

中学校理科における 批判的思考力育成に関する事例的研究

木下博義・山中真悟¹・山下雅文²・小茂田聖士²・岡本英治²

(2011年10月6日受理)

The Case Study of the Instructional Method to Develop Critical Thinking
in Junior High School Science

Hiroyoshi Kinoshita, Shingo Yamanaka¹, Masafumi Yamashita²,
Masashi Komoda² and Eiji Okamoto²

Abstract: In this study, we propose an instructional method to develop “the critical thinking in science” for junior high school students. In the method students will sketch “causal relation map” which illustrates reasoning processes of causal relations. The maps are examined by students to make own reasoning process explicit. In order to investigate effectiveness of the method, we conducted a class in which 81 students take a science course at an affiliated junior high school. Based on their writings on questionnaires and worksheets for the class, we conclude that our method can improve their circumspection which is a part of the critical thinking attitude of science.

Key words: junior high school science, critical thinking, instructional method, causal relation map

キーワード：中学校理科，批判的思考力，指導法，因果関係マップ

1. 問題の所在

情報化社会の今日にあって、批判的に思考する力(以下、批判的思考力とする)が一層注目されている(例えば、Ennis 1987)。これを受け、柴田(2006)は、学校教育における批判的思考力育成の重要性を指摘している。また、松本(1998)は、理科教育における批判的思考力に言及しており、その育成のためには、自らの自然に対する見方を厳しく問い直すといった、考える場を保障した理科授業を行う必要があると述べている。このことから、理科教育において批判的思考力を育成するためには、自らの思考の過程に対して意識的に吟味を行わせる場面を設定する必要があると考え

る。これは、楠見(1996)が批判的思考の「自分の推論過程を意識的に吟味する」側面の重要性を指摘していることとも一致している。

このような考えを踏まえ、これまでに筆者らは、批判的思考力を育成するための指導法として、自分の思考過程を図式化する「因果関係マップ」を作成させ、それを吟味させるという活動を取り入れた指導法を考案している。そして、高等学校物理における授業実践により、考案した指導法は、批判的思考力のうち合理的に思考しようとする態度の育成に有効であったことを明らかにしている(山中・木下(2011)以下「先行事例」とする)。

しかし、この指導法が高校生とは発達段階の異なる中学生に対しても有効であるか否かについては検討していない。そこで、理科における批判的思考力の育成について広く検討するためには、先行事例と同様の調

¹ 広島大学大学院教育学研究科博士課程前期

² 広島大学附属福山中・高等学校

査を中学生に対しても行う必要があると考える。

2. 研究の目的

前項で述べた背景より、本研究では、中学校理科において、考案した批判的思考力を育成する指導法の効果を検証することを目的とした。

3. 研究の方法

本研究では、まず中学生の理科における批判的思考態度を測定するための尺度を構成した。次に、中学校理科において、考案した「因果関係マップを用いた活動」を取り入れた授業実践を行った。そして、実践の前後における質問項目の得点とワークシートの記述をもとに、考案した指導法の効果を検討した。以下にその詳細を述べる。なお、本研究では批判的思考を、先行研究において引用頻度が高かった Ennis (1987) に従って、「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」と規定した。また、Ennis が分類を行ったように、批判的思考には態度と能力の2つの側面があると考えられている。本研究では、批判的思考態度を、青柳ら (2010) に従って「批判的思考の認知的側面を獲得し、活用しようとする傾向」とする。この批判的思考態度には、批判的思考を行おうとする意識的・無意識的な態度や、批判的思考を行いたいと思う志向性も含むこととする。

3.1 理科における批判的思考態度を測定するための尺度の構成

筆者らは先行事例において、廣岡ら (2001) の開発したクリティカルシンキング志向性尺度を参考に、高校生を対象とした理科における批判的思考態度を測定する全26項目の質問項目を作成している。作成した質問項目を表1に示す。

本研究では対象を中学生とするため、表1に示した質問項目の妥当性と信頼性を再検討することにした。具体的には、まず質問項目の妥当性を検討するため、作成した26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. どちらともいえない」「4. 少し当てはまる」「5. 当てはまる」の5件法で質問紙調査を実施した。調査は2010年11月に、国立大学附属中学校3年生3クラス（Ⅰ組40名、Ⅱ組41名、Ⅲ組41名、計122名）を対象に行った。

次に、得られた回答のうち、欠席による欠損値を除いた119名の回答をもとに主因子法（バリマックス回転）による因子分析を行った。因子数は固有値の減衰

状態および解釈可能性より判断し、3因子とした。それぞれの因子に.35以上の負荷を示さなかった5項目および複数の因子に負荷を示した2項目を除き、再び因子分析を行った。同様の手順で3度因子分析を行い、5項目を除いて得られた結果を表2に示す。

表2に示したように、理科の観察・実験場面における批判的思考態度は3つの因子から構成されている。因子1は、「実験の条件から実験結果を論理的に説明する」「根拠に基づいた判断をする」など、問題を論理的に考えようとする態度を表す項目や、「一つ二つの立場だけでなく、出来るだけ多くの立場から考える」「判断を下す際には、先入観にとらわれないようにする」など、問題を多角的な視点から考えようとする態

表1 作成した質問項目

質問項目の内容	
1	新しいものにチャレンジするのが好きである。
2	教科書の記述だからといって、うのみにしない。
3	結論はデータから導かれることにとどめる。
4	根拠に基づいた判断をする。
5	実験から得られたデータを、少しも疑わずに信じたりしない。
6	実験からわかったこと、わからなかったことの両側面を見る。
7	実験データを解釈するときは、客観的な態度を心がける。
8	実験の条件から実験結果を論理的に説明する。
9	自分の考えも、ひとつの立場にすぎないと認識している。
10	自分の知らない自然現象に興味を持つ。
11	正確なデータの有無にこだわる。
12	先生の言ったことも、少しも疑わずに信じたりしない。
13	測定にミスがあった可能性も考慮に入れる。
14	できるだけ多くのデータを収集する。
15	納得できるまで考え抜く。
16	場合によってはデータが間違っているかもしれないと疑う。
17	判断を下す際には、得られたデータを重視する。
18	判断を下す際には、先入観にとらわれないようにする。
19	一つのやり方で問題が解決しないときには、いろいろなやり方を試みる。
20	一つ二つの立場だけでなく、出来るだけ多くの立場から考える。
21	普通の人が気にもかけないようなことに疑問を持つ。
22	不都合なデータだからといって無視しない。
23	他の人があきらめても、自分が納得するまで答えを探し求め続ける。
24	問題を解決することに一生懸命になる。
25	わからないことがあると質問したくなる。
26	自分の知らない科学技術に興味を持つ。

表2 理科の観察・実験場面における批判的思考態度を測定する質問項目の因子負荷量

項目の内容	因子1	因子2	因子3
8 実験の条件から実験結果を論理的に説明する。	.665	.103	.191
4 根拠に基づいた判断をする。	.610	.130	.108
20 一つ二つの立場だけでなく、出来るだけ多くの立場から考える。	.594	.172	.036
19 一つのやり方で問題が解決しないときには、いろいろなやり方を試みる。	.578	.173	.168
18 判断を下す際には、先入観にとらわれないようにする。	.565	.257	-.004
16 場合によってはデータが間違っているかもしれないと疑う。	.537	-.032	.024
7 実験データを解釈するときは、客観的な態度を心がける。	.467	-.052	.139
6 実験からわかったこと、わからなかったことの両側面を見る。	.460	.339	.080
14 できるだけ多くのデータを収集する。	.454	.095	.148
2 教科書の記述だからといって、うのみにしない。	.180	.716	.119
12 先生の言ったことも、少しも疑わずに信じたりしない。	.012	.700	-.062
21 普通の人が気にもかけないようなことに疑問を持つ。	.230	.595	.226
10 自分の知らない自然現象に興味を持つ。	.009	.243	.749
26 自分の知らない科学技術に興味を持つ。	.054	.088	.725
1 新しいものにチャレンジするのが好きである。	.187	-.073	.397
25 わからないことがあると質問したくなる。	.322	.046	.385

回転法：バリマックス回転 因子数：3

度を表す項目などから構成されている。このため、因子1を『合理的な思考』とした。因子2は、「先生の言ったことも、少しも疑わずに信じたりしない」「教科書の記述だからといって、うのみにしない」などの質問項目から構成されているため、『慎重さ』とした。因子3は、「自分の知らない自然現象に興味を持つ」「新しいものにチャレンジするのが好きである」などの質問項目から構成されているため、『探究心』とした。

次に、質問項目の信頼性を検討するために、妥当性の得られた質問項目において、各因子の信頼性係数(Cronbach α)を算出した。その結果を表3に示す。表3に示した信頼性分析の結果から $.649 \leq \alpha \leq .811$ であり、各因子の内部一貫性が保障されたと考えた。このことから、作成した質問項目は信頼性があると判断した。以上のことから、作成した質問項目は妥当性と信頼性があると判断したため、本研究ではこれを尺度として用いることにした。

3.2 指導法

筆者らはこれまでに、批判的思考力育成のための指導法として「因果関係マップを用いた活動」を取り入

れた指導法を考案している。以下にその詳細を示す。Ennis (1987) によると、批判的思考は「合理的で省察的な思考」であり、このような思考を行うためには、次の2つの段階を行う必要があると考えた。

- ①自分の思考過程を論理的に整理する。
- ②自分の思考過程を意識的に吟味する。

また、批判的思考力を育成するためには、授業において上記の①②の段階を意識的に行わせるような活動を取り入れる必要があると考えた。

理科において思考を行う場面の一つに、「因果関係を推論する場面」がある。この際、自分が推論によって導き出した原因や結果は、必ずしも正しいとは限らない。より正確な推論を行うためには、自分の推論過程を実験の諸条件や自然法則、科学に対する社会の要請などと照らし合わせながら批判的に吟味していく必要がある。

以上のことから、課題に対する自分の推論過程を可視化し、それを吟味していく活動として、「因果関係マップ(実験や現象の結果と、その背景にある原因との因果関係を図で表したもの)」を作成し、それを吟味する活動を行わせることで、実験や現象の結果に対する批判的思考力を育成できるのではないかと考えた。上述した因果関係マップの例を図1に示す。

実際の活動においては、まず課題として実験や現象の結果を予想させ、次に各自がそのような結果になると予想した原因を挙げさせ、それら原因と結果を矢印で結んで図1のような因果関係マップをワークシート

表3 信頼性分析の結果

因子	Cronbach α
合理的な思考	.811
慎重さ	.714
探究心	.649

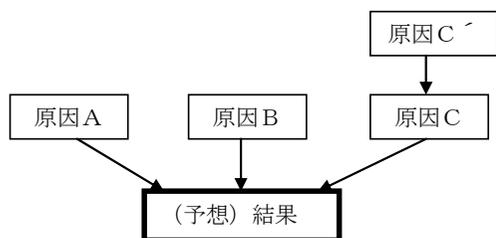


図1 因果関係マップの例

に記述させる。次に、後述する「因果関係マップ修正の視点」に基づいて修正を行わせる。この際、修正はペンの色を変えて行わせるか、新たに修正後の因果関係マップを作製させることで、生徒の変容を捉えることができるようにした。

因果関係マップを用いた活動の特徴としては、①生徒の因果関係に対する推論過程を図式化することで、その時々々の生徒の思考を客観的に観察することができる点、②因果関係マップを修正させる活動を行うことで、批判的吟味を意図的に行わせることができる点が挙げられる。この活動を取り入れることで生徒に意図的に批判的思考を行わせ、批判的思考力を向上させることができると考えた。

3.3 授業実践

本実践は、事前調査を実施した国立大学附属中学校3年生2クラス（I組40名、II組41名、計81名）を対象に、理科1分野「科学技術と人間」に関するものとして、「水素エネルギー」をテーマとした特別授業を、表4に示すような構成で行った。以下、各時間の詳細について述べる。

①第1時

第1時のねらいは、水素エネルギーが注目される背景について因果関係マップを用いて批判的に考察を行わせることで、水素エネルギーへの関心を高めるとともに、因果関係マップの書き方を知ること、因果関係マップを用いて探究することに興味を持たせることであった。

まず、エネルギーとその移り変わり、我が国のエネルギー利用の実態、水素の持つ化学エネルギーについて資料を提示するとともに、解説を行った。この際、水素エネルギーの特徴については科学的な事実（水素と酸素が化合する際の化学反応式など）を示すに留め、その社会的背景に関わる事実（有害な排気ガスなどが発生せず、クリーンなエネルギーである事など）については示さないよう留意した。次に、生徒に因果関係マップとその書き方を示し、「今、水素エネルギーが注目されているのはなぜだろうか?」という課題を与え、自分の予想する原因を因果関係マップに記述させた。この際、自分の因果関係マップが完成したと判断した段階で、ワークシート中に設けた「完成」のチェック欄に、チェックを入れるよう指示した。

因果関係マップを書かせた後、燃料電池の演示実験を行い、エネルギーの変換と保存の観点から観察させた。その後、表5に示す「因果関係マップ修正の視点」に基づいて、因果関係マップを修正させる活動を行った。この時、修正はペンの色を変えて行わせるとともに、生徒がどのような視点に基づいて修正したかがわかるように、修正を加えた箇所に表5に示した番号①～③を記入するよう指示した。

途中、解説を行うとともに、これからの水素エネルギー社会において課題となることは何なのか考察するように指示を行った。最後に教師の考えた因果関係マップを提示し、これからの水素エネルギー社会の実現に向けての課題として、「水素の製造に関する問題」が挙げられることを確認した。

②第2時

第2時のねらいは、第1時で水素エネルギー社会の実現に向けての課題とした「水素の製造に関する問題」などの諸問題の解決方法について、因果関係マップを用いて批判的に考えられるようになることであった。よって、因果関係マップの「結果」の欄を「水素の製造に関する問題の解決」とし、そのための方法を「原因」の欄に記述させていくことにした。

本時ではまず第1時と同様に、生徒に自分の予想す

表4 授業の構成（全2時間）

時	内容
-	・質問紙（事前）記入（I組、II組とも2010年11月22日実施）
1	・エネルギーの移り変わり ・我が国のエネルギー利用の実態 ・水素エネルギーがなぜ注目されているのか？（両クラスとも2010年11月29日実施）
2	・水素の製造に関する問題の解決（I組...2010年12月8日実施、II組...9日実施）
-	・質問紙（事後）記入（両クラスとも2010年12月17日実施）

表5 第1時に提示した因果関係マップ修正の視点

- ①各原因に誤りはないか？
- ②各原因は結果に影響するか？
- ③見落としている原因はないか？

表6 第2時に提示した因果関係マップ修正の視点

- ①各方法は問題を解決できるか？
- ②見落としている方法はないか？
- ③その解決方法に別の問題はないか？

る原因(すなわち水素の製造に関する問題の解決方法)を因果関係マップに表現させた。その際、自分の因果関係マップが完成したと判断した段階で、第1時と同様に因果関係マップ中の「完成」チェック欄にチェックを入れるよう指示した。その後、新たに表6に示す因果関係マップ修正の視点を提示し、その視点に基づいて、色ペンを用いてマップの修正を行わせた。この時、生徒がどのような視点に基づいて修正したかがわかるように、修正を加えた箇所に表6に示した番号①～③を記入するよう指示した。また、水素の製造方法として、これまで学習していない「化石燃料と水から水素を作る方法 ($\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$)」については教師から提示するとともに、適宜解説を行った。最後に教師の考えた因果関係マップを提示した。

4. 結果と考察

まず初めに作成した質問項目への回答をもとに、理科における批判的思考態度の変化を検討した。次にワークシートの記述を分析し、生徒の授業中の批判的思考について検討した。以下にその詳細を示す。

4.1 質問項目への回答の分析

本研究において考案した指導法が生徒の批判的思考態度に及ぼす影響について検討するため、質問項目への回答の分析を行った。まず、各項目への回答をその項目の得点とし、因子ごとの合計得点を項目数で割ることで平均得点を算出し、これを各因子の得点とした。次に、実践前および実践後の質問紙調査における各因子の得点をそれぞれ算出した。そして、実践前と実践後での各因子の得点の平均値に有意な差があるか否かを検討するために、欠席や記入漏れによる欠損値を除いた68名の回答について、平均値の差の検定(対応のあるt検定)を行った。表7にその結果を示す。

表7に示したように、「慎重さ」については実践前よりも実践後の得点の方が有意に高かった。一方、そ

表7 質問紙における回答の平均値の差

因子		平均値	標準偏差	t 値
合理的な思考	事前	3.55	.59	.47
	事後	3.56	.63	
慎重さ	事前	2.76	.88	2.74*
	事後	2.96	.88	
探究心	事前	3.87	1.02	.29
	事後	3.85	1.08	

* $p < .05$

他の因子については有意な差は見られなかった。このことから、考案した指導法によって、生徒に慎重に吟味しようとする態度を養うことができたといえる。

4.2 ワークシートへの記述の分析

生徒の授業中の批判的思考について検討するため、授業で用いたワークシートの分析を行った。なお、分析にあたっては、理科教育を研究する大学院生2名、理科を担当する高等学校教員5名、大学教員1名(公立学校教員の経験有)で妥当性を協議しながら行った。具体的には、まず本研究における批判的思考の規定に基づき、回収できたワークシート(第1時76名分、第2時80名分)を「自分の一度書いた因果関係マップに対して、各時間の修正の視点に従って修正を行っている」ことを基準として分析した。次に、第1時および第2時の因果関係マップそれぞれについて、基準を満たしている生徒と満たしていない生徒の人数を集計した。本実践では因果関係マップを用いて批判的思考を促すための指導を行ったことにより、批判的思考を行わなかった生徒よりも行った生徒の人数が多いのではないかと考えられる。そこでこれを検討するため、批判的思考を行った生徒と行わなかった生徒の人数の等度性を仮定して、集計した人数についてそれぞれ χ^2 検定を行った。その結果を表8に示す。

表8に示した結果から、第1時、第2時ともに批判的思考を行った生徒の人数が、行わなかった生徒の人数に比べて有意に多かった。このことから、考案した

表8 ワークシートの評価別人数および χ^2 値

		批判的思考	人数	χ^2 値
第1時	行った		63	32.90*
	行わなかった		13	
第2時	行った		73	54.45*
	行わなかった		7	

* $p < .05$

う前において、「水素エネルギーが目ざされている」ことの原因として、化石燃料が減少しつつあることや従来のエネルギー資源の利用では地球温暖化の原因となる二酸化炭素を排出してしまうこと、水素は水を電気分解することで得られることを挙げている。また、修正後の因果関係マップから、自分が一度出した「水素は水を電気分解することで得られるから」という考えに対して、電気分解にエネルギーを用いてしまうことを問題視し、指摘している様子うかがえる。このことから生徒Bは、修正を行う過程で慎重に吟味した結果、自分の推論過程の問題に気づくことができたと考えられる。

次に第2時のワークシートから、生徒Bは修正を行う前において、水素の製造について「水を電気分解する方法」と、教師によって提示された「化石燃料と水から水素を作る方法 ($\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 4\text{H}_2 + \text{CO}_2$)」を挙げている。また、電気分解のためのエネルギーを自然エネルギーに限定していることから、前時の学習を踏まえ、水素の製造のために必要となるエネルギーの確保について留意している様子うかがえる。また、修正後の因果関係マップから、生徒Bは自然エネルギーによる発電の程度やコストについて検討していることや、水の電気分解によって確保できる水素の量について検討している様子が見られる。さらに、教師が提示した「化石燃料と水から水素を作る方法」に対し、「現在のエネルギー源を消費してしまう（ので問題の解決にならない）」ことを指摘している様子もうかがえる。このことから、生徒Bは一度自分が考えた方法や、教師により与えられた情報をうのみにせず、慎重な検討を加えていることがわかる。

5. まとめ

本研究の目的は、中学校理科において、考案した批判的思考力を育成する指導法の効果を検証することであった。この目的を達成するため、考案した指導法を用いて授業実践を行い、作成した質問項目への回答の分析、ワークシートの記述の分析によって、考案した

指導法の効果を検討した。まず質問項目への回答の分析の結果から、生徒に慎重に吟味しようとする態度を養うことができたと考えられる。また、そのような態度を養うことができた理由として、ワークシートの分析の結果から、考案した因果関係マップを用いた指導により、慎重に吟味するような活動が促されたからではないかと考えられる。

以上のことから、因果関係マップを用いた指導法は、高等学校の場合と同様に中学校理科においても、批判的思考力の育成に有効であったといえる。

参考文献

- 青柳西蔵・石井裕剛・下田宏・伊丹悠人・富江宏・北川欽也・河原恵 (2010) 「教育用ディベートシステムを導入した学習単元の提案と批判的思考態度醸成効果の評価」『日本教育工学会論文誌』 Vol.33(4) pp.411-422.
- Ennis, R. H. (1987) A taxonomy of critical thinking dispositions and abilities. In J. B. Baron & R. J. Sternberg (Eds.), *Teaching thinking skills: Theory and practice*. New York: W. H. Freeman and Company, pp.9-26.
- 廣岡秀一・元吉忠寛・小川一美・斉藤和志 (2001) 「クリティカルシンキングに対する志向性の測定に関する探索的研究 (2)」『三重大学教育学部附属教育実践総合センター紀要』 Vol.21, pp.93-102.
- 楠見孝 (1996) 「機能的推論と批判的思考」『認知心理学 4 思考』東京大学出版会.
- 松本伸示 (1998) 「考える場を保障した理科授業—批判的思考の育成を目指して—」『理科の教育』 Vol.47 (6), pp.364-367.
- 柴田義松 (2006) 『批判的思考力を育てる—授業と学習集団の実践—』日本標準.
- 山中真悟・木下博義 (2011) 「批判的思考力育成のための理科学習指導に関する研究—高等学校物理における授業実践を通して—」『日本教育工学会論文誌』 Vol.35(1), pp.25-33.