

# 水素濃度と火炎逸走限界の関係について

防爆構造の電気設備の試験方法に関する研究（第2報）

化学課・技官 内 藤 道 夫

## 1. ま え が き

当研究所では昭和30年10月工場電気設備防爆指針を発表して以来防爆電気機器の試験方法について研究を進めており、昭和33年8月指針の追補として防爆電気設備の試験方法に関する指針を発表してから、試験方法において問題となるような点について解明すべく研究を続けている。特に耐圧防爆型の電気機器に対する爆発試験についてはその試験施設の改善、密閉型装置の設計等、一部研究の成果を当研究所報 1959 No. 1に「防爆構造の電気設備の試験方法に関する研究 第1報」で報告している。

この爆発試験の方法はドイツVDEに準拠して試験指針の中に定められているものであり、試験として爆発強度試験と爆発引火試験の二種類を実施することになっている。

爆発引火試験は試験ガスとして、機器の対象ガスより一段上の爆発等級にランクされるガスを使用してその安全性を確めるのであって、

爆発等級1のガスに対しては爆発等級2のガス、例えば容積20%の石炭ガス

爆発等級2のガスに対しては爆発等級3のガス、例えば容積50%の水素

爆発等級3のガスに対しては爆発等級3のガスであって、それぞれの対象ガスで最も引火逸走し易い組成のもの

のように定められている。

ところで昭和36年1月ドイツVDEの改正に準じて本指針においては爆発等級を改正し、従来のものとかなり異った分類法になった。新旧の爆発等級を比較すると次

表1 旧指針と新指針の爆発等級の比較

爆 発 等 級	スキの奥行 25mm において点火波及を生ずるスキの値	
	旧 指 針	新 指 針
1	0.8mm 超過	0.6mm 超過
2	0.5mm 超過 0.8mm 以下	0.4mm 超過 0.6mm 以下
3	0.5mm 以下	0.4mm 以下

のようになる。

したがって、従来爆発等級3のガスとして爆発等級2のものに対する試験ガスに使用している水素 50% の爆発等級が新指針ではどのようになるか、試験ガスをどうすればよいかなどと関連して水素の濃度と火炎逸走限界（後記）の関係を調べる必要が生じた。また一方潜水艦の蓄電池室等のように爆発下限界付近の低濃度の水素の危険性が問題となるような場合、その爆発等級がどのようなものか、防爆機器には水素防爆が必要かどうかが問題となり、低濃度の水素の火炎逸走限界を知る必要が生じた。そこで水素の爆発限界の大部分の濃度について、その火炎逸走限界を確認する目的で実験を行い、一応の成果が得られたのでここに報告する次第である。

## 2. 水素濃度と火炎逸走限界の関係

### 2.1 火炎逸走限界の決め方

ガス蒸気類の火炎逸走限界の測定はその爆発等級を定めるために行われるが、イギリスのBS、ドイツのVDEなど各国の規定によれば、その試験方法や試験器などがそれぞれ多少異っている。当所で実施した試験方法や試験器はドイツのVDEのそれに準じたものである。

火炎逸走限界の決め方は試験器をこれよりかなり大きい容器内に入れ、試験器内外部に試験ガスを満たし、試験器内で爆発を起し、試験器に設けたスキを通して燃焼火炎が試験器外部の試験ガスに引火するか否かをしらべる。ガス濃度とスキを相互に変え火炎逸走限界を定めるのである。

### 2.2 試験器について

当所で使用している試験器はVDA 0173/V43 に示されているものと同様のもので、その構造は図1に示す通り、内径=内径の高さ、の鉄製円筒容器であって中央で二つ割れになり、その中央部の割れはそれぞれ幅 25mm のフランジ面で接触するようになっている。(図2)

この二つ割れの円筒は4本のボルトで締めつけて固定する。また試験器には二箇所点火栓を取り付けられるようになっており、ガスの出入口および爆発圧力受圧ヘッド取付用の孔を設けてある。この容器の内容積は5,000cc である。

図1 試験器の構造

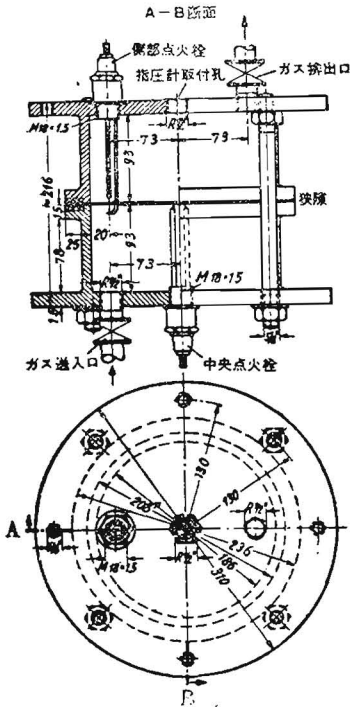
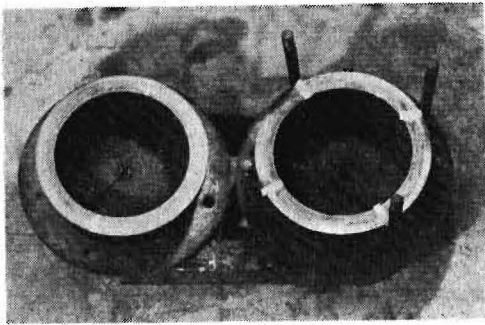


図2 試験器を二つに分離したところ  
(4枚のスキ間ゲージをフランジにはさむ)



2.3 実験装置

本実験に使用した実験装置は第1報に報告した密閉型爆発試験装置をそのまま利用しているの、装置の詳細については説明を省略する。

図3は前記試験器を中型爆発容器(内容積230ℓ)内に設置した所を示すものであり、図4は爆発容器を密閉して実験中なることを示し、図5は実験用の操作パネルを示したものである。

2.4 実験方法

先ず試験器は中央フランジ部分に幅 10mm のスキ間ゲージを4枚等間隔にはさみ(図2にはゲージのはさみ方を示してある)、図3のように上部に中央点火栓を取

図3 密閉型爆発容器内に試験器をセットしたところ

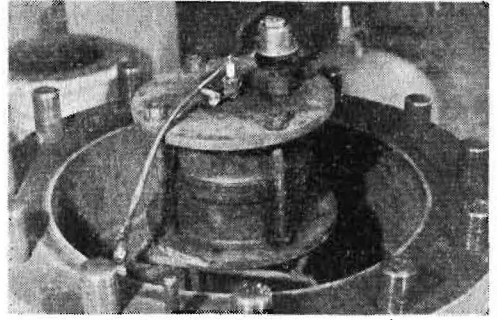


図4 実験中の密閉型爆発容器

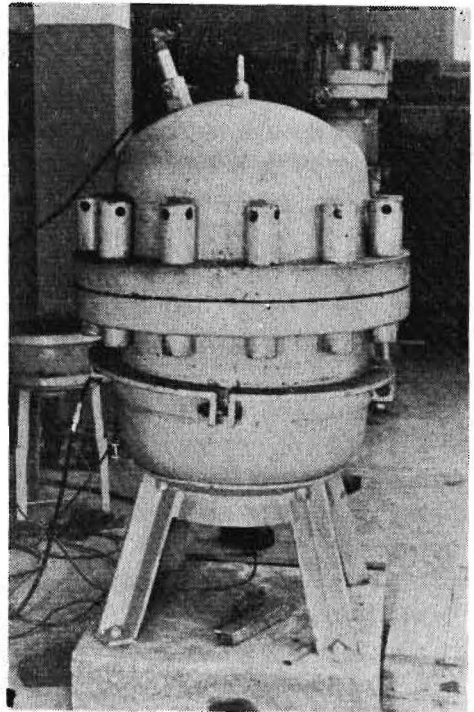
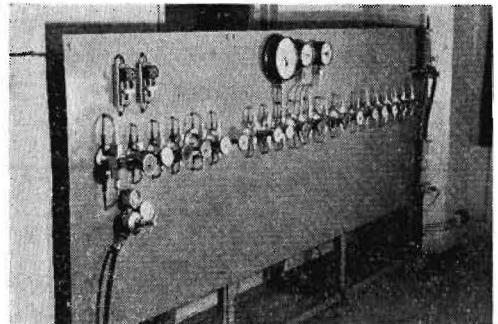


図5 実験用操作パネル



りつける。今回の実験では点火栓をスキ間より 20mm 内側の側部に取り付けず、中央に取り付けたのは水素の

燃焼速度が極めて早く、スキ間と点火栓の位置の変化によって火炎逸走限界があまり変化しないとされているからである。

この試験器を密閉型爆発容器内に設置した後、第1報で説明したように高压混合ガス容器で圧力比で混合濃度を定めた試験ガスを作り、これをあらかじめ真空にした密閉型爆発容器と試験器に送りこむ。

中央点火栓で試験器内に爆発を起させ、これが爆発容器内のガスに引火するかどうかをしらべる。もし1回目で引火せぬときは、試験器内の廃ガスを真空ポンプで排除し、再び新しい試験ガスを送入して実験する。3回連

続実施して引火せぬときは● No (引火せず) とし、1回でも引火したときは○ yes (引火す) とした。

今回の実験では試験ガスの初圧を常に大気圧 (ゲージ圧力0) とし、温度は室温 (冬季であったので  $5^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$ ) で行ったが、必要と認められるガス濃度については初圧を上昇せしめ、火炎逸走限界の拡大有無をしらべた。

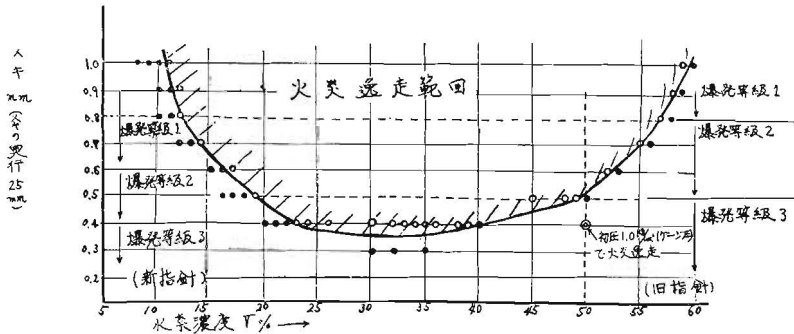
一定のスキで水素の火炎逸走限界濃度が判明すれば、スキ間ゲージの厚みを変えて実験を行った。

今回の実験においては特に爆発圧力は測定しなかった。

図 6

### 水素濃度とスキの関係

但しスキの厚み 25mm 5L標準容器使用  
中心点火  
○ ..... 火炎逸走  
● ..... せず



## 2.5 実験結果

爆発下限界付近の低濃度から爆発上限界付近の高濃度までの水素ガスについて、その火炎逸走限界を実験したところ、その濃度とスキの関係は図6のような結果が出た。この実験結果では

- (1) 水素の火炎逸走限界スキの値は濃度によって異なり、30%付近が最も引火し易く、これより濃度が大きくなっても小さくなくても引火し難くなる傾向がある。
- (2) 水素の爆発等級3に入る濃度範囲は23~39%であり、そのほかの濃度では爆発等級2または1であって17~22% および40~52%の範囲は爆発等級2、17%以下および52%以上の爆発限界近くの濃度になると爆発等級が1にまで下がる。
- (3) 爆発等級2に対する試験ガスとして指針にきめられた水素50%のガスは新指針では爆発等級2のガスであるが、旧指針の爆発等級でいえば爆発等級2と3の境界の火炎逸走限界を有する。
- (4) 爆発下限界付近の濃度では爆発等級が1であっても1.0mmのような大きなスキ間でも引火しないほど爆

発が微弱であり、爆発音や爆発圧力の上昇が殆ど認められない。

## 3. 火炎逸走限界の意義

水素を始め各種の可燃ガス蒸気の爆発現象は点火源により、その周囲に生じた火炎が爆発性混合ガス組成の全般にわたって四方に急速に伝播することによって生ずる現象であって、伝播速度が早ければ早いほど非常に激しい爆発を呈するのである。したがって、爆発防止には生じた火炎を点火源周囲の限られた範囲にとどめ、伝播しようとする火炎の温度を途中で冷却してそのガスの発火点以下に下げ、火炎の伝播を阻止することが古くから行われて来ている。その方法としては安全灯のように目のつまった金網や、金属の細管を通したり、こまかい砂などの微粒子間や焼結金属の毛細管を通すような方法がとられるが、防爆型の電気機器等では一定のスキとスキの奥行を持った金属板の間を通すことが考えられて来た。

すなわち、このような金属のスキ間を火炎が通る間に冷却され、火炎の細分化と熱放散によって発火点以下の

点火能力のない燃焼ガスと化してしまうのである。

このスキ間は奥行きが長くスキが小さいほど効果があるわけであるが、爆発性ガスの燃焼速度や発火温度等によって、火炎の伝播を阻止し得る限界がそれぞれ異っており、通常スキの奥行きを一定にして火炎の伝播を阻止し得るスキの大きさの限界をそのガス、蒸気の火炎逸走限界が Xmm であると表現している。

#### 4. 爆発試験の試験ガスとして用いる水素の問題点

前記の実験結果から水素50%の試験ガスは新指針によれば爆発等級3のガスにはならないので、試験指針からみるとむじゅんがあるように思われるが、ドイツのVDEにおいても試験指針の改正ははっきりしていないし、また同ガスを初圧 1 kg/cm<sup>2</sup> まで上げた状態で試験すれば、爆発等級3に上る点も認められるので、いずれにしても実際の爆発試験においては試験方法など考慮すべき問題が残る。また、爆発等級3に入る39%水素では爆発等級3のものに対する試験と大きな相違が無く、非常に厳格な試験になるとも考えられる。したがって、水素を試験ガスとして使用する場合には、なお検討すべき問題点がかなりあることを今回の実験で明らかにしたわけである。

#### 5. 低濃度水素の爆発等級と試験ガスの選定

前記実験結果から、船舶例えば潜水艦の蓄電池の場合のように徐々に限られた量の水素が発生して、これが室内に蓄積することを換気や警報その他の対策で水素濃度を数%（潜水艦の場合は約8%といわれる）という爆発下限界付近に抑制することが可能な場所では、この場所で使用する防爆電気機器は爆発等級3の水素防爆を必ずしも必要とせず、爆発等級1のもので充分なことが分る。

爆発等級1のものは爆発等級2のガスで爆発引火試験を行うのであるから、この試験に合格したものならば事実上使用して差支えないともいえる。また、このような低濃度の水素に安全性を保証するためには爆発等級1の範囲にあるガス、たとえば水素の7~8%程度のものを試験ガスとして使用しても差支えないわけであるが、このような低濃度では爆発の有無の確認も不可能であるので、少なくとも15~16%（爆発等級1と2の境界付近）

で実施することが望ましい。実際当所においてもこのような濃度で引火試験を実施した例がある。

したがって、低濃度の水素に対して安全性を保証する場合は爆発等級1と考えて、これに適した機器を使用しても差支えないことが解明された。しかし、これはあくまでどのような場合にも水素濃度を低濃度に抑制できるという条件があつて始めて可能であると考えてるのである。

#### 6. 結 論

以上の結果をまとめると、

6.1 水素は濃度により火炎逸走限界が変化し、30%付近が最も引火し易い。

6.2 水素の火炎逸走限界は、初圧を上昇すると、上る傾向があり、爆発等級2に属するガスも爆発等級3に上昇する。したがって、試験ガスに水素を使用する場合試験方法や濃度の決め方に問題がある。

6.3 爆発下限界付近の低濃度の水素は爆発等級が1であつて、このようなガスの存在する危険場所では水素防爆の電気機器を必要とせず、また試験ガスも対象となるガス濃度の倍の濃度で充分である。しかし、少なくとも15、6%以上のものが望ましい。

#### 7. そ の 他

##### 7.1 温度の影響について

本実験実施時期が冬季という低温時であり、一方火炎逸走限界が熱放散による火炎温度の冷却という原理に関係しているので、夏季のように温度の高い場合は多少限界が変化することも考慮され、今後検討の余地がある。

##### 7.2 点火位置の影響について

水素の場合スキと点火位置の関係はあまり問題にならないことは前にも述べたが、最も引火し易い濃度以外の比較的燃焼速度のおそい爆発等級2、1にあつては、どのようになるかははっきりした文献もないので、この点を確認する必要もあるように思われる。

#### 8. む す び

以上現在までに解明できた水素の火炎逸走限界の状況について述べたわけであるが、前記の通り問題として検討の余地のある点も認められたので、今後も引き続き継続して研究を進める予定である。

## Safety margin of special grinding wheels

- I 100mm offset grinding wheels
- II Abrasive disc

by E. Akiyama  
S. Tansho

Very few investigations have been made so far on the safety margin of special grinding units such as offset grinding wheels and abrasive discs.

Regarding the offset grinding wheels, the writers investigated the change of their strength according to the working conditions and in addition, conducted tests of the change of strength of available wheels in their service. As the result, it was found that the strength resisting to the centrifugal force was unexpectedly low. As for abrasive discs, they conducted tests of the strength of them in accordance with S. B. fibre. It was detected that the strength of an abrasive disc depended considerably on the quality of S. B. fibre, and it was keenly realized that much betterment was needed for S. B. fibre. Moreover, many abrasive discs were found to be low in the water-resistance.

## Study on the flame transmission limits of Hydrogen gas and air mixtures

by M. Naito

By the closed explosion test apparatus and the standard flame transmission testing vessel the writer studied on the flame transmission limits of Hydrogen gas and air mixtures.

The result showed that the flame transmission limits of Hydrogen and air mixture was influenced by concentration. In 23 to 39 percent, safety gap (gap length 25mm) was less than 4 mm and in 17 to 52 percent, was less than 6 mm. Hydrogen concentration in air less than 16 percent or above 53 percent is graded by No. 1.

## On results of examination of real state of static electricity in factories

by S. Kozuki  
K. Sakanushi  
R. Tanaka

The writers inquired the following items by sending questionnaire papers to factories which probably have processes generating static electricity enough to give workers electric shocks or to cause hazards of explosion or fire due to the discharge sparks. From the results of answers that were sent back to us, we examined the real