

メタ認知的活動を促すことが科学概念形成に及ぼす効果

—中学校第1学年「物質の状態変化」の学習を事例にして—

小川 恵里佳	伊奈町立伊奈中学校
高垣 マユミ	津田塾大学学芸学部
清水 誠	埼玉大学名誉教授

キーワード：科学概念形成、メタ認知的活動、物質の状態変化、ワークシート、中学校理科

1. はじめに

メタ認知について、1970年代以降、認知心理学や教育心理学の研究者を中心に多くの研究がなされてきたが、我が国でも国立教育政策研究所(2015)が提案する「21世紀型能力」の中核となる思考力の構成の一つにメタ認知が示され、教育の現場で注目されるようになった。Flavell(1976)は、メタ認知について「認知過程及びその関連事物に関する自分自身の知識をさす」と述べ、目的や目標にしたがって認知過程をモニターし、さらに認知過程を調整するものとしている。松浦(2003)は、メタ認知についてFravell(1976)は主に「認知についての知識」という静的な側面に注目したのに対し、Brown(1989)は動的な視点からメタ認知を捉え、メタ認知の活動成分を認知の調整(regulation)と呼び、「認知についての調整・制御」に注目したとしている。また、木下(2006)は、メタ認知をメタ認知的知識とメタ認知的技能の2つの側面から定義し、メタ認知的知識を「人が自分の認知的資源や学習者としての自分自身と学習自体との適合性についてもっている知識」とし、メタ認知的技能を「学習あるいは問題解決を目指して進行している試みの間に行われている自己調整の規制」としている。研究者によっては、メタ認知的調整やメタ認知スキル(技能)という語も用いられている。三宮(2008)は、活動成分を広く捉え、Fravell(1976)が使用した受動的な印象を与える「メタ認知的経験」の代わりに、より積極的な意味合いをもつ「メタ認知的活動」の語を用い、メタ認知的活動をメタ認知的モニタリングとメタ認知的コントロールからなると述べている。

これまでのメタ認知についての研究は、人がいつ特定のメタ認知をもつのか、そのメタ認知は正確かという認識論的な問いに焦点を当てた研究と、メタ認知によって人がどのように認知活動の調整を行うのか、どのような環境がメタ認知に影響するのかに焦点を当てた研究に大きく分けることができる。後者の研究は、教育現場で関心が持たれている教授・学習、自己制御、教育介入におけるメタ認知の機能的モデルに関連して進められてきた。我が国の理科学習におけるメタ認知を促す教授・学習についての研究に絞ってみると、松浦(2003)は目的を把握する力や思考スキルの有無が観察、実験活動における思考過程に影響を及ぼすことを明らかにし、適度に難しい問題を設定することで学習者につまずきの機会を与えることはメタ認知能力の育成に効果があるとしている。木下・松浦・角屋(2005)は、観察・実験活動における生徒のメタ認知に関する実態を明らかにし、生徒は理科の学習の中である程度メタ認知を働かせているといえるが、観察・実験前後におけるメタ認知の働きが低いとしている。手塚・片平(2003)は、中学生を対象に、

授業後の振り返り用紙の分析や質問紙、インタビューによる調査からメタ認知がイオン概念の獲得に有効な影響を及ぼすことを明らかにしている。これらの研究からは、理科学習においてメタ認知を育成することは、科学的な概念の獲得に有効な影響を及ぼすことが示唆される。しかしながら、理科授業の中でメタ認知的活動の活性化を促すことが科学概念形成に及ぼす効果を探る研究が十分に行われてきたとはいえない。

一方、「物質の状態変化（以下、状態変化と記載する）」の学習内容は、平成24年度の小学校理科全国学力学習状況調査（国立教育政策研究所、2012）の結果を見ると3問中2問が正答率50%以下と低い。平成23年に青森県が中学生に実施した学力調査の結果でも正答率が40%以下と低く、従来の学習方法では科学概念の形成が十分でないことが分かる。

そこで本研究では、三宮（2008）の研究を踏まえ、メタ認知的活動を「学習あるいは問題解決を目指して行う試みの間でメタ認知的モニタリングとメタ認知的コントロール（以下、モニタリングとコントロールと記載する）を繰り返し、意識的に自己調整すること」とし、状態変化の学習内容において学習者にメタ認知的活動を促すことが科学概念形成に及ぼす効果を調べることにした。具体的には、仮説設定・考察場面でメタ認知的活動としてのモニタリングとコントロールを促すワークシートを作成・活用することが科学概念形成に効果があるか調べることにした。なお、三宮（2008）は、モニタリングとはメタレベルが対象レベルから情報を得る（認知についての気づき・感覚・予想・点検・評価など）ことであり、コントロールとはメタレベルが対象レベルを修正する（認知についての目標設定・計画・修正など）ことと述べている。

2. 研究の方法

2-1 調査対象及び時期

埼玉県内の公立中学校第1学年2クラスを対象とした。仮説設定・考察場面でメタ認知的活動としてのモニタリングとコントロールを促すワークシートを活用する群（以下、実験群と呼ぶ）、仮説設定・考察場面でメタ認知的活動を促す項目を除いたワークシートを用いて観察・実験を行う群（以下、統制群と呼ぶ）の2つの群を設定した。ただし、科学的探究のプロセスの中でメタ認知的活動を行うことが重要であることについての説明は両群に行った。実験群の被験者は33名、統制群の被験者32名の計65名である。調査は、2014年11月から12月の期間に実施した。

2-2 授業

2-2-1 実施単元と授業

実施単元は、中学校第1学年の第1分野（2）身の回りの物質、ウ. 状態変化（12時間扱い）で行った。実施した授業の流れは、表1の通りである。検証のための授業は4回行った。時間は、1単位時間50分である。

表1 実施した授業の流れ

時間	学 習 課 題	授 業
単元の学習計画を立てる		
第1時	課題：固体・液体・気体の違いは何だろうか？ 演示実験 ・ロウの固体がロウの液体に沈む様子（状態変化にともなう変化） ・エタノールを入れた袋と水を入れた袋の加熱（状態変化と温度）	メタ認知的活動を行うことの重要性について学ぶ

状態変化にともなう変化		
第2時 第3時	課題：固体のロウはなぜ、液体のロウに沈むのだろうか？ 実験：液体のロウが固体に状態変化するときの体積と質量の関係を調べよう。	検証授業1
第4時	課題：状態変化ではなぜ、体積だけが変化するのだろうか。 演習：粒子モデルを使って状態変化を表そう。	
状態変化と温度		
第5時 第6時	課題：メントールだけを液体にする温度設定を考えよう。 実験：メントールとパルミチン酸が固体から液体に状態変化するときの温度を調べよう。	検証授業2
第7時 第8時	課題：(沸とうして) 液体から気体に状態変化する温度は物質によって決まっているのだろうか？ 実験：エタノールを沸とうさせて気体に状態変化するときの温度を調べよう。	検証授業3
沸点の違いの利用		
第9時 第10時	課題：エタノールと水の混合物をわけられるだろうか？ 実験：エタノールと水の混合物を加熱して出てくる物質を調べよう。	検証授業4
第11時 第12時	課題：ワインが入った料理を加熱すると酔わないのはなぜだろうか？ 実験：ワインを加熱して出てくる物質を調べよう。	

2-2-2 メタ認知的活動についての指導

表1で示した第1時のメタ認知的活動についての指導は、図1のプリントを使用して、実験群、統制群の両方に同じように行った。

2-2-3 検証授業の主な流れとワークシート

実験群で実施した4回の検証授業の主な流れとメタ認知的活動を促すために作成・使用したワ

「課題について」の自分の考え方をよりよく修正する

課題に対して自分の考え方を外にあらわす（書く）のは、主に仮説を立てる場面と、考察する場面ですね。考えたことを書くだけでなく、自分が書いたことを、ちょっと落ち着いて、見直し、よりよく修正することは、科学者にとって、すごく大切なこと。「もうやってるよ。」と思った人はすごい！さらに自分をレベルアップしてみよう。
仮説や考察の場面では、こんな風に考えればよりよく修正できます。

修正のポイント

- 「自分は、ちゃんと課題がわかって書いてるかな？」
- 「自分の説明は、本当に誰が読んでも納得できるかな？」
- 「考察は課題を解決した説明として十分かな？」
- 「主張は最初の仮説のままで良いか結果から判断しよう。」
- 「課題に対して自分が最も主張したいことは何かな？」



より良く修正するためには、上のポイントで一度自分が考えた物を「見直し」ことが大切です。この見直しと修正の習慣がつくようになると、理科だけでなく、たくさんの勉強、スポーツ、目標を決めて頑張っていることなどに良い効果が出てきます。

図1 メタ認知活動についての指導

ークシート（図2）との関係は、次のア～シのようである。

- ア 課題の確認をする。
- イ 課題に対する考え、使えそうな知識や経験、疑問点等をワークシートの「課題をふりかえる」の欄に記述する（モニタリングⅠ：課題についての考えを見直す）。
- ウ 各自が、根拠をもとに仮説を立て、「提案する仮説」の欄に記述する（コントロールⅠ：仮説の設定）。
- エ 班の中で各自の仮説を発表する。不明な点は質問する。
- オ 他者の考えを聞いて、自分の仮説をもう一度見直し、ワークシートの「自分の仮説を見直す」の欄に記述する（モニタリングⅡ：他者の考えを聞き、仮説を見直す）。
- カ 修正後の仮説を「修正後の仮説」の欄に記述する（コントロールⅡ：仮説を修正する）。
- キ 実験の方法を確認し、実験を行う。
- ク 結果の分析（データの分析、グラフ化等）を行う。
- ケ 課題に対する仮説が正しかったか、違っていたか判断し、その根拠をもとに、ワークシートの「考察前に課題と仮説をふりかえる」の欄に記述する（モニタリングⅢ：課題と仮説をふりかえり仮説の正否の判断を行う）。
- コ 自分で考察を考え、「提案する考察」の欄に記述する（コントロールⅢ：考察を作成する）。
- サ 他者の考えも聞いて課題を振り返り、ワークシートの「授業の最後に課題をふりかえる」の欄に最も主張したいことを記述する（モニタリングⅣ：考察を見直す）。
- シ 修正後の考察をワークシートに記述する（コントロールⅣ：考察を修正する）。

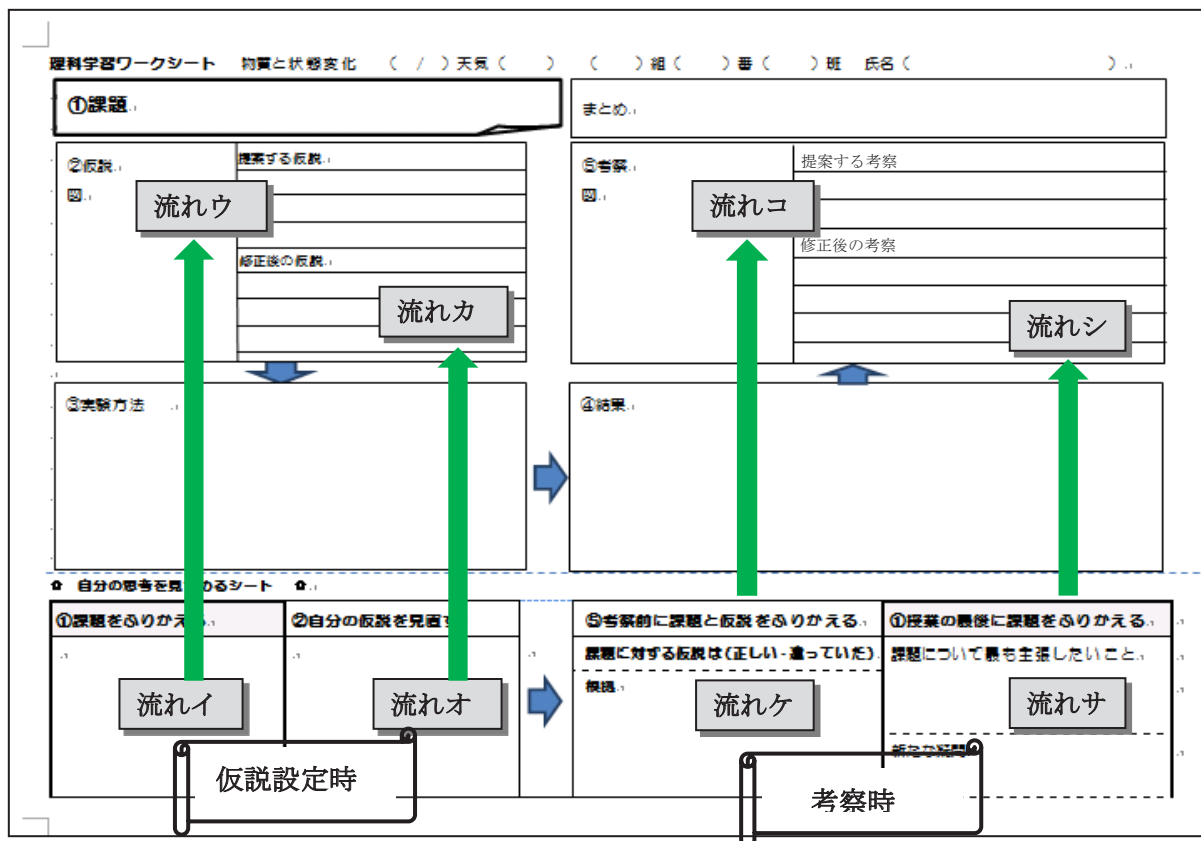


図2 実験群が使用したワークシートとメタ認知的活動

統制群では、イ・オ・カ・ケ・サ・シをおこなっていない。統制群で使用したワークシートは、仮説設定時と考察時にメタ認知的活動を促す部分を除いたものを使用した。それ以外は、実験群と同様である。

2-2-4 メタ認知的活動と授業の流れ

実験群が行ったメタ認知的活動は、仮説設定・考察場面でメタ認知の活動成分である思考の状態を自ら診断するモニタリングとモニタリングの結果から思考や行動を調整するコントロールを繰り返す（モニタリングⅠからコントロールⅠ、モニタリングⅡからコントロールⅡ、モニタリングⅢからコントロールⅢ、モニタリングⅣからコントロールⅣ）ことである。加えて、そのモニタリングやコントロールした内容が、学習者自身に見えるよう図2に示したワークシートの記述欄に記述し外化することである。ワークシートを用いたメタ認知的活動と授業の流れの関係を示すと図3のようになる。

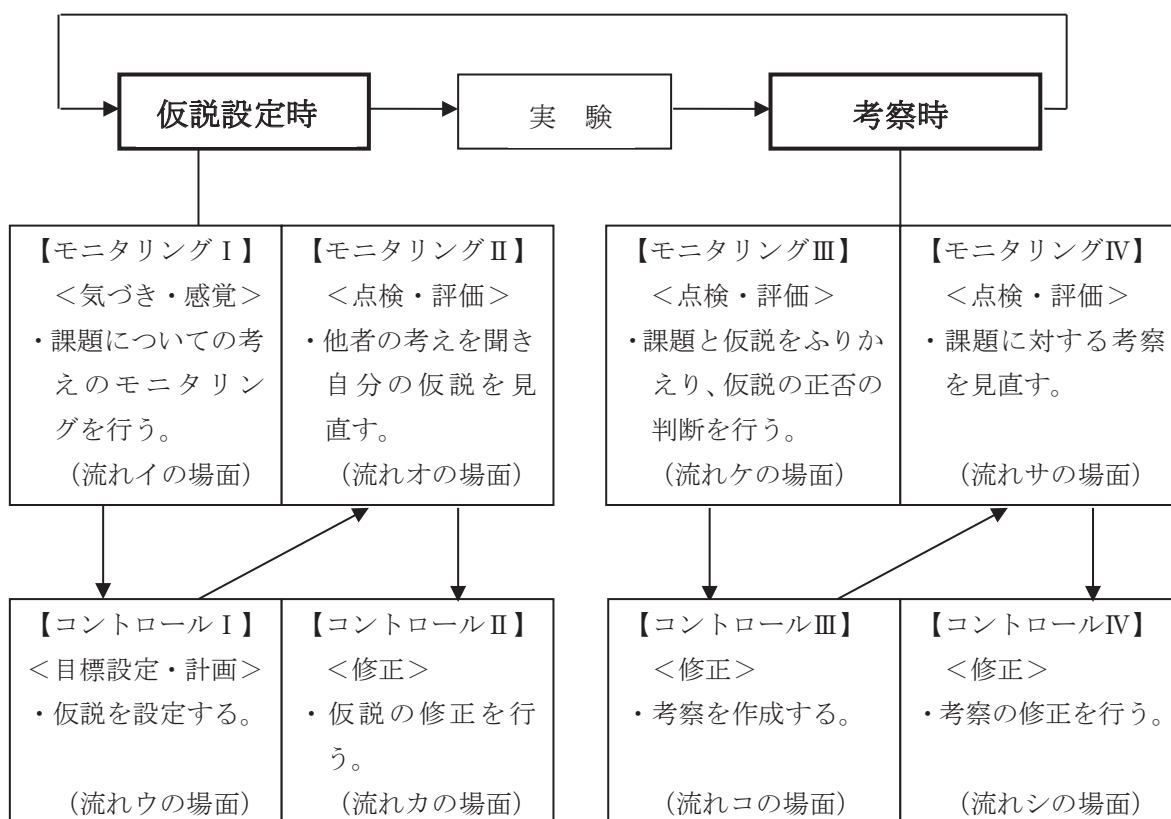


図3 メタ認知的活動と授業の流れ

2-3 調査

2-3-1 両群の等質性

実験群と統制群における状態変化の概念の等質性を見るため、質問紙調査を行った。

質問紙の問題は、平成22年度青森県学習状況調査小学校理科の大問5(1)及び平成24年度全国学力学習状況調査問題の大問3(5)を改題して作成した(図4)。

実施時間は15分間である。

1. 水のすがたを調べてみました。答えはすべて、解答欄に記入してください。

図1 図2 図3

図1: 試験管に水と食塩を入れたもの。水が冷やされた様子。試験管には水の体積(かさ)がわかるようにしるしをつけておきました。次の①、②に答えましょう。

図2: 水がすべてこおったとき。試験管ア、イ、ウ。水の体積(かさ)がどうなっているのか、正しいものを、図2のアからウまでのの中から一つ選んでその記号を書きましょう。

図3: 水がすべてとけたとき。試験管カ、キ、ク。水の体積(かさ)がどうなっているのか、正しいものを、図3のカ〜クの中から一つ選んでその記号を書きましょう。

① 試験管の中の水がすべてこおってから、試験管をビーカーから取り出しました。試験管の中の氷の体積(かさ)がどうなっているのか、正しいものを、図2のアからウまでのの中から一つ選んでその記号を書きましょう。

② 試験管をビーカーから取り出したままにしていたら、試験管の中の氷がすべてとけて水になり、冷やす前と同じ温度になりました。このとき、試験管の中の水の体積(かさ)がどうなっているのか、正しいものを、図3のカ〜クの中から一つ選んでその記号を書きましょう。

2. 太郎さんは、ものを動かす工夫をした装置として、下の図のような装置を作り正子さんに説明しました。

フラスコの中の水をふっとうさせると、水は目に見えない(オ)に変わります。姿を変えた水が、ガラス管が勢いよく出て羽根に当たると、風車が回ります。羽根に当たっているあたりが白く目に見えるのは、(オ)が空気中で冷やされて、(カ)に変わったからです。

太郎さん

太郎さんと正子さんの会話の(オ)・(カ)の中に当てはまる言葉を、下の口の中からそれぞれ一つ選んで、その番号を書きましょう。

1 空気 2 砂けむり 3 温度 4 ふっとう石
5 水蒸気 6 羽根 7 湯気 8 時間

図4 状態変化の概念についての等質性調査問題

2-3-2 学習終了後における状態変化の科学概念

状態変化についての科学概念が形成されたかを調べるため、質問紙調査を行った。

質問紙調査の問題は、図5に示した通りである。検証授業1の終了後に大問1の問題を、検証授業4の終了後に大問2の問題を実施した。

大問1は、検証授業1で目標とした概念「状態変化にともなう変化」について、平成20年度長野県小・中学校学力実態調査中学校第2学年理科の問題を改題して作成した。

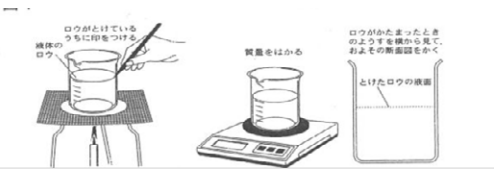
大問2は、検証授業4で目標とした概念「沸点の違いの利用」について、平成21年度青森県学習状況調査中学校第2学年理科の問題を改題して作成した。

なお、調査問題の採点基準は、大問ごとに小問を全問正答した生徒を正答者とした。

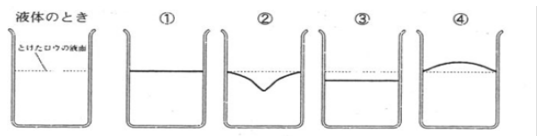
2-3-3 メタ認知的活動

検証授業の前後で、学習者がメタ認知的活動を行っているか調べるため、メタ認知質問紙及び刺激再生質問紙により調査した。

1. 花子さんは、物質が液体から固体に変化するときに、体積や質量がどのように変化するかを確かめる実験を行いました。答えはすべて解答欄に記入して下さい。



(1) 図1のように、ロウを液体にしたあと、机の上に放置し固体になったときロウの断面図はどのような形になっていますか。図2の①から④までの中から一つ選んで、その番号を書きなさい。



(2) この実験で、固体になったときのロウの質量は液体のときのロウの質量と比べると、どのようになりますか。解答欄に書きなさい。

(3) 花子さんはペットボトルに水をいっぱい入れキャップをし、冷凍庫でおらせようとしていました。ところが、「容器が破損する場合がありますのでおらせしないで下さい」と容器に書いてあることに気づきました。水がおおるとき、体積や質量はどのように変化すると考えられますか。下の①から④までの中から適切なものを一つ選んで、その番号を書きなさい。

①体積は減り、質量も減る
②体積は増え、質量も増える
③体積は増えるが、質量は変わらない
④体積は減るが、質量は変わらない

(4) 次の文章は図1の実験をふまえ、物質の状態変化と密度について述べた文である。文章中の()に当てはまる言葉を答えなさい。

ほとんどの物質は、ロウと同じように、液体から固体に状態変化するとき、密度は()なる。

2. 水とエタノールの混合物を加熱する実験をした。(1)~(3)に答えなさい。

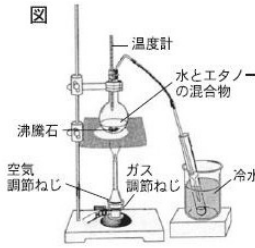
【実験】

①フラスコに水 15 cm^3 とエタノール 5 cm^3 の混合物を入れる。

②この混合物を図のような装置で加熱する。

③試験管の中に出てくる液体を、3本の試験管に順番に 4 cm^3 ずつ集める。

④3本の試験管に集まった液体の性質を調べた。



(1) この実験の結果を正しく述べたものはどれか。下のア~エから一つ選び、その記号を書きなさい。

ア. 一本目の試験管に集まった液体の主な成分はエタノールである。
イ. 一本目の試験管に集まった液体の主な成分は水である。
ウ. 試験管に集まった液体の中のエタノールのこさは3本目がもっともこい。
エ. 実験後のフラスコに残った液のこさは、実験前よりこい。

(2) この実験のように、液体を沸騰させて得られた気体を集めて冷やし、ふたたび液体を得る操作を何というか。書きなさい。

(3) (1)のようになる理由を、「沸点」「水」「エタノール」の3つの言葉をすべて用いて説明しなさい。

【正答】

1. (1) ② (2) 変わらない (3) ③ (4) 大きく
2. (1) ア (2) 蒸留 (3) 水よりエタノールの方が沸点が低いから

図5 状態変化の科学概念形成を調べる質問紙調査問題

(1) メタ認知質問紙

メタ認知質問紙は、木下・松浦・角屋 (2005) が開発したメタ認知質問紙をもとに作成した。

表2に示す14の質問項目のうち、「自分自身によるメタ認知」についての項目が①②⑤⑥⑦⑨⑩の7項目、「他者との関わりによるメタ認知」についての項目が③④⑧⑪⑫⑬⑭の7項目である。合計14項目について、「1. 当てはまらない」「2. あまり当てはまらない」「3. どちらでもない」「4. 少し当てはまる」「5. 当てはまる」の5件法で回答を求めた。なお、ここでいう他者とは、学級の他の生徒及び教師を指す。質問14項目は、仮説設定時についての質問が4項目、実験時についての質問が4項目、考察時についての質問が6項目となっている。

表2 メタ認知質問紙の項目 (木下ら (2005) をもとに作成)

実験前	①	これから何を調べるのか、考えるようにしている。(自)
	②	今までに習ったことを思い出しながら、仮説を立てるようにしている。(自)
	③	グループの話し合いで友だちの意見を聞いて、自分の意見を考え直すことがある。(他)
	④	先生のアドバイスを聞いて、自分の意見を考え直すことがある。(他)

実験中	⑤	計画通りに進んでいるかどうか、確認するようにしている。(自)
	⑥	次に何をするのか考えながら、観察や実験をするようにしている。(自)
	⑦	大事なところはどこか、考えるようにしている。(自)
	⑧	先生と話をしているうちに、自分の考えがはっきりしてくることがある。(他)
実験後	⑨	計画通りにできたかどうか、振り返るようにしている。(自)
	⑩	自分は何を調べたのか、振り返るようにしている。(自)
	⑪	グループの話し合いで、友だちとの意見と自分の意見を比べながら聞くようにしている。(他)
	⑫	グループで話し合いをしていると、自分の考えがまとまることがある。(他)
	⑬	先生の説明と自分の意見を比べながら聞くようにしている。(他)
	⑭	先生の説明を聞いていると、自分の考えがまとまることがある。(他)

(2) 刺激再生質問紙

刺激再生質問紙の質問項目は、次の①及び②で行った。メタ認知質問紙調査の前に行い、仮説設定時・考察時に意識していることを自由記述させた。

- ① 仮説（予想）を立てるとき、注意していることや工夫していることは何ですか？
- ② 考察を考えると、注意していることや工夫していることは何ですか？

(3) 面接調査

メタ認知的活動を促すことが科学概念形成の要因となっていたのかを調べるため、単元学習前、学習途中、学習後の計3回、概念地図を作成させ、第1回～第3回を通じて変容が大きく見られた両群の生徒各4名を抽出し、面接調査を行った。生徒の抽出のために作成させた概念地図は、ラベルとリンクの間の記述を用いて目的とする概念が記述できているかを得点化した。加えて、概念地図の変容がほとんど見られなかった両群の生徒各3名をさらに抽出し、原因を探ることにした。面接調査の質問項目は、表3に示した通りである。質問項目1～5は、概念の変容の要因を調査するための項目であり、質問項目6は、課題解決をする際に探究の過程において自発的にメタ認知的活動を行うことができるようになっているのかを調査するための項目である。

表3 面接調査の質問項目

質問1	最初に書いていたコンセプトマップを今見てどう思いますか？
質問2	2回目でこのように書けるようになったきっかけは何だろう？
質問3	3回目でこのように書けるようになったきっかけは何だろう？
質問4	最初に書いていたイメージはまだある？
質問5	最初に書いていたイメージがなくなったきっかけは何だろう？
質問6	課題「みりんという調味料は、肉じゃがや煮物に使われています。しかし、みりんにはエタノールが入っているため飲めません。なぜ、肉じゃがや煮物に使っても大丈夫なのだろうか？」について、課題を解決していく手順を簡単に教えてください。

3. 結果とその分析

3-1 両群の等質性

状態変化の概念の等質性を見るため行った質問紙調査の結果は、表4のようであった。

表4 等質性調査問題の全問正答者数

	実験群 (N=33)	統制群 (N=32)
全問正答	6 (18.7)	8 (25.0)
それ以外	27 (81.3)	24 (74.9)

注. 単位は人数. () 内の数字は%.

両群における4問すべてを正答した生徒数とそれ以外の生徒数を直接確立計算 2×2 で検定した結果、両群に有意な差は見られなかった(両側検定: $p=0.55$ ($.10 < p$)). この問題に関しては、両群等質であるといえる。

3-2 学習終了後における状態変化の科学概念

検証授業1及び検証授業4の学習終了後に、「状態変化」の概念に関する質問紙調査を行った結果は、表5のようであった。

表5 状態変化の概念についての事後調査結果

	目標とした概念	全問正答者数		それ以外	
		実験群	統制群	実験群	統制群
検証授業1	状態変化と体積・質量	12 (36.4)	9 (28.1)	21 (63.6)	23 (71.9)
検証授業4	状態変化と蒸留	23 (69.7)	14 (43.7)	10 (30.3)	18 (56.3)

注. 単位は人数. () 内の数字は%. 実験群 (N=33)、統制群 (N=32)。

検証授業1では、小問4問全てを正答した生徒の数は実験群が12名、統制群が9名であった。両群の正答者数とそれ以外について、直接確立計算 2×2 で検定した結果、両群に有意な差は見られなかった(両側検定: $p=0.59$ ($.10 < p$)). 検証授業1では、正答者数に差があるものの有意な差を認めることができないことが分かる、しかしながら、検証授業4の結果では、小問3問全てを正答した生徒の数は実験群が23名、統制群が14名であった。両群の正答者数とそれ以外について、直接確立計算 2×2 で検定した結果、両群に有意な差が見られた(両側検定: $p=0.04$ ($p < .05$)). 単元末の検証授業4の質問紙調査からは、実験群のほうが状態変化の概念を獲得している生徒が多いことが分かる。

3-3 メタ認知的活動

3-3-1 メタ認知質問紙による調査結果

(1) 検証授業前後におけるメタ認知的活動

両群の検証授業前後におけるメタ認知的活動を、メタ認知質問紙の14項目を用いて調べた結果は、表6及び表7のようであった。

表6 実験群 (N=33) のメタ認知的活動

	平均	標準偏差	t 値
事前	4.04	0.39	2.21
事後	4.24	0.12	

表7 統制群 (N=32) のメタ認知的活動

	平均	標準偏差	t 値
事前	4.19	0.25	0.15
事後	4.17	0.80	

事前調査と事後調査について対応のある t 検定を行った結果、実験群においては、事前調査よりも事後調査の平均の差が有意に高かった (両側検定: $p=0.03$ 、 $(p<.05)$)。一方、統制群においては、事前調査と事後調査の平均に有意な差はなかった (両側検定: $p=0.93$ 、 $(.10<p)$)。なお、事前調査における両群の平均に有意な差はなかった。

(2) 自分自身によるメタ認知的活動

自分自身によるメタ認知的活動について、質問項目 7 項目を用いて調べた結果は、表 8 及び表 9 のようであった。

表8 実験群 (N=33) の自分自身によるメタ認知的活動

	平均	標準偏差	t 値
事前	4.00	0.45	2.16
事後	4.20	0.22	

表9 統制群 (N=32) の自分自身によるメタ認知的活動

	平均	標準偏差	t 値
事前	4.14	0.36	0.31
事後	4.18	0.83	

事前調査と事後調査について対応のある t 検定を行った結果、実験群では事前調査よりも事後調査の平均の差が有意に高かった (両側検定: $p=0.03$ 、 $(p<.05)$)。一方、統制群では事前調査と事後調査の平均に有意な差はなかった (両側検定: $p=0.75$ 、 $(.10<p)$)。なお、事前調査における両群の平均に有意な差はなかった。

(3) 「仮説設定時」「考察時」における自分自身によるメタ認知的活動

「仮説設定時」における自分自身によるメタ認知的活動について、質問項目 7 項目を用いて調べた結果は、表 10 及び表 11 のようであった。

表10 実験群 (N=33) の自分自身によるメタ認知的活動「仮説設定時」

	平均	標準偏差	t 値
事前	4.03	0.67	2.31
事後	4.39	0.46	

表11 統制群 (N=32) の自分自身によるメタ認知的活動「仮説設定時」

	平均	標準偏差	t 値
事前	4.34	0.52	0.97
事後	4.50	0.80	

事前調査と事後調査について対応のある t 検定を行った結果、実験群では事前調査よりも事後調査の平均の差が有意に高かった（両側検定： $p=0.02$ 、 $(p<.05)$ ）。一方、統制群では事前調査と事後調査の平均に有意な差はなかった（両側検定： $p=0.33$ 、 $(.10<p)$ ）。

次に、「考察時」における自分自身によるメタ認知的活動について、質問項目 7 項目を用いて調べた結果は、表12及び表13のようであった。

表12 実験群 (N=33) の自分自身によるメタ認知的活動「考察時」

	平均	標準偏差	t 値
事前	3.77	0.70	2.68
事後	4.10	0.46	

表13 統制群 (N=32) の自分自身によるメタ認知的活動「考察時」

	平均	標準偏差	t 値
事前	3.76	0.75	1.73
事後	4.06	0.96	

事前調査と事後調査について対応のある t 検定を行った結果、実験群では事前調査よりも事後調査の平均の差が有意に高かった（両側検定： $p=0.01$ 、 $(p<.05)$ ）。一方、統制群では事前調査と事後調査の平均に有意な差はなかった（両側検定： $p=0.09$ 、 $(.05<p<.10)$ ）。

3-3-2 刺激再生質問紙の記述

検証授業前後のモニタリング I～IV に関するメタ認知的活動についての記述数を比較した。結果は、仮説設定時では、統制群では検証授業前後で 25 個から 33 個に増加しており、実験群では 23 個から 39 個に増加していた。考察時では、統制群では検証授業前後で 11 個から 21 個に増加し、実験群では 10 個から 44 個に増加していた。検証授業後の実験群の生徒の記述には、仮説設定時：「今までの学習をふり返り、この物質はこのような性質があるからこの実験ではこうなると考えられると、結びつけながら仮説を立てている。」、考察時：「まず、課題は何なのか、最終的な答えは課題に対して正しく述べられているかを注意しながら考えている。」といった記述が多く見られた。

3-3-3 面接調査

概念変容が大きく見られた抽出生徒の概念変容のきっかけを問う質問項目 1～5 の回答例は、

- ・モニタリング II・コントロール II に相当する回答：仮説で、仮説の振り返りとかをして……
- ・モニタリング III・コントロール III に相当する回答：仮説があつてたり、違つてたりでわからなかったところがわかるようになる
- ・モニタリング IV・コントロール IV に相当する回答：わかったことをしっかり書いて、……それを自分の中で、それを見て理解できる。
- ・その他のメタ認知的活動に相当する回答：どうすればどうなるかを自分なりに考えて……

となつていた。実験群では、概念の変容のきっかけを問う質問に対して、ワークシートで促したメタ認知的活動に相当する回答が多く見られた。統制群では、他者との関わりによるメタ認知的活動や、本研究で促してはいないが、自分自身によるメタ認知的活動に相当する回答が見られた。

一方、概念地図の変容がほとんど見られなかった生徒たちは、メタ認知的活動と見られる回答

が見られなかったり、メタ認知的活動が定着していない様子が伺えた。

質問項目6で、メタ認知的活動を行うという回答をした生徒は、実験群では4人中4人全員であったが、統制群では1人のみであった。また、実験群においては、本研究で促したメタ認知的活動を取り入れた具体的な回答が多くみられた。自分自身によるメタ認知的活動についても同様のことが言えた。

4. 考察とまとめ

本研究は、仮説設定及び考察の場面でメタ認知的活動としてのモニタリングとコントロールを促すワークシートを作成・活用することが、状態変化についての科学概念形成に効果があるか調べることであった。

学習終了後の概念調査からは、ワークシートを初めて使用した検証授業1と比較して、最後におこなった検証授業4では実験群の生徒たちは状態変化の概念を獲得している生徒が統制群よりも多いことが分かった。こうした結果からは、メタ認知的活動を促すワークシートを用いることが、状態変化の概念形成を促す効果があると考えられることができる。

メタ認知的活動を促すワークシートを活用することによりメタ認知活動が生徒たちの中で生起していたかは、メタ認知質問紙による結果から、統制群に比べ、実験群では事前調査よりも事後調査の方がメタ認知的活動を多く行っていることが確認できた。自分自身によるメタ認知的活動も、事前調査よりも事後調査の方が多く行っていることが確認でき、ワークシートを使用することで高まることが分かった。実験群の生徒たちがメタ認知的活動を多く行っていたことは、生徒に行った刺激再生質問紙の記述からも記述数の増加から伺うことができた。加えて、概念の変容の大きかった生徒は、きっかけとしてメタ認知的活動を行ったことを述べており、実験群の中で概念変容が顕著であった生徒は、課題解決の際に探究の過程全体を見通し、メタ認知的活動を意識的に行えることがわかった。

以上のことから、メタ認知的活動としてのモニタリングとコントロールを促すワークシートを活用することは、学習者のメタ認知的活動を高め、状態変化の学習において科学的な概念形成に効果があることが示唆された。

謝辞

本研究は、平成27-29年度科学研究費補助金・基盤研究(C)(課題番号:15k04085、研究代表:高垣マユミ)の助成を受けて行われました。感謝申し上げます。

引用・参考文献

Brown, J. S., Collins & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning, Educational Researcher. 1/2, 32-42.

平成20年度長野県小・中学校学力実態調査中学校「平成20年度長野県小・中学校学力実態調査報告書」
www.pref.nagano.lg.jp/kyoiku/.../h20/.../zittaihoukokusyo.pdf

平成21年度青森県学習状況調査中学校(2009)「平成21年度学習状況調査の結果について」、www.pref.aomori.lg.jp

平成22年度青森県学習状況調査小学校理科(2010)「平成22年度学習状況調査の結果について」、www.pref.aomori.lg.jp

- J. H. Flavell (1976). Metacognitive aspects of problem solving. *Nature of intelligence*. 231-236.
- 木下博義 (2006) 「中学生のメタ認知を育成するための学習指導法に関する実践的研究—観察・実験活動における学習のフル帰りの側面から」『広島大学大学院教育学研究科紀要』第二部、第55号、43-52.
- 木下博義・松浦拓也・角屋重樹 (2005) 「観察・実験活動における生徒のメタ認知の実態に関する研究」『理科教育学研究』第46巻、第1号、25-33.
- 国立教育政策研究所 (2012) 「平成24年度全国学力・学習状況調査解説資料 中学校理科」、www.nier.go.jp
- 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」平成26年度プロジェクト研究調査研究報告書、www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf.
- 松浦拓也 (2003) 「理科教育におけるメタ認知能力育成に関する研究—観察・実験活動を中心にして—」広島大学教育学研究科学位論文
- 三宮真智子編著 (2008) 「メタ認知学習力を支える高次認知機能」北大路書房
- 手塚基子・片平克弘 (2003) 「メタ認知能力の視点から探るイオン概念獲得に関する研究」『理科教育学研究』第44巻、第1号、29-37.

(2016年9月12日提出)

(2016年12月15日受理)

Effects of Facilitating Metacognitive Activities on Forming Scientific Concepts: A Case Study on Learning “State Changes of Matter” in First Grade of Lower Secondary School

OGAWA, Erika

Ina Lower Secondary School

TAKAGAKI, Mayumi

Faculty of Liberal Arts, Tsuda College

SHIMIZU, Makoto

Saitama University, Emeritus Professor

Abstract

Effects of utilizing a work sheet to facilitate metacognitive activities on the formation of scientific concepts related to state changes were investigated. The worksheet was designed to make students repeatedly describe metacognitive monitoring and metacognitive control when developing hypotheses and in discussions. The experimental group of participants used the work sheet and the control group did not. The results of investigating concepts indicated that a larger number of students in the experimental group acquired the concept of state changes compared to the control group. Their descriptions confirmed that metacognitive activities increased in the experimental group after using the work sheet, compared to before using it. Furthermore, descriptions in a stimulated-recall questionnaire suggested that students showing significant changes in concepts had often conducted metacognitive activities. Based on the above results, it is suggested that the utilization of the work sheet for facilitating metacognitive activities is effective for forming scientific concepts related to state changes by increasing the metacognitive activities of students.

Keywords: metacognitive activities, scientific concepts, state changes of matter, work sheet, science lesson