線の太さが太かったのは、①、②のどちらですか。

()

(3) この実験で電熱線に流れている電流の強さをはかったところ、ちがいが見られました。電熱線に流れる電流が強かったのは、①、②のどちらですか。

()

本研究では、学習者自身に科学の方法に関する思考の言葉としての学び方アイテムをメタ認知として機能させられるような指導を試みた。その結果、以下の2点が示唆された。

- (1) 学習者は学び方アイテムをメタ認知的知識として獲得し、それをメタ認知的活動として機能させていく可能性が期待できること。
- (2) 学び方アイテムは学習者自身の科学的概念の獲得の促進に役立てていくためのツールとして利用できる可能性があること。