

理科の実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識を
獲得させる指導に関する研究

—— 実験計画ビジュアルルーブリックを活用した学習プログラムの実践 ——

栗原 淳一・湯本 裕貴・柏木 純・益田 裕充

**A Study on Teaching Methods Let Students Acquiring Metacognitive
Knowledge for Science Experiment Planning**

—— The Practice of Learning Programs Utilizing Visual-Rubrics ——

Jun-ichi KURIHARA, Hiroki YUMOTO, Jun KASHIWAGI and Hiromitsu MASUDA

理科の実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識を 獲得させる指導に関する研究

—— 実験計画ビジュアルルーブリックを活用した学習プログラムの実践 ——

栗原 淳¹⁾・湯本 裕貴²⁾・柏木 純³⁾・益田 裕充¹⁾

1) 群馬大学共同教育学部理科教育教室

2) 高崎市立吉井小学校

3) 群馬大学共同教育学部附属中学校

(2020年9月30日受理)

A Study on Teaching Methods Let Students Acquiring Metacognitive Knowledge for Science Experiment Planning

—— The Practice of Learning Programs Utilizing Visual-Rubrics ——

Jun-ichi KURIHARA¹⁾, Hiroki YUMOTO²⁾, Jun KASHIWAGI³⁾ and Hiromitsu MASUDA¹⁾

1) Department of Science Education, Cooperative Faculty of Education, Gunma University

Maebashi, Gunma 371-8510, Japan

2) Yoshii Elementary School

Takasaki, Gunma 370-2132, Japan

3) Junior High School attached to Cooperative Faculty of Education, Gunma University

Maebashi, Gunma 371-0052, Japan

(Accepted on September 30th, 2020)

1. 問題の所在

平成30年度に実施された全国学力・学習状況調査中学校理科の報告書において、「観察・実験を計画すること」に課題があることが示されている(文部科学省・国立教育政策研究所, 2018a)。この課題を踏まえ、授業の改善・充実を図る際の参考となるよう、学校や教育委員会などに「授業アイデア例」が配布されている。その中で、この課題の解決に向けて示されているポイントとして「日常生活や自然の事象・現象から問題を見いだして課題を設定し、条件を制御した実験を計画する」活動を学習の中に組み入れることが例示されている(文部科学省・国

立教育政策研究所, 2018b)。しかし、生徒が実験計画を立案・記述できるようになるための具体的な指導方法は示されていない現状にある。実験計画を立案・記述する場面で具体的に立案・記述する方法を身に付けさせる指導方法の開発・実践が今後の理科教育において重要となる。

実験計画を立案・記述する方法を身に付けさせることは、方略についての知識(目的に応じた効果的な方略の使用についての知識)に分類されるメタ認知的知識(三宮, 2008)を学習者に獲得させることであるといえる。しかし、理科授業においてメタ認知的知識を獲得させるための教授方略に関する研究は少なく(久坂, 2016)、特に我が国において、理

科の実験計画を立案・記述するためのメタ認知的知識を検討・整理し明示したものやそれを獲得させる教授方略を検討したものはほとんどない¹⁾。

そこで本研究では、実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識を整理し、それを組み込んだルーブリックを学習ツールとして活用することでメタ認知的知識を獲得させることを考えた。

ルーブリックとは、「成功の度合いを示す数レベル程度の尺度と、それぞれのレベルに対応するパフォーマンスの特徴を記した記述語からなる評価基準表」(西岡・石井・田中, 2015)である。このように、ルーブリックは学習者のパフォーマンスを評価するツールであるとされているが、栗原・二宮(2014)は理科のレポート作成に関わるルーブリックを学習ツールとして活用した。理科のレポート作成に関するルーブリックを教師と生徒で対話的に作成したことでその意味を理解させ、その後レポートを書かせると、高い基準の実験レポートを作成できたことを指摘している。そこで、ルーブリックのこうした学習ツールとしての活用が、実験計画を立案・記述する場面における指導に適用できると考えた。

2. 研究の目的

本研究では、理科授業において中学生が実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識を整理し、それを組み込んだルーブリックを開発する。そして、それを活用した学習プログラムを開発し、授業実践を通して学習者のメタ認知的知識の理解や獲得の過程を明らかにすることを目的とした。

3. 実験計画ビジュアルルーブリックと学習プログラムの開発

3.1 実験計画を立案・記述する際に必要なメタ認知的知識

3.1.1 メタ認知的知識の抽出方法

Schraw と Moshman (1995) は、方略についての知識を「宣言的知識 (方略の内容についての知識)」

「手続き的知識 (具体的にどうすればよいかについての知識)」, 「条件的知識 (方略をいつ使えばよいか, なぜ使うのかについての知識)」の三つに分類している。本メタ認知的知識の要素は、実験計画を立案する際にどのようなことを検討し記述すればよいかという宣言的知識に相当するが、我が国の理科授業設計を踏まえた検討や整理がされていない。そこで、実験計画力について整理している英国のナショナルカリキュラム (1999年版) キー・ステージ4 領域 I 「科学的探究」の「計画すること」で示されている記述 (小倉, 2004) から抽出する。その際、対象を観察ではなく実験の計画に関する記述とする。また一般的に我が国においては、図1のような探究の過程 (文部科学省, 2018) を辿るように理科の授業が設計され仮説設定の過程と実験計画の立案・記述の過程を同時に行うことはないことから、つまり理科授業においては仮説を設定した上でそれを検証する実験の計画を立案・記述していくことから、仮説設定に関わる要素を除外する。

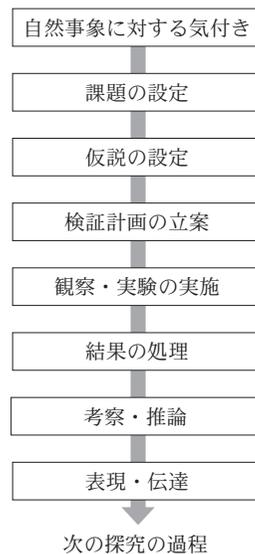


図1 探究の過程

3.1.2 抽出結果

英国ナショナルカリキュラムのキー・ステージ4における領域 I 「科学的探究」の「計画すること」の記述は、表1の通りである。

表1 キー・ステージ4における「計画すること」

項目	内 容
a	科学的な知識と理解を用いて、さまざまな考えを調査できる形式に変換し、適切な方略を計画すること。
b	直接経験に基づく証拠を用いるか、あるいは二次的な情報源からの証拠を用いるかを決定すること。
c	適切な場面で、予備的な作業を行って、予測を立てること。
d	証拠を収集する際、考慮すべき主要な要因について検討し、また、容易に変数がコントロールできないような状況で（例えば、野外作業や調査など）いかに証拠を収集できるかを検討すること。
e	収集しようとするデータの範囲と程度（例えば、生物調査の際の適切な標本の量）、技法、装置、及び用いる材料を決定すること。

表1において、観察に関する記述として除外する部分はdの「容易に変数がコントロールできないような状況で（例えば、野外作業や調査など）」である。また、仮説形成に関わり除外する記述は、aの「さまざまな考えを調査できる形式に変換し」の部分と、cである。前者は、説明仮説の発案から検証可能な作業仮説の設定（小林，2017）に相当し、仮説形成に関わる部分ととらえられる。後者は、実験を試みてその結果から仮説を思考する（Klahr and Dunbar, 1988）という仮説形成過程に関わる部分ととらえられる。bについては適切な方略の決定に関わる内容であるととらえられ、aに含まれるものとし、b自体は要素の検討から除外する。

上記部分を除外すると、「考慮すべき主要な要因についての検討」、「適切な方略」、「技法」、「装置、及び用いる材料」、「収集しようとするデータの範囲と程度」がキーワードとして残る。

「考慮すべき主要な要因についての検討」とは、実験で操作する独立変数の同定と解釈できる。また、「適切な方略」を計画するとは、その独立変数を踏まえて条件を制御しどの場合とどの場合の従属変数を比較するかを整理することと解釈できる。そこで、

これらに相当する宣言的知識を「条件の整理」として抽出した。

「適切な方略」を計画するという部分には、条件の整理を踏まえて具体的にどのような手順で実験を行うかということが含まれると解釈できる。また「技法」の決定については、仮説検証のための適切な実験結果を得る方法や従属変数の比較方法などを具体的に検討・決定することと解釈できる。そこで、これらに相当する宣言的知識を「具体的な操作・手順」として抽出した。

「装置、及び用いる材料」の決定とは、具体的に実験で使用するものを決定しその操作を検討することであると解釈できる。この決定には、実際の事象と実験との対応を検討した上で装置や材料が選定されることから、この宣言的知識を「現象との対応（モデル化）」として抽出した。

「収集しようとするデータの範囲と程度」の決定とは、実験を計画する段階で仮説を検証するために必要な実験結果を見通して測定回数や測定の範囲などを決定することと解釈できる。そこで、この宣言的知識を「結果の見通し」として抽出した。

実験計画を立案・記述する際に必要なメタ認知的知識の宣言的知識を四つの要素として整理し、その内容を手続き的知識としてそれぞれ整理した（表2）。

表2 実験計画を立案・記述する際に必要なメタ認知的知識

要 素	内 容
条件の整理	変える条件や変えない条件を整理するとともに、比較する条件を整理し記述すること。
具体的な操作・手順	「条件の整理」や使用する器具等を踏まえた、具体的な操作や手順を検討し記述すること。
現象との対応（モデル化）	実験の装置や操作と実際の事象との対応を考え記述すること。
結果の見通し	仮説を検証するための独立変数の設定値とその各々に対する従属変数の測定値を見通し、それを整理して記述すること。

3.2 実験計画ビジュアルループリックの開発

3.2.1 ループリック

中学校の理科授業において、実際の事象をモデル等の実験装置に対応させ置き換えて実験するものには「雲の発生」、「月や金星の運動と見え方」、「だ液のはたらき」などがあるが、その数は多くない。そこで、実験計画を立案・記述する際に必要なメタ認知的知識の要素のうち「現象との対応（モデル化）」を除いた「条件の整理」、「具体的な操作・手順」、「結果の見通し」の三つについてループリックを作成することとした。そして、表2に示したメタ認知的知識の要素とその内容について、中学生が実験計画を立案・記述する際のループリックを作成した（表3）。

表3 ループリック

要素 基準	条件の整理	具体的な 操作・手順	結果の見通し
A	仮説を確かめるための「変える条件」と「変えない条件」を記述している。	「変える条件」と「変えない条件」を基に、具体的な実験手順や操作を記述している。	測定するデータの量や範囲を見通して、結果が記入できるような枠を記述している。
B	仮説を確かめるための「変える条件」を記述している。	「変える条件」を基に、具体的な実験手順や操作を記述している。	結果が記入できるような枠を記述している。
C	「変える条件」と「変えない条件」を記述していない。	具体的な実験手順や操作を記述していない。	結果が記述できるような枠を記述していない。

3.2.2 実験計画ビジュアルループリック

表で整理されたループリックだけでは、生徒は具体的にどのように実験計画を立案・記述すればよいかをイメージしにくい。また、それぞれの基準の違いを理解しにくい。そこで、表3のループリックの基準を満たす具体的な記述例を示し、視覚的に実験計画を立案・記述する方法を明示した、ループリックと具体的な記述例をセットにした「実験計画ビジュアルループリック」を作成した（図2）。図2

のキャラクターの吹き出し内には、ループリックのA基準とB基準の違いについて具体的な記述例をもとに説明した文を掲載した。なお、実験計画ビジュアルループリックを生徒に配付する際は、「実験計画ガイド」という名称にした。

3.3 学習プログラム

学習プログラムは、実験計画ビジュアルループリック（以後、本ループリック）を活用して、実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識を理解させる指導を行う第1次、第1次を踏まえて実際の理科授業において実験計画を立案・記述するメタ認知的知識を獲得させる指導を行う第2次で構成した。

3.3.1 第1次

第1次は1時間（50分授業）構成とした。本時は、「実験計画はどのように記述したらよいか」という学習問題を追究する時間とした。

まず、教師から本ループリックを生徒に1枚ずつ配付する。そして、本ループリックの下の表に着目させて「条件の整理」のA基準とB基準の違いについてグループで話し合わせ、記述例をもとに説明し合わせる。次に、グループで話し合われたことや説明しあったことを発表させる。教師は、生徒の発表でのよい気づきや考えを価値付けることで、基準の意味や各基準の違いについてとらえさせるようにする。次に、「具体的な操作・手順」、「結果の見通し」について順に上記の指導を行う。ここでは、基準の意味や違いについて教師の一方的な説明や解説を避け、生徒の気づきを大切にしたいアプローチとする。

3.3.2 第2次

第2次は、理科の探究の過程（図1）の「検証計画の立案」の場面で行うことを想定した。本次に入る前に、実験で仮説を検証することになる学習問題を設定し、理科授業において仮説を設定しておく。仮説を検証する実験計画を立案・記述する場面で、まず、生徒一人で実験計画を立案・記述させる。次に、一人で記述できなかった部分や記述に不安がある部分について班で意見交換させ、どのような記述にしたらよいかを検討させる。最後に、班で相談することなく、一人で各自の実験計画を修正させ完成させる。

実験計画ガイド

家の近くにある太陽光発電所を見たAさんは、太陽光パネルによってつくられる電気はどうしたら変わるか疑問にもち、次のような課題を立てました。

課題 光電池による電流の大きさを変化させるにはどうしたらよいか。

仮説① 光電池への光の当て方を変えれば、発生する電流の値は変化する。

仮説② 光の強さを変えれば、発生する電流の大きさは変化する。

実験計画

I. 条件の整理

	実験①	実験②
変える条件	光の当て方	光の強さ
変えない条件	光の強さ 回路の組み方	

I. 条件の整理

実験計画を書くときは、まず、条件を表で整理しましょう。仮説が二つできたので、実験は二つ必要ですね。

実験①については「変える条件」と「変えない条件」を記述できているから良い書き方です。

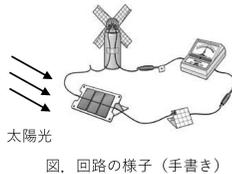
実験②については「変える条件」だけでなく「変えない条件」も記述できると良い書き方になりますね。



II. 具体的な操作・手順

実験①

- (1) 右の図のように、光電池と検流計を接続した回路を作る。
 - (2) 光電池を日光に向けたときと、向けていないときで、検流計の針のふれを調べる。
- ※ 光の強さは太陽が雲に隠れていない時に、短時間で行って、光電池と検流計、モーター、スイッチは変えずに実験する。



II. 具体的な操作・手順

次に、条件の整理を基に、具体的な実験操作を考えていきます。

実験①の(2)では、「変える条件(光の当て方)」をどのように変えるのか具体的に記述できています。また、※では「変えない条件(光の強さ)」をどのようにそろえるか具体的に記述できているので良い書き方です。

実験②の(2)では、「変える条件(光の強さ)」をどのように変えるのか具体的に記述できていますが、「変えない条件(光の当て方)」をどのようにそろえるのか具体的に記述できていません。



実験②

- (1) 右の図のように、光電池と検流計を接続した回路を作る。
- (2) 光電池を的にして、1個の鏡ではね返した日光を当てたときと、2個の鏡ではね返した日光を当てたときで、検流計の針のふれ調べる。

III. 結果の見通し

表① 実験①の結果

条件	針の振れの様子			
	1回目	2回目	3回目	平均値
光を正面から当てたとき				
光を斜めから当てたとき				

表② 実験②の結果

条件	針のふれの様子
1個の鏡ではね返したとき	
2個の鏡ではね返したとき	

III. 結果の見通し

最後に調べた結果をどのように整理をするのか書きます。

この実験では、複数回の実験を行い平均値を比べた方が良く考えられますので、表①の方がよい書き方です。実験によっては、表以外で結果を表した方がよい場合もあるので、どの書き方がよいか考えましょう。



実験計画ガイドの評価基準

	条件の整理	具体的な操作・手順	結果の見通し
A	仮説を確かめるための「変える条件」と「変えない条件」を記述している。	「変える条件」と「変えない条件」を基に、具体的な実験手順や操作を記述している。	測定するデータの量や藩に見通して結果が記入できるような枠を記述している。
B	仮説を確かめるための「変える条件」を記述している。	「変える条件」を基に、具体的な実験手順や操作を記述している。	結果が記入できるような枠を記述している。
C	「変える条件」と「変えない条件」を記述していない。	具体的な実験手順や操作を記述していない。	結果が記入できるような枠を記述していない。

図2 実験計画ビジュアルルーブリック

4. 実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識の理解と獲得の過程の調査

4.1 調査の対象と時期

調査対象は、群馬県内公立中学校第2学年2学級86名²⁾(18班)とした。2020年1月に学習プログラム第1次を実施し、続けて、単元「電磁誘導と発電」においてコイルと磁石の相互作用により誘導電流が得られることを学習する授業で学習プログラム第2次を実施した。

4.2 授業の実施

第1次については、前述した学習プログラムの第1次に従って授業を行った。そして、第2次に入る前に、教師は「コイルの中で磁石を動かすと生じる電流の大きさはどうすれば変化させられるのだろうか」という問題を設定した。次に、教師は学級全体での生徒とのやり取りを通して「コイルの巻き数を変えれば電流の大きさが変化する」、「磁石を動かす速さを変えれば電流の大きさが変化する」、「磁石の強さを変えれば電流の大きさが変化する」という三つの仮説を設定させた。この仮説を検証する実験計画を立案・記述させる授業を第2次の学習プログラムに従って実施した。生徒は、図3に示すワークシートに設定された問題と仮説を記入し、実験の計画を一人で記述した。

4.3 調査方法

実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識についての理解度を調べるため、第2次終了後に生徒への質問紙調査を行った。各質問項目に対して4件法で調査した。質問項目を表4に示す。特に設問1から3においては、メタ認知的知識の各要素についての書き方、つまり手続き的知識についての理解度を調査する。また設問4においては、実験計画を書く際の心配や不安の程度を問うことにより、何をどのように記述するかという宣言的知識と手続き的知識についての理解度を調査する。

メタ認知的知識の理解と獲得の過程を明らかにするため、著者の2名が第1次及び第2次の授業の参与観察を行うとともに授業における生徒の学びの様子をデジタルビデオカメラで撮影し、表出した生徒

の発話や行動を質的に分析した。また、発話や行動の意図についてインタビュー調査を行った。さらに、生徒が第2次において記述した実験計画を量的かつ質的に分析した。

5. 調査結果と考察

5.1 メタ認知的知識の理解

質問紙調査の設問1から3の回答結果を表5に、設問4の回答結果を表6に示す。

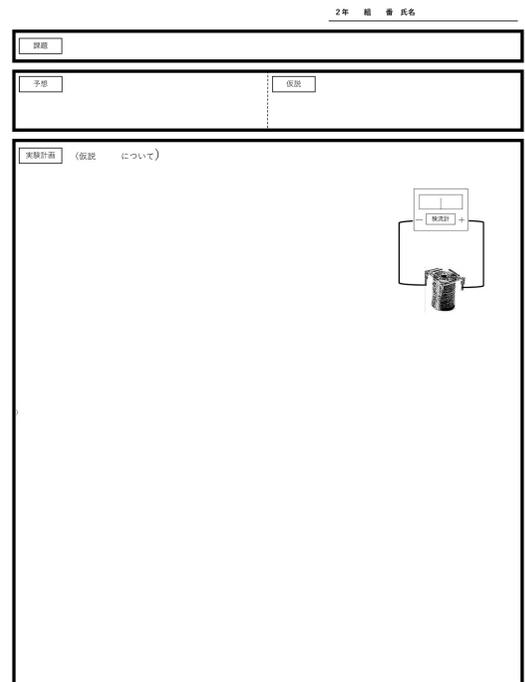


図3 ワークシート

表4 質問項目

設問	内 容
1	「条件の整理」の部分の書き方が分かったか。
2	「具体的な操作・手順」の部分の書き方が分かったか。
3	「結果の見通し」の部分の書き方が分かったか。
4	これから一人で実験計画を書く際に心配や不安があるか。

表5 設問1~3の結果

設問	回答人数			
	とてもよく分かった	分かった	少し分からなかった	全く分からなかった
1 「条件の整理」の部分の書き方	47	34	5	0
2 「具体的な操作・手順」の部分の書き方	42	35	7	2
3 「結果の見通し」の部分の書き方	44	34	7	1

表6 設問4の結果

設問	回答人数			
	全くない	ほぼない	少しある	大いにある
4 これから一人で実験計画を書く際の心配・不安	23	45	16	2

表5より、「条件の整理」の部分の書き方について「とてもよく分かった」と回答した生徒と「分かった」と回答した生徒の合計は81名で全体の94.2%であった。また、「具体的な操作・手順」の部分の書き方について「とてもよく分かった」と回答した生徒と「分かった」と回答した生徒の合計は77名で全体の89.5%であった。さらに、「結果の見通し」の部分の書き方について「とてもよく分かった」と回答した生徒と「分かった」と回答した生徒の合計は78名で全体の90.7%であった。これらの結果から、本ルーブリックを活用した学習プログラムの実践により、実験計画を立案・記述する際のメタ認知的知識の各要素についての書き方、つまり手続きの知識についての理解が図れたことが示唆される。

表6より、今後一人で実験計画を書くことに心配や不安を感じることにについて、「全くない」、「ほぼない」と回答した生徒の合計は68名で全体の79.1%であった。この結果から、実験計画を立案・記述する際に、何をどのように記述すればよいかを8割近い生徒が把握でき、本ルーブリックを活用した学習プログラムの実践により、メタ認知的知識の宣言的知識と手続きの知識の理解がおおむね図れたことが示唆される。

5.2 メタ認知的知識の理解と獲得過程

5.2.1 第1次の学び

第1次において、生徒たちはルーブリックのA基準とB基準の違いについて積極的に意見を交換し合い、全てのグループで話し合いが行われた。その中で、自分の考えを主張して他者に同意を求めたり、記述例を指さしながら基準の違いを説明したりする学びがほとんどであった。前者の自分の考えを主張して他者に同意を求めた発話例とその時に生徒が本ルーブリックに考えを記入している様子を、表7と図4に示す。また、後者の記述例を指さしながら基準の違いを指摘した発話例とその時の生徒の様子を表8と図5に示す。

表7 自分の考えを主張して他者に同意を求める発話例

発話者	発話
A	こっちはさあ、変えない条件を書かなきゃダメってことだよ。変えない条件も書かないとA基準にならないってこと？
B	うん。二つ考えて書かないと。
C	じゃあ、この表のままじゃダメだよ？
A	ここ、付け足しておくといい（表の空欄に条件を書き入れる）。
全員	あー（書き入れる）。
C	回路と組み方？
B	回路でいいんじゃない？
A	回路の組み方にしたほうが……。
D	わかりやすい。 〈中略〉
D	実験②の方は、変えない条件をどうするのか実験の仕方を書いてないよね。
A	そうだよ、これ（※を指さす）。
C	ん？変える条件と変えない条件を考えて、それをどうやって変えたり、どういう部分を揃えとか、手順に書くってことだよ。
B	うん、うん。 〈中略〉
B	表もちゃんとつくとA評価。
A	回数とか、平均とか考えて計画しておく！
C	正確に！
A	いいね、それ書く！ 〈後略〉

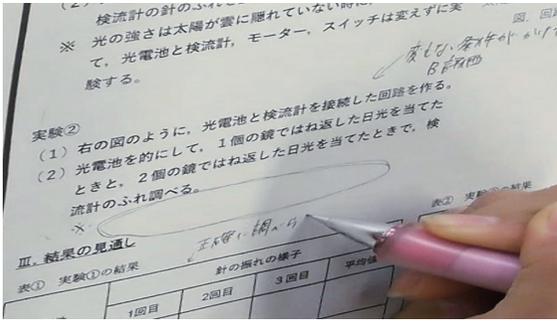


図4 実験計画ビジュアルループリックに考えを記入する様子

表8 記述例を指さしながら基準の違いを指摘する発話例

発話者	発 話
E	「変える条件」が書いてあって、「変えない条件」が書いてないから。ここだ、ここ！
F	表で書いてからだどわかりやすい！
G	両方なかったらCじゃん！
F	表で書けば両方ないはないよ。
E	ほら、こっちも。ちゃんと両方ないと（具体的な操作・手順の記述を指さしながら）。

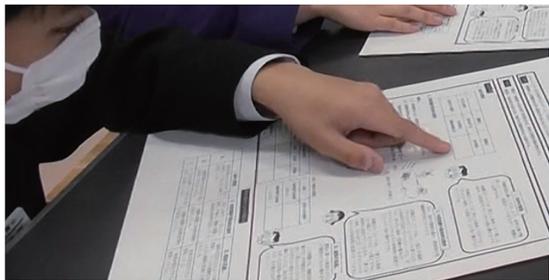
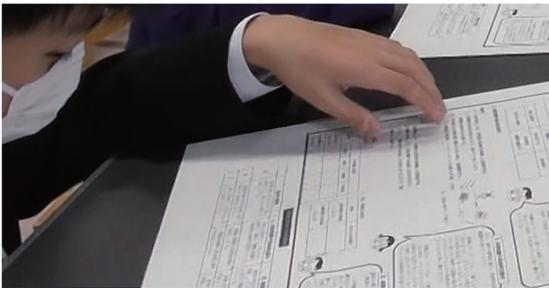


図5 具体例を指さしながら違いを指摘する様子

表7より、「条件の整理」、「具体的な操作・手順」、「結果の見通し」のそれぞれの基準の検討が、班員同士による話し合いによって行われたことが分かる。

特に、基準の違いについての主張に対して他者が言い換えたり精緻化したりしてその考えが共有されていく。そして話し合いの結果を踏まえて、図4のように各自が自分なりに解釈して手続き的知識を文字として表出することで、メタ認知的知識が理解され獲得されていく。また、表8より、ループリックの基準の違いが認められる具体例を指摘することで、心的に手続き的知識について解釈していく過程があることがうかがえる。そして、班員がその指摘に対して同調することで解釈が価値付けられ、メタ認知的知識が理解され獲得されていく。この学びの場合、図5に示すような行動が複数見られた。図5のように、まず表だけのループリックで違いを理解しようとする。そして、その解釈を具体例に当てはめて心的に理解を深めていく。この過程が起点となり、他者の価値付けによってメタ認知的知識が獲得されていくことが示唆される。

5.2.2 第2次の学び

第2次において、今まで学習したことのない問題に対する仮説を検証する実験計画について、まず個人の手で立案させ白紙のワークシートに記述させた。ワークシートに記述された実験計画をループリックの基準に照らして評価した結果を、表9に示す。

表9 実験計画の記述の基準ごとの人数

メタ認知的知識の要素	A基準 (人)	B基準 (人)	C基準 (人)
条件の整理	79	6	1
具体的な操作・手順	69	15	2
結果の見通し	81	1	4

「条件の整理」については91.9%、「具体的な操作・手順」については80.2%、「結果の見通し」については94.2%と非常に多くの生徒がA基準の記述に達した。この結果から、実験計画を立案・記述する際に何について検討しそれをどのように記述するかというメタ認知的知識が、第1次の学習で獲得されていたといえる。図6に、全ての要素についてA基準に相当する実験計画の例を示す。

個人の手で実験計画を立案・記述したあと、一人

で記述できなかった部分や記述に不安がある部分についての意見交換の時間が設定されたが、A基準の実験計画を記述した生徒が多かったためか、意見交換はそれほど活発に行われなかった。最初に個人の力でA基準の実験計画を記述した生徒が、さらに修正を施した例を図7に示す。この生徒は、「コイルの巻き数と磁石を入れる速さは変えずに実験する」という「変えない条件」を踏まえた「具体的な操作・手順」の部分に追加・修正を行っている。具体的な巻き数を2600回とすること、入れる速さを変えない技法として磁石を上から落とすように入れるということ、単に実験するだけで終わるのではなく測定値を比較するというを追記した。この追記を行った生徒に、「どうしてこのような修正をしようと思ったか」をインタビューしたところ、「実験計画ガイドで、変えないで揃えるには具体的にどうするかが書いてあるから」と回答した。また、「実験の計画の立て方は分かったか」とインタビューしたところ、「ガイドで勉強したし、見直しもいっぱいしてよく分かった」と回答した、自分の記述した実験計画をメタ認知的知識をもとにモニタリングし修正していくというメタ認知的活動（三宮，2008）が行われた例である。このように、一度獲得したメタ認知的知識に基づいて、メタ認知的活動が行われ

ることによって、メタ認知的知識はより強固なものとして獲得されていくことが示唆される。

6. 今後の課題

表5で「分からなかった」と回答する生徒が存在したことから、実験計画ビジュアルループリックの分かりやすさという点でまだ課題が残る。

註

- 1) 加藤（2014）は、小学校理科の問題解決の各過程で児童がどのようなことを考えたり実行したりすればよいかを整理した「学び方アイテム」を開発し、授業実践により、「学び方アイテム」が児童のメタ認知的知識となることでメタ認知的活動が活性化する可能性を示唆している。野村・小倉（2019）は、小学校段階で実験レポートの書き方を身に付けさせる指導方法を開発し、授業実践により、生徒は実験レポートの記述の仕方を理解し、科学的な表現力を育成することに有効であることを示唆している。いずれも、一部に理科の実験計画を立案・記述する場面を含むものの、その場面に特化してメタ認知的知識を獲得させるものではない。
- 2) 調査対象者は、これまでの理科授業の中で教師の生徒との対話による全体指導によって実験を計画した経験はあるが、実験計画立案の方法を直接的に学んだ経験はない。また、教科書や教師が作成したワークシートで実験の手順を確認したり、教師が板書した実験の手順をノートに記録したりした経験はあるが、自分で実験の計画を記述する経験はほとんどない。

附記

本研究は、2019年度第7回日本科学教育学会研究会（群馬大学，2020年5月16日）において発表した「ループリックを活用した理科の実験計画立案場面の指導に関する研究」の分析方法を変更し、かつ新たなデータと分析を加え、大幅に加筆・修正したものである。

謝辞

本研究は、JSPS 科研費 18K02655 の助成を受けたものである。

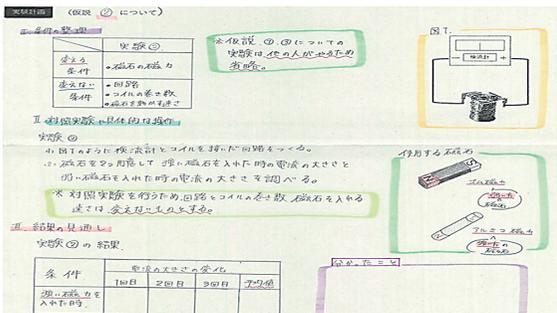


図6 全ての要素についてA基準を満たした実験計画

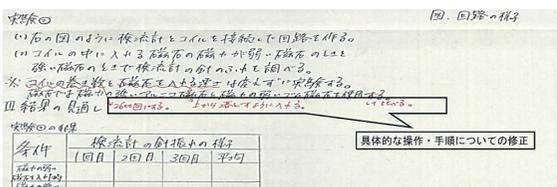


図7 「具体的な操作・手順」の修正

引用文献

- 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」『理科教育学研究』第 56 巻, 第 4 号, 397-408.
- 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ー小学校第 6 学年「てこの規則性」を事例としてー」『国際経営・文化研究』第 18 巻, 第 2 号, 31-44.
- Klahr, D., & Dunbar, K. (1988). Dual space search during scientific reasoning. *Cognitive Science*, **12**, 1-48.
- 小林辰至 (2017) 「科学的に探究 (問題解決) する資質・能力の基盤となる原体験」小林辰至編『探究する資質・能力を育む理科教育』大学教育出版.
- 栗原淳一・二宮一浩 (2014) 「ルーブリックの提示方法の違いが理科実験レポートの記述に及ぼす影響」『群馬大学教育学部紀要自然科学編』62, 51-58.
- 文部科学省 (2018) 『中学校学習指導要領 (平成 29 年告示) 解説理科編』学校図書.
- 文部科学省・国立教育政策研究所 (2018a) 『平成 30 年度全国学力・学習状況調査【中学校/理科】報告書』 Retrieved from <http://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18msci.pdf> (accessed 2019.12.13).
- 文部科学省・国立教育政策研究所 (2018b) 『全国学力・学習状況調査平成 30 年度授業アイデア例中学校版』 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/jugyourei/h30/data/18m.pdf> (accessed 2019.12.13).
- 西岡加名恵・石井英真・田中耕治 (2015) 『新しい教育評価入門』有斐閣.
- 野村真司・小倉 康 (2019) 「科学的表現力を育成するための足場づくりを活用した実験レポートの指導ー小学校第 4 学年単元「ものの温度と体積」における実践ー」『理科教育学研究』第 60 巻, 第 1 号, 153-161.
- 小倉 康 (2004) 「英国における科学的探究能力育成のカリキュラムに関する調査」『平成 15 年文部科学省科学研究費補助金特定領域研究 (2)「未来社会に求められる科学的資質・能力に関する科学教育課程の編成原理 (科学研究費研究中間報告書)」』, 国立教育政策研究所.
- 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.
- Schraw, G., & Moshman, D. (1995). *Metacognitive Theories. Educational Psychology Review*, **7**, 351-371.