

エラストマーOリングの選定指針 及び選定トラブルとその対策

1. はじめに

Oリングがシールとして使用される分野は多岐にわたり、構造が簡単で、装着も容易であり、シールの方向性がなく、しかも広い圧力範囲にわたっていて、各種油圧・空気圧工業を中心に一般産業、食品工業、半導体、航空機・宇宙関係機器などに広く応用されている。

しかし、シール部品として優れた特徴を持っている半面、各種流体による材料選定あるいは、溝設計などの誤った使い方では耐久性が著しく左右される場合が多く、使用に際してはOリングの特長を十分に引き出す正しい使い方が要求される。

本報では、Oリングの選定に対する考え方・選定方法、選定ミスによるトラブル事例とその対策について解説する。

2. Oリングの選定指針

2-1) Oリングに求められる特性(機能)

- ① 機械的強度(耐圧性、耐摩耗性)を有すること。
- ② 接触する流体(油、薬品、溶剤など)に侵されないこと。
- ③ 広い温度範囲(耐熱性、耐寒性)を有すること。
- ④ 圧縮永久ひずみが小さいこと。



Figure1 Oリングに求められる特性

2-2) Oリングの漏れ止め原理

Oリングは圧縮した時の反発力+流体圧力によりシールする。シール機構をFigure2に示す。

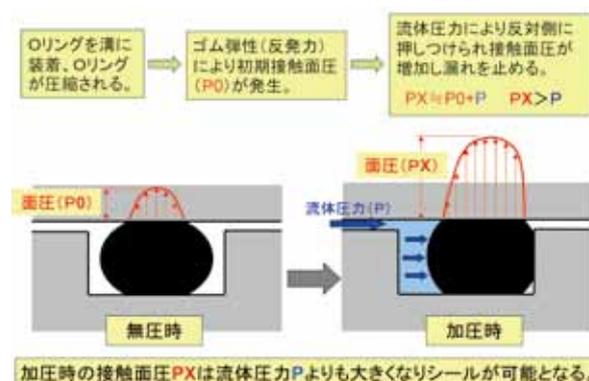


Figure2 Oリングの漏れ止め原理

2-3) FEA (有限要素解析)

FEAは各種仕様に対して最適な製品設計及び材料選定を行うためのシミュレーションである。また、トラブル回避のソリューション活動も可能となる。解析手順例をFigure3に示す。

2-4) Oリングの選定方法

Oリングの用途は、固定用と運動用とがあるが、使用条件に適した寸法、材質でないと長期間にわたって安定したシール性を得ることが出来ず短期間でシール不良を起こす場合がある。以下に選定の参考となる資料を記載する。

2-4-1) 主なOリング材料の種類と特徴

適用規格と材料一覧表をTable1に示す。

2-4-2) ゴム材料の耐油・耐薬品・耐ガス性

JIS K 6258に準拠してゴムを各薬液に浸漬し、浸漬前後の物性対比より耐油・耐薬品・耐ガス性を確認した結果をTable2に示す。

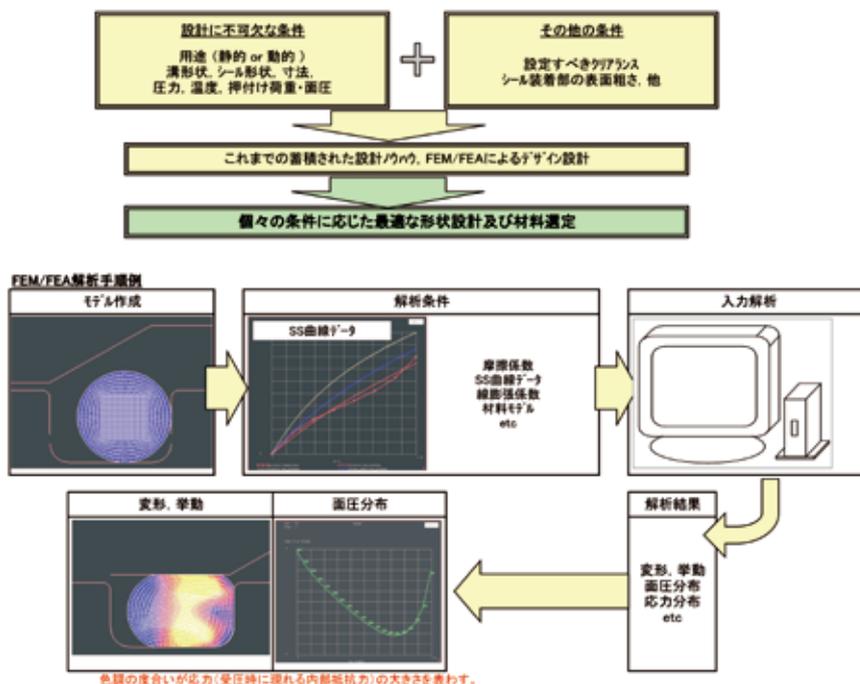


Figure3 FEA解析手順例

Table1 Oリング材料の種類と特徴

種類	適用規格 JIS規格 相当記号他	ゴムの種類	バルカー 材料記号	物性				使用温度 範囲※ (参考) ℃	用途及び特徴	バルカー 製品番号
				タイプA デュロメーター 硬さ	引張強さ MPa	伸び %	圧縮永久 ひずみ % (℃Xhr)			
標準材料	NBR-70-1	ニトリルゴム (NBR)	B0570	72	17.6	340	20 (120X72)	-35~120	耐油、耐熱、耐摩耗性を有し、油空圧用の標準材料	640
	NBR-90		B0390	89	16.8	190	16 (120X72)	-35~120	B0570とほぼ同等で、耐圧性が優れた材料	
	NBR-70-2		B0170	71	16.1	310	8 (100X72)	-30~120	灯油、ガソリンなどに優れた一般燃料油用の材料	
	EPDM-70	エチレンプロピレンゴム (EPDM)	H0970	72	16.2	230	15 (150X70)	-50~150	エチレングリコール、ブレーキ油や動植物油用の材料	5640
	-	シリコンゴム (VMQ)	E0170	72	6.0	190	19 (175X22)	-60~200	優れた耐熱、耐寒性を示す材料	
	FKM-70	ふっ素ゴム (FKM)	D2770	73	15.2	300	26 (200X72)	-15~200	優れた耐熱、耐鉱油性を示し、圧縮永久ひずみが小さい材料	4640
主な特種素材	一般工業用 (ISO)	ニトリルゴム (NBR)	B0570	72	17.6	340	20 (120X72)	-35~120	耐油、耐熱、耐摩耗性を有し、油空圧用の標準材料	640
			B1370	70	13.2	210	-	-50~120	耐寒性に優れたニトリルゴム	
			B2070	70	14.5	370	13 (100X70)	-20~120	耐油性、耐ガソリン性に特に優れたニトリルゴム	
		スーパーラバー (HNBR)	B5170	71	24.3	270	14 (150X70)	-30~150	耐熱、耐油、高強度、耐摩耗性に優れた材料	4640
		ふっ素ゴム (FKM)	D0270	71	13.9	230	4 (175X22)	-15~200	低圧縮永久ひずみ、真空用の材料	
			D2570	72	13.6	230	3.8 (175X22)	-15~230	従来のふっ素ゴムに比べて、圧縮永久ひずみが極めて小さいことから耐熱性に優れた材料	
			D2470	69	21.0	450	30 (175X30)	-12~200	耐酸性に優れた材料	
			D0290	88	15.0	162	8 (175X22)	-15~200	D0270とほぼ同等で、耐圧性に優れた材料	
			D0970	73	15.7	290	23 (175X22)	0~200	耐熱水、耐アルカリ性に優れた材料	
		D0875	78	18.6	190	8 (175X22)	-30~200	D0270より耐寒性に優れた材料		
		フロロシリコンゴム (FVMQ)	E0470	73	7.8	280	29 (175X22)	-60~200	低温から高温までの燃料油、鉱油などに優れた材料	5640
		エチレンプロピレンゴム (EPDM)	H0970	72	16.2	230	15 (150X70)	-50~150	耐スチーム、耐植物油、ブレーキ油、耐難燃性作動油に優れた材料	640
		クロロプレンゴム (CR)	J0170	68	19.4	350	20 (100X70)	-30~120	耐フロンガス、耐候性に優れた材料	
		ブチルゴム (IIR)	F0075	74	12.3	170	4 (100X70)	-20~150	水道用ステンレス鋼管の継手シール用の耐熱水、耐蒸気性が優れた材料	
JASOF404 4種E	アクリルゴム (ACM)	L0770	71	10.8	200	20 (150X22)	-25~150	ニトリルゴムより高温に耐え、耐油性の優れた材料	TP9640	
-	ウレタンゴム (AU、EU)	R0490	93	43.0	360	23 (80X70)	-20~80	耐油、高強度、耐摩耗性に最も優れた材料		

備考 使用温度範囲は流体、圧力、温度などの使用条件、要求性能などにより変わる。

Table2 各種ゴム材料の耐油・耐薬品性及び耐ガス性評価結果一覧表

種類	NBR	HNBR	FKM	ウレタン	VMQ	EPDM
一般鉱油系	A	A	A	A	B	D
水・グリコール系	B	A	B	D	D	A
ガンリン・軽油	A	A	A	A	C	D
有機酸	C	C	D	D	B	D
高濃度無機酸	B	B	A	D	C	B
低濃度無機酸	B	B	A	C	B	A
高濃度アルカリ	B	B	D	D	A	A
低濃度アルカリ	B	B	C	D	A	A
ベンゼン・トルエン	C	C	A	D	C	C
アルコール	A	A	A	C	A	A
MEK	D	D	D	D	B	A
酢酸エチル	D	D	D	C	C	A
オゾン	D	B	A	A	A	A
熱水・蒸気	B	A	B	D	C	A

備考 評価基準は、試験後の体積変化率、及びその他の物性を総合的に検討し設定。

種類	A	B	C	D
評価内容	優	良	可	不可
評価指針 (体積変化率)	10%以内	11~20%	21~50%	51%以上

ガスの種類	NBR	FKM	FFKM	VMQ	EPDM
酸素	B	A	A	A	A
窒素	A	A	A	A	A
水素	A	A	A	C	A
二酸化炭素	A	A	A	B	B
アンモニア	D	D	A	B	B
塩素	D	A	A	D	D
液化石油ガス	A	A	A	C	D
液化天然ガス	A	A	A	B	D
メタン	A	A	A	D	D
エチレン	A	A	A	D	B
エタン	A	A	A	D	D
プロパン	A	A	A	D	D
ブタン	A	A	A	D	D
ペンタン	A	A	A	D	D
コークス炉ガス	D	A	A	B	D

2-4-3) 規格外Oリングの寸法選定指針

下記 Table3 の圧縮率及び溝占有率値より、Oリング太さ (φW) を算出設定する。

算出式

$$\text{圧縮率} = (W - H) / W$$

$$\text{溝占有率} = (W^2 \times \pi / 4) / (B \times H)$$

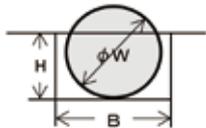


Table3 圧縮率及び溝占有率値

	往復運動用	回転運動用	円筒面固定用	平面固定用
圧縮率 (%)	8~18	5~10	10~20	20~30
溝占有率 (%)	75~85 (固定真空用 80~90)			

2-4-4) 大口径Oリングの寸法選定指針

Oリングの内径公差は径寸法に比例設定されていることから、必然的に大口径品の公差範囲は大きくなり、実際に実寸法がプラス公差側となったとき、溝装着時にOリングにダブリ現象が生じて装着出来ないことがある。

Table4 に内径寸法の設定基準、Table5 に太さ寸法の設定指針を示す。

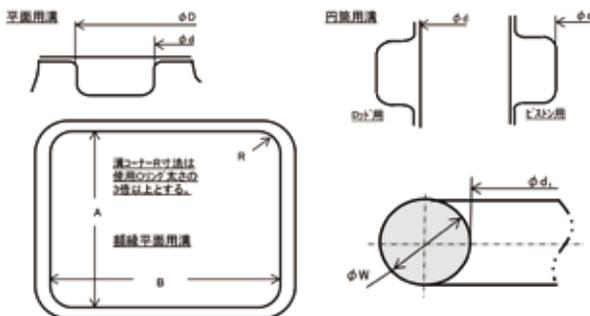


Table4 圧縮率及び溝占有率値

溝仕様	d ₁ (基準公差は±設定)
平面溝	内圧用 D-2W
	外圧用 0.99d
円筒溝	ロッド用 1.003d
	ピストン用 0.99d
額縁平面溝	0.98 L / π L=2(A+B)-8R+2Rπ

Table5 太さ寸法設定指針

Oリング内径	Oリング太さ
φ 400 ~ φ 1000	10
φ 1000 ~ φ 2000	12
φ 2000 ~	15

備考 フランジ面の平行度、反り(うねり)や偏芯量などを考慮し、太さを選定することを推奨する。

2-4-5) 特殊溝の設計指針

①アリ溝

配管フランジや各種容器の蓋などで、Oリング装着溝が垂直または下向きになる場合、Oリングの脱落防止対策として採用される。

Table6 に両アリ溝用寸法基準、Table7 に片アリ溝用寸法基準を示す。

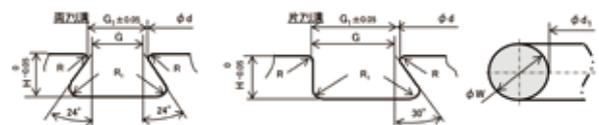


Table6 両アリ溝用寸法基準

用途	Oリング内径 (d ₁)	H	G	G ₁	R	R ₁ MAX
加圧用	下表片アリ溝用基準に準拠	0.73~0.83W	0.82~0.85W	0.90~0.93W	0.15~0.5	0.4~1.6
		0.71~0.76W	0.86~0.88W	0.92~0.95W	0.2~0.4	0.8~1.6

Table7 片アリ溝用寸法基準

シリーズ	W	H	H	G	G ₁	R	R ₁ MAX	
P・G	1.9	d=100以下	1.5	1.77	1.92	0.2	0.4	
	2.4		1.9	2.23	2.38		0.5	
	3.1		2.5	2.88	3.10	0.3	0.8	
	3.5		2.8	3.26	3.48			
	5.7		4.5	5.30	5.67			
8.4	d=400以下	6.7	7.81	8.18	0.5	1.6		
AS	1.78	d=400超え	1.4	1.66	1.81	0.2	0.4	
	2.62		2.1	2.44	2.66			
	3.53		0.990d	2.8	3.28	3.50	0.3	0.8
	5.33			4.3	4.96	5.25		
6.98	5.6	6.49	6.78	0.4	1.6			
V	4	基準公差 +0 -1.2% 内・外圧用同一適用	3.2	3.72	3.94	0.3	0.8	
	6		4.8	5.58	5.95			
	10		8	9.30	9.89			0.8

②三角溝

通常の角溝加工のスペースが取れない場合に採用されることがある。設計、構造的にOリングが、かみ込み易いので、組み込み時には十分な注意が必要である。

Table8に三角溝用寸法基準を示す。

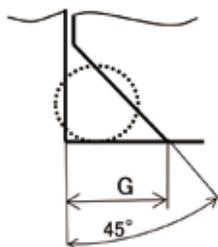


Table8 三角溝用寸法基準

G	Oリング太さ×1.3
---	------------

2-4-6) バックアップリング(はみ出し防止対策)

流体の圧力によって、Oリングがすき間にかみ込んで破損し、その部分が再度かみ込んで最終的には大きな欠損となり、シール不良になる場合がある。その防止策としてバックアップリングを併用することを推奨している。

はみ出しは、圧力とすき間、及びゴムの硬さによって決まり、その関係性をFigure4に示す。

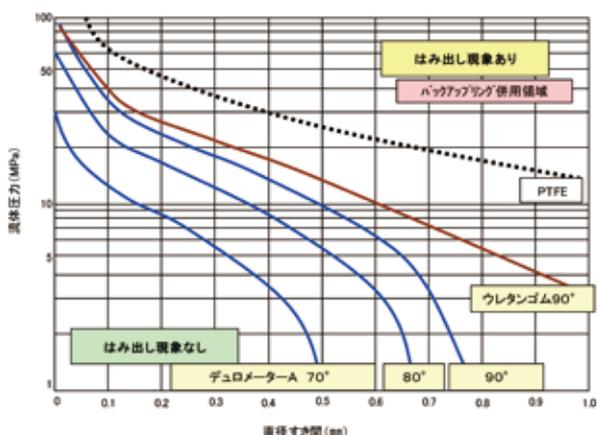
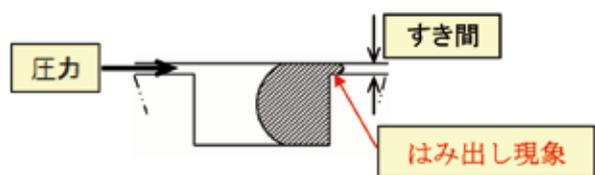


Figure4 はみ出し限界曲線(ゴム硬さと圧力及びすき間の関係)

バックアップリング標準材料のPTFEは、圧縮強度が比較的小さく、容易に変形することからバックアップ効果の高い素材であるが、高圧領域では、PTFE材自体がはみ出

すため、エンブラなど高強度材料との組み合わせでの使用が望ましい。

Table9にバックアップリングの組み合わせ材料構成と耐圧力を示す。ただし、すき間との関係があるので参考とする。

Table9 (参考)バックアップリングの材料構成と耐圧力

	材料構成	耐圧(MPa)
①	PTFE	~ 50
②	充填材入PTFE	~ 100
③	充填材入PTFE+エンブラ	100 ~
④	充填材入PTFE+エンブラ+金属	200 ~



超高圧用バックアップリング構成の機能メカニズム

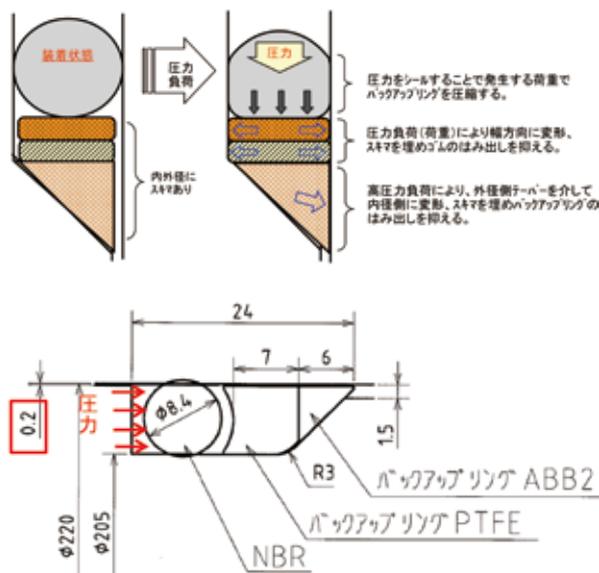


Figure5 FEAモデル

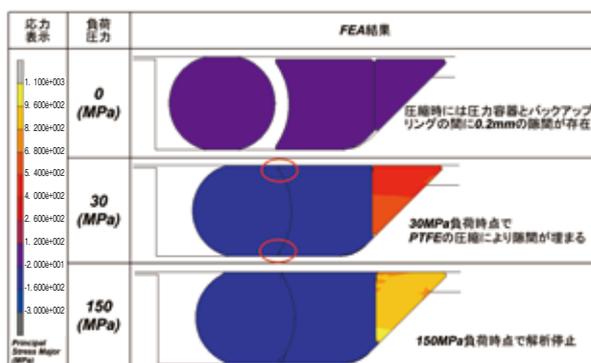


Figure6 FEA結果

ワンカット品の使用において、カット部のすき間部(下図Z)へのOリングはみ出しによる、破損などのトラブル事例がある。このすき間(Z寸法)については、AS規格(MS28774)を参考としてFigure7の許容範囲を作成した。

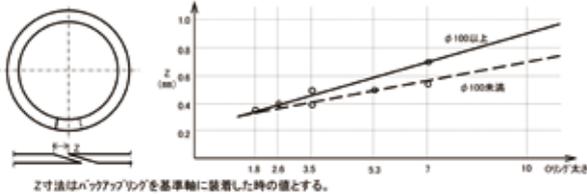


Figure7 円筒用バックアップリングのワンカット部すき間の許容範囲

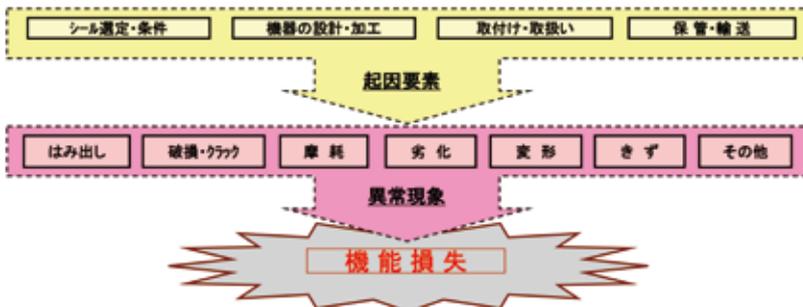
PTFEは一般の樹脂と同レベルの線膨張係数を示し、特に23℃付近に材料特有の転移点が存在しており、トラブルに際しては、使用箇所の環境温度の範囲を確認して、下記Table10の線膨張係数で寸法を補正の上、対応する必要がある。

Table10 温度範囲と線膨張係数の関係

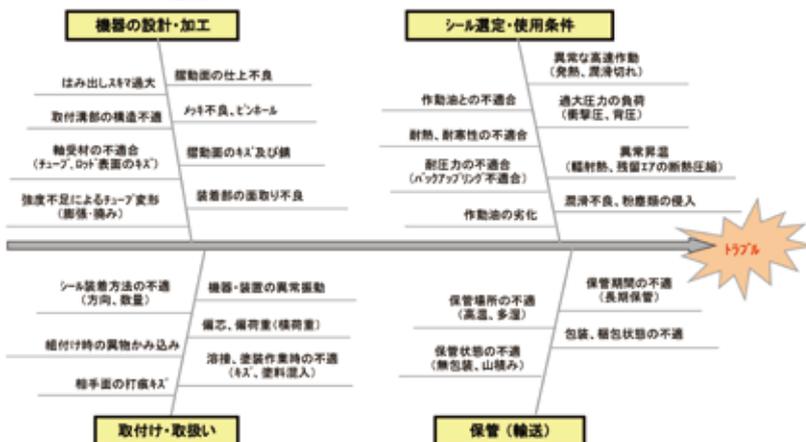
温度範囲 (°C)	25~100	25~50	25~30	25~20	25~0	25~-50
線膨張係数 (×10 ⁻⁵ /°C)	12.4	12.4	16	79	20	13.5

3. 選定トラブル要因とその対策

3-1) 製品トラブルの起因要素と異常現象フローチャート



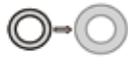
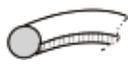
3-2) トラブル要因図



3-3) Oリング使用時の取り扱い注意事項

- ① Oリングが捻じれたまま装着すると、摩耗や破損する危険性があるので、捻じれた状態では装着しないこと。
- ② 装着時にグリースや潤滑油を使用する場合、Oリング材料を膨潤させるものがあるので、事前に耐性などを確認のこと。
- ③ ウェスや軍手の糸くず、切粉、ゴミなどは、Oリングの寿命を短くするので、このような異物、ゴミの混入を防止のこと。
- ④ Oリングを大きく引き伸ばすと元に戻らず、機器の組み立てが出来なかったり、漏れの原因にもなるので無理矢理伸ばさないこと。
- ⑤ 装着時にネジ部やエッジ部などで傷つく恐れがあるときは、装着治具(軟質金属または樹脂製)を使用しOリングに傷がつかないように注意すること。
- ⑥ 材料によっては、人体に悪影響を及ぼすこともあるので、食品用、医薬用に使用する場合は、事前確認または相談すること。
- ⑦ 有害なガスが発生する恐れがあるので、Oリングは焼却しないこと。

3-4)トラブル事例とその対策

現象	外 観		原 因	対 策
	現象	外 観		
硬化		全体が硬化して曲げるとクラックが入る。	・使用温度が材料の耐熱限界を超えている	・耐熱性の優れた材料に変更する ・環境温度を下げる
膨潤(軟化)		全体的に軟化して膨らんでいる。	・シール対象物と材料の不適合	・耐性を確認し、ゴム材料を見直す
			・溶剤系などの洗浄剤の残留	・洗浄剤をきれいに除去する
へたり		装着溝にならった状態で変形。	・高温条件化で使用されている	・耐熱性の優れた材料に変更する ・シール部の温度を下げる
			・Oリングの圧縮量が過大	・溝寸法またはOリング寸法の見直し
はみ出し		円周面(全体または一部)で欠損。	・装着溝と相手面とのすき間が大きい	・すき間寸法を小さくする
			・過大な圧力が負荷された	・バックアップリングの併用
			・Oリング材料の強度不足	・ゴム硬度を上げる
きず		円周面にこすれによるきずがある。	・装着時にネジ山などで円周面に傷をつけた	・ネジ山などに直接当たらない保護治具を使用する
摩耗		Oリング接触面に摩耗。	・相手面の表面仕上げが粗い	・相手面粗さを規定通りにする
			<運動用の場合> ・潤滑が不十分	・潤滑状態を良くする ・耐摩耗性に優れた材料に変更する
ねじれ		円周上でねじれて変形。	・ねじれて取り付けられた	・取り付け時、注意する ・Oリングにニューラバフロン処理をする
			<運動用の場合> ・運動速度が速い ・偏心運動をしている	・バックイン形状を変更する ・偏心運動をなくす
かじり		円周上で部分的に切り取られ、またはえぐり取られている。	・装着時に穴部、ネジ山部、端部エッジなどで欠損	・端部などの面取りに注意する ・装着時に保護治具などを使用する
			・圧縮量が過大な状況で無理に装着した	・溝寸法またはOリング寸法を見直す
オゾンクラック		表面にひび割れ状の亀裂がある。	・伸張状態で空気中に放置	・伸張状態で放置しない ・適正な包装状態で保管する
			・オゾン濃度が高い	・耐オゾン性の良い材料に変更する

4. おわりに

本報にて、Oリングの選定に対する考え方・選定方法、選定ミスによるトラブル事例とその対策を紹介した。

ここで紹介しきれなかったOリングの選定においては、当社の「Oリング」カタログ(No.LC01)及び「バルカーハンドブック」2011年改訂版を活用いただきたい。

これらに記載のない選定条件においては、当社に問い合わせいただきたく思う。

Oリングの適切な選定の考え方・手順を知り、正しい選定をすることでOリングによる漏洩トラブルを防ぐことが出来ると考える。本報がその一助となれば幸いである。

5. 参考文献

- 1)バルカーレビュー編集室、バルカーレビューVOL.31 No.3 No.4(1987)
- 2)バルカーハンドブック技術編 (2010)
- 3)八木義則、エラストマーシール技術資料(2014)



保科 正次

営業本部
テクニカルソリューショングループ