

1 授業の実際

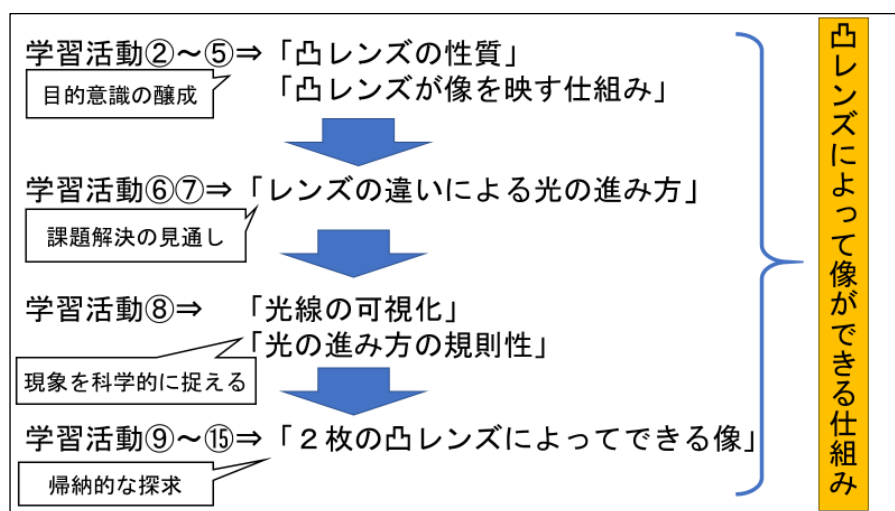
本単元の目標は、「異なる条件で凸レンズを通過した光によってできる像の様子を調べる活動を通して、光の性質と凸レンズの性質を関連付けて、像ができる仕組みを説明することができる。」ことである。この目標を達成するため、手だてア・イの有効性について考察した。

○手だてアの有効性に関わって

<手だてア>

単元を通して、凸レンズによって像ができる様々な現象を系統的に提示する。

単元の目標である「像ができる仕組み」を明らかにするうえで、光の進み方と凸レンズの性質を関連付けて、凸レンズによってできる像の仕組みを解明しようとする目的意識を醸成するために行った。単元における授業の実際と目的意識の関連を図4にまとめた。



【図1】 授業の実際と目的意識との関連

学習活動②～③の実際



写真1 凸レンズを使って蛍光灯の光を集めたときの様子を確認する生徒

ぼくがこの単元で特に印象が残っていることは凸レンズについてです。ぼくは、この単元を学習するまで、凸レンズは丸になっている。それに光があたって屈折し、光が集まるので、集まる形は必ず丸だと思っていました。しかし、この単元の蛍光灯の光を凸レンズに通し、机に当て、どんな形になるかの実験で、集まった光が丸ではなく、蛍光灯の光の形がそのまま小さくなり日傘になっているのを見て、とてもおどろきました。これは、ぼくが小学生の時、理科で、太陽の光を虫メガネに当ててみると、光が集まり、小さな丸になると学んだことで、自分の中で虫メガネを通して光は小さな丸になるという理由もない、老眼が生まれたのだと思いつたのであることがあったので、ぼくは、これからは本当に今まであたりまえとしていたことがあって、いかに、正確がめていこうかと思いました。

図2 学習活動①～③に関する、生徒のプログレスカードの記述1

単元の始めの方で、習ったことや経験をもとに、凸レンズを使って、蛍光灯、景色を見たとき、どのように映るのかを議論したこと。自分がこれは絶対に違うと思っていて、選択支が正解のこともあり、驚いた。今思えばこの議論によって筋道立てて話すことが得意になり、その後や、2枚の凸レンズの問題もあきらめずにとりかかった。他の人の意見をしっかりと考えることが得意になり、していると思う。

図3 学習活動①～③に関する、生徒のプログレスカードの記述2

写真1は生徒が実際に、凸レンズを使って、蛍光灯の光を集めたときにどのような像ができるのかを確認しているようすである。図2のWSの記述からもわかるように、生徒は小学校のときの学習から、点になると予想したものの実際の現象を確認することで、これまでの素朴概念や誤概念に大きなずれが生じ、「凸レンズの性質」や「凸レンズが像を映す仕組み」を探求しようとする目的意識の醸成につながった。また、図3の生徒の記述より、単元の最初にこの学習活動を設定することが、単元を通して課題を解決するための、探究の過程の方法を身に付けるうえで、有効な学習活動であった。

学習活動⑥⑦の実際



写真2 凸レンズの厚さの違いによって、蛍光灯の光の集まり方を調べる生徒

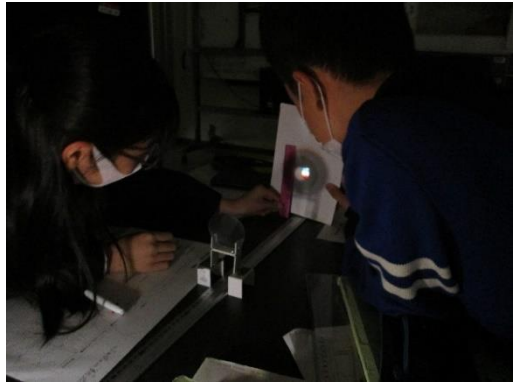


写真3 凸レンズの厚さの違いによる像のでき方を調べる生徒

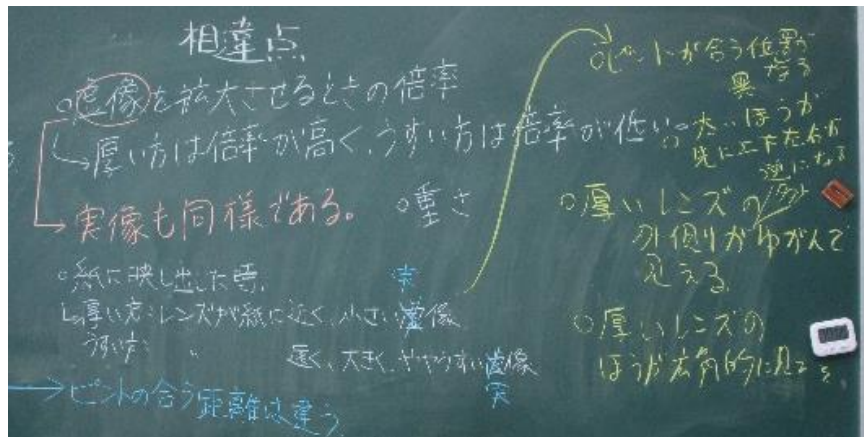


図4 凸レンズの厚さの違いによる光の進み方や像のでき方を生徒がまとめた板書

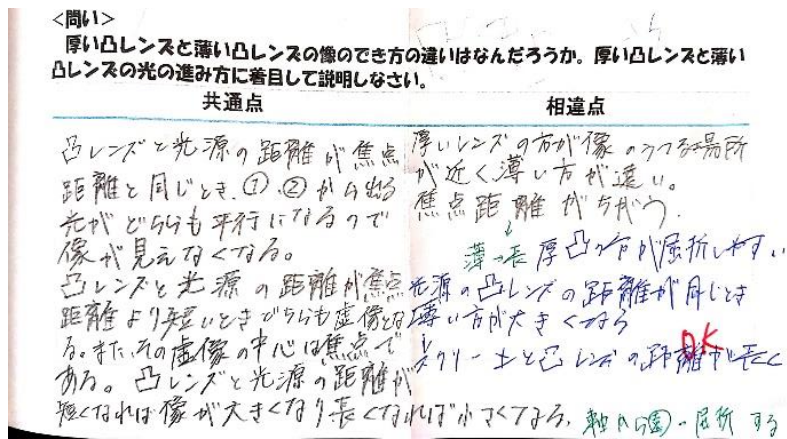


図5 凸レンズの厚さの違いによる光の進み方や像のでき方をまとめたWS

私が印象的だったのは、凸レンズを2枚重ねる実験と作図だ。今まで1枚で考えていたが、2枚にすると、光線が思ったように作図できなくなってしまう。一時は悩んだこともあった。しかし、凸レンズの性質をもう一度振り返り、1つ1つ手順、通り方を考えると、光線がきちんと重なることが印象的だった。

図6 学習活動に関する、生徒のプログレスカードの記述3

この単元では前単元と同じ関連付けて考える力が大切だと思っていた。しかし、この単元では関連付けても疑問が湧いてくると思った。この単元では物像と関連付けて考えた上で、それらの比較し、共通点、相違点を見出す事が大切だと思っていた。今単元では、凸レンズの厚さや位置が実験によって異なる。そのため、光の進み方と凸レンズの性質と関連付けて考える事は、1枚の単元ではなく、様々なパターンで実験し、結果を比較する必要があると考えた。特に、レンズの位置と像が作る位置や向きは関連付けて考える必要がある。整理がつかなくなっていた。そのため、関連付けて考えた上でレンズが作る距離、凸側内側はOO、外側は△△と比較した。下図と比較して遠くか、近いか、かわるか、と整理して、理解が深まった。前単元と比べると、今単元には考え方が見出す事ができていた。しかも、凸レンズの厚さや位置が異なる場合、光の進み方と像の位置や向きは関連付けて考える必要がある。

図7 学習活動に関する、生徒のプログレスカードの記述4

写真2・3で示したように、単元を通して、凸レンズの厚さの違いによる光の進み方や像のでき方について、対比しながら調べた。これは、2枚の凸レンズを組み合わせるときにできる像を説明する上での見通しをもたせるためである。生徒は単元を通して、凸レンズの厚さの違いによる、光の進み方や像のでき方の共通点や相違点を図4・5のように、個人やグループでまとめたのである。

単元前半では、1枚の凸レンズによる光の進み方と像のでき方について学習した。しかし、2枚になることによって、生徒の記述からもわかるように、作図のしづらさを実感したようすを看取できた。実際の授業においても、1枚目の凸レンズを通過した光の道筋は理解できているものの、2枚目の凸レンズを、光がどのように通過するのかが見いだせない生徒が多く見取ることができた。これは、2枚の凸レンズを密着させても離しても、同様であった。そこで、これまでよりも少し複雑な事象の場合でも、生徒は、図8のWSの記述にあるように、単元で学習した知識・技能を活用し、関連付けながら課題を追究するのである。単元を通して、凸レンズの厚さの違いによる像のでき方や光の進み方を比較し続けたことが、本時の課題の解決に有効であった。

学習活動⑧の実際

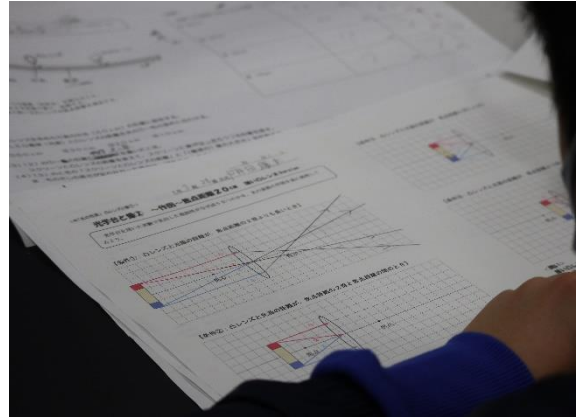
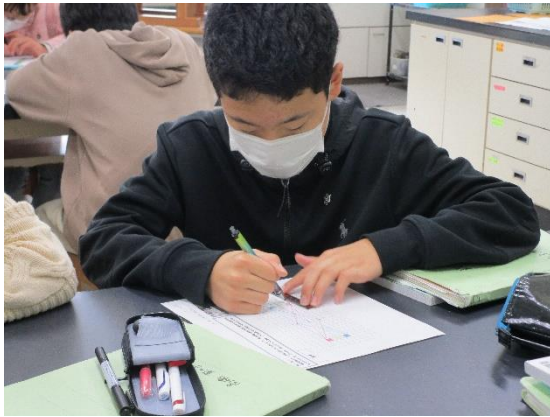


写真4 光源からでた光の進み方を作図によって可視化しているようす

私が重要だと感じたことは、作図という表現方法だ。ただ実験するのではなく、実験結果にたどり着くまでを作図によって説明したり、逆に作図してみたものを実験で確かめたりと、作図は他の人に自分の意見を分かりやすく伝えるためにはとても有効な手段なんだと知った。最初は全く分からなかった。2枚の凸レンズについても、仲間と話し合ったり、作図を行ったりしたことで段々理由が分かり、説明できるようになった。複雑なものも、光線を代表的なものとして例えたように、1つ1つ考えれば良いのだと分かった。

図8 学習活動⑧に関する、生徒のプログレスカードの記述5

凸レンズの光の道筋の作図は主に、3本の光でできる。1本は、光軸と平行に進む光、もう1本は、凸レンズの中心を通る光、最後の1本は、凸レンズの物体側の焦点を通る光。この3本の光の道筋が集まることで、実像ができる。また、実像ができなくても、凸レンズを通った光の直線上を、凸レンズの物体がある側にのぼしていくと、交わる点から、虚像ができるようになる。このことが基本の凸レンズの考え方で重要だと感じた。また、2枚の凸レンズを使った作図では、1枚目と2枚目の凸レンズを分けて考えることが重要だと考えた。この時も、3本の光の道筋を基にして考える。1枚目の凸レンズを通じた、3本の光、または新たな光が、どのようにして、像をつくるのか、"作図で"出すことができるのも、実験と思考を関連付けて学ぶことができるので、実験だけでなく、作図も重要だと感じた。実像ができてはいる

図9 学習活動⑧に関する、生徒のプログレスカードの記述6

写真4は生徒が光源から出た光の進み方を、条件の違いによってどのような像ができるかを可視化しているようすである。生徒は、このように、光の進み方を可視化することを通して、目の前の現象をより科学的にとらえていく。図8・9のWSの記述（青四角囲み）から、光源からでる3本の代表的な光の道筋を作図することによって、条件が変化しても像ができる位置や大きさが証明できることを見いだしている。また、図9のWSの記述（緑四角囲み）から、作図と実際の実験を関連付けて考えることの重要性に気付いており、作図がより目に見えない現象を科学的にとらえるうえで、とても重要であったことを単元を通して見いだしている。

学習活動⑨～⑩の実際

単元の終末で、発展的な課題として、「厚さの異なる凸レンズをもう1枚加えると、どんな像ができるのか」と問うた。最初に2枚の凸レンズを密着させたときの事象を提示した。この際、多くの生徒が1枚目の凸レンズを通過する光の道筋は書けるものの2枚目の凸レンズを通過する光の道筋はどのようになるかを見いだせず手が止まってしまった。そのため、授業者はこれまでの学習から図10のヒントを提示し、生徒に作図を促した。その結果、生徒がたてた予想は図11のように7つの予想が挙げられた。

1年理科「凸レンズと像」

<作図のPoint>

- ① 作図する際の代表的な3本の光線をつかう。
 - 焦点を通る線、光軸と平行な線、凸レンズの中心を通る線
- ② 「像ができる」ということはどういうことかをよく考える。
- ③ 厚さの異なる凸レンズを通る光線を別々に考える。
 - 物体に近い1つめの凸レンズを通過したあと、2枚目の凸レンズをどのように通過するのかを考える。

新潟大学附属新潟中学校

図10 凸レンズを密着させたときにできる像を作図するうえでのヒント

1年3組の予想

1年理科「凸レンズと像」

	予想
①	像ができない
②	物体と同じ向きの虚像ができる
③	光源と同じ大きさの逆さまの実像ができる。
③	光源より小さな逆さまの実像ができる
④	光源より大きな逆さまの実像ができる。
⑤	光源と同じ向きの実像が複数できる
⑥	光源より小さな逆さまの実像が複数できる
⑦	厚いレンズと薄いレンズによる逆さまの実像が重なって見える

新潟大学附属新潟中学校

図11 生徒から挙げた凸レンズを密着させたときにできる像の予想

生徒が2枚目の凸レンズを通過する光の道筋を作図ができなかった理由は、どんな像ができるのかを、光源からでる代表的な3本の光線をつかって作図することに難しさを感じたためである。そのため、多くの生徒がなんとなく作図はできるものの、光源からでる光を正しく作図することができていなかった。そこでは、個人で考える前に、光源からでる無数の光を意識させるための手だてが必要であったと考える。また、密着した凸レンズの事象を提示したほうがよかったのかどうかも含め、吟味が必要である。図12で示したように、数名の生徒はこれまでの学習を関連付けながら思考することができていた。

学習活動⑪～⑬の実際

指導案 p 11 ~ 35 を参照。

【問い】 焦点距離の2倍の位置に光源を置いて凸レンズを用いてスクリーンに像をうつす。このとき、厚さの異なる(厚い凸レンズ)凸レンズをもう1枚重ねると、どんな像がどの位置に映るだろうか? 等か。このとき、物像により近いほうのレンズを薄い凸レンズ(焦点距離 20cm)、遠いレンズを厚い凸レンズ(焦点距離 10cm)のものをつかう。

予想

<光源> <予想の像>

どんな像?	<p>【図で説明】</p>	<p>【言葉で説明】</p> <p>上下左右反対の倒立実像があり、光源よりも4分の1の大きさの実像になる。又、凸レンズと凸レンズの間から実像までの長さは2マスと距離の間にしても4分の1の長さであることが分かる。自分は代表的な2本の光線の内、1本をさらに2本に分け、計3本の像の映し出す方向を作図したところ、3本がちょうど1点に集まるところがあった。</p>
		<p>どの位置に?</p> <p>位置は、光源から凸レンズと凸レンズの間までが8マスなので、対し実像は2マスと、4分の1の距離に実像が映し出されている。</p>
		<p>アリエル度</p> <p>0% 20% 40% 60% 80% 100%</p> <p>XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX</p>

理由

上の図のように、自分は3本の光線を使い作図をする。

1本目は凸レンズと凸レンズの間(つまり中心)に向かっていく光。
 2本目は薄い凸レンズの焦点をとおり、2ときの光。
 3本目は厚い凸レンズの焦点をとおり、2ときの光。

まず1本目は中心を通るため、屈折せず、そのまま直進していく。
 この段階で像が正立か倒立かが分かる。

次に2本目と薄い凸レンズの焦点を通るときのを考えると、薄い凸レンズで1度屈折して光線曲と平行になるが、次に厚い凸レンズによって屈折させられ、厚い凸レンズの焦点に集まる。
 この段階で実像の有無が分かる。

最後に3本目で厚い凸レンズの焦点を通るときのを考えると、薄い凸レンズをそのまま通過し、厚い凸レンズで屈折して、光線曲と平行な系像ができる。
 ⇒ 3本集まるところは、2マス目と3マス目、大きさも1マスと2マスがある。

仲間との検討内容は、赤ペンでメモしなさい。

<結果> どのような像ができたか。

図12 2枚の凸レンズを密着させたときにできる像の予想WS

授業での検討を通して、授業前は「虚像ができる」と考えた生徒が2～3名だったものの、全体やグループで仲間と検討した結果、授業の終末では、半数近くの生徒が「虚像ができる」と答えていた。仲間との検討を通して、これまでの学びが再構成され、考えに変容がみられるようすが伺えた。生徒は、写真5で示したように、班で検討した結果をもとに、2枚の凸レンズを離したときにできる像を検証し、自らが考えた作図の妥当性を確認した。



写真5 2枚の凸レンズの距離を離したときにどんな像ができるのかを検証しているようす

学習活動⑭～⑮

学習活動⑪～⑬で「1枚目の凸レンズによってできた像を2枚目の凸レンズで拡大して見える」ことを見いだした生徒に、この現象が世の中にどのような道具として、使われているかを聞くと生徒からはすぐに望遠鏡や顕微鏡が挙げられた。どちらも厚さの異なる凸レンズをつかっているものの仕組みは異なるのである。そして、生徒は本時で明らかにした望遠鏡の仕組みを踏まえながら、これまでと同様に、作図を通して説明し、検証実験を行うことで、望遠鏡と顕微鏡の類似性と相違性を見だし、顕微鏡の仕組みも説明できるようになったのである。図13に、顕微鏡の仕組みを説明した生徒のWSを示した。このWSでは、望遠鏡と顕微鏡の仕組みだけでなく、2枚の凸レンズを密着したときの現象として、老眼鏡の仕組みと関係があることにもふれた。自分たちが学習したことと、実生活で使われているものの現象の仕組みが深く結びついていることに気付くことで、理科を学ぶことの有用性をより実感するのである。

○ WS⑧⑨のまとめ

厚さの異なる2枚のレンズ（薄いレンズと厚いレンズ）をつかうと...

- ・ レンズ同士を密着させたときには、

1枚のときよりも近い位置に物体より小さな実像

老眼の人は、もうまくが長くなって
ができた。いるから、老眼鏡で近く
のものも、見えやすくしてい

⇒ これは、凸レンズを2枚密着させることでより近い位置に焦点（ピント）を合わせることができるので、

老眼鏡と同じ仕組みである。1枚目の凸レンズによってできた
実像の後3側

- ・ レンズの距離を離したときには、

1枚目のレンズと2枚目のレンズの間- 物体を逆さまにした虚像

ができた。

⇒ これは、厚さの異なる2枚の凸レンズの間隔を離して、1枚目の凸レンズでできた実像を2枚目の凸レンズで拡大しているので、

望遠鏡と同じ仕組みである。

顕微鏡

このとき、薄い凸レンズは

対物レンズ

厚い凸レンズは

接眼レンズ

厚い方から、虚像を
見るので、接眼レンズ
の方が厚い
の役割がある。

同じように、2枚の凸レンズの距離を離して、物体を拡大してみることができるものとして

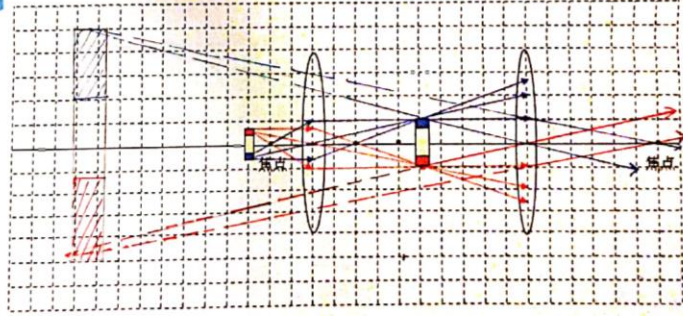
顕微鏡

がある。

⇒ 顕微鏡の仕組みを説明してみよう。*顕微鏡は、対物レンズに厚い凸レンズ、接眼レンズに薄い凸レンズがつかわれている。

- ① 近くのものを拡大
- ② 遠くのものを拡大

図



説明

1枚目の凸レンズによってできた実像から、反射している光を作用した。赤と青(先端)から、出る光1本は、凸レンズの中心を通る光、もう1本は、凸レンズに垂直に光が入る。つまり、光軸と平行に進む光の2本を、赤と青それぞれ2本ずつ作用した。そうすると、交わることはない。しかし、焦点で、光をたどっていくと、1枚目の凸レンズのあとに、大きな虚像ができる。

望遠鏡と顕微鏡の仕組みの違いは、望遠鏡は遠くの物体に対して、対物レンズで実像をつくり、その実像を接眼レンズで拡大して虚像をつくる。顕微鏡は近くの小さな物体にれて、対物レンズで元の物体より大きな実像をつくり、その実像を接眼レンズで拡大して虚像をつくる。
つまり、観察する物体が異なるだけで基本的には同じ原理である。

図 13 顕微鏡の仕組みを説明したWS

手だてアとして単元を通して、凸レンズによって像ができる様々な現象を系統的に提示したことで、生徒は、「凸レンズの性質」、「光の進み方」、「像のでき方」の3つの概念の関連付けが不十分であったことに気づき、単元で学習したことを段階的に関連付けながら、凸レンズによって像ができる仕組みを見いだすことができた。単元最後の2枚の凸レンズの距離を離したときの像のでき方を明らかににする課題に対しても、最初は予想できなかったものの、仲間との検討を通して、半数以上の生徒の考えが変容した様相がみられた。これは、これまでの学びの再構成が促された姿であった。

○手だてイの有効性に関わって

<手だてイ>

異なる厚さの2枚の凸レンズを密着したときと、離れたときにできる像を予想し、予想や仮説の異なる生徒同士で仮説の吟味や検討を行い、より確かな仮説を練り上げる活動を組織する。

手だてイとして、仮説や根拠が異なる生徒同士のグループの検討・検証する活動を組織したことで、「1枚目の凸レンズによって倒立実像をつくるものの、2枚目の凸レンズを通過したあとは光が交わらないため、像はできない」という素朴概念をもっていた生徒が、「光の進み方」「像のでき方」を根拠に、1枚目の凸レンズでできた実像を光源として見立てることによって、2枚目の凸レンズによって、倒立虚像ができる理由を説明することができた。これは評価規準B以上に達した姿であり、「像ができる仕組み」を中心として、光の性質における複数の概念を関連付けて科学的に探究するという資質・能力の高まりにつながったと考えることができる。

○手だてウの有効性に関わって

<手だてウ>

凸レンズの厚さの違いによる、屈折の仕方や焦点距離、像のでき方の違いを検証するための実験を考えたり、実際に行ったりして、自身の仮説の妥当性を証明する活動を組織する。

手だてウを上記のように設定したものの、今回の研究では、実証性・再現性・客観性のある実験を行い、自身の仮説を証明する有効な手だてをうつことができなかつた。コンピテンシーの発揮に関わる重要な手だてでもあるため、次年度への課題としたい。

2 教科の本質とそれが表出した姿

理科科における教科の本質は以下の通りである。

【理科科における教科の本質】

理科の見方・考え方を働かせて、自然の事物・現象を探究する過程を通して、科学を学ぶ楽しさや有用性を実感すること

【理科科における教科の本質を踏まえた生徒の姿】

自然の事物・現象に関わる複数の知識及び技能や概念などを関連付けて設定した仮説を、他者と協働的かつ批判的に検討したり、妥当性を吟味したりする活動を通して、科学的な根拠を重ねたり、実証性・再現性・客観性のある実験によって理由付けしたりして科学的な概念を体系化するとともに、汎用性を実感している。

これに関わって、単元終了後に生徒が記述したWSから、単元を通して表出した生徒の様相を考察した。

◦印象に残っていること
 印象に残っていることは、凸レンズの応用的な実験です。2枚重ねたときのような像が下の方にできる実験や、2枚のレンズを離れたときの移り方など、自分では考えても正しいと思える解が見つからないと思う間にか何問もありました。しかし、実際に実験をしてみることで、分かるようになりました。実はそれは、望遠鏡や老眼鏡の仕組みを考へていたものだと知り、理科は生活の様々な部分で人々を支えているのだと思っただけで印象に残っています。

理科を学ぶ有用性を実感している

探求の大切さに気付いている

その場や物に合った対応が、2枚のレンズに合わせたことだと思います。今回の学習は、関連性を見出すだけではなく理解が深まることだと思います。その後比較することで理解が深まると思います。その場で問題を考える利点も、このように、1つの物とそれ以外の関係性を、是れが目的の組み合わせに今も使っている事でその場に対応するにあたり、ベストの方法が見つかると思います。今後自分で考えてその場や物に合った対応ができるようにしたいと思います。

私は、この既成実験の結果から関連性を見出し、色々の仮説を基に仮説を立てることで、大抵で学ぶことで、結果から関連性を見出すことで、様々なその1つ、用下で、情報を整理することで、仮説を立てることで、自分だけの言葉でまとめることで、仮説を用いることで、多面的な視点で物事を理解することで、マインドマップから、将来、何事にも、自分の意見をもち、その結果から規則性を考えたり理解を深めたいと思います。

図 14 単元終了後の生徒のプログレスカードの記述 7

図 14 で示したWSの記述から、単元を通して行ってきた、探求の過程を通して、生徒が理科の有用性を実感している姿が伺える。

3 成果と課題

研究の成果として、次のことが明らかになった。

- 単元を通して、凸レンズによって像ができる様々な現象を系統的に提示することや、仮説やその根拠が違う生徒同士のグループで検討・検証する活動を組織することは、凸レンズによって像ができる仕組みについて、「凸レンズの性質」「光の進み方」「像のでき方」の3つの概念を関連付け、科学的に探究するという資質・能力の育成につながる。
- 素朴概念と科学概念が対立する現象をもとに、科学的に探求する過程を通して、生徒の「学びに向かう人間性」の育成につながっていること。
- 本研究で生徒に提示した課題「2枚の凸レンズの距離を離れたときにできる像」

は、単元「光の性質」において、生徒が身に付けた知識・技能や、生徒が見いだした複数の概念を関連付けるための事象として有効であったこと。

また、研究の課題として、次のことが明らかになった。

- △ 評価基準がAに達したかどうかを、授業の中でみとることができなかった。これに関しては、授業の中での、授業者の論点整理が不十分であったことや、単元を通して、光を集めてできた実像を光源としてとらえるための手だてがなかったことが原因であると考え。本時の授業でも、生徒が1枚目の凸レンズを通過してできた倒立実像を光源や物体として捉えてよいのかに戸惑いを感じている場面があった。しかし、実像を光源として見たてる手だてを講じることで、適切な難易度の課題になったかどうかは疑問である。したがって、単元において、関連付けて構造化する際の、対象範囲をどこまでにするかも含め、生徒の実態に即した課題の開発の必要性が改めて重要であると考え。
- △ 手だてウに挙げた実証性・再現性・客観性のある実験によって理由付けしたりして科学的な概念を体系化することが難しかった。コンピテンシーの発揮に関わる重要な手だてであるため、今後、最初の段階でここまで意識しながら、研究に取り組みたい。