2021 OEGセミナー

電子機器に影響を及ぼすアウトガス(低分子シロキサン)

~ リレー接点材質・容量の違いによる検証 ~

2021年9月10日

沖エンジニアリング株式会社 環境事業部 棗田 次郎

目次

- 1. 接点で起こる接触不良の原因
 - 1.1 電子機器の接点で起こる接触不良の原因)
 - 1.2 低分子シロキサンとは?
 - 1.3 接点障害が発生するしくみ
 - 1.4 低分子シロキサンによる障害事例
 - 1.5 身近なシリコーン製品
- 2. 低分子シロキサン解析事例
 - 2.1 低分子シロキサン解析事例
- 3. 低分子シロキサン暴露試験
 - 3.1 暴露試験実施概要
 - 3.2 暴露試験実施結果 データーの整理方法
 - 3.3 暴露試験実施結果
- 4. まとめ
 - 4.1 まとめ

参考資料(1/3)~(3/3) 2015年OEGセミナー発表時に使用したリレーでの暴露試験結果

電子機器の接点で起こる接触不良の原因(1/2)

製品に影響を与える様々な汚染物質が、いろいろな物から発生している。 発生したアウトガスは、電子機器に影響を与えることがある。

- 建築資材(クリーンルームなども)
- 製造装置材料・加工時使用材料
- 製品
- 梱包資材

建築資材

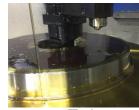




コーキング・シーラント

接着剤

製造装置材料・ 加工時使用材料



潤滑油

製品







コントローラー

レンズ封入材 電源基板

梱包資材





ダンボール・ガムテープ

梱包資材

1.1 電子機器の接点で起こる接触不良の原因(2/2)

アウトガスの代表的なものとして、低分子シロキサン、硫黄系ガス・塩素ガスがある。

◎ 低分子シロキサン



導通不良による接点障害



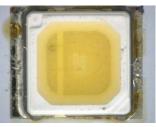
接点にSiO2の 異物生成

- 一般的に広く使用されているシリコーンから発生するシロキサンが接点障害の原因となる。
- シロキサンがガス化し接点付近に浮遊、又は接点上に堆積。 接点上のアーク火花により酸化分解し、 SiO2の膜が生成することにより導通不良が発生する。

◎ 硫黄系ガス・塩素ガス



金属腐食による接点不良



LED反射板の硫化

■ 硫化水素・二酸化硫黄などの硫黄系ガス、塩素ガスは、 金属腐食の代表的な原因物質。



銅配線の硫化 (スルーホール部)

■ 特に銀は硫黄に対する感受性が強く、 ごく低濃度濃度でも硫化銀を生成し変色(腐食)が 発生する。



1.2 低分子シロキサンとは?

低分子シロキサンとは、シリコーンなどの材料からガス化して出てくる物質で、

Si · O · R (アルキル = 主にCH₃) で構成される。

鎖状・環状の2種類があり、解析の際に検出されるものは環状であることが多い。

分子量の大きさの割りに沸点が低く、かつ蒸気圧が高い(気化しやすい)。

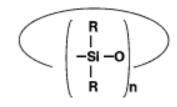
低分子シロキサン一覧表

名	称	略称	成分名称	分子式	分子量	沸点[℃]	蒸気圧 [mmHg]25℃
鎖	2量体	M2	ヘキサメチルジシロキサン	(CH ₃) ₆ Si ₂ O	162	100	42
状	3量体	М3	オクタメチルトリシロキサン	(CH3)8Si3O2	236	153	5.2
Х	4量体	M4	デカメチルテトラシロキサン	$(CH_3)_{10}Si_4O_3$	310	195	0.7
チ	5量体	M5	ドデカメチルペンタシロキサン	$(CH_3)_{12}Si_5O_3$	384	230	0.15
ル	6量体	M6	テトラデカメチルヘキサシロキサン	$(CH_3)_{14}Si_6O_4$	458	情報なし	情報なし
シロ	7量体	M7	ヘキサデカメチルヘプタシロキサン	(CH ₃) ₁₆ Si ₇ O ₄	532	情報なし	情報なし
+	8量体	M8	オクタデカメチルオクタシロキサン	$(CH_3)_{18}Si_8O_5$	606	情報なし	情報なし
サ	9量体	M9	エイコサメチルデカシロキサン	(CH ₃) ₂₀ Si ₉ O ₅	680	情報なし	情報なし
ン	10量体	M10	ドコサメチルデカシロキサン	(CH ₃) ₂₂ Si ₁₀ O ₆	754	情報なし	情報なし
環	3量体	D3	ヘキサメチルシクロトリシロキサン	(CH3)6(SiO)3	222	134	-
状	4量体	D4	オクタメチルシクロテトラシロキサン	(CH3)8(SiO)4	296	176	1.55
メ	5量体	D5	デカメチルシクロペンタシロキサン	(CH3)10(SiO)5	370	210	2.94×10 ⁻¹
チル	6量体	D6	ドデカメチルシクロヘキサシロキサン	$(CH_3)_{12}(SiO)_6$	444	245	5.59×10 ⁻²
シ	7量体	D7	テトラデカメチルシクロヘプタシロキサン	$(CH_3)_{14}(SiO)_7$	518	276	1.06×10 ⁻²
	8量体	D8	ヘキサデカメチルシクロオクタシロキサン	(CH3)16(SiO)8	592	303	2.01×10 ⁻³
キ サ	9量体	D9	オクタデカメチルシクロノナシロキサン	(CH ₃) ₁₈ (SiO) ₉	666	404	3.82×10 ⁻⁴
ン	10量体	D10	エイコサメチルシクロデカシロキサン	$(CH_3)_{20}(SiO)_{10}$	740	情報なし	情報なし

鎖状シロキサン

$$\begin{array}{c} R \\ I \\ R-SI-O \\ I \\ R \end{array} \begin{pmatrix} R \\ I \\ -SI-O \\ I \\ R \end{pmatrix} - \begin{array}{c} R \\ I \\ -SI-R \\ I \\ n \end{array}$$

環状シロキサン

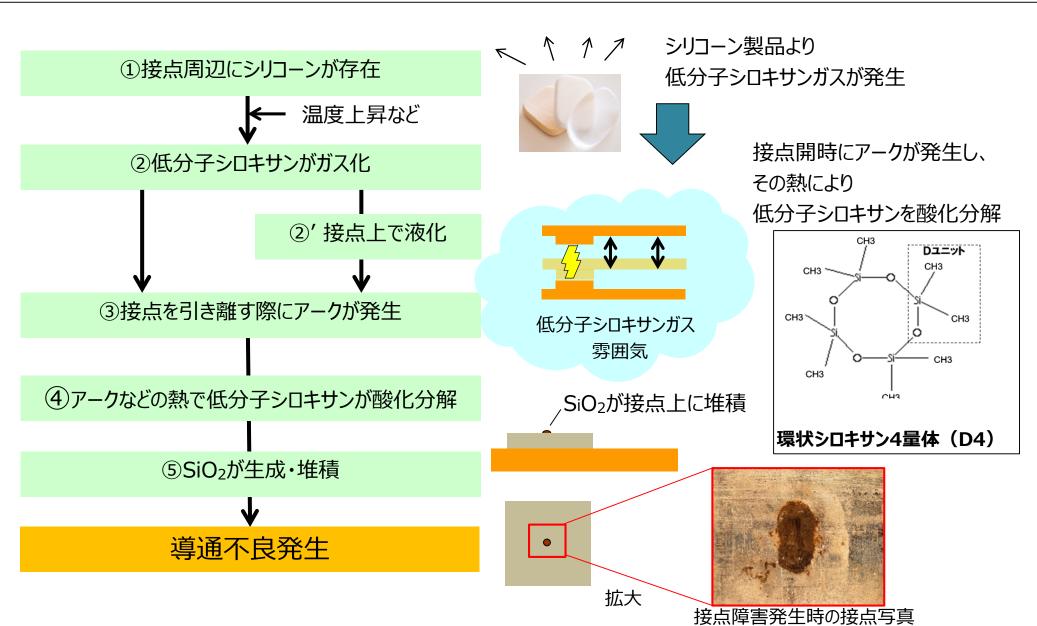


注)RはCH₃を示す

【参考文献】

※環状シロキサンの物性は、文献値(有機汚染物質/アウトガスの発生メカニズムとトラブル対策事例集より引用) ※鎖状シロキサンの物性は、メーカー技術資料 https://www.silicone.jp/catalog/pdf/kf96_j.pdf P15から読み取った値

1.3 接点障害が発生するしくみ



1.4 低分子シロキサンによる障害事例

接点障害以外にも、レンズの曇りや塗装の剥がれなどの障害事例がある。

酸化分解されたSiO2による障害

リレー、スイッチなどの接点障害



制御盤内リルー・タイマー



基板実装リレー、スイッチ

モーター動作不良



ブラシモーター

コネクターなどの接触不良





配線コネクター

通信用コネクター

センサー類動作不良



温度センサー



石油ファンヒーター フレームロッドへの付着、着火不良 出展:社)日本ガス石油機器工業会

低分子シロキサンが付着することによる障害

レンズの曇り



レンズ表面への 付着、曇り

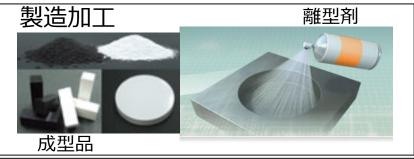
塗装不良



塗膜の接着不良

1.5 身近なシリコーン製品

シリコーン製品は、様々な用途で使われており、幅広い業界で障害発生の可能性がある。













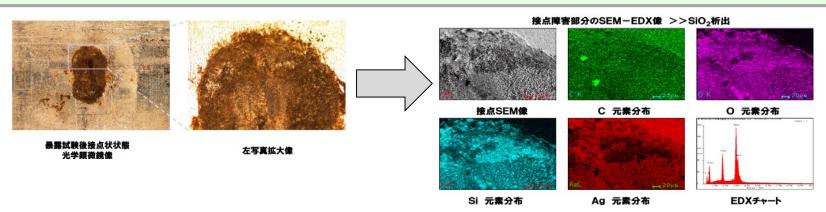




自動車関連 イグニッション(プラグ)ブーツ、コネクターシール(コネクター)、オイルシール、オイルフィルター用チェックバルブ、オイルパン・ベルトカバーガスケット(FIPG)、耐熱ホース、断熱フォームシート、エアバックコーティング、ウェザーストリップコーティング、プラスチックガラス用ハードコート、オートエレクトロニクス用保護コーティング・ポッティング・接着、ファンカップリング、ビスカスカップリング、ゴム・タイヤ成型用離型剤、潤滑グリース、ダンパー油 出展:シリコーン工業会

2.1 低分子シロキサン解析事例(1/2)障害原因解析・実使用環境濃度測定

① 障害が発生している接点を観察・解析し、原因を特定する。

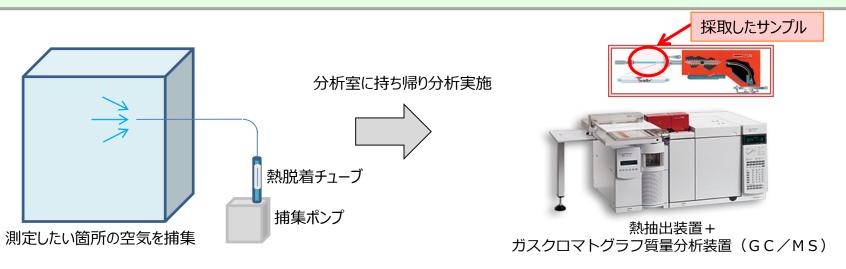


光学顕微鏡による接点観察

SEM-EDXによる解析

SEM-EDX: 走査型電子顕微鏡 によるエネルギー分散型X線分光法

② 接点がどの程度の濃度に暴露されているかなど、実使用環境濃度を測定する。



2.1 低分子シロキサン解析事例(2/2)

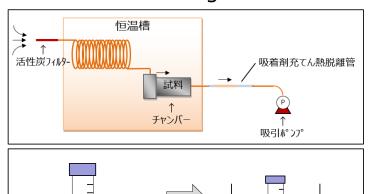
材料及び製品評価・暴露試験

③ どの材料・製品から発生しているのか、発生源を特定する。

超音波抽出

材料・製品のシロキサン含有量、熱をかけた際に発生するシロキサン揮発量を定量する。

・環状、鎖状シロキサンをngオーダーまで定量可能











採取したサンプル

ガスクロマトグラフ 質量分析装置

④ 再現性確認や接点不良対策品対策の効果評価を目的とした暴露試験を実施する。





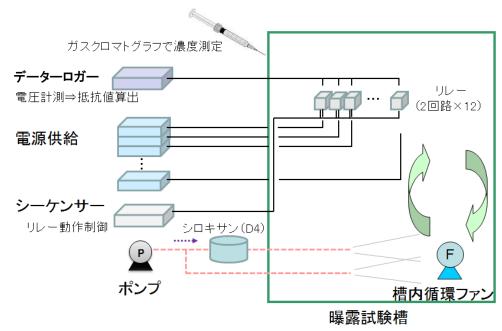
実際の機器仕様に応じた試験条件変更が可能

- ・低分子シロキサン暴露濃度
- ・電圧、電流値などの電気的条件
- 0.1ppm~500ppmの安定した濃度調整が可能

(20ppm以上: ±10%程度)

ベーパー添加方式(吐出ガス濃度コントロール)

3.1 暴露試験実施概要(1/3) _{試験設備}





データーロガー 電圧計測→抵抗値算出



シーケンサー リルー開閉動作制御



暴露試験槽

3.1 暴露試験実施概要(2/3) _{試験条件}

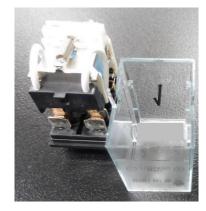
リレーは、接点材質、最大電流値の異なる3種類を使用し比較をおこなった。 また、各リレーについて、電源電圧3種×電流値3種の9条件、開閉動作周波数2条件の 合計18条件についてn=4で実施した。

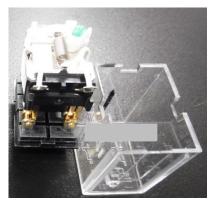
	項目		試験条件					
リレー種類	接点材質 (定格負荷)		①銀 パワーリルー (DC24V 5A)	②銀+金メッパワーリレー (DC24V 5A)	キ 3銀+金メッキ マイクロリレー (DC30V 1A)			
使用シロキサン				犬シロキサン(
温度		$^{\circ}$	常	焓温(23~26	5℃)			
シロキサン暴露目標	濃度	ppm	2000/750/100/30/20/10/5					
電流値		mA	10	00 / 50 /	/ 10			
接点通電電圧		V	2	24 / 12 /	/ 5			
	開閉周波数	Hz		1	0.1			
リレー開閉条件	開時間	sec		0.5	5.0			
リレー用闭条件	閉時間	sec		0.5	5.0			
	開閉回数		100	0,000	10,000			
データーロガーセ	ナンプリング周期	msec		100				

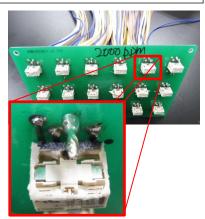
注) D4 (オクタメチルシクロテトラシロキサン)

3.1 暴露試験実施概要(3/3) 使用以一位様

	リレー接点部仕様									
項目	①リレー A	リレ−B	リレーC							
	銀接点 パワーリレー	銀+金メッキ接点 パワールー	銀+金メッキ接点 マイクロリルー							
接点材質	Ag合金	Auメッキ+Ag合金	Auメッキ+Ag合金							
定格負荷	DC24V 5A	DC24V 5A	DC30V 1A							
最大開閉電圧	DC125V	DC125V	DC110V							
最大開閉電流	5A	5A	1A							
最大開閉電力	120W	120W	30W							





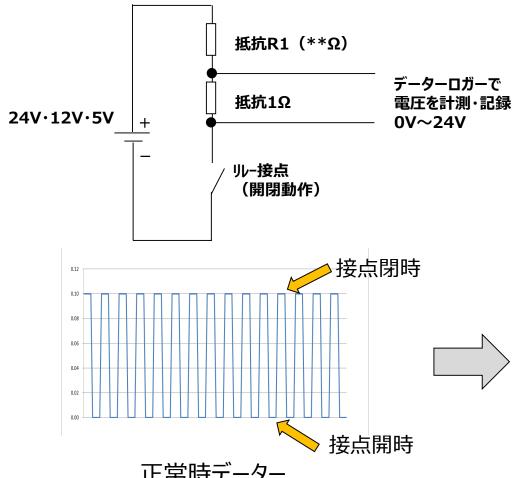




暴露試験実施結果 データーの整理方法(1/3)

試験中は、リレー接点の開/閉時の電圧をデーターロガーにより連続で記録した。 正常な時には、接点開時は電圧が"0"となり、接点閉時は上昇することを繰り返す。

障害発生(接点不良)時には、接点閉時、本来上がるべき電圧が下降したままとなる。



正常時データー

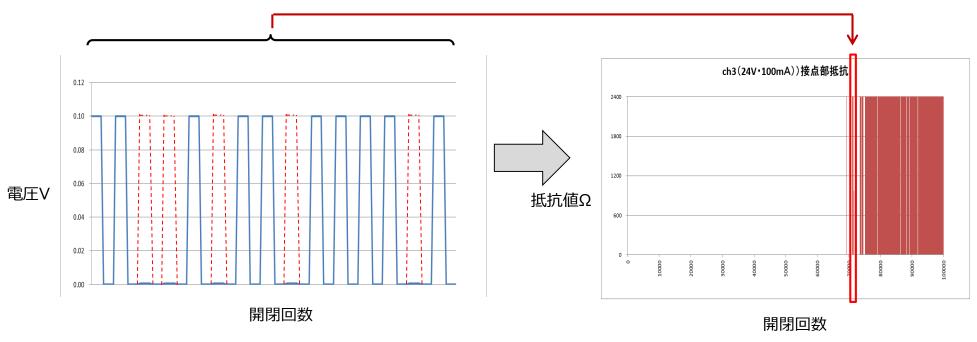
接点閉時、 本来は電圧が上がるべきところが、 電圧が上がらず下降したままとなる



障害発生時データー

3.2 暴露試験実施結果 データーの整理方法(2/3)

接点が開のときのデーターを削除し、接点が閉の時の本来数値が上昇するはずのデーターのみを抽出し、接点間の抵抗値に換算たものをグラフ化した(数値上昇が無いグラフが正常)。 これにより、接点障害の発生状況が一目で分かるようになる。



※データーの抽出

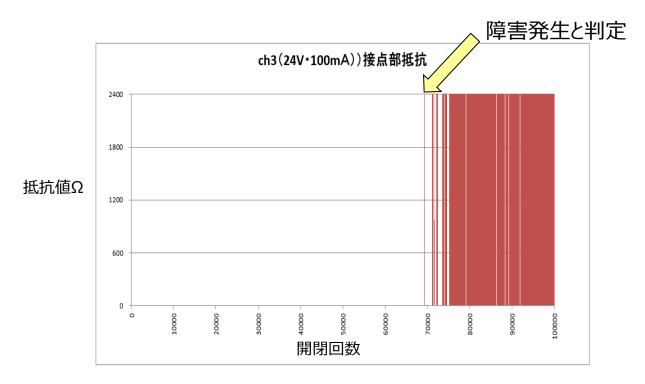
接点閉時間0.5s(0.1Hzは5s)、サンプリング周期100msであるため、 接点閉時のデーターは5データ(0.1Hzは50データ)であるが、数字の大きい1データーを抽出した

3.2 暴露試験実施結果 データーの整理方法(3/3)

低分子シロキサンの接点障害の特徴として、

一時的に抵抗値の上昇が発生しても、その後、復活するケースが多い。 これは、接点表面に生成したSiO2が、接点の開閉動作、アークにより吹き飛ばされることによるもの と考えられる。

今回の試験では、障害発生判定は抵抗値が∞となった時点とする。



3.3 暴露試験実施結果(1/3) 5~30ppm

リレーA、Cでは24V1Hzの回路で20ppm以上、リレーBでは24V1Hzの回路で30ppm以上にて障害が発生した。その他リレーCでは、12Vや5V、0.1Hzでも一部障害発生が確認された。

No. No	
100 100	
DCV MA 所聞過渡数 所聞過渡数 所聞過渡数 所聞過渡数 所問過度数 所見過度数 不見数 所見数 不見数 不見数	
24	
24	IJν-3 IJν-4
24	8,830 -
10	´
10	
10	- -
5 100	- -
5	
10	
24	_ _
20	2,203 -
20	
10	1,711 -
10	
5	- -
10	- -
10	_ _
100	
10	
10	_ _
10	
10	
5	
5	- -
5 10	_ _
5 100	- -
50 -	_ _
5 10	
5 10	- -
5 12 50	
100	
	- -

- : 障害発生なし数字 : 初回障害発生回数

3.3 暴露試験実施結果(2/3) 100~2000ppm

リレーA、B、C共に24V1Hzの回路で障害発生が確認された。 その他、12Vや5V、1Hzでも一部障害発生が確認された。

													試集	(結果 (障害	発生閉回	数)										
がけい濃度	電圧	電流			リレーA(Ag合金·最	大開閉電力	120W)				リレ	-B (Aux	ッキ+Ag合st	金·最大開閉	間電力120V	V)			IJ١	/-C (Аu>	lッキ+Ag合	金·最大開	閉電力30W	<i>l</i>)	
ppm	DCV	mA		開閉用 (1Hz・1				開閉周波数 (0.1Hz・1万回)				開閉用 (1Hz・1	司波数 .0万回)			開閉用 (0.1Hz	司波数 ·1万回)			開閉用 (1Hz・1	司波数 10万回)				周波数 :•1万回)	
			リレ-1	リレ-2	IJV−3	IJν-4	リレ-1	リレ-2	IJ <i>ν</i> −3	リレ-4	リレー1	IJν-2	IJ <i>ν</i> −3	IJ <i>ν</i> −4	リレ-1	リレ-2	IJν-3	IJ <i>ν</i> −4	リレ-1	IJν-2	IJ <i>\</i> −3	IJν-4	リレー1	リレ-2	IJ <i>\</i> −3	リレー4
		100	3,927	8,574	8,498	5,881	3,748	-	-	4,228	15,284	19,960	25,460	31,054	_	-	-	_	1,168	862	931	1,236	162	2,229	1,902	2,014
	24	50	9,738	16,358	13,583		-	_	-	-	46,613	22,205	24,964	23,198	_	_	_	_	4,416	3,284	2,455	3,439	4,245	3,397	2,927	3,360
		10	20,613		20,830	14,762	-	_	1,295	_	_	15,791	24,177	45,378	_	_	-	_	4,235	4,264	3,382	5,687	4,329	5,259	5,605	4,320
		100	_	34,558	_	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	84,709	-	_	_	_	_	-	_
2000	12	50	_	_	_	-		_	_	_	_	_		_		_	_	_	_	_	_	_	_			_
		10	_	_	_	-	-	_	-	_	_		_	-	_	-	-	-	_	_	_	_		-	-	_
		100	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_	_	_	_	-	_
	5	50	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	-	_
		10	_	_		_	-	_	-	_		_			_	-	-	-	_			_		-	-	-
		100	_				-	_	_	_	48,296			34,840	_	_	_	_	13,238		4,663	11,173	_	_	-	_
	24	50	_	47,176	51,893	38,310	-	_	_	_	37,358				_	_	-	-	16,083			21,440	-	_	-	_
		10	59,989	_	_	-	-	_	-	_	36,765	55,115	32,454	26,048	_	-	-	-	12,270	19,073	17,592	19,697	_	-	_	-
		100	_	_	_	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_
750	12	50	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	-	_
		10	_	_	_	-	-	_	-	_	-	-	_	-	_	-	-	-	-	-	_	-	-	-	-	-
		100	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	_	_	_	_	_	_	-	_
	5	50	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	_	_	_	-	-	_	_	_	_	_	_	-	_
		10	_	_	_	-	-	_	-	_	-	_	_	_	_	-	-	-	-	_	_	_	-	-	-	-
	24	100	_	-	69,213	76,821	-	_		_	_	81,299			_	_	_	_	_	18,542	18,676	39,193	_	_	-	_
	24	50	_		_	- 00.004	-		_	_				65,985		_	_	_	_		40,437		_	_	-	_
		100	_	_	_	80,024	_		_			-		_	_	_	_	_					_	_	_	_
100	00 12	100 50	1,918	_		_	_	_		_	_				_				45,852	_	15,465	_				_
100		10	1,918																45,852		15,465				- -	
	\vdash	100										- -		_		_						_		484	532	_
	5	50	_	_	_	_	_	_	_	_	_	_		_	_	_		_	_	_	_	_	_	-	-	_
		10	_	_	_	_	_	_	_	_	_			_	_	_	_	_	_	_	_	_	_		_	_
		10																				_	 陪室器 	6 Al-+x1		

- :障害発生なし数字 :初回障害発生回数



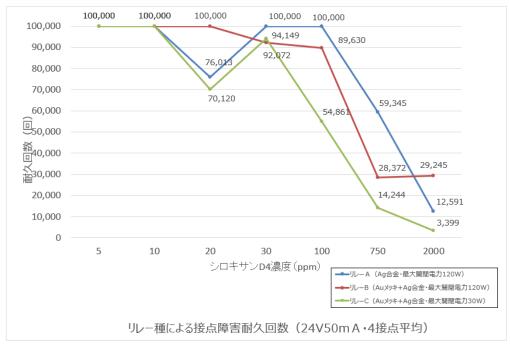
3.3 暴露試験実施結果(3/3)

各リレー24V100mA、50mAの接点障害発生までの耐久回数(4接点の平均)をそれぞれグラフに示した。

24V100mAにおいて、リレーA(銀接点)とB(金メッキ)には20ppmにてAの方が耐久性が低い傾向があるものの大きな差異は見られなかったが、最大開閉容量が小さいリレーCはA、Bに比べ耐久性が若干低い傾向にあることが確認された。

24V50m A においても、同様に、最大開閉容量が小さいリレー C はA、Bに比べ耐久性が若干低い傾向にあることが確認された。





4.1 まとめ (1/2)

今回の接点障害発生までの耐久回数試験結果では、金メッキ、銀で大きな差異は確認できなかったが、 最大開閉容量が小さいリレーCはリレーA、Bに比べ耐久性が若干低い傾向にあることが確認された。

また、今回の試験では20ppm以上でしか障害発生は確認できなかったが、以前実施したリレーの試験では、10ppmでも障害発生が確認されている。更に、20万回までの試験では5ppmでも障害発生が確認されており、数ppm以上の濃度では注意が必要である。

(詳細は2015年OEGセミナー資料参照)

電流	シロキサン濃度		開閉周波数		試験結果	(閉回数)		電流	シロキサン濃度	電圧	開閉周波数		試験結果	(閉回数)	
mA	ppm	DCV	Hz	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4	(mA)	(ppm)	(DCV)	(Hz)	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
		24	1	51,639	98,158	34,151	96,760			24	- 1	43,753	40,819	56,500	36,729
		24	0.1	-	-	-	-			24	0.1	-	-	-	-
	30	12	1	- 1	-	-	- 1		30	12	1	-	-	-	-
	(27.3-33.7)	12	0.1	- 1	-	-	- 1		(31.2-32.9)	12	0.1	-	-	-	-
		5	1	-	-	-	-			5	1	-	-	-	-
		5	0.1	-	-	-	-			5	0.1	-	-	-	-
		24		47,591	55,237	67,527	63,423			24	1	93,894	62,428	51,292	-
		24	0.1	- 1	-	-	- 1			24 12	0.1	-	-	-	-
	20	12	. 1	-	-	-	- 1		20	12	1	-	-	-	-
	(20.5-23.0)	12	0.1	-	-	-	- 1		(16.5-19.8)	12	0.1	-	-	-	-
		5		_	_	_	-			5	1	-	-	-	-
100		0.4		69,269	59,514	90,479	-	50		5	0.1	04.007		- 00.050	_
		24 24	0.1	69,269	59,514	90,479				24	1	34,667	39,834	32,852	_
	10	12	0.1	I -		_			10	24 12	0.1	_			_
	(8.5-11.6)	12	0.1			_			(10.0-11.5)	12	0.1	_			_
	(0.5 11.0)	5	0.1	_	_	_			(10.0-11.5)	5	0.1	_	_	_	_
		5	0 i	_	_	_	_			5	0.1	_	_	_	_
		24	1	-	-	-	-			24	- 1	-	-	-	-
		24	0.1	-	-	-	-			24	0.1	-	-	-	-
	5	12	1	-	-	-	-		5	12	1	-	-	-	-
	(4.7-5.7)	12	0.1	-	-	-	-		(3.6-3.9)	12	0.1	-	-	-	-
		5	1	-	-	-	-			5	1	-	-	-	-
		5	0.1	_	-	_	-			5	0.1	-	-	-	-
	※()数値は実	測値							※()数値は実	測値					

F	電流	シロキサン濃度		開閉周波数		試験結果		
	mΑ	ppm	DCV	Hz	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
			24		144,955	-	164,763	-
			24	0.1	-	-	-	-
		5	12		-	-	-	-
		(3.2-5.2)	12	0.1	-	-	-	-
			5	1	-	-	-	-
			5	0.1	_	-	-	-
т			24	1	-	-	-	-
			24	0.1	-	-	-	-
١,	100	3	12	1	-	-	-	-
ı '	100	(2.0-3.6)	12	0.1	-	-	-	-
			5	1	-	-	-	-
			5	0.1	-	-	-	-
			24		-	-	-	-
			24	0.1	-	-	-	-

以前実施したリレーでの試験結果

本試験結果は参考であり、

製品の電流、電圧などの電気的条件に加え、想定される濃度の環境下で製品に搭載されるリレーやスイッチで評価することが必要である。

安定した結果を得るためには、一定の濃度環境下で評価することが重要となる。

特に、車載部品のシロキサンに対する耐久性確認が要求されてきている。

当社では、車体メーカーなどで規格化された試験方法を含む、種々の試験方法に対応している。

4.1 まとめ(2/2)

電子部品に影響を与えるアウトガスは、今回紹介した**低分子シロキサン**に限ったことではなく、 **硫黄系ガス(S₈含む)、塩化水素やその他成分**などによっても接触不良などの影響を受ける 可能性があります。

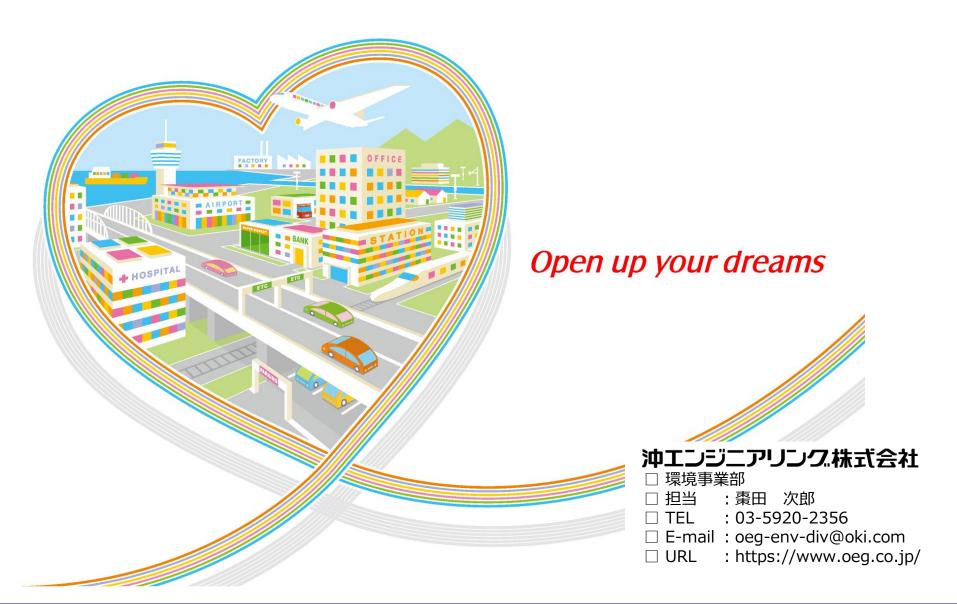
アウトガスの問題解決は手順を追って、ひとつずつ解決していく必要があります。

- ①障害原因解析 (障害原因の特定)
- ②環境測定 (使用環境濃度の測定)
- ③材料・製品評価 (発生源の特定、発生量の定量)
- ④暴露試験 (再現性確認・対策効果の評価)

暴露試験(再現性の確認・対策効果の評価)は、リレーの種類や電流及び電圧により 障害発生有無が変わるため、実際に使用する機器にて評価することが重要となります。

問題解決、対策効果の確認までをワンストップでご提案いたします。 お客様の高信頼、高品質な製品造りの一助になれればと思います。 是非ご相談ください。

ご清聴いただき、ありがとうございました





参考資料 (1/3) 2015年OEGセミナー発表時に使用したリレーでの暴露試験結果

試験結果1 (電流値100mA・接点動作1Hz10万回)

電圧24V、接点開閉周波数1Hz、シロキサン濃度10ppm以上で障害発生

電流	シロキサン濃度	電圧	開閉周波数		試験結果	(閉回数)	
mA	ppm	DCV	Hz	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
		24	1	51,639	98,158	34,151	96,760
		24	0.1	_	_	_	-
	30	12	1	_	_	_	-
	(27.3-33.7)	12	0.1	_	_	_	-
	,_,,,	5	1	_	_	_	-
		5	0.1	-	-	-	-
		24	1	47,591	55,237	67,527	63,423
		24	0.1	_	_	_	_
	20	12	1	_	_	-	-
	(20.5-23.0)	12	0.1	_	_	-	-
	,,	5	1	_	_	_	-
100		5	0.1	_	_	_	-
100		24	1	69,269	59,514	90,479	-
		24	0.1	_	_	_	-
	10	12	1	_	_	_	-
	(8.5-11.6)	12	0.1	_	_	_	-
	, ,	5	1	_	_	_	-
		5	0.1	-	-	-	-
		24	1	-	-	-	-
		24	0.1	-	_	_	_
	5	12	1	-	_	-	_
	(4.7-5.7)	12	0.1	-	-	-	_
	,	5	1	-	-	-	_
		5	0.1	-	_	-	-

※()数値は実測値



参考資料 (2/3) 2015年OEGセミナー発表時に使用したリレーでの暴露試験結果

試験結果2 (電流値50mA ・接点動作1Hz10万回)

電圧24V、接点開閉周波数1Hz、シロキサン濃度10ppm以上で障害発生

シロキサン濃度	電圧	開閉周波数		試験結果	(閉回数)	
(ppm)	(DCV)	(Hz)	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
	24	1	43,753	40,819	56,500	36,729
	24	0.1	_	_	_	_
30	12	1	-	-	-	-
(31.2-32.9)	12	0.1	_	-	-	-
,,,,,,	5	1	_	_	_	-
	5	0.1	_	-	_	-
	24		93,894	62,428	51,292	-
			_	_	_	-
20	12	1	_	-	-	-
(16.5-19.8)			_	-	-	-
	5	1	_	-	-	-
	5	0.1	-	-	-	-
	24		34,667	39,834	32,852	-
	24	0.1	_	_	_	-
10	12	1	_	-	-	-
(10.0-11.5)			_	-	-	-
	5	1	_	-	-	-
	5	0.1	_	_	_	_
	24		-	-	-	_
	24	0.1	-	-	-	_
5			-	-	-	_
(3.6-3.9)			-	-	-	_
, , , , , , ,	5	1	-	-	-	-
	5	0.1	_	-	-	-
	(ppm) 30 (31.2-32.9) 20 (16.5-19.8) 10 (10.0-11.5) 5 (3.6-3.9)	(ppm) (DCV) 24 24 30 (31.2-32.9) 12 5 5 24 24 20 (16.5-19.8) 12 10 (10.0-11.5) 12 (10.0-11.5) 5 5 (3.6-3.9) 12	(ppm) (DCV) (Hz) 30 12 1 (31.2-32.9) 12 0.1 5 1 5 0.1 20 12 1 0.1 24 0.1 0.1 0.1 5 0.1 0.1 0.1 10 12 1 0.1 10 12 1 0.1 5 0.1 0.1 0.1 5 0.1 0.1 0.1 5 0.1 0.1 0.1 5 0.1 0.1 0.1 5 0.1 0.1 0.1	(ppm) (DCV) (Hz) リレー1 24 1 43,753 24 0.1 - 30 12 1 - (31.2-32.9) 12 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 20 12 1 - (16.5-19.8) 12 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 10 12 1 - (10.0-11.5) 12 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 - 5 1 - 5 0.1 -	(ppm) (DCV) (Hz) リレー1 リレー2 24 1 43,753 40,819 24 0.1	(ppm) (DCV) (Hz) Ψν-1 Ψν-2 Ψν-3 30 12 1 43,753 40,819 56,500 (31.2-32.9) 12 0.1 - - - 5 0.1 - - - - 5 0.1 - - - - 20 12 1 - - - - 20 12 1 -

※()数値は実測値



参考資料 (3/3) 2015年OEGセミナー発表時に使用したリレーでの暴露試験結果

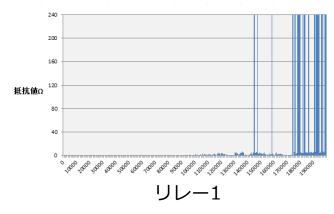
追加試験結果 (5ppm以下、接点動作1Hz20万回)

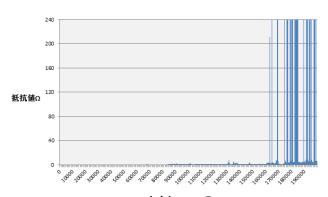
暴露試験結果1~3を受け、電流値100mAにて、接点開閉試験を20万回まで追加試験 を実施

5ppm程度でも障害が発生することが確認された。

電流	シロキサン濃度	電圧	開閉周波数		試験結果	(閉回数)	
mA	ppm	DCV	Hz	リレー1	リレー2	リレー3	リレー4
		24	1	144,955	-	164,763	-
		24	0.1	_	_	_	-
	5	12	1	_	-	_	-
	(3.2-5.2)	12	0.1	_	_	_	-
		5	1	-	-	-	-
		5	0.1	1	1	1	_
		24	1	-	-	_	-
		24	0.1	-	-	-	-
100	3 (2.0-3.6)	12	1	-	-	-	-
100		12	0.1	-	-	-	-
		5	1	-	-	_	-
		5	0.1	ı	ı	ı	-
		24		-	-	-	_
		24	0.1	-	-	-	-
	1	12	1	-	-	-	-
	(0.8-1.8)	12	0.1	-	-	-	-
		5	1	-	-	-	-
		5	0.1	1	ı	-	_

※()数値は実測値 ※開閉試験実施は、20万回





リレー3