

2024 年度 日産財団理科教育助成 成果報告書

テーマ：理科の見方・考え方「条件制御」を育む理科授業の開発

学校名：八幡市立男山中学校

代表者：森田浩行

報告者：松谷佳樹

全教員数： 36 名

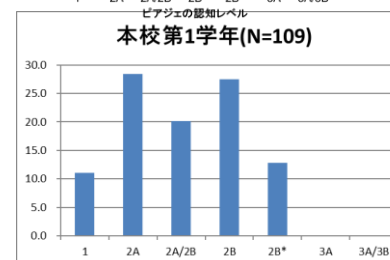
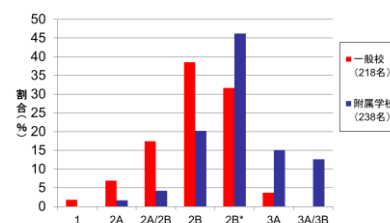
全学級数・児童生徒数： 11 学級・ 316 名

実践研究を行う教員数： 3 名

実践研究を受けた学級数・児童生徒数： 4 学級・ 112 名

1. 研究の目的（テーマ設定の背景を含む）

中学校理科における「見方・考え方」のうちのひとつに「条件制御」がある。ピアジェの発達段階説によれば、抽象的な思考操作を行うには認知的な発達の段階として、形式的操作期に達している必要がある。しかしながら、京都府下における調査では、大学附属学校であっても、中学1年生段階で形式的操作期(3A,3A/B)に位置する生徒はごくわずかであり、ほとんどの生徒がこの前段階である具体的操作期(2A~2B*)に位置していることが報告されている。つまり、抽象的な思考操作を多数扱う中学理科の内容に対して、その思考操作（見方・考え方）の意義を理解できていない生徒が過半数を占めているといえる。ここで、本校第1学年（令和5年度）においても同様の調査を行ったところ、形式的操作期に位置する生徒は存在しないという結果が得られた。先行調査と比較しても低い値ではあるが、本校では例年、同様の傾向が見られている。つまり、本校生徒にとって、抽象的な思考操作を伴う中学理科の理解は極めて困難であることが予想され、本研究を行う上で大きな意義があると考えられる。本研究では、条件制御を中心として、理科の「見方・考え方」に繰り返しはたらきかけることで、抽象的な思考操作の獲得を促し、「理科でやっていること、先生が言っていることの意味が分かる」状態まで学習意欲を喚起することを目的とした。



2. 研究にあたっての準備（機器・材料の購入、協力機関等との打合せを含む）

◇助成金で購入させていただいたもの

○教材

光合成（デジタルサーモ、温度センサー付属 CO₂ モニター）、唾液のはたらき（ウォーターバス）

圧力（面を押す力実験器、レンガ）

○その他器具

SRTs【認知的発達段階の調査】（真鍮、粘土、作業工具）、データ処理（iPad）

教材保管用品（コンテナ等）

◇打ち合わせ等

○京都教育大学、谷口和成教授との授業設計、研究会参加、授業参観、指導助言（谷口教授のご厚意により、謝金の支払いは不要）

○男山第二中学校での SRTs 実施、結果とその後の指導計画の共有

3. 研究の内容

本校第2学年（約30名×4クラス）を対象とした。主な研究の内容は、①事前調査、②開発した授業の実践、③アンケートの結果である。①、③については4. 実践の成果と成果の測定方法で詳しく述べる。

②開発した授業について

本研究では、英国において開発された、理科のカリキュラムと並行して実施される「認知発達を促す(CA)」ことを目的とした、CASE (Cognitive Acceleration through Science Education: 科学教育を通した認知促進) プログラムを参考に行った。CASE の中で重点的に取り扱われる内容は、思考操作についてである。この思考操作(シエマ)の中には、「変数の制御」や「分類」など、現行の中学校学習指導要領で示されている「見方・考え方」と類似する点が多い。

この、CASEの視点(6つの柱)を意識しながらも、日本の中学理科カリキュラムに即したCA授業の開発・実践を行うことにより、形式的操作期への認知発達を促し、生徒の理科学習への意欲向上を目指した。

また、認知的発達段階の調査として、Science Reasoning Tasks II (英国CASEプログラムの一環で行われている調査)を実施し、似たような認知的発達段階になるように理科の班を構成した。これは、班討論の際、同質の意見を表出させることで意見の強化を、全体討論の際、異質の意見と衝突することでさらなる認知的葛藤を促すことを目的としている。

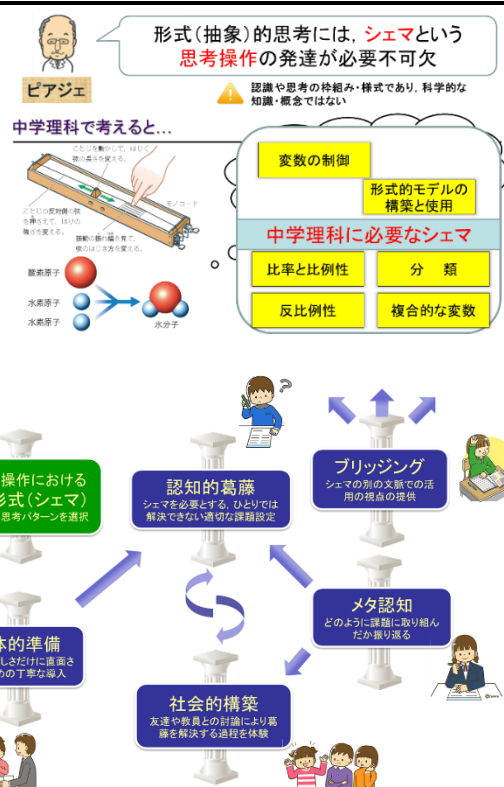
以下に実践内容の例を挙げる。

単元：光合成にともなう二酸化炭素の出入り

右に開発した授業展開とワークシートを示す。本授業のねらいは従来の「光合成の際、二酸化炭素の出入りがあるかどうかを調べる方法を考える」に加え、認知的発達視点として「条件制御の意義を考え、実験計画に反映させることができる」とした。

展開は、まず光合成について動画(具体物)を用いて復習し、現段階の学習内容をふり返った。その後、ワークシートに示す、「葉の有無、呼吸(二酸化炭素)の有無、石灰水の有無」を条件とした計8つの試験管カードを提示し、「光合成の際、二酸化炭素の出入りがあるかどうかを調べる方法」について考えさせ、理由と共に討論させた。全体討論の中では、条件制御の意義について認知的葛藤を引き起こし、意義に気付かせる展開とした。

上記のような授業のほか、「唾液のはたらき」、「炭酸水素ナトリウムの加熱」、「鉄と硫黄の混合物の加熱」、「面に加わる力とそのはたらき」単元においても同様の展開で行った。



	CA 視点	展開
導入	具体的準備	● 光合成でつくられるものとしてデンプンがあるという点を、動画を視聴して確認する。
展開①	認知的葛藤	● 光合成の際、二酸化炭素の出入りはあるのかどうかを調べる実験方法を考える。
展開②	認知的葛藤 社会的構築	● 班で討論しながら課題に取り組む。 ● 全体で討論しながら課題に取り組む。
ふり返り	メタ認知	● 「葉なし」は必要かどうか考える。

光合成の際、二酸化炭素の出入りがあるかどうかを調べる実験

必要な試験管の本数... ()本
調べる方法(比べるペア)... ()と() ()と() ()と() ()と()

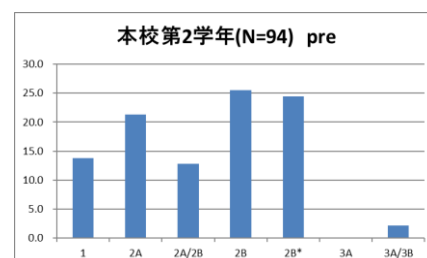
— 組 — 班 — 番 名前

4. 研究の成果と成果の測定方法

成果の測定方法は、本校第2学年生徒を対象とした Science Reasoning Tasks II（英国 CASE プログラムの一環で行われている調査、以下 SRTs II）の結果と、男山第二中学校第2学年生徒を対象とした SRTs II の結果をプレ・ポストで比較し、認知的発達段階の変容を見る。また、認知的発達段階は時間と共に自然と推移していくものでもあるため、それと同時に学習意欲を問うアンケートを行い、仮説として挙げた「理科でやっていること、先生が言っていることの意味が分かる」状態になった結果、学習意欲が高まっているかを確認することとした。

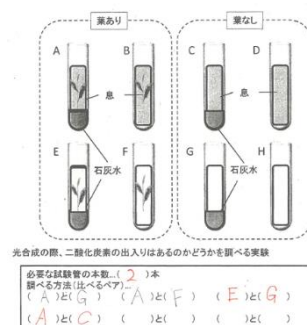
① 事前調査について

本校は4月、男山第二中はスケジュールの都合で6月にプレ調査を行った。本校は、形式的操作期（3A, 3A/B）の一部生徒を除き、大半の生徒が具体的操作期に位置していることが明らかになった。一方、男山第二中第2学年生徒（データ掲載は割愛）に関しても、形式的操作期の生徒は一部で、本校と同様の結果、そして、これまでの先行研究を裏付ける結果となった。ただし、本校生徒の場合、具体的操作期の中でも低位に位置する生徒が多く、学習に臨むにあたり、認知的困難が大きいことが予想される結果となった。



② 成果

3. 研究の内容で述べた「光合成にともなう二酸化炭素の出入り」の授業を例に示す。個人予想の段階では、右のように、条件制御ができていないペアを選択する生徒も見られた（赤字は討論後に選択したもの）。この生徒は、定期考査では中の上の成績で、5教科の評定平均は4.2であるが具体的操作期である。つまり、条件制御の意義などの、理科を学習するうえで必要な思考操作を十分に獲得していないにもかかわらず、暗記力や勤勉性などで成績をカバーできてしまう生徒である。このような生徒は、今後さらに形式的操作が求められる学習内容に入るにつれ、教師からは一見気かけられない可能性が高いが、支援が必要な生徒であることを示している。本授業では、その後、討論の中で、生徒から「二酸化炭素が発生したかどうかを確かめるためには石灰水が必要だ」「息を吹き込むという条件は揃えておかないと、二酸化炭素が減ったかどうか判断できない」といった議論が進み、最終的に教科書に示されているような、「呼吸（二酸化炭素）あり、石灰水あり、葉があるものとなないもの」のAとCで実験することで議論を終えた。次の授業で実際に実験を行い、結果を確かめた。



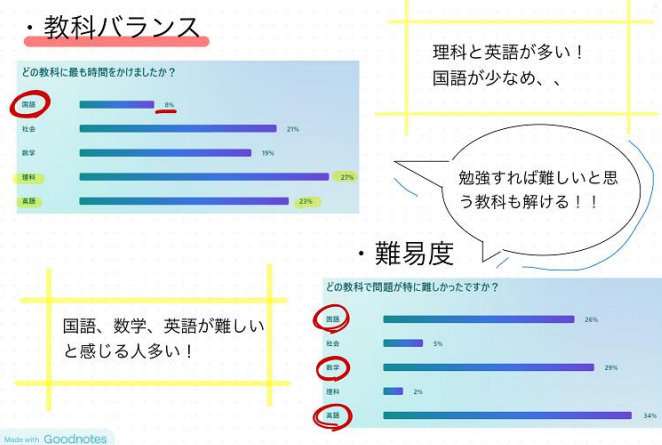
上記のような展開を、文脈（単元）を変えて繰り返したらきかけることで、2月に行った「面に加わる力とそのはたらき（圧力）」の授業では「条件が揃わないから」という言葉が多く、多くの班から口々に出ており、全体討論に至る前の班討論の段階で、条件制御を意識した実験計画を立てることができていた。定量的な分析までは至っておらず、主観的な想像ではあるが、これらの実践を経て、変数制御のシエマの獲得は促されたことが推察できる様子であった。

③ アンケート等の結果

行事等による年間の授業時数の振替や、学級閉鎖もあり、年度いっぱいまでカリキュラムの消化に費やしてしまったため、SRTs II のポストテストを本校、協力校ともに実施することができなかった。ただ、対象学年の学習委員会の活動として、テスト前学習に関するアンケートを実施していたため、そのデータを提供していただいた。

10月7、8日に行われた2学期中間考査の結果をもとにしたふり振り返りアンケートとして、10月16日に

実施された。対象は本研究対象の第2学年生徒で、83名からの回答を得た。学習委員会は他の教員が担当しており、本研究ではそのデータを提供していただいている。右図に示した「(テスト前の学習において)どの教科に最も時間をかけましたか?」という質問項目には、理科と答えた生徒の割合(27%)が最も多く、また、「どの教科の問題が特に難しかったですか?」という項目では理科と答えた生徒は最小の2%であった。この結果から、「テストが簡単すぎた」可能性が推察される。



ただ、毎回のテストに最低大問1つ分は入試問題を入れるようにしており、他教科と比べても特段簡単すぎるというわけではないと考える。また、簡単すぎたとしても、学習時間をかけていることは回答から明らかであることから、本研究の目的としていた、学習意欲の高まりに関しては達成できていると考えられる。

5. 今後の展開 (成果活用の視点、残された課題への対応、実践研究の可能性や発展性など)

本研究に一定の成果は実感している。今後は本研究で扱ったテーマをまずは自校教員に展開、また、大学教授と連携して教員研修に活用といったことが考えられる。しかし、本研究の仮説である「理科でやっていること、先生が言っていることの意味が分かる」状態になっているかどうかは、SRTsⅡのポストテストの結果を見て、他校の認知的発達段階の変容と比較するまでは判断できないため、引き続き分析する必要がある。

6. 成果の公表や発信に関する取組

※ 研究会等での発表や、メディアなどに掲載・放送された場合もご記載ください

8月に行われた男山中学校キャンパス夏季研修会において、校区内の2小学校、本校の計3校の教員11名を対象に、本研究のねらいとCASEの構成、教材研究の考え方について研修を行った。「今後あなたが「発達段階に応じた指導」をする中で、今回の研修内容はどれくらい役に立ちそうですか? (5:非常に役に立ちそう⇔1:全く役に立たなさそう)」という項目では平均4.5の回答であった。感想には「小学3.4年生に理科の授業をすることが多いですが、今回の研修の内容で納得いくことがたくさんありました。(中略)一般化、抽象化してまとめようとすると、児童が「?」となることが多いです。中学生の様子が知れてよかったです。」とあり、小中接続の重要性を訴えることができた。



7. 所感

SRTsⅡのポストテストがとれていなかったり、個々のワークシートの分析まで至らなかったりした部分は、せっかく助成いただいた中で残念でした。授業時数の都合や、先方とのスケジュール調整の難しさに加え、突発的な問題事象による勤務時間の圧迫などから、本校におけるこのような研究活動の難しさを感じました。ただ、助成いただいたおかげで様々な実験(数年前には問題事象が多すぎるあまり一度も実験を行われなかった年もあったと聞いている)を行うことができました。また、本研究の対象としてターゲットになる認知的発達段階の分布が顕著に見られたため、生徒たちのワークシートや授業の様子からは、とても有意義な授業実践を行うことができたと感じています。この度は研究助成をいただき、ありがとうございました。