

ブリーザーに使用される軸穴および丸穴の火炎逸走限界について

防爆課 田 口 昇 鶴見平三郎

Measurement of the Maximum Experimental Safe Gaps for Breathing Plugs.

by N. Taguchi, H. Tsurumi

By the closed explosion test vessel and the breathing plug models, the writers measured the Experimental Safe Gaps with Hydrogen/Air Mixtures for cylindrical holes.

The results of the 403 tests that were made are given in detail in the Table 7 and the Figure 8.

First, 176 tests were made with the 38.9%—40.0% Hydrogen/Air Mixture, the Maximum Experimental Safe Gap in difference of radius was 0.400mm at the gap depth 25.20mm.

Next, 227 tests were made with the 49.0%—50.0% Hydrogen/Air Mixture, the Maximum Experimental Safe Gap in difference of radius was 0.695mm at the gap depth 25.20mm.

1. ま え が き

- (1) 電気機器を格納した耐圧防爆容器においては、内部と外部の温度差によつて容器の内面に露が生じ逐には水滴となつて容器底部に溜る場合¹⁾が多い。

この原因は、防爆電気機器の呼吸作用²⁾といわれる現象でありドレーン抜き装置を設け、容器の最低部より凝縮した水蒸気の除去を図るとともに容器の最高部にブリーザー (breather) を設けて容器の上部に集まつた高温多湿の空気を外部に吐出することが必要である。

しかしこのブリーザーのギャップより火炎が逸走するようなことがあれば、耐圧防爆容器としての機能が失われる。火炎が逸走しない許容限度については、電気機械器具防爆構造規格第6条³⁾、JISC—0903:3.2.1⁴⁾、および工場電気設備防爆指針3221⁵⁾にスキおよびスキの興行が示されているがこの程度のギャップの寸法による吐出量でブリーザーの機能が確保しがたいことは、耐圧防爆容器がブリーザーの設置の有無にかかわらずこの寸法のギャップを認めており、なおかつ凝縮水蒸気の存在することが問題点の所在になっていることからうかがえる。

- (2) このことについて労働省産業安全研究所においては、日本電機工業会防爆機器技術委員会に設けられた

ブリーザー小委員会の協力のもとに昭和39年5月「防爆電気機器内における結露現象に関する調査」を各業種の比較的大規模な事業所91を抽出して実施したところつぎの結果⁶⁾をえた。

A 調査事業所

第1表 調査票回収状況

調査事業所数	91
調査票回収事業所数	49
回収率	53.8%

B 結露現象の有無

第2表 業種別結露状況

区分	石油	化学	紡績・ レヨン	薬品	醗酵合成 ムその他	計
有	14	14	3	1	2	34
無	—	7	4	2	2	15
計	14	21	7	3	4	49

C 業種別機種別結露現象数

業種別および防爆電気機器の種類別の結露現象数を集計すると第3表のとおりであり、メータスタンド、操作スタンド、押釦開閉器などに結露現象が著るしい。

第3表

業種別、機種別結露状況

区分	メータ スタンド スタンド・操作	照明 器具	回 転 機	電 磁 開 閉 器	押 鈕 開 閉 器	刃 形 開 閉 器・切 換 開 閉 器	タ コ ン ビ ネ ー ン シ ョ ン ス タ ー	電 灯 分 電 盤	操 作 開 閉 器・制 御 開 閉 器	コ ン セ ン ト	金 属 管 配 線	接 統 器	ケ ミ ボ ン ブ	タ ン プ ラ ー ス イ ツ チ	通 水 リ レ ル	電 熱 器	プ ール ボ ツ ク ス	コ ン セ ン ト 型 ス イ ツ チ	圧 力 継 電 器	火 災 警 報 器	外 灯 ブ ラ ケ ッ ト	計
石油	12	2	1	1	1	3	3	3	1	1	2			1							1	32
化学	11	5	3	1	3			1	1	1				1	1	1	1					31
紡績・レーヨン		2	1		1																	4
薬品	1			1	1	1		1														5
醗酵・合成ゴムその他		1	2	1	2			1		1											1	9
計	24	10	7	4	8	4	3	6	2	3	2			1	2	1	1	1			2	81

D 結露現象による被害

結露現象に伴う被害の内容の主要なものをあげると第4表のとおりである。

第4表 結露に伴う被害状況

実害の内容	報告事業所数
金属部分の錆・腐食による動作不良、破損など	28
絶縁材の絶縁低下および短絡事故など	35
のぞき窓ガラスの曇りにより指示不良、またはガラス器具の曇りによる照度低下など	7
計	70

E 結露現象に対する具体的対策

これについて現在事業所で実施されている種々な対策が報告されたが、「接合面に対するグリスなどの塗付強化」(21事業場)、「定期点検の実施」(8事業場)、「乾燥剤封入」(6事業場)、「接合面にカバーおよび疵の取り付けあるいは機器全体にビニール・カバーをする」(6事業場)等が目下のところ主要な具体的対策としてあげられる。

- (3) 前記の調査結果から知られるように防爆電気機器内における結露現象に対して技術的対策を樹立することが要請されている。これがため日本電機工業会、防爆機器技術委員会においては、ブリーザー小委員会を設けてこれに対する方策を研究することになったが、このう

ちブリーザーのギャップの火炎逸走限界については、労働省産業安全研究所において分担することになった。

ここで報告しようとする内容⁷⁾は、水素を試験ガスとしてブリーザー基本型のセーフ・ギャップを追究し、現に認められているフランジに対する許容セーフ・ギャップの値に対してそれをどの程度にまで広げうる可能性が存在しうるかを解析したものである。

- (4) 水素に対するフランジ間のセーフ・ギャップの測定結果については、The British Electrical and Industries Research Association (ERA) の Woodhead, Jones, Blackwell, Heathcote⁸⁾⁹⁾等により種々の報告がなされている。またさらにこの結果について再測定がしばしばなされており、前記 ERA の Smith, Blackwell¹⁰⁾, Jones, Heathcote¹¹⁾によりセーフ・ギャップの Re-determination および Various Franged Vessels に関するギャップの値の報告がされている。

これらの文献について結果を要約して示すと第5表のとおりである。

2. 実験装置

(1) 測定容器

測定容器は、第1図に示すような厚さ16mmの鋼板によって上下二つの分割された密閉容器を用いた。

セーフ・ギャップを測定する標準容器の内容積は、旧 VDE においては 5^l¹²⁾、イギリスにおいては 8^l¹³⁾、ソ連

第5表
Table 5.

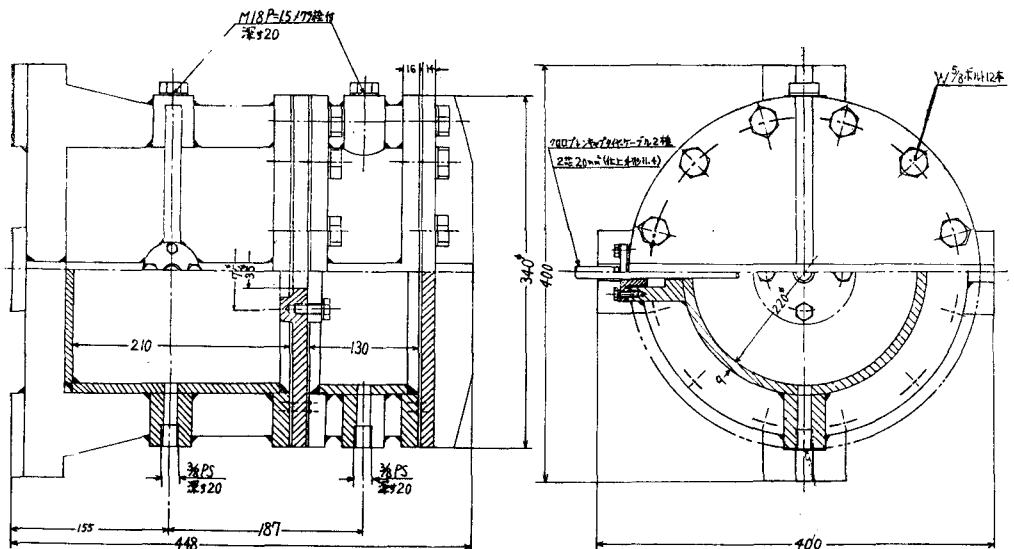
実験的セーフ・ギャップ
Experimental Safe Gaps (Literature)

Hydrogen/air mix.		m. e. S. G. max experimental Safe Gap				Vessel	Literature cited 文献名
Internal mix.	External mix.	0.013" (0.3302mm)	0.012" (0.3048mm)	0.011" (0.2794mm)	0.010" (0.2540mm)	Vol.	
32%	24%	—	40I	40N	—	8 litre Spherical	Smith, Blackwell: "Redetermination with Hydrogen/air mix. m. e. S. G." E. R. A. D/T 117, 1959
40%	24%	—	10N	—	—	"	
32%	40%	—	10N	—	—	"	
32%	24%	—	40I	40N	—	8 litre sphere	Jones, Heathcote: "m. e. S. G with Hydrogen/air mix." E. R. A. D/T 135, 1962
32%	24%	N 13 I 7	20N	—	—	4 litre Hemispher	
32%	28%	—	N 29 I 1	20N	—	500 cc sphere	
28%	28%	N 19 I 1	20N	—	—	250 cc Hemispher	

Gap increments 0.001"
(0.0254mm)

第1図
Figure 1.

測定容器組立図
Closed explosion test vessel



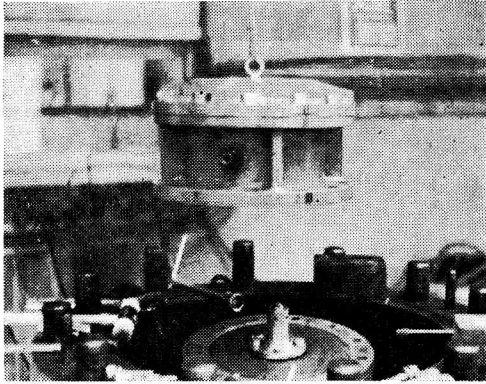
においては 2.5l⁽¹⁴⁾, IECにおいては 4l 乃至 8l⁽¹⁵⁾ であるが、これらの文献値のうち最大の容積をとることとし、密閉容器の下部の内容積は 8l とした。

セーフ・ギャップを測定しようとする試料は、上下チャンパーの境界の鋼板の中央部に 4本のボルトによりパッキングを用いてセットした。

(2) 点火装置

下部のチャンパー内に取り付けられたプラグに、コンデンサーを用い火花を発生させ点火することにした。火花の発生回数は、1回であり、測定しようとするギャップに対する火炎の伝播方式は、上向きである。水素を使用してセーフ・ギャップを測定する場合、

第2図 試料を測定容器に取り付けた状況

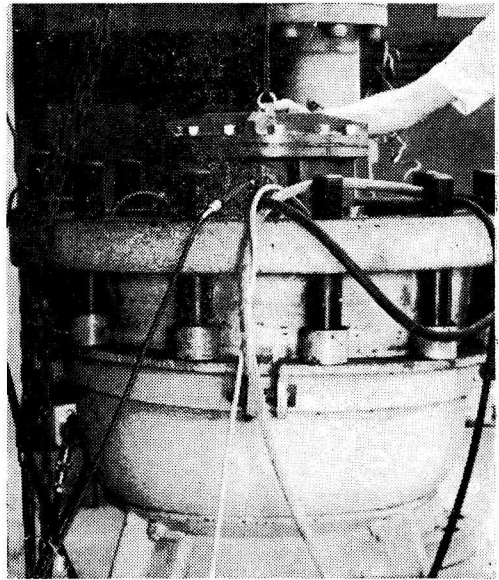


点火位置による影響はないという文献¹⁰⁾があるが、この研究ではギャップの下面になるべく近い位置において点火することとし、ギャップとスパーク発生点との距離は、49.0mmである。

(3) 爆発圧力測定装置

上部チェンバーの側面および下部チェンバーの側面に、ストレイン・ゲージ（固有振動数 45,000 c/s）を装着し、最大爆発圧力およびそれに到達する時間を測定した。なお、ピツクアップは、熱による変動をさけるため 0.2kg/cm²~0.5kg/cm² で空気を送給して冷却した。

第3図 測定容器にストレイン・ゲージを取り付けた状況



(4) ガス混合装置

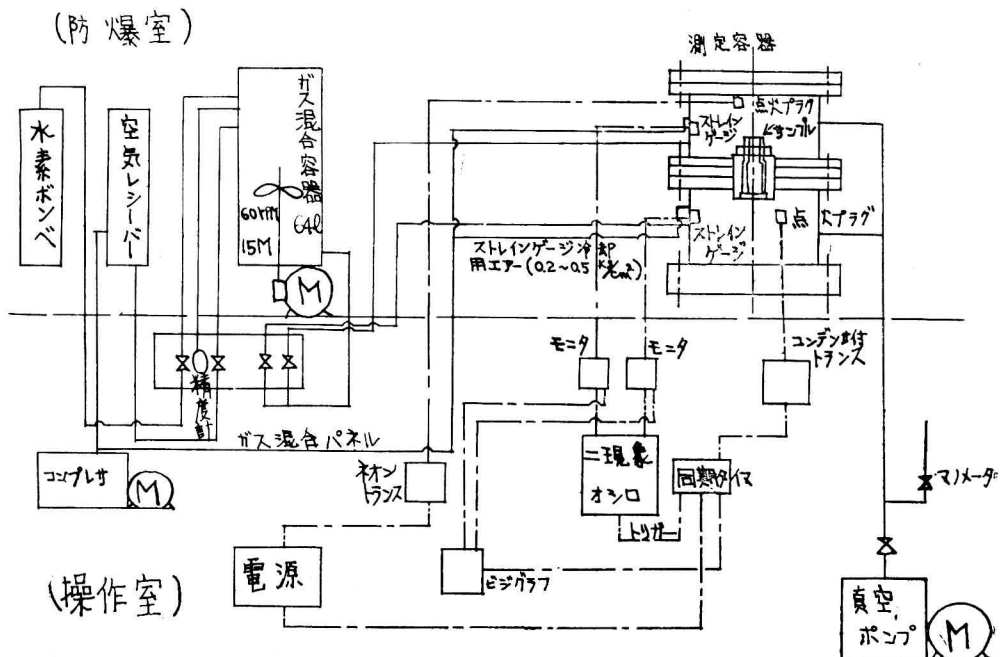
ガスの配合の仕方は、精密圧力計を用いて分圧法によって行ない、ガスの攪拌は、高压ガス混合容器（内容積 64ℓ）内に設けられた攪拌機（60rpm, 15min）により均質とした。

第4図

研究装置配置図

Figure 4.

Schematic diagram of research apparatus



(5) 試料ガス

水素は、市販のボンベのものを使用し、その分析値は、つぎのとおりであり、空気については、旧VDEに準じて特に乾燥を行なわなかった。

水素の濃度は、約1%範囲内でバラツキがあり、以下この報告で水素40%および50%とは、水素38.9%~40.0%および49.0~50.0%の範囲内の濃度のものである。

第6表 使用水素分析値

Table 6. Analytical values of sample hydrogen gas

成分	%	分析法
H ₂	99.987	換算値
O ₂	0.009	銅アンモニア比色法
N ₂	0.004	ガスクロマト法
oil+CH ₄ (CH ₄ 換算)	22PPM	
CO	none	
CO ₂	21PPM	
水分-50°C	0.036mg/l	露点指示計

(6) 研究装置の配置

実験装置の配置の概要を示すと第4図のとおりである。

3. 試料

(1) 軸穴によるブリーザー基本型

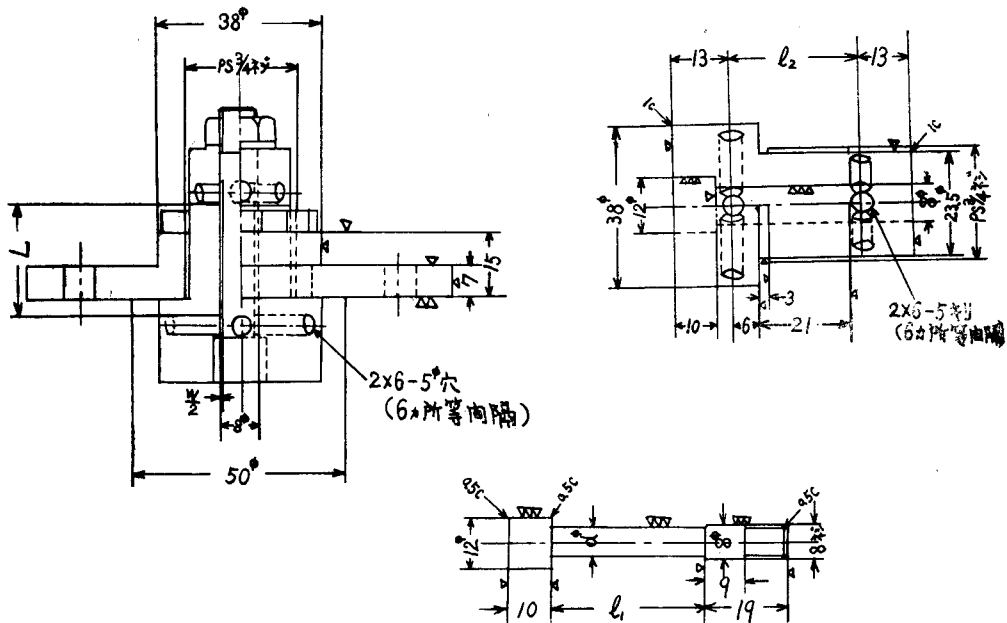
軸穴の試料については第5図に示すとおり、シリンダ中にシャフトを挿入して偏心しないような円筒状のギャップを作成したものであり、軸穴の径は8mmであり、材質はBsBM2である。

試料の材質にBsBM2を用いたのは、この材質がブリーザーとして最も使用される可能性があることを考慮したためである。なお、金属材料の種類による火炎逸走限界に対する影響については、文献¹⁷⁾によれば、100ℓ以下の容器では、限界に対して決定的な影響を与えていない。

(2) 丸穴によるブリーザー基本型

第6図のようにBsBM2の六角材に穴をあけたが、その精度は、リーマの公差により支配され、d=3.0mmで+0.1である。d=1.5mmにみえない穴を加工し、所定

第5図 軸穴径8φ試料組立図
Figure 5. Assembly diagram of breathing plng model (Cylindrical hole)



の精度内におさめることが困難であるという機械工作上的見地ならびに奥行が極端に長いものは、ブリーザーと

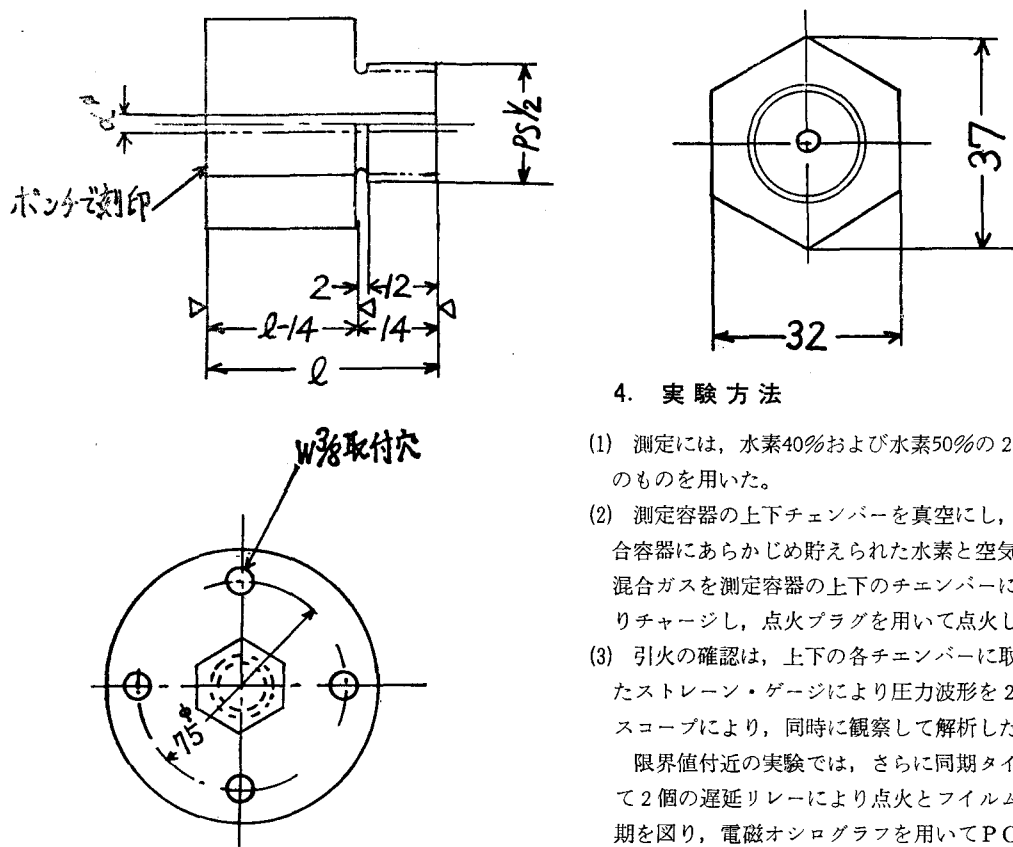
して実際に使用し難いという実用上の難点から試料は、かなり限定される結果となった。

第6図

丸穴試料組立図

Figure 6.

Assembly diagram of breathing plng model (Hole)



4. 実験方法

- (1) 測定には、水素40%および水素50%の2種類の濃度のものを用いた。
- (2) 測定容器の上下チェンバーを真空にし、立型ガス混合容器にあらかじめ貯えられた水素と空気同濃度の混合ガスを測定容器の上下のチェンバーに圧力差によりチャージし、点火プラグを用いて点火した。
- (3) 引火の確認は、上下の各チェンバーに取り付けられたストレイン・ゲージにより圧力波形を2現象オシロスコープにより、同時に観察して解析した。

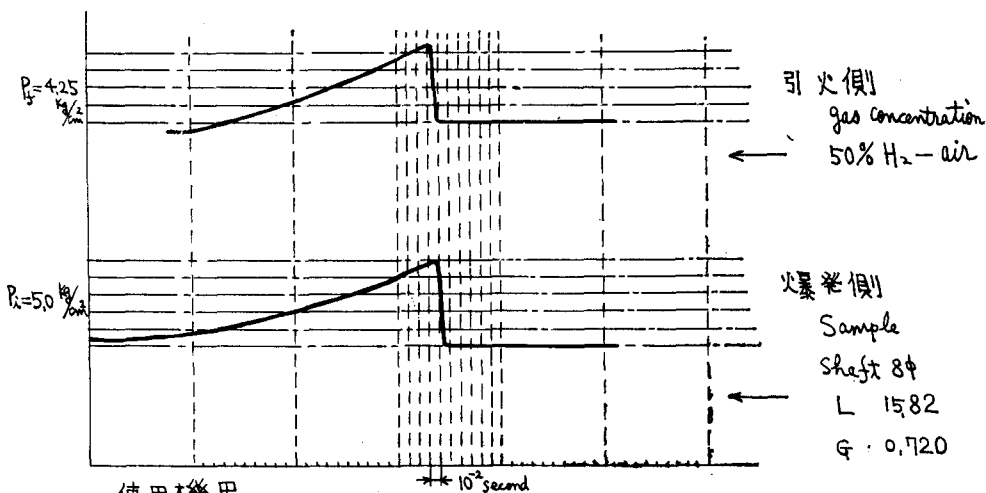
限界値付近の実験では、さらに同期タイマーを用いて2個の遅延リレーにより点火とフィルムの作動の同期を図り、電磁オシログラフを用いてPOP方式で記録し解析した。

第7図

引火状況圧力オシログラフ

Figure 7.

Time-Pressure record of explosion



使用機器
 圧力ピックアップ 1,000Ω 2枚
 固有振動数 45,000cps
 記録 ビジグラフ POP方式

引火側
 gas concentration
 50% H₂-air

爆発側
 Sample
 Shaft 8φ
 L 15.82
 G 0.720

- (4) 前項により引火と判定した場合においては、直ちに上部チェンバーに取り付けられた点火プラグを用いネオン・トランス（入力100V，出力15KV，20mA）によりインダクション・スパークを発生せしめてその状況をオシロスコープにより観察して燃焼しないことを確認した。
- (5) 非引火と判定した場合にも前項と同様な方法により点火し、燃焼状況をオシロスコープにより観察して確認した。
- (6) 1測定点の実測回数は、旧VDEによれば合計30回、ソ連の「耐圧防爆構造電気設備の暫定的検定試験実施法」によれば10回であるが、わが国における防爆構造の電気機器の引火試験方法¹⁸⁾に準じ1測定点につき15回実測を行なった。
- (7) 実験前に予備試験を行ない各試料の測定せんとするギャップ以外の個所（例えば、取り付けフランジセット部、シリンダネジ部）からの火炎逸走を知るために、ギャップをエポキシ樹脂でシールして前記(1)に示す水素の各濃度でそれぞれ15回引火測定を行なったが、全く上部チェンバーのガスに引火しなかった。し

たがってこのような試料の取り付け方法で試料のギャップの火炎逸走の状況を測定することは可能であるという結果をえた。

5. 実験結果および解析

- (1) 軸穴型ブリーザーのセーフ・ギャップの実測結果および実測曲線については、第7表および第8図にそれぞれ示すとおりである。

A 実験的的最大セーフ・ギャップの値について

シャフトの長さに対する実験的的最大セーフ・ギャップの値は、第8表に示すとおりであり、シャフトの長さ1"に対する半径差で示されたセーフ・ギャップの値は、水素50%および40%に対してそれぞれ0.695mmおよび0.400mmである。この値と爆発等級を区分するギャップとを比較すると、水素50%に対する値は、爆発等級1の値であり、水素40%に対する値は、爆発等級2と爆発等級3との境界値を示している。

B 実験的的最大セーフ・ギャップとその奥行（以下Lという。）との関係について

第8表 内径8φの軸穴に対する実験的セーフ・ギャップ
Table 8. Experimental Safe Gaps for cylindrical hole 8φ

Lシャフトの長さ	49.0%~50.0% H ₂ -air ガスに対する実験的セーフ・ギャップ $\frac{W}{2}$ 半径差	38.9~40.0% H ₂ -air ガスに対する実験的セーフ・ギャップ $\frac{W}{2}$ 半径差	49.0%~50.0% H ₂ -air ガスに対する値と38.9%~40.0% H ₂ -air ガスに対する値との実験的セーフギャップの差(1)-(2)
15.82mm	0.600mm	0.410mm	0.190mm
25.20mm	0.695mm	0.400mm	0.295mm
30.10mm	0.700mm	0.480mm	0.220mm
34.30mm	0.770mm	0.595mm	0.175mm
39.68mm	0.800mm	0.591mm	0.209mm
50.70mm	0.805mm	0.605mm	0.200mm
60.10mm	0.805mm	0.603mm	0.202mm

- (A) 水素50%に対する実験的的最大セーフ・ギャップの曲線をみると、L=15mmからL=40mmの間においてはLの増加に伴ってセーフ・ギャップは大きくなる傾向がみられるが、L=40mmからL=60mmの間においては、セーフ・ギャップは、ほぼ一定値を示している。また水素40%に対する実験的的最大セーフ・ギャップは、ほぼ一定値を示している。また水素40%に対する実験的的最大セーフ・ギャップの曲線についても同様の傾向がみられた。ほぼ一定値になる上記の限界値は、水素50%に対しては、L=40mm前後、水素40%に対し

ては、L=35mm前後と考えられる。

実験的的最大セーフ・ギャップの限界値に関するこの傾向については、Lの少なきときは、Lの増加とともにギャップが増加するが、Lがある値に達した後は、Lの増加に対してギャップがほとんど一定値になるというフランジ、ギャップに対する米田氏¹⁹⁾の実験式とほぼ同じような傾向を示したものと見える。

シャフトの長さごとの水素40%および50%に対する実験的的最大セーフ・ギャップの差をみると、L=25, 20mmの場合を除き0.2mmを中心とし

第7表

セーフギャップ測定結果

Table 7.

Experimental Safe Gaps for Cylindrical hole 8 φ

1. 試料の区分

軸穴 8 φ

2. 測定結果

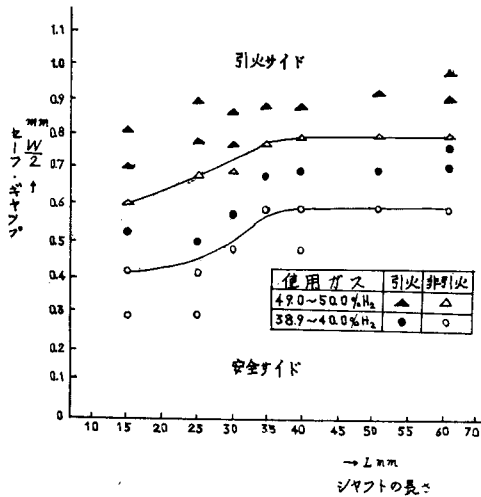
実験回数 総計 403回

L mm	$\frac{W}{2}$ mm	使用ガス濃度	引火状況	L mm	$\frac{W}{2}$ mm	使用ガス濃度	引火状況
15. 82	0. 295	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0	34. 30	0. 770	49. 0~50. 0% H ₂	N 15 I 0
15. 82	0. 410	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0	34. 30	0. 890	49. 0~50. 0% H ₂	I 3 N 3
15. 82	0. 515	38. 9~40. 0% H ₂	N 1 I 3	39. 68	0. 490	38. 9~40. 0% H ₂	N 3 I 0
15. 82	0. 600	49. 0~50. 0% H ₂	N 15 I 0	39. 68	0. 591	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0
15. 82	0. 720	49. 0~50. 0% H ₂	N 13 I 2	39. 68	0. 690	38. 9~40. 0% H ₂	N 0 I 3
15. 82	0. 810	49. 0~50. 0% H ₂	N 5 I 1	39. 68	0. 690	49. 0~50. 0% H ₂	N 1 I 0
25. 20	0. 298	38. 9~40. 0% H ₂	N 7 I 0	39. 68	0. 800	49. 0~50. 0% H ₂	N 15 I 0
25. 20	0. 400	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0	39. 68	0. 890	49. 0~50. 0% H ₂	N 1 I 2
25. 20	0. 498	38. 9~40. 0% H ₂	N 2 I 3	50. 70	0. 605	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0
25. 20	0. 695	49. 0~50. 0% H ₂	N 30 I 0	50. 70	0. 695	38. 9~40. 0% H ₂	N 4 I 3
25. 20	0. 798	49. 0~50. 0% H ₂	N 11 I 5	50. 70	0. 805	49. 0~50. 0% H ₂	N 15 I 0
25. 20	0. 900	49. 0~50. 0% H ₂	N 1 I 1	50. 70	0. 930	49. 0~50. 0% H ₂	N 0 I 2
30. 10	0. 480	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0	60. 10	0. 603	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0
30. 10	0. 570	38. 9~40. 0% H ₂	N 8 I 3	60. 10	0. 723	38. 9~40. 0% H ₂	N 0 I 3
30. 10	0. 700	49. 0~50. 0% H ₂	N 15 I 0	60. 10	0. 773	38. 9~40. 0% H ₂	N 0 I 3
30. 10	0. 775	49. 0~50. 0% H ₂	N 14 I 1	60. 10	0. 773	49. 0~50. 0% H ₂	N 2 I 0
30. 10	0. 870	49. 0~50. 0% H ₂	N 14 I 1	60. 10	0. 805	49. 0~50. 0% H ₂	N 15 I 0
34. 30	0. 595	38. 9~40. 0% H ₂	N 15 I 0	60. 10	0. 905	49. 0~50. 0% H ₂	N 14 I 1
34. 30	0. 680	39. 9~40. 0% H ₂	N 4 I 6	60. 10	0. 993	49. 0~50. 0% H ₂	N 7 I 2

(注) N:非引火

I:引火

第8図 軸穴8φのセーフ・ギャップ実測曲線
Figure 8. Safe Gap-Gap length diagram
(Cylindrical hole 8φ)



て± $\frac{1}{1,000}$ " (0.0245mm) の範囲内にバラツキ
ている。ERAの実験でもギャップのインクリメ
ントは $\frac{1}{1,000}$ "であり、この程度の誤差を認めて
いる。

第10表 実験的的最大セーフ・ギャップと許容最大セーフ・ギャップ計算値の比較

Table 10. Maximum Experimental Safe Gaps and Maximum Allowable Safe Gaps

L mm	実験的的最大セーフ・ギャップ $\frac{W}{2}$ mm	許容セーフ・ギャップの計算値 Wa_1	L mm	実験的的最大セーフ・ギャップ $\frac{W}{2}$ mm	許容セーフ・ギャップの計算値 Wa_2
15.82	0.600	* -	15.82	0.410	* -
25.00	-	0.9	25.00	-	0.2
25.20	0.695	0.301	25.20	0.400	0.200
30.10	0.700	0.334	30.01	0.480	0.217
34.30	0.770	0.362	34.30	0.595	0.231
39.68	0.800	0.397	39.68	0.591	0.248
40.00	-	0.4	40.00	-	0.25
50.70	0.805	0.4	50.70	0.605	0.25
60.10	0.805	0.4	60.10	0.603	0.25

(注) *印：容器の内容積が2ℓをこえる場合には、フランジの奥行きが25mm未満は認められていない。

C 実験的的最大セーフ・ギャップと流量との関係につ
いて

ブリーザーの機能は、ギャップを通過する空気に
支配される。この軸を通過する空気量について

(B) L=25をこえL=40mm未満のフランジ間の許
容最大セーフ・ギャップの値については、容器の
内容積が2ℓ以上の場合では、次式が計算式²⁰⁾と
してあげられる。

$$Wa_1 = \frac{\text{ギャップの奥行き(値)} + 20}{150}$$

(爆発等級 1)

$$Wa_2 = \frac{\text{ギャップの奥行き(値)} + 35}{300}$$

(爆発等級 2)

またギャップの奥行き(値)が25mmであるとき
またはギャップの奥行き(値)が40mm以上である
ときは、第9表のとおりである。

第9表 L=25mmおよびL=40mm以上の場合の
許容最大セーフギャップの値

Table 9. Allowable Safe Gap

L	爆発等級 1 ギャップ	爆発等級 2 ギャップ
25mm	0.3mm	0.2mm
40mm以上	0.4mm	0.25mm

この計算式による許容セーフ・ギャップの計算値とこ
の研究による実験的的最大セーフ・ギャップの値を比較す
ると第10表のとおりである。

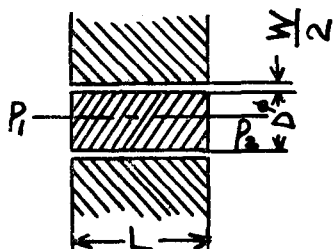
は、次式²¹⁾があげられる。

$$Q = \frac{\pi D(p_1 - p_2)}{12\mu L} \left(\frac{W}{2}\right)^3 = \frac{D \left(\frac{W}{2}\right)^3}{L} \cdot \frac{3}{2} K_1$$

この式により、水素40%を対象とした場合の非引

火側限界点についての流量係数值を計算すると第11表のとおりであり、流量とセーフ・ギャップとの間に有意の関連がみられなかった。したがって限界曲線上にあるギャップと長さを有するブリーザーにおいてもその排気効率には、相当な差異があるものといえる。

第9図 流量計算式の説明図
Figure 9. Schematic explanation of flow



第11表 軸穴 8φ、水素 40% に対するセーフ・ギャップの流量係数值

Table 11. Flow Coefficient of Safe Gap with 40% Hydrogen/air mixture

称呼 $L \times \frac{W}{2}$	流量 Q 係数值
16×0.4	0.047247k ₁
25×0.4	0.027429k ₁
30×0.5	0.038633k ₁
35×0.6	0.062825k ₁
40×0.6	0.053180k ₁
50×0.6	0.043503k ₁
60×0.6	0.037266k ₁

D 軸穴の径による実験的的最大セーフ・ギャップの値について

軸穴8φの試料と全く相似形の軸穴30φの試料を作成し、シャフトの長さ25mm、40mm、60mmの3点について1測定点3回づつ測定を行ない8φの試料による実測値と比較した。

水素40%に対する実験的的最大セーフ・ギャップの実測曲線は、L=25mmの場合において0.115mmの差異みられたが、L=40mm、L=60mmにおいては、その差 $\frac{14}{1,000}$ mm、 $\frac{6}{1,000}$ mmはであり、全く近似的な値を示した。

(2) 丸穴型ブリーザーのセーフ・ダイアメータの実測結果は、第13表に示すとおりである。

この結果によれば、実用的見地からブリーザーとして経済的に工作可能と考えられるダイアメータでは、すべて引火した。

(3) この研究においてはガスの温度は室温において実施することにし、冬期および夏期の2回にわけて実測を行

なった。冬期における実験は、9.0°C~17.0°Cの範囲内で測定がなされ、夏期においては24.4°C~30.5°Cの範囲内で実施した。この室温の影響であるかどうかは今後の研究にまたなければならないが、丸穴 39.90×1.15の試料においては、5回測定したうち冬期においてはN2、夏期においてはI3であった。

第12表 セーフ・ギャップ測定結果

Table 12. Experimentual Safe Gaps for cylindrical hole 30φ

1. 試料の区分 軸穴 30φ
2. 測定結果 実験回数 計13回

L mm	$\frac{W}{2}$ mm	使用ガス濃度	引火状況
24.90	0.515	38.9~40.0% H ₂	N 3
			I 0
24.90	0.620	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1
24.90	0.687	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1
39.90	0.605	38.9~40.0% H ₂	N 3
			I 0
39.90	0.706	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1
59.65	0.597	38.9~40.0% H ₂	N 3
			I 0
59.65	0.694	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1

(注) N:非引火

I:引火

第13表 セーフ・ダイアメータ測定結果

Table 13. Measurement data of Safe Diameter

1. 試料の区分 丸穴
2. 測定結果 実験回数 計16回

L mm	d mm	使用ガス濃度	引火状況
25.00	1.50	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1
39.0	1.57	38.9~40.0% H ₂	N 1
			I 1
60.00	3.10	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1
80.30	4.00	38.9~40.0% H ₂	N 0
			I 1
25.00	1.50	49.0~50.0% H ₂	N 0
			I 1
39.90	1.57	49.0~50.0% H ₂	N 2
			I 3
39.90	1.95	49.0~50.0% H ₂	N 0
			I 3
60.60	3.10	49.0~50.0% H ₂	N 0
			I 1
80.30	4.00	49.0~50.0% H ₂	N 0
			I 1

(注) N:非引火

I:引火

6. 考察

前記の研究内容により研究に用いたような条件下のブリーザー基本型のセーフ・ギャップについては、つぎの

ことがいえる。

(1) 軸穴による場合のセーフ・ギャップの値について

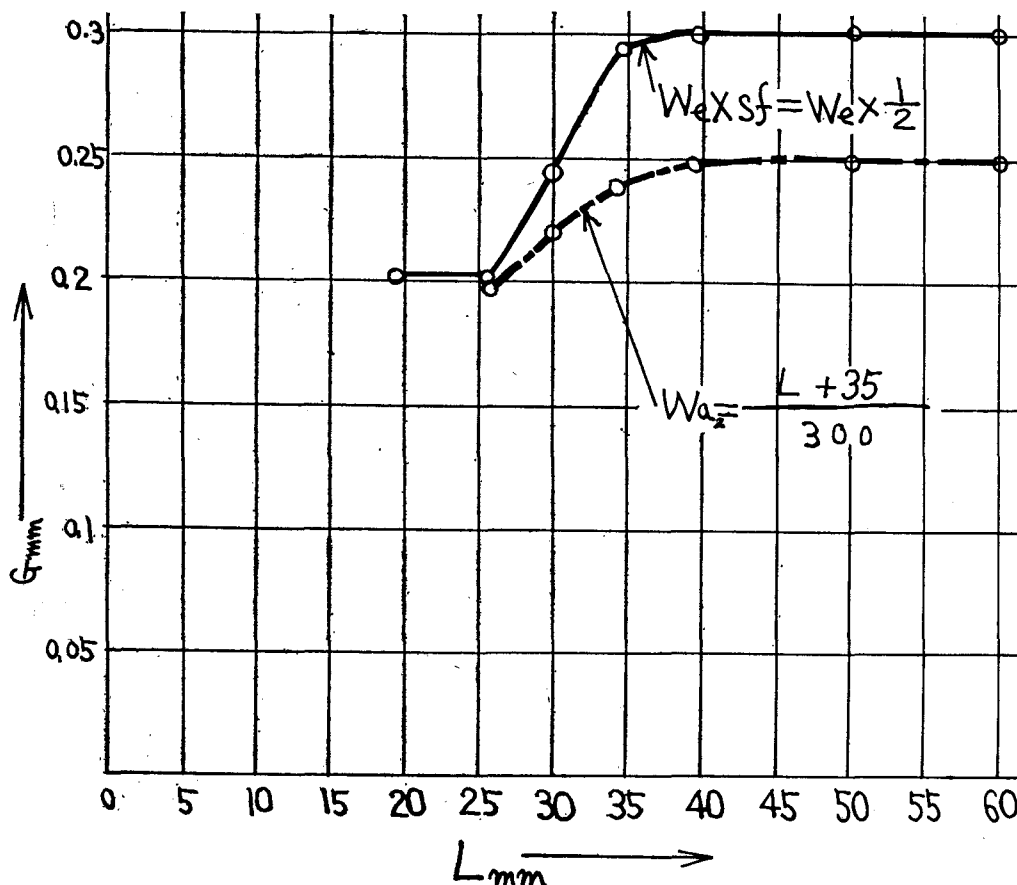
実験に使用した水素濃度と爆発等級との関係については、1 測定点あたり 3 回の実験値であるので今後の研究により多少の変動は考えられるが、約40~52%の範囲は爆発等級 2 に属するという文献値²²⁾があり、水素濃度約40%のものは、爆発等級 2 の最も火炎逸走しやすい濃度である。

Physikalisch-technischen Bundesanstalt²³⁾ においては、爆発等級 1 に対しては水素50%、2に対しては40%の濃度のガスを使用しており、現在のわが国においてもこれによって防爆電気機器の試験を行なっているので、それぞれのデータを爆発等級 1 および 2 のものと比較することにした。

したがって爆発等級 1 については、可成り苛酷な条件下における比較ということになる。

第10図 実験的セーフ・ギャップと許容セーフ・ギャップ計算値の比較 (爆発等級 2)

Table 10. Maximum Experimental Safe Gaps and Maximum Allowable Safe Gaps (Degree of Explosion 2)



(注) We : 実験的セーフギャップ (爆発等級 2)
Wa₂ : 許容セーフギャップ

第10図に示されるようにキャップの長さ25mmより40mmにおける半径差で示された実験的セーフ・ギャップの値は、静止部分またはまれに動く部分の最大許容セーフ・ギャップ (フランジ間のギャップまたは直径差) の約2倍の値を示している。このことはもし許容セーフ・ギャップが実験的セーフ・ギャップの50%、すなわち許容セーフ・ギャップが爆発引火試験において点火波及しない最大ギャップの50%²⁴⁾と考えればほ

ぼ等価を示しうる。したがって静止部分またはまれに動く部分のフランジ間のギャップあるいは直径差で示された最大許容値は、ブリーザ基本型のような取り付け方法を取った場合には、半径値におきかえられうる可能性を示している。しかしこのためには厳格な機械工作上的の偏心度、真円度あるいは平行度に関する制約が必要である。

(2) 丸穴による場合のセーフ・径の値について

Lewis von Elbe²⁵⁾による他のガスに対する quenching diameter に関する文献値から考えて、水素40%~50%に対しても、丸穴によるブリーザーの使用があるいは可能ではないかと考えたが、最低 1.5mmφ の試料についても水素40%~50%いずれも引火した。

したがって丸穴型のブリーザーにより火炎逸走を防止するためには、さらに小径の穴についての研究が必要とされるが、1.5mmφ程度の穴がリーマによって経済的に加工しうる下限界であるので、目下のところでは丸穴型のブリーザーは、採用しうる可能性はない。

7. あとがき

- (1) この研究に示すセーフ・ギャップの限界曲線は、爆発等級3 (水素30%前後といわれる。)に対するセーフ・ギャップを示すものではない。
- (2) この研究においては、Bruce²⁶⁾の方法による Statistical Maximum Safe Gap の算定を目的としなかったため、実験的セーフ・ギャップはUD法による値ではなく、全実験回数について引火しない場合の値である。わが国においては、いまだセーフ・ギャップの測定方法についての基準が明確化されていないが早急にこれを定めることが必要である。
- (3) この研究に際し、前記のとおり電機工業会防爆技術委員会ブリーザー小委員会の各位 (主査石川伝七氏、明電舎) には、サンプルの作成その他について種々御協力を頂いたことを厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) Hoffmaun, Kallas: Bildung von Schwitzwasser in Elektromotoren, Energie und Technik, 187 (1963)
- 2) 伊東電機(株)防爆研究所: 防爆電気設備の安全について, 6 (1955)
- 3) 電気機械器具防爆構造規格: 第6条, 労働省告示第42号, (1961)
- 4) 電気機器の一般用防爆構造通則: JIS C 0903, 17 (1962)
- 5) 労働省産業安全研究所技術指針: 3000電気機器の防爆構造, 3221 (1961)
- 6) 日本電機工業会, 防爆機器技術委員会, ブリーザ小委員会, 資料18 (1964)
- 7) 鶴見平三郎: 第5回防災化学研究発表会講演要旨集, 日本化学会, 89 (1964)
- 8) D. W. Woodhead, D. H. Jones and J. R. Blackwell: Flameproof Enclosures, Environmental Effects on the Maximum Safe Gap for 1 inch Flanges with Hydrogen/Air Mixtures: ERA Report

- Ref. D/T 129 (1961)
- 9) D. H. Jones and N. L. Heathcote: Flameproof Enclosures, Maximum Safe Gaps with Hydrogen/Air Mixtures in Various Flanged Vessels: ERA Report Ref. D/T 135 (1962)
- 10) P. B. Smith and J. R. Blackwell: Flameproof Enclosures, Redetermination Hydrogen/Air mixtures of maximum Safe Gap for One-Inch Flanges: ERA Report Ref. D/T 117(1959)
- 11) D. H. Jones and N. L. Heathcote: Flameproof Enclosures, Maximum Safe Gap with Hydrogen/Air Mixtures in Various Flanged Vessels: ERA Report Ref. D/T 135(1962)
- 12) VDE 0173 現在改訂中
- 13) Ministry of Power: Test and Certification of the Flameproof Enclosure of Electrical Apparatus, 23 (1958)
- 14) ПРАВИЛА, ИЗГОТОВЛЕНИЯ, ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ (1960)
- 15) Recommandations pour la construction des cartes antidé-flagrants d' appareils électriques, 29, 79(1957)
- 16) D. H. Jones and N. L. Heathcote: Flameproof Enclosures, maximum Safe Gaps with Hydrogen/Air Mixtures in Various Flanged Vessels: ERA Report Ref. D/T 135 (1962)
- 17) Müller Hillebrand: 防爆電気機器原論(蒲生朝郷訳)
- 18) 労働省産業安全研究所技術指針: 4000防爆構造の電気機器の試験方法, 433 (1963)
- 19) 米田勝彦, 鹿野良治: 電気機械器具 防爆概論, 11 (1963)
- 20) 電気機械器具防爆構造規格: 第6条, 労働省告示第42号(1961)
- 21) 電機工業会防爆機器技術委員会ブリーザー小委員会, 資料4-1(1963)
- 22) 労働省産業安全研究所所報: 爆発試験に使用する水素濃度と火炎逸走限界の関係について, 3, 13(1961)
- 23) 労働省産業安全研究所安全資料: IEC 会議と欧州諸国の防爆事情 21(1962)
- 24) 電気機器の一般用防爆構造通則: JIS C 0903, 17(1962)
- 25) Lewis von Elbe: Combustion Flames and Explosion of gases, 235(1961)
- 26) C. E. R. Bruce: Flameproof Electrical Apparatus-Re-Assessment of Values of Statistical Maximum Safe Gap on the Basis of the Integral Curve of a Normal Distribution: ERA D/T 279(1953)