

ガス・蒸気と危険場所の判定について

化学課 田 口 昇

まえがき

工場において電気設備の防爆化を推進しようとする場合、まず最初に問題となるのは対象とするガス、蒸気の危険性と実施工場の危険度を如何に見るかという点であろう。特に作業場所の危険度の判定はその結果が直ちに防爆電気機器の選定の程度に関連を持ち、したがって防爆に要する経費の多寡に影響を与えるだけに、設計者の責任もからんで、その決定に際し常に論議の対象となっている。

しかも、工場電気設備防爆指針(以下防爆指針という)で示している分類法が、かなり抽象的な表現法をとっているだけに問題が多いようである。そこで、これ等の点に関し、防爆指針決定の際の経緯を含めて、簡単にその考え方を説明して参考に供することにした。

ガス・蒸気の危険と危険状態の形成条件

爆発災害の原因を検討して見ると、その大部分が可燃性ガス、蒸気あるいは爆発物などの危険物の存在と、これを爆発に導く点火源の存在に基づいていることが認められる。したがって、爆発災害(危険物に基づく火災も含めて)の発生を防止するためには危険物による危険状態の形成(ガス、蒸気の場合はこれらが空気と混合して爆発性の混合状態を形づくること)を極力抑制して行くことと、このような危険のある場所に対し点火源となるような要素を置いたり、近づけたりしないようにすることが必要である。

すなわち対策は次の2点に要約される。

- (1) 爆発性混合ガスの形成の防止
- (2) 点火源の排除

しかし実際問題としては、この内(1)の完全な実施は極めて困難であつて、多量のガスあるいは引火性の液体を取扱う作業においては、程度の差はあるが、ガスや蒸気の発散や漏洩による危険状態の形成は避けられない。

表1、表2、表3はともに、かつて筆者等がガス、蒸気の危険作業として実態調査を行った絆創膏工場、油脂抽出工場、アルコール製造工場などの工場内での漏洩ガ

スの状態を示したものであるが、正常作業においてもかなり高濃度の蒸気の発生が認められている。正常作業でこのような状態であるから、故障や操業の異常になどに基く危険な蒸気の発生はさらに大きなものとなるおそれがあり、事実、過去において各業種共可燃性蒸気の漏洩あるいは逸出によつて、しばしば爆発災害や火災を繰返しているものである。例えば油脂抽出工業について見ると、最近の約10年間に全国の工場総数百数十の内から21件に及ぶ爆発災害を発生しており、これによる死亡者42名、負傷者79名を出し、それぞれ数百万から数千万円という損害を生じている状況である。しかもその原因は21件の内ベンゾール、ヘキサン、ガソリン等の溶剤の漏洩によるもの9件、同じく溶剤の逸出によるもの9件、その他3件という内容で、また、この内点火源が電気設備に基くことが明らかなものだけでも6件に及んでいる。

このように作業の性質上危険なガスや蒸気の発生が防止できないとするならば、当然点火源となる火気の管理を厳重に行うとか電気設備の安全化に徹底した対策がとられなければならない筈である。ところが前記の調査にも見られるように、かなりの危険場所で、防爆を考慮しない電気設備が無批判に使用されている点に問題がある訳である。

さて、以上のごときガス、蒸気による爆発や火災の危険を考える場合、先づ問題となるのは、ガス、蒸気による危険状態の形成が如何なる条件により影響されるかであろう。すなわち大きく分けて、ガス、蒸気の危険性の如何、ガス、蒸気の発生条件の如何、ガス、蒸気の減衰条件の如何の三要素であるが、それを構成する内容は次の通りである。

爆発危険状態の形成条件

- (1) ガス、蒸気の危険性

爆発範囲の大小(広いほど危険)

爆発下限の高低(低いほど危険)

引火点の高低(低いほど危険)

発火点の高低(低いほど危険)

揮発性

拡散速度

表 1 絆創膏工場爆発危険実態調査

工場別	溶剤種別	1日の 使用量 (kg)	塗布工場内蒸気濃度 Vol %				建物構造	照 明		動 力	
			塗布部	中間物	巻取部	室内		電 灯	開 閉 器	電動機	開 閉 器
A	ベンゾール ガソリン	80~120	0.1 ~0.3	<u>2%以上</u>	0.06~0.07	0.04~0.07	木造ラス モルタル	裸電球 付	室外隔離(カバー付 ナイフスイッチ)	開放型	室外隔離 (金属函開閉器)
B	ガソリン	75	0.1 ~0.48	0.4 ~0.56	0.48	0.04~0.05	木 造	裸電球	キーソケット	開放型	金属函開閉器
C	ガソリン	300	0.6 ~0.67	0.61	<u>1.2 ~1.24</u>	0.08~0.10	木 造	裸電球	キーソケットおよび タンブラスイッチ	開放型	金属函開閉器
D	ガソリン	120	0.39~0.58	0.1 ~0.32	<u>0.7 ~1.24</u>	<u>0.44~1.08</u>	木 造	裸電球	キーソケット	密閉型	金属函開閉器
E	ベンゾール	75	0.12	<u>0.98~1.04</u>	<u>1.14~1.32</u>	0.18~0.20	木造ラス モルタル	天井直付灯 普通グローブ	室外隔離(カバー付 ナイフスイッチ)	ナ シ	ナ シ

表 2 油脂類抽出工場爆発危険実態調査

工場別	溶剤種別	1日の 使用量 (kl)	抽出工場内蒸気濃度 Vol %				建物構造	照 明		動 力	
			抽出缶付近	蒸溜缶付近	排 気 口	室内		電 灯	開 閉 器	電動機	開 閉 器
F	n- ヘキサン	60	0.05~0.44	0.01~0.32	0.10	0.05	鉄 骨 スレート	密閉天井灯および密閉 点検灯	室外隔離 (ナイフスイッチ)	密閉型 および 開放型	オイルスイッチ
G	n- ヘキサン	16~20	0.03~0.40	0.01~0.35	<u>2以上</u>	0.01~0.04	鉄 骨 スレート	密閉天井灯および密閉 点検灯	室外隔離 (カバー付ナイフ スイッチ)	防爆型	室外隔離 (金属函開閉器)
H	n- ヘキサン	4~5	<u>0.04~2以上</u>	0.04~0.10	<u>2以上</u>	0.02~0.18	木 造	裸電球および普通グロ ープ付パイプ吊下灯	露出型タンブラ スイッチ	開放型	金属函開閉器
I	ベンゾール	4~5	0.04	<u>0.05~1.18</u>	0.08~0.10	~0.02	木 造	裸電球および普通グロ ープ付吊下灯	キーソケットブ ルスイッチ	密閉型	ナイフスイッチ

表3 アルコール製造工場爆発危険実態調査

工場別	作業場別	測定場所 (溶剤別)	室内蒸気濃度 Vol %	照明			動力		その他
				電 灯	開 閉 器	停電時用 非常灯	電 動 機	開 閉 器	
J	蒸溜工場 4 階	分縮器放出口付 近(アルデヒド)	<u>0.51</u> ~3.29	密閉型電球・保護 ガラス破損のもの もあり 金属管配線	---	キー付裸電球 綿巻線配線	---	---	---
		室 内 (アルデヒド)	0.07~0.28						
J	蒸溜工場 2 階	不純物処理塔 アイグラス付近 (アルデヒド)	0.14~0.18	密閉型電球・パイ プペンダント・金 属管配線	ナイフスイッ チ 一部油入スイ ッチ	キー付裸電球 綿巻線配線 蓄電池設置	開 放 型 金属管配線	金属函開閉器	---
		室 内 (アルコール)	0.07~0.09						
J	製 品 室	製品タンク内 (アルコール)	0.23~1.43	密閉型電球一部普 通電球・防爆ハン ドラップ・金属管 より分岐キャプ タイヤコード	カットアウト スイッチ ナイフスイッ チ 油入スイッチ	---	閉鎖防滴型 金属管配線	金属函開閉器	---
		室 内 (アルコール)	0.07						
K	蒸溜工場 4 階	分縮器放出口付 近(アルデヒド)	<u>4.9</u> ~6.2	大部分裸電球一部 に密閉電球・金属 管配線	---	---	---	---	---
		室 内 (アルデヒド)	0.13~2.6						
K	蒸溜工場 2 階	不純物処理塔 アイグラス付近 (アルデヒド)	0.27~ <u>7.89</u>	大部分裸電球一部 密閉ハンドランプ 普通のもの・コン セントは普通の もの	---	---	---	---	液量計の裸接 点に火花発生 の恐れあり
		室 内 (アルコール アルデヒド)	0.16~0.8						
K	製 品 室	製品タンク(アル コール・焼酎)内 (アルコール)	1.54~ <u>7.95</u>	裸電球のみ・ノッ プ工事・防爆ハン ドラップ・キャブ タイヤコード	キーソケット・ 一部ナイフス イッチ・普通 コンセント	---	全閉外扇型 開 放 型	金属函開閉器・ ナイフスイッ チ・コンセン トプラグ	---
		室 内 (アルコール)	0.2 ~0.84						

(注) — 線は爆発限界に近いものを示す。

密度の大小（空気と比較して軽いものは上方に重いものは床面に近く危険状態を形成する）

火炎逸走限界

- (2) ガス、蒸気の発生条件
量の多少

貯蔵圧力の大小

発生の状態（正常か異常かの別、漏洩、逸出、破壊等の別）

室温、ガス蒸気の温度

室の広さ

- (3) ガス、蒸気の減衰条件

流出阻止の手段

通気方法、換気方法

気象条件（気温、風速、風向等）

このような条件を総合して危険度を判断することが必要となつて来る訳である。

可燃性ガスおよび蒸気の種類

防爆指針では電気機器の防爆構造について、対象ガスの発火温度にしたがつて機器の温度上昇限度を定めており、また耐圧防爆構造の機器については火炎逸走限界すなわちガスの点火波及を生ずるスキの値にしたがつて、機器の接合面あるいは回転軸などのスキの限界を定めているのであるが、防爆指針 1100 のガスおよび蒸気の種類は指針 3000 に規定された機器の構造規定に対応して、ガスおよび蒸気の特性に従つて発火度および爆発等級を定めたものであり、前章に記したガス、蒸気の危険性全般を示すものではない。すなわち防爆機器の選定に際しては、先ず防爆を考慮する作業場で発生するガスの爆発等級と発火度を知り、これに適応する防爆構造の機器を選択することが必要である。

この分類はドイツ防爆規定（VDE）のガスおよび蒸気の種類をそのまま採用したものであるが、従来わが国の防爆電気機器の多くがドイツの規定を基礎に製作されていることから見て当然の結果と考えられよう。

指針 1100 においては、まず適用範囲として対象ガスを可燃性ガスの全部と引火点 40°C 以下の引火性液体の蒸気としているが、引火点 40°C 以下としたことは、引火点によつて一定の基準線を引いた方が危険物の対象をはつきりさせる上に良いという意見が多かつたこと、電気工作物規程にこの値が示されていること、わが国の夏期の温度条件を考慮したことなどに基づくもので、勿論引火点 40°C 以上の液体でもこれが引火点より高温で漏出する危険が考えられる場合は防爆の対象として考慮す

ることになる訳である。

発火度は表 4 のごとく A, B, C, D の 4 等級に分類されるが、これは電気機器による発火条件を考慮した一定の方法によつて、鉄などの金属表面とガスの触れて発火する場合の最低の温度を測定して定められるものである。

表 4 爆発等級の分類

爆発等級	1	スキの値	0.8mm 超過
"	2	"	0.5mm 超過 0.8mm 以下
"	3	"	0.5mm 以下

(注) ただしスキの長さ 25mm に対して

表 5 発火度の分類

発火度	A	発火点	450°C 超過
"	B	"	300°C 超過 450°C 以下
"	C	"	175°C 超過 300°C 以下
"	D	"	120°C 超過 175°C 以下

また爆発等級は表 5 のごとく 3 等級に分類されているが、これも一定容器中において対象ガスの爆発を起させ、この際の容器のスキを種々変化して、外部ガスに点火波及の生ずるに至るスキの値を求めて、決定するものである。

なお通常の作業で遭遇し易いガス、蒸気についての発火度および爆発等級は指針の表 1. 3 に示されているが、なお発火点および爆発等級に関する最近の資料として表 6 を示す。

表 6 可燃性ガス蒸気の防爆上の特性

物質名	引火点°C	発火点°C	爆発等級
アセトアルデヒド	-27~-38	140	1
アセトン	-19	540	1
アセチレン	ガス	305	3
エタン	ガス	470	1
醋酸エチル	-4	460	1
エチルエーテル	-30~-40	160	1
エチルアルコール	11~13	425	1
塩化エチル	-50	510	未確認
エチレン	ガス	455	2
塩化エチレン	13	450	未確認
酸化エチレン	-50	440	1
エチルグリコール（セロソルブ）	40	240	未確認
アンモニア	ガス	630	1
イソ酢酸アミル	25	380	1
沸点 135°C 以下のガソリン	<21	{ 220 300	1
沸点 135°C 以上のガソリン	>21	{ 220 300	1
ベンゾール（純）	-11	540	1

n-ブタン	-60	430	1
n-ブチルアルコール	29	340	1
シクロヘキサノン	34~64	430	未確認
ディーゼル油	>55	{220 350}	1
醋酸	40	485	1
無水醋酸	49	330	1
ガス油	>80	{220 350}	1
灯油	>38	250	1
n-ヘキサン	-26	260	1
一酸化炭素	ガス	605	1
メタン	ガス	650	1
メチルアルコール	11	470	1
塩化メチル	ガス	625	未確認
ナフタリン	80	540	未確認
油酸(オレイン酸)	189	360	未確認
パラフィン(融点40~100°C)	160	250	未確認
石炭酸	79	605	未確認
プロパン	ガス	500	1
n-プロピルアルコール	15	420	未確認
二硫化炭素	-30	102	3
硫化水素	ガス	290	未確認
都市ガス	ガス	560	2
ターペンチン	35	240	未確認
テトラリン	77	425	未確認
トルオール	4	570	1
水素	ガス	580	3

注：VDE 0165/9.57 爆発危険場所における電気設備の設置に関する規則、第一表より録取。

なおドイツ防爆規程(VDE)には最近一部に変更があり、爆発等級決定のためのスキの値、発火度の分類法等が変つて来ているが、これについてはいづれ検討の上近い将来、防爆指針の内容に採り入れることが予想される。

危険場所の分類

指針 1200 に示す危険場所とは、工場内において前章に示すような可燃性ガスあるいは蒸気が空気と混合して爆発性混合ガスを形成しているか、あるいは形成するおそれのある場所を指すのであるが、指針では危険場所を危険性に応じて第1種場所と第2種場所に分類し、非危険区域と区別しており、その程度によつて防爆電気機器の選定を行い、また防爆電気工事施行の程度を定めているものである。

すなわち **第1種場所** は

(1) 爆発性ガスが通常状態において集積して危険となるおそれのある場所、

(2) 修繕、保守または漏洩等のため、しばしば爆発性

ガスが集積して危険となるおそれのある場所、

(3) 機械、装置などの破壊または作業工程における誤操作の結果、危険な濃度の爆発性ガスを放出し、同時に電気機器にも事故を生じるおそれのある場所、

また **第2種場所** は

(1) 可燃性ガスまたは可燃性液体を常時取扱つているが、それらは密閉した容器または設備内に封じてあり、その容器または設備が事故のため破壊した場合または操作を誤つた場合のみ、上記液体またはガスが漏出して危険となる場所、

(2) 確実な機械的通風により爆発性ガスが集積して危険とならないようにしてあるが、通風装置の事故または異常の場合危険となるおそれのある場所、

(5) 第1種場所の周辺で危険な濃度の爆発性ガスが時々浸入するおそれのある場所、

と定めている。すなわち第1種場所とは平常作業においてしばしば危険状態にあるか、修繕、保守、漏洩などによつてしばしば危険状態を形成するような場所をさしており、第2種場所とは異常状態において始めて危険状態を形成する場所あるいは第1種場所周辺地区など比較的危険度は低い、或る程度の危険は予想されるような場所をさしている。

なおこのような危険場所の検討を要するものとして、化学工業を主体とする 25 業種とそれぞれの対象作業場を示しており、また 1234 において特に第1種場所になり易い作業として

(1) 揮発しやすい可燃性液体または液化可燃性ガスを一つの容器から他の容器に移注する場所、

(2) 可燃性ガスまたは揮発しやすい可燃性液体を圧縮または圧送するポンプ室、

(3) 揮発しやすい可燃性液体を入れた開放型タンクまたは槽のある場所、

(4) 揮発しやすい可燃性液体を沍過する場所、

(5) 可燃性蒸気を発生する蒸発室または乾燥室、

(6) 可燃性蒸気を発生する物質を塗布する場所、

(7) 揮発しやすい可燃性液体で抽出を行う場所、

(8) 可燃性液体の蒸溜ならびに反応作業室、

(9) 可燃性液体を使用する洗濯および染色作業室、

(10) 揮発しやすい可燃性溶剤を含む塗料の塗装室、

(11) 可燃性ガス発生室または可燃性ガスが漏出するおそれのあるガス製造場の一部、

(12) 可燃性ガスを排出する場所、

(13) その他通常の使用状態で爆発性ガスが停滞して危険となるおそれのある場所、

などの作業を例示している。

なお危険場所の決定に当つては、すでに記したような爆発危険状態の形成条件を十分に考慮することが必要で、特に

- 作業場の空間の広さ
- 危険物の種類および量
- 装置および作業の種類
- 危険予防措置の有無
- 同じ業種における爆発または火災の記録

などを検討して決定することが必要で、必要に応じて危険場所におけるガス濃度の測定を実施したり、防爆関係の権威者に意見を聞くなどした上、最終的には工場責任者が自主的に判断を下すことになっている。

以上の分類は米國電気工事規程（NEC）の危険場所の分類基準を基礎にして定められたものであるが、表現がやや抽象的であること等のために実際の場合にはその判定に迷い易いという欠点も否定できない。これについてはこの問題を討議した委員会においても、当初はできるだけ具体的にとの考えであつたが、一面同じ業種でもそれぞれ違う条件を持つ工場が多いのに対し、画一的に危険場所を決定することはかえつて問題を生じ易く、弊害が起るとの意見もあり、この程度の表現に止めた訳である。

ただ危険場所の分類は判定の如何によつては過大な設備費の浪費となり、あるいは逆に避け得られる筈の危険を負担することにもなるものであるだけに、できる限り正確な判定が必要となる訳で、このためには作業工程、設備等に類似性の著るしい業種についてはより具体的な危

険的所判定の指針が望まれるものである。従来この種のものとしてはNECの特殊場所の規程例えばガソリンスタッド、自動車の中庫等の例があつたが、さらに一段進んだものとしてAPI（American Petroleum Institute）電気機具分科委員会がL.M.ゴールドスミス氏を委員長として研究し、1955年にRP500として公表した“電気機器設置のための精油所内の場所の分類”があり、我國の石油工場にはこれを参考として危険場所の判定を行っている工場も少くない。この方法は石油精製工場における危険場所の分類を数種の図を参考とし4段階のステップにより分類するもので、危険場所をその発生源を中心として平面的、立体的に極めて単純化し、しかも合理的に決定するようにしたものである。

我國でこれをそのまま採用することはかなり問題があると思うが、石油工場はもとよりドライクリーニング工場、油脂抽出工場、アルコール製造工場、塗装工場、塗料製造工場、ゴム布製造工場等比較的工場相互類似性をもつた業種については業界の協力によつてこれに近い方式を確立することも不可能ではないと思われる。

参 考 文 献

- (1) 工場電気設備防爆指針、工場電気設備防爆委員会編 労働省産業安全研究所
- (2) Current Practices in Classifying Areas for Electrical Installations. L. M. Goldsmith, Electrical Eng. Vol 175, No.2 p. 121—125
- (3) 危険場所の分類法 L.M.ゴールドスミス、伊東電機防爆研究所訳、セイフティダイジェスト 1956, 8