

計装海外情報 - 最新技術・国際標準技術の導入に向けて

グローバル化対応へのd2G4との決別 ～ EN1127-1の体系とその効用～

安全工学研究所 加部 隆史

1. はじめに

1.1 提案1: d2G4の表記はやめるべき

爆発性雰囲気で使用される電気機械器具は、国内で依然としてd2G4の表示が使用されているが、まずこれをやめましょうという提案から始めたい。その理由は、工業先進国日本が、最新のプラント設備にd2G4という表記を使用することは、欧米諸国から見ると時代錯誤に陥るからである。その流れは、以下の通り明確である。

(1)d2G4

1930年代ドイツで可燃性ガス雰囲気にしかかわる多大な研究が行われ、その成果として爆発を防止するためにドイツ電気規格VDE0710が策定され、例えば日本はそれを導入しd2G4はそこで決められていた防爆電気機械器具の防爆構造 flameproof (日本では耐圧防爆構造)の表記である。

(2)EEx2BT4

その後1970年代に欧州電気規格標準化団体CENELECが設立され、防爆技術に関する見直しが行われ、それに基づき flameproofについては、d2G4は廃止され、新たにEEx2BT4という表示に変更された。すなわち、30年前にd2G4は既に死を迎えたが、日本では延命しているということである。

(3)ExII2GExdIIcT6

1992年に制定された欧州防爆指令(ATEX: Directive 94/9/EC)において、従来の表記にカテゴリ概念(2G)が追加されあらたな表記が導入された。現在の欧州防爆指令に基づく表記の詳細は図1の通りである。

この中で、カテゴリG1-2-3とは何かとの質問が出てくる。これについては、2章を参照頂きた

い。

1.2 提案2: 国際規格を考えよう

表1に、爆発予防に係わる現存のISO-IEC-EN規格の一覧を掲載する。この表では、日本で主題となる防爆電気機械器具の構造要件に関する規格は下段にあるが、その上に「爆発予防と防護-基本概念と方法論」をはじめ日本でほとんど紹介されていない概念および新技術についての規格が列挙されている。数多くの規格が日本で紹介されていないが、これはそれだけ日本がグローバルの状況から遅れているということを示している。

爆発はなぜ起きるか、そのために何をすべきか?

1939年にドイツのヒルレブランドは、防爆電気機器原論¹⁾を出版し、その3分の2以上が、この質問に対する多大な研究成果を基にした発表で、残りの一部に、防爆電気機械器具の構造要件をしめしているに過ぎない。爆発は、以下の要因により誘発され、その条件を成立させないことが、爆発予防の基本概念であり、あくまでもそのための方法論の一つが防爆電気機械器具の使用ということになる。これは、後述するが技術的に合理的であり、経済的に負担が少なくなるということでもある。

Ex II2GExdIIcT6

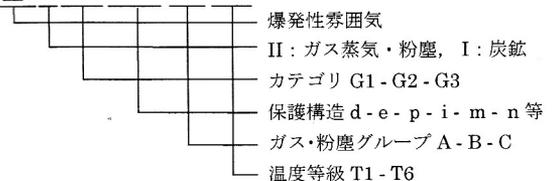


図1 ATEXに基づく防爆電気機械器具表記例

表1 爆発予防に関する国際規格と日本の基準

対象	規格: EN→IEC	JIS表記	制定	JIS対応国際規格	技術基準
Equipment Group II Category 1G/Zone 0	IEC60079-26:2006 EN50284:1999(w)	カテゴリ		カテゴリのリスク概念	×
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres. Fieldbus intrinsically safe concept(FISCO) and fieldbus non-incendive	IEC60079-27:2008 IEC60079-27:2005(w) IEC TS 60079-27:2002	フィールドバス用本質安全のコンセプト(FISCO)とノンインセンディブ(FNICO)		フィールドバス防爆	×
Detectors for flammable gases	IEC60079-29-1:2007	ガスディテクタ			×
Electrical resistance trace heating	IEC60079-30-1:2007 IWC62086-1:2001(w)	電気ヒートとレース			×
Explosion prevention and protection Basic concepts and methodology	EN1127-1:2007 EN1127-1:1997	爆発性雰囲気:爆発の予防及び防護 - 基本概念と方法論	2009	日本規格協会日本規格有り リスクアセスメントの実施 ATEX指令の論理的裏付け	×
Explosion prevention and protection Basic concepts and methodology for mining	EN1127-2:2002	爆発予防と防護: 基本概念と方法論(炭坑用)			
Special protection(Exs)	HSE SFA 3009:1985 HSE SFA 3009:1972				
Non-electrical equipment for potentially explosive atmospheres: General Requirements	EN13463-1:2001	爆発性雰囲気用非電気機械器具への一般要求事項		非電気製品	×
Non Electrical Equipment Constructural Safety Protection by control of ignition source ^{b)}	EN13463-5:2003 EN13463-3:2005	非電気製品装置 - 安全構築要件		機械的着火源等	
Non Electrical Equipment Liquid Immersion	EN13463-8:2003				
Group 1 Category M1 Equipment Electrostatic hand-held spraying equipment	EN50303:2000 EN50050:2006				
Electrical Apparatus for use in dust atmospheres General requirements	IEC61241-0:2004	粉塵雰囲気での電気機械器具への一般要求事項		粉塵	△
Luminaire-Specification for general requirements and tests	IEC60598-1:2007 IEC60598-1:1989(w)				
Electrical equipment for measurement, control and laboratory use Safety requirements	EN61010-1:2001			大学含む研究室・研究所等での安全要求事項	
Mechanical cable glands Requirements and test method	BS6121:Part 1:2005 BS6121:Part 1:1987(w)				
Cable glands for electrical installations	EN50262:1999				
General requirements	IEC 60079-0:2007 IEC 60079-0:1998(w) EN50014:1977(w) VDE0171(w)	*以下はJIS未対応 JIS C 60079-0 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第0部: 一般要件 IEC 60079-0 AMENDMENT 1 2000	2004	IEC 60079-0 1998	△
Flameproof enclosures ^{d)}	IEC60079-1:2007 IEC60079-1:1971(w) EN55018:1977(w)	JIS C 60079-1 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第1部: 耐圧防爆構造 ^{d)}	2008	IEC 60079-1 2003	○
Pressurised apparatus ^{p)}	IEC60079-2:2007 IEC60079-2:1983(w) EN50016:1977(w)				○
Powder filling ^{q)}	IEC60079-5:2007 IEC60079-5:1977(w) EN50017:1977(w)				○
Oil immersion ^{o)}	IEC60079-6:2007 IEC60079-6:1968(w) EN50015:1977(w)	JIS C 60079-6 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第6部: 油入防爆構造 ^{o)}	2004	IEC 60079-6 1995	○
Increased safety ^{e)}	IEC60079-7:2006 IEC60079-7:1990(w) EN50019:1977(w)	JIS C 60079-7 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第7部: 安全増防爆構造 ^{e)}	2008	IEC 60079-7 2001	○
Type of protection ⁿ⁾	IEC60079-15:2005 IEC60079-15:2001(w) BS EN 50021:1999(w) BS 6941:1988(w)	タイプn			○
Encapsulation ^{m)}	IEC60079-18:2004 IEC60079-18:1992(w) EN50028:1987(w)	タイプm			○
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 10: Classification of hazardous areas	IEC60079-10	JIS C 60079-10 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第10部: 危険区域の分類	2008	IEC 60079-10 2002	○
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Intrinsically-safe circuits	IEC60079-11	JIS C 60079-11 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第11部: 本質安全防爆構造 ⁱ⁾	2004	IEC 60079-11 1999	○
Electrical apparatus for explosive gas atmospheres - Part 14: Electrical installations in hazardous areas	IEC60079-14 VDE0165(w)	JIS C 60079-14 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第14部: 危険区域内の電気設備(鉱山以外)	2008	IEC 60079-14 2002	△
Intrinsically safe electrical systems	IEC60079-25:2003 EM50039:1980(w)	JIS C 60079-25 爆発性雰囲気で使用使用する電気機械器具 第25部: 本質安全システム	2008	IEC 60079-25 2003	×

規格: 欄の説明: 年号のみは最新版、(w)はwithdraw(廃止)でIEC規格になる前の欧州規格などの旧案の年号。

技術基準は、日本の国が定めたもので、○は該当、△は部分的に該当、×は被審等を示す。

その他関連EN規格:

Group II engines for flammable dust atmospheres, Industrial Trucks, Metering pumps and dispensers, Automatic nozzles for fuel dispensers,

Metering pumps, Safe breaks, Shear valves, Swivels, LPG equipment for automotive filling stations, Flame arrestors

Functional safety IEC61508-1:1998. Potentially explosive atmospheres: Application of quality systems EN13980:2002.

Environment Agency MCERTS scheme EA CEM Standard Version 3.1, July 2009,

原表の引用: Schedule of Accreditation issued by United Kingdom Accreditation Service, www.ukas.org(latest accessed 01.10.2009)に本表は筆者が加筆したもの。

爆発は、図2に示すとおり3つの要因により誘発され、予防対策が実施されていなければ人・動植物・財産への危害が発生し、予防対策を実施することにより危害は免れる。

可燃物としての可燃性ガス・蒸気等ある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および空気あるいは酸素が結合すると図2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。

爆発を防止するために、まず予防概念を優先し、その次に防護方策の一つとしての防爆電気機械器具の選択が対象となるということである。

1.3 提案3：告示第88号は時代遅れと認識必要

日本では、前述 d2G4 等の表記を求め時代遅れで、1969年の電気機械器具防爆構造規格労働省告示16号(構造規格)が検定対象の主流となっている。2008年に告示第88号が、国際規格を配慮した新構造規格として発令された。ここでは、例えば Type “n” や Type “m” が新たに構造規格として国が定めた技術基準として導入され、国際情勢から大幅に遅れやとこれらの検定を開始することになった。ここで、表1の該当欄にある通り、欧州では既に1980年代後半、すなわち告示第88号の20年程前に、欧州規格として発表され、既に市場にこれに対応した安全機器が流通していた、ということである。

1980年代後半に、欧州は従来国が技術基準を作ると最新の科学および技術の進歩に追従できないとして、国は方向性のみを示し、技術基準は民間策定の規格に基づくことが決められた。これは、いわゆるニュー・アプローチと呼ばれ、それに対し従来方式をオールド・アプローチとして、国が技術基準を作ることと、数少ない例外を除き決別している。

この流れと関連しWTO/TBT協定(国際貿易機構・貿易の多角化に関する技術的障害に関する協定)第2条8項では性能規定化を定めている。建築基

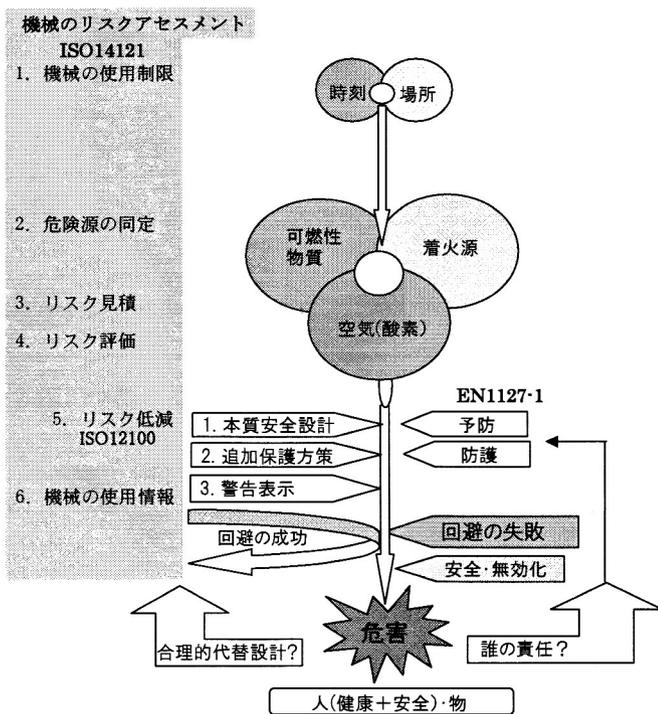


図2 爆発の3要素と予防方策

準法(国土交通省管轄)、電気設備技術基準(経済産業省管轄)、消防法(総務省管轄)は性能規定化を該当法規に反映済みであるが、労働安全衛生法(厚生労働省管轄)はこれを反映していない。

1.4 提案4：国際競争力を考えよう

このように、グローバル市場で通年としての予防と防護の概念欠如および科学および技術の水準(state of the art)から大幅に遅れ、最新技術の検定が必ずしも実施できる状況でない日本は、この分野で果たして国際競争力を保てるかを考える必要がありそうである。

2. EN1127-1での予防と防護

欧州規格EN1127-1「爆発性雰囲気—爆発の予防及び防護第1部：基本概念及び方法論」は、可燃性雰囲気での爆発予防に関する欧州防爆指令(ATEX)の理論的基盤となったもので、前述の通り20世紀初頭からの研究成果の流れをひきついでいる。

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(3))および安全な設計に関する一般原則(ISO12100(4))が大枠として適用

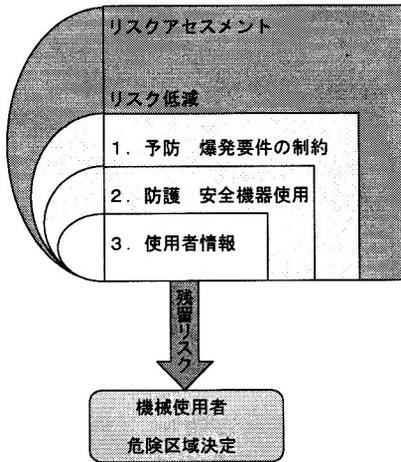


図3 リスクアセスメントとリスク低減

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ことである。

- ・第一原則：予防(prevention) (爆発生成要件を成立させない方法)
- ・第二原則：防護(protection) (爆発ありきで安全装置による防護)

すなわち、危険性および有害性を事前に調査し、その結果に基づき優先順位順に方策を講じるものとする、体系的な方法論である(図3参照)。以下に、EN1127-1の爆発の予防と防護－基本概念と方法論を概説する。

2.1 リスクアセスメント

機械安全の分野で定められているリスクアセスメントのプロセスを図2に示す。その手順は、図2の左側にあるとおり、[1.機械の使用目的の制限]－[2.危険源同定]－[3.リスク見積]－[4.リスク評価]－[5.リスク低減]－[6.機械の使用情報(使用者への情報提供)]の順番が示され、リスク見積もりに基づきリスク低減を実施する。また、このリスクアセスメントおよびリスク低減のプロセスは、受入可能なリスクが達成されるまで繰り返すものとする。

日本では、2006年から労働安全衛生法第28条の2でリスクアセスメントが求められているが、これは欧州の流れから15年程遅れ、かつ欧州の場合強制法規であるが、日本の場合は罰則規定をとみなわない推奨条項となっている。

リスクアセスメントの結果は、図書として保存し、万が一の事故の際には、人の危害を防止するための安全方策を、何に基づきどのように、どこまで

実施したかを示す証拠書類となり、これにより、欧米社会では事故の過失の有無が決定される主要因となる。

爆発性雰囲気におけるリスクアセスメントおよびリスク低減の概要は以下の通りである。

- a) 危険の識別
- b) 爆発性雰囲気生成の可能性およびその量の確定
- 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
- e) リスク評価
- f) リスク低減方法の考察

リスクアセスメントの順番を(1)～(4)に示す。

(1) 危険の識別

物質の安全に関する特性には、1) 燃焼特性、2) 着火要件、3) 爆発反応がある。

危険源として13の着火源を図4の通り列挙している。

(2) リスクの見積

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

さらにその結果として、次の6つがある。

- 1) 可燃性物質の化学的、物理的特性
- 2) 爆発性雰囲気の種類と封じ込め
- 3) 周囲状況
- 4) 容器および支持構造の強度
- 5) 危険環境にある人が身につけている防護装置

- | |
|--|
| 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 |

図4 13の着火源

6) 危険環境にあるものの物理的特性

(3) リスク評価

リスク見積りの結果が受入可能か否か判断し、否の場合、必要なリスク低減方策を講じる。

2.2 リスク評価に基づくリスク低減

リスク低減の順番は、図1左下段に示す通り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、たと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、予防を第一原則、防護を第二原則として、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。

●第一原則: 予防 (ISO12100の第一段階)

爆発雰囲気の回避、リスク低減については、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2に示す可燃性ガス等が、漏洩または放出に起因する空气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、例えばガスの希釈あるいは集塵機等により粉塵堆積を排除または回避する本質的アプローチである。

●第二原則: 防護 (ISO12100の第二段階)

予防措置を講じて、危険が残る場合、以下の方法がある。その際に、リスク概念としてゾーンおよびカテゴリが加わってくる。防護は着火源要因発生への対応: 防爆構造等による安全装置の適用で、爆発性雰囲気に対して着火源になりえると予測されるエネルギーを特定の構造要件により抑制するという概念で構造依存方式である。

防爆電気機械器具という安全装置を適用する追加的防護方策については、EN1127-1では具体的にその保護構造までは言及していない。ちなみに安全装

置の保護構造については、日本で馴染みのある耐圧防爆構造、安全増防爆構造等と呼ばれる Type of protection “d”, “p”, “o”, “e”, “i”, “n”, “m”, “q” 等が存在する^{5), 6)}。

●リスク概念の導入: ゾーン(zone)とカテゴリ(category)

さらに、着火源を回避する為に必要な対策の程度を決定するために、ゾーン(危険区域(zone))を設定し、EN13237(7))に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ある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機械安全関連規格のISO13849-1(12)が引用されている。

爆発性雰囲気で、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および、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質と空気の混合が、ガス、蒸気あるいはミストの状態連続的、または長期間ある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質と空気の混合が、ガス、蒸気ある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質と空気の混合が、ガス、蒸気あるいはミストの状態が通常の運転において起こりにくいあるいはもし起きても短時間のみのも。
- ・ゾーン20, 21, 22: 粉塵爆発のための区分けで、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): 連続または頻繁に(装置、保護システムおよ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、まれな状態(例、装置、保護システムおよ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、非常にまれな状態(例、装置、保護システムおよびコンポーネントの非常にまれ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2に示す。

該当する危険度区分に応じ、現在国際規格により定められている安全装置(防爆電気機械器具)が適用される。日本の場合、これらの情報とそれを支える仕組みが欠如しているため、設計者はここで袋小路に迷走することとなる。

(4) 使用情報の伝達(ISO12100の第三段階)

これらの安全防護策を講じて、リスクはゼロにならないために、リスク低減後の残留リスクを使用者情報として、機械の全ライフサイクルにわたり機械設計者より機械使用者へ適切に表示・情報伝達する必要がある。

3. EN1127-1 体系的的方法論の効用

- ・予防面:第一原則の予防を適用し、十分な換気あるいは通風を施すことにより、そこは爆発性雰囲気生成されないあるいは、生成されても爆発リスクが低いとなると、第二原則の防護による防爆電気機械器具の設置は、必ずしも必要となくなる場合がある。例えば、建物の中の作業所で溶剤を使用する場合、その空間で通風および換気を充分に行うことにより、濃度測定の結果、可燃性ガスが爆発限界外となると防爆電気機械器具による防護が不要となる事で経済的にも多大な利点が生じる。
- ・防護面:石油化学などのプラント設備では可燃性ガスが敷地の至るところに発生する危険が多い。従来はそこに設置される電気機械器具は基本的に、危険区域の度合いにより防爆電気機械器具が設置されてきた。国際的には1980年代にこれらプラントの大部分は、第2種場所であることから、通常の電気製品と構造的のほとんど差異のないIEC60079-15で定めるType“n”が策定され、プラントで設置される防爆電気機械

表2 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および2
1D	粉塵/空気混合	20	21および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	-

器具の主流を占める電動機と照明器具を主体として実際の海外プラントで適用されてきた。従来の耐圧防爆方式による重厚長大な機器に比べ、寸法・重量・費用等の点でかなり利点が生じてくる。これは、経済的利点をもたらすために、新たな規格が策定された例でもある。また、樹脂充填によりエネルギー制限を実施するコンパクトな設計方法もある⁹⁾。

4. 日本の安全規制の課題

爆発性雰囲気における危険の除去あるいはリスク低減については、欧州の場合と異なり、リスクベースとなっていない日本の安全規制は必ずしも体系化されておらず、数々の問題を内蔵している。日本では事故がおきると、図2に示すように報道関係を中心に誰が悪いと犯人探しをするが、リスクベース社会ではなぜ事故が起きたかの原因調査を主体とする。

4.1 予防と防護

最初から第2段階の防護としての防爆電気機械器具の選抜に着目するのではなく、あくまでも第1段階としての予防、とりわけ適切な通風や換気等を実施してから、その場所のリスク評価をすることが合理的である。

近年欧州では新たな着火源として機械的着火源が着目されている。その他に、日本ではあまり話題にならない特定の無線周波数、電磁は、超音波等の着火源を含め2(1)で列挙した13の危険源を工学的に処理したかが本来問われてくるが、日本ではそれに対する具体的方策が示されていない。

とりわけ問題となるのは、国際規格がすぐに反映

できない国の技術基準であり、実質的にダブルスタンダードが撤廃されていない。これは日本が批准しているWTO/TBT協定に合致しないもので、かつ第2条8項が定める性能規定化に則っていない。また、state of the artを反映できない技術基準は、産業界に取り不利益をもたらす源となる。

4.2 検定・認証制度

表1が示す通り、国の検定基準は最新の国際規格の水準とは整合しておらず、その結果、企業は最新機器を提供できないために、国際競争力へ多大な影響を与える。この告示第88号で定められた技術基準には、カテゴリの概念が欠落しているために、グローバルなリスクベース社会においては、安全の妥当性証明が必ずしも実施しきれない可能性が残る、と同時に図1の表示ができない。

4.3 安全専門家(competent person)

防護を適用するには、適切な防爆電気機械器具を選択し適用することにより、リスク低減が達成可能であるが、予防を実践するに当たっては、物質の安全に関する特性として、燃焼特性、着火要件、爆発反応等の専門的な工学的知識が要求されてくる。かつ、予防概念の適用は機械設備の使用者がシステムエンジニアリングの観点から、爆発性雰囲気の生成要件の判定、ゾーンおよびカテゴリの決定等を実施することが必要とされ、それには専門家(competent

person)が必要とされてくる。欧米の場合は、第三者認証機関に、分野別に専門家が存在しており、機器検定、ゾーンおよびカテゴリの適切な選別、判断そして総合的に当該設備のリスク低減が実現されたかの安全性判断を実施している。

日本の場合、これら専門家の育成がこれまで不十分のため、高度な工学的知識ならびにシステムエンジニアリングの経験を求められる予防概念の実践をしようとしても、この問題が残ってしまう。これらの専門教育が必須条件である。

4.4 縦割省庁

爆発性雰囲気の方策につき、工場の敷地内は労働安全衛生法の所轄である厚生労働省、同じ工場内でも防爆電気機械器具の配線については電気事業法・電気設備の技術基準を所轄する経済産業省、日本では現在すべて撤廃されたが炭鉱防爆は鉱山保安法を所轄する経済産業省、船舶については船舶安全法を所管する国土交通省、設備の稼働については総務省・消防庁による立会い検査と、同じ予防と防護について4つの異なる省庁が関連する(表3参照)。さらに、基本的人権に基づく安全は内閣府の所轄となる。

この省庁の役割分担から、例えば日本では接続箱はIECに基づく炭鉱防爆では検定対象となっているが、工場防爆の分野では、法の解釈により防爆電気

表3 安全規制に関する日本の行政

分野	ガス・蒸気・粉塵爆発	炭鉱防爆	電気機械器具の配線	船舶の防爆	危険物・立入検査
所轄官庁	厚生労働省	経済産業省		国土交通省	総務省・消防庁
担当部署	労働基準局	原子力安全・保安院	原子力安全・保安院	海事局	消防庁
法律	労働安全衛生法 電気機械器具防爆構造規格 (告示第16号, 88号) 第28条の2 リスクアセスメント 第44条検定 労働安全衛生規則 第261条 換気等 第280条等 防爆電気機械器具の定義	鉱山保安法施行規則 鉱業上使用する工作物等の 技術基準を定める省令	電気事業法 電気設備の技術基準 第69条等	船舶安全法	消防法第16条関係 立入検査規定
WTO/TBT 関係 第2条8項	国が作った技術基準		性能規定化	性能規定化	性能規定化
機器検定	(社)産業安全技術協会			(社)日本船舶品質管理協会 製品安全評価センター (船舶機装品研究所)	
国際条約	ILO条約	WTO/TBT協定		IMO条約	
IEC規格	IEC規格はあくまで参考	基本的IEC規格準拠	基本的にIEC規格準拠	基本的にIEC規格準拠	IEC規格は非対象
指針等	工場電気設備防爆指針 (ガス・蒸気防爆) 工場電気設備防爆指針 (粉じん防爆) ユーザーのための工場防爆 電気設備ガイド 静電気安全指針		危険場所はJIS C 0903引用	JIS F 8009: 船用防爆電気機器一般通則 JIS F 8004 船用耐圧防爆電気器具通則 JIS C 0903 一般用電気機器の防爆構造通則	
その他、安全安心については、内閣府及び文部科学省が関連					

機械器具に該当せずに、検定の対象外となっている。すなわち、着火減としての端子台を含む接続箱は検定対象外で、同様の機能を有する制御機器などの端子箱は、検定対象となるという大きな技術的矛盾を抱えている。

日本の法制度は、責任および権利の概念が希薄であるとともに、日本は矛盾容認社会であるために、制定された法律が必ずしも遵守されないという現状がある¹⁰⁾。

さらに大枠で考えれば、欧州のセブン指令で求められる事業者・市民・国という3者の利害関係者がそれぞれの義務と権利を全うすることを可能とするための基本法的な考え方¹¹⁾も本来必要となる。

爆発の危険を除外し、リスクを低減し、人権を守るという安全の要求を満たし、健全な産業発展を支えて行くためには、これら安全規制の時代にあった社会制度の適合性、合理化並びに最適化が必要不可欠であろう。

5. まとめ

リスクベース社会では、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¹²⁾。

また、アメリカ不法行為法に基づく考え方でも、上述のリスクベース・アプローチを技術的に実践することが、同時に合理的な代替設計がないというRAD基準に適合し、事業者は過失を問われなくて済むことが多々ある。

日本で主流を占めてきた防爆電気機械器具の適用は、リスク低減第二原則：防護に該当するもので、本来はその前にリスク低減第一原則：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ことが望まれる。

この予防と防護に係わる体系的な方法論を適用することにより、合理的な技術的並びに経済的解決が図られる。さらに、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、欧州規格ある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、本来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条約および、貿易障害の除去に関するWTO/TBT協定の主旨に基づき、安全にかかわる社会制度を見直

す必要があることを記述した。

本稿を作成するに当たり、筆者は爆発予防の専門家である鈴木健二の多大なご協力を賜り、ここに謝辞を述べる。同時に、同氏とともに爆発の予防と防護にかかわる重要な規格であるEN1127-1の日本語訳をともに完成し、この概念を国内で普及させるべく日本規格協会より出版した。今後本稿で述べた合理的な予防概念が、ひとつのイノベーション題材として日本国内で展開されることを切望する。

〈参考文献〉

- 1) D.M-ヒルブランド：『防爆電気機器原論・付録：独逸防爆電気機器規定 VDE 0170/0171 第二草案』、コロナ社、1944
- 2) 『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
- 3) ISO14121:1999, Safety of machinery 鳳, principles of risk assessment, 1999
- 4) ISO12100-1, -2:2003, Safety of machinery 烹, basic concepts of general principles for design, 2003
- 5) 鈴木健二：『防爆電気・計装ガイド』、オーム社、1991
- 6) 鈴木健二、『防爆—国際化対応に備えて』、(社)日本電設工業協会、1993
- 7) EN13237 : 2003, Potentially explosive atmospheres. Terms and definitions for equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres, 2003
- 8) ISO 13849-1, Safety of machinery 亡, safety-related parts of control systems Part1 : General principles of design, 2006
- 9) 加部隆史、「電気防爆の国際化とコストスタディのポイント」、『計装』、Vol.30 No.9, 工業技術社、1987
- 10) 加部隆史、梅崎重夫、杉本旭、「機械の確定的危険源に関する安全規制についての基礎的考察(労働安全衛生規則が定める危険源)」、『日本機械学会論文集 75 巻 755 号 C 編』、pp1902-1910, 2009
- 11) 加部隆史、「安全基本法への俯瞰的アプローチ」、『科学技術社会論学会年次大会予稿集』、2005
- 12) 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

カベ・タカシ
NPO 安全工学研究所
〒167-0054・東京都杉並区松庵3-39-8
電話(.03)3247-2262
E-mail : kabe@safetylabo.com