

# 屈折率を利用した液体の拡散の研究

静岡県立清水東高等学校 自然科学部物理班

## 1. はじめに

水を入れた水槽にシヨ糖を沈め、攪拌せずそのまま放置しておく、時間の経過とともに、底に沈めたシヨ糖は拡散していく。私達は、このような拡散の様子について、拡散速度と温度との関係、経過時間との関係、物質による差などについて研究を続けている。平成17年度までの研究では、

- ・ 拡散速度は、**水温が高いほど大きい。**
- ・ 拡散による変位の大きさは、**時間の平方根に比例している。**
- ・ 透明な溶質の場合には、**屈折率分布の測定**で拡散の現象を解析できる。

等が実験から明らかになった。

## 2. 今回の研究の目的

**拡散していく溶質が無色透明な場合**には、その様子を肉眼で直接に観察することができない。このような場合に対して、拡散の様子を観察する有効な手法はないだろうか。そんな疑問から、昨春秋より、透明な溶質が水中を拡散していく現象について重点的に研究を進めることにした。研究の目的は次のとおりである。

- (1) **屈折率分布の測定**をすることで、拡散の様子を解析する。測定精度の向上も目指す。
- (2) 屈折率分布の測定について次の2つの方法を試み、拡散の様子を解析する。
  - ア. 水プリズム法 (平成17年度より実施の測定方法)
  - イ. 円筒レンズ法 (平成18年度から考案し、試みている方法)

## 3. 研究の方法

溶液の内部は拡散の程度に応じた濃度分布を形成しているはずであるから、屈折率も水深ごとに変化していると考えられる。そこで、溶液を入れた透明な水槽の側面からレーザー光を照射して、各水深ごとに**レーザー光の偏角を測定**することで、溶液内部の屈折率分布を求めることにした。

## 4. 実験の結果

### (1) 拡散と温度との関係 (水プリズム法で測定)

図1は、液体の入っている透明な三角柱型容器をプリズムに見たて、側面からレーザー光を照射した場合の図である。レーザー光の偏角の測定から屈折率を計算で求めることができる。この方法を「**水プリズム法**」と呼ぶことにした。スクリーンまでの距離を長くすることで、測定精度を向上させることができる。水深が深くなるほど屈折率

が高くなるので、レーザー光の偏角は大きくなる。

図2は、水温による拡散速度の差を測定した結果である。水温が46℃の場合と15℃の場合とで比較した。**塩化ナトリウム**をプリズム型水槽の底に沈めて、8時間経過した後で屈折率分布を測定し

たものである。温度管理を正確にするため、三角柱型容器を恒温槽の中に入れた状態で拡散させた。グラフより、**水温が高い方が、高屈折率の領域は水面に速く近づいていく**ことを、確認することができる。

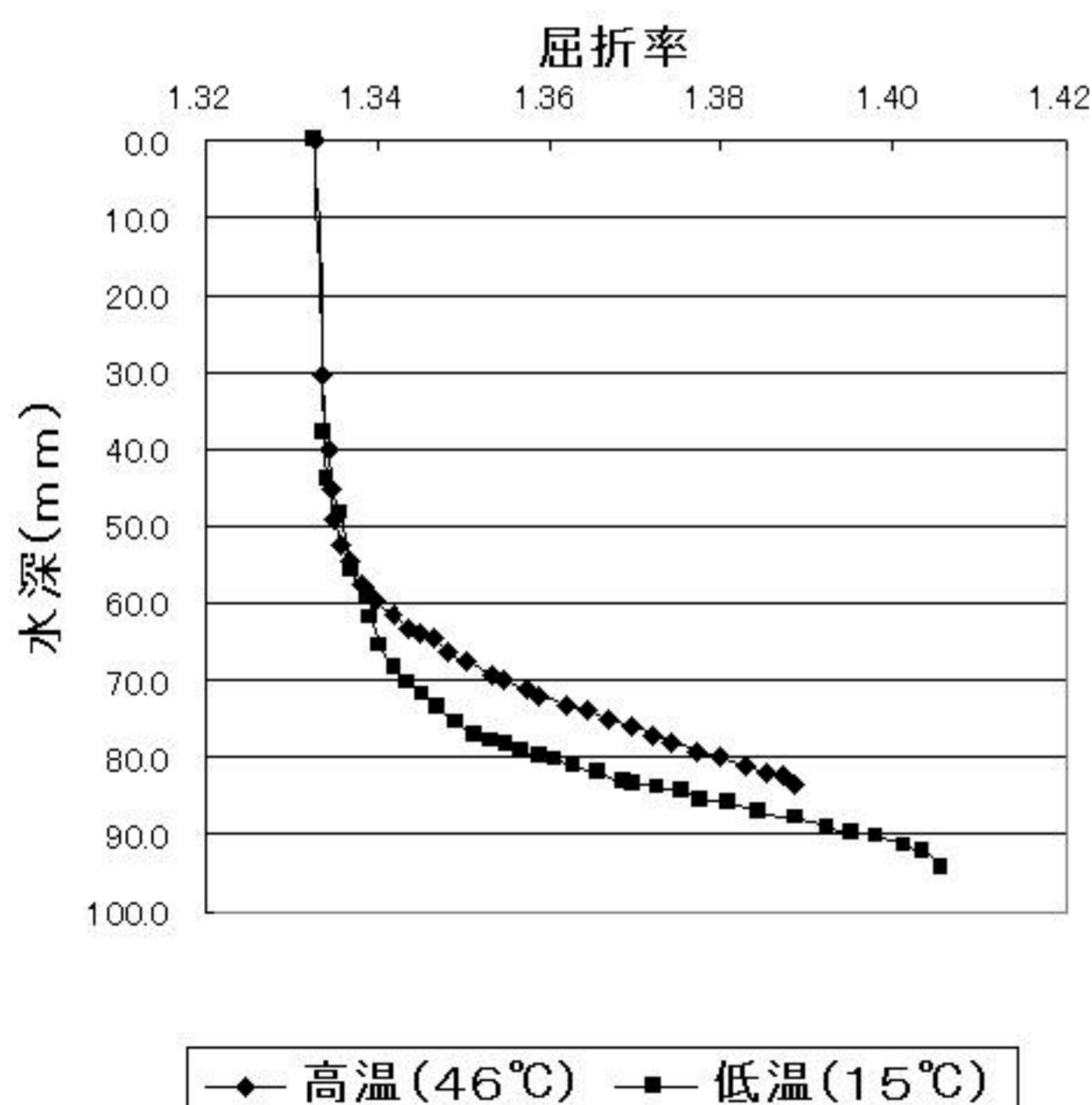


図2 温度による差

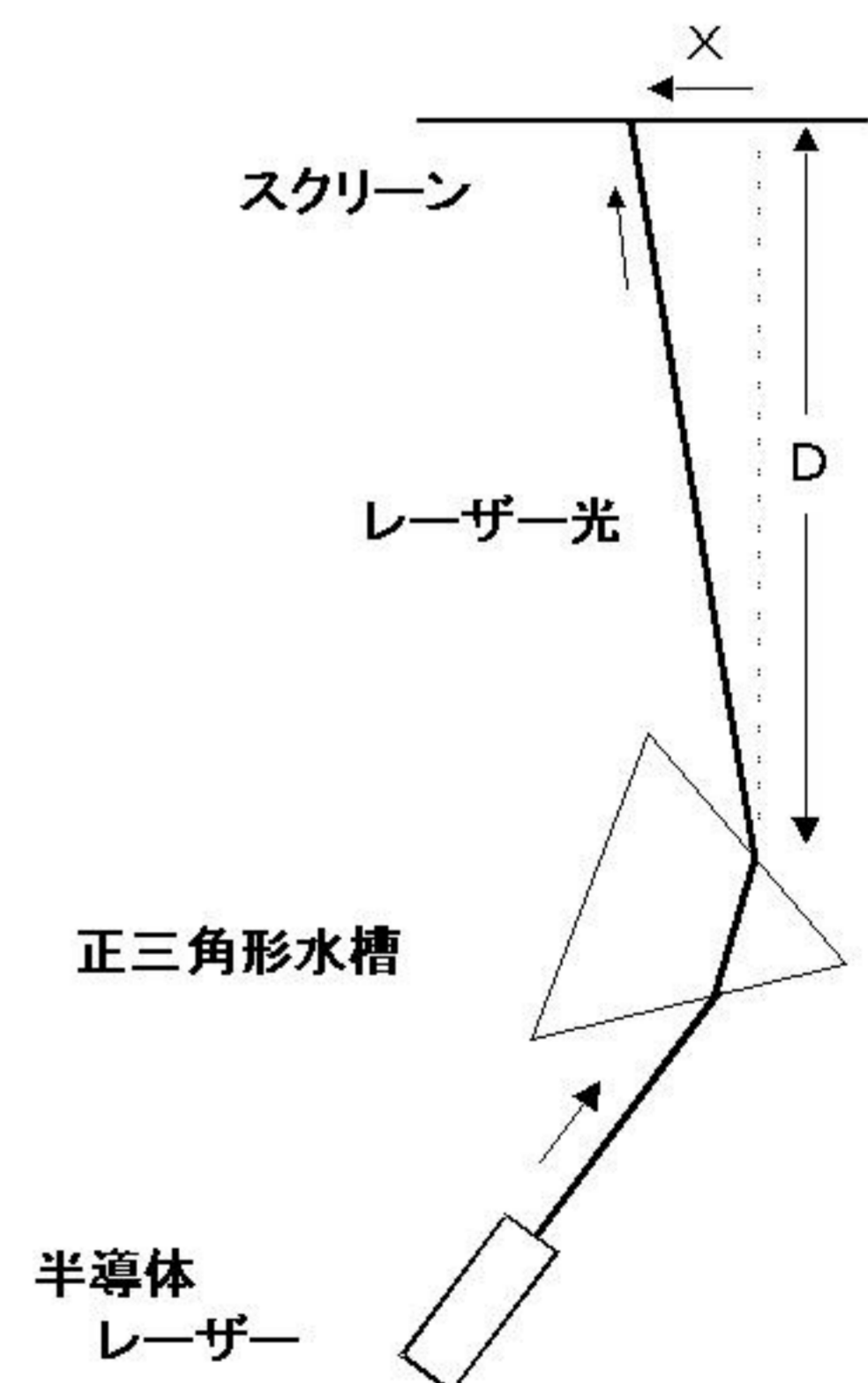


図1 測定の原理



## (2) 拡散と経過時間との関係（水プリズム法で測定）

図3は、水ガラスを水底から拡散させた場合の屈折率分布を経過時間ごとに比較したものである。時間の経過とともに、屈折率の高い領域が水面に向かって近づいていくことが読みとれる。興味深いことに、96時間経過後の分布を示す曲線に注目すると、水深100mmよりも深いところでは、同じ水深における屈折率の値が以前のものより逆に小さくなっている。

これは、拡散を初めてから十分に時間が経過したために最深部がもはや飽和状態ではなくなり、時間経過とともに濃度が逆に下がってきていること、つまり薄まりつつあるからだと解釈できる。こうして、目視観測できない無色透明な溶質の拡散現象も、屈折率分布を測定することで、様々な解析が可能であることが分かった。

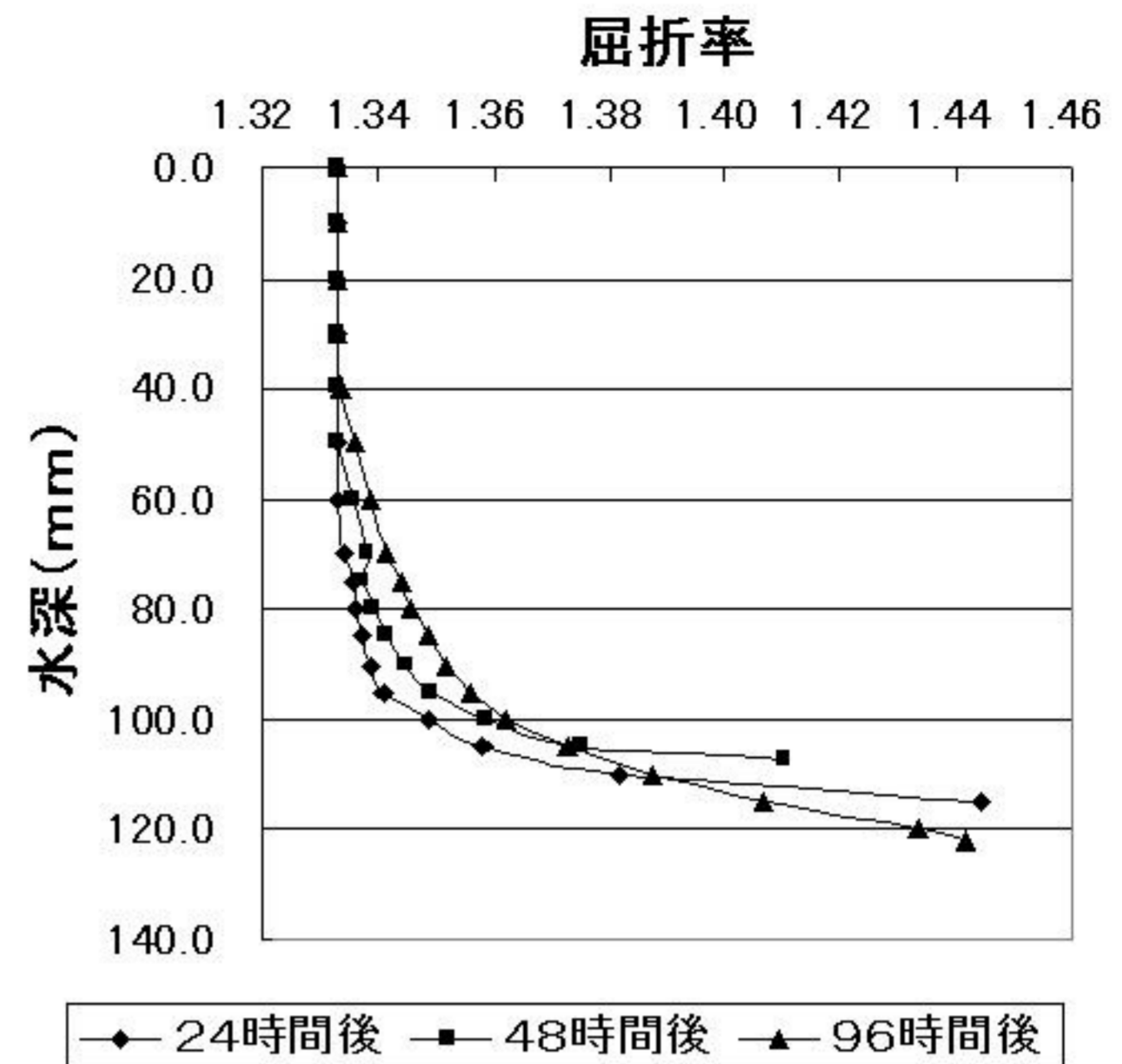


図3 水ガラスの拡散

## (3) 円筒レンズ法による測定

図4は、液体の入っている透明なメスシリンダーを円筒型のレンズに見立て、側面からレーザー光を照射した場合の図である。レーザー光は焦点に一度収束した後、後方にあるスクリーン上に広がって、ある長さの明るいラインを描く。このラインの長さ  $2y$  から、屈折率を計算で求めることができる。この方法を「円筒レンズ法」と呼ぶことにした。水深が深くなるほど屈折率は高くなり、焦点距離は短くなるので、レーザー光はスクリーン上で大きく広がり、ラインの長さは長くなる。

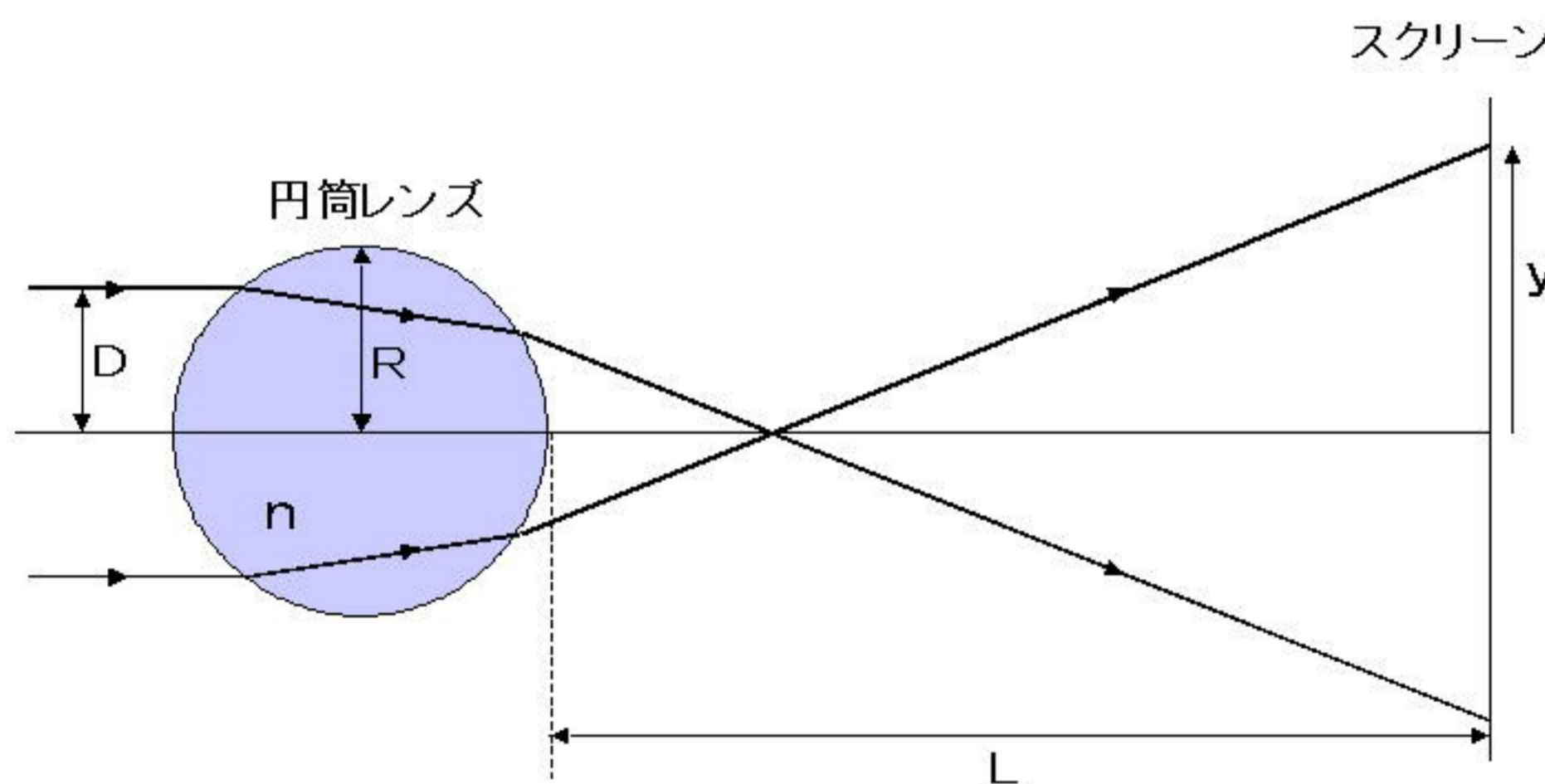


図4 測定の原理

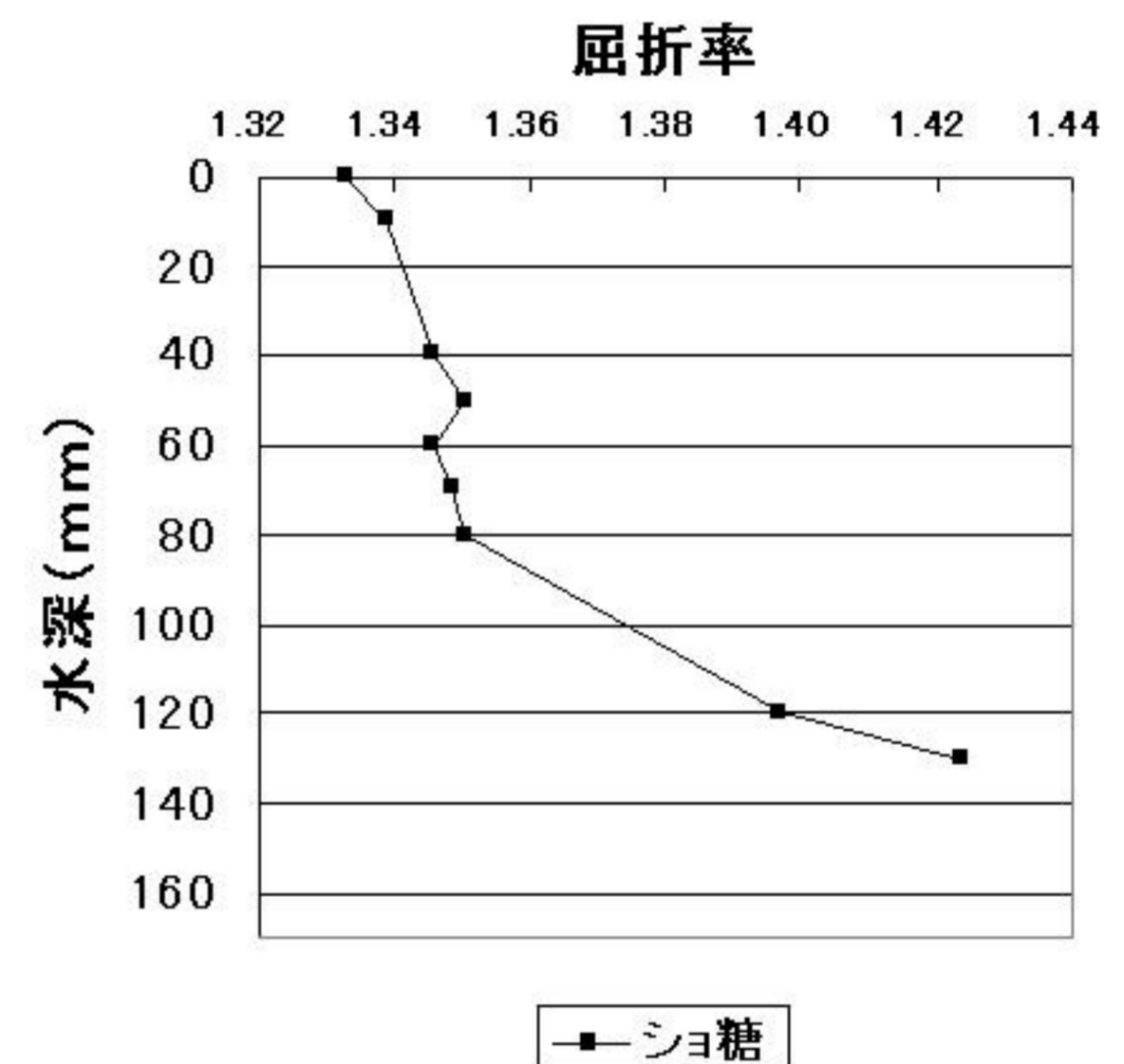


図5 ショ糖の拡散

図5は、ショ糖を沈めておいた試験管を使って、円筒レンズ法で拡散による屈折率分布の様子を求めたグラフである。残念なことに、現在までのところ円筒レンズ法による測定は精度が悪く、水プリズム法と比較して誤差が大きい。今後とも工夫を重ねて研究していきたい。

## 5. 考察

- (1) 水温が高いほど拡散速度が速くなることを、屈折率分布から確認することができた。この理由は、水温が高くなるほど、水中の分子運動が活発になるからだと考えられる。
- (2) 図2における15℃のグラフを見ると、ある水深のところからグラフの曲率が逆側に変化し始めている。これは、水底に近づくにつれて溶液が飽和状態になりつつあるため、屈折率もある一定の値に収束しはじめるからだと解釈できる。
- (3) 溶質が時間の経過とともに拡散していく様子を、屈折率分布から確認することができた。
- (4) 屈折率分布の測定は、無色透明な溶質の拡散現象の解析手法として有効であることがわかった。
- (5) 水プリズム法は、グラフのなめらかさから見ても、精度よく屈折率分布を求めることができる実験方法の一つであると考えられる。
- (6) 円筒レンズ法は測定精度に問題がある。現在、新しい屈折率分布測定の手法について取り組みを進めているので、機会をみて報告したい。