

SCHOTT  
glass made of ideas



光学ガラス2022年版



# 光学ガラス2022年版

特性の説明

## 目次

## 第1部 光学ガラス 特性の説明

前書きと概要	8	2 内部品質	30
最新情報	9	2.1 脈理	30
オンラインショップ	14	2.2 泡と異物	31
1 光学特性	16	2.3 応力複屈折	33
1.1 屈折率、アッペ数、分散、ガラス名称	16	3 化学特性	35
1.2 屈折率とアッペ数の公差	17	3.1 耐候性	35
1.3 屈折率と分散についての試験報告書	20	3.2 耐ステイン性	36
1.3.1 標準試験報告書	20	3.3 耐酸性	38
1.3.2 精密試験証明書 UV-VIS-IR	20	3.4 耐アルカリ性と耐リン酸塩性	39
1.4 屈折率の均質性	21	3.5 目視による表面変化の同定	40
1.4.1 在庫品から入手可能な高均質性ガラス	23	3.6 環境的観点、RoHS および REACH	41
1.5 内部透過率、カラーコード	24	4 機械的特性	44
1.5.1 i線用ガラス	26	4.1 スラブ硬度	44
1.6 光学特性の測定精度	28	4.2 粘性	44
		4.3 線膨張係数	45

5	熱特性	46	8	精密モールド用光学ガラス	67
5.1	熱伝導率	46	9	光学ガラスの製品範囲	69
5.2	熱容量	46	9.1	推奨硝種	69
6	納入品質	47	9.2	受注生産硝種	69
6.1	品質管理と品質保証	47	10	公式集と波長表	70
6.2	標準納入品質	48	11	技術情報 - TIE	76
6.3	特別納入品質	48	12	アプリケーションノート	77
7	供給形状と公差	51	12.1	電離放射線耐性の光学ガラス	77
7.1	ガラス素材	52	12.2	モバイル用途向け光学材料	78
7.1.1	ブロック材	52	12.3	デジタルプロジェクション向けの光学材料	79
7.1.2	ストリップ材	53	12.4	自動車用途向け光学ガラス	80
7.2	カットブランク	54	12.5	ライフサイエンス用途向け光学ガラス	81
7.2.1	平板	54	12.6	SWIR 波長域の光学ガラス	82
7.2.2	円板	56	12.7	マシンビジョン用途向け光学ガラス	83
7.2.3	研磨ロッド	58	12.8	高度監視システム向け光学ガラス	84
7.2.4	カットプリズム	60	12.9	プロ用ムービーカメラレンズ向け光学ガラス	85
7.3	プレス品	62			
7.3.1	プレスブランク	62			
7.3.2	プレスプリズム	64			
7.4	小型のボールレンズ、円板、その他の用途向け光学ガラスロッド	65			

### 13 ショットのアドバンスドオプティクス一覧..... 86

光学材料.....	87
光学ガラス.....	87
HT & HTUltra ガラス.....	88
XLD ガラス.....	88
高均質性ガラス.....	88
低 $T_g$ ガラス.....	89
i 線用ガラス.....	89
耐放射線ガラス.....	89
放射線遮蔽ガラス.....	90
サファイア.....	90
熔融石英.....	90
ホウケイ酸ガラス.....	91
RealView®.....	91
赤外線カルコゲナイドガラス.....	92

光学コンポーネント.....	94
光学コンポーネント.....	94
非球面レンズ.....	94
球面レンズ.....	95
プリズム.....	95
窓および基板.....	95
コーティング.....	96
CNC マシニング.....	96
アセンブリ.....	96
ダイナミックセラミックコンバーター.....	97
スタティックセラミックコンバーター.....	97
光学ウエハ.....	97
レーザー用能動型ガラス.....	98
光学フィルター.....	100
光学フィルターガラス.....	100
干渉フィルター.....	102

## 第2部 光学ガラス – 特性表

変更箇所 – 第2部 光学ガラス – 特性表 . . . . .	104
特性表 . . . . .	106
用語集 . . . . .	146
刊記 . . . . .	148

## 表一覧

### 1 光学特性

1.1	ガラスコードの例	16
1.2	屈折率およびアッベ数の公差 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠したグレード)	17
1.3	ファインアニールされたガラスおよびプレス品の1ロット中の屈折率のばらつきに関する公差 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠したグレード)	18
1.4	標準試験報告書の屈折率と分散のデータ	20
1.5	光学ガラスの均質性 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠したグレード)	22
1.6	高均質性ガラスの在庫品およびそれらの最大寸法と均質性グレード	24
1.7	i 線用ガラスの屈折率の均質性および寸法	26
1.8	i 線用ガラスの光学ポジション、透過率、ソラリゼーション	27
1.9	測定方法および測定精度の概要	28

### 2 泡と異物

2.1	脈理の許容値 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠)	31
2.2	光学ガラス中の泡と異物の許容値 (括弧内は ISO12123:2018 に準拠したグレード)	32
2.3	寸法毎の応力複屈折の上限値 (カッコ内は ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 による等級)	34

### 3 化学特性

3.1	光学ガラスの耐候性クラス CR 1 ~ 4 の分類	36
3.2	光学ガラスの耐ステイン性クラス FR 0 ~ 5 の分類	37
3.3	光学ガラスの耐酸性クラス SR 1 ~ 53 の分類	38
3.4	光学ガラスの耐アルカリ性クラス AR 1 ~ 4 と耐リン酸性クラス PR 1 ~ 4 の分類	40

### 6 納入品質

6.1	様々な供給形状におけるより高い品質ステップ	49
-----	-----------------------	----

<b>7 供給形状と公差</b>	
7.1 平板の寸法公差と最小寸法	55
7.2 円板の寸法公差と最小寸法	57
7.3 研磨ロッドの寸法と公差	59
7.4 カットプリズムの寸法と公差	61
7.5 プレスブランクの寸法と公差	63
7.6 プレスプリズムの寸法と公差	64
7.7 光学ガラスロッドの仕様	66
<b>10 公式集と波長表</b>	
10.1 よく使用されるスペクトル線の波長	75

## 図一覧

<b>1 光学特性</b>	
1.1 高温処理およびファインアニールされたガラスの納入 ロットの構成	19
1.2 焦点減算後の 870nm 開口での H3 品質 (個々の測定を貼り合わせた)	23

### 表紙写真

このカタログの表紙には、高屈折率ガラス材料からウエハ、そして拡張現実用ガラスウエアへの展開が示されています。

## 前書きと概要

ショットのアドバンスドオプティクス -  
優れた光学製品を提供するパートナー

ショットはガラスとガラスセラミックの専門分野で活躍する国際的な技術企業グループです。130年間に渡って素晴らしい発展を遂げ、素材とテクノロジーの専門知識を培って参りました。高い品質を誇る製品とインテリジェントソリューションの幅広いポートフォリオを提供して、お客様の成功に貢献しております。

現在、ショットのアドバンスドオプティクス部門は、光学系の材料、コンポーネントおよびフィルターを提供しており、各種用途においての先駆者となっています。120種類を超える光学ガラス、特殊材料（能動型レーザーガラス、赤外線透過材料、サファイアなど）、セラミックコンバーター、超精密光学部品、ウエハ、光学フィルターガラスなどの製品ポートフォリオを備えたアドバンスドオプティクスは、世界中の光学、リソグラフィ、宇宙工学、オプトエレクトロニクス、ライフサイエンス、研究、その他の分野で、お客様向けにカスタマイズしたソリューションを提供しています。

アドバンスドオプティクスは、お客様のニーズに合わせたガラス開発と製造から、高精度光学製品の仕上げ、加工、測定に至るまで、価値連鎖全体を維持管理しています。

アドバンスドオプティクスの詳細については、弊社のウェブサイト ([www.schott.com/advanced-optics](http://www.schott.com/advanced-optics)) をご覧ください。



企業創設者：  
Otto Schott (1851-1935)

NEW

## 最新情報

ショットのアドバンスドオプティクス事業部は最高の品質水準と最先端の方法でガラス製造を続けています。このことにより、私共は光学および工業分野での最も厳しい要求に応えるために幅広い製品群を提供し、変化し続ける市場の要求とおお客様のニーズに対応できるよう努めております。今日においても、ショットの歴史的な強みである光学ガラスは最新の開発やイノベーションの重要な鍵であり続けています。フォトリソグラフィおよび光学ガラスは、インダストリー 4.0、自動運転、デジタル化、拡張現実、モノのインターネット (IoT) といった、今日の市場トレンドにおいて重要な役割を担っています。私共は製品、技術の開発を継続的にすすめ、世界中のお客様の高い要求を満たす光学ガラスをお届けしております。

衛星コンステレーションでの光学データ通信の増加に伴い、電離放射線に対して耐性のあるガラスの需要が増加しています。動向に応じて、この度、ショットのガラス標準ポートフォリオに耐放射線ガラスが加わりました。これらの材料は何十年にわたる宇宙空間でのミッションを

通じて高い性能を有することが証明されており、それが今日、標準品としてご提供できるようになったのです。第 12.8 章に新しく追加されたアプリケーションノート「電離放射線耐性の光学ガラス」に、これらのアプリケーションに必要な要件をまとめています。

加えて、アプリケーションノート「モバイル用途向け光学材料」には、スマートフォン業界に必要な要件に関する概要を追加しました。スマートフォンに搭載される複数のカメラがスマートフォンを最も差別化する機能となり、光学ズームを可能にするため、光学ガラスがポリマーに代わって使用されるようになっていきます。第 12.9 章参照。

より幅広い範囲の材料と形状を網羅するため、応力複屈折の仕様をアップデートしました。セクション 2.3 参照。

ショットのアドバンスドオプティクスのデジタル化の一貫として、オンラインショップの拡大についてご紹介した章があります (14~15 ページをご覧ください)。

第 13 章では、青色レーザーを波長変換するセラミックコンバーター、高屈折率ガラスウエハ等、革新的な材料やコンポーネントを含むショットのアドバンスドオプティクスの幅広いポートフォリオをご紹介します。

2020年版の前のカタログから、ショットはポートフォリオに新たに3種類のガラスを追加しました。(1) N-LASF55はコンパクトデザイン向きの比較的低密度でかつ硬度の高い高屈折率ガラスです。(2) SF3は透過率の高い従来のガラスタイプで、顕微鏡等の短波長を利用するアプリケーション向きのガラスです。SF3は(3) N-LAK28とは同等の屈折率を有しているため、これらを組み合わせることでアクロマティックダブルレットに構成するのに適しています。このガラスは硬度が高いため、加工歩留まりが高く、温度の影響を受けにくい自動車分野などでのアサーナル設計に有効です。

定期的に製品の品質と処理能力を改善することは私たちショットにとって、非常に重要です。これを達成するために、私たちのガラス特性にいくつかの変更をしました。

このカタログに掲載されているすべてのガラス製品は、RoHS II 指令および REACH 規則の要件を満たしています。

このカタログに記載されていない情報をご希望の場合は、私たちのグローバルセールスチームの各拠点担当者までお問い合わせください。お客様と共に、お客様に必要なソリューションを見つけられれば幸いです。

ショットは、これからも製品ポートフォリオを拡張していくため、事前の通知なしに本カタログに含まれる情報を変更することがございます。最新版は最大の注意を払い作成しておりますが、万一、不正確な情報や誤植があった場合も、弊社は一切の責任を負いません。

現在のカタログ 0122 は、すべての過去のバージョンの差し替えとなります。本カタログの最新の正式バージョンは以下の弊社ウェブサイトでご覧いただけます。

[www.schott.com/products/optical-glass/downloads](http://www.schott.com/products/optical-glass/downloads)

アドバンスドオプティクス事業部

SCHOTT AG

マインツ

2022年1月



ロイド船級協会：  
マインツ、イバドン、ベナン、デュリエにあるすべてのショット  
のアドバンスドオプティクス事業部の工場は、ロイド船級協会の  
認証を受けています

### 詳細な製品情報

ショットの主な業務の1つは、現行製品の供給に加えて、プロのサポートを提供することです。広範な技術指導、製品の購入前後に提供する詳細な製品情報と使用に関するサポート、およびソリューションのカスタマイズに向けた共同開発に、弊社の独自性が表れています。このカタログに記載されているすべての材料について、詳細データシート、光学設計プログラム用のデータベース、および実測図を提供しています。技術情報の電子版 (TIE) も用意しています。

このカタログ内で使用されているこのマークは、関連するテクニカルインフォメーション (TIE) があることを示します。概要は、このカタログの74 ページをご参照ください。技術情報の詳細については、[www.schott.com/products/optical-glass/downloads](http://www.schott.com/products/optical-glass/downloads) をご覧ください。

TIE  
available



## 光学ガラスカタログ

このカタログでは、家庭用製品から先進的研究用光学装置までの多様なニーズに応える、弊社の光学ガラスと光学材料の概要を示します。

次のカテゴリについて説明します。

- 従来の鉛および砒素含有ガラスタイプに代わる、環境に配慮した N- ガラス
- 優れた光学特性を得るための必須成分として酸化鉛を含有する古典的ガラスタイプ
- 可視スペクトル範囲、特に青～紫領域の透過率を向上させた、HT ガラスおよび HTultra ガラス
- 在庫品として入手可能な高均質性ガラス
- 精密モールドプロセスに適する P ガラス (低 Tg ガラス)
- マイクロリソグラフィ向け i 線用ガラス
- 耐放射線ガラス
- XLD ガラス (超低分散)

様々なカテゴリを説明する上で、通常在庫がありただちに納入可能な推奨ガラスタイプと、発注は可能ですが在庫が保証されない受注ガラスタイプを区別しています。詳細は、このカタログの「変更インデックス — 第2部 光学ガラス — 特性表」に記載しています。

ガラスに関連する定義は、このカタログに記載しています。

また、このカタログに記載されている材料の光学データは光学用途向けであり、このため大気を基準としています。なお、半導体リソグラフィへの応用をご検討の際には、巻末のお問い合わせ先にご相談下さい。ご要望に応じて、各種データおよび技術サポートを提供いたします。

#### 供給形態

ショットでは、ガラスを様々な供給形態で提供しています。詳細については、第7章を参照してください。

#### 品質管理

ショットはグローバルな集中管理システムを運用しています。品質管理についてはISO9001、環境管理はISO14001、エネルギー管理はISO50001、環境・健康・安全システムに関するショットの方針および基準はISO45001に準拠した要求を統合しているシステムです。このような活動は、RoHS IIおよびREACHのような環境規則への順守(3.6節参照)、さらに高い品質レベルの確保をもたらします(6.1節参照)。加えて、ショットはISO 12123:2018「光学およびフォトリソグラフィ用光学ガラス材料の仕様」およびISO 10110:2018の大部分を実施しています。説明文中に参照先を示しています。

光学材料の  
オンラインショップへようこそ  
[schott.com/shop/advanced-optics](https://schott.com/shop/advanced-optics)



光学ガラス



光学フィルターガラス



特殊材料



建築



### 便利なオンライン注文

- 追加のオンラインディスカウントによる利点
- 価格および製品在庫に関するリアルタイムの情報
- 拡張検索および検索フィルタオプション



### 情報およびダウンロード

- すべての製品仕様の閲覧
- 技術情報、データシート、カタログ
- インタラクティブなアップおよびフィルターガラスの図、フィルターガラスの計算ツールへのアクセス



### お客様の発注管理

- お客様のオンラインおよびオフラインの発注を追跡および管理
- 発注の関係書類をダウンロード(請求明細書、発注確認書、配達通知、テストレポート)



### 訪問

[schott.com/shop/advanced-optics](https://schott.com/shop/advanced-optics)

オンラインポートフォリオおよび技術情報をチェックしてください。ログインする必要はありません。

オンライン登録は価格および在庫の確認、発注する際に必要となります。

既に弊社とお取引がある場合は、オンラインのアカウントを準備するために、[info.optics@schott.com](mailto:info.optics@schott.com) もしくは営業担当にご連絡ください。

## 1 光学特性

### 1.1 屈折率、アッベ数、分散、ガラス名称

TIE-29 Refractive index and dispersion

光学ガラスを特徴付ける最も一般的な特性は、可視スペクトルの中央域における屈折率  $n_d$  と分散の尺度としてのアッベ数  $v_d = (n_d - 1)/(n_F - n_C)$  です。差  $n_F - n_C$  は、主分散と呼ばれます。

光学ガラスは、一般にガラスコードと呼ばれる数値コードで表すこともできます。ショットでは、9桁のコードを使用しています。初めの6桁は国際共通ガラスコードに対応しており、個々のガラスの光学的ポジションを示します。最初の3桁は屈折率  $n_d$  を、次の3桁はアッベ数  $v_d$  を示します。残りの3桁は、ガラスの比重を示します。

表 1.1: ガラスコードの例

硝種	$n_d$	$v_d$	比重	ガラスコード
N-SF6	1.80518	25.36	3.37	805254.337 無鉛無ヒ素ガラス
SF6	1.80518	25.43	5.18	805254.518 古典的ケイ酸鉛 ガラス

光学系を指定する場合、良く使用される他の指標として、e線に基づく  $n_e$  および  $v_e = (n_e - 1)/(n_F - n_C)$  の値があります。

推奨品の光学ガラスは、 $n_d/v_d$  図または  $n_e/v_e$  図上でいくつかのグループに分けられます。「第2部 光学ガラス—特性表」セクションには、アッベ数が大きい順にガラスグループを記載しています。

## 1.2 屈折率とアッペ数の公差

屈折率とアッペ数の公差を表 1.2 に示します。ファインアニールされたガラスの通常の納入品質は、 $n_d$  および  $v_d$  ともにステップ 3 です。弊社では、ご要望に応じて、より厳しいステップで材料を供給します。特定のガラスタイプは、屈折率およびアッペ数においてステップ 0.5 にて供給可能です。それらのタイプは、ガラスカタログの「第

表 1.2: 屈折率およびアッペ数の公差(ISO12123:2018/括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠したグレード)

	$n_d$	$v_d$
ステップ 0.5*	$\pm 0.0001$ (NP010)	$\pm 0.1\%$ (AN1)
ステップ 1	$\pm 0.0002$ (NP020)	$\pm 0.2\%$ (AN2)
ステップ 2	$\pm 0.0003$ (NP030)	$\pm 0.3\%$ (AN3)
ステップ 3	$\pm 0.0005$ (NP050)	$\pm 0.5\%$ (AN5)

\* 特定のガラスタイプのみ

2部 光学ガラス — 特性表」内で印をつけています。ステップ 0.5 はファインアニールした光学ガラスに加えてプレス品もご提供いたします。

ファインアニールされた光学ガラスとカットブランクの納入単位はロットであり、ロットは複数のバッチで構成されます(図 1.1 を参照)。

このバッチは、1 ブロックまたは複数のストリップで構成されます。納入ロットは、納入ロット番号によって識別されます。

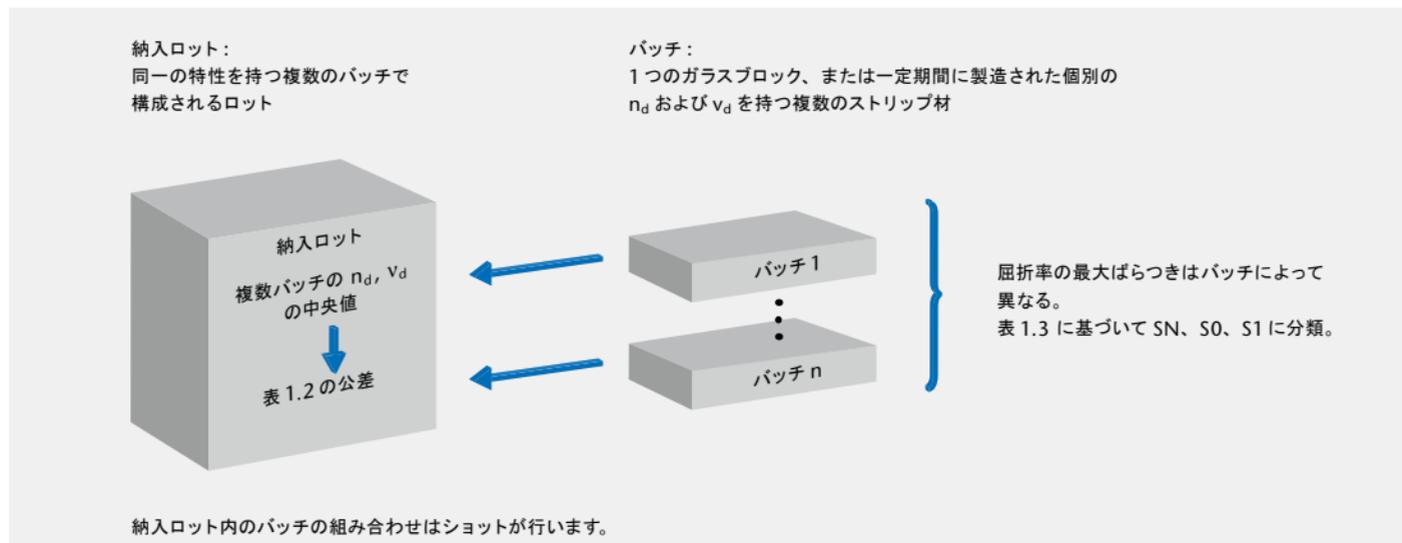
納入ロットは、データシートに記載された公称値に対する、各バッチの屈折率およびアッペ数の最大許容偏差(表 1.2 による公差)と、表 1.3 に示すバッチごとの屈折率のばらつきに基づいて構成されます。

ファインアニーリングの履歴はバッチごとに異なる可能性があるため、このような納入ロットは再プレス加工には適しません。同じ納入ロット内のファインアニールされた光学ガラス、カットブランク、またはプレス品はすべて、以下の表 1.3 に示す屈折率のばらつきに関する標準品質を満たします。ご要望に応じて、屈折率のばらつきを表 1.3 の値よりも小さくしたロットを納品することも可能です。

表 1.3: ファインアニールされたガラスおよびプレス品の 1 ロット中の屈折率のばらつきに関する公差 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠したグレード)

ファインアニールされたガラス、カットブランク		プレス品	
記号	屈折率のばらつき	記号	屈折率のばらつき
SN	$\pm 10 \cdot 10^{-5}$ (NV10)	LN	$\pm 20 \cdot 10^{-5}$ (NV20)
S0	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ (NV05)	LH1	$\pm 10 \cdot 10^{-5}$ (NV10)
S1	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$ (NV02)	LH2	$\pm 5 \cdot 10^{-5}$ (NV05)

図 1.1: 高温処理およびファインアニールされたガラスの納入 ロットの構成



### 1.3 屈折率と分散についての試験報告書

#### 1.3.1 標準試験報告書

弊社では、ファインアニールされた光学ガラスの納入品すべてに対して、ISO10474に基づく標準試験報告書を提供しています。記載情報はサンプリング試験に基づいており、納入ロットの光学特性値の中間値を示します。個々の部品の値は、屈折率のばらつきの公差の観点から、報告書の中間値と異なることがあります。

屈折率測定はVブロック法により実施され、精度は、屈折率では $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ 、分散率では $\pm 2 \cdot 10^{-5}$ となっています。数値データは小数点以下5桁まで記載されます。

表1.4: 標準試験報告書の屈折率と分散のデータ

光学的ポジション	$n_{dr}, v_{dr}, n_{er}, v_e$
屈折率	$n_{gr}, n_{fr}, n_{r}, n_{er}, n_{dr}, n_{632.8r}, n_{Cr}, n_{Cr}, n_{rr}, n_{sr}, n_t$
分散	$n_F - n_{Cr}, n_d - n_{Cr}, n_F - n_{dr}, n_F - n_{er}, n_g - n_{fr}, n_F - n_{Cr}, n_F - n_e$

ご要望に応じて、個々のガラス部品に対して、より高精度（屈折率については $\pm 2 \cdot 10^{-5}$  分散については $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ ）の試験証明書をご提供できます。これらの証明書には、該当スペクトル範囲について一連の測定全体から近似したセルマイヤー分散式の定数も追加して記載されます。

#### 1.3.2 精密試験証明書 UV-VIS-IR

精密試験証明書は、ご要望に応じて発行されるもので、いずれの場合も個々のガラス部品を対象とします。可視スペクトル範囲内について、これらの証明書は試験報告書と同じ標準精度の数値を含みますが、分散データは小数点以下6桁まで報告されます。ご要望に応じて、スペクトル範囲を185 ~ 2325 nmに広げて屈折率データを提供することができ、また、該当スペクトル範囲についてセルマイヤー分散式の定数を記載することができません。

測定はプリズムスペクトロメータを用いて行われます。屈折率の測定精度は $\pm 1 \cdot 10^{-5}$ 、分散の測定精度は $\pm 3 \cdot 10^{-6}$ です。要望に応じて、硝種および測定波長に関わらず、屈折率については $\pm 4 \cdot 10^{-6}$ 、分散については $\pm 2 \cdot 10^{-6}$ の最大精度で測定値を提供することができます。

標準の測定温度は22℃です。測定温度は、ご要望に応じて、18～28℃の固定値に変更することができます。標準測定雰囲気は、圧力が約1013.3 hPaの大気です。測定時の実際の温度と圧力は、個々の試験証明書に記載されます。窒素中での測定という特別なご要望にも対応可能です。

#### 1.4 屈折率の均質性



個々のガラス片内部での屈折率のばらつきを表す尺度が屈折率の均質性です。溶融とファインアニールに特別な工程を実施することで、屈折率の均質性が高いガラス片を得ることができます。供給可能な屈折率の均質性は、硝種と、個々のガラス片の体積および形状によって異なります。

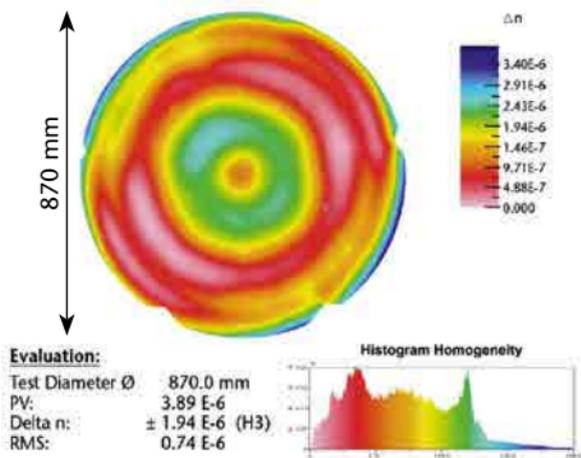
要求される光学的均質性は、光学部品の用途と最終寸法を考慮して指定する必要があります。これは一般に、希望する試験開口部内の最大屈折率変化に相当します（例：物理寸法の95%）。屈折率変化は干渉分光法で測定された波面変形から算出します。多くの場合、用途に与える影響を無視できる特定の収差の項を差し引くことができます。例えば、焦点収差（焦点の項によって表される）は、多くの場合、最終部品の幾何形状を変更することで補正できます。これは、予め仕様に含める必要があります。

均質性の勾配分布は、ご要望に応じて、屈折率のばらつき（開口部 1cm あたり）の観点で求めることができます。これも、予め仕様に含める必要があります。屈折率の均質性についてのさらに高い要件は ISO 規格 10110-18:2018 および ISO12123:2018(表 1.5 参照) に基づき 5 つの等級から構成されます。屈折率の最大ばらつきは PV 値で表されます。光学素子の体積や他の要素（ガラスのタイプや使用したブランクのサイズなど）によっては、単体に対して波形変形の測定を行います。直径が最大 500mm までのガラス片は従来のフィゾー干渉計での試験が可能です。直径が最大 1500mm までのガラス片は直径が最大 500mm までの副開口部で測定します。続いて、スティッチングソフトウェアを用いて個別測定を組み合わせる実施します。ガラス片ごとに個別のインターフェログラムが利用できるようになります。

表 1.5: 光学ガラスの均質性 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠したグレード)

屈折率等級	屈折率の最大ばらつき	適用性、納入可能性
H1	$40 \cdot 10^{-6}$ (NH040)	個々のカットブランクについて
H2	$10 \cdot 10^{-6}$ (NH010)	個々のカットブランクについて
H3	$4 \cdot 10^{-6}$ (NH004)	個々のカットブランクについて (ただし、その寸法による)
H4	$2 \cdot 10^{-6}$ (NH002)	個々のカットブランクについて (ただし、その寸法および硝種による)
H5	$1 \cdot 10^{-6}$ (NH001)	個々のカットブランクについて (ただし、その寸法および硝種による)

図 1.2: 焦点減算後の 870nm 開口での H3 品質  
(個々の測定を貼り合わせた)



プレス品の屈折率の均質性は直接測定することができません。評価は代替りの基準サンプルの測定により行います。

直径65mm以下で均質性クラスH3までのプレス品が特別な材料の選別および特別なプロセスにより準備することが可能です。

#### 1.4.1 在庫品から入手可能な高均質性ガラス

ショットは、ファインアニールしたカットブランクとして高均質な光学ガラスを在庫品からご提供いたします。

表 1.6 は供給可能なガラスタイプの概要、寸法および均質性のレベルを示します。均質性の仕様は少なくとも直径に対して 90% は常年实现いたします。より小さな直径での高均質なガラスもまたご要望に応じて供給可能です。

表 1.6: 高均質性ガラスの在庫品およびそれらの最大寸法と均質性グレード

ガラスタイプ*	供給形状*	最大寸法*	均質性レベル
F2	円板	Ø 300 mm, 厚み: 120 mm	H4
LF5	円板	Ø 220 mm, 厚み: 45 mm	H4
LLF1	円板	Ø 220 mm, 厚み: 45 mm	H4
SCHOTT N-BK7®	ブロック材	400 mm x 400 mm x 70 mm	H4
	ブロック材	250 mm x 250 mm x 100 mm	H4
	ブロック材	750 mm x 450 mm x 100 mm	H3
N-FK5	円板	Ø 240 mm, 厚み: 50 mm	H4
N-FK51A	円板	Ø 200 mm, 厚み: 40 mm	H4
N-KZFS11	円板	Ø 120 mm, 厚み: 35 mm	H4
N-LAK22	円板	Ø 130 mm, 厚み: 35 mm	H4
SF5	ブロック材	120 mm x 120 mm x 35 mm	H4
SF6	円板	Ø 220 mm, 厚み: 50 mm	H3

\*従来通り、他のガラスタイプ、供給形状および寸法はご要望に応じます  
(寸法仕様はガラスタイプごとに異なります)。

## 1.5 内部透過率、カラーコード

一般的な分散理論によると、内部透過率、つまり、表面反射損失を除いた光透過率は、硝種の光学的ポジションに密接に関連しています。最高純度の原材料と高度な溶融技術を使用することで、短波長スペクトル範囲で内部透過率の分散限界に近付けることが可能です。

ショットでは、コストに見合う範囲で可能な最高の内部透過率を達成しようと努めています。

「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションに示す内部透過率とカラーコードは、各硝種について複数のメルトから得た中央値で構成されます。特別なご要望があれば、すべての硝種について内部透過率の最小値を維持することもできます。納入条件を予め明確にしておく必要があります。サンプル厚 10mm についての波長 400nm の内

部透過率を、「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションに記載しています。

一部のガラスについては、可視スペクトル内、特に青～紫範囲の透過率を向上させたものを納入可能です。これらのガラスは、名称の後にHT（高透過率）またはHTultra（超高透過率）が付けられており、「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションでは、N-SF6HTやSF57HTultraのように別個に記載されています。HTおよびHTultra等級の場合、可視スペクトル内での内部透過率は最小値を保証します。

UV領域に向かっての光学ガラスの透過率範囲の限界は、高屈折率ガラスでは特に重要です。これは、屈折率が増大するにつれて青色領域の透過率が低下する傾向にあるためです。UV吸収曲線の位置および傾きは、カラーコードによって簡潔に示されます。

カラーコードは、10 mm厚での透過率（反射損失を含む）が0.80である波長 $\lambda_{80}$ と同透過率が0.05である波長 $\lambda_5$ を示します。値は10 nm単位に四捨五入され、下1桁を省略して示されます。例えば、カラーコード33/30は、 $\lambda_{80} = 330 \text{ nm}$ と $\lambda_5 = 300 \text{ nm}$ を表します。

$n_d > 1.83$ の高屈折率の硝種については、反射損失が大きいため、カラーコードのデータ(\*印)は透過率値0.70および0.05( $\lambda_{70}$  および $\lambda_5$ )を示します。カラーコードの公差は通常、 $\pm 10 \text{ nm}$ です。

### 1.5.1 i 線用ガラス

i 線用ガラスは、波長 365nm での高い UV 透過率と屈折率の均質性を両立した光学ガラスです。ガラスタイプとして、例えば FK5HTi、LF5HTi、N-SK5HTi、F2HTi、LLF1HTi および N-BK7HTi があり、ご要望に応じた形状および最終のコンポーネントとして供給可能です。

i 線用ガラスは以下の特徴があります：

- 波長 365nm での高 UV 透過率
- 高い屈折率の均質性
- 優れた内部品質
- 洗練されたアニーリングプロセスによる無視できるほどの応力複屈折
- ロット毎の最大屈折率  $\pm 30 \cdot 10^{-6}$  以下
- 極めて低いソラリゼーション水準

表 1.7: i 線用ガラスの屈折率の均質性および寸法

寸法	屈折率の最大ばらつき
Ø 150 mm	$0.5 \cdot 10^{-6}$
Ø 200 mm	$1.0 \cdot 10^{-6}$ (H5)
Ø 250 mm	$2.0 \cdot 10^{-6}$ (H4)

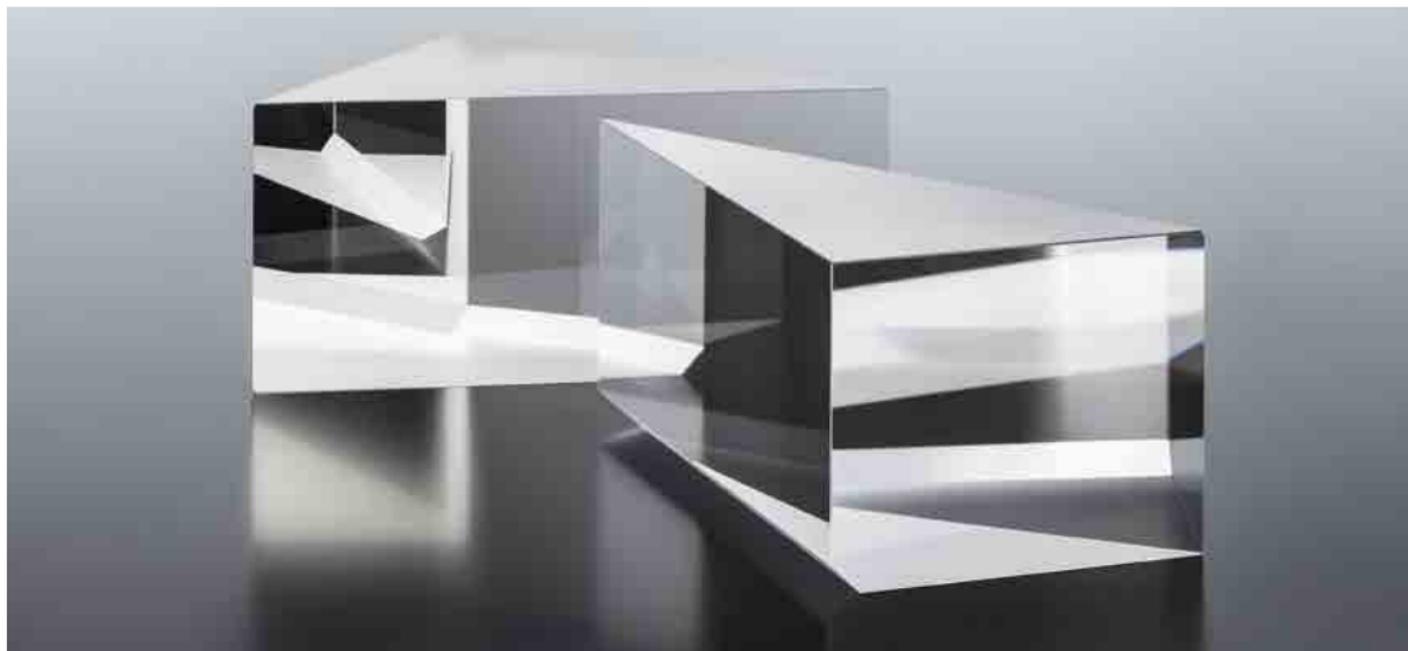
表1.8: i線用ガラスの光学ポジション、透過率、ソラリゼーション

ガラス種類	$n_d$	$v_d$	$\tau_i$ (10/365)	JOGISによるソラリゼーション計測	
				評価	達成水準
FK5HTi	1.48748	70.47	0.999	とても良い	<5
N-BK7HTi	1.51680	64.17	0.997	最高	<2
N-SK5HTi	1.58913	61.27	0.992	とても良い	<5
LLF1HTi	1.54815	45.9	0.997	最高	<2
LF5HTi	1.58144	40.89	0.996	最高	<1.5
F2HTi	1.62004	36.37	0.985	最高	<1.5

## 1.6 光学特性の測定精度

表 1.9 に、光学ガラスの品質保証において光学特性を表すために使用される各測定手順での、測定精度の概要を示します。

測定項目		精度		装置	スペクトル範囲	サンプル	
						形状	寸法
屈折率の測定	標準測定	$\pm 3 \cdot 10^{-5}$	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	屈折計 (Vブロック法)	$g, F', F, e, d, C', C$ ( $V_{dr}, V_e$ )	直方体	20・20・5 mm <sup>3</sup>
	精度を上げた測定	$\pm 2 \cdot 10^{-5}$	$\pm 1 \cdot 10^{-5}$		$i, h, g, F', F, e, d, C', C, r, t$ ( $V_{dr}, V_e$ )	直方体	
	精密測定	$\pm 0.4 \cdot 10^{-5}$	$\pm 0.2 \cdot 10^{-5}$	プリズム分光計 (ISO 21395-1:2020)	185–2325 nm	プリズム	幅：30 mm 高さ：22 mm
内部透過率		$\pm 0.5\% T$ $\pm 0.3\% T$		分光光度計	250–2500 nm 400–700 nm	直方体	30・30・(厚さ) mm <sup>3</sup>
屈折率の均質性		~10 nm (波面の PV 値)		フィゾー干渉計	633 nm	長方形、 円形	最大直径 ~1500 mm
屈折率の温度係数		$\pm 5 \cdot 10^{-7} \cdot K^{-1}$		プリズム分光計	$i, h, g, F', e, d, C', t, 1060$ -100°C – +140°C	プリズム、 1面にコート	幅：30 mm 高さ：22 mm
応力複屈折の精密測定		1 nm (絶対値) (空間分解能 1 mm)		イメージング偏光計	587 nm	任意の形状	最大直径 300 mm



## 2 内部品質

### 2.1 脈理



ガラス内の屈折率の短距離構造の変動を脈理と呼びます。一般的に数十 mm～数 mm の幅を持ち層状となります。

ISO 規格 10110-18:2018 には脈理の分類に関する二つの方法が含まれています。最初の方法は脈理の密度を規定します。ただし、これは完成品の光学コンポーネントに関するものであるため、供給される原形である光学ガラスに適用するには制限があります。脈理の密度を試験範囲の面積のパーセントに基づいて、脈理を 1～4 の等級に分類しています。したがってこの規格では、平面波面収差が 30nm を超える脈理のみが考慮されています。

第 5 等級は、脈理が極めて少ないガラスを指します。第 5 等級は、波面収差が 30 nm 未満の脈理も含んでいるため、お客様とガラス供給会社との間で取決めをされるようお勧めします。

ショットのすべての光学ガラスの製造フォーマットは、ISO10110-18:2018 の 1～4 等級の要件を満たしています。試験されるガラスの厚さは、通常、完成品の光学コンポーネントよりもはるかに厚くなっています。したがって、光学系での有効な脈理品質ははるかに高くなります。

光学ガラス材料の脈理は ISO12123:2018 および ISO10110-18:2018 に準拠し、50 mm の光路長における波面収差で定義されます。脈理は波面収差が既知の基準を使用して、シャドウグラフ法で検出しています。許容値は表 2.1 に示します。

表 2.1: 脈理の許容値 (ISO12123:2018/ 括弧内は ISO10110-18:2018 に準拠)

脈理クラス	脈理の波面収差の許容値 (光路長 50 mm 当たり) [nm]	一般的に適用 される品目
標準	≤30 (SW30)	ガラス材料
B	≤15 (SW15)	ガラス材料のある 範囲の容積
A	≤10 (SW10)	ガラス材料のある 範囲の容積
VS1-3	シャドウ法では認められない	カットブランク

品質ステップ VS は、脈理の存在に関する基準が厳しい光学ガラスを規定します。品質ステップ VS の光学ガラスについて、高感度のシャドウグラフ法では脈理は検出されていません。プリズム用途には、ショットでは互いに垂直な 2 試験方向または 3 試験方向において品質ステップ VS を提供いたします。

## 2.2 泡と異物

TIE-28 Bubbles and inclusions  
in optical glass

光学ガラスに含まれる泡は非常に少ないのですが、ガラス組成や、低コストの製造プロセスに対するニーズに起因して、ガラス内の泡を完全に取り除くことはできません。

泡の含有量は、検出された泡の断面積の合計から計算され、ガラス体積  $\text{cm}^3$  当たりの合計断面積 ( $\text{mm}^2$ ) で表されます。石や結晶などのガラス内の異物は、同じ断面積を持つ泡と同様に扱われます。0.03 mm 以上の泡と異物のすべてが計算対象です。

泡および異物の断面積合計の最大許容値、最大許容数は表 2.2 に掲載しています。高い品質ステップ VB (高規格泡選別) および EVB (超高規格泡選別) のガラスは、加工品の形状でのみ供給することができます。

ISO12123:2018 では泡の分布の存在を認めています。所定の寸法の泡の代わりに、より小さい寸法の泡が多数存在することが許容されます。

表 2.2: 光学ガラス中の泡と異物の許容値  
(括弧内は ISO12123:2018 に準拠したグレード)

泡の品質	標準 (IC03/IN010)	VB	EVB
100 cm <sup>3</sup> あたりの断面積合計 (mm <sup>2</sup> )	0.03	0.02	0.006
100 cm <sup>3</sup> あたりの最大許容数	10	4	2

高エネルギーレーザー、ビームスプリッターのプリズム、ストリークカメラや高ピッチ回折格子などの特殊用途では、微小の泡 / 異物をわずかに含むガラスのみが許容されます。弊社は、ご要望に応じて、これらの要件を満たすガラスを提供しています。

## 2.3 応力複屈折



ガラス固有の不変的な応力の大きさと分布は、アニール条件、硝種、および寸法によって左右されます。複屈折が発生する応力の大きさは、硝種によって異なります。

応力複屈折は、セナルモン＝フリーデル法を用いて光路差として測定され、試験厚に基づいて nm/cm 単位で表されます。その精度は、単純な幾何形状の試験サンプルでは 3～5nm です。円板の場合、外周から直径の 5% の距離だけ内側の位置で測定を行います。長方形の板ガラスの場合、2 長辺の中央を結んだ線上の、板幅の 5% 内側で測定を行います。この方法の詳細な説明については、ISO 規格 11455 を参照してください。

セナルモン＝フリーデル法は、応力複屈折が低く厚さが

薄いものの測定には不十分です。そのような場合、弊社では、1 nm 以下の精度を持つ測定システムを使用します。

弊社のアニール方法により、光学的均質性が高く、かつ応力複屈折が非常に低いガラスを供給することができます。一般に、納入されるガラス片は対称性の応力分布を持ちます。ガラス表面は通常、圧縮状態になっています。応力複屈折は、ブロックガラスまたはストリップガラスから切り出すときに大幅に減少します。製造される光学素子はその原料であるガラス素材よりもはるかに小さい場合、残留する応力複屈折は、表 2.3 に示す限界値よりもはるかに小さくなります。

寸法が 600mm を超える部品の応力複屈折の限界値は、ご要望に応じて提供します。

再加熱プレス加工に使用されるガラスでは、より大きな応力が許容されますが、機械加工には影響しません。

表 2.3: 寸法毎の応力複屈折の上限値  
(カッコ内は ISO 12123:2018/ISO 10110-18:2018 による等級)

寸法	応力複屈折		
	精密アニール [nm/cm]	スペシャル・ アニール (SK) [nm/cm]	プリシジョン・ アニール (SSK) [nm/cm]
Ø: ≤ 300 mm d: ≤ 50 mm	≤ 10	≤ 6 (SB06)	≤ 4 (SB04)
Ø: ≤ 600 mm d: 50–100 mm	≤ 12 (SB10)	受注生産	受注生産
Ø: ≤ 600 mm d: 100–200 mm	≤ 20 (SB20)	受注生産	受注生産

### 3 化学特性

TIE-30

Chemical properties  
of optical glass

研磨ガラス表面の化学的耐久性は、光学ガラスの組成に依存します。リン酸クラウン（PK）ガラスおよびフッ化クラウン（FK）ガラスがホウケイ酸ガラス（例えば SCHOTT N-BK7<sup>®</sup>）と比較して、酸およびアルカリに対してより敏感となります。

鋭敏なガラスタイプでは、研磨および洗浄工程、加工表面の保護に対して特に注意を払う必要があります。

さらなる情報については弊社にお問い合わせください。

以下に記載する5つの試験方法を使用して、研磨済ガラス表面の化学的耐久性を評価します。

#### 3.1 耐候性

耐候性は、高相対湿度および高温における光学ガラスの変化を表します。高温高湿の影響を受けやすいガラスでは、表面に白く変色した膜（ヘイズ）が現れる場合があります、これは一般に拭き取ることができません。

ガラスの耐候性試験には、ISO/WD 13384に基づく促進手法を使用します。この手法では、コーティングされていない研磨済のガラス板を水蒸気飽和状態の雰囲気さらし、雰囲気の温度を40℃と50℃の間で上下させます。これにより、ガラス表面で結露と乾燥が周期的に起こります。

30時間さらした後、ガラス板を耐候試験機から取り出します。試験前後のヘイズの差 $\Delta H$ を、表面に生じた変化の尺度として使用します。測定は、積分球型ヘイズメーターを使用して行います。分類は、30時間の試験後に得られた透過率ヘイズの増加 $\Delta H$ に基づいて行います。表3.1に、耐候性クラスを示します。

表 3.1: 光学ガラスの耐候性クラス CR 1 ~ 4 の分類

耐候性クラス CR	1	2	3	4
ヘイズの増加 $\Delta H$	$< 0.3\%$	$\geq 0.3\%$ $< 1.0\%$	$\geq 1.0\%$ $< 2.0\%$	$\geq 2.0\%$

クラス CR 1 のガラスは、気候変化に 30 時間さらした後も、目視できる影響が認められません。クラス CR 1 の光学ガラスは、通常の湿度条件で二次加工や保管を行う場合、表面に対する影響はないと予測されます。一方、クラス CR 4 の光学ガラスは気候の影響を非常に受けやすいため、二次加工と保管には注意が必要です。

光学研磨を施した部品を保管するときには、保護コーティングを施すこと、および相対湿度をできるだけ低く維持することをお勧めします。

### 3.2 耐ステイン性

試験手順により、蒸発のない状態での弱酸性水（例えば、汗、酸性凝縮液）の影響下でガラス表面に起こりうる変化（ステイン形成）に関する情報が得られます。

耐ステイン性クラスは、以下の手順で決定されます。平面状に研磨されたガラスサンプルの試験片を、深さ最大 0.25 mm の球面くぼみを 1 つ持ち、そのくぼみに数滴の試験溶液を入れた試験キュベットに押し付けます。

試験溶液Ⅰ：酢酸ナトリウム緩衝溶液、pH=4.6

試験溶液Ⅱ：酢酸ナトリウム緩衝溶液、pH=5.6

試験溶液によってガラス表面が分解された結果として、干渉色のステインが発生します。温度 25℃で茶色がかかった青色のステインが初めて発生するまでの経過時間を尺度として、ガラスを分類します。色の変化は、基準サンプルについて事前に決定した、表面層の特定の厚さに対応します。茶色がかかった青色への変化は、ガラスが層を形成できる程度の厚さ 0.1  $\mu\text{m}$  の表面層で化学変化が起きたことを示します。表 3.2 に、耐ステイン性クラスを示します。

耐ステイン性クラス FR 0 には、試験溶液Ⅰに 100 時間さらされた後でも、実質的に干渉色が認められないガラスすべてが含まれます。分類 FR 5 のガラスは、加工時に特に注意を払って取り扱う必要があります。

表 3.2: 光学ガラスの耐ステイン性クラス FR 0 ~ 5 の分類

耐ステイン性クラス FR	0	1	2	3	4	5
試験溶液	I	I	I	I	II	II
時間 (h)	100	100	6	1	1	0.2
ステインの発生	なし	あり	あり	あり	あり	あり
色の変化	なし	あり/ なし	あり	あり	あり	あり

### 3.3 耐酸性

耐酸性は、大量の酸性溶液（汗、ラミネート用物質、炭酸水など）と接触した場合の光学ガラスの変化を表します。耐酸性は、ISO 8424（1996）により規定されます。

耐酸性は、2桁または3桁の数字で表記されます。最初の1桁または2桁は、耐酸性クラスSRを示します。小数点で区切られている最後の1桁は、溶液との接触で発生した目視できる表面変化を示します。最後の1桁については、3.5節で説明します。

25°Cで厚さ0.1  $\mu\text{m}$ の層を溶解するのに要する時間が、耐酸性の尺度です。耐酸性を測定するには、2種類の強酸溶液を使用します。耐酸性の高い硝種には、強酸溶液（硝酸、濃度=0.5 mol/L、pH 0.3）を使用し、耐酸性の低いガラスは、pH 4.6の弱酸性溶液（酢酸ナトリウム緩衝溶液）にさらします。

層の厚さは、表面積当たりの質量減少とガラスの比重から計算されます。表3.3に、耐酸性クラスを示します。

表 3.3: 光学ガラスの耐酸性クラス SR 1 ~ 53 の分類

耐酸性クラス SR	1	2	3	4	5	51	52	53	
pH 値	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	4.6	4.6	4.6	4.6
時間 (h)	> 100	10-100	1-10	0.1-1	< 0.1	> 10	1-10	0.1-1	< 0.1

クラス SR 5 は、耐酸性の高いガラス SR 1 ~ 4 と、耐酸性の低いガラス SR 51 ~ 53 との境界です。クラス SR 5 には、厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  の層を侵食するのにかかる時間が、pH 値 0.3 では 0.1h 未満であり、pH 値 4.6 では 10 h を超えるガラスが含まれます。

### 3.4 耐アルカリ性と耐リン酸塩性

いずれの試験方法もアルカリ性の高い水溶液に対するガラスの耐性を分類するためのものであり、同じ分類方式が使用されます。

耐アルカリ性は、研削や研磨の工程に使用される冷却液などの温かいアルカリ液と接触した場合に光学ガラスが反応する程度を示します。耐アルカリ性は、ISO 10629 (1996) により規定されます。

耐リン酸塩性は、リン酸塩を含む洗浄溶液（洗剤）で洗浄する間の光学ガラスの反応を表します。耐リン酸塩性は、ISO 9689 (1990) により規定されます。

耐アルカリ性と耐リン酸塩性のいずれも、小数点で区切られた 2 桁の数字を使用して表記されます。最初の 1 桁は、耐アルカリ性クラス AR または耐リン酸塩性クラス PR を示し、小数点以下は、溶液にさらされることによって生じる目視できる表面変化を示します。

耐アルカリ性クラス AR は、温度  $50^\circ\text{C}$  のアルカリ溶液（水酸化ナトリウム、濃度 =  $0.01 \text{ mol/L}$ 、 $\text{pH}=12$ ）中で厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  のガラス層を侵食するのに要する時間を示します。

耐リン酸塩性クラス PR は、温度  $50^\circ\text{C}$  のアルカリリン酸塩溶液（三リン酸五ナトリウム  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ 、濃度 =  $0.01 \text{ mol/L}$ 、 $\text{pH}=10$ ）中で厚さ  $0.1 \mu\text{m}$  のガラス層を侵食するのに要する時間を示します。層の厚さは、表面積当たりの質量減少とガラスの比重から計算されます。表 3.4 に、耐アルカリ性クラスおよび耐リン酸塩性クラスを示します。

クラス 1 のガラスは、クラス 4 のガラスよりも試験溶液に対する耐性が高いです。

分類の後にある数字は、溶液にさらされることによって生じる表面変化のうち、目視できるものを示します。桁の数字については、3.5 節で説明します。

表 3.4: 光学ガラスの耐アルカリ性クラス AR 1 ~ 4 と耐リン酸塩性クラス PR 1 ~ 4 の分類

耐アルカリ性クラス AR、 耐リン酸塩性クラス PR	1	2	3	4
時間 (h)	> 4	1-4	0.25-1	< 0.25

### 3.5 目視による表面変化の同定

溶液にさらされたサンプル表面の変化は、裸眼で定性的に評価されます。耐酸性、耐アルカリ性、および耐リン酸塩性の分類の後にある数字の定義は、次のとおりです。

- .0 目に見える変化なし
- .1 透明であるが、不規則な表面（波状、くぼみ）
- .2 ステインおよび干渉色、またはそのいずれか（軽度の選択的溶出）
- .3 固着性の白っぽい薄層（強い選択的溶出、表面の曇り / ヘイズ / 無光沢）
- .4 固着性が弱い、厚い層、例えば、不溶性で脆い表面付着物（表面の亀裂および剥離またはそのいずれか、表面のクラスト、または表面のひび割れの可能性、強い侵食によるもの）

### 3.6 環境的観点、RoHS および REACH

アドバンストオプティクス製品の製造、加工、および販売は、ショットの環境・衛生・安全 (EHS) 管理システムおよび環境保護を順守しており、環境汚染防止および天然資源保護に努めるほか、弊社の品質管理システムの目的と手順に従っています。原材料の取り扱い、パッチの溶解、および熱間成形の工程では、確立された安全手順を順守しています。切断、研削、および研磨によって生じるスラッジは、地方自治体が規定している廃棄物処理手順に従って処理しています。

このカタログの光学材料はすべて、欧州指令 2011/65/EU (RoHS II) の要件を満たしています。それらには水銀 (Hg)、クロムVI (Cr VI)、カドミウム (Cd)、難燃剤 PBB および PBDE、フタル酸ビス (2-エチルヘキシル)(DEHP)、フタル酸ブチルベンジル (BBP)、フタル酸ジブチル (DBP) またはフタル酸ジイソブチル (DIBP) は全く含まれていません。N と P のガラスタイプは RoHS II 指令の付属書IIに規定される鉛の上限濃度 0.1% の要件を満たしています。古典的なガラスタイプは特定の光学特性を確保するために酸化鉛を含んでいます。それらの硝種は RoHS II 指令の付属書IIIに文書化された適用除外 13(a) により RoHS に準拠しています。

さらにこのカタログに記載されている材料はすべて、欧州規制 1907/2006/EC (REACH: 化学物質の登録、評価、認可および制限) の要件を満たしています。

すべてのお客様の応用に対して、弊社の光学ガラス素材の製品ポートフォリオの入手性を保証することは、材料開発プロセスに端を発します。すべての革新的アイデアは、RoHS IIおよびREACH に準拠したグローバルな要求に対応するために、正確な物質および法的要件のゲートプロセスに従います。

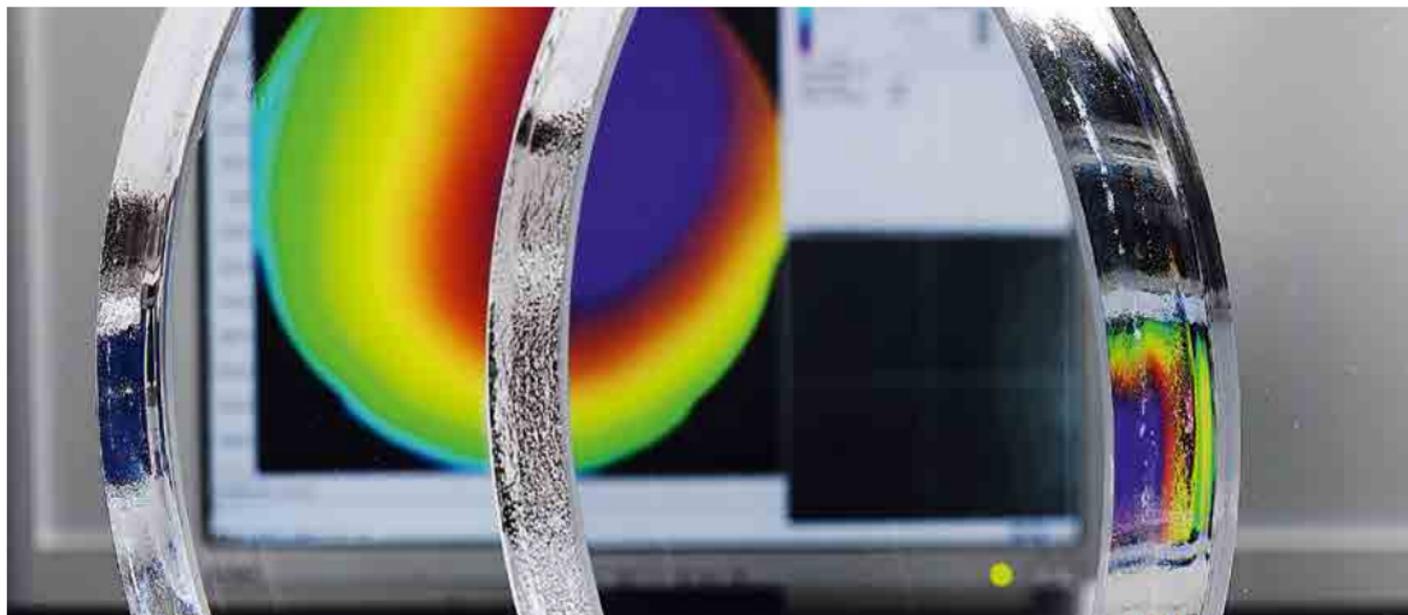
法的要件での最新情報を追跡するために、ヨーロッパおよびアフリカ、アメリカ、アジアでの外部のプロの専門家により地域別に対応しています。

ヨーロッパの化学規則 REACH 上でのコンプライアンスを確保するために、アドバンスドオプティクスはすべてのガラスを分類し、多数の化学分析および溶出試験を行いました。

体系的なアプローチとともに、ショットアドバンスドオプティクスは欧州化学物質庁 (ECHA) とともに登録のためのいくつかのガラスタイプを特定しました。発行した登録番号は関連する材料安全データシートに文書化しました。

また、原材料サプライヤーと密に連絡を取り合い、高懸念物質 (SVHC) のリストと認可リスト (REACH 規制の付属書 X IV) の掲載候補についても厳守することで、情報責務を遵守しながらも製造プロセスで上記物質をさらに活用できるようにしています。

これは弊社のガラスを適用する際に、下流のユーザーも REACH に従うことを保証するために行っています。技術安全情報または安全性データシートを合わせてご参照ください。



## 4 機械的特性

### 4.1 ヌーブ硬度

TIE-31 Mechanical and thermal properties of optical glass

ヌーブ硬度は、所定圧力で試験用ダイヤモンドを所定時間押し付けたことで発生した、材料表面の変化量で表されます。ISO 規格 9385 に、ガラスの測定手順が規定されています。この規格に従って、試験荷重 0.9807N (0.1kgf に相当) と有効試験時間 20 秒でのヌーブ硬度 HK の値をデータシートに示します。試験は、室温で、研磨済ガラス表面に対して行います。硬度値のデータは、10HK0.1/20 に丸められます。マイクロ硬度は、試験荷重の関数であり、試験荷重が増大するにつれて減少します。

### 4.2 粘性

ガラスは、熔融温度と室温の間にある融解範囲、過冷却融解範囲、および固化範囲の3つの範囲で粘性が変化します。ガラスの粘性は、溶解状態から冷却する間、一定して増大します( $10^0$ – $10^4$  dPa·s)。液体から塑性状態への転移は、 $10^4$ – $10^{13}$  dPa·s の間で観察できます。

いわゆる軟化点 EW は、ガラス部品が自重を受けて急速に変形する塑性区間を示します。これは、ガラスが  $10^{7.6}$  dPa·s の粘度を示す温度  $T_{10}^{7.6}$  です。ガラス構造は、 $10^{13}$  dPa·s を超えると固化または凍結すると説明することができます。この粘度では、ガラスの内部応力は約 15 分間で均一になります。

転移範囲を特定する別の方法は、相対的な線膨張率の変化を調べることです。ISO 7884-8 に基づき、この変化を使用して、いわゆる転移温度  $T_g$  を求めることができます。転移温度は一般に  $T_{10}^{13}$  に近い値です。

何らかの熱処理中に温度が  $T_{10}^{13}$ –200K を超えた場合、精密光学表面が変形することがあり、また屈折率が変化することがあります。

### 4.3 線膨張係数

TIE-31 Mechanical and thermal properties of optical glass



典型的なガラスの線膨張曲線は、絶対ゼロ度近傍から始まり、ほぼ室温までスロープ状に上昇します。その後、明らかな塑性挙動を示し始めるまで、ほぼ線形に上昇します。転移範囲は、ガラス内部の構造的移動が増加することによって起因して、線膨張曲線の傾きが明確に変化することによって識別されます。転移範囲より高い温度では、膨張は再びほぼ線形に増加しますが、その傾きは明らかに増大します。

線膨張係数  $\alpha$  は温度に依存するため、通常、次の温度範囲に対して 2 つの平均線膨張係数  $a$  が与えられます。

$\alpha$  ( $-30^{\circ}\text{C}$ ;  $+70^{\circ}\text{C}$ ) : 室温におけるガラスの挙動特性を示す関連情報 (「第 2 部 光学ガラス — 特性表」セクションに記載)。

$\alpha$  ( $+20^{\circ}\text{C}$ ;  $+300^{\circ}\text{C}$ ) : 融解工程における方向性および温度変化負荷を比較する目的に使用される国際規格の値 (弊社ガラスのデータシートに記載)。

リン酸クラウン (PK) ガラスおよびフッ化クラウン (FK) ガラスは、高い線膨張係数が影響し、加工、洗浄、作業取り扱いにおける急速な温度変化に非常に鋭敏です。

## 5 熱特性

### 5.1 熱伝導率

TIE-31 Mechanical and thermal properties of optical glass



ガラスの熱伝導率の範囲は、 $1.38 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (純石英ガラス) から  $0.5 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  (高鉛含有ガラス) にわたります。最も一般的に使用されるケイ酸塩ガラスの値は、 $0.9 \sim 1.2 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$  です。

データシートに示される熱伝導率は、ガラス温度  $90^\circ\text{C}$  での値です。

### 5.2 熱容量

TIE-31 Mechanical and thermal properties of optical glass



一部のガラスについては、 $20^\circ\text{C}$  の液体熱量計に入れた  $100^\circ\text{C}$  のガラスからの伝熱から測定された平均定圧比熱  $c_p$  ( $20^\circ\text{C}$ ;  $100^\circ\text{C}$ ) を記載しています。ケイ酸塩ガラスの  $c_p$  ( $20^\circ\text{C}$ ;  $100^\circ\text{C}$ ) と典型的な熱容量  $c_p$  ( $20^\circ\text{C}$ ) の値の範囲は、 $0.42 \sim 0.84 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$  です。

## 6 納入品質

### 6.1 品質管理と品質保証

マインツ市(ドイツ)にあるショットのアドバンスドオプティクスでは、ISO9001/ISO14001 準拠のグローバルな品質管理システムを運用しています。認定はドイツ・ハンブルグのベリタス局で行われます。

物理特性および化学特性を測定する、アドバンスドオプティクス部門のマインツの研究室は、ドイツ連邦共和国の国際的認証機関 Dakks により一連の国際規格 ISO/IEC 17025:2017 に準拠していると認証されています。

通常のラウンドロビンテストは、ドイツ国ブラウンシュバイクの PTB (ドイツ連邦物理工学研究所) で実施されます。PTB は、科学および技術サービスを提供する国立の計測工学研究所 (<http://www.ptb.de/cms/>) であり、アメリカ合衆国の NIST に似ています。

工業材料としての光学ガラスには、明確に定義され、設計者が信頼できる、再現精度の高い特性が必要です。これらの特性の品質保証は、光学ガラスの連続製造時における光学特性および内部品質特性のサンプルベースの統計測定値(一部、全数の測定値)、およびお客様に固有のカットブランクの測定値に基づきません。

高品質材料にプロの加工を行うには、材料特性を正確に知っている必要があります。このため、ジョセフ フォン フラウンホーファーが既に認識していたように、光学ガラスの製造と用途の進歩は常に、測定性能の制限を受けています。工業分野および研究分野で増大し続ける、品質に対する要求に応えるには、測定技術の絶え間ない進歩が不可欠であり、この進歩はいまも続いています。

## 6.2 標準納入品質

特別な品質ステップが要求されない場合、ガラスは、屈折率 / アツペ数ステップ 3/3 の品質で、標準試験報告書を付けて納入されます。標準試験報告書は、納入ロットが標準ばらつき公差を満たすことを示します。ロット内のバッチごとの屈折率のばらつきは、 $\pm 1 \cdot 10^{-4}$  (ご要望があれば、プレス品で  $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ ) 以内です。ガラスは、泡と異物、脈理、および応力複屈折について試験されます。

光学ガラスの製造は安定したプロセスであり、ガラスの化学的、機械的、および熱的な特性の変動は微小です。これらの特性は統計的に管理されたデータシートの参照値であり、発注により個々に測定されることはありません。

## 6.3 特別納入品質

標準納入品質に加えて、様々な供給形状に合わせた高度な納入品質を提供しています。表 6.1. をご参照ください。

表 6.1: 様々な供給形状におけるより高い品質ステップ

	熱間加工用ガラス	プレス品	ファインアニールされたガラス	カットブランク
屈折率 - アップ数のステップ	2, 1	2, 1, 0.5	2, 1, 0.5	2, 1, 0.5
試験証明書	アニールスケジュール	標準品 (S)	標準品 (S)	標準品 (S)
測定精度、 測定範囲	ファインアニール後に到達可能な 屈折率 - アップ数ステップのための アニール速度に関するデータ付き	標準以外の公差は 応相談	高精度の標準品 (SE)	高精度の標準品 (SE) 精密品 (PZ)、 dn/dT (DNDDT)
屈折率ののばらつき	S0, S1	LH1, LH2	S0, S1	S0, S1
均質性	-	H1-H3 ( $\varnothing < 65\text{mm}$ )	-	H1-H5
応力複屈折	-	SK	SK	SK, SSK
脈理	-	-	-	VS*
泡 / 異物	-	VB, EVB	-	VB, EVB
備考			少なくとも 1 面の 加工が可能	脈理と均質性は同一方向で測定

\* 1 試験方向から 3 試験方向での測定可能

供給形状ごとに示されている品質ステップは、屈折率およびアッペ数を互いに組み合わせることができます。ただし、様々な組み合わせに適したガラスの在庫がない場合があります。

在庫を早めにお問い合わせになることをお勧めします。

表に記載された品質ステップを上回るご要望にお応えすることもできます。詳細についてはお問い合わせください。

## 7 供給形状と公差

ショットのアドバンスドオプティクス部門では、お客様のニーズに合わせたガラス開発と製造から、高精度光学製品の仕上げ、処理、測定に至るまで、優れた工程により製品の高い価値を維持します。弊社の高い処理能力（研磨、コーティング、接着など）を活用し、レンズ（非球面、球面、円柱）、プリズム、ミラー、ウェハ、基板など、広範なカスタムメイドの光学部品を提供しています。

ここでは、供給形状の一部を示します。

## 7.1 ガラス素材



### 7.1.1 ブロック材

ブロック材は、最大で5面の未加工のキャスト面を有しています。通常、少なくとも1面は加工済です。

エッジは面取りされています。ブロック材はファインアニールされているので、冷間加工に適します。

表記方法：長さ、幅、厚さ

### 7.1.2 ストリップ材

ストリップ材は通常、周囲が未加工面または研削面で両端が破断面または切断面になっています。

ストリップ材は、粗アニールまたはファインアニールのいずれかが施されています。粗アニールされたストリップ材のみリヒートプレス加工に適しています。

表記方法：長さ、幅、厚み



## 7.2 カットブランク



### 7.2.1 平板

平板は四辺形状に加工された部品です。

6面すべてが加工済みであり、エッジは保護用に面取りされています。

表記方法：長さ、幅、厚さ

弊社の標準加工では、仕上げ時の表面粗さは  $R_a = 20 \sim 25 \mu m$  です。ご要望に応じて、寸法公差および表面粗さがさらに小さい平板部材の提供が可能です。

表 7.1: 平板の寸法公差と最小寸法

最長辺の長さ [mm]	許容公差				最小厚さ <sup>1)</sup> [mm]
	辺の長さ		厚さ		
	標準 [mm]	精密 [mm]	標準 [mm]	精密 [mm]	
> 3–80	± 0.2	± 0.1	± 0.3	± 0.15	2
> 80–120	± 0.3	± 0.15	± 0.5	± 0.25	4
> 120–250	± 0.5	± 0.25	± 0.5	± 0.25	6
> 250–315	± 0.9	± 0.45	± 0.8	± 0.4	8
> 315–400	± 1.2	± 0.6	± 0.8	± 0.4	8
> 400–500	± 1.3	± 0.65	± 0.8	± 0.4	20
> 500–630	± 1.5	± 0.75	± 0.8	± 0.4	20
> 630–800	± 1.8	± 0.9	± 0.8	± 0.4	20
> 800–1000	± 2.0	± 1.0	± 0.8	± 0.4	20
> 1000	お問い合わせください	お問い合わせください	お問い合わせください	お問い合わせください	

<sup>1)</sup> 記載の値より小さい厚さも可能です。お問い合わせください。



### 7.2.2 円板

円板は、直径が厚さよりも大きい円柱形の部品です。  
円板は、すべての表面が機械加工済です。

表記方法：直径×厚さ

弊社の標準加工では、表面粗さ  $R_a = 20 \sim 25 \mu\text{m}$  が得られます。ご要望に応じて、寸法公差および表面粗さがさらに小さい平板を提供できます。

表 7.2: 円板の寸法公差と最小寸法

直径 [mm]	許容公差				最小厚さ <sup>1)</sup> [mm]
	直径		厚さ		
	標準 [mm]	精密 [mm]	標準 [mm]	精密 [mm]	
> 3-80	± 0.2	± 0.1	± 0.3	± 0.15	2
> 80-120	± 0.3	± 0.15	± 0.5	± 0.25	4
> 120-250	± 0.3	± 0.15	± 0.5	± 0.25	6
> 250-500	± 0.5	± 0.25	± 0.8	± 0.4	20
> 500-800	± 0.8	± 0.4	± 0.8	± 0.4	20
> 800-1250	± 1.0	± 0.5	± 0.8	± 0.4	40
> 1250	お問い合わせください	お問い合わせください	お問い合わせください	お問い合わせください	

<sup>1)</sup> 記載の値より小さい厚さも可能です。お問い合わせください。



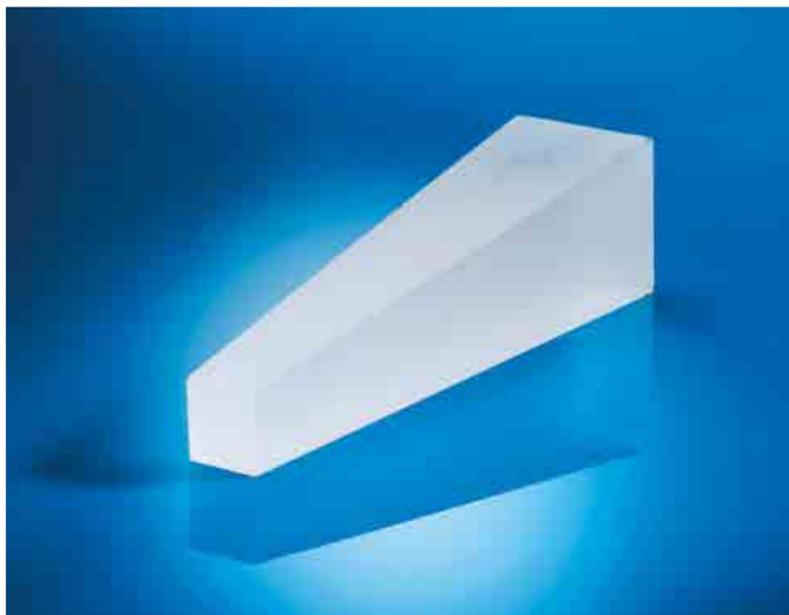
### 7.2.3 研磨ロッド

加工済ロッドは、すべての面が機械加工された円柱形の部品です。ロッドの長さは常に直径よりも大きくなっています。

表記方法：直径×長さ

表 7.3: 研磨ロッドの寸法と公差

直径 [mm]	標準 公差 [mm]	公差、ISO 286 によるドリルおよび真円加工				長さの範囲 [mm]	長さの公差 [%]
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]		
6–10	± 0.2	h11 +0/–0.09	h10 +0/–0.058	h9 +0/–0.036	h8 +0/–0.022	max. 130	± 2
> 10–18	± 0.2	h11 +0/–0.11	h10 +0/–0.070	h9 +0/–0.043	h8 +0/–0.027	max. 130	± 2
> 18–30	± 0.2	h11 +0/–0.13	h10 +0/–0.084	h9 +0/–0.052	h8 +0/–0.033	max. 130	± 2
> 30–50	± 0.2	h11 +0/–0.16	h10 +0/–0.100	h9 +0/–0.062	h8 +0/–0.039	max. 130	± 2
> 50–80	± 0.3	h11 +0/–0.19	h10 +0/–0.120	h9 +0/–0.074		max. 130	± 2



#### 7.2.4 カットプリズム

カットプリズムは切断によって製造されるプリズムであり、すべての面を研削することができます。

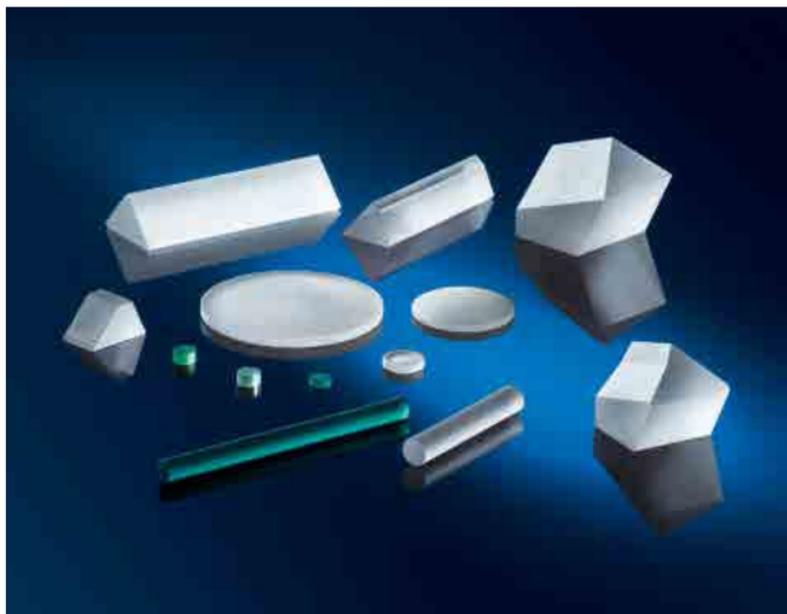
異なる加工技術を使用して、様々な形状（リッジプリズム、ペンタプリズム、三面プリズムなど）の等辺プリズムおよび非等辺プリズムを製造することができます。

表記方法：図面に基づく

表 7.4: カットプリズムの寸法と公差

最長辺の長さ [mm]	寸法の公差 [mm]	幅の公差 [mm]
< 50	+1.0/-0	± 0.5
50-100	+1.5/-0	± 1.0
> 100	+2.0/-0	± 1.0

## 7.3 プレス品



### 7.3.1 プレスブランク

プレスブランクは、ほぼ円形の断面を有し、定められた半径と面取り寸法を持つ熱間成形部品です。

表記方法：直径、中心厚さ、半径1、半径2、面取り

表 7.5: プレスブランクの寸法と公差

直径 [mm]	直径の公差 [mm]	厚さの公差 [mm]	中心の最小厚さ [mm]	縁の最小厚さ [mm]	縁の最大厚さ [mm]
5-18	± 0.075	± 0.3	2	1	0.6 · Ø
> 18-30	± 0.11	± 0.3	3	1.5	0.45 · Ø
> 30-60	± 0.14	± 0.3	4	3	0.4 · Ø
> 60-90	± 0.175	± 0.3	5	4	0.3 · Ø
> 90-120	± 0.25	± 0.4	6	5	0.3 · Ø
> 120-140	± 0.3	± 0.4	7	5	0.3 · Ø
> 140-180	± 0.4	± 0.4	7	6	0.3 · Ø
> 180-250	± 0.5	± 0.5	10	8	0.3 · Ø
> 250-320	± 0.6	± 0.6	10	8	0.3 · Ø

表 7.6: プレスプリズムの寸法と公差

最長辺の長さ [mm]	辺の長さの公差 [mm]	中心厚さの公差 [mm]	角度の 公差	ソケット [mm]
5-30	±0.2	±0.3		2
> 30-60	±0.3	±0.4		2
> 60-90	±0.4	±0.5	±0.5°	2.5
> 90-150	±0.5	±0.5		2.5
> 150-180	±0.7	±0.7		3
> 180-305	±1.0	±1.0		4

### 7.3.2 プレスプリズム

プレスプリズムは、角度が付けられたプリズム形状の熱間成形部品です。

ご要望に応じて、他の寸法が可能です。

表記方法：**図面**

#### 7.4 小型のボールレンズ、円板、その他の用途向け光学ガラスロッド

ショットは、様々な形状、形式、および材料のロッドを提供しています。

ボールレンズ、ロッドレンズ、非球面体、円板などの小型光学部品に使用されるショットの光学ガラスロッドは、様々な独自のプロセスで製造されます。

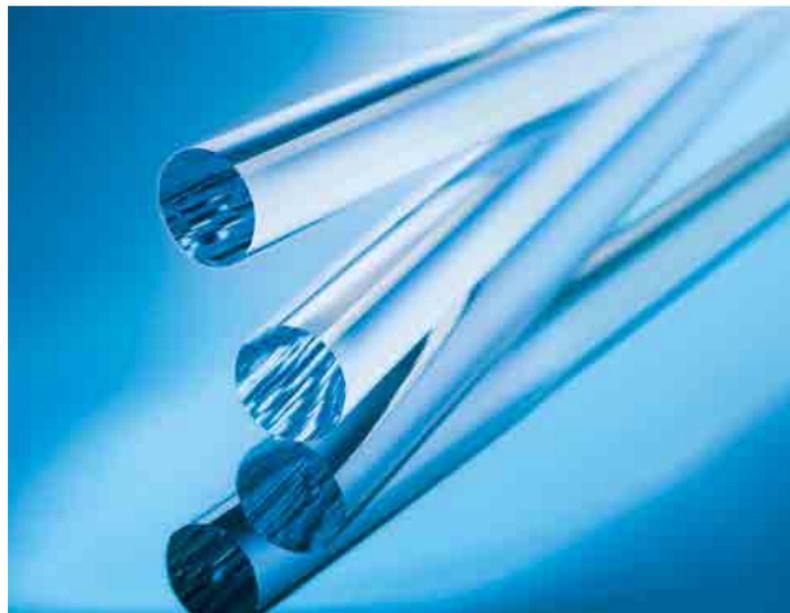


表 7.7: 光学ガラスロッドの仕様 \*

説明	ファイアポリッシュ表面		無光沢表面	
	標準品質	高品質	標準品質	高品質
直径 / 公差	公称直径の ± 5 %	公称直径の ± 3 %	± 0.1 mm	± 0.05 mm
真直度のばらつき	最大 0.1 mm/100 mm	最大 0.1 mm/100 mm	最大 0.05 mm/100 mm	最大 0.03 mm/100 mm
長さの公差	+ 5 mm	+ 2 mm	+ 5 mm	+ 2 mm
直径の範囲	< 1.0–7.0 mm	< 1.0–7.0 mm	2.0–12.5 mm	2.0–12.5 mm
表面の品質	ファイアポリッシュ	ファイアポリッシュ	無光沢	無光沢
長さ	最大 1000 mm		最大 150 mm	

\* 円柱形状、および硝種 P-LASF47 を参照

## 8 精密モールド用光学ガラス

非球面レンズ（一般的には自由曲面）を直接プレス成型する精密ガラスモールド技術は、近年、世界中で重要度が高まっています。精密モールドプロセスでは、プリフォームの非常に高い表面品質を維持して、最終的な非球面形状に成形されます。モールドプロセスは低温プロセスであり、一般的な処理温度は 500 ~ 700°C です。低温プロセスでは、金型寿命が延びます。

P タイプガラスは、精密モールド専用として新たに開発された低転移点 ( $T_g$ ) ガラスです。「P」の文字は、そのガラスが精密モールド専用に製造され、無鉛無ヒ素であることを示します。その他にもいくつかの古典的光学ガラスが、主にガラス転移温度が低いという理由から精密モールドに適していることが分かっています。

精密モールド用のガラスは一般に、粗アニールされたガラスです。それらのガラスは、2 K/h の基準アニール

TIE-40 Optical glass for precision molding



速度に基づいて、屈折率 / アッペ数ステップ 3/3 で納入されます。ただし、納入ロット内のガラスの実際の屈折率はこの値とは異なります。

精密モールドプロセスでは冷却速度が高いため、ガラスの屈折率が初期値と比較して大幅に下がります。屈折率の低下量は、2 K/h の基準アニール速度に基づいた、モールド後のガラスの屈折率と初期の屈折率との差として定義されます。

「第 2 部 光学ガラス — 特性表」セクションに、ショットの基準プロセスによるモールド後の  $n_d$  とアッペ数の数値を記載しています。一部の数値は、理論上の基準アニール速度 5000 K/h に基づく暫定データです。カタログ値の  $n_d$  は、基準アニール速度 2 K/h に基づく屈折率の初期値であり、屈折率の低下量の計算に使用されます。

さらに、基準アニール速度の初期値として25 K/hという高い値を使用して、屈折率の低下量を計算することもできます。この目的で、アニール速度25 K/hに基づく $n_d$ の基準値を記載しています。

ある硝種についての屈折率の低下量は、そのプロセスと部品形状に左右され、「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションに記載された値とわずかに異なります。

モールド後の屈折率がお客様の要件を満たさない場合、ご希望によりプロセス条件を調整することも可能です。

精密モールドに適した光学ガラスを、このポケットカタログの「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションに記載しています。新たに開発されたPタイプガラスだけでなく、精密モールドに適した従来品ガラスも含まれます。低転移点( $T_g$ )ガラスのデータ「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションには、追加情報も記載しています。JOGIS(日本光学硝子工業会標準)による耐酸性、JOGISによる研削性(摩耗)、およびガラスの屈伏点が含まれます。

## 9 光学ガラスの製品範囲

### 9.1 推奨硝種

データセクションの第1部に記載されているガラスは、弊社推奨硝種です。お客様の個別注文がなくても製造される材料で、通常は即時納入が可能のように在庫があります。これらの硝種については、弊社は信頼性の高い長期的な供給を保証しています。このため、新たな光学系の設計には推奨硝種を使用することをお勧めします。現行の硝種については、弊社のウェブサイト ([www.schott.com/products/optical-glass/downloads](http://www.schott.com/products/optical-glass/downloads)) をご覧ください。

### 9.2 受注生産硝種

「第2部 光学ガラス — 特性表」セクションの第2部には、お客様からの特別なご要望に応じて定期的に製造される受注生産硝種を記載しています。これらの硝種の一部については、過去の長期事業による在庫がある場合があります。ただし、お客様からの発注があって初めて、在庫が発生します。在庫がない場合でも、お客様のご発注に基づき製造、納入いたします。

## 10 公式集と波長表

部分分散比  $P_{x,y}$ 、青 F 線と赤 C 水素線に基づく波長  $x$  および  $y$

$$P_{x,y} = (n_x - n_y) / (n_F - n_C) \quad (10.1)$$

部分分散比  $P'_{x,y}$ 、青 F' 線と赤 C' カドミウム線に基づく波長  $x$  および  $y$

$$P'_{x,y} = (n_x - n_y) / (n_{F'} - n_{C'}) \quad (10.2)$$

「通常ガラス」におけるアッペ数と部分分散比との線形関係

$$P_{x,y} \approx a_{xy} + b_{xy} \cdot v_d \quad (10.3)$$

「標準線」からの偏差  $\Delta P$

$$P_{x,y} = a_{xy} + b_{xy} \cdot v_d + \Delta P_{x,y} \quad (10.4)$$

$$\Delta P_{C,t} = (n_C - n_t) / (n_F - n_C) - (0.5450 + 0.004743 \cdot v_d) \quad (10.5)$$

$$\Delta P_{C,s} = (n_C - n_s) / (n_F - n_C) - (0.4029 + 0.002331 \cdot v_d) \quad (10.6)$$

$$\Delta P_{F,e} = (n_F - n_e) / (n_F - n_C) - (0.4884 - 0.000526 \cdot v_d) \quad (10.7)$$

$$\Delta P_{g,F} = (n_g - n_F) / (n_F - n_C) - (0.6438 - 0.001682 \cdot v_d) \quad (10.8)$$

$$\Delta P_{i,g} = (n_i - n_g) / (n_F - n_C) - (1.7241 - 0.008382 \cdot v_d) \quad (10.9)$$

標準線の位置は、硝種 K7 および F2 の値の対に基づいて決定されています。

セルマイヤー分散式

$$n^2(\lambda) - 1 = B_1 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_1) + B_2 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_2) + B_3 \lambda^2 / (\lambda^2 - C_3) \quad (10.10)$$

ショットのデータシートに記載されたセルマイヤー係数を使用して屈折率を計算する場合、波長 $\lambda$ は $\mu\text{m}$ の単位で入力する必要があります。

異なるアニール速度でのアニール中の屈折率とアッペ数の変化

$$n_d(h_x) = n_d(h_0) + m_{nd} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (10.11)$$

$$v_d(h_x) = v_d(h_0) + m_{vd} \cdot \log(h_x/h_0) \quad (10.12)$$

$$m_{vd} = (m_{nd} - v_d(h_0) \cdot m_{nf-nc}) / (n_f - n_c) * \quad (10.13)$$

$h_0$  初期アニール速度

$h_x$  新規アニール速度

$m_{nd}$  屈折率のアニール係数(硝種によって異なる)

$m_{vd}$  アッペ数のアニール係数(硝種によって異なる)

$m_{nf-nc}$  主分散のアニール係数(硝種によって異なる)

\* 近似

アッペ数の測定精度

$$\sigma_{vd} \approx \sigma_{n_F - n_C} \cdot V_d / (n_F - n_C) \quad (10.14)$$

分光透過率

$$\tau_{i\lambda} = \Phi_{e\lambda} / \Phi_{i\lambda} \quad (10.15)$$

反射

$$\tau_{\lambda} = \tau_{i\lambda} \cdot P_{\lambda} \quad (10.16)$$

$P_{\lambda}$  反射係数

垂直に入射する、偏光のない光線のフレネル反射率

$$R = ((n-1)/(n+1))^2 \quad (10.17)$$

多重反射を考慮した反射係数

$$P = (1-R)^2 / (1-R^2) = 2n / (n^2 + 1) \quad (10.18)$$

$n$  波長  $\lambda$  での屈折率

層の厚さが異なる場合の内部透過率の換算

$$\log \tau_{i1} / \log \tau_{i2} = d_1 / d_2 \text{ or} \quad (10.19)$$

$$\tau_{i2} = \tau_{i1}^{(d_2/d_1)} \quad (10.20)$$

$\tau_{i1}, \tau_{i2}$  厚さ  $d_1$  と  $d_2$  での内部透過率

応力複屈折、光路差

$$\Delta s = 10 \cdot K \cdot d \cdot \sigma \text{ (nm)} \quad (10.21)$$

$K$  光弾性定数 (硝種によって異なる)、単位  $10^{-6} \text{ mm}^2/\text{N}$

$d$  サンプル中の光路長、単位 cm

$\sigma$  機械的応力 (引張応力が正)、単位  $\text{N}/\text{mm}^2 (= \text{MPa})$

干渉計で測定した波面偏差から得られる均質性

$$\begin{aligned}\Delta n &= \Delta W / (2 \cdot d) \\ &= \Delta W [\lambda] \cdot 632.8 \cdot 10^{-6} / (2 \cdot d [\text{mm}])\end{aligned}\tag{10.22}$$

ただし、波面変形は波長を単位とし、試験波長は 632.8 nm（ヘリウムネオンガスレーザー）とする

$\Delta W$  二重光路（フィゾー干渉計試験）による波面変形

$d$  試験片の厚さ

注記：公式は慎重に選択し記載していますが、  
ショット社は、これらを使用することによって生じる誤差に責任を負うものではありません。

表 10.1: よく使用されるスペクトル線の波長

波長 [nm]	記号	使用するスペクトル線	元素
2325.42		赤外水銀線	Hg
1970.09		赤外水銀線	Hg
1529.582		赤外水銀線	Hg
1060.0		ネオジウムガラスレーザー	Nd
1013.98	t	赤外水銀線	Hg
852.11	s	赤外セシウム線	Cs
706.5188	r	赤色ヘリウム線	He
656.2725	C	赤色水素線	H
643.8469	C'	赤色カドミウム線	Cd
632.8		ヘリウム - ネオンガスレーザー	He-Ne
589.2938	D	黄色ナトリウム線	Na
		(二重線の中央)	

波長 [nm]	記号	使用するスペクトル線	元素
587.5618	d	黄色ヘリウム線	He
546.0740	e	緑色水銀線	Hg
486.1327	F	青色水素線	H
479.9914	F'	青色カドミウム線	Cd
435.8343	g	青色水銀線	Hg
404.6561	h	紫色水銀線	Hg
365.0146	i	紫外水銀線	Hg
334.1478		紫外水銀線	Hg
312.5663		紫外水銀線	Hg
296.7278		紫外水銀線	Hg
280.4		紫外水銀線	Hg
248.3		紫外水銀線	Hg

## 11 技術情報 – TIE



関連する TIE については、次の URL をご覧ください。

[www.schott.com/products/optical-glass/downloads](http://www.schott.com/products/optical-glass/downloads)

Title		
TIE-25:	Striae in optical glass (光学ガラスの脈理)	(2.1 節)
TIE-26:	Homogeneity of optical glass (光学ガラスの均質性)	(1.4 節)
TIE-27:	Stress in optical glass (光学ガラスの応力)	(2.3 節)
TIE-28:	Bubbles and inclusions in optical glass (光学ガラスの泡と異物)	(2.2 節)
TIE-29:	Refractive index and dispersion (屈折率と分散)	(1.1 節)
TIE-30:	Chemical properties of optical glass (光学ガラスの化学特性)	(3 節)
TIE-31:	Mechanical and thermal properties of optical glass (光学ガラスの機械特性と熱特性)	(4.1 節、4.2 節、4.4 節、5.1 節、5.2 節)
TIE-35:	Transmittance of optical glass (光学ガラスの透過率)	(1.5 節)
TIE-40:	Optical glass for precision molding (精密モールド用光学ガラス)	(8 節)
TIE-42:	Radiation resistant optical glasses (耐放射線ガラス)	(前書きと概要)

## 12 アプリケーションノート



### 12.1 電離放射線耐性の光学ガラス

光学ガラスは、組成にセリウム (Ce) を添加することにより、電離放射線により生じる透過損失に対して安定化させることができます。例えば宇宙空間でのミッションでは、このような厳しい条件が存在します。ショットは、アップ図を幅広くカバーする標準ポートフォリオで、セリウム安定化ガラスも提供しています。

耐放射線ガラスは 2005 年の金星探査機ビーナス・エクスプレス・ミッション (ESA)、2004 年のロゼッタ彗星探査機ミッション (ESA)、2011 年のジュノー探査機ミッション (NASA)、2016 年のオシリス・レックス・ミッション (NASA) 等の宇宙ミッションで広く使用されています。

#### 要件

- 電離放射線に対して透過率の低下が抑制されている
- アップ図上の複数の光学ポジションを選択できる

#### 対応するショットのガラス

BK7G18、K5G20、LF5G19、F2G12、LAK9G15、SF6G05



## 12.2 モバイル用途向け光学材料

今日のスマートフォンのカメラは超広角レンズから望遠レンズまで、複数のレンズを1つのデバイスに搭載しています。スマートフォン向けのレンズ設計では、一般にレンズユニットの体積が制約されます。

屈折率の高い非球面レンズを使用することでコンパクトなデザインが可能になります。ペリスコーププリズムを使用して光路を折り返すことで高倍率の光学ズームを実現します。軽量化のためのガラス密度、歩留まり向上のためのガラス硬度や環境耐性もガラス選択のポイントになります。高透過光学ガラスは薄明かりの環境の中でも明るい画像を撮ることを可能にします。フィルターガ

ラスは入射角に依存しないフィルタリングを可能にし、自然で優れた色彩認識を実現します。薄明かりの撮影環境でも鮮明な画像をもたらします。

### 要件

- 高屈折率
- 低密度
- より高い硬度
- 環境に対するロバスト性
- 高い透過率

### ショットのガラス

N-LASF55、 N-SF14、N-SF6、 N-LASF40	高屈折率、低密度、 より高い硬度
近赤外線カット フィルター	幅広いカスタマイズされた スペクトル特長



### 12.3 デジタルプロジェクション向けの光学材料

高性能シネマプロジェクターの光学系は、通常大きなプリズムの組立品および高性能な投影レンズ系からなっています。特に、これらのプリズム組立品は、応用上の高い熱負荷を考慮し、最大の透過率および低ソラリゼーション傾向を必要とします。

青色レーザーダイオードが蛍光体ホイールに照射することで黄色光を発することにより原色が作り出されます。セラミック蛍光体付きのホイールは高い温度安定性を持ち、従来のホイールと比べかなりの改善を提供いたします。

#### 要件

- 高透過率
- 大型の3D均質性を持つ光学ガラスプリズム
- 低ソラリゼーション傾向
- セラミックコンバーター材料

#### ショットの材料

N-BK7HT	プリズム用途としての優れた透過率および多方向での均質性
N-BK10	プリズム用途としての低ソラリゼーションおよび多方向での均質性
SF57HTultra	高屈折率、低応力複屈折
セラミックコンバーター	セラミックコンバーター 優れた高い温度安定性を持つ セラミックコンバーター材料



## 12.4 自動車用途向け光学ガラス

現代の自動車の運転支援システムには、車の周囲ほぼ 360 度をカバーする多数のカメラが装備されています（ミラー代替、リアビュー、サラウンドビュー、フロントビュー、ドライバーカメラシステム等）。これらのカメラは、長持ちする良質の画像を、温度差や厳しい天候条件に関係なく提供する必要がありますため、熱補正された固定焦点レンズがよく使用されています。また、これらのシステムのフロントレンズには、良好な化学耐性が必要です。

### 要件

- 精密モールド用ガラス
- 高屈折率ガラス
- 温度補償のための低いまたは負の  $dn/dT$ 、または非常に高い  $dn/dT$
- 良好な化学耐性

### ショットのガラス製品

P-LAK35	(低い $dn/dT$ 、精密モールド用)
P-LASF47	(高い $dn/dT$ 、精密モールド用)
P-SK60	(精密モールド用)
N-LAK28	(低密度、高硬度、低 $dn/dT$ )



## 12.5 ライフサイエンス用途向け 光学ガラス

多光子レーザー走査顕微鏡アプリケーションや高速 DNA 配列決定は、高度な光学設計のために特殊素材を要する、典型的なライフサイエンスのアプリケーションです。ショットは、高度なライフサイエンスのアプリケーションを可能にする、光学ガラスやフィルターの包括的なポートフォリオを提供しています。

### 要件

- 高屈折率ガラス
- 超低分散ガラス
- 異常部分分散が大きいガラス
- 高い透過率
- カスタマイズ可能なフィルター設計
- 低蛍光性

### ショットのガラス製品

N-FK58 XLD	(非常に低い分散性、優れた低蛍光性、および高いレーザー耐性)
N-KZFS4	(ノーマルラインからの最大偏差)
N-LAK33B	
N-LASF46B	
N-SF57HTUltra	(高屈折率および透過率)
SF3	(高透過および耐紫外線)
BGガラス	
ノッチフィルター	



## 12.6 SWIR 波長域の光学ガラス

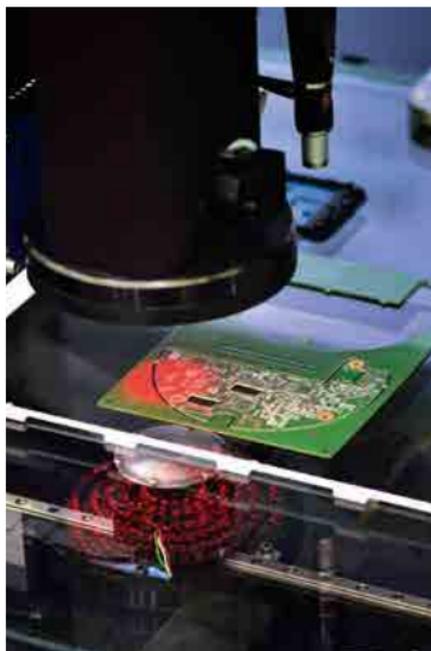
SWIR とは約  $1 \sim 2.7 \mu\text{m}$  の短波赤外線です。SWIR アプリケーションは、回路基板・太陽電池・ボトル・芸術品・食品の検査プロセス等で使用されています。SWIR アプリケーションでは、腐敗した果物、絵画の贗物、不透明なボトルの容量など、通常、可視光だけでは検出できない特性を視覚化することができます。これらのマシンビジョンアプリケーションはすべて、可視スペクトル域や SWIR 波長域を理想的に透過する、特定のオプティクスを使用しています。光学設計では、可視域や SWIR 波長域を最大  $4 \mu\text{m}$  まで透過する材料が必要となる場合があります。

要件

- 可視スペクトル域で最大  $4 \mu\text{m}$  まで透過するガラス

ショットのガラス製品

N-FK58 XLD, N-PK52A, N-FK51A, IRG27	(可視域およびSWIR波長域 での優れた透過率)
--	-----------------------------



## 12.7 マシンビジョン用途向け 光学ガラス

マシンビジョンアプリケーションは、様々な用途における幅広いパーツの検査や計測に使用されています。これらのアプリケーションは、コンパクトなレンズや、良好なコントラストで高い画像解像度を提供する光学システムを必要とし、UV 域から IR スペクトル域で使用されています（ウエハー UV 検査、もしくは食品産業における SWIR 検査等）。

多色アプリケーション向けテレセントリック・レンズシステムの設計では色補正ガラスを必要とします。厳しい光学公差により高解像度と広い視野が可能となり、スループットの向上に寄与します。

### 要件

- 高屈折率ガラス
- 超低分散ガラス
- 異常部分分散が大きいガラス
- 高い透過率
- 厳しい光学公差

### ショットのガラス製品

N-FK58 XLD	(非常に低い分散性、良好な加工性、および高いレーザー耐性)
N-KZFS4	(ノーマルラインからの最大偏差)
N-LAK33B	
N-LASF46B	
N-SF57HTUltra	(高屈折率および透過率)



### 12.8 高度監視システム向け光学ガラス

屋外の民生用・軍用高度セキュリティおよび監視用途のレンズや光学システムでは、天候や温度条件に左右されないロバスト性、コンパクト性、高解像度、および優れた性能を必要とされます。

#### 要件

- 高屈折率ガラス
- 超低分散ガラス
- 異常部分分散が大きいガラス
- 高い透過率
- 良好な化学耐性

#### ショットのガラス製品

N-FK58 XLD	(非常に低い分散性、良好な加工性)
N-SF57HTultra	(高屈折率および透過率)
P-LAK35	(低いdn/dT、良好な化学耐性)
P-LASF47	(高いdn/dT、良好な化学耐性)
P-SK60	



## 12.9 プロ用ムービーカメラレンズ向け 光学ガラス

プロ用ムービーカメラは、映画撮影、モバイル放送やビデオ撮影に使われています。解像度は上昇を続け（現時点で最高 8K）、より大きなアパーチャーで優れた色補正ができる、複合的な高解像度レンズ設計が必要となっています。

### 要件

- 高屈折率ガラス
- 超低分散ガラス
- 異常部分分散が大きいガラス
- 高い透過率
- 高い均質性
- 大型寸法での入手性

### ショットのガラス製品

N-FKS1A	(低分散、高均質)
N-KZFS11	(ノーマルラインからの大きな偏差、優れた均質性)
N-SF57HTUltra	(高屈折率および透過率)
N-BK7HT	(多方向での優れた透過性と均質性、およびプリズムやレンズ用途向けに大サイズで使用可能)

### 13 ショットのアドバンスドオプティクス一覧

ショットのアドバンスドオプティクス部門は、深い技術的専門的知識を元にした製品開発により、お客様の価値のあるパートナーとなり、光学、リソグラフィ、宇宙工学、オプトセラミックス、ライフサイエンス、研究、その他の応用分野でソリューションをカスタマイズします。

120種類を超える光学ガラス、特殊材料、コンポーネントの製品ポートフォリオとともに、ガラス開発から、高精度光学製品の仕上げ、測定に至るまで、価値連鎖全体を管理しています。

ショットのアドバンスドオプティクス - 優れた光学製品を提供するパートナー

本章ではショットのアドバンスドオプティクスの製品ポートフォリオの概要をご提供いたします。次の製品群により構成されます。

- **光学材料**、光学ガラス、HT- & HTultra ガラス、能動型 & 受動型レーザー用ガラス、サファイア、高屈折率ガラスウエハ、赤外線カルコゲナイドガラスなど
- **光学コンポーネント**、レンズ、平行平板、プリズム、セラミックコンバーターなど
- **光学フィルター**、近赤外線カットフィルター、コントラスト強化フィルター、光学ガラスフィルターおよび干渉フィルター

## 光学材料



### 光学ガラス

120 種以上の高品質光学ガラス

135 年間以上、ショットのアドバンスドオプティクス部門は、消費者製品から最先端研究での高出力光学用製品にわたり、光学用および工業用など幅広い用途のご要求に見合う高品質な光学ガラスの大きなポートフォリオをご提供しています。

弊社の光学ガラスは、環境に配慮した N-ガラス、精密モールドに適したガラス（低  $T_g$  ガラス）のみならず、高い光学特性を示すために必須成分となる酸化鉛を含む古典的なガラスなどがあります。さらに、高い透過率を持つガラス（HT&HTultra ガラス）および高均質性ガラスも提供しています。



### HT & HTultra ガラス

超高透過率を持つ光学ガラス

光学ガラスタイプの広範なポートフォリオの一つとして、弊社は優れた透過率を有し、デジタルプロジェクターおよび高出力光学系に適する特別なガラスタイプをご提供いたします。



### XLD ガラス

超低分散型の光学ガラス

アップベ数が最高の $v_d > 90$ である光学ガラスを示すために、この光学ガラスをXLD（超低分散）にし、独自の部分分散により卓越したアポクロマート補正機能を実現しています。このフルオロリン酸塩ガラスは優れた加工特性を求めて開発されました。



### 高均質性ガラス

大型の高均質な光学レンズ用の優れた均質性を有するガラス

高出力レーザーおよび宇宙工学用途に使用される光学ガラスは、非常に高い均質性を要求されます。弊社は、均質性クラス H5 までの高品質なガラスを製造いたします。特定のガラスタイプは在庫品として均質性クラス H4 を提供可能です。



### 低 $T_g$ ガラス

精密モールド用途に適する光学ガラス

精密モールドは、非球面のような複雑なレンズの大量生産に適した方法であり、デジタルカメラ、スマートフォン、電気通信、レンズアレイ、顕微鏡など様々な用途に適した技術です。



### i 線用ガラス

365nm での高い紫外線透過率および優れた屈折率の均質性を有するガラス

i 線用ガラスは i 線にちなんで名づけられた光学ガラスタイプであり、高い紫外線透過率および優れた屈折率の均質性を持ちます。これらのガラスタイプは i 線ステッパーおよびウエハスキャナーなどのリソグラフィ用途などに使用されます。



### 耐放射線ガラス

高耐放射線性能および異なる分散特性を持つガラス

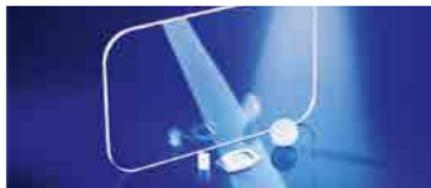
ショットのアドバンスドオプティクスは異なる分散特性を持ついくつかの耐放射線ガラスタイプを用意しています。この種類のガラスは電離放射線環境下での使用に最適です。耐放射線ガラスはカットブランク、プレス品、ロッド、光学コンポーネントなどの形態でご提供いたします。



### 放射線遮蔽ガラス

電離放射線に対して優れた光学特性および高い放射線遮蔽性を有するガラス

密度  $2.5\sim 5.2\text{g/cm}^3$  の放射線遮蔽ガラスは、様々な光学特性および遮蔽性を持たせるために特別に開発されました。耐電離放射線および高遮蔽性の完全な組み合わせを持つカスタムデザインの放射線遮蔽窓のご提供も可能です。



### サファイア

最も硬く、耐候性があり、耐スクラッチ性を持つ材料

サファイアは紫外線から中赤外線波長 (250-5000 nm) まで幅広い透過率を持ち、厳しい環境下および温度変動にも耐え得る材料です。弊社は、お客様の仕様に応じた加工形状にてご提供いたします。



### 熔融石英

純粋な非晶質シリカ二酸化ケイ素のガラス  
熔融石英は 180 nm 以上の紫外線に対する卓越した透過性を持ちます。熔融温度が高いため高温下での使用が可能となります。アルカリ成分を含まないので、半導体業界での使用に適しています。



### ホウケイ酸ガラス

光学アプリケーションに適した環境耐久性の高い材料

BOROFLOAT® 33 のようなテクニカルガラスは厳しい使用条件でも機械的・化学的に強い耐性を提供します。製造過程は大規模で徹底的に管理されていて、コスト効率の良いガラスとなっています。



### RealView®

高屈折率ガラスウエハ

拡張現実導波路向け  $nd > 1.6$  の高透過率および高均質性光学ガラス。特に開発したガラスは、最大全反射角での最小限の導光損失と可視光での高透過率で高均質性を持つ 1.6 を超える屈折率とを組み合わせています。正確な映像再生を支援するために、厳しい総厚み変動、局所勾配および表面粗さ仕様を持つ直径 300 mm までの優れた幾何学的精度を持つウエハ。





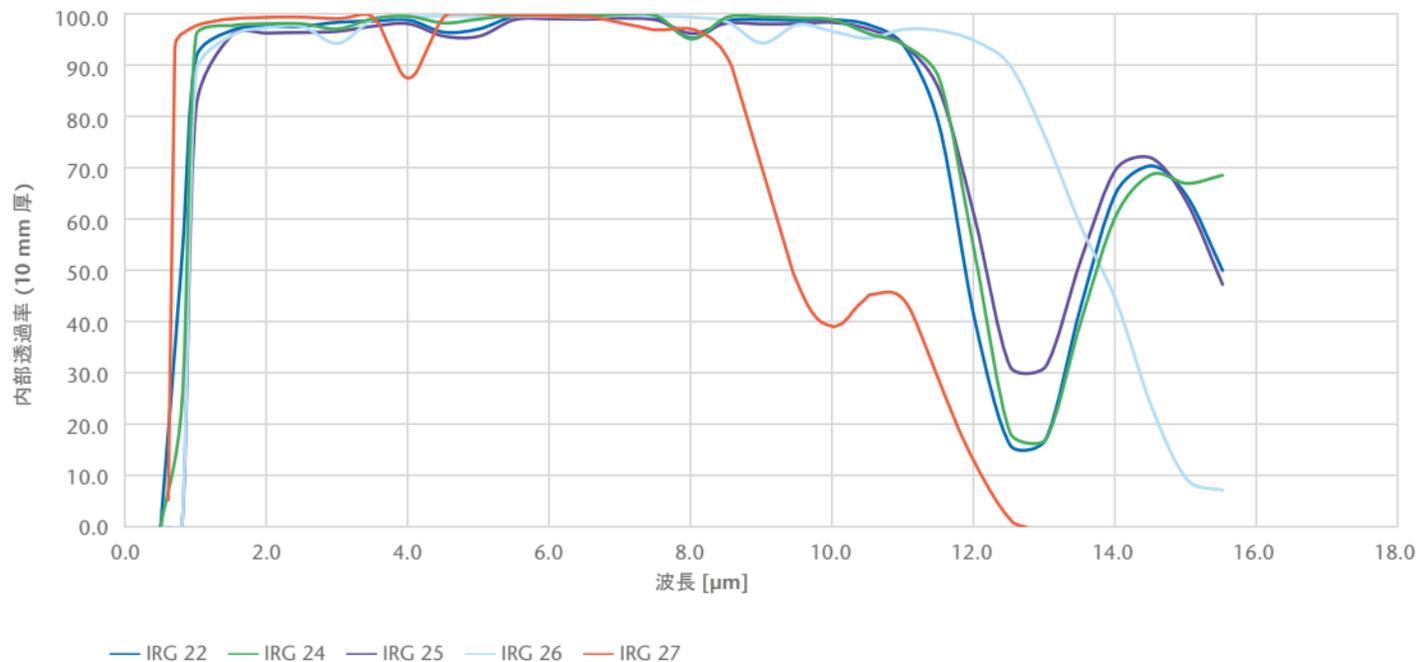
赤外線透過カルコゲナイドガラス IRG  
IR ガラスは SWIR (短波赤外)、MWIR (中波赤外)、LWIR (長波赤外) において高い透過率を有します。小さい  $dn/dt$  および低分散などの物理特性により、熱による焦点ずれが抑制され、色収差を補正する光学システムの設計を可能にします。カルコゲナイドガラス IRG シリーズは、赤外線ガラスおよび他の赤外線材料と組み合わせるために最適化されていて、コスト効率の良い

高性能な光学設計を支援します。3 ~ 5  $\mu\text{m}$  および 8 ~ 12  $\mu\text{m}$  の一般的な赤外線透過帯をはじめ、0.7  $\mu\text{m}$  の低波長も透過します。さらに、赤外線ガラスシリーズは、従来の研削、研磨、ダイヤモンド旋削加工はもちろん、モールド成形が可能です。

特長

- 低  $dn/dT$
- Ge に比べて低密度、14 - 39 % 軽量
- 高度な色補正
- 高温下でも制約なし

カルコゲナイドガラス、IRG 22, IRG 24, IRG 25, IRG 26 および IRG 27 の内部透過率 (試料厚み 10 mm における参考値)



## 光学コンポーネント

### 光学コンポーネント

用途が広いさまざまな製品

光学、リソグラフィー、科学の分野で応用できる、さまざまなコンポーネントのタイプを広範囲にわたってご用意しました。

アドバンスドオプティクスは、その最新のイノベーション、最高品質、サービスの卓越性で知られており、材料の開発から仕上げまでを一貫して行います。

弊社は価値連鎖全体を極めています。処理製品には、精密モールド製で研磨とコーティングを施された非球面レンズ、プリズム、光学ガラスフィルター、干渉フィルター、さらには精密コンポーネント（CNC 処理パーツ、平面平行基板、ウェハなど）があります。

高精度光学コンポーネントの複合ポート  
フォリオに関する詳細については、

[www.schott.com/products/optical-components](http://www.schott.com/products/optical-components) をご覧ください。



### 非球面レンズ

優れたイメージ品質に相応しい非球面レンズ  
ユニークな表面構造により、非球面レンズは単色収差を除去し、優れた品質を提供します。非球面レンズ 1 種類で、様々な球面レンズの要素に代用できるので、コンパクトで軽量な設計が可能になります。



### 球面レンズ

様々な形状のシングレットやダブルレット

球面レンズは、集光や光の発散、焦点を合わせるためにカメラ、プロジェクター、顕微鏡のような多様な応用分野で使用され、色消しを機能させるレンズ系のコンポーネントにしばしば適用されます。



### プリズム

完全にカスタムメイドの光学コンポーネント

プリズムは光を屈折、反射、分散する平面研磨面を持つ透過光学素子です。光学システム内部に組み込むことができ、温度耐性に優れています。全反射を利用することで、光学パスでの光損失を最低限に抑える事ができます。



### 窓および基板

最大精度を導き出す様々な材料

基板は、干渉フィルターのような製品を製造するための元材の役割を持つコンポーネントです。窓は透明であり、ほとんどの場合平行平板に研磨され、歪がない高効率な光源や完全な像透過を実現するための光学系で使われます。



## コーティング

### 光学コーティングのフルラインアップ

業界の幅広いニーズに応えるため、ショットは広範なスペクトルに対応する光学コーティングの最新技術に取り組んでいます。光学フィルターガラスのリーディングサプライヤーでもあるので、フィルターガラスと薄膜技術を組み合わせて独自にカスタマイズされた光学部品を作成し、お客様の選択肢を広げます。



## CNC マシニング

### 精密機械加工部品

多岐にわたる高性能 CNC マシンにより、いかなる形状にも加工することが可能で、お客様の設計の自由度が高まります。ショット独自の様々な光学ガラスのラインアップを使用することで、例えば試作の工程をスピードアップすることが出来ます。



## アセンブリ

### 光学部品の機械的実装

カスタマイズされた実装（例えば、ポジショニング、センタリング等）を、クリーンルーム環境で組み立てる事が出来ます。さらに、3D 光学測定を含む必要な測定機器や表面形状測定装置、干渉計が揃っています。



### ダイナミックセラミックコンバーター 太陽より明るく

ショットのダイナミックセラミックコンバーター（青色レーザー波長変換蛍光体）は、常に明るくクリアな光源にとつての高い発光特性をご提供いたします。純粋な無機蛍光体材料から作られることで、高温安定性、優れた熱伝導率、長寿命、秀でた信頼性を保証します。弊社の蛍光体はプロジェクターからサーチライトまでの広い範囲のデバイスにとって理想的です。



### スタティックセラミックコンバーター 高輝度光源を実現

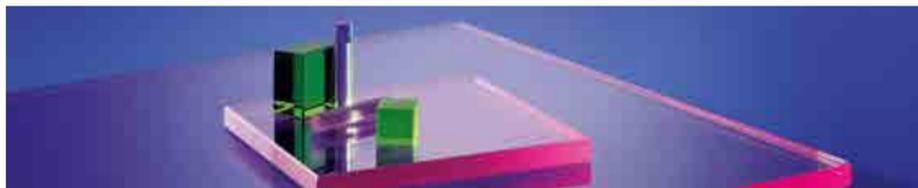
ショットのスタティックセラミックコンバーターはデジタルプロジェクションやマシンビジョン、計測学・制御、生命科学、ステージ照明やサーチライト等の光源に適した、卓越した輝度、高い放射照度と明るさを可動部品を使用することなく提供します。グリーンギャップを埋め、照明機器や光学ファイバーを組み合わせやすく、メンテナンスも容易で、トータルコストを削減できます。



### 光学ウエハ

平坦度の高い光学用途向け基板

ショットは光学途向けに、直径 300 mm、厚さ偏差 (TTV) 1  $\mu\text{m}$  以下の平坦度の高い研磨ウエハを提供します。提供可能な材料は光学ガラス、テクニカルガラス、熔融石英、ガラスセラミック、サファイアとなります。



### レーザー用能動型ガラス

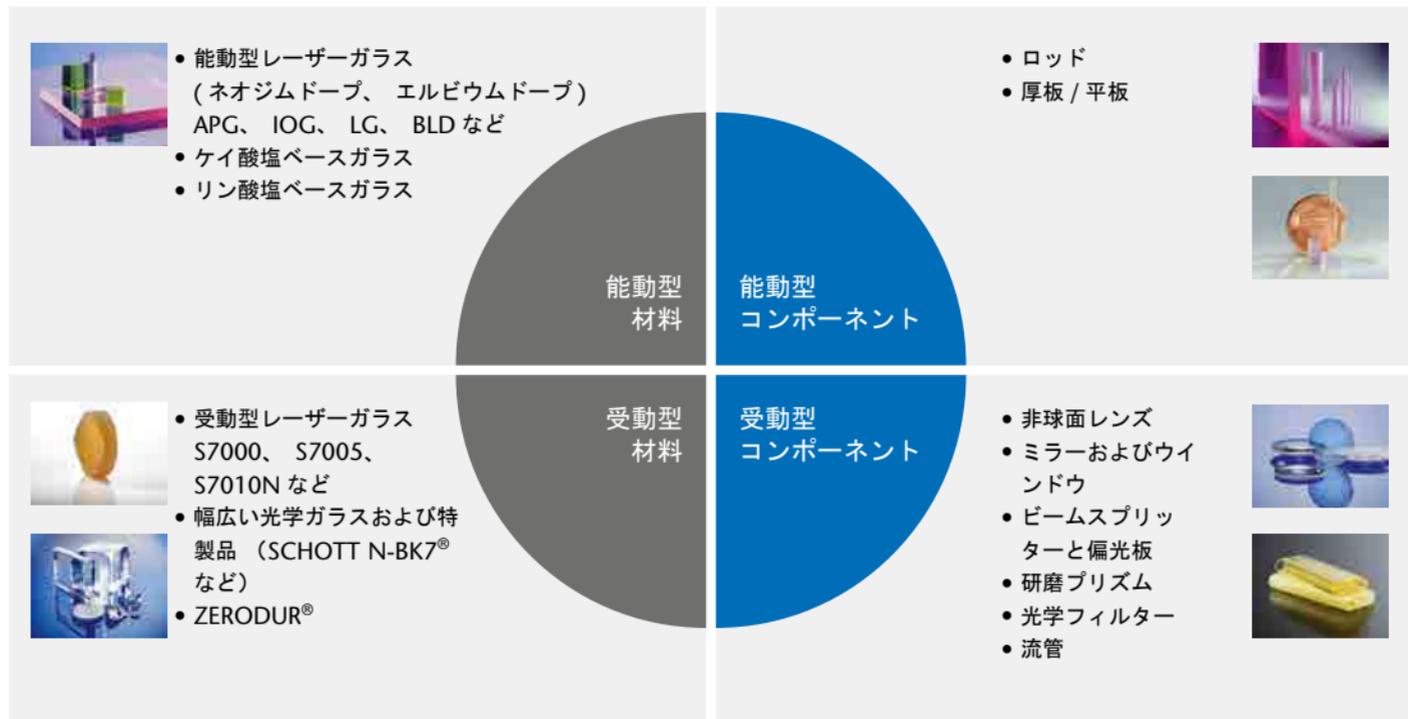
高出力で超短パルスのレーザー距離計や医療機器向けに、さまざまな能動型ガラスをご用意しています。これらガラスはすべて、特殊な用途（フラッシュランプ用やダイオードポンプ用など）に合わせて調整できます。プラチナ粒子を含まないショット独自の溶解処理により、リン酸塩レーザーガラスコンポーネントをレーザーで傷つけることなく非常にスムーズに処理します。

具体的には、最大 400cm の開口部内で大規模レーザー slab を大量に使用して、慣性核融合プログラムのために高エネルギーストレージを実現しています。ジグザグスラブと、最高の光学品質と均質性で製造された大直径レーザーロッドを使用して、材料を処理するレーザーシステムの高い性能を引き出しています。



このガラスは、能動型のレーザーロッドやスラブ、ディスクの使用により生成されます。あらゆるレーザー波長に高い LIDT で対応する AR コーティングと HR コーティングが得られます。コンポーネントはすべてお客様の仕様に合わせて製造しており、研磨は最高平面度  $\lambda/10$  まで可能です。

これを完全にするために、ミラーやウィンドウ等の受動型レーザーコンポーネントを取り揃えております。



## 光学フィルター



### 光学フィルターガラス

全スペクトルで機能するカラーフィルターガラス

ショットのアドバンスドオプティクスは、世界中で最も広い製品ラインの企業としてお客様の要求に見合うフルスペクトルにおける光学フィルターガラスのソリューションを提供します。これらのフィルターガラスは分析、フォトグラフィー、医療技術およびレーザー保護への応用が可能です。

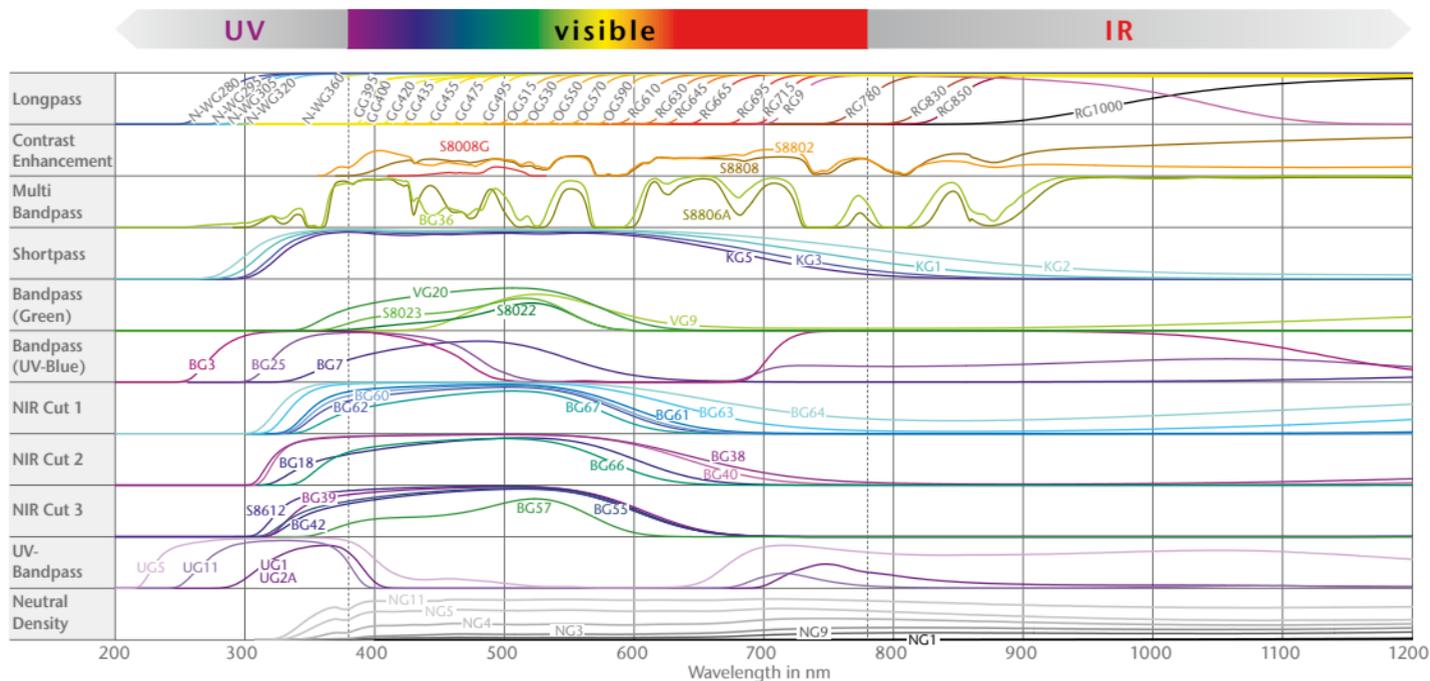
光学フィルターガラスは可視域での選択的吸収を持つことにおいてよく知られています。光学フィルターガラスは、フィルター効果が可視光線スペクトルである場合に色として認識されます。

フィルターの品揃えを促すために、最大の可能なスペクトル範囲で、優れたフィルター特性を持つ製品、異なる濃度を持つ様々な着色成分および多くの異なるベースガラスが開発されています。

ショットの光学フィルターガラスには、波長200nm以上で次のようなタイプがございます。

- バンドパスフィルター
- ロングパスフィルター
- ショートパスフィルター
- ニュートラルデンシティフィルター
- コントラスト強化フィルター
- マルチバンドフィルター
- 写真フィルター

### Internal transmittance of SCHOTT filter glasses





### 干渉フィルター

全スペクトル領域を網羅するコートフィルター

干渉フィルターは所望の分光透過率を得るために干渉効果を利用し、基板上に異なる屈折率を持つ薄膜を蒸着することにより製造されます。これらのフィルターは、医療技術分野、環境、バイオ、化学的測定での分析機器、医療用および蛍光顕微鏡などで使用されます。

ショットは、200-3000nm の分光範囲で、標準タイプの干渉フィルターおよびカスタマイズした干渉フィルターを提供します。

この製品はお客様の仕様に基づいて開発、設計、製造されます。干渉フィルターは、温度や湿度の変化に関して、環境耐性に優れ、スペクトル特性が非常に安定しています。

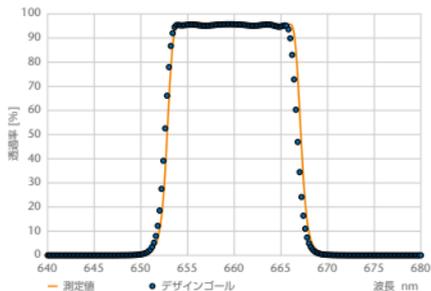
バンドパスフィルター、エッジフィルター、ノッチフィルター、UVバンドパスフィルター、硬質の耐スクラッチフィルター、i線フィルター、VERIL線形可変フィルター、最適化ARおよび広帯域ARコートフィルター、ビームスプリッター、減光フィルター、ミラーコーティング(二色またはメタリック)、黒色吸収コーティングなど、さまざまなタイプの干渉フィルターを取り揃えております。

単一の拠点が提供する干渉フィルターの全工程。

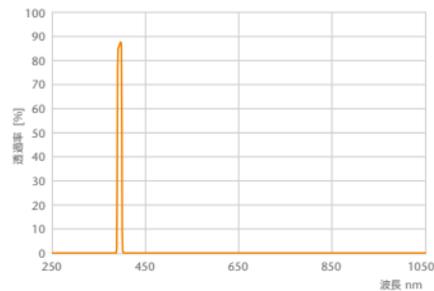
カスタムメイドのデザインは、科学者およびエンジニアグループ全体により計算されます。基板は研磨され、コーティング工程に直接運ばれます。大規模なクリーンルームを備えた製造設備は、様々なコーティング技術とともにほぼあらゆる要求に応えることができます。高性能な一連の測定装置により、フィルターの特性において、完璧な品質管理を保証致します。



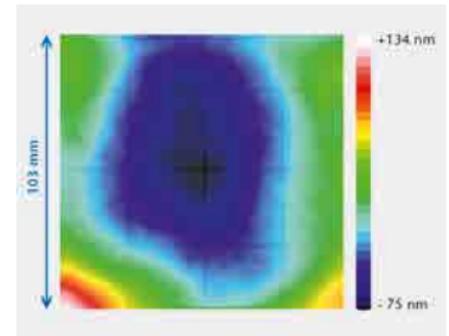
シミュレーション値と製品の完全な整合性



広帯域のブロッキング  $T < 10^{-5}$  を持つバンドパス



低透過波面収差



## 変更箇所 – 第2部 光学ガラス – 特性表

ショットのアドバンスオプティクスは、製品ラインの充実化を図るとともに、既存の製品提供を継続的に改善することにより、お客様サポートに努めております。また、お客様の開発が効果的に進められるよう、当社硝種特性表にかかわる詳細な情報の提供にも努めております。本カタログの改定に当たりまして、変更点および追加項目を明確にするために右の表を作成しました。併せて関係するすべての変更は、第2部 光学ガラス - 特性表の中で青字でお示しております。当該製品に関するご質問がございましたら、当社代表まで直接ご連絡ください。

N-LAK28、N-LASF55、SF3	新規硝種
N-LAF7、N-LAK10	透過率およびカラーコードが変更
SF6G05	アップ数を修正
LASF35	推奨硝種（継続）
BK7G18、K5G20、LF5G19、F2G12、LAK9G15、SF6G05	新規推奨硝種
N-SK16	ステップ 0.5 でのご提供が可能
N-KZFS4HT、N-LASF9HT、N-LASF45HT、N-LASF46A、P-BK7、P-SK57Q1、P-SK58A、P-SF8、P-LASF50、P-LASF51	受注生産硝種

# 光学ガラス2022年版

特性表

XLD  
FK  
PK  
PSK

LAF

BK  
K  
ZK

LASF

BAK  
SK

SF

KF  
BALF  
SSK  
LAK

KZFS

LLF  
BAF

Low T<sub>g</sub>

LF  
F  
BASf

Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$V_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$V_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-FK58**</b> 456909.365	1.45600	90.90	0.005017	1.45720	90.47	0.005053	1.45358	1.45446	1.45976	1.46216	1.46436
<b>N-FK5*</b> 487704.245	1.48749	70.41	0.006924	1.48914	70.23	0.006965	1.48410	1.48535	1.49266	1.49593	1.49894
<b>N-FK51A*</b> 487845.368	1.48656	84.47	0.005760	1.48794	84.07	0.005804	1.48379	1.48480	1.49088	1.49364	1.49618
<b>N-PK51*</b> 529770.386	1.52855	76.98	0.006867	1.53019	76.58	0.006923	1.52527	1.52646	1.53372	1.53704	1.54010
<b>N-PK52A</b> 497816.370	1.49700	81.61	0.006090	1.49845	81.21	0.006138	1.49408	1.49514	1.50157	1.50450	1.50720
<b>N-PSK3</b> 552635.291	1.55232	63.46	0.008704	1.55440	63.23	0.008767	1.54811	1.54965	1.55885	1.56302	1.56688
<b>N-PSK53A*</b> 618634.357	1.61800	63.39	0.009749	1.62033	63.10	0.009831	1.61334	1.61503	1.62534	1.63007	1.63445

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。 \*\* ショット XLD ガラス (超低分散)

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5347	0.0438	1	1	52.3	3.3	4.3	13.7	445	508	3,65	372	0.996	0.996	33/--
0.5290	0.0036	2	1	4	2	2.3	9.2	466	672	2.45	520	0.998	0.997	30/26
0.5359	0.0342	1	0	52.3	2.2	4.3	12.7	464	527	3.68	345	0.997	0.997	34/28
0.5401	0.0258	1	0	52.3	3.3	4.3	12.4	487	568	3.86	415	0.994	0.994	34/29
0.5377	0.0311	1	0	52.3	3.3	4.3	13.0	467	538	3.70	355	0.997	0.996	34/28
0.5365	-0.0005	3	0	2.2	2	2	6.2	599	736	2.91	630	0.994	0.994	33/28
0.5424	0.0052	1	1	53.3	2.3	4.3	9.6	606	699	3.57	415	0.985	0.992	36/31

BK  
K  
ZK

LASF

BAK  
SK

SF

KF  
BALF  
SSK  
LAK

KZFS

LLF  
BAFLow  $T_g$ LF  
F  
BASFRad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
SCHOTT N-BK7 <sup>®*</sup> 517642.251	1.51680	64.17	0.008054	1.51872	63.96	0.008110	1.51289	1.51432	1.52283	1.52668	1.53024
N-BK7HT* 517642.251	1.51680	64.17	0.008054	1.51872	63.96	0.008110	1.51289	1.51432	1.52283	1.52668	1.53024
N-BK10 498670.239	1.49782	66.95	0.007435	1.49960	66.78	0.007481	1.49419	1.49552	1.50337	1.50690	1.51014
N-K5 522595.259	1.52249	59.48	0.008784	1.52458	59.22	0.008858	1.51829	1.51982	1.52910	1.53338	1.53734
K7 511604.253	1.51112	60.41	0.008461	1.51314	60.15	0.008531	1.50707	1.50854	1.51748	1.52159	1.52540
K10 501564.252	1.50137	56.41	0.008888	1.50349	56.15	0.008967	1.49713	1.49867	1.50807	1.51243	1.51649
N-ZK7 <sup>**i</sup> 508612.249	1.50847	61.19	0.008310	1.51045	60.98	0.008370	1.50445	1.50592	1.51470	1.51869	1.52238
N-ZK7A 508610.247	1.50805	61.04	0.008323	1.51004	60.84	0.008384	1.50403	1.50550	1.51429	1.51829	1.52198

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。 \*\* ステップ 1/1 でのご提供ができかねます。厳しい精度での設計には N-ZK7A を推奨いたします。

<sup>i</sup> 2024 年 1 月から受注生産ガラスになります。新しい設計にはお勧めできません。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5349	-0.0009	1	0	1	2.3	2.3	7.1	557	719	2.51	610	0.997	0.997	33/29
0.5349	-0.0009	1	0	1	2.3	2.3	7.1	557	719	2.51	610	0.998	0.998	33/29
0.5303	-0.0008	1	0	1	1	1	5.8	551	753	2.39	560	0.996	0.996	31/27
0.5438	0.0000	1	0	1	1	1	8.2	546	720	2.59	530	0.995	0.996	34/30
0.5422	0.0000	3	0	2	1	2.3	8.4	513	712	2.53	520	0.996	0.996	33/30
0.5475	-0.0015	1	0	1	1	1.2	6.5	459	691	2.52	470	0.994	0.995	33/30
0.5370	-0.0039	1	0	2	1.2	2.2	4.5	539	721	2.49	530	0.990	0.992	34/29
0.5368	-0.0043	1	0	2	1.2	2.2	4.61	519	729	2.47	530	0.990	0.992	34/29

BK  
K  
ZK

LASF

BAK  
SK

SF

KF  
BALF  
SSK  
LAK

KZFS

LLF  
BAFLow  $T_g$ LF  
F  
BASFRad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-BAK1</b> 573576.319	1.57250	57.55	0.009948	1.57487	57.27	0.010039	1.56778	1.56949	1.58000	1.58488	1.58941
<b>N-BAK2</b> 540597.286	1.53996	59.71	0.009043	1.54212	59.44	0.009120	1.53564	1.53721	1.54677	1.55117	1.55525
<b>N-BAK4</b> 569560.305	1.56883	55.98	0.010162	1.57125	55.70	0.010255	1.56400	1.56575	1.57649	1.58149	1.58614
<b>N-BAK4HT</b> 569560.305	1.56883	55.98	0.010162	1.57125	55.70	0.010255	1.56400	1.56575	1.57649	1.58149	1.58614
<b>N-SK2*</b> 607567.355	1.60738	56.65	0.010722	1.60994	56.37	0.010821	1.60230	1.60414	1.61547	1.62073	1.62562
<b>N-SK2HT</b> 607567.355	1.60738	56.65	0.010722	1.60994	56.37	0.010821	1.60230	1.60414	1.61547	1.62073	1.62562
<b>N-SK4</b> 613586.354	1.61272	58.63	0.010450	1.61521	58.37	0.010541	1.60774	1.60954	1.62059	1.62568	1.63042
<b>N-SK5</b> 589613.330	1.58913	61.27	0.009616	1.59142	61.02	0.009692	1.58451	1.58619	1.59635	1.60100	1.60530
<b>N-SK11</b> 564608.308	1.56384	60.80	0.009274	1.56605	60.55	0.009349	1.55939	1.56101	1.57081	1.57530	1.57946
<b>N-SK14</b> 603606.344	1.60311	60.60	0.009953	1.60548	60.34	0.010034	1.59834	1.60008	1.61059	1.61542	1.61988

\* ステップ 0.5 までのご提供が可能です。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5472	0.0002	2	1	3.3	1.2	2	7.6	592	746	3.19	530	0.996	0.996	33/29
0.5437	0.0004	2	0	1	1	2.3	8.0	554	727	2.86	530	0.997	0.997	32/28
0.5487	-0.0010	1	0	1.2	1	1	7.0	581	725	3.05	550	0.992	0.995	36/33
0.5487	-0.0010	1	0	1.2	1	1	7.0	581	725	3.05	550	0.993	0.996	36/33
0.5477	-0.0008	2	0	2.2	1	2.3	6.0	659	823	3.55	550	0.994	0.994	33/28
0.5477	-0.0008	2	0	2.2	1	2.3	6.0	659	823	3.55	550	0.996	0.997	33/28
0.5448	-0.0004	3	1	51.2	2	2	6.5	658	769	3.54	580	0.990	0.993	36/32
0.5400	-0.0007	3	1	4.4	2	1.3	5.5	660	791	3.30	590	0.992	0.994	34/29
0.5411	-0.0004	2	0	2	1	2.3	6.5	610	760	3.08	570	0.990	0.994	34/29
0.5415	-0.0003	4	2	51.3	2	2.3	6.0	649	773	3.44	600	0.990	0.993	35/29

LAF

LASF

BAK  
SK

SF

KF  
BALF  
SSK  
LAK

KZFS

LLF  
BAFLow  $T_g$ LF  
F  
BASFRad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-SK16* 620603.358	1.62041	60.32	0.010285	1.62286	60.08	0.010368	1.61548	1.61727	1.62814	1.63312	1.63773

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。



硝種	$n_d$	$V_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$V_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-KF9 523515.250	1.52346	51.54	0.010156	1.52588	51.26	0.010258	1.51867	1.52040	1.53114	1.53620	1.54096
N-BALF4 580539.311	1.57956	53.87	0.010759	1.58212	53.59	0.010863	1.57447	1.57631	1.58769	1.59301	1.59799
N-BALF5 547536.261	1.54739	53.63	0.010207	1.54982	53.36	0.010303	1.54255	1.54430	1.55510	1.56016	1.56491
N-SSK2 622533.353	1.62229	53.27	0.011681	1.62508	52.99	0.011795	1.61678	1.61877	1.63112	1.63691	1.64232
N-SSK5 658509.371	1.65844	50.88	0.012940	1.66152	50.59	0.013075	1.65237	1.65455	1.66824	1.67471	1.68079
N-SSK8 618498.327	1.61773	49.83	0.012397	1.62068	49.54	0.012529	1.61192	1.61401	1.62713	1.63335	1.63923
N-LAK7 652585.384	1.65160	58.52	0.011135	1.65425	58.26	0.011229	1.64628	1.64821	1.65998	1.66539	1.67042
N-LAK8 713538.375	1.71300	53.83	0.013245	1.71616	53.61	0.013359	1.70668	1.70897	1.72297	1.72944	1.73545

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5558	-0.0014	1	0	1	1	1	9.6	476	640	2.50	480	0.986	0.994	37/34
0.5520	-0.0012	1	0	1	1	1	6.5	578	661	3.11	540	0.985	0.992	37/33
0.5532	-0.0004	1	0	1	2	1	7.3	558	711	2.61	600	0.983	0.991	37/34
0.5526	-0.0016	1	0	1.2	1	1	5.8	653	801	3.53	570	0.981	0.990	37/33
0.5575	-0.0007	2	3	52.2	2.2	3.2	6.8	645	751	3.71	590	0.959	0.976	38/34
0.5602	0.0002	1	0	1	1.3	1	7.2	616	742	3.27	570	0.950	0.975	39/35
0.5433	-0.0021	3	2	53.3	3.3	4.3	7.1	618	716	3.84	600	0.988	0.991	35/29
0.5450	-0.0083	3	2	52.3	1	3.3	5.6	643	717	3.75	740	0.977	0.988	37/30

LAF

LASF

SF

KF  
BALF  
SSK  
LAK

KZFS

LLF  
BAFLow  $T_g$ LF  
F  
BASFRad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-LAK9* 691547.351	1.69100	54.71	0.012631	1.69401	54.48	0.012738	1.68497	1.68716	1.70051	1.70667	1.71239
N-LAK10 720506.369	1.72003	50.62	0.014224	1.72341	50.39	0.014357	1.71328	1.71572	1.73077	1.73779	1.74438
N-LAK12 678552.410	1.67790	55.20	0.012281	1.68083	54.92	0.012396	1.67209	1.67419	1.68717	1.69320	1.69882
N-LAK14 697554.363	1.69680	55.41	0.012575	1.69980	55.19	0.012679	1.69077	1.69297	1.70626	1.71237	1.71804
N-LAK21 640601.374	1.64049	60.10	0.010657	1.64304	59.86	0.010743	1.63538	1.63724	1.64850	1.65366	1.65844
N-LAK22 651559.377	1.65113	55.89	0.011650	1.65391	55.63	0.011755	1.64560	1.64760	1.65992	1.66562	1.67092
N-LAK28 744508.409	1.74429	50.77	0.014660	1.74778	50.54	0.014797	1.73734	1.73985	1.75535	1.76257	1.76931
N-LAK33B 755523.422	1.75500	52.30	0.014436	1.75844	52.07	0.014566	1.74814	1.75062	1.76589	1.77296	1.77954
N-LAK34 729545.402	1.72916	54.50	0.013379	1.73235	54.27	0.013493	1.72277	1.72509	1.73923	1.74575	1.75180

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5447	-0.0071	3	3	52	1.2	4.3	6.3	656	722	3.51	700	0.980	0.988	37/31
0.5515	-0.0072	2	2	52.3	1	3	5.7	636	714	3.69	780	0.964	0.980	38/33
0.5485	-0.0024	3	1	53.3	3.3	4.3	7.6	614	714	4.10	560	0.976	0.981	37/31
0.5427	-0.0079	3	2	52.3	1	3	5.5	661	734	3.63	730	0.981	0.988	36/27
0.5411	-0.0017	4	2	53.2	4.3	4.3	6.8	639	716	3.74	600	0.979	0.985	37/31
0.5467	-0.0031	2	2	51.2	1	2.3	6.6	689		3.77	600	0.985	0.989	36/30
0.5499	-0.0085	2	1	52.3	1	3.3	5.7	625		4.09	740	0.950	0.980	40/34
0.5473	-0.0085	1	1	51.3	1	2	5.8	668	750	4.22	797	0.980	0.988	37/28
0.5443	-0.0079	1	0	52.3	1	2.3	5.8	668	740	4.02	740	0.981	0.989	37/28

LLF  
BAFLow  $T_g$ LF  
F  
BAFRad.  
Res.

LAF

LASF

SF

KZFS



$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5660	-0.0009	1	0	1	2	1	8.1	431	628	2.94	450	0.997	0.998	33/31
0.5733	0.0030	1	0	1	1.2	1.3	7.2	580	709	2.89	610	0.946	0.976	39/35
0.5629	-0.0016	1	0	4.3	1.3	1	6.2	660	790	3.75	620	0.950	0.976	39/35
0.5670	-0.0012	2	0	5.4	1.3	1	8.4	569	712	3.33	560	0.954	0.976	39/34
0.5678	0.0024	1	0	1	1.3	1	6.9	594	716	3.05	600	0.950	0.975	39/35

LLF  
BAFLow  $T_g$ LF  
F  
BASFRad.  
Res.

LAF

LASF

SF

KZFS



$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5748	-0.0003	2	0	1	2.3	2	9.1	419	585	3.22	450	0.997	0.997	34/31
0.5881	0.0056	1	0	1	1	1	7.8	569	686	2.65	600	0.946	0.980	39/36
0.5828	0.0002	1	0	1	2.3	1.3	8.2	434	594	3.60	420	0.994	0.996	35/32
0.5828	0.0002	1	0	1	2.3	1.3	8.2	434	594	3.60	420	0.996	0.997	35/32
0.5795	-0.0003	1	0	1	2.3	2	8.0	438	608	3.47	450	0.993	0.995	35/32
0.5890	0.0057	1	0	1	1	1	7.1	619	766	3.15	580	0.891	0.954	41/36
0.5769	-0.0006	1	0	3.2	1.2	1	7.3	582	712	3.20	650	0.924	0.950	40/35

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-LAF2</b> 744449.430	1.74397	44.85	0.016588	1.74791	44.57	0.016780	1.73627	1.73903	1.75659	1.76500	1.77298
<b>N-LAF7</b> 750348.373	1.74950	34.82	0.021525	1.75459	34.56	0.021833	1.73972	1.74320	1.76602	1.77741	1.78854
<b>LAFN7<sup>i</sup></b> 750350.438	1.74950	34.95	0.021445	1.75458	34.72	0.021735	1.73970	1.74319	1.76592	1.77713	1.78798
<b>N-LAF21</b> 788475.428	1.78800	47.49	0.016593	1.79195	47.25	0.016761	1.78019	1.78301	1.80056	1.80882	1.81657
<b>N-LAF33</b> 786441.436	1.78582	44.05	0.017839	1.79007	43.80	0.018038	1.77751	1.78049	1.79937	1.80837	1.81687
<b>N-LAF34</b> 773496.424	1.77250	49.62	0.015568	1.77621	49.38	0.015719	1.76515	1.76780	1.78427	1.79196	1.79915
<b>N-LAF35<sup>i</sup></b> 743494.412	1.74330	49.40	0.015047	1.74688	49.16	0.015194	1.73620	1.73876	1.75467	1.76212	1.76908

<sup>i</sup> 2023年1月から受注生産ガラスになります。新しい設計にはお勧めできません。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5656	-0.0027	2	3	52.2	1	2.2	8.1	653	742	4.30	530	0.933	0.965	40/34
0.5894	0.0042	1	2	51.3	1.2	1.2	7.3	568	669	3.73	530	0.905	0.948	41/36
0.5825	-0.0025	3	1	53.3	2.2	4.3	5.3	500	573	4.38	520	0.937	0.976	40/35
0.5555	-0.0084	1	1	51.3	1	1.3	6.0	653	729	4.28	730	0.966	0.981	39/32
0.5626	-0.0071	1	2	52.2	1	3	5.6	600	673	4.36	730	0.963	0.978	39/32
0.5518	-0.0085	1	1	51.3	1	1	5.8	668	745	4.24	770	0.980	0.988	38/30
0.5523	-0.0084	2	1	52.3	1	3.3	5.3	589	669	4.12	660	0.976	0.987	38/30

LASF

SF

KZFS

Low  $T_g$ Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-LASF9 850322.441	1.85025	32.17	0.026430	1.85650	31.93	0.026827	1.83834	1.84255	1.87058	1.88467	1.89845
N-LASF31A 883408.551	1.88300	40.76	0.021663	1.88815	40.52	0.021921	1.87298	1.87656	1.89950	1.91050	1.92093
LASF35** 022291.541	2.02204	29.06	0.035170	2.03035	28.84	0.035721	2.00628	2.01185	2.04916	2.06805	2.08663
N-LASF40 834373.443	1.83404	37.30	0.022363	1.83935	37.04	0.022658	1.82380	1.82745	1.85114	1.86275	1.87393
N-LASF41 835431.485	1.83501	43.13	0.019361	1.83961	42.88	0.019578	1.82599	1.82923	1.84972	1.85949	1.86872
N-LASF43 806406.426	1.80610	40.61	0.019850	1.81081	40.36	0.020089	1.79691	1.80020	1.82122	1.83137	1.84106
N-LASF44* 804465.444	1.80420	46.50	0.017294	1.80832	46.25	0.017476	1.79609	1.79901	1.81731	1.82594	1.83405
N-LASF45 801350.363	1.80107	34.97	0.022905	1.80650	34.72	0.023227	1.79066	1.79436	1.81864	1.83068	1.84237
N-LASF46B 904313.451	1.90366	31.32	0.028852	1.91048	31.09	0.029289	1.89065	1.89526	1.92586	1.94130	1.95647
N-LASF55 954306.486	1.95380	30.56	0.031211	1.96118	30.33	0.031688	1.93976	1.94473	1.97783	1.99454	2.01096

\* ステップ0.5でのご提供が可能です。

\*\* 推奨硝種（継続）

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5934	0.0037	1	0	2	1	1	7.4	683	817	4.41	515	0.799	0.901	41/36*
0.5667	-0.0085	1	0	2.3	1	1	6.7	719	830	5.51	650	0.933	0.960	38/33*
0.5982	0.0033	1	0	1.3	1	1.3	7.4	774		5.41	810	0.634	0.787	45/37*
0.5786	-0.0024	1	1	51.2	1	1.3	5.8	590	677	4.43	580	0.891	0.937	39/35*
0.5629	-0.0083	1	1	4	1	1	6.2	651	739	4.85	760	0.948	0.967	37/32*
0.5703	-0.0052	1	1	51.3	1	2	5.5	614	699	4.26	720	0.919	0.954	42/34
0.5572	-0.0084	1	1	4	1	1	6.2	655	742	4.44	770	0.963	0.980	40/31
0.5859	0.0009	1	0	3.2	1	1	7.4	647	773	3.63	630	0.857	0.924	44/35
0.5956	0.0045	1	0	3.3	1	1	6.0	611	703	4.51	712	0.815	0.901	41/37*
0.5961	0.0037	1	0	2.3	1	1	6.6	718	796	4.86	710	0.650	0.810	44/37*

\* 透過率 0.7 と 0.05 の波長

LASF

SF

KZFS

Low  $T_g$ Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-SF1</b> 717296.303	1.71736	29.62	0.024219	1.72308	29.39	0.024606	1.70651	1.71035	1.73605	1.74919	1.76224
<b>N-SF2</b> 648338.272	1.64769	33.82	0.019151	1.65222	33.56	0.019435	1.63902	1.64210	1.66241	1.67265	1.68273
<b>N-SF4</b> 755274.315	1.75513	27.38	0.027583	1.76164	27.16	0.028044	1.74286	1.74719	1.77647	1.79158	1.80668
<b>N-SF5*</b> 673323.286	1.67271	32.25	0.020858	1.67763	32.00	0.021177	1.66330	1.66664	1.68876	1.69998	1.71106
<b>N-SF6</b> 805254.337	1.80518	25.36	0.031750	1.81266	25.16	0.032304	1.79114	1.79608	1.82980	1.84738	1.86506
<b>N-SF6HT</b> 805254.337	1.80518	25.36	0.031750	1.81266	25.16	0.032304	1.79114	1.79608	1.82980	1.84738	1.86506
<b>N-SF6HTultra</b> 805254.337	1.80518	25.36	0.031750	1.81266	25.16	0.032304	1.79114	1.79608	1.82980	1.84738	1.86506
<b>N-SF8</b> 689313.290	1.68894	31.31	0.022005	1.69413	31.06	0.022346	1.67904	1.68254	1.70589	1.71775	1.72948
<b>N-SF10</b> 728285.305	1.72828	28.53	0.025524	1.73430	28.31	0.025941	1.71688	1.72091	1.74800	1.76191	1.77578
<b>N-SF11</b> 785257.322	1.78472	25.68	0.030558	1.79192	25.47	0.031088	1.77119	1.77596	1.80841	1.82533	1.84235
<b>N-SF14</b> 762265.312	1.76182	26.53	0.028715	1.76859	26.32	0.029204	1.74907	1.75356	1.78405	1.79986	1.81570

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.6037	0.0097	1	0	1	1	1	9.1	553	660	3.03	540	0.867	0.946	41/36
0.5950	0.0081	1	0	1	1.2	1	6.7	608	731	2.72	539	0.928	0.970	40/36
0.6096	0.0118	1	0	1.3	1	1	9.5	570	661	3.15	520	0.830	0.916	43/36
0.5984	0.0088	1	0	1	1	1	7.9	578	693	2.86	620	0.905	0.963	40/36
0.6158	0.0146	1	0	2	1	1	9.0	589	669	3.37	550	0.821	0.919	44/37
0.6158	0.0146	1	0	2	1	1	9.0	589	669	3.37	550	0.877	0.937	44/37
0.6158	0.0146	1	0	2	1	1	9.0	589	669	3.37	550	0.887	0.945	43/37
0.5999	0.0087	1	0	1	1	1	8.6	567	678	2.90	600	0.901	0.950	41/36
0.6066	0.0108	1	0	1	1	1	9.4	559	652	3.05	540	0.837	0.924	42/36
0.6156	0.0150	1	0	1	1	1	8.5	592	688	3.22	615	0.815	0.919	44/37
0.6122	0.0130	1	0	1	1	1	9.4	566	657	3.12	515	0.891	0.946	42/36

SF

KZFS

Low  $T_g$ Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-SF15</b> 699302.292	1.69892	30.20	0.023142	1.70438	29.96	0.023511	1.68854	1.69222	1.71677	1.72933	1.74182
<b>N-SF57</b> 847238.353	1.84666	23.78	0.035604	1.85504	23.59	0.036247	1.83099	1.83650	1.87432	1.89423	1.91440
<b>N-SF57HT</b> 847238.353	1.84666	23.78	0.035604	1.85504	23.59	0.036247	1.83099	1.83650	1.87432	1.89423	1.91440
<b>N-SF57HTultra</b> 847238.353	1.84666	23.78	0.035604	1.85504	23.59	0.036247	1.83099	1.83650	1.87432	1.89423	1.91440
<b>N-SF66</b> 923209.400	1.92286	20.88	0.044199	1.93322	20.70	0.045076	1.90368	1.91039	1.95739	1.98285	
<b>SF1</b> 717295.446	1.71736	29.51	0.024307	1.72310	29.29	0.024687	1.70647	1.71031	1.73610	1.74916	1.76201
<b>SF2*</b> 648339.386	1.64769	33.85	0.019135	1.65222	33.60	0.019412	1.63902	1.64210	1.66238	1.67249	1.68233
<b>SF3</b> 740282.464	1.74000	28.20	0.026244	1.74620	27.98	0.026667	1.72829	1.73242	1.76027	1.77446	1.78846
<b>SF4</b> 755276.479	1.75520	27.58	0.027383	1.76167	27.37	0.027829	1.74300	1.74730	1.77636	1.79121	1.80589
<b>SF5</b> 673322.407	1.67270	32.21	0.020885	1.67764	31.97	0.021195	1.66327	1.66661	1.68876	1.69986	1.71069
<b>SF6</b> 805254.518	1.80518	25.43	0.031660	1.81265	25.24	0.032201	1.79117	1.79609	1.82970	1.84707	1.86436

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.6038	0.0108	1	0	1	1	1	8.0	580	692	2.92	610	0.857	0.941	42/37
0.6216	0.0178	1	0	1	1	1	8.5	629	716	3.53	520	0.733	0.872	42/37*
0.6216	0.0178	1	0	1	1	1	8.5	629	716	3.53	520	0.793	0.896	41/37*
0.6216	0.0178	1	0	1	1	1	8.5	629	716	3.53	520	0.830	0.917	40/37*
0.6394	0.0307	1	0	1	1	1	5.9	710	806	4.00	440	0.504	0.758	45/39*
0.5983	0.0042	2	1	3.2	2.3	3	8.1	417	566	4.46	390	0.967	0.984	39/34
0.5886	0.0017	1	0	2	2.3	2	8.4	441	600	3.86	410	0.981	0.990	37/33
0.6020	0.0056	1	2	4.3	2.3	2.3	8.4	415	548	4.64	380	0.940	0.971	40/35
0.6036	0.0062	1	2	4.3	2.3	3.3	8.0	420	552	4.79	390	0.954	0.980	40/35
0.5919	0.0023	1	1	2	2.3	3	8.2	425	580	4.07	410	0.980	0.989	37/33
0.6102	0.0092	2	3	51.3	2.3	3.3	8.1	423	538	5.18	370	0.915	0.967	42/36

\* 透過率 0.7 と 0.05 の波長

KZFS

Low  $T_g$ Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$V_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$V_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
SF6HT 805254.518	1.80518	25.43	0.031660	1.81265	25.24	0.032201	1.79117	1.79609	1.82970	1.84707	1.86436
SF10 728284.428	1.72825	28.41	0.025633	1.73430	28.19	0.026051	1.71681	1.72085	1.74805	1.76198	1.77579
SF11 785258.474	1.78472	25.76	0.030467	1.79190	25.55	0.030997	1.77125	1.77599	1.80834	1.82518	1.84208
SF56A 785261.492	1.78470	26.08	0.030092	1.79180	25.87	0.030603	1.77136	1.77605	1.80800	1.82449	1.84092
SF57 847238.551	1.84666	23.83	0.035536	1.85504	23.64	0.036166	1.83102	1.83650	1.87425	1.89393	1.91366
SF57HTultra* 847238.551	1.84666	23.83	0.035536	1.85504	23.64	0.036166	1.83102	1.83650	1.87425	1.89393	1.91366

\* ステップ 0.5 でのご提供が可能です。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.6102	0.0092	2	3	51.3	2.3	3.3	8.1	423	538	5.18	370	0.941	0.977	41/36
0.6046	0.0085	1	0	1	1.2	2	7.5	454	595	4.28	430	0.862	0.967	41/37
0.6147	0.0142	1	0	1	1.2	1	6.1	503	635	4.74	450	0.525	0.867	44/39
0.6098	0.0098	1	1	3.2	2.2	3.2	7.9	429	556	4.92	380	0.857	0.959	42/37
0.6160	0.0123	2	5	52.3	2.3	4.3	8.3	414	507	5.51	350	0.847	0.941	40/37*
0.6160	0.0123	2	5	52.3	2.3	4.3	8.3	414	507	5.51	350	0.924	0.971	39/36*

\* 透過率0.7と0.05の波長

KZFS

Low  $T_g$ Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
N-KZFS2* 558540.255	1.55836	54.01	0.010338	1.56082	53.83	0.010418	1.55337	1.55519	1.56612	1.57114	1.57580
N-KZFS4* 613445.300	1.61336	44.49	0.013785	1.61664	44.27	0.013929	1.60688	1.60922	1.62380	1.63071	1.63723
N-KZFS5* 654397.304	1.65412	39.70	0.016477	1.65803	39.46	0.016675	1.64649	1.64922	1.66667	1.67511	1.68318
N-KZFS8* 720347.320	1.72047	34.70	0.020763	1.72539	34.47	0.021046	1.71099	1.71437	1.73637	1.74724	1.75777
N-KZFS11**/*** 638424.320	1.63775	42.41	0.015038	1.64132	42.20	0.015198	1.63069	1.63324	1.64915	1.65670	1.66385

\* ステップ0.5でのご提供が可能です。

\*\* ステップ0.5はファインアニールガラスに対してのみ適用

\*\*\* ご要望に応じてのみプリズムでのご提供が可能です。

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5419	-0.0111	1	4	52.3	4.3	4.2	4.4	482	600	2.54	490	0.985	0.990	34/30
0.5590	-0.0100	1	1	3.4	1.2	1	7.3	536	664	3.00	520	0.979	0.984	36/32
0.5710	-0.0060	1	0	1	1	1	6.4	584	739	3.04	555	0.976	0.983	37/32
0.5833	-0.0021	1	0	1	1	1	7.8	509	635	3.20	570	0.963	0.976	38/33
0.5605	-0.0120	1	1	3.4	1	1	6.6	551		3.20	530	0.987	0.990	36/30

KZFS

Low  $T_g$ Rad.  
Res.

## 精密モールド用ガラス

硝種	$n_d$	$V_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$V_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>P-SK57</b> 587596.301	1.58700	59.60	0.009849	1.58935	59.36	0.009928	1.58227	1.58399	1.59440	1.59917	1.60359
<b>P-SK60</b> 610579.308	1.61035	57.90	0.010541	1.61286	57.66	0.010628	1.60530	1.60714	1.61828	1.62340	1.62815
<b>P-LAK35</b> 693532.385	1.69350	53.20	0.013036	1.69661	52.95	0.013156	1.68732	1.68955	1.70334	1.70974	1.71569
<b>P-SF69</b> 723292.293	1.72250	29.23	0.024718	1.72883	29.00	0.025116	1.71144	1.71535	1.74158	1.75502	1.76840
<b>P-LAF37</b> 755457.399	1.75550	45.66	0.016546	1.75944	45.42	0.016722	1.74775	1.75054	1.76804	1.77633	1.78414
<b>P-LASF47</b> 806409.454	1.80610	40.90	0.019709	1.81078	40.66	0.019941	1.79696	1.80023	1.82110	1.83112	1.84064
<b>P-SF68</b> 005210.619	2.00520	21.00	0.047867	2.01643	20.82	0.048826	1.98449	1.99171	2.04262	2.07018	
<b>N-FK51A</b> 487845.368	1.48656	84.47	0.005760	1.48794	84.07	0.005804	1.48379	1.48480	1.49088	1.49364	1.49618
<b>N-FK5</b> 487704.245	1.48749	70.41	0.006924	1.48914	70.23	0.006965	1.48410	1.48535	1.49266	1.49593	1.49894
<b>N-PK52A</b> 497816.370	1.49700	81.61	0.006090	1.49845	81.21	0.006138	1.49408	1.49514	1.50157	1.50450	1.50720

P <sub>g,F</sub>	ΔP <sub>g,F</sub>	n <sub>d</sub> ref.*1	After Molding*2		SR-J	WR-J	α (-30/+70)	α (20/300)	T <sub>g</sub>	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	τ <sub>i</sub> (10/400)	CC
			n <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>											
0.5412	-0.0024	1.58596	1.5843	59.4	4	1	7.2	8.9	493	522	3.01	535	124	0.994	34/31
0.5427	-0.0037	1.60918	1.6068	57.7	4	3	7.1	8.9	507	547	3.08	601	86	0.997	33/29
0.5482	-0.0061	1.69234	1.6904	53.0	4	3	8.1	9.7	508	544	3.85	616	119	0.988	36/29
0.6050	0.0104	1.72006	1.7155	29.7	1	1	9.0	11.1	508	547	2.93	612	142	0.915	41/36
0.5590	-0.0080	1.75396	1.7508	45.5	4	1	6.3	7.8	506	546	3.99	697	67	0.980	37/31
0.5671	-0.0079	1.80449	1.8016	40.8	3	1	6.0	7.3	530	580	4.54	620	70	0.967	39/33
0.6392	0.0308	2.00365	1.9958	20.9	4	1	8.4	9.7	428	468	6.19	404	298	0.007	49/41*
0.5359	0.0342	1.48597	1.4847	84.2	3	1	12.7	14.8	464	503	3.68	345	528	0.997	34/28
0.5290	0.0036	1.48666	1.485	70.2	5	4	9.2	10.0	466	557	2.45	520	109	0.998	30/27
0.5377	0.0311	1.49640	1.4952	81.3	4	1	13.0	15.0	467	520	3.70	355	526	0.997	34/28

\*1 n<sub>d</sub>参考値(アニール速度 25 K/h) \*2 ショットにてプレス加工。詳細はお問い合わせください。

\* 透過率0.7と0.05の波長

Low T<sub>g</sub>

Rad.  
Res.

硝種	$n_d$	$V_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$V_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>N-PK51</b> 529770.386	1.52855	76.98	0.006867	1.53019	76.58	0.006923	1.52527	1.52646	1.53372	1.53704	1.54010
<b>N-KZFS2</b> 558540.255	1.55836	54.01	0.010338	1.56082	53.83	0.010418	1.55337	1.55519	1.56612	1.57114	1.57580
<b>N-KZFS4</b> 613445.300	1.61336	44.49	0.013785	1.61664	44.27	0.013929	1.60688	1.60922	1.62380	1.63071	1.63723
<b>N-KZFS11**</b> 638424.320	1.63775	42.41	0.015038	1.64132	42.20	0.015198	1.63069	1.63324	1.64915	1.65670	1.66385
<b>N-KZFS5</b> 654397.304	1.65412	39.70	0.016477	1.65803	39.46	0.016675	1.64649	1.64922	1.66667	1.67511	1.68318
<b>N-KZFS8</b> 720347.320	1.72047	34.70	0.020763	1.72539	34.47	0.021046	1.71099	1.71437	1.73637	1.74724	1.75777
<b>N-LAF33</b> 786441.436	1.78582	44.05	0.017839	1.79007	43.80	0.018038	1.77751	1.78049	1.79937	1.80837	1.81687
<b>N-LASF46B</b> 904313.451	1.90366	31.32	0.028852	1.91048	31.09	0.029289	1.89065	1.89526	1.92586	1.94130	1.95647
<b>SF57</b> 847238.551	1.84666	23.83	0.035536	1.85504	23.64	0.036166	1.83102	1.83650	1.87425	1.89393	1.91366
<b>SF57HTultra</b> 847238.551	1.84666	23.83	0.035536	1.85504	23.64	0.036166	1.83102	1.83650	1.87425	1.89393	1.91366

\*\* ご要望に応じてのみプリズムでのご提供が可能です。

P <sub>g,F</sub>	ΔP <sub>g,F</sub>	n <sub>d</sub> ref.*1	After Molding*2		SR-J	WR-J	α (-30/+70)	α (20/300)	T <sub>g</sub>	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	τ <sub>i</sub> (10/400)	CC
			n <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>											
0.5401	0.0258	1.52784	1.5267	76.7	3	1	12.4	14.1	487	528	3.86	415	592	0.994	34/29
0.5419	-0.0111	1.55666	1.5534	53.7	6	6	4.4	5.4	472	533	2.54	490	70	0.985	34/30
0.5590	-0.0100	1.61227	1.6100	44.5	6	4	7.3	8.2	536	597	3.00	520	130	0.979	36/32
0.5605	-0.0120	1.63658	1.6341	42.3			6.6	7.6	551		3.20	530	74	0.987	36/30
0.5710	-0.0060	1.65272	1.6498	39.8	1	1	6.4	7.4	584	648	3.04	555	122	0.976	37/32
0.5833	-0.0021	1.71896	1.7158	34.8	1	1	7.8	9.4	509	561	3.20	570	152	0.963	38/33
0.5626	-0.0071	1.78425	1.7811	43.9	6	1	5.6	6.7	600	628	4.36	730	67	0.963	39/32
0.5956	0.0045	1.90165	1.8977	31.4	1	2	6.0	7.1	611	649	4.51	712	55	0.847	40/36*
0.6160	0.0123	1.84608	1.8447	23.6	6	1	8.3	9.2	414	449	5.51	350	344	0.847	40/37*
0.6160	0.0123	1.84608	1.8447	23.7	6	1	8.3	9.2	414	449	5.51	350	344	0.924	39/36*

\*1 n<sub>d</sub>参考値 (アニール速度25 K/h) \*2 ショットにてプレス加工。詳細はお問い合わせください。

\* 透過率0.7と0.05の波長

## 耐放射線ガラス

硝種	$n_d$	$V_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$V_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>BK7G18</b> 520636.252	1.51975	63.58	0.008174	1.52170	63.36	0.008233	1.51579	1.51724	1.52587	1.52981	1.53345
<b>K5G20</b> 523568.259	1.52344	56.76	0.009222	1.52564	56.47	0.009308	1.51906	1.52065	1.53040	1.53494	1.53919
<b>LF5G15*</b> 584408.322	1.58397	40.83	0.014301	1.58736	40.55	0.014484	1.57739	1.57974	1.59489	1.60228	
<b>LF5G19</b> 597399.330	1.59655	39.89	0.014954	1.60010	39.60	0.015153	1.58970	1.59214	1.60799	1.61578	1.62330
<b>F2G12</b> 621366.360	1.62072	36.56	0.016979	1.62474	36.30	0.017212	1.61298	1.61573	1.63373	1.64261	1.65121
<b>LAK9G15</b> 691548.353	1.69064	54.76	0.012612	1.69364	54.53	0.012721	1.68462	1.68680	1.70013	1.70630	1.71205
<b>SF6G05</b> 809253.520	1.80906	25.27	0.032015	1.81661	25.08	0.03257	1.79491	1.79988	1.83387		

\* 受注生産ガラス

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5376	0.0007		0	1	2		7.0	585	722	2.52	580	0.764	0.905	41/37
0.5500	0.0017		0	1	1		9.0	483	679	2.59	510	0.821	0.924	41/37
0.5759	0.0008	2	0	1	1.3	2.3	9.3	407	578	3.22	446	0.569	0.833	43/37
0.5803	0.0036	2-3	2	3.4	2.2	3	10.7	474	606	3.30	410	0.276	0.657	45/39
0.5831	0.0008	1	0	1	1.3	2.3	8.1	435	604	3.60	428	0.325	0.693	45/39
0.5462	-0.0055	1-2	2	53.0	1.3	4.3	6.3	634	710	3.53	721	0.292	0.634	46/38
0.6121	0.0108	4	3	51.3	2.3	3.3	7.8	427	529	5.20	360		-	52/46*

\* 透過率0.7と0.05の波長

受注生産ガラス  
従来品

硝種	$n_d$	$v_d$	$n_F - n_C$	$n_e$	$v_e$	$n_{F'} - n_{C'}$	$n_r$	$n_C$	$n_{F'}$	$n_g$	$n_h$
<b>FK3</b> 464658.227	1.46450	65.77	0.007063	1.46619	65.57	0.007110	1.46106	1.46232	1.46978	1.47315	1.47625
<b>N-BAF3</b> 583466.279	1.58272	46.64	0.012495	1.58569	46.35	0.012637	1.57689	1.57899	1.59222	1.59857	1.60463
<b>BAFN6</b> 589485.317	1.58900	48.45	0.012158	1.59189	48.16	0.012291	1.58332	1.58536	1.59823	1.60436	1.61017
<b>N-KZFS4HT</b> 613445.300	1.61336	44.49	0.013785	1.61664	44.27	0.013929	1.60688	1.60922	1.62380	1.63071	1.63723
<b>N-PSK53</b> 620635.360	1.62014	63.48	0.009769	1.62247	63.19	0.009851	1.61547	1.61717	1.62749	1.63223	1.63662
<b>N-SK10</b> 623570.364	1.62278	56.98	0.010929	1.62539	56.70	0.011029	1.61759	1.61947	1.63102	1.63638	1.64137
<b>N-SK15</b> 623580.362	1.62296	58.02	0.010737	1.62552	57.75	0.010832	1.61785	1.61970	1.63105	1.63629	1.64116
<b>KZFSN5</b> 654396.346	1.65412	39.63	0.016507	1.65803	39.40	0.016701	1.64644	1.64920	1.66668	1.67512	1.68319
<b>N-SF19</b> 667331.290	1.66679	33.12	0.020131	1.67154	32.86	0.020435	1.65769	1.66092	1.68228	1.69309	1.70377
<b>KZFS12</b> 696363.384	1.69600	36.29	0.019179	1.70055	36.06	0.019425	1.68717	1.69033	1.71065	1.72059	1.73017
<b>N-SF64</b> 706302.299	1.70591	30.23	0.023350	1.71142	29.99	0.023720	1.69544	1.69914	1.72392	1.73657	1.74912

$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5329	-0.0003	2	3	52.4	2	1	8.2	362	622	2.27	380	0.994	0.995	33/30
0.5669	0.0015	1	0	1	1	1	7.2	583	714	2.79	560	0.959	0.981	39/35
0.5625	0.0002	2	0	2	2	1	7.8	549		3.17	540	0.971	0.981	38/33
0.5590	-0.0100	1	1	3.4	1.2	1	7.3	536	664	3.00	520	0.985	0.988	36/32
0.5423	0.0053	2	1	52.3	1.2	4.3	9.4	618	709	3.60	440	0.985	0.992	36/31
0.5474	-0.0005	3	3	52.2	2	2.2	6.8	633	758	3.64	550	0.988	0.994	36/32
0.5453	-0.0009	3	3	52.2	2	3.2	6.7	641	752	3.62	620	0.984	0.990	36/31
0.5700	-0.0071	3	2	52.3	4.3	4.3	4.5	501		3.46	460	0.976	0.987	37/34
0.5976	0.0095	1	0	1	1.2	1	7.2	598	707	2.90	630	0.901	0.950	40/36
0.5778	-0.0050	4	1	53.3	4.3	4.3	5.2	492	549	3.84	440	0.919	0.963	40/35
0.6028	0.0099	1	0	1	1.2	1	8.5	572	685	2.99	620	0.850	0.934	42/37



$P_{g,F}$	$\Delta P_{g,F}$	CR	FR	SR	AR	PR	$\alpha$ (-30/+70)	$T_g$	$T_{10}^{7.6}$	$\rho$	HK	$\tau_i$ (10/400)	$\tau_i$ (10/420)	CC
0.5603	-0.0028	2	3	52.3	1.2	3.3	7.6	646	740	4.14	580	0.954	0.976	39/34
0.5473	-0.0086	1	1	51	1	2	5.8	669	744	4.22	740	0.976	0.988	38/30
0.6139	0.0140	1	0	1	1.3	1	8.7	592	691	3.28	560	0.799	0.905	44/37
0.5659	-0.0067	1	2	52.3	1	3.3	5.7	579	670	4.43	680	0.946	0.967	40/33
0.5859	0.0009	1	0	3.2	1	1	7.4	647	773	3.63	630	0.886	0.941	43/35
0.6159	0.0148	1	0	2	1	1	9.0	585		3.37	570	0.850	0.920	45/37
0.6218	0.0177	1	0	1.3	1	1.3	8.7	598	700	3.55	580	0.525	0.770	44/38*
0.6160	0.0123	2	5	52.3	2.3	4.3	8.3	414	519	5.51	350	0.847	0.964	40/37*
0.5934	0.0037	1	0	2	1	1	7.4	683	817	4.41	515	0.843	0.915	40/36*
0.5953	0.0042	1	0	3	1	1	6.0	638	733	4.45	666	0.815	0.905	41/37*

\* 透過率0.7と0.05の波長



P <sub>g,F</sub>	ΔP <sub>g,F</sub>	n <sub>d</sub> ref.*1	After Molding*2		SR-J	WR-J	α (-30/+70)	α (20/300)	T <sub>g</sub>	AT	ρ	HK	Abrasion Aa	τ <sub>i</sub> (10/400)	CC
			n <sub>d</sub>	V <sub>d</sub>											
0.5335	-0.0025	1.51576	1.5144	63.9	1	4	6.0	7.3	498	546	2.43	627	66	0.997	33/30
0.5408	0.0084	1.52567	1.5232	66	3	1	13.3	16.0	383	418	2.83	335	977	0.994	36/31
0.5414	-0.0024	1.58496	1.5833	59.4	4	1	7.2	8.9	493	522	3.01	535	124	0.994	34/31
0.5386	-0.0023	1.58795	1.5860	60.8	4	2	6.8	8.4	510	551	2.97	662	102	0.994	35/31
0.5590	-0.0100	1.61227	1.6100	44.5	6	4	7.3	8.2	536	597	3.00	520	130	0.985	36/32
0.5991	0.0079	1.68623	1.6814	31.7	1	1	9.4	11.1	524	580	2.90	533	200	0.924	40/36
0.5680	-0.0078	1.80699	1.8036	40.3			5.9	7.3	527	571	4.54	655	62	0.967	39/32
0.5670	-0.0080	1.80842	1.8055	40.8	3	1	6.0	7.4	526	570	4.58	722	66	0.967	39/33
0.6334	0.0256	1.90439	1.8998	21.6	1	1	6.2	7.4	539	601	4.24	440	309	0.276	48/39*

\*1 n<sub>d</sub> 参考値 (アニール速度 25 K/h) \*2 ショットにてプレス加工。詳細はお問い合わせください。

\* 透過率 0.7 と 0.05 の波長

## 用語集

ガラスコード	- 国際ガラスコードで、屈折率 $n_d$ アッペ数、 $v_d$ および比重で構成される	$\tau_i(10/400)$	- 波長 400 nm、ガラス厚さ 10 mm での内部透過率
$n_x, v_x, n_x-n_y$	- 様々な波長の屈折率、アッペ数、および分散	$\tau_i(10/420)$	- 波長 420 nm、ガラス厚さ 10 mm での内部透過率
$P_{g,F}, \Delta P_{g,F}$	- g 線と F 線の間にある標準線での部分分散比、およびその偏差	CC	- カラーコード：透過率 0.80 (*: 0.70) と 0.05、ガラス厚さ 10 mm (ISO 12123:2018)
CR	- 耐候性クラス	精密モールド用ガラスのみ：	
FR	- 耐ステイン性クラス	摩耗 Aa	- JOGIS による研削性
SR	- 耐酸性クラス (ISO 8424)	$n_d$ 参照値	- $n_d$ の参照値 (アニール速度 25 K/h)
AR	- 耐アルカリ性クラス (ISO 10629)	モールド後の	- ショットにてプレス加工
PR	- 耐リン酸塩性クラス (ISO 9689)	$n_d, v_d$	- (アニール速度 5000 K/h による暫定データ)
$\alpha(-30/+70)$	- $-30^\circ\text{C}$ と $+70^\circ\text{C}$ との間の線膨張係数、単位は $10^{-6}/\text{K}$	SR-J	- JOGIS による耐酸性クラス
$T_g$	- 転移点、単位 $^\circ\text{C}$ (ISO 7884-8)	WR-J	- JOGIS による耐水性クラス
$T_{10}^{7.6}$	- 粘度が $10^{7.6}$ dPa $\cdot$ s のときのガラスの温度	AT	- 屈服点、単位 $^\circ\text{C}$
$\rho$	- 比重、単位 $\text{g}/\text{cm}^3$	$\alpha(20/300)$	- $+20^\circ\text{C}$ と $+300^\circ\text{C}$ との間の線膨張係数、単位は $10^{-6}/\text{K}$
HK	- ヌーブ硬度 (ISO 9385)	JOGIS	- 日本光学硝子工業会規格

記載データは、現時点で最も正確なデータです。  
ショットは、技術進歩によりこのデータを変更する権利を有します。



## 刊記

発行者  
SCHOTT AG  
Hattenbergstrasse 10  
55122 Mainz  
Germany  
Phone +49 (0)6131/66-1812  
Fax +49 (0)3641/2888-9047  
info.optics@schott.com  
schott.com

意匠、組版、平板印刷  
Knecht GmbH, Ockenheim

印刷所  
Schmidt printmedien GmbH  
Ginsheim-Gustavsburg  
Paper: 135 g MaxiSilk FSC of Igepa  
(laminated)  
115 g MaxiSilk FSC of Igepa

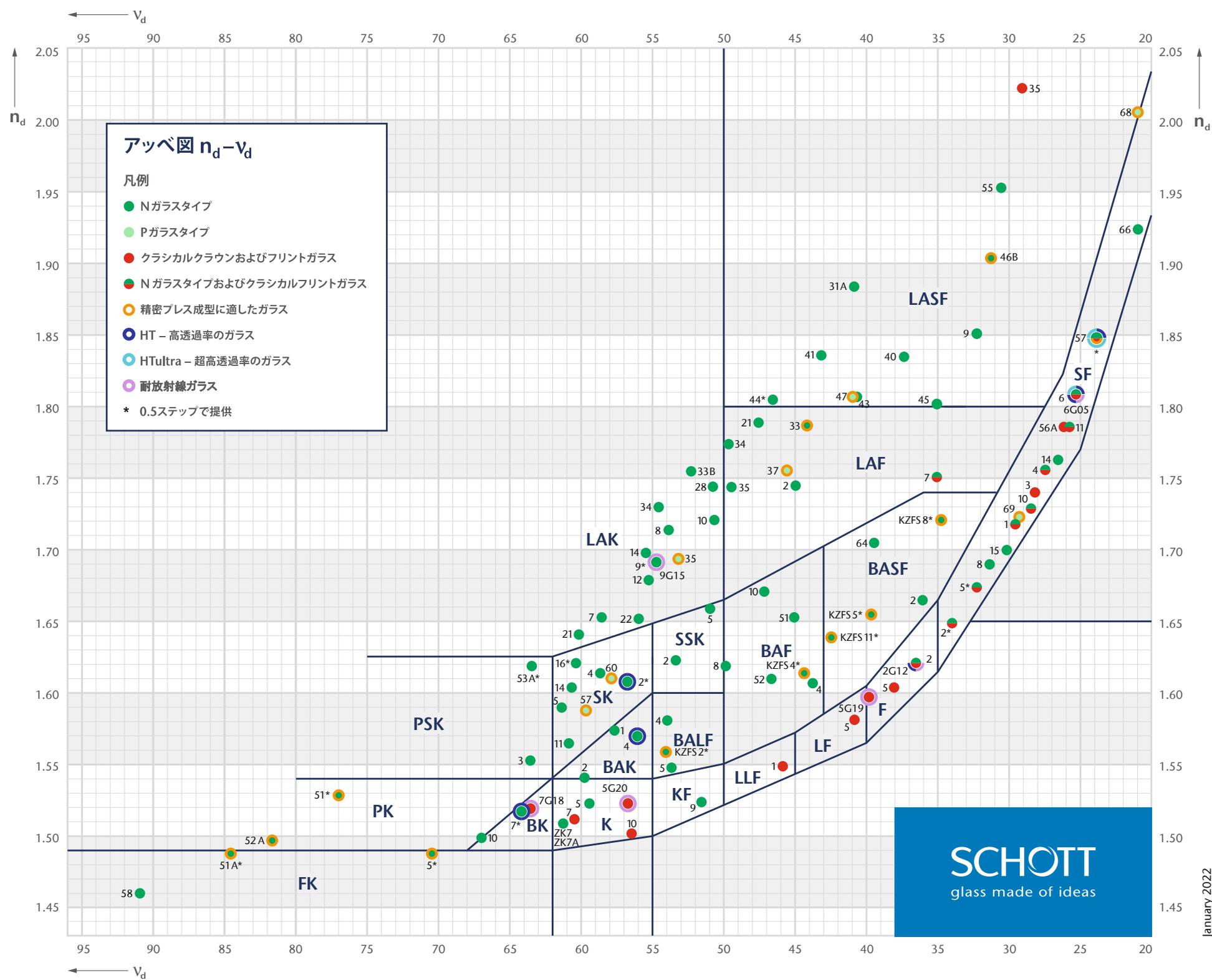




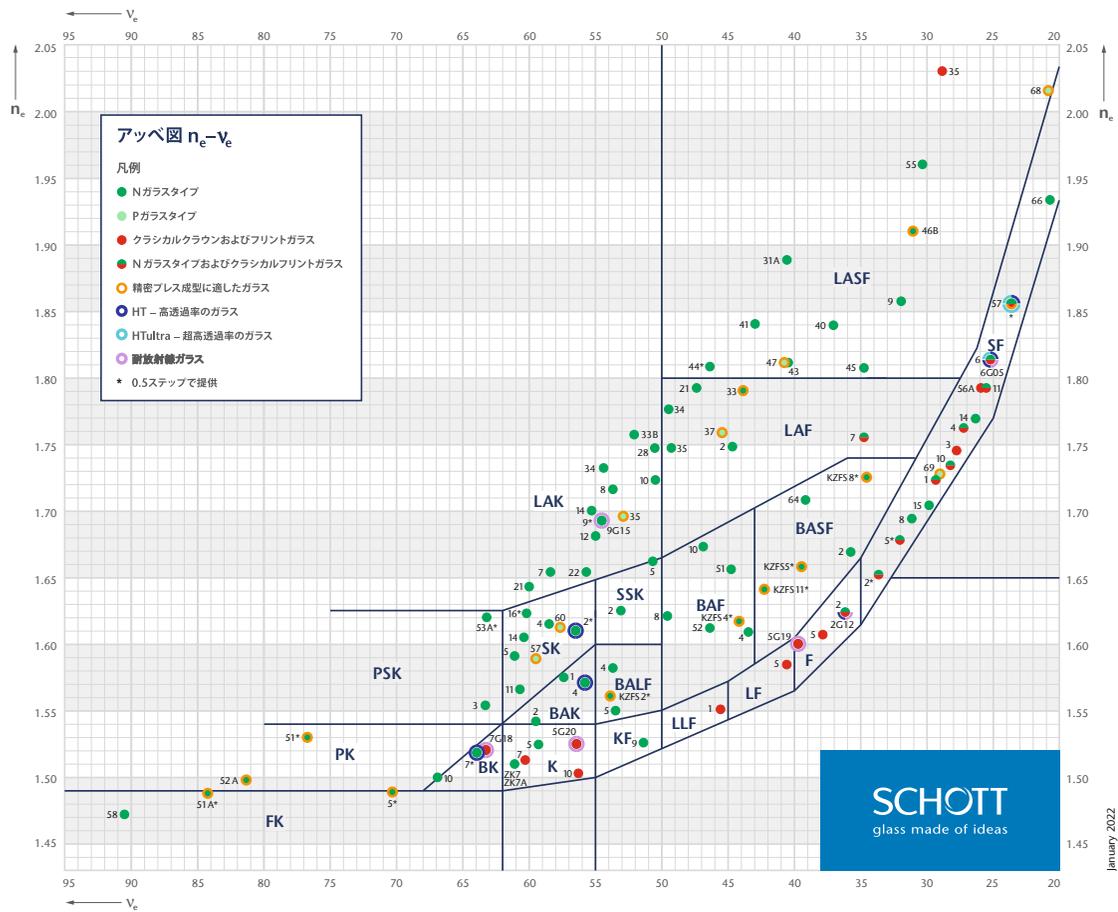
**schott.com**

ショット日本株式会社, アドバンスド オプティクス事業部, 〒 162-0067 東京都新宿区富久町8-21 T&Tビル7階,  
Phone 03-5366-2491, Fax 03-5366-2481, sn.info@schott.com

# アッベ図 $n_d - v_d$



# アッベ図 $n_e - v_e$



# $P_{g,F}$ 図

