

光学材料特性

Optical Material Properties



アプリケーションに使用するレンズの材料を決定するには、多くの要素を検討する必要があります。レンズに関して考慮すべき最も重要な材料特性は、以下のとおりです。

屈折率

屈折率とは、真空での光の速度に対する光が媒体の中を進むときの速度の割合です。特定の光学材料を通るときに、光の速度が真空と比べてどの程度遅くなるかを表します。この値は光が基板に入る、または出るときに角度も決定します。屈折率の範囲は真空での1から最も普及している光学ガラスの約1.8までです。ガラス材料の屈折率は光の波長が異なると多少変動します。そのため、各波長の伝搬が不均一になり、色収差の原因となります。通常、屈折率の高いガラスは分散値も高く、その結果色収差も大きくなります。これらのガラスはフリントガラスと呼ばれ、クラウンガラス（屈折率が低いガラス）と対に配置して色収差を補正するアクロマートレンズとして使用します。

分散

分散とは、波長の屈折率の変化を表します。分散はレンズの色収差の原因であり、画像品質を低下させる影響があります。その一方、プリズムで色が分割するのは分散によるので、分光計の構築に使用されることがあります。通常、材料の分散は3つの波長を測定することで特徴付けられます。3つの波長とは、

486.1 nm (n_F 、水素Fライン)、589.3 nm (n_D 、黄色ナトリウムDライン)、656.3 nm (n_C 、水素Cライン)です。分散はアッペ番号（ニュー）として知られる標準的なパラメータを使用して測定します。アッペ番号 (v) は次の式で求められます。

$$v = (n_D - 1) / (n_F - n_C)$$

ここで、 $(n_D - 1)$ = 屈折度
 $(n_F - n_C)$ = 主分散

一般的に、アッペ番号が低いと分散が高くなります。クラウンガラスは低分散であり、フリントガラスは高分散です。Schott社のアッペ図表は、屈折率に対するアッペ番号を図示したものです。慣習的に、アッペ番号が左に向かって大きくなると、分散は右に向かって大きくなることを示します。ガラスラインは、二酸化ケイ素を母材とする通常の光学ガラスの軌跡です。50~55に重要なラインがあり、ガラスをクラウンガラスとフリントガラスという2つの主な分類に分けます。ガラスラインから遠ざかるほど、柔らかく、研磨が難しい材質であることを示します。

熱膨張係数

熱膨張係数は周辺温度の変化に伴い対象物が変化する割合を定義します。一定圧力の元で温度が1度変化することの体積のわずかな変化を測定します。この係数を考慮して、オプティクスがパッケージング時に取付けできなくなることを防ぐ必要があります。また、光学システムが屋外で使用される場合にも、最適なシステム性能を確保するため、この値を考慮する必要があります。

透過率と波長

オプティクスで透過率は、光が媒体を通過するとき入射光の一部が媒体に吸収され、また一部が媒体に吸収されず通過する比率を示します。ガラス材料が異なると、さまざまな波

長の光を通過する透過率も異なります。どのアプリケーションでも、透過曲線を使用して、特定の媒体を通るさまざまな波長の光の減衰を予測しなければなりません。特定の波長範囲において、お客様のシステムに光がご要望の値になる様に検討することが重要です。標準的な光学ガラスは可視スペクトル全体から近紫外や近赤外領域にまで高い透過率があります。一般的に、クラウンガラスはフリントガラスよりも透過率が優れています。フリントガラスはフレネル反射損失の原因となる高い反射率があるため、反射防止コーティング付きで指定する必要があります。

機械特性

最適なシステム性能を達成するため、機械特性（密度、硬度、弾性）を考慮する必要があります。材料の密度は一定の体積を持つ対象物の相対的な「重さ」を定義するもので、システム全体の重量に影響を与えます。硬度は材料を特定の形状に加工する際に影響する値であり、製品コストとオプティクスの耐久性にも影響を与えます。材料の硬度はオプティクスのキズ耐性も決定しますので、オプティクスの取扱い時やクリーニングを行う際のよい目安となります。材料の弾性は、真空チャンバで使用されるウィンドウなどの高い圧力差への耐性を示します。

コスト

多くの場合、限られた予算内で光学部品を選択してシステムを設計するには、コストが重要な要素となります。材料によっては大きい材料を入手し製作することが困難なため、直径が大きくなるとコストは大幅に上がります。また、より優れた光学仕様には長い製作期間が必要ですので、製品の合計コストが高くなる原因となります。