

令和6年1月23日

福岡県教育委員会教育長 殿

所属校名 春日市立春日北中学校
職・氏名 教諭 服部 佑紀
指導者名 富田 誠也
南 遼太郎

研 修 最 終 報 告 書

このたび、長期派遣研修員として、下記のとおり研修をしましたので報告いたします。

記

- 1 研修種別 C 福岡教育大学附属福岡中学校研修員
2 研修場所及び所在地 福岡教育大学附属福岡中学校
〒810-0061 福岡市中央区西公園12番1号
電話番号 (092)771-8381
FAX番号 (092)732-1147

3 研究主題及び副題

素朴概念を科学的概念に更新する生徒を育成する理科学習指導法の研究
～コンセプトマップを用いた仮説の立案の工夫を通して～

4 研究内容の概要

(1) 研究の目標

中学校理科学習指導において、素朴概念を科学的概念に更新する生徒を育てるために、コンセプトマップを用いた仮説の立案の工夫を通じた学習指導の在り方を究明する。

(2) 研究の仮説

中学校理科学習指導において、学習課題の解決の過程に、コンセプトマップから、関連する概念を抽出し、それらを接続することで未知の自然の事物・現象への仮説を立案する学習活動を行えば、自身の素朴概念を付加修正し、科学的概念へ更新できる生徒を育成することができるであろう。

(3) 研究の内容

- 素朴概念を科学的概念に更新する生徒を育成するための、学習課題の解決の過程にコンセプトマップを用いた仮説の立案を位置付けることの有効性。

(4) 主題及び副主題の意味

① 主題について

「素朴概念」とは生徒が日常の経験から獲得している知識・考えである。一方「科学的概念」とは、生徒が自然の事物・現象について学習をもとに獲得する、根拠が明確な知識・考えである。構成主義学習論には、学習前の生徒は白紙の状態ではなく、これまでの自身の経験から基盤となる概念を獲得していると示されている（本研究での素朴概念）。しかしそれらの素朴概念には、科学的な根拠が明確でないものや、それ自体が思い込みであるものが多々ある。この素朴概念の曖昧さが、国際学力調査（PISA 2018）で指摘された「一定の知識はあるものの、それらを活用して新しい概念を探究したり、説明する能力が不十分である」課題の一因と考えられる。よってこれらの素朴概念は、その根拠を明確にし、体系的に整理された科学的概念に更新させる必要があると考えた。以上をふまえ、「素朴概念を科学的概念に更新する」姿を以下の様に定義づける。

未知の自然の事物・現象に対する素朴概念を、学習を通して獲得した科学的概念を顕在化し、さらに接続しあって仮説を立案することにより、新たな科学的概念へと付加修正する姿。

② 副主題について

仮説の立案とは、前時までに獲得した科学的概念をもとに、未知の自然の事物・現象について、科学的な根拠とともに結果を予想することである。まず、観察・実験で用いられる一般的な「予想」と、本研究における「仮説」との違いを【資料1】に示す。前述の通り、本研究では日常の経験や根拠があいまいな知識を「素朴概念」、根拠が明確な知識・考えを「科学的概念」と定義している。よって、【資料1】中の「予想」は「素朴概念」、「仮説」は「科学的概念」と反映させることができる。（「仮説」はその後の実験・考察等でその妥当性が確かめられることで科学的概念として定着される。）「予想」を「仮説」へと深める際に行われるのが、【資料1】下線部の、以前の学習内容（科学的概念）同士を「結びつけて考えれば」という部分である。その根拠は、国立教育政策研究所による「教育課程の編成に関する基礎的研究」（2014）である。この報告書には、子供（生徒）の学び方が【資料2】のように示されている。【資料2】のI IIは、有意味学習を通して用語や概念の背景にある命題についても適切に理解し、概念同士の関連付けをしながら学ぶことの重要性が示されている。また、IV V VIには、獲得した概念をいつでも振り返り、必要に応じて活用できることの重要性が示されている。

予想	科学的な根拠が明示されない。 「理由はわからないけれど、〇〇の実験を行えば、△△という結果が得られるんじゃないかな。」
仮説	科学的な根拠が明示される。 「以前の学習で、□□ということや、◇◇ということがわかったよ。それらを <u>結びつけて考えれば</u> 、〇〇の実験に対して△△という結果が得られるんじゃないかな。」

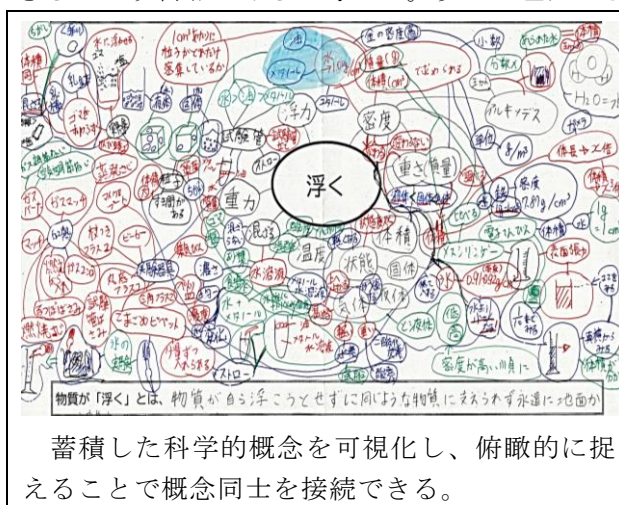
【資料1】「仮説」と「予想」の違い

そこで本研究では、これらの要件を満たす方策として、コンセプトマップを活用することとした。コンセプトマップとは、単元を通じた学習課題に対する素朴概念と、学習を通して獲得した科学的概念を枝葉のように伸ばし、接続しながら適宜蓄積していく学習シートである。【資料3】【資料4】は、これまでの実践で生徒が作成したコンセプトマップの例である。このコンセプトマップを活用することで、思考を可視化し、また、項目同士のつながりを俯瞰的に捉えることができるという利点があると考えた。以上の理由から、副主題を設定した。

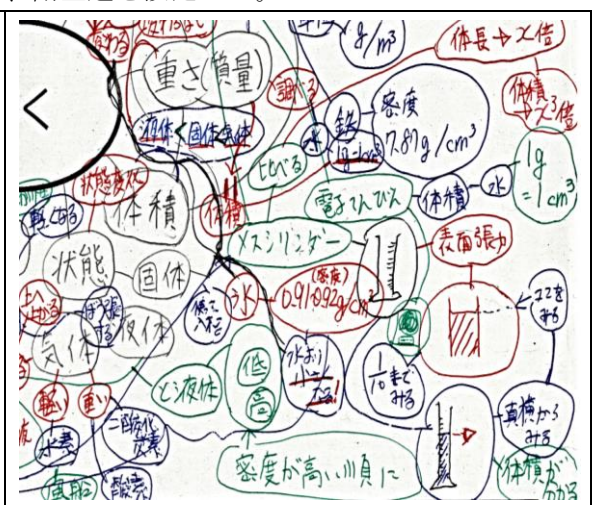
I	子供は有意味な文脈で学ぶ
II	子供は自分の考えを持っている
III	子供は対話で考えを深められる
IV	考えるためには材料が要る
V	すべては必要に応じて使うことができる
VI	学び方は繰り返し振り返って自覚できる
VII	学び合いの文化があると学びやすくなる

【資料2】教育課程の編成に関する基礎的研究

蓄積した科学的概念を可視化し、俯瞰的に捉えることで概念同士を接続できる。

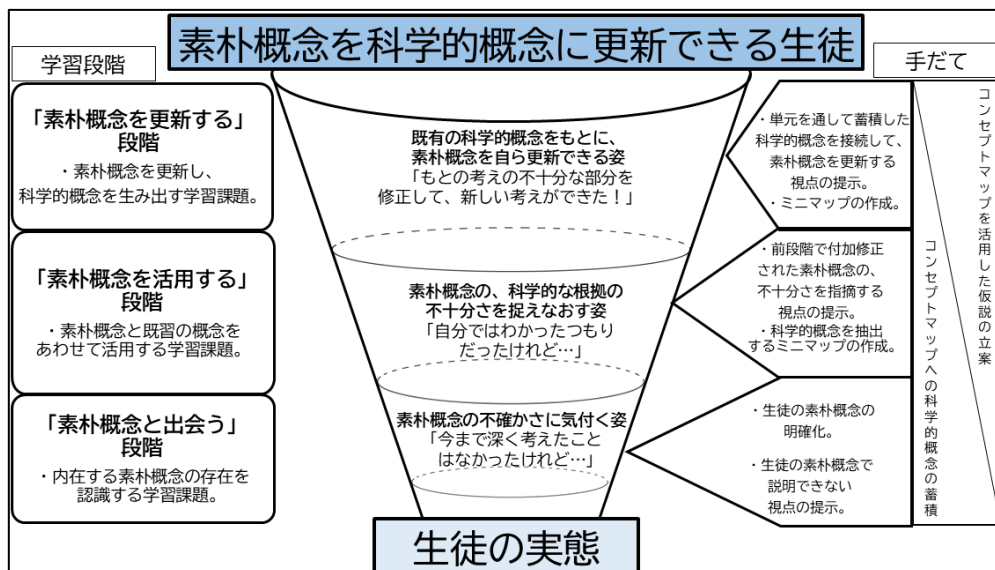


【資料3】コンセプトマップの一例（全景）



【資料4】コンセプトマップの一例（一部拡大）

(5) 研究構想図



(6) 検証の方法

- 抽出生徒の様相観察、その後の変容分析
- 学習プリントの記述内容の分析

(7) 授業の実際

- ① 単元「光の性質」
- ② 実践のねらい

光の性質についての実験・観察や、それを考察して交流する活動を通し、「虹ができる原理」を光の性質と関連する、科学的な根拠を明示して説明できるようになることをねらいとした。そのために、単元の各段階で設定した学習課題は、生徒が自身の素朴概念を更新させる視点を提示するものであったか、また、既習の概念を記録したコンセプトマップを活用して仮説を立案する活動は、生徒が素朴概念を科学的概念へ更新させる上で有効であったか、の2点を検証する。

③ 実践2の仮説

単元「光の性質」の各段階を通して、既有・既習の科学的概念をコンセプトマップに適宜蓄積していく。また、終末「素朴概念を活用する段階」では、学習課題の解決のためにコンセプトマップを用いて仮説を立案する。以上の2つの手だてを行えば、生徒はまず、光に関する身近な現象を説明するためには自身の素朴概念では不十分であることに気付くだろう。次に、光に関する未知の現象に対する実験と考察を通し、素朴概念の不十分な点を付加修正しようとするだろう。最後に、考察によって得られた概念を別事象に適用し、他者に説明することで、素朴概念の科学的概念への更新が完了するだろう。

④ 検証の視点

視点Ⅰ

単元の各段階で設定した学習課題は、「光の性質」について生徒の素朴概念の不十分な点に気付け、科学的概念へと更新させるための視点を示す上で妥当であったか。

視点Ⅱ

コンセプトマップによる仮説の立案は素朴概念を科学的概念に更新する上で有効だったか。

⑤ 授業の実際

ア 素朴概念と出会う段階（一）

ねらい	・内在する素朴概念の存在と、その不十分さを認識する。
学習課題	・ピンホールカメラの内部にできる像が、逆さまになる理由を説明しなさい。

一次ではまず、容器内に貯めた線香の煙にレーザー光を照射する実験を行い、空気中の光がどのような道筋を辿るのか調べた。この場面では、「なぜ容器に線香の煙を入れると、光の道筋が

見えるようになるのだろう。」と発問し、「光は、空気中をまっすぐ進む（直進する）」こと、「物体に反射した光が目に届くことで、物体は見える」ことの2点を確認した。その後、ピンホールカメラの内部にどのような像ができるのか実験を行った。ピンホールカメラとは、バケツの様な容器の底面に、極小の穴が一つだけ開いた装置で、レンズを使用しないカメラである。ピンホールカメラ内には、上下左右が逆となった像が得られる。実験中、生徒は「なんで外の景色が逆さまになるのか?」「光量が多いとなぜ像がはっきりするのか?」という疑問を口にしていた。そこで「先ほど学習した『光の直進』と『物体が見える理由』の二つの光の性質を用いて、光の道筋を考えよう。」と発問した。また、光の道筋は作図を用いて明らかにするよう促した。

イ 素朴概念を深める段階（二）

ねらい	・素朴概念と既習の概念をあわせて活用し、素朴概念の付加修正を促す。
学習課題	・パラボラ型のマジックミラー中に、物体の像が浮いて見えるのはなぜか、光の道筋を作図して説明しなさい。

二次ではまず、以下に示す3つの実験を行った。Ⅰ. 鏡に当たった光が反射する際の、反射光に関する規則性を探る実験。Ⅱ. 異なる物質同士の境界面を通過する光が屈折する際の、屈折光に関する規則性を探る実験。Ⅲ. 光学水槽を用いて、光が屈折する理由を探る実験。生徒は、それぞれの実験で得た科学的概念を、その都度コンセプトマップに記述している様子だった。

次に、この3つの実験をもとに、パラボラ型のマジックミラー内にどのような像ができるか調べる実験を行った。このマジックミラーは、パラボラ型の曲面ミラーを上下に貼り合わせた形状をしておりミラー底面の物体（豚の人形）が、マジックミラーの上部に浮いているように見える装置である。実験中、生徒は「なぜ像が浮いて見えるのか?」「観察する角度によって、像が見えない場合があるのはなぜか?」という疑問を口にしていた。そこで「光の反射の性質をもとに、光の道筋を考えよう。」と発問し、光の道筋は作図を用いて明らかにするよう促した。

ウ 素朴概念を更新する段階（三）

ねらい	・単元を通して獲得した科学的概念を俯瞰で視て接続し、素朴概念を科学的概念に更新する。
学習課題	・凸レンズの上部を隠した際に、スクリーン上にできる実像の特徴を調べる。

三次ではまず、凸レンズと光学台を用いて、凸レンズによってスクリーン上にできる像を調べる実験を行った。この時、像ができる位置や、像の大小が作図によって求められることを確認した。そして次時で、「凸レンズの上部をカバーで隠すと、スクリーン上にはどのような像ができるだろうか。」という学習課題を設定した。その際、生徒にはまずヒトの眼球の構造を全体に提示して、光学台上の凸レンズとスクリーンはヒトの眼球のレンズと網膜の役割を果たしていることを示し「我々が瞬きをするように、凸レンズの上部を隠すとどのような像ができるだろう。」と発問することで日常生活との関連性をもたせた。その後、できる像の予想を学習プリント上に図示させ、全体で共有した。次に、予想を科学的な根拠を伴った仮説へと更新させるため、これまでに作成してきたコンセプトマップをもとに本時の学習課題に関連する概念を抜き出させ、ミニマップを作成する活動を行った。さらに、前の手立てで得られた仮説を小集団で共有し、自身の仮説の付加修正を行った。最後に、全体で複数種類の仮説を共有した後、実際に凸レンズにカバーをかける実験を演示で提示した。


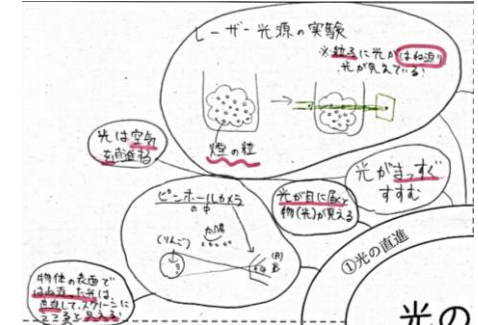
⑤ 結果と考察

視点Ⅰ

単元の各段階で設定した学習課題は、「光の性質」について生徒の素朴概念の不十分な点に気付かせ、科学的概念へと更新させるための視点を示す上で妥当であったか。

ここまで述べてきた通り、一次のピンホールカメラ、二次のマジックミラー、三次のレンズを隠す実験と、すべての実験で「なぜ? どうして?」という発言が頻繁に聞こえた。これらの発言

は、生徒が自身の素朴概念では説明できない事象に遭遇していることを示す。また、【資料5】は抽出生A、Bのコンセプトマップの比較である。授業で得られる科学的概念が一律に記述されているのではなく、それぞれが授業中に印象に残ったことや、探究する中で生まれた新たな疑問など個人の実感が伴った記述がされている。これらの結果から、各段階で設定した学習課題が生徒の素朴概念の不十分さを指摘したことで、生徒の知的好奇心に刺激を与え、素朴概念を科学的概念に更新させていく一助となったと考える。

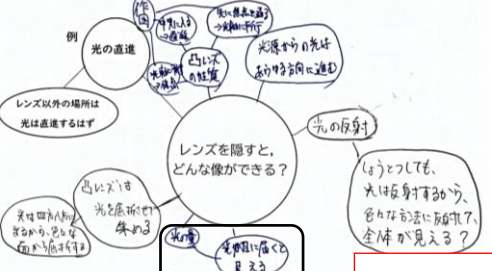
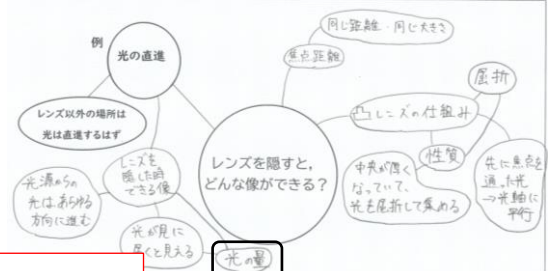
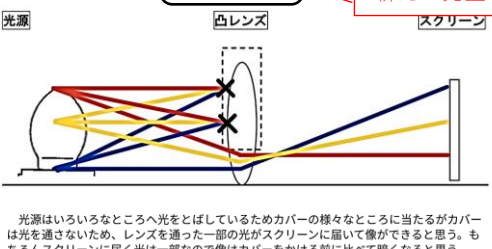
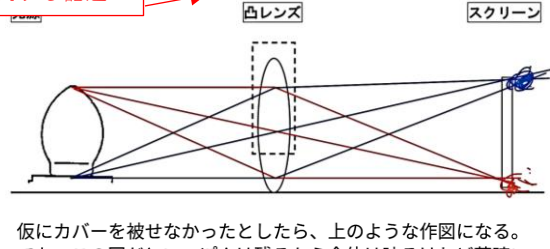
抽出生A	抽出生B
 <p>光源としての日光や光合成について記述。</p>	 <p>ピンホールカメラや乱反射について記述。</p>
<p>両者のコンセプトマップは同一の物でなく、それぞれの発想や、印象に残った部分に応じて独自のマップを作成していることがわかる。</p>	

【資料5】抽出生A、Bのコンセプトマップの比較（部分）

視点II

コンセプトマップによる仮説の立案は素朴概念を科学的概念に更新する上で有効だったか。

本単元では、ある程度の科学的概念の蓄積を経たうえで、科学的な根拠が明確な仮説の立案をめざした。【資料6】は一次、二次で科学的概念を蓄積した後、三次における抽出生A、Bの学習プリントである。なお三次では、コンセプトマップから必要な概念を抽出し、接続する手立てとしてミニマップを作成し、仮説の立案を行った。

	抽出生A	抽出生B
予想	光源の先端が写り、根本が消える。	光源の先端が隠れた像ができる。
コンセプトマップからの抽出（ミニマップ）		
仮説	 <p>光源はいろいろなところへ光をとばしているためカバーの様々なところに当たるがカバーは光を通さないため、レンズを通った一部の光がスクリーンに届いて像ができると思う。もちろんスクリーンに届く光は一部なので像はカバーをかける前に比べて暗くなると思う。（大きさは変わらないと思う。）</p>	 <p>仮にカバーを被せなかったとしたら、上のような作図になる。でも、この図だとほぼは残るから全体は映るけれど薄暗い。</p>

【資料6】三次（凸レンズ）における抽出生A、Bの学習プリントおよび、仮説立案シート（部分）

抽出生A、Bともに、予想では「凸レンズの一部を隠すとスクリーン上にできる像も一部欠ける。」と記述をしていた。しかしミニマップの作成を経て、仮説では「光源から出た光の一部が

スクリーンに届き、光源全体の像ができる」趣旨の記述ができた。両者のミニマップを分析すると、「光源」「屈折」「像」の3項目が共通している。当初独立した3項目であったものが、ミニマップに抽出することによって「光源→屈折→結像」と順序性をもって接続され、仮説の立案に影響を与えたと考えられる。また、仮説の中に「薄暗い」という光量に関する記述が追加された。これは、既存の科学的概念の組み合わせから「光量」という新しい科学的概念が発生したことを示している。以上の分析から素朴概念がコンセプトマップを活用した仮説の立案により科学的概念へ更新されたと考える。【資料7】は、「虹ができる原理」に対する素朴概念と、単元を通して獲得した科学的概念の比較である。

<p>単元学習前の素朴概念</p> <p>学習前：虹ができるのは <u>光の性質や温度、湿度も利用した現象。</u></p>	<p>学習前：虹ができるのは <u>雨によって出来た、地面にある水が反射してできる。</u></p>
<p>単元学習後の科学的概念</p> <p>白色光である太陽光が、雨上がりの空気中にある細かい水滴に当たり、その中で屈折率(角)の違いによって大きく7つの色に分散し、水滴の中で屈折や反射を繰り返す、7つの色に分かれて空気中に出て、色によって屈折する角度は決まっているため、それぞれの色が見える点を結びとアーチ状になり見える。</p>	<p>虹は、雨が降ったあとなど、空気中にたくさんの水の粒が漂っている時に見ることができる。空気中に漂っている水の粒に、太陽の光が当たって、屈折や反射をすることで、カラフルな虹ができる。この時、光は波長によって屈折率が異なるので、「赤、橙、黄、緑、青、藍、紫」の7色に分かれる。</p>

【資料7】「虹ができる原理」に対する素朴概念と科学的概念の比較

抽出生Aは、単元学習前の素朴概念では、「反射」や「屈折」などの科学的な用語を用いず「光の性質」という大まかな語や、「湿度」、本現象には直接関係のない「温度」といった言葉のイメージに基づいて記述していた。単元の学習を経て、コンセプトマップには計101項目を記述したが、ミニマップにはその中から24項目を抽出した。その結果、単元学習後には、素朴概念に「白色光」や、「屈折と反射の違い」、「屈折率」といった概念が付加され、科学的な根拠が明確な科学的概念を記述することができた。また、抽出生Bは、素朴概念の段階では、「反射」という語は用いているものの、光源や分光に関する記述がみられず、科学的な根拠に乏しい状態であった。単元の学習中、コンセプトマップには計42項目を記述し、ミニマップにはその中から12項目を抽出した。その結果、単元学習後には、「虹ができる環境」、「屈折や反射」、「光の波長」、「屈折率」といった概念が付加され、科学的な根拠が明確な科学的概念を記述することができた。以上の分析から、コンセプトマップによる仮説の立案は素朴概念を科学的概念に更新する上で有効だったと考える。

⑥ 成果と課題 (○は成果、●は課題)

- 学習段階に対応する、課題の質や提示の仕方によって、生徒の素朴概念の不十分さを指摘することは、生徒の知的好奇心を高め、解決の必然性を意識させる上で有効であった。
- コンセプトマップから学習課題に関連する科学的概念を抽出してミニマップに整理する手立ては、科学的概念を可視化し接続することを助け、素朴概念を更新する上で有効であった。
- その後の交流活動などを工夫し、仮説段階で素朴概念が更新された生徒と、更新に至らなかった生徒と、どちらにも必然性のある実験時・考察時の手立てを検討する必要がある。
- コンセプトマップに記述する内容の判断や、ミニマップに抽出する概念の精選など、多くの部分が生徒任せになっていた。今後は、コンセプトマップに記述する内容の基準や、科学的概念を俯瞰し、取捨選択する際の視点を明確にする必要がある。

6 研修を修了しての感想

研修を通して理科における「素朴概念を科学的概念へ更新する」方法を研究できた。自身の仮説を具現化するため、様々な文献を調べ、多くの先生方に助言頂いたことは、大変貴重な学びとなった。この学びを糧に、今後も教師として研鑽を積みたい。そして、この研修の場を与えて下さった多くの方々に感謝を伝えるためにも、この経験を県や地域に還元していけるように励んでいきたい。

備考 ○ 在籍校 春日市立春日北中学校 電話番号 (092)502-0107

1 単元 「大地の成り立ちと岩石」
2 指導観

- 世界有数の火山国、日本に住む我々は、大地の変動による雄大な景観を楽しんだり、文化において様々な場面で岩石を利用したりするなど、多くの恩恵を受けてきた。岩石をもとに大地の変化を学ぶことは、日常生活と大地との関わりを考えるだけでなく、防災教育の面からも意義深い。
本単元では、岩石の特徴を調べる活動を通して、岩石の種類を特定する方法を科学的な根拠を明示しながら説明できるようになることをねらいとする。そのため、指導にあたってはまず、様々な岩石の種類を特定できるようになるという本単元の目標を、ジオードの内部構造の推定という単元を貫く学習課題をもとに把握する。次に、火成岩の特徴を、火山の噴火のメカニズム、火山噴出物、造岩鉱物、マグマの粘性の違いという点から調べ、整理する。さらに、堆積岩の特徴を地層のでき方、地層を構成する堆積岩の種類、地層の堆積環境の推定という点から調べ、整理する。最後に、岩石の性質に関する科学的概念を俯瞰的に捉え、ジオードの内部構造の仮説を立案する活動を通して、生徒のもつ岩石の種類を特定する方法に関する素朴概念の更新につなげたい。

個人情報保護のため、
生徒観は省略しています。

3 目標

- 火山岩と深成岩の観察を行い、その組織の違いを成因と関連付けて理解することができる。
- 火成岩及び堆積岩について、その組織や造岩鉱物、造岩環境の違いを整理し、未知の岩石の種類を特定するための方法を提案することができる。
- 身近な地形や地層、岩石などの観察を通して、土地の成り立ちや広がり、構成物などについて探求しようとしている。

4 計画（10時間）

知：知識・技能 思：思考・判断・表現 態：主体的に学習に取り組む態度

次	配時	学習活動	評価規準
素朴概念と出会う段階(一)	1	1 学習課題を把握する。 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <学習課題> ジオードの外部から得られる情報をもとに、内部の構造を推定しなさい。 </div>	態：岩石に関する素朴概念を想起し岩石の種類や構造を特定するために必要な情報は何か考えようとしている。
素朴概念を深める段階(二)	7	2 火成岩の特徴を調べる。 (1) 火山の噴火のメカニズムや、噴火に対する防災対策を調べ、整理する。 (2) 火成岩の特徴を観察し、整理する。 3 堆積岩の特徴を調べる。 (1) 地層の成り立ちと広がりや、堆積岩の特徴を観察し、整理する。	思：火成岩と深成岩の種類を、組織や造岩鉱物、造岩環境の違いをもとに整理することができる。 知：火成岩と深成岩ができるメカニズムを説明できる。
素朴概念を活用する段階(三)	2	4 未知の岩石の種類が何か調べる。 (1) ジオードの内部構造を、科学的な根拠を明示して推定する。 【本時】 (2) 未知の岩石の種類を特定する方法をレポートで説明する。	思：ジオードの内部構造を推定する方法を提案できる。 知：ジオードの内部構造を、火成岩の特徴をもとに推定できる。 態：未知の岩石の種類を特定する方法をレポートに整理できる。

5 本 時 令和6年2月1日(木)第4校時 計画 素朴概念を活用する段階の1 理科室にて

(1) 主 眼

○ ジオードの内部構造を調べる方法を、コンセプトマップから関連する概念を探り、提案する活動を通して、科学的な根拠が明確な内部構造の仮説を設定することができる。

(2) 準 備

- ①ジオード ②コンセプトマップ ③学習シート ④フローチャート共有シート
⑤実験器具(岩石標本セット, ルーペ, 塩酸) ⑥金床 ⑦ハンマー

(3) 過 程

学習活動・内容	難	手だて(○), 研究に関わる手だて(◎), 評価(◇)	形態	配時
<p>1 学習課題を把握し、コンセプトマップから、関連する事項を抽出する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ジオードの内部を推定する視点(密度, 組織, 色) <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>めあて ジオードを破壊せず内部を推定する方法を提案し、内部の仮説を立てよう。</p> </div>	①	<p>○ 単元を貫く学習課題を想起させるために、小集団にジオードを配付する。</p> <p>○ 本時の学習課題を明確にするために、「ジオードの外部から得られる情報で、ジオードの内部を推定できるだろうか。」と発問する。</p>	一斉 ↓ 個	10
	② ③	◎ ジオードの内部の仮説の立案に必要な情報は何かを整理させるために、コンセプトマップから既存の科学的概念を抽出する学習シートを用意する。		
<p>2 観察の視点を明確にし、内部構造を推定する方法を計画する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岩石の組織 ・鉱物の含有率 ・塩酸等の薬品に対する反応 	④	◎ 仮説の立案に必要な観察の視点を共有させるために、小集団でミニマップを持ち寄り、観察のフローチャートを作成するように促す。この時、他の小集団のフローチャートを参考にして、新たな視点にも気付かせるために、Jambord上にフローチャートを作成する様に指示する。	小集団	5
<p>3 ジオードを観察し、内部構造の仮説を立案する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火山ガスによる空洞(晶洞) ・斑晶と石基 ・白色鉱物 ・結晶の形状 		<p>○ 観察の視点に沿って、ジオードの様子を調べさせるために、各小集団ごとに個別に必要な実験器具を用意する。</p> <p>○ 仮説を明確にさせるために、学習シートに内部構造の仮説を根拠を記述する場を設ける。</p>	小集団	20
<p>4 仮説の妥当性を確かめる。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実際のジオードの内部構造 	⑤ ⑥ ⑦	<p>○ 仮説の妥当性を確かめるために、ジオードを破壊して、内部構造を明らかにする。</p> <p>◇ ジオードの内部がどのような構造になっているか、コンセプトマップをもとに関連する事項を探り、科学的な根拠を明示して仮説を立てることができた。</p> <p style="text-align: center;"><学習プリント分析, 様相観察></p>	小集団 ↓ 個	15