

4 理科

生徒が自ら自然を探究し、学びを深めようとする生徒の育成を目指した指導と評価

原田 雅史

本論の要旨

先の研究において、自然事象を科学的に調べる実験、思考ツールや議論を通して考察させることで、科学的な思考力を養おうとしてきた。具体的には、授業者が単元での学びを通じて育成すべき資質・能力を整理した上で、「何を学ぶのか」という、必要な指導内容等を検討し、その内容を「どのように学ぶのか」という生徒の具体的な学びの姿を考えながら構成していくための授業改善である。

本年度は、担当する第2学年の生命領域の単元を通して、単元内の学びのつながりを意識させた課題を提示し、生徒自ら自然事象に探究させるための単元構成と授業展開を目指した。工夫点は、指導の過程で生徒の実態を捉え、本質的な問いを据えながらパフォーマンス課題・ルーブリックを設定したり、発問に工夫を凝らしたりしてきたことである。生徒の主体的で対話的、探究的な学習活動を展開できたことが成果として挙げられる。

キーワード 探究学習、科学的に考察して結論を導く力、パフォーマンス課題とルーブリック

1. 本年度の教科研究の視点

平成22年(2010年)度に文部科学省は、学習指導と評価についてはそれらの一体化を推進し、教育課程全体の改善に向けた取り組みと結び付け、学習指導に関わるPDCAサイクルの中で適切に実施されることが重要であると示している¹⁾。また、指導と評価の一体化を目指し、教員が授業の中で生徒の反応を見ながら学習指導の在り方を見直し、一連の授業の中で個に応じた指導を図る時間を設け、授業改善に努めたいと思うのは当然のことであろう。しかしながら、時間的制約から学習評価は主として定期テストに委ねられているのが現状である。生徒が学びの中で理解を深め、授業者が育成すべき資質・能力を意識して設定した課題や発問がどれほどの教育的効果を生み出したかどうかまでは省察できないといった教育現場の声をしばしば耳にする。今求められている学習評価は、より効率的に単元ごとの生徒の学びの深まりを評価できる方法ではなかろうか。

2017年度より探究的学習活動の過程を意識した単元構成を行い、単元での学習内容の関連性を意識しながら学習し、その中で生徒自身が科学的に考察して結論を導く力を養えたかどうかを評価しながら授業を展開していきたいと考え、本研究を進めている。単元の指導計画を行う際には、本質的な問いを設定し、単元内の学びのつながりを意識させたパフォーマンス課題を提示する。生徒自らが疑問を持ち、学習への課題意識の高まりを目指し、探究のプロセス「A課題の設定→B情報収集→C整理・分析→D発表と交流→Eまとめ→F新たな課題」の流れを大切に展開する。また、単元内の各授業で習得してきた科学的な概念を関連付けていくことによって、科学的に思考したことやグループでの学習を通して多面・多

角的に判断したことを論述できるようになることを意識しながら指導と評価を充実させることにした。

2. 研究の目的

本研究では、2年生を対象に、生命領域の学習の各単元を取り扱うことにした。平成27年度全国学力・学習状況調査において、デザートづくりなど、日常生活で誰もが経験できる場面で、疑問から問題を見出し、課題を設定して解決する学習活動が取りあげられていた。この設問を手がかりに、生徒が自ら問題を見出し、設定した課題を解決する観察・実験を行い、分析して解釈する学習場面を設定できるように単元を構成し、新たな疑問から課題づくりを行う学習場面を設定したいと考えた。また、習得した知識を活用し、課題に取り組む姿が見られたかどうかについて、授業での見取りとその後の様子から、本研究の成果と課題を検討する。

3. 研究の具体的方法

2.の目的達成に向けた取り組みとして、次の(1)～(5)を実践する。

(1) 本単元のゴール(目標)の設定

本研究は、平成27年度全国学力・学習状況調査の出題問題を手がかりとした。国立教育政策研究所がアイデア例を提示したり、活用のポイントを示しているが、実際どのように単元を実践していくと探究的学習活動を深めることができるか検討したい。

また、果物に含まれる酵素のはたらきをテーマとした探究的学習活動を通して、日々の話し合いの内容やこれまでの学習を振り返り、課題解決に必要な基礎的な知識や概念、技能の習得を図りたい。以上のことより、本単元におけるゴール(目標)を以下の通り設

定した。

動物の消化・吸収に関わる器官のはたらきに関心を持ち、実験の基本操作や仮説を検証するための方法を身に付けるとともに、得られた結果を整理しながら生物の生命活動と関連づけて考察し、理解することができる。

(2) 本質的な問い・永続的理解の設定

「本質的な問い」は、一問一答では答えられない問いであり、論争的で探究を触発するような問いとされている²⁾。学問の中核に位置する問いであると同時に、生活との関連から学ぶ意義が見えてくるような問いとしている。単元を通して「本質的な問い」を問うことで、個々の知識やスキルが関連付けられ総合されて「永続的理解」へと至ることができる。そこで、本単元の「本質的な問い」「永続的理解」を以下の通り設定した。

【本質的な問い】

酵素に関わる現象について探究するとき、どのようにして調べればよいか。

【永続的理解】

ゼラチンの主成分は牛や豚などの骨や皮のタンパク質で構成されている。一方、キウイフルーツやパイナップルにはタンパク質を分解する酵素が含まれており、これらが混ぜ合わさると果物に含まれる酵素がゼラチンのタンパク質を分解してしまうため、ゼラチン本来の固まる力も失われてしまう。また、これらの酵素には特異性(決まった物質にしかはたらかないこと)や、最も活発にはたらく温度が決まっており、条件によってはうまく酵素がはたらかないこともある。

また、単元中に習得すべき知識および技能を以下の通り示す。これらの項目をパフォーマンス課題・ルーブリック評価によって評価することとした。

【知識】

- 動物には消化器官が備わっており、そのはたらきによって、食物が物理的および化学的に消化され、栄養分が吸収される。
- 消化には、消化液に含まれている消化酵素が関わっている。代表的な消化酵素として、アミラーゼ、ペプシン、トリプシン、リパーゼがある。酵素は生体内で化学反応を起こすうえで、大変重要な役割を担っている。
- 消化酵素のはたらきにより、食物が小腸の壁から吸収されやすい物質に変化する。
- 酵素には特異性や最も活発にはたらく温度が決まっており、条件によってはうまく酵素がはたらかないこともある。

【技能】

- 動物の消化に関する観察や実験において、唾液がデ

ンプンを糖に変えるはたらきを確かめる方法を立案すること。

- 果物などに含まれている酵素のはたらきを検証する観察や実験において、酵素の特異性や酵素の活性を高めたり、弱めたりする方法を立案すること。

(3) パフォーマンス課題・ルーブリックの設定

(1)(2)を受けて、パフォーマンス課題・ルーブリックを以下の通り設定した。

【パフォーマンス課題】

あなたはパティスリー『FUZOKU』のパティシエで、この夏の新作商品を開発中です。今年では果物を使った“フルーツゼリー”にしようと決めました。ところが、ある日のこと、先輩が大慌てであなたの元へやってきました。どうやら昨晚つくった試作品のゼリーがいつの間にかとけてしまったというのです。さて、あなたはこれまで「消化」に関する学習を進めてきました。これをふまえて、これまでの話し合いの内容や今までの学習を振り返り、先輩パティシエが失敗しないためにあなたが重要だと考えることをアドバイスしてください。(その際、何が失敗の原因か、明らかにすること。)

【ルーブリック】

A 基準

①ゼリーがとけた原因②ゼリーのとけ方の違いの2点について触れ、これまでの話し合いや学習内容をステップチャートに整理したものを参考にしながら、ゼラチンゼリーに対する具体策が書けている。

B 基準

ステップチャートを活用しながら、①ゼリーがとけた原因②ゼリーのとけ方の違いの2点について触れており、キウイフルーツなどの果物を乗せてもゼリーが形を保つ方法を自分の言葉で書けている。

C 基準

本単元での学習内容に触れておらず、順序立てて説明ができていない。

授業で習得したキーワードを言語化しながらステップチャート上で関連付けることで、学習によって習得した情報が整理され、生徒に科学的概念を獲得する上でキーワードがどのように活用されたかを知る手がかりとしている。そして、生徒の理解度だけでなく、授業者の指導による教育効果の検証等を評価することも目的としている。授業の終末に振り返りの時間を設定し、ステップチャートに記入させる。昨年度はイメージマップを活用³⁾したが、知識の関連性を意識してパフォーマンス課題に取り組む生徒が少なかったことから、本年度は学習の過程が順序立て記録できるようにステップチャートを採用した。

(4) 単元構想図の作成

(1)～(3)を踏まえて、単元構想図の作成を行った(図1)。単元構想図には、①単元の目標(ねらい)②本質的な問い③学習活動④学習のねらい⑤ねらいにせまる中心発問⑥求めるキーワードを明記し、学習する生徒の視点に立ち、本単元での学びを通じて「何ができるようになるのか」という観点から、育成すべき資質・能力を整理した。その上で、整理された資質・能力を育成するために「何を学ぶのか」という、必要な指導内容等を検討する。また、その内容を「どのように学ぶのか」という、生徒の具体的な学びの姿を考えながら構成した。

(5) 定期テストによる評価

酵素のはたらきについて次の問いを定期テストに出題し、その正誤答の分析を行った。出題する問題は、平成27年度全国学力・学習状況調査における大問7である。問(2)については、本単元のパフォーマンス課題をループリックによって評価した具体的な指標となり得る設問であるため、テスト後に生徒の回答を分析し、どれほどの成果が出たか、どのような課題が見られたか、授業者がフィードバックを行うことにした。

花子さんは、容器にゼリーとキウイフルーツを入れてデザートをつくった。冷蔵庫にしばらく入れたところ、ゼリーの形が崩れて液状になっていた。このことに疑問をもち、調べたり実験を行ったりした。

〔課題Ⅰ〕キウイフルーツには、ゼラチンや寒天を分解するはたらきがあるのだろうか。

次の文章は、花子さんが書いたレポートの一部である。あとの問いに答えよ。

【方法】①AとBにはゼラチンのゼリーを、CとDには寒天のゼリーを入れる。AとCにはキウイフルーツのしぼり汁を、BとDには水を入れる。

②しばらく時間をおき、A～Dに変化があるかどうかを観察する。

| A | B | C | D |
|------------------|------|------|------|
| 変化あり (液状になった) | 変化なし | 変化なし | 変化なし |

問(1)

結果の表から、キウイフルーツがゼラチンや寒天を分解するはたらきについて、考えられることとして最も適切なものを、次のア～エの中から一つ選び、記号で答えよ。

- ア ゼラチンと寒天のどちらも分解する。
- イ ゼラチンを分解するが、寒天を分解しない。
- ウ ゼラチンを分解しないが、寒天を分解する。
- エ ゼラチンと寒天のどちらも分解しない。

【新たな疑問】輪切りにしたキウイフルーツの上に、細長いゼリーを置いてしばらく時間をおいたところ、「皮に近い部分」、「種子の多い部分」、「中心部分」でゼリーの崩れ方に違いが見られて、不思議に思った。

〔課題Ⅱ〕キウイフルーツが物質を分解するはたらきは、()

問(2)

花子さんは、新たな疑問から課題Ⅱを設定して調べようとしている。()に入る適切な内容を書け。

| 単元名「生命を維持するはたらき(消化・吸収)」 | | 単元構想図 | | | |
|--|-----|-----------------------------------|---|--|--------------------|
| 単元の目標(ねらい) 動物の消化・吸収に関わる器官のはたらきに関心をもち、実験の基本操作や仮説を検証するための方法などを身につけるとともに、得られた結果を整理しながら生物の生命活動と関連づけて考察し、理解することができる。 | | | | | |
| 論述課題 あなたはパティスリー「FUZOKU」のパティシエで、この夏の新作商品を開発中です。今年は果物を使った“フルーツゼリー”にしよう決めました。ところが、ある日のこと、後輩が大體であなたの元へやってきました。どうやら昨晚つくった試作品のゼリーがいつの間にかとけてしまったのです。さて、あなたはこれまで「消化」に関する学習を進めてきました。これをふまえて、これまでの話し合いの内容や今までの学習を振り返り、後輩パティシエが失敗しないためにあなたが重要だと考えることをアドバイスしてください(その際、何が失敗の原因か、明らかにすること)。 | | | | | |
| 本質的な問い 酵素に関わる現象について探究するとき、どのようにして調べればよいか。 | 時程 | 学習活動 | 学習のねらい | ねらいにせまる中心発問 | 学習評価 求めるキーワード |
| | 1 | 栄養分をとり入れるしくみ1～立案～ | 唾液はでんぷんを分解するはたらきがあるという仮説を立て、仮説検証のために適切な実験方法を立案することができる。 | 仮説を検証するためにどのような条件を変えて調べればよいか。 | 消化管、デンプン、ブドウ糖、消化液、 |
| | 2 | 栄養分をとり入れるしくみ2～仮説の検証実験～ | 唾液はデンプンを分解するはたらきがあることをヨウ素液やペネジクト液の反応から推測する。 | 唾液の持つはたらきとはどのようなものか。 | 消化 |
| | 3 | 栄養分をとり入れるしくみ3～消化液のはたらき・まとめ～ | 唾液によるデンプンの分解実験を通して、栄養分が消化され分解される仕組みを知る。 | なぜ食物は消化され、分解されるのだろうか。 | 消化酵素 |
| | 4 | キウイフルーツにはゼラチンや寒天を分解するはたらきがあるのだろうか | キウイフルーツが物質を分解するはたらきを調べる実験において、結果を分析して解釈し、キウイフルーツはゼラチンを分解するが、寒天を分解しないと指摘することができる。 | どのような方法で調べれば、ゼラチンや寒天がキウイフルーツによって分解されたことが検証できるだろうか。 | 対照実験、酵素の特異性 |
| | 5・6 | ゼリーの溶け方の違いは何に関係しているのだろうか | キウイフルーツの上に置いたゼリーの崩れ方に違いが見られたことから見出した問題をもとに、適切な課題を設定することができる。 | 「とけ方の違い」を見るために、キウイと何かを比較したり、ゼリーがとけることの原因と関係付けたりして考えよう。 | キウイの部分 |
| | 7 | キウイフルーツの秘密を探ろう | これまでに学習してきた既知の知識を活用して、科学的根拠に基づきながら分析・解釈することにより、酵素のはたらきやそのはたらき方の違いについてパフォーマンス課題と関連付けながら説明することができる。 | ゼリーの形を保つにはどのようなこと気をつけなければならないか? | 酵素の失活の条件 |
| | 8 | 栄養分の吸収 | 小腸の柔毛のつくりとはたらきを知り、消化された栄養分などが効率よく吸収されることを知る。 | 小腸の壁にたくさんの柔毛があることは、栄養分を吸収するうえで、どのように都合がよいのだろうか。 | 柔毛、毛細血管、リンパ管 |

図1 本単元の単元構想図

4. 実践事例

2. の目的を踏まえた第2学年における生命領域の単元「生命を維持するはたらき」に対して、どのような学習テーマで授業を行ったかをまとめた(図2)。なお、本校研究課題として掲げている探究的学習活動のプロセス(A~F)について、どのプロセスを意識したかを「探究」欄に取り上げる。

| |
|---------|
| 探究のプロセス |
| A 課題の設定 |
| B 情報収集 |
| C 整理・分析 |
| D 発表と交流 |
| E まとめ |
| F 新たな課題 |

| 時程 | 学習活動 | 探究 |
|-----|-----------------------------------|------|
| 1~3 | 栄養分をとり入れるしくみ | ABCD |
| 4 | キウイフルーツにはゼラチンや寒天を分解するはたらきがあるのだろうか | ABC |
| 5~6 | ゼリーの溶け方の違いは何に関係しているのだろうか。 | CDF |
| 7 | キウイフルーツの秘密を探ろう | CE |
| 8 | 栄養分の吸収 | CE |

図2 本単元の学習計画(全8時間)

(1) 第4時について


探究的学習活動の導入として位置づけ、授業を展開した。本時のめあてとして、キウイフルーツが物質を分解するはたらきを調べる実験において、結果を分析して解釈し、キウイフルーツはゼラチンを分解するが、寒天を分解しないと指摘することができる生徒の姿を目指した。

導入部分では、スライド資料(図3)を用いながらパフォーマンス課題を提示し、生徒の興味・関心を高めるように努めながら説明を行った。

先輩は次のような話を教えてくれました。

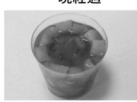
- 容器にゼリーとキウイフルーツを入れていた。
- 冷蔵庫に12時間入れて放置したところ、ゼリーの形が崩れて液状になってしまった。


盛り合わせた直後



→

一晩経過





さて、なぜゼリーは形が崩れて液状になってしまったのでしょうか？

図3 導入部で使用したスライド資料


展開部分では、授業者から次の2点について提示(図4)し、そこからゼラチンや寒天がキウイフルーツによって分解されたこと(仮説)を検証するための実験を考えさせた。

調べてわかったこと

- ゼリーの主な原材料はゼラチンや寒天などがある。

ゼラチン → タンパク質

寒天 → 炭水化物



- キウイフルーツには、消化酵素のように物質を分解するはたらきがある。

このことから、どのようなことが考えられますか？

図4 第4時で使用したスライド資料

生徒には、学習班ごとに考えを発表することを伝え、意見の集約には発表マグネットシート(理科ウチダス, 210mm×297mm)を活用した(図5)。話し合いの際、生徒は「ゼラチンと寒天をそれぞれキウイフルーツの果汁に反応させればよい。」「実験結果の原因が本当にキウイフルーツであるということを確認するために、対照実験を行うべき。」といったことを発表し合いながら、発表マグネットシートに記入していた。

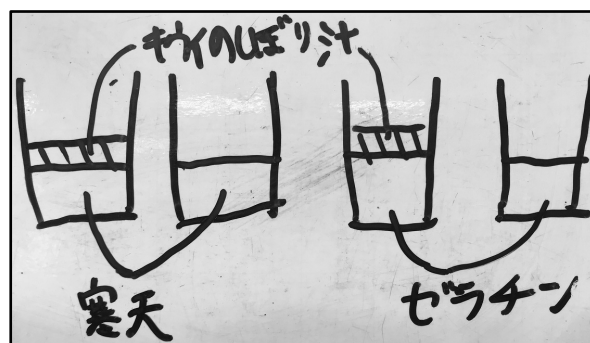


図5 第4時で生徒が記入した発表マグネットシートの様子

全体で交流の後、授業者が前日に仕掛けておいた実験装置を生徒に観察させ、その結果からキウイフルーツがゼラチンや寒天を分解するはたらきについて考えられることをノートに記入させた。

(2) 第5~7時について

第5時のめあては、キウイフルーツの上に置いたゼリーの崩れ方に違いが見られたことから見出した問題をもとに、適切な課題を設定することである。そこで、授業の導入部分では図6を提示し、新たな課題を生徒に見出させることにした。生徒は図6を見て、すぐに「とけ方の違い」に着目し、ゼリーのとけ方は何が原因で違いが出たのか考え始めた。

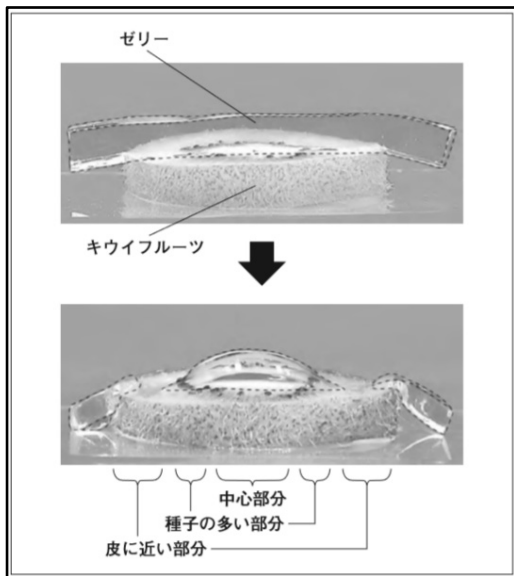


図6 第5時で授業者が提示した資料

そこで、学習班ごとに既習内容をふまえながら、ゼリーの「とけ方の違い」が「キウイフルーツの部位」以外にも考えられないかどうか、検討させた。すると、「果物や他の食品に含まれている酵素の種類」、「温度」、「キウイフルーツの品種」などの要因が挙げられた。

特筆すべきは、生徒が日常生活で経験する場面を想起し、疑問から問題を見出し、課題を設定して解決しようとする姿が自発的に現れたことにある。第6時では、図7に示すワークシートを参考に、実験の目的や手順、期待すべき結果などを学習班ごとに整理させ、交流に役立てた。

ある学習班は「消化酵素の種類」に着目してゼリーのとけ方の違いを検証することにした。聞き取り調査を行ったところ、キウイフルーツだけでなく、さまざまな食材には酵素が含まれており、そのはたらきを利用した調理方法に気づいたという。「パイナップルが酢豚に入っているのはもしかしたら肉のタンパク質を分解して柔らかくするためではないか。」「焼肉の時にも、肉をすりおろした果物と一緒に漬け込むと聞いたことがある。もしかしてゼリーを溶かす秘密と何か関係があるのではないか。」といったことを話し合いながら、生徒は考えを整理していた。最終的には、キウイフルーツ以外に①ハチミツ②ショウガ③パイナップルを選択した。その理由を「食べた瞬間にピリッとする感じがするもの」としている。つまり、キウイフルーツを食べた後、舌に残る刺激が、酵素のはたらきによるものではないかという考えを日常生活の経験から考えたようである。自らが設定した課題を解決すべく、ゼリーの上に載せるための材料を準備している生徒のようすはまさに主体的であり、いきいきとした姿が見られ

た(図8)。

①あなたが確かめたいこと・あなたの班が立てた仮説は？
ゼリーのとけ方の違いは、
(消化酵素の種類) に関係している。

②仮説を検証するための実験について

パイナップル果汁 + ゼリー } 冷蔵庫
(ショウガ汁 + ゼリー)
(はちみつ + ゼリー)
パイナップルとショウガにも、
たんぱく質の消化酵素があったと思うので、
ゼラチンゼリーにためず、キウイとは種類が
違う消化酵素だと思われる。

↓
消化酵素の種類によるとけ方のちがいを
見られる!

③どのようなことが予想されると思いますか？
とけ方に差が出ると思う。

1. パイナップル → A < キウイ?
2. ショウガ → C 食べた瞬間のピリッとする
3. はちみつ → B 感じが、この喉だと思ったから

図7 第6時における実験レポート(一部抜粋)



図8 第6時における生徒のようす

第7時は令和元年8月31日(土)本校研究発表会にて公開授業として実施した。これまでに学習してきた既存の知識を活用して、科学的根拠に基づきながら分析・解釈することにより、キウイフルーツが物質を分解するはたらきについて見出し、キウイフルーツに隠された秘密について説明させるパフォーマンス課題に取り組みさせた。

授業の展開は、図9で示している。先ほど紹介した「消化酵素の種類」について検証を行った学習班の生徒は、心を弾ませながら本時を迎えることになった。しかし、結果は彼らの予想を大きく裏切るものであった。キウイフルーツよりもゼリーが溶けると考えていたパイナップルは、ほとんど差が見られず、代わりにハチミツがキウイフルーツやパイナップルの倍以上ゼリーを溶かしていた。

| 学習内容・活動 ○指導 | |
|--|--|
| 1. 本時の課題確認 | |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 学習課題 ゼリーの形を保つにはどのようなことに気をつければよいか？ </div> | |
| 2. 班ごとに考えた実験方法について発表・交流する。 | |
| ○変化すること(従属変数)とその原因として考えられる要因(独立変数)に着目し、聞き手にもそのことがはっきりと伝わるように明らかにしながら発表させたい。 | |
| 3. 実験結果を確認し、ノートに整理する。 | |
| 4. 実験結果より、ゼリーのとけ方に違いを生じさせた原因は何か考察する。 | |
| 5. キウイフルーツに含まれている酵素についてまとめる。 | |
| 6. パフォーマンス課題について取り組む。 | |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> まとめ 加熱することで果物に含まれている酵素をはたらきにくくしたり、酵素がタンパク質とはたらかないようにするためにゼラチンと果物が直接接触合わなくしたりすることで、ゼリーは崩れることなく形を保つことができる。 </div> | |

図9 第7時における学習過程

この結果を受けて、生徒は得られた実験結果から考えられることを必死に分析しようとしていた(図10)。「ショウガはピリッとするけど、タンパク質を分解する酵素が入っていないからではないか。」「ピリッとする感じだけでは、酵素のはたらきかどうか判断できないということだね。」「ハチミツは濃度が高い分、キウイフルーツやパイナップルに比べると一定量あたりの酵素の量が多かったのかもしれない。」と、次々と生徒どうしの話し合いが展開されていた。これまでの学習で得た知識が活用され、新たな課題に向かって分析・解釈する場面が教室の様々な場所で起こっていた(図11)。

◎結果 -フリーマトリックスに整理しよう-

| | ハチミツ | ショウガ | パイナップル | キウイ |
|----------------|---------|------|---------|---------|
| 変化の有無 | ○ | × | ○ | ○ |
| ゼリーがどれくらい下がったか | 1.5cm ↓ | — | 0.7cm ↓ | 0.7cm ↓ |

◎考察 実験からわかること
 ハチミツ、パイナップルにはキウイと同じような消化酵素が含まれている。
 ハチミツの消化酵素は、キウイやパイナップルよりも効果が強い？もしくは多く含まれている？

図10 生徒のワークシート



図11 第7時における生徒のようす

その後、学習班ごとに発表し、全体交流を行った。変化すること(従属変数)とその原因として考えられる要因(独立変数)に着目し、聞き手にもそのことがはっきりと伝わるように明らかにしながら発表することを指導の重点とした。生徒は、他の班の取り組みをステップチャートに書き取りながらわかることを整理していた(図12)。そこには、ゼリーがとけた原因が消化酵素のように物質を分解するはたらきによるものであること、そのはたらきは甘酸っぱさとは関係ないが、タンパク質を分解するはたらきに違いがあることなどを丁寧に記入されているものが多く見られた。

また、「ゼリーの材料に分解されないかどうか調べておく」といったゼリーの形を保つための留意点を考えながら、単元の学習に没頭して理解を深めようとする姿が伺えた。

★ステップチャート 寒天(炭水化物)は分解しにくい。他の物質にははたらきがない。

なぜゼリーはとけてしまったの？失敗の原因は？

↓ キウイフルーツには消化酵素のよくに物質を分解するはたらきがある。ゼラチンのタンパク質がキウイの働きにより分解された。

ゼリーのとけ方に何に関係があったのかな？

↓ キウイ部分、部位に限定して、果肉や種の部分がよくとける。
 ・フルーツの種類、pHは関係ない(皮に近い部分)。フルーツの成分

後製パティシエが失敗しないためにあなたが重要だと思うことは？

↓ ゼリーを作る時に、材料とするものに分解作用が強い、調べておく(何でもゼリー)にできること限らない。甘酸っぱさは甘酸っぱさに関係ないが、キウイの種類、果物の種類には必ず関係がある。

図12 生徒のステップチャート

キウイフルーツには消化酵素のよくに物質を分解するはたらきがあり、ゼラチンのタンパク質が、キウイの働きにより分解された。(これは原因として甘酸っぱさとは関係ないが、タンパク質を分解するはたらきに違いがある。キウイとゼリーを接しないように他の寒天や果物を置くこと)で酵素がはたらかせない工夫を考えて記載している。また、「キウイフルーツを凍らせる」方法は、この生徒自身が確かめ

図13 生徒のパフォーマンス課題

図13は、第7時の終末部で生徒が取り組んだパフォーマンス課題である。この生徒は、「キウイフルーツはタンパク質にのみ反応する」という酵素の特異性を考慮して、「キウイとゼリーを接しないように他の寒天や果物を置く」ことで酵素がはたらかせない工夫を考えて記載している。また、「キウイフルーツを凍らせる」方法は、この生徒自身が確かめ

たわけではなく、他の学習班の実験結果をもとに考えたものであった。「酵素が適切にはたらくためには、適切な温度が必要」ということを学級内の交流から学んでいたようである。

5. 本校研究協議会(教科別分科会)での記録

公開授業(第7時)の後、参会者とともに研究協議会を行った。以下にその時の記録を示す。

(参)…参会者、(授)…授業者、(指)…指導助言者

(参1)生徒がパフォーマンス課題に抵抗なく取り組む様子が見て取れたが、どれくらいの頻度で取り組ませているのか。

→(授)年間5~6回程度。年間指導計画を立てる際に吟味し、各領域で出題しやすそうな単元を選択して単元構想図に整理して実施している。

(参2)唾液などに含まれる消化酵素の存在を意識させて指導していたのか。

→(授)生徒同士が対話的に課題と向き合う中で、既習内容を振り返りながら主体的に学びを深めてほしいと思い、特に強調することはなかった。

(参3)「酸っぱさ」「甘さ」を仮説にした生徒には、どのように助言したのか。

→(授)味の違う果物を比較しても、ゼリーのとけ方に違いが出るということに着目させるように指導していた。酵素のはたらきの違いを考えると、pHメーターやpH試験紙を発展的に使用しても良かったかもしれないが、「酸性の程度」については第3学年の学習内容でもあるので、あまり知識や技能を広げないように考慮した。

(指1)授業後に、生徒と話をしていると、パフォーマンス課題に取り組むことが楽しいと言っていた。パフォーマンス課題を単元内に設定することで深い学びにつながる。生徒が問題を見出し、課題を設定して解決する学習活動に必要なのは、疑問をたくさん持つことが大切である。

(指2)学習指導要領では、学習評価に関して単元全体の中での評価規準の必要性を挙げている。今後もこうした研究がさらに広がることを期待する。課題としては、パフォーマンス課題のループリックをもう少し明確に設定しておくことである。

6. 成果と課題

本研究を進めるにあたって、生徒の実態を捉え、本質的な問いを据えながら課題を設定したり、発問に工夫を凝らしたりしてきたことが、探究的な学習活動を展開できた最大の成果であると考えている。授業者が育成すべき資質・能力を意識して単元の構

成を考える中で、学習内容の関連性が重点化され、生徒の学びがより深まったのではないだろうか。

また、パフォーマンス課題に取り組む際、ステップチャートに学習の記録を残せるようにして、それらを活用できるように手立てを講じた。このことは学習者にとって、これまでの学習を振り返りながら思考を整理するのに役立つのではないだろうか。生徒の実態を見ていると、授業者の意図を捉えながら丁寧にステップチャートを活用し、最後まであきらめことなく論述課題に取り組む生徒が昨年度より多く見られた。昨年度採用したイメージマップは、キーワードの関連性を「つなぐ」ことで視覚化していた。成績上位者にとって、キーワードの関連性は整理されている状態なので簡単な作業であるが、成績中・下位者にとっては「つなぐ」ことがかえってイメージマップを煩雑なものとしてしまい、キーワードの重要度がわかりにくくなってしまっていた。結果的に、論立てて説明する難易度を上げることになっていたのかもしれない。その点、ステップチャートは論立てて説明する場面に活用されやすく、思考をはたらかせようという意識も増し、パフォーマンス課題に対する生徒の思考の質が昨年度よりもはるかに向上しているように感じている。

さて、定期テストによる評価について以下のとおりである。今回は教科担当している3学級(105名)を対象とし、採点した後、分析を行った。

まず、問(1)について、正答率は99%(104名が正回答)とかなり高い結果が得られた。これは、ほとんど同じ内容を授業で取り扱ったことで、キウイフルーツに含まれる酵素の特異性について、知識として定着が見られたといえる。

問(2)の正答率は73%(77名が正回答)であった。この時の正答の条件としては、次の(a)と(b)を満たしているものを基準とした。

- | |
|---|
| (a)「皮に近い部分」「種子の多い部分」「中心部分」など、キウイフルーツの部分(場所)に着目している。 (b)疑問を示している者や取り組もうとすることが明確なものなど、課題を設定する表現となっている。 |
|---|

最も多い正回答は、「キウイの部分によって異なるのではないか」であった。キウイフルーツの上に置いたゼリーの崩れ方に違いが見られたことから見出した問題をもとに、適切な課題を設定することができていた。

また、誤回答を中心に、記述内容の分析を行った。まず無回答は1名であったことから、ほとんど全員がこれまでの学習で習得した知識および技能を發揮

しようとする様子が伺えた。また、「ゼリーの部位に関係しているのだろうか。」といった（ ）に入れると不適切な内容のものが8名であった。

さらに、『(a)を満たしているが、(b)を満たしていないもの』は13名で、『(b)を満たしているが、(a)を満たしていないもの』は6名であった。以下に顕著なものを示す。

- ・キウイフルーツの部分ごとで違う。含まれている成分によって異なる。(生徒A)
- ・皮に近い部分に多く含まれている。(生徒B)
- ・皮に近い部分がとけたようにキウイの酸性(酸っぱさ)が関係しているのか。(生徒C)
- ・糖度によって分解する速さは異なるのか。(生徒D)
- ・果物の種類に関係しているのだろうか。(生徒E)

これらの誤回答には、授業での獲得した浅い知識を断片的に論述しているものが多く見られる。また、知識の質としても根拠としては客観性が低く、知識間の関連付けが不十分であると、根拠に基づいた記述は困難であることがわかった。

反省点としては、協議会でもあったように、「酸性」、「糖度」などの条件に着目してしまった誤回答も少なからず存在したことである。味の違う果物を比較しても、ゼリーのとけ方に違いが出るということに着目させながら指導していたが、全ての生徒に気づきを与えることが不十分であった。また、ゼリーのとけ方の違いを生む要因を生徒から挙げさせたが、思考が広がりすぎてしまい、かえって混乱を招いてしまったかもしれない。本単元は生物内の「消化酵素」が幹となるべきで、生徒に消化酵素の存在を気づかせる工夫が授業内に設定できていれば定期テストにおいても曖昧な理解を示す回答をさらに減らせたのではないだろうか。

そして、パフォーマンス課題に取り組ませる過程に、何らかの思考ツールを活用することは大変効果的であることがわかった。重要なことは、思考ツールをいつ・どこで・どのようにして活用するかである。思考ツールの選択は、単元を構成する際に授業者が吟味していかなければならない。そのうえで、パフォーマンス課題が「どのような資質・能力を評価しようとしているのか。」、「どの場面で使うのか。」ということはより明確にしていく必要がある。以上の点を改善事項として、来年度は同様のテーマで取り組みたいと思う。

■注.

- 1) 文部科学省教育課程部会「児童生徒の学習評価の在り方について(報告)」(2010年)
- 2) 滋賀大学教育学部附属中学校研究紀要(61), p. 62-p. 67(2018年)
- 3) 西岡加名恵・石井英真「教科の『深い学び』を実現するパフォーマンス評価『見方・考え方』をどう育てるか」日本標準, p. 16-p. 17(2019年)

■参考

- ・文部科学省教育課程部会「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」(2017年)
- ・文部科学省「中学校学習指導要領解説理科編」(2012年)
- ・文部科学省国立教育政策研究所「全国学力・学習状況調査 解説資料および報告書」(2015年)
- ・啓林館「未来へひろがるサイエンス2」