

## 防爆電気機器の構造と点検(1) -

一般社団法人 日本電気制御機器工業会 防爆委員会  
大 桐 伸 介

### 1 はじめに

近年、石油コンビナート等で多数の死者を伴う深刻な爆発事故が発生している。平成26年版消防白書<sup>1)</sup>によると危険物施設の火災・流出事故は、平成6年から増加傾向にあり、平成25年は火災事故188件、流出事故376件の合計564件であり、高い水準で推移している。火災事故の発生件数は、平成元年以降最も少なかった平成5年の107件と比較すると、危険物施設数が減少しているにもかかわらず、約1.8倍に増加している。主な発生要因については、設備の維持管理不十分、操作確認不足等、約55%が人的要因に起因している。

特に製造業では、ベテラン従業員から現場固有の技術伝承が十分にできず世代交代が行われ、現場対応力が低下し、設備の老朽化と合わせて事故発生増加の背景となっている。設備老朽化に対しては、設備の適正交換時期や耐用年限に基づく計画的な設備更新が必要である一方、その設備の設計上の危険性評価能力や施設を稼働させる運転員の現場対応力など『人』に起因する事故原因を減少させるためには、教育や制度の拡充など人を育てるための地道で長期的な取り組みが必要である。

また、平成26年5月には、内閣官房主導により、経済産業省、総務省消防庁、厚生労働省が一体となり、災害防止に向けた取り組みを行う「石油コンビナート等災害防止3省連絡会議」が設置され、事故情報・政策動向が公開され、爆発火災事故防止に向けた機運が高まっている。

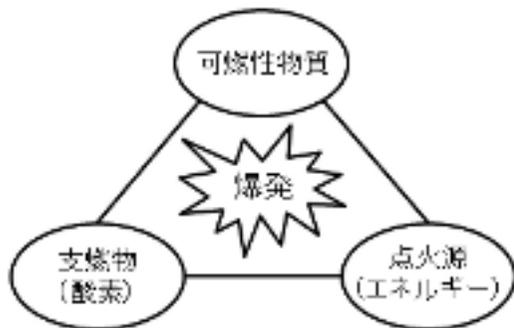
前述の会議において、厚生労働省は、第12次労働災害防止計画において、「機械の本質安全化対策の推進」を今後の主な取り組みとして掲げている。従来から厚生労働省は、機械設備や化学物質の導入による労働環境の複雑化や多様化、重大災害の発生の増加を背景にリスクアセスメントの実施に取り組んできた。平成18年4月に改正労働安全衛生法が施行され、第28条の2において、「危険性又は有害性等の調査を実施し、危険を防止するための措置を講ずること」として、努力義務化されている。また事故の未然防止のために厚生労働省は「機械の包括的な安全基準に関する指針」によって、機械の製造者、使用者の双方に対してリスクアセスメントとリスク低減を求め、「機械譲渡者等が行う危険性等の通知の促進に関する指針」によって機械の製造者から使用者への残留リスク情報の提供を求めている。この残留リスク情報の中に、使用者での保護方策が必要な作業に対して、資格や教育等を明示することが推奨され、平成26年4月に「設計技術者、生産技術者に対する機械安全に係る教育について」にセーフティベリックアセッサが機械ユーザーの職長、作業主任者、各種安全担当者の教育に有効であることが明記された。

危険物施設では、爆発性雰囲気の中かで使用する機械や設備の安全確保や運用のためには、防爆電気機器が使用されており、防爆電気機器安全に対する知識が必須となるが、防爆電気機器安全についてまとめられた書籍や体系だった

教育を受ける機会は少なく、知識習得は主に社内技術伝承として行われてきた実情がある。このような状況を補完する目的で、一般社団法人日本電気制御機器工業会では、セーフティベリックアセッサ（防爆電気機器安全分野）〔略称：SBA-Ex〕資格制度<sup>2)</sup>を設けている。この資格制度では、防爆電気機器の安全知識の保有を第三者認証する試験だけでなく、危険物施設に設置される防爆電気機器の安全に関する知識を習得するための講習会も行っている。講習会により適切な防爆安全知識を習得した資格取得者により、安全な設備管理が行われ、危険物施設の電気設備に対してさらなる安全に寄与することを願うものである。これらの観点から危険物施設における防爆安全として、「防爆電気機器の構造と点検」について2回に渡り解説する。

## 2 危険物施設の防爆安全

危険物施設において、可燃性ガスが漏えいすると、空気と混合し爆発性雰囲気形成される。さらに、この爆発性雰囲気と点火源が共存すると爆発が生じる。一般的に電気設備は、電気的点火源の一つとなるため、点火源と爆発性雰囲気の共存を阻止し、爆発を防ぐという考え方に基づき、防爆電気安全技術がある。電気設備の防爆化には、点火源の防爆的隔離、電気機器の安全度の増強、着火能力の本質的抑制といった方法がある。しかし、電気設備に起因する電気火花や高温部による爆発性雰囲気への着火は、



爆発性ガスの種類や電気火花などの着火能力によって異なるため、点火能力がないことが試験その他の方法によって確認されない限り、一般に着火能力があるとみなされる。

## 3 消防法・電気事業法と防爆電気設備

ガソリン、灯油、アセトン、メタノールなどの第4類の引火性液体を一定量以上貯蔵し、又は取り扱う施設は、製造所、貯蔵所及び取扱所として消防法の規制を受ける危険物施設となる。危険物施設と防爆設備の関係は、消防法第10条第4項において、製造所、貯蔵所及び取扱所の位置、構造及び設備として言及され、これらの設備の技術上の基準を「危険物の規制に関する政令」に定められている。この政令の第9条（製造所の基準）第17項で、「電気設備は、電気工作物に係る法令の規定によること」と定められ、電気事業法に紐付けられる。電気事業法では、電気工作物の工事、維持及び運用を規制され、具体的な基準は、「電気設備に関する技術基準を定める省令」に基づく「電気設備の技術基準の解釈」（原子力安全・保安院 平成24年6月29日改正）に示されている。

第176条（可燃性ガス等の存在する場所の施設）において、「可燃性のガス又は引火性物質の蒸気が漏れ又は滞留し、電気設備が点火源となり爆発するおそれがある場所における、低圧又は高圧の電気設備は、次の各号のいずれかにより施設すること」とし、第1号ニに「電気機械器具は、電気機械器具防爆構造規格に適合するものであること。」と示されている。

## 4 高圧ガス保安法と防爆電気設備

防爆電気設備について、高圧ガス保安法では、一般高圧ガス保安規則、コンビナート等保安規則、液化石油ガス保安規則、冷凍保安規則において、製造施設の技術上の基準として記載されている。例えば、一般高圧ガス保安規則では、

第6条第26項に「可燃性ガス（アンモニア及びブロムメチルを除く。）の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造のものであること。」と定められている。

さらに、高圧ガス保安法及び関係政省令の運用および解釈（原子力安全・保安院 平成23年7月4日改正）では、「（2）一般高圧ガス保安規則の運用及び解釈について」の第6条関係として、火気を取り扱う施設に該当しない電気設備として、「電気機械器具防爆構造規格、工場電気設備防爆指針<sup>3)</sup>、<sup>4)</sup>、ユーザーのための工場防爆電気設備ガイド<sup>5)</sup>の規定に基づき設置された電気設備」が示されている。また同解釈内に、液化石油ガス保安規則の運用及び解釈、コンビナート等保安規則の運用及び解釈として、同様に示されている。

また、LNG等を取り扱う事業所では、ガス事業法の対象となり、ガス工作物の適用を受ける場合がある。ガス工作物についても同様に電気設備に対する技術基準として、防爆性能を有す

るもの設置することが求められている。

## 5 労働安全衛生法と防爆電気機器

「労働災害の防止」と「労働者の安全確保」の観点から、労働安全衛生関連法令では、爆発危険場所での防爆電気設備の使用を規定しているため、消防法で定める指定数量の概念や高圧ガス保安法で定める取り扱いガスの種類に関係なく適用される（図1）。具体的には労働安全衛生規則第280条で「引火性物質の蒸気又は可燃性ガスが、爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所で使用する電気機器は、それらの蒸気又はガスの種類及び爆発の危険のある濃度に達するおそれに応じた防爆性能を有する防爆構造電気機械器具でなければ、使用してはならない。」と定められている。そのため、防爆電気設備及びその配線は、電気工事として電気設備技術基準を満たした上で、さらに電気機械器具防爆構造規格や工場電気設備防爆指針、ユーザーのための工場防爆電気設備ガイドに基づいて、設置・施工する必要がある。

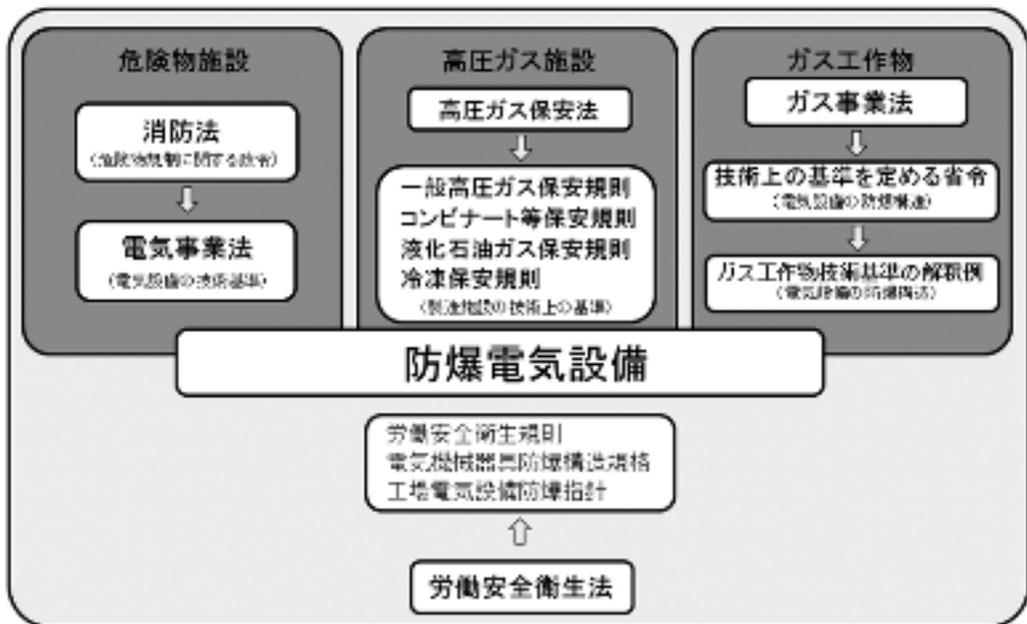


図1 防爆電気設備と関係法令

## 6 防爆検定制度

防爆電気機器は、労働安全衛生法第42条により防爆構造としての規格要求事項を満たさなければ、譲渡、貸与および設置が禁止されている。また、同法第44条の2により、これらの機器の製造者、又は輸入者は、厚生労働省令で定める登録型式検定機関が行う型式検定を受けなければならない。検定要件として、労働安全衛生規則に基づく電気機械器具防爆構造規格（昭和44年労働省告示第16号）があり、防爆電気機器に対する要求事項が定められている。これを補完する技術的な指針として、工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006および国際整合防爆指針2008）にまとめられている。これらの規格や指針により、点火能力の有無などの防爆安全に関わる型式検定が行われる。同法第44条の2の7項では、型式検定に合格した防爆電気機器には検定合格標章（図2）の表示が義務付けられ、この表示のない防爆電気機器は使用してはならないと規定されている。たとえ国際規格であるIEC規格や海外認証を取得した防爆機器でも、国内で使用する場合は、一旦、国内の型式検定に合格し検定合格標章を付す必要がある。



図2 検定合格標章の例

## 7 法令における危険場所

労働安全衛生規則の第280条では、「引火性の物の蒸気又は可燃性ガスが爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所においては、防爆構造電気機械器具でなければ使用してはならない。（一部略）」と規定し、爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所を危険場所として

いる。

また危険物施設では、電気設備は電気工作物に係る法令の規定によることとされ、具体的には、「電気設備に関する技術基準を定める省令」を引用している。この省令では、特殊場所の一つとして「可燃性のガス又は引火性物質の蒸気が存在し、点火源の存在により爆発するおそれがある場所」とし、このような場所に設置する電気設備は、「通常の使用状態において、当該電気設備が点火源となる爆発又は火災のおそれがないように施設しなければならない。」とされている。

さらに、危険物施設と同施設内に可燃性の高圧ガスを取り扱う施設では、一般高圧ガス保安規則第6条第1項第26号により「可燃性ガス（アンモニア及びブロムメチルを除く。）の高圧ガス設備に係る電気設備は、その設置場所及び当該ガスの種類に応じた防爆性能を有する構造のものであること。」と規定され、設置場所に応じた防爆性能を有する電気設備が求められる。なお、一般高圧ガス保安規則第6条第1項第3号の「火気を取扱う施設」に関し、「高圧ガス保安法及び関係政省令の運用及び解釈について（平成19・06・18原院第2号）」では、電気機械器具防爆構造規格や防爆指針等の規定に基づき設置された電気設備は、（点火能力のない安全な電気設備であることから）「火気を取扱う施設」に該当しないとされている。このことから、危険場所に設置する電気設備は、関連する規格や指針に従った防爆構造のものが求められることを意味している。

## 8 危険場所の区分

危険場所の区分については、厚生労働省の通達（基発0925001号 平成20年9月25日）により示された。この通達以後、従来の危険場所をJISC60079-10（爆発性雰囲気で使用する電気機械器具-第10部：危険区域の分類）により、危険

表 1 危険場所の区分

	換気度						
	高換気度			中換気度			低換気度
	有効度 「良」	有効度 「可」	有効度 「弱」	有効度 「良」	有効度 「可」	有効度 「弱」	有効度
連続等級	非危険箇所	第二類危険箇所	第一類危険箇所	特別危険箇所	特別危険箇所 <sup>d</sup>	特別危険箇所 <sup>c)</sup>	特別危険箇所
第一等級 <sup>a)</sup>			第二類危険箇所	第一類危険箇所	第一類危険箇所 <sup>d)</sup>	第一類危険箇所 <sup>d)</sup>	第一類危険箇所 <sup>c)</sup>
第二等級 <sup>b)</sup>		非危険箇所	第二類危険箇所				第一類危険箇所 <sup>c)</sup>

注 a) 第一等級の放出源の付近に連続等級の放出源がある場合には、第一類危険箇所及び第二類危険箇所を広めにとること。  
 b) 第二等級の放出源の付近に第一等級又は連続等級の放出源がある場合には、第二類危険箇所を広めにとること。  
 c) 条件によっては特別危険箇所。換気能力が非常に低く、爆発性雰囲気を実質的に連続して存在する場合、特別危険箇所となる。  
 d) 当該箇所と非危険箇所との間は第二類危険箇所  
 e) 当該箇所と非危険箇所との間は第一類危険箇所

箇所として分類し、ガス又は蒸気が爆発の危険のある濃度に達するおそれのある箇所については、そのおそれの度合に応じて特別危険箇所、第一類危険箇所、第二類危険箇所の3つに区分される(表1)。

### 9 放出源による危険場所の区分

危険場所での爆発性雰囲気形成は、可燃性ガスの漏えい、放出が放出源のもととなり、貯蔵タンクのベントやポンプのシール部、フランジ部などが該当する。また放出源には、フィルタ交換又はバッチ充填作業など、密封されたプロセスの一部開放時も含まれる。また、放出源は、可燃性ガスの放出が起こる頻度によって、3つの基本的な等級に分類される。連続等級は、連続的な放出又は高頻度若しくは長期にわたって発生する放出源であり、第一等級は、通常運転中に周期的又は時々発生すると予測できる放出源、また、第二等級は、通常運転中には発生せず、又は低頻度で短時間だけ発生すると予測できる放出源とされている。区分をする上で、危険場所は、原則として、連続等級の放出源は「特別危険箇所」、第一等級の放出源は「第一類危険箇所」、第二等級の放出源は「第二類危険箇所」をそれぞれ形成する。なお、危険場所は、換気により、爆発性雰囲気の濃度を希釈することができることから、危険箇所の区分は、換気度および換気の有効度によって変化することになる。換気度や換気の有効度が良い場合

は、危険箇所の区分が改善され、逆の場合は、悪化することになる。

### 10 換気度および換気有効度による区分<sup>5)</sup>

危険場所の区分は、換気度および換気の有効度によって変化する。換気度は、放出源から放出される可燃性ガスの爆発下限界(LEL)と安全率を考慮した希釈度により決定する。換気により爆発下限界以下の濃度まで希釈するのに必要な流量を換気回数で除して求められる希釈容積(Vz)の大きさにより、高換気度(VH)、中換気度(VM)、低換気度(VL)に分類される。また、換気の有効度は換気の信頼性により分類され、換気有効度を良にするためには、故障時の予備換気設備の自動始動や二重化などの処置が必要となる。前述の放出等級に加え、換気度および換気の有効度に応じ、表1に基づき危険箇所を最終決定する。

### 11 危険場所と防爆構造

危険箇所の区分は、取り扱う物質の危険特性、プロセス及び装置に関する知識を持つ者が、例えば防爆電気機器安全資格者(SBA-Ex)や、電気設備、機械設備その他の関係する専門家と協議の上、実施し、危険場所判定の最終決定は、事業所の責任者が行う必要がある。危険物施設の基礎的な安全の概念として、特別危険箇所や第一類危険箇所の範囲が最小なるように設計することが望ましく、たとえ、異常な運転状態と

なっても、放出される可燃性の危険物の量が最小となるように配慮し、設計することが必要である。なお、危険箇所に応じて適用できる電気設備の防爆構造が定められているので、これに従った選定が必要となる。(表2)。労働安全衛生規則で定める「蒸気又はガスの種類及び爆発の危険のある濃度に達するおそれに応じた防爆性能」を考える上で、特別危険箇所の範囲が狭くなる対策を取れば、危険箇所は、第一類あるいは第二類となり適用できる防爆構造の範囲が広がる。リスクアセスメントの実施が義務化されるなか、防爆安全に対する一定の知識を有する者が、危険物施設の安全管理の一環として、建設当初の原設計の危険場所の区分を現在の基準に照らし合わせ、再検討することが求められる。

表2 危険場所の区分に対応する防爆構造

	特別危険箇所	第一類危険箇所	第二類危険箇所
本質安全防爆	○(iaのみ)	○	○
耐圧防爆	×	○	○
内圧防爆	×	○※	○
安全増防爆	×	○(Expのみ)	○
油入防爆	×	○	○
特殊防爆	—	—	—
樹脂充填防爆	○(maのみ)	○	○
非点火防爆	×	×	○

※保護回路の動作方法によって第一類危険箇所に適さない場合がある。

## 12 防爆電気機器の点検

防爆電気機器の性能を維持するためには、劣化や損傷等の有無を確認する点検が必要である。点検の種類とは、時系列での点検を意味し、設備の使用開始前に行う「初期点検」、熟練者による電気設備の日常的管理である「継続的管理」、定められた周期に実施する「定期点検」、及び使用中の設備の中から一定比率で行う「抜取点検」に分類される。なかでも熟練者による「継続的管理」は、早い段階で防爆電気設備の劣

化や異常を発見し、事前の修理・保守を行うことにより、故障や防爆性能の低下を未然に防ぐことが可能となる。また、点検の深さを意味する点検の程度は、通電状態で行う「目視点検」や工具を使用して欠陥を確認する「簡易点検」、電源を遮断し、容器を開いて行う「精密点検」に分類され、点検の種類と程度は、その目的により、以下のように組み合わせられて実施される。

	初期点検	継続的管理	抜取点検	定期点検
目視点検		○	○	○
簡易点検		○	○	○
精密点検	○		○	△

例えば、安全衛生規則第276条（定期自主検査）では、爆発火災防止に特に必要な事項として、2年以内ごとに定期的に自主検査を行わなければならないとされている。これを防爆電気機器の定期点検に適用した場合は、目視、簡易点検を主とし、必要に応じて精密点検を実施することになる。

## 13 保守担当者の要件

ユーザーのための工場防爆設備ガイド<sup>6)</sup>には、防爆電気機器の点検及び保守は、各防爆構造電気機器の取扱と施工、関連法規及び規格、危険場所等の一般原則などについて、研修を含む訓練を受けた経験者が実施するとされており、保守担当者の要件として、以下の知識を保有することを求めている。

- ① 防爆の一般的原則の理解
- ② 防爆構造と表示の一般的な原則の理解
- ③ 防爆概念に影響を及ぼす機器設計の理解
- ④ 検定に関連する部分の理解
- ⑤ 作業許可システムの追加の重要性及び防爆に関連する絶縁の安全に対する理解
- ⑥ 防爆電気機器の点検と保守に使用される特別な技術の習熟
- ⑦ 防爆電気機器の選定と据付に対する理解

## 14 おわりに

「防爆電気機器の構造と点検」の第1回として、危険物施設における防爆電気設備の必要性と防爆機器の保守点検についての概要を記載した。第2回では、日本電気制御機器工業会が発行し、セーフティベーシックアセッサ（防爆電気機器安全分野）〔略称：SBA-Ex〕資格制度の講習会テキストとしても使用されている防爆安全ガイドブック<sup>7)</sup>の中から、防爆電気機器の構造と各防爆構造における点検のポイントを解説する。

### 参考文献

- 1) 消防白書 平成26年版
- 2) 防爆電気機器安全分野（SBA-Ex）資格制度  
<http://www.japan-certification.com/>
- 3) 産業安全研究所 工場電気設備防爆指針（ガス蒸気防爆2006）  
[http://www.jniosh.go.jp/publication/doc/tr/TR\\_No39.pdf](http://www.jniosh.go.jp/publication/doc/tr/TR_No39.pdf)
- 4) 労働安全衛生総合研究所 工場電気設備防爆指針（国際規格に整合した技術指針 2008）  
[http://www.jniosh.go.jp/publication/doc/tr/TR\\_No43.pdf](http://www.jniosh.go.jp/publication/doc/tr/TR_No43.pdf)
- 5) IDEC 株式会社防爆安全技術研究会編  
国際規格に準拠した防爆電気機器の安全設計とエンジニアリング 日刊工業新聞社  
[http://www.idec.com/jpja/technology\\_solution/book\\_info.html](http://www.idec.com/jpja/technology_solution/book_info.html)
- 6) 労働安全衛生総合研究所 ユーザーのための工場防爆設備ガイド  
[http://www.jniosh.go.jp/publication/doc/tr/TR\\_No44.pdf](http://www.jniosh.go.jp/publication/doc/tr/TR_No44.pdf)
- 7) （一社）日本電気制御機器工業会 防爆安全ガイドブック  
<http://www.neca.or.jp/boubaku/guide/>