

光の反射・屈折

I 身近な生活や科学技術に関連させた全反射の観察・実験例

1 全反射の観察・実験のあらまし

全反射の学習では、一般的に水中から水面を見上げた時、金魚が水面に映っているということが導入題材として使われる。教科書には写真も掲載されており、生徒にとって、比較的身近なものとして捉えやすい題材となっている。

近年では光ファイバーを用いた通信技術が普及している。CMなどでもよく目にする光通信。実際に自宅が光通信でつながれているという生徒も少なくない時代になった。生徒にとってインターネットは、今最も興味深く、関心を持っている分野の一つといっても過言ではない。光通信はまさに、本題材である全反射の現象を用いた通信である。今学んでいる事柄が、現代の発達した通信技術の最先端に通じるとなれば、題材に対する意欲や知識の定着もより深いものになるだろう。

現代の技術が生まれるずっと前から、松明の光による通信に代表されるように、光は通信技術として利用されている。しかし、既習の「光の直進」の範囲からは抜け出すことのない距離(数 km)の通信でしかなかった。光ファイバーケーブルは自由自在に曲げることができる。このことは通信技術の進歩に大きな影響を与えることとなった。

ガラス棒をガスバーナーで熱し、柔らかくなったところをのぼすと細いガラス線ができる。このガラス線を切り出すと、簡易な光ファイバーができる。実際に自分でつくった光ファイバーで光通信を体感することで、光ファイバーの素材自体は特別なものではなく、ごく身近にあるものを使った偉大な発見であることを感じることができる。それにより、題材に対する理解や理科の有用性の高まりが期待できる。

2 準備するもの

(1) 器具

- ・ガラス棒 (φ6mm 20cm 程度) (1人1本)
- ・軍手 (1人1組)
- ・保護眼鏡 (1人1つ)
- ・ガラス細工用ヤスリ (班で1個)
- ・LED光源 (班で1つ)
- ・カラーセロハン各色 (班で数色)



ガラス棒はφ6mmが扱いやすい



綿100%が燃えにくくてよい



密着するタイプが望ましい

3 学習前の観察・実験の指導の手立て

本実験では簡単なガラス細工を行う。ガスバーナーでガラス棒を熱し、温度は瞬間的に数百℃に及ぶ。十分に注意を喚起しておく必要がある。ガラスは熱伝導率が小さいため、20cm程のガラス棒の両端を持ち、中心を熱すれば両端まで熱が伝わることはない。そのため、素手でも作業はでき

るが、危険に対する意識づけと万が一のことも考えて軍手を必ず着用させる。生徒はガラスが柔らかくなる感触に感動し、興奮気味に作業を行う。だからこそ、事前の安全指導が重要だと考える。また、ガラスを伸ばした後細くなったガラス線を切る時も十分注意が必要である。細い竿のようにふるまうガラス線が目などに入ることも十分に予想される。保護眼鏡の着用を徹底させたい。

4 観察・実験の手順・様子

(1) 光ファイバーの作成

ア 保護眼鏡を着用し、軍手をはめた手でガラス棒の両端を持ち、ガスバーナーで熱する。

イ 加熱部分が柔らかくなってきたら、一定のスピードでガラス棒を引っ張る。(勢いよく引っ張りすぎるとできるガラス線が細くなりすぎるので注意する。)

※太さ 0.3mm程度 (シャープペンの芯より少し細い程度) がよい。

ウ 冷えてから細くなった部分をガラス細工用ヤスリで、長さ 40cm に切り出す。

※あらかじめ 40cm のひもなどを用意しておくとうよい。



熱して引っ張ったガラス棒の片端



ヤスリで 40cm 切り出す

(2) 光ファイバーでの通信体験

上記の作業を全員が行うことで、班で数本のガラス線ができる。これを束にしてセロハンテープでとめる。一方にカラーセロハンをかぶせた LED 光源をあてるともう一方の先端がかぶせたセロハンの色に光る。ガラス線を折らない程度にしならせても光は確実にもう一方に伝わる事が確認でき、通信体験ができる。



ガラス繊維の先端が光る様子

5 学習後の観察・実験の指導の手立て

本実験は『全反射』の学習の補足的側面を持っている。既習の『全反射』という現象を利用した科学技術の紹介と実際の体験が主となる。光ファイバーによる通信は電磁誘導のノイズがなく、安定した通信技術である。現代では光ファイバーケーブルが世界中に張りめぐらされており、発達した通信社会を支えていることを強調したい。

しかしながら、光ファイバーケーブルには、ステップ型 (全反射) とグレーデッド型 (屈折) という形式があり、使い分けられている。時間があればその点も取り上げるとよい。

作成したガラス線についてはケガの原因ともなるので回収する。

6 器具の扱い方等

(1) 指導 (準備)

ア 使用するガラス棒はよく洗い、水気は拭き取っておく。

イ カラーセロハンは適当な大きさに切っておき、生徒が好きなものを選べるようにしておく。

(2) 安全面

ア 軍手を必ず着用させる。火から外して伸ばした後も、しばらくは熱いので注意する。

イ 細くなったガラス線は先端が目に入ると危険であるため、保護眼鏡を着用させる。また、指などを傷つけることもあるので注意させる。

II 指導の例

1 単元名 光の反射・屈折（補充的な学習）

2 単元のねらい

ここでは、光の反射や、屈折、凸レンズの働き、音の性質に関して課題を明確にして実験を行い、結果を分析して解釈し、規則性を見出させ、日常生活や社会と関連付けて理解させること。

3 指導計画（全6時間）

光の進み方（1時間）

光の反射（2時間）

光の屈折（3時間）本時3／3 ※本時は補充的な学習となる。

4 学習問題

ガラス棒（かくはん棒）でつくった光ファイバーで光通信ができるか。

5 観察・実験の展開例

（1）ねらい

- ・全反射という現象を利用した科学技術である光ファイバーに関心を持ち、その原理を指摘することができる。

（関心・意欲・態度）

- ・作業の留意点をしっかりと聞き、簡易的な光ファイバーを作成することができる。

（観察・実験の技能）

（2）展開

※評価の観点

学習内容・学習活動	指導上の留意点と評価の観点
1 ファイバーツリー（クリスマスツリー）を観察し、繊維の先端が光っている原理を考え、発表する。 ・繊維の中を光が全反射を繰り返し、先端まで伝わっている。	・教室に暗幕を引き、観察させる。 ・その原理を問い、発表させる。 ※光ファイバーに関心を持ち、その原理を指摘しようとしている。 （関心・意欲・態度）
2 この光ファイバーの技術は電飾のほかにどのような場面で利用されているかを考え、発表する。 ・インターネット ・光通信 ・光テレビ など （利点） ・速い ・たくさんの情報量の送付が可能 ・通信の安定（電磁波の影響を受けない）	・光ファイバーに関連することを連想的でもいいので発言させる。 ・インターネット関連の例が出されることが予想される。その場合、従来の通信と比べた利点も挙げさせる。 ・光通信の場合、従来の通信ケーブルと違い、電磁波などの影響を受けにくく、通信が安定することが知られている。出ない場合は教師側から付け加える。
ガラス棒（かくはん棒）でつくった光ファイバーで光通信ができるか。	

<p>3 ガラス棒を観察し、どうすれば繊維状に細くなるかを考え、発表する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・加熱して伸ばす。 <p>4 光ファイバーづくりの留意点を確認する。 (教師による演示を観察する)</p> <p>5 光ファイバーをつくる。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①軍手・保護眼鏡を着用する。 ②ガラス棒の中央部分を熱する。 ③柔らかくなったところで左右に引っ張る。 ④冷ました後、できたガラス繊維を切り出す。 <p>6 光通信を体験する。</p> <ol style="list-style-type: none"> ①LED光源で繊維の先端に光を当て、もう一方の端を観察する。 ②LED光源を色セロハンで覆い、同様の観察を行う。 ③光ファイバーが折れない程度にしならせても光が伝わるかを確認する。 ④その他、班でいろいろな通信を行ってみる。 <p>7 観察記録と感想を書く。</p> <p>8 まとめる。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・班員分のガラス棒を配布し観察させる。繊維状に加工する方法を考えさせる。 ・教卓周りに生徒を集め、演示により留意点や作業のポイントを説明しながら光ファイバーを作って見せる。 <p>【安全に関すること】</p> <ul style="list-style-type: none"> ○軍手の着用…やけど防止 ○保護眼鏡の着用 ○ガラス繊維の先端の危険性 <ul style="list-style-type: none"> ・軍手と保護眼鏡を着用しているか。 ・ガラス棒の端を持っているか。 ・伸ばしたのち、十分に冷ましているか。 ・切り出したガラス繊維の先端に留意しているか。 <p>※留意点を意識し、光ファイバーを作成している。(観察・実験の技能)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・作業が終了したことを確認した後、暗幕を引き、室内を暗くする。 ・自作の光ファイバーで光通信体験をさせる。 ・繊維をしならせても確実に全反射が起こり、光が伝えられることを確認させる。 ・光源を点滅させたりすることで情報を伝えることができることを体験させる。 ・実験を行った記録と感想を記録用紙に書かせる。 ・本時でわかったことを話し合わせ、発表させる。
<p>ガラス棒で作った光ファイバーで光通信はできる。 細いガラス繊維の中を光が全反射を繰り返して伝わる。 繊維が曲がっていても確実に光が伝わる。</p>	
<p>9 片づける。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・作った光ファイバーは回収する。また、伸ばしたガラス棒の端も回収する。

Ⅲ よりよい観察・実験のために

1 生徒・教師の失敗例

(1) 光ファイバーをうまく作ることができない。

<対処法>

- ・加熱が不十分のときには繊維は太くなってしまふ。また、引くスピードが遅くても太い繊維ができ上がる。繊維は太すぎればしなやかさがなく、すぐに折れてしまふ。また、繊維の側面から光

が漏れて伝わりにくい。また、細すぎると LED 光源から光を進入させる角度が難しいといった問題点も出てくる。さらに、先端が細いと光っている様子も確認しにくい。0.3mm 程度（シャープペンの芯より少し細い程度）がよいと思われる。演示のときにガラスの柔らかさ、引くスピード、引く時の手ごたえなど、生徒が実際にやりやすいように示してやることが重要である。演示でポイントを押さえておけば、生徒に数名の失敗はあっても、班で最低 1~2 本は適切な太さのガラス繊維ができるので、光通信体験は行うことができる。

(2) けが・やけどをする。

<対処法>

- ・一番心配されるのはやけどである。加熱時のやけどは意外と少ない。加熱が完了し、ガラス繊維を切り出すときのやけどには注意が必要である。細くなった繊維は早く冷めるが、ガラス棒の太い部分の加熱部に近い部分は、しばらくは熱が冷めない。生徒が細い部分を触り、大丈夫と判断して切り出すときに太い部分を触ってしまうということがあったので、注意する必要がある。また、ガラス繊維の先端や、切り出した後のガラス棒の先端はかなり鋭い。指先に刺さったり、目に刺さらないように十分に注意する必要がある。光通信体験のときも保護眼鏡の着用が必要である。しかしながら、通信体験のときに軍手を着用すると、細かい作業ができず、ファイバーを折ってしまったりすることも多くなるので十分に注意して素手で行わせた。

2 体験談から

生徒にとって理科の教科書に出てくるのが身近な生活とつながることで興味を持ったり、より学習内容が定着したりすることはよくあります。今回紹介した授業は問題解決的ではありません。生徒の科学的思考力や自己決定能力を養うという側面からみると不十分な内容かもしれません。しかし、生徒は一生懸命作業をし、できたものに感動している様子が見られます。このことはとても貴重な体験であると思っています。

科学の進歩は疑問の探究と失敗、そしてほんの少しの成功から成り立っています。科学者たちはきっと、その成功を勝ち得たときの震えるような感動をエネルギー源として日々課題と向き合っているのだと思います。理科の授業の中で少しでもそれに近い感動を与えることができたとすれば、生徒が大人になるまで覚えている体験として記憶に刻まれることでしょう。そんな願いをいただきながら本授業を考え、実践しました。生徒が、教科書に載っている事柄が身近な生活や科学技術に密接していることを実感し、理科の有用性に気づき、科学全体に興味を持つことができたらうれしく思います。