

シリコーンゴムの特性



シリコーンゴムならではの 数々の特性で多様化・高度化する 産業分野のニーズに対応

信越シリコーンのゴムコンパウンドは、
無機と有機の性質を兼ね備えた、特異なシリコーン生ゴムと高純度のシリカを主成分とし、
他の有機系ゴムにはない数々の特長を備えています。
優れた電気特性、耐熱・耐寒性、難燃性、化学的安定性などにより、
電気・電子機器、OA機器、自動車、食品、家庭用品、レジャー用品など
あらゆる産業分野で製品の品質化や高機能化に役立っています。

■ 目次

シリコーンの一般的な性質	3
耐熱性・耐寒性	4
耐候性	5
耐水性・耐スチーム性	5
耐油性・耐溶剤性・耐薬品性	6, 7
電気絶縁性	8
熱伝導性	9
難燃性	9
導電性	9
圧縮永久ひずみ性	10
耐屈曲疲労性	10
引裂強さ・引張強さ	11
ガス透過性	12
透明性・着色性	12
耐放射線性	13
防振性	14
離型性・非腐食性	14
生理的不活性	14
さまざまな用途に活かされるシリコーンゴムの特性	15

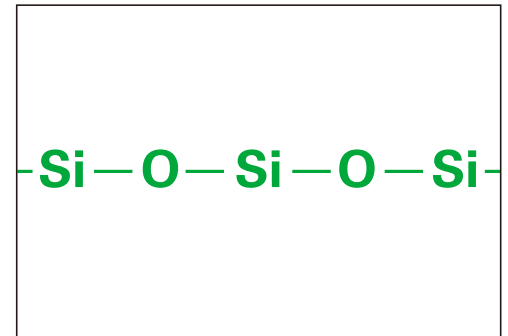
シリコンの一般的な性質

結合エネルギーが大きい

シロキサン結合(-Si-O-Si-)を主骨格とするシリコン(ジメチルポリシロキサン)は、炭素結合(C-C)の結合エネルギーが85kcal/molであるのに対し、106kcal/molと大きく、非常に安定しています。このため、一般の有機系ポリマーに比べ優れた耐熱性、電気絶縁性、化学的安定性を備えています。

耐熱性 難燃性 化学的安定性

耐候性 耐放射線性 電気特性

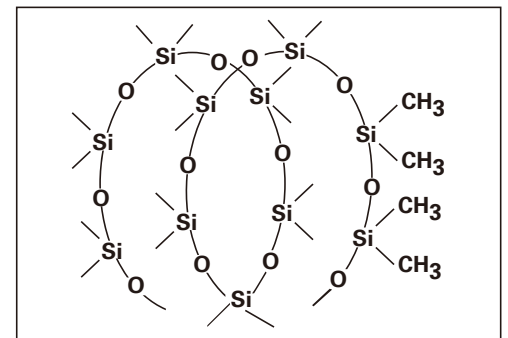


分子間力が小さくコイル形成能が大きい

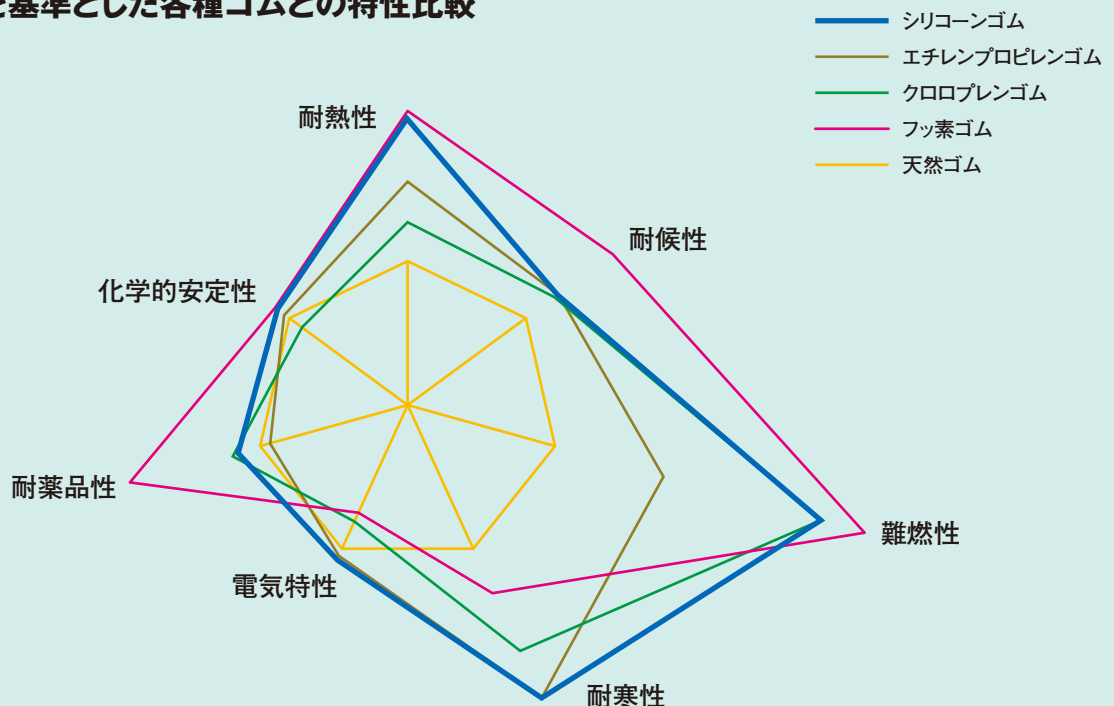
シリコンはヘリックス構造(コイル状)で、分子間力が小さいため、弾性に富み、圧縮性が大きい、耐寒性に優れるという性質があります。また、コイル構造の外側に位置するメチル基が自由に回転できるため、はっ水性、離型性など独特の界面特性を發揮します。

はっ水性 離型性

耐寒性 圧縮特性



天然ゴムを基準とした各種ゴムとの特性比較



耐熱性・耐寒性

シリコンゴムは、有機ゴムに比べて耐熱性・耐寒性に極めて優れています。

150℃ではほとんど特性に変化がなく、半永久的に使用できます。

200℃でも連続10,000時間以上の使用に耐え、短時間であれば

350℃での使用が可能な製品もあります。

そのため、高温環境で使用されるゴム部品の材料として適しています。

また、シリコンゴムは、耐寒性に非常に優れています。

一般の有機系ゴムの脆化点が-20℃~-30℃であるのに対し、シリコンゴムは-60℃~-70℃と一般の有機系ゴムが脆化する温度でも弾力を保ち、低温性にも優れています。

中には-100℃以下の極低温に耐える製品もあります。

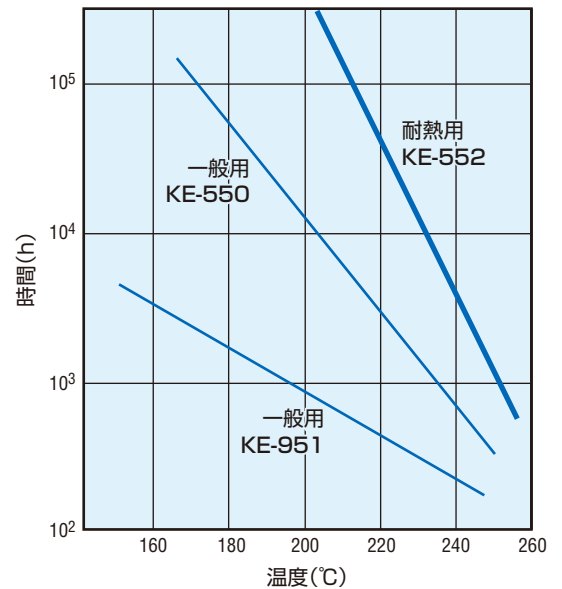
シリコンゴムは、一般に空気中での加熱によって硬くなり、伸びが小さくなる方向に劣化しますが、密封条件下では逆に軟化する方向に劣化し、空気中と比べて耐熱寿命が短くなる場合があります。

軟化の現象は、シロキサンポリマーが切断されるために起こります。

切断による軟化を防ぐため、シリコンゴムの処方、加硫剤の選定、二次加硫などにより密封耐熱性を向上させた製品もあります。

シリコンゴムの耐熱寿命

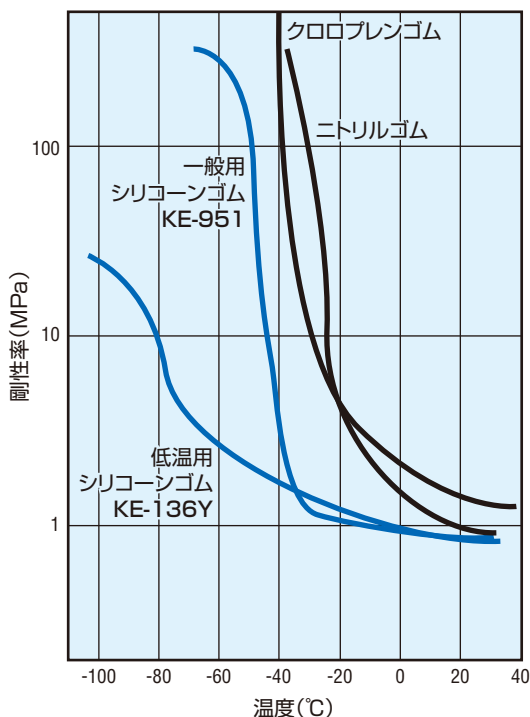
(初期の破断伸びが1/2になる時間を寿命とした)



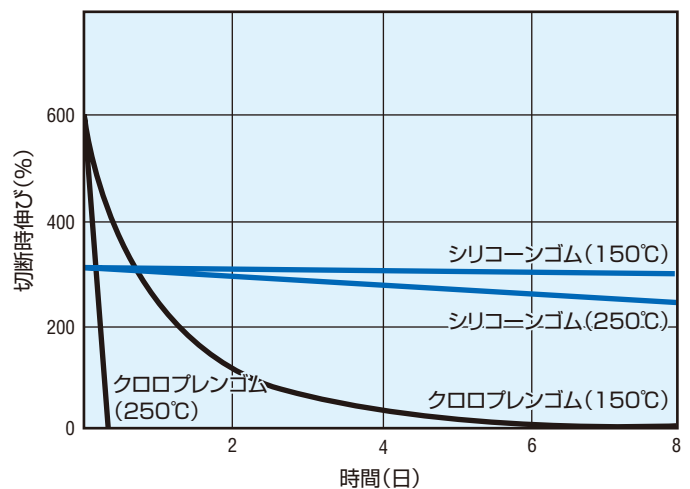
一般用シリコンゴムでも、その処方、加硫剤の選定などにより耐熱性に差があります。

各種ゴムの低温特性

<試験方法>
JIS K 6261、5項



クロロプレンゴムとシリコンゴムの耐熱寿命比較



クロロプレンゴムは150℃~250℃で急速に劣化、変色しますが、シリコンゴムは250℃でもあまり変化しません。

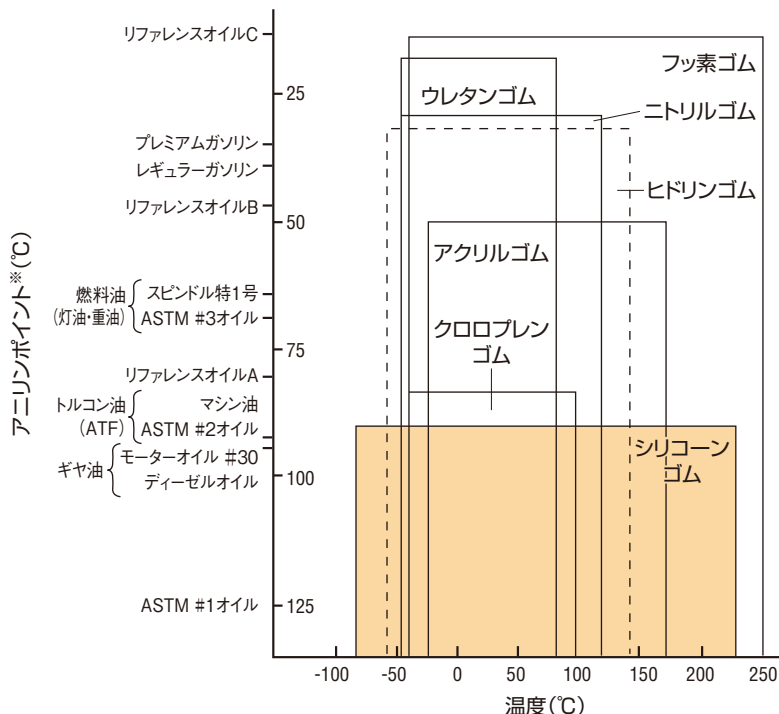
耐油性・耐溶剤性・耐薬品性

シリコンゴムは、高温での耐油性に優れています。一般の有機系ゴムのうち、特に耐油性のよいニトリルゴムやクロロプレンゴムに比べると、100℃以下ではやや劣りますが、それ以上の温度では、これらよりも優れた耐油性を発揮します。

また、シリコンゴムは、耐溶剤性、耐薬品性に優れており、アニリン、アルコールなどの極性有機化合物や、希酸、希アルカリなどにほとんど侵されず、膨潤による容積増加は10～15%にとどまります。ベンゼン、トルエン、ガソリンなどの無極性有機化合物には膨潤しますが、一般の有機系ゴムと異なり材質の分解や溶解がなく、溶剤を除くと元の状態に戻ります。一方、強酸、強アルカリには侵されますので、これらの薬品と接触する箇所には注意が必要です。

一般に溶剤類がシリコンに与える影響は、ゴムの膨潤、軟化、強度の低下などで、その値は溶剤の種類によって変わります。

各種ゴムの温度範囲と油に対する使用範囲

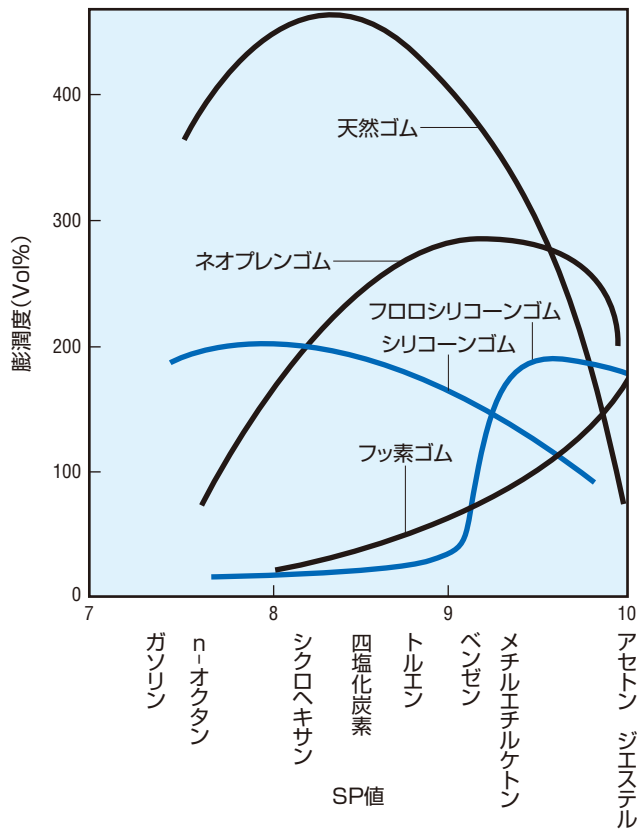


※アニリンポイントとは、各種の油についてのアニリンが均一に溶解する最低温度。アニリンポイントが低い油ほど膨潤性が大きいことを示します。

一般メチルビニルシリコンゴムの耐油性・耐薬品性

	オイル・薬品の種類	浸漬条件	物性変化					
		℃×h	硬さポイント	重量 %	体積 %	引張強さ %	伸び %	
オイル	ASTM #1オイル	150×168	-10		+10	-10	-10	
	ASTM #3オイル	150×168	-25		+40	-20	-20	
	GM変性機オイル	94×70	-35		+35	-40	-5	
	フォードブレーキオイル	150×72	-20		+15	-60	-40	
	ディーゼルオイル	50×168	-30		+105	-	-	
	ガソリン	23×168	-20		+165	-	-	
	Skydroll 500A Fluid	70×168	-5		+10	-10	+5	
	モーターオイル(SAE #30)	175×168	-8		-8	-70	-65	
薬品	酸	濃硝酸	25×168		+10	+10	-80	-30
		7%硝酸	25×168		<1	<1	-50	-30
		濃硫酸	25×168		分解	分解	分解	分解
		10%硫酸	25×168		<1	<1	0	0
		酢酸	25×168		+3	+4	-20	+10
		5%酢酸	25×168		+2	+2	-20	+10
		濃塩酸	25×168		+3	+4	-40	-20
	アルカリ	10%塩酸	25×168		+2	+2	-50	-50
		20%水酸化ナトリウム水溶液	25×168		-2	-1	-10	0
		2%水酸化ナトリウム水溶液	25×168		<1	<1	0	0
		濃アンモニア水	25×168		+2	+1	-30	+10
	その他	10%アンモニア水	25×168		+2	+2	-20	0
		水	25×168		<1	<1	0	0
			100×70		<1	<1	-10	-10
70×168				+1	<1	-10	+10	
3%過酸化水素水	25×168		<1	<1	0	+20		

溶剤の溶解度パラメーター (SP値) とゴムの膨潤度の関係



フロロシリコーンゴムは特に優れた耐溶剤性を備えていますが、シリコーンゴムも他のゴムに比べて良好な耐溶剤性を示します。

各種ゴムの種々の液体による体積変化率 (168時間浸漬後)

液体の種類	温度 ℃	ニトリル			クロロ ブレン	天然ゴム	スチレン ブタジエン	ブチル	シリコーン	ハイパロン
		28%	33%	38%						
ガソリン	50	15	10	6	55	250	140	240	260	85
ASTM #1オイル	50	-1	-1.5	-2	5	60	12	20	4	4
ASTM #3オイル	50	10	3	0.5	65	200	130	120	40	65
ディーゼルオイル	50	20	12	5	70	250	150	250	150	120
オリーブ油	50	-2	-2	-2	27	100	50	10	4	40
ラード	50	0.5	1	1.5	30	110	50	10	4	45
ホルムアルデヒド	50	10	10	10	25	6	7	0.5	1	1.2
エタノール	50	20	20	18	7	3	-5	2	15	5
グリコール	50	0.5	0.5	0.5	2	0.5	0.5	-0.2	1	0.5
エチルエーテル	50	50	30	20	95	170	135	90	270	85
メチルエチルケトン	50	250	250	250	150	85	80	15	150	150
トリクロロエチレン	50	290	230	230	380	420	400	300	300	600
四塩化炭素	50	110	75	55	330	420	400	275	300	350
ベンゼン	50	250	200	160	300	350	350	150	240	430
アニリン	50	360	380	420	125	15	30	10	7	70
フェノール	50	450	470	510	85	35	60	3	10	80
シクロヘキサノール	50	50	40	25	40	55	35	7	25	20
蒸留水	100	10	11	12	12	10	2.5	5	2	4
海水	50	2	3	3	5	2	7	0.5	0.5	0.5

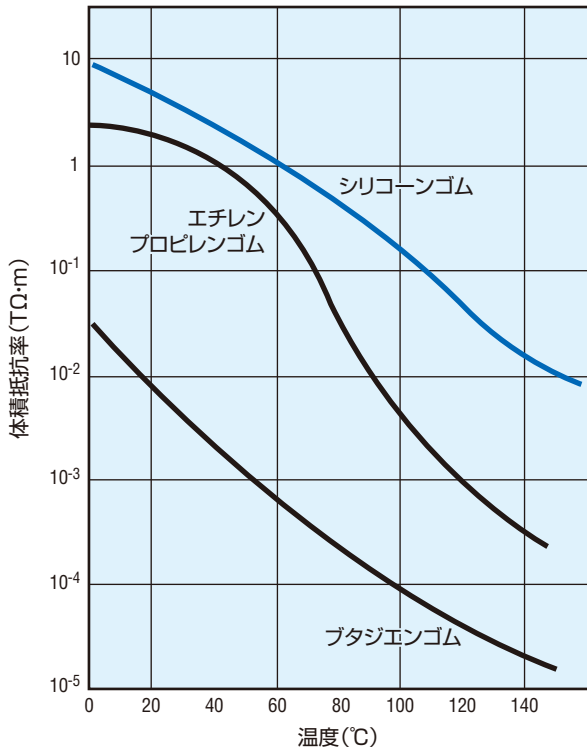
電気絶縁性

シリコンゴムは1~100TΩ・mと電気絶縁性に優れ、広い温度範囲および周波数領域にわたって安定した特性を示します。

また、水に浸しても性能の低下がほとんどなく、絶縁材料として最適です。

特に、高電圧下でのコロナ放電やアークなどに対して優れた抵抗性を発揮し、高電圧がかかる部分の絶縁材料としても広く使われています。

各種ゴムの体積抵抗率の温度による変化



耐アーク性

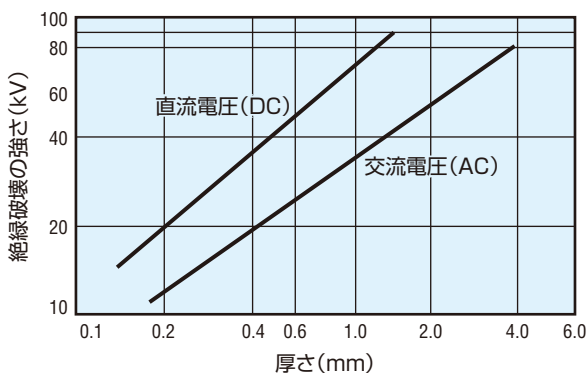
材料名	ASTM法 sec
布基材フェノール樹脂	4.5
クロロスルホン化ポリエチレン	5.2
ブチルゴム	72
ハイブチルゴム	180<
クロロプレンゴム	8.5
エポキシ樹脂	184
ポリエステル樹脂	134
ポリ四フッ化エチレン	165~185
シリコンゴム	180<

耐トラッキング性

材料名	DIN法	
	格付け	侵食深さ mm () 滴下数
ブチルゴム	KA-3C	0.342
エチレンプロピレンゴム	KA-3C	0.240
クロロスルホン化ポリエチレン	KA-3C	0.224
クロロプレンゴム	KA-2	(18)
ポリエチレン	KA-2	(46)
架橋ポリエチレン	KA-3C	0.302
ポリスチレン	KA-2	(15)
シリコンゴム	KA-3C	0.0064

*KA-3C 101滴以上の滴下で1mm以下の侵食
KA-2 11~100滴で導通路が形成される

シリコンゴムの厚さと絶縁破壊の強さ (温度23°C・JIS K 6249に準拠)



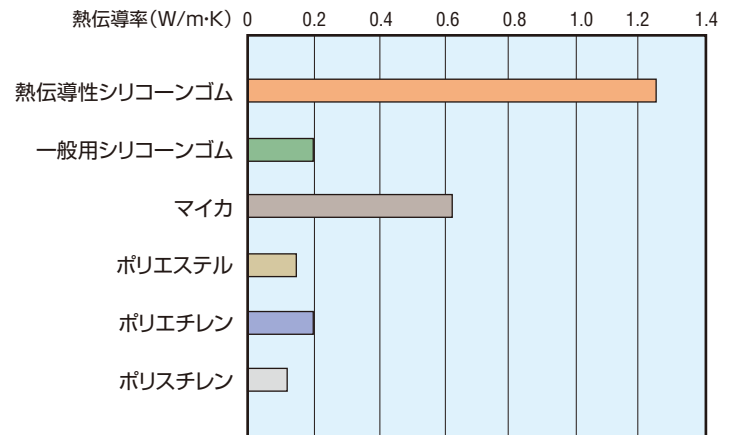
耐コロナ性

材料名	3kVにおける寿命 h
ポリエチレン	24.0
ポリ四フッ化エチレン	33.5
三酢酸セルロース	36.5
ポリエチレンテレフタレート	50.0
ポリエステルワニス	22.0
油変性フェノール樹脂	55.0
エポキシエステルワニス	65.5
アスファルト系油ワニス	81.0
シリコンゴム	35,600<

熱伝導性

シリコンゴムの熱伝導率は約 $0.2\text{W/m}\cdot\text{K}$ で、この値は一般の有機系ゴムに比べて優れた熱伝導性を示しています。シリコンゴムの中には、無機質充填剤の高配合によって、特に熱伝導性を向上させた製品（約 $1.3\text{W/m}\cdot\text{K}$ ）もあり、これらは放熱シートや加熱ローラーに使われています。

熱伝導性シリコンゴムの熱伝導率



難燃性

シリコンゴムは、炎を近づけても簡単には燃焼しませんが、一度着火すると燃え続けます。

しかし、シリコンゴムに難燃剤を微量添加することで、難燃性や自己消炎性を付与することができます。

シリコンゴムには、右表に示す米国のUL94による燃焼性分類の基準によりUL94 V-0に認定された製品があります。

これらは、有機系ポリマーゴムに見られる有機ハロゲン化合物を含まないことから、黒煙や有毒ガスの発生がほとんどなく、家電製品、OA機器はもちろん、航空機、地下鉄などの閉鎖空間や建物内部などに使用する材料として安全上不可欠な製品です。

UL94の燃焼性分類基準

分類	基準
94V-0*	5枚1組の試料の燃焼時間が、それぞれ10秒以下であり、合計50秒以下であること
94V-1*	5枚1組の試料の燃焼時間が、それぞれ30秒以下であり、合計250秒以下であること
94HB	水平燃焼試験で100mm標準線まで燃えない

※幅13.0mm、長さ125mm、厚さは実用上の最小値の短冊状試験片をつるし、下端に20mmの高さの炎の中心を10秒あて、炎を取り去って試験片の燃焼持続時間を測定する。消えたあともう一度同様にして炎をあて、一度目と同様に燃焼持続時間を測定する。

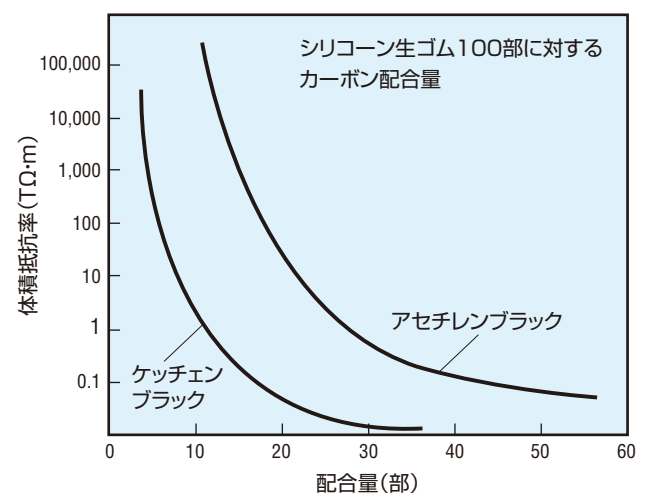
導電性

カーボンなどの導電性材料を配合した導電性シリコンゴムには、 $0.01\Omega\cdot\text{m}$ から $10\Omega\cdot\text{m}$ までの抵抗値を持つ各種製品があります。

ほかの性質は一般のシリコンゴムとほとんど変わらないため、キーボードの接点、ヒーターまわり、帯電防止部材、高圧ケーブルのシールド材などに幅広く使われています。

*一般に導電性シリコンゴムとして市販されているものは体積抵抗率 $0.01\sim 10\Omega\cdot\text{m}$ のものが多く、 $100\Omega\cdot\text{m}$ 以上の領域ではカーボンのわずかな量で抵抗が大きく変化するため、特に $10\text{k}\sim 100\text{M}\Omega\cdot\text{m}$ の領域で安定した抵抗を得るのは難しい。

カーボンブラック配合量と体積抵抗率



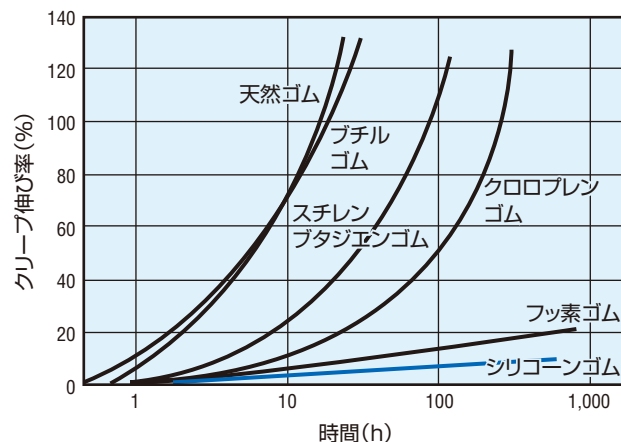
圧縮永久ひずみ性

加熱条件下で圧縮変形するパッキン類にゴム材料を使う場合、復元性の良し悪しは特に重要なポイントです。

シリコンゴムの圧縮永久ひずみは、 $-60^{\circ}\text{C}\sim+250^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲にわたって安定しています。一般の有機系ゴムは、室温付近では圧縮永久ひずみの度合いは小さいものの、温度変化により著しく増大します。

シリコンゴムは、一般的には二次加硫を必要とし、特に低圧縮永久ひずみ性が要求される成形品を作る場合は、二次加硫することが望ましく、また最適な加硫剤を選定する必要があります。

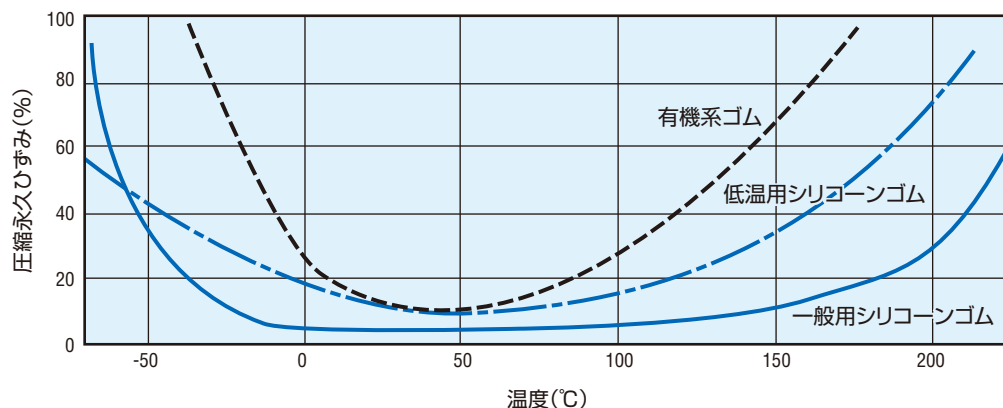
各種ゴムのクリープ性* (温度条件: 100°C)



※クリープとは、一定荷重をかけたときに生じる変化で、一般に温度とともに増大します。また、加硫構造が強固で熱安定性に優れたゴムほど高温でのクリープ値は小さい傾向にあります。シリコンゴムは、有機系ゴムに比べほとんど変化がなく、耐熱性に優れたフッ素ゴム以上に安定しています。

各温度における圧縮永久ひずみ

(試験条件: 各温度で22時間)



耐屈曲疲労性

一般にシリコンゴムは、有機系ゴムに比べ耐屈曲疲労性などの動的ストレスに対する強度に優れているとはいえません。しかしこれらの欠点を解消し、従来のシリコンゴムに比べ8~20倍の耐屈曲疲労性を持つ優れたゴムが開発されています。この製品はOA機器のキーボード、輸送機のゴム部品などの分野で応用されています。

シリコンゴムの耐屈曲疲労性

特性	製品名	KE-951	KE-9510	KE-9511	KE-5151
伸長疲労*1 (万回)		30~40	45~55	200~300	400~500
キーボード打鍵耐久性*2 (万回)		約250	約300	約1,100	約2,000

*1 De Mattia屈曲疲労試験機でテスト 100%伸長5サイクル/秒

*2 モデルキーボードを用いて測定 復帰力の保持率が50%になるときの疲労回数

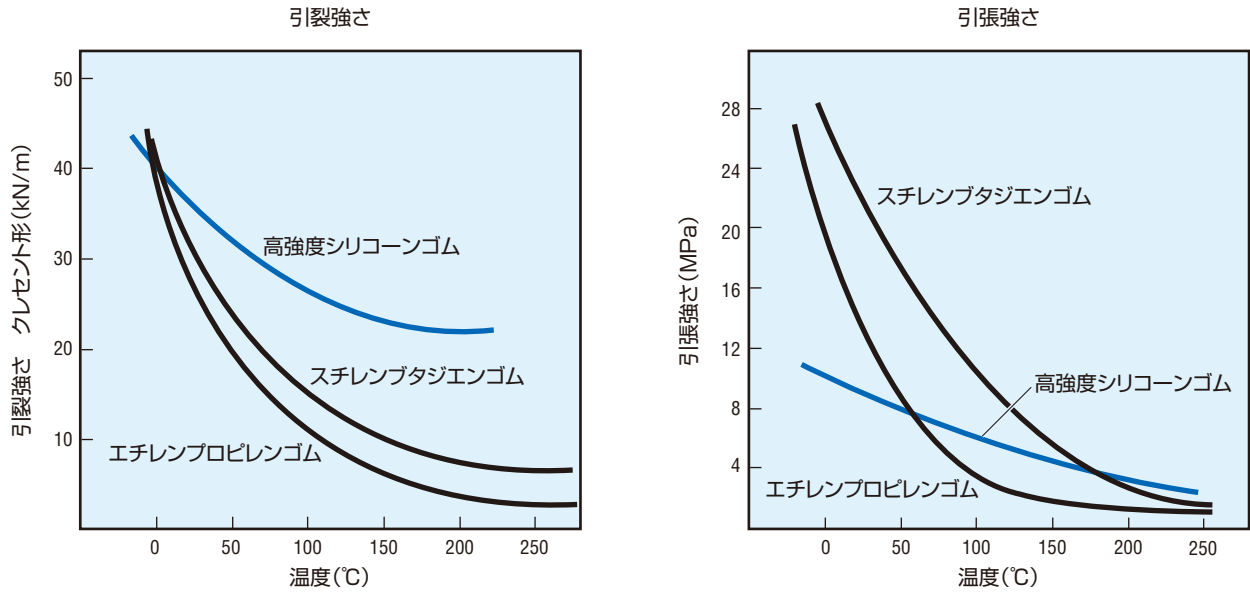
屈曲疲労テスト



引裂強さ・引張強さ

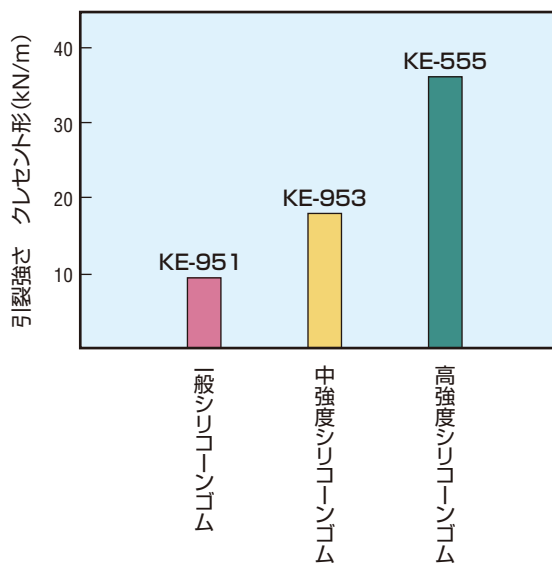
一般にシリコーンゴムの引裂強さは、9.8kN/m程度ですが、ポリマー改良および充填剤、架橋剤などの選択により29.4kN/m～49.0kN/mの高強度タイプの製品もあります。この製品は、引裂強さを要求される複雑な成形品、逆テーパのある型、大型成形品などの成形用として最適です。

各種ゴム強度の温度依存性



*室温下での強度は有機系ゴムに比べて劣りますが、高温での保持率は高く、強度は逆転します。

シリコーンゴムの引裂強さの比較(温度23℃)



引裂強さテスト(クレセント形)



ガス透過性

シリコーンゴムの薄膜は、有機系ゴムやプラスチックフィルムと比較してガスや蒸気の透過性が高く、また選択性を持っています。

このため、ガスや水の分離用隔膜として酸素富化装置などへの応用が検討されています。

天然ゴムを100とした気体透過性比較(25℃)

材料名		H ₂	O ₂	N ₂	CO ₂	Air	
天然ゴム	$\frac{P \times 10^9 \text{cc} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^2 \cdot \text{sec} \cdot \text{atm}}$	37.4	17.7	6.1	99.6	-	
		100	100	100	100	100	
シリコーンゴム		1,070	2,200	3,300	1,600	2,700	
ブチルゴム(イソプレン98、イソプレン2)		15	56	5	4	48	
ポリブタジエン(乳化石合)		86	82	80	105	81	
ニトリル	アクリルニトリル含有量	20%	51	35	31	48	33
		27%	32	17	13	24	15
		32%	24	10	7.5	14	8.5
テフロン		46	44	43	19	-	
ポリエチレン d=0.926		15	11	9	8	-	
ポリプロピレン		23	7	9	4	-	
ポリ塩化ビニル		6	2	2	1	-	

各種プラスチックフィルムの水蒸気透過性

材料名	水蒸気透過率*
シリコーンゴム	15.5~51.8
P. V. A.	0.04~40.0
エチルセルロース	21.5
ポリエチレン	0.05~4.85
四フッ化ポリエチレン	2.94
ポリカーボネート	1.0
ナイロン	0.32~0.63

$$\text{*透過率} = \frac{(\text{cm}^3 \text{gas}) (\text{cm厚み}) \times 10^{-7}}{(\text{sec}) (\text{cm}^2) (\text{cmHg}\Delta p)}$$

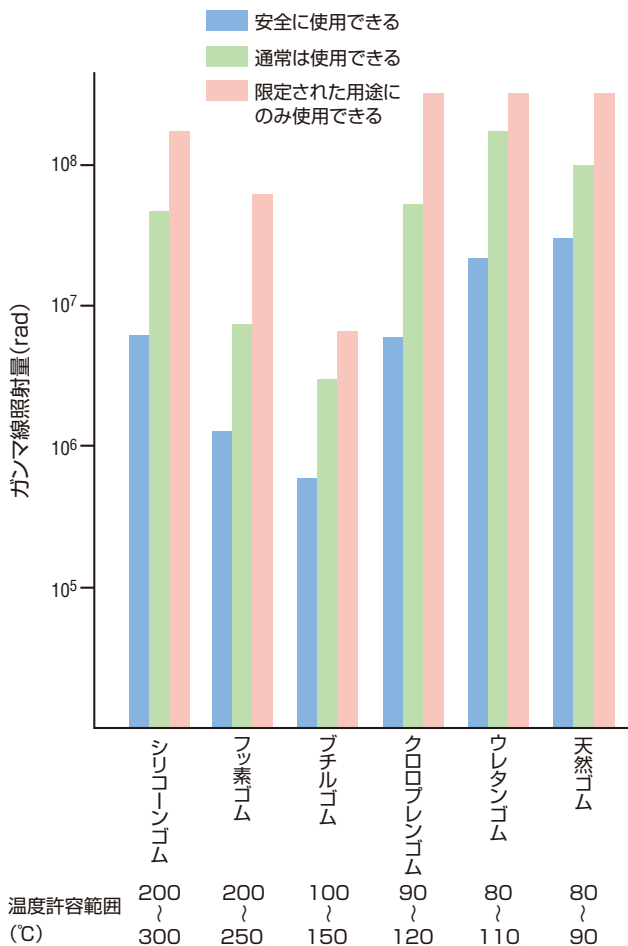
透明性・着色性

一般の有機系ゴムはカーボン配合のため黒色ですが、シリコーンゴムは、シリコーン本来の透明性を損なうことのない微細なシリカを配合し、透明性に優れたゴムにすることができます。高透明・高強度のシリコーンゴムも開発され、食品用のチューブや各種成形品に応用されています。透明性に優れているため、顔料による着色も容易で、色鮮やかな成形品ができます。

耐放射線性

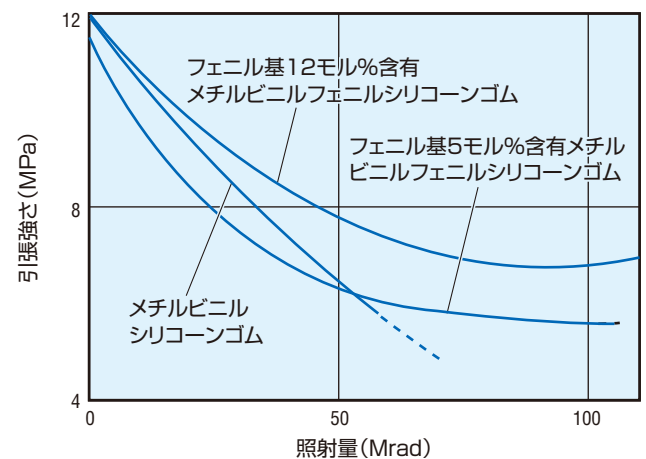
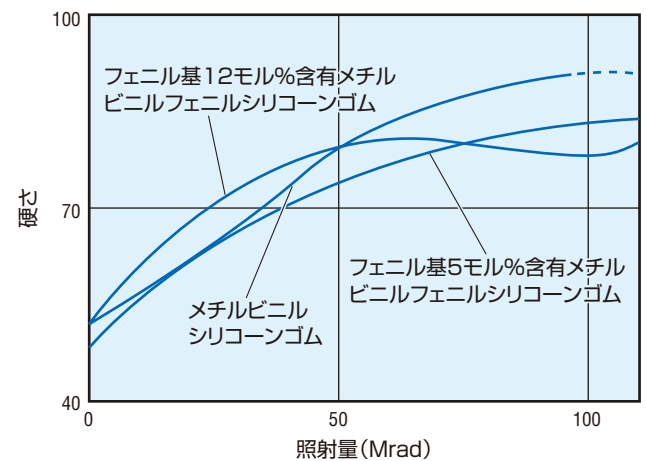
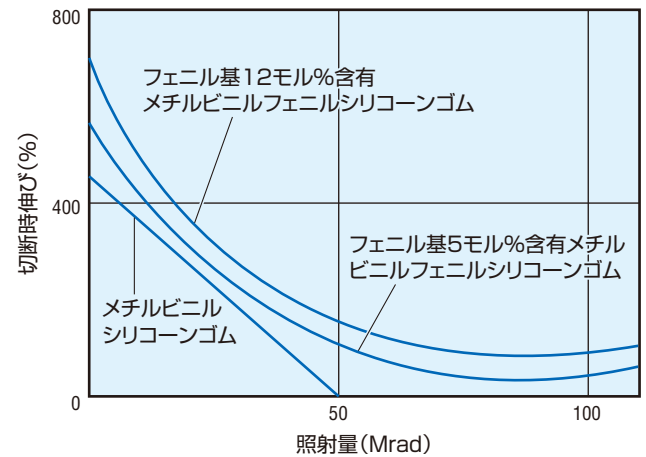
一般のシリコンゴム(ジメチルシリコンゴム)は、他の有機系ゴムに比べ、特に耐放射線性に優れているとはいえませんが、ポリマー分子にフェニル基を導入したメチルフェニルシリコンゴムは、耐放射線性を備えています。フェニル基を導入したシリコンゴムは、シリコンゴム本来の優れた耐熱性、電気絶縁性、難燃性、耐薬品性も備えています。

各種ゴムの耐放射線性



シリコンゴムは、天然ゴムなどの有機系ゴムが高温下では熱劣化による性能低下をきたすのに対し、200°C~300°Cの高温下でも耐放射線性を発揮します。

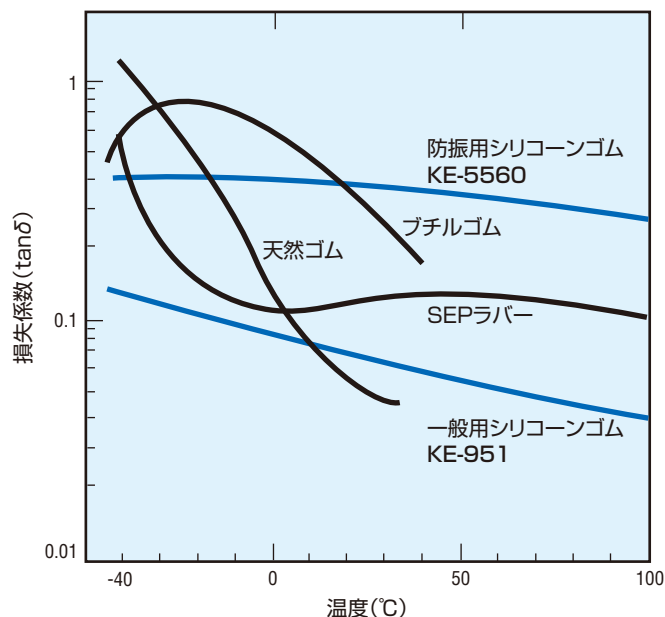
シリコンゴムの耐放射線性



防振性

一般にシリコンゴムの損失係数 ($\tan\delta$) *は小さく、防振ゴムとしては不向きとされています。
しかし、防振性能を高めた製品では、 $-50^{\circ}\text{C}\sim+100^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲で安定した防振性を示しています。

各種ゴムの防振特性の温度依存性



*損失係数 ($\tan\delta$) とは、
$$\tan\delta = \frac{G_2}{G_1}$$
 (G_1 =貯蔵弾性係数、 G_2 =損失弾性係数) で表される係数で、
 $\tan\delta$ が大きいほど受けたエネルギー (振動など) を吸収し、優れた防振性を発揮します。

離型性・非腐食性

シリコンゴムは、化学的に不活性であり、また離型性にも優れているため、他の物質を腐食させません。
この性質を利用して、複写機の定着ロール、印刷ロール、シートおよびロストワックスなどに使われています。

生理的不活性

シリコンゴムは、生体に触れた場合、他の有機高分子材料に比べて体組織に対する反応が少なく、
またそれ自体も生理的に不活性なため、ほ乳瓶用乳首、医療用ゴム栓などに使われています。
また、肌合いもよく高級感もあることからスライミングキャップや水中メガネなどのレジャー用品にも用いられます。

さまざまな用途に活かされるシリコンゴムの特性

業種 ・用途例 … 必要な特性

家電

- ・デフロスター(冷蔵庫霜取) … 耐熱性 耐寒性
電気絶縁性
- ・ホットエアブラシ … 耐熱性 耐候性 着色性
- ・電子レンジの窓枠パッキン … 耐熱性
- ・電子レンジのターンベルト … 低圧縮永久ひずみ性

電線

- ・モーター、家電製品の口出線 … 電気絶縁性 耐熱性
- ・ジャーなどのヒーター線 … 耐寒性 熱伝導性
- ・冷蔵庫デフロスターワイヤー … 難燃性 高耐圧
- ・イグニッションワイヤー … 押出し加工

OA機器

- ・電卓、キーボードなどのキーパッド … 導電性 電気絶縁性
耐屈曲疲労性
温度依存性が少ない
- ・EMIガasket … 導電性 難燃性
熱伝導性
- ・複写機(PPC)ロール … 耐熱性 離型性
- ・FAXプラテンロール … 低圧縮永久ひずみ性
- ・プリンタープラテンロール

機械

- ・低周波治療器 … 導電性
- ・ロストワックス … 耐熱性 加工性 離型性
- ・ソーラーホース … 耐塩素性 耐候性
- ・ホットスタンプロール … 耐熱性
低圧縮永久ひずみ性
- ・防振ゴム … 低反発弾性

自動車

- ・ダイヤフラム、Oリング … 耐油性 耐熱性 耐寒性
耐屈曲疲労性
- ・プラグブーツ … 耐油性 耐熱性
- ・防水コネクタ … 耐熱性 耐油性 オイルブリード
- ・ラジエーターホース … 耐熱性 耐寒性
低圧縮永久ひずみ性
耐スチーム性
- ・ターボチャージャー … 耐熱性 耐油性
- ・インタークーラーホース … 耐屈曲疲労性

食品

- ・圧力釜、炊飯器、ポットのパッキン … 耐スチーム性 耐塩素水性
低圧縮永久ひずみ性 安全性
- ・ミルクカー … 透明性 引裂強さ 安全性 高強度
- ・乳首 … 透明性 安全性
- ・食品容器のパッキン … 低圧縮永久ひずみ性 安全性

レジャー

- ・水中メガネ … 透明性 高強度 高級感
- ・スノーケル … 透明性 高強度 高級感
- ・マウスピース … 肌合い 安全性
- ・ゴーグルバンド

ゴムコンパウンドについてのお問い合わせは

本社 シリコン事業本部 〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-4-1 丸の内永楽ビルディング
 営業第三部 ☎ (03)6812-2408

大阪支店 〒550-0002 大阪市西区江戸堀1-11-4 損保ジャパン肥後橋ビル ☎ (06)6444-8219
 名古屋支店 〒450-0002 名古屋市中村区名駅4-5-28 桜通豊田ビル ☎ (052)581-6515
 福岡支店 〒810-0001 福岡市中央区天神1-12-20 日之出天神ビル ☎ (092)781-0915

ご用命は

- 当カタログのデータは、規格値ではありません。また記載内容は仕様変更などのため断りなく変更することがあります。
- ご使用に際しては、必ず貴社にて事前にテストを行い、使用目的に適合するかどうかご確認ください。なお、ここで紹介する用途や使用方法などは、いかなる特許に対しても抵触しないことを保証するものではありません。
- 安全性についての詳細な情報は、安全データシート(SDS)をご参照ください。
- 当社シリコン製品は、一般工業用途向けに開発されたものです。医療用その他特殊な用途へのご使用に際しては貴社にて事前にテストを行い、当該用途に使用することの安全性をご確認のうえご使用ください。なお、医療用インプラント用には絶対に使用しないでください。
- このカタログに記載されているシリコン製品の輸出入に関する法的責任は全てお客様にあります。各国の輸出入に関する規定を事前に調査されることをお勧めいたします。
- 本資料を転載されるときは、当社シリコン事業本部の承認を必要とします。



当社のシリコン製品は品質マネジメントシステムおよび環境マネジメントシステムの国際規格に基づき登録された下記事業所および工場にて開発・製造されています。

群馬事業所	ISO 9001 ISO 14001 (JCQA-0004 JCQA-E-0002)
直江津工場	ISO 9001 ISO 14001 (JCQA-0018 JCQA-E-0064)
武生工場	ISO 9001 ISO 14001 (JQA-0479 JQA-EM0298)

<https://www.silicone.jp/>