

「思考力, 判断力, 表現力等」を育成するための 理科の授業づくり

— 実験レポートの考察欄に根拠のある記述をできるようにする指導を通して —

小島 秀一¹

本研究では、実験レポートの考察欄に根拠のある記述をできるようにする指導を通して「思考力, 判断力, 表現力等」を育成することができる授業をつくることを目的とした。この目的を達成するために「考察バーガー」という思考ツールを考案し、指導を行った。その結果、考察に必要な要素を理解し、根拠のある記述ができるようになった生徒が増加したことから、「考察バーガー」の有用性が確認された。

はじめに

中央教育審議会の「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」では、平成21年改訂の学習指導要領の課題として「小学校、中学校共に、『観察・実験の結果などを整理・分析した上で、解釈・考察し、説明すること』などの資質・能力に課題が見られることが明らかになっている」と示された。これを踏まえ、「高等学校学習指導要領(平成30年告示)」では、育成を目指す資質・能力のうち「思考力, 判断力, 表現力等」に当たる目標が、「観察, 実験などを行い, 科学的に探究する力を養う」とされた。また、これを育成するに当たっては、『高等学校学習指導要領(平成30年告示) 解説 理科編 理数編』(以下『解説』という)で、「自然の事物・現象の中に問題を見いだし、見通しをもって観察, 実験などを行い、得られた結果を分析して解釈するなどの活動を行うことが重要である。」とされた(文部科学省 2018 p. 22)。『解説』で示された「資質・能力を育むために重視すべき学習過程のイメージ」では、「得られた結果を分析して解釈するなどの活動」とは、具体的には考察・推論や表現・伝達などを通して課題を解決することとされている(文部科学省 2018 p. 10)。

所属校である神奈川県立相模原高等学校(以下「相模原高等学校」という)では、平成28年度から生徒に課題研究を取り組ませており、平成29年度入学生からは1、2学年を通して、生徒全員が課題研究に取り組んでいる。令和元年度からはスーパーサイエンスハイスクールに指定され、課題研究のさらなる効果的な授業運営の研究に取り組んでいる。その中で、研究テーマの設定や実験を行う際の指導は充実しており、生徒が主体的に活動している様子が見受けられる。一方で、実験結果を分析・解釈し、考察する際の指導には十分

ではない点があり課題となっている。例えば、生徒の考察が課題研究を行った感想の報告に終始していたり、根拠のない結論付けをしていたりするなどの事例がある。このような状況の背景には、多くの教員は課題研究を指導した経験が少なく、指導法への不安やとまどいがあるからだと考えられている。よって、教員マニュアルなどの早急な見直しが必要だと分析されている(神奈川県立相模原高等学校 2021)。また、筆者が担当している生物の授業においても、実験レポートの考察欄に感想が書かれたものや、論理が飛躍した考察が書かれたものが散見された。

以上のことから、実験レポートの考察欄に根拠のある記述をできるようにする指導の改善が必要であると考えた。

研究の目的

本研究の目的は、「思考力, 判断力, 表現力等」を育成するために、実験レポートの考察欄に根拠のある記述をできるようにする理科の授業をつくることである。

研究の内容

1 考察を構成する要素

松原らは、科学的表現力の育成を目的として、「(結果)から、(結論)と考えた。その理由は(根拠)だからである。」という考察の定型文を与えて記述させる指導法を開発した。結果とは考察の元となる事実、結論とは事実から導いた自分の意見、根拠とは結果と結論を結びつける知識や理論であるとされている(松原他 1997 p. 5-6)。本研究でもこれに従い、結果・結論・根拠が含まれたものを考察と位置付けた。

2 根拠を記述することと「思考力, 判断力, 表現力等」を育成することの関係

学校教育法第三十条第二項において、「思考力, 判

1 県立相模原高等学校 教諭

断力、表現力等」とは、「知識及び技能」を活用して課題を解決するために必要な能力と示されている。したがって、生徒が考察欄に根拠を記述できるようになることで、課題を解決するために必要な知識を活用できるようになり、「思考力、判断力、表現力等」を育成することができると考える。

3 先行研究と指導法の確立

松原らの定型文を与える指導では、生徒の考察の記述が改善されたことが確認された。一方、定型文の形式を覚えることより、各要素(結果・結論・根拠)を記述することの意味を理解することが重要であるとされている(松原他 1997 p.11)。考察の記述方法を理解させる指導を行った鮫島らは、考察に必要な要素を生徒に考えさせ、確認し、理解させることが有効な指導方法であると報告している。しかし、各要素の記述内容を十分なものとするためには改善の余地があるとしている(鮫島他 2015)。また、考察の記述を生徒同士で相互評価させる指導を行った飯田らは、相互評価活動を行うことで考察記述の論理的表現の改善が見られたと報告している(飯田他 2019)。

以上より、筆者は生徒が考察に必要な要素を理解し、生徒同士で互いの考察内容を評価し合う指導方法が、実験レポートの考察欄に根拠のある記述をさせるために有効だと考えた。

具体的な指導に向けては山中が考案した「論証カード」を用いた指導法を参考にした。この指導では、証拠(本研究における結果)と主張(本研究における結論)のみの文章が書かれた「論証カード」が生徒に与えられる。生徒には証拠と主張を見分けて切り分けさせ、元の文章には論拠(本研究における根拠)が暗黙化されていることを気付かせる。そして、論拠を推定して記述させることで、論証の構造と論拠を究明することの重要性を理解させた(山中 2015)。

筆者は、「論証カード」の形式に、生徒自身の考察記述を当てはめ、生徒同士でのやり取りが行える機能を加えた「考察バーガー」を考案した。

4 「考察バーガー」

(1) 「考察バーガー」とは

「考察バーガー」は、考察に必要な要素等をバーガーの材料に見立てた思考ツールである。材料の役割の内訳は次のようにした。

上パンズ＝結果	エビフライ＝根拠
下パンズ＝結論	レタス＝質問
トマト＝質問への回答	
サラダ＝質問に答えられないときに、その質問に回答するための追加実験の方法	

生徒に馴染みのあるバーガーをモデルとすることで

取り組み易くし、エビフライをパンズの間挟む操作を通して、根拠が結果と結論を結びつけていることをイメージできるようにした(図1)。

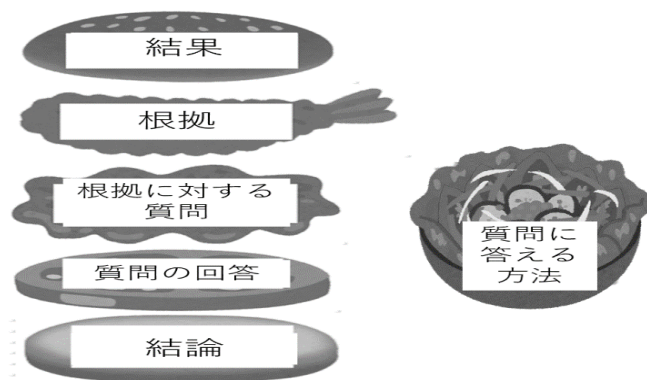


図1 考察バーガー

(2) 「考察バーガー」の使用方法

「考察バーガー」の使用方法を次に示す。

- ①観察・実験を行い、実験レポートの考察欄を記入する。
- ②考察に必要な要素について説明を聞き、①の記述を結果・結論・根拠に分ける。
- ③結果・結論・根拠を「考察バーガー」の材料に当てはめる。
- ④不足している要素を書き加える。(上パンズ・エビフライ・下パンズのバーガーができる)
- ⑤ペアや班を作り、お互いの根拠に対してレタスで質問をする。
- ⑥-1 質問に回答できる場合は、トマトに回答を記入し、トマトとレタスをエビフライの下に挟む。
- ⑥-2 質問に答えられない場合は、回答するための追加実験の方法をサラダに記入する。
- ⑦「考察バーガー」の内容をまとめ、改めて実験レポートの考察欄を記入する。

質問に対する回答方法が2通りあるが、⑥-1では質問に回答することで根拠の妥当性をより高めることが狙いであり、⑥-2では答えられない質問に対して回答するための実験方法を考えることを通じて新たな課題の設定につなげることが狙いである。

「論証カード」と異なる点は、バーガーを模していることのほかに、各要素に分ける文章が生徒自身によって記述されたものであること、レタスやトマト、サラダを用いた質疑応答を行うことである。

5 研究仮説

前述より、本研究を以下の通りとした。

実験レポートの考察欄を記入する際に「考察バーガー」を用いた指導を行うことは、生徒が考察に必要な要素を理解し、知識や理論を活用して根拠のある記述ができるようになり、「思考力、判断力、表現力等」を育成するために有効である。

6 検証方法

(1) 事前・事後アンケート

事前・事後アンケートの結果を比較して、考察に根拠が必要であることを理解できたかを分析・考察する。

(2) ワークシートの記述

「考察バーガー」を用いた指導を行う前後で考察欄に記述した内容を比較して、根拠のある記述ができるようになったかを分析・考察する。

7 検証授業について

検証授業は、次の条件で行った。

- 実施期間 令和3年9月16日～9月30日
- 対象生徒 第2学年2クラス 計77名
- 科目 生物
- 単元 呼吸と発酵「アルコール発酵」
- 授業時数 各3時間

なお、アルコール発酵や酵素については事前に指導されている。また、実施期間は新型コロナウイルス感染拡大防止のため分散登校であったので、オンラインと対面を併用し、「考察バーガー」を用いた指導は「Googleスライド」で作成したスライド上で行った。

【第1時】

第1時の授業では、「考察バーガー」の使用方法的①である、観察・実験を行い、実験レポートの考察欄を記入させる指導を行った。ただし、実際に実験を行うことはできないので、あらかじめ作成していた実験動画を視聴させた。実験の流れは次のとおりである。

- 1: ドライイーストとグルコースを混合した発酵液をキューネ発酵管に入れ、室温と40℃でそれぞれ10分間反応させる(40℃の方が活発に発酵が起こる)。
- 2: キューネ発酵管内に発生した気体を特定するために水酸化ナトリウムを入れる(発生した気体が二酸化炭素だと分かる)。
- 3: 新たに、3℃と60℃の条件で発酵液をそれぞれ10分間反応させる(どちらもほとんど発酵は起こらない)。
- 4: 3の発酵液を40℃の条件で再度10分間反応させる(3℃だった発酵液では発酵が起こり、60℃だった発酵液では発酵が起こらない)。

本実験では4の結果について考察させた。次の文章は、生徒Aが記述した考察である。

40℃では、室温よりも二酸化炭素が多く発生した。
3℃、60℃ではそれぞれ二酸化炭素の発生はなかったが、再び40℃に戻すと3℃だったものは発酵が起こり60℃だったものは起こらなかった。
これらの結果から、一度60℃にしたものは酵素が死んでしまったことで40℃に戻しても再び発酵が起こることとはなかったと思います。

この記述からは、「40℃では～なかった。」が結果、

「これらの～思います。」が結論だと読み取ることができ、根拠に当たる酵素の特徴の説明がない状態である。また、「酵素が死んでしまった」と、誤った表現があった。

【第2時】

第2時の授業では、「考察バーガー」の使用方法的②～④を行った。エビフライに根拠となることを記入する活動を通して「最適温度」や「変性、失活」といった事前に学習していた語句が書かれ、「酵素が死んでしまった」という表現がなくなった。(図2)

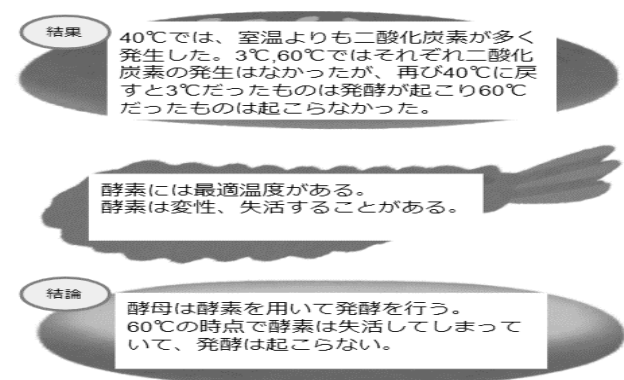


図2 第2時での生徒Aの考察バーガー

【第3時】

第3時の授業では、「考察バーガー」の使用方法的⑤～⑦を行った。レタスとトマトを使った質疑応答を通して、酵素がタンパク質で構成されていること、タンパク質が熱によって変性すること、変性することで酵素活性が失われること、といった酵素の特徴が説明されるようになった(図3)。

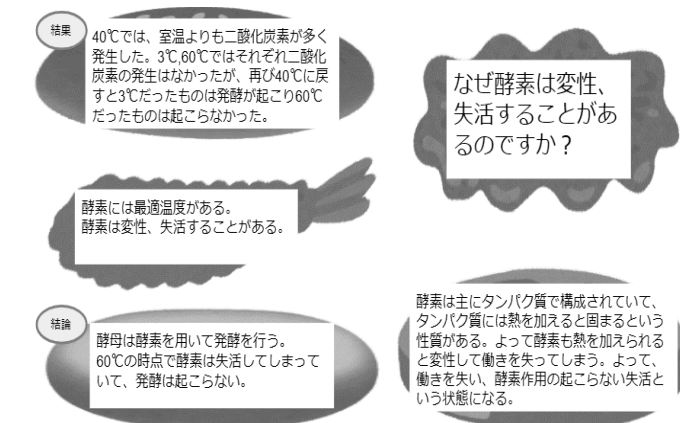


図3 第3時での生徒Aの考察バーガー

この後に記述された生徒Aの考察は、後述する。

8 検証結果と考察

(1) 考察に根拠を記入することの理解

事前・事後アンケートの質問「実験プリントの考察欄にどのような事柄を書こうと考えていますか。当てはまるものを全て選んで下さい。」では、事前から事後で「感想を書く」と回答した生徒が減少し、「根拠を書く」と回答した生徒が増加した(図4)。また、事後アンケートでは「考察には何が必要で何がいら

のかがはっきり分かり、今後の実験後の考察に役立てたい」や「必要な要素が分かった」など、考察に必要な要素が理解できたことがうかがえる意見があった。

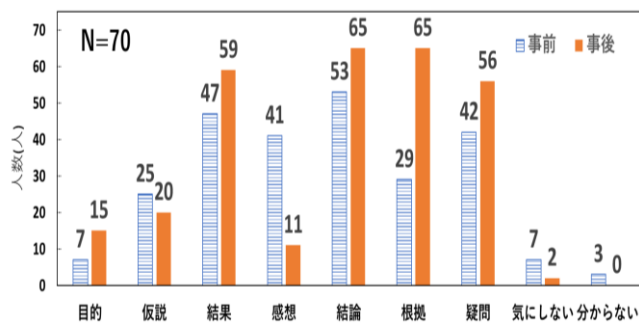


図4 考察欄に書く要素

以上より、「考察バーガー」を用いた指導は、考察に必要な要素を理解させるために有効だと考える。

(2) 考察記述の変化

(2) - 1 根拠のある記述

第3時に生徒Aが記述した考察を次に示す。

40℃では、室温よりも二酸化炭素が多く発生した。3℃、60℃ではそれぞれ二酸化炭素の発生はなかったが、再び40℃に戻すと3℃だったものは発酵が起こり60℃だったものは起こらなかった。

酵母菌は酵素を用いてアルコール発酵を行っており、酵素には最適温度というものがある。また、酵素は主にタンパク質で構成されていてタンパク質には熱を加えると固まるという性質がある。そのため酵素も熱を加えられると変性して働きを失ってしまう。そして、働きを失い、酵素作用の起こらない失活という状態が生じる。

したがってこの実験から、まず酵母が酵素を用いて一定温度まで発酵を行っていたことが分かる。また、酵素は40℃から60℃の間で変性、失活したと考えられる。

この文章では、「40℃では～なかった。」という結果、「したがって～考えられる。」という結論と読み取れる記述に加え、「酵母菌は～生じる。」とあるように、酵素の特徴が根拠として記述されるようになった。「考察バーガー」を用いた指導の前後で、各要素を記述していた生徒数について比較すると、根拠を記述することができるようになった生徒が増加したことが分かった(図5)。

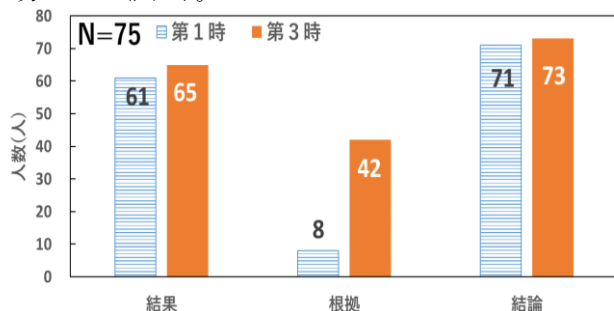


図5 各要素を記述した人数

事後アンケートでは、「考察の根拠が不十分だったことが分かった」や「ジャンル分けすることで満遍なくかけるようになった」など、自身が正確に記述できていなかったことや、正確に記述できるようになったことに気付いたことがうかがえる意見があった。

また、事前・事後アンケートの中で、根拠のある記述ができるようになったことを確認するための質問である、「磁石にS極とN極があるように、地球にもS極とN極があります。では、北極はS極とN極のどちらでしょうか。根拠を示して簡潔に教えてください」(田辺 2018)でも、根拠のある記述ができるようになった生徒が増加した(図6)。

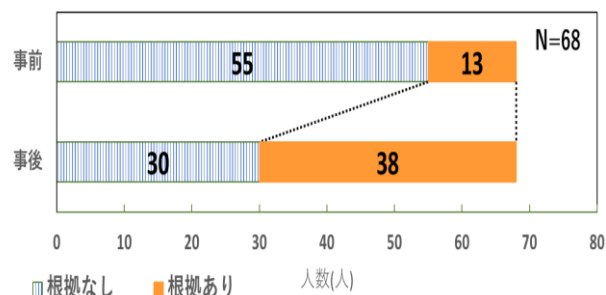


図6 根拠を示して回答できた人数

「方位磁石のN極が北を向くので北極はS極である」と事前で回答した生徒は、事後で「方位磁石を使うとN極が北を向く。N極とS極は引き合うので、北極はS極であると考えられる」と回答し、N極とS極が引き合っていることを根拠として示して記述できるようになった。

以上より、「考察バーガー」を用いた指導は、実験レポートの考察欄に根拠のある記述をさせるために有効だと考える。

(2) - 2 記述内容の整理

考察に根拠が記述できるようになったことのほかに、記述内容が整理されたことも変化として挙げられる。例として、生徒Bが第1時に記述した考察を次に示す。

60℃で気体が発生しなかったのは、酵母菌のタンパク質が失活してしまったため40℃に戻しても反応が起こらなかったと考えられる。3℃で気体が発生した時は、最適温度ではないため反応が起こらないが、40℃に戻せば反応が始まると考えられる。

この文章の1文目は、「60℃で気体が発生しなかった、40℃に温度を戻しても反応が起こらなかった」という実験結果と、「酵母菌のタンパク質が失活してしまったためと考えられる」という結論で構成されており、結論が結果の記述のあいだに入っている構造になっている。松原はこのような記述を、実験結果の記述に自分の意見が混在した状態であるとして、問題点だと指摘している(松原他 1997 p. 5)。

この文章が、第3時では次のようになった。

60℃から40℃に変化させると気体は発生せず、3℃か

ら40℃に変化させると気体が発生した。酵素は高温だとタンパク質が変性、失活し、低温だと活性が低下し基質との反応が起こりにくくなる。このことから60℃は酵素に対して高温、3℃は低温であり、また40℃に戻して反応が起こったことから、40℃が酵素が活性化しやすい温度、つまり最適温度であると考えられる。

「60℃から～発生した。」という結果、「このこと～考えらえる。」という結論に分けて書かれるようになった。また、「酵素は高温～起こりにくくなる。」という根拠も記述されるようになった。

第1時と第3時で、このように結果と結論が混在していた記述をしていた生徒数を比較したところ、第3時では混在していた生徒が減少したことが分かった(図7)。

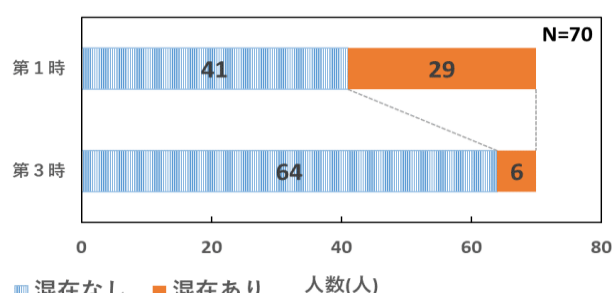


図7 結果と結論が混在していた人数

以上より、「考察バーガー」を用いた指導は、記述内容の整理をする効果もあった。

(3) 考察を行うことで出来るようになること

事前・事後アンケートの質問「観察・実験後に考察を行うことで、どのような事ができるようになると考えますか」では、対応のあるt検定(有意水準5%)を行ったところ、平均点が有意に上昇した項目に「知識を活用する力を身に付けることができる」($p<.01$)、「自分の考えをまとめ、表現する力を身に付けることができる」($p<.05$)があった(表1)。

表1 考察を行うことでできるようになる事 (N=70)

項目		事前	事後	p値
知識を身に付けることができる	平均値	3.41	3.47	$p>.10$
	標準偏差	0.60	0.52	
知識を活用する力を身に付けることができる	平均値	3.41	3.61	$p<.01$
	標準偏差	0.57	0.48	
自分の考えをまとめ、表現する力を身に付けることができる	平均値	3.41	3.57	$p<.05$
	標準偏差	0.60	0.53	
新たな疑問を持つことにつながる	平均値	3.51	3.54	$p>.10$
	標準偏差	0.60	0.54	
実生活に役立つ	平均値	2.86	3.06	$p<.01$
	標準偏差	0.67	0.65	

*①全く当てはまらない(1点) ②どちらかといえば当てはまらない(2点)

③どちらかといえば当てはまる(3点) ④よく当てはまる(4点)

この理由としては、今回の指導を通して考察に根拠

が必要であり、既習の知識が根拠として活用できること、また、要素に分けて考えることでより詳しく・分かりやすく記述できることを生徒が理解したからだと考え。事後アンケートでは、「考察に何を書けばいいのか確信が得られた」という意見があった。

以上より、「考察バーガー」を用いた指導を通して、考察を行うことによって「思考力,判断力,表現力等」にあたる資質・能力が育成されることを生徒自身に自覚させることができたと考え。

また、「実生活に役立つ」の平均値も上昇した($p<.01$)。事後アンケートでは「根拠の大切さを知ることができました」とあり、今回の指導で、根拠をもって論じることが実生活でも重要であることに気付かせることができたと考え。

研究のまとめ

1 研究の成果

本研究では、実験レポートの考察欄に根拠のある記述をできるようにする指導を通して「思考力,判断力,表現力等」を育成する授業づくりを行うことを目的として、「考察バーガー」の有用性を検証した。検証結果と考察(1)、(2)より、「考察バーガー」を用いた指導を行うことで、生徒が考察に必要な要素を理解して、根拠のある記述ができるようになったことが確認できた。また、考察(3)から、考察を行うことが「知識の活用」と「まとめ・発表」という「思考力,判断力,表現力等」に当たる資質・能力の育成につながることを生徒に自覚させることもできた。

以上より、「考察バーガー」を用いた指導は、知識や理論を活用して根拠を記述する能力を向上させ、「得られた結果を分析して解釈するなどの活動」を充実させることができたので、「思考力,判断力,表現力等」の育成に有効であると考え。

2 研究の課題

一定の成果があった半面、課題も挙げられる。

まず、新たな課題の発見を目的としたサラダが全く機能しなかった。この理由としては、ほとんどの質問に対しては教科書やインターネットで調べることで回答できること、酵素と温度の関係について考察していたため質問も酵素と温度の関係についての内容に偏ってしまったことが考えられる。サラダを機能させるためには、質疑応答の場面で生徒同士でのやり取りだけでなく、教員から別視点での発問を行うことも必要だと考えられる。

2つ目に、「考察バーガー」を用いた指導後も根拠を記述できなかった生徒への指導である。今回、「考察バーガー」を用いることで考察の内容を充実させることができたが、考察を改めて記述する場面の指導が

不十分だった。したがってこの場面で、接続語の使い方の指導や、定型文を与えるなど、表現方法を具体的に示すことで生徒が記述しやすくなり、根拠を明確に記述できるようになると考える。

3 今後の展望

課題として前述した事柄を改善するとともに、今後実践していきたいことが3点ある。

1点目は、「考察バーガー」を仮説設定の場面でも活用することである。『解説』では、「見通し」が強調されている。観察・実験における「見通し」とは、予想や仮説を設定することであり、「見通し」をもつことで、何が分かるようになったかをはっきりさせることができるといわれている(文部科学省 2018 p. 21)。仮説設定では「(実験)すると、(結果)になると考えられる。なぜなら(根拠)だからです」のように、考察に近い構造の表現となる。したがって、「考察バーガー」は仮説設定の場面でも活用できると考えるので、実践していきたい。

2点目は、「考察バーガー」を使うための実験の設定である。前述の中央教育審議会答申では、「高等学校については、観察・実験や探究的な活動が十分に取入れられておらず、知識・理解を偏重した指導となっている」と指摘があることから、年間指導計画作成の段階から、計画的に実験の設定をしなければいけないと考えている。また、本研究では実験の様子を動画にすることで、生徒には考察から取り組ませることができた。このように、育成したい能力に応じた場面だけを切り取り、指導することも有効であると考えてるので、今後実践していきたい。

3点目は、「学びに向かう力、人間性等」の涵養についての検討である。検証結果と考察(3)で「実生活に役立つ」の平均値が上昇していることや、生徒からの意見で「今後の考察に役立てたい」といった自己の学習を調整するような意見があったことから、「学びに向かう力、人間性等」の涵養にも効果がある可能性がある。継続的な指導を通して、生徒の粘り強さや学習を調整する力の変化についても検証していきたい。

おわりに

昨今、探究的な学習がこれまで以上に重要視されているが、ただ生徒に探究するように促しても、探究する方法が理解できていなければ探究を進めることはできない。本研究では、「考察バーガー」を用いた指導を通して、授業で学んだ知識を根拠として活用して考える方法を示した。この取り組みが、生徒が探究的な学習を進めていくための一助となれば幸いである。

最後に、本研究を進めるにあたって御協力いただいた相模原高等学校の生徒と職員の皆様に深く感謝申し

上げる。

引用文献

- 中央教育審議会 2016 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について(答申)」 p. 145
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/01/10/1380902_0.pdf (2021年4月22日取得)
- 文部科学省 2018 「高等学校学習指導要領(平成30年告示)解説 理科編 理数編」
https://www.mext.go.jp/content/20211102-mxt_kyoiku02-100002620_06.pdf (2021年4月6日取得)

参考文献

- 神奈川県立相模原高等学校 2021 「スーパーサイエンスハイスクール研究開発実践報告書」 p. 7
<https://www.pen-kanagawa.ed.jp/sagamihara-h/ssh/documents/jisshihoukokusho2021.pdf> (2021年12月15日取得)
- 飯田寛志 後藤頭一 2019 「中学校理科実験における考察記述の論理的表現に関する一考察-相互評価表を用いた授業実践を通して-」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/sjst/60/2/60_sp18009/_pdf/-char/ja (2021年4月6日取得)
- 鮫島弘樹 清水誠 2015 「考察の記述の仕方を理解させる指導方法の研究」
https://sucra.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=17734&item_no=1&attribute_id=24&file_no=1 (2021年4月13日取得)
- 田辺浩明 2018 「『根拠に基づいた表現』を育む学習の場」 (一般社団法人日本理科教育学会『理科の教育』8月号) 東洋館出版社 p. 43
- 松原静郎 1997 「中等化学教育における個人実験を通しての科学的表現力育成に関する調査研究」
https://nier.repo.nii.ac.jp/?action=repository_uri&item_id=1102&file_id=22&file_no=1 (2021年5月24日取得)
- 山中真悟 木下博義 前原俊信 2015 「高等学校化学における批判的思考態度の育成に関する研究」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjet/39/1/39_38117/_pdf/-char/ja (2021年4月23日取得)

学習指導案

神奈川県立相模原高等学校 (小島 秀一 印)

1. 日 時 令和3年9月24日(金)2校時(10:00~11:00)
2. 場 所 (2年G組)
3. 生 徒 (2年F組、G組生物選択者 37名)
4. 科 目 (生物)
5. 単 元 名 (呼吸と発酵)
6. 単元観

「生物基礎」では、呼吸により糖を分解してATPが合成されることを学習している。「生物」では、糖のエネルギーが解糖系、クエン酸回路、電子伝達系と流れていき、ATPが合成されることを扱う。その際、電子伝達系によって水素イオンの濃度差が生じること、その濃度差を利用してATPが合成されることを扱う。発酵におけるATP合成にも触れ、呼吸と発酵の違いや実生活とのつながりについても扱う。また、生命現象を分子レベルで捉えるために、酵素と補酵素によるATP合成までのエネルギーの流れや、酸化還元反応など、必要な最小限の化学的な知識にも触れる。

7. 単元目標

呼吸と発酵を、ATPが合成されるまでのエネルギーの流れと関連付けて理解させることが目標である。

8. 単元の評価規準

(関心・意欲・態度) (a)	(思考・判断・表現) (b)	(観察・実験の技能) (c)	(知識・理解) (d)
呼吸と発酵について興味を持ち、主体的に取り組むことができる。	脱水素酵素の活性に関する資料や、発酵の実験結果をもとに根拠に基づいた結論を導き、表現することができる。	キューネ発酵管を正しく使い、実験結果を表やグラフにまとめることができる。	呼吸と発酵について、ATPが合成されるまでの流れを理解している。

9. 単元の指導・評価計画(6時間扱い)

時間	学習内容	評価規準	評価方法
1	呼吸①	d	テスト
2	呼吸②	d	テスト
3	呼吸商と発酵	b, d	テスト
4	アルコール発酵の実験	c, d	ワークシート
5	実験結果の考察①	b	ワークシート
6	実験結果の考察②(本時)	a, b	ワークシート

10. 本時の展開

【第1時】

(1) 目標

- ① キューネ発酵管を使ったアルコール発酵の実験に興味を持ち、積極的に取組むことができる。

(2) 指導過程

過程	学習活動	指導内容（教師）	指導上の留意点	評価規準
導入 5分		・meet に接続し、出席確認する。		
展 開 ① 15分	<p>●実験動画①</p> <p>・アルコール発酵の実験動画（操作編）を見る。</p> <p>・室温と40℃で反応させたときの結果について予想し、Forms から回答する。</p> <p>・水酸化ナトリウムを入れ、親指で蓋をして混ぜたときの変化について考え、Forms から回答する。</p>	<p>・アルコール発酵の実験動画（操作編）を見せる。</p> <p>・室温と40℃で反応させたときの結果について予想させ、Forms から回答させる。</p> <p>・水酸化ナトリウムを入れ、親指で蓋をして混ぜたときの変化について、Forms から回答させる。</p>	<p>・Forms でリアルタイムに回答が集計される様子を見せ、クラス全体で取り組んでいることを印象付ける。</p> <p>・この時発生した気体が、二酸化炭素とは限らないと理解させる。</p>	c, d
展 開 ② 20分	<p>●実験動画②</p> <p>・アルコール発酵の実験動画（水酸化ナトリウム編）を見る。</p> <p>・60℃及び3℃で反応させたらどうなるか考え、Forms から回答する。</p> <p>●実験動画③</p> <p>・アルコール発酵の実験動画（60℃・3℃編）を見る。</p> <p>・60℃・3℃処理したものを40℃で再度反応させたらどうなるか考え、Forms から回答する。</p>	<p>・アルコール発酵の実験動画（水酸化ナトリウム編）を見せる。</p> <p>・60℃及び3℃で反応させたらどうなるか考え、Forms から回答させる。</p> <p>・アルコール発酵の実験動画（60℃・3℃編）を見せる。</p> <p>・60℃・3℃処理したものを40℃で再度反応させたらどうなるか考え、Forms から回答させる。</p>	<p>・水酸化ナトリウムを入れた後の反応について、根拠に基づいた説明をする。</p>	c, d
まとめ 20分	<p>●実験動画④</p> <p>・アルコール発酵の実験動画（40℃再発酵編）を見る。</p> <p>・スライドに考察を記入する。</p>	<p>・アルコール発酵の実験動画（40℃再発酵編）を見せる。</p> <p>・スライドに考察を記入させる。</p>	<p>・実験結果を簡潔にまとめ、60℃→40℃と3℃→40℃のちがいに疑問をもたせる。</p> <p>・教科書を使って考察の書き方を説明する。</p>	c

【第2時】

(1) 目標

①事実、根拠、結論の意味を理解する。

(2) 指導過程

過程	学習活動	指導内容（教師）	指導上の留意点	評価規準
導入 5分		・meet に接続し、出席確認する。		
展開 ① 20分	<ul style="list-style-type: none"> ・「西の空が～」の文章について理解する。 ・「フッ素は～」の文章について考え、Forms から回答する。 ・事実、根拠、結論の意味を理解する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・「西の空が～」の文章について説明する。 ・「フッ素は～」の文章について、Forms から回答させる。 ・事実、根拠、結論の意味を理解させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・実験結果は事実であることを理解させる。 ・これまでに学習した科学的な法則や性質が根拠となることを理解させる。 	b
展開 ② 20分	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の考察の結果と結論に線を引く。 ・考察バーガーの説明を聞き、結果と結論をパンカードに写す。 ・エビカードに根拠となることを考えて書く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・生徒が書いた考察の結果と結論に線を引かせる。 ・考察バーガーのパンカードについて説明し、結果と結論を写させる。 ・エビカードに根拠となることを書かせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・結果と結論を区別させ、自分の考察に根拠が省略されていることを気づかせる。 ・根拠を書く際は、既習の知識と関連付けさせる。 	b
展開 ③ 15分	<ul style="list-style-type: none"> ・レタスカードを使って自分の考察に質問する。 ・質問の回答をトマトカードに書く。 ・回答できない質問の回答方法を考えてサラダカードに書く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・レタスカードを使って自分の考察に対しての質問をさせる。 ・質問についての回答をトマトカードまたはサラダカードに書かせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自分の考察に質問し、回答することで、根拠の裏付けとなることを考えさせる。 	b

【第3時】

(1) 目標

- ① 実験結果について根拠に基づいた結論を導き、表現することができるようになる。

(2) 指導過程

過程	学習活動	指導内容（教師）	指導上の留意点	評価規準
導入 5分		・meet に接続し、出席確認する。		
展開 ① 30分	<ul style="list-style-type: none"> ・レタスカードを使って班のメンバーの考察に質問をする。 ・質問の回答をトマトカードに書く。 ・回答できない質問の回答方法を考えてサラダカードに書く。 	<ul style="list-style-type: none"> ・レタスカードを使って他の生徒の根拠に対しての質問をさせる。 ・質問についての回答をトマトカードまたはサラダカードに書かせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・できるだけ他の人と違う質問をするようにさせる。 ・トマトカードとサラダカードに書いた内容にも根拠が含まれるようにする。 ・インターネットを使って調べたことを許可するが、調べた内容が根拠に基づいているかどうか（信じられる内容かどうか）を注意して判断させる。 	b
展開 ② 15分	<ul style="list-style-type: none"> ・考察バーガーの内容をまとめて、改めて考察を記述する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・考察バーガーの内容をまとめて、改めて考察を記述させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・必ず文章で書かせ、接続詞の使い方も気を付けさせる。 	a, b
まとめ 10分	<ul style="list-style-type: none"> ・Forms で事後アンケートに回答する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・Forms で事後アンケートに回答させる。 		

発酵の実験

目的：酵母が行う発酵の実験を通して、生物が行う化学反応について理解を深める。

準備：ドライイースト、10%グルコース溶液、水酸化ナトリウム、
100ml ビーカー、1000ml ビーカー、試験管、キューネ発酵管

方法：① 10%グルコース溶液にドライイーストを 2g 加えて発酵液を作る。

② 発酵液をキューネ発酵管に入れる。*こぼれないように盲管部をやや下に向ける。

③ 室温(23℃)と40℃に設定した水槽にキューネ発酵管を浸けて 10 分間反応させ、発生した気体の量を確認する。*温度が変化しないように注意する。

④ 反応後、水酸化ナトリウムを 2 粒入れ、親指で蓋をして混ぜて様子を観察する。

実験 1：室温(23℃)と 40℃ではどちらの方が、気体の発生量が多いと考えるか。

予想

結果

実験 2：気体が発生したキューネ発酵管に、水酸化ナトリウムを入れて親指で蓋をして混ぜると、どのような変化が起こると考えるか。

予想

結果

◎実験続き～温度を変えてみよう～

方法：⑥ 3℃と 60℃で設定した水槽にキューネ発酵管を浸けて 10 分反応させ、発生した気体の
量を確認する。

⑦ 3℃と 60℃で反応させたキューネ発酵管を改めて ℃で 10 分間反応させ、発生した気体の量を確認する。

実験 3：3℃と 60℃ではどちらの方が、二酸化炭素の発生量が多いと考えるか。

予想

結果

実験 4. 3℃と 60℃で反応させたキューネ発酵管を改めて ℃で 10 分間反応させると、それぞれ気体の発生量はどのように考えるか。

予想

3℃	→	℃
60℃	→	℃

結果

3℃	→	℃
60℃	→	℃

考察


実験 4 について考察しなさい

新たな疑問と疑問を解決する方法


感想

考察	考察2
新たな疑問と解決方法	新たな疑問と解決方法2


結果




結論




根拠



回答



質問



解決方法

