

中学校理科の仮説設定・実験計画場面における 批判的思考を育成する CT シートの開発と教育実践の評価

岡村 博史¹
榊原 範久²
山田 貴之²

【要 約】

本研究は、中学校理科の仮説設定・実験計画場面において、批判的思考を育成する「仮説設定・実験計画 Critical Thinking シート（以下 CT シート）」を開発し、CT シートを用いた教育実践の効果を検証することを目的とした。開発した CT シートには、批判的思考のプロセスの4つの段階、「明確化」、「推論の土台の検討」、「推論」、「意思決定」に対応した記述欄を設けた。また、学習者が他者からアドバイスをもらえるようにし、多面的な思考が促されるようにした。質問紙分析、CT シートの記述分析、発話分析、CT シートの評価の分析から、他者との関わりによって学習者の批判的思考の働きが活性化し、一度立てた計画を反省的に見直したり、実験計画の妥当性を吟味したりする力の向上に効果があることが明らかとなった。

[キーワード] 批判的思考, CT シート, 実験計画, 仮説設定, 中学校理科

1. 問題の所在

知識基盤社会へ社会構造が変化するにつれて、求められる資質・能力に変化が見られる。国立教育政策研究所 (2013) では、社会の変化に対応する観点で、21 世紀型能力を掲げ、その中核として批判的思考を位置付けている。また ATC21s の国際研究プロジェクトでは、21 世紀型スキルとして、「Ways of Thinking (思考の方法)」、「Ways of Working (仕事の方法)」、「Tools for Working (学習ツール)」、「Ways of Living the World (社会生活)」の4項目を社会で求められる資質・能力として掲げ、その中の「Ways of Thinking (思考の方法)」において、批判的思考を重要なスキルの1つに挙げている。

一方、国立教育政策研究所 (2019) は、中学校理科について、「理科の勉強は楽しい」、「理科を勉強すると、日常生活に役立つ」と回答した生徒の割合は、国際平均を下回っているとしている。

また、平成 30 年全国学力・学習状況調査の結果、理科の授業において、「自分や他者の考えを検討して改善すること」、「自然の事物・現象に含まれる要因

を抽出して整理し、条件を制御して実験を計画すること」に課題があることが明らかになっている。

森本 (2017) は、理科の問題解決の過程において、「『メタ認知 (metacognition)』の強化を志向することは、現代の喫緊の課題とされる子どもの主体性、能動的な学習活動の確立のためにも極めて重要な視点である」としている。また、楠見 (2010) は、自分の思考過程をモニターするメタ認知的な位置づけを持つものとして、批判的思考を挙げ、その重要性を強調している。

批判的思考とは、「何を信じ、何を行うかの決定に焦点を当てた合理的で省察的な思考」である (Ennis, 1987)。楠見 (2010) は、批判的思考を「自分の推論過程を意識的に吟味する反省的 (reflective) 思考」と定義し、研究者によって、批判的思考の定義は異なることを述べている。本研究においては、他の批判的思考研究においても多数引用がある Ennis (1987) の定義を採用して論を進める。

上記のように、国内外で注目が集まっている批判的思考であるが、批判的思考の発達に関する研究は大学生を対象としたものが圧倒的に多い (道田, 2015)。楠見・村瀬・武田 (2016) は、批判的思考の教育実践は大学に比べると、小・中学校においてま

¹ 上越教育大学大学院

² 上越教育大学

だ少ないのが現状で、小・中学校からの批判的思考教育が必要であると述べている。このように小・中学校段階において育成が求められている批判的思考であるが、文部科学省 (2018) は、「児童生徒の批判的思考を促す」ことに自己効力感を持っている日本の教員の割合は、小学校で 22.8%、中学校で 24.5% であり、中学校における TALIS 調査の参加国 48 カ国平均の 82.2% を下回っていると述べており、育成が十分に図られているとは言えない状況である。以上のことから、今日的に中学校理科において、批判的思考の育成が重要視されていると言える。

理科において、批判的思考の育成を目的とした研究はこれまでも行われている。例えば、山中・木下 (2012) は、高等学校物理において、単元を通じた批判的思考力育成のための「因果関係マップ」を用いた指導法を考案し、その効果を検証した。その指導法により、学習者の探究心及び合理的に思考しようとする態度を養うことができたと報告している。木下・中山・山中 (2014) は、児童の批判的思考を促すツールとして「クエスション・バーガーシート」を考案し、小学生を対象に実践を行った。その結果、児童が根拠を重視して実験方法の妥当性を吟味したり、一度考えた実験方法を反省的に思考したりする力の育成につながったことを明らかにしている。また中山・木下・山中 (2017) は、批判的思考のうち「合理的な思考」と「反省的な思考」に着目し、小学校理科の授業において、ツールミン・モデルに沿った指導法を考案し、実践を行った。実践の結果、児童の「探究的・合理的な思考」、「反省的な思考」及び「根拠の重視」が有意に上昇し、批判的思考の働きが高まったことを報告している。中学校における実践では、清水・大澤 (2015) がある。清水・大澤 (2015) は、批判的思考の構成要素をグループで分散させ、話し合いをさせることで、批判的思考の育成に効果があったことを報告している。

このように理科という教科において批判的思考の研究は行われている。しかし、仮説設定から実験計画場面までの一連のプロセスを通して批判的思考を育成することを目指した研究は数少ない。出野 (2003) は、「子どもに自然の探究活動をさせる際に、最も重視されなければならないことが『仮説 (予想)』の設定の段階である」とし、仮説設定の重要性を述べている。前述の平成 30 年全国学力・学習状況調査の結果を踏まえると、仮説設定・実験計画場面までの一連のプロセスの中で実践を積み上げていくことは喫緊の課題であると言える。

批判的思考の遂行には、認知的側面である能力や

スキル (以下、能力) と、情意的側面である態度 (以下、態度) の 2 つの側面が必要であるとされている (Ennis, 1987)。Ennis (1987) の知見を踏まえ、高見・木下 (2017) は、批判的思考を能力と態度の両側面を含むものとしている。よって、本研究における批判的思考の捉えも、能力と態度の両側面を含むものとした。

2. 研究の目的

批判的思考を育成する「仮説設定・実験計画 Critical Thinking シート (以下 CT シート)」を開発し、中学校理科の仮説設定・実験計画場面において実践を行う。そして、CT シートを用いた教育実践が、学習者の批判的思考に与える効果を検証することを目的とする。

3. 研究の方法

3.1 CT シートの開発過程

楠見 (2015) は、「批判的思考の構成要素とプロセス」を、得られた情報に対して「明確化」、「推論の土台の検討」、「推論」、「行動決定・問題解決」という 4 つの段階で説明している (図 1)。これを基に CT シートを作成した。まず、CT シートの開発過程の全体像から述べる。考案した CT シートでは、仮説設定から実験計画までを A3、1 枚のシートにまとめた (図 2)。加えて、仮説設定場面、実験計画場面それぞれに対し、批判的思考のプロセスの 4 つの段階を組み込んだ。これにより、学習者は批判的思考のプロセスを 2 回経験することができ、批判的思考の育成が期待できると考えた。

続いて、仮説設定場面における CT シートの作成過程について述べる。小林・永益 (2006) は、「4QS 仮説設定シート (以下 4QS シート)」を開発し、視点を与えて考えさせることで、児童生徒が仮説を立

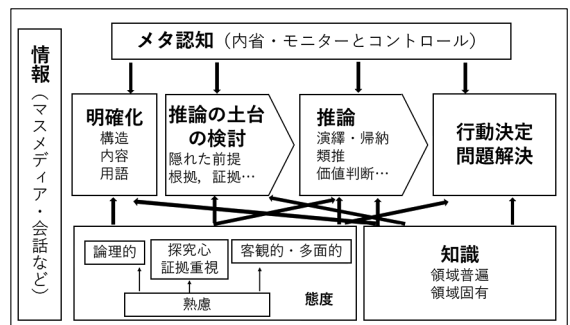


図 1 批判的思考の構成要素とプロセス (楠見, 2015, 19. より著者作成)

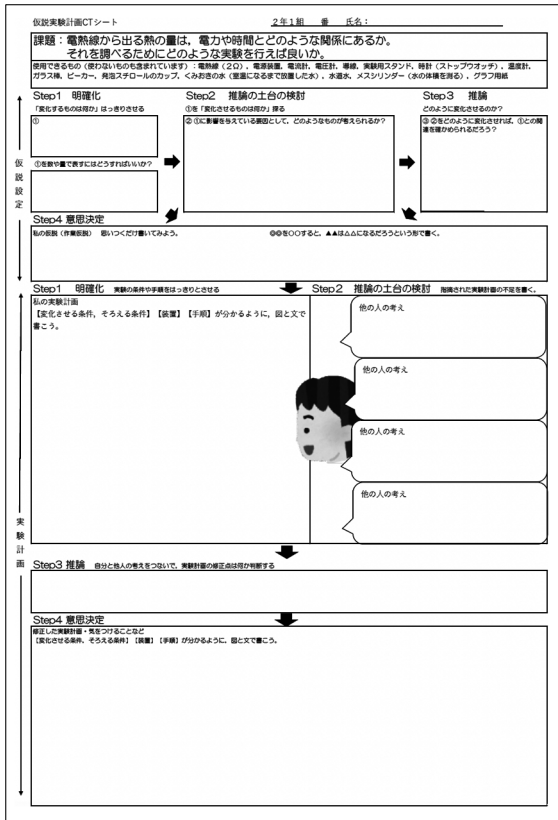


図2 CTシート

てやすくなることを報告している。4QSシートは、以下の4段階を経て、最後に実証可能な仮説を設定できるように構造化されている。その段階は、①「課題から『変化するもの(従属変数)』を明らかにする」→②「『①を変化させる要因』(独立変数)を明らかにする」→③「独立変数をどのように変化させるか(方法)を記入する」→④「①の変化の測定方法を記入する」の4段階である。山田・寺田・長谷川・稲田・小林(2014)は、この4QSシートを用いて、小学校6年生を対象に、単元「ものの燃え方と空気」において実践を行った。そして、4QSシートを用いた指導が、燃焼の仕組みに関する科学的知識の定着、そして燃焼現象を科学的に説明する能力の育成につながることを報告している。4QSシートの構造化された思考の流れは、実験計画立案に必要な因果関係の認識を促す効果が高いと考え、本研究においても、構造化された思考の流れを参考にした。その上で、批判的思考のプロセスである「明確化」、「推論の土台の検討」、「推論」、「意思決定」の段階を組み入れ、仮説設定場面におけるCTシートを作成した。また、対象の中学生には、「明確化」、「推論」

等といった言葉が難解であることから、分かりやすくなるように説明を加えた。

次に、実験計画場面におけるCTシートの作成過程について述べる。木下・松浦・角屋(2005)では、実験の前段階において、他者との関わりによるメタ認知が強く働くことが報告されている。メタ認知が働くことで、多面的な思考が促されると考え、CTシートには、一度立てた実験計画に対し、他者からアドバイスをもらう欄を設けた。実験計画場面にも「明確化」、「推論の土台の検討」、「推論」、「意思決定」の段階を組み入れ、前述のように言葉が難解な部分は、分かりやすくなるように説明を加えた。

3.2 質問紙の形式

本研究では、高見・木下(2017)が中学生向けに開発した尺度を基に質問紙を作成し、批判的思考に及ぼす効果を検証した。この質問紙の学習者の回答形式は「5:当てはまる」から「1:当てはまらない」の5件法で、全25項目からなる(表1)。また、批判的思考の下位因子である「他者との関わりによる批判的な気づき」、「探究的・合理的な思考」、「多面的な思考」、「反省的な思考」、「健全な懐疑心」を測定できる¹⁾。

なお、これらの5つの下位因子については、高見・木下(2017)を基に、本研究では、以下のように解釈した。

「他者との関わりによる批判的な気づき」は、質問紙項目の間10, 12などが該当していることから、「他者との関わりを通して、実験計画の不備や新たな考えについて思考するきっかけとなる気づき」と解釈した。

「探究的・合理的な思考」は、質問紙項目の間1, 2などが該当していることから、「物事を探究的に調べたり、妥当性のある合理的な実験計画にしようとしたりする思考」と解釈した。

「多面的な思考」は、質問紙項目の間19, 21などが該当していることから、「実験のやり方や結果に対して、すぐに結論づけるのではなく、多面的に捉える思考」と解釈した。

「反省的な思考」は、質問紙項目の間8, 9などが該当していることから、「一度立てた実験計画を反省的に省みる思考」と解釈した。

「健全な懐疑心」は、質問紙項目の間14, 15などが該当していることから、「手に入れた情報をすぐのみにせず、健全に疑おうとする気持ち」と解釈した。

表 1 批判的思考尺度の質問項目

1	新しいことに挑戦するのが好きである。
2	自分の意見には理由をつける。
3	自分が納得できるまで考え抜く。
4	一つのやり方で問題が解決しないときは、他のやり方を試してみる。
5	わからないことがあると質問したくなる。
6	よい考えを思いついても、もっとよい考えはないか探してみる。
7	「なぜだろう」と考えることが好きである。
8	自分の予想におかしいところはないか確かめる。
9	友だちの予想におかしいところはないか考える。
10	グループでの話し合いの中、友だちに指摘されて、自分の予想のおかしいところに気づく。
11	グループでの話し合いの中、友だちの予想のおかしいところを指摘すると、自分にも同じことが当てはまるのではないかと気づく。
12	グループでの話し合いの中、友だちに指摘されて、予想をするうえで見落としていた条件に気づく。
13	実験データがうまく取れないとき、実験のやり方に間違いはないか確かめる。
14 ^R	くり返しやってみなくても、実験の結果はいつも同じだと思う。
15 ^R	インターネットで調べたことは、間違いがないと思う。
16 ^R	友だちが資料集にのっていたからと教えてくれた実験方法は、間違いのないと思う。
17	グループでの実験中、友だちに実験のやり方でおかしいところを指摘されて、実験方法を考え直す。
18	実験の結果が出たとき、おかしきところはないか考える。
19	実験のやり方に間違いはなかったか考える。
20	実験データが間違っているかもしれないと疑ってみる。
21	一回の実験だけでは、結果を信用しない。
22	友だちの考察におかしいところはないか考える。
23	グループでの話し合いの中、友だちに指摘されて、自分の考察のおかしいところに気づく。
24	グループでの話し合いの中、友だちの考察のおかしいところを指摘すると、自分にも同じことが当てはまるのではないかと気づく。
25	グループで考察を話し合うと、自分にはなかった新しい考えに気づく。

^R：反転項目

3.3 授業実践

3.3.1 調査時期

2021年11月

3.3.2 調査対象

新潟県内の公立中学校第2学年1学級33名を対象に質問紙調査と授業を実施した。なお、分析は全ての授業に参加した32名について行った。CTシートへの取組は、「電圧と電流の関係を調べる」の授業に続いて、2回目である。

3.3.3 調査単元

中学校第2学年理科「電熱線のはたらき」

3.3.4 授業展開の手順

前時までに電力の知識に関する学習を終え、学習者は、「電気器具の能力は電力で表すことができること」、また「電力が電圧の値と電流の値の積で求めら

れること」を学習している。その際に本研究で扱う仮説設定・実験計画については触れていない。

授業の展開は、表2の流れで行った。CTシートに取り組んだ時間は、75分である。学習課題は、「電熱線から出る熱の量は、電力や時間とどのような関係にあるか。それを調べるためにどのような実験を行えば良いか」とした。実験計画を立てる際には、使用できる道具を示し、学習者が使用するものを選択できるようにした(図2)。また、学習者同士の主体的・対話的な学びを尊重し、周囲と相談することを推奨した。なお、学習者から授業者への質問には対応した。この実験計画立案においては、電力の捉え方が1つのポイントとなるため、「電力は電圧と電流の値で求められること」を確認しながら、学習の支援を行った。1時間目と2時間目は、途中10分間の休憩をはさみ、連続で行った。なお、授業者は教職経験10年以上を持つ中学校理科教員であった。

表2 授業展開

時	学習内容	分
	質問紙調査 (事前)	10
1	①学習課題の確認	5
	②CT シートの書き方の確認	10
	③CT シート (個人で仮説設定)	10
	④CT シート (グループで仮説, 実験計画を検討する)	25
2	⑤CT シート (グループで実験計画を検討する)	15
	⑥CT シート (グループを組み替え, 実験計画にアドバイスを する)	15
	⑦CT シート (もらったアドバイスを基にグループで実験計画 を再考する)	10
	質問紙調査 (事後)	10

表3 批判的思考尺度の平均得点と分散分析結果

	事前	事後	F 値
批判的思考 (質問紙全体)	3.73 (0.58)	4.00 (0.54)	19.64**
1 他者との関わりによる 批判的な気づき	3.88 (0.71)	4.21 (0.63)	12.98**
2 探究的・合理的な思考	3.71 (0.69)	3.99 (0.70)	10.37**
3 多面的な思考	3.80 (0.79)	3.99 (0.61)	3.39 ⁺
4 反省的な思考	3.44 (0.88)	3.84 (0.72)	19.43**
5 健全な懐疑心	3.63 (0.63)	3.65 (0.75)	0.04 _{ns}

() 内の数値は標準偏差 ⁺ $p < .10$ * $p < .05$ ** $p < .01$
($n = 32$)

4. 結果と考察

4.1 質問紙による分析

学習者の批判的思考の変容について検証するため、前述の質問紙を用いて、本研究の事前と事後に調査を行った。その後、分析対象者の質問紙の各項目の平均値を算出し、これを各因子の下位尺度得点とした。各因子について、事前と事後の得点に有意な差があるか否かを検討するため、回答の平均値を基に、1要因参加者内分散分析を行った。質問紙全体の批判的思考及び、各因子の分析結果を表3に示す。

分析結果から、「批判的思考 (質問紙全体)」、「他者との関わりによる批判的な気づき」、「探究的・合理的な思考」、「反省的な思考」は5%水準で有意に向上した。一方、「多面的な思考」、「健全な懐疑心」については、有意な向上が見られなかった。

有意な向上が見られた要因は、CTシートに自分やグループの考えを書いた上で、他のメンバーからアドバイスをもらう場面を設定し、他者との関わりを促したことによるものと推察される。具体的には、自分とは考えが違う他者との関わりを持つことで、様々な視点から新たな気づきが生まれ、「なぜだろう」、「もっとよく知りたい」といった知的好奇心が触発され、「他者との関わりによる批判的な気づき」、「探究的・合理的な思考」が表出しやすくなっていることが考えられる。「反省的な思考」については、学習者同士が、他者の実験計画に対して質問したり、話し合いをしたりすることによって、一度出した自分の計画を反省的に思考し、その妥当性を吟味するようになったからではないかと推察される。その結果として、他にもっと良い方法があるのではないかと改めて考えたり、これまでの自分には無かった新

たな考えに気づいたりすることにつながり、批判的思考の働きが活性化すると推察される。

続いて、有意な向上が見られなかった要因について述べる。「多面的な思考」の質問項目は、実験中や実験後に関する質問項目が多い¹⁾。本実践では、仮説を立て、それを検証する実験計画を立てる活動が中心であり、実際実験を行ってデータをとったり、実験結果の取り扱いについて考えたりする場面が無かったことに起因すると推察される。また「健全な懐疑心」については、「実験では必ず誤差が生じ、すべての結果が同じになるわけではない」や「インターネットや資料集に出ている情報がすべて正しいとは限らない」といった知識に裏付けされた経験の積み重ねが必要になるため、本研究では、向上が見られなかったと推察される。「健全な懐疑心」は、先行研究においても向上した例が少なく、課題として挙げられる。

以後、量的分析を手がかりに、学習者の具体的な記述内容や発話内容を分析し、その実態を明らかにする。

4.2 CTシートの記述分析

4.2.1 学習者の選定について

批判的思考の下位因子のうち、向上が見られた因子と向上が見られなかった因子、それぞれの要因を探るため、CTシートの記述を、批判的思考の観点から検証する。事後調査の質問紙結果を基に、以下の手順で学習者を選定し、記述内容を質的に分析した。
①学習者それぞれの質問紙全体の平均値を計算する。
②質問紙全体の平均値 (4.00) を基準として、そこ

に標準偏差 (0.54) を加えた値 (4.54) よりも「学習者の質問紙全体の平均値」が高いものを上位群とする。③質問紙全体の平均値 (4.00) を基準として、そこから標準偏差 (0.54) を引いた値 (3.46) よりも「学習者の質問紙全体の平均値」が低いものを下位群とする。以上のような手順を行った結果、上位群は4人、下位群は7人であった。上位群、下位群からそれぞれ1人ずつ無作為抽出を行い、学習者を選定した。以後、上位群から抽出した学習者を学習者A、下位群から抽出した学習者を学習者Bとする。

4.2.2 学習者A (上位群) の記述について

学習者AのCTシートを図3に示す。学習者Aは仮説設定場面において、「電力を大きくすると、電熱線から出る熱の量は大きくなるだろう (電力と熱の関係)」、「電源装置と電熱線をつなぐ時間を長くすると、電熱線から出る熱の量は多くなるだろう (時間と熱の関係)」という2つの仮説を立て、それを調べる計画を記述している。

学習者Aは、電力と熱の関係を調べる実験では、最初、「電圧の大きさを5, 10, 15Vと変えて、時間を30秒として、水の温度上昇を測る」とし、時間と

熱の関係を調べる実験では、「電圧の大きさを10Vとし、時間を10, 20, 30秒として、水の温度上昇を測る」という計画を立てている。他のグループからは、「計算しやすいように、電圧を2, 4, 6Vにする」、「水を入れるカップを考える」などの意見をもらった。前述の意見を踏まえて、学習者Aは、「発泡スチロールのカップにくんだくみおきの水を入れて」という記述を書き加え、電圧の値は、「2, 4, 6V」に変えている。実験操作としては、電圧の値はどちらも誤りではないが、「電力を計算する際、電流の値が必要となることから、 2Ω の電熱線を使った場合、電圧の値は偶数の方が良さそう」という判断は合理的であるとも考えることができ、「探究的・合理的な思考」の表出が示唆される。また、水を入れる容器の不備については、一度立ち止まって自分の実験計画を見つめ直し、訂正を加えていることから「反省的な思考」の表出が示唆される。また、「探究的・合理的な思考」、「反省的な思考」はどちらも、他者からの指摘を基にして表出したものであると考えられ、他者からの指摘が実験手順の見落としや改善点はないか考えるきっかけとなっていたことが推察される。よって「他者との関わりによる批判的な気づき」の表出が示唆される。

しかしながら、実験計画については他者からの意見を参考に検討を加えているものの、実験結果について多面的に考える様子は、CTシートからは見ることができず、「多面的な思考」は表出していない。

4.2.3 学習者B (下位群) の記述について

学習者BのCTシートを図4に示す。学習者Bは、仮説設定場面において、「電力を大きくしたら、電熱線から出る熱の量が大きくなるだろう (電力と熱の関係)」、「電流を流す時間を長くすると、電熱線から出る熱の量は多くなるだろう (時間と熱の関係)」という2つの仮説を立て、それを調べる計画を記述している。

学習者Bは、電力と熱の関係を調べる実験では、最初、「電圧の大きさを2, 4, 6Vとし、時間を3秒」と設定し、実験計画を立てている。また時間と熱の関係を調べる実験では「電力の大きさを3Vに揃え、30秒、1分、1分30秒ごとに測定する」としている。電力と電圧を区別できていない面が見られ、表現の仕方には課題があるものの、実験条件を制御し、具体的な数字を入れながら、仮説を確かめる計画を立てることができたことが読み取れる。

学習者Bは、他のグループのメンバーから「電熱線を入れる時間が短い」との指摘を受け、またその

図3 学習者AのCTシート

課題：電熱線から出る熱の量は、電力や時間とどのような関係にあるか。それを調べるときはどのような実験を行えば良いか。

探ることができる(変化のしやすさ)【電圧】(2.0V, 3.0V, 4.0V, 6.0V, 9.0V)【時間】(1分, 2分, 3分)【水の量】(100mL, 200mL)【容器】(ビーカー, ペットボトル)【電熱線】(100W, 200W)【温度計】(デジタル温度計, 赤外線温度計)【電源】(電源装置, 乾電池)

Step1 明確化
電熱線が5分で熱い水を作る
電熱線が5分で熱い水を作る
水の温度上昇

Step2 推論の土台の検討
電熱線が5分で熱い水を作る
電熱線が5分で熱い水を作る
電力が大きくなる

Step3 推論
電熱線が5分で熱い水を作る
電熱線が5分で熱い水を作る
電力を小さくする

Step4 意思決定
電熱線が5分で熱い水を作る
電熱線が5分で熱い水を作る
電力を小さくする

私の実験計画
【変化する条件、そろえる条件】【結果】【手順】が分かるように、図と文で書くこと
1. 電力の大きさ
電圧を2.0V, 3.0V, 4.0V, 6.0V, 9.0Vにして1分間おたたく
くみおきの水100mLを入れたサーモカップに3分間入れた水の温度を測定する
2. 2分間
電力の大きさを3Vにして3分
30秒, 1分, 2分, 3分ごとに
くみおきの水100mLを入れたサーモカップに入れて水の温度を測定する

他人の考え
入れる時間短い
他人の考え
他人の考え
他人の考え

Step3 推論
電熱線が5分で熱い水を作る
電熱線が5分で熱い水を作る
電力を小さくする

Step4 意思決定
電熱線が5分で熱い水を作る
電熱線が5分で熱い水を作る
電力を小さくする

2. 2分間
電力の大きさを3Vにして3分
1分, 2分, 3分ごとに
くみおきの水100mLを入れたサーモカップに入れて水の温度を測定する

図4 学習者BのCTシート

後のグループの話し合いから、「電熱線は空気中であつたほうがいいのか？水の中に入れて方がいいのか?」、「電圧は2, 4, 6Vよりも3, 6, 9Vの方がいいのか?」について、考えを巡らせ、最終的には、電力と熱の関係を調べる実験において、「電圧を3, 6, 9Vに変え、電熱線を水の中に入れてばなしにして、水の温度を測定する」と訂正している。また、時間と熱の関係を調べる実験では、「電力を3Vにそろえ、1分、2分、3分ごとに入ればなしにして、水の温度を測定する」ことにしている。水の中に入れてばなしという記述は、最初は見られなかった記述であり、他者との関わりによって、発想の転換が図られたことが考えられる。以上のように、学習者Bは、他者からの指摘を受け、自分の計画を見直し、仮説を検証できる計画になっているかどうか、その妥当性を検討している。そのため「他者との関わりによる批判的な気づき」、「反省的な思考」、「探究的・合理的な思考」が表出していると推察される。

しかしながら、学習者Aと同様、実験結果に対して多面的に考える様子は、CTシートからは見とることができず、「多面的な思考」は表出していない。また、他者からの指摘をそのままStep3の推論の欄に

書いていることから、「健全な懐疑心」は表出していない。

以上のことから、選出した学習者2名の記述分析から、「他者との関わりによる批判的な気づき」、「探究的・合理的な思考」、「反省的な思考」の表出が推察され、前述の質問紙による分析結果との整合性が得られた。

本研究においては、グループで、そしてグループを組み替えて実験計画の検討を行っており、CTシートを基にした意見交流が、批判的思考の働きに寄与した可能性がある。そのため、CTシート単独の効果として捉えるのではなく、CTシートを基にした話し合いとセットとなることで効果を高めていることが推察される。よって、次の分析では、話し合い活動によって、批判的思考がどのように表出されたか質的に検証する。

4.3 話し合い活動時の発話分析

表2に示した授業展開の「⑥グループを組み替え、実験計画にアドバイスをする」、「⑦もらったアドバイスを基にグループで実験計画を再考する」場面における話し合いをそれぞれ分析した。話し合いはICレコーダーで記録し、発話総数が平均的なグループから無作為抽出して発話分析を行った。表4に「もらったアドバイスを基にグループで実験計画を再考する」場面の話し合いのプロトコルを時系列に示す。また、プロトコル中のBは、CTシートの記述分析で抽出した学習者Bである。

下線①、②は、他者との関わりから、「電流を流す時間が3秒は短いのでは?」、「電圧はこの値で良いのか?」といった自らの批判的な思考を働かせるきっかけとなっていることが考えられ、「他者との関わりによる批判的な気づき」の表出が示唆される。下線③では、学習者Cは、他者からの指摘を受け、自分の立てた実験計画に改善点はないか、もう一度考える姿勢が見られることから、「他者との関わりによる批判的な気づき」がきっかけとなり、「反省的な思考」が表出していると推察される。学習者Bが下線④で、他のグループの意見を出すと、下線⑤で学習者Cは、ひらめきを得た様子を見せ、電熱線を外に出した状態では熱の量を上手く測定できないことに気づき、水の中に入れてばなしの計画を思いついている。この場面において「他者との関わりによる批判的な気づき」をきっかけにし、一度立ち止まって考える「反省的な思考」、そして、より妥当性の高い計画を立てようとする「探究的・合理的な思考」が表出していると推察される。下線⑥、⑦の会話で、今までの

表 4 学習者 B を含むグループのプロトコル

B～E：学習者 B～E 括弧内は筆者の補足説明
B：(電流を流す時間は) <u>①3秒間短すぎるって言われた。</u>
C： <u>②私も言われた。3秒は時間短いかもって。(電圧は) 3, 6, 9V でもいいかもって。</u>
B：G のところは、(電圧は) 5, 10, 15V だった。
C：私は、逆に 15V は危ないかもって書いておいた。
D：うちら何も指摘を貰わなかった一。
E：自分も指摘なかった。
C： <u>③入れる時間がまず短いかもしれないってやつ。あつたまりきらないかもってのはあると思う。</u>
B： <u>④H がいい情報くれた。H のところは5分間だった。</u>
C： <u>⑤あつ。あれか。(手を叩きながら) 分かった。分かった！分かりました！(外に) 出したままあつためると、あつたまりきらない終わりにゃないですか。中に入れてばなしだったら、水に熱が逃げるじゃない。水の中に入れてばなしの方がいいかなって思ったりしました。</u>
D：これをあつためてからではなくて、入れっぱなしで測るってこと？
C：そう。入れっぱなしの方がいいと思う。
C：入れっぱなしだったら、限界まで上がらないから。そんな案はどうでしょうか？
D：入れっぱなしだったら、長く入れても絶対あつたまるよ。
C：逆に入れてばの方が本当の実験方法だと思うんだよ。
E：(そのままにしておけば電熱線は) かまわなくていいし。
C： <u>⑥(実験2は)30秒だと短いかもしれないから、1分、2分、3分でどうでしょうか。</u>
C： <u>⑦電力の大きさ、他のグループはみんな大きいじゃん。だから2, 4, 6V ではなくて、3, 6, 9V の方がいいと思う。それでどうでしょうか？</u>
D：実験2の方は、(電圧の大きさは) 3V でいいね。

内容を振り返り、電圧の値を大きくする、電流を流す時間を長くする方向で話がまとまっている。この場面においても、他からアドバイスをもらうことで、気づき生まれ、計画を再検討する必要性を感じ、より妥当性のある計画にしようとしていることから、「他者との関わりによる批判的な気づき」をきっかけにし、一度立ち止まって考える「反省的な思考」、そして、より妥当性の高い計画を立てようとする「探究的・合理的な思考」が表出していると推察される。

続いて、「グループを組み替えて実験計画にアドバイスをする」場面における話し合いのプロトコルを表5に示す。学習者Gが下線①で実験方法を紹介した後、学習者Fが下線④で、水を入れる容器をピーカーにした理由を尋ねており、根拠を重視しようと

表 5 グループを組み替えた後のプロトコル

F～I：学習者 F～I 括弧内は筆者の補足説明
F：じゃあ次。1個目は電力を変える実験。電圧の大きさは、2, 4, 6V にし、それぞれ1分間温めて、くみ置きの水 100 mL が入った発泡スチロールの容器のカップに3秒間入れて、水の温度を測ります。2個目が時間を変える方法で、電圧の大きさは4V に揃えて、時間を30秒、1分間、1分半と変える方法。
G：(実験方法が) リアルリアル。
H：うちらは、電圧の大きさを、5, 10, 15V と変えて、時間を30秒として、そこ(使うものの検討)までいかなかったけど、水の温度上昇を温度計で測る。
G：30秒で測れるんですか？
H：電圧の大きさを10V として、10秒、20秒、30秒と時間を変えて、温度変化を測る。
G：10秒間で上がるんですか？
G： <u>①僕の意見は、ピーカーに水を入れる。200 mL。最初(水の) 温度を測ります。</u>
F： <u>②(入る量は) 200 mL が上限じゃないの？</u>
G： <u>③僕は(発泡スチロールではなく、) ピーカーを使います。電圧は10V。まずは時間(の変化)です。1時間で10分ずつは無理なので、まあ…(答えに詰まる)</u>
F： <u>④ちなみにピーカーにした理由ってありますか？</u>
G： <u>⑤(発泡スチロールって熱に溶けて) じゅわつとなってしまうんで。</u>
I： <u>⑥ピーカーってでも熱は逃げませんか？</u>
F：うちらはないと思うんだけど、割れたらやだなと思った。
G：いいこと思いました。発泡スチロールの中にピーカーを入れれば良い。そうすれば、温度は逃げない。
I：そんなことばかり言っていたら、意味わかんないって言われちゃうよ。
F：それぞれ不足点を指摘しましょう。
G： <u>⑦本当に30秒でいいの？</u>
G： <u>⑧だってさあ、加温器、じゃない、違う。お湯を沸かすポットか。サーモストか、ティファールとかあるじゃん。あつためるやつあるんじゃない。30秒じゃ温まらなくね。</u>
H：うちも思ったんだよね。30秒じゃ温まらないかもって。

する「探究的・合理的な思考」が表出していると推察できる。それに対して、学習者Gは、下線⑤で発泡スチロールにすると熱で溶けてしまうことを理由にあげて、ピーカーを選んだ理由を説明しようとしている。学習者Iの下線⑥は、ピーカーだと熱が逃げってしまうので、正確な実験にならないのではないかと自分の考えを表現している。そのため、この場面では、「探究的・合理的な思考」が表出していると考えられる。最後に学習者Gは下線⑦、⑧で

「本当に30秒でいいの?」とし、お湯を沸かすポットでも、そこまで早く温まらないことを挙げている。ここでは、「探究的・合理的な思考」が働いていることが示唆される。

2つの発話分析の結果から、意見の違う他者と話し合うことで、「他者との関わりによる批判的思考の気づき」が促され、それに伴い「探究的・合理的な思考」や「反省的な思考」が表出されやすくなっていることが考えられる。

以上のことから、他者との関わりを通じて自分の立てた実験計画を他の視点を踏まえて省みることで、より広い視点で妥当性を検討することができ、批判的思考の働きの活性化につながることを示唆される。

4.4 CTシートの評価

CTシートにより、学習者全体が批判的思考を働かせているか検討するため、評価基準を作成し、CTシートの評価を行った。評価基準の作成は、批判的思考研究を専門とする大学教員、理科教育学を専門とする大学教員、教員経験10年以上を持つ中学校理科教員の3名で行った。具体的には、批判的思考のプロセスに基づいて仮説を立てることができるか、他者との関わりによる気づきを得ながら、実験計画を立案できるかを評価基準作成の観点とした。評価はA、B、Cの3段階とした。A評価とB評価の違いについては、学習者の状況から判断し、「他者からの指摘を受けて、実験計画を反省的に見直し、合理的に訂正できる」を加えた。この部分は、本研究で定めた批判的思考の5つの下位因子を含むものとして設定した(表6)。

作成した評価基準を踏まえ、学習者のCTシートを評価した。評価は、教員経験20年以上を持つ中学

表6 CTシートの評価基準

評価	評価基準
A 批判的思考を十分働かせている	批判的思考のプロセスに基づいて仮説を立て、他者との関わりによる気づきを得ながら実験計画を立案できる。かつ、他者からの指摘を受けて、実験計画を反省的に見直し、合理的に訂正できる。
B 批判的思考を一部働かせている	批判的思考のプロセスに基づいて仮説を立て、他者との関わりによる気づきを得ながら実験計画を立案できる。
C 批判的思考を働かせていない	批判的思考のプロセスに基づいて仮説を立てることができない。仮説を立てても、実験計画を立案できない。

表7 CTシートの評価結果 $n = 32$

評価	人数 (%)
A 批判的思考を十分働かせている	10 (31.2%)
B 批判的思考を一部働かせている	20 (62.5%)
C 批判的思考を働かせていない	2 (6.3%)

校理科教員と教員経験10年以上を持つ中学校理科教員の2名で行い、それぞれ独立して評価した。評価が一致したところそのまま採用し、評価の異なるところは協議して決定した(表7)。

その結果、9割以上の学習者は批判的思考プロセスに基づいて仮説を設定することができ、他者との関わりによる気づきを得ながら、仮説を確かめる実験計画を立案することができていた。CTシートによって、学習者は概ね批判的思考を働かせていると言える。この結果については次のように考える。CTシートによって、学習者は実証可能な仮説を立てることができ、それが実験計画立案の一助となった可能性がある。仮説設定から実験計画までを1枚のシートとした効果であると考えられる。またグループや別のグループで実験計画を検討する場面が設けられていたことで、1人では気づかなかった実験の観点や計画の不備に気づくことができ、批判的思考を働かせることにつながったと推察される。

一方、最後まで実験計画を立てることができず、批判的思考を働かせていないと評価された学習者も2名いた。これは、他者との関わりの中で情報量が多くなってしまい、どれが正しいか判断できなかったことによるものだと考えられる。そのため、交流の仕方や時間のマネジメントについては課題が残った。

5. 研究の成果と課題

本研究の目的は、中学校理科の仮説設定・実験計画場面において、批判的思考を育成するCTシートを開発し、CTシートを用いた教育実践が、学習者の批判的思考に与える効果を検証することであった。

検証の結果、質問紙による分析から、「批判的思考(質問紙全体)」及びその下位因子である「他者との関わりによる批判的な気づき」、「探究的・合理的な思考」、「反省的な思考」は有意に向上したことが明らかとなった。CTシートの記述内容分析からは、「他者との関わりによる批判的な気づき」、「探究的・合理的な思考」、「反省的な思考」の表出が推察され、CTシートを用いたことで、批判的思考が働きやすくなることが示唆された。また、発話分析からは、意見の違う他者と交流することで、「他者との関わりによる批判的思考の気づき」が促され、それに伴い

「探究的・合理的な思考」や「反省的な思考」が表出されやすくなっていることが示唆された。話し合いを通して、自分の立てた実験計画を他の視点を踏まえて省みることで、より広い視点で妥当性を検討することができ、批判的思考の働きの活性化につながると考えられる。記述分析や発話分析から得られた示唆は、質問紙調査の結果とも合致する。

以上のことから、CTシートを用いた授業実践は、学習者の批判的思考の育成に効果があると言える。しかし、これで批判的思考が十分に育成されたと明言することは難しいと考える。批判的思考は汎用的能力であり、幾多の教育実践の積み重ねによって、育まれていくものである。そのため、継続的・反復的な実践を行い、批判的思考の定着を図る必要がある。

一方で、質問紙において抽出された因子のうち「多面的な思考」や「健全な懐疑心」については、本研究では、効果が見られなかった。今後は、自分たちの立てた実験計画を基に実験を行い、結果を検討する中で、実験計画が適していたか振り返る実践が必要と考える。また、本研究では、学習者の批判的思考に関して、能力と態度に分けて分析することが難しかった。学習者の批判的思考の育成に迫ろうとするのであれば、より詳細な分析が必要となるため、その点も課題として挙げられる。更に、本研究は一事例の検証であることから、対象生徒や単元を変え、汎用性を検証する必要がある。以上の点については、今後の課題とする。

附記

本研究は、JSPS 科研費 JP19K14231 の助成を受けたものである。

註

- 1) 批判的思考の5つの下位因子は、表1の批判的思考尺度の質問項目において以下のように構成されている。「他者との関わりによる批判的な気づき」は問10、11、12、17、23、24、25、「探究的・合理的な思考」は問1、2、3、4、5、6、7、「多面的な思考」は問13、18、19、20、21、「反省的な思考」は問8、9、22、「健全な懐疑心」は問14、15、16である。

引用文献

- ATC21s 「21st Century Skills」 Retrieved from <http://www.atc21s.org> (accessed 2021.11.1)
- 出野務 (2003) 「自然の探究過程から見た理科授業のあり方」 森一夫編 『21世紀の理科教育』 学文社、16-38.

- Ennis, R. H. (1987). A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In Baron, J. B., & Sternberg, R. J. (Eds.), *Teaching Thinking Skills: Theory and Practice*. W. H. Freeman and Company, 9-26.
- 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—質問紙による調査を通して—」 『理科教育学研究』 第46巻、第1号、25-33.
- 木下博義・中山貴司・山中真悟 (2014) 「小学生の批判的思考を育成するための理科学習指導に関する研究—ケースシオン・バーガーシートを用いた実践を例にして—」 『理科教育学研究』 第55巻、第3号、289-298.
- 小林辰至・永益康彦 (2006) 「社会的ニーズとしての科学的素養のある小学校教員養成のための課題と展望」 『科学教育研究』 第30巻、第3号、185-193.
- 楠見孝 (2010) 「批判的思考と高次リテラシー」 楠見孝編 『現代の認知心理学3 思考と言語』 北大路書房、134-160.
- 楠見孝 (2015) 「心理学と批判的思考」 楠見孝・道田泰司編 『批判的思考 21世紀を生きぬくりテラシーの基盤』 新曜社、18-23.
- 楠見孝・村瀬公胤・武田明典 (2016) 「小学校高学年・中学生の批判的思考態度の測定—認知的熟慮性—衝動性、認知された学習コンピテンス、教育プログラムとの関係—」 『日本教育工学会論文誌』 第40巻、第1号、33-44.
- 国立教育政策研究所 (2013) 「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」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/kaihatsu/pdf/Houkokusho5.pdf> (accessed 2021.12.23)
- 国立教育政策研究所 (2018) 「平成30年全国学力・学習状況調査理科報告書」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/18chousakekkahoukoku/report/data/18msci.pdf> (accessed 2021.12.23)
- 国立教育政策研究所 (2019) 「国際数学・理科教育動向調査結果 (TIMSS2019) のポイント」 Retrieved from <https://www.nier.go.jp/timss/2019/point.pdf> (accessed 2021.11.1)
- 道田泰司 (2015) 「批判的思考の発達」 楠見孝・道田泰司編 『批判的思考 21世紀を生き抜くりテラシーの基盤』 新曜社、84-89.
- 文部科学省 (2018) 「OECD 国際教員指導環境調査 (TALIS) 2018 報告書—学び続ける教員と校長—のポイント」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/component/b_menu/other/_icsFiles/afiefieldfile/2019/06/19/1418199_2.pdf (accessed 2021.11.1)
- 森本信也 (2017) 『理科授業をデザインする理論とその展開 自律的に学ぶ子どもを育てる』 東洋館出版社、159-175.
- 中山貴司・木下博義・山中真悟 (2017) 「小学生の批判的思考を育成する理科学習指導法の開発—ツールミン・モデルの導入と多様な質問経験を通して—」 『理科教

- 育学研究』第57巻, 第3号, 245-259.
- 清水誠・大澤正樹 (2015) 「批判的思考力を育成する指導方法の開発—批判的思考の構成要素を役割分担して話し合いをさせることの効果—」『埼玉大学紀要』第64巻, 第1号, 103-116.
- 高見健太・木下博義 (2017) 「他者との関わりを通じて批判的思考を働かせるための理科学習指導法の開発と評価—中学校理科『化学変化』の単元における授業実践を通して—」『理科教育学研究』第58巻, 第1号, 27-40.
- 山田貴之・寺田光宏・長谷川敦司・稲田結美・小林辰至 (2014) 「児童自らに変数の同定と仮説設定を行わせる指導が現象を科学的に説明する能力の育成に与える効果—第6学年『ものの燃え方と空気』を事例として—」『理科教育学研究』第55巻, 第2号, 219-229.
- 山中真悟・木下博義 (2012) 「高等学校物理における批判的思考力育成のための指導法に関する研究—物理 I 『物体の運動』の単元を通して—」『理科教育学研究』第53巻, 第2号, 329-341.

(2022年1月28日受付, 2022年6月4日受理)

Development of a CT Sheet to Foster Critical Thinking and Evaluation of Practice Lesson on Hypothesis Setting and Experiment Planning in Lower Secondary School Science

*Hirofumi OKAMURA*¹, *Norihisa SAKAKIBARA*², *Takayuki YAMADA*²

¹ Graduate School of School Education, Joetsu University

² Joetsu University

SUMMARY

The purpose of this study was to develop a “hypothesis setting and experiment design critical thinking sheet” (CT Sheet) to foster critical thinking in hypothesis setting and experiment planning in lower secondary school science, and to verify the effects of educational practice using the CT Sheet. The developed CT Sheet has columns for the four stages of the critical thinking process: “clarification”, “examination of the basis for reasoning”, “reasoning”, and “decision making”. In addition, while utilizing the new teaching material we made it possible for learners to receive advice from others, so that multifaceted thinking would be encouraged. From our analyses of the questionnaire, CT Sheet descriptions, speech, and CT Sheet evaluations, it became clear that the learners’ critical thinking was activated by the learners’ interactions with others, and that utilizing the new material and method was indeed effective in improving their ability to reflectively review their plans and to examine the validity of their experimental plans.

<Key words> Critical Thinking, CT Sheet, Hypothesis Setting, Experiment Planning, Science in Lower Secondary School