

広告企画

現場の安全を支える

防爆 電気設備



防爆電気設備 入門

田中 隆二

電気設備が発生する火花・高熱によって、工場・事業場で扱う可燃性ガス、粉じんが着火し、爆発事故を起こすことがある。このような事故を防止するための電気設備が「防爆電気設備」である。防爆電気設備は、一般の電気設備と異なり特別な設計となっており、取り扱い、保守などにおいて必要な知識・技能を有する技術者が当たらなければならない。

1. 防爆電気設備一般

ここでいう爆発は、工場・事業場において現に取り扱っている可燃物の爆発をいう。

防爆電気設備は、可燃物の種別・対象によって、それぞれ「ガス蒸気防爆用」または「粉じん防爆用」に区分される。わが国の工場・事業場では、可燃性粉じんより可燃性ガス・引火性液体を扱うところが圧倒的に多く、したがって防爆電気設備といえば「ガス蒸気防爆用」を指す場合が多い。

2. 防爆電気設備の設置が必要な工場・事業場

一般に、可燃物を扱う工場・事業場では、防爆電気設備を設置すべき場所・範囲を適切かつ十分に検討する必要がある。なぜなら、防爆電気設備は一般の電気設備に比べてコストが高く、また、設置後の保守・点検にも特別な知識・技能を必要とするので、不必要なところにまで防爆電気設備を設置することは、企業にとって大きな負担となる。したがって、防爆電気設備を設置すべき場所（一般に「危険箇所」または「危険場所」と呼ばれる）とその範囲は、社内のすべての関係者間もしくは詳しい専門家を交えて、決定することが望ましい。

危険箇所を有すると考えられる工場・事業場の例を以下に示す。

●ガス蒸気危険箇所を有する工場・事業場の例：

- 石油精製工場、石油化学工場
- 塗装作業場（自動車、電気製品、家具）
- 医薬品製造工場
- 印刷作業所
- ガソリンスタンド、水素ステーション

●粉じん危険箇所を有する工場・事業場の例：

- 粉体食品（製粉、製糖など）取り扱い工場
- 金属粉（Al粉、Mg粉など）発生工場

3. 防爆電気機器に関する関係規格の現状

防爆電気設備は、防爆電気機器と防爆電気配線に大別される。このうち、メーカーが防爆電気機器を製造する場合の構造規格としては、表1のような「電気機械器具防爆構造規格」（昭和44年労働省告示第16号、平成20年9月改正）がある。

しかし、この構造規格の内容は極めて簡単で具体的にメーカーが防爆電気機器を設計・製作する場合には、不十分である。このため、同規格制定当時の労働省はこの規格を実質的に補完して使用できるものとして、「工場電気設備防爆指針」（労働省産業安全研究所発行の推奨基準）に適合する防爆電気機器は、構造規格に適合するものとして扱う”旨の行政通達を發した。

防爆指針はこれまで数次の改訂が行われきたが、現在次の二つのものがある。

表1 構造規格における防爆構造

ガス蒸気	耐圧防爆構造
	内圧防爆構造
	油入防爆構造
	安全増防爆構造
	本質安全防爆構造
	樹脂充てん防爆構造
	非点火防爆構造
	特殊防爆構造
粉じん	粉じん防爆普通防じん構造
	粉じん防爆特殊防じん構造

●工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)*

*この防爆指針には、構造規格に規定されている特殊防爆構造および平成20年(2008年)に改正されて構造規格に加えられた樹脂充てん防爆構造および非点火防爆構造は、記載されていない。

●工場電気設備防爆指針(粉じん防爆1982)

一方、防爆電気機器の国際規格として、IEC規格60079シリーズが知られている。わが国では、かつて国際規格に適合する防爆電気機器の受け入れは認められておらず、問題化された。この解決のため、以前の元労働省では「電気機械器具防爆構造規格」の第5条を次のように改正した(以下の条文の表現は、筆者により編集してある)。

「規格に適合しない電気機械器具のうち、規格と関連する国際規格等に基づき製造されたものであって、規格に適合する電気機械器具と同等以上の防爆性能を有することが、試験等により確認されたものは、規格に適合するものとみなす」

この結果、国際規格等に適合する防爆電気機器であってもわが国で受け入れられる道が開かれることになった。なお、ここでいう「国際規格等」とは、平成27年に発行された独立行政法人労働安全衛生総合研究所発行の工場電気設備防爆指針「国際整合防爆指針2015」(ガス蒸気防爆および粉じん防爆)が該当する旨が厚生労働省の行政通達によって示された。

なお、わが国での受け入れには、「国際整合防爆指針2015」への適合のほか、前述の「工場電

表2 国際整合防爆指針(2015)における防爆構造

第1編	総則(General requirements)
第2編	耐圧防爆構造(Flameproof enclosures "d")
第3編	内圧防爆構造(Pressurized enclosures "p")
第4編	油入防爆構造(Oil-immersion safety "o")
第5編	安全増防爆構造(Increased safety "e")
第6編	本質安全防爆構造(Intrinsic safety "i")
第7編	樹脂充填防爆構造(Encapsulation "m")
第8編	非点火防爆構造(Type of protection "n")
第9編	容器による粉じん防爆構造(Enclosures "t")

気設備防爆指針(ガス蒸気防爆)・(粉じん防爆)」に適合する防爆電気機器と同様に、国の「検定(試験)」を受けなければならない。

4. ガス蒸気用の主な防爆構造電気機器

わが国で最も広く採用されている防爆構造は、耐圧防爆構造、安全増防爆構造および本質安全防爆構造の三つである。次いで採用数は少ないが、内圧防爆構造と特殊防爆構造で、これら二つは適用電気機器が限定されることが多い。また、油入防爆構造は適用電気機器が主として変圧器であり、他の電気機器にはほとんど採用されていない。さらに、樹脂充てん防爆構造および非点火防爆構造は、わが国の防爆構造規格への導入が平成20年で比較的まだ新しく、また、工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)にも記載がないので、製品がほとんど製造されていない。したがって、ここでは「工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)」に基づく耐圧防爆構造、安全増防爆構造および本質安全防爆構造に絞って説明する。

(1) 耐圧防爆構造の原理、適用および保守

耐圧防爆構造は、20世紀の初め頃に欧州の炭坑で防爆構造として最初に考えられたものである。これは、ガスへの着火源(火花・高熱)を有する電気機器を一般に金属製の容器に収め、電気機器の使用中にガスが容器の中へ侵入して着火源により着火し爆発を生じても、その爆発は容器内に

閉じこめられ、容器の外部にあるガスには引火しないようにしたものである。

図1は、引火しないための容器の構造で、中にはあるはずの電気機器は簡単なので記載せず、単に電気機器の着火源のみがあるものとしている。

容器の中で爆発が起こると、内部の爆発圧力が上昇すると共に、容器のすきま(接合面)から爆発による火炎が出てくる。この容器が爆発圧力に耐えて壊れず、また、火炎が容器の外部に出るときに火炎が接合面を通る間に冷やされると、外部のガスには引火しないことが知られるようになった。

耐圧防爆構造は、これら二つの要件を満たす容器の中に電気機器が収められたものである。耐圧防爆構造は、容器の強度を十分に設計製作し、かつ、火炎が冷却されるように接合面の寸法を適切に設計製作されている。規格では、電気機器が使用・設置される危険箇所のガスの種類に応じて、容器の強度や接合面の寸法が決められている。

耐圧防爆構造は、着火源を有するすべての電気機器に適用することができるが、大型の電気機器に適用するとコスト、重量などの面で不利となる。また、容器内部での爆発が予想されるので、内部の機構が破損することにより電気機器としての機能が失われることがあるので、プラントなどの制御用電気機器への適用は慎重に行わなければならない。

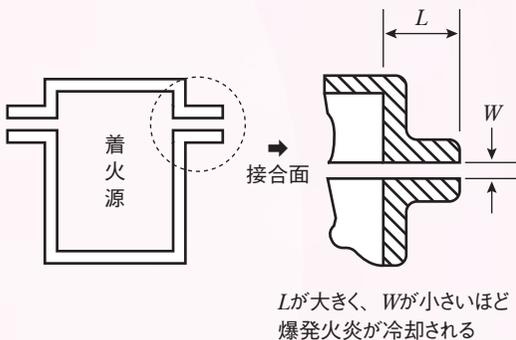


図1 耐圧防爆構造における接合面

耐圧防爆構造の適用を避けたい場合は、内圧防爆構造など他の防爆構造にする場合が多い。

耐圧防爆構造の電気機器の保守においては、保守作業を行う者が耐圧防爆構造の原理を十分わかまえ、容器の爆発圧力に対する強度に影響する容器本体および締め付けボルトの腐食、変形、損傷の有無に注意し、併せて、容器の接合面の腐食、摩耗、さび等にも目を向けなければならない。

(2) 安全増防爆構造の原理、適用および保守

電気機器のなかには、通常の使用状態では火花や高熱を発生しないものがあるが、過負荷や事故時等には着火源となりうる火花や高熱を発生するものがある。このような電気機器に、耐圧防爆構造を適用することは一般には不経済であるとして考えられたのが安全増防爆構造である。

安全増防爆構造は電気機器が通常の運転中には着火源を有しないとしているが、過負荷や事故時等には着火源を有することになるので、主に機械的強度、絶縁、温度上昇などの面で、一般の電気機器より安全度を増して設計製作される。したがって、防爆構造としての原理は特になくといえる。

わが国の工場等では、安全増防爆構造が適用される電気機器の数が最も多く、例えば、かご形誘導電動機をはじめ、照明器具など多くの分野で採用されている。

安全増防爆構造の保守は、絶縁性能の劣化、導線接続部のゆるみ、過負荷保護装置の機能の低下など、着火源に結びつく可能性のある部分に重点が置かれる。

(3) 本質安全防爆構造の原理、適用および保守

数多くの電気機器のなかには、火花・熱を発生するものの、火花のエネルギーが小さく、また発生する熱もわずかで、ガスに着火しない場合のあることが明らかにされている。特に、半導体を使用する電子機器を危険箇所に設置する必要性が高まると、従来の防爆構造では得られない新しい防

爆構造の開発が求められるようになった。ここに登場したのが本質安全防爆構造である。

本質安全防爆構造では、機器(回路)が発生する火花および熱がガスに着火しないことを試験等により十分確認された構造とされている。この場合の火花・熱は、機器の正常運転時に発生するものだけでなく、事故時(回路・使用電気部品の短絡・地絡など)に発生するものも含めて考えている。

このように本質安全防爆構造は、電気機器の正常運転時および事故時を含めて着火防止が広く確認されるので、安全性が高い防爆構造であるとされている。しかし、対象となる電気機器は、低エネルギーの回路に限定されるので、一般には計測器、制御機器、通信機器などの分野に限られる。すなわち、本質安全防爆構造は電子回路を使用する電気機器の防爆化を計画する場合にまず検討すべき防爆構造で、技術的に他の防爆構造を適用できない場合、コスト面で採用が困難な場合、保守が比較的容易となる場合などに有利な防爆構造であるといえる。

図2は、最も一般的な本質安全防爆構造の電気機器の構成である。危険箇所設置されたセンサは、ガスの発生がない非危険箇所設置された電源部と配線によって接続されている。センサで発生する火花・熱がガスに着火するか否かは、主に電源部が左右している。そのため、センサと電源部はシステムとして防爆構造となっている。非危険箇所設置された電源部も防爆構造としての対象になっていることは、他の防爆構造に見られない大きな特徴である。

本質安全防爆構造では、主として危険箇所における回路の電圧・電流、使用される電子部品の仕様とその接続方法等によって防爆性が決められる。保守にあたっては、当初に認められた仕様の電子部品以外のものを付加したり、置換したり、または除去したりすることを行ってはならない。また、これらの部品の接続や配置を勝手に変更す

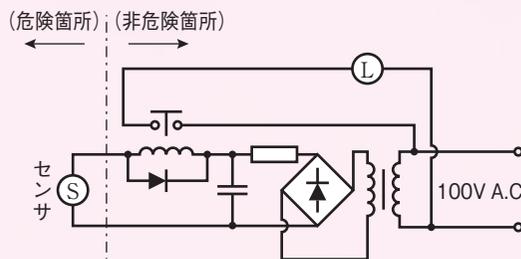


図2 代表的な本質安全防爆構造の機器の配置

ることは、必要とされる絶縁のための距離が失われるおそれがあるので許されていない。

5. 粉じん用の防爆構造電気機器

わが国の粉じん防爆構造の種類には、次の二種類がある。

(1) 粉じん防爆普通防じん構造

これは、「電気機器の容器の接合面にパッキンを取り付けること、接合面の奥行きを長くすること等の方法により、容器の内部に粉じんが侵入し難いようにし、かつ、当該容器の温度の上昇を当該容器の外部の可燃性粉じん(小麦、樹脂、薬品、石炭等の粉じん)に着火しないように制限した構造」である。

(2) 粉じん防爆特殊防じん構造

この防爆構造は、「電気機器の容器の接合面にパッキン等を取り付けること等により、容器の内部に粉じんが侵入しないようにし、かつ、当該容器の温度の上昇を当該容器の外部の爆燃性粉じん(マグネシウム、アルミニウム等の粉じん)に着火しないように制限した構造」とされる。

粉じん防爆構造の電気機器の保守にあたっては、電気機器の表面に堆積する粉じんの清掃が第一で、次いでパッキンの損傷に注意すべきである。(産業安全コンサルタント協会 代表幹事 工学博士)

〈参考資料〉

『防爆電気設備の基礎知識』(改訂2版)田中隆二著、オーム社 2013年

表示用端末「VisuNet GXP」とユニバーサル本安バリア「HiC2441」

株式会社ピーアンドエフ

PA部 TEL : 045-939-7802

<http://www.pepperl-fuchs.co.jp>

●防爆HMI

工場・プラントにおいて、DCSやPLCといった制御システムの画面表示を制御室から離れた場所で表示するヒューマン・マシンインターフェイスとして、オフィス向けまたは産業向けのシンクライアントなどが設置されることがある。これらのなかには制御システムの表示媒体であると同時に操作をも可能にするタッチパネル機能を搭載したものもあり、プロセスの監視や作業記録に利用されている。遠隔表示や操作を担う端末はリモートモニタとしてフィールドに設置されている場合と、現在では持ち運びが容易なタブレットなどモバイル端末の活用も進みつつあるが、爆発性ガス・蒸気を扱うプラントにおいては防爆仕様が求められるため、汎用のシンクライアントやタブレットを使用することは適さない。このような特殊な環境においては防爆仕様であることが必須であるが、特にZone 1/21といった高い防爆性能が求められる領域に設置される表示用端末は、重く取り扱いが困難な防爆リモートモニタに限定されることがほとんどであり、それらは洗練されたソリューションとは言い難いものであった。防爆性能を最優先に設計されたこれらの製品では、タッチパネル機能付き液晶画面やバックライト、またCPUメインボードおよび電源ブロックなどが明確に分割されておらず、メンテナンス性能は決して高くなかった。防爆リモートモニタに故障が生じれば、たとえ故障箇所がごく一部の構成部品に起因するものであっても防爆性能故に分解や部品交換を行うことは許されず、重い本体を認定工場へ送付したうえで修理が行われるなど取り扱いに非効率な面があった。このようなメンテナンスにおける不便さを解消する、これまでにない扱い易さとインストールの容易性を兼ね備えた次世代防爆リモートモニタが「VisuNet GXP」である。モニタ主要部(LCDやタッチパネルなど)、CPUユニット、電源ブロックはそ

れぞれ独立したモジュールに分割されており、コンポーネントごとに防爆認証を個別取得することでメンテナンス性能が格段に向上した。すなわちモジュラー方式を採用したことにより、故障したコンポーネントを交換するだけでシステムの復旧が可能になった。このクラスとしては軽量のボディーに、フルHDサイズの描画能力を搭載した21.5インチ画面を採用し、物理的な扱い易さと高い操作性を共に実現している。さらに洗浄性に長けた滑らかな表面処理が施されたステンレス製の筐体は、GMP要求があるライフサイエンス分野にも最適なソリューションであり、防爆領域において連続使用にも耐える堅牢性を兼ね備えた遠隔表示ソリューションとして、さまざまなアプリケーションへの活用が期待される。VisuNetシリーズの防爆リモートモニタには専用RM Shellファームウェアが搭載されており、制御システムおよびアプリケーションソフトウェアと高い親和性を保ちつつ、イーサネットを経由したネットワークへの容易な接続を提供している。またZone 2防爆領域への設置も可能な製品として防爆リモートモニタの他に、HDDやファンなど可動部品を徹底して排除し電力消費を抑えながら、アルミニウム製の堅牢コンパクト筐体に最新技術を集約したシンクライアントBox-PC「BTC01」がある。このシンクライアントにおいてもファームウェアとしてRM Shellが用いられているが、Windowsシステム上で動作するVisuNetコントロールセンタ(VisuNet CC)ツールを用いれば、同じネットワー



<VisuNet GXP>

クドメインに属するRM Shellを搭載したリモートモニターやシンクライアントなどHMIのリモート・セットアップやプロファイル管理からメンテナンスまで、一元管理することも可能である。HMIを一挙に取り扱うことで、効率的なシステムのセットアップやメンテナンスを実現する有効な手段となる。

●ユニバーサル本安バリア

本質安全防爆構造(本安)における安全保持器にあたるバリアは、極めて単純な構造のツェナータイプと、絶縁トランスを用いてフィールド側と制御室側を電氣的に分断する絶縁タイプがあり、それぞれ要求される条件などによって使い分けられている。ツェナーバリアはフィールドへ現れる電圧を制限するツェナーダイオード、ループ電流を制限する直列抵抗、およびツェナーダイオードに逆方向電流が流れた場合に過電流を遮断するヒューズなどにより構成されているが、ツェナーダイオードが並列に2つ接続され、その一方に異常があった場合も正常動作できる構成であれば、Zone 2危険領域に対応したEx ibの防爆性能を提供し、2つまで故障した場合でも正常動作を保てるよう3つ並列接続されていれば、Zone 1危険領域に対応したEx iaの防爆性能を提供する。絶縁バリアも同様の回路構成によって過大な電気エネルギーが爆発性雰囲気存在し得るフィールドへ現れることを抑制しているが、さらに絶縁トランスを組み込むことで回路を電氣的に分断している。ツェナーバリアと絶縁バリアの最大の違いは、ツェナーバリアではフィールド側と制御側はひとつの閉回路となっているために本安のための接地が必須であることに対し、絶縁バリアは絶縁トランスによって回路を電氣的に分断することで、この本安接地が不要となる点である。その一方でほとんどの絶縁バリアは信号タイプに適したアンプを内蔵し、バリア自身を駆動するための補助電源が必要となる。また取り扱う信号の種類によってアンプの特性は異なるため、それぞれの信号タイプに合った専用モデルが用意されている。実際のアプリケーションでは各種信号タイプが混在しており、それぞれの

信号タイプに応じた絶縁バリアがグループごとに選定されるが、プラント施工の最終段階では設計の微調整や一部に修正を施す可能性もあり、あるループで信号タイプの変更が必要になると絶縁バリアのモデル変更を伴うこともあるため、異なるモデルのバリアをあらたに追加手配することもあり得る。もしいずれの信号タイプにも対応できる絶縁バリアがあったなら、このような追加手配のリスクを軽減するだけでなく、設計の自由度を大幅に向上させられると考えられる。ユニバーサル本安バリア「HiC2441」は、DI/DO/AI/AO全ての信号タイプに対して1つのモデルで対応できる画期的な絶縁バリアである。バリア本体に対して予め施す設定操作などは一切不要で、取り付けるだけで自動的に信号タイプを判別し、入力に対応した信号をリピートする。すなわち4-20(mA)アナログ伝送器がユニバーサル本安バリアに接続されれば、それに合致したアナログ信号が制御システムのIOに現れ、またバルブポジションが接続されれば、制御システムのAOカードから出力されたアナログ信号は適切にポジションへ伝送される。DIやDOも同様に自動認識され、ユーザはバリアに対して信号タイプの設定などを行う必要はない。もちろんプラント施工の最終調整段階においても信号タイプを気にせず使用できるため、追加手配などによって生じ得る遅延を回避できる。スベア部品の管理面からみても、信号タイプごとに異なるモデルのバリアを保持する必要がなくなり、交換部品としてのバリア総数を削減できる効果が見込まれる。DCSベンダ各社からユニバーサルIOがリリースされている現在、防爆アプリケーションに対してユニバーサル本安バリアを適用できれば、制御盤作成および設置の際に信号配線などの管理を大幅に簡略することが可能である。



<HiC2441>

【EXシリーズ】— 世界でもっとも信頼されている耐圧防爆用コネクタ —

アンフェノールジャパン株式会社

第二営業部

横浜：045-473-9219 滋賀：077-553-8503

www.amphenol.co.jp/industrial

●防爆コネクタを使う利点

危険箇所、ケーブルとケーブルあるいはケーブルと電気機器を接続するとき、一般的には、耐圧防爆構造の接続箱や端子箱を用意します。耐圧防爆用コネクタを使うことで、これらの箱の設置を不要にしたり、作業工数を大幅に軽減することができます。アンフェノールの【EXシリーズ】耐圧防爆用コネクタは、世界標準の防爆規格に適合しており、電源、信号、同軸、光ファイバ、イーサネット、USBをワンタッチでつなげる使い易さに加え、世界の過酷な現場で長年使用されてきた豊富な実績があります。

●Star-Line EX：防爆コネクタ

ATEX指令：ゾーン1-IC 保護構造：IP68

防爆性能：EEx d llc T6及びEEx de llc T6

主な特長：8種類のシェルサイズ、1芯から143芯まで

豊富なインサート配列、大電流(最大500A)、絶縁耐力1800V、耐熱性397℃、最大300PSIの気密性、125℃の継続動作、塩水噴霧300日、耐油、耐酸、耐アルカリ性

●Amphe-EX：小型防爆コネクタ

ATEX指令：ゾーン1-IC 保護構造：IP68

防爆性能：EEx d llc T6及びEEx de llc T6

主な特長：7種類のシェルサイズ、2芯~79芯、コンタクトサイズAWG8~22Dの豊富なインサート配列、信号、電源、同軸、光ファイバ、イーサネット(1000Base-T)、USB2.0接続可、耐熱性397℃、耐油、耐酸、耐アルカリ性



Amphenol



世界標準の耐圧防爆用コネクタ

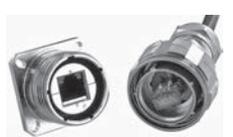
第一類危険箇所ケーブルを接続するときは、防爆構造の接続箱が必須だと思いませんか？ アンフェノールの耐圧防爆用コネクタを使えば、箱の設置が不要になるうえに、作業工数が大幅に軽減されます！



Star-Line EXシリーズ
電源、信号用、ゾーン1適合



Amphe-EXシリーズ
信号、同軸、光用、ゾーン1適合



RJFTVXシリーズ
イーサネット、USB用、ゾーン2適合



EFPシリーズ
高気密用、ゾーン1適合

アンフェノールジャパン株式会社 産業機器カンパニー

TEL：077-553-8503

Mail：info@amphenol.co.jp

〒520-3041 滋賀県栗東市出庭471-1

www.amphenol.co.jp/industrial

SBA-Ex 資格試験

日本認証株式会社

SA事業部 TEL : 06-4807-3337

<http://www.japan-certification.com/certifying-examination/saftibasicasessa/sba-ex/>

✉ sba@j-cert.com

● 防爆安全資格の取得により安全で的確な業務の遂行を可能に!!

可燃性ガス、引火性液体を扱う工場・プラントでの爆発火災事故は依然として増加している。その原因として設備の経年劣化やベテラン経験者の減少が挙げられており、防爆電気機器についての正しい知識習得による安全確保が重要となっている。

“セーフティベーシックアセッサ 防爆電気機器安全分野 (SBA-Ex)” は、このような防爆電気機器を使用する現場設備の安全パトロールや点検を行う設備運用者や管理者、オペレータ、保全関係者等にとって最適な資格である。一般社団法人日本電気制御機器工業会が制度化し、日本認証株式会社が運営している。

講習会と試験を1日で実施するプログラムとなっており、防爆電気機器に対する正しい基礎知識の習得とその保有の証明となる資格取得が可能である。

試験は年2回(春期/秋期)の定期試験と、企業・団体からの申込により都度開催する団体試験がある。

< 講習/試験内容 >

- 防爆とは
- 耐圧防爆構造の電気機器の点検について
- 安全増防爆構造の電気機器の点検について
- 内圧防爆構造の電気機器の点検について
- 本質安全防爆構造の電気機器の点検について
- 防爆電気機器の配線
- 防爆電気設備の点検項目

防爆安全

防爆電気機器の正しい理解と知識習得で実現!

可燃性ガス、引火性液体を扱う工場・プラントでの爆発火災事故を未然に防ぐ!!

防爆電気設備運用者・管理者・オペレータ・保全関係者の『安全で的確な業務遂行』は“セーフティベーシックアセッサ”資格取得で実現できます。



- ◆ 国際整合防爆指針
- ◆ IEC Ex ◆ ゾーン
- ◆ EPL ◆ 防爆構造
- ◆ リスクアセスメント

防爆電気機器安全分野 資格試験

セーフティベーシックアセッサ(SBA-Ex)

試験と講習が1日で完了

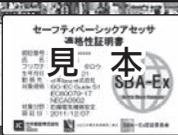
定期試験：年2回開催(春期/秋期) 東京/大阪/北九州

団体試験：都度開催

◆ 詳細は [日本認証 SBA-Ex](#) [検索](#)

〒532-0004 大阪市淀川区西宮原2丁目7番53号

TEL : 06-4807-3337 e-mail : sba@j-cert.com



見本
SBA-Ex



日本認証株式会社
JAPAN CERTIFICATION CORPORATION