

工業技術院大阪工業技術試験所

山中 裕

再びプロローグ

ガラスと人との係わり合いは、光学的側面を除いては考えられない。日用品はいうまでもなく、芸術品からハイテク製品に至るまで、光の吸収や透過を利用しているものが非常に多い。ガラスの特徴がその色と輝きにあるとすると、ガラスの物性についてのトップバッターは間違いなく光学的性質だろう。

相手は光

光学的性質とは光との相互作用の現われなので、遠回りのようでも相手となる光の性質を心得ておくことが必要である。光は電磁波の一つであり、電磁波は人間や装置の都合で、波長によって電波、マイクロ波、赤外線、可視光線、紫外線、X線、γ線と呼び名が変わる。エネルギーは波長に反比例し、そのエネルギーに対応する物質の動きは、赤外線に対しては原子間振動、可視光線から紫外線に対しては電子状態の遷移、X線に対しては内殻電子の遷移というように変化する。そういう観点からは呼び名の違いも意味を持つてくるが、基本的には同じ電磁波なんだということも忘れないでおこう。

また、光の重要な性質として偏光がある。電場や磁場の振動方向は進行方向と垂直な面内にあるので、その面内でどちらかに偏った振動方向を持った光が偏光と呼ばれている。

光と物質との相互作用

光との相互作用には、反射、屈折、吸収、散乱などがある。まず物質の界面で反射と屈折の現象が起こり、物質内では吸収や散乱が起こる。

屈折率は真空中から物質への入射角と屈折角とのそれぞれの正弦の比として幾何学的に定義されるが、真空中と物質中での光速度の比としても表現でき、分子容や分極率の関数であることもわかっている。

光の波長が変わればエネルギーが変化するので、相互作用自体も波長に依存する。吸収などに対する複雑な波長依存性はスペクトルと呼ばれ、あまり変化しないと考えられている物性の波長依存性(したがって周波数依存性)は分散と呼ばれる。光学的性質で単に分散というと屈折率の分散を指し、アッペ数という数値化がなされている。

吸収と散乱

電子構造に基づく光吸収には、バンド間遷移による吸収、不純物イオンによる特性吸収、着色中心による吸収などがある。ガラスによく用いられる酸化物はバンド間隔の広い絶縁物であるため、可視光に対して透明なものが多い。ガラスに遷移金属や希土類の化合物を加えて着色させる場合は、それらのイオンの電子遷移による吸収を利用している。

光散乱は、組織の不均一領域が散乱中心となって起こる。多結晶体では粒界や気孔などによるものが大きいですが、ガラスでは配向や密度のゆらぎに対して散乱が生じる。巨視的には均質なガラスも微視的なゆらぎは存在している。

一度吸収された光が何らかの形で放射されるとき、光の形をとれば光散乱となる。したがって、吸収と散乱はどちらに着目するかを表裏一体の関係にある。吸収と透過も裏返しの関係である。だからというわけでもないだろうが、吸収や散乱と

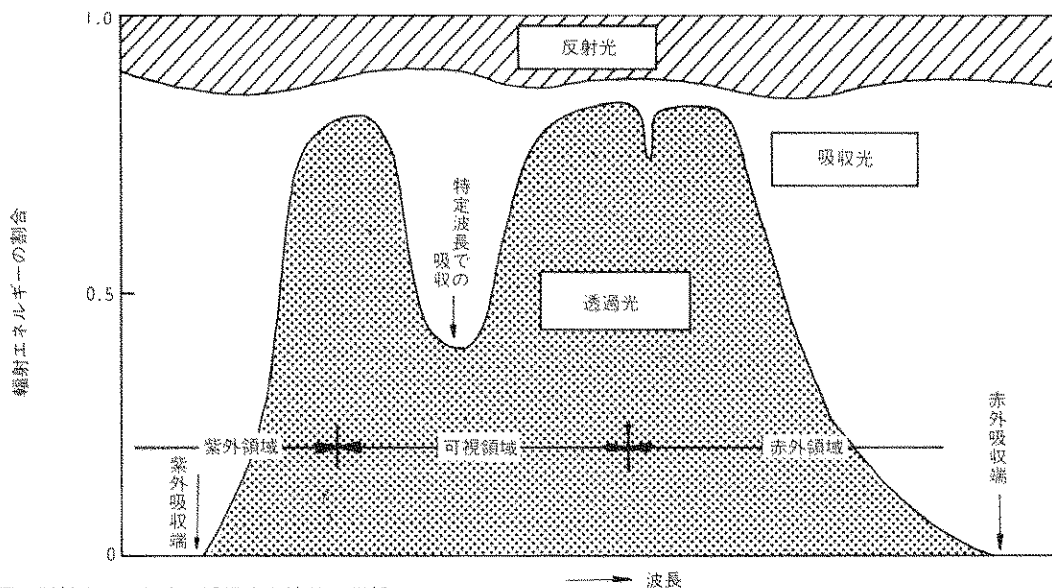


図 反射光、吸収光、透過光と波長の関係

いう言葉にはかなりニュアンスの異なるものが含まれている。たとえば、レイリー散乱は波長にくらべて十分に小さい散乱体によって起こり波長は変化しないが、ラマン効果やブリュアン散乱などは波長が変化する散乱で、けい光も散乱の一種とみなすことができる。

ガラスの例

やはり光の話だけでなくガラスの話もしておかないと落ち着かないが、種類が多すぎて項目を並べるだけで終わってしまいそうである。

世間の注目を集めた光ファイバーは開発段階で思いがけない問題点にも出会ってきたが、そのことによってガラスの新しい製法が著しく進歩した。また、コロイドによる着色ガラスや結晶化ガラスからの関連では、フォトクロミックガラスや感光性ガラスが開発され、ポリクロマティックガラスへ受け継がれている。ハロゲン化銀を含有するタイプのフォトクロミックガラスでは、光反応による生成物がガラスのネットワークによって近くに留まっているため、コロイドによる透過率の減少が可逆的である。ポリクロマティックガラスは、熱処理によって固定化するガラス写真ともいえる感光性ガラスを発展させて多色に発色するよう設計されたものである。いずれも、ガラスマトリッ

クの常温での安定性をうまく利用している。

ガラスレーザーでは、光路長の温度変化や非線形屈折率を小さくするなどの要求に合わせて組成を変えられること、つまりガラス組成の柔軟性が、均質で大型なものを作れること以外の大きな利点となっている。

エピローグにかえて

今回の話の重大な忘れ物は測定法である。測定法の注意事項やノウハウは、光学的性質の本質と関わっている場合が多い。光学的性質の測定法を理解することは、光学材料の応用や開発に不可欠なだけでなく、微視的な状態と物性との関係の理解やそれに伴う微視的な構造の解明などの出発点ともなるものである。

ところで、一般の光学ガラスとかコーティング膜などの話も省略してしまった。また、ファラデー効果などの磁気光学効果（磁化の存在によって偏光面が回転する現象）や応力による光弾性効果を始めとする光以外との相互作用、物質中での分極が光の電場に比例しないことから生じる各種の非線形光学効果なども省略した。実際に携わる人以外には関係がなさそうだが、そういった現象の応用もあることは頭のすみにとどめておいてほしい。