

1. 2. 4 理科

岡田 仁・宮崎 達朗・高田 太樹

2. 4. 1 研究主題

思考し、表現する場면을重視したカリキュラムの開発と実践 ～科学的な思考を促す課題提示の工夫～

2. 4. 2 研究主題について

(1)理科における「主体的・対話的で深い学び」について

中央教育審議会教育課程部会理科ワーキンググループにおいて、「理科におけるアクティブ・ラーニングの3つの視点からの不断の授業改善について」の審議がなされ（平成28年5月25日）、『深い学び』について以下のように示された。

自然の事物・現象について、理科における見方・考え方を用いて、探究の過程を通して学ぶことにより、資質・能力を獲得するとともに、見方・考え方も成長する。さらに獲得した資質・能力や成長した見方・考え方を次の学習や日常生活など（問題発見・解決）に活用することによって、「深い学び」につながる。なお、「深い学び」のためには、「対話的な学び」や「主体的な学び」が重要である。

例えば、観察・実験などの学習の過程を振り返って変容を自覚したり表現したりする学習場面を必要に応じて設けることなど。

平成28年12月21日に行われた中央教育審議会において出された次期学習指導要領の答申では、「主体的・対話的で深い学び」という教師の不断の授業改善における「目標とする子どもの学びの姿」が示された。そこには以下のように「深い学びの姿」が示された。

習得・活用・探究という学びの過程の中で、各教科等の特質に応じた「見方・考え方」を働かせながら、知識を相互に関連付けてより深く理解したり、情報を精査して考えを形成したり、問題を見いだして解決策を考えたり、思いや考えをもとに創造したりすることに向かう「深い学び」が実現できているか。

これらのことにより、「深い学び」の実現のためには、理科における「見方・考え方」を教師が的確に捉え、主体的・対話的な授業を構築していくことが必要であると考えられる。

同答申では、理科の見方・考え方について、次のようにまとめられている。

「理科の見方・考え方」については、自然の事物・現象を、質的・量的な関係や時間的・空間的な関係などの科学的な視点で捉え、比較したり、関係付けたりするなどの科学的に探究する方法を用いて考えること。

この「見方・考え方」を働かせる場面を設定し、それを自ら使っていることを意識させる学習の実現を図1のように設定する。

理科における見方・考え方

自然の事物・現象を科学的な視点で捉え、科学的に探究する方法を用いて考える。

授業改善の視点

生徒自身が見通しをもって学びに入り、
自己の学習状況を振り返り修正していく環境
を教師がつくる。

教師の計画的な授業展開

主体的な学び

- ・問題を見いだす（問題意識）
- ・実験計画の立案（知識・技能の活用）
- ・探究の過程を振り返る（メタ認知）

教師の対話への介入

対話的な学び

- ・他者との問題意識の共有
- ・他者の意見の改善点の提案（批判的思考）

資質・能力

（理科を通して身につける汎用的な力）

- 「知識及び技能」
- 「思考力・判断力・表現力等」
- 「学びに向かう力・人間性等」

理科における「見方・考え方」
を働かせた学び

図1 「見方・考え方」を働かせる場面を設定し、それを自ら使っていることを意識させる学習の実現

(2)理科が育てる「21世紀型能力」について

本校の今までの研究において、理科で育てたい人物像を以下のように設定してきた。

1. 自らすすんで課題に取り組む主体性、ひとりよがりにならず、多くの客観的なデータを集め、広く他者と関わる協調性、情報や意見を交換しながら考えようとする客観性を身につけている。
2. 自然界や日常生活、社会と関連付けられた基本的な知識・技能を身につけている。
3. 課題に対して、客観的な事実をもとに思考し、表現する力を身につけている。

これらは、次期学習指導要領において育成すべき資質・能力に通じている。よって、本校が理科で育てる「21世紀型能力」を図2のように示す。

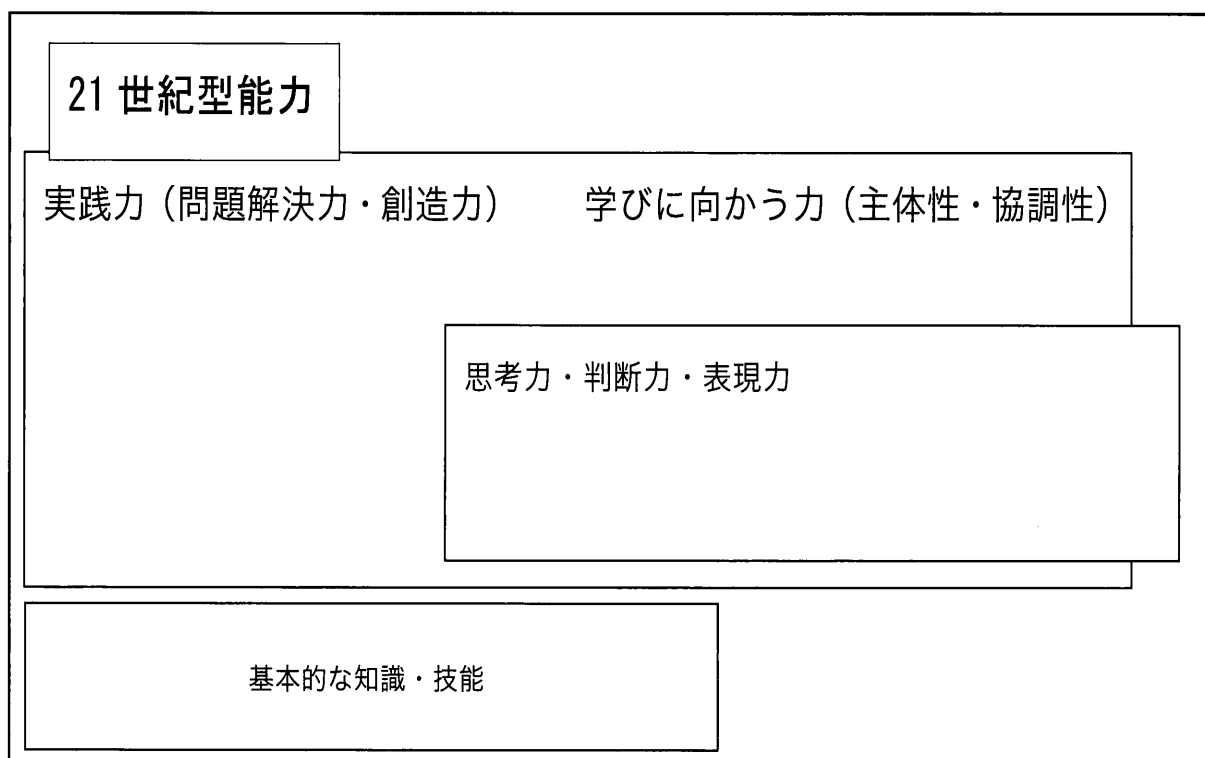


図2 理科で育てる「21世紀型能力」

(3)深い学びの実現のための課題提示

個々の授業において、学んだことを活かして考えさせる場面を設定するにあたっては、課題の内容、方法、タイミングが授業の成否を分けるといってもよい。課題を設定する際の留意点として、以下の4つをあげる。

1. 解決しようとする課題が明確か。
2. 生徒が必要な知識・技能や生活経験を備えているか。
3. 生徒の興味を喚起させる課題になっているか。
4. 課題を解決する過程が、知識の体系化や概念の形成に寄与するか。

必ずしも4つのポイントを同時に満たす必要はないが、こうした点を留意することで、生徒が課題に対して主体的に取り組むことができるようになる。

2. 4. 3 本校理科のカリキュラムの構造

理科と理科に関わるカリキュラムとは、大きく「基本学習」と「総合学習」に分けられる。

「基本学習」のうち、学習指導要領に基づくものを特に「基本的な学習」としており、一般的な教科の授業に相当する。また、学んだことを発展深化させる学習を可能な限り設定している。特に、単元で学んだことを総合して活用して探究する活動を「教科拡充の学習」としている。「基本的な学習」と「教科拡充の学習」を合わせて「基本学習」とする。

一方、「総合学習」は合科的・総合的な学習であり、「テーマ研究」を指す。「テーマ研究」は「総合的な学習の時間」に位置付けられた学習である。生徒は興味をもった講座を選択し、横断的・総合的な学習や探究的な学習を行う。特に理科に関連する講座としては、生物と環境についてより深く探究する『生物と環境』や、横断的・総合的にものをとらえ、理論と実践を活かしながらものづくりに取り組む『科学とものづくり』などがある。

2. 4. 4 今年度の実践

2. 4. 4. 1 生徒自らが実験を計画することによる思考力の育成

1. 1 基本情報

- ・日 時：2018年6月16日（土）
- ・場 所：東京学芸大学附属世田谷中学校 第2理科室
- ・学 年：第3学年D組 40名（男子20名 女子20名）
- ・授業者：高田 太樹

1. 2 単元名

「化学変化と電池（ダニエル電池の作製）」

1. 3 単元について

新しい学習指導要領から、電池の基本的な仕組みについては、ダニエル電池を取り上げることとなった。生徒にとって身近な電池の基本的な仕組みを「イオンへのなりやすさ」と関連付けて理解を深めていくことが求められている。本研究では、物質によってイオンへのなりやすさが異なる点や、それに伴う電子の動きを、粒子モデルを用いて説明していく単元計画を提案する。ダニエル電池の作製については、従来よく用いられてきた「素焼き皿」「セロハン」等の隔膜を用いず、電解質を寒天で固めることで、隔膜に対する生徒の理解の壁を低くする工夫をした。

電池の基本的な仕組みを「イオンへのなりやすさ」と関連付けて理解を深めていく単元計画・授業実践例を提案する。

中学校第3学年の「化学変化と電池」の単元は全6時間を以下に示す計画で行う

【第1時・第2時 陽イオンへのなりやすさと粒子モデル】

- ・銅と薄い塩酸の反応 ($Cu < H$)
- ・亜鉛と薄い塩酸の反応 ($Zn > H$)
- ・亜鉛と硫酸銅水溶液の反応 ($Zn > Cu$)
- ・銅と硝酸銀水溶液の反応 ($Cu > Ag$)

【第3時 電子の移動について】

- ・銅と亜鉛を薄い塩酸に同時に入れる（銅板と亜鉛板を離す）→亜鉛板から水素発生
- ・銅と亜鉛を薄い塩酸に同時に入れる（銅板と亜鉛板を重ねる）→銅・亜鉛板両方から水素発生
- ・話し合い活動「なぜ銅板からも水素が発生したのか」
→仮説「亜鉛板から銅板へ電子が移動したのではないか」

【第4時 様々な電池（ボルタ電池等）の作製とその粒子モデル】

- ・亜鉛板と銅板を薄い塩酸に入れ、それぞれを導線で結びプロペラを回す→電池の仕組み
- ・陽イオンへのなりやすさが異なる2種類の金属板と電解質による電子の流れを確認
- ・亜鉛板・銅板・鉛板と食塩水による人間電池
→検流計の目盛りから、正極・負極の判断及び、どの組合せが最も大きな電流を流しているか判断
- ・ボルタ電池の問題点について
- ・ダニエル電池の説明

【第5時 ダニエル電池の作製とその粒子モデル】

【第6時 燃料電池・鉛蓄電池について】

中学校2学年で、電子の流れについてや酸化還元について学習している。よって、陽イオンへのなりやすさについては、既習事項を振り返らせることで理解を深めたい。ボルタ電池については、分極等の現象が生徒を混乱させる可能性があるが、イオンへのなりやすさを説明する過程で、思考の流れがスムーズであるために、単元計画へ入れている。

1. 4 ダニエル電池の作製

生徒は前時まで、イオンへのなりやすさについてや、それに伴う電子の動きや電極付近の反応について学習している。それらを電池の仕組みの理解へとつなげる必要がある。しかし、そこでどうしてもダニエル電池の隔膜に対する理解不足が障害となる。

そこで、ダニエル電池の2種類の電解質を寒天でかためることで、その間の壁を意識しなくても済むようにした。そうすることで、生徒の既習事項の範疇での試行錯誤が可能となる。

ダニエル電池といえば、銅と亜鉛を用いるが、そこにマグネシウムを加え、3種類の金属と3種類の電解質を用いて、電池の仕組みを考えさせることとした。

課題の与え方や、粒子モデルによってイオンや電子の動きを予想させることで、生徒を意欲的に取り組ませたい。

1. 5 指導案

主な学習活動と予想される生徒の反応	指導上の留意点
<p>〈1. 導入〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ダニエル電池の仕組みについて復習する。(5分) <p style="text-align: center;">振り返り</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・スライドを用いて、数人を指名しながら復習を行う。 ・単元の流れを意識しながら、既習事項を振り返る。 ・寒天で行う必要性について軽く触れる。
<p>〈2. 展開〉</p> <p>(1) 課題を与える。 問題発見</p> <p style="text-align: center;">「マグネシウム」は、「銅」と「亜鉛」のペアよりも大きな電圧を作り出す電池の電極となるのか。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・使用可能な金属・電解質（寒天で固めたもの）の確認を行う。 ・使用可能な実験道具の確認を行う。 シャーレ、導線、電圧計、プロペラ付きモーター、電子オルゴール等(5分) <p>(2) 粒子モデル等を用いて予想する。(15分) (個人→班→クラス)</p> <p style="text-align: center;">計画・情報収集・精査・選択</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・薬品の取り扱いについて、危険性を十分留意させる ・ホワイトボードを配布する。
<ul style="list-style-type: none"> ・ZnとCu、MgとCuの2種類の電池を作製して、電圧の大きさを比較しよう。 ・ZnとMgの電池を作製して、電流が流れる向きを確認しよう。 	<ul style="list-style-type: none"> ・既習事項や既存の知識をもとに、根拠を明確に予想させる。 ・粒子モデルを用いて、誰もが理解しやすい説明ができるように工夫させる

<p>(3) 電池の作製</p> <ul style="list-style-type: none"> それぞれの実験計画をもとに、実験を行う。 粒子モデル等を用いたレポートを作成する。(15分) 	<ul style="list-style-type: none"> 実験計画を確認しながら、生徒同士が協力して効率よく実験を行えるように支援する。 必要な薬品・器具等は、その都度前に取りに来るようにさせる。
<p>〈3. まとめ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> レポートを回収する。 教師からダニエル電池についての補足説明を行う。 <p>(5分)</p>	<p>※次時のレポート返却の際に、いくつかのレポートを用いて、ダニエル電池に関して、教師の説明を加える。</p>

1. 5 評価方法

レポート作成の時間は十分に確保する。班での話し合いやクラスでの共有、そして実際の実験結果をもとに、課題への取り組みを個人で振り返る時間となる。生徒が作成したレポートの例を下に示す。生徒の実験計画及びレポート内容は、おおきく2つに分かれた。亜鉛と銅、亜鉛とマグネシウムそれぞれの組合せによるダニエル電池を作製し、プロペラの回転方向などから金属の陽イオンへのなりやすさを判断している方法が1つ（レポート例左）。もう1つは、3つの金属による3通りの組合せでダニエル電池を作製し、それぞれ電圧計の値を全てはかり、それらを比較する方法（レポート例右）である。後者の場合は、電圧計の針の動きから、正極・負極の判断もでき、より明確な判断が可能である。どちらも、実験結果・判断理由ともに明確でA[○]判定とした。

レポートの評価は、以下のルーブリックで行った。A[○]33%、A41%、B18%、C8%という結果となった。適切な実験手順・実験結果が記載されているが、判断理由の明確さに欠ける生徒が18%を占めた。次時にA[○]判定レポートを数例紹介しながらの支援を行った。実験結果からの判断理由が不正確であった8%の生徒は、後日の授業外に再実験を行い、結果と判断理由の再確認を行った。

1. 6 ダニエル電池の作製方法

【寒天電解質水溶液の作製】

- ① 水200m Lに硫酸塩（銅、亜鉛、マグネシウム）28 gを入れ、よくかき混ぜる。
- ② ①を温めながら寒天粉末を3 g入れる。
- ③ 沸騰しないように気をつけながら、寒天をとかす。
- ④ 寒天がとけたら冷やし固める。
- ⑤ 完全に冷やした後にかき混ぜておくと、生徒が授業で扱いやすい。

【電池の作製方法】

- ① 同じ形の金属板を準備する。（15mm×45mm ケニス）
- ② ①をシャーレの淵に引っ掛けられるように折り曲げておく。
- ③ 直径9 cm程度のシャーレに②を2種類置く。
- ④ ③の中に寒天電解質水溶液2種類を入れる。

※マグネシウム板は手に入れづらいが、ケニスから購入することができる。ケニスから発売されている同規格（15mm×45mm×0.5mm）の板でそろえることができる金属は、以下の通りである。

・マグネシウム ・銅 ・鉄 ・アルミニウム ・亜鉛 ・ニッケル ・鉛

実験内容 ダニエル電池(亜鉛と銅)(亜鉛とマグネシウム)を2種類作る。

結果

① どの電極が銅板から亜鉛に電流が流れて銅板が負極になるかを知る。→ 下板が銅板は陽極(+)の電圧が亜鉛(Zn)より高い。

② 銅板と亜鉛の間に、ZnとMgの間に電圧計の正負値がわかる。→ 下板が銅板は陽極(+)の電圧が亜鉛(Zn)より高い。

考察(考察)

大前提として、電圧が高い方が陽極(+)の電圧が亜鉛(Zn)より高い。

Zn > Cu, Mg > Zn より (Mg) > Zn > (Cu) となるので

(MgとCuの組み合わせは、ダニエル電池の亜鉛と銅の組み合わせより電圧が大きい電池と言える。

結論

マグネシウムが銅とペアを組み、亜鉛と組みより良い。

実験内容 1.①ダニエル電池の方法でシャーレに亜鉛と銅の金属板をのせる。(2つの金属板が触れないように)

②寒天を固めた硫酸亜鉛①の亜鉛板、硫酸銅①の銅板の上ののせる。

③折れた金属板を亜鉛と亜鉛、銅と銅の間に置く。(電流の向きは電圧計でわかる)

2. 1と同じ、亜鉛とマグネシウムの板をのせる

3. 1と同じ、銅とマグネシウムの板をのせる

結果

正極	負極	電圧(V)
Zn	Cu	1.1
Zn	Mg	2.6
Cu	Mg	?

電圧計の向きがわかる。

結果の考察

実験で銅と亜鉛の間に亜鉛と銅の組み合わせより、銅と亜鉛の組み合わせより電圧が大きい。

よって、Mg > Zn > Cu (この時点で最大の電圧は銅と亜鉛の組み合わせより陽極(+)の電圧が大きい。)

よって、Mg > Zn > Cu (この時点で最大の電圧は銅と亜鉛の組み合わせより陽極(+)の電圧が大きい。)

よって、Mg > Zn > Cu (この時点で最大の電圧は銅と亜鉛の組み合わせより陽極(+)の電圧が大きい。)

生徒のレポート例

レポートを評価するルーブリック

段階	内容
A ^o	ベストアンサー
A	よい
B	あと一歩
C	努力が必要

段階	内容
A ^o	実験結果からわかることを適切に示し、表現方法がわかりやすく説得力がある。
A	実験結果からわかることを適切に示し、表現方法に工夫が見られる。
B	実験結果からわかることを示しているが、説明が不足している。
C	実験結果からわかることが示されていない。(不適切である。)

1. 7 寒天型ダニエル電池の利点について

本研究で示したようにダニエル電池の2種類の電解質を寒天でかためることで、その間の壁を意識しなくても済むようにした。そうすることで、生徒の既習事項の範疇での試行錯誤が可能となる。生徒が試行錯誤し、班内での意見交換が活発化することにつながったと考える。

寒天型ダニエル電池の利点をもう一つあげると、金属・金属塩毎に小分けして生徒にとっても扱いやすいことから、金属板の組み合わせを考えさせるなどの活動も行いやすいことがあげられる。例えば、本研究で示したように、銅と亜鉛以外にも、マグネシウム板と硫酸マグネシウム（寒天溶液）を用意し、金属のイオンへのなりやすさの違いと起電力との関係について調べるために実験計画をさせる授業が可能である。実験計画は、新学習指導要領が示す重点項目の一つであるが、主体的・意欲的な活動となるだけでなく、生徒の思考過程を評価する方法として有効である。

2. 4. 4. 2 生徒自らが実験を計画することによる思考力の育成

1. 1 基本情報

- ・日 時：2018年6月16日（土）（公開研究会研究授業として行った。）
- ・場 所：東京学芸大学附属世田谷中学校 第1理科室
- ・学 年：第1学年D組 35名（男子17名 女子18名）
- ・授業者：岡田 仁

2. 2 題材名 ツクシの胞子の動きを観察し、動くしくみを調べる実験方法を考える。

2. 3 題材について

次期学習指導要領では問題解決のための資質・能力の育成が重視されている。そこで、理科の探求の学習過程は問題発見、観察・実験の計画、結果の分析・解釈、探求の過程の振り返りであり、1年生では問題発見、2年生では方法の立案と結果の分析・解釈、3年生では探求の過程の振り返りが重視されている。

ツクシ（シダ植物スギナの胞子茎）から出る胞子には弾糸と呼ばれる腕のようなものが付いている。ツクシの胞子を顕微鏡で観察しながらそっと息を吹きかけると弾糸が動物のように動く。この現象を観察させ、さらに詳しく調べたいことを考え、その実験方法を計画させる。授業者側としては、息のうちのどの要素（熱、風、湿気）によって弾糸が動くかをつきとめさせたい。

この授業では、学校全体として検討した問題解決の段階としては「問題発見」と「計画、情報収集・精査・選択」の場面である。また、思考スキルのうち、主に「分類する」「比較する」「関連づける」が用いられる。

2. 4 本時の目標

ツクシの胞子の弾糸の動きを観察し、さらに調べたいことを考えて、それを確かめる実験を計画する。

2. 5 本時の位置づけ

中学1年生は1学期前半に種子植物について学習している。そこで種子や花粉について学習している。本時では、シダ植物の仲間であるスギナの胞子を扱っているが、探求的な学習を行うための投げ込み教材として用いている。シダ植物の学習については改めて「種子をつくらぬ植物」の項で詳しく学習する。

2. 6 本時の主張

(1) ツクシの胞子の観察について

ツクシ（土筆）はシダ植物の仲間、スギナの胞子をつくるためにできる器官、胞子茎で、春先にのみ見られる。ツクシからは大量の胞子が出る。正確にはスギナの胞子と呼ぶべきと思うが、ツクシの方が一般になじみ深いと考え、「ツクシの胞子」とした。

ツクシの胞子は一般的に中学校理科では扱われていないが、おもしろい構造を持っていて、教材として大変有用である。

ツクシの胞子には弾糸と呼ばれる腕のような構造がついている。顕微鏡で観察しながらそっと息を吹きかけると弾糸が動くのが観察できる。弾糸が動く原因は息の湿り気である。弾糸は湿り気を帯びると丸まり、乾燥すると伸びるしくみになっている。

(2) 理科教師がすべきこと

次期中学校学習指導要領解説 理科編によると、第1学年で重視する探求の学習課程のとして「自然の事物・現象に進んで関わり、その中から問題を見いだす」ことがあげられている。本校理科では、「生徒が自然の事物・現象に進んで関わる」ようにするために教師が最もやるべきことは、魅力的な教材や考え甲斐のある課題を提示することだと考えている。本時のツクシの胞子もその1つである。

(3) 問題を発見させること

元来、探求の過程で問題を見いだすことは最も難しいことだと思われる。そこで本時では、まず、おもしろい現象を見せて、さらに調べたいことを考えるという形にした。

2. 7 本時の展開

主な学習活動と予想される生徒の反応	指導上の留意点
<p>〈1. 導入〉 ツクシについての簡単な説明を聞き、ツクシの胞子を観察することを知らせる。 (5分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ツクシはスギナの胞子をつくる部分であること、胞子は種子と同じように新しい個体をつくるために散布されるものであることに留め、シダ植物について深入りしない。
<p>〈2. 展開〉 (1) ツクシの胞子の顕微鏡観察 ①胞子をスライドガラスの上に少量乗せ、水やカバーガラスはかけず、100倍か150倍で観察する。 ②2人1組で、1人が顕微鏡を覗き、もう1人は胞子にそっと息を吹きかけると、弾糸が動く様子を観察できる。 ③観察記録を簡単にとる。 (15分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・胞子が吹き飛ばない程度の息のかけ方を園児する。 ・机間巡視をして、うまくいっていないペアにはアドバイスを与える。 ・本時では、次の展開がメインなので、短時間で行う。 <p style="text-align: right;">問題発見</p>
<p>(2) 班で話し合っ、ツクシの胞子についてさらに調べてみたいことを考え、その方法を考える。 予想される生徒の調べてみたいこと ・弾糸が動くしくみ ・胞子がどのように育っていくか ・1本のツクシからどのくらいの数の胞子ができるか。 (10分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・調べてみたいことをいろいろ出して、その中から学校で実験が可能なものを班で選ぶように指導する。 ・次の展開では弾糸の動くしくみを調べることを取り上げる予定だが、他の意見で実現可能なものは今後の授業で取り上げる。 ・「弾糸の動くしくみを調べる」という意見が出ないときは誘導する。
<p>(3) 弾糸の動くしくみを調べる具体的な方法を考える。 ①息のうち、弾糸を動かす可能性のある要素には何が あるかをあげる。考えられるものは、風、熱、湿気、二酸化炭素など ②①で出た要素によって、弾糸が動くかどうかを調べる方法をそれぞれ具体的に考える。 例： 風：スポイトなどで弱い風を当てる。 熱：熱いものを近づける。 など (15分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・今回は「弾糸の動くしくみを調べる」こと 計画、情報収集・精査・選択 を取り上げることを告げる。 ・まず、「どのように調べたらよいか。」と投げかける ・生徒が息を要素に分けて考えられないときはヒントを与える。 ・学校で入手可能な器具で時間内に実施できる方法を考えさせる。

<p>〈3. まとめ〉</p> <ul style="list-style-type: none"> ・息の要素：風、熱、湿気、二酸化炭素について、次回毎に実験を行うことを確認する。 ・基本的には各班がすべての実験を行うこととする。 ・各実験の順番を考える。 <p>(5分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・実験に使う器具は生徒から出た意見をなるべく尊重しつつ、入手しやすさ、扱い易さを考えて、教員が次回に用意する。 ・実験を行う順番は次の実験ができなくなるものを最後にするように考えさせる。湿気を与える実験は一度湿らせてしまうと乾かすのに時間がかかるので、最後に行うことにする。 ・すべての実験が終わる前に結果がわかっても、すべての実験を行うことにする。
--	---

2. 8 生徒が調べてみたいこととしてあげたもの

授業者の誘導もったと思うが、どのクラスも調べてみたいこととして「弾糸が丸まる（動く）のはなぜか。」があがったので、それを取り上げる形で次の展開に入ることができた。

他に出た疑問としては次のものがあった。

「弾糸のはたらき（役割、利点）は何か」「胞子が飛ぶようすを見たい」「弾糸が丸まる原因は何か。」

「水でも動くのか。」「胞子の中（つくり）を見てみたい」「弾糸の先についているものは何か」

「風だけだとどうなるか」「なぜ弾糸はなぜ4本なのか。なぜ、1本や6本7本ではないのか」

「弾糸のまわりの小さな粒は何か。その役割は何か」「キノコなど他の胞子はどうなっているか」

「弾糸は何に反応して丸くなるのか」「胞子が出る瞬間を見たい」「どうやって育っていくか」

「弾糸が丸まった後また伸びるのはなぜ」「胞子がどのようにできるのか」

「なぜ、種子でなく胞子で殖えるのか」

などがあった。

2. 9 ヒトの息の要素

生徒から出たヒトの息の要素は風、熱、二酸化炭素、水分（湿り気）、酸素、窒素であった。そのうち、酸素はまわりの空気よりも薄い。⑥窒素はまわりの空気と同じ濃さなので、可能性は薄いとして調べないことにし、風、熱、二酸化炭素、水分（湿り気）について調べることにした。

2. 10 ヒトの息の中の、ツクシの胞子の弾糸の丸まる要因を調べる実験方法の検討

- (1) 風については下敷きなどで扇ぐ方法とポリ袋とストローで風を送る方法が出た。
- (2) 熱については、ドライヤーやお湯を使うなどの方法も考えられたが、どちらも他の要素が入ってしまうので、携帯カイロを近づける方法に落ち着いた。
- (3) 二酸化炭素を調べる方法は缶入りの二酸化炭素を用いた。缶から直接噴射すると勢が強すぎるので、二酸化炭素をポリ袋に移した後、ストローを使ってそっと吹き付けるようにした。
- (4) 水分：霧吹きで水をかける方法とポリ袋に少し水を入れて、ストローで湿った空気を送る方法が出た。後者の実験では風も一緒に送ってしまうことがどうするかと生徒に問いかけたところ、ポリ袋で乾いた空気を送って比較すればよいという意見が出た。このことは二酸化炭素の実験でも同じことが言える。

2. 10 ヒトの息の中の、ツクシの胞子の弾糸の丸まる要因を調べる実験結果と考察

実験は研究授業の次の時間に行った。どのクラスのどの班も「湿り気によって弾糸が丸まり、乾燥すると弾糸が伸びること」と「他の要素では弾糸に変化は無いこと」を突き止めることができた。

最後に弾糸の役割を考えさせたところ、「胞子が雨の日に飛んでもすぐ近くに落ちてしまうので晴れの日だけ胞子が飛ぶようにしている。」「雨の日は弾糸でつかまって飛ばないようにしている」「弾糸が伸びるときの勢いで遠くに飛ぶ」「胞子が飛ぶときに弾糸が伸びて羽根のような役目をしてる」などの意見が出た。