

中学校理科授業における検証計画立案力の育成を図る 指導法に関する研究 —批判的思考との関係に着目して—

根津 元¹
栗原 淳一²
山野井貴浩³
山田 貴之⁴

【要 約】

本研究の目的は、検証計画立案力の育成のために批判的思考プロセスを組み込んだ学習プログラムを開発し、批判的思考の5因子と検証計画立案力の4要素の関係性に対する知見を得ることであった。その結果、批判的思考の5因子のうち、「1. 他者との関わりによる批判的な気づき」や「2. 探究的・合理的な思考」、そして「4. 反省的な思考」が促されたことにより、検証計画立案力の4要素である「I. 変数設定能力」、「II. 仮説設定力」、「III. 実験方法立案力」、「IV. 結果の予想設定力」がそれぞれ身についた可能性が示唆された。また、「2. 探究的・合理的な思考」と「III. 実験方法立案力」には強い対応関係が見られることや、「I. 変数設定能力」と「II. 仮説設定力」の向上の際には、「2. 探究的・合理的な思考」は働くかず、「4. 反省的な思考」が働いている可能性があることが示唆された。

【キーワード】 中学校理科授業、検証計画立案力、批判的思考プロセス、学習プログラム

1. はじめに

1.1 問題の所在

文部科学省・国立教育政策研究所（2013）は、「21世紀型能力」として、基礎力、思考力、実践力の三層構造を提唱している。特にその中核の思考力については、「一人ひとりが自ら学び判断し自分の考えを持って、他者と話し合い、考えを比較吟味して統合し、よりよい解や新しい知識を創り出し、さらに次の問い合わせを見つける力」とし、その構成要素として、問題解決・発見力・創造力、論理的・批判的思考力、メタ認知、適応的学習力を挙げている（国立教育政策研究所, 2014, vii）。

理科の問題解決に関わって、平成30年度全国学力・学習状況調査【中学校理科】の結果、「条件制御

の知識・技能を活用して、『変えない条件』を設定すること」に課題があることや、「自然の事物・現象の『原因として考えられる要因』を全て挙げ、問題解決の知識・技能を活用して、条件を制御した実験を計画すること」に課題があることが示されている（国立教育政策研究所, 2018, 13）。また、令和4年度全国学力・学習状況調査【中学校理科】の結果、「他者の考えの妥当性を検討したり、実験の計画が適切か検討して改善したりすること」に課題があることも示されている（国立教育政策研究所, 2022, 14）。中学生が関わる実験計画立案の困難さに関する調査結果は従前より報告されており（例えば、国立教育政策研究所, 2013, 2015aなど）、理科教育における重要な課題であると言える。

実験計画を立案する力の育成には、21世紀型能力の構成要素である批判的思考力が必要であることが先行研究から示唆される。批判的思考力についてEnnis（1987）は、「何を信じ、何を行うかの決定に焦点をあてた、合理的で反省的な思考」であると述

¹ 上越教育大学大学院

² 群馬大学

³ 文教大学

⁴ 上越教育大学

べている。また、楠見（2015）は、「批判的思考の構成要素とプロセス」について、「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。そして、この段階を経て、様々な情報を批判的に吟味したりする力は、社会人に求められるスキルであり、大学生が卒業までに最低限身に付けなければならない能力であると述べている。さらに、批判的思考の育成は大学生のみならず、小中高生にも求められるようになってきており、その教授法や教材、測定ツールの開発の必要性を指摘している。こうした知見を踏まえ、岸田・小倉（2018）は、科学的な検証にするための合言葉を用いた批判的思考を促す活動や定型文の指導、言葉つなぎによる検証方法の発想などを駆使した結果、仮説を設定する能力と実験を詳細に計画する力が向上することを明らかにしている。また、岡村ら（2022）は、小林・永益（2006）の4QS¹⁾と楠見（2015）の批判的思考プロセスを組み込んだ仮説設定・実験計画 Critical Thinking シート（CT シート）を開発し、授業実践と質問紙によって調査を行っている。その結果、批判的思考のうち「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」が促されることによって、立案し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が向上することを明らかにしている。つまり、批判的思考を働かせることによって、他者の考え方の妥当性を検討したり、実験の計画が適切かどうかを検討して改善したりすることができると考えられる。

小中学校理科授業における問題解決場面における批判的思考に関する研究はいくつか行われてきたが（例えば、木下ら、2014；高見・木下、2017など）、批判的思考を促すことによって、実験計画を立案する力の向上につながるかを検討した研究は、前出の岸田・小倉（2018）や岡村ら（2022）以外ほとんど見当たらないのが現状である。本研究では、これらの先行研究とは異なり、批判的思考プロセスを組み込んだ学習プログラムを通して検証計画立案力の育成を図るとともに、批判的思考の5因子と検証計画立案力の4要素の関係性に対する知見を得ることを目的とした。

1.2 本研究における検証計画立案力及び批判的思考の定義

問題解決や実験計画の立案に関連した能力の定義については、研究者によって異なっているため、本研究における検証計画立案力を定義する必要がある

（表1）。例えば、川崎ら（2015）は、Klahr（2000）が提案した Science Discovery as Dual Search (SDDS) と Lawson（2002）が整理した科学的な問題解決の過程において共通する過程を抽出し、「仮説設定力」、「実験方法立案力」、「結果の予想設定力」、「結果考察力」と定義している。また、川崎ら（2015）の問題解決能力の定義や、山田・小林（2014）が仮説設定能力を「変数の同定」と「因果関係の認識」で評価していることを踏まえ、問題解決能力を「実験方法立案力」、仮説設定能力としての「変数設定能力」、「結果の予想設定力」と整理している研究もある（佐藤・栗原、2017）。イギリスの教師用教科書である AKSIS Investigation (Goldworthy et al., 2000) に記載されている実験計画過程に関連する能力については、鈴木・稻田（2016）が、「①事象への影響を及ぼす独立変数に気づく能力」、「②探究の方法を選択する能力」、「③因果関係を伴う事象から独立変数と従属変数を同定する能力」、「④変数間の関係について比例や反比例などの具体的な規則性を予測する能力」、「⑤独立変数の値を設定する能力」、「⑥特定の独立変数以外の変数を制御する能力」、「⑦測定結果の信頼性を高める能力」と翻訳している。①と⑤は変数の設定に関わる能力とまとめることができ、③は変数を設定するだけではなく因果関係の認識を伴う内容であるため、山田・小林（2014）の「仮説設定能力」と類似していると解釈できる。加えて、④についても独立変数と従属変数の関係性を詳しく予測していることから前述の「仮説設定能力」に関連していると言える。②は実験の方法を選択することであり、⑥は変数制御に関わる内容であるため、実験方法を具体的に考える際に必要な能力と解釈でき、⑦は実験結果の信頼性を高めるための能力であるため、結果を予想しながら実験の方法を考えることが必要であることがわかり、前述の先行研究との共通性が伺える。さらに、山田・栗原（2020）は、前述の川崎ら（2015）や佐藤・栗原（2017）を基に、自然の事物・現象から要素を見いだす能力を「変数設定能力」、見いだした変数を原因と結果の関係で捉えて作業仮説を立てる能力を「仮説設定力」と整理している。そして、条件制御と客観性の保証を行う能力である「実験方法立案力」と、仮説と整合した結果を予測したり、変数可動域や実験回数の妥当性を考慮した適切な表を作成したりする能力である「結果の予想設定力」と併せて、検証計画立案力と規定している。

以上の先行研究を踏まえ本研究では、問題解決場面において「自然事象から変数を見いだし、独立変数と従属変数を基に検証可能な仮説を設定し、詳細

表1 問題解決や実験計画の立案に関する能力の定義

研究名	問題解決や実験計画の立案に 関連した能力	能力の定義やその要素
AKSIS Investigations (Goldsworthy et al., 2000)	実験計画過程に関連する能力	事象へ影響を及ぼす独立変数に気づく能力 探求の方法を選択する能力 因果関係を伴う事象から独立変数と従属変数を同定する能力 変数間の関係について比例や反比例などの具体的な規則性を予測する能力 独立変数の値を設定する能力 特定の独立変数以外の変数を制御する能力 測定結果の信頼性を高める能力
大鳩・大高 (2008)	生徒が問題を把握する段階 から実験を遂行する前段階	独立変数と従属変数を同定し、明確で検証可能な問い合わせを設定すること 独立変数の数値化の可能性を検討し、データのとり方を決定すること 一定にすべき変数（制御変数）を同定し、実験活動の妥当性を確保すること
川崎ら (2015)	問題解決能力	仮説設定力、実験方法立案力、結果の予想設定力、結果考察力
佐藤・栗原 (2017)	問題解決能力	変数設定能力、実験方法立案力、結果の予想設定力
岸田・小倉 (2018)	実験計画力	予想を立て、科学的な知識と理解を用いて様々な考え方を調査できる形式に変換し、適切な方略を計画するとともに、収集しようとするデータの範囲と程度、技法、装置、及び用いる材料を決定する能力 仮説設定、詳細な実験計画
山田・栗原 (2018)	検証計画立案力	変数設定能力、仮説設定力、実験方法立案力、結果の予想設定力 実験の目的を明確にもつ 結果に影響を与える独立変数を多面的に考える 独立変数の変化の方法を考える
久坂 (2020)	実験計画能力を支える メタ認知スキル	従属変数を何の変化で捉えるか設定して仮説を立て 独立変数を1つにして他の条件は一定に保つ 実験の妥当性を考える 定めた独立変数以外に従属変数に影響を与える要因はないか考える
本研究の定義	検証計画立案力	自然事象から変数を見いだし、独立変数と従属変数を基に検証可能な仮説を設定し、詳細な実験計画を立案し、結果を見通した適切な表やグラフを作成すること I. 変数設定能力、II. 仮説設定力、III. 実験方法立案力、IV. 結果の予想設定力

な実験計画を立案し、変数可動域や実験回数の妥当性を検討して根拠のある判断をすること」を検証計画立案力と定義した。そして、その構成要素を山田・栗原 (2020) と同様に、「I. 変数設定能力」、「II. 仮説設定力」、「III. 実験方法立案力」、「IV. 結果の予想設定力」とした。「I. 変数設定能力」は、自然の事物・現象から変数を抽出する能力とした。「II. 仮説設定力」は、抽出した変数を独立変数と従属変数の関係で捉え、作業仮説を立てる能力とした。「III. 実験方法立案力」は、条件制御を適切に行なうが、課題と正対した詳細な実験方法を立案する能力とした。「IV. 結果の予想設定力」は、仮説と整合した結果を予想するとともに、変数可動域や実験回

数の妥当性を検討して根拠のある判断をする能力とした。

また、批判的思考について道田 (2003) は、Ennis (1987) の批判的思考の考えが最も頻繁に引用される定義であると結論付けているため、本研究においても、Ennis (1987) の批判的思考の定義で論を進めていくこととする。

1.3 検証計画の立案に関する先行研究（論文）の収集と整理

本研究で育成を図る検証計画立案力に関する先行研究をレビューし、変数や仮説の設定、実験方法の立案や結果の予想について、それぞれの思考過程に

に関する研究やそれぞれの能力を向上させるための指導方略の開発などを行っている研究の探索を行った。その結果、検証計画の立案に必要な要素を網羅的に調査した研究は見当たらず、本研究ではそれに取り組むこととした。その詳細について以下に示す。

検証計画の立案に関する先行研究（論文）の収集に当たり、過去30年間分（1992～2022年）の理科教育に関する主要な学術論文誌、例えば、国内については『理科教育学研究』と『科学教育研究』を対象に「CiNii」を利用して、海外については『Journal of Research in Science Teaching』、『International Journal of Science Education』及び『Studies in Science Education』を対象に「Wiley Online Library」と「Taylor & Francis Online」を利用して論文を検索した（表2）。その際、中村・雲財・松浦（2018）を参考に、論文のタイトルやキーワードを対象にした探索方法を用いた。検索におけるキーワードとしては、日本語論文については、「変数」、「変数抽出」、「変数同定」、「変数制御」、「条件制御」、「条件整理」、「仮説」、「仮説設定」、「実験計画」、「検証計画」、「結果の予想」、「結果の見通し」を、英語論文については、「variable」、「control variables」、「condition control」、「hypothesis」、「hypotheses」、「experimental plan」、「planning investigation」、「experimental design」、「expected results」、「outlook for results」を用いた。そして、論文を収集した後、具体的な記述内容を確認し、理科授業における検証計画の立案と関連のない研究は除外した。その結果、日本語論文数は40件、英語論文数は15件だった（表3）。キーワードが重複した論文があったため、その場合は、本文から特にどのキーワードに重点が置かれた論文かを確認し、分類を行った。例えば、鈴木・稻田（2016）はキーワードとして「実験計画能力」、「独立変数」と本研究における2つのキーワードを使用している。内容を詳しく確認すると、独立変数の値を設定する能力の育

表2 先行研究（論文）の収集対象と方法

論文誌名	収集方法
理科教育学研究	CiNii
科学教育研究	CiNii
Journal of Research in Science Teaching	Wiley Online Library
International Journal of Science Education	Taylor & Francis Online
Studies in Science Education	Taylor & Francis Online

注）理科教育学研究の呼称は1999年からであり、それまでは、研究紀要であった。

表3 収集論文

キーワード	No.	文献
変数	1	Duggan et al. (1996)
	2	Lin & Lehman (1999)
	3	荒井ら (2008a)
	4	荒井ら (2008b)
	5	大鳥 (2015)
	6	鈴木・稻田 (2016)
	7	末廣・内ノ倉 (2018)
	8	安部ら (2019)
	9	森川ら (2022)
仮説	10	Wenham (1993)
	11	Tomkins & Tunnicliffe (2001)
	12	Guisasola et al. (2006)
	13	小林・永益 (2006)
	14	Park (2006)
	15	永益・小林 (2007)
	16	平澤ら (2008)
	17	五島・小林 (2009)
	18	金子・小林 (2010)
	19	Oh (2010)
	20	Gyllenpalm & Wickman (2011)
	21	金子・小林 (2011)
	22	鶴岡 (2012)
	23	益田・柏木 (2013)
	24	宮本 (2014)
	25	斎藤 (2014)
	26	山田・小林 (2014)
	27	山田ら (2014)
	28	川崎ら (2015)
	29	山田ら (2015)
	30	山口ら (2015)
	31	宮本 (2016)
	32	佐藤・栗原 (2017)
	33	安部ら (2018)
	34	岸田・小倉 (2018)
	35	中村・松浦 (2018)
	36	中村・雲財 (2018)
	37	中村ら (2018)
	38	佐藤ら (2018)
	39	向井ら (2019)
	40	比樂・遠西 (2020)
	41	福田・遠西 (2021)
	42	中村・佐久間 (2022)
	43	岡村ら (2022)
実験方法	44	Germann (1996)
	45	Lawson et al. (2000)
	46	Lawson (2003)
	47	Schwichow et al. (2016)
	48	Riesen et al. (2018)
	49	水石・庭瀬 (2019)
	50	中村・松浦 (2019)
	51	田邊ら (2019)
	52	後藤・五関 (2020)
	53	大鳥 (2020)
	54	Kranz et al. (2022)
	55	Schwichow et al. (2022)

成に焦点が置かれた研究となっている。したがって、当該論文は本研究において「変数」に関する論文であると分類した。

変数の設定の日本語論文数は7件、英語論文数は2件だった。具体的には、Duggan et al. (1996) は、12~14歳の生徒に対して、探究の過程における変数に関する調査を行い、その実態として、複数の変数を含む探究において変数を定義することや、独立変数を連続変数として定義することに困難を抱えていることを明らかにしており、独立変数をどのように測定するかを考えさせる活動は重要と言える。また、大島 (2015) は、英国の科学的探究能力の育成を指向した3種類の教材から、変数同定に関する事項について分析を行った。Thinking Science (Adey et al., 2001) の分析の結果、変数の同定を行わせる手立てを講じる際に、批判的思考を促す問い合わせ組み込むことによって単なる操作的活動ではなく、認知的活動として成立させることができ、そのような手立てを講じる必要があると分析している。また、Science Investigation 1 (Gott et al., 1997) の分析の結果、科学的な問い合わせから独立変数と従属変数を決定し、表を作成することを通して、変数関係を意識づけたり、見通しをもたせたりすることができると述べている。認知的活動として成立させるために批判的思考を促すとともに、表を作成して見通しをもって実験を行うことが必要である。

仮説設定の日本語論文数は28件、英語論文数は6件であった。具体的には、Park (2006) は、大学生を対象に理論的な説明仮説の生成における思考過程について調査を行った。その結果、現象を観察させた後、その原因について尋ねることで、生徒は背景知識から現象を説明できる仮説を探し出し、現象と背景知識の類似性に基づく推論を行うことによって、それまでの考えを捨てて新たな説明仮説を生成することができると述べている。また、安部ら (2018) は、小学校理科授業において、課題に対する仮説の設定後に、使用する実験素材を指定して仮説の形成をさせることで、別の視点の仮説を形成することができると述べている。因果関係に気づかせたり、実験素材を指定したりすることで、複数の仮説を生成することができると言える。

実験方法の立案に関する日本語論文は5件、英語論文は7件であった。具体的には、中村・松浦 (2019) は、条件制御能力に影響を及ぼす要因について調査・分析を行った結果、「科学的思考力」、「教師との関わりによるメタ認知」が直接的に影響を及ぼすこと、「認知欲求」がメタ認知を媒介として間接的

に影響を及ぼすことを明らかにしている。また、Schwichow et al. (2022) は、小学生を対象に変数制御の方法に関する調査を行った結果、正しく変数制御ができていない実験計画には、「変数制御の方法について正しく理解していない実験計画」、「必要以上に変数を変えている実験計画」、「非対照的な実験計画」の3パターンがあることを明らかにしている。このように、計画立案を行う際には、認知欲求を高めることや教師が適切な関わりを行うことが重要であり、変数制御能力が向上することで、正しい変数制御ができている実験計画を作成することができると考えられる。

結果の予想や見通しについては、キーワードに該当する論文は見当たらなかった。

前述の通り、先行研究を精査したところ、変数や仮説の設定、実験方法の立案について、それぞれの思考過程に関する研究やそれぞれの能力を向上させるための指導方略の開発などを行っている研究はあるものの、検証計画の立案に必要な要素を網羅的に調査した研究は見当たらなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、検証計画立案力の育成のために批判的思考プロセスを組み込んだ学習プログラムを開発し、批判的思考の5因子と検証計画立案力の4要素の関係性に対する知見を得ることである。

3. 研究の方法

3.1 調査の対象と時期

新潟県の公立中学校第2学年2学級43人（実験群：1組22人、統制群：2組21人）を対象に、2022年10月下旬から11月中旬にかけて授業を行った。対象校は入学選抜を行っておらず、学力は一般的であると考えられる。事前調査の結果（詳細については後述）、高見・木下 (2017) が調査対象とした国立大学附属中学校や岡村ら (2022) が調査対象とした公立中学校の生徒と比較し、批判的思考のうち「5. 健全な懷疑心」の値が低いことを除いて同程度の値となった。

3.2 批判的思考プロセスを組み込んだ学習プログラムの開発

3.2.1 学習プログラムの骨子

検証計画の立案の前に、検証計画の記述に必要な要素²⁾やその基準について理解させる活動を実施することで、高い水準の検証計画を記述することができるようになっていている（湯本・栗原, 2020）。

そこで、批判的思考プロセスを組み込んだ検証計画の立案のためのスキルトレーニングと、中学校理科授業において生徒が検証計画を立案することを組み合わせた活動を学習プログラムとした。本研究では、その対象を熱量の学習において検証計画を立案する授業とした。

熱量の学習では、独立変数として電力と時間を抽出し、条件制御を伴う実験を行うことができる。そして、従属変数として電熱線の発熱量を抽出し、水の温度変化によって熱量を間接的に測定することができるため、変数可動域に関する議論が可能である。また、これらの変数を用いて仮説を設定することもできる。さらに、具体的な操作や手順を考える中で、客観性や再現性のある計画について議論させることができる。このように、本研究における検証計画立案力の4要素を網羅することができる内容であると判断したため、熱量の学習を学習プログラムにおける理科授業の対象とした。

3.2.2 検証計画立案のための批判的思考プロセスを組み込んだスキルトレーニング

楠見（2015）が整理した、批判的思考の構成要素とプロセスの4つの段階に沿って、検証計画の妥当性を検討する中で、計画に必要な要素について理解するというスキルトレーニングを開発した（図1）。以下、各段階の詳細を述べる。「明確化」については、「課題を理解し、検証計画を立案すること」や「実験の内容を正しく理解すること」と捉え、教師から提示された不備のある検証計画をよく読み、課題や実験の内容を理解する活動とした。「推論の土台の検討」については、「検証計画を見比べながら、不備を見つけること」と捉え、与えられた3種類の検証計画を見比べて不備を見つけ、改善案について考えるという個人の活動とした。具体的には、詳細については後述の「a. 条件の整理」、「b. 具体的な操作・手順」、「d. 結果の見通し」に不備がある3種類の

ワークシートから1枚を選び、他の2枚のワークシートと比較することを通して、どのような不備があり、どのように修正すればよいかを考える活動とした。「推論」については、「検証計画の不備と改善案を共有し、妥当性を検討すること」と捉え、他者との関わりを通して多様な考えを共有し、その妥当性について話し合う活動とした。具体的には、「推論の土台の検討」において見つけた不備や修正案について、班の仲間と議論し、より妥当な検証計画にするためにはどのように修正したらよいかを考える活動とした。「行動決定・問題解決」については、「検証計画を改善すること」と捉え、多様な考えを基に、検証計画を改善するという個人の活動とした。具体的には、班ごとに考えた修正案をその理由とともに、学級全体で共有した後、個人で検証計画をより妥当なものへと修正する活動とした。その後、教師から検証計画を立案する上で大切な要素として、スキルトレーニングの際の生徒同士の対話をもとに変数可動域の設定方法や仮説の書き方、条件制御のやり方や、結果を見通した表を書くことの意義などについてのフィードバックを行った。

3.2.3 スキルトレーニングのワークシートの作成

ワークシートの形式については、岡村ら（2022）を参考にした。ワークシート上部には、4QSの考えを援用し、ステップ1~4を通して変数の抽出から仮説の設定までを行う欄を設けた。下部には、詳細な検証計画を記述する欄と、その横に、記載されている検証計画の不備について、自分自身や他者からの指摘を書いた付箋を貼る欄を設けた。なお、岡村ら（2022）では、ワークシートの記述に75分間の時間を要した。本研究では、推論の場面で、検証計画の修正点の判断は記述しなくてもできると考え、その欄を削除した。そして、平成27年度全国学力・学習状況調査の調査問題【中学校理科】（国立教育政策研究所、2015b）を参考に、ハゼの呼吸回数を決める要因について検証する課題を組み入れ、その課題を解決するための仮説や検証計画を記載した。この課題を選んだ理由として、抽出した変数を使って2つ以上の仮説を設定することができ、条件制御を伴う検証計画の立案を行うことができる課題であることや、生徒にとって身近で理解しやすい内容であると想定されること、また、中学校卒業までの理科授業では扱わない内容であるため、どの単元でも実施可能で汎用性が高いものであると判断したためである。ワークシート下部に記載した検証計画は、湯本・栗原（2020）が英国のナショナルカリキュラム（1999

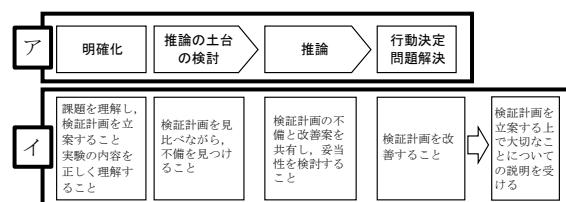


図1 楠見（2015）の「批判的思考の構成要素とプロセス」（ア）と本研究における学習プログラム（イ）との関係

年版) のキー・ステージ 4 における「計画すること」の項目 (小倉, 2004) から抽出した検証計画の記述に必要な要素を含む形とした。ただし、中学校の理科授業において、現象をモデルや実験器具に置き換える実験は数が限られているため、「c. 現象との対応 (モデル化)」を除く、「a. 条件の整理」、「b. 具体的な操作・手順」、「d. 結果の見通し」の 3 要素についてのみ記載した。その後、検証計画の記述に必要な要素のうち、「a. 条件の整理」、「b. 具体的な操作・手順」、「d. 結果の見通し」のそれぞれに不備がある 3 種類のワークシートを用意した (以下、スキルトレーニング用ワークシートと表記、図 2)。

3.2.4 理科授業 (熱量に関する検証計画の立案) の進め方

1 組の学習プログラムにおける熱量に関する検証計画の立案では、スキルトレーニング用ワークシート (図 2) に準じた形式のワークシートを使用した (図 3)。このワークシートを配布した後、ドライヤーが発熱する仕組みを理解させる動画を提示した。そして、消費電力の違いによる髪の乾き方の違いについて問い合わせ、ドライヤーから発生する熱量について

考えさせた。その後、「電熱線の発熱量は、何が関係しているだろうか。」という課題文を提示し、ワークシート上部のステップ 1~4 に沿って仮説を設定させた。そして、「明確化」として、仮説を検証するための検証計画の立案を個人で行わせた。その後、「推論の土台の検討」として、スキルトレーニングで作成した検証計画と見比べながら、自分の計画が適切かどうかを確認し、意見を記入する活動を行った。全員の立案が終わった時点で、ワークシートを交換させ、検証計画に対する意見の記入と意見交換をさせた。これは、「推論」にあたる。最後に、「行動決定・問題解決」として、自分の考えと他者からの意見の妥当性を吟味し、検証計画を改善させた。

以上の学習プログラムを実施することによって、批判的思考や検証計画立案力が向上し、前述の中学生が関わる実験計画立案の困難さを改善する手立ての 1 つとなると考える。

一方で、2 組の熱量に関する検証計画の立案については、1 組と同様の動画と課題文を提示し、「変える条件を 1 つにし、その他の条件を全てそろえる」と条件制御の方法について確認した後、検証計画を立案させた。その際、進め方については班に所属す

<p>①</p> <p>◎課題 ハゼのえらぶたの閉閉回数は、何が関係しているだろうか。</p>																																									
<p>STEP 1 何を調べたい? 明確化</p> <p>ハゼのえらぶたの閉閉回数</p> <p>STEP 2 何が影響する? 推論の土台の検討</p> <p>水温 酸素濃度</p>																																									
<p>STEP 4 どのように調べる? 明確化</p> <p>一定時間に閉閉する回数を数える</p> <p>→ 開閉させ → 測定</p> <p>STEP 3 どのように変化させる? 推論</p> <p>水温を 10°C, 20°C, 30°C と変化させる エアーポンプの個数を 1, 2, 3 個と変化させる</p>																																									
<p>私の仮説 思いつくだけ仮説を立ててみよう</p> <p>仮説① 水温が高くなると、えらぶたの閉閉回数は増える。</p> <p>仮説② エアーポンプの数が増えると、えらぶたの閉閉回数は減る。</p>																																									
<p>明確化</p> <p>実験計画</p> <p>【操作の整頓】</p> <p>変える条件 水温 エアーポンプの数 水槽</p> <p>それ以外の条件 - 開閉させる時間 ① ハゼを 30 分間育てる。 ② 水温を 10°C, 15°C, 20°C, 30°C と変え、30 分間のえらぶたの閉閉回数を数える。 ③ 3 時間の平均値を求める。</p> <p>- 水温を測る計器の整備 ① ハゼを 30 分間育てる。 ② エアーポンプの数を 1 個、2 個、3 個と変え、30 分間のえらぶたの閉閉回数を数える。 ③ 3 時間の平均値を求める。</p> <p>【結果の見通し】</p> <p>実験①の結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>水温</th> <th>10°C</th> <th>15°C</th> <th>20°C</th> <th>30°C</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ハゼのえらぶたの閉閉回数</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ハゼのえらぶたの閉閉回数</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ハゼのえらぶたの閉閉回数</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>実験②の結果</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>エアーポンプの数</th> <th>1 個</th> <th>2 個</th> <th>3 個</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ハゼAのえらぶたの閉閉回数</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ハゼBのえらぶたの閉閉回数</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>ハゼCのえらぶたの閉閉回数</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>平均値</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		水温	10°C	15°C	20°C	30°C	ハゼのえらぶたの閉閉回数					ハゼのえらぶたの閉閉回数					ハゼのえらぶたの閉閉回数					エアーポンプの数	1 個	2 個	3 個	ハゼAのえらぶたの閉閉回数				ハゼBのえらぶたの閉閉回数				ハゼCのえらぶたの閉閉回数				平均値			
水温	10°C	15°C	20°C	30°C																																					
ハゼのえらぶたの閉閉回数																																									
ハゼのえらぶたの閉閉回数																																									
ハゼのえらぶたの閉閉回数																																									
エアーポンプの数	1 個	2 個	3 個																																						
ハゼAのえらぶたの閉閉回数																																									
ハゼBのえらぶたの閉閉回数																																									
ハゼCのえらぶたの閉閉回数																																									
平均値																																									
<p>コメントを記入して ふせんを貼ろう</p>																																									

図 2 「a. 条件の整理」に不備のあるスキルトレーニング用ワークシート

<p>◎電熱線の発熱量は、何が関係しているだろうか。 組 名前</p>	
<p>STEP 1 何を調べたい? 明確化</p> <p>STEP 2 何が影響する? 推論の土台の検討</p>	
<p>STEP 4 どのように調べる? 明確化</p> <p>→ 開閉させ → 測定</p> <p>STEP 3 どのように変化させる? 推論</p>	
<p>私の仮説 思いつくだけ仮説を立ててみよう</p> <p>【意思決定】</p>	
<p>明確化</p> <p>実験計画</p> <p>【操作の整頓】</p> <p>水槽</p>	
<p>コメントを記入して ふせんを貼ろう</p>	
<p>計画を修正しよう</p>	

図 3 熱量の授業のワークシート

るメンバーに一任した。ワークシートは、「課題」、「仮説」、「実験の計画」、「結果」、「考察」と項目立てをし、条件制御のための表を記載した以外は白紙とし、自由に記述できるものとした。

したがって、1組では、学習プログラムとしてスキルトレーニングと検証計画の立案を2コマにわたって実施した。2組では教科書に即した形で、検証計画の立案を1コマ行った。その後、両組ともに実験と考察を行った。また、教育倫理を考慮し、本研究終了後の1月下旬に、「気象とその変化」の単元において、2組の生徒を対象に本研究の指導法に基づく授業を実施した。なお、授業は全て筆頭著者が行った。

3.3 批判的思考を測定する質問紙

批判的思考を測定するにあたって、中学生向けに開発された妥当性と信頼性が確認されている高見・木下（2017）の尺度を用いた。この尺度は、「1. 他

者との関わりによる批判的な気づき」、「2. 探究的・合理的な思考」、「3. 多面的な思考」、「4. 反省的な思考」、「5. 健全な懷疑心」の5因子からなる。「5：当てはまる」から「1：当てはまらない」の5件法で問い合わせ、全25項目からなる質問紙を作成し（表4）、授業の事前と事後に回答させた。

3.4 学習プログラム時の発話について

開発した学習プログラムを通して、生徒の批判的思考が促され、検証計画立案力が向上したかを検討するため、学習プログラム時の発話をICレコーダーで録音した。そして、高見・木下（2017）が整理した批判的思考の5因子（「1. 他者との関わりによる批判的な気づき」、「2. 探究的・合理的な思考」、「3. 多面的な思考」、「4. 反省的な思考」、「5. 健全な懷疑心」）と、検証計画立案力の4要素（「I. 変数設定能力」、「II. 仮説設定力」、「III. 実験方法立案力」、「IV. 結果の予想設定力」）との関係について分析した。

表4 批判的思考尺度の質問項目（高見・木下、2017, 30より筆者作成）

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	1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はないか確かめる。
14 ^R	繰り返しやってみなくとも、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、おかしい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を疑ってみる。
21	1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

析した。具体的には、まず、批判的思考の5因子の表出した発言を特定し、次に検証計画立案力の4要素の表出した発言を特定した。その後、それらの発言が両方見られる場面を確認した。批判的思考の5因子の表出した発言の特定にあたっては、高見・木下(2017)の定義や(表5)、各因子に含まれる質問項目を参考にした。以上の分析は、下記の通り進めた。筆頭著者が発話の様子を表に整理し、筆頭著者と経験年数10年以上の現職大学院生の2名で発言の特定を行った。その後、第2~4著者が個別にその内容について吟味を行い、修正した内容を発話プロトコルとして再整理した。調査対象の班の抽出にあたっては、調査を行った時期が学級が始まって約半年経過している点や、実験を行う班は各学級担任が生徒の関係性や能力等を考慮した上で編成している点から、学級担任と協議した上で、1組から任意に2つの班(熱量:4人、スキルトレーニング:5人)を、2組から任意に1つの班(4人)をそれぞれ抽出した。この後の議論においては、1組から抽出した熱量の班を1-1班、スキルトレーニングの班を1-2班、2組から抽出した班を2-1班とする。

4. 結果と考察

4.1 質問紙の分析

考案した学習プログラムによる生徒の批判的思考の変容について検討するため、質問紙の分析を行った。具体的には、質問紙の各項目の平均点を算出し、これを各因子の下位尺度得点とした。次に、各因子について、事前と事後の得点や群間の得点に有意な差があるか否かを検討するため、統計解析ソフトIBM SPSS 28 Advanced Statisticsを用いて、2要因分散分析を行った(表6)。授業と調査のどちらにも参加した実験群19名、統制群17名を分析対象とした。その結果、全ての因子で交互作用が有意ではなかった。主効果を確認したところ、有意差は見られな

表5 批判的思考の5因子の定義(高見・木下, 2017, 29-30より筆者作成)

批判的思考の因子名	定義
1. 他者との関わりによる批判的な気づき	他者との関わりを通して自らの批判的思考を働かせる契機となる気づき
2. 探究的・合理的な思考	物事を探究的に調べたり、合理的に捉えたりする思考
3. 多面的な思考	実験の結果をすぐに結論づけるのではなく、多面的に捉える思考
4. 反省的な思考	一度出した考えを反省的に省みる思考
5. 健全な懷疑心	手に入れた情報をすぐうのみにせず、健全に疑おうとする気持

表6 批判的思考尺度の分散分析の結果

	平均得点(標準偏差)				分散分析(F値)		
	実験群(n=19)		統制群(n=17)		主効果		交互作用
	事前	事後	事前	事後	群間	時期	
他者との関わりによる批判的な気づき	3.85 (0.82)	4.06 (0.78)	3.91 (0.74)	4.12 (0.73)	0.09 n.s.	1.46 n.s.	0.00 n.s.
探究的・合理的な思考	3.82 (0.69)	4.06 (0.65)	3.91 (0.69)	3.79 (0.78)	0.27 n.s.	0.15 n.s.	1.31 n.s.
多面的な思考	3.93 (0.70)	4.15 (0.75)	3.67 (0.82)	3.95 (0.80)	1.67 n.s.	1.78 n.s.	0.03 n.s.
反省的な思考	3.28 (1.06)	3.54 (0.92)	3.24 (0.60)	3.47 (0.75)	0.08 n.s.	1.73 n.s.	0.01 n.s.
健全な懷疑心	3.14 (0.85)	3.11 (1.10)	3.35 (0.62)	3.18 (0.73)	0.42 n.s.	0.34 n.s.	0.15 n.s.

かった。そのため、学習プログラムの実施や教科書に即した形での検証計画の立案によって、批判的思考が向上するとは言えないことが明らかとなった。

4.2 検証計画の立案場面の発話の分析と考察

まず、熱量の学習において学習プログラムを実施した組と実施していない組で発話に質的な差があったかを確認するために、発話プロトコルを作成し、発話の具体的な内容について比較を行った。表7は1組から抽出した1-1班の検証計画立案場面での発話の様子、表8は2組から抽出した2-1班の検証計画立案場面での発話の様子である。

1-1班では、学習者Bの下線部②「時間、…(中略)…量と強さって同じじゃね?」や下線部③「だって、入れる量が多いほど強い。」の発言から、学習者Aの発言から一度導き出した水の温度に影響を与える独立変数について、「(電気の)量」と「(電気の)強さ」という独立変数が同じものを指しているのではないかと一度立ち止まって考える「4. 反省的な思考」を巡らせていると解釈できる。したがって、それ以前の学習者Bの下線部①「量と強さじゃない?あ、時間?」の発言は、学習者DやAの発言を受けて「批判的思考」を働かせる契機となった場面であると解釈でき、「1. 他者との関わりによる批判的な気づき」が表出した発言であると判断した。その後、学習者Aの下線部④「でも、…(中略)…ボルト数が大きいとワット数も大きいじゃん。」という発言や学習者Bの下線部⑤「量と強さ。電気の量は長く入れるってこと?」に対する学習者Aの返答から、学習者Aが「量」という言葉を「電熱線入れる時間」という意味で使っているということを学習者Bは理解し、「量」と「強さ」が別の独立変数であると納得している様子が見られた。これまでの一連の議論は、ワークシート上部のステップ1~4に沿って変数を抽

表8 2-1班の検証計画立案時の発話プロトコル

E～H: 学習者	T: 教師	批判的思考	検証計画立案力
E: 温度を上げると			
F: ③何をしたら温度が上がるの?			
G: ②ワット数的な?			
H: ③ワット数って上げられるの?			
F: 上げられるんじゃない?			
E: ④ボルト上げるんじゃないそういうときって。			
G: ⑤ボルトを上げるの?		4. 反省	
F: ⑥ボルトを上げるとワット数も上がるからってこと?			
E: うん。			
F: いいんじゃない、そこは端折って。			
G: じゃあワットを上げると、水の中が熱くなる?			
H: 水が温かくなる。			
T: この他に、温度を上げる条件はないかな?			
E: 水を減らす。			
F: 水量を減らせば温めやすくなる。			
G: じゃあ水を何?			
F: 水量を減らすと温めやすくなるから水温が上がる。			
T: ドライヤーで髪を早く乾かしたいとき、ワット数が大きい方が早く乾きますよね。でも、ワット数が小さくても乾かすことはできますね。なぜでしょう?			
F: やっぱり水量を減らすであってるんじゃないかな?			
G: そうだと思う。(教師による条件制御についての説明)			
E: そろえる条件は水温を同じにした方が良いと思う。			
F: うん。そうだね。詳しい実験方法は、水温を何°Cにしてどのくらいつけるか書かなきゃかな?			
E: 1分でいいでしょ電流。			
F: 水量は30か40?			
E: 40mLでいいや。			
F: え、40よりもっと必要じゃない?			
E: じゃあ100。			
G: 100mL?			
F: 何分間?			
E: 1分でいいでしょう。それとも15分とかやる?			
H: そんなやんない。			
E: 1分間水について、温度を観察する。			
G: 仮説2は?			
E: 100mLと50mLにする?			
F: カップ1は100mLでカップ2は50mLね。			
G: 入れたらどうする?			
F: 1分間つける。			
G: 何ワットにする?			
E: 時間はどうする? カップ1は2分間電流流す?			
F: カップ2はどのくらい時間を流す?			
E: 1分で同じでいいんじゃない。			
H: ワット数は…			
E: (他の班のものを見ながら) ワット数は6, 12, 18ワットでいいんじゃない。			
F: じゃあそうしよう。			

習者Bは下線部⑧「ボルトを増やすと、水温は上がる。」、学習者Cは下線部⑨「時間を増やすと、温度も上がる。」と抽出した変数を因果関係で捉えることができている。また、学習者Dの下線部⑩「他に仮説あるの?」の発言を受け、学習者Aは下線部⑪「コイルを変えると水の温度が変わる。」と変数の抽出の際の議論では出てこなかった「コイル」という独立変数を使って、作業仮説を設定していた。これは、変数の設定と因果関係の認識の行き来によって、新たな変数へ気づき、仮説を設定することができたのだと考える。以上の結果より「仮説設定能力」が向上したと解釈した。

学習者Cの下線部⑫「じゃあ、実験計画立てよう? 条件の整理は、」の発言から実験方法を考える段階に移行している。既に、検証計画の記述に必要な要素である「a. 条件の整理」、「b. 具体的な操作・手順」、「d. 結果の見通し」が記載されたワークシートを用いてスキルトレーニングを行っているため、生徒同士で確認を行いながら実験方法を考えることができていた。「科学的な探究の入口である仮説の設定は、その後の探究活動を考慮すると最も重視されなければならない段階」であり(小林・永益, 2006, 193)、それ以前の議論において丁寧に仮説の設定を行うことができていたため、実験方法を考える段階がスムーズに進行したと考えられる。実験方法を考える際に学習者Aは下線部⑬「まって、これ30秒ずつって無理じゃね? 10秒, 20秒, 30秒, 40秒にした方がいい。」と発言しており、ステップ1~4で考えた独立変数の変化のさせ方について疑念を抱き、短くした方が良いと「4. 反省的な思考」を働きさせていることがわかる。学習者Aがその理由として下線部⑭「2分半も時間かかるの大変じゃね?」と発言すると、学習者Bは下線部⑮「でも、そんくらいじゃないと変わんなくね?」と返答している。学習者Cの下線部⑯「確かに。」や学習者Aの下線部⑰「30秒, 1分, 1分半, 2分, 2分半」と発言しながらワークシートに記述している様子から(図4)、加熱時間を短くすることで全体の実験時間を短くすることよりも、温度変化がはっきりとわかる加熱時間にした方が良いと、「2. 探究的・合理的な思考」を働きさせ、学習者Bの意見の合理性に納得した場面であると解釈した。学習者Aはその後の議論において、下線部⑱「30秒長いから10秒でよくね? 10秒結構長いからね。」と発言しており、依然として全体の実験時間への意識があることがわかる。その発言に対し、学習者Dは下線部⑲「10秒ごとに測る。変化しなかったら続けてみよう。」と学習者Aの意

見を尊重し、採択している様子が見られた。学習者Bも下線部②「確かに。」と納得しており、実験を合理的に進めていくうとする姿が見られた。さらに、学習者Cの下線部②「え？ 10秒じゃないの？」に対し、学習者Bは下線部②「30秒でいいでしょ。」、下線部③「これ（変える条件が）時間だから。」と発言しており、変える条件を時間としている場合は、その間隔を大きくすることで変化が見られるだろうと予測していることがわかる。これを受け学習者Dは下線部④「30秒ごとの温度を測る。」と発言し、学習者Cもワークシートにそのように記述していた（図5）。ここまで議論において、結果を予想し、より合理的な実験方法を考えることができている。つまり、「2. 探究的・合理的な思考」や「4. 反省的な思考」を働かせたことで、「Ⅲ. 実験方法立案力」と「Ⅳ. 結果の予想設定力」が向上したと解釈した。

学習者Cの下線部⑤「あー。量は？」という発言をきっかけとして、発泡スチロールカップに入れる水の量に関する議論が行われた。その中で、学習者Dの下線部⑥「4分の3？ 4分の3だと何mLかわからなくなる？」や学習者Bの下線部⑦「確かに何mLじゃないとダメだわ。変わっちゃう。」という発

言は、「4. 反省的な思考」が働いているとともに「2. 探究的・合理的な思考」が働いていると解釈した。また、学習者Cは、学習者Aの下線部⑧「じゃあたくさんにしよう。」という思いつきの発言に対して、下線部⑨「だからさー、数を揃えようよ。」と発言しており、「4. 反省的な思考」を働かせていると捉えた。そして、この議論以前の学習者Bの学習者Bの下線部⑩「じゃあ、何分の何とか？ 4分の3とか？」という発言は、学習者CやAの発言を受けて「批判的思考」を働かせる契機となった場面であると解釈でき、「1. 他者との関わりによる批判的な気づき」が表出した発言であると判断した。以上のことから、この場面では、学習者Bの「1. 他者との関わりによる批判的な気づき」を契機として、学習者A以外の学習者は「2. 探究的・合理的な思考」や「4. 反省的な思考」を働かせた上で、「Ⅲ. 実験方法立案力」が向上していると解釈した。

2-1班では、学習者Fの下線部⑪「何を何したら温度が上がるの？」という発言を契機として、変数の抽出から仮説の設定までの議論が始まった。学習者Gの下線部⑫「ワット数的な？」という発言に対して、学習者Hは下線部⑬「ワット数って上げられ

図4 学習者Aのワークシート

図5 学習者Cのワークシート

るの？」のように、学習者Eは下線部③「ボルトを上げるんじゃないそういうときって。」のように電力を上げることができるのが疑念を抱く発言をしている。これは、電源装置を用いて変化させることでできる独立変数は電圧であるという考え方のもと発言されたのだと推察する。その後、学習者Gの下線部⑤「ボルトを上げるの？」や学習者Fの下線部⑥「ボルトを上げるとワット数も上がるからってこと？」などの発言があり、最終的にワークシートには、「ワットを上げると、水が温かくなる。」と記載していた。これは、水の温度変化に直接的に影響を与える独立変数は、電力であると捉え直したのだと解釈した。学習者Gの抽出した独立変数である「電力」に対して、学習者E, F, Gの発言の様子から「4. 反省的な思考」を働きさせて、変数を抽出し作業仮説を設定したことによって、「I. 変数設定能力」と「II. 仮説設定力」に関わる発言が表出したことが考えられる。

その後、仮説設定の場面で教師が独立変数の抽出を促す質問をしている。これは、生徒同士の会話では他の仮説を設定することができていなかったため、発言した内容である。

実験方法を考える場面では、条件制御や変数可動域に関する議論は行われているものの、水量や時間、ワット数の決定方法が根拠に基づいて行われておらず、思いつきで決定している様子が見られる。本当にこの時間、水量、ワット数で正しい結果を得ることができると批判的に考えたり、他の人の意見を促したりする発言は見られなかった。

両班の発話の様子の分析から、学習プログラムを実施することで、変数の抽出や因果関係を認識する過程において、他者に質問をしたり他者の発言を受けて改めて考えてみたりと、批判的思考を働きさせている様子が多く見られることがわかった。また、独立変数の変化のさせ方を決定する際に、実験結果を見通した上で根拠を基にした判断を行っている様子が見られた。

4.3 スキルトレーニング時の発話の分析と考察

スキルトレーニング時の批判的思考と検証計画立案力との関連を調べるために、1-2班の発話の様子を分析することとした（表9）。なお、この班は、「d. 結果の見通し」に不備のあるワークシートを使って、スキルトレーニングを行った班である。「a. 条件の整理」に不備のあるワークシートと比較する場面では、学習者MとIは下線部⑦「1班は、…（中略）…仮説①と仮説②をなんかまとめて書いているから、

表9 1-2班のスキルトレーニング時の発話プロトコル

I～M：学習者	T：教師	批判的思考	検証計画立案力
括弧内は筆者補足			
「a. 条件の整理」に不備のあるワークシートと比較する場面			
M: ⑦1班は、このなんか、条件の整理つてところで、仮説①と仮説②をなんかまとめて書いているから、分裂したほうがわかりやすい。	I: ⑧わかりやすいというかさ、なんか～ね、まあねそうね。	4. 反省	III. 実験
J: (ICレコーダーを触りながら)面白いこれ。	L: うん。		
I: あ、そうだわ、うん。	M: うん。		
L: そうですよね。はい。	I: ⑨だって、変える条件が2つになっちゃったら、実験計画変わってきちゃうし。	2. 探究	
M: ⑩だから。	I: 違うよね、表記の仕方。		
「b. 具体的な操作や手順」に不備のあるワークシートと比較する場面			
I: ⑪うち、2班ね～これだと思った。実験①の水温を10,11,12,13って変えるつて正直1°Cくらいだとさ、あんまし大差ない気がする。から、こっちみたいに10°C, 15°Cって感じで5°Cずつ変えた方が、たぶん。	M: ⑫私もそう思う。	4. 反省	III. 実験
L: ⑬時間あるなら1°Cごとでもよくない?	I: ⑭でもさ、これ13までしかないから、こっちが10から25までできるのに対してさ、こっちが10から13だとだいぶ狭くない? 範囲。そんな、ね?	2. 探究	IV. 結果
L: ⑮全部やりやいいんじやん。	I: 超時間がかかるやんけ。		
L: 暫ならいいけるでしょこれは。	M: あと5秒間は短すぎない?		
M: あと5秒間は短すぎない?	I: 時間何分使えますか?		
K: じゃあ5°Cだな。	T: この実験を1回の授業でやるとしたら、2つの実験をやるから、使える時間は20分くらいかな?		
I: やっぱ5°Cじゃない?	K: じゃあ5°Cだな。		
M: ⑯あと（ハゼのえらぶたの開閉回数を数える時間が）5秒はちょっと短い気がする。	I: それは、思った。	4. 反省	III. 実験
I: 5秒は短すぎる。	K: 5秒は短すぎる。	2. 探究	IV. 結果
I: このさ、このえらぶたの開閉5秒間の、超極端じゃない? 5秒なんて。	M: うん。		
I: ⑰その、測り始めるタイミングでちょっと差があるしさ。呼吸が終わった瞬間にその1秒数え始めるのかとかさ。だから、30秒とかのほうが差がないと思う。	I: ⑯その、測り始めるタイミングでちょっと差があるしさ。呼吸が終わった瞬間にその1秒数え始めるのかとかさ。だから、30秒とかのほうが差がないと思う。	2. 探究	

分裂したほうがわかりやすい。」、下線部⑧「わかりやすいというかさ、なんか～ね、まあねそうね。」のように発言しており、ワークシートに記載された作業仮説について疑念を抱くことをきっかけとして、下線部⑨「だって、変える条件が2つになっちゃったら、実験計画変わってきちゃうし。」や下線部⑩「だから。」のように変える条件を1つにする必要が

あるとの趣旨の発言をしていた。したがって、学習者MとIについては、ワークシートを見比べる活動を通して「4. 反省的な思考」が促された後、根拠や理由に基づいて結論を導き出す「2. 探究的・合理的な思考」が促され、結果として「Ⅲ. 実験方法立案力」が向上したことが推察される。

「b. 具体的な操作・手順」に不備のあるワークシートと比較する場面で学習者IとMは、下線部④「うち、2班ね～…（中略）…10°C、15°Cって感じで5°Cずつ変えた方が、たぶん。」、下線部④「私もそう思う。」のように発言しており、「4. 反省的な思考」を働かせていると解釈した。それに対し、学習者Lは下線部④「時間あるなら1°Cごとでもよくなない？」と発言しており、疑念を抱いていないように見える。しかし、その後学習者Iの下線部④「でもさ、…（中略）…こっちが10から13だとだいぶ狭くない？範囲。そんな、ね？」の発言に対し、下線部④「全部やりやいいんじゃん。」と返答しており、変数間の間隔については1°Cごとでもよいものの、変数可動域については、学習者IやMの考えを受け入れていることが伺える。そして、教師に実験に使える時間を確認した後、温度を5°Cずつ変える方法に決定していた。つまり、学習者IとLについては、「2. 探究的・合理的な思考」が促されたことにより、「Ⅲ. 実験方法立案力」と「Ⅳ. 結果の予想設定力」が向上したと解釈した。

また、学習者Mの下線部④「あと…（中略）5秒はちょっと短い気がする。」の発言を受けて、学習者IとKもえらぶたの開閉回数を測定する時間が5秒であることの短さについて疑念を抱いていた。その後、学習者Iの下線部④「その、…（中略）…30秒とかのほうが差がないと思う。」の発言を受けて、30秒ごとに測定することに決定していた。これは、学習者M, I, Kについては、ワークシートを見比べる活動を通して「4. 反省的な思考」が促され、学習者Iのみより妥当な方法を根拠や理由に基づいて検討する「2. 探究的・合理的な思考」が促され、結果として学習者M, I, Kの「Ⅲ. 実験方法立案力」と「Ⅳ. 結果の予想設定力」が向上したと解釈できる。なお、学習者Jについては、議論に参加することができておらず、批判的思考を働かせている様子や検証計画立案力が高まった様子は見られなかった。

また、「5. 健全な懷疑心」については「手に入れた情報をすぐうのみにせず、健全に疑おうとする気持ち」と定義されている（高見・木下、2017, 30）。質問項目の詳細を見てみると、「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ない

いと思う」と3つの質問項目のうち1つだけ、検証計画の立案に関する内容も含まれていた。しかしながら、本研究の発話プロトコルは班員同士の自由な会話を根拠としており、今の気持ちを逐一言葉にして発言するような指示は行っていない。したがって、「5. 健全な懷疑心」の表出を確認できなかったことが考えられる。

量的な分析結果と併せて考察すると、質問紙調査の結果、批判的思考の各因子の得点に有意な差は見られなかったが、発話の分析により批判的思考や検証計画立案力に関わる発言が表出している様子を確認することができた。前述の岸田・小倉（2018）は全12時間の指導過程の中で、仮説設定や実験計画の作成に関する指導を3回行い、実験計画力の向上が見られることを報告している。本研究のような批判的思考を促す手立てを繰り返し実施することで、批判的思考が向上し、それに伴い検証計画立案力も向上する可能性が考えられ、今後の課題として取り組んでいく必要がある。

4.4 批判的思考の5因子と検証計画立案力の4要素の対応関係

4.1, 4.2の分析と考察から、以下の4点の示唆が得られる。

- ・「2. 探究的・合理的な思考」と「Ⅲ. 実験方法立案力」には強い対応関係が見られる。
- ・「I. 変数設定能力」と「Ⅱ. 仮説設定力」の向上の際には、「2. 探究的・合理的な思考」は働かず、「4. 反省的な思考」が働いている。
- ・「3. 多面的な思考」は「実験の結果をすぐに結論づけるのではなく、多面的に捉える思考」と定義されており（高見・木下、2017, 30）、検証計画立案力との対応関係はない。
- ・「5. 健全な懷疑心」については、4.3で述べたことに加え、岡村ら（2022）においても、表出が確認されなかったことから、検証計画立案力との対応関係がない可能性が考えられる。

5. まとめと今後の課題

本研究の目的は、検証計画立案力の育成のために批判的思考プロセスを組み込んだ学習プログラムを開発し、批判的思考の5因子と検証計画立案力の4要素の関係性に対する知見を得ることであった。

質問紙による分析の結果、全ての因子において事前と事後の得点、群間の得点に有意な差は見られなかった。発話の分析の結果、批判的思考の5因子のうち、「1. 他者との関わりによる批判的な気づき」

や「2. 探究的・合理的な思考」、そして「4. 反省的な思考」が促されたことにより、検証計画立案力の4要素である「I. 変数設定能力」、「II. 仮説設定力」、「III. 実験方法立案力」、「IV. 結果の予想設定力」に関する発言が見られた。また、「2. 探究的・合理的な思考」と「III. 実験方法立案力」には強い対応関係が見られることや、「I. 変数設定能力」と「II. 仮説設定力」の向上の際には、「2. 探究的・合理的な思考」は働くかず、「4. 反省的な思考」が働いている可能性があることが示唆された。したがって、考案した学習プログラムの実施によって、批判的思考は向上するとは言えないものの、批判的思考に関する発言が促されており、このような指導を繰り返すことによって批判的思考は向上し、検証計画立案力が身に付くものと推察する。

一方で、班での議論に参加していない生徒について、批判的思考や検証計画立案力に関する発言を確認できなかった。そのような生徒に対し、批判的思考を促したり、検証計画立案力を向上させたりするための手立てを考えていく必要がある。また、批判的思考を促す手立てを繰り返し実施することで、批判的思考や検証計画立案力が向上する可能性について、量的分析も含めて検討していく必要がある。

附記

本研究の一部は、JSPS 科研費 21K02484 及び 24K06410 の助成を受けて行われた。

註

- 1) 4QS 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段階を経て、実証可能な仮説設定が構造化されている。
- 2) 検証計画の記述に必要な要素は、「a. 条件の整理」、「b. 具体的な操作・手順」、「c. 現象との対応（モデル化）」、「d. 結果の見通し」の4つである。

引用文献

安部洋一郎・松本榮示・松本伸示 (2019) 「小学校理科授業における実験手続きの指導方法とその効果—実験操作の前に測定を行う実験手続きに焦点を当てて—」『理科教育学研究』第 59 卷、第 3 号、325-334。

安部洋一郎・山本智一・松本伸示 (2018) 「小学校理科授業における仮説の形成を促す指導方略—仮説フレームを視点にアブダクティブな示唆を形成することに主眼をお

- いて—」『理科教育学研究』第 58 卷、第 3 号、211-220.
- Adey, P., Shayer, M., & Yates, C. (2001). *Thinking Science third edition*. Nelson Thornes Ltd.
- 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008a) 「中学生の自然事象に関する変数への気づきに影響を及ぼす要因の検討」『理科教育学研究』第 49 卷、第 1 号、1-8.
- 荒井妙子・永益泰彦・小林辰至 (2008b) 「自然事象から変数を抽出する能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル」『理科教育学研究』第 49 卷、第 2 号、11-18.
- Duggan, S., Johnson, P., & Gott, R. (1996). A critical point in investigative work: Defining variables. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(5), 461-474.
- 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*. W. H. Freeman and Company, 9-26.
- Germann, P. J., Arm, R. J., & Burke, G. (1996). Identifying patterns and relationships among the responses of seventh-grade students to the science process skill of designing experiments. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 79-99.
- Goldsworthy, A., Watson, R., & Wood-Robinson, V. (2000). *AKSIS Investigations—Developing understanding in scientific enquiry—*. The Association for Science Education, 50-55.
- 後藤勝洋・五関俊太郎 (2020) 「フローチャート型実験計画表によりクリティカル・シンキングを引き出す—理科実験授業モデルの提案—」『理科教育学研究』第 61 卷、第 1 号、97-106.
- 五島政一・小林辰至 (2009) 「W 型問題解決モデルに基づいた科学的リテラシー育成のための理科教育に関する一考察—問題の把握から考察・活用までの過程に着目して—」『理科教育学研究』第 50 卷、第 2 号、39-50.
- Gott, R., Foulds, K., Johnson, P., Roberts, R., & Jones, M. (1997). *Science Investigations 1*. Collins Educational.
- Guisasola, J., Ceberio, M., & Zubimendi, J. L. (2006). University students' strategy for constructing hypothesis when tackling paper-and-pencil tasks in physics. *Research in Science Education*, 36, 163-186.
- Gyllenpalm, J., & Wickman, P. O. (2011). The uses of the term hypothesis and the inquiry emphasis conflation in science teacher education. *International Journal of Science Education*, 33(14), 1993-2015.
- 比楽憲一・遠西昭寿 (2020) 「仮説設定のための指導方略の提案とその試行—小学校第 5 学年『電流が作る磁力』を事例として—」『理科教育学研究』第 61 卷、第 2 号、321-328.
- 平澤林太郎・久保田善彦・鈴木栄幸・舟出日出男・加藤浩 (2008) 「二次元マトリックスによる仮説の外化と操作に関する研究—小学校 6 年生『水よう液の性質』の実

- 「**践から一**」『理科教育学研究』第49巻、第2号、59–65.
- 久坂哲也 (2020) 「実験計画におけるメタ認知スキルの一般化を促す指導方略の開発」『科学研究費助成事業研究成果報告書』 Retrieved from <https://kaken.nii.ac.jp/file/KAKENHI-PROJECT-17K12929/17K12929seika.pdf> (accessed 2023.03.14)
- 福田恒康・遠西昭寿 (2021) 「『オームの法則』の指導を再考する」『理科教育学研究』第62巻、第1号、331–338.
- 金子健治・小林辰至 (2010) 「The Four Question Strategy (4QS) を用いた仮説設定の指導が素朴概念の転換に与える効果—質量の異なる台車の斜面上の運動の実験を例として—」『理科教育学研究』第50巻、第3号、67–76.
- 金子健治・小林辰至 (2011) 「The Four Question Strategy (4QS) に基づいた仮説設定の指導がグラフ作成能力の習得に与える効果に関する研究—中学校物理領域『力の大きさとばねの伸び』を例として—」『理科教育学研究』第51巻、第3号、75–83.
- 川崎弘作・角屋重樹・木下博義・石井雅幸・後藤顕一 (2015) 「初等教育教員養成課程学生の理科における問題解決能力の実態に関する研究—小学5、6年生・大学1年生の比較を通して—」『理科教育学研究』第56巻、第2号、151–159.
- 木下博義・中山貴司・中山真悟 (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—クエスチョン・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.
- 岸田拓郎・小倉康 (2018) 「実験計画力を育成する「実験計画シート」の開発とその有効性の検討」『理科教育学研究』第59巻、第2号、39–48.
- Klahr, D. (2000). *Exploring Science: The cognition and development of discovery processes*. London: The MIT Press.
- 小林辰至・永益泰彦 (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—小学校教員志望学生の子どもの頃の理科学習に関する実態に基づく仮説設定のための指導法の開発と評価—」『科学教育研究』第30巻、第3号、185–193.
- 国立教育政策研究所 (2013) 「平成25年度学習指導要領実施状況調査 教科等別分析と改善点【中学校理科】」1–37. Retrieved from https://www.nier.go.jp/Kaihatsu/shido_h25/02h25/04h25bunseki_rika.pdf (accessed 2023.02.28)
- 国立教育政策研究所 (2014) 「教育課程の編成に関する基礎的研究 報告書7 資質や能力の包括的育成に向けた教育課程の基準の原理」vii. Retrieved from https://www.nier.go.jp/05_kenkyu_seika/pdf_seika/h25/2_1_allb.pdf (accessed 2024.03.22)
- 国立教育政策研究所 (2015a) 「平成27年度全国学力・学習状況調査【中学校理科】報告書」50–51. Retrieved from <https://www.nier.go.jp/15chousakekkahoukoku/report/>
- data/msci.pdf (accessed 2023.01.21)
- 国立教育政策研究所 (2015b) 「平成27年度全国学力・学習状況調査の調査問題【中学校理科】」19–24. Retrieved from https://www.nier.go.jp/15chousa/pdf/15mondaichuu_rika.pdf (accessed 2023.01.30)
- 国立教育政策研究所 (2018) 「全国学力・学習状況調査の調査結果を踏まえた学習指導の改善・充実に向けた説明会【中学校理科】」13. Retrieved from https://www.nier.go.jp/kaihatsu/setsumeikai/30setsumeikai/18emsci_01.pdf (accessed 2024.03.22)
- 国立教育政策研究所 (2022) 「令和4年度全国・学力学習状況調査の結果」11–12. Retrieved from <https://www.nier.go.jp/22chousakekkahoukoku/22summary.pdf> (accessed 2023.01.16)
- Kranz, J., Baur, A., & Möller, A. (2022). Learners' challenges in understanding and performing experiments: A systematic review of the literature. *Studies in Science Education, Latest Articles*, 1–47.
- 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世紀を生きぬくリテラシーの基盤』新曜社、18–23.
- Lawson, A. E. (2002). *Science teaching and development thinking*. Wadsworth Publishing Company.
- Lawson, A. E. (2003). The nature and development of hypothetico-predictive argumentation with implications for science teaching. *International Journal of Science Education*, 25(11), 1387–1408.
- Lawson, A. E., Clark, B., Meldrum, E. C., Falconer, K. A., Sequist, J. M., & Kwon, Y. J. (2000). Development of scientific reasoning in college biology: Do two levels of general hypothesis-testing skills exist? *Journal of Research in Science Teaching*, 37(1), 81–101.
- Lin, X., & Lehman, J. D. (1998). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own thinking. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 837–858.
- 益田裕充・柏木純 (2013) 「論理的推論に基づく仮説形成を図る教授方略に関する実証的研究」『理科教育学研究』第54巻、第1号、83–92.
- 道田泰司 (2003) 「批判的思考概念の多様性と根底イメージ」『心理学評論』第46巻、第4号、620.
- 宮本直樹 (2014) 「科学的探究における仮説設定がデータ解釈に及ぼす効果—中学校第2学年『唾液のはたらき』を事例にして—」『科学教育研究』第40巻、第2号、234–240.
- 宮本直樹 (2016) 「中学校理科における仮説設定とデータ解釈との関連—因果関係を踏まえた仮説の共有化、洗練化に着目して—」『理科教育学研究』第55巻、第3号、341–350.
- 水石正幸・庭瀬敬右 (2019) 「『流水の働き』において条件

- 制御の学習を実現するための教材開発とその有効性—直線水路型流水実験装置の開発と授業実践を通して—』『理科教育学研究』第 59 卷, 第 3 号, 477-488.
- 文部科学省・国立教育政策研究所 (2013) 「育成すべき資質・能力を踏まえた教育目標・内容と評価の在り方にに関する検討会 (第 6 回) 平成 25 年 6 月 27 日配付資料 資料 1 教育課程の編成に関する基礎的研究 (4)」 Retrieved from https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/095/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2013/07/18/1336562_01_4.pdf (accessed 2023.01.13)
- 森川大地・石飛幹晴・中村大輝「問題事象から変数を見いだす力の評価方法の開発」『理科教育学研究』第 63 卷, 第 1 号, 61-69.
- 向井大喜・村上忠幸・松本伸示 (2019) 「高校生による科学的問題解決における仮説形成過程の評価に関する研究」『理科教育学研究』第 60 卷, 第 2 号, 455-464.
- 永益泰彦・小林辰至 (2007) 「高校生の仮説設定能力に関する要因の構造」『理科教育学研究』第 48 卷, 第 2 号, 63-70.
- 中村大輝・松浦拓也 (2018) 「仮説設定における思考過程とその合理性に関する基礎的研究」『理科教育学研究』第 58 卷, 第 3 号, 279-292.
- 中村大輝・松浦拓也 (2019) 「理科における条件制御能力に影響を及ぼす要因についての一考察」『理科教育学研究』第 60 卷, 第 2 号, 385-395.
- 中村大輝・佐久間直也 (2022) 「複数事象の比較を通した仮説設定の段階的指導法の効果」『理科教育学研究』第 63 卷, 第 2 号, 357-371.
- 中村大輝・雲財寛 (2018) 「仮説設定能力の評価方法に関する基礎的研究」『科学教育研究』第 42 卷, 第 4 号, 314-323.
- 中村大輝・雲財寛・松浦拓也 (2018) 「理科の問題解決における仮説設定の研究動向」『理科教育学研究』第 59 卷, 第 2 号, 183-196.
- 小倉康 (2004) 「英国における科学的探求能力のカリキュラムに関する調査」平成 15 年度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.
- Oh, P. S. (2010). How can teachers help students formulate scientific hypotheses? Some strategies found in abductive inquiry activities of earth science. *International Journal of Science Education*, 32(4), 541-560.
- 岡村博史・榎原範久・山田貴之 (2022) 「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」『理科教育学研究』第 63 卷, 第 2 号, 256-257.
- 大島竜午 (2015) 「英国の科学的探究能力育成教材における変数の同定の指導方法の特質—認知的活動の促進という観点からの分析—」『理科教育学研究』第 55 卷, 第 4 号, 405-414.
- 大島竜午 (2020) 「実験方法の妥当性に関する判断を伴う実験計画に対する生徒の意識—中学校第一学年『力の大きさとばねののび』を事例として—」『理科教育学研究』第 61 卷, 第 2 号, 219-228.
- 大島竜午・大高泉 (2008) 「実験活動における実験計画の指導法—変数の同定を中心として—」『日本理科教育学会全国大会発表論文集 (6)』 294.
- Park, J. (2006). Modelling analysis of students' processes of generating scientific explanatory hypotheses. *International Journal of Science Education*, 28(5), 469-489.
- Riesen, S. A. N. V., Gijlers, H., Anjewierden, A., & Jong, T. D. (2018). The influence of prior knowledge on experiment design guidance in a science inquiry context. *International Journal of Science Education*, 40(11), 1327-1344.
- 斎藤萌木 (2014) 「学習記録に基づく学習環境デザイン—仮説実験授業『空気と水』における『説明モデル』の活用と吟味の生起に注目して—」『科学教育研究』第 38 卷, 第 2 号, 84-96.
- 佐藤綾・堂園いくみ・栗原淳一 (2018) 「中学校理科におけるデータ分析を重視した仮説検証型学習—被子植物と送粉昆虫を題材とした教材開発—」『科学教育研究』第 42 卷, 第 4 号, 429-428.
- 佐藤綾・栗原淳一 (2017) 「データセットを用いた仮説検証型学習を通じた問題解決能力の育成—初等教員養成における生物分野での実践事例の検討—」『理科教育学研究』第 58 卷, 第 2 号, 135-144.
- Schwichow, M., Brandenburger, M., & Wilbers, J. (2022). Analysis of experimental design errors in elementary school: How do students identify, interpret, and justify controlled and confounded experiments? *International Journal of Science Education*, 44(1), 91-114.
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students' skills with regard to the control-of-variables strategy. *International Journal of Science Education*, 38(2), 216-237.
- 末廣渉・内ノ倉信吾 (2018) 「小・中学校理科教科書に見られるグラフとその指導の特徴—グラフの構成要素に着目した内容分析から—」『理科教育学研究』第 59 卷, 第 1 号, 67-77.
- 鈴木頼弘・稻田結美 (2016) 「実験活動において独立変数の値を設定する能力の育成に関する研究—中学校 2 年『電圧と電流の関係を調べる』の学習を事例として—」『理科教育学研究』第 56 卷, 第 4 号, 447-458.
- 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 卷, 第 1 号, 27-40.
- 田邊裕子・高田太樹・宮内卓也・中野幸夫・鎌田正裕

- (2019)「中学校理科授業における資質・能力の育成の特徴—実験計画の立案を重視した授業を例に—」『理科教育学研究』第 60 卷, 第 2 号, 317–331.
- Tomkins, S. P., & Tunnicliffe, S. D. (2001). Looking for ideas: Observation, interpretation and hypothesis-making by 12-year-old pupils undertaking science investigations. *International Journal of Science Education*, 23(8), 791–813.
- 鶴岡森昭 (2012)「高校化学教科書実験課題の探究関連分析」『理科教育学研究』第 52 卷, 第 3 号, 113–120.
- Wenham, M. (1993). The nature and role of hypotheses in school science investigation. *International Journal of Science Education*, 15(3), 231–240.
- 山田貴之・小林辰至 (2014)「小学校理科における仮説設定能力に影響を及ぼす諸要因の因果モデル—第 6 学年の児童を対象とした質問紙調査の結果に基づいて—」『理科教育学研究』第 55 卷, 第 3 号, 351–361.
- 山田貴之・栗原淳一 (2020)「理科における問題解決能力を構成する諸要素の因果モデル—初等教員養成課程学生を対象として—」『上越教育大学研究紀要』第 40 卷, 第 1 号, 319–328.
- 山田貴之・田代直幸・田中保樹・小林辰至 (2015)「小・中学校の理科教科書に掲載されている観察・実験等における“The Four Question Strategy (4QS)”の適用の可能性に関する研究—自然事象に関わる因果関係の観点から—」『理科教育学研究』第 56 卷, 第 1 号, 105–122.
- 山田貴之・寺田光宏・長谷川敦司・稻田結美・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 卷, 第 2 号, 219–229.
- 湯本裕貴・栗原淳一 (2020)「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」『日本科学教育学会研究会研究報告』第 34 卷, 第 7 号, 5–6.

(2023 年 10 月 27 日受付, 2024 年 3 月 29 日受理)

Research on Teaching Methods for Developing Verification Planning Skills in Lower Secondary School Science Classes: Focusing on the Relationship with Critical Thinking

*Gen NETSU¹, Jun-ichi KURIHARA²,
Takahiro YAMANOI³, Takayuki YAMADA⁴*

¹ Graduate School of Education, Joetsu University of Education

² Gunma University

³ Bunkyo University

⁴ Joetsu University of Education

SUMMARY

The purpose of this research is to develop a learning program that incorporates a critical thinking process into lessons in order to develop students' verification planning skills. Through this approach, we obtained knowledge about the relationship among the five factors of critical thinking and the four factors of verification planning ability. Out of the five factors of critical thinking, we focused on 1. "Critical awareness through interaction with others", 2. "Exploratory/rational thinking", and 4. "Reflective thinking", which were all promoted during the lessons. Analysis of the results suggested that the four elements of verification planning ability were successfully acquired or enhanced by the students: I. "Ability to set variables," II. "Ability to set hypotheses," III. "Ability to plan experimental methods," and IV. "Ability to set expectations for results." In addition, the results demonstrated a strong correspondence between 2. "Exploratory/rational thinking" and III. "Ability to plan experimental methods," as well as improvements in I. "Ability to set variables" and "II. Ability to set hypotheses." Analysis further suggested that, in this case, pupils' 2. "Exploratory/rational thinking" skills may not have been enhanced as much as desired, but 4. "Reflective thinking" was enhanced via the devised learning program, which seemed to work well overall.

<Key words> Lower Secondary School Science, Validation Planning Skills, Critical Thinking Processes, Learning Program