

RIIS-TN-82-4
UDC 621.315.2:62-213

産業安全研究所技術資料

TECHNICAL NOTE OF
THE RESEARCH INSTITUTE OF INDUSTRIAL SAFETY

1982

防爆電気機器本体への導線引込方式について —耐圧単孔パッキン式—

坂主勝弘

労働省産業安全研究所

耐圧単孔パッキン引込方式における耐圧防爆性について

— 耐圧単孔パッキン式 —

K. Sakanushi*

Flameproofness of the Single-hole Packing Type for Leading a Conductor into a Flameproof Enclosure

The flameproof packing type is one of the methods used for leading electrical conductors into a flameproof enclosure. In this type, a portion of the wall of flameproof enclosure is provided a packing box, packing, pass-through conductors, washers and packing gland to ensure the flameproofness.

In practice, the above flameproofness is ensured in such a way that when the packing gland is compressed and deformed, sufficient tightness will develop between the surfaces of packing and those of packing box and conductor.

From the viewpoint of flameproofness, the more strongly the packing is compressed, the better it will be; but from the viewpoint of avoiding excessive deformation of the sheath of conductor, the packing shall be compressed rather moderately.

In order to find out appropriate conditions for compression of the packing in terms of relations between the packing compression rate, the deformation of the sheath of conductor and the flameproofness, visual inspection, X-ray test and explosion test for flameproofness have been carried out on a model of a flameproof, single-hole packing type.

As the result, it has been concluded through the tests that appropriate compression rate should be in the range of 5-10 percent to meet the requirement for the flameproofness and the deformation of the sheath of conductor.

* Electrical Research Division.

1. はしがき

耐圧パッキン式引込方式とは、耐圧防爆構造の容器壁の一部に導線引込部を設けて導線を通じて容器内部に通電するものである。導線貫通部には、パッキン箱、パッキン、貫通導線、座金及びパッキングランドが使用されている。

一般にパッキンには、リング状の合成ゴムを用い、パッキングランドの締め付けにより、パッキンを変形させて、パッキン内外面とパッキン箱内面及び導線の全面にわたって所定の面圧が生じ、耐圧防爆性を保持する方式である。

この方式では、耐圧防爆性の観点からは、パッキンを強く圧縮するほうが望ましく、また導線側からは、被覆の変形をなるべく圧縮を少なくしたほうがよいので、この点については矛盾する要素がある。これらについて、適正な圧縮条件を見出すために、パッキンの圧縮率と導線の変形との関係及びそれらと耐圧防爆性の関係を、導線引込部に一つの導線孔をもつ耐圧単孔パッキン式について検討を行ったものである。

2. 耐圧単孔パッキン式の現状と問題点

近年 工場、事業場などにおいての電気配線は、金属

管配線に比らベケーブル配線が多く行なわれる傾向になりつつある。

防爆構造の電気機器の場合もその機器内部配線及び外部配線にケーブルを用いたものが数多く見かけるようになった。

耐圧防爆構造の容器壁貫通部に導線としてケーブルを用いて、耐圧防爆性を保持する方式には、次の2通りがある。

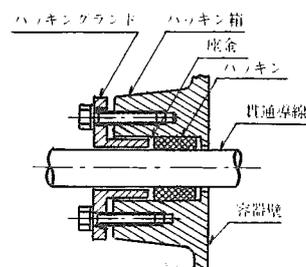


図1. 耐圧単孔パッキン式引込方式の構造
(ボルト締込方式)

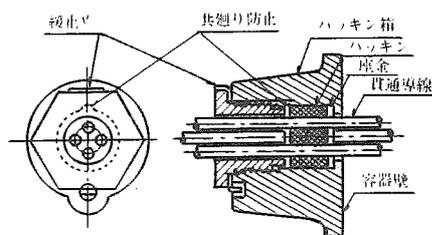


図2. 耐圧多孔パッキン式引込方式の構造
(ねじ込方式)

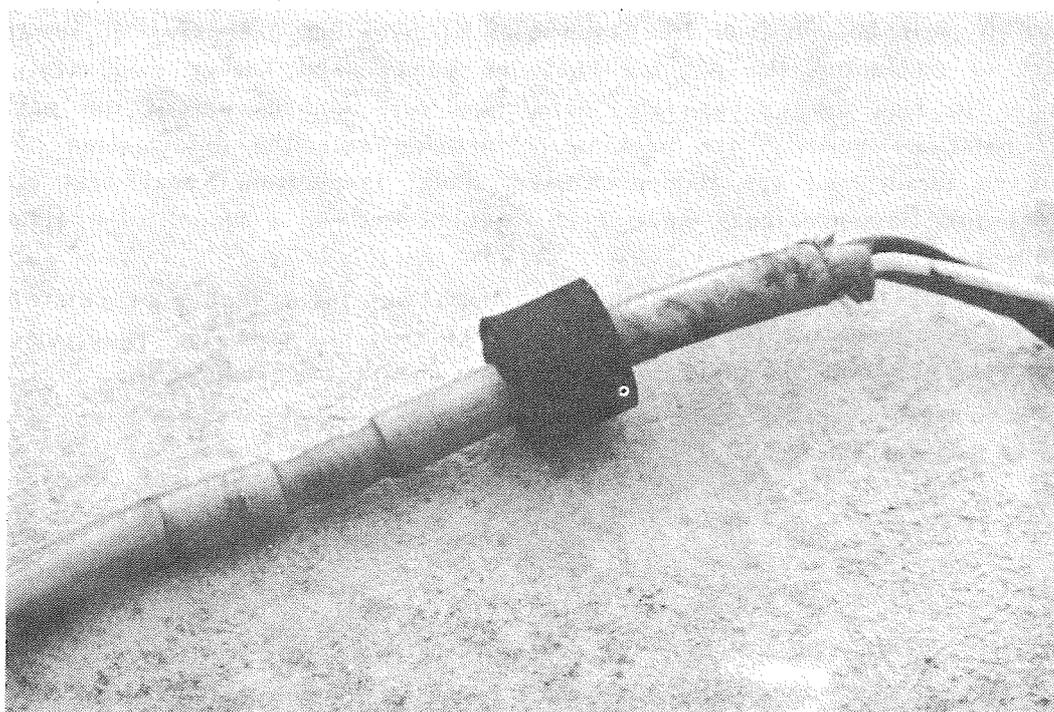


図3. コールドフロー現象を生じたケーブル

(1) 耐圧単孔パッキン式引込方式

導線引込部に一つの導線孔をもつパッキンを用いる方法 (図1参照)

(2) 耐圧多孔パッキン式引込方式

導線引込部に複数個の導線孔をもつパッキンを用いる方法 (図2参照)

2.1 圧縮過剰による導線のコールドフロー現象

耐圧単孔パッキン式においては、はしがきに記述したとおり、耐圧防爆性の観点からは、パッキンを強く圧縮するほうがよいが、必要以上に強く圧縮すると、パッキングランド (外部からの力) からの力がパッキンと貫通導線に加わり、外力を取り去っても変形が回復しない状態になる。これをコールドフロー現象という。この現象が発生するとパッキンと接していた部分の導線がやせほそり、絶縁体の厚さがうすくなり、貫通導線の絶縁性の低下の原因となるおそれになる。

図3は、コールドフロー現象を生じたケーブルを示したものである。

このコールドフロー現象は、外部からの過大な力が、長時間にわたって加わったことによることが多いが、これ以外には、パッキン硬度及び導線の被覆の硬度の違いを組合せることによっても、コールドフロー現象の発生に差が生じてくる。

防爆構造の容器壁貫通部に用いられているパッキンの材料は、ほとんどのものが合成ゴムで、一般にその性能は 硬さ：55~65Hs [TISK 6301 (加硫ゴム物理試験方法) による]

引張強さ：120kgf/cm² [11.77MPa]

伸び：450%以上

範囲に入るものが多く用いられている。

これに対し、貫通導線として用いられている導線の種類と被覆硬度は、おおよそ、つぎのとおりである。

ゴム絶縁クロロプレンキャプタイヤケーブル、50~65Hs

口出線用ブチルゴム絶縁クロロプレンシース電線、50~65Hs

口出線架橋ポリエチレン電線、95~100 Hs

2.2 ケーブルの仕上り外径について

ケーブルのJIS規格には、次の項目とその内容が定められている。

線心数、導体、絶縁体厚さ、シース厚さ、仕上り外径、導体抵抗、試験電圧、絶縁抵抗及び参考事項。

耐圧単孔パッキン式に用いるケーブルは、上記項目のうち、特にケーブルの仕上り外径が、所定の寸法値内にあることが、防爆性を維持できる重要な要素でもある。

しかるに、JIS規格では、この仕上り外径寸法約 ϕ mm (例えば600Vポリエチレンケーブル、公称断面積8mm² 2心ケーブルでは、仕上り外径約16.0mm) と規定している。ケーブルの外径寸法に約のついた理由としては、導体、絶縁体厚さ、シース厚さ及び多心ケーブルの場合は

線心の幾何的な積上げなどケーブルの構成要素と製造上の要因を含んだものと考えられる。

したがってJIS規格でいっているケーブルの外径の寸法値は製造上又は管理上の目安を示したものにすぎない。

ちなみに、現在一般品として製造されている、ケーブルの仕上り外径寸法がJIS値に対して、どの位の差で製作されているかをケーブルメーカ6社の製品について調べてみたところ、次のような結果が得られた。

表1 ケーブル仕上り外径調査結果 (抜粋)

JIS仕上り外径(mm)	JIS仕上り外径との実測寸法比率(%)
9.0~11.0	-6.5~+7.0 (-1.0~+7.0)
14.5~16.5	-5.0~+5.0 (-2.0~+1.0)
19.0~23.0	-5.5~+2.0 (-1.0~+1.0)
29.0~30.0	-4.0~+1.5 (-1.5~+1.5)

注1.実測寸法比率は調査対象6社のもののバラツキの最小及び最大を示したものである。

2.()内は調査対象6社のうち1社に限定したものを示したものである。

3. 実験と目的

以上、記述のように耐圧単孔パッキン式方式により耐圧防爆構造の容器壁に導線を貫通する場合の防爆性の維持については、パッキンの圧縮率、パッキン性能とケーブル被覆硬度及びケーブル仕上り外径寸法の誤差などが防爆性に直接的に関係している。

そこで今回は、パッキンの圧縮率と導線の変形との関係及びそれらと耐圧防爆性の関係について検討するために、次のような実験を行った。

3.1 目視実験

3.2 X線透過実験

3.3 爆発実験

各実験にしばしば用いられる用語に、“パッキンの有効圧縮率”がある、この用語の意味は次のように統一して考えることにした。

パッキンの有効圧縮率とは、パッキンの長さ方向の変形率を圧縮率と称する。

パッキンを圧縮する過程でパッキンの内・外面がパッキン箱内面及び導線の全面にわたって接した状態 [これら相互の“すきま”が零となる (図5参照)] のパッキン長さ方向の変化率を有効圧縮率と称する。この場合、ゴムパッキンはパッキングランドで締付けた時、この締付圧力に対し、体積変化が無いものとしている。

なお、パッキンの圧縮過程を図示すれば次のとおりである。

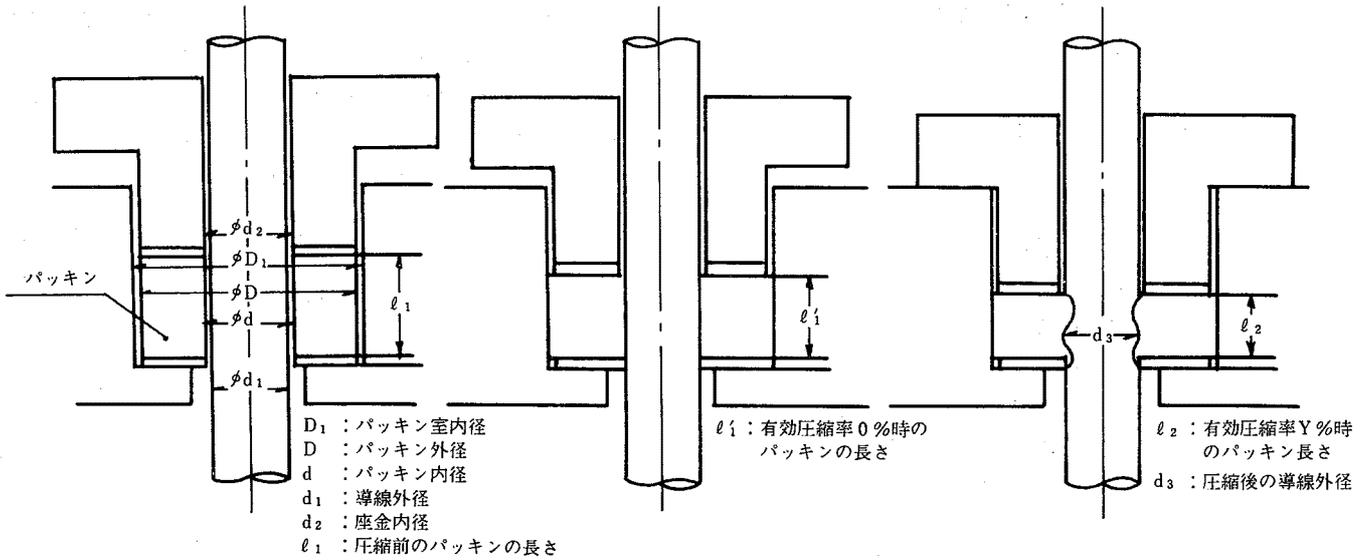


図4 パッキングランド締付け前

図5 有効圧縮率0%

図6 有効圧縮率Y%

+

(1) 図4はパッキン箱に所定の方法で導線とパッキンを設けたものである。この時、パッキンはまだ圧縮されていない。

(2) 図5はパッキン（パッキン長さ l_1 ）をパッキングランドで締め付けた時パッキンが締付圧力に対し体積変化がなく、あらゆる方向に一様に変形してパッキンと導線及びパッキン箱との間のすきまが零になった状態である。

有効圧縮率0%の時のパッキン長さ l'_1 は次のようになる。

$$\frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \cdot l_1 = \frac{\pi (D_1^2 - d_1^2)}{4} \cdot l'_1$$

$$\therefore l'_1 = \frac{D^2 - d^2}{D_1^2 - d_1^2} \cdot l_1$$

(3) 図6は、図5の有効圧縮率0%を基準にして、さらに圧縮した時の状態である。この場合、有効圧縮率Yは次式により求められる。

$$Y = \frac{l'_1 - l_2}{l'_1} \times 100 (\%)$$

3.1 目視実験

(1) 目的

導線がパッキンの圧縮によって、かなり変形した状態になっていることがしばしば確認されている。

したがって、導線及びパッキンが圧縮率によって、どのような形状変化するか、又パッキンと導線の寸法、材質、座金寸法の違によってどの様に形状変化するかを透明なパッキン箱とパッキンを用いて目視によって観察することにした。

(2) 試料

実験に使用した導線の種類は、2種ゴム絶縁クロロブレンキャブタイヤケーブル(2RNCT)、口出用600V ブチルゴム絶縁クロロブレンシース電線(LBN)、口出線600V 架橋ポリエチレン絶縁電線(LC)及び600V ビニル絶縁電線(IV)で心数及び被覆硬度の異なったものを使用した。パッキンは導線の変形状態がわかるように透明なもので、一般に使用されているパッキンと同等の硬度を持ったオレフィンゴム相当品(エチレンプロピレンの共重合体)を使用した。座金はSPH製で、内径は導線仕上り外径に応じたものを選定した。それぞれの詳細寸法及び組合せは表2の通りである。

(3) 実験器具

図7は実験に使用した透明のパッキン箱による締付器具、図8は締付状態を示したものである。

(4) 実験方法

透明なパッキン箱を用いて、パッキン圧縮率に応じた導線及びパッキンの形状変化を調査した。パッキンの圧縮率設定に際しては、その都度有効圧縮率に見合う理論値の算定を行ない、パッキングランドのツバ部をパッキン箱の間にスペーサーを挿入して締付け、その圧縮過程に応じて目視観測、写真により記録を行った。

(5) 目視観察における変形状態の表現方法

目視観察での導線及びパッキンの変形状態の表現を図9及び図10に示す。

(6) 実験結果

圧縮率による導線形状変化とパッキンのはみ出しについての目視観察の結果は表3の通りである。

表3の圧縮実験結果をシンボルによる表示で示すと表4の通りである。

防爆電気機器本体への導線引込方式

表2 試料の種類と寸法

試料 No.	導 線				パ ッ キ ン			座 金 (1)		
	種 類	心 数	公 称 断面積 (mm ²)	仕上外径 d ₁ 〔実測値〕 (mm)	外径 D (mm)	内径 d (mm)	圧縮前のパッ キンの長さ ℓ ₁ (mm)	外 径 (mm)	内径 d ₂ (mm)	厚 さ (mm)
1	2 RNCT	単 心	6 0	16.9~17.2	29.5	18.0	29.8	28.6 29.4	18.5 〃	2.3 〃
2	〃	〃	〃	〃	30.0	18.0	15.0	〃	〃	〃
3	〃	〃	〃	〃	29.5	18.0	30.0	29.0	22.0	〃
4	〃	〃	〃	〃	29.4	17.5	30.2	座 金 な し		
5	〃	〃	〃	〃	29.4	17.5	30.3	29.0	19.9	2.3
6	〃	3 心	8	17.0~17.2	29.5	18.0	30.0	〃	24.0	〃
7	LBN	単 心	6 0	20.3~21.0	29.4	21.5	29.9	28.6 29.4 29.0	18.5 〃 24.0	〃 〃 〃
8	〃	〃	〃	〃	30.0	22.0	22.0	〃	〃	〃
9	〃	〃	〃	〃	29.6	21.9	30.0	〃	〃	〃
10	LC	〃	8 0	19.4~19.7	29.3	21.3	29.8	〃	〃	〃
11	〃	〃	〃	〃	29.4	21.8	30.2	〃	21.3	〃
12	〃	〃	〃	〃	29.2	22.0	29.9	〃	24.0	〃
13	〃	〃	5 0	18.2~18.7	29.4	18.0	30.0	〃	〃	〃
14	〃	〃	〃	〃	29.4	18.0	30.0	〃	19.0	〃
15	LV	〃	1 2 5	18.6~18.9	29.4	18.0	30.0	〃	24.0	〃
16	〃	〃	〃	〃	29.3	21.8	30.2	〃	21.3	〃
17	〃	〃	〃	〃	29.3	22.0	30.0	〃	24.0	〃
18	〃	〃	8 0	15.5	29.2	17.8	30.6	〃	17.3	〃
19	〃	〃	〃	〃	29.4	17.8	30.5	〃	21.3	〃

注 (1) 座金寸法欄中上段はパッキングランド側、下段はパッキン箱側の座金寸法を示す。

備考 1. パッキン材質と性能

材質 オレフィンゴム相当品 (エチレンプロピレンの共重合体)

性能 硬さ : 55~65HS [JIS K 6301 (加硫ゴム物理試験方法)による]

引張強さ : 120kgf/cm² [11.77MPa]

伸び : 450%以上

2. 導線の種類と被覆硬度

2 RNCT : 50 ~ 65 Hs

LBN : 50 ~ 65 〃

LC : 95 ~ 100 〃

IV : 80 ~ 90 〃

防爆電気機器本体への導線引込方式

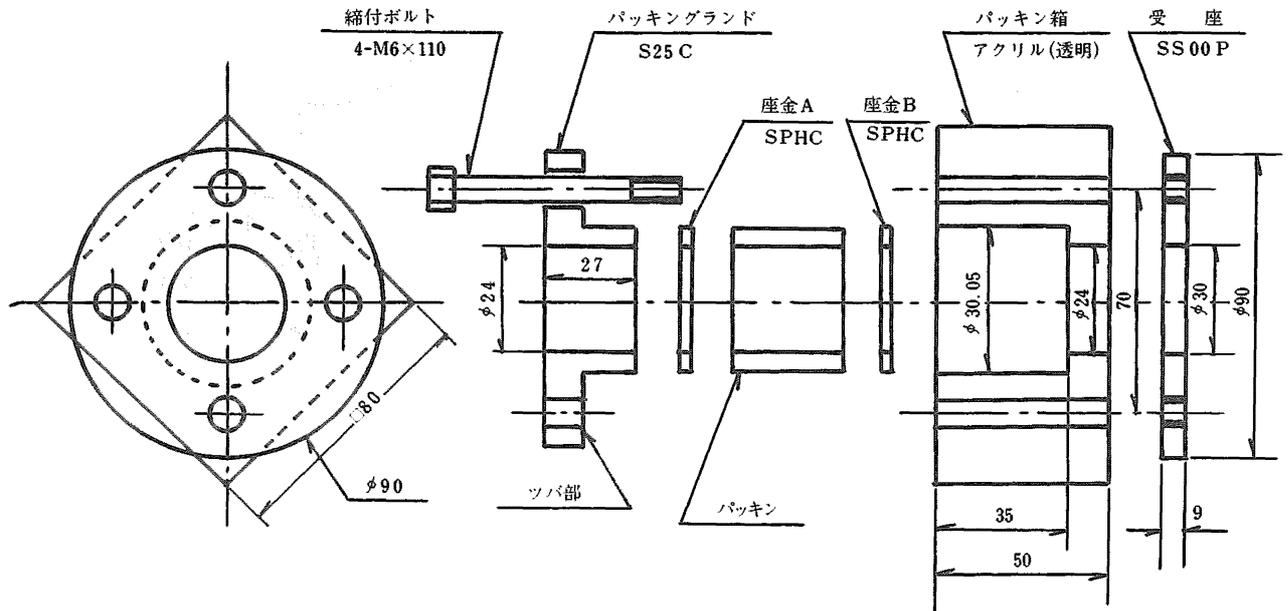
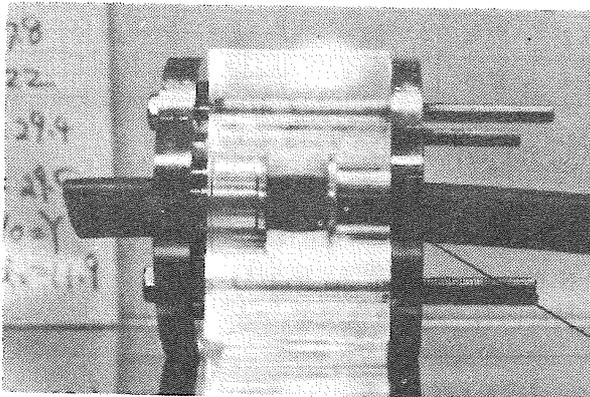


図7 締付器具



この個所が細く見えるのは、パッキン箱と導線の間には空気層がある為、レンズ効果によるものである。

図8 締付状態

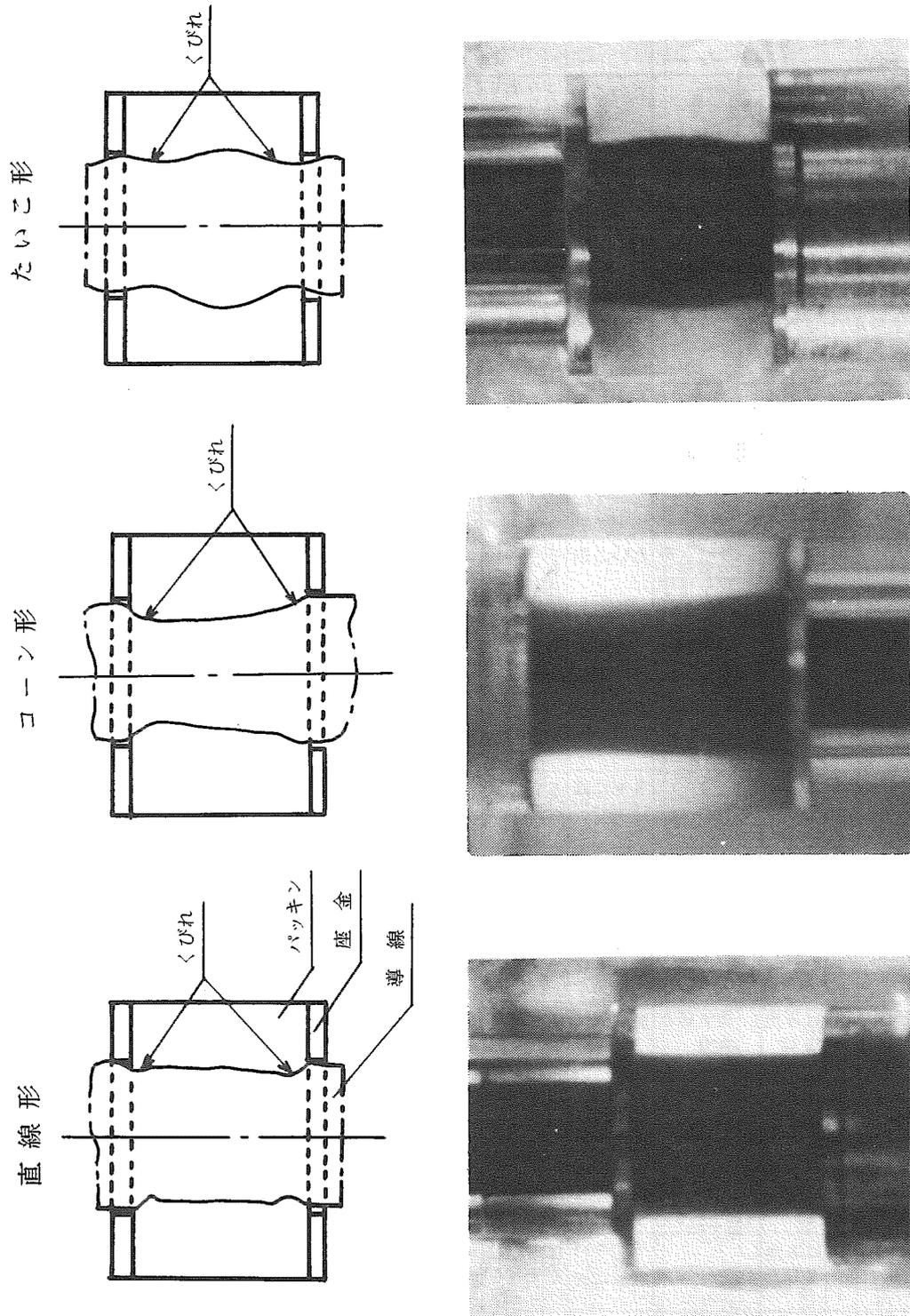


図9 導線の変形状態の表現

防爆電気機器本体への導線引込方式

表3 圧縮によるパッキンはみ出し結果

試料 No.	5 %			10 %			15 %			30 %		
	導線形状 変化	パッキン はみ出し	その他	導線形状 変化	パッキン はみ出し	その他	導線形状 変化	パッキン はみ出し	その他	導線形状 変化	パッキン はみ出し	その他
1	たいこ形	なし		たいこ形	はみ出し 有り座金半分 程度		たいこ形	はみ出し 大座金がか ぶさる	くびれ大 導線ふく れ上る			
2	たいこ形	はみ出し 大座金がか ぶさる		たいこ形	はみ出し 大座金がか ぶさる							
3	たいこ形	はみ出し 有り座金内径 部分	はみ出し は締付反 対側のみ	たいこ形	はみ出し 大巾には み出る	はみ出し は締付反 対側のみ	たいこ形	はみ出し 大巾には み出る	はみ出し は締付反 対側のみ			
4	ややたい こ形	はみ出し やや有り		たいこ形	はみ出し 有り	導線塑性 変形小						
5	ややたい こ形	はみ出し やや有り		たいこ形	はみ出し 有り	導線塑性 変形なし						
6	たいこ形	締付反 対側には 有座金半 分		たいこ形	はみ出し 有り座金半 分程度		たいこ形	はみ出し 有り座金か ぶさる				
7	たいこ形	はみ出し 有り座金半 分程度	コーン形 の変形く びれ一方 のみ	たいこ形	はみ出し 有り5%よ り増加	コーン形 の変形く びれ両側 にあり	たいこ形	はみ出し 有り10% とほぼ 同じ				
8	たいこ形	はみ出し 有り座金半 分程度	コーン形 の変形く びれ一方 が大	たいこ形	はみ出し 有り5%よ り増加	コーン形 の変形く びれ一方 が大	たいこ形	はみ出し 有り10% とほぼ 同じ	コーン形 の変形く びれ一方 が大			
9	コーン形 締付側小	はみ出し なし		たいこ形	はみ出し やや有り	導線塑性 変形小						
10	ほぼ直線 形密着	はみ出し なし		5%にほ ぼ同じ	5%にほ ぼ同じ		ほぼ直線 形	はみ出し 少々有り	くびれの きざし有 り	導線が偏 心直線形	はみ出し 大締付反 対側	パッキン が甚しく 出される
11	コーン形 締付側小	はみ出し なし		直線形	はみ出し なし	導線塑性 変形なし						
12	コーン形 締付側小	はみ出し なし		直線形	はみ出し やや有り	導線塑性 変形なし						
13	殆んど変 形なし	はみ出し なし	空気層が 入る	直線形	若天はみ 出し有り	空気層な し	10%の場 合とほぼ 同じ	10%の場 合とほぼ 同じ	若干の導 線有る	ややたい こ形のき ざし有り	はみ出し 大	
14	ほぼ直線 形	はみ出し なし	導線変 形コーン 形締付側 径小	ややたい こ形のき ざし有り	はみ出し ほぼなし		たいこ形 締付側が 径が小	はみ出し のきざし 有り	締付側導 線のく びれ大	たいこ形	はみ出し 有り	導線被ふ く伸びる
15	ほぼ直線 形密着	はみ出し なし		ややたい こ形のき ざし有り	はみ出し 少々有り	くびれな し	ややたい こ形	はみ出し 少々有り		たいこ形	はみ出し 大締付反 対側	くびれ少 有り少 二被ふ く伸びる
16	コーン形 締付側小	はみ出し なし		ややたい こ形直線 に近い	はみ出し やや有り	導線塑性 変形なし						
17	コーン形 締付側小	はみ出し なし		コーン形 ややたい こ形	はみ出し やや有り	導線塑性 変形なし						
18	導線やや ふくらむ	はみ出し なし		たいこ形	はみ出し 有り	導線塑性 変形大						
19	導線やや ふくらむ	はみ出し やや有り		たいこ形	はみ出し 有り	導線塑性 変形小						

表4 パッキンはみ出し結果・シンボル表示

試料 No. 有効 圧縮率	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
5%																			
10%																			
15%																			
30%																			

(注) 上表のシンボルの意味は下表の通り。

シンボル																			
導線形状	直線形	直線形	直線形	直線形 くびれ有り	直線形	たいこ形	たいこ形	たいこ形	たいこ形	たいこ形 くびれ有り	たいこ形	たいこ形 くびれ有り	コーン形	コーン形 直線形	たいこ形 コーン形	たいこ形 コーン形 くびれ片側 に有り	たいこ形 コーン形 くびれ両側 に有り		
パッキンはみ出し 有無、形状	はみ出し なし	若干はみ 出し有り	はみ出し 有り	はみ出し 有り	はみ出し 大	はみ出し なし	はみ出し 片側有り	はみ出し 片側大	はみ出し 有り	はみ出し 大	はみ出し 大	はみ出し 有り	はみ出し なし	はみ出し なし	はみ出し 有り	はみ出し 有り	はみ出し 有り	はみ出し 有り	はみ出し 有り

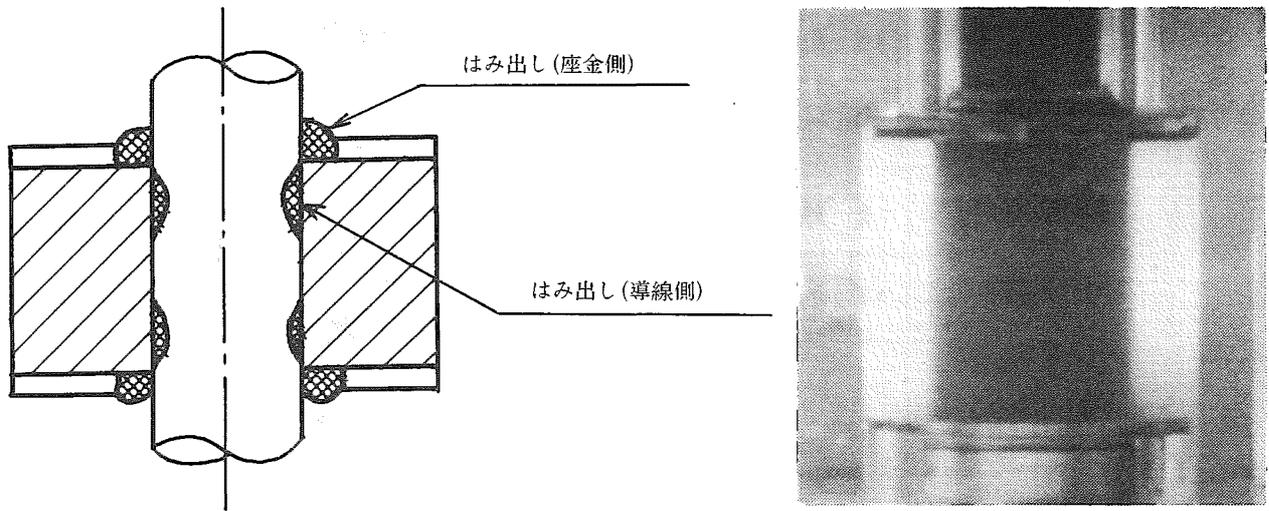


図10 パッキンの変形状態の表現

(7) 考 察

パッキンと導線は、その容器としてのパッキン箱内において、パッキングランドで締付けた時にかなり変形することは、各種実際の事例から明らかであったが、パッキンの圧縮過程でこれらの変形がパッキンと導線の接合部のどの部分がどのように変形するか不明であった。ところが、本実験によって定性的ではあるが、パッキンと導線の形状変化の状況がその進行過程を含めて、かなり詳細にわたって目視による確認ができたわけである。

本実験から観察して、次のようなことがいえる。

導線の変形は、圧縮率の上昇と共に直線形からコーン形を経てたいこ形に変形し、その変形量は締付側（パッキングランド側）が大で、導線のコーン形の径小部、導線のくびれが大なるところはいずれも締付側にあらわれた。

一方パッキンは、有効圧縮率が10%前後になると、かなり座金側ははみ出すことが目視で確認された。

また、パッキンの長さの長短にかかわらず、くびれ方はほぼ同じで、更に圧縮率を増加していてもパッキンの肉厚や長さに関係なく、パッキン内径と導線径との差が大きいものでも形状変化の過程は変らなかった。

また、座金の内径の違いによっても、導線の変形やくびれ、パッキンの座金側へのはみだしにかなり影響することが判明した。

以上の結果から、導線とパッキンの様々な変形状態を

目視で確かめることができ、その変形過程によっておおよそ5～10%有効圧縮率による変形ならば許容しようという判断ができた。

有効圧縮率、導線の種類及びその他組合せ条件を変えて、変形状態を観察した代表的な観察写真を図11に示す。

3.2 X線透過実験

パッキンの圧縮過程における導線の変形状態は、定性的には、目視実験により確認することができた。

しかし、この目視実験は、パッキンと導線の変形状態を定性的に確認するのみで、定量的把握を行うことはできなかった。

X線透過法により、パッキンの圧縮による導線及びパッキンの変形を定量的に把握することを試みた。

(2) 試 料

実験に使用した導線の種類は、口出用600Vクロロスルホン化ポリエチレン絶縁電線（ハイパロン電線、LHH）600V難燃性架橋ポリエチレン絶縁電線（MLFC）、口出用600Vけい素ゴム絶縁ガラス編組電線（LKGB）で、被覆硬度の異なったものを使用した。パッキンは、一般に使用されているパッキンと同等硬度を持ったオレフィンゴム相当品を使用した。座金はSPHC製で、内径は導線仕上外径に応じたものを選定した。それぞれの詳細寸法及び組合せは表5の通りである。

(3) 実験器具

締付器具の形状寸法は図12に示す。

図 11 変形状態の代表的な観察写真 (Y=5~15%)

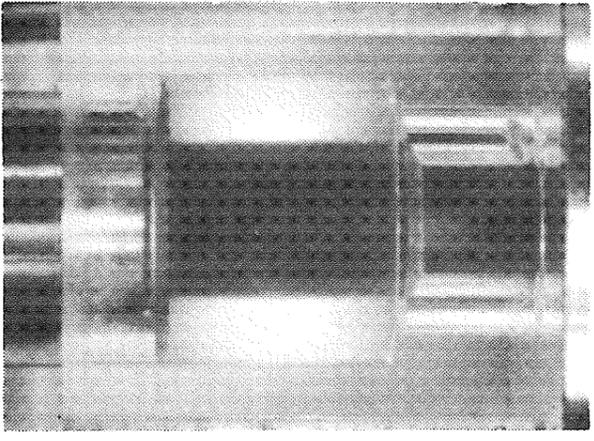
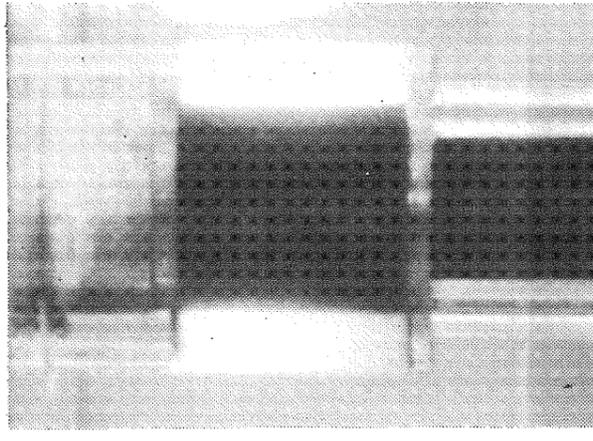
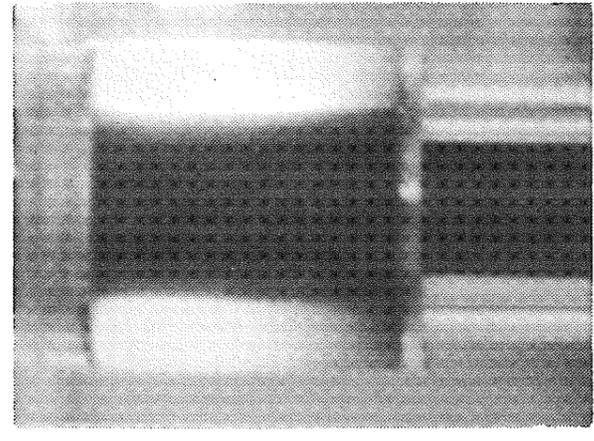
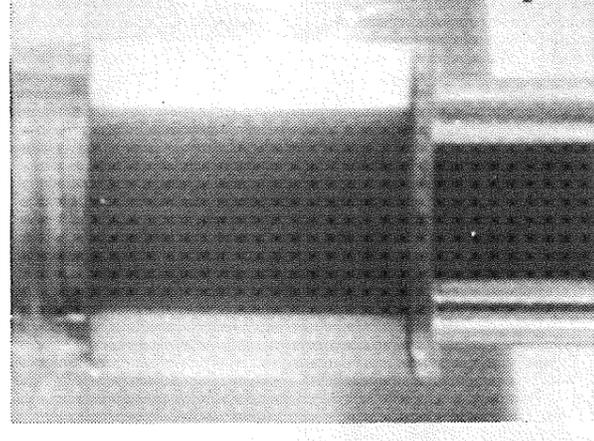
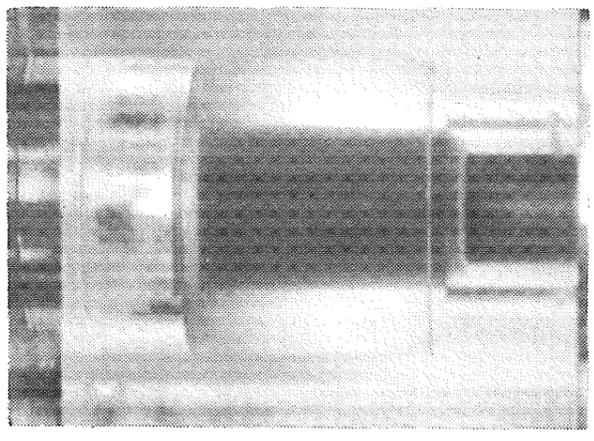
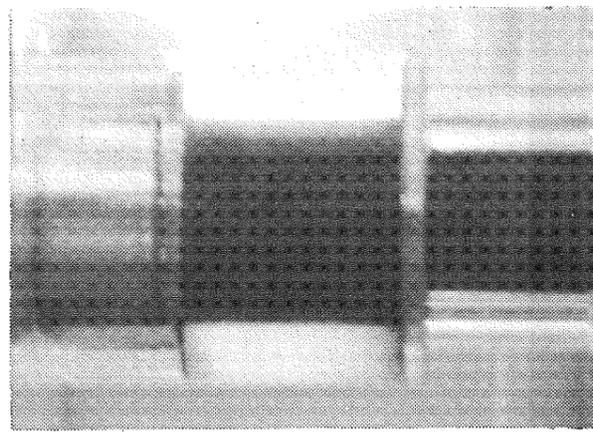
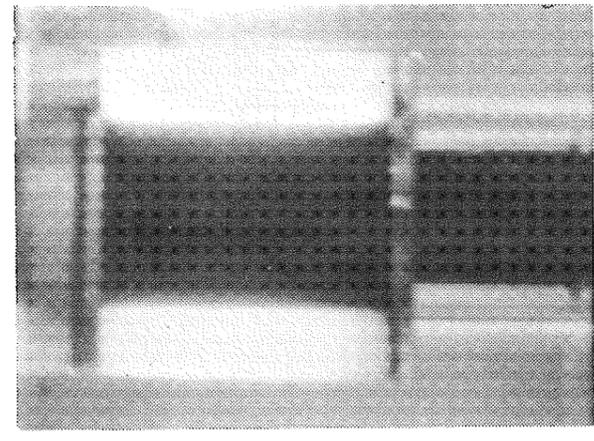
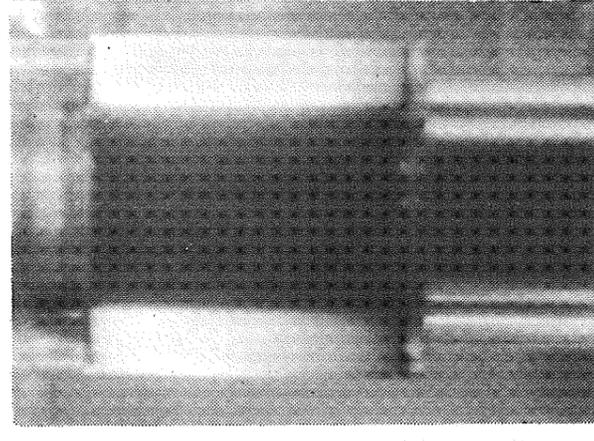
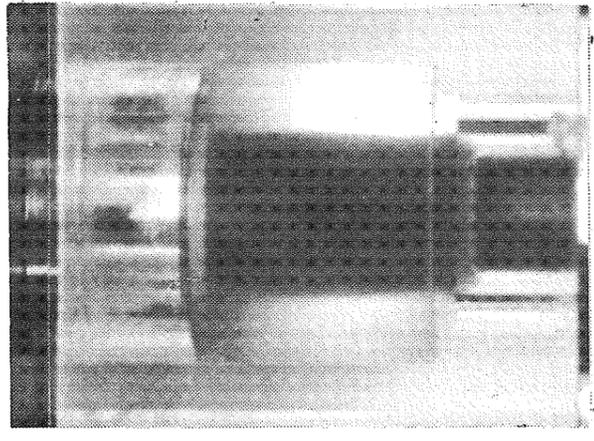
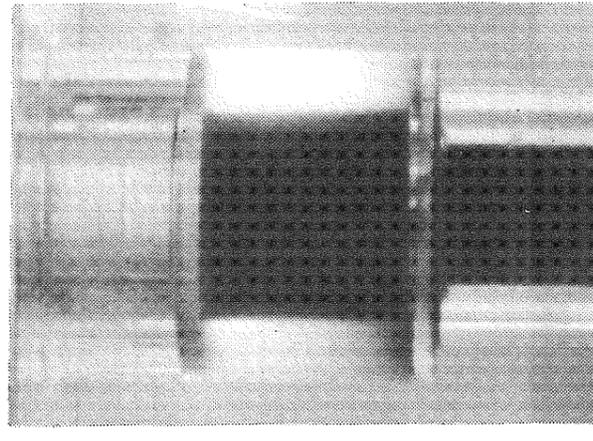
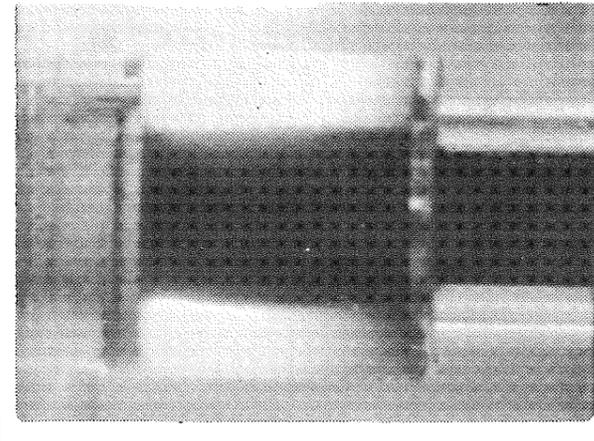
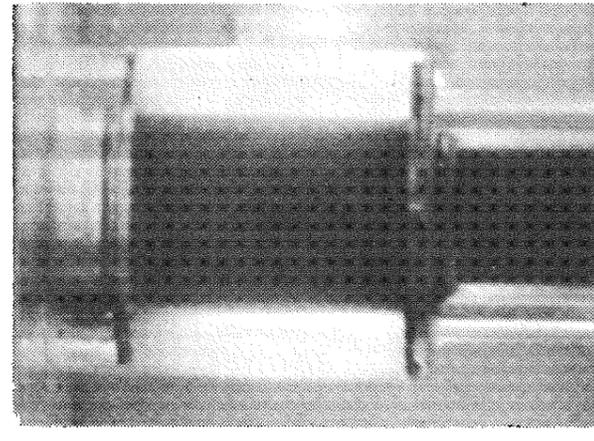
		(1)	(2)	(3)	(4)
摘要	導線	2RNCT 単心 60mm ²	LC 単心 80mm ²	LC 単心 50mm ²	IV 単心 125mm ²
	パッキン (mm)	外径=29.5 内径=18.0 長さ=30.0	外径=29.3 内径=21.3 長さ=29.8	外径=29.4 内径=18.0 長さ=30.0	外径=29.4 内径=18.0 長さ=30.0
	座金 (mm)	外径=29.0 内径=22.0 厚さ=2.3	外径=29.0 内径=24.0 厚さ=2.3	外径=29.0 内径=19.0 厚さ=2.3	外径=29.0 内径=24.0 厚さ=2.3
有効圧縮率 (Y)	5%				
	10%				
	15%				
備考	<ol style="list-style-type: none"> 1. 写真に於いて左側はパッキングランド、右側はパッキン箱。 2. パッキン寸法は圧縮前の寸法。 3. 写真(1)は座金をパッキングランド側のみに使用。 				

表5 試料の種類と寸法

試料 No.	導 線			パ ッ キ ン			座 金 A			座 金 B			パッキン 箱内径 D ₁ (mm)	
	種 類	心数	公 称 断面積 (mm ²)	仕上外径d ₁ (実測値) (mm) (2)	外径D (mm)	内径d (mm)	圧縮前の パッキンの 長さℓ ₁ (mm)	外径 (mm)	内径 d ₂ (mm)	厚さ (mm)	外径 (mm)	内径 d ₂ (mm)		厚さ (mm)
20	LHH	単心	60	16.9(17.0)	29.4	17.8	30.2	29.53	23.1	2.6	25.53	23.1	2.4	30.05
21	MLFC(3)	〃	80	17.1(17.2)	29.3	17.8	30.0	29.0	18.7	2.3	29.0	18.7	2.3	30.05
22	LKGB(4)	〃	80	17.4(17.5)	29.3	17.8	30.0	29.0	18.7	2.3	29.0	18.7	2.3	30.05

注(2) 括弧内寸法は導線外径に鉛箔を巻いた後の寸法である。

(3) この導線は、特定メーカーの製品記号である。

(4) ガラス編組は、とり除いて使用した。

備考1. パッキン材質と性能

材質 オレフィンゴム相当品 (エチレンプロピレンの共重合体)

性能 硬 さ : 55~65Hs (JIS K 6301による)

引張強さ : 120kgf/cm²[11.77MPa]

伸 び : 450%以上

2. 導線の種類と被覆硬度

LHH : 65~85 Hs

MLFC : 80 Hs

LKGB : 40~70 Hs

この器具に表5に示す導線挿入し、締付けた状態のものを被写体として、X線透過装置により撮影した。

(4) 実験方法

締付器具に試料を挿入し、4本のボルトによって、均一に締付け、パッキンの有効圧縮率(Y)が0、3、5、7、10及び15%となる各圧縮過程において、X線透過写真を作り、写真上で寸法を測定し、この数値をもとに導線及びパッキンの変形を計算により求めた。

(a) X線透過法

レントゲン装置を用いて撮影を行った。

レントゲン装置仕様

60KVP 25mAs

(b) 被写体のコントラスト強化

導線外径の寸法をフィルム上に写し出すため、導線外周に厚さ0.03mmの鉛箔を巻き、コントラスト強化をはかった。

なお使用したレントゲンは、照射エネルギーが小さく、導線の心線(銅)と導線外径とを同時に写し出すことは困

難なため、今回の実験は導線外径のみの写真とした。

(c) 寸法補正

フィルム上の寸法を真の値にするため、座金外径を正確に測定しその値を基準に寸法を補正した。

(5) 実験結果

(a) 導線の変形状態

実験結果のまとめを表6、図13及び図14に示す。又、締付器具に導線を締付けた状態のX線透過写真の代表的なものを図15及び図16に示す。このうち、導線締付部分のX線透過拡大写真としてLHH口出線のものを図17 MLFC口出線の場合は図18 LKGBの場合を図19に示した。

(b) パッキンの変形状態

パッキンを圧縮した場合のパッキンはみ出し量を実験資料をもとに計算により求めた。

防爆電気機器本体への導線引込方式

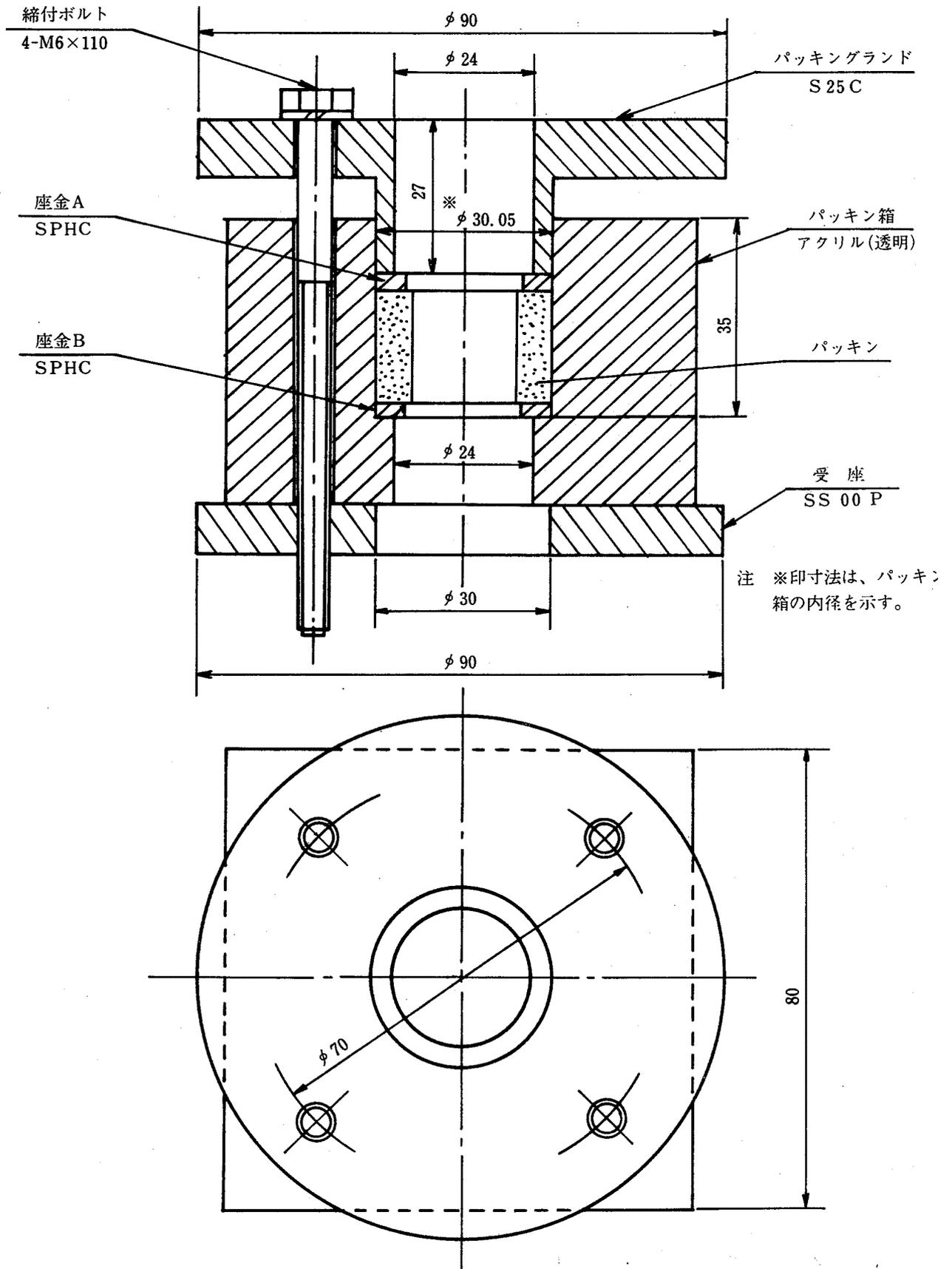


図12 締付器具

表6 導線の変形状態

試料 No.	導線			有効圧縮率(%)		l_1 からの 圧縮率 (%)	圧縮後の パッキン 長さ l_2 (mm)	最小導線 径 d_{3mm} (mm)	導線変形 量 d_1-d_{3mm} (mm)	導線変形率 (%) $\frac{d_1-d_{3mm}}{d_1} \times 100$	絶縁体厚さ 変形率 % $\frac{d_1-d_{3mm}}{2t} \times 100$
	種 類	外径 d_1 (5) (mm)	絶縁体厚 さ t (mm)	触感(6)	理論値						
20	LHH 60mm ²	17.0	2.5	0	0	10.9	26.9	17.10	—	—	—
				3	3	13.6	26.1	16.83	0.17	1.00	3.4
				5	5	15.2	25.6	16.76	0.24	1.41	4.8
				7	7	17.2	25.0	16.48	0.52	3.06	10.4
				10	10	19.9	24.2	16.28	0.72	4.24	14.4
				15	15	24.2	22.9	15.56	1.44	8.47	28.8
21	MLFC 80mm ²	17.2	1.5	0	-1.5	9.7	27.1	17.07	—	—	—
				3	1.5	12.3	26.3	16.80	0.4	2.33	13.3
				5	3.7	14.3	25.7	16.53	0.67	3.90	22.3
				7	5.6	16.0	25.2	16.26	0.94	5.47	31.3
				10	8.6	18.7	24.4	15.91	1.29	7.50	43.0
				15	13.9	23.3	23.0	15.38	1.82	10.58	60.7
22	LKGB 80mm ²	17.5	2.3	0	-1.8	7.7	27.7	17.62	—	—	—
				3	1.1	10.3	26.9	17.07	0.43	2.46	9.38
				5	3.3	12.3	26.3	16.36	1.14	6.51	24.78
				7	5.1	14.0	25.8	15.86	1.64	9.37	35.65
				10	8.5	17.0	24.9	15.04	2.46	14.06	53.49
				15	13.6	21.7	23.5	14.87	2.63	15.03	57.17

注(5) 導線外径は導線外周にコントラスト強化のための鉛箔を巻き付け後の寸法である。

(6) 触感により0%を決め、それを基準に計算して、3、5、7、10、15%とした。

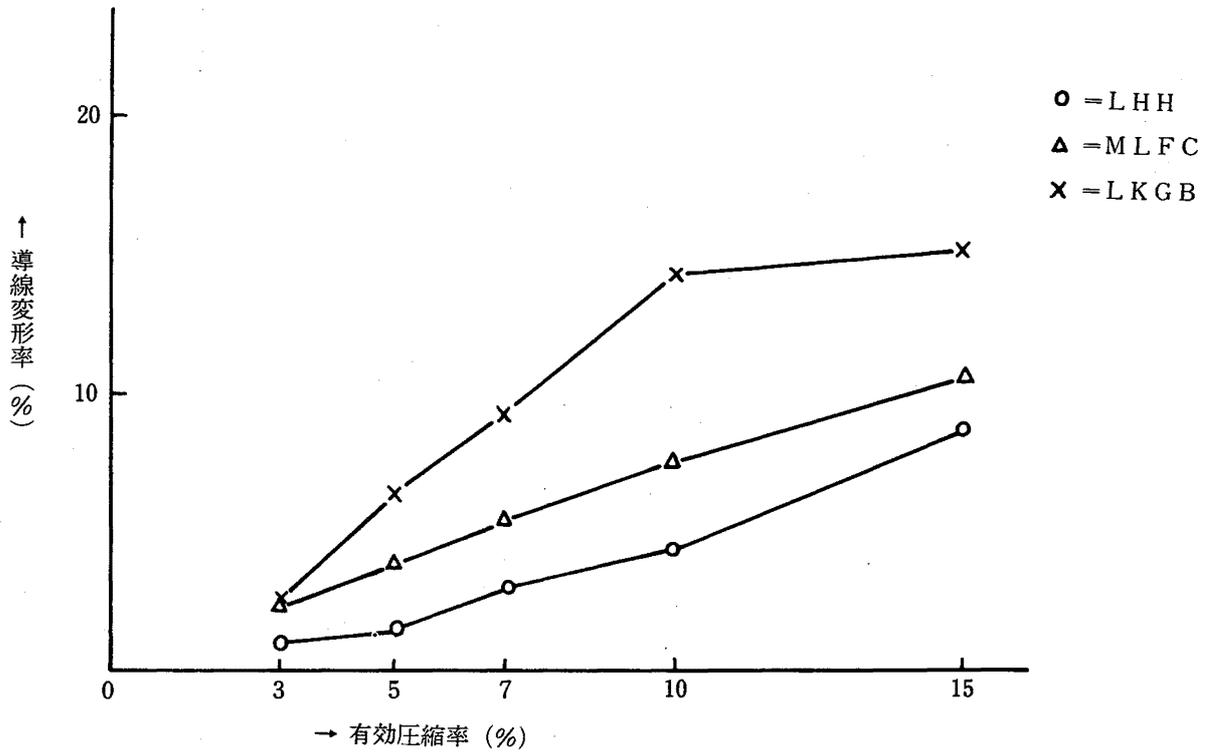


図 1 3 有効圧縮率—導線変形率

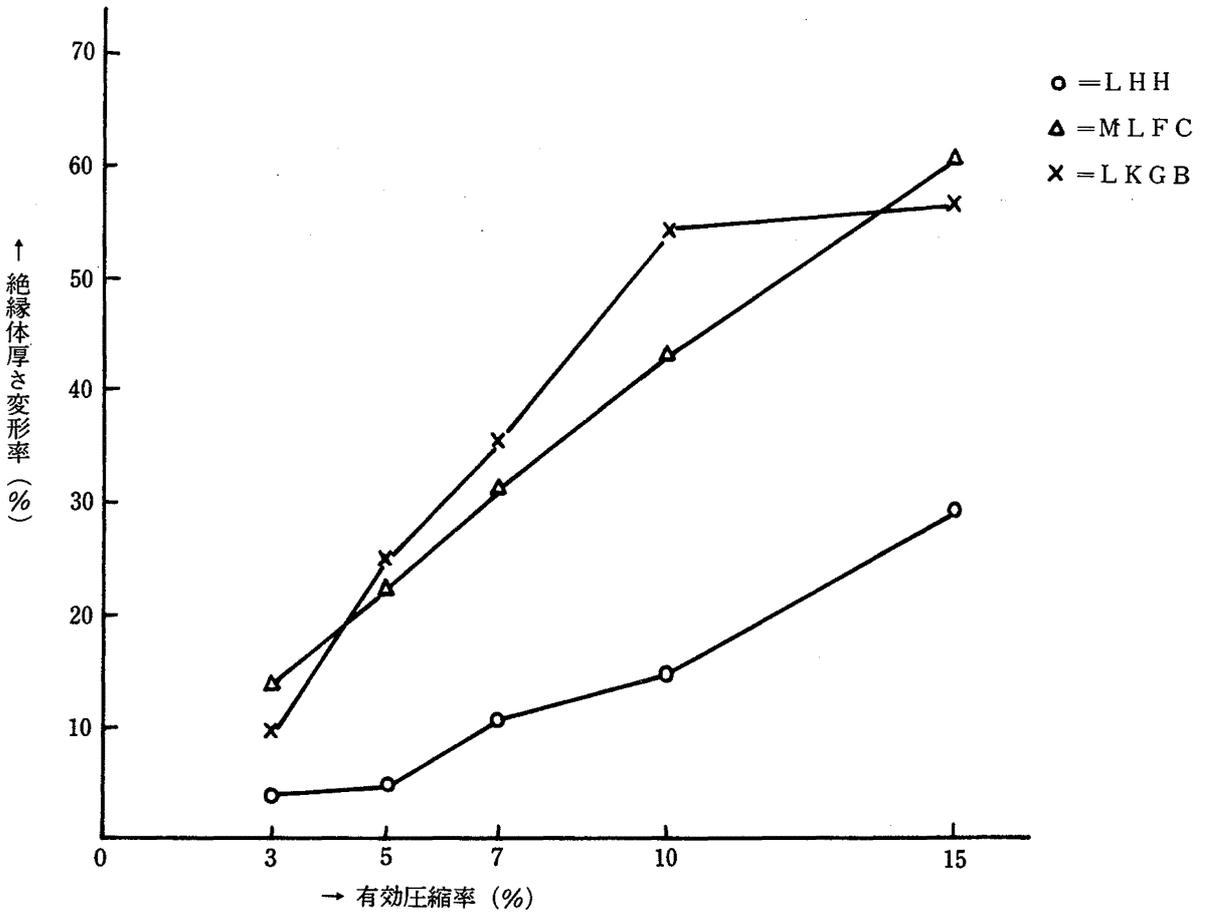


図 1 4 有効圧縮率—絶縁体厚さ変形率

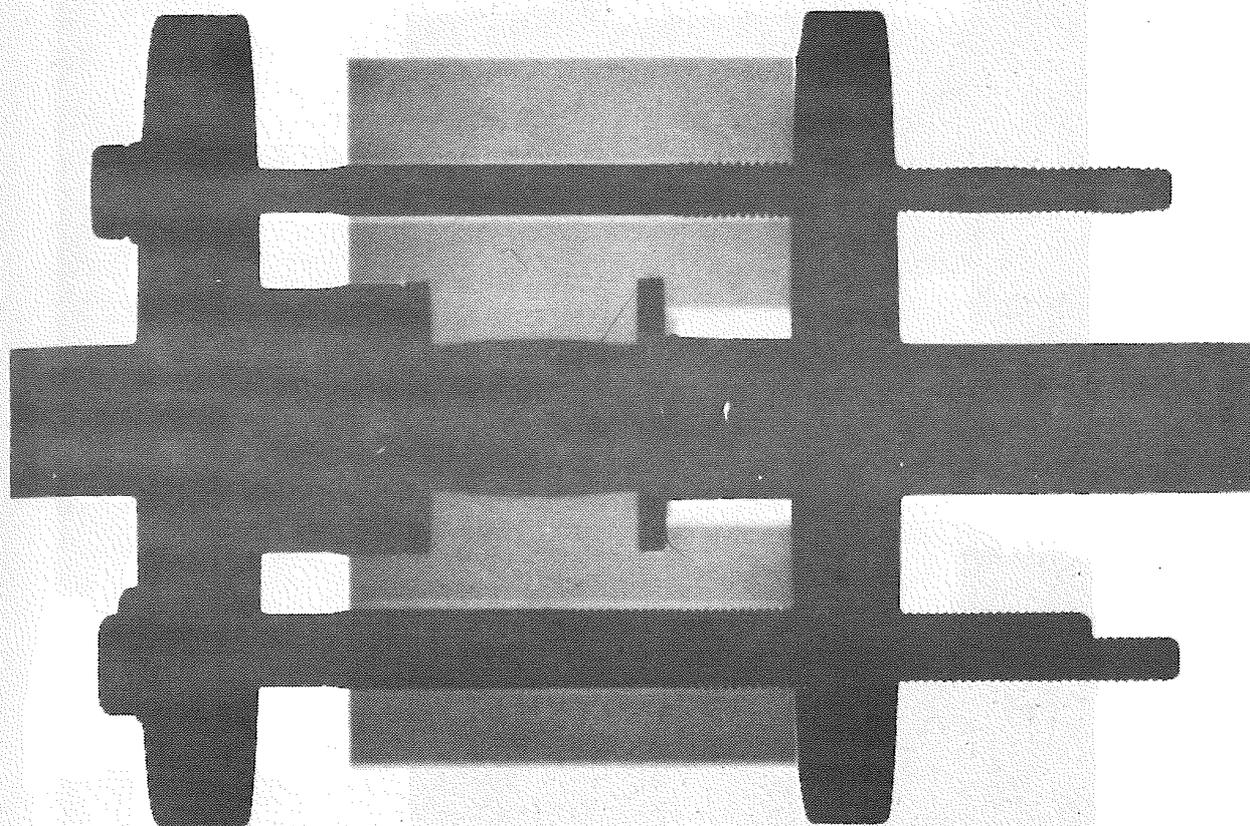


図15 X線透過法による観察

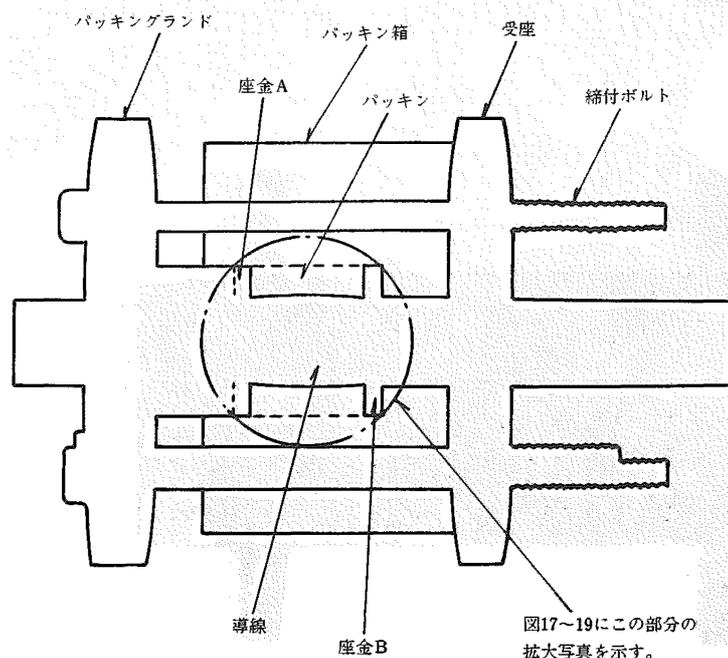
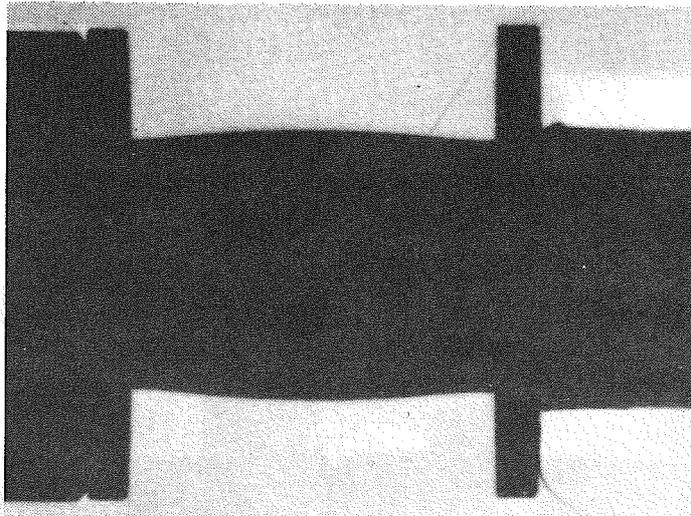
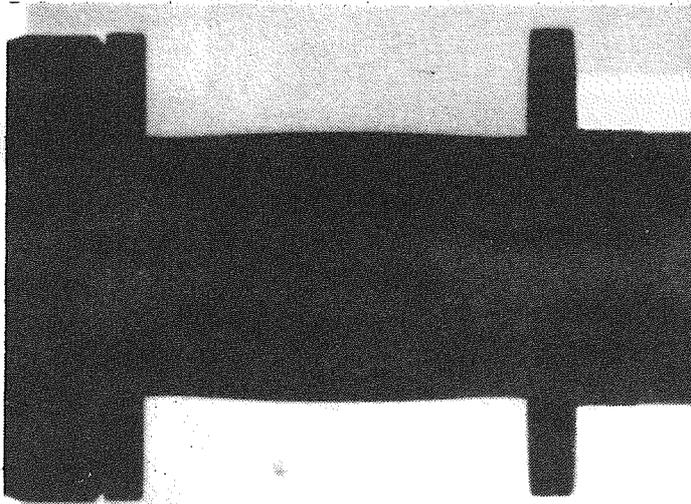


図16 X線透過法による観察写真説明図

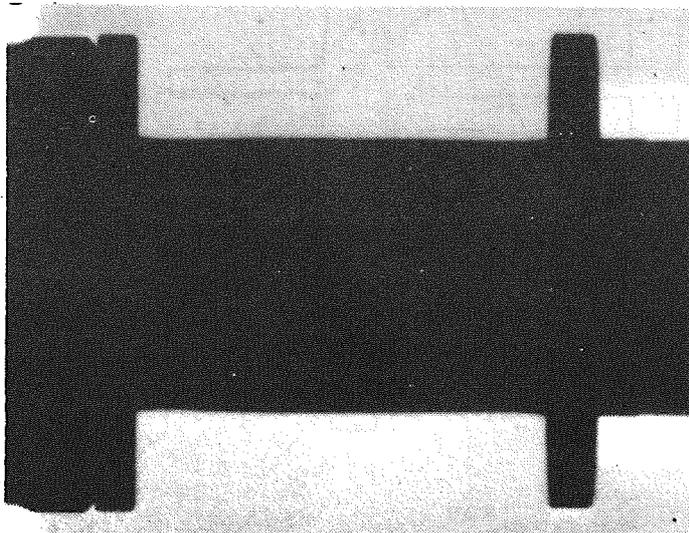
防爆電気機器本体への導線引込方式



有効圧縮率 15%

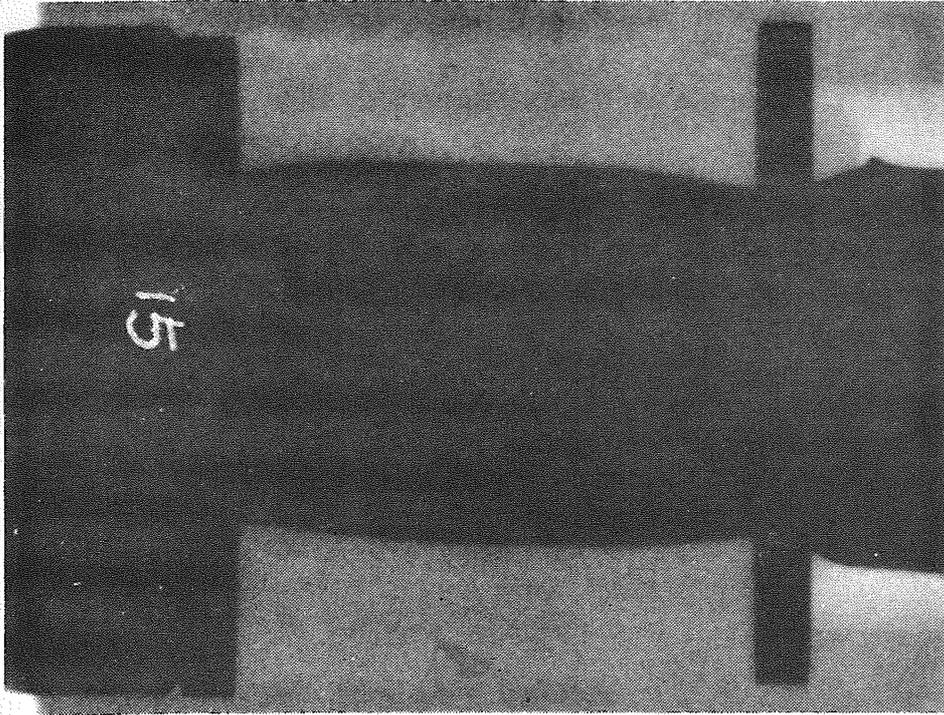


有効圧縮率 10%

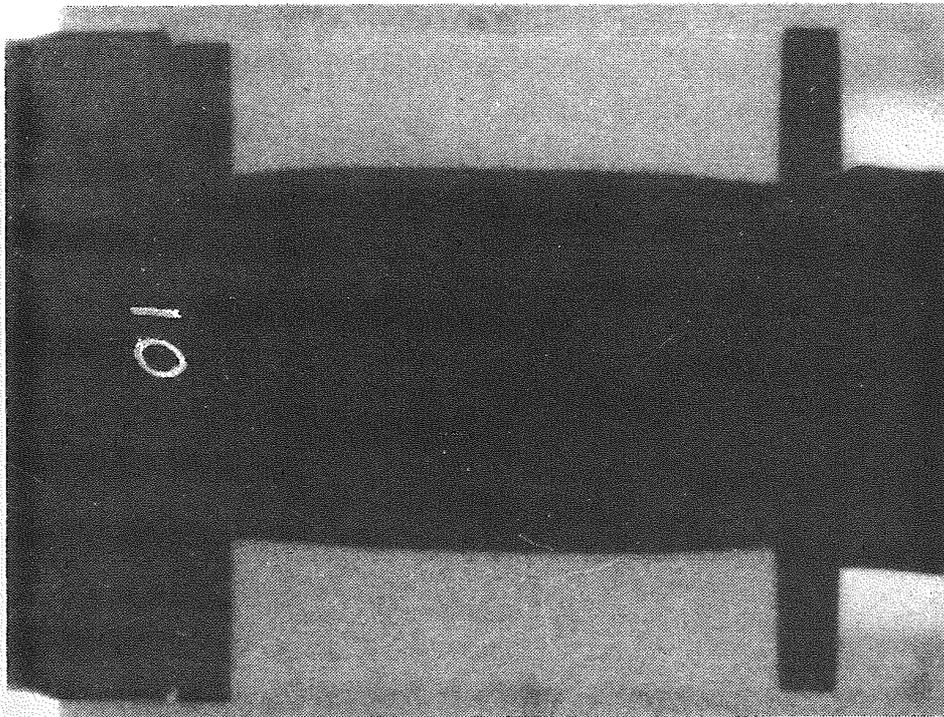


有効圧縮率 5%

図17 LHHの変形状態

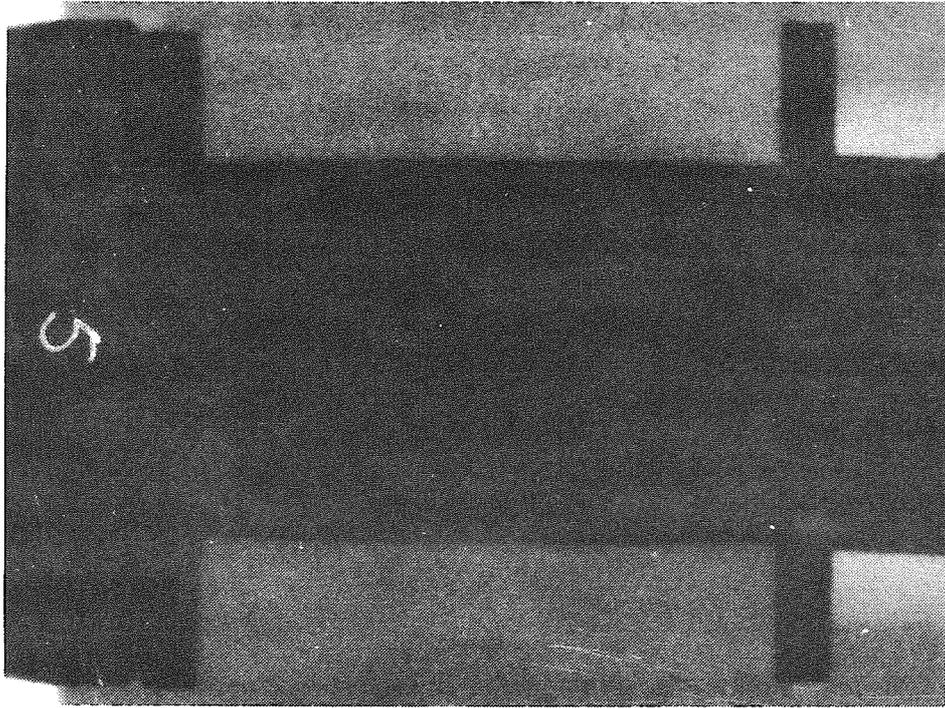


有効圧縮率15%



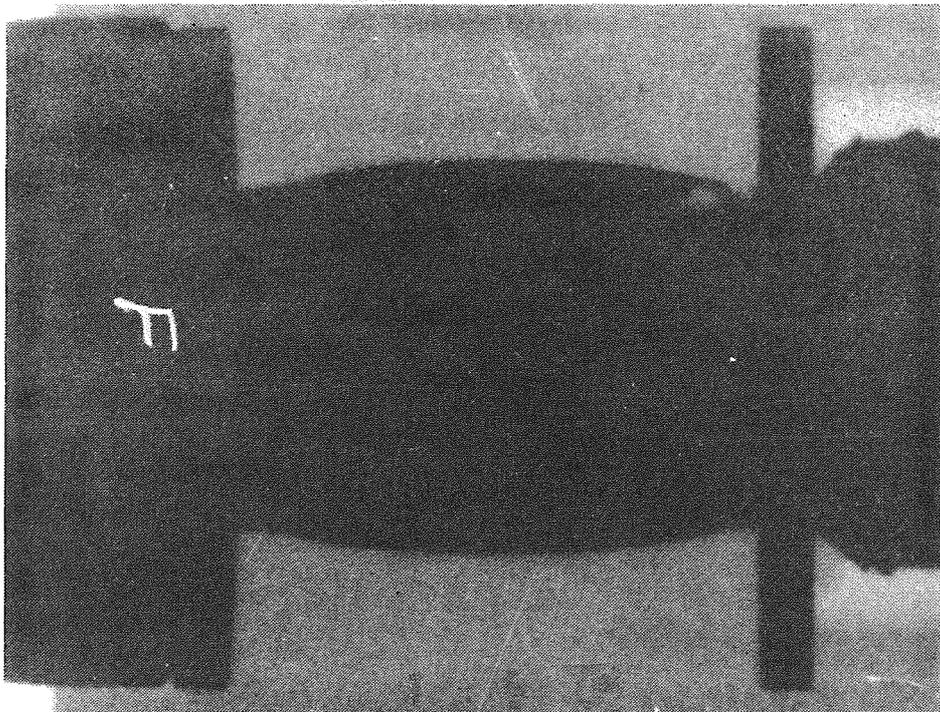
有効圧縮率10%

図18 MLFCの変形状態



有効圧縮率 5 %

図18 MLFCの変形状態



有効圧縮率 15 %

図19 LKGBの変形状態

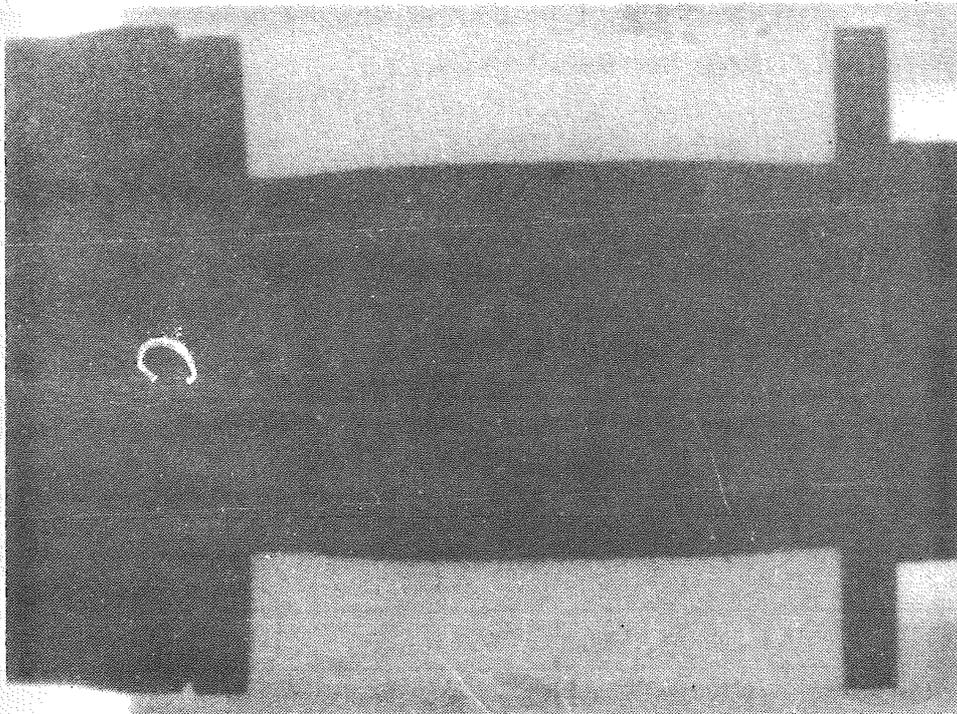
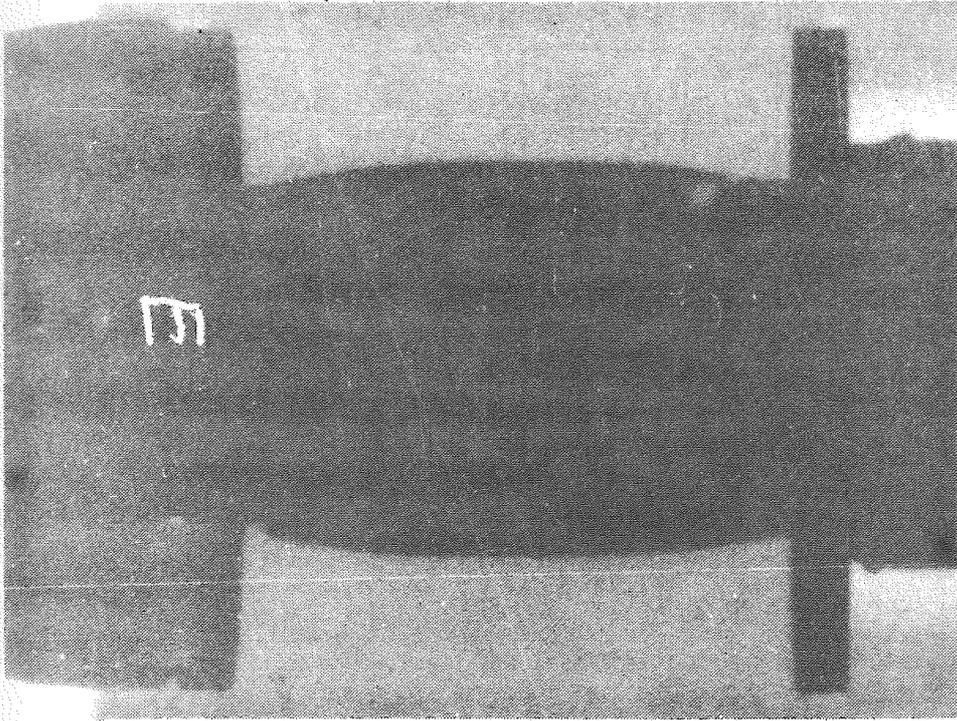
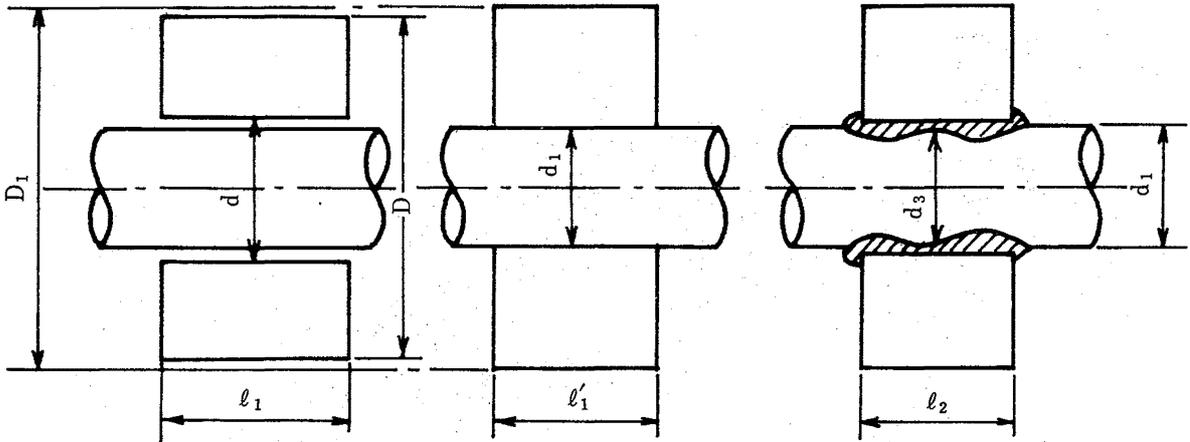


図19 LKGBの変形状態

(i) 計算式



$$\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) l_1 = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) l_1' = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_3^2) l_2 + S \dots\dots ①$$

全はみ出し量 (W) は①式から

$$W = \frac{\pi}{4} (D_1^2 - d_1^2) (l_1' - l_2) \dots\dots ②$$

導線側のはみ出し量 (V) は

$$V = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_3^2) l_2 \dots\dots ③$$

座金側のはみ出し量 (S) は

$$S = W - V = \frac{\pi}{4} \{ (D_1^2 - d_1^2) l_1' - (D_1^2 - d_3^2) l_2 \} \dots\dots ④$$

備考 式中の d_3 の値は、導線締付後の導線外径の平均値とする。

図 20 導線締付状態図

(ii) 計算に必要な諸元

表 7 計算に必要な諸元

導線の種類	パッキン外径 D (mm)	パッキン内径 d (mm)	圧縮前のパッキンの長さ l_1 (mm)	導線外径 d_1 (mm)	有効圧縮率 0% の時のパッキンの長さ l_1'	パッキン箱内径 D_1
LHH 60mm ²	29.4	17.8	30.2	17.0	26.9	30.05
MLFC 80mm ²	29.3	17.8	30	17.2	27.1	30.05
LKGB 80mm ²	29.3	17.8	30	17.5	27.7	30.05

(c) 計算結果

計算結果を表 8 及び図 21 に示す。

表8 パッキンの変形状態

試料 No.	導線の種類	有効圧縮率 Y (%)	d ₃ (mm)	ℓ ₂ (mm)	ℓ ₁ - ℓ ₂ (mm)	パッキン体質 (mm ³)	全はみ出し量 W (mm ³)	導線側はみ出し量 V (mm ³)	座金側はみ出し量 S (mm ³)	$\frac{V}{W} \times 100$ (%)	$\frac{S}{W} \times 100$ (%)
20	LHH 60mm ²	3	16.93	26.1	0.8	12980.05	385.59	48.66	336.93	13	87
		5	16.82	25.6	1.3	〃	626.59	122.34	504.25	20	80
		7	16.70	25.0	1.9	〃	925.78	198.41	717.37	22	78
		10	16.51	24.2	2.7	〃	1301.37	311.93	989.44	24	76
		15	16.04	22.9	4.0	〃	1927.96	570.19	1357.77	30	70
21	MLFC 80mm ²	3	16.93	26.3	0.8	12755.86	381.30	190.25	191.05	50	50
		5	16.79	25.7	1.4	〃	667.27	281.15	386.12	42	58
		7	16.64	25.2	1.9	〃	905.58	374.88	530.70	41	59
		10	16.22	24.4	2.7	〃	1286.88	627.32	659.56	49	51
		15	15.86	23.0	4.1	〃	1954.15	799.84	1154.31	41	59
22	LKGB 80mm ²	3	17.35	26.9	0.8	12755.86	374.76	110.39	264.37	29	71
		5	16.95	26.3	1.4	〃	655.83	391.18	264.65	60	40
		7	16.58	25.8	1.9	〃	890.06	635.00	255.06	71	29
		10	16.06	24.9	2.8	〃	1311.66	944.61	367.05	72	28
		15	15.73	23.5	4.2	〃	1967.49	1085.03	882.46	55	45

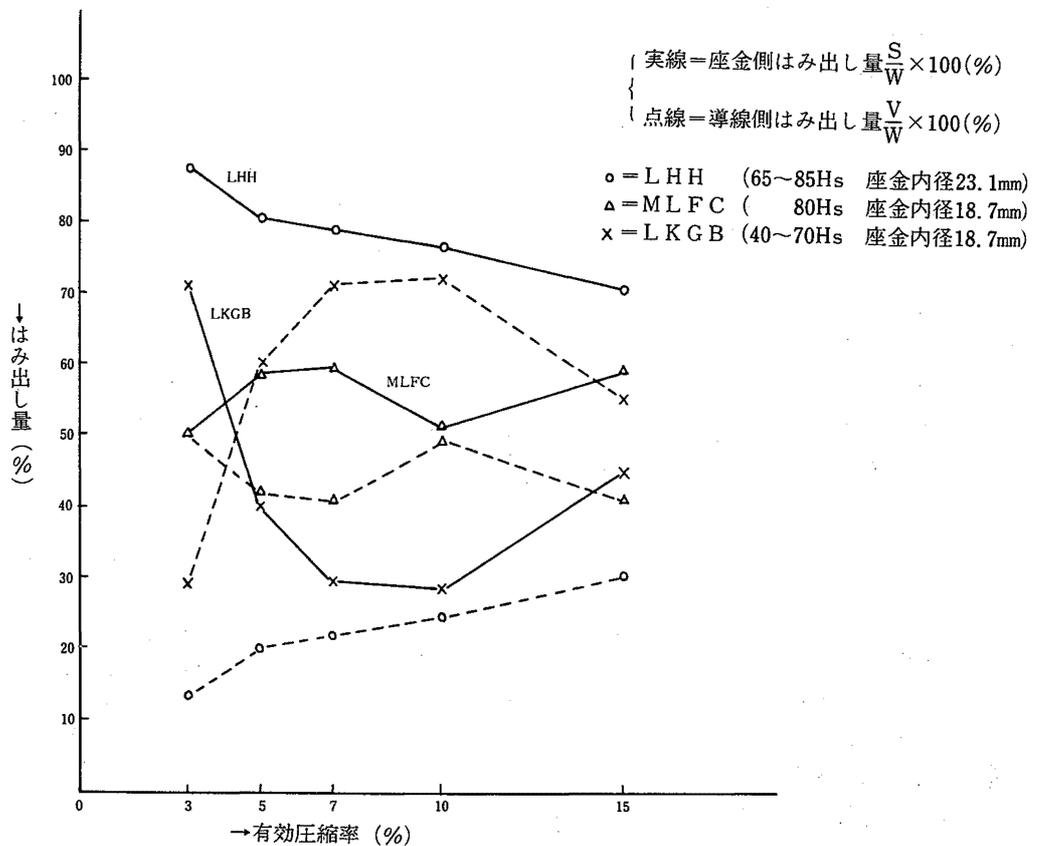


図2.1 パッキンのはみ出し量

防爆電気機器本体への導線引込方式

実験に使用した水素-空気混合気は21 (20.5~21) 、
30 (30~31.5) 及び50 (46.8~50) Vol%である。

ガス濃度50Vol%のものは比較的防爆機器数の多い爆
発等級2の機器に対して使用する。ガス濃度21Vol%は
電気火花で最も点火しやすい濃度である。ガス濃度、
30Vol%は爆発圧力が最も大きくなる濃度である。

可燃性ガス・蒸気と空気との混合気の爆発圧力は他の
条件が一定ならば濃度によって変化し、ある濃度で最大
値に達する。この濃度は一般には当量濃度よりやや高目
である。

(e) 実験容器

容器の材質はSS41で、その内容積は約8.4ℓである。容

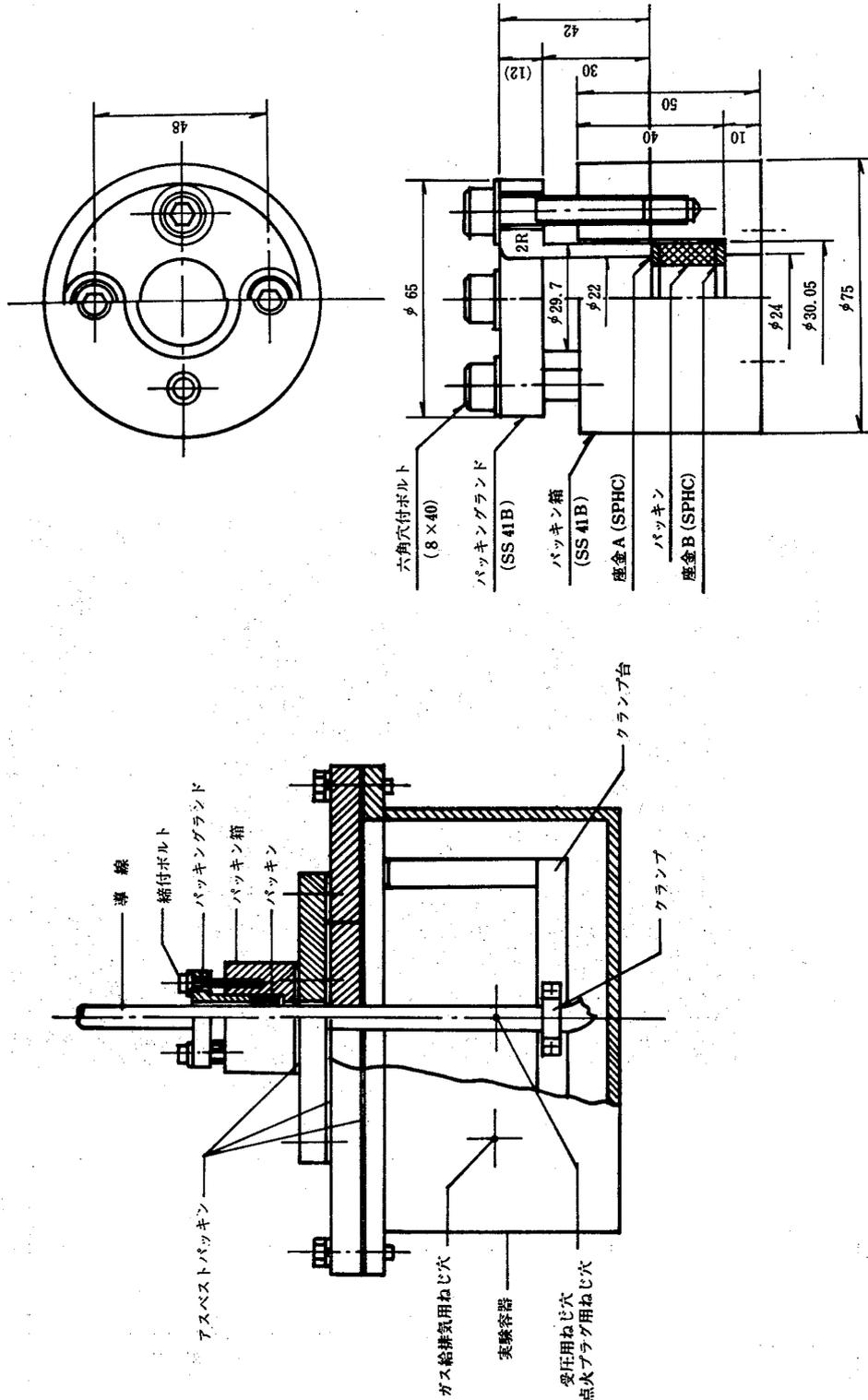


図 2 4 実験容器構造図

防爆電気機器本体への導線引込方式

器には圧力変換器、混合ガス給排気用ねじ穴及び点火プラグ取付用のねじ加工がされている。接合面にはアスベスト製パッキンを装着し、実験時にガスが洩れるのを防

いでいる。

実験容器の構造は図24、及び外観図は図25に示す。又図26は実験容器を爆発試験槽に設置したところを示している。

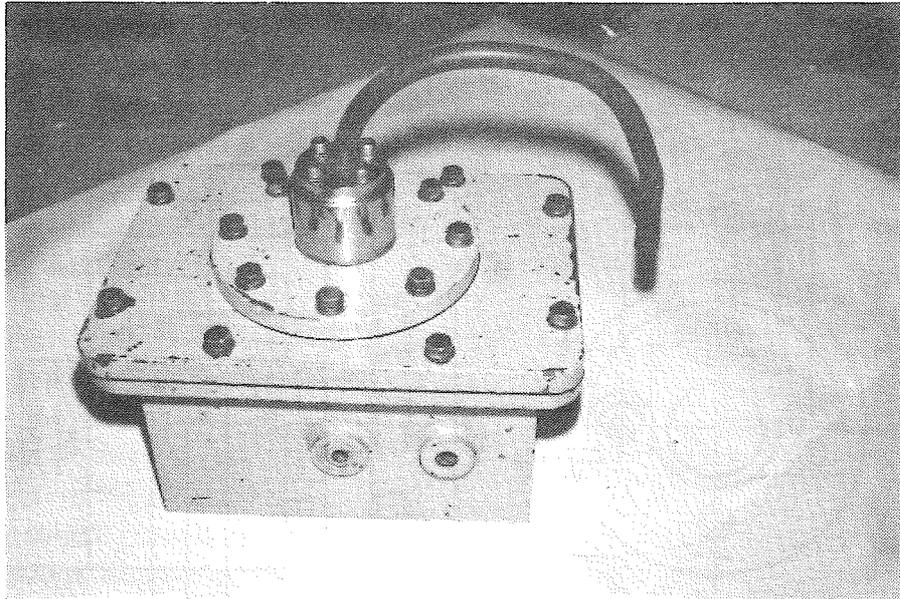


図 2 5 実験容器外観写真

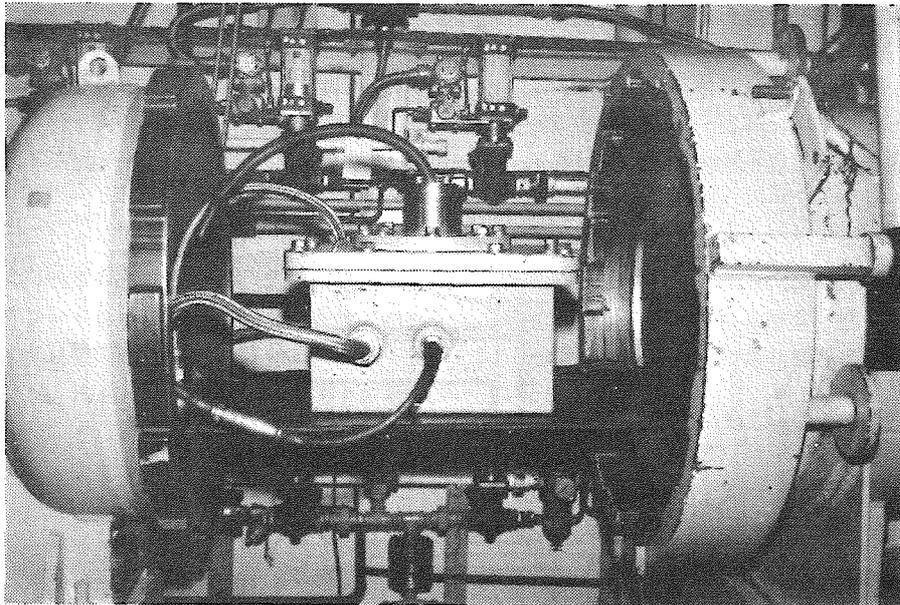


図 2 6 爆発試験槽と実験容器

表 9 実験の組合せ要素

導線の種類	パッキンの材質	有効圧縮率	ガス濃度	初 圧	試料No.	試験結果の参照
LKGB, LBN	オレフィンゴム	0, 3, 5 %	47Vol %	0 kgf/cm ²	23~28	表 11
LKGB, LBN	〃	0 %	47Vol %	1.0 1.5 kgf/cm ²	〃	表 12
LKGB	クロロプレングム	0 %	50, 30, 21Vol %	0 kgf/cm ² で行ない火炎逸走しない時は0.7kgf/cm ²	29	表 13
LBN	〃	0 %	〃	〃	30	表 14
LN	〃	0 %	〃	〃	31	表 15

防爆電気機器本体への導線引込方式

(4) 実験方法

(a) 爆発実験は表9に示す各要素の組合せで行い、火炎の逸走の有無を調べた。実験を行うに際し、導線は実験容器内のクランプで固定し、更に、導線内部を通じて火炎の逸走するのを防止するために、導線末端をエポ

キシ樹脂系接着剤で末端処理した。なおLKGBはガラス編組を取除いて使用した。

(b) 爆発実験に使用した試験の種類と寸法については表10に示すとおりである。

表10 試料の種類と寸法

試料 No.	導線種類	導線			パッキン (mm)					座金 A, B (8) (mm)			(7) 有効圧縮率 Y (%)
		仕上外径 d_1 mm (9)			外径 D	内径 d	圧縮前の長さ l_1	有効圧縮率0%時の長さ l'_1	有効圧縮率Y%時の長さ l_2	外径 d_2	長さ		
		X方向	Y方向	平均値									
23	LKGB	14.7	15.6	15.15	29.5	17.4	17.5	14.75	—	29.6	17.2	2.3	0.45 (0)
24	〃	14.8	15.0	14.90	29.5	17.1	17.4	14.81	14.37	29.6	17.2	2.3	0.90 (3)
25	〃	15.0	15.5	15.10	29.6	17.8	18.1	15.00	14.25	29.6	17.2	2.3	5.20 (5)
26	LBN	16.6	16.5	16.50	29.7	17.6	17.6	17.60	—	29.6	18.7	2.3	0.49 (0)
27	〃	16.6	16.4	16.50	29.4	17.5	17.2	15.22	14.76	29.6	18.7	2.3	3.22 (3)
28	〃	16.5	16.9	16.70	29.6	17.8	17.8	15.92	15.12	29.6	18.7	2.3	4.76 (5)
29	LKGB	15.7	14.8	15.25	29.4	17.9	8.8	7.12	—	29.6	17.2	2.3	0 (0)
30	LBN	17.8	17.3	17.55	29.4	17.8	9.0	8.26	—	29.6	18.7	2.3	0 (0)
31	LN	16.3	16.0	16.15	29.4	17.8	9.0	7.63	—	29.6	18.7	2.3	0.029 (0)

注(7) 有効圧縮率は0, 3, 5%を目標としたが多少相異が生じた。()内は目標値を示す。

(8) 座金A, Bには同一寸法のものを使用した。

(9) 有効圧縮率の算出にあたってはパッキン箱、座金、パッキン及び導線の寸法が構成要素であるが、そのうちパッキン箱、座金及びパッキンは比較的容易に所定の公差を得ることが出来る。しかし、導線は種類が多く、構成も雑多で、さらに、その導線径は所定の値を得ることが大変困難である。したがって有効圧縮率の算定にあたっては大変な障害となる。そこで本実験では図27に示す方法で導線寸法を算出した。

備考1. パッキンの材質と性能

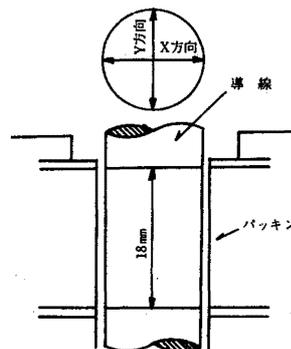
(1) オレフィンゴム相当品

(性能)

硬さ: 55~65Hs (JISに6301による)

引張強さ: 120kgf/cm² (11.77MPa)

伸び: 450%以上



導線とパッキンが接触する箇所
の18mmの範囲で任意に測定し、
計算にはその平均値を採用した。

図27 導線外径寸法測定箇所

防爆電気機器本体への導線引込方式

(2) クロロプレングム

(性能)

硬度 : 60Hs

引張強さ : 160kgf/cm²

伸び : 480%以上

2. 導線の種類と被覆硬度

(1) LKGB : 40~70Hs

(2) LBN : 50~65Hs

(3) LN : 50~65Hs

(5) 実験結果

有効圧縮率、導線、及び実験ガスの濃度と圧力条件などの組合せを変えて実験した結果は表11~15のとおりであった。

表11 実験結果

導線の種類	有効圧縮率	実験回数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		
		内	外													
LKGB	0%	ガス濃度 (Vol%)	内	47.0											→	
			外	47.0												→
		初圧 (kgf/cm ²)			0	0.63										→
		爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.5	10.13	10.13	10.03	10.03	10.03	10.03	10.13	10.03	10.20	10.00	10.13
	3%	ガス濃度 (Vol%)	内	48.0		→		47.0								→
			外	48.0		→		47.0								→
		初圧 (kgf/cm ²)			0	0.70										→
		爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.4	10.00	10.05	10.10	10.00	10.00	10.05	10.10	10.00	10.00	10.05	10.00
	5%	ガス濃度 (Vol%)	内	47.1			→		46.8				→	47.0		→
			外	47.1			→		46.8				→	47.0		→
		初圧 (kgf/cm ²)			0	0.70						→	0.65	0.70		→
		爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.4	10.05	10.10	10.05	10.05	10.00	10.00	10.00	10.05	10.10	10.00	10.10
LBN	0%	ガス濃度 (Vol%)	内	46.8		→		47.3							→	
			外	46.8		→		47.3							→	
		初圧 (kgf/cm ²)			0	0.6					→	0.63		→	0.65	0.63
		爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.6	10.00	10.00	10.10	10.00	10.00	10.10	10.00	10.03	10.03	10.00	10.00
	3%	ガス濃度 (Vol%)	内	47.0		→		46.8						→	47.6	→
			外	47.0		→		46.8						→	47.6	→
		初圧 (kgf/cm ²)			0	0.65								→	0.70	→
		爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.6	10.15	10.00	10.15	10.05	10.00	10.00	10.05	10.00	10.10	10.00	10.00
	5%	ガス濃度 (Vol%)	内	47.0										→	47.5	→
			外	47.0										→	47.5	→
		初圧 (kgf/cm ²)			0	0.675	0.7	0.725	0.70							→
		爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.45	10.18	10.00	10.00	10.10	10.10	10.10	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00

LKGB, LBNともに、いずれの場合も火炎の逸走はなかった。

防爆電気機器本体への導線引込方式

表12 実験結果

導線の種類	有効圧縮率	実験回数							
		1	2	3	4	5			
LKGB	0%	ガス濃度 (Vol%)	内	47					→
			外	47					→
		初 圧 (kgf/cm ²)	1.0					→	
		爆発圧力 (kgf/cm ²)	12.2	11.8	11.9	12.0	11.9		
		火炎逸走の有無	無					→	
		ガス濃度 (Vol%)	内	47	46.8				→
			外	47	46.8				→
		初 圧 (Vol%)	1.5					→	
		爆発圧力 (kgf/cm ²)	14.4	15.5	14.5	14.7	14.7		
		火炎逸走の有無	無					→	
LBN	0%	ガス濃度 (Vol%)	内	47.4		→	47.8	47.8	
			外	47.4		→	47.8	47.8	
		初 圧 (kgf/cm ²)	1.0					→	
		爆発圧力 (kgf/cm ²)	12.9	12.9	12.3	12.9	12.9		
		火炎逸走の有無	無					→	
		ガス濃度 (Vol%)	内	47.8		→	47.0	47.0	
			外	47.8		→	47.0	47.0	
		初 圧 (kgf/cm ²)	1.5					→	
		爆発圧力 (kgf/cm ²)	15.5	15.5	15.2	15.7	15.5		
		火炎逸走の有無	無					→	

この実験は初圧を1.0と1.5kgf/cm²に上げ行ったが、いずれの場合も火炎の逸走はなかった。

防爆電気機器本体への導線引込方式

表13 実験結果

導線の種類	有効圧縮率	実験回数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		ガス濃度 (Vol%)	内	50	→	49	→	49	→	49	→	49	→	→
	外	50	→	49	→	49	→	49	→	49	→	→	→	→
初 圧 (kgf/cm ²)		0											→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)		5.7											→	
火炎逸走の有無		無											→	
ガス濃度 (Vol%)	内	50											→	
	外	50											→	
初 圧 (kgf/cm ²)		0.7											→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)		10.5	10.6	10.5	10.4	10.4	10.6	10.6	10.4	10.4	10.4	10.4		
火炎逸走の有無		無											→	
ガス濃度 (Vol%)	内	31												→
	外	31												→
初 圧 (kgf/cm ²)		0											→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)		7.1	7.0	6.9	6.8	7.0	6.9	6.9	6.9	6.8	6.9	7.1		
火炎逸走の有無		有	有	無	無	有	無						→	
ガス濃度 (Vol%)	内	31	→	31.5								30.5	→	
	外	31	→	31.5								30.5	→	
初 圧 (kgf/cm ²)		0.7											→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)		12.8	12.3	12.3	12.4	11.9	12.2	12.2	11.8	12.7	12.6			
火炎逸走の有無		有	有	無	有	無	→	有	無	有	→			
ガス濃度 (Vol%)	内	21												→
	外	21												→
初 圧 (kgf/cm ²)		0											→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)		5.4							→	5.5	5.5	5.4		
火炎逸走の有無		無											→	
ガス濃度 (Vol%)	内	21												→
	外	21												→
初 圧 (kgf/cm ²)		0.7											→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)		10.0	10.3	10.4	10.2	10.0	9.8	10.0	9.9	9.8	9.8			
火炎逸走の有無		無	有	無									→	

ガス濃度50Vol%では初圧0及び0.7kgf/cm²ともに火炎の逸走はなかった。
 ガス濃度21Vol%では初圧0.7kgf/cm²で一度だけ火炎の逸走をしている。
 ガス濃度31Vol%では初圧に関係なく火炎の逸走をしている。

防爆電気機器本体への導線引込方式

表 1 4 実 験 結 果

導線の種類	有効圧縮率	実験回数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
		ガス濃度 (Vol%)	内	50											
		外	50												→
初 圧 (kgf/cm ²)			0												→
爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.9	→		6.1	6.0	5.9							→
火炎逸走の有無			無												→
ガス濃度 (Vol%)		内	50												→
		外	50												→
初 圧 (kgf/cm ²)			0.7												→
爆発圧力 (kgf/cm ²)			11.2	10.4	10.9	10.9	10.7	10.4	10.3	10.2	10.1	8.8			
火炎逸走の有無			無												→ 有
ガス濃度 (Vol%)		内	31												→
		外	31												→
初 圧 (kgf/cm ²)			0												→
爆発圧力 (kgf/cm ²)			7.0	7.0	6.8	6.7	6.7	6.8	6.7	7.1	7.0	6.9			
火炎逸走の有無			有	→				無	有						→
ガス濃度 (Vol%)		内	21												→
		外	21												→
初 圧 (kgf/cm ²)			0												→
爆発圧力 (kgf/cm ²)			6.6	6.6	6.5	→		6.3	6.2	→					6.7
火炎逸走の有無			無												→
ガス濃度 (Vol%)		内	21												→
		外	21												→
初 圧 (kgf/cm ²)			0.7												→
爆発圧力 (kgf/cm ²)			11.7	12.0	11.7	12.1	10.3	10.3	10.2	9.7	9.8	10.9			
火炎逸走の有無			無	有	→			無							→

LBN 0%

ガス濃度50Vol%では初圧0 kgf/cm²では火炎の逸走はしなかったが初圧0.7kgf/cm²では一度火炎の逸走をしている。
 ガス濃度21Vol%では初圧0 kgf/cm²では火炎の逸走はしなかったが初圧0.7kgf/m²では三度連続して火炎の逸走をしている。

ガス濃度31Vol%では初圧0 kgf/cm²でも火炎の逸走をしている。

防爆電気機器本体への導線引込方式

表 1 5 実 験 結 果

導線の種類	有効圧縮率	実験回数		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		ガス濃度 (Vol%)	内	49		→		50						
		外	49		→		50						→	
初 圧 (kgf/cm ²)			0										→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.6	5.6	5.7	5.6	5.5	5.6			→		5.5	
火炎逸走の有無			無										→	
ガス濃度 (Vol%)	内	50											→	
	外	50											→	
初 圧 (kgf/cm ²)			0.7										→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)			10.2	10.1	10.1	10.0	9.9	10.2	10.5	10.5	10.5	10.4		
火炎逸走の有無			無										→	
ガス濃度 (Vol%)	内	31											→	
	外	31											→	
初 圧 (kgf/cm ²)			0										→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)			6.9	6.8								→	6.7	
火炎逸走の有無			無										→	
ガス濃度 (Vol%)	内	31											→	
	外	31											→	
初 圧 (kgf/cm ²)			0.7										→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)			13.6	13.1	12.3	12.6	12.1	11.9	12.2	12.3	12.1	12.2		
火炎逸走の有無			有	有	無	有	有	無	有				→	
ガス濃度 (Vol%)	内	21											→	
	外	21											→	
初 圧 (kgf/cm ²)			0										→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)			5.3								→	5.1	5.3	5.4
火炎逸走の有無			無										→	
ガス濃度 (Vol%)	内	21											→	
	外	21											→	
初 圧 (kgf/cm ²)			0.7										→	
爆発圧力 (kgf/cm ²)			10.4	10.3	10.3	10.2	10.3	10.2	10.1	10.0	10.1	11.2		
火炎逸走の有無			無										→	

ガス濃度50Vol%では初圧0及び0.7kgf/cm²ともに火炎の逸走はなかった。

ガス濃度21Vol%では初圧0及び0.7kgf/cm²ともに火炎の逸走はなかった。

ガス濃度31Vol%では初圧0 kgf/cm²では火炎の逸走はしなかったが、初圧0.7kgf/cm²では火炎の逸走をしている

(5) 考察

(a) 実験用ガスについて

当初、実験に使用したガスは21、30及び50Vol%の水素-空気混合気としたが後半は30Vol%のみとした。

30Vol%を使用することにしたのは水素-空気の混合気では当量濃度(29.6Vol%)よりもいくらか濃い目のガス濃度において最も火炎逸走しやすいことが、すでにわかっているためである。

実験結果に示すとおり、何回も繰返して行っているがすべての実験が全く同一のガス濃度で行うことは不可能である。しかし図23より明らかなように29~33Vol%の間では、ほぼ同じ結果が期待できそうなので、実験ガスの濃度は31±1Vol%ときめた。

(b) 有効圧縮率0%について

所定の計算要領により、有効圧縮率0%を算出し、その算出に従って設定された資料で爆発実験を行った結果各データが示すとおりに初圧0kgf/cm²、ガス濃度31Vol%では火炎が逸走している。

これは、計算により有効圧縮率を算出し、それに従って資料を設定したとしても、導線とパッキンの間が必ずしも理想状態にはなりえず、ある程度のスキが生じているためと思われる。

(c) パッキンの選定に当って、

パッキン箱の密封するためには、パッキン硬度、長さ、肉厚及びパッキンの寸法がパッキン箱内の密封度に影響をおよぼす、これらの諸条件が不適切の場合、爆発実験の結果いくつかのパッキンが実験ガスの燃焼熱により焼損しているものがあつた。

これらのことから、パッキンの選定に当っては、パッキンの物理的、化学的、温度的影響、相対する導線の被覆の材質、パッキングランドの締め付要領、パッキン箱内面の仕上程度等を考慮する必要がある。

(d) ケーブルの選定に当って

パッキン箱内を密封するためには、上記のパッキン選定要件のほか、ケーブルについてもつぎの要件を十分に留意する必要がある。

ケーブルの断面の形状は、円形で表面に凸凹の少ないものであること、ついで、ケーブルの線心間のすきまの少ないもの(例えば充実型のケーブル)および同一規格のケーブルで、その仕上り外径寸法のバラツキが小さく、またそのバラツキが一定の範囲内にあるものであること。

ケーブルメーカーによれば、ケーブルの仕上り外径寸法については、購入仕様を決めるときに、仕上り外径の寸法の公差は、ある程度内であれば、十分にその要求に応じることは容易であるといわれているので選定に際しては、この点についても考慮する必要がある。

4. あとがき

耐圧パッキン式引込方式においては、有効圧縮率が導線引込部の耐圧防爆性一すなわち、導線引込部が容器の一部として構成されているため重要な役割をもっている

本来、導線は、その電気的性能を維持するために、全く圧縮しない状態で使用するのが好ましい使い方であるといえる。しかし耐圧防爆性の見地からみて、導線とパッキンとの圧縮度がその防爆性に大きな影響を及ぼすので、全く圧縮しない状態で使用することは許されない。

従来、ややもすると圧縮度を重視するあまり、必要以上に締め付けるきらいがあつたが、導線を余り締めつけずに耐圧防爆性が維持できる状態が適切な有効圧縮率といえるのである。

今回の目視実験、X線透過実験及び爆発試験より、適切な有効圧縮率は5~10%の範囲であれば耐圧防爆性及びパッキンと導線の変形状態に対して十分満足し得るものと判断することができる。

特に有効圧縮率10%は、導線変形に対する導線の正常性を維持するために必要な上限の値の目安の値と考えている。

また、今回の爆発実験によれば、有効圧縮率が2~3%でも耐圧防爆性を十分に満足できることが判明したが、

実際に使用される導線の仕上り外径寸法、断面の形状、(円形の程度)被覆の硬度、座金の内径などの組合せが多種にわたっていることなどから、安全性を加味して下限値は5%にすべきと考えた。

耐圧パッキン式引込方式には、パッキン硬度、長さ、肉厚、寸法ならびにケーブル被覆硬度、仕上り外径及びパッキン箱の精度など圧縮率とのかかわり合いを持ちながら耐圧防爆性保持のための要素が多い。

しかしながら、設計当初から、上記各要素の選択を正しく行えば、導線の電気的性能を低下せずに、耐圧防爆性を維持することは容易であることが明らかとなった。

耐圧パッキン式引込方式を新たに設計、製作される諸兄に対し、このレポートがわずかでも参考になれば幸甚である。

最後に、本実験を実施するにあたり(社)日本電機工業会、導線引込方式技術専門委員会ならび(社)産業安全技術協会の永石治喜氏には種々御協力を頂きましたことをここに記して、感謝の意を表します。

(1983. 1.11 受付)

参考文献

鶴見、松田 水素濃度とセーセ・ギャップの関係についての研究

産業安全研究所報告 Vol. 15 No. 1

Mosch. 1967

産業安全研究所技術指針 RIIS-TR-82-4

昭和 58 年 3 月 10 日 発行

発行所 労働省産業安全研究所

〒108 東京都港区芝 5 丁目 35 番 1 号
電 話 (03) 453-8441(代)

印刷所 祥 栄 堂

UDC 621, 351, 2: 62-213

耐圧単孔式パッキン式引込方式における耐圧防爆性について。

坂 主 勝 弘

労働省産業安全技術資料 RIIS - TN- 82-4 (1982)

耐圧パッキン式引込方式は、耐圧防爆構造の容器壁の一部に導線引込部（パッキン、座金など）を設けて、導線を通じて容器内部に通電するものである。

研究の目的は、パッキンの圧縮率と導線の変形との関係及びそれらと耐圧防爆性との関係について検討した。

(表15, 図25, 参1)

UDC 621,315,2:62-213

**Flameproofness of the Single-hole Packing Type for Leading a
Conductor into a Flameproof Enclosure.**

by K. Sakanushi

**Technical Note of the Research Institute of Industrial Safety
RIIS-TN-82-4 (1982)**

The flameproof packing type is one of the methods used for leading electrical conductor into a flameproof enclosure. In this type, a portion of the wall of flameproof enclosure is provided a packing box, washers, etc. to ensure the flameproofness.

The objective of this research is to find out appropriate conditions for compression of the packing in terms of relations between flameproofness, the packing compression rate and the deformation of the sheath of conductor.

(15 Tables, 25 Figs, 1 Ref.)