



「なぜ蜃気楼ができるのかを探る」

福島市立北信中学校

1年2組 菅野 央 貴

## 1. 研究の動機

僕は、以前テレビで放映していた化学実験で蜃気楼についての特集を見て、蜃気楼のしくみやでき方について大変興味を持った。

蜃気楼は、大気中の温度差すなわち密度差によって光が屈折を起こし、遠方の風景などが伸びたり反転したりした虚像が現れる現象である。

インターネットで調べてみたところ、蜃気楼が見える仕組みについて次のように記されていた。物体は、あらゆる方向に光を反射しているが、人間の目に見えるのは一部だけで大気中に温度差すなわち密度差がない時は光は直進するので、物体と目を直線で結ぶ方向の光だけが目に見える。しかし、冷たい空気と暖かい空気が重なり合いその境界の狭い範囲で空気の温度が連続的に変化するような場合、そこで光の屈折が起き、実際の風景の上や下に虚像が見えるのである。

僕は、この蜃気楼を引き起こす光の屈折について詳しく調べてみたいと思った。大気中の温度差すなわち密度差を気体ではなく固体でならば、液体に物質の量を変えて溶かし固めることで密度の違いを比較的簡単に作り出せ、レーザーポインターで光を当てることで光の屈折実験を行うことができるのではないかと考えた。

まず第一に実験に用いる固体として水に溶けやすい砂糖を使い寒天で固め、密度の異なる物質の光の屈折、反射について調べたいと考えている。そして第二に、蜃気楼のできる条件は、異なる密度が重なり合い境界の狭い範囲で密度が連続的に変化していることであるから、砂糖水の上に水を静かに入れ密度の違う二層を混ぜ合わせることでそれと似た境界面を作り、蜃気楼の光の道すじを明らかにしたいと考えている。

## 2. 目的

物質の密度の違いを利用し、蜃気楼の光の道すじを調べる。

### 実験 1

物質の密度による屈折や反射の違いを調べる。

### 実験 2

密度の違う状態での蜃気楼の進む道すじを調べる。

### 3. 方法

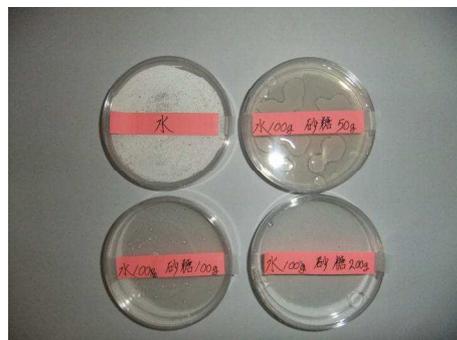
#### 実験の進め方

#### 実験1

密度の異なる寒天レンズを作り、レーザー光を入射し、屈折や反射の違いを調べる。

(1) 寒天レンズを作る。

- ① 水100gに砂糖(0g、50g、100g、200g)をそれぞれ溶かし、寒天1gを加え加熱し透明にする。



- ② 溶かした溶液をシャーレに入れ、冷やし固める。

- ③ 固まったシャーレの寒天をカッターで半円に切り、半分を寒天レンズとして実験に使用する。



(2) レーザーポインターを使い、寒天レンズの中心に向かって光の入射角を変えて光の進む方向を調べる。

- ※ 入射角が分かるよう、寒天レンズの下に分度器を置く。



- ※ 光の進む道すじが分かるようにシャーレのあいたところに火のついた線香を入れ、シャーレのふたをする。



(3) それぞれの寒天レンズで全反射が起る臨界角を調べる。

#### 実験2

アリの巣を観察するクリアケースに高濃度の砂糖水と水を入れ、3, 4日後に砂糖水と水の境界付近が混ざった状態のところをレーザー光を入射し、光の道すじを調べる。

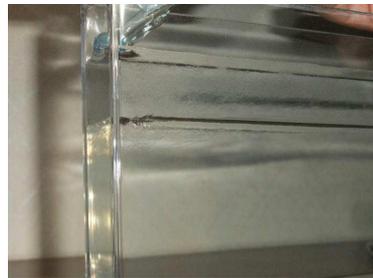
(1) 砂糖水と水を利用した蜃気楼ができる 大気の状態と同じ条件の溶液を作る。

① 水150gに砂糖300gを溶かしアリの巣を観察するクリアケースに入れる。

② アリの巣を観察するクリアケースの砂糖水に光の進み道すじが見えるように、牛乳をストローで5滴たらし、よくかき混ぜる。



③ アリの巣を観察するクリアケースの砂糖水の上に水をガラス棒を伝わらせながら静かに流し込み、2層の状態を作る。



④ 3, 4日静かにおき、境界付近が混ざり合うのを待つ。



(2) 暗い部屋で、レーザーポインターを使い境界付近にレーザー光を入射し、光の道すじを調べる。

(3) 溶液を通した像をデジタルカメラで撮影する。

#### 準備物

- 寒天 ○砂糖 ○水 ○シャーレ ○線香○アリの巣を観察するクリアケース ○牛乳
- レーザーポインター ○デジタルカメラ ○計量カップ ○はかり ○分度器 ○定規
- アルミ箔 ○カッター ○ガラス棒 ○スプーン ○ストロー

#### 4. 予 想

##### 実験 1

- ① 入射する角度が大きくなるほど、たくさん屈折すると思う。
- ② 密度が高くなるほど、境界面での屈折する度合いが大きくなると思う。
- ③ 密度が高いと入射角をあまり大きくしなくても全反射が起こると思う。つまり、密度が高いほど臨界角は小さくなると思う。

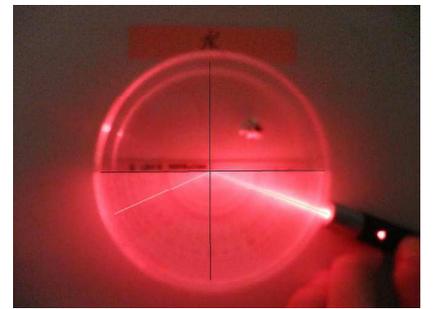
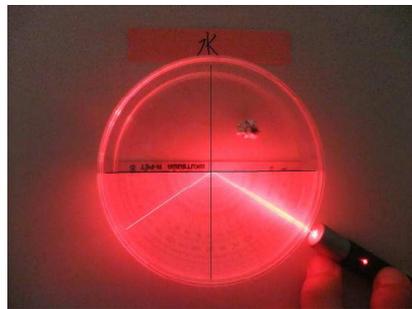
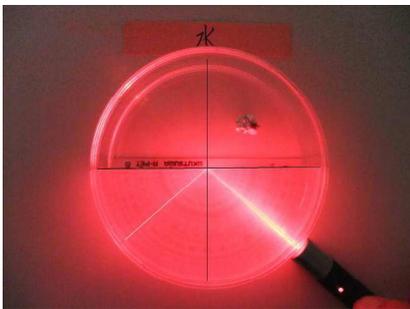
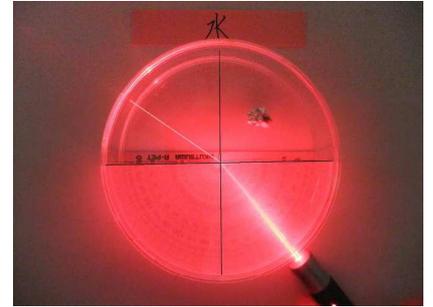
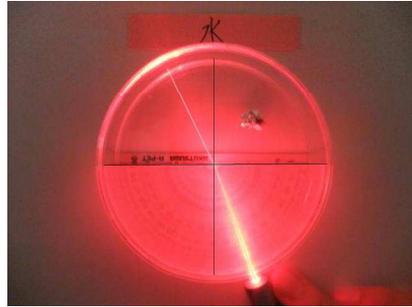
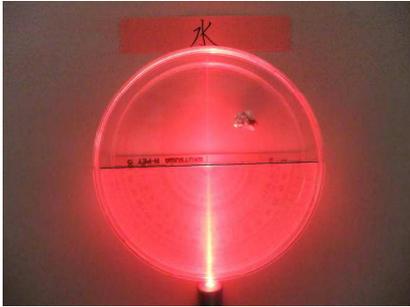
##### 実験 2

- ① 境界面で混ざり合っていない状態で光を入射すると、砂糖水と水の境界面できれいに全反射すると思う。
- ② 3, 4日後は、砂糖水と水の境界面が混ざり合い、砂糖水に近いところは密度が高く水に近いところは密度が低くなるので、下に行くほど大きく曲がり、上に行くほど小さく曲がっていくので、曲線的に反射が起こると思う。

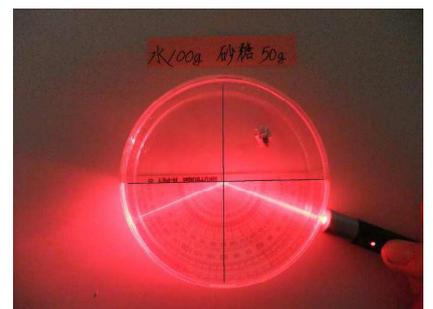
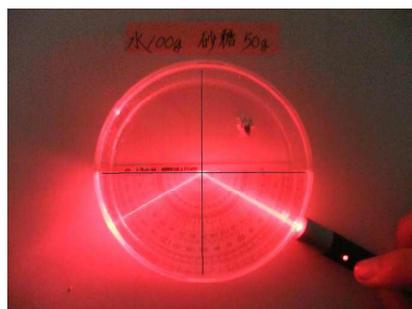
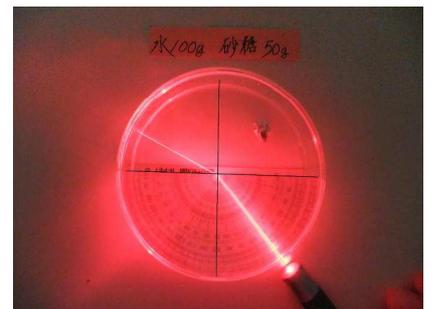
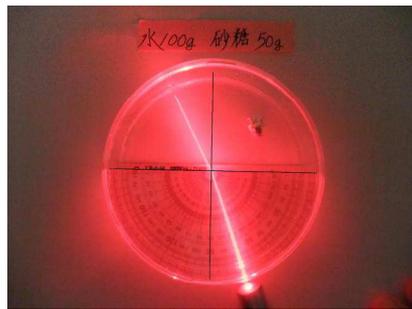
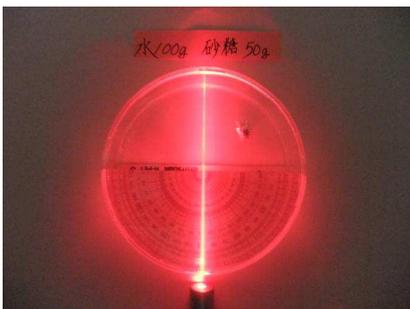
## 5. 結果

### 実験1 ①入射角の違いによる光の進み方

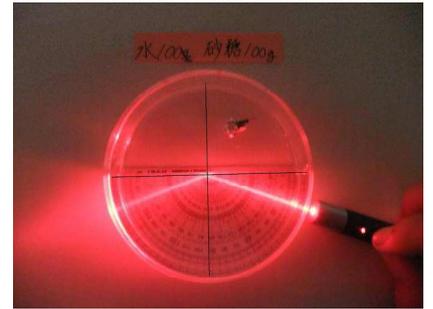
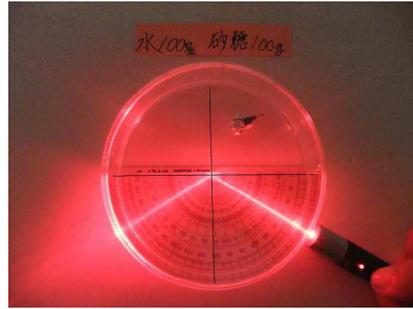
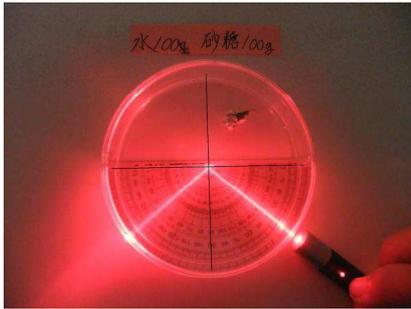
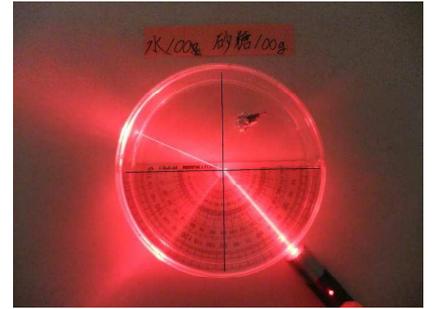
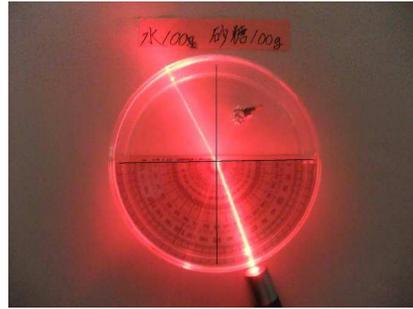
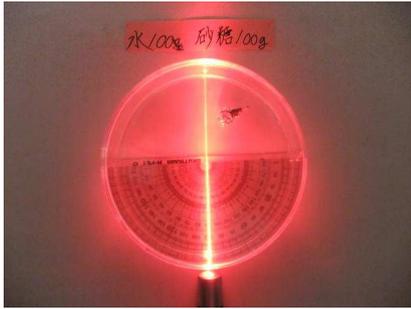
< 水 100g 砂糖 0g >



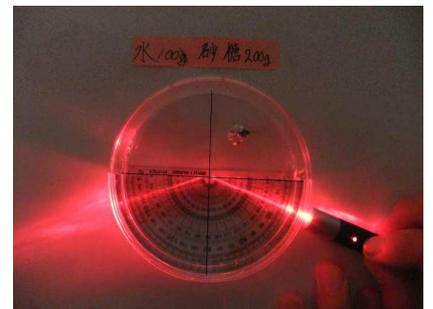
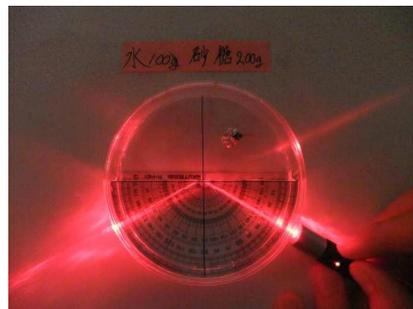
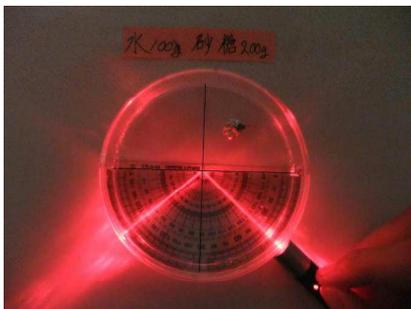
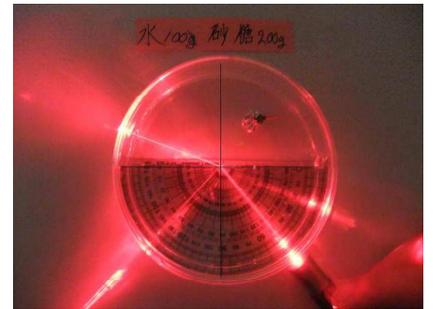
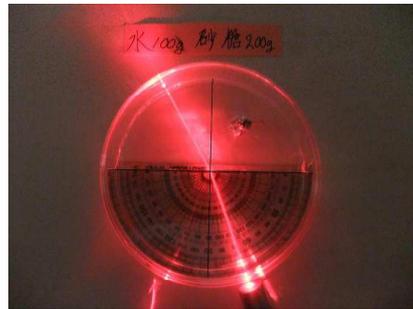
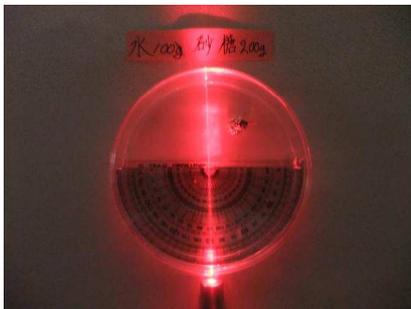
< 水 100g 砂糖 50g >



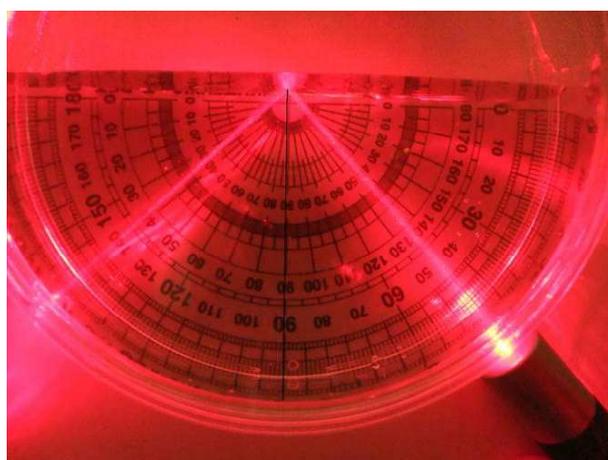
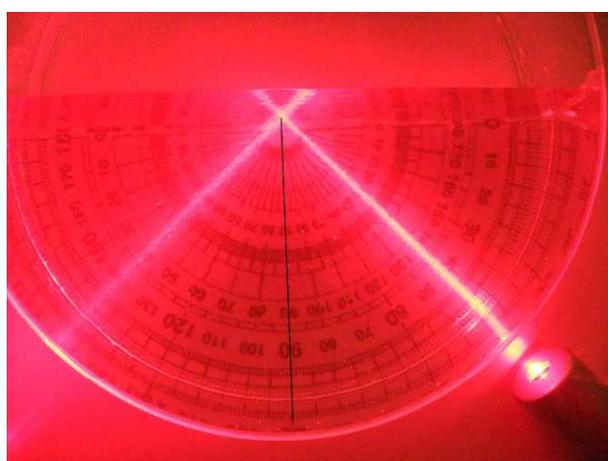
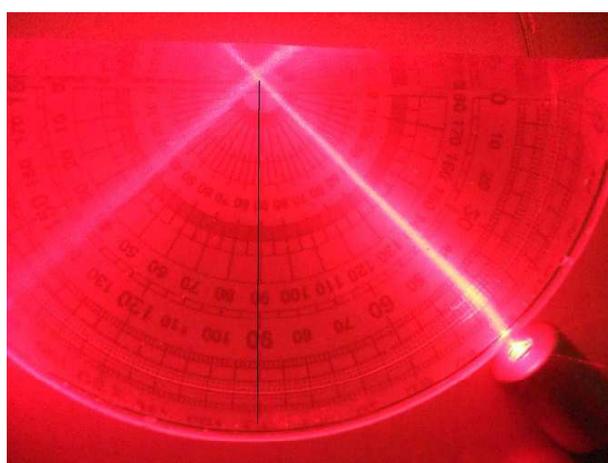
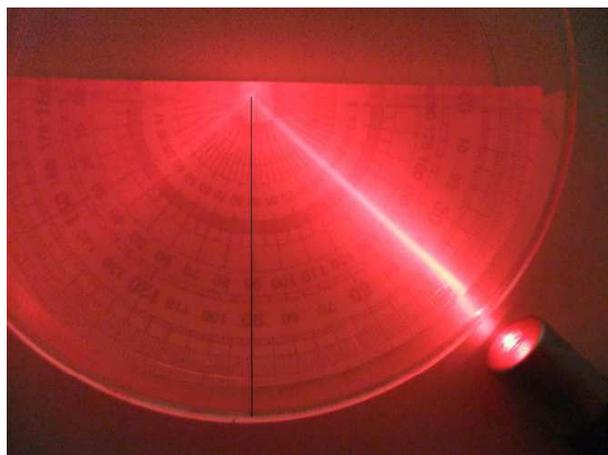
< 水 1 0 0 g 砂糖 1 0 0 g >



< 水 1 0 0 g 砂糖 2 0 0 g >

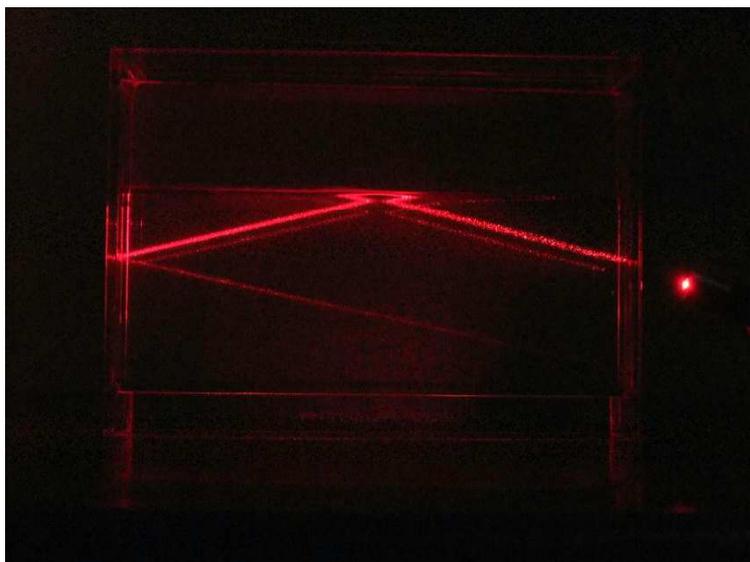


実験 1 ② 密度の違いによる臨界角

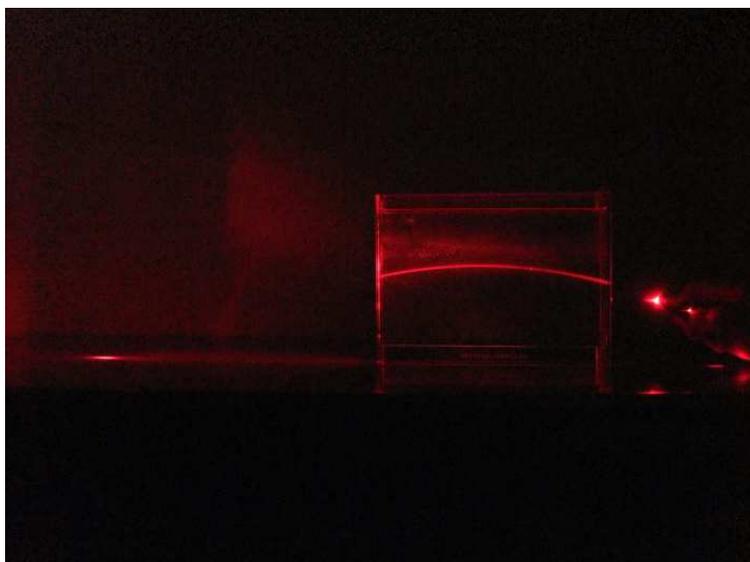
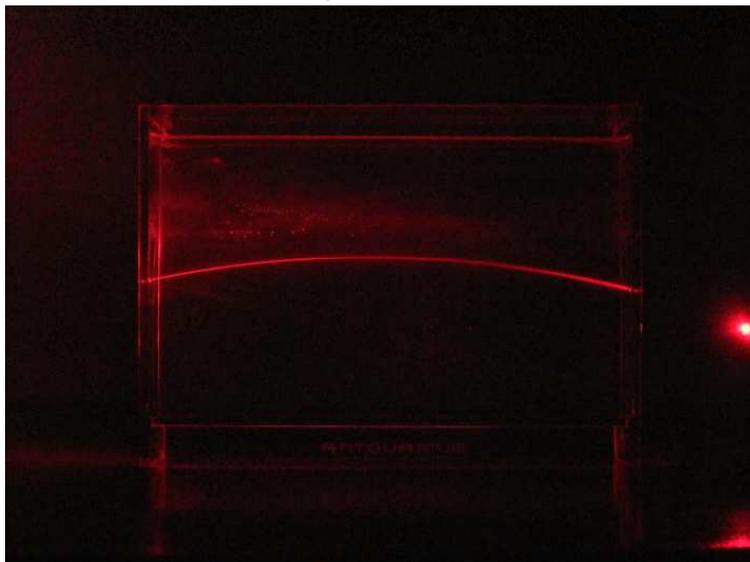


実験 2 光の進む道すじ

< 境界面が混ざらずはっきりとした状態 >



< 4日後の境界面が混ざり合った状態 >



< 4 日後の溶液を通した像 >



①入射角の違いによる境界面での光の進み方

寒天レンズ \ 入射角	0°	20°	40°	50°	60°	70°
水100g 砂糖0g	直進	24°で屈折	55°で屈折	50°で全反射	60°で全反射	70°で全反射
水100g 砂糖50g	直進	26°で屈折	61°で屈折	50°で全反射	60°で全反射	70°で全反射
水100g 砂糖100g	直進	27°で屈折	64°で屈折	50°で全反射	60°で全反射	70°で全反射
水100g 砂糖200g	直進	30°で屈折	71°で屈折	50°で全反射	60°で全反射	70°で全反射

②密度の違いによる臨界角

寒天レンズの種類	臨界角
水100g 砂糖 0g	49°
水100g 砂糖 50g	47°
水100g 砂糖100g	46°
水100g 砂糖200g	45°

## 6. 考 察

### 実験1 ①入射角の違いによる光の進み方

- 境界面に対して垂直に光を入射すると光が直進することが分かった。また、寒天レンズの密度に関係なく、入射角が大きくなるほど屈折する角度が大きくなることが明らかになった。
- 入射角が $20^\circ$ と $40^\circ$ のところで見ると寒天レンズの密度が高くなるにつれて、屈折する角度が大きくなっていることから、密度が高くなるほど境界面で屈折する度合いが大きくなると言える。
- 寒天レンズの全ての密度で、入射角が $50^\circ$ 以上で全反射しており、 $40^\circ$ から $50^\circ$ の間に臨界角があると考えられる。

### 実験1 ②密度の違いによる臨界角

- 寒天レンズの密度が高くなるほど、全反射が起こる入射角が小さくなることが分かった。すなわち密度が高いほど、臨界角は小さくなることが明らかになった。

### 実験2 光の進む道すじ

- 砂糖水と水が混じり合わずはっきりと分かれた境界面に光を入射すると、境界面で直線的に全反射することが分かった。
- 4日間静置しておき、砂糖水と水が境界面で徐々に混ざり合った状態では、上から下に行くほど密度が高くなるため、密度が高い下の方ほど大きく屈折、すなわち曲がり、上の方ほど小さく曲がると考えられる。  
よって、光の進む道すじは、曲線的になるということが明らかになった。

## 7. まとめ

実験の結果から分かった蜃気楼の仕組みである光の屈折の仕方と見え方について図にまとめた。

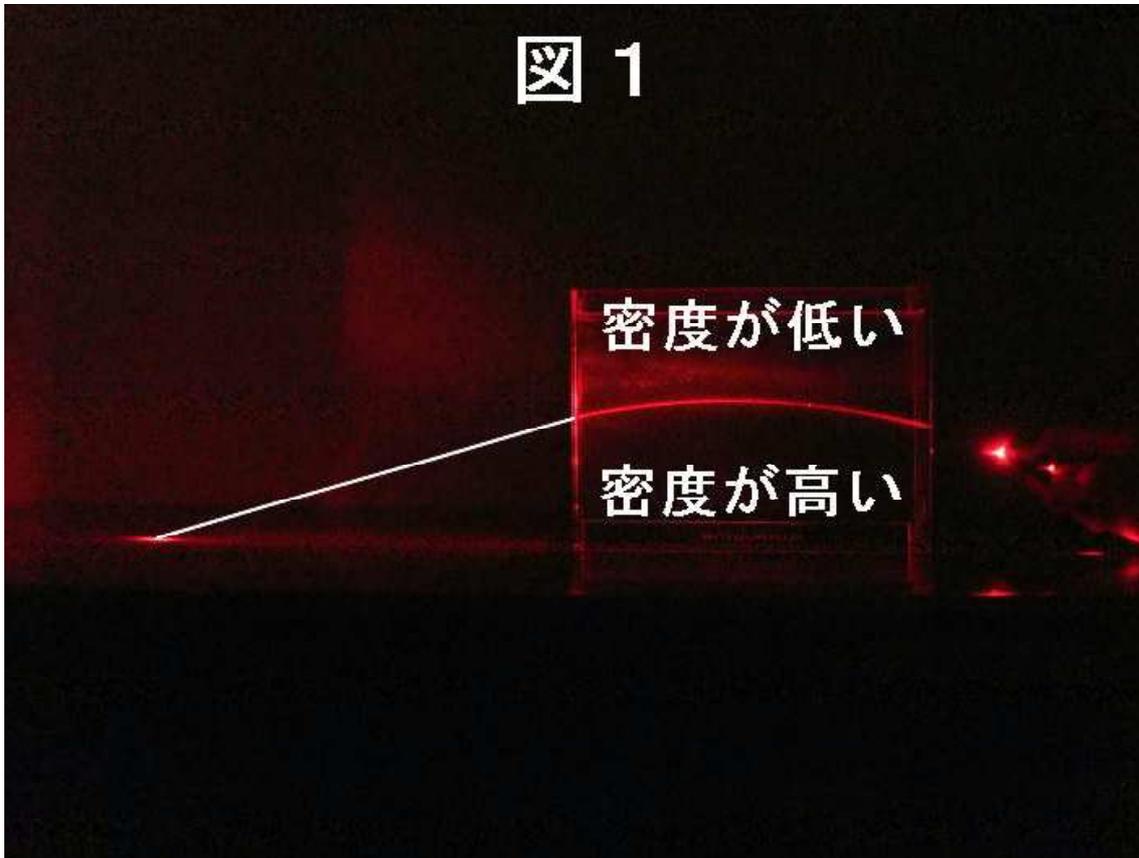


図1のように、密度が高い状態から低い状態へ徐々に変化しているところに、光が適当な角度で入射すると、密度が高い方へ徐々に角度を変え屈折し、曲線的に進んでいく。

## 図 2

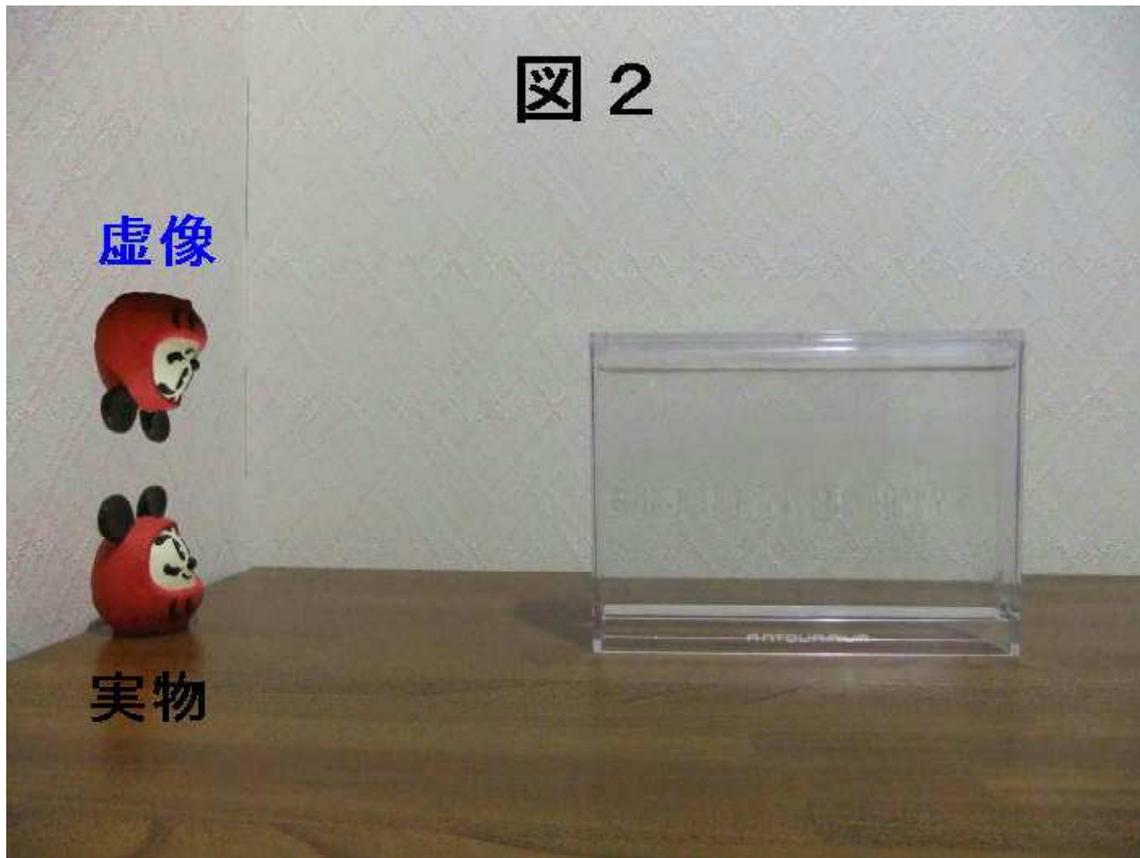


図2のように、密度が違う状態の中で物体（ミッキーマウスのだるま）を見ると、物体から出た光が、実線のように密度が高い方に曲がって目に入ってくる。しかし、人間は光は曲がっているとは感じず、光は直線的に進んでくると錯覚する。つまり、点線の方から光が進んでくると感じ、物体が実物の上に虚像として見える。これが蜃気楼である。

実際に、密度が違う状態で物体を見てみると、図3のように、下に実際の物体が見え、上に虚像（蜃気楼）が見える。



実際の自然界では、冷たい（密度が高い）空気が下層部にあり、暖かい（密度が低い）空気が上層部にあったら、実験 2 の図 3 と同様に光が屈折し、蜃気楼が発生する。

## 8. 反省と感想

密度が異なる寒天レンズそれぞれに違う角度から光を入射し写真を撮るという作業が困難だったが、最後までやり遂げることができ、良かった。

実際にテレビで蜃気楼のことを知った時は、不思議な現象だなと思い、そのことを探求できると思うと胸がワクワクした。

実験を行い、自分の目で蜃気楼を確かめられ、蜃気楼ができる仕組みについて理解できたことが大変勉強になった。

この実験を通して、実際に自然界に生じる蜃気楼も見てみたいという思いを強くした。

今回調べた蜃気楼は、上位蜃気楼という種類のもので、他にも下位蜃気楼などがあるので、別の形の蜃気楼についても調べてみたいと考えている。

### <参考資料>

「もっと！いろいろ蜃気楼」 魚津市埋没林博物館「琵琶湖の蜃気楼情報」 琵琶湖蜃気楼研究会