

空気呼吸器面体ゴム部の劣化試験

Degradation test of the rubber of face mask for compressed-air breathing apparatus

國 本 由 人*
 笹 子 拓 美*
 篠 塚 孝 夫*

In case of the degradation of the rubber with face mask, air-tightness of the mask is seriously affected.

It is not too much to say that the safety of human life is decided by the degradation.

We carried out the various solution (chemicals, oils, and so on.) resistance test and repeated load test in order to know the degradation.

1. はじめに

災害現場活動中に遭遇する様々な薬品及び油脂類等の飛散を想定し、これらの物質が面体ゴム部に与える劣化の影響を把握するため耐薬品性試験を実施した。

また、面体を繰り返し使用することに伴う機械的劣化を把握するため繰り返し荷重試験を実施した。

いずれの劣化も面体の気密性に大きく影響を及ぼし、人命の危険を左右するものであり、今回の試験はこの点に着目したものである。

2. 実験方法

(1) 供 試 体

本試験に供した試験片は、日本工業規格（以下「JIS」という。）によるダンベル状3号形とした。形状を図1に示す。

ただし、図1の※部分はJISでは25mmであるが、試験片を面体の頭部締めもより採取したので製品のサイズの関係上20mmとした。

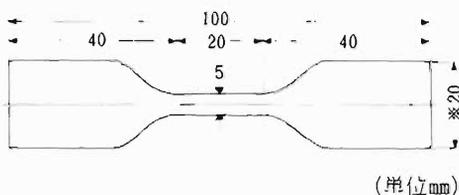


図1 ダンベル3号形の形状

(2) 測定項目

ア 引張強さ（切断荷重）

引張速さは500mm/minとし、試験片の切断時に至るまでの最大荷重（切断荷重）を読みとる。

イ 切断時の標線間距離

あらかじめ試験片に20mmの標線を付け、切断時の標線間距離を測定する。

ウ 永久伸び

試験片に20mmの標線を付け、試験片を一定の長さ（伸び（%）の約1/2に相当する長さ）に引張り、10分間保持した後、急に収縮させ10分後に測定する。

伸び（%）の約1/2に相当する長さ L_x は次式により求めた。

$$L_x = L_0 + 1/2 (L_1 - L_0)$$

L_0 : 標線距離 (mm)

L_1 : 切断時の標線間距離 (mm)

永久伸びは、次式によって計算した。

$$P_s = (l_1 - L_0) \times 100 / l_1 (\%)$$

P_s : 永久伸び (%)

l_1 : 収縮させ10分間放置後の標線間距離 (mm)

L_0 : 標線距離 (mm)

エ 硬 度

スプリング式硬度計は JIS K6301 (A型) に基づくものを使用した。

また、試験片の硬度を測定するときは厚さ12mm以上となるようにダンベル状試験片を6枚重ねたものに試験片をのせて硬度を測定し

*第一研究室

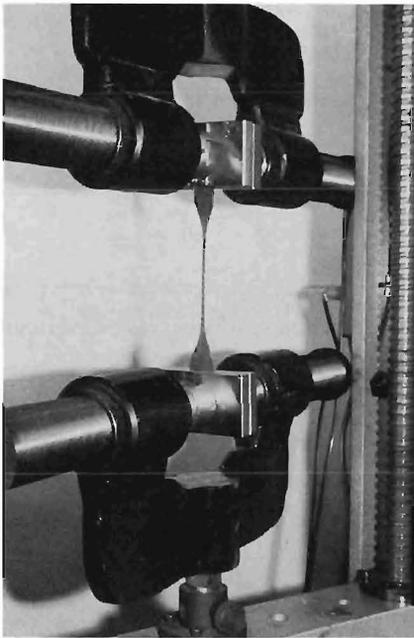


写真1 引張強さ等の測定状況

た。

オ 寸法及び重量

試験片の寸法及び重量は、浸せき直後と浸せき後24時間放置したときのそれぞれを測定した。測定した試験片の寸法を図2に示す。



図2 試験片の測定寸法

(3) 実験項目

ア 実験 1 (供試体の各種試験)

供試体 (浸せき前の試験片) を用いて前2(2)の測定を行った。

イ 実験 2 (耐薬品性試験)

酸 (塩酸・硫酸)、アルカリ (苛性ソーダ)、食塩水、消火薬剤 (界面活性剤系・水成膜系・タンパク系)、油脂類 (ガソリン・軽油・潤滑油・塗料・ヘアクリーム・ヘアリキッド) の各溶液で、それぞれの濃度及び浸せき時間を変えてゴム試験片の劣化をみるために前2(2)の測定を行った。

実験条件は、JIS に基づくもの及び災害現

場での消防活動を想定して決めたものである。以下にそれを示す。

- (ア) 30%硫酸は、バッテリー液の濃度に相当し、これが面体ゴム部に付着したことを想定したものである。
- (イ) 36%塩酸、98%硫酸、35%苛性ソーダは、それぞれの最大濃度であり、これは酸及びアルカリの最悪の条件を想定して行ったものである。
- (ウ) ガソリン、軽油、潤滑油は、危険物施設の油脂火災及び車両事故での油脂類の流出を想定したものである。
- (エ) 塗料は、面体ゴム部に「所属番号」を書くのに使用するものである。
- (オ) ヘアクリーム、ヘアリキッドは、隊員が整髪料として一般的に使用しているので実施した。

また、長時間の付着が考えられるので浸せき時間も2週間～12週間とした。

- (カ) 5%食塩水 (海水濃度を想定) は、臨海地域で海水を用いて消火活動が行われるため実験を行ったものである。

ウ 実験 3 (繰り返し荷重試験)

永久伸び (2(2)ウ参照) を測定する時の標線間距離は65mmであること及び面体を着装するとき、頭部締めもを引っぱる力は個人差もあるが約4～5kgfなので、今回は5kgfの力が加わることを想定した標線間距離 (約50～60mm) から標線間距離が65mmとなるような条件下で繰り返し荷重試験を実施した。

また、繰り返し荷重をかけないゴムは標線間が115mmで切断されるので、切断時の標線間距離に近い100mmでも行ってみた。

繰り返し回数は最高500回とし、途中で切断した場合は中止した。

3. 実験結果

(1) 実験 1

結果を表1に示す。

表1. 供試体の各種試験結果

	切断荷重(kgf)	切断時の標線間距離(mm)	永久伸び(%)	硬 度
供試体	21.0	115	5	64

(2) 実験 2

結果を表 2 に示す。

結果をまとめてみると、

ア 酸・アルカリ

- (7) 98%硫酸に 1 日浸せきすると、試験片の表面にき裂が生じ、試験片は丸くそった形となり (写真 2)、硬度も 75 と硬くなった。

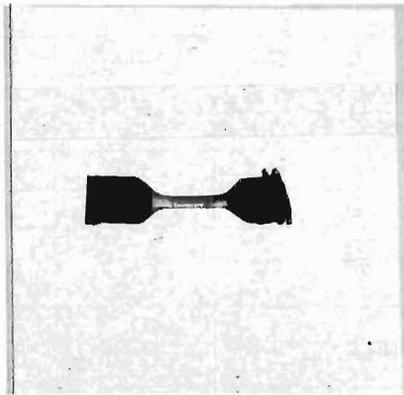


写真 2 98%硫酸に 1 日浸せきしたもの

- (イ) その他の酸 (30%硫酸・36%塩酸) 及びアルカリ (35%苛性ソーダ) に対しては顕著な変化は見られなかった。

イ 消火薬剤

それぞれの消火薬剤に 7 日間浸せきしても切断荷重及び硬度等に顕著な変化が認められなかった。

浸せき時間を順次短縮して試験を行う予定であったが、変化がなかったので浸せき時間は 7 日間のみとした。

ウ 油脂類 (写真 3・4 参照)

- (ア) ヘアクリーム及びヘアリキッドについては、顕著な変化がなかった。

- (イ) ガソリンに 1 日浸せきしたものは、寸法が元の大きさの 1.36 倍 (136mm) にも増大するが、浸せき終了後 1 日経過すると元の大きさ (100mm) に戻っている。

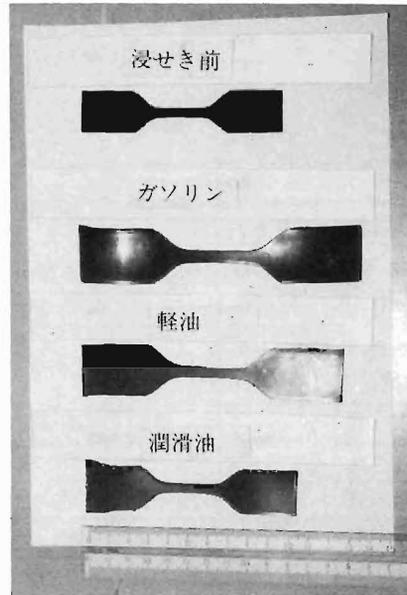


写真 3 各浸せき液に 1 日浸せきしたもの

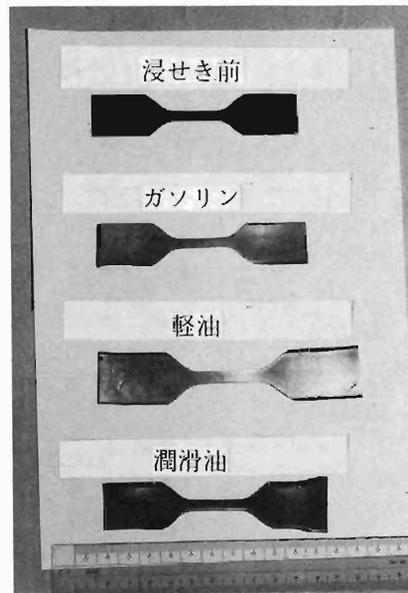


写真 4 浸せき後 1 日経過したもの

- (ウ) 軽油及び潤滑油に 1 日浸せきしたものは、寸法がそれぞれ 1.81 倍、1.20 倍と増大し、浸せき後 1 日経過しても元の大きさに戻らなかった。

また、切断荷重は軽油が 6.7kg f、潤滑油が 18.3kg f と軽油の方が引張強さが低下した。

表 2 耐薬品性試験結果

浸 せ き 溶 液		浸 せ き 時 間	試験片の 目視変化	重 量 増加(倍)	寸 法 増加(倍)	切 断 荷重(kgf)	切断時の標線 間距離 (mm)	硬 度	
酸・ アルカリ	36 % 塩 酸 (最 大 濃 度)	1 日 間	変化なし	変化なし	変化なし	21.0	115	67	
	30 % 硫 酸 (バッテリー液の 硫酸濃度に相当)	同 上	同 上	同 上	同 上	19.5	116	64	
	98 % 硫 酸 (最 大 濃 度)	同 上	き裂が 生じた	同 上	—	—	—	75	
	35% 苛性ソーダ (最 大 濃 度)	同 上	変化なし	同 上	変化なし	21.5	115	63	
消 化 薬 剤	原 液	界面活性 系	7 日 間	同 上	同 上	同 上	22.3	117	62
	3 %		同 上	同 上	同 上	同 上	22.5	115	55
	原 液	水成膜系	同 上	同 上	同 上	同 上	22.3	115	61
	3 %		同 上	同 上	同 上	同 上	23.0	120	61
	原 液	タンパク系	同 上	同 上	同 上	同 上	22.5	120	62
	3 %		同 上	同 上	同 上	同 上	23.5	115	58
油	ガ ソ リ ン (浸せき直後引 張試験等実施)	1 日 間	試験片 が膨張	1.97	1.36	7.2	63	58	
	ガ ソ リ ン (24 時 間 後 引 張試験等実施)	同 上	同 上	変化なし	変化なし	20.8	118	62	
	軽 油 (浸せき直後引 張試験等実施)	同 上	同 上	1.86	1.30	5.8	65	47	
	軽 油 (24 時 間 後 引 張試験等実施)	同 上	同 上	1.81	1.27	6.7	60	62	
	潤 滑 油 (浸せき直後引 張試験等実施)	同 上	同 上	1.71	1.06	16.7	100	56	
	潤 滑 油 (24 時 間 後 引 張試験等実施)	同 上	同 上	1.26	1.07	18.3	105	58	
脂	塗 料	2 週 間	試験片 が膨張	1.14	1.06	19.5	110	47	
		4 週 間	同 上	1.16	1.09	19.1	115	47	
		8 週 間	同 上	1.16	1.08	19.3	117	45	
		12 週 間	同 上	1.28	1.13	16.6	110	44	
		2 週 間	変化なし	変化なし	変化なし	22.0	120	62	
類	ヘアクリーム	4 週 間	同 上	同 上	同 上	20.6	115	62	
		8 週 間	同 上	同 上	同 上	19.1	115	60	
		12 週 間	同 上	同 上	同 上	24.2	118	60	
		2 週 間	同 上	同 上	同 上	21.4	115	61	
	ヘアリキッド	4 週 間	同 上	同 上	同 上	21.0	110	60	
		8 週 間	同 上	同 上	同 上	21.4	117	59	
		12 週 間	同 上	同 上	同 上	20.1	120	59	
		5 % 食 塩 水	7 日 間	同 上	同 上	同 上	23.0	115	62

(注) — : 測定不能

(エ) 塗料については、2週間浸せきした試験片で切断荷重が19.5kgfと浸せき前に比べて約10%の低下が認められた。

また、硬度についても47と浸せき前に比べて約30%低下し、試験片は軟化した。

さらに寸法の増加(約6%)も見られた。

(オ) 永久伸びについては、浸せき前のものが5%であったが、各浸せき液に浸せきしたものは、5%~10%と顕著な変化が見られなかった。

従って永久伸びは、今回の実験では有効な測定手段となり得なかった。

(3) 実験3

繰り返し荷重をかけないものと、500回繰り返し荷重をかけた試験片の荷重曲線を図3に示す。

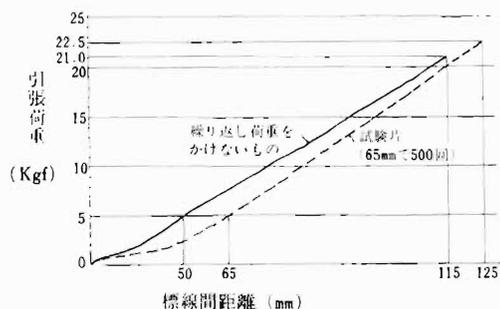


図3 繰り返し荷重試験結果(荷重曲線)

図3より以下のことがわかった。

繰り返し荷重をかけないものと、500回繰り返し荷重をかけた試験片を比較すると、切断荷重はあまり相違がなかったが、標線間距離は115mmから125mmと約1.1倍伸びた。

さらに切断に至るまでの荷重曲線の形に違いがあることがわかった。

また、標線間が100mmの場合で繰り返し荷重試験を行ったときは、137回で試験片が切断された。

4. 考 察

(1) 酸・アルカリ

98%硫酸に1日浸せきすると、試験片の表面にき裂が生じたのは、硫酸によるゴム分子間の結合(ジスルフィド結合)が破壊し、ゴム表面は硬くなり、ゴム本来の性質(弾力性・伸縮性)

が失われるものと思われる。

(2) 油 脂 類

ア ガソリンに浸せきした試験片が、膨張したのは、ガソリンの低沸点成分(沸点100°C以下)がゴム組織内に浸透し、膨張するものと考えられる。

しかし、低沸点成分であるため時間の経過とともに揮発し元の大きさに戻るものと思われる。

イ 軽油及び潤滑油に浸せきした試験片が1日経過しても元の大きさに戻らないのはガソリンと違い高沸点成分(沸点200°C以上のもの)のためであると考えられる。

(3) 繰り返し荷重試験

繰り返し荷重をかけないものと、500回繰り返し荷重をかけた試験片において切断荷重で差はなかったが、切断時の標線間距離が約1.1倍に増加したのは、伸縮を繰り返すことにより、ゴムの復元力が低下し可塑性(応力を取り除いても原形にもどらない性質)が増大しゴムが劣化したものと考えられる。

(4) 面体ゴム部の点検・整備

ア 面体ゴム部が膨張している時は、引張強さが低下していると考えられるので、点検・整備時には特に注意が必要である。

イ 面体に薬品が接触した場合は、温かい石けん液で洗い、十分乾燥することが必要である。

5. ま と め

浸せき試験による劣化(薬品による劣化)と繰り返し荷重試験による劣化の相違としては、薬品による劣化はガソリン、軽油、潤滑油に顕著に見られるように切断荷重が小さくなる。

しかし、繰り返し荷重試験では切断荷重は、繰り返し荷重をかけないものと差がなかったが、切断時の標線間距離が約1.1倍に増加するところに大きな相違がある。

よって一言で「劣化」といっても引張強さの低下に至るものや、引張強さの低下は認められないが、切断時の標線間距離の増大すなわち可塑性の増大に至るものなどがあるという事が、今回の研究でわかった。

6. おわり

面体ゴム部の劣化の原因としては、オゾン、熱、紫外線、薬品の接触、繰り返し使用による劣化などが考えられるが、5.まとめで述べたように劣化といっても色々な相違が認められるものと思われる。

それぞれの劣化がどのような測定項目（引張強さ、硬度、伸び等）に大きな相違が見られるかは今後の研究課題といえる。

また、呼吸器には呼気弁及び肺力弁（ダイヤフラム）にもゴムが使用されている。

呼気弁はシリコンゴム製であり、肺力弁（ダイヤフラム）は面体ゴム部と同様に天然ゴム製である。

シリコンゴムは天然ゴムと比較して耐酸性、耐アルカリ性、耐油性、耐オゾン性、耐候性等に優れているが、耐摩耗性、耐引裂性、耐屈曲性などの機械的強度に対しては劣っているといわれるが、これらの事も今後の研究課題といえる。