



テクニカルマニュアル

空気圧機器へのオゾンの影響及び対策

KURODA P n e u m a t i c s L t d .

目次

Page

1. オゾン (O ₃) とは？2
2. オゾンによる空気圧機器への影響	
・ オゾンによる不具合発生例3
・ オゾンクラックの実例	
3. オゾンとゴムとの関係について4
・ ゴムとオゾンクラックの関係	
・ 飽和構造 (単結合)・不飽和構造 (二重結合) とは？	
・ ゴムの分子構造	
・ NBR (ニトリルゴム) の場合	
・ HNBR (水素添加ニトリルゴム)・FKM (フッ素ゴム) の場合5
・ CR (クロロプレン) の場合6
4. 耐オゾン試験例	
5. 油膜によるゴム表面の保護効果7
6. 圧縮空気中にオゾンが含まれる理由	
7. オゾンの環境への影響8
・ 人体への影響と環境基準9
8. オゾン対策品リスト10
・ 調質機器	
・ 制御機器	

1.オゾン (O₃) とは？

オゾンとは、3個の酸素分子により構成されています。通常は無色ですが、高濃度ではやや青みのある気体で、特有の生臭い臭気を持っています。この臭気は一般的に 0.005 PPM 位から感じられます。

オゾン本来の性質が理解されるようになったのはそれほど昔のことではなく、ノーベル賞を受賞したC.F.Schoenbeinが 1840 年に解明し、特有の臭いがするので“臭う”という意味のギリシャ語“OZO”に基づいて“OZONE”としました。化学式では「O₃」と表わします。

強力な酸化作用と、大気中でオゾンは分解され、いつまでもオゾンとして残存しないと言う特長があります。その特徴を生かし近年では、殺菌・脱臭・有害物の除去等多くの分野で利用されています。

しかし、ある特定の性質を持ったゴム素材に対して悪影響を及ぼす性質も持っています。

2.オゾンによる空気圧機器への影響

空気圧機器に用いられるゴムの材質は、一般に耐油性・耐摩耗性が高いことから NBR(ニトリルゴム)が多用されています。しかしながら NBR はオゾンにより、クラック(亀裂)が発生することがあり、その亀裂が原因で各種空気圧機器に対して漏れ・作動不良などの不具合現象を引き起こします。

オゾンクラックの特徴はゴム素材に加わる応力に対し、直角方向にクラックを発生させます。また、物理的な破損と異なり、事例の多くは無数のクラックを引き起こします。

空気圧機器のオゾンによる不具合発生例

機種	不具合部品・部位	現象
レギュレータ (減圧弁)	ダイヤフラム	リリースポートからの常時漏れ 調圧不良(程度によっては調圧不能)
	主弁シート部	
電磁弁	主弁パッキン	漏れ・作動不良
	ガスケット	漏れ
駆動機器 (シリンダ・ハイロータ)	駆動機器は、給油タイプと無給油タイプがありますが、パッキン類には、あらかじめ塗布された潤滑用グリースが油膜を生成しています。そのため駆動機器は、無給油・給油タイプに関わらず、油分の保護膜が生成されるため、オゾンクラックはありません。(5項参照)	

オゾンクラックの実例



写真1 減圧弁のダイヤフラム



写真 1-1 ダイヤフラム拡大図



写真2 減圧弁の主弁シート部



写真 2-1 主弁シート部拡大図



写真3 電磁弁のポペット部（弁座シール面）
「未使用」

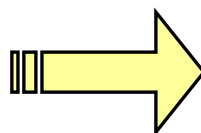
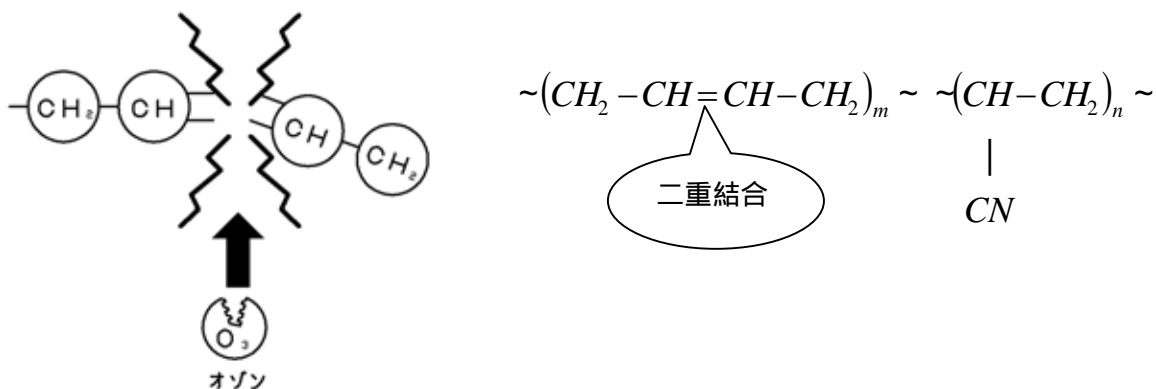


写真 3-1 クラックが発生したポペット部

NBR（ニトリルゴム）の場合

NBRの二重結合にオゾンが反応し、分子主鎖が切断されオゾンクラック（亀裂）が起きます。



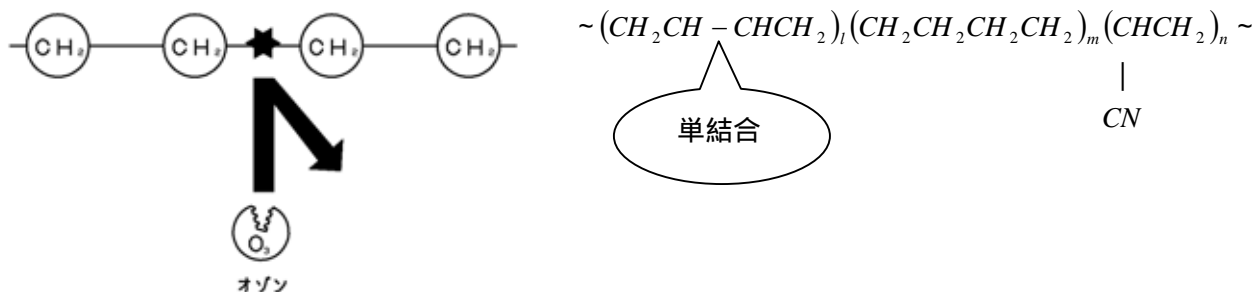
HNBR（水素添加ニトリルゴム）・FKM（フッ素ゴム）の場合

HNBRは、NBRに水素を付加させ二重結合をなくしたものです。極微量の二重結合が残っていますが、良好な耐オゾン性を示します。

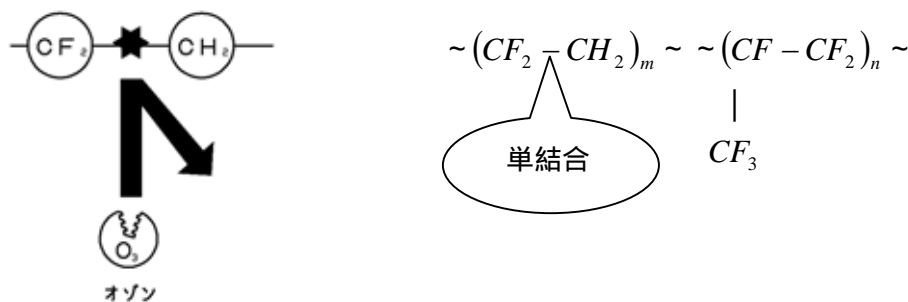
（HNBRでも配合によっては耐オゾン性の低いものも存在します。）

FKMは、元々分子構造に二重構造を持たず、オゾンによる影響はありません。

HNBR



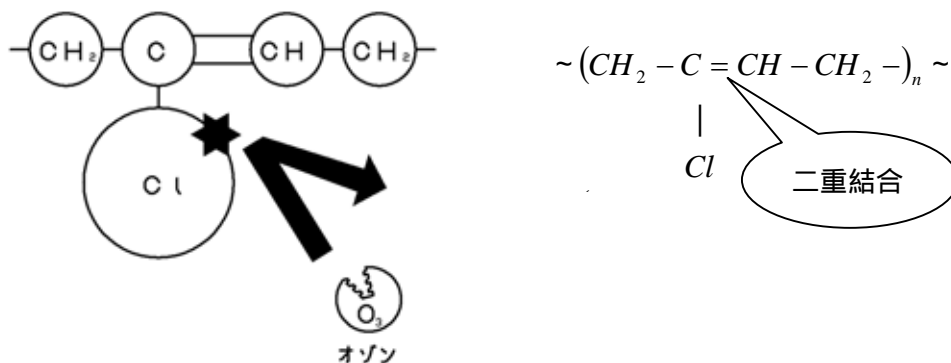
FKM



CR(クロロブレン)の場合

CRはNBRと同じ二重構造を持っていますが、分子構造内のCl(塩素)の原子量が大きく、オゾンとの反応性を妨害するため、結合が切断されにくく、良好な耐オゾン性を示します。

弊社では調質機器のオゾン対策として多くのCR使用実績があります。(次項試験例)



4.耐オゾン試験例 (弊社試験)

「JIS K 6259 加硫ゴムのオゾン劣化試験方法」に準じ0.5ppmのオゾンを含む空気にてNBR・CRの耐オゾン性を調査しました。

「試験条件」

- ・ オゾン濃度 0.5ppm
- ・ 試験片 短冊状 長さ60mm 幅 10mm 厚さ 2mm
- ・ 引張ひずみ 20±2 %
- ・ 試験温度 40±1

「試験結果」

- ・ NBRは試験開始4時間未満でオゾンクラックが発生しました。一方、CRは8時間経過しても表面に変化ありませんでした。



8時間経過後 CR



8時間経過 NBR

「JIS K 6259 加硫ゴムのオゾン劣化試験方法」に準じ 1ppm のオゾンを含む空気にて NBR・HNBR の耐オゾン性を調査しました。

「試験条件」

- ・ オゾン濃度 1ppm
- ・ 試験片 JIS ダンベル 3号 DISX
- ・ 引張ひずみ $20 \pm 2\%$
- ・ 試験温度 40 ± 1
- ・ 試験期間 1000 時間

「試験結果」

- ・ HNBR は、オゾンクラックは発生致しませんでした。しかし、NBR は試験開始 4 時間で破断致しました。

5.油膜によるゴム表面の保護効果

グリースは、ゴム表面に薄い油分の保護膜を生成します。その保護膜によってオゾンと二重結合の反応を遮断し、NBR でもオゾン雰囲気中で問題なく使用できます。実際、グリースを塗布した NBR 部品を使用しているシリンダ・ハイロータ等のアクチュエータでのオゾンクラックの発生事例はありません。

6.圧縮空気中にオゾンが含まれる理由

空気圧機器でのオゾン劣化は、オゾンを含む空気を圧縮機が吸い込み、空気圧機器のゴム部材に影響を及ぼしていると考えられます。

従来、給油形往復圧縮機が主流でした。その場合、圧縮熱や圧縮工程で発生するドレンで、配管内のオゾンがゴム部材に影響の無い程度まで分解（減衰）されていました。しかし近年、ターボ形圧縮機や容積形圧縮機（ロータリー式無給油タイプ）の普及により、配管中にドレンが発生しにくいドライエアー化が進み、オゾンの分解（減衰）の割合が小さくなっています。

オゾンクラックの事例の多くは、オイルフリーコンプレッサー使用で低露点に乾燥させたドライエアーの空気圧システムで発生しています。

（半導体装置、繊維機械、分析機器など）

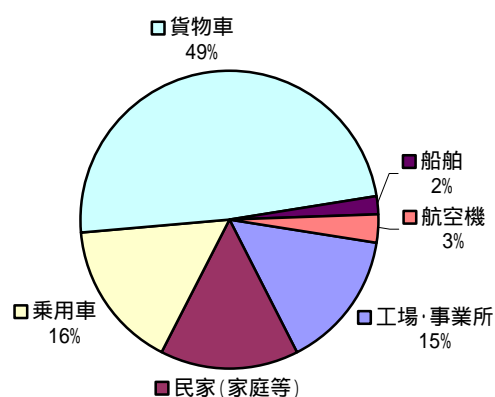
7.オゾンの環境への影響

オゾンは、自然大気中に存在するものと、自動車や工場などから排出される燃焼ガスに含まれる炭化水素や窒素酸化物(NOx)が、太陽光の紫外線によって光化学反応を生じて生成されたものがあります。この光化学反応では光化学オキシダントが生成されます。光化学オキシダントの70～90%がオゾンで、その他はPAN(パーオキシアセチルナイトレート)、二酸化窒素、アルデヒド類などの酸化性物質です。光化学オキシダントによる大気汚染は光化学スモッグと呼ばれ、近年のオゾン発生割合は、後者の場合が多くなっています。

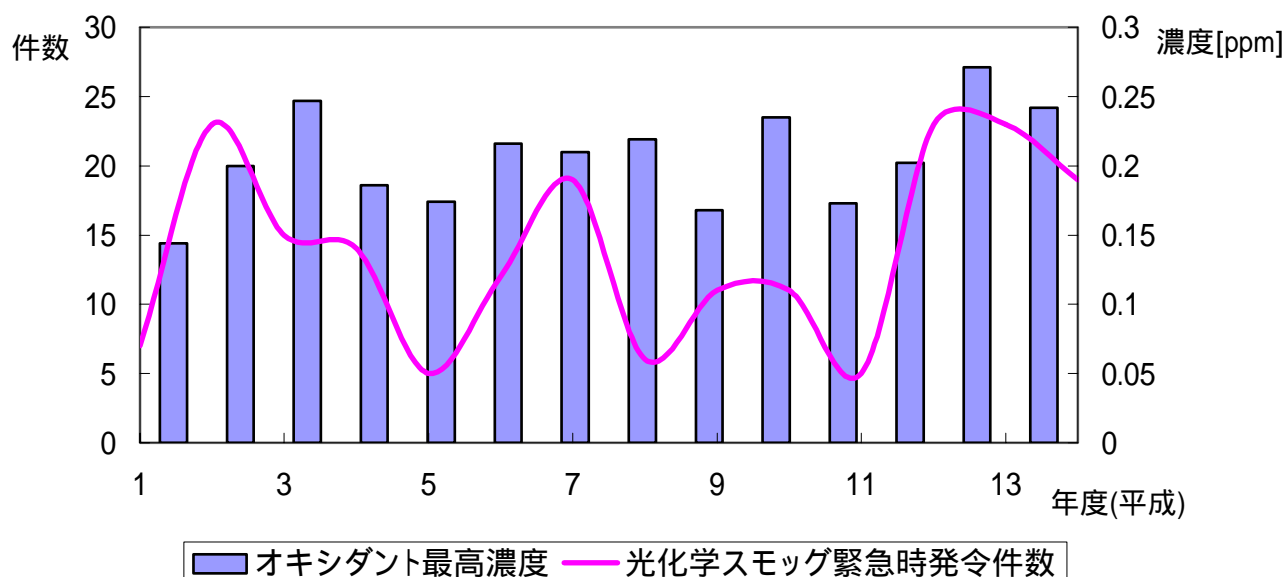
東京都環境白書では、5時～20時の間で過去最高濃度は0.271ppmで平成14年度平均0.027ppmとなっています。^{「1」}

室内でのオゾンの発生源としては、紫外線を利用したコピー機や静電気式空気清浄機などがあります。コロナ放電を伴う静電気式空気清浄機の中には、空気中の酸素を活性化させ、オゾンが発生するものがあります。実際に市販されている空気清浄機から発生するオゾン濃度を測定した研究報告によると、約5ミリリットル/時間といった、最大のオゾン発生量を示す機種では、実際の室内で一般環境基準値の0.06ppmを越える濃度になる場合もあると報告されています。^{「3」}

窒素酸化物(NOx)の発生源別排出量
(平成14年度・東京都)



オキシダント最高濃度/光化学スモッグ緊急時発令件数 (東京都)



人体への影響と環境基準^{r2,r3}

・人体への影響

曝露条件	空气中濃度	症状
短期間曝露	0.1ppm	鼻、喉の刺激
	0.1 - 0.3ppm	喘息発作、慢性気管支炎、
	0.08ppm - 0.2ppm (2 - 7 時間)	肺機能低下、深呼吸時の痛み、肺の炎症
長期間曝露	0.11ppm	肺機能低下

短期曝露を繰り返すと、オゾンと呼吸道との間の複雑な相互作用を示し、5日目で肺機能の衰弱が発生します。

・環境基準

国	各国一般環境基準
日本	0.06ppm (光化学オキシダント濃度の1時間値)
米国	0.08ppm (同上8時間値) *1997年に環境保護庁が改訂した数値
WHO、欧州	0.073 - 0.1ppm (同上1時間値) 0.05 - 0.06ppm (同上8時間値) 短時間で0.1ppmを越えないことが望ましい

8.オゾン対策品

下記製品は、オーダーメイドにて対応できるモデルがございますので詳しくはカスタマーサービスまでお問い合わせください。

● 調質機器

エアフィルタ
コアレスニングフィルタ
レギュレータ
フィルタレギュレータ
ロックアウトバルブ(残圧排気弁)

● 制御機器

4・5 ポート電磁弁
「FKM(フッ素ゴム)・HNBR(水素添加ニトリルゴム)」を使用した耐オゾン仕様

【参考資料】

- 「1」 東京環境データ 2001 東京の環境 2003
- 「2」 房家正博 「空気清浄機から発生するオゾンとその室内濃度を与える要因」環境化学, Vol8, No.4, p823-830
- 「3」 Jane Q. Koenig, ワシントン大学、環境衛生部 (ワシントン州、シアトル) 環境衛生展望,
Environmental Health Perspectives Volume 107, Number 8, August 1999