

爆発予防の概念及び方法論と日本 ～EN1127-1 における予防概念～

第 43 回安全工学
研究発表会 2010.11

○加部隆史 (NPO 安全工学研究所)

Explosive Atmosphere: Prevention and Protection and Situation in Japan
- Concept of Prevention of EN1127-1-
Takashi Kabe, NPO The Safety Engineering Laboratory

キーワード：爆発予防、機械安全、危険源、リスクアセスメント、3段階方式
Keywords: Prevention of explosion, safety of machinery, hazard, risk assessment, 3 step method

1. はじめに

可燃物としての可燃性ガス・蒸気等或いは粉塵等が存在し、可燃性物質と空気との混合濃度が爆発限界内の状態である爆発性雰囲気においては、これら可燃性物質の確定的危険源に着火源としての電気火花等及び空気或いは酸素が結合すると図1のベン図に示す爆発の3要件が揃い、危険状態となる。これを放置すれば、爆発が誘発され、危害が生じる。

EN1127-1:爆発性雰囲気での爆発の予防と防護－基本概念と方法論⁽¹⁾では、予防概念を適切に適用したうえで、初めて方法論を適用することを推奨している。例えば、十分な換気が行われているところでは、可燃性ガスは爆発限界外となり、その雰囲気では必ずしも、防護としての防爆電気機械器具は必要ないという事になる。

2. EN1127-1 での予防と防護

すなわち、国内の場合は爆発性雰囲気となると、防爆電気機械器具を設置することで安全が確保されるという事が一般出来であるが、爆発の要因を除去するほうが合理的であるという事が、EN1127-1 に述べられている。以下にその内容を概説する。図1及び図2は筆者による概念図である。

EN1127-1 の特徴は、防護に関する IEC 規格に対し、機械類の安全分野で定着しているリスクアセスメント原則 ISO14121⁽²⁾及び安全な設計に関する一般原則 ISO12100⁽³⁾が大枠として適用され、リスク低減については、以下が優先順位順として定められている事である。

- 第1原則：予防 (prevention)
(爆発生成要件を成立させない方法)
- 第2原則：防護 (protection)
(爆発ありきで安全装置による防護)

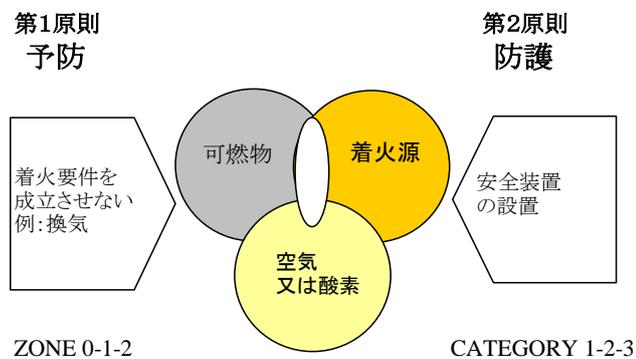


図1. 爆発の3要素と予防及び防護の関係

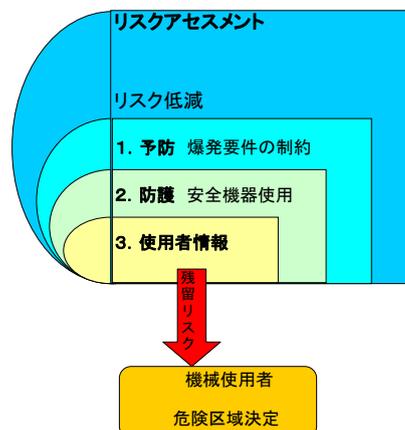


図2. リスクアセスメントとリスク低減

防護については、ISO12100 のリスク低減に関する 3 段階方式に基づき、図 2 が示すように

- 1) 予防概念を適用し、爆発要件を制約し、本質的安全設計を実施
- 2) それでもリスクが残る場合、防護として、安全機器（防爆電気機器等）を使用する
- 3) 残留リスクを使用者情報として、適切に伝達する

以上の段階を経て、機械使用者は教育された作業者等により残留リスクを適切に管理する。

爆発性雰囲気におけるリスクアセスメント（ISO14121 の手順：機械の使用制限—危険源の同定—リスクの見積—リスク評価—リスク低減—使用情報提供）及びリスク低減の概要は以下の通りである；

- a) 危険の識別 物質が可燃性でありかつ着火しやすいかの判断
物質の安全に関する特性には、
1) 燃焼特性 2) 着火要件 3) 爆発反応があり、

危険源として 13 の着火源を以下の通り列挙している；

- 1) 高温の表面 2) 火炎と高温ガス 3) 機械によるスパーク 4) 電気機械器具
- 5) 迷走電流及びカソード防食 6) 静電気 7) 雷 8) 10^4 から 3×10^{12} Hz の無線周波数 (RF) 電磁波
- 9) 3×10^{11} から 3×10^{15} Hz の電磁波 10) イオン放射 11) 超音波 12) 断熱圧縮と衝撃波
- 13) 粉塵の自己着火を含む発熱反応

- b) 爆発性雰囲気生成の可能性及びその量の確定

- c) 着火源発生の有無の確定

- d) 爆発がもたらす影響の確定

爆発による影響(危険事象)として次の 5 つがある；

- 1) 火炎 2) 熱放射 3) 圧力波 4) 飛散破片 5) 物質の危険な放出、

更にその結果として、次の 6 つがある；

- 1) 可燃性物質の化学的、物理的特性
- 2) 爆発性雰囲気の程度と封じ込め
- 3) 周囲状況
- 4) 容器及び支持構造の強度
- 5) 危険環境にある人が身につけている防護装置
- 6) 危険環境にあるものの物理的特性

- e) リスク評価

- f) リスク低減方法の考察

3 つのプロセスパラメータ；

(物質の置換・量の低減、濃度の希釈、不活性化)の変更と、

3 つの設計・構造；

(可燃性物質放出の最小化、換気による希釈、粉塵堆積の回避)による方策がある。

爆発を誘発する潜在的危険要因として図 1 に示す可燃性ガス等が、漏洩又は放出に起因する空気中の濃度が爆発限界内の値を保持したまま滞留する存在条件を、例えばガスの希釈或いは集塵機等により粉塵堆積を排除又は回避する本質的アプローチである。

リスク低減の順番は ISO12100 における 3 段階方式と呼ばれ、以下の通りで、同時にこれが安全設計の優先順位を示している。

第 1 段階：機械的な本質安全設計(爆発性雰囲気の場合は

例えば可燃性ガスの希釈の適用による**予防**)、

第 2 段階：追加的保護方策（爆発性雰囲気の場合は防爆電気機械器具等の使用による**防護**)、

第 3 段階：使用者への情報提供

EN1127-1 では、予防を第 1 原則、防護を第 2 原則として、これを優先順位としている。すなわち、可燃性ガス雰囲気等で、いきなり防護としての防爆電気機械器具を適用する前に、換気・通風等により爆発要件を成立させない手法を考える事が第一義的に要求されている。

ゾーン(zone)とカテゴリ(category)

更に、着火源を回避する為に必要な対策の程度を決定する為に、ゾーン ((zone)危険区域) を設定し、EN13237(4)により定められたカテゴリ(category)に適合した装置を適用することにより、防護を達成する。カテゴリに応じ、機械安全分野では周知のフェールセーフ性或いは冗長性が制御機器に求められ、計測制御システムの原則は ISO13849-1 が引用されている。

爆発性雰囲気、確定的危険源の発生状況に発生確率(リスク)を加味し、その発生確率を定性的にリスク表示した危険区分及び、安全設計へのカテゴリの概念が、ここでは導入されている。

ゾーン (危険区分(zone)) 区分は欧州防爆指令 ATEX(13)付属書 B によると、以下の通りである；
 ゾーン 0 (0 種場所)：爆発性雰囲気が可燃性物資と空気の混合が、ガス、蒸気或いはミストの状態が連続的、又は長期間或いは周期的に存在する場所。

ゾーン 1 (1 種場所)：爆発性雰囲気が可燃性物資と空気の混合が、ガス、蒸気或いはミストの状態が通常の運転において時々起こりえる場所。

ゾーン 2 (2 種場所)：爆発性雰囲気が可燃性物資と空気の混合が、ガス、蒸気或いはミストの状態が通常の運転において起こりにくい或いはもし起きても短時間のみの所。

ゾーン 20、21、22 は粉塵爆発の為の区分けで、同様に 0-1-2 場所によりゾーン区分がされている。

カテゴリ(category)区分は、リスク回避に関する区分で、機械類の安全に適用されている考え方であり、同様に欧州防爆指令 ATEX では以下の基準による；

カテゴリ 3 (3G/3D)：連続又は頻繁に(装置、保護システム及びコンポーネントの常時運転中)発生しうる着火源は回避されねばならない(G=gas、 D=dust 以下同じ)。

カテゴリ 2 (2G/2D)：カテゴリ 3 で指定された着火源の回避に加え、稀な状態 (例、装置、保護システム及びコンポーネントの機能不全) で起こりうる着火源も、回避されねばならない。

カテゴリ 1 (1G/1D)：カテゴリ 2 で指定された着火源の回避に加え、非常に稀な状態 (例、装置、保護システム及びコンポーネントの非常に稀な機能不全から生じる) でのみ起こりうる着火源も、回避されねばならない。

ゾーンとカテゴリの関係を表 1. 示す。

表 1. カテゴリとゾーンの関係

カテゴリ	爆発性雰囲気の種類	ゾーン	適用可能なゾーン
1G	ガス/空気の混合 蒸気/空気混合 ミスト/空気混合	0	1 及び 2
1D	粉塵/空気混合	20	21 及び 22
2G	ガス/空気の混合 蒸気/空気混合 ミスト/空気混合	1	2
2D	粉塵/空気混合	21	22
3G	ガス/空気の混合 蒸気/空気混合 ミスト/空気混合	2	-
3D	粉塵/空気混合	22	-

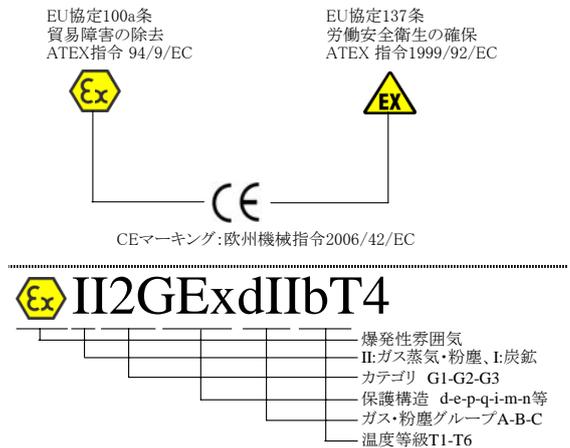


図 3. 欧州防爆電気機械器具の表示例

3. 爆発予防の概念と方法論

EN1127-1 は 1997 年に策定され、その体系的概念と方法論は欧州防爆指令 ATEX,1999/92/EC の理論的基礎となっている。

日本の場合、労働安全衛生規則を熟読すると、EN11271-1 での要求事項が、書かれていないわけではないが、必ずしも体系化されていない為、その運用は合理的でない事が多々ある。又、日本が加盟している世界貿易協定 (WTO/BT 協定) では、第 2 条 8 項において性能規定化を定めている。

その趣旨は、科学技術の進歩は速く、国が定める技術基準はその内容が陳腐化してしまう為、製品の性能のみ定めて、細かな規定は ISO や IEC 等民間が策定する規格に委ねるという事である。

防護に係る 2008 年の告示第 88 号で新たに追加された Type “n” や Type “m” は、欧州規格はその 20 年前に成立し、欧州企業は当時から既にこれらに適合する製品を市場に流通している。

Type “n” の場合、とりわけ海岸沿いのプラント等では常時海風或いは山風等により、たとえ可燃性ガスが放出しても、それは自然換気により停留する可能性が極めて低いため、炭鉱防爆時代からの技術に基づく、重厚長大な耐圧防爆機器等を適用する必要がないという背景から生まれており、全体的なプラントコストの低減に貢献している。又、新たに危険区域(ゾーン) の概念が導入されたが、これもリスクベース社会の欧米では数十年前から既知の概念であった。告示第 88 号は最新の国際規格の水準とは整合しておらず、この説明を明確に出来る人は皆無に等しい。結果、企業の国際競争力へ影響を与える。

4. おわりに

危険源から因果的決定論により演繹される危害は、予防概念に則り、その方法論としてのリスクアセスメントを適用することにより予見可能であり、リスク低減の実施により結果回避可能である⁽⁵⁾。

日本で主流を占めてきた防爆電気機械器具の適用は、リスクベースの概念では、リスク低減第 2 原則：防護に該当するもので、本来はその前にリスク低減第 1 原則：予防を適用し、爆発する条件を位相空間上で成立させない事が望まれる。

この予防と防護に係わる体系的な方法論を適用する事により、合理的な技術的並びに経済的解決が図られる。更に、防護に関する防爆電気機械器具に係わる技術の基準につき、欧州規格或いは国際規格の動向と日本の現状には、大きな隔たりが存在し、工業先進国の主導的立場にある日本として、国際協定を遵守し、労働安全衛生に関する ILO 条約及び、貿易障害の除去に関する WTO/TBT 協定の主旨に基づき、安全に係わる社会制度を見直す必要があるとされる。筆者は爆発予防の専門家である鈴木健二らの多大なご協力を賜り、ここに謝辞を述べる。爆発の予防と防護に係わる重要な規格である EN1127-1 の日本語訳を氏と共に完成し、この概念を国内で普及させるべく出版した⁽¹⁾。今後本稿で述べた合理的な予防概念が日本国内で普及する事を切望する⁽⁶⁾。同時に、国際競争力維持のために、技術的に大幅な時代遅れとなっている国内関連法規の是正を求めるものである。

参考文献

(1) EN1127-1:爆発性雰囲気- 爆発の予防と防護、第 1 部：基本概念と方法論、日本規格協会(2009)

(2) ISO14121 ISO 14121:1999, Safety of machinery – Principles of risk assessment (1999).

(3) ISO 12100-1,-2:2003, Safety of machinery – Basic concepts of general principles for design (2003).

(4) EN13237:2003, Potentially explosive atmospheres. Terms and definitions for equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres,(2003).

(5) 加部隆史、田中紘一、染谷美枝、杉本旭、予防策としての安全設計の有効性-事故データベースの解析- 日本機械学会論文集、73 巻 734 号 C 編、pp2796-2804、(2007)。

(6) 加部隆史、門脇敏、和田有司、野田和俊、天野久徳、梅崎重夫、爆発予防と防護の基本概念と方法論 - 機械安全の視点から予防概念とその課題 -、安全工学、Vol. 49 No. 3(2010), pp. 145-154