

# 密閉型爆発試験装置の構造と これによる爆発試験について

防爆構造の電気設備の試験方法に関する研究（第1報）

化学課 技官 田 口 昇  
技官 内 藤 道 夫  
電気課 技官 石 見 太

## 1. ま え が き

防爆構造の電気機器は可燃性ガス或は蒸気存在する危険場所で使用されるもので、その安全性については常に最大の保証を要求されるものである。したがって、万一不完全な製品が供給、使用される場合の結果は極めて重大である。

当所においては、さきに工場電気設備防爆指針を発表して、工場で使用される防爆構造の電気機器の具備すべき構造上の諸条件について、詳細に内容を示し、機器がこの指針に基づいて設計、製作される場合は、その安全性が一応保証されるものとした。ただこの場合でも、機器や防爆構造の種類によっては温度上昇の程度、機械的強度の如何、爆発による火炎逸走の有無等機器そのものについて、更に実験的に確かめる必要のある事項も少ない点に鑑み、昭和33年8月指針追補として防爆構造の電気機器に対する試験方法に関する指針を発表し、機器の種類、防爆構造の種類に応じて行うべき試験の概要を示し、防爆機器の設計、製作の段階において、この試験を実施し、その安全性を確認することの重要性を強調した。

しかし、この種の試験の実施に当っては、試験方法の細部について、尚技術的に検討すべき問題点も少ないので、今後出来るだけこれを解明し、その明確化を図ることとした。

本報告はこれら防爆構造の電気設備の試験方法に関する研究の一環として行った密閉型爆発試験装置の試作結果について、その概要を示すものであって、従来耐圧防爆構造の電気機器の爆発試験に際して使用されていた開放型の爆発試験装置が試験実施に際し種々の困難な問題を含んでいたのに対し、これを密閉方式を以て行うことにより改善することを目的として行ったものである。

## 2. 爆発試験の内容について

防爆構造の電気機器に対する試験規程は各国ともそれ

ぞれ多少ずつ異った内容のものを定めているが、当所が発表した、防爆指針追補“4000 防爆構造の電気機器の試験方法”はドイツの防爆規程 VDE 0170/44 を中心として J I S, B S, I E C および米国のアンダーライター試験所等の試験規程を参考として定めたもので、その内容は次の通りである。

### 4000 防爆構造の電気機器の試験方法

- 4100 一般事項
- 4200 各種防爆構造への試験の適用
- 4300 試験方法
  - 4310 構造検査
  - 4320 機械的強度試験
  - 4330 爆発試験
  - 4340 発火試験
  - 4350 温度試験
  - 4360 気密試験

すなわち、構造検査をはじめとする6種類の試験方法を示しており、試験の適用は防爆構造の種類により異り、耐圧防爆構造の機器に対しては構造検査、機械的強度試験、爆発試験、温度試験が適用される。そしてこれらの試験の中心ともいべき爆発試験については次の如く定めている。

### 4330 爆 発 試 験

4331 耐圧防爆構造の電気機器はここに示す爆発試験に従って爆発圧力に対する強度および火炎逸走に対する安全性を試験し、これに合格しなければならぬ。

4332 試験すべき電気機器は次の状態とすること。

- (1) 機器の運転上欠くことのできない内容物のみは取付けたまま行うことを原則とする。ただし内容物を取外すことによって試験の条件が緩和されるおそれのない場合はこれを取外し、閉鎖に必要な部分（貫通部、軸等）のみを取付けて試験して差支えない。
- (2) 爆発試験に当って取付けあるいは緊縛装置の必

要ある場合にこれによって試験圧力の効果を減少させてはならない。

#### 4333 爆発強度試験

- (1) 耐圧防爆構造の機器はその爆発等級に従って容器の内容に3311表 3.4に定められた圧力の得られるごとき混合気体を満たし爆発強度試験を行う。
- (2) 容器のスキが本試験を困難にする場合にはそのスキを仮りに閉鎖することが出来る。
- (3) 試験は10回繰返し行い試験の結果容器に破損または実用上変形を生じてはならない。

#### 4334 爆発引火試験

- (1) 耐圧防爆構造の機器は容器およびその外部に爆発等級に従ってつぎのごとき混合気体を満たし容器内部で点火爆発させて火炎逸走の有無を調べる。
  - (a) 爆発等級1……スキの長さ 25mm, 0.8mm 以下にて点火波及するとき爆発等級2の可燃性ガス空気混合物, 例えば容積約 20% の石炭ガスと空気との混合物。
  - (b) 爆発等級2……スキの長さ25mm, スキ 0.5mm 以下にて点火波及するとき爆発等級3の可燃性ガス空気混合物, 例えば容積約 50% の水素と空気との混合物。
  - (c) 爆発等級3……対象ガスと空気混合物, ただし爆発等級3のすべてのガス, 蒸気を対象とする機器に対しては水素と空気との混合物およびアセチレンと空気との混合物。
- (2) 容器内の点火はできるだけ火炎逸走を起し易いと思われる位置を選んで行うこと。
- (3) 試験回数は機器の種類および防爆構造により15回ないし50回とし, 試験中1回でも引火してはならない。
- (4) 爆発引火試験において 3311 表 3.4に定められた圧力が得られる場合は爆発強度試験を含めて行うことができる。

すなわち, 爆発圧力に対する機器の強度を調べる爆発強度試験と, 火炎逸走に対する安全性を調べる爆発引火試験の二つを定め, いずれも機器内に実際の爆発を起させて, その結果を判定することとしているものである。

ただ, これを具体的にどの様な設備によってどの様に行うかについては, なおかなり問題が残されているもので,

例えば, 爆発強度試験については

- (a) 使用ガスを特に定めていないため使用ガスの種類によっては, かりに同一爆圧が得られても, 強度試験の結果に差の生ずることが予想される。

- (b) 爆発圧力の測定方法について規定していないのでその判定にかなり問題が生ずるものと思われる。すなわち電気的方法と機械的方法では結果が著しく相違して来る。

また, 引火試験については

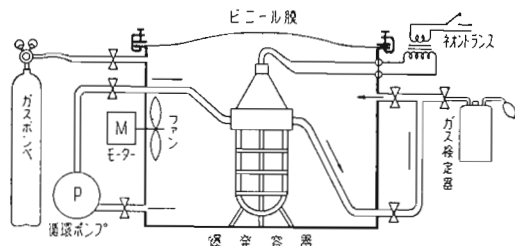
- (a) ガスの分析方法について指定していないので, 使用計測器の種類および分析技術の巧拙によって結果に大きな影響を生ずること。
- (b) 気温条件について触れていないので, その影響が考慮される。
- (c) 点火源の種類, 位置等の定め方により火炎逸走の結果に影響が生ずること。
- (d) 使用ガスの種類によっても差が生じ易い, 例えば単に石炭ガスといっても都市, 地域, 時期等によって組成に差が生ずるおそれのあること。

等実施方法如何によって試験結果にかなり差の生ずるおそれがあり, 試験の実施に当っては, これらの問題を充分検討の上調整する必要のある点が少くない。

### 3. 開放型爆発試験装置と問題点について

この方式の試験装置は防爆電気機器の爆発試験に際し現在我国で広く一般に使用されているもので, 当所においても在来大小3種類の装置を持って実験を行って来たものである。その構造の概要は第1図に示すごときもので, その主要部はファンおよび循環ポンプを備えた上部の開放した, 鋼鉄製の箱型容器からなっており, 試験の

第1図 開放型爆発試験装置説明図



際は, この容器内に試験を行うべき機器を据付け, 図の如く装置に付属した配管と機器および循環ポンプを連結し, また機器に付した点火栓と点火スイッチ, ネオントランスの間をむすぶ配線と連結する。爆発容器の上部をセロファンあるいはビニール布で覆った後, その周囲を金枠で固定する。ガス送入口と高圧ガスポンプを連結して装置内にガスを送入し, ファンおよび循環ポンプを回し, ガス, 空気を攪拌しつつ, 矢印のごとく機器および装置内を循環させる。ガスの組成は干渉計型ガス検定器で測定し, 所要のガス濃度を得るまでこの操作を繰り返す, 一定のガス濃度を得た後はファンおよび循環ポンプ

写真 1

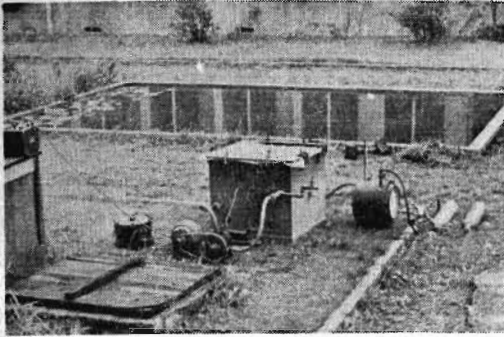
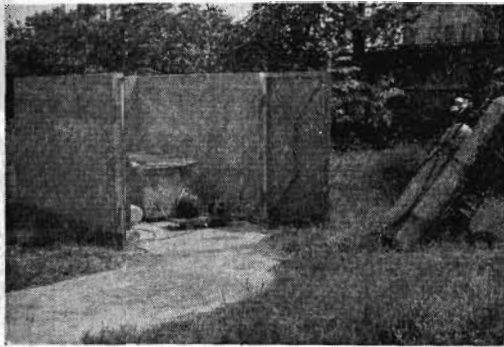


写真 2



を止めて、配管に設けられたバルブを全部閉塞し、機器と爆発容器との間の連絡を遮断する。以上の準備を行った後、点火栓のスイッチを入れて機器内のガスに点火し、爆発を起させて火炎が機器外部のガスに引火するかどうかなを見る。機器が不完全であれば外部のガスに引火し装置全部のガス爆発が生じ、上部のビニール布が破れる。引火が起らなければ機器内のガスを吸引排除して爆発実験を繰り返す。

写真 1 は中型の試験容器 (600mm × 600mm × 500mm) で写真 2 は実験用防壁間に置かれた大型の試験容器 (1790mm × 550mm × 535mm) である。

この種の装置は構造も簡単であり設備費も軽微ですむ利点もあるが、

- (1) ガスの配合に時間を要し、したがって試験

の実施に比較的長時間を要すること。

- (2) メタン等単一ガスを使用する場合は楽であるが、2種以上の混合ガスを使用して爆発実験を行う場合は、ガス分析が困難となること。
- (3) ビニール布、セロファン等の部分からガスが拡散して、時間の経過によりガス濃度が変り易い。
- (4) 引火爆発の際大音響を生じ、市街地での実施に適さないこと。
- (5) 常圧で爆発を行うため爆発圧力は比較的低く、強度試験は機器を密閉するなぞして別に行なわなければならないが、機器の構造によってにその密閉が極めて困難となること。

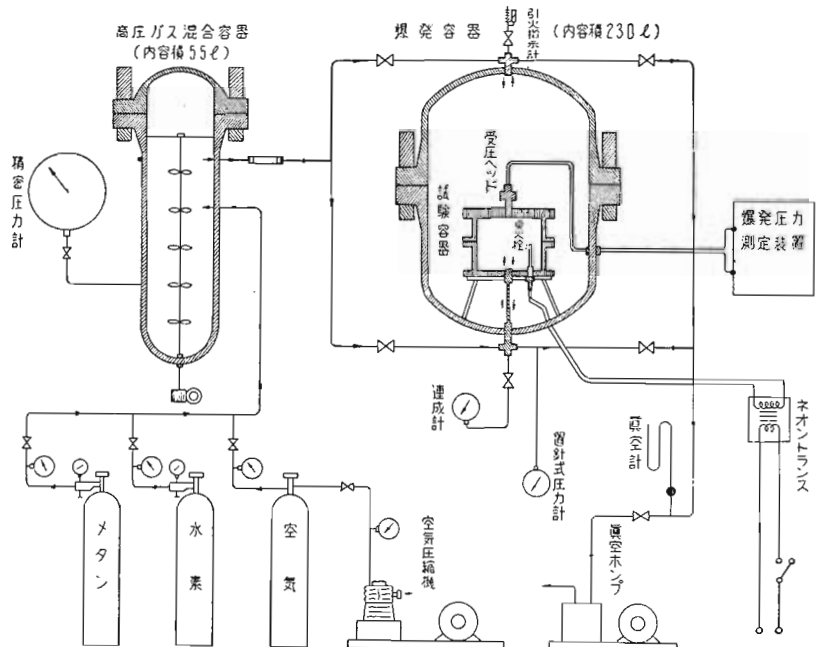
等欠点があり、工場用の防爆電気機器の試験において、種々の危険物を対象して試験を実施するには問題点が多い。

#### 4. 密閉型爆発試験装置の構造について

次に示す密閉型爆発試験装置は前記の如き開放型爆発試験装置の欠点に鑑み、より能率的に、より完全な試験を行うことを目標として設計、試作したもので、設計に当っては当所において、過去に使用していた圧力下におけるガスの爆発限界測定装置および独乙シーメンス社の密閉型爆発試験装置等を参考とした。

その構造の概要は図 2 の通りで、その主要部分は密閉型爆発容器、高圧ガス混合容器、操作パネル、爆発圧力

第 2 図 密閉型爆発試験装置概要図



記録装置、高圧ガスおよび圧縮空気容器、点火装置、真空ポンプ、空気圧縮機、チェンブロック等からなっている。

その構造の仕様は大要次の通りである。

第 3 図

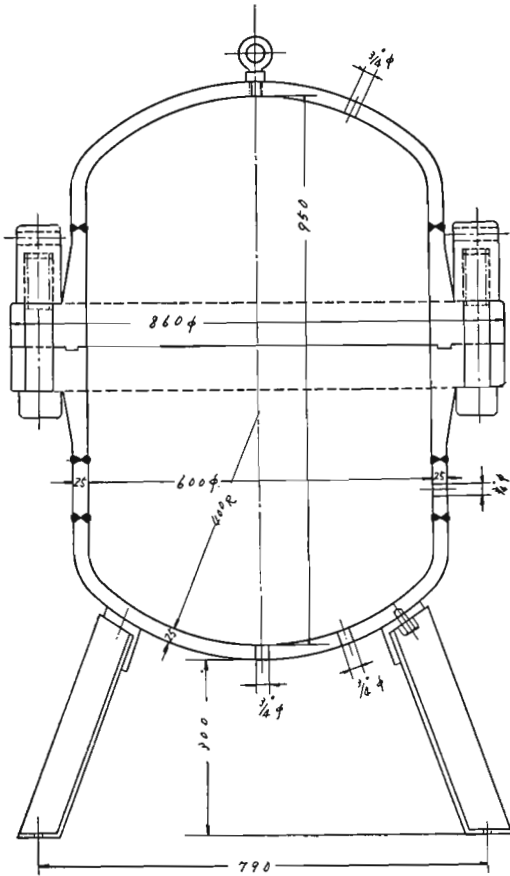
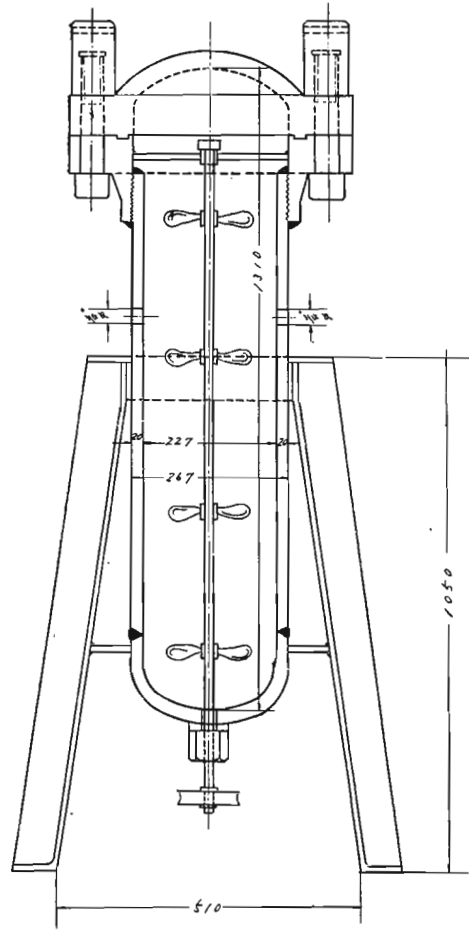


図 3 密閉型爆発容器……鋼板製，フランジ部鋳鋼製，電気溶接接合  
内径 600 mm，高さ 950 mm，肉厚 25 mm，内容積 230 ℓ  
水圧試験圧力 50 kg/cm<sup>2</sup>

図 4 高圧ガス混合容器…鋼板製，フランジ部および蓋，鋳鋼製，電気溶接接合  
内径 227 mm，高さ 1110 mm，肉厚 20 mm，内容積 55 ℓ

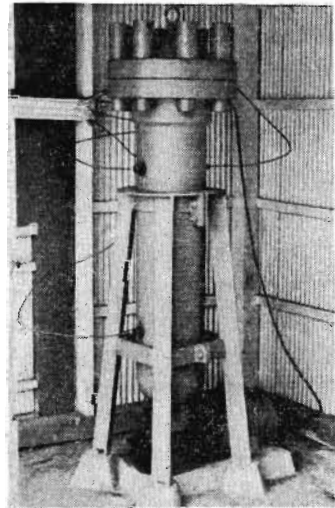
圧力測定装置および記録装置…抵抗線型動歪測定装置，圧力計ヘッド，電磁オシログラフ等を備う  
その他真空ポンプ（排気量 300 ℓ/min 1/2 馬力電動機付）… 1，空気圧縮機（2 段式最高 18 kg/cm<sup>2</sup> 1 馬力電動機付）… 1

第 4 図



試験に当っては先づ高圧ガス混合容器（写真 3）の内部

写真 3



に高圧可燃性ガス（例えばメタン、水等等 写真4）と圧縮空気（圧縮機により  $12\sim 18\text{ kg/cm}^2$  に圧縮、写真8左方の容器）を送り、精密圧力計の読みによって容器

写真 4

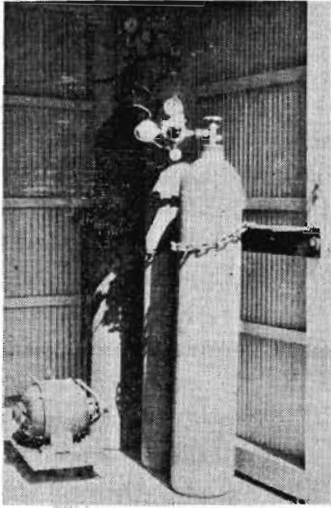


写真 5

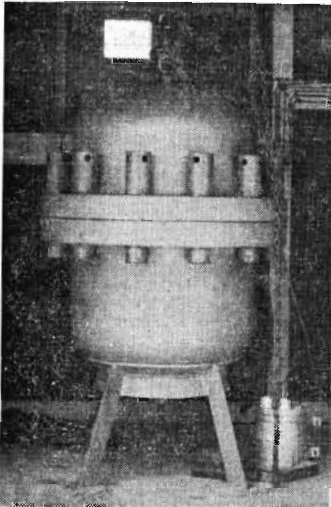
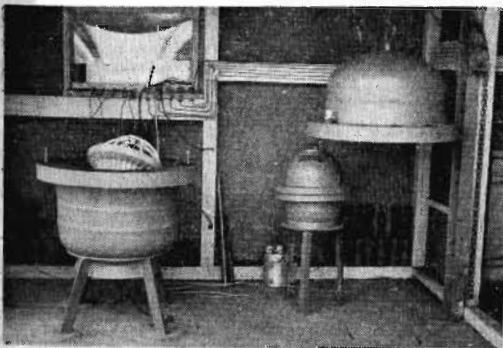


写真 6



内のガス濃度を定める。混合容器に設けられた攪拌機（安全増防爆構造電動機 1/2 馬力付 1 分間60回転）により攪拌して、所要の混合ガスを得る。別に密閉型爆発試験容器（写真5および写真6）に試験を行う電気機器を据付け、ガス送給配管、点火栓および圧力計の配線などを連結して容器の蓋を閉じる。真空ポンプを運転して、爆発試験容器および被試験機器内を真空とした後、高圧バルブを開いて高圧ガス混合容器内の爆発性混合ガスを爆発試験容器および機器内に送り、試験の内容に応じて適宜容器内の内圧を定め、バルブを閉じて爆発試験を行う。機器内に起った爆発はパネル上に設けた置針式圧力計におい検知し、また爆発圧力計ヘッドにより抵抗線型動歪測定装置を通して電磁オングラフにより記録する。火炎逸走の有無は爆発試験容器上部に設けられた引火指示計（スプリング式インジケータ）により検知する。火炎逸走の生じない場合は被試験容器内に残留する爆発後の廃ガスを真空ポンプを以て排除した後新しいガスを送入して爆発を繰り返す。

なお爆発試験容器、高圧ガス混合容器、高圧ガス容器等は実験室屋外の小屋内（写真7）に設けられており、密閉型爆発試験容器の閉閉の際はチェンブロックにより操作するようになっている。またガスの配合、送給等のバルブ操作、点火、爆発圧力記録等はすべて鉄筋コンク

写真 7

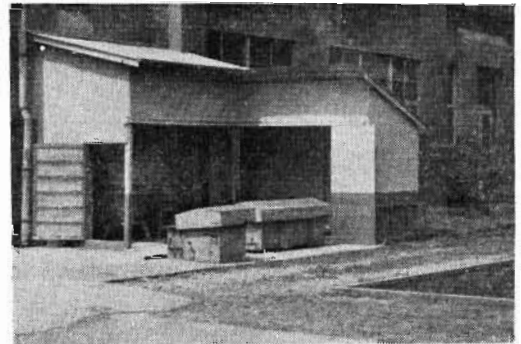
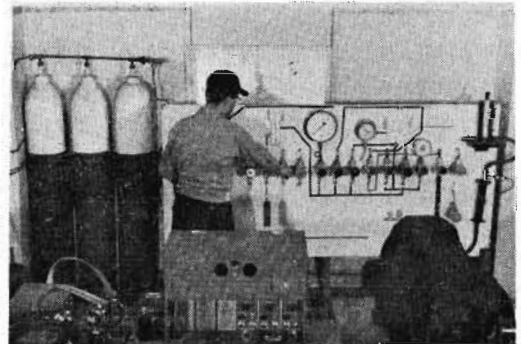


写真 8



## About The Aging Strength of The Life Lines

By T. Ando

T. Sato

To find visually the aging strength of life line, we examined about the many ropes used in some lime stone mines.

The tested ropes were almost manila ropes. Result showed that there are the deviation in strength by conditions. And yet we obtained the diagram of the relation between the strength and age.

## Study on Closed Type Explosion Test Apparatus

by N. Taguchi

M. Naito

F. Ishimi

For the explosion test of the explosion-proof electrical equipments, we designed and constructed the closed type explosion test apparatus.

This apparatus consists of a closed explosion vessel, a pressure vessel to mix gas with air under high pressure, a measuring device of explosion pressure, a vacume pump, an air compressor, an operation panel and etc..

In comparison with the open type, this has many excellent qualities.

That is,

- (1) It can be got easily and exactly the certain concentration of gases and air mixtures to be required,
- (2) It can be tested about the flame transmission and the durability for explosion pressure on the explosion proof electrical equipments at the same time,
- (3) It can be operated efficiently,
- (4) It can be got the explosion pressure to be required,
- (5) It can be easily studied on the explosion characteristics of the inflammable gases.

## The Limits of Flammability of Butane Gas (Influence of pressure)

by M. Naito

By the closed explosion test apparatus, I studied on the limits of flammability of Butane Gas of three kinds having different component under pressures of 1 to 5 atmospheres. The result showed that the explosion range of Butane Gas spreads with rise of pressure, that is, it was approximately 2 to 8 per cent in air at normal condition and at 5 atmosphere was 2 to 15 per cent, therefore, only the upper limit was influenced by pressure.

リート造、実験室内に設けられたパネル（写真8）で行えるごとくできている。

また高圧ガス混合容器と爆発試験容器の間は配管に逆火防止器を設け、また点火用スイッチの回路にはブザーを附設して誤操作による危険の防止に備えている。

## むすび

本試験装置は製作後日が浅く、その性能についてはなお今後の実験にまたなければならぬ点が少ないが現在までの試験の結果を見ると、

- (1) 空気と各種可燃性ガスが極めて短時間に適宜の割合で配合できる上、特に分析等の必要がないこと。
- (2) 爆発試験が極めて能率的に短時間で遂行できる、従来 15 回程度の爆発引火試験に数日を要していたものが、爆発強度試験 10 回、爆発引火試験 15 回併せて、速い場合半日程度で実施可能なこと。
- (3) 初圧を自由に変えて爆発が行えるため、所要の爆圧による爆発強度試験が行えるほか、爆発引火試験と強度試験を同時に行うことが出来る。
- (4) ガスの爆発特性に関する種々の研究実験に利用範囲が広い。

等の特徴を挙げる事ができる。

ただこの反面、初圧の上昇が火災逃走にやや影響を与えること、爆発性ガスを高圧で貯蔵する危険が伴うこと等に問題があり、これ等の点は近い将来さらに検討の

上、流量計方式等の採用により改善を計りたいと考えている。

## 参考文献

- 労働省産業安全研究所：工場電気設備防爆指針  
同上：同上 追補…防爆構造の電気機器の試験方法  
JIS C 0902：防爆型電気機器の試験方法  
JIS M 7610：定着安全電灯  
Müller Hillebrand：防爆電気機器原論(蒲生朝郷訳)  
Bureau of Mines：Inspection and Testing of Mine-Type Electrical Equipment for Permissibility (I. C. 7185 November 1941)  
Heinz Maskow：The Research and Testing Station for Flameproof Equipment at the Switch-gear Works of the Siemens-Schuckertwerke in Berlin  
Dr.-Ing. D. Müller-Hillebrand VDE, Berlin：Explosionsprüfungen schlagwettergeschützter elektrischer Geräte  
その他 VDE0170/IV. 44, 0171/IV. 44, VDE0173/V. 43, IEC推奨規格, D. S規格, U. R. の試験法等

# ブタンガスの爆発限界と圧力による影響

化学課 技官 内 藤 道 夫

## 1. 緒言

爆発限界は可燃性のガス、蒸気の爆発危険性を判定するための重要な特性であるが、一般に知られている爆発限界は常温、常圧の状態における値であり、温度や圧力の異なる環境条件ではかなり変わったものになる。過去の文献によってもメタンやその他一部のガス、蒸気について温度、圧力による爆発限界の変化が知られているのみで大抵のガス、蒸気についてはそれほどはっきりした値を知ることができないのが現状である。しかし、実際の工場現場では、このような変わった条件で可燃性のガス蒸気が取扱われる機会が少ないので、これらの条件下でのガス、蒸気の爆発限界を知ることは作業上の安全対

策をたてる上に重要な意義をもつものである。特に石油化学工業の進歩発展は大量のL.P.ガスの製造、運搬貯蔵等の作業をもたらしているが、これらのL.P.ガスは数 atm の加圧で簡単に液化する利点から液化ボンベに充填されて広く取扱われているし、又燃料として、使用されるほか石油化学工業の原料として高温、高圧の状態で移送されたり、反応に用いられたりしている。

したがってL.P.ガス取扱上の安全を期するためにはこの様な変わった環境における爆発限界を知る必要がある。

先年当研究所では石炭ガスの爆発限界が加圧状態では非常に拡大し、爆発危険性が著しく増大することを実験により知り得たのであるが、L.P.ガスについても同様