

極低膨張ガラスセラミックス  
ULTRA-LOW EXPANSION GLASS-CERAMICS

CLEARCERAM<sup>TM</sup>-Z

クリアセラム<sup>TM</sup>-Z

OHARA



極低膨張ガラスセラミックス  
ULTRA-LOW EXPANSION GLASS-CERAMICS

**CLEARCERAM™-Z**



## 目 次

CLEARCERAM™-Z	2
CLEARCERAM™-Zの特長	3
①熱的特性	4
②機械的特性	8
③光学的特性	10
④化学的特性	12
⑤電気的特性	13
⑥ガス特性	14
⑦内部品質	15
⑧経年寸法変化	16
材料諸物性一覧	17

## I N D E X

CLEARCERAM™-Z	2
Key Properties of CLEARCERAM™-Z	3
① Thermal Properties	4
② Mechanical Properties	8
③ Optical Properties	10
④ Chemical Properties	12
⑤ Electrical Properties	13
⑥ Helium Permeability	14
⑦ Internal Quality	15
⑧ Length Stability Over Time	16
Chart of Properties	17

# CLEARCERAM™-Z

## (クリアセラム™-Z)



CLEARCERAM™-Zとは、オハラが長年培った、高均質熔解技術と結晶制御技術を応用し実現した、極低膨張ガラスセラミックスです。

ガラス組成、析出する結晶の大きさ、及び析出量を厳密に調整することで、熱的性質、機械的性質、化学的性質を著しく向上させた、優れた特性を有する材料です。CLEARCERAM™-Z 標準品（以下Regular）と、CLEARCERAM™-Z HS（以下HS）の、二つのバリエーションがあります。

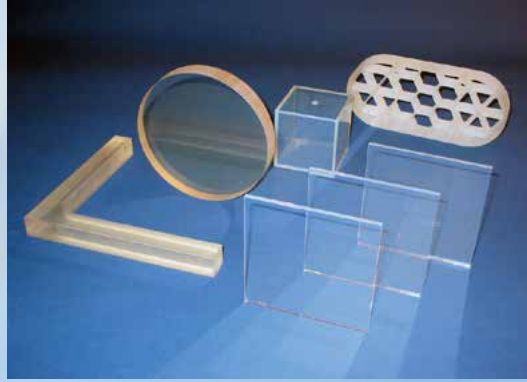
CLEARCERAM™-Z is a Glass-Ceramic with an Ultra-Low Thermal Expansion Coefficient which was developed by Ohara based on our knowledge of High Homogeneity Melting and Precise Crystallization.

This material is produced under tightly controlled conditions and offers outstanding thermal, mechanical and chemical properties.

There are 2 versions of CLEARCERAM™-Z; CCZ Regular and CCZ HS.



φ1.5m超 CLEARCERAM™-Z ガラスブランク成形品  
CLEARCERAM™-Z Glass Blank (Diameter: Over 1.5m)



## CLEARCERAM™-Zの特長

### Key Properties of CLEARCERAM™-Z

#### 1 極低膨張特性 Ultra-Low Expansion

広い温度範囲でゼロ膨張特性を有し、耐熱衝撃性においても優れた材料です。また、HSでは室温付近でのゼロ膨張特性を標準品に比較し高めています。

The material shows almost Zero Thermal Expansion over a wide temperature range and offers superior thermal shock resistance. CCZ Regular offers lower thermal expansion across a wide temperature range, while the CCZ HS offers lower thermal expansion near room temperature.

#### 2 優れた機械的性質 Superior Mechanical Properties

ガラス中に約70%の結晶を析出させているため、その機械的性質は通常のガラスに比較して、高ヤング率・高剛性率・高強度・高硬度と、優れた特性を有しています。

The material is comprised of approximately 70% ceramic, which makes the mechanical characteristics superior to regular amorphous glass when comparing properties such as Young's Modulus, Rigidity, Bending Strength, and Hardness.

#### 3 優れた加工特性 Superior Machinability

機械加工で生じるマイクロクラック等の欠陥進行を防止し、加工性に優れ、あらゆる形状を高い精度で加工することが可能です。

The crystal grain structure of the material prevents the propagation of micro cracks caused in machining processes. This property allows the material to be processed into various shapes with high accuracy, with ease of machinability and elevated yield rates.

#### 4 優れた化学的特性 Excellent Chemical Properties

ガラス構成成分中に、Na・K・B・F・Pb成分を含有せず化学的耐久性に優れ、種々の洗浄や成膜に対して非常に安定です。

The material has very high chemical durability and is very stable in various cleaning and thin-film coating processes. CLEARCERAM™-Z does not contain Na, K, B, F, and Pb in its composition which is a main reason for the excellent chemical resistance the material displays.

# 1 熱的特性 Thermal Properties

## 1-1 熱膨張特性 Thermal Expansion Properties

CLEARCERAM™-Zの最大の特徴は、その熱膨張特性であり、広い温度範囲で極めて低い膨張特性を有しております。またHSについては特に室温付近においてほとんどゼロ膨張を示します。

CLEARCERAM™-Zの熱膨張特性は、温度範囲0~50℃で保証しています。

The most outstanding characteristic of CLEARCERAM™-Z is its thermal expansion property. The CCZ Regular maintains an extremely low thermal expansion over a wide temperature range. The HS Grade shows almost zero expansion near room temperature.

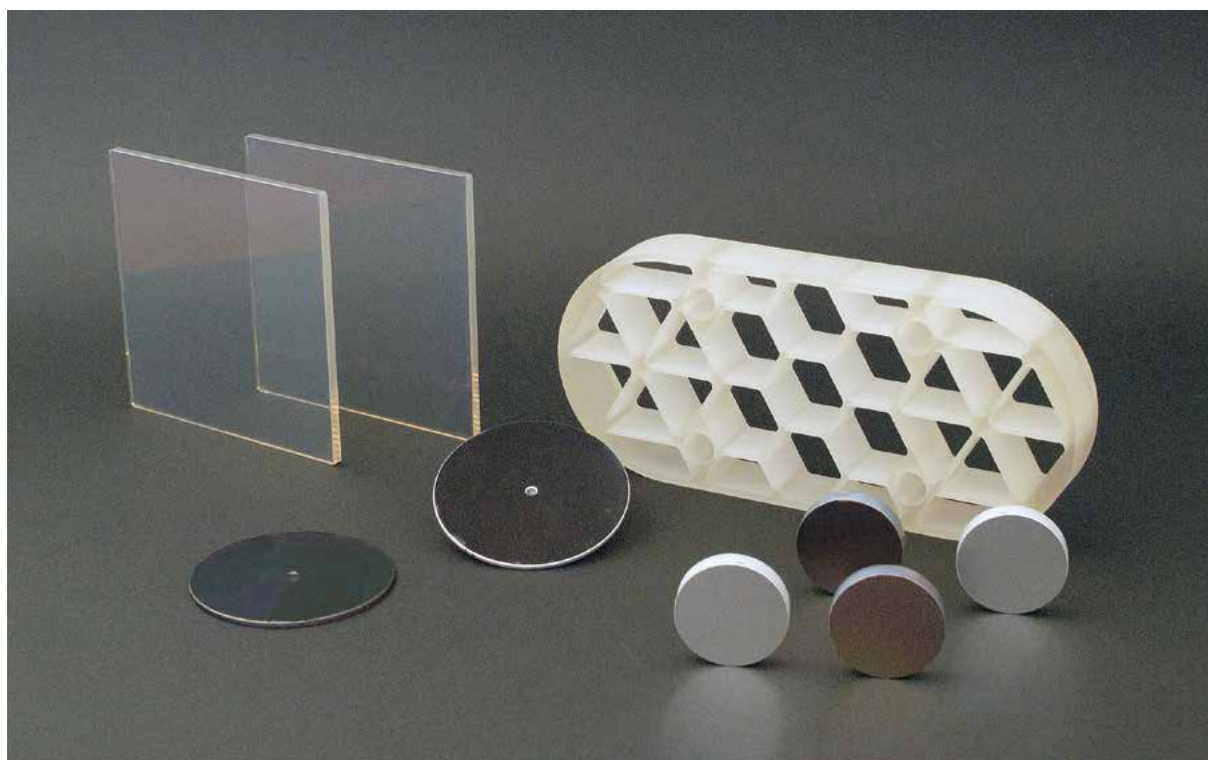
The Coefficient of Thermal Expansion of CLEARCERAM™-Z is guaranteed for the temperature range of 0-50°C.

**CCZ Regular**     $0.0 \pm 1.0 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$

**CCZ HS**         $0.0 \pm 0.2 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}$

熱膨張曲線の特徴を図1、2に示します。CLEARCERAM™-Z Regularは広い温度範囲で低膨張を示し、HSは室温でより低膨張を示します。

Chart No.1 & 2 show the curves of the thermal expansion. CCZ Regular offers lower thermal expansion across a wide temperature range, while the CCZ HS offers lower thermal expansion near room temperature.



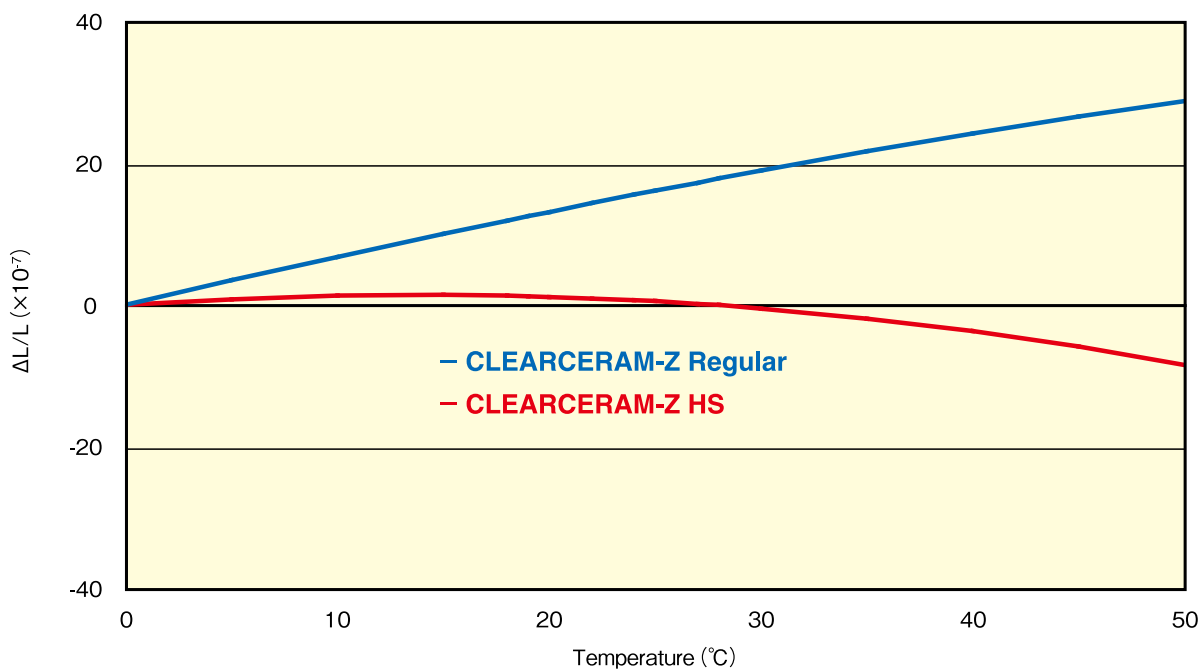


図1 CLEARCERAM™-Zの熱膨張曲線 (温度範囲：0~+50°C)  
 Chart No.1 Thermal expansion curves for CLEARCERAM™-Z (Temp. Range: 0~+50°C)

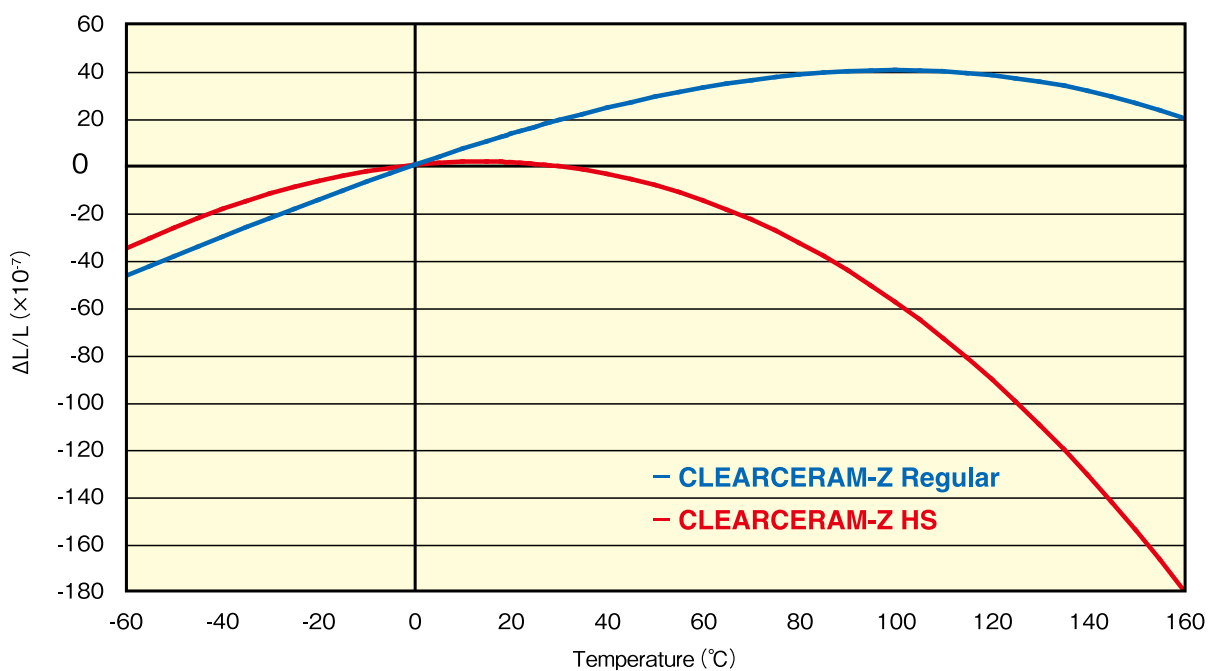


図2 CLEARCERAM™-Zの熱膨張曲線 (温度範囲：-60~+160°C)  
 Chart No.2 Thermal expansion curves for CLEARCERAM™-Z (Temp. Range: -60~+160°C)

<p><b>オハラ精密膨張測定器能力</b>                  Ohara's ability to measure Precision Expansion Coefficient:</p>	<p>温度範囲 (0~50°C) 繰り返し誤差 <math>\sigma = 0.05 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}</math>                  Temp. Range = 0-50°C, Repeatability <math>\sigma = 0.05 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}</math></p>
---	--

## 1-2 極低温における膨張特性 Thermal Expansion Properties at Extremely Low Temperatures

CLEARCERAM™-Zの極低温温度での熱膨張曲線について図3に示します。  
これは独立行政法人産業技術総合研究所において測定されたものです。

Chart No.3 shows the curves of thermal expansion for CCZ Regular and CCZ HS at extremely low temperatures.  
This data was obtained by the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

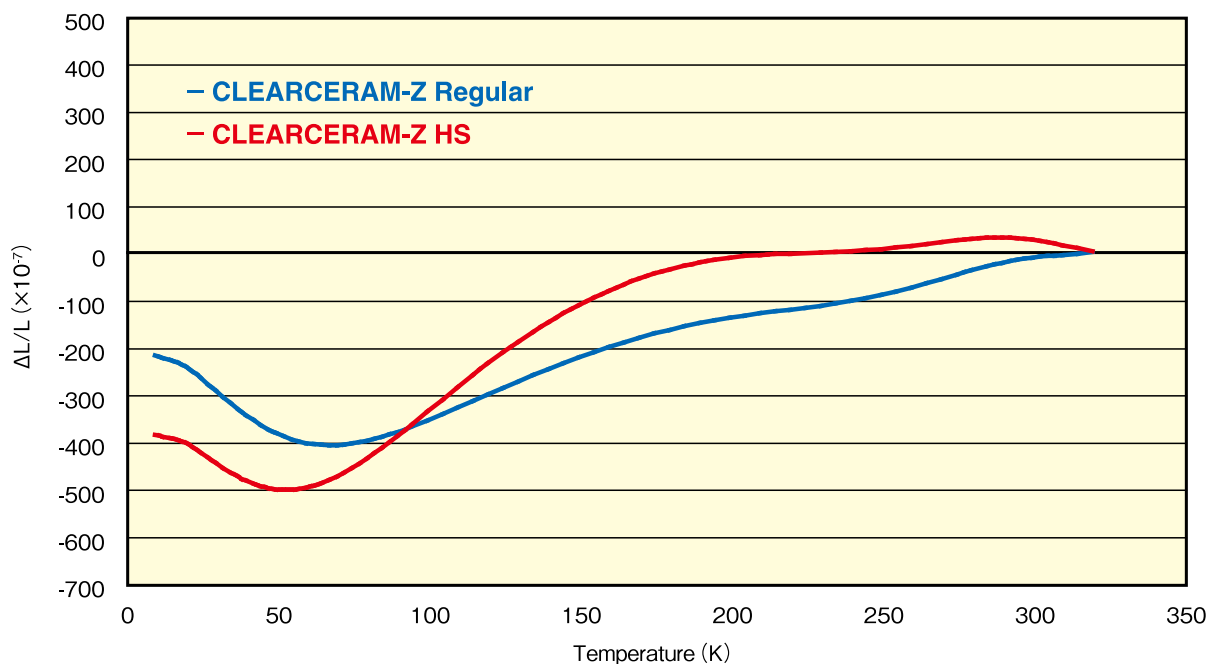


図3 CLEARCERAM™-Zの熱膨張曲線 (温度範囲：10～320K)

Chart No.3 Thermal expansion curves for CLEARCERAM™-Z (Temp. Range: 10~320K)



軽量化加工、オプティカルコンタクト製品

Light Weight Processing Product (Water Jet / Diffusion Bonding Method)



## 1-3 熱伝導率 Thermal Conductivity

	CCZ Regular	CCZ HS
熱伝導率 Thermal Conductivity (W/(m·K))	1.51	1.54
熱拡散率 Thermal Diffusion ( $\times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ )	0.00762	0.00760
比熱 Specific Heat (kJ/(kg·K))	0.777	0.796

## 1-4 耐熱特性 Thermal Resistance

CLEARCERAM™-Zの耐熱温度は650℃です。650℃、100時間で熱処理しても平均熱膨張係数・屈折率の変化はほとんど見られません。

The operational temperature of CLEARCERAM™-Z is 650°C. Even after storing in an environment of 650°C × 100 hours, there is little variation in the thermal expansion coefficient and the refractive indices.



ウォータージェット法で軽量化加工したCLEARCERAM™-Z  
CLEARCERAM™-Z Processed by Water-Jet

## 2-1 ヤング率・剛性率 Young's Modulus and Rigidity

CLEARCERAM™-Zのヤング率と温度の関係を図4に示します。

CLEARCERAM™-Zは300℃まで温度を上げても、ほとんどヤング率の変化を起こすことのない、優れた機械的特性を持っています。

Chart No.4 shows the relationship between Young's Modulus and Rigidity Modulus verse Temperature for CLEARCERAM™-Z. The Young's Modulus and Rigidity Modulus remain very stable, even when the material is heated up to 300°C.

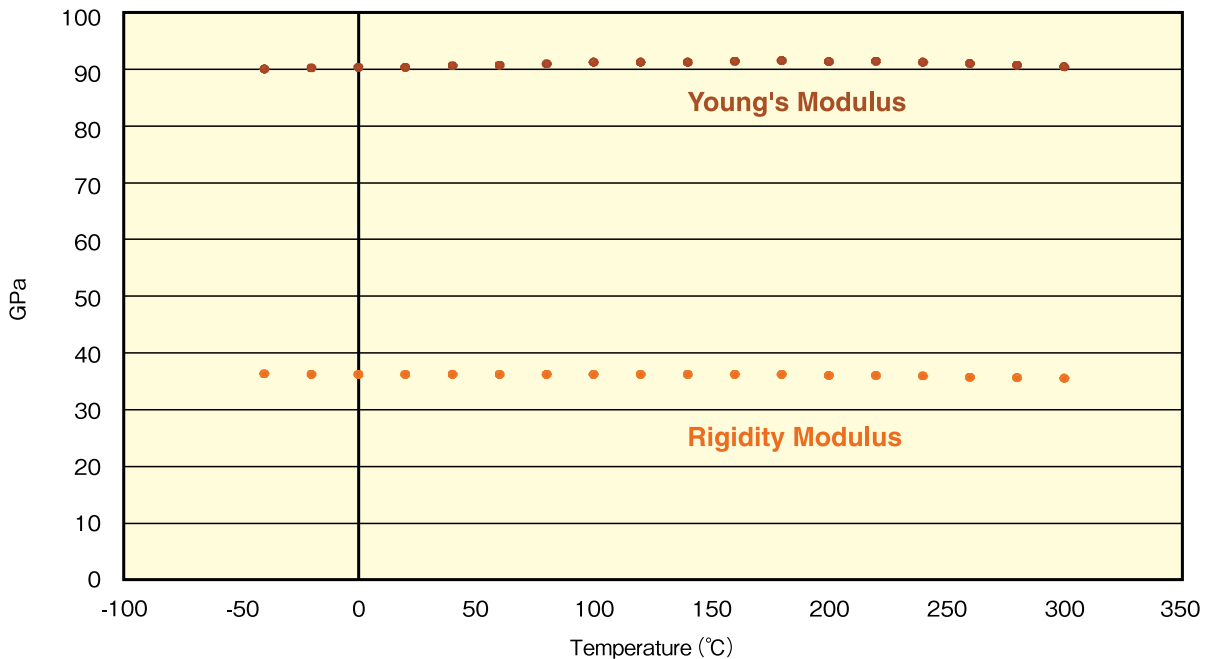


図4 CLEARCERAM™-Zの各温度に対するヤング率と剛性率  
Chart No.4 Young's Modulus & Rigidity of CLEARCERAM™-Z

	CCZ Regular	CCZ HS
ヤング率 Young's Modulus GPa	90	92
剛性率 Rigidity GPa	36	37
ポアソン比 Poisson's Ratio	0.25	0.25

## 2-2 曲げ強度 Bending Strength

JIS R1601において測定された4点曲げ強度を以下に示します。

Values by Four-Point Measuring Method per JIS R1601 procedure.

**CCZ Regular 116 MPa**

**CCZ HS 122 MPa**

## 2-3 硬度 Hardness

	CCZ Regular	CCZ HS
ヌーブ硬度 Knoop Hardness Hk	600	590
ビッカース硬度 Vickers Hardness Hv	680	730

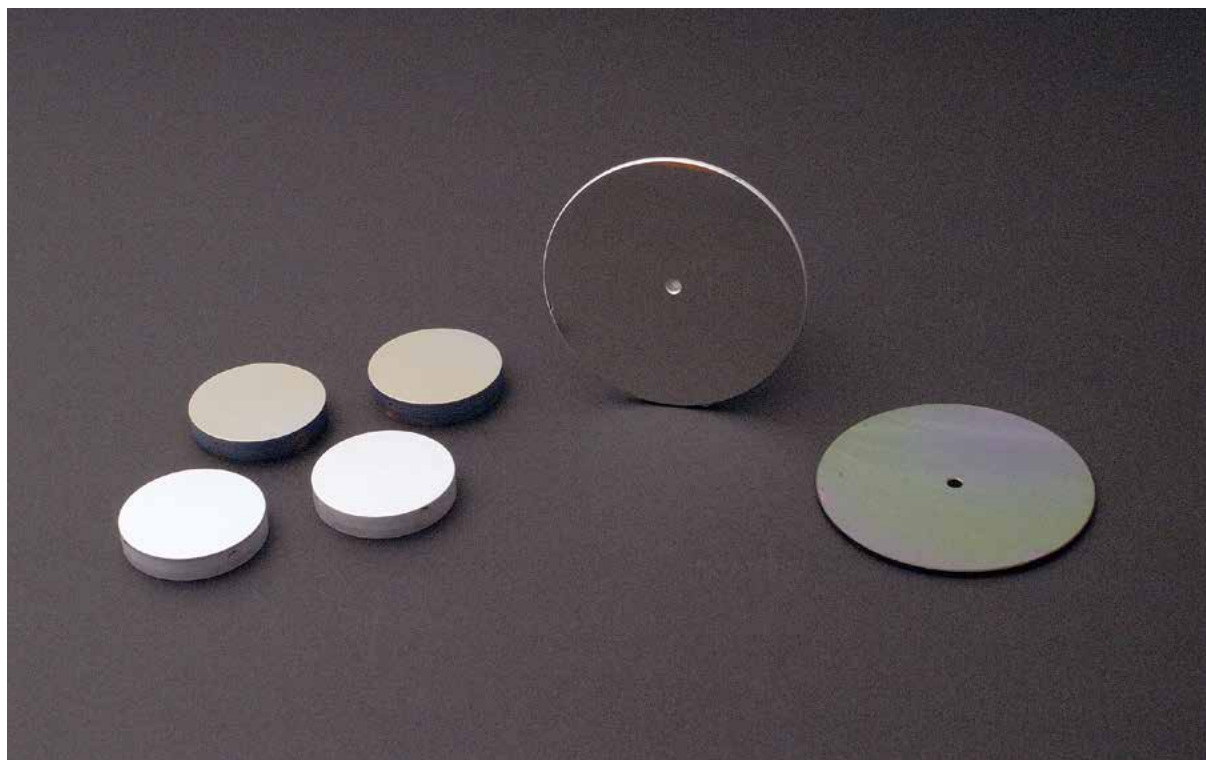
## 2-4 比重・摩耗度 Specific Gravity and Abrasion

	CCZ Regular	CCZ HS
比重 Specific Gravity	2.55	2.55
摩耗度 Abrasion Aa	62	62

## 2-5 コーティングによる表面変化 Change in Surface by Coating

CLEARCERAM™-Zは高精度で、研磨した面に金属膜（Crなど）をコーティングしても面の変化はありません。また、コーティング後の面の経時変化についても、ほとんどないことがわかっています（継続測定中です）。

Precisely polished surfaces of CLEARCERAM™-Z do not change after coating with metals (such as Cr), and the coatings remain stable over time (no aging).



各種金属膜をコートしたCLEARCERAM™-Z  
CLEARCERAM™-Z disks with various coatings

## 3-1 各波長における屈折率 Refractive Indices at Various Wavelengths

スペクトル線 Spectral Lines	$n_{1813}$	$n_{1529}$	$n_{1129}$	$n_t$	$n_c$
波長 Wave length (nm)	1813.07	1529.58	1128.64	1013.98	643.85
標準品 Regular Grade	1.52441	1.52819	1.53334	1.53499	1.54357
HS品 HS Grade	1.52484	1.52863	1.53379	1.53545	1.54409

スペクトル線 Spectral Lines	$n_d$	$n_e$	$n_F$	$n_g$	$n_h$
波長 Wave length (nm)	587.56	546.07	479.99	435.83	404.65
標準品 Regular Grade	1.54607	1.54841	1.55350	1.55838	1.56300
HS品 HS Grade	1.54662	1.54899	1.55415	1.55913	1.56387

## 3-2 光線透過率 Optical Transmission

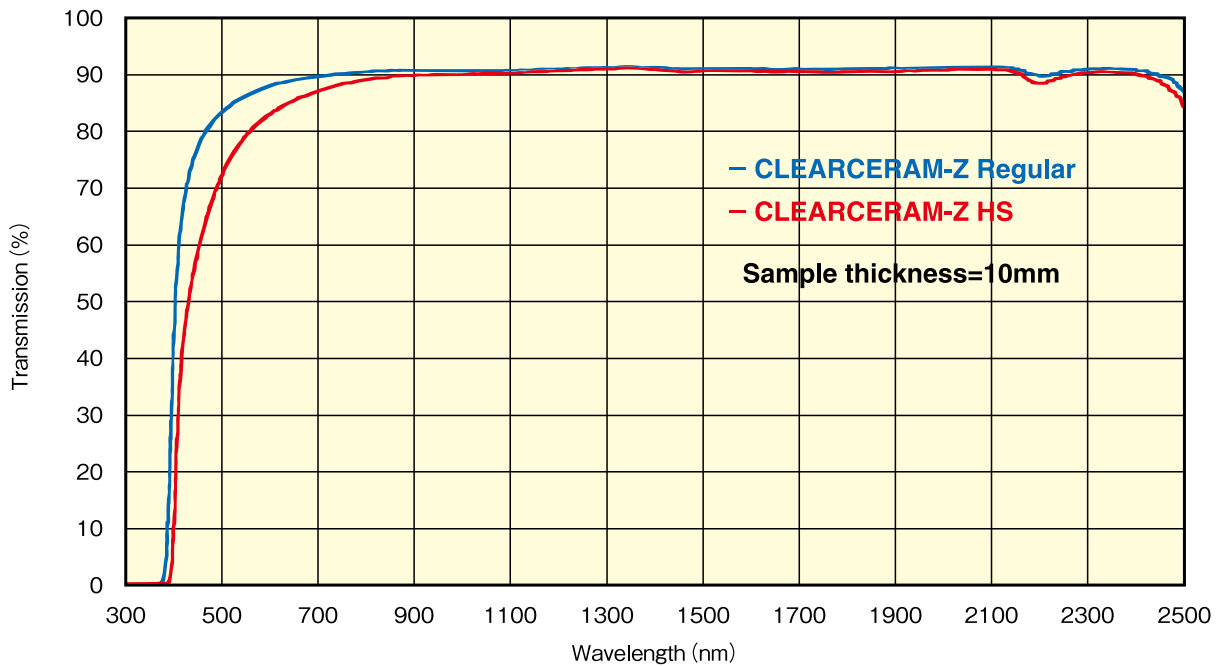


図5 CLEARCERAM™-Zの透過率曲線  
Chart No.5 Transmission Curves for CLEARCERAM™-Z

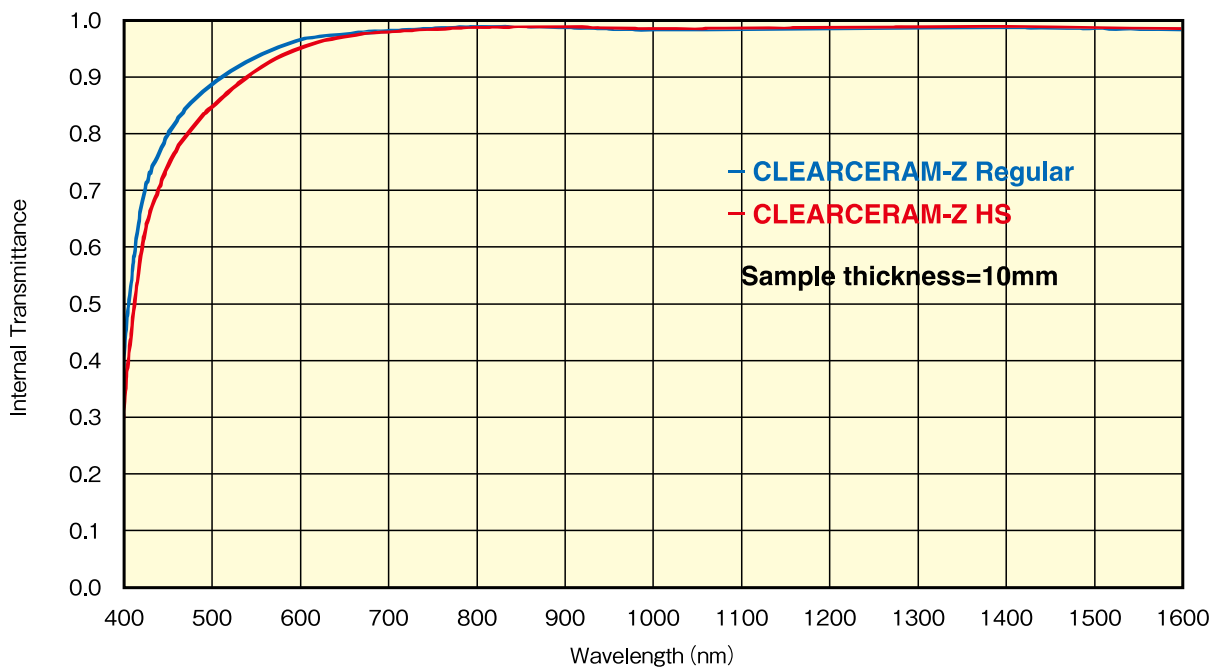


図6 CLEARCERAM™-Zの内部透過率曲線  
Chart No.6 Internal Transmittance Curves for CLEARCERAM™-Z

3-3 屈折率の温度係数 Effect of Temperature on Refractive Indices

CLEARCERAM™-Z Regular

温度範囲 Temp. Range (°C)	dn/dt relative (10 <sup>-6</sup> /°C)							
	1523	t <sub>(1013.98)</sub>	C' (643.85)	He-Ne	D (589.29)	e (546.07)	F (479.99)	g (435.84)
-40~-20	12.6	12.7	13.2	13.2	13.4	13.6	14.0	14.4
-20~0	13.0	13.1	13.6	13.6	13.8	14.0	14.4	14.8
0~20	13.3	13.5	14.0	14.0	14.2	14.4	14.8	15.2
20~40	13.7	13.8	14.4	14.4	14.6	14.8	15.2	15.7
40~60	14.0	14.2	14.8	14.8	15.0	15.2	15.7	16.2
60~80	14.4	14.6	15.2	15.2	15.4	15.6	16.1	16.6

CLEARCERAM™-Z HS

温度範囲 Temp. Range (°C)	dn/dt relative (10 <sup>-6</sup> /°C)							
	1523	t <sub>(1013.98)</sub>	C' (643.85)	He-Ne	D (589.29)	e (546.07)	F (479.99)	g (435.84)
-40~-20	12.3	12.7	12.8	12.9	13.0	13.2	13.5	13.9
-20~0	12.7	13.1	13.3	13.4	13.5	13.7	14.1	14.5
0~20	13.2	13.5	13.8	13.9	14.0	14.2	14.6	15.0
20~40	13.7	13.8	14.3	14.4	14.5	14.7	15.1	15.6
40~60	14.1	14.2	14.8	14.9	15.0	15.2	15.7	16.2
60~80	14.6	14.6	15.3	15.4	15.5	15.7	16.2	16.7

## 4-1 粉末法 Powder Method

CLEARCERAM™-Zの化学的耐久性は、日本光学硝子工業会（JOGIS）規格の試験方法によって評価しています。また、耐アルカリ性については、オハラ独自の規格で評価しています。

粒度425~600 $\mu$ mに破碎されたCLEARCERAM™-Zを比重グラム取り、白金籠の中に入れ、それを試薬の入った石英ガラス製丸底フラスコに入れて、沸騰水浴中で60分間処理し、処理後粉末ガラスの質量減（wt%）を算出します。

なお、試薬は耐水性のときは純水（pH6.5~7.5）、耐酸性のときは0.01N硝酸水溶液、耐アルカリ性のときは0.1N苛性ソーダ水溶液を使用しています。

The Chemical Resistance of CLEARCERAM™-Z is determined using a testing method written in Japan Optical Glass Industrial Standards (JOGIS). The alkali resistance is determined by Ohara's own method.

For testing, CLEARCERAM™-Z is milled to a grain size of 425-600 $\mu$ m. Then it is kept in boiling water for 60 minutes in a quartz flask which is situated in a platinum basket. The reduction in weight (wt%) is determined after this process is complete and the material is allowed to dry. We use Pure Water(pH6.5-7.5), for the Water Resistance Test, 0.01N Nitric Acid solution for the Acid Resistance Test, and 0.1N NaOH solution for the Alkali Resistance Test.

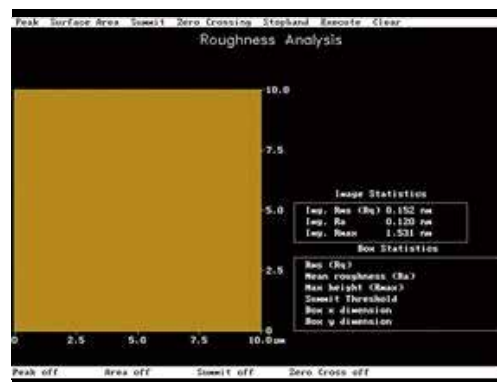
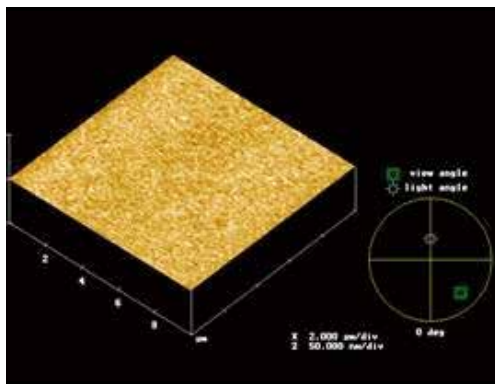
	CCZ Regular	CCZ HS	規格 Std.
耐水性 Water Resist. Rw	2級 Class 2	1級 Class 1	JOGIS
耐酸性 Acid Resist. RA	1級 Class 1	1級 Class 1	JOGIS
耐アルカリ性 Alkali Resist. Ralk	0.25%	0.19%	OHARA

CLEARCERAM™-Zは化学的特性が良好であり、一般的なガラスおよび光学ガラスに比べ、優れた耐久性を有しています。

CLEARCERAM™-Z has excellent chemical properties and offers better chemical resistance than amorphous glasses.

## CLEARCERAM™-Zの研磨面（AFM像）

## Polished Surface of CLEARCERAM™-Z (AFM)



**$Rms : 0.15nm$   $Ra : 0.12nm$**

CLEARCERAM™-Zは、原子レベルの研磨加工が可能です。

CLEARCERAM™-Z can be precisely polished to extremely low surface roughness values.

## 5-1 体積抵抗率 Volume Resistivity

各温度に対する体積抵抗率を示します。

Volume Resistivity at various temperatures.

温度 Temp (°C)	CLEARCERAM™-Z Regular (Ω·cm)	CLEARCERAM™-Z HS (Ω·cm)
25	$1.5 \times 10^{12}$	$6.4 \times 10^{12}$
100	$1.8 \times 10^{10}$	$2.9 \times 10^{10}$
200	$8.6 \times 10^8$	$1.9 \times 10^9$
300	$1.0 \times 10^8$	$6.4 \times 10^7$
400	$1.2 \times 10^7$	$6.1 \times 10^6$
500	$1.5 \times 10^6$	$1.5 \times 10^6$
600	$3.4 \times 10^5$	$3.8 \times 10^5$
700	$9.8 \times 10^4$	$1.0 \times 10^5$

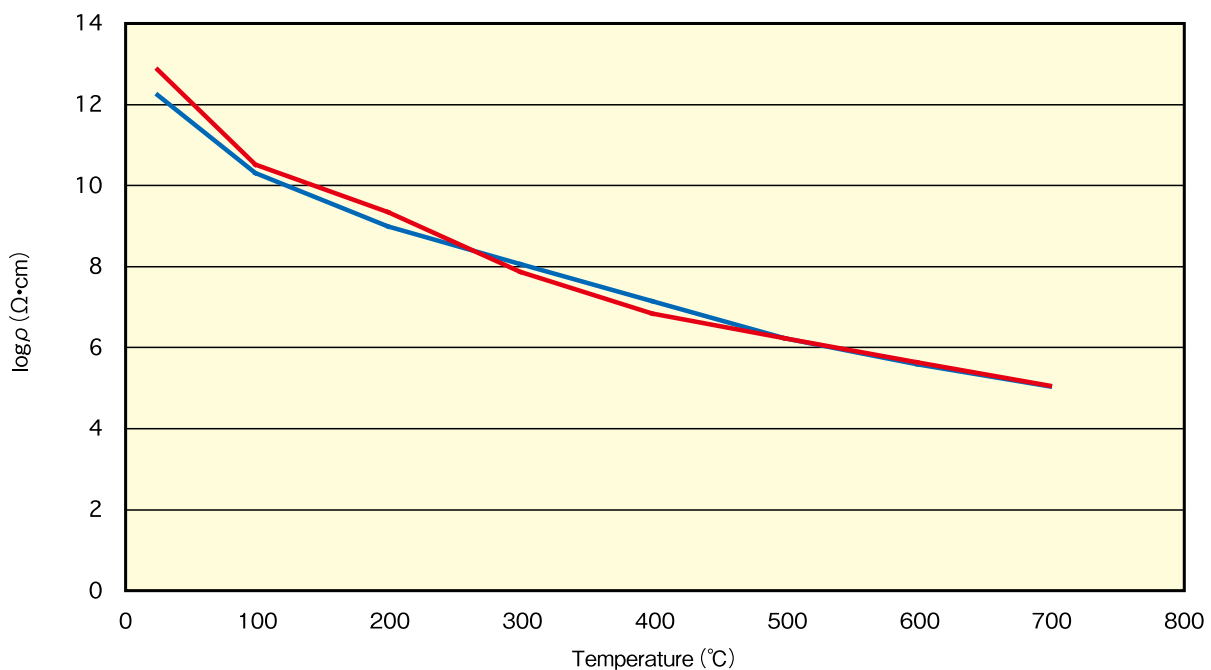


図7 CLEARCERAM™-Zの各温度における $\log \rho$  ( $\rho$ :体積抵抗率)  
Chart No.7 Volume resistivity of CLEARCERAM™-Z at various temperatures.

## 6-1 ヘリウム透過特性 Helium Permeability

ヘリウム透過 ( $\times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec.}$ ) Helium Permeability: Unit  $\times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec.}$

25°C	100°C	200°C	300°C	350°C
< 0.1	< 0.1	2.6	5.4	8.6

- ヘリウム透過量検出限界値 :  $0.1 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec.}$
- Sensitivity limit of helium permeability test:  $0.1 \times 10^{-11} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec.}$

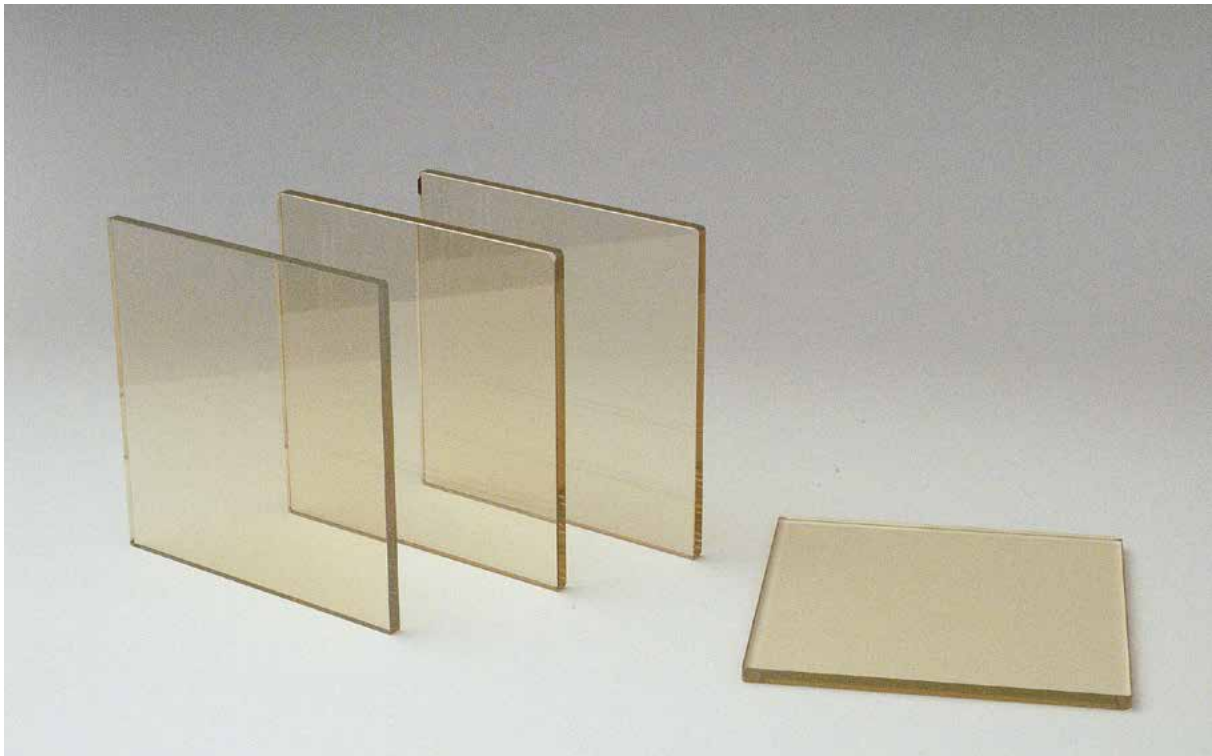
## 6-2 脱ガス特性 Outgassing

CLEARCERAM™-Zは多成分系の組成から構成されていますが、高温まで熱処理をしても、材料から放出されるガス成分・量は石英ガラスと同等であり、金属成分の放出ガスがほとんどありません。よって、真空度の高い装置内でCLEARCERAM™-Zを使用しても、装置を汚染することはありません。

- 試験は室温から1,000°CまでCLEARCERAM™-Zを加熱したときの放出ガス検出結果より。

CLEARCERAM™-Z is composed of various elements, but the level and the type of outgassing is comparable to quartz glass. There is little emission of metal based gas and CLEARCERAM™-Z will not contaminate high level vacuum chambers.

- CLEARCERAM™-Z was heated from room temperature to 1,000°C for the outgassing test.



EUVL用マスクサブストレート CLEARCERAM™-Z  
EUVL Mask Substrates made of CLEARCERAM™-Z



CLEARCERAM™-Zは、下記寸法にて内部品質検査（泡・異物・脈理）をしています。

The internal quality of CLEARCERAM™-Z is controlled with the sizes of the products shown below:

### 7-1 製品寸法 Product Size

幅 Width / 外径 Diameter (mm)	厚さ Thickness (mm)	長さ Length (mm)
~200	~80	~3,200
200~500	~80	~700
~φ1500	~300	—

- 上記のサイズ以外のご要望に関しては、ご相談ください。
- In case of a material requirement for product sizes which are outside of the range shown above, please consult us.

### 7-2 泡・異物 Bubbles and Inclusions

CLEARCERAM™-Zの泡・異物等級について以下に示します。

CLEARCERAM™-Zの泡、異物に対する検査は通常、直径または最大径が0.1mm以上のものを対象としています。

The chart shows the classification of bubbles and inclusions of CLEARCERAM™-Z

This classification includes all bubbles and inclusions measuring  $\geq 0.1$ mm.

級 Class	C1	C2	C3	C4 (標準 Standard)
100cm <sup>3</sup> 中の泡の断面積の総和 The total cross-section of bubbles in 100cc (mm <sup>2</sup> )	<0.03	$\geq 0.03$ <0.1	$\geq 0.1$ <0.25	$\geq 0.25$ <2.0

- 特にご指定のない場合はC4級を標準とさせていただきます。
- Class C4 standard material will be used a tighter Class is designated.

### 7-3 脈理 Striae

CLEARCERAM™-Zの脈理検査は、ガラスに投光器の光を当て、一方向から目視で検査しています。

CLEARCERAM™-Zの脈理等級について、以下に示します。

Striae in CLEARCERAM™-Z is inspected in one direction with high intensity light by qualified inspectors.

Striae Class of CLEARCERAM™-Z are classified as below:

級 Class	脈理の程度	Class Definition
C1	脈理が認められないもの	No visible striae
C2	薄くて分散した脈理で目に見える限界のもの	Striae is light and scattered
C3	平行な脈理がわずかにあるもの	Only slight parallel striae is detected
C4 (標準 Standard)	上記C3級に満たないもの	Any case which does not apply to Class C3

- 特にご指定のない場合はC4級を標準とさせていただきます。
- Class C4 standard material will be used a tighter Class is designated.

**[参考資料] CLEARCERAM™-Z 経年寸法変化について****経年寸法変化特性**

CLEARCERAM™-Zは温度が一定の場合でも、時間経過とともにごくわずかずつ収縮します。測定した試料の、代表的な収縮率 $\Delta L/L$ の大きさは、

$$1\text{年あたり } 1 \times 10^{-7} \text{ 1/年}^{*1}$$

の程度です。

( $\Delta L$ : 1年間の試料収縮長さ L: 試料のもとの長さ)

\*1 この測定はPTB<sup>\*2</sup>のPrecision Interferometerで行われたものです。

\*2 PTB: ドイツ国立物理研究所

**[Reference Materials] Length Stability Over Time of CLEARCERAM™-Z****Length stability over time**

Even on a constant temperature, CLEARCERAM™-Z shrinks very slightly over time. Typical shrinking rates  $\Delta L/L$  that have been measured for the material samples are about

$$1 \times 10^{-7} \text{ per year}^{*1}$$

at room temperature.

( $\Delta L$ : Shrinking length of sample per year L: Sample length)

\*1 The measurements were performed at PTB's Precision Interferometer.

## 材料諸物性一覧 Chart of Properties

CLEARCERAM™-Z		Regular	HS	
熱的特性 Thermal Properties	CTE ( $\times 10^{-7}/^{\circ}\text{C}$ ) 0~50°C	0.0±1.0	0.0±0.2	
	熱伝導率 Thermal Conductivity (W/m•K)	1.51	1.54	
機械的特性 Mechanical Properties	ヤング率 Young's Modulus (GPa)	90	92	
	剛性率 Rigidity (GPa)	36	37	
	ポアソン比 Poisson's Ratio	0.25	0.25	
	ヌーブ硬度 Knoop Hardness Hk*	600 (6)	590 (6)	
	ビッカース硬度 Vickers Hardness Hv	680	730	
	摩耗度 Abrasion Aa*	62	62	
	曲げ強度 Bending Strength (MPa)	116	122	
	比重 Specific Gravity	2.55	2.55	
光学的特性 Optical Properties	屈折率 Refractive Index $n_d$	1.546	1.547	
	屈折率 Refractive Index (1550nm)	1.528	1.528	
	アッペ数 Abbe Number $v_d$	55.5	54.9	
	内部透過率 Internal Transmittance (10mmt)	500nm	>0.85	>0.82
		980nm	>0.98	>0.98
1550nm		>0.98	>0.98	
化学的特性 Chemical Properties	耐水性 (粉末法) Water Resistance (Powder) RW*	2級 Class 2	1級 Class 1	
	耐酸性 (粉末法) Acid Resistance (Powder) RA*	1級 Class 1	1級 Class 1	
	耐アルカリ性 (粉末法) Alkali Resistance (Powder) Ralk**	0.25%	0.19%	
電気的特性 Electrical Properties	体積抵抗率 Volume Resistivity ( $\Omega\cdot\text{cm}$ ) 25°C	$1.5 \times 10^{12}$	$6.4 \times 10^{12}$	

●物性値は技術開発にともない、変更されることがあります。

※JOGIS ※OHARA

●CLEARCERAMは株式会社オハラ登録商標です。(登録国：日本、ドイツ、アメリカ)

• Values in the chart may change due to ongoing development activity.

• CLEARCERAM is registered trade mark of OHARA INC. (Country of Registration : Japan, Germany and the United State)



**OHARA** 株式会社 オハラ  
OHARA Incorporated

本社・工場：〒252-5286 神奈川県相模原市中央区小山1-15-30  
1-15-30 Oyama, Chuo-Ku, Sagamihara-Shi, Kanagawa 252-5286 Japan

**URL** <http://www.ohara-inc.co.jp/>

製品のお問い合わせ

営業部：TEL.042-772-5117 FAX.042-774-1799

研究開発部：TEL.042-772-5114 FAX.042-772-2280

**OHARA Corporation (USA)** URL <http://www.oharacorp.com/>

Address : 50 Columbia Road, Branchburg, New Jersey 08876-3519 U.S.A.

Tel : +1-908-218-0100 Fax : +1-908-218-1685

Address : 23141 Arroyo Vista, Suite 200, Rancho Santa Margarita, California 92688 U.S.A.

Tel : +1-949-858-5700 Fax : +1-949-858-5455

**OHARA GmbH (Germany)** URL <http://www.ohara-gmbh.com/>

Address : Im Langgewann 4, 65719 Hofheim, Germany

Tel : +49-6192-9650-50 Fax : +49-6192-9650-51