

“ 防爆 ” 事始め (その 1)

はじめに

このシリーズで使う“ 防爆 ”という用語は、国際標準用語の “Type of protection” と同意語であって、それは「防爆性能を構築する」という意味合いを持っている。念のため、わが国で古くから定着している「電気機器の防爆構造」を指すものではない。

特に、日本語でいう**防爆**は、例えば**防水**とか**防塵**などと同義語とされがちであるが、「防水」、「防塵」は、電気機器外部からの水あるいはじんあいの“侵入ありき”を前提として電気機器内部への侵入を構造によって防ぐ、即ち“侵入させない”という概念である。一方、「電気エネルギーに起因する爆発の誘発条件を排除する」という「防爆」の基本的概念は、構造だけでなく**設備**とか**システム**の観点から考えるものである。このように両者の概念に違いがあるにも拘わらず“言葉”の上から同じ意味合いとみられてしまう。

ここで特に留意すべきことは、わが国に根強く存在する「構造で対処する」という“概念の混同”が国際標準における“防爆”の概念を未だに正確に導入できない大きな要因ではないかと懸念されることである。

そもそも“防爆”で対象とする爆発の誘発とは、炭鉱の坑内あるいはそれ以外（以下一般産業という）のプラントに設置される電気・計装設備（以下単に電気設備という）の周辺において可燃性ガス・蒸気（以下単に可燃性ガスという）の空気中への放出・漏洩（以下単に放出という）によって生成される混合ガスが一定割合の濃度を保ったままある時間滞留するかも知れない潜在的可能性と電気設備がそれぞれの機能を果たすために必要な電気エネルギーに起因して発生するかも知れないアーク放電、火花放電（スパーク）あるいは異常過熱部のエネルギーが混合ガスに着火し得る潜在的可能性とが**同時点で共存**するという**確率的現象**である。いいかえればたとえ片方の要因が単独で存在しても爆発の誘発には至らないということで、このことは国際標準の基本的規定概念を理解する上で大事なことである。

このようなことを勘案して、このシリーズでは国際標準（＝IEC規格）^(注1)における規定概念の実相を基に「国際的に共通の概念をもつ“防爆”とは何か」について解説していきたい。

(注1) 国際標準とIEC規格とは同じことを表記する言葉であるがこのシリーズでは適宜使い分けていく

第1章 基本的用語の概念

技術用語とは、同じ分野に属する技術的問題に関与する技術者たちの共通の言葉であると同時に相互に共通の概念を持ち合わせるためのものである。従って、意味合いの“あいまいさ”は許されるものでなく、携わる技術者たちが**共通の理解**を持ち合わせていることが肝要、しかもそれらは**国際的に共通**の意味合いを持っていなければならない。

この問題は日本人にとって苦手の一つと見受けられるためか、ややもすると**共通の理解**を生み出すための討議に十分な時間をかけないまま強引に原語名称を日本語名称に置き換えることだけに専念し、例えば“カタカナ”で表記したり、**意味不明の直訳**をしたものがいくつもある。このことは関係者によって解釈がまちまちになるばかりでなく、ある事象に対する判断基準もまちまちになる恐れが生ずるかも知れない問題である。しかも“意味不明”のままひとたび日本語にしてしまうと、それが国際的に通用しない意味合いであっても歴史の経過とともになんの疑いも持たなくなっているものがある。それらはわが国の中だけで**独り歩き**しているぶんには一向に差し支えないだろうが、**国際的整合性**を論ずるときに障害になっている場面をしばしば見受けられることがある。

このようなことを勘案しながら国際標準で使用される基本的用語の概念について以下に列記してみたい。なお、原語名称は IEC 60079 シリーズで使用されている用語である。

1) **Electrical apparatus** (電気機器)

電気エネルギーを利用するすべてのアイテムを指す用語であり、技術的内容によっては“装置”あるいは“システム”という意味合いも持っている。

2) **Explosive atmospheres** (爆発性雰囲気)

プロセス・装置で取扱う可燃性ガスの空気中への放出によって生成される空気との混合ガスが爆発限界内の濃度を保持したまま設置区域周辺に滞留している状態で、電気エネルギーに起因する爆発が誘発する恐れのある雰囲気をいう。この場合、可燃性ガスの種類によって爆発限界の数値(上限界, 下限界)がそれぞれ異なるが、爆発限界を外れている状態では爆発は誘発されず、そのような雰囲気は爆発性雰囲気とはよばない。このような概念は IEC 60079 シリーズで一貫している「危険排除の技術思想」の根底を成す大事なことである。

[備考] 爆発性雰囲気生成の潜在的可能性を加味して“Potentially explosive atmosphere”とよんだり、可燃性粉塵による場合と区別して“Explosive gas atmosphere”とよぶことがある。

3) **Source of ignition**(着火源)

電気エネルギーに起因して発生するかも知れない**アーク放電**(以下単にアークという)、**火花放電**(以下単にスパークという)あるいは**異常過熱部**のエネルギーが爆発性雰囲気に着火し得る現象をいう。この場合、着火源発生の条件は、正常機能の状態、つまり設計仕様範囲内ならびに仕様書で特定された故障状態が前提である。

なお、この概念を補足すれば、爆発性雰囲気の滞留がなく単独での発生は着火源とはよばず**単なる電氣的現象**である。

4) **Enclosures** (容器)

充電部分に対して囲いをつくるための“house”という概念であっていわゆる“vessel”ではない。この場合、充電部が着火源になり得ると予測されることが前提でそれを抑え込むためのものと理解する必要がある。

さらに、着火源対策の観点からいえば電気設備が設置されている“室”とか“建物”も含まれる用語である。現に“室内”あるいは“建物内”への強制換気による爆発下限界未満への濃度希釈で爆発性雰囲気を排除し、たとえ充電部に前記の電氣的現象が発生しても着火源とならない方式が IEC 60079 シリーズの中で規定されている。この場合「**容器内への強制換気**」という概念に基づく規定である。

なお、いま IEC 60079 シリーズで台頭しつつある **Ex コンポーネント**とか**モールド処理方式**(IEC 60079-18)、あるいは**本質安全システム方式**(IEC 60079-25)などは、ここでいう**容器**の概念を越えるものと考えられる。

まとめていければ、**電気機器の外被**という概念では理解できなくなっているということである。

5) **Type of protection** (防爆方式)

「電気設備の防爆性能を構築する」という意味合いをもつ用語で、いわゆる「電気機器の防爆構造」を指すものではない。ここでいう**防爆性能の構築**とは「爆発の誘発条件を排除する」ことであり、その目的を果たすため電気設備に施工すべき技術方式を“Type of protection”(以下単に“Type”と略す)という。この場合の“技術方式”の原語として“Protective measures”も使われているが、それも勘案してこのシリーズでは**防爆方式**とよぶことにする。

特に、わが国に根強く存在する「構造だけで対処する」という**概念の混同**が「構造だけに依存しない」という国際標準の技術思想を未だに正確に導入できない大きな要因になっているのではないかと懸念される。

6) Normal operation (正常機能の状態)

プロセス・装置あるいは電気設備が設計仕様範囲内の機能をもって稼動している状態をいう。ここでいう設計仕様範囲内とは、許容幅 - 例えばサービスファクタなどを含むものであって、ある固定された値で抑えられるものではない。

なお、修理または休止を伴うような故障、例えばポンプのシール部あるいはフランジガスケットの破損などは「正常機能の状態」とはいわないが、ポンプのシール部からしみ出てくるような可燃性液体の漏れなどはこの用語でよんでもよい。

7) Hazardous area (危険区域)

設置区域内の空間において、正常機能の状態での可燃性ガス放出による爆発性雰囲気生成が予測されるか、または生成される可能性が予測されるため特定の**防爆方式の施工**を必要とする区域をいう。

プロセス・装置において、安全弁の作動ならびに装置の故障・誤操作あるいは保安全管理の不良など、さまざまな要因によって可燃性ガスの一部が大気中に漏れたり放出されたりした場合、漏れ量や放出量によっては爆発性雰囲気が生成される可能性がある。実際にはそれらの要因の排除はむずかしく不可避的の事象とみななければならず、もし危険区域内で防爆方式を施工しなければ**爆発が誘発される**かも知れない。

[備考]わが国ではこれを「危険場所」とよんでいるが、“場所”には**3次元空間**の概念が含まれていないのではないかと懸念される。

8) Non-hazardous area (非危険区域)

文字通り防爆方式を施工するほどの危険のない区域であるが、だからといって安全区域(safe area)ではない。即ち、設計段階の予測を超える突発事象の発生で**危険区域となり得る可能性のある区域**である。いいかえれば、設計段階での判定基準となった正常機能の状態が維持されていれば危険でないということである。

9) Zone (危険度)

危険区域内において、爆発性雰囲気の生成頻度と滞留持続時間の可能性に基づいた危険レベルをいい、次に示す3種別に分類される。

[備考]下記に分類される危険度をわが国で一般的に使われている Zone 0 を 0 種 (危険) 場所, Zone 1 を 1 種(危険)場所, Zone 2 を 2 種(危険)場所と置き換えて理解すると IEC 60079 シリーズの規定概念を曲げてしまう恐れがある。つまり Zone は“(危険)場所”ではなく「**空間の危険レベル**」と理解する必要がある。

9.1) Zone 0

危険区域内において、可燃性ガスが連続的または長時間、あるいは短時間であっても高頻度に放出され、爆発性雰囲気の生成・滞留持続の可能性が設計段階で予測される危険度を Zone 0 と分類する。

[備考 1]ここでいう長時間とは、放出の持続時間が 20~30 時間以上、短時間とは、放出の持続時間が 2~3 時間以下、高頻度とは、年間にわたって 20~30 回以上をそれぞれの目安とする。(以下同じ)

[備考 2]主要国のうちフランス、アメリカ、イタリア、オランダなどは Zone 0 を現実的でない、つまりそれほどの危険レベルの区域で電気エネルギーを使用するのは「危険が高すぎる」として導入していない。

主なる具体例として次に示すものが考えられる。

例 1: 固定された屋根をもつタンクに内蔵される可燃性液体の表面

例 2: 大気と直接に接している可燃性液体の表面

例 3: 可燃性ガスを高頻度または長時間にわたって大気に放出・漏洩する通気孔

9.2) Zone 1

危険区域内において、可燃性ガスが正常機能の状態でも放出され、爆発性雰囲気生成・滞留持続の可能性が設計段階で予測される危険度を Zone 1 と分類する。

主なる具体例として次に示すものが考えられる。

- 例 1: ポンプ, コンプレッサ, バルブなどのガスケット接合面で正常機能の状態でも可燃性ガスの放出・漏洩が予測される箇所
- 例 2: 可燃性液体内蔵のタンクの水抜き部で正常機能の状態での排水時に可燃性液体の蒸気の放出・漏洩があり得ると予測される箇所
- 例 3: サンプル取出部で正常機能の状態でも可燃性ガスの放出・漏洩が予測される箇所

9.3) Zone 2

危険区域内において、正常機能の状態が維持されている限り可燃性ガスの放出がなく、その結果爆発性雰囲気が生成される可能性はなく、たとえ放出があるとしても低頻度かつ短時間だけで爆発性雰囲気生成・滞留持続も短時間であることが設計段階で予測される危険度を Zone 2 と分類する。

【備考 1】ここでいう低頻度とは、年間にわたって 2~3 回以下を目安とする。

【備考 2】欧米主要国では、この程度の危険度では爆発の誘発条件成立の確率が無視し得るほど小さく「危険はほとんどない」との技術思想が強く、簡易形方式あるいは普通形でもよとしてしている。わが国にこの技術思想はない。

主なる具体例として次に示すものが考えられる。

- 例 1: ポンプ, コンプレッサ, バルブなどのガスケット接合面で正常機能の状態では可燃性ガスの放出・漏洩があり得ない箇所
- 例 2: フランジ接合面ならびにパイプ接続用部品の接合部
- 例 3: 安全弁, 通気孔ならびにその他の開口部で正常機能の状態では可燃性ガスの放出・漏洩があり得ない箇所

表 1.可燃性ガス関連の国際標準規格一覧表
(IEC 60079 シリーズ)

番号	規格名	発行年・版	備考
60079-0	General requirements	1998 Ed.3	シリーズ全体の共通要件
60079-1	Type 'd' Flame-proof enclosures	2001 Ed.4	わが国では「電気機器の耐圧防爆構造」という
60079-2	Type 'p' Pressurizing & Dilution	2001 Ed.4	わが国では「電気機器の内圧防爆構造」という
60079-5	Type 'q' Powder filling	1997 Ed.2	わが国には導入されていない
60079-6	Type 'o' Oil immersion	1995 Ed.2	わが国では「電気機器の油入防爆構造」という
60079-7	Type 'e' Increased safety	2001 Ed.3	わが国では「電気機器の安全増防爆構造」という
60079-10	Classification of Hazardous areas	1995 Ed.3	わが国に Zone の概念は導入されていない
60079-11	Type 'i' Intrinsic safety & Intrinsically safe system	1999 Ed.4	わが国では「電気機器の本質安全防爆構造」という
60079-14	Electrical installations in explosive gas atmospheres (other than mines)	1996 Ed.2	平成9年3月省令改正の「電気設備技術基準」に導入されている
60079-15	Type 'n' Simplified & Non-incendives	2001 Ed.2	わが国には導入されていない
60079-17	Inspection and Maintenance of Electrical installations in Hazardous Areas (other than mines)	1996 Ed.2	わが国には導入されていない
60079-18	Type 'm' Encapsulation	1992 Ed.1	わが国には導入されていない
60079-19	Repair and Overhaul for apparatus used in explosive atmospheres (other than mines)	1993 Ed.1	わが国には導入されていない

(注)上記の表に示すほか IEC 79-20 Ed.1-1996 "Date for flammable gases and vapours, relating to the use of electrical apparatus"が TECHNICAL REPORT として発行されている。

第 2 章 国際標準の規定概念

国際標準の基本的な規定概念は、**爆発性雰囲気と着火源との同時点共存**という爆発の誘発条件の排除を目的として施すべき技術方式を規定するものであるが、表 1.に示す規格体系について次のことが挙げられる。

規格名称の中に日本語でいう“電気機器”の用語はなく、防爆方式 (= “Type”) を規定している、つまり「電気機器の防爆構造」だけを規定していないということである。

わが国には防爆方式の**選定基準**、つまり“どれを”、“どこに”、“どのように”という規定概念はないが、国際標準ではプロセス、装置あるいはシステムの設置区域周辺における危険度(Zone)に対応して防爆性能を確保する防爆方式の**選定・設置要件**を規定している。

設置・施工後の防爆性能を維持するために防爆方式全般及び個別の**保全・点検基準**を規定している。

そもそも爆発の誘発は、理論上では**両者の同時点共存**という確率的現象であるが、實際上設計段階でそれを予測することはむずかしい、つまり**不確実性の現象**である。

しかしながら国際標準では、「危険要因を排除することによる防爆性能の確保」という論理に副って次に示す**第 1, 第 2, 第 3 段階の設計手順**を規定している。(表 1.参照)

第 1 段階

危険区域内の危険度 (Zone) 区分 (IEC 60079-10)

第2段階

危険区域内の危険度 (Zone) に対応する設置・施工要件 (IEC 60079-14)

* 危険度 (Zone 0, 1, 2) に対応する防爆方式の選定

- **Flame-proof enclosures Type 'd'** (IEC 60079-1) **Zone 1 適用**
(わが国でいう“電気機器の耐圧防爆構造”が近似)
- **Pressurizing & Dilution Type 'p'** (IEC 60079-2) **Zone 1 適用**
(わが国でいう“電気機器の内圧防爆構造”が近似, ただし「爆発下限界の 25% 以下に希釈すれば誘発条件は成立しない」という概念と危険度 (Zone) に対応する 'px', 'py', 'pz' 方式はわが国に導入されていない)
- **Powder filling Type 'q'** (IEC 60079-5) **Zone 1 適用**
(わが国に導入されていない)
- **Oil immersion Type 'o'** (IEC 60079-6) **Zone 1 適用**
(わが国でいう“電気機器の油入防爆構造”が該当)
- **Increased safety Type 'e'** (IEC 60079-7) **Zone 1 適用**
(わが国でいう“電気機器の安全増防爆構造”が近似, ただしわが国では **Zone 2 適用**)
- **Intrinsic safety & Intrinsically safe system Type 'i'** (IEC 60079-11)
 Type 'ia' **Zone 0 適用**
 Type 'ib' **Zone 1 適用**
(わが国でいう“電気機器の本質安全防爆構造”が該当, ただし 'system' に関連する概念はわが国に導入されていない)
- **Simplified & Non-incendives Type 'n'** (IEC 60079-15) **Zone 2 適用**
(わが国に導入されていない)
- **Encapsulation Type 'm'** (IEC 60079-18) **Type 'ma'** **Zone 0 適用**
 Type 'mb' **Zone 1 適用**
(わが国に導入されていない)

* 配線施工要件

* 各防爆方式特有の追加要件

第3段階

防爆性能を維持するための保全・点検 (IEC 60079-17)

各防爆方式特有の追加要件

[概念の補足]

1970 年代以降、国際標準の規定概念は、一般産業のプロセス・装置・システムに対する “**Loss prevention and Safety promotion**”, つまり危険排除の技術方式の施工により正常機能の状態を確保し、その結果プラントの稼働率向上が見込めるという概念を基軸にした “**Electrical safety in Hazardous environments**” を原点と位置付け、それを裏付ける動きとして表 1. に示す **IEC 60079-10** 及び **IEC 60079-14** が防爆方式を規定する根幹となっている。しかも規定内容の目標は、「**Risk** を **acceptable low level** まで低減(reduce) すること」としている。この場合の “**acceptable low level**” の設定にはそれぞれの実態に合わせて積み重ねられた経験的知識(know-how) はもとよりのこと「**危険排除の論理**」の確立が避けて通れない必要条件と考えられる。

このような潮流を別の観点からいえば、国際標準はソフトウェア技術の充実を図った性能基準を指向しているといえるであろう。