

自立して探究する生徒の育成(1年次)

～ICE ルーブリックによる学びのセルフ・マネジメントと、科学的な表現力の育成に関わる研究～

林 亮輔, 遠谷 健一

Ryosuke HAYASHI, Kenichi TOYA

概要

自然科学を研究する者(いわゆる科学者)はこれまで、自分自身の意思で探究を進め、様々な知識や技能を関連づけながら、新たな知見を表現してきた。また、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けて、中学校理科が目指すものの一つに、「探究の過程全体を生徒が遂行できるようにすること」がある。そのために生徒が常に知的好奇心を持って身の回りの自然の事物・現象に関わるようになることや、その中で得た気づきから疑問を形成し、課題として設定することができるようになることを重視すべきであるとされている。本校理科における新しい研究においては、生徒が科学者の営みのように、生徒自身の意思で探究活動を進めていくとともに、他者と協働して学習に取り組む等、自立して探究する生徒を育成することを目的としている。差し当たり1年時の研究では、生徒が自分の学習プランを見通したり振り返ったりすること、学習したことを表現する際に、妥当性のある表現の仕方を身につけるための授業の構築を目指す。

キーワード：探究, セルフ・マネジメント, ICE ルーブリック, 妥当性のある表現

1. はじめに～研究の目的

令和3年4月更新の中央教育審議会答申『令和の日本型学校教育』の構築を目指して～すべての子供たちの可能性を引き出す、個別最適な学びと、協働的な学びの実現～(以下、「答申」)では、個別最適な学びと協働的な学びを一体的に充実させ、「主体的・対話的で深い学び」の実現に向けた授業改善が求められている。また、本紀要の「総論」にもあるように、主体的に行動するためには自分の技能の向上やタスク管理など、セルフ・マネジメント能力の高さが重要である。このことから、生徒が自ら進んで学びを深める環境づくりを徹底するとともに、今まで以上に一人一人の生徒に応じた学びを提供することが求められている。

2. 生徒の実態

本校理科の前次研究では、生徒が探究活動^{*1}のプロセスを見通したり、振り返ったりすることで質の高い学びを実現し、科学的に探究する生徒の育成を目指した。その結果、探究活動とリフレクション活動^{*2}のサイクルを意識して指導を継続したことが、生徒の主体的に学習に取り組む態度の育成に繋げることができた。

また、リフレクション活動を通して、探究活動を振り返ることが、非認知能力の高まりに効果があったことも生徒の記述内容から把握することができた。

このような成果を実感した前次研究であったが、1年を

終えて生徒(第1学年)にとったアンケート調査において、「自ら進んで学ぶため(主体的に学ぶため)に必要なことは何だと思いますか?」という質問に対して、次のような記述が見られた。

- ①自分で順番をつけて課題に沿って学習内容を考えること。
- ②普段の疑問とつながるようなゴールを自分で作ること。
- ③自分の意見をしっかりと持ち、それを仲間と対話して最終的に具体的な答えを出すこと。
- ④ちゃんとした(科学的な?)答えを根拠と一緒に明確に伝えること。

※単一選択式の回答と自由記述による回答のうち、自由記述のみを掲載

本紀要の「総論」でも述べている通り、これからは学びの「セルフ・マネジメント」が重要になる。①②は、主体的に学ぶためには学びをセルフ・マネジメントすることが重要であることを、生徒自身が把握していると捉えられる。③④からは、自分自身の探究で終結させるのではなく、他者と協働することの重要性についても生徒自身が言及している。また、その際には、ただ意見を述べるだけでなく、科学的に表現することが必要であることも自覚していることがわかる。

「自分で順番をつけて学習内容を考える」「ゴールを自分で作る」「対話して最終的な答えを出す」「答えを根拠

と一緒に明確に伝える」という記述からもわかるように、生徒自身が感じていることが、「1.」に記述した内容にも合致することが見て取れる。このことから、生徒による学びのセルフ・マネジメントを、教師がしっかりと支えることが、極めて重要な視点であるといえる。

3. 理科を取り巻くこれからの学び

「VUCA 時代」等の言葉で表現されるように、今の子どもたちが生きるこれからの社会は、極めて予測が困難とされている。「予測できない未来に対応するためには、社会の変化に受け身で対処するのではなく、主体的に向き合って関わり合い、その過程を通して、一人一人が自らの可能性を最大限に発揮」*3することが大切である。「未来を予測する最善の方法は、それを発明することだ」*4という言葉にもあるように、甲斐のない問題（あるいは多様な解が存在する問題）に対して、主体的かつ粘り強く問題解決に臨む姿勢が求められている。

そうした中で、理科という教科が担っていくべきものは一体何であるのか。以下では、そこに触れていく。

3. 1. 「科学する」理科の実現

観察、実験活動を数多く行っただけでは、理科の見方・考え方を働かせたり、科学的に探究するために必要な資質・能力を育成したりすることはできない。自然科学を探究する者、いわゆる科学者が科学者たる所以は、自らの意思で学び、知識等を関連づけ、表現してきたことにある。

奈須正裕(2017)はオーセンティックな学習を「本物の社会的実践に当事者として参画する学びの総称」とし、『科学する』理科、『文学する』国語、『アートする』美術等、学びの文脈や状況を各教科等の背後にある本物の文化創造の営みになぞらえていく授業もまた、オーセンティックな学習である。」と述べている。このことから中学校理科において、オーセンティックに学習することは、重要であることは言うまでもない。

以上のことから、授業づくりとして科学的な文脈づくりや状況づくりを意識することが求められている。様々な学習内容を関連づけたり比較したりすることで、統合的な概念的理解へと誘うことが必要である。また、これは生徒が主体的に学習に取り組むことにつながると考える。

3. 2. 妥当性のある表現力の育成

令和4年度に行われた全国学力・学習状況調査の結果報告書(北海道版)の理科の授業改善について、山

中(2022)は、記述式問題の正答率の低さと無解答率の高さの原因を、思考・判断したことを書くこと(外化)ができていない、あるいは、そもそも思考・判断できていないことが考えられると述べている。また、「書くことが自分の考えを整理し、他者に伝え、より妥当な考えに改善することにつながる価値ある行為である」とも述べている。

これまで、学習指導要領に明示されている探究の過程を意識しながら指導計画を立案したり、授業実践を積み重ねてきているが、その取り組みの中心は問題を見いだしたり、仮説を設定したりすること、あるいは検証計画を立案したりすることなど、思考力・判断力・表現力の3つの中でも特に思考力に重点を置いて指導してきた傾向にある。また、見方・考え方を働かせることについても科学的な文脈と生徒の文脈をすり合わせていく過程の中で「教科の言葉」として取り扱われてきた。

そのような取り組みをこれからも続けていく中で、自分の考えに妥当性がある表現力(いわゆる外化する力)を育成することが重要であると考ええる。

4. 目指す生徒像

本校理科では、以上の課題や求めを踏まえ、新しい研究の目指す生徒像を以下のように設定した。

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">・学びのプロセスを見通すことや振り返ることに着目し、より主体的に学ぶことのできる生徒・自分の考えを思いつくままに表現するのではなく、妥当性を持つかを判断して表現することができる生徒 |
|---|

このような生徒を、本校理科では「自立して探究する生徒」と定義した。

5. 研究主題及び副題

これからの学びには「セルフ・マネジメント」が必要であること、また科学的に探究する際には、自身が問題を解決するために思考したことを、適切に判断し、妥当性のある考えを表現する必要がある。

以上のことから、本校理科の1年次研究の主題と副題を以下のように設定した。

- | |
|--|
| 自立して探究する生徒の育成(1年次)
～ICE ルーブリックによる学びのセルフ・マネジメントと、
科学的な表現力の育成に関わる研究～ |
|--|

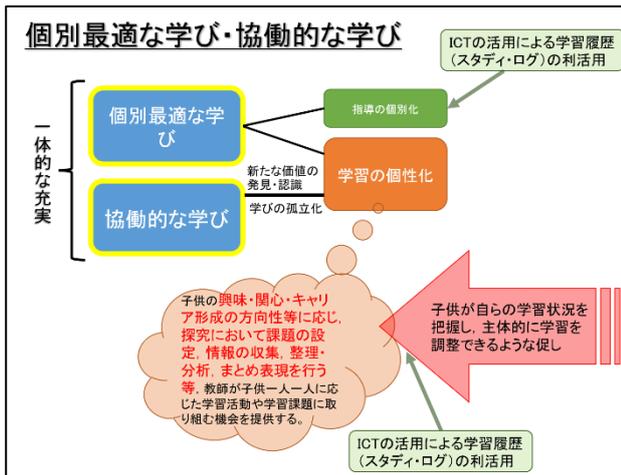
6. 研究の内容と方法

本校の1年次研究においては、生徒の実態やこれからの時代の潮流を踏まえ、個別最適な学びと協働的な学びを一体的に充実させ、「主体的・対話的で深い学び」

の実現に向けた授業改善が必要であると捉えている。

なお、本校研究の「総論」にもある通り、1年次の研究で特に重要視しているのは学びの「セルフ・マネジメント」へのアプローチである。課題解決における学習者から見た学びの有意義性は、主体的に学習に取り組むための基軸となるものであり、それがひいては各教科等における資質・能力の育成につながるものと考えられるためである。

「総論」に掲げた「個別最適な学びと協働的な学び」の図は以下である。



個別最適な学びと協働的な学びの概念図

この中で、本校理科では、特に「学習の個性化」や「指導の個別化」に焦点を当てて実践研究を進めることとした。これらが、「4.」で示した目指す生徒の育成に向かう上で重要であると考えたためである。

6. 1. 「ICE ルーブリック」による学びのセルフ・マネジメント

前次研究では、いくつかの問題を解決するために探究を深めるための探究活動と、その探究活動を振り返るためのリフレクション活動のサイクルを意識した指導計画のもと、学習を進めていた。

新しい研究では、生徒に自身の学びのプロセスを振り返らせながら、次に学びたいことや学ぶ必要性のあることを見通すといった、より質の高い探究活動を目指すという学びのセルフ・マネジメントの要素を取り入れた単元づくりを行う。

そこで取り入れるのが「ICE ルーブリック」である。このルーブリックは、正答数に着目するような量的なルーブリックではなく、回答の質に着目する質的なルーブリックである。これは、Sue F. YoungとRobert J. Wilsonが提唱した「ICE モデル(以下 ICE)」を参考にしている。ICEは、Ideas (考え)、Connections (つながり)、Extensions (応用)の頭文字である。「I」「C」「E」ごとの段階は、学習

者が初心者からエキスパートへ、つまり、表面的な学びから深い学びへと深化していく過程(プロセス)を表している。ICEの有効性は、生徒一人一人が授業を通してどれだけ前進したかを本人のスタート時点と比べてメタ的に評価できることにあるとされている。以下は実際に使用するICEルーブリックの例である。

要素	Idea (考え)	Connections (つながり)	Extensions (応用)
WSレベル	WSの欄をできる限り埋めることができた。	WSの記述内容につながりがある。	自分の考えの変わりに記述することができる。
プロセスレベル	授業中に新たな疑問が浮かんだ。	考察したことをもとに推論することができそうだ。	次の時間の学習プランが見えた。
プレゼンレベル	WSは誰でも読みやすいようにしている。	グループ内の他のメンバーのニーズに応えられている。	他にはない、創造性のあるWSにしようとしている。

ICEルーブリックの例

使用する主な場面や用途は、次の3点が挙げられる。

- ①導入場面で前時の振り返りとして活用する。
- ②展開場面の机間指導においてICEルーブリックへの入力内容を把握することで「指導の個別化」を図り、より深く探究する。
- ③整理場面で学習内容を整理したり、次に学ぶべきこと等を見通したりする。

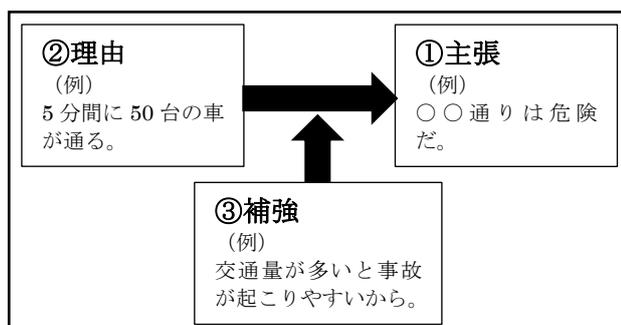
このように本研究で用いるICEルーブリックは、単元及び一単位時間で継続的に活用し、生徒に自身の学びのプロセスの振り返りと次の学習プランを見通したりすることを促し、彼らがより主体的に、より深く学ぶための指針となることを目指している。

6. 2. ツールミンモデルによる科学的な表現力の育成

「3.2」で述べたように、妥当性のある表現力を育成するために、自らの主張を図式化して表現するための工夫を施す。

山本ら(2013)は、生徒が自分の考えに妥当性をもたせるには、得られた実験結果の中から、主張に関係あるものを証拠として取捨選択したり、複数の証拠を示すことで主張を強化したりすることが大切であると述べている。

そこで、生徒が自分の主張を図式化するために、ツールミンモデルを参考にしたワークシート(以下、WS)を取り入れる。ツールミンモデルとは、Stephen Toulminが提唱した議論レイアウトのことを指す。「主張」を支える根拠を「理由」と「補強」に分けて、「主張」「理由」「補強」の3つを議論の基本要素として図式化している。以下は、そのモデルである。



WSのイメージ図

WSにこのモデルを取り入れることで、生徒が自身の説明を明確にして、理解を深めながら、自身や他者を説得するような表現力を身につけることを狙う。

7. 実践と考察

本稿では、第2学年における「電流とその利用」を軸とした実践(以下、実践 A)及び第1学年における「いろいろな生物とその共通点」を軸とした実践(以下、実践 B)の2つを基に、考察を進めていく。

7.1. 実践 Aにおける単元の構想

本実践の単元は、「電流とその利用」(3)(ア)である。単元の目標は、理科の見方・考え方を働かせ、電流と電圧、電流の働き等について探究し、それらの規則性や関係性を見いだすとともに、学習内容のつながりや汎用性について深く考えることができる、と設定した。

また、単元の学習に先駆けて、生徒の実態を調べたところ、以下の結果が得られた。

第2学年の生徒は、「理科の授業は、自分の成長が実感できる授業になっていますか」という質問に対して、96.2%の生徒が肯定的な回答をしており、多くの生徒が意欲的に学習に臨むことができる。また、「自ら進んで学ぶために必要なことは何だと思いますか」という質問に対しては、以下のような回答が得られた。

質問事項	割合(%)
魅力的な問題や明確な課題	37.2
話し合い活動(ペアやグループ、全体など)	39.7
明確なゴール(このようになっていれば良いという指針のようなもの)	12.8
学び方(学びのプロセス:このような順序で学ぶと良いという方向性のようなもの)	10.3

87名回答(複数回答不可)

以上の結果から、理科の授業を通して自身の成長を実感している生徒がほとんどであるが、そのきっかけは教師から提示される問題や課題、教師が意図的に設定した対話的な活動によるものであることが読み取れた。また、多くの生徒が、学びのプロセスを見通したり、振り返ったりすることによる成長を実感できていない現状が指摘

できる。

そのため本単元においても多くの生徒が、観察、実験の結果から規則性や関係性を見いだして学びのプロダクト(WS等)を完成させる活動や、検証計画を立案するためにグループで話し合う活動に対して、正確かつ意欲的に取り組み、遂行することができるのではないかと考えた。一方で、多くの生徒が、多様な解が存在するような自由度の高い学習や瞬時に見通しがもてない課題の解決に対して、自分(達)がどう学べばよいかかわからず、次の学習プランを立てることに困難を抱えることも想定することができた。

本単元は、電流とその利用について、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって課題を解決する方法を立案して観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈することで、規則性や関係性を見いだして表現させることを単元の目標の一つにしている。特に、条件制御をして観察、実験を行い、得られたデータを比較したり、関係づけたりすることで、主に量的・関係的な見方を働かせることが重視される。加えて、それらの探究のプロセスにおいて見通しをもったり、振り返ったりしながら主体的に学習に取り組むことも、本単元の重要な目標の一つにある。

なお、本単元は以下の25時間で構成している。

時	学習内容
1~6	○単元のオリエンテーション ○静電気の原理に関わる学習
7~10	○さまざまな観察、実験器具の使用方法に関わる学習 ○回路図の作成とその利用に関わる学習
11~16	○電圧、電流、電気抵抗のそれぞれの測定と規則性に関わる学習 ○電圧、電流、電気抵抗の関係性(オームの法則)に関わる学習
17~18	○直列・並列回路と回路全体の電気抵抗の規則性や関係性を考察する学習
19~24	○電流による発熱(発熱量)と電力の規則性や関係性に関わる学習 ○電力と電力量の規則性や関係性に関わる学習
25	○単元の総括と次単元を見通す学習

この単元のプロセスに、「6.1.」に挙げた具体的な研究の手立てを講じている。その詳細について以下に述べる。

7.2. 実践 A(「ICEルーブリック」による学びのセルフマネジメント)における授業の実際

前述のような生徒の実態や単元の特性を踏まえて行った実践 Aの授業の実際を以下に述べる。

本単元では、「6. 1.」で述べたように、正答数に着目するような量的なルーブリックではなく、回答の質に着目する質的なルーブリックを採用した。以下は実際に使用した ICE ルーブリックである。

電圧、電流、抵抗の規則性や関係性に関わる探究学習				
2年 組 番 名前				
6月12日 月 学習内容				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？

Google スプレッドシートを活用した ICE ルーブリック

Google のスプレッドシートを生徒一人一人に配付し、毎時間授業の終わりに、学習内容を振り返らせ、次時の見通しを持たせるために使用した。

「達成できた」あるいは「取り組むことができた」と実感したものを選択させた。また、Extensions (応用) まで達した場合については、「どんな考えの変容があったのか」「次の学習プランは何か」「ワークシートや取り組み方における自身のアピールポイントは何か」を記入させた。さらに、スプレッドシートのコメント機能を活用し、授業が終了した後に、教師から生徒へ助言や指導を行った。

また、ICE ルーブリックを以上のように使用すると同時に、正答数に着目するルーブリックも提示した。以下は本実践で使用した計量的なルーブリックである。達成度の基準を、「poor」「average」「good」「excellent」とし、それぞれの基準の頭文字をとって「PAGE ルーブリック」と本実践では名付け、使用した。

オームの法則に関わるレポートの評価基準				
	poor	average	good	excellent
ワークシート に関わって	WSの理を理解することができた。	WSの理を8割程度理解することができた。	WSの記述内容に つながりや明確にし て記述することができた。	自分の考えの応用について記述することができた。
実験結果の 整理・分析・解釈 に関わって	表やグラフもどちらも書くことができない。	表やグラフのどちらかを書くことができた。	表やグラフを正しく書くことができた。	表やグラフから分析したことを、適切に解釈し、表現することができた。
オームの法則 の法則に関わって	オームの法則を説明することができない。	オームの法則を「電流」「電圧」「抵抗」「比例」「反比例」の言葉を使って説明することができた。	オームの法則について科学的に説明するとともに、独立変数と従属変数もつづいて理解している。	2年間の実験においてどのような単位の物理量になり、従属変数になるのかを例を交えて説明することができた。

Google スプレッドシートを利用した PAGE ルーブリック

PAGE ルーブリックを示すことで単元のゴール (習得すべき知識及び技能等) を明確にし、同時に ICE ルーブリックを用いることで、単元のゴールに向かうための学びのプロセスを生徒一人一人に考えさせ、その取り組みがどうだったか自身で振り返り、評価させ、次の学びにつなげていくことを狙った。

ICE ルーブリックが生徒に自身の学びのプロセスの振り返りと次の学習プランを見通したりすることを促し、彼らがより主体的に、より深く学ぶための指針となっていたかどうかについては、「7. 3.」以降に述べ、考察を加えていく。

7. 3. 実践 A(「ICE ルーブリック」による学びのセルフ・マネジメント)における結果と考察

前述の通り、本実践では PAGE ルーブリック (計量的なルーブリック) を示すとともに、ICE ルーブリックを用いることで、生徒がより主体的に、より深く学ぶことを目指した。以下は、実際の生徒の ICE ルーブリックの活用と教師のコメントの一部である。

電圧、電流、抵抗の規則性や関係性に関わる探究学習				
2年A組 番				
6月12日 月 学習内容				
デスターで抵抗値の計測。				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？
6月13日 火 学習内容				
デスターで抵抗値の計測				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？
6月14日 水 学習内容				
並列接続での合成抵抗をしたとき、ネットの情報の抵抗値と実験結果があるか検証				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？
6月15日 木 学習内容				
データ集め・規則性を見出す				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？
6月16日 金 学習内容				
電圧と電流の関係を探るためのデータ収集				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？
6月19日 月 学習内容				
電圧と抵抗の関係性				
	Idea 考え	Connections つながり	Extensions 応用	※まだできなかつた人は記述してみよう！
ワークシート	WSの理をできるだけ理解することができた。	WSの記述内容に つながりがある。	自分の考えの応用について記述することができた。	どんな考えの応用があった？
プロゼス	授業中に新たな疑問が湧いた。	実験したことをもとに結論することができた。	次の学習プランが見えた。	次のプランは？
フレゼン	WSは読んでも読みやすいようにするよう心がけている。	グループ内で他のメンバーの考えに反応している。	他にない、興味を持ちたいポイントを探している。	あなただのアイデア・ポイントは何？

実際に生徒が使用した ICE ルーブリック

限定公開のコメント

亮輔 林亮輔
2023/06/14, 9:36
WSの記述が進んでいるのがいいね！特にニーズに応えられているのが👍

亮輔 林亮輔
2023/06/15, 16:47
なるほど。電流と抵抗は反比例ということね。では電流と電圧はどうでしょう？

亮輔 林亮輔
2023/06/15, 8:47
「グラフを書いて並列接続のときの抵抗値が電流と反比例していることを調べる」いいね！でも、なぜ反比例していると思ったの？

生徒
2023/06/16, 14:24
電流は電圧に比例します

生徒
2023/06/15, 10:30
試しにグラフを書いてみたら数学でよく見る反比例の形になったからです。

亮輔 林亮輔
2023/06/19, 11:45
なるほど。
・・・となると、「電圧と抵抗が直接の関係がないことを調べる。」の意味が気になる。関係がない・・・のか？あるのか？

実際の教師と生徒とのコメントの一部

この生徒は、おおまかにいうと次のように探究を進めていった。

- ①抵抗について(抵抗とは何か, 抵抗値の測定等)
- ②回路による全体抵抗の値の違いについて
- ③電圧と電流の関係性について(直列回路と並列回路の規則性における共通点と相違点)
- ④電圧と抵抗, 電流と抵抗の関係について

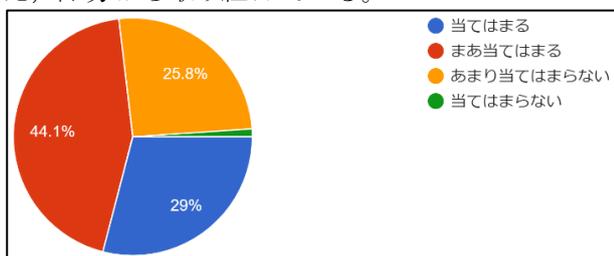
ICE ルーブリックの記入からもわかるように, 一つ一つの「考え」や知識が次第に「つながり」, 次の学習プランを意図的に設定するといった「応用」させる様子も見られた。これは本校研究にもある, 自らの学びをセルフ・マネジメントしている姿であると捉えられる。

最終的にこの生徒は, 電流と抵抗の関係性, 電圧と抵抗の関係性について考察しており, 「電流と電圧や電圧と抵抗の関係性を表すグラフはかけるけど, 軸(横軸, 縦軸のこと)を入れ替えると意味が変わることがわかった。独立変数と従属変数に着目することが大切だということがわかった。」という気づきにまで至っている。

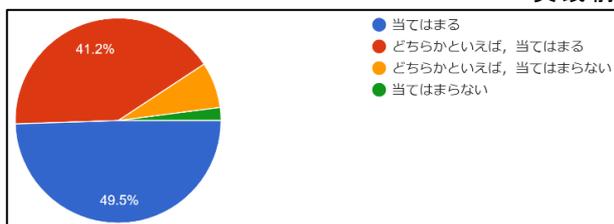
ここでは, 紙幅の関係で一人の生徒の記述を分析することに留めるが, ICEルーブリックを用いて多くの生徒の思考のプロセスを垣間見ることができた。

また, 生徒全体を量的なアンケートで捉えると以下のようなことも明らかになった。

【問】: 授業では, 課題解決に向けて自分で考え, 自分から取り組んでいる。



実践前



実践後

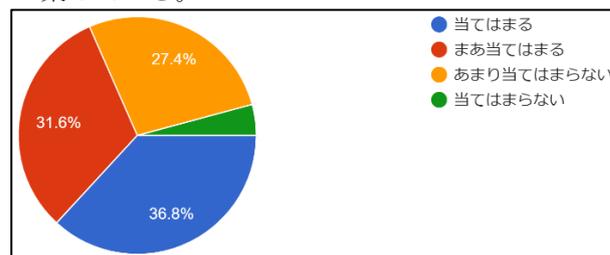
ICE ルーブリックを用いることで, 次学習すべきことや学習したいことを自分で決めていったことが, このアンケートの結果につながっていると捉えられる。

日頃の授業では4人1組のグループで観察, 実験を行っており, 互いに共通認識を図りながら1つないし2つの実験を行うことが多い。しかし本実践においては, 4人が異なる順序や異なる方法で観察, 実験を行っている姿を数多く見ることができた。

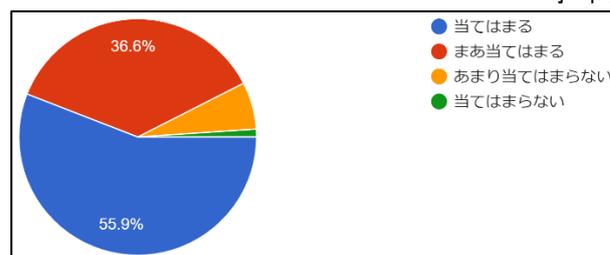
また, 実践Aだけでなく, 他単元でもICEルー

ブリックを継続的に用いたことで, 昨年度との比較として, 次のような生徒の変容が見られた。

【問】: 自分の予想や仮説をもとに実験計画を立案している。



昨年度のアンケート結果(研究対象: R4 年度第1学年)



本実践を終えての結果(研究対象: R5 年度第2学年)

もともと検証計画を立案する授業は昨年度も多く実践してきたが, 昨年度は全体の1/4の生徒が, この問いに対して消極的であることがわかる。言い換えると, 理科の実験グループの4人のうち1人は, 受け身の姿勢で観察, 実験活動に臨んでいたとも捉えることができる。

一方, 今年度はICEルーブリックを軸に単元をすすめてきたことが, より「自分の予想」や「自分の仮説」をもとに検証計画を立案しているという実感を持っていても捉えることができる。このことは, 一人一人の学習が個性化され, より主体的に探究したということの証ともいえる。

また, 指導と評価の一体化という側面でICEルーブリックの利活用を捉えると, ICEルーブリックの取り組みの中で, コメント機能やそれをもとにした机間指導を一人一人に行えることも成果の一つといえる。ICEルーブリックの要素(縦軸)と基準(横軸)そのものが主体的に学習に取り組む態度の育成のための文言になっていることから, 指導の個別化がされることが実践を通して指導者側が感じられたことである。

7.4. 実践Bにおける単元構想

本実践の単元は, 「身の回りの物質」(2)(ア)である。本単元の目標は, 理科の見方・考え方を働かせ, 物質には固有の性質と共通の性質があることを見いだして理解させるとともに, 科学的根拠に基づいた検証計画を立案し, 分析解釈することができる, と設定した。

また単元の学習に先駆けて, 生徒の実態を調べたところ, 以下の結果が得られた。

項目	割合(%)
授業で振り返った内容を次の授業や	69.0

生活の中で活かそうとしている。	
仮説を立てることが得意である。	43.1
考察することが得意である。	39.8

以上から、本校第1学年は、授業で学習した内容を活用しようとする意識は高いが、課題に対して仮説を立てたり、観察実験等の結果を考察したりすることに苦手意識をもつ生徒が多いことがわかった。より深い学びの実現のためには、見直しをもって課題や仮説の設定をしたり、観察・実験の結果を分析し解釈したりして、自分の考えに妥当性がある表現力を育成することが重要である。

なお、本単元は以下の8時間で構成している。

時	学習内容
1~2	○単元のオリエンテーション ○マッチ、ガスバーナー等の実験器具の使用方法に関わる学習
3~5	○4種類の白い粉末(片栗粉、ミョウバン、砂糖、食塩)を科学的根拠に基づいて分類する学習
6~8	○金属と非金属を科学的根拠に基づいて分類する学習
9~11	○密度の異なる物質を科学的根拠に基づいて分類する学習

この単元のプロセスに、「6. 2.」に挙げた具体的な研究の手立てを講じている。その詳細について以下に述べる。

7. 5. 実践B(ツールミンモデルによる科学的な表現力の育成)における授業の実際

前述のような生徒の実態や単元の特性を踏まえて行った実践Bの授業の実際を以下に述べる。ここでは紙幅の関係で、本単元の3~5時に行った、4種類の白い粉末(片栗粉、ミョウバン、砂糖、食塩)の分類に関わる学習について述べる。

3/11 時には、4種類の白い粉末を科学的根拠に基づいて分類するための検証方法について、生徒一人一人に考えさせ、個人の意見としてまとめさせた。その後、グループ(3~4名)で意見を交流し、どのような方法がより科学的かを検証しながら、グループとしての検証方法を立案し、決定させた。

4/11 時には、前時に計画した検証方法に基づいて、観察・実験活動を行った。また、実験結果をグループ内で整理した。

そして、5/11 時は、前時に整理した実験結果をグループ内で考察した後、下記のようなWSを用いて、個人で考察させた。

3 様々な物質の分類(固体編) → 考察

課題 未知の物質を分類する際に最も重要な基準は何か考えよう。

○前回の実験結果をツールミンモデルに当てはめてまとめよう!

②理由

赤…水に溶かすと白く濁った
青…水に溶かすと少量しか溶けなかった
火の近くに置いてしばらくすると全て溶けた。まじりは緑色になった
黄…燃やすとこげた
緑…燃やすとこげなかった

→

①主張
赤…片栗粉
青…ミョウバン
黄…砂糖
緑…食塩

↑

③補強

赤…片栗粉は水に溶かすと白く濁る
青…ミョウバンは水に少量しか溶けなかった。温度を上げると溶ける量が増える。水溶液が弱酸性
黄…砂糖は有機物だから、燃やすとこげた
緑…食塩は無機物だから、燃やすとこげない

↑

④考察
まず、赤の白い粉は片栗粉であると考え。理由は、水に溶かしたときに水溶液にならず白く濁ったからだ。片栗粉は水に溶かしても水に溶けず、白く濁る。赤の白い粉も同じ結果になった。
次に、青の白い粉はミョウバンであると考え。理由は、水に溶かしたときに少量しか溶けなかったこと、火の近くに置いてしばらくすると全て溶けたこと、赤リトマス紙の色が変わらなく弱酸性または中性であるからだ。ミョウバンには水に溶かしたときに少量しか溶けない。温度が上がると溶ける量が増える。水溶液が弱酸性という性質がある。青の白い粉も弱酸性のどしどしは溶けなかったが、他の赤は同じ結果になった。
次に黄の白い粉は砂糖であると考え。理由は、燃やしたときにこげなかった。砂糖は有機物で燃やしたときこげた。黄の白い粉も同じ結果になった。
次に緑の白い粉は食塩であると考え。理由は、燃やしたときにこげなかったからだ。食塩は無機物で燃やしたとき、こげない。緑の白い粉も同じ結果になった。

実際に使用したWS

なお、WSを使用する際には、6. 2. で前述したとおり8つの「実施段階」の教授方法を意識して行った。

7. 6. 実践B(ツールミンモデルによる科学的な表現力の育成)における結果と考察

前述の通り、本実践ではツールミンモデルを参考にしたWSを用いることで、生徒がより妥当性のある表現力を身につけることを目指した。実際のWSに記載された文章から、本実践の結果と考察を行う。

以下は生徒AのWSの一部である。

④考察
まず、赤の白い粉は片栗粉であると考え。理由は、水に溶かしたときに水溶液にならず白く濁ったからだ。片栗粉は水に溶かしても水に溶けず、白く濁る。赤の白い粉も同じ結果になった。
次に、青の白い粉はミョウバンであると考え。理由は、水に溶かしたときに少量しか溶けなかったこと、火の近くに置いてしばらくすると全て溶けたこと、赤リトマス紙の色が変わらなく弱酸性または中性であるからだ。ミョウバンには水に溶かしたときに少量しか溶けない。温度が上がると溶ける量が増える。水溶液が弱酸性という性質がある。青の白い粉も弱酸性のどしどしは溶けなかったが、他の赤は同じ結果になった。
次に黄の白い粉は砂糖であると考え。理由は、燃やしたときにこげなかった。砂糖は有機物で燃やしたときこげた。黄の白い粉も同じ結果になった。
次に緑の白い粉は食塩であると考え。理由は、燃やしたときにこげなかったからだ。食塩は無機物で燃やしたとき、こげない。緑の白い粉も同じ結果になった。

生徒Aの考察

この生徒は、4種類の白い粉末について、それぞれ主張(①)し、その理由(②)を述べ、さらにそれを補強(③)するという順で述べることで、より端的に考察することができている。

次に、生徒Bの記述である。

④考察

赤：片栗粉、黄：塩、緑：重曹、青：砂糖など。実験の結果、赤を触るとキョッキョッキという感じがした上、水にとかきと赤だけとりとなたり、黄と赤と混ぜると黄と緑は粘りがはね、青は白く果（白く（カラメルっぽく））になった。さらに、緑を加熱したときの金属の皿の汚れ（サビ）がとれた。緑が重曹であるがを確かめるためにリトマス紙で調べるとアルカリ性だ。た、白い粉でアルカリ性であるのは重曹だけであるから、緑は重曹である。また、加熱の実験はいい塩はあまりとけない（加熱すると）が砂糖はとけて黒くなるなどという事実はあるから黄：片栗粉、青：砂糖だと言えり。

生徒Bの考察

生徒Bも、生徒Aのように、自分の考えを主張(①)し、その理由(②)を述べていく中で、下線部のように「さらに」「また」という表現で自らの主張を、補強(③)する形で考察している。

生徒A及びBから読み取れることは、考察を順序立てて述べることで、記述内容に一貫性があることである。観察・実験によって得られた結果をこのWSを活用することで、構造化されたことがこのような記述につながったと捉えられる。

一方で、観察・実験活動がうまくいかず、得られた結果の整理が一部うまくできなかったグループでは以下のような記述が見られた。生徒Cの記述である。

④考察

青は砂糖と考える。理由は燃やるとカラメルのような甘いにおいがあるからだった。また、砂糖と仮定したとき、化学式はC12H22O11で、CとHがあるため有機物、つまり黒く燃やるので、結果と一致する。
黄は片栗粉と考える。理由は水に入れた時、水は白く濁り、物は固まったから。
黄は食塩と考える。理由は燃やしたが、こげ粉かたまりCとHがない無機物だからとある。化学式はNaClで、CとHがなく、一致する。また、食塩は放置すると固まり、実験後の食塩を見る固まっていたため、食塩の可能性が高い。
緑は重曹と考える。理由は水にとかきつけた時、白くふたがた。また、これ以外の実験でできていないため、根拠が不十分である。

生徒Cの考察

下線部には、「可能性が高い」「ただ、これ以外の実験ができていないため、根拠が不十分である」という記述がある。自分の考えを主張(①)する理由(②)はあるものの、主張を補強(③)するような結果が得られなかったことから、このような表現になっている。これは、自らが行った観察・実験の内容や、結果の整理について極めて客観的に捉えることができている証拠であり、妥当性のある表現であると捉えることができる。

これらの生徒の記述から、ツールミンモデルを参考にしたWSを用いることは、自分たちが行った観察・実験の内容を客観的に分析し、より妥当性のある表現ができるようになるための効果があったといえる。

8. 今年次研究の成果と課題

本校理科における新たな研究では、主題を「自立して探究する生徒の育成」として実践を行ってきた。先述したように、観察、実験活動を数多く行うだけでなく、自らの意思で学び、知識を関連づけ、表現することが理科を学ぶ本質であり、今後もより具体的に実践研究を進めていく必要があると考えている。

一方、本稿では副題を「ICE ルーブリックによる学びのセルフ・マネジメントと、科学的な表現力の育成に関

わる研究」とした1年次の研究をメインに述べてきた。以下では、主にその1年次研究の成果と、それをうけた今後の展望について考えていく。

8. 1. 研究の成果

1年次研究の副題にある「ICE ルーブリックによる学びのセルフ・マネジメント」では、実践Aにおける「電流、電圧、抵抗の規則性と関係性」について考察する探究活動を通して、より主体的に学び、より深く学ぶことを目指した。

これについては、「7. 3.」(実践 A)でも述べたとおり、一定の成果が出たと思われる。さらに、ICE ルーブリックに取り組んだ印象について、生徒は次のように述べている。

- ・1回の授業の中で進度や何がわかっていて何がわかっていないかを明確にでき、それを認識することがICEの導入によってできるようになり、さらに次の授業やその次の計画をたてることができ、スムーズに問題解決に取り組めるようになった。
- ・若干だと思うけれど、ICEを取り入れると次の授業のときにやった内容を覚えていたり次に何をしたらいいのかがわかりやすかったりすることだと思った。ICEを取り入れていないと少し前に何をやっていたのかあまり覚えていないことが多かった。
- ・今までの実験を振り返ることで、振り返らなかった場合よりあまり意味のない実験が少なくなったり、予想外の結果になった実験でも他の実験からの分析がしやすくなったこと。
- ・ICEを使ったほうが目標をどのくらい達成しているかが明確に分かるし、次の授業でやるべきことも設定できるので良いと思う。できるだけ枠を黄色で埋めたいから、次回の授業はこうしよう！などの次回の見直しにもなり、反省もできるため、ICEがあったほうが良いと感じる。

様々な意見があったが、本研究との関連でいうと、自ら進んで、探究を進めることや見直しをもって学ぶこと、あるいは観察、実験に取り組みながら適切に振り返ることで探究の質が向上したことが、生徒の記述から捉えられる。

また、実践Aにおいて、理科の授業を通して成長したことは何か問うた。以下は生徒の記述の一部である。

- ・課題解決に向けて自分が何をしてどのようなことを記録したらよいかを頭の中で整理することができるようになったこと。
- ・より今までの実験で考えたことを次の実験で活かすことができるようになったこと。
- ・計画を立て、考えながら実験を行うようになったので、実験の質が上がったような気がする。また、昨年よりグループの人の意見に注目したり、自分の意見と比較したりするようになったため、考察が深まった。
- ・入学したばかりのときは、ただ教科書通りに進めていけばいいものだと思ったけれど、(中略)理科はいろんな知識を使うと知った。(中略)授業を受けて知識の範囲の広さや理科の面白さが知れた。一年生の最初は理科に対して苦手意識を持っていて、今も学力的には苦手だけど理科自体は好きになれたし、

理科の楽しさを知れた。

これらの記述から、生徒はこれまでよりもより主体的に、かつより深く学んでいると捉えることができる。特に、最後の生徒の、受け身の姿勢で授業に臨むのではなく、主体的に学習に取り組むことが、理科の面白さに触れることにつながるという主旨の記述は、理科を学ぶ本質をとられているとも考えられる。これまでの科学者が、自らの知的好奇心をもとに自然科学の様々な疑問や問題に立ち向かっていったように、理科の授業を通して楽しみながら探究している姿は、まさにオーセンティックな学習であるともいえるのではなからうか。

また、副題にある「科学的な表現力の育成」については、実践Bにおける「4種類の白い粉末の分類」について考察する探究活動を通して、より妥当性のある表現ができるようになることを目指した。

これについても、「7. 6.」(実践B)でも述べたとおり、一定の成果が出たと思われる。考察における文章の表現力の向上だけでなく、仮説の設定の場面でも生徒同士の会話の質に変化が見られた。以下は、「(2)大地の成り立ちと変化」において、様々な岩石(堆積岩や火成岩)を分類する学習活動での一場面である。(教師を「T」、生徒を「S」と表す)

【課題の設定から仮説の設定までの場面(一部抜粋)】

T: では12個の岩石を、分類するということでもいいですか。

S1: いいです。

S2: いや、いいんですけど、科学的根拠に基づいて分類する、の方がより良いです。

T: どうして?

S2: ただなんとなく、見た目だけで分けても説得力に欠けるじゃないですか。

S3: 確かに。あの杵3つのやつみたいなやつでしょ?

T: 何? 杵3つのやつって?

S3: あの、主張とか理由とかの・・・

S(全体): あー! 絶対そうだ。

T: 主張、理由、補強ね。ちなみに、どのタイミングでそれを使うの?

S4: 別に最後に使わなきゃいけないなんてことはないんですよ?

T: どういうこと?

S4: 考察だけじゃなくて、今使うみたいな。

T: 今って、課題が決まったこの後ってこと? つまり、仮説を設定する場面で使うということかな?

S4: そうです。

T: どうして、仮説の設定で使えると思ったの?

S4: だって、塩酸をかけたら反応するものとしなくてもあるじゃないですか。それって、見た目である程度、わかった上で、それ(主張)を補強する材料にもなるんじゃないかなって思って。

T: なるほど。みなさんはどう思いますか?

S3: いけるんじゃないかな?

S2: なんかその方が理科っぽくていい。

この発話から、より科学的に探究しようとする生徒の姿が見て取れる。考察場面でのツールミンモデルを参考

にしたWSを活用することは、様々な場面でも生かされていることから、汎用性のある営みにもなっていたと捉えられる。

8. 2. 今年次研究の課題と今後の展望

ここまで、1年次研究の成果について述べてきたが、2年次以降の課題と展望についても触れておく。

本校研究の総論にも述べているとおり、本校の1年時では、各教科等において「学びのセルフ・マネジメント」について実践研究を進めてきた。理科においても、1年次は生徒の「個」に応じた学びを担保した。

その「個性化」の一方で、置き去りにしてはならないのが「協働」という側面である。本稿で述べてきた「ICE ルーブリック」と「ツールミンモデル」という方略にも、「協働」の要素は含まれている。それは、以下の生徒の記述からも垣間見える。

・ICE があったほうが目標がはっきりしていて、自分に何が足りていないのかがわかりやすいが、授業中にはみんなと交流したり話し合うなどの学校でしかできないことをやりたくなってしまったため、ICE が後回しになってしまうことがある。

・本音を言うと ICE に取り組む時間(5分程度ですが・・・)も、友達と話しながら作業することができれば、時間を多く使えて実験も多くできて新しい時間の使い方もできるようになる気がします。

・自分の主張が何かを自分一人で記述することはできますが、何が「理由」で、何が「補強」になるのか判断ができないときには、周りの人と話して解決できるものもありました。

これらの記述を、本校理科の今年次研究の主題「自立して探究する生徒の育成」に立ち返って捉えると、「協働」という視点においては、本実践の不十分さを感じるところである。

「2.」で捉えた本校生徒の実態からは、自分自身の探究で終結させるのではなく、他者と協働することの重要性について、生徒自身が言及している。またそのことを「3.」で述べたオーセンティックに学習することから捉えても、「科学者のように」自然科学を深く学ぶためには、自分自身の学び方や学ぶプロセスの自己評価をすることだけでなく、他者との対話や先人の知恵との対話とともに協働して学ぶことが重要であることは言うまでもない。

つまり、個別最適な学びと両輪を成すものとしての「協働的な学び」を、確実に学習活動に位置付けていく必要があるということである。

今後は、今回一定の成果を収めることができた個別化された学びの要素に加え、「協働」についてより強固な理論の基で実践を組み立て、「自立して探究する生徒の育成」に向けて研究を進めていく。

注釈

*1 探究活動とは、学習指導要領 p9にある「探究の過程」を意識した授業プロセスのことを指す。

*2 リフレクション活動については、本校「研究紀要

(69)」に記載している。

- *3 中教審 初等中等教育分科会「資料1 教育課程
企画特別部会 論点整理「1. 2030年の社会と
子供たちの未来」から引用
- *4 アラン・ケイ氏(カリフォルニア大学ロサンゼルス校
准教授)より引用

参考文献

- (1) 北海道教育大学附属旭川中学校. 「研究紀要(67)」
- (2) 北海道教育大学附属旭川中学校. 「研究紀要(68)」
- (3) 北海道教育大学附属旭川中学校. 「研究紀要(69)」
- (4) 文部科学省. 「学習指導要領解説 理科編(平成
29年7月)」
- (5) 「令和の日本型学校教育」の構築を目指して～全て
の子供達の可能性を引き出す, 個別最適な学びと,
協働的な学びの実現～(答申)(中教審第 288 号)
【令和3年4月22日更新】
- (6) 奈須正裕. 「個別最適な学びと協働的な学び」. 東
洋館出版社. 2021
- (7) 土持ゲーリー法一. 「『主体的学び』につなげる評価
と学習方法—カナダで実践される ICE モデル—」
- (8) 日本理科教育学会編著. 「理論と実践をつなぐ 理
科教育学研究の展開」. 東洋館出版社. 2022.
- (9) 佐々恵, 宮下治. 「『推論する力』を育む小学校理
科授業の構成—学習シートにおける「コメントボックス」
の活用—」。理科教育学研究 Vol.55 No.2. 2014
- (10) 及川雅典. トゥールミンの議論モデルの変容—批
判から寛容へ—