

光学素子の取扱および旋光度を利用した糖度計測

I 光学素子の取扱

光計測実験を行うために不可欠な構成要素として、光学素子が挙げられる。レンズやミラーがそれにあたり、現在ではさまざまな特性を持った素子が市販されている。実際に実験を行うには予めこれらの特性を熟知する必要があり、例えば以下のような場合、光学素子や実験系そのものを破損することがあるため、注意が必要となる。



図1 光学素子

一般にレンズやミラーなどの光学素子にはさまざまなコーティングが施されており、その仕様によって光学素子の特性が大きく異なる。特に、レーザーなどの高いエネルギーを用いる場合には、AR (Anti Reflection) コートされたものを利用することがある。また、一見ただのガラス板に見える光学素子が、ND フィルターやバンドパスフィルターであることもあり、光学素子の購入時に添付されている仕様書やケースなどは、紛失や破損することが無いように注意する必要がある。もし、これらを紛失した場合は、分光器を用いて自分で計測を行い、特性の傾向を把握することとなる。

通常のランプや外光を利用する場合には大きな問題にはならないが、精密な計測やレーザーを使用する場合には、光学素子の汚れには十分に注意をする必要がある。これは、ノイズ要因となるだけでなく、光学素子そのものが焼けたり、散乱光が実験者の目に入ることも考えられ、安全上にも望ましくない。光学素子の洗浄には、大きくは2つの手順をとる。①ブローヤや専用のはけで比較的大きなほこりを取り除く。②アセトン等の洗浄用アルコールを浸みこませた専用のレンズペーパーで、光学素子表面をきれいにふく。このとき、拭き後が残らないようにする必要があり、初めて洗浄を行う場合には、予めガラス基板等で練習するとよい。①の手順を省略したり、アルコールを浸みこませないでレンズペーパーを使用すると、ほこりやレンズペーパーの硬い線維を光学素子に押し付ける こととなり、表面のコーティングに傷を付けることとなるため、省略しない事。なお、アセトンのような溶剤を使用する際は、ゴーグルを装着し、飛散から目を保護するよう注意する。

II レーザーの使用上の注意

レーザーはランプやLED と異なり、パワー密度が高い。また、我々ヒトが見ることのできない波長のレーザーも多く存在するため、このようなレーザーを使用している実験室では、さまざまな配慮が必要

となる。レーザーは出力に応じて、以下の表の通り 5 つのクラスに分類されており、レーザー機器にはこれらのクラスが表記されている（クラス 1 を除く）。

表 1 レーザーのクラス

クラス	基準	出力(連続光)	警告ラベル義務	表示ラベル
1	レンズなどの光学系で集光しても、眼に対して安全なレベルのレーザー。	0.39 μ W 以下	不要	クラス 1 レーザー製品
2	可視光 (400-700 nm) で、眼の保護は「まばたき」などの人体の防御反応により障害を回避でき出力のもの。	1mW 以下	必要	ビームをのぞきこまないこと クラス 2 レーザー製品
3A	光学系で眼かない限りは安全なレベルのレーザー。但し、光学的手段で直接ビーム内を観察することは危険。	5mW 以下	必要	ビームをのぞきこまないこと 光学機器で直接ビームを見ないこと クラス 3A レーザー製品
3B	波長範囲及び裸眼又は光学的手段を問わず直接又は鏡面反射によるレーザー光のばく露により眼の障害を生じる可能性がある。	0.5W 以下	必要	ビームを直接見たり触れたりしないこと 光学機器で直接ビームを見ないこと クラス 3B レーザー製品
4	拡散・反射された光を見ても危険なレーザー。皮膚に当たると火傷を生じたり物に当たると火災を生じる恐れがある。	0.5W 以上	必要	直接光も散乱光も危険です 見たり触れたりしないこと クラス 4 レーザー製品

<http://www.tokai.t.u-tokyo.ac.jp/~jimu/laser.pdf>

レーザー光による身体への影響としては主に、眼と皮膚への障害が考えられる。レーザー光が目に入ると網膜に障害をもたらす、失明等の重大な障害を残すおそれがある。また、大出力のレーザーは皮膚にも火傷をおこす危険性がある。特に、短波長光は光化学反応が起こすので、低強度でも長時間の被曝は避けるべきである。以下に注意事項を述べる。

眼障害に対する注意等

- (a) レーザーの取り扱いの際には、使用レーザーの波長に対応した保護眼鏡を必ず着用する。
- (b) 低強度であっても保護眼鏡を着用していても、絶対にレーザー光を直接見ることは避ける。
- (c) ミラー等の光学系がしっかり固定されていることを確認してから使用すること。

- (d) 反射率の高い物体は、レーザーの周囲におかない。腕時計のガラスによるレーザー光の反射の危険があるので身につけて作業をしない。
- (e) レーザー光の光路の高さは、歩行時、作業時における目の高さを避けること。
- (f) 予期しない反射を防ぐため、可能な限りレーザー光路および光路の延長上をカバーで覆う。
- (g) レーザー機器が設置されている場所の入口又は保護囲いに、適切な警告標識を掲示すること。またレーザービームが戸口の方に向く配置としない。

皮膚障害に対する注意

- (a) 衣服の上からでも、身体のどの部分にもレーザー光をさらさない。
- (b) 皮膚の露出が少なくする。難燃性の長袖の衣服の着用が望ましい。
- (c) レーザー光路上及び光路の延長上に立たない。
- (d) レーザー光路に燃えやすいもの（溶剤、油、紙など）を置かない。
- (f) レーザー光は、専用のビームストッパーや不燃性の遮蔽物（レンガなど）を置いてレーザービームを終端させる。

Ⅲ 旋光特性を利用した糖度計測

光波（電磁波）の正体は、電場と磁場が直交した横波である。そのため、進行方向の前方から電場を観測すると、回転方向に角度を定義できる。これは、縦波として知られる音波には無い特徴であり、電磁波の持つ「偏光」という特性を生み出している。旋光(optical rotation)とは、直線偏光がある物質中を通過した際に偏光が回転する現象である。この性質を示す物質や化合物は「旋光性」あるいは「光学活性」を持つという。

一般に光学異性体と呼ばれる物質は、旋光性を持つ。これらは、D体、L体の構造の違いが、電場に対して異なる応答（偏光依存性）を示すためであり、その混合比が異なると旋光の程度が異なる。この旋光の程度を示す比旋光度 $[\alpha]$ は、以下の通りに表わされる。

$$[\alpha]_{\lambda}^T = \frac{100 \times \alpha}{l \times c} \quad (1)$$

このとき、 T , λ , α , l , c は、温度（℃）、波長（nm）、旋光回転角（°）、光路長（dm）、濃度（g/100ml）である。（光路長の単位は、0.1 m であることに注意）具体的には、図2に示すような光学系を配置して、比旋光度は計測される。偏光板は、ある特定の偏光方向を持つ光のみを透過できる光学素子であり、これを用いることで、ランプのようなさまざまな偏光成分を有する光源から、特定の偏光成分のみを選択できる。このように選択された偏光は、2枚目の偏光板の回転角度に応じて透過量を調整することが可能となる。1枚目の偏光板の角度を θ とすると、2枚目の偏光板の回転角を同じ θ にすると、もっとも多くの光を透過することができ、2枚目の回転角度を $\theta \pm 90^\circ$ に調整すると、透過率をほぼ0%とすることが可能となる。つまり、2枚の偏光板の回転角度を調整することで、目に届く光の量を調整できる。

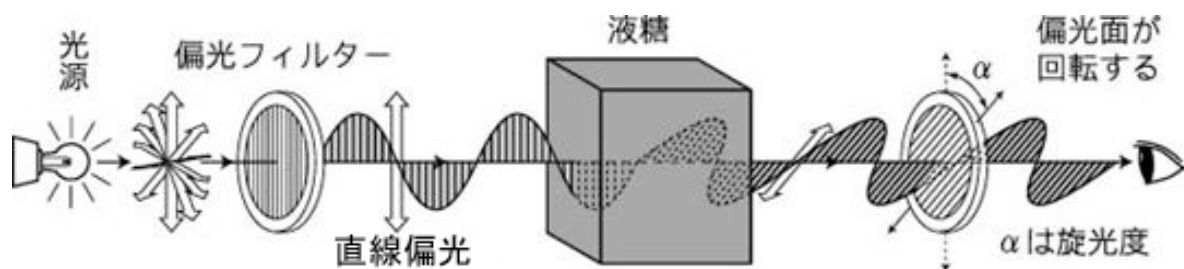


図2 比旋光度測定系

今, この2枚の偏光板を調整し, 透過率を0%とした後, この間に光学活性のある溶液を配置すると, サンプルによって偏光面が変化し, 透過率が0%でなくなる。そこで, さらに透過率が0%となるように2枚目の角度を調整し, その調整角が α に相当する。このことを踏まえ, 以下の項目について確認しなさい。

確認事項

- ①レーザーを用いた光学系で, 偏光板の回転角度と透過強度の変化の様子を確かめる。
- ②ランプを用いて偏光板の回転角度と透過強度の変化の様子を確かめる。
- ③2種類の溶液において, 比旋光度と溶液濃度関係を調べる。