

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
総括研究報告書

国際的な防爆規制に対する整合性確保のための調査研究

研究代表者 大塚輝人（独）労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
化学安全研究グループ 首席研究員

令和4年度は、研究項目4点についての検討結果踏まえて委員会形式で以下のとおり提言をまとめた。

(1) ガス検知機とインターロックの利用による EPL（防爆性能）評価・運用方法

インターロックについては、リスクアセスメントに基づいて利用可能とする。EPLについては、IECの元々の運用に基づき、リスクアセスメントの結果として自由な選択を可能とする。

(2) IECEx スキームにおける認証の信頼性確保方法

ISO/IEC17025、17065の取得機関のExTRは、国内検定試験結果として扱えるものとする。

(3) 検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性に係る提言

IEC TS 60079-48の正式発効まで保留とする。ただし、大前提として防爆機器として機能が存在しない場合に限る。

(4) 新たな手法による防爆性能の評価方法と提言

粒体充填防爆を、国内でも利用可能とする。

また、提言に付随した情報として、以下について報告した。

(1) 炭鉱におけるインターロック利用

(2) Portable/Personal Electronic Products

(3) 高高度落下試験

(4) リスクアセスメント結果の保全

研究分担者

遠藤 雄大

独立行政法人労働者健康安全機構
労働安全衛生総合研究所主任研究
員

牧野 良次

国立研究開発法人産業技術総合研
究所・安全科学研究部門・主任研
究員

久保田 士郎

国立研究開発法人産業技術総合研
究所・安全科学研究部門・研究グ
ループ長

A. 目的

Internet of Things(IoT)技術を受け、生産活動を補助する機器が発展を続けている。デジタルでの記録は、物理的な制約を受けづらいため、収集間隔を短く設定することが可能であり、記録を長期さかのぼることも容易になっている。また、深層学習を用いた AI 技術によって、推移の予測を含めてより生産活動を効率的に行うことができるようになっている。また、作業者を補助するための、マニュアルや通信をデジタルデバイスに置き換えることは、単に資料量を多くするというだけの意味ではなく、検索技術や映像からの判断といった新たな切り口によって情報提供が可能になる。一方可燃性物質を扱うような場所では、爆発性の混合気が発生する可能性があり、デジタルデバイスを構成する電子機器は潜在的にその着火源になる。そのため、労働安全衛生法では、そういった場所で

労働者が働く場合に、着火源とならないための何らかの措置を施した電気機械器具、すなわち防爆電気機械器具のみが利用を認められている。先に述べたように、IoT に用いられるようなデジタルデバイスは、開発サイクルが極めて短く、防爆品として開発利用することが困難である。防爆技術自体は可燃性物質の隔離、消炎に関する既往の研究を踏まえて、確立されているが、その限界に対する尤度については未だ検討の余地がある。国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission: IEC)では、Technical Committee31(TC31)での検討を踏まえて、IEC60079 シリーズとして着火性能を有さないことを示すための試験方法を提示している。我が国においても、電気機械器具防爆構造規格によってIECの提示する防爆規格を受け入れている。本研究では、我が国での安全性を損じることなく、IECとの整合性を高めるための調査研究を行う。

B. 研究概要

本研究では、以下の4項目についての調査研究を行っている。

- (1) ガス検知機とインターロックの利用による EPL (防爆性能) 評価・運用方法
- (2) IECEx スキームにおける認証の信頼性確保方法

(3) 検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性に係る提言

(4) 新たな手法による防爆性能の評価方法と提言

令和2年には、(1)について先行して行った研究の結果を再構成するとともに、論点整理を行った。令和2年度は、COVID-19の影響もあり、(2)としてIECのスキームである遠隔監視による立会試験について、優先して委員会形式をとって検討した。(3)については、IECへ新規提案されたportable or personal electronic product (PEP)の考え方について、我が国の現状に鑑み検討考察を行った。(4)については、ドローンに見られるような高高度からの墜落試験についての調査を行った。

2年目にあたる令和3年度には、(1)について、機能安全の考え方に立脚した保護装置のダウンタイムと危険箇所の時間的な分類の考え方から、非危険箇所相当となる故障率を整理し、インターロックに求められる安全性を定量的に示した。(2)については、IECEXの枠組みの中で、ExTRの信頼性の確保としてISO/IEC 17025、17065が利用されていることを挙げ、内容の調査を行った。(3)については、IEC TS60079-48として発効準備がなされている技術指針について最新情報を整理し、各国意見の調査を行い、我が国における利用の可否に供するための情報提供を行った。(4)に関しては、ドローンの運用に関わる海外

情報の整理と、我が国で考え方の整理を行った。また、我が国で未導入である砂詰防爆構造 IEC 60079-5:2015 について、模擬的な検定を行った上で、導入についての検討を行った。

最終年度である令和4年度は、以上の知見を踏まえて、有識者による委員会を開催し、本研究の4項目について、どのような対応を今後すべきかの提言をまとめ、また、追加する関連情報についての調査を行った。以下に研究結果として報告する。

C. 研究結果

1. 提言概要

以下では、資料1.1として添付した「危険箇所における先端電気機械器具の利用法に関する提言」に記した提言を、研究項目ごとに再構成して示す。

1.1 ガス検知機とインターロックの利用による EPL (防爆性能) 評価・運用方法

現行の日本における危険箇所の判定は、IECに準拠したJISによるものであるが、判定の基準に換気有効度と呼ばれる連続性に関する指標を判定する必要がる。これは改版を重ねた現行のIEC60079-10-1:2020でも変わっておらず、時間的な判定は既に加味されている。したがって、時間的な隔離を排除する根拠は存在せず、インターロックを利用できない理由も同時に存在しない。ただし、時間

的な隔離を行った際に、現在の空間的な隔離と同等の安全性を確保する必要は存在する。

令和3年度の報告書において、American Petroleum InstituteのRecommended Practice 505:1997の危険箇所の時間的区分を踏まえ、機能安全の考え方をを用いることで、換気有効度を定量化することが可能であることを示した。American Petroleum InstituteのRecommended Practice 505:2018では、根拠となる時間的に区分の表は取り下げられているが、同様の考え方が、英国Energy Institute Model Code of Safety Practice Part15: Area Classification for Installations Handling Flammable Fluid 4th Edition(2015)に示されている。同資料では、非危険箇所と危険箇所との線引きとしての時間区分は示されていないものの、換気有効度を經由した議論は有効であり、結論は変わらず、危険箇所の区分を危険側故障のダウンタイムと紐づけることができる。この例からも同等の安全性の確保は可能である。昭和35年11月22日基発第990号通達への追加として、あるいは新規の通達として安衛則283条の「爆発又は火災の危険が生ずるおそれがない措置」の解釈に、Negligible Extent相当の安全性を担保することを条件に、インターロックを加えることで利用を可能とできる。

ただし、安全性担保のため、イン

ターロックを利用できる電気機械器具は、防爆機器として存在しないものに限り、かつ、火花を出さない、高温表面がない機器というのが大前提となる。当然リスクアセスメントは必須であり、資格制度を設立することや、IECにおける要員認証を導入することも選択肢としては考えられるが、あくまでもリスクアセスメントの主体は利用するユーザー側であるべきである。したがって、自主的なリスクアセスメントを行う必要があり、その結果をエビデンスとして残すことが肝要である。誤った運用を行った場合、爆発火災災害につながるおそれがあることから、リスクアセスメントの結果の保全について、労働基準監督署や消防署への届け出にて保管する方法も考えられる。

EPL (Equipment Protection Level) は機器保護レベルと訳され、基本的に危険箇所のリスクに応じてラベル付けすることで、現場での防爆品の選択を容易にするとともに、リスクアセスメントに応じたリスクテイクも可能とする表示である。通常特別危険箇所 (Zone 0) には Ga または Da、第一類危険箇所には Gb または Db、第二類危険箇所には Gc または Db が適しており、各々 G はガス、D は粉じんへの対応を表している。無論、Ga や Da を第一類危険箇所や第二類危険箇所に使ったり、Gb や Db を第二類危険箇所に用いたりすることは、より安全性の高い防爆機器を用いることになるため、問題無い。ただし、

IEC60079-14:2013 には、

As an alternative to the relationship given in Table 1 between EPLs and zones, EPLs can be determined on the basis of a risk, i.e. taking into account the consequences of an ignition. This may, under certain circumstances, require a higher EPL or permit a lower EPL than that defined in Table 1. Refer to IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2.

の記述があり、EPLの趣旨からすると、IEC60079-10-1に従って危険箇所を分類した際に、リスクアセスメントを加えた結果、使用可能なEPLを指定する、すなわちここでは意図的に下げることがも可能であるべきとの意見があった。本来のIECの運用方法に則り、EPLの弾力的な運用が可能となるよう、令和3年基発0812第5号通達の別紙3「国際整合防爆指針における機器保護レベル(EPL)の分類記号及びそれに対応する電気機械器具」の表内「機器が設置可能な危険度区域」を、「機器が対応する危険度区域」とし、注記として「平成20年9月25日基発第0925001号にあるとおり電気機械器具防爆構造規格第二条で構造ごとに決められた利用可能な危険箇所の制限の中で、リスクアセスメントの結果、発生する危害が十分に低く見積もれる場合についてはより低いEPLの機器の設置を許容する」旨の記載によっ

て、利用者に弾力的な運用を促すことを提言する。ただし、将来における電気機械器具防爆構造規格の改正による緩和を妨げるものではない。インターロック同様リスクアセスメントの結果を残すことは必須であり、結果の保全について、労働基準監督署や消防署への届け出にて保管する方法も考えられる。

1.2 IECEX スキームにおける認証の信頼性確保方法

外国のExCBが発行するExTRについては、本来のFast Track Processの主旨からは、本試験結果として受け入れるべきものであるが、現状、我が国の防爆検定においては「あらかじめ行った試験」に相当するものとして取り扱うこととなっており、検定機関で再度の試験が必要である。

本報告書では、ISO/IEC 17025及び17065の認定を受けたExCBが発行するExTRはより信頼性の高いものとみなすべきとしていることから、わが国の検定機関が同様にISO/IEC 17025及び17065の認定を受けている場合には、その受け入れ時の評価もより確かなものとみなすべきであり、そこで再試験の必要がないと認めるときは、本試験も行なわなくてよいという、踏み込んだ提言とすべきではないか。現時点では究極の信頼性確保手段である17025/17065取得によっても、まだ信頼性が足りないということであれば、これ以上の検討及び議論は全く無意味となってしまうこ

ととなる。

以上は ExTR の受け入れについて、現行制度をなくすという話ではなく、追加して信頼できる ExTR の範囲を広げる方向で規制の緩和とする。ISO/IEC17025、17065 の取得状況が確認できれば、その認証機関発行の ExTR も併せて、検定の試験結果として認めることを提言する。

ただし、今後は IECEx での一つ試験結果を共有するスキームを目指すべきであることも併せて提言とする。

1.3 検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性に係る提言

未だ IEC TS 60079-48 が正式に発行されていないため、最終文書の発行を待つ必要がある。現段階では最終議論へ参加し、推移を確認することを提言とする。

PEP の運用については、UL121203 として 2011 年から先行してアメリカで利用されていたが、規格の誤った利用が散見されたことから、2021 年の Edition 2 への改版の際に、下記の文言が協調として挿入された経緯がある。

PEP 1 or PEP 2 is only an option where NRTL certified products for use in the location do not exist.

誤った運用がなされないためにも、インターロック同様リスクアセスメントの結果を残すことは必須であり、

結果の保全について、労働基準監督署や消防署への届け出にて保管する方法も考えられる。

1.4 新たな手法による防爆性能の評価方法と提言

古くは砂詰め防爆構造と、呼ばれていたが、現在では文字通りの砂は使われておらず、一般にガラスビーズの様な不燃性の物質の粒を充填し、その粒の冷却効果によって火炎伝播を防ぐ構造となっている。そのため、提言内では、この防爆構造を労働安全衛生総合研究所 TR-No. 44 に沿って、粒体充填防爆構造と以降では呼ぶ。

令和3年度の報告で示したとおり、試験方法として確立されており、問題とされていた湿度対応も、我が国よりも湿度の高い環境においても利用されていることから、導入にあたっての問題は無いものと結論付けた。したがって、粒体充填防爆構造については、これを防爆構造として採用することを提言する。EPL は IEC60079-5 に記されたとおり Gb とする。他の防爆構造と同様に、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所技術指針 TR-No. 46 の 1 編としての発行を依頼し、同技術指針を通達によって指定することで、我が国での粒体充填防爆構造の検定、利用が可能である。

2. 付随する情報と課題

以下では、提言としてまとめ上げた内容に付随する情報として令和4年

度に調べた内容について記す。

2.1 炭鉱におけるインターロック利用

防爆機器の利用を踏まえた上で、より安全な機器とするための有効な機能は、石炭鉱山（炭鉱）での活用が原点となっている。Sir Humphry Davy の安全灯も炭坑用として開発されたものである。本研究で検討されているインターロック機能を有した機器も炭鉱では既に利用されている。本項では、炭鉱でインターロックが利用されるようになった歴史的背景を振り返る。

防爆機器に関する規格制定の歴史は、炭鉱での事故防止に伴う歴史といっても過言ではない。炭鉱は、閉作業空間という特殊環境下での作業現場となっている。地中の炭層にはメタンガスが包含されている。石炭採掘によってそのメタンガスが坑道内に放出され、一定の着火・爆発濃度域に達し、そこに電気火花等が発生すると爆発災害が発生することがある。その際には多数の犠牲者が発生する状況になることがある。このような石炭採掘現場では、採炭に必要な電気機器や運搬機器、さらに照明機器など多数の電気機器が使用され、それらはすべて防爆構造でなければならない。

炭鉱は、主に地上から坑道内に新

鮮な空気を送る（流す）「入気坑道」と、石炭採掘を行う「切羽」がある。入気坑道から入った空気は切羽及びその周辺を通り、そこで可燃性ガス（メタンガス）を含んだ空気が坑道（排気坑道）を通過して地上（坑外）に排出されるのが一般的である。排気坑道中のメタンガス濃度は、通過する切羽の作業状況や炭質などによって異なるが、現在の日本国内の場合、労働安全衛生規則第 322 条の二

二 これらのガスの濃度が爆発下限界の値の三十パーセント以上であることを認めるときは、直ちに、労働者を安全な場所に退避させ、及び火気その他点火源となるおそれがあるものの使用を停止し、かつ、通風、換気等を行うこと。

によって、メタンガスの爆発下限濃度 5%に対して、1.5%を超えることはないようにしている。

電気設備が本格的に利用され始めた昭和初期（1930 年頃）には、まだ電気機械器具に関する防爆構造の規格が定まっていなかった。また、炭鉱内のメタンガスを測定する方法として Sir Humphry Davy が 1816 年に発表した安全灯に関わる一連の論文の中で、第二報¹として明るさの違いとして言及されていたが、1930 年当時の検知手法はカンテラの炎の高

¹ H. Davy; An account of an invention for giving light in explosive mixtures of fire-damp in coal mines, b consuming the

fire-damp. Philosophical Transactions of the royal society、Vol. 106、pp.23-24(1816)

さの変化（可燃性ガスが多くなると炎の高さが高くなる）を利用している。日本で最初に炎を使わない安全性が高い電池駆動方式の実用化されたガスを測定する機器として、携帯型ガス検知器（光干渉計式ガス検知器）が1935年に炭鉱に導入された²。これは、空気と混合気とで屈折率が微妙に異なることを光の干渉として検知したものである。ただし、非常に高価な機器であったため、必ずしも多数の機器が導入されたわけではない。坑内係員など担当者に十分配備されるようになったのは、20年ほどたった後のことである。このガス検知器は手動式で測定する構造（炭鉱業界では精密可燃性ガス検定器と呼ばれる）であったため、連続的なガス濃度測定はできない。

国内における炭鉱関係の防爆規格（規則）については、電気機器ではないが1941年当時の直方石炭坑爆発予防試験所が第1号として炭鉱用ダイナマイトに対して、電気機器では同年当時の札幌石炭坑爆発予防試験所も第1号として理研計器（株）製ガス検定器に交付している。

これらの基礎となった規則は、1929年商工省令第22号の石炭坑爆発取締規則の改正公布であり、その後、鉱山監督局受託試験規則（省令第10号、1936年）、石炭坑爆発予防試験所受託試験規則（省令第61号、1940年）が公布された。しかし、自発的な申

請で行われていたことから、保安を徹底するため、坑内では検定に合格したものでなければ使用できない検定制度として、石炭坑爆発類および機械器具検定規則（省令第69号、1940年）が公布された。

このように坑内用の電気機器に対する基準や検定規則が公布され、1960年代以降、ガス濃度測定も自動測定可能な状況になっていった。ガス検知センサとして、加熱したエレメント部分に可燃性ガスが接触した際の電気抵抗変化をガス濃度変化として検知する接触燃焼式や半導体式、さらにメタンガスと空気の熱伝導度の違いを検知するサーミスタ式などのガスセンサ（ガス自動警報器）が実用化され、炭鉱坑内において連続的なガス濃度変化を検知することが可能な状況となった。その後、この検知器に任意に設定したガス濃度で警報信号（接点信号）を出力する機能を付加した機器が加わった。坑内に設置された電気設備（変圧器など）にこの機器を接続することによって、設定したガス濃度以上になった場合、警報信号によって電気設備の電源を自動的に遮断するシステム、すなわちインターロック機能が利用できるようになった。この機能によって、例えば切羽内で突発的に大量のメタンガスが炭層内から噴出し、通常ではありえない爆発下限濃度以上のガスが坑道内に一時的に充満した場合

² 電気学会 第8回でんきの礎頭彰 (2015)

<https://www.iee.jp/file/foundation/data02/ishi-08/ishi-1011.pdf>

であっても、ガス爆発が発生しないようなシステムが誕生した。

坑内におけるメタンガス濃度に連動させるインターロック機能は、ガス検知器の警報機能を有した時代からである。そこで、炭鉱関係の規則などからその歴史を振り返ってみる。

現在の鉱山保安法（関連規則、省令等）では、「鉱山保安法施行規則第6条の3」において、「送電停止」が記載されており、「内規（鉱業権者が講ずべき措置事例）」では、「(4) 可燃性ガス自動警報器に係る措置」で、「(メタンガス濃度) 1.5%で自動的に送電停止（要約記載）」となっている。つまり、規則上もインターロック機能の利用を示している。資料を調べた範囲では、1946年7月11日発行の「鉱山保安法規の解説」において、「(メタンガス濃度) 1.5%で電源遮断」の記載がある。さらに、1949年（S24年）の「鉱山保安教本」でも、「メタンガス濃度 1.5%で電源遮断、その作業現場に立入禁止の措置」の記述がある。さらに、1964年時点の石炭鉱山保安規則 197条では、「可燃性ガス含有率 1.5%を超えた場合、送電は停止され一般電気機器は使えない」記述もある。つまり、規則が公布された時点において、まだメタンガス濃度を自動測定できない状況でも「1.5%で電源供給装置の電源遮断」が示されている。前記のとおり、この時代はガス検知器が炭鉱内に入り始めたとはいえ、普及のレベルにはまだ至っていない時期である。つま

り、これらの資料から、ガス濃度を検知した後に人力によって電源を切っていたことが考えられる（1946年7月11日発行の鉱山保安法規の解説においても 1.5%で電源遮断の記載がある）。

外部電源遮断機能を有して商用化されたガス自動警報器は、理研計器（株）製 GP-105型が最初である。この機器は、1965年に炭鉱用の防爆電気機器として検定取得されていることから、それ以降に炭鉱坑内で実用化が進んだものと考えられる。つまり、その後に法整備され、「1.5%で自動的に送電停止（要約記載）」となったことが考えられる。

同年代の頃に外部電源遮断機能を有したガス警報器が設置されていない炭鉱では、坑内に設置されたガス検知器のアラーム（外部電源遮断機能はないが、その場で光や音などのアラームのみ発するタイプの検知器）で現場の係員が確認し手動で電源を切るか、または坑外の集中監視室で該当のガス警報器のガス濃度変化を確認し、無線（誘導無線方式）などで近くの係員に手動で電源を切るように指示するなどの作業が行われていたようである。規則として確認できた資料によると、石炭鉱山保安規程（1982年、昭和57年7月改定）の第122条の中で「第一項（採炭作業場の可燃性ガス自動警報器をガス突出警戒区域又は可燃性ガスの著しい増加による危険発生のおそれが多い箇所）に設ける場合には、その区域又は

箇所可燃性ガス含有率が1.5パーセントを超えたときに、その区域又は箇所に設置された電気工作物（第197条第1項に規定する小型の電気器具及び地中配線を除く。）に対する送電を自動的に停止し得るようにしなければならない。（以下略）」と明記されている。

このように、電源を自動遮断するためにガス検知器を利用したインターロック機能を活用したシステムは、1970年以降、急速に普及し、炭鉱の保安に寄与したことが考えられる。

炭鉱に関しては、対象となるガスが絞られていたことも、インターロックを導入できた理由の一つであるかもしれない。現在可燃性ガス検知器について、最新のIEC 60079-29-1:2016を基としたJIS T8206:2020が整備されていることから、必要なガス種について必要なセンサを調達することは十分に可能である。

2.2 Portable/Personal Electronic Products

PEPを規定するIEC TS 60079-48は本来、危険箇所では非防爆電気機械器具を使用するための手引きとして作成された。IEC60079-14を補完する意味でのTechnical Specification(TS)であるので、ATEXに見られるような電気機械器具メーカー側の自己宣言による機器認証スキームではなく、ユーザー側に対する要求事項である。本研究の一環として参加した2023年3月にオーストラリアのシドニーで

開催されたTC31 CAG(Chair's Advisory Group)Meetingでのヒアリングによれば、UL121203として米国で制定された時点では防爆のスマートフォン・タブレット自体が存在しなかったことから、過渡期の暫定措置として制定された過去を持つ。IECのTSとして新規提案された時点では既に防爆スマートフォン・タブレットが存在することから、その有用性が大きく損なわれている。当該TSを議論するIEC TC31 SC31J WG2は、TC31 CAG Meeting内で開催され、Tonya Woods(米国、Baker Hughes社)氏がconvenerとして、行われた。今回は7名のエキスパートとオブザーバー数名が参加して検討が行われた。2022年秋に集約された提案内容(約210件)に対する各国からのコメントについて、可否等の検討が行われた。同WGのミーティングでは、Committee Draft(CD)への各国コメントへの対応が議論された。前記の背景を受けて、提案されたCDの中で、*Examples of some equipment which can be assigned a PEP*と示されていたAnnex Aの表でも、canからcouldの表現に後退し、以下の注記がなされている。

Potential suitability of selected examples of portable and personal products for use in a hazardous area. This list is not intended to be a comprehensive list of potential PEP equipment.

つまり、提示された例は、潜在的な候補であるとともに、包括的なリストの提供を目的としてはいない。また、例示の項目としても *Potential Suitability* から、*Potential PEP assignment where suitable certified equipment is not available* に改められており、目的の機能を持った防爆機器が存在しない場合に限ることが前面に出されている。その意味で、例えばカメラとしては防爆機器が存在するが、カメラ用途として特殊な光を観測するようなものは認められる可能性があるため、防爆機器として入手可能 (Available with a certificate for use in hazardous areas) であっても、目的とする機能によっては、PEP としての利用を検討しうることとなり PEP1/2 possible との表現へと変更された。

スマートフォンや、タブレットの例でみられたとおり、製品の開発時期、利用需要、TS としての成立・改定の間にはタイムラグが発生することから、今後も PEP として利用開始されたものが、新たに防爆機器として入手可能となる可能性は常に考慮しなければならない。本研究の実施期間内でもスマートウォッチに類する機器が、防爆機器として発表されており、我が国での検定にも合格していることから防爆機器として入手が可能になっている。このタイムラグの管理については、課題として残されているが、リスクアセスメント主体

がユーザーである以上、ユーザー側の問題として解決されるべきであろう。

なお、補聴器やインシュリンポンプなど将来も防爆機器として型式申請が望めないものは PEP の対象として残されている。

以下にコメントと事務局対応の内重要と思われるものを転載する。(以下 C) でコメント、A) でそのコメントへの回答を示す)

C) メーカーからの非認証機器提供が行われると、新規の認証へ悪影響を及ぼす可能性がある。

A) 専門家による評価と判定について、6.1 と 6.2 でリスクアセスメントが必須であることと、実施者は危険箇所の判定に精通した人が行うことを明記する。したがって一般の作業員が自己判断で・可不可を判定せず、administrative control が必要である。

C) 長期にわたっての利用が推奨されないことを明記すべき。

A) TS のそもそもの利用意図が一時的な利用であることが大前提である。

C) 体内埋め込み型の機器について本ガイドは適用されるべきではない。

A) PEP として分類される必要もなく、外気に触れないことから利用可能である旨を Annex 内で明記した。

C) PEP1 について、実際に肌につか

い場合も存在する。

A) 使用意図が記載されているので問題ない。

C) 作業場所での安全作業許可は、場所だけでなく、作業時間（開始・終了時間を含む）も非常に重要であり、許可証に記載される必要がある。

A) 場所に限定するものではなく、「所定の条件下」での許可とする。

C) 認証品が無いことを定期的に確認し、見つかった場合にはそちらの利用に切り替えることが必要である。

A) 6.1 に、PEP のリストの維持管理を行うことを追記した。

C) 多くの場合、製品を分解すると保証が無効になることから、PEP の判定が可能となるのはメーカーのみになってしまう。

A) ユーザーが容易に入手できる情報を保持し、追加情報を得る方法を明記することとした。ただし、モーターに関しては情報を得にくいので、5.1 で基本的にモーターの使われている物は PEP とできないようにした。

C) 静電気に関する IEC TS60079-32-1 が反映されていない。

A) 記載を簡略化するため、TS として全体を引用した。

C) Gb、Db については故障評価を盛り込むべきではないか。

A) エンドユーザー側では故障評価する方法がないため記載できない。

C) UL121203 では、評価実施者名を含めて文書化するように要求されている。

A) 変更案が記載されていないため対応なし。

C) 落下試験は 1.2m にしてはどうか。

A) 2m は耳の近くに装備したものを想定している。

さらに TC31 の専門家からの情報として、ドイツ PTB において危険箇所における医療機器の安全性評価の報告書³が公開されている旨の情報を得た。その報告書の中では、人工内耳、補聴器、グルコースセンサーとインシュリンポンプ、ペースメーカー、アクティブな聴覚保護装置がテストされた結果が示されている。その中で対象となっている発火現象は、静電気放電、無線通信の電磁波、電気回路としての高温表面と電気火花、電池自体が挙げられている。

おおむねいずれの機器も、発火現象となる要素についての検討は、内部の電池を別として以下のとおりで

³ „Sicherheitstechnische Beurteilung von Medizinprodukten in Ex-Bereichen“(危険箇所における医療機器の安全性評価 2022/09/1)、

https://www.bgrci.de/fileadmin/BGRCI/Downloads/DL_Praevention/Explosionsschutzportal/Wissen/Abschlussbericht_Medizinprodukte_.pdf

あった。

- ・無線通信の電磁波については、IEC60079-0 に規定された IIC グループのガスに対する 2 W の制限が基準となっているが、RFID と NFC の送信側でこの値を超える可能性があるため、注意喚起がなされている。

- ・高温表面については、身に着ける用途であることから、利用者が容易に気づくことが可能なため、高温表面が持続する時間は短く発火源となる可能性は低い。

- ・電気火花については、個別の評価が必要。

- ・静電気については筐体の小ささから発火の可能性がまれである。

- ・電池については別章立てで詳細が論じられているが、基本的には個別の対応であり、二次電池として IEC60079 シリーズの要件に従うべきこと、一次電池としてのボタン電池について着火は稀であるとされている。

機器ごとの評価として、グルコースセンサーとインシュリンポンプについては個別の評価が必要としているが、他の機器については電池を除いて着火源となる可能性はおおむね低い旨報告されている。

今回のシドニーでの IEC TC31 SC31J WG2 において、全てのコメントの検討が終わり、2024 年 2 月に TS として発効されることが予定されている。なお、日本から提案した PEP2 への電圧指定の記述については、今後の議論とされ、空調服の例示は、包

括的な例示を意図しておらず、モーターの利用が見られることから、反映されなかった。

以下は CAG ミーティングにおいて各々の規格のメンテナンスチームの会議に参加した所感であるが、WG2 に限った話ではなく、各国とも代表として参加しているのは、規格を知悉しているという意味でコンサルタントの方が多い。しかし、コンサルタント業では、規格が変更・新設されることで受注業務が多くなると考えられることから、いわゆるマッチポンプとして、科学的にはあまり有意でないような提案がなされる場面も多々見られる。また、各国内委員会での精査を経た提案になっていない、つまり提案国の代表がその場で意見の不採用を決めるような例も散見された。

2.3 IEC60079-11 の改版

2023 年 1 月に IEC60079-11 が改版され、第 7 版となった。今回の改版で、大きく変更された点を以下に挙げる。

2.3.1 Restructure of the document

第 7 版では、第 6 版の 7 と 8 が一つにまとめられて、新たに 7 となっている。この再構築の目的は、このドキュメントを新しい人にとってより親しみやすいものにするることである。その結果、既存のユーザーが新版に対応するのが難しくなるという副作用もある。 infallible

components(故障を生じないコンポーネント)、safety components(安全コンポーネント)等の用語は、いくつかの故障が常に考慮されるため、intrinsic safety depends on components(本質的安全性が依存するコンポーネント)に置き換えられた。この文書の再構築の過程で、多くの重要な解釈の違いが発見された。解釈の相違が多く発見され、旧版に対して6つの解釈書(ISH)が発行されている。C1に示された主な変更は、技術的な変更というより、解釈の変更として記載されている。解釈変更として挙げられているものは、下記のとおりである。

- Service temperature
- Transients above U_m
- Accessories which can only be used in the non-hazardous area
- Extrapolation of current limits for temperature rating of tracks
- Group III enclosures
- Separation by metal parts requires infallible connection to earth
- Assessment of semiconductors cannot use FMEA or other similar techniques
- Mains transformer means any transformer not galvanically separated from the mains
- Cold resistance of a fuse cannot be used to limit the prospective breaking current

2.3.2 Changes for 'ic'

非点火防爆 nL が、ic への移行されたことに伴い、ic の評価には認証機関ごとに大きな差が生じていた。今回の規格では以下のように明確にされた。

- 火花点火の評価では、本質安全の要求事項に適合しない電気機器の部分に発生する故障が、表で規定されるよりも小さな分離と、7 に示された構成部品に、適用される。
- 温度クラスの設定(熱点火適合)については、部品の欠陥は考慮されない。

ic の変圧器に対するルーチン試験が、関連工業規格にない場合に使用するために追加された。

2.3.3 Controlled semiconductor limitation for 'ia'

Annex Dにおいて、過剰過渡出力エネルギーではなく、総過渡出力エネルギー評価するべきであることが明示された。

2.3.4 Use of reduced separations

減少した離隔距離の要件は、附属書Fから規格本文に移された(表8及び表9)。要件は以下のように明確化された。

- IP54 のエンクロージャーに依存する場合は、Ex ケーブルグラウンドの使用を要求する特定使用条件が必要で

ある。

- ・100V を超える電圧では、型式試験またはルーチン試験が必要な場合がある。
- ・過電圧のカテゴリーを下げることで、ic の特定使用条件が必要になる。

2.3.5 Alignment of encapsulation requirements

樹脂充填についての要求事項は IEC60079-18 に下記の点で整合された。

- ・樹脂充填の許容される自遊空間の明確化。
- ・樹脂の連続使用温度のチェックを要求する。
- ・樹脂充填のルーチン試験での検証を要求する。
- ・樹脂の種類や特性を規定することを要求する。

2.3.6 Signal isolators

従来の信号アイソレータの要件は、より新しい信号絶縁技術に対応するために大幅に拡張された。DIN VDE V 0884-11 または IEC 60747-17 に準拠した信号アイソレータは、本安回路と非本安回路間の絶縁のために短絡に対して無謬であると認められるようになった。また、信号アイソレータは、最大データ転送速度でのリーク電流が $50 \mu\text{A}$ 未満でなければならない。

2.4 高高度落下試験

研究項目「新たな手法による防爆性能の評価方法と提言」に付帯して、

ドローンの利用に関する知見についても調査した。化学プラント等の保守点検においてドローンを有効活用することによってプラントの保安力向上や労働災害削減につながることを期待されている。塔類や大型石油貯槽タンク等の日常点検、災害時の迅速な点検が可能となり、AI による解析を加えることでベテラン技術者の減少への対応等につながる。このような期待の一方、現状ではプラントにおいてドローンが本格的に実用されるまでには至っていない。現時点で防爆性能を有する市販のドローンは存在せず、また、ドローンが墜落時に着火源となる可能性について意見の一致が見られていないためである。ドローンの各要素について防爆性能を持たせ構造規格上の特殊防爆として組み上げることは、現在の技術基準として可能であるとしても、後者の墜落時の着火可能性評価については、試験方法とその妥当性の議論が必要である。

EPL Gc について、「強化した保護レベルをもつ機器であって、爆発性ガス雰囲気で使用し、通常運転中は着火源とはならず、かつ、ランプの故障などのように通常想定される機能不全時にも着火源とはならないための何らかの追加の保護が講じられているもの。」とされているが、ドローンの墜落が果たして「通常想定される機能不全」に含まれるか否かについても解釈が必要である。もし、含まれるようであれば、第二類危険

箇所を飛ぶドローンにも高高度の落下試験が必須ということになる。

2.2 項同様に、上記の点について海外有識者へのインタビューを行った結果、以下の意見をいただいた。

- ・軽量のドローンであっても、PEP はあくまでも身に着ける、または持ち歩く機器が対象であることから、PEP としての利用は考えられない。

- ・墜落を検討する必要は存在する。ただし、その試験法については未だどの国においても明示されていない。

- ・落下試験については、何らかのコンセンサスが必要である。

現在、日本における防爆機器に課される落下試験として、JNIOOSH TR-No. 39 の 3215 項（150cm から厚さ 5 cm 以下の木板に 3 回）、JNIOOSH TR-No. 46-1 の 26.4.3 項（1m 以上からコンクリート床に 4 回）の二つの基準があるが、いずれもドローンが運用されるような高高度からの墜落は想定されていない。また、墜落後速やかに安全の確保を行うとしても、その措置が行われるまでの間は墜落した機体が危険箇所にとどまることから、何らかの意味で防爆性能を担保する必要がある。したがって、ドローンに課すべき落下試験については、運用高度と相関する高さから、安全を担保するに十分な回数と、判定基準を適切に決定することが望まれる。以上の観点から、ドローン運用・防爆検定の有識者の意見を聴取し、是々非々で検討する場を設けることが望まれる。検定基準が明確化され

れば、構造規格上の特殊防爆の形で実用化することが可能となる。その上で運用が実施された場合、その経験を基に、基準の運用方法改善や国際規格への提案へと進むことが可能となる。

2.5 リスクアセスメント結果の保全

提言の中で、リスクアセスメント結果の保全について触れている。本研究初年度の報告でも、ATEX でのメーカー自己宣言の防爆機器についても同様に文書の保管が必須になる旨を書いた。自己宣言に関する文書は、ATEX 指令 2014/34/EU の Annex VIII 中に「国家当局の裁量の下」の管理との記述がある。提言の中のリスクアセスメントの保全を含めた形で、第三者が管理できるような状況を我が国でも作り出すことができれば、実績の検証を経て規制の緩和にも資することとなる。

シンガポール等で利用されている事業者のリスクアセスメント結果を Safety Case として提出する制度への発展も考えられる。この Safety Case については、行政の規制に従うことで安全対策を十分と判断することなく、What-if の分析による自主行動計画を含む文書として作成されるものである。規制自体が及ばない新規技術であっても、安全性評価に論理性があり、自主行動計画の中で安全を担保できることを宣言することで、利用できる制度になる。

クロアチアの例では、歴史的に炭

鉍での事故を教訓に、Government Inspection Body が協力し、監査権限を持ち、かつ Center of knowledge が首都 Zagreb に設置されており、52 名の専門家が配されている。人口 360 万人のクロアチアでは化学工業が盛んであるとは言えないものの、爆発災害防止へ、いかに注力しているかがうかがえる。基本的に企業は 3 年ごとの監査を受けることとなっている。なお、IEC TC31 の SC31J は 1981 年クロアチア（当時はユーゴスラビア）の主導で設置され、Secretary はクロアチア代表の専門家が務めている。その SC31J の下に IEC 60079 シリーズの、防爆エリアを判定する-10、設備・施工を規定する-14、内圧室と人工換気室を規定する-13、監査とメンテナンスを規定する-17、修理とオーバーホールと再利用を規定する-19 に関するメンテナンスチームが設置されている。また、本研究の中でも触れている PEP に関する WG2 も同 SC31J の下に設置されている。クロアチアのように監査制度を立ち上げるような人員を確保するには、時間が必要であるが、文書管理保持を第三者として「国家当局の裁量の下」に設置することは、理にかなっている。

D. まとめ

令和 4 年度は、研究項目 4 点についての検討結果踏まえて、委員会形式で以下のとおり提言をまとめた。

(1) ガス検知機とインターロックの利

用による EPL（防爆性能）評価・運用方法

インターロックについては、リスクアセスメントに基づいて利用可能とする。EPL については、IEC の元々の運用に基づき、リスクアセスメントの結果として自由な選択を可能とする。

(2) IECEx スキームにおける認証の信頼性確保方法

ISO/IEC17025、17065 の取得機関の ExTR は、国内検定試験結果として扱えるものとする。

(3) 検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性に係る提言

IEC TS 60079-48 の正式発効まで保留とする。ただし、大前提として防爆機器として機能が存在しない場合に限る。

(4) 新たな手法による防爆性能の評価方法と提言

粒体充填防爆を、国内でも利用可能とする。

また、提言に付随した情報として、以下について報告した。

- (1) 炭鉍におけるインターロック利用
- (2) Portable/Personal Electronic Products
- (3) 高高度落下試験
- (4) リスクアセスメント結果の保全

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

- (1) 論文発表

1) 野田和俊, 大塚輝人, 防爆エリア
におけるインターロック機能の有効
性とその歴史について. 安全工学.
Vol. 62 No. 3 ページ未定

G. 知的財産権の出願・登録状況
なし

危険箇所における先端電気機械 器具の利用法に関する提言

令和5年5月31日

(独)労働者健康安全機構
労働安全衛生総合研究所

目 次

1.	目的.....	1
2.	用語.....	1
3.	関係法令、引用規格、参考文献.....	4
3.1.	関係法令等	4
3.2.	引用規格等	5
3.3.	参考文献	7
4.	インターロック	7
4.1.	適用範囲	7
4.2.	我が国における現状.....	8
4.3.	諸外国におけるインターロックの利用状況	9
4.3.1.	アメリカ	9
4.3.2.	EU.....	10
4.3.3.	カナダ	10
4.4.	定量的解釈事例	10
4.5.	その他.....	13
5.	検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性	13
5.1.	IEC TS60079-48 の概略	14
5.2.	要求事項とエビデンス及びその保全方法.....	15
5.3.	その他.....	15
6.	IECEX スキームにおける認証の信頼性確保方法	16
6.1.	IECEX スキームと我が国の現状について.....	16
6.2.	IECEX Operational Document 003-2 の概略.....	17
6.3.	ISO/IEC 17025, 17065 の概要	18
6.3.1.	ISO/IEC 17025 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項.....	18
6.3.2.	ISO/IEC 17065 適合性評価－製品、プロセス及びサービスの認証を行う機関 に対する要求事項.....	19
6.4.	ExCB の ISO/IEC 17025, 17065 取得状況	21
6.5.	その他.....	21
7.	EPL 評価・運用方法	21
7.1.	EPL と我が国における現状.....	22
7.2.	EPL を利用したリスクアセスメントとその保全方法.....	22
7.3.	その他.....	22
8.	新たな手法による防爆性能の評価方法	23
8.1.	粒体充填防爆構造.....	24

8.2.	試験例.....	24
8.3.	その他.....	24
9.	提言.....	24
9.1.	インターロック	24
9.2.	検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性.....	25
9.3.	IECE _x スキームにおける認証の信頼性確保方法	25
9.4.	EPL 評価・運用方法.....	26
9.5.	新たな手法による防爆性能の評価方法.....	26
10.	委員名簿	26

1. 目的

IoT、ドローンに代表される機器の進歩に対して、防爆機器はその特殊性から必ずしも最先端に追随していくことはできない。IEC TS60079-48 として発行を予定されているガイドラインは、携行可能な電気機械器具(PEP)を限定的に危険箇所に持ち込む際に必要な検討事項についてのものであるが、一般の電気機械器具すべてを包括するものではない。一方、危険箇所であっても、常時爆発性雰囲気が発生しているわけではないことから、適切な時間分割によって着火源と可燃物が同時に存在することを防ぐ、いわゆるインターロックによって爆発災害を防ぐ方法も考えられている。IEC においては、内圧防爆構造や光放射防爆構造の要件としての場合を除き、インターロックについて特段の言及はないものの、EN 規格等には実運用の面でリレーを出力として持つものに関するものが存在する。翻って我が国でも、防爆指針上で電気設備の防爆対策の特例として、ガス検知器とインターロックをもつ電気設備について言及されているが、労働省通達昭和 35 年 11 月 22 日基発第 990 号によって、安衛則 283 条に示される適用除外に該当しない旨解釈されており、現行の法令上では利用できない。そこで、最先端の電気機械器具について、安全性を担保した上での危険箇所での利用可能性について、有識者によって委員会を設立し検討した。

また、より一層の規制緩和を目指すため、海外防爆認証品に対する国内検定の簡素化の一環として、IECEX の枠組みで発行される Test Report (ExTR) の信頼性確保と、機器保護レベル(Equipment Protection Level:EPL)の弾力的運用、我が国で未導入の防爆構造である Powder filling についても併せて検討した結果を提言書として以下にまとめる。

2. 用語

2.1. IEC

International Electrotechnical Commission(国際電気標準会議)。電気工学、電子工学、および関連した技術を扱う国際的な標準化団体。

2.2. IECEX

IEC 防爆機器規格適合試験制度。

2.3. IEC TC31

IECEX に関連する規格 IEC 60079 シリーズの改版を審議する Technical Committee。

2.4. ExTR

Ex Test Report。IECEX に従った形での防爆機器規格適合試験結果報告書。

2.5. QAR

Quality Assessment Report。品質システム審査報告書。防爆機器の生産にあたって品質を保持する能力に関する報告書。

2.6. CoC

Certificate of Conformity。認証書。防爆機器については、ExTR と QAR を受けて、IECEX システムにのっとった防爆性を有する機器であることの証明書。

2.7. ExCB

Ex Certification Body。QAR の作成を担当し、ExTR と合わせて CoC を発行する機関。

2.8. ExTL

Ex Testing Laboratory。防爆に関する試験所。試験結果は ExTR の形で ExCB に報告する機関。

2.9. ATF

Additional Testing Facility。追加試験所。ExTL にひもづいた形で、防爆試験の一部を担う。

2.10. EPL Ga

極めて高い保護レベルをもつ機器であって、爆発性ガス雰囲気で使用し、通常運転中、想定内の機能不全時又は稀な機能不全時でも点火源とはならないもの。

2.11. EPL Gb

高い保護レベルをもつ機器であって、爆発性ガス雰囲気で使用し、通常運転中又は想定内の機能不全時でも点火源とはならないもの。

2.12. EPL Gc

強化した保護レベルをもつ機器であって、爆発性ガス雰囲気で使用し、通常運転中は点火源とはならず、かつ、ランプの故障などのように通常想定される機能不全時にも着火源とはならないための何らかの追加の保護が講じられているもの。

2. 13. EPL Da

極めて高い保護レベルをもつ機器であって、爆発性粉じん雰囲気で使用し、通常運転中、想定内の機能不全時又は稀な機能不全時でも着火源とはならないもの。

2. 14. EPL Db

高い保護レベルをもつ機器であって、爆発性粉じん雰囲気で使用し、通常運転中又は想定内の機能不全時でも着火源とはならないもの。

2. 15. EPL Dc

強化した保護レベルをもつ機器であって、爆発性粉じん雰囲気で使用し、通常運転中は着火源とはならず、かつ、例えばランプの故障のように通常想定される機能不全時にも点火源とはならないための何らかの追加の保護が講じられているもの。

2. 16. PEP

Personal/Portable Electrical Product。個人用/携帯用電気機械器具。2011年からUL121203によって規定された、簡易リスクアセスメント基準を適用して危険箇所において利用可能しうる小電力電気機械器具。現在、IEC TS 60079-48としての発効を目指してIEC TC31 Subcommittee 31J Working Group 2で検討されている。詳細は5.1.節参照のこと。

2. 17. LFL

Lower Flammable Limit。爆発下限界。

2. 18. 危険箇所

Hazardous area。可燃性混合気(粉じん雲)が生成する可能性のある区域の内、爆発規模が無視できない場所。特別危険箇所、第一類危険箇所、第二類危険箇所の3段階で評価される。各々、JIS C 60079-10:2008に指定される危険度0区域、危険度1区域、危険度2区域に同じ。また、IEC60079-10に規定されるZone 0, 1, 2に各々同じで、特別危険箇所>第一類危険箇所>第二類危険箇所の順で危険性が高い。時間的区分については4.4節参照。

2. 19. 放出等級

Grade of release。危険箇所を指定する際の、可燃物の放出源を3段階で評価したもの。連続等級(Continuous)、第一等級(1st grade)、第二等級(2nd grade)

があり、各々年間 1000 時間超、10 時間から 1000 時間、10 時間未満の範囲で可燃物を出す放出源に相当する。

2. 20. 換気度 (希釈度)

IEC60079-10-1:2015 から、Ventilation から Dilution へ用語が変更された。放出される可燃物に対して、雰囲気風速に合わせて形成される可燃性混合気 (粉じん雲) の大きさの評価の尺度。高換気 High Ventilation (高希釈 High Dilution)、中換気 Medium Ventilation (中希釈 Medium Dilution)、低換気 Low Ventilation (低希釈 Low Dilution) の 3 段階で評価される。

2. 21. 換気有効度

Availability of Ventilation。換気の継続性を示す指標。良 (Good)、可 (Fair)、弱 (Poor) の三段階で示され、良は実質的に連続した換気が存在する場合、可は通常運転中に換気が予測できる低頻度で短時間の換気停止があっても許容する場合、弱は良及び可のいずれでもないが長時間にわたる換気の停止はないと予測できる場合を指す。4.4 節参照。

2. 22. Negligible Extent

可燃性混合気 (粉じん雲) が生成する可能性のある区域の内、爆発規模が無視できる場所。実質的に非危険箇所として扱う。

2. 23. ATEX

Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosibles (爆発性雰囲気下で使う機器)。ATEX Directive によって欧州では防爆規制がなされている。

2. 24. NB

Notified Body。ATEX directive に従った機器認証機関。

2. 25. 危険側故障

Dangerous Failure。機器の故障によって、危害が発生する可能性のある状況。

3. 関係法令、引用規格、参考文献

3. 1. 関係法令等

労働安全衛生法第 28 条 (事業者の行うべき調査等)

労働安全衛生規則第 280 条 (爆発の危険のある場所で使用数電気機械器具)

労働安全衛生規則 第 283 条(理作業等の適用除外)

昭和 35 年 11 月 22 日基発第 990 号(労働安全衛生規則 第 283 条解釈例規)

昭和 44 年労働省告示 16 号(電気機械器具防爆構造規格)

昭和 44 年 5 月 10 日基発第 306 号「電気機械器具防爆構造規格の運用について」

平成 12 年基安発第 14 号「防爆構造電気機械器具に係る型式検定の取扱いについて」

平成 20 年 9 月 25 日基発第 0925001 号「労働安全衛生規則の一部を改正する省令の施行及び電気機械器具防爆構造規格及び昭和四十七年労働省告示第七十七号の一部を改正する告示の適用について」

平成 27 年基発 0831 第 2 号「電気機械器具防爆構造規格第 5 条の規定に基づき、防爆構造規格に適合するものと同様以上の防爆性能を有することを確認するための基準等について」

平成 29 年基安発 0106 第 3 号「防爆構造電気機械器具に係る型式検定の新規検定における申請の手続きについて」

令和 2 年基安発 0305 第 2 号「防爆構造電気機械器具に係る型式検定の新規検定における申請の手続きについて」

令和 3 年基発 0812 第 5 号「電気機械器具防爆構造規格第 5 条の規定に基づき、防爆構造規格に適合するものと同様以上の防爆性能を有することを確認するための基準等について」

3.2. 引用規格等

3.2.1. API RP505

American Petroleum Institute Recommended Practice 505:1997/2018

3.2.2. ATEX Directive 2014/34/EU Guidelines

3.2.3. Canadian Electrical Code, Part I (24th Edition), Safety Standard for Electrical Installations

3.2.4. Clarification /Decision Sheet ExNB/01/105/CS Edition 1.0

3.2.5. Clarification /Decision Sheet ExNB/02/112/CS Edition 1.0

3.2.6. EIMCSP15

Energy Institute Model Code of Safety Practice Part15: Area Classification for Installations Handling Flammable Fluid 4th Edition.

3.2.7. IEC60079-5

EXPLOSIVE ATMOSPHERES -Part 5: Equipment protection by powder filling “q”

3.2.8. IEC60079-10-1

Explosive atmospheres - Part 10-1: Classification of areas - Explosive

gas atmospheres)

3.2.9. IEC60079-14

Explosive atmospheres - Part 14: Electrical installations design, selection and erection

3.2.10. IEC TS 60079-42

Explosive atmospheres - Part 42: Electrical Safety Devices for the control of potential ignition sources

from Ex-Equipment

3.2.11. IEC TS 60079-48

Explosive atmospheres - Part 48 - Portable Electronic Equipment - Guide for the use of equipment without a certificate for use in Hazardous Areas

3.2.12. IECEx Operational Document 003-2

Assessment procedures for IECEx acceptance of applicant Ex Certification Bodies (ExCBs), Ex Testing Laboratories (ExTLs) and Additional Testing Facilities (ATFs) - Part 2: Assessment, surveillance assessment and re-assessment of ExCBs and ExTLs operating in the IECEx 02, IECEx Certified Equipment Scheme

3.2.13. ISO/IEC 17025:2017

General requirements for the competence of testing and calibration laboratories

3.2.14. ISO/IEC 17065

Conformity assessment - Requirements for bodies certifying products, processes and services.

3.2.15. JIS C 60079-10:2008

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

3.2.16. Non-binding guide to good practice for implementing the European Parliament and Council Directive 1999/92/EC

3.2.17. TR-No. 39

工場電気設備防爆指針(ガス蒸気防爆2006)

3.2.18. TR-No. 44

ユーザーのための工場防爆設備ガイド

3.2.19. TR-No. 46

工場電気設備防爆指針(国際整合技術指針)

3.2.20. UL121203

Recommended Practice for Portable/Personal Electronic Products Suitable

for Use in Class I, Division 2, Class I, Zone 2, Class II, Division 2, Class III, Division 1, Class III, Division 2, Zone 21 and Zone 22 Hazardous (Classified) Locations

3.3. 参考文献

大塚輝人、持田智、古谷隆志. 安全工学. ゾーン算定における換気有効度の定量化. 安全工学. 2022; 61: 141-148

大塚輝人、持田智、古谷隆志. 安全工学. 機能安全を踏まえた精緻な判定による非危険区域の確保. 安全工学. 2022; 61: 201-208

4. インターロック

燃焼の3要素である可燃物、空気、点火源について、それらが同一箇所が存在しないようにするため、可燃物が存在する可能性がある場所を危険箇所として設定し、電気機械器具に防爆性能を与える形で点火源を除くというのが、そもそもの防爆規制の考え方の大前提である。一方、先に挙げた3要素が同時に存在しなければ、同様に爆発災害を防ぐことができる。こちらの考え方によれば、可燃物の検知によって電気機械器具の点火能力を除く、いわゆるインターロックによっても同様な安全を達成することが可能である。残念ながら、このインターロックの考え方について、IECの規格内では明確に記されたものがなく、したがって我が国へ導入可能である国際的な防爆規制で認められた考え方というものは存在しない。

一方、換気の継続性については、危険箇所の判定に関して我が国の判定基準である JIS C60079-10:2008 へと翻訳された IEC60079-10:2002 から改定を重ねた中で、IECでも一貫して「換気有効度」が用いられている。継続性は時間的な概念であり、停止が可燃物の発生と同時でなければ良いことを暗に前提としている。つまり、時間的な概念の利用が否定されているわけではなく、その明確な基準としての採用がなされていないというのが現状である。また、換気については、最新の IEC60079-10:2020 でも自然換気、人工換気の二つが挙げられている。人工換気を利用して、危険箇所の種類の変更や範囲の縮小が可能であるとされ、同時に時間的な短縮も図られることが明記されている。

以下では、インターロックについて、我が国における現状と諸外国での利用状況を示したのち、これまで経験則として受け入れられていない時間的な基準を利用して同等の安全の確保を機能安全の考え方をを用いて示す。

4.1. 適用範囲

本提言では、ガス検知器による電気機械器具の電源遮断を目的としたインタ

一ロックを適用対象とする。

また、定量的な解釈を行う上で、ガス検知器によって自動的な電源遮断を行うインターロックを対象とし、ガス検知器の発報を受けた人による電源遮断というルールベースの対応は含まないこととする。バッテリー駆動の機材に関して、単に電源断では点火可能なエネルギーがバッテリー内に残されているため、バッテリー自体が防爆仕様でない限りは本提言には含めない。

さらに、インターロックが従来の空間的隔離と同等の安全性を確保する場合であっても、残留リスクの顕在化時の危害を最小限にとどめるため、適用範囲を第二類危険箇所限定とする。

4.2. 我が国における現状

労働安全衛生総合研究所技術指針 TR-No. 39 は、昭和 44 年労働省告示第 16 号電気機械器具防爆構造規格と昭和 44 年 5 月 10 日基発第 306 号「電気機械器具防爆構造規格の運用について」によって指定されている防爆構造に関する技術的基準として指定されている文書であるが、その中でインターロックに関して以下の記述がある。

1550

電気設備の防爆対策の特例

(1) 換気装置とインターロックを持つ防爆対策の特例

建家の内部は、換気の程度によって、爆発危険箇所の範囲が狭くなるか、より危険度の低い爆発危険箇所となるか、あるいは非危険場所となる。したがって、全体強制換気又は局所強制換気を活用して爆発危険箇所の種別及び範囲を低減するとともに、換気装置とインターロックをもたせることにより、一般の電気機器を使用することも可能となる場合がある。

(2) ガス検知器とインターロックをもつ電気設備

爆発性雰囲気が存在する範囲が狭く、持続時間も短い場合は、放出源の周囲の環境をガス検知器で検知し、爆発性ガスの濃度が爆発下限界の 25% 以下の場合に限り、ガス検知器とインターロックをもたせることにより、一般の電気機器を使用することも可能である。

(1) 換気装置とインターロックを持つ防爆対策の特例に関しては、ガス検知器と換気装置間にインターロックを持たせ、放出が多い場合には換気風量を大きくするという形の制御を示している。これは人工換気によって危険箇所の種類の変更や縮小が図れることと合致しており、その継続性、すなわち換気有効度が保たれる限りにおいて、非危険箇所とできる場合があることを述べているため、利

用が可能であると解釈できる。さらに、IEC60079-10-1:2020 では、

On the other hand, artificial ventilation that serves the areas exposed to explosion conditions usually has a good availability because it incorporates technical means to provide for high degree of reliability.

の記載があり、自然換気に比べて人工換気は信頼性を高くすることも可能である。

しかし、(2)ガス検知器とインターロックをもつ電気設備については、昭和35年11月22日基発第990号通達によって指定される、安衛則第二百八十三条の修理作業等の適用除外の措置に該当しないとされている。以下に当該通達を示す。

「爆発又は火災の危険が生ずるおそれがない措置」とは、隔壁による完全隔離、局所排気、作業対象物としての配管、容器等の内部の可燃物の完全排気、又は不活性ガスによる置換等の措置であって、当該ガス、蒸気又は粉じんの危険性に対して、適応するものをいうこと。

したがって、現在我が国ではガス検知器とインターロックをもつ電気設備は利用することができない。

4.3. 諸外国におけるインターロックの利用状況

以下では、調査で判明した諸外国におけるインターロックの利用方法について記す。

4.3.1. アメリカ

APIRP505 に示された考え方では、Vaportight で隔離された場所であれば、インターロック利用できるとされている。Vaportight と記載された壁を昭和35年11月22日基発第990号通達に指定される隔壁による完全隔離と解釈すれば、安衛則第二百八十三条の修理作業等の適用除外の措置に該当するため、我が国ではインターロックの利用すら必要なく、非危険箇所と解釈することも可能である。

APIRP505:1997 の初版には、Table 3 に経験則として、危険箇所の時間的区分が示されている。その中では、年間1時間未満の可燃性混合気の形成については非危険箇所とされており、その記載を安衛研 TR-No. 39 の「1410 爆発危険箇所の種別」と「TR-No. 44 の2.2.1 ガス蒸気危険箇所の種別関係」の各々の解説として参照している。

4.3.2. EU

EU における防爆指令である ATEX では、ATEX Directive 2014/34/EU GUIDELINES に、Devices outside the scope of Article 1(1) (b)として、制御機能を持たないガス検知器はガイドラインの対象外、つまり制御機能を持つガス検知器の利用を認めており、同ガイドラインの対象として爆発リスクについての“safety device”として使用するものも含まれ、EU type examination certificate が発行されている。また、Non-binding guide to good practice for implementing the European Parliament and Council Directive 1999/92/EC で、3.1.5. Gas alarm において、爆発性混合気が発生した際に非防爆機器の電源を切るためのガス検知システムを着火防止装置と認めている。

さらに、ATEX の認証機関である Notified Body への Clarification/Decision Sheet、ExNB/01/105/CS Editon 1.0、ExNB/02/112/CS Editon 1.0 において、エネルギーを持った電子回路の耐圧防爆の外装を開放する前に爆発性混合気を検知するための可搬型ガス検知器を安全関連機器と認めている。

4.3.3. カナダ

Canadian Electric Code C22.1 18-068 では、防爆機器が利用できないような場合に、通常利用時に点火源とならない非防爆電気機器を第二類危険箇所へ持ち込む際、LFL20%でのアラーム発報と濃度を減少させる対策の実行、濃度減少の手段がなければその時点で電源の自動遮断、濃度減少の手段がある場合には LFL の 40%まで猶予したのちに電源の自動遮断というシステムを利用することができる。ただし、全体当該システムについては、州に認められた有資格者が認証することとなっている。

4.4. 定量的解釈事例

APIRP505 における危険箇所の時間的な解釈の表と同様に、英国 EIMCSP15 に Table 1.2 として危険箇所と可燃性混合気の年間の存在時間の関係について示されている。ただし、そこには非危険箇所の閾値についての記載はない。EIMCSP15 の表では放出等級と直結した形で危険箇所が提示されている。これは、放出された可燃性ガスの滞留時間が、混合拡散によって十分に薄まるまでの時間に比して無視できることを前提しており、放出量、換気度、流体の性質によって状況は大きく異なる。

表 4.4.1 に EIMCSP15:2015 の Table 1.2 を引用した。時間的区分について、同表を基に機能安全による定量的な評価の例を下記に挙げる。

本提言では、非防爆電気機械器具とインターロックの組み合わせの可能性を論じるため、Negligible Extent 相当の非危険箇所となる場合を考えていることから、危険側故障がない場合には高換気を保つものとする。以下に放出等級、換

気度、換気有効度から危険箇所を分類するための、IEC60079-10-1:2020 の Table D.1 に示された表を表 4.4.2 として引用した。

表 4.4.1 放出等級と危険箇所の時間的区分(Model Code of Safety Practice Part 15:Area Classification for Installations Handling Flammable Fluid 4th edition Table1.2 を引用)

Grade of release	Likely to occur in normal operation	Presence of flammable atmosphere hours/yr in open area	Zone
Continuous	Yes	Greater than 1 000	Zone 0
Primary	Yes	1 000 – 10	Zone 1
Primary	Yes	Fewer than 10	Zone 2
Secondary	No	Greater than 10	Zone 1
Secondary	No	Fewer than 10	Zone 2

表 4.4.2 危険箇所の分類表(IEC 60079-10-1:2020 Table D.1 から抜粋引用)

Grade of release	High Dilution		
	Availability of Ventilation		
	Good	Fair	Poor
Continuous	Non-hazardous (Zone 0 NE) ^a	Zone 2 (Zone 0 NE) ^a	Zone 1 (Zone 0 NE) ^a
Primary	Non-hazardous (Zone 1 NE) ^a	Zone 2 (Zone 1 NE) ^a	Zone 2 (Zone 1 NE) ^a
Secondary ^b	Non-hazardous (Zone 2 NE) ^a	Non-hazardous (Zone 2 NE) ^a	Zone 2

年間の故障時間を機能安全の考え方をを用いて算出し、表 4.4.1 に当てはめた

場合を考える。以下は、参考文献に記した論文を再構成したものである。

運転時間 T_{opy} を一年間 = 8760 h として、その運転中における定期点検間隔を T_{op} とし、ある装置の危険側故障の内、定期点検の際にしか見つけえない故障の発生率 λ_{du} [h^{-1}]、定期点検の際に見えられた故障を修理する時間を MRT [h]、定期点検以外で見え可能な故障の発生率を λ_{dd} [h^{-1}]、その際の修理に必要な時間を $MTTR$ [h]とすれば、年間の装置故障によって期待どおりに動かない年間のダウンタイム T_{cey} [h]は以下の式で表せる。

$$T_{cey} = \lambda_{du} T_{opy} \left(\frac{T_{op}}{2} + MRT \right) + \lambda_{dd} T_{opy} MTTR \quad (1)$$

第一項は故障の発生から発見までにかかる時間の期待値に修理時間を加え、発生率と運転時間をかけたものであり、第二項は直ちに故障が発見される場合を想定して発生率と運転時間をかけた故障の発生回数の期待値に修理時間をかけたものである。いずれも独立であることから、和としてダウンタイムは評価されている。

式(1)に従って、例えば換気系統の故障について、 $MRT = MTTR = 8$ h, $T_{op} = 1$ y = 8760 h, $10\lambda_{du} = \lambda_{dd} = 6.0 \times 10^{-6} h^{-1}$ とした場合、ダウンタイムは23.5 hと計算できる。このダウンタイムは、表4.4.1でZone1と判定することが可能である。この場合連続等級の放出源に対して、Poor(弱)の換気有効度を持つと解釈されることとなる。放出等級が当該故障と確率的に独立であるなら、ダウンタイムを故障と放出が同時に存在する場合として計算することも可能である。同じ数字で換気系統の故障とせず、ガス検知器を用いたインターロックシステム自体の故障率と修理時間と考えることも同様に可能である。

同じ例で、定期点検の期間を3か月に1度($T_{op} = 2190$ h)とした場合、ダウンタイムは6.2 hと計算でき、Zone2相当に対応するものと考えられる。表4.4.2から、これは連続等級の放出源に対して換気有効度がPoor(弱)からFair(可)になったことと対応づけることができる。したがって、定性的に指定された換気有効度の連続性について、機能安全の考え方から定量的に評価することが可能となったことを示している。

表4.4.1では示されていない、非危険箇所とZone2との線引きについても、例えば、放出等級連続(Continuous)と第二等級(Secondary)とで100倍以上の放出時間の違いがあることから、換気有効度可(Fair)の列を見ることで、非危険箇所とみなせる時間区分は、Zone2の最大値10 hの、少なくとも1/100である0.1 h未満であることが期待される。

ダウンタイム0.1 hは、API RP505:1997に記された1 hよりも小さく、より安全側の指標であるが、実機で達成するには不可能ではないものの、困難な値である。ただ、そのような場合であっても、例えば換気系統の故障検知に加えて、

インターロックによる放出の監視を行うことで達成は可能な数字である。

以上では、簡素化したモデルに対して、機能安全の考え方に基づいて、EI MCSP15:2015 の時間による危険箇所の区分から、

- ・換気有効度を定量的に評価できること
- ・第二類危険箇所と非危険箇所との時間的閾値を 0.1 h として矛盾のないこと
- ・ガス検知器とインターロックによっても、同様な検討は可能でかつ、従来の換気設備等との併用によって、上記時間的閾値を達成することが可能であること

を例示した。

4.5. その他

ガス検知器が可燃性混合気を検知した場合、可燃物濃度の継続した上昇が懸念される。電源断によってエネルギー供給が正しく遮断でき、バッテリーがない場合でも、回路内にはエネルギーが残っている場合が往々にして存在する。ガス検知器が LFL よりも十分に低い段階で、正しく電源断を行ったとしても、回路のエネルギー放散が遅い場合に点火の可能性があるかは、放出源の評価と換気と、回路のエネルギー放散の時間に依存するため、個別にリスクアセスメントが必要である。

5. 検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性

PEP についての技術基準 IEC TS 60079-48 は、2011 年に発行された米国規格 UL121203 を基に 2019 年 11 月 24 日に IEC へ新規提案され、当初予定 2021 年 12 月 10 日に発効される予定であった。COVID19 による、対面会議の制限と体制の変更によって大きく議論は遅れ、現時点での本提言の元となる調査研究期間内を超えての発効であることとなった。したがって、下記に示す内容は提言時点での進捗を反映したものである。

また、2015 年に公開された労働安全衛生総合研究所技術指針 TR-No. 46 シリーズを防爆の技術基準として採用した平成 27 年基発 0831 第 2 号「電気機械器具防爆構造規格第 5 条の規定に基づき、防爆構造規格に適合するものと同様以上の防爆性能を有することを確認するための基準等について」以降、最大定格 1.5 V、100 mA、25 mW の電気機械器具については、「点火源・着火源となるおそれのないもの」とされ、危険箇所においても利用可能とされている。したがって、PEP の対象となる補聴器などは、我が国では現行制度の中でも利用できる。以下に当該通達を引用する。

(9) 安衛則第 280 条等が適用されない電気機械器具の範囲について

IEC 規格において、定格電圧等の最大値が次の表の各区分の値以下である電気機械器具は、可燃性ガス若しくは引火性の物の蒸気又は可燃性の粉じん若しくは爆燃性の粉じん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使用しても点火源・着火源となるおそれのないものであり、安衛則第 280 条から第 282 条までは適用されないこと。ただし、当該電気機械器具を他の電気機械器具に接続することにより、当該電気機械器具の回路の定格電圧等が次の表の各区分の値を超えるおそれのあるときは、この限りでないこと。

区分	値
定格電圧	1.5 ボルト
定格電流	0.1 アンペア
定格電力	25 ミリワット

TR-No. 46 の改版の際に当該通達は廃止されたが、改版された TR-No. 46 が新しい通達で技術基準として指定される際に、同様の記述がなされている。現行 TR-No. 46-1, 8 の改版と-11 の追加を新たな技術基準として指定した令和 3 年基発 0812 第 5 号通達にも、別添 1 の 3(10)として同様の記載が存在する。

5.1. IEC TS60079-48 の概略

危険箇所では非防爆電気機械器具を使用するための手引きとして作成され、IEC60079-14 を補完する意味での Technical Specification (TS) であるので、ATEX に見られるような電気機械器具メーカー側の自己宣言による機器認証スキームではなく、ユーザー側に対する要求事項である。

PEP に該当する機器であれば何でも使用できる印象をもってしまいが、本文中では、原則防爆機器として市販化されているジャンルの機器は防爆機器を使う前提となっている。例としては iPhone を使いたいが、android 機器で防爆製品があるので、iPhone は使えず、防爆品の android 機器を使うなどの前提となる。このような背景から、電気機械器具の内、実際に防爆エリアで使用されるような電気機器はかなり限られている。

あくまで個人が身につけてポケットなどに入れる、または腰や首からぶら下げるなどの機器に限定し、電源内蔵であっても通信線に接続するような機器は除外となっている。PEP は人が着用接触して使う PEP1 と人が携帯する PEP2 に大別され、PEP1 は EPL Gc Dc 相当と Gb Db 相当の 2 レベル、PEP2 に関しては Gc Dc 相当の 1 レベルが想定されている。以下に挙げる一般要求事項に加えて、各々

のレベルに応じた追加要求事項が設定されている。

- a) 無線周波数エネルギー伝送を制限する。(制限出力はガス種による)
- b) 強制換気がないこと
- c) 通常動作において電氣的又は機械的火花が発生しないこと
- d) 通常動作において、外部表面温度が 60 °Cを超えないこと
- e) モーターは、そのモーターが非アーク技術を組み込んでいることが証明されない限り、使用しない
- f) 0.1W/cm²を超え、10MHz を超える超音波エネルギーは使用しない
- g) クラス 1 の光源以外の光放射がないこと
- h) 衝撃を受ける可能性のある製品、又は衝撃から保護されていない製品に圧電部品がないこと
- i) 急激なエネルギー放出を必要とする機能がないこと

基本的に上記要求事項の検証は、製造者の宣言又は仕様書によることができる。

PEP については代替手段が無いので、基準があいまいなまま妥協しているものというより、TS の 6 章にあるとおり運用管理を行うことでリスクの低減が図られているとの考えに基づくものである。

5.2. 要求事項とエビデンス及びその保全方法

国内への導入に際して、このユーザー側への要求事項を、自己宣言に類するものではなく第三者認証を利用することも考えられる。TS には、要求事項の確認結果をどう保管するかや、エビデンスについての規定はない。また、TS が新規提案の段階で、テンプレートがつけられないかとの意見があったが、各国の事情が千差万別であるため提供は見送られた経緯がある。

ユーザー側でのリスクアセスメントに基づいて利用するものであり、そのリスクアセスメントのエビデンスの残し方については、なお議論がのこる。

5.3. その他

一般事項の内、「外部表面温度 60°C以下」の項目があり、付属書 A には「電熱服 (Electrically Heated Clothing)」が記載されている。このような機器の使用を前提とすると 60°C記載は適切と考える。この電熱服の発想は日本では考えにくく、委員および関係者などが実際にそのような環境、例えば厳寒のガス等プラント・北海石油プラントなどの作業現場を体験したことが基になっているのかもしれない。

PEP1 (Gc、Dc)は、主にスマートウォッチを前提とした内容と推察される。本文中の「4.5 V」の制限は IEC60079-11 から採用、電流容量制限 350 mAh は代表的なスマートウォッチのバッテリー仕様を基にしたと推察される。本提言執筆時点で、防爆スマートウォッチの市販が開始されていることも申し添えておく。

PEP2 該当の場合、「DC9 V 以下、約 9,000 mAh」の要求事項が追加され、かつ 2m の高さから水平なコンクリート表面に落下させる試験が必要とされる。

6. IECEx スキームにおける認証の信頼性確保方法

ExTR の信頼度を担保する基準と考えられるものを考慮した場合に、IECEX の Operational Document 003-2 に IECEx 内での監査基準の緩和要件として ISO/IEC17025、17065 の取得が指定されている。その概略と ISO 取得状況を以下に示す。

6.1. IECEx スキームと我が国の現状について

図 6.1.1 として、IEC の認証システムについて示す。

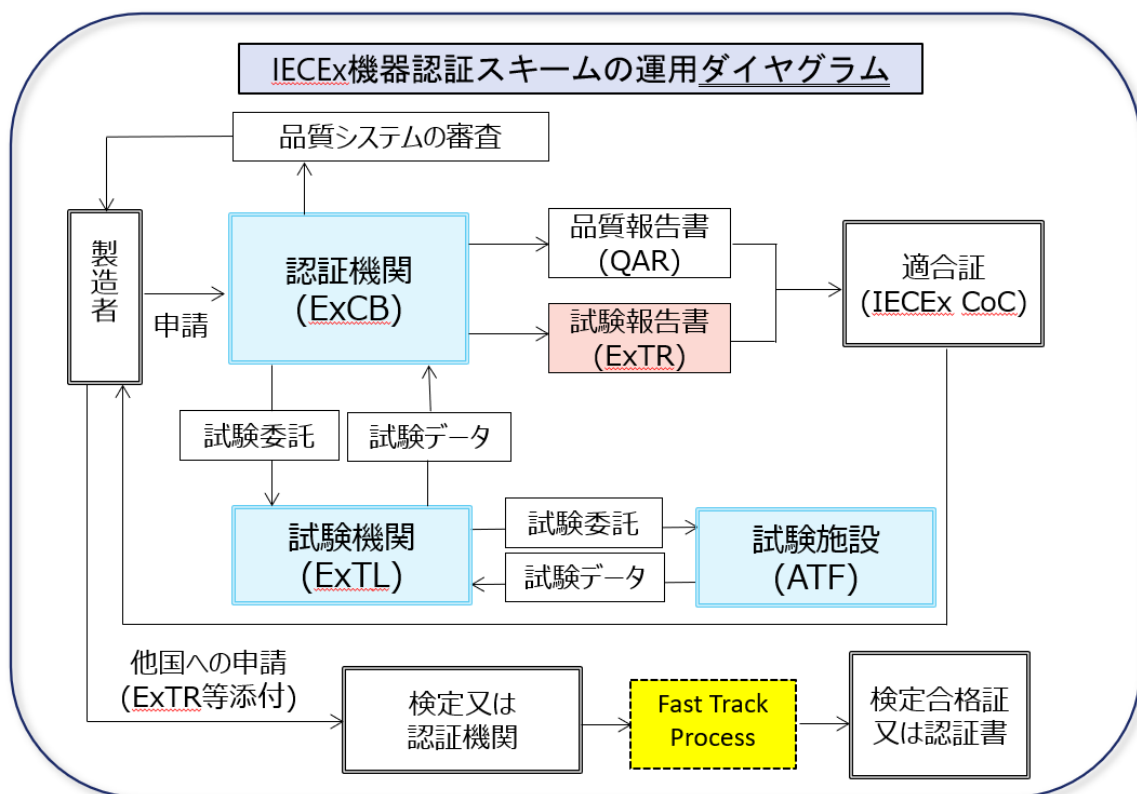


図 6.1.1 IECEx 機器認証スキーム

IECEX のスキームでは、Fast Track Process を通じて、一度の試験で済むよう ExTR を有効利用する仕組みが確保されている。我が国では、指定外国検査機

関制度と ATEX との相互認証の一環として ExTR を、メーカー自らがあらかじめ行った試験結果として利用が可能である。その際、平成 29 年基安発 0106 第 3 号に記された指定外国検査機関制度(令和 4 年 2 月 8 日現在 1 機関)として登録されているか、令和 2 年 3 月 5 日基安発 0305 第 2 号によって緩和された ATEX の NB(Notified Body : ATEX システムの認証機関)かつ IEC の ExCB が発行した ExTR が対象となる。ただし、あくまでも「メーカー自らがあらかじめ行った試験結果」が行った試験結果としての採用にとどまり、登録検定機関では再度の試験が必要となっている。

表 6.1.1 に我が国における、試験報告書の取り扱いと関連する通達を表として示した。

表 6.1.1 外国検査機関が発行した ExTR に対する型式検定における取扱い

試験報告書	型式検定における取扱い	通達
指定外国検査機関である ExCB が発行した ExTR	登録型式検定機関は、実機による検査に代えて、ExTR による検査を実施することが可能	平成 12 年基安発第 14 号
指定外国検査機関でない ExCB が発行した ExTR	申請者が提出する「あらかじめ行った試験の結果を記載した書面」として取扱うことが可能	平成 29 年基安発 0106 第 3 号
指定外国検査機関でない ExCB かつ NB が発行した試験報告書		令和 2 年 3 月 5 日基安発 0305 第 2 号

6.2. IECEx Operational Document 003-2 の概略

IECEX へ、ExCB、ExTL、ATF として申請した機関の受け入れのための評価手順文書である。IECEX の Secretariat によってチーム編成された監査チームが組織を評価する仕組みとなっている。

Acceptable national accreditation として ISO/IEC17025 と ISO/IEC17065 の取得によって監査の頻度が異なる。前記規格の取得機関については、5 年ごとの Assessment と、その Assessment から 2.25~2.75 年の間で、発行した ExTR と QAR についての中間 Surveillance assessment が義務付けられている。一方未取得の機関については、5 年ごとの Assessment のほかに、毎年の Surveillance assessment が課される。さらに、毎年の Surveillance assessment に 1 日追加する形で発行した ExTR と QAR についての中間 Surveillance assessment が義務付けられている。

以上の点から IECEx のスキームにおいて、ISO/IEC17025 と ISO/IEC17065 の取得状況によって、機関としての評価についても、発行した文書である ExTR と QAR についても信頼性が変わり、取得機関が発行した ExTR について、より信頼性が高いと判断できる。

6.3. ISO/IEC 17025, 17065 の概要

6.3.1. ISO/IEC 17025 試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項

2017 年版が最新である。試験を行う機関に対して、データの正しさを担保するための要求事項を示した規格である。以下に ISO/IEC 17025:2017 の要求事項を、規格の節のレベルで挙げる。ただし、5 については、節見出しが存在しないため、内容から見出しにふさわしいと考えられるものを記載してある。

4. 一般要求事項

4.1 公平性

4.2 機密保持

5 組織構成に関する要求事項

5.1 法人または法人の一部であること

5.2 マネジメントの特定

5.3 活動の範囲を明確化・文書化

5.4 規制当局及び認可を与える機関の要求事項の満足

5.5 実施事項

5.6 責務

5.7 マネジメントの実施事項の確実性

6 資源に関する要求事項

6.1 一般

6.2 要員

6.3 施設及び環境条件

6.4 設備

6.5 計量トレーサビリティ

6.6 外部から提供されるサービス

7 プロセスに関する要求事項

7.1 依頼, 見積仕様書及び契約のレビュー

7.2 方法の選定, 検証及び妥当性確認

- 7.3 サンプルング
- 7.4 試験・校正品目の取扱い
- 7.5 技術的記録
- 7.6 測定不確かさの評価
- 7.7 結果の妥当性の確保
- 7.8 結果の報告
- 7.9 苦情
- 7.10 不適合業務
- 7.11 データの管理及び情報マネジメント

8 マネジメントシステムに関する要求事項

- 8.1 選択肢
- 8.2 マネジメントシステムの文書化(選択肢 A)
- 8.3 マネジメントシステム文書の管理(選択肢 A)
- 8.4 記録の管理(選択肢 A)
- 8.5 リスク及び機会への取組み(選択肢 A)
- 8.6 改善(選択肢 A)
- 8.7 是正処置(選択肢 A)
- 8.8 内部監査(選択肢 A)
- 8.9 マネジメントレビュー(選択肢 A)

6の資源に校正とトレーサビリティについての要求事項が記されており、計測値の信頼性についてたどることが可能である。

7.6の測定不確かさの評価に関しては、IECEX 防爆規格では安全率を考慮しているため、測定機器のもつ不確かさについては対象外である(IEC60079-0:2017 Ed. 7.0 26.1 note 参照)。ただし、機関としての力量評価としては、IECEX の試験機関として Proficiency Testing Program への参加が義務付けられており、一定のレベルであることの確認がなされている。

8のマネジメントシステムについては、ISO9001 の要求事項に従うという選択肢 B も存在し、8.1 で規定されている。

以上の点により、試験自体の体制、資源、実施、報告が ISO/IEC17025 によって網羅されているといえる。

6.3.2. ISO/IEC 17065 適合性評価—製品、プロセス及びサービスの認証を行う機関に対する要求事項

2012年版が最新である。以下に ISO/IEC 17065:2012 の要求事項を、規格の節

のレベルで挙げる。

4. 一般要求事項

- 4.1 法的及び契約上の事項
- 4.2 公平性のマネジメント
- 4.3 債務及び財務
- 4.4 非差別的条件
- 4.5 機密保持
- 4.6 情報の公開

5 組織運営機構に関する要求事項

- 5.1 組織構造及びトップマネジメント
- 5.2 公平性確保のメカニズム

6 資源に関する要求事項

- 6.1 認証機関の要員
- 6.2 評価のための資源

7 プロセス要求事項

- 7.1 一般
- 7.2 申請
- 7.3 申請のレビュー
- 7.4 評価
- 7.5 評価結果のレビュー
- 7.6 認証の決定
- 7.7 認証文書
- 7.8 認証された製品の登録簿
- 7.9 監視評価
- 7.10 認証に影響を与える変更
- 7.11 認証の終了, 範囲の縮小, 一時停止又は取消し
- 7.12 記録
- 7.13 苦情及び異議申立て

8 マネジメントシステム要求事項

- 8.1 マネジメントシステムに関する選択肢
- 8.2 マネジメントシステム文書(選択肢 A)

- 8.3 文書管理(選択肢 A)
- 8.4 記録の管理(選択肢 A)
- 8.5 マネジメントレビュー(選択肢 A)
- 8.6 内部監査(選択肢 A)
- 8.7 是正処置(選択肢 A)
- 8.8 予防処置(選択肢 A)

防爆に関しては CoC、QAR を発行するにあたっての基準であるが、ExTR に関してのレビューが 7.3 でなされており、7.4 の評価と 7.5 の評価結果のレビューでも ExTR が参照される。したがって、ExTR の信頼性を向上させるにあたって、試験機関としてのみならず、ExTR を確認できる能力が必要となる。また、8.1 には ISO/IEC17025 同様に ISO9001 の要求事項に従うという選択肢 B も存在する。IECEX OD010-2 の 3 に、特に ExTR の確認手順が記されている。

6.4. ExCB の ISO/IEC 17025, 17065 取得状況

執筆時点で ExCB は 61 機関が IEC の Web ページで確認できる。ただし、ドイツ DEKRA EXAM とオランダ DEKRA KEMA のように、実質的には同一の認証機関であったり、ブラジルの UL do Brasil はアメリカ UL であったり、各国で許容されている認証機関制度の違いで、同一機関が二重にカウントされている場合がある。

上記 61 機関を IEC のページからたどれる範囲で、ISO/IEC17025, 17065 について検索をかけ、ヒットするしないによって取得状況を確認した。ISO/IEC 17025 は 54 機関、ISO/IEC 17065 は 46 機関が取得している。ただし、各防爆構造の対応については未確認である。また、先に挙げた DEKRA の例では、ISO/IEC17025, 17065 を EXAM、KEMA 両方での認証として利用している。

6.5. その他

防爆に関する指定外国検査機関としては、現行 DEKRA のみであり DEKRA 自身は外国立地の登録検定機関もあることから、DEKRA 自身発行の ExTR は当然、国内検定制度下での試験結果とみなすことが可能である。したがって、DEKRA の ExTR を用いて国内別検定機関での試験が利用される可能性は低い。

7. EPL 評価・運用方法

危険箇所が表しているのは想定される混合気量とその時間的な要因であるが、実際の危害は周囲環境に大きく依存している。例えば周囲に人が入る可能性が無い場所で、発生する危害を小さく見積もれるのであれば、相対的にリスクは低

いと考えられる。

EPLの本来の目的が、危険箇所との対応を明確にさせるためではなく、着火源となり難さを示した表示であり、その機器に関するリスクを表示したものである。したがってリスクアセスメントへの利用がそもそもの導入目的である。IEC60079-14:2013には、そのことを示す下記の記述がある。

As an alternative to the relationship given in Table 1 between EPLs and zones, EPLs can be determined on the basis of a risk, i.e. taking into account the consequences of an ignition. This may, under certain circumstances, require a higher EPL or permit a lower EPL than that defined in Table 1. Refer to IEC 60079-10-1 and IEC 60079-10-2.

したがってEPLの趣旨からすると、IEC60079-10-1に従って危険箇所を分類した際に、リスクアセスメントを加えた結果、使用可能なEPLを指定する、すなわちここでは意図的に下げることがも可能であるべきである。

7.1. EPLと我が国における現状

我が国でEPLは、2015年にTR-No. 46が発行された際に導入された。当該技術指針を技術基準として指定した平成27年基発0831第2号の別紙2として、EPLと設置可能な危険箇所とが紐づけられている。以降のTR-No. 46の改版に伴う通達でも同様であるため、我が国ではEPL Ga Daの機器は全ての危険箇所、Gb Dbの機器は第一類危険箇所と第二類危険箇所、Gc Dcの機器は第二類危険箇所でのみ利用が可能である。

7.2. EPLを利用したリスクアセスメントとその保全方法

PEPでも同様ではあるが、EPLに関するリスクアセスメントについても何らかの判断根拠を保全している必要はあると考えられる。単純に届け出制をとって、災害時にエビデンスとして検証できる状況だけ確保するという考えられる。

7.3. その他

EPLを下げた運用を行うのであれば、ガス検知器などの補助的な手段を併用することを推奨することも考えられる。

構造規格にはEPLが存在しないため、現場で混乱する可能性もある。ここではEPLが設定されているものに限っての話とすることを明記すべきである。EPLの本来のわかりやすさを目的とした標記の意味が失われることは懸念される。

構造規格への EPL の導入も考えられるが、構造規格上は危険箇所に対して防爆構造の種類を指定しているだけで、EPL に関する縛りを設けるのは規制緩和にはなじまない。

また、下位の EPL の機器をあえて導入した運用は、消防が躊躇する場合もありうる。

8. 新たな手法による防爆性能の評価方法

古くは砂詰防爆と呼ばれていた、Powder filling は、現在我が国では採用されていない。TR-No. 44 に以下の記載がされている。

1.3.1.2.2 構造規格及び国際整合防爆指針に導入されていない防爆構造の種類と考え方

IEC 規格にはあるが、構造規格及び国際整合防爆指針に導入されていない防爆構造として次のものがある。

粒体充填防爆構造 [powder filling q]

主として潜在的な発火源をもつ電気機器に対して、発火源となりうる部分を石英粉やガラスの粒子などの充填物で完全に覆うことによって周囲の可燃性ガス蒸気の発火を防止するのが粒体充填防爆構造の考え方である。このような充填物の間にも可燃性ガス蒸気は浸透するから、この充填物を油入防爆構造における油と同じように位置づけることはできないが、充填物の間を火炎が伝播することはないので、これらの充填物によって結果的に発火源と可燃性ガス蒸気との隔離が達成される。

解説

①わが国では湿度が高いので、粒体充填物部分に水気を含み電気事故を誘発するおそれがあるとの考えからこの構造は採用されていない。このような理由があるので、輸入品の特殊防爆構造で検定合格した製品についても、使用する際には湿度に対する十分な配慮が必要である。

②わが国の一般工場・事業場に適用される関係法規では、平成 24 年 10 月現在、粒体充填防爆構造は、この名称を用いた防爆構造として認められておらず、特殊防爆構造として受け入れられている。

③“q”構造とは、かつてわが国においては、砂詰構造として知られていた。

名称については、以前は実際に砂を使っていたが現在は使われておらず、名称が誤解を与えないように英語の powder filing に対し、上記引用のとおり、「粒体充填」の記載を利用することがふさわしい。

8.1. 粒体充填防爆構造

この防爆構造は、周囲の爆発性ガス雰囲気は機器及びコンポーネントに侵入し、回路によって着火されることを阻止できない。しかし、電気機器をコンテナによって包み込み、固体石英又は個体ガラスの粒体を充填することで、充填物内の自由空間を小さく抑えられるので、充填物内の経路を伝播しようとする火炎を消滅し、外部での爆発が防止できる。

コンテナは保護等級 IP54 以上が要求されるが、清浄で乾燥した室内だけで使用することを意図する場合は IP43 まで許容される。その他、コンテナの圧力型式試験、充填物の耐電圧試験、最高温度の試験が課される。

8.2. 試験例

別紙資料参照。

8.3. その他

世界的に受け入れられている IEC60079-5 に従った製品は、より湿度の高い東南アジアでも利用されており、気候としては日本が突出しているというわけではない。また、特殊防爆としての検定実績は存在し、合格証を発行した製品が存在する。砂詰以外の防爆構造が十分に役立つものであったため利用されていないという側面もあるが、上記特殊防爆としての検定例からも、規格の需要もあるものと考えられる。

9. 提言

以上、新規電気機械器具を危険箇所であらうにあたって、これまでとは異なった安全確保の方法と、検定を容易に、また確実にするための方法とを検討した。以下では、検討の結果を受けて、我が国の防爆規制に関する提言を各々の項目についてまとめた。

9.1. インターロック

現行の日本における危険箇所の判定は、IEC に準拠した JIS によるものであるが、判定の基準に換気有効度と呼ばれる連続性に関する指標を判定する必要がある。これは改版を重ねた現行の IEC60079-10-1:2020 でも変わっておらず、時間的な判定は既に加味されている。したがって、時間的な隔離を排除する根拠は存在せず、インターロックを利用できない理由も同時に存在しない。ただし、時間的な隔離を行った際に、現在の空間的な隔離と同等の安全性を確保する必要は存在する。

4.4 節で EI MCSP15:2015 の危険箇所の時間的区分を踏まえ、機能安全の考え方をを用いることで、危険箇所の区分を危険側故障のダウンタイムと紐づけた。この例からも同等の安全性の確保は可能であり、したがってインターロックの利用について可能とすることを提言する。昭和 35 年 11 月 22 日基発第 990 号通達への追加として、あるいは新規の通達として安衛則 283 条の「爆発又は火災の危険が生ずるおそれがない措置」の解釈に、Negligible Extent 相当の安全性を担保することを条件に、インターロックを加えることで実現可能であると考えられる。

現段階では安全性担保のため、カナダの例にあるとおりインターロックを利用できる電気機械器具は、防爆機器として存在しないものに限り、かつ、火花を出さない、高温表面がない機器というのが大前提となる。当然リスクアセスメントは必須であり、カナダの例のように資格制度を設立することや、IEC における要員認証を導入することも選択肢としては考えられるが、あくまでもリスクアセスメントの主体は利用するユーザー側であるべきである。したがって、自主的なリスクアセスメントを行う必要があり、その結果をエビデンスとして残すことが肝要である。誤った運用を行った場合、爆発火災災害につながるおそれがあることから、リスクアセスメントの結果の保全について、労働基準監督署や消防署への届け出にて保管する方法も考えられる。

9.2. 検定制度によらない安全確保措置と我が国での適用可能性

未だ IEC TS 60079-48 が正式に発行されていないため、最終文書の発行を待つ必要がある。現段階では最終議論へ参加し、推移を確認することを提言とする。

PEP の運用については、UL121203 として 2011 年から先行してアメリカで利用されていたが、規格の誤った利用が散見されたことから、2021 年の Edition 2 への改版の際に、下記の文言が協調として挿入された経緯がある。

PEP 1 or PEP 2 is only an option where NRTL certified products for use in the location do not exist.

誤った運用がなされないためにも、インターロック同様リスクアセスメントの結果を残すことは必須であり、結果の保全について、労働基準監督署や消防署への届け出にて保管する方法も考えられる。

9.3. IECEx スキームにおける認証の信頼性確保方法

ExTR の受け入れについて、現行制度をなくすという話ではなく、追加して信頼できる ExTR の範囲を広げる方向で規制の緩和とする。ISO/IEC17025、17065

の取得状況が確認できれば、その認証機関発行の ExTR も併せて、検定の試験結果として認めることを提言する。

ただし、今後は IECEx での一つ試験結果を共有するスキームを目指すべきであることも併せて提言とする。

9.4. EPL 評価・運用方法

本来の IEC の運用方法に則り、EPL の弾力的な運用が可能となるよう、令和 3 年基発 0812 第 5 号通達の別紙 3「国際整合防爆指針における機器保護レベル (EPL) の分類記号及びそれに対応する電気機械器具」の表内「機器が設置可能な危険度区域」を、「機器に対応する危険度区域」とし、注記として「平成 20 年 9 月 25 日基発第 0925001 号にあるとおり電気機械器具防爆構造規格第二条で構造ごとに決められた利用可能な危険箇所の制限の中で、リスクアセスメントの結果、発生する危害が十分に低く見積もれる場合についてはより低い EPL の機器の設置を許容する」旨の記載によって、利用者に弾力的な運用を促すことを提言する。ただし、将来における電気機械器具防爆構造規格の改正による緩和を妨げるものではない。インターロック同様リスクアセスメントの結果を残すことは必須であり、結果の保全について、労働基準監督署や消防署への届け出にて保管する方法も考えられる。

9.5. 新たな手法による防爆性能の評価方法

粒体充填防爆構造については、これを防爆構造として採用することを提言する。EPL は IEC60079-5 に記されたとおり Gb とする。他の防爆構造と同様に、独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所技術指針 TR-No. 46 の 1 編としての発行を依頼し、同技術指針を通達によって指定することで、我が国での粒体充填防爆構造の検定、利用が可能である。

10. 委員名簿

区分	氏名	所属
学識経験者	<small>ノダ</small> 野田 <small>カズトシ</small> 和俊	立命館大学 総合科学技術研究機構
	<small>マキノ</small> 牧野 <small>リョウジ</small> 良次	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 安全科学研究部門 爆発利用・産業保安研究グループ

工業 会 等	一般社団法人日本 電機工業会	イシカワ 石川	シズ 静	一般社団法人 日本電機工業会 技術戦略推進部 重電・産業技術課
	一般社団法人日本 電気計測器工業会	ホリオ 堀尾	ヤスアキ 康明	横河電機株式会社 IA プロダクト&サ ービス事業本部 共通技術開発センタ ー 認証法制部 規格認証課 1Gr
		ムトウ 武藤	ユウキ 勇樹	エンドレスハウザー山梨株式会社 技術課 認証グループ
検定機関		ヤマグマ 山隈	ミズキ 瑞樹	公益社団法人 産業安全技術協会
		クボ 久保	ヒロフミ 博史	エヌ・シー・エス株式会社
ガス検知器メーカー		ナカヤ 仲谷	ユキオ 行雄	新コスモス電機株式会社
ユーザー		モンマ 門間	ジュン 淳	日揮グローバル株式会社 エンジニア リングソリューションズセンター 電気計装システム部
		マスタニ 榭谷	マサタカ 昌隆	株式会社 ENEOS マテリアル
オブ ザー バ	マキ 牧	ノブアキ 宣彰	マキ 牧	厚生労働省労働基準局安全衛生部安 全課
	ナカジマ 中嶋	シンジ 信二	ナカジマ 中嶋	新コスモス電機株式会社 技術開発本部 商品開発第二部
	フルヤ 古谷	タカシ 隆志	フルヤ 古谷	株式会社イーエス技研
	モチダ 持田	サトル 智	モチダ 持田	株式会社イーエス技研
(事務局)		オオツカ 大塚	テルヒト 輝人	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 化学安全研究グループ
		エンドウ 遠藤	ユウタ 雄大	独立行政法人労働者健康安全機構 労働安全衛生総合研究所 電気安全研究グループ



IECEX TEST REPORT
IEC 60079-5
Explosive atmospheres - Part 5:
Equipment protection by powder filling “q”

ExTR Reference Number :
 ExTR Free Reference Number..... :
 Compiled by + signature (ExTL).... : (enter typed name here) (enter signature here)
 Reviewed by + signature (ExTL) ... : (enter typed name here) (enter signature here)
 Date of issue..... :

Ex Testing Laboratory (ExTL) :
 Address

Applicant's name :
 Address

Standard : IEC 60079-5:2015, Edition 4.0
 Test procedure : IECEx System
 Test Report Form Number..... : ExTR60079-5_4A_DS (released 2019-12)

Instructions for Intended Use of Ex Test Report:

An Ex Test Report provides a clause-by-clause documentation of the initial evaluation and testing that verified compliance of an item or product with an IEC Ex standard. This Ex Test Report is part of an ExTR package that may include other Ex Test Report, Addendum, National Differences and Partial Testing documents, along with a single ExTR Cover. An Ex Test Report is to be compiled and reviewed by the ExTL. The Issuing ExCB indicates final approval of the Ex Test Report as part of the overall ExTR package on the associated ExTR Cover.

Copyright © 2015 International Electrotechnical Commission System for Certification to Standards Relating to Equipment for use in Explosive Atmospheres (IECEx System), Geneva, Switzerland. All rights reserved.

This blank publication may be reproduced in whole or in part for non-commercial purposes as long as the IECEx System is acknowledged as copyright owner and source of the material. The IECEx system takes no responsibility for, and will not assume liability for, damages resulting from the reader's interpretation of the reproduced material due to its placement and context.

Possible test case verdicts:

- test case does not apply to the test item..... : N/A
- test item does meet the requirement..... : Pass

General remarks:

The test results presented in this Ex Test Report relate only to the item or product tested.

- "(see Attachment #)" refers to additional information appended to this document.
- "(see appended table)" refers to a table appended to this document.
- Throughout this document, a point "." is used as the decimal separator.

The technical content of this Ex Test Report shall not be reproduced except in full without the written approval of the Issuing ExCB and ExTL.

IEC 60079-5			
Clause	Requirement – Test	Result – Remark	Verdict
1	Scope ...Pass 機器(サンプル)の想定仕様は以下のとおり： – EPL: Gb – 入力電圧: DC9 V (1000 V以下) – 入力電流: 機器外のヒューズの定格電流 0.25 A (16 A以下) – 消費電力: 3.65 W (1000 W 以下) – 温度等級: T4 – 周囲温度 : Ta: - 20 °C to + 40 °C (IEC 60079-0 標準環境条件を適用) その他の詳細は Measurement Section 参照。		
2 See also DS 2010/006A	Normative references		
3	Terms and definitions		
4	Constructional requirements		
4.1	Containers		
4.1.1	Closing and sealing		
4.1.1.1	General	型式試験と関係しない箇条	N/A
4.1.1.2	Containers permanently sealed at the time of manufacture	型式試験と関係しない箇条	N/A
4.1.1.3	Containers intended to be opened for repair	型式試験と関係しない箇条	N/A
4.1.2	Pressure test of container	5.1.1 に規定する圧力試験を実施	Pass
4.1.3	Degree of protection of the container	IEC 60529 で定義する保護等級 IP54 を試験条件とする。	Pass
4.1.4	Filling procedure	容器内の自由空間には、充填物を効果的な充填を行った。	Pass
4.1.5	Containers that are not external enclosures	型式試験と関係しない箇条	N/A
4.2	Filling material		
4.2.1	Material specification	本箇条を満足する充填物は、個体ガラスを使用した。	Pass
4.2.2	Documentation	型式試験と関係しない箇条	N/A

IEC 60079-5			
Clause	Requirement – Test	Result – Remark	Verdict
4.2.3	Testing	充填物に対し、5.1.3 に規定する耐電圧試験を実施した。	Pass
4.3	Distances		
4.3.1	Distances through filling material	最小距離 5mm を適用。	Pass
4.3.2	Distances surrounding free space	容器内に充填物で満たされていない閉ざされた自由空間は存在しない。	N/A
4.4	Connections		
4.4.1	Equipment	容器に引込むケーブルは、機器と一体とし密封した。また容器の引込部は、IEC 60079-0 のケーブルグランドに該当する引込器具を使用した。 なお、当該引込器具の IEC 60079-0 に対する適合性評価は行わない。	Pass
4.4.2	Ex Components		N/A
4.5	Capacitors	内蔵部品は抵抗のみであり、コンデンサは内蔵しない。	N/A
4.6	Cells and batteries	内蔵部品は抵抗のみであり、セル、またはバッテリーは内蔵しない。	N/A
4.7	Temperature limitations under overload conditions	コンテナの器壁から 5 mm の深さにおける充填物内の温度が温度等級を超えないことを確認した。 詳細は Measurement Section 参照。	Pass
4.8	Temperature limitations under malfunction conditions		

IEC 60079-5			
Clause	Requirement – Test	Result – Remark	Verdict
4.8.1	General	<p>機能不全を考慮して評価を行った。サンプルとして想定した機器内の電子部品は抵抗器のみのため、抵抗器は短絡から定格+許容差までの任意の抵抗値となることを想定した。1部品しかなく、開路故障は電力を消費しなくなるため安全側。</p> <p>機器外の制限事項としてヒューズを有する。</p> <p>4.8.2 参照。</p>	Pass
4.8.2	Fuse	<p>定格電流 0.25A で制限された機器をサンプルとして想定した。ヒューズの定格電流の 1.7 倍の電流は連続で流れる。</p> <p>$0.25A \times 1.7 = 0.425A$</p> <p>機器内の電流は 0.425A を超えない。</p> <p>機器の外部回路接続部の定格電圧 U_n は DC9V。</p> <p>機器内蔵部品の抵抗器は $20\Omega \pm 1\%$。</p> <p>認証番号に X を付与し、機器外に要求されるヒューズについて使用条件となる。ただし、今回は試験及びその報告のみのため X の付与、使用条件の設定は除外する。</p> <p>温度試験の条件は Measurement Section 参照。</p>	Pass
4.8.3	Malfunction exclusions	<p>サンプルの機器には抵抗器が内蔵される。</p> <p>他の部品の保護、回路の電流制限目的の抵抗器ではないため、当箇条の除外事項は適用しない。</p>	N/A
4.8.4	Protective devices for temperature limitation	<p>機器外部にセラミックヒューズを有する。電流の制限を目的とする。</p>	Pass
4.8.5	Power supply prospective short-circuit current	<p>ヒューズの条件に関する使用条件には、4.8.2 に加え遮断容量 1500A 以上を有することが含まれる。</p> <p>ただし、今回は 4.8.2 同様試験及びその報告のみのため X の付与、使用条件の設定は除外する。</p>	Pass
5	Verifications and tests		

IEC 60079-5			
Clause	Requirement – Test	Result – Remark	Verdict
5.1	Type verifications and tests		
5.1.1	Pressure type test of container	試験選択 コンテナのサンプルは、内圧 50 kPa の圧力型式試験にかけた。 詳細は Measurement Section 参照。	Pass
5.1.2	Verification of the degree of protection of the enclosure	圧力試験後、コンテナのサンプルは、IEC 60529 に従い、保護等級 IP54 の試験にかけた。 詳細は Measurement Section 参照。	Pass
5.1.3	Dielectric strength test of the filling material	23±2 °C, 45~55%, 24h 以上前処理を行った充填物（ガラス）で試験電極を全方向 10mm 以上覆い、耐電圧試験を実施した。 試験条件は、1000V d.c.(+5%, -0%), 漏洩電流 10 ⁻⁶ A(1μA)以下。 詳細は Measurement Section 参照。 追加の試験として、23 °C, 70%及び 40°C、70%の前処理及び試験環境における充填物（ガラス）の耐電圧試験を実施した。 電気的な試験条件は同様に、試験条件は、1000V d.c.(+5%, -0%), 漏洩電流 10 ⁻⁶ A(1μA)以下、とした。 詳細は Measurement Section の 3.6 参照。	Pass
5.1.4	Maximum temperatures	ヒューズの 1.7 倍の電流により、温度測定を実施し、温度等級の評価を行った。 詳細は Measurement Section 参照。	Pass
5.2	Routine verifications and tests		
5.2.1	Routine pressure test of container	型式試験と関係しない箇条	N/A
5.2.2	Dielectric strength test of the filling material	型式試験と関係しない箇条	N/A
6	Marking	型式試験と関係しない箇条	N/A

IEC 60079-5			
Clause	Requirement – Test	Result – Remark	Verdict
7	Instructions	型式試験と関係しない箇条	N/A

Measurement Section, including Additional Narrative Remarks (as deemed applicable)

1. 試験サンプル

1.1 サンプルの仕様

1) 保護等級 IP65 を有する汎用容器（材料: ABS 樹脂, 内容積: 約 918 cm³, 表面積: 約 573 cm²）をコンテナ*とする。

*container (for filling material) ... IEC 60079-5: 2015 clause 3.3

2) 当該容器壁へ以下の加工及び部品取り付けを行う。

- － 圧力試験、IP 試験用のテストポートとして、1 か所タケノコ（チューブ接続用アダプタ）を取り付ける。
- － 容器外からケーブルを IP 性能を保持して引き込むため、1 か所ケーブルグランドを取り付ける。
- － 温度試験の実施前に、熱電対を引き込む穴を 1 か所加工する。

補足：汎用容器の内部にはネジ穴加工が数か所施されており、内蔵機器はこのネジ穴を使用して固定する。

3) 当該容器内に、電気抵抗付の基板を（規格で要求*される、容器壁との離隔距離を確保するための）スペーサを介して容器に固定する。

*Distances through filling material... IEC 60079-5: 2015 clause 4.3.1

4) 容器内に規格で要求*される個体ガラスの粒体を充填する。

*Material specification... IEC 60079-5: 2015 clause 4.2.1

補足：以下の型式試験は、充填物のない状態で試験を実施する。

- － 箇条 5.1.1 コンテナの圧力試験
- － 箇条 5.1.2 容器の保護等級

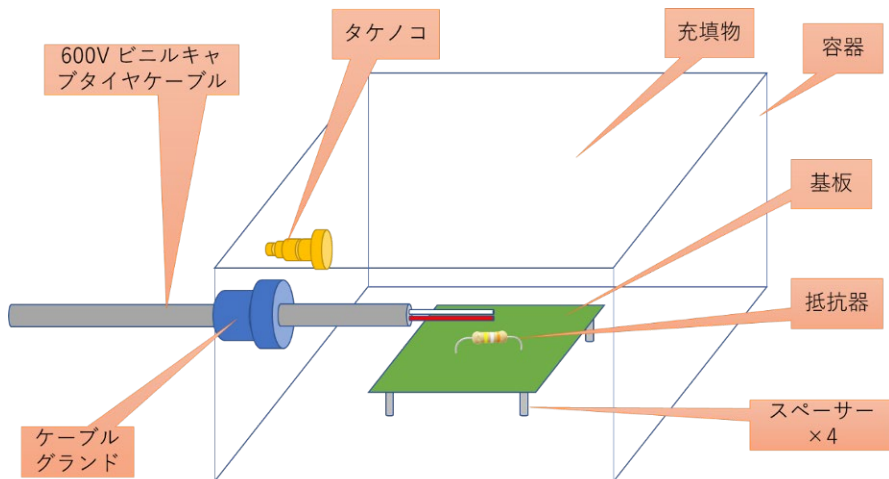
5) 給電ケーブルは 600V ビニルキャビタイヤケーブル（電線：0.75sq×2 芯）を使用し、ケーブルグランドを介して容器内へ引き込む。

<使用部品（治具や検査用機器を含む）>

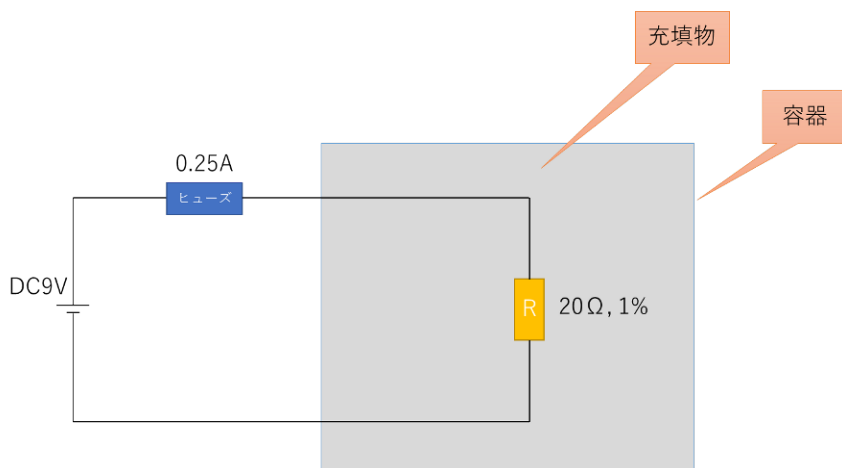
名称	製造元	型式	仕様	備考
容器	タカチ電機工業	BCAP091207G	ABS, 120×90×70	
充填物	アズワン	BZ-08	アズワン品番 6-257-01, ソーダガラス, 径 0.710~ 0.990mm	
抵抗器	Vishay	RS01020R00FE12	20Ω±1% 10W	
基板	AB 基板	AB-J18-TH	43.18mm×48.26mm	

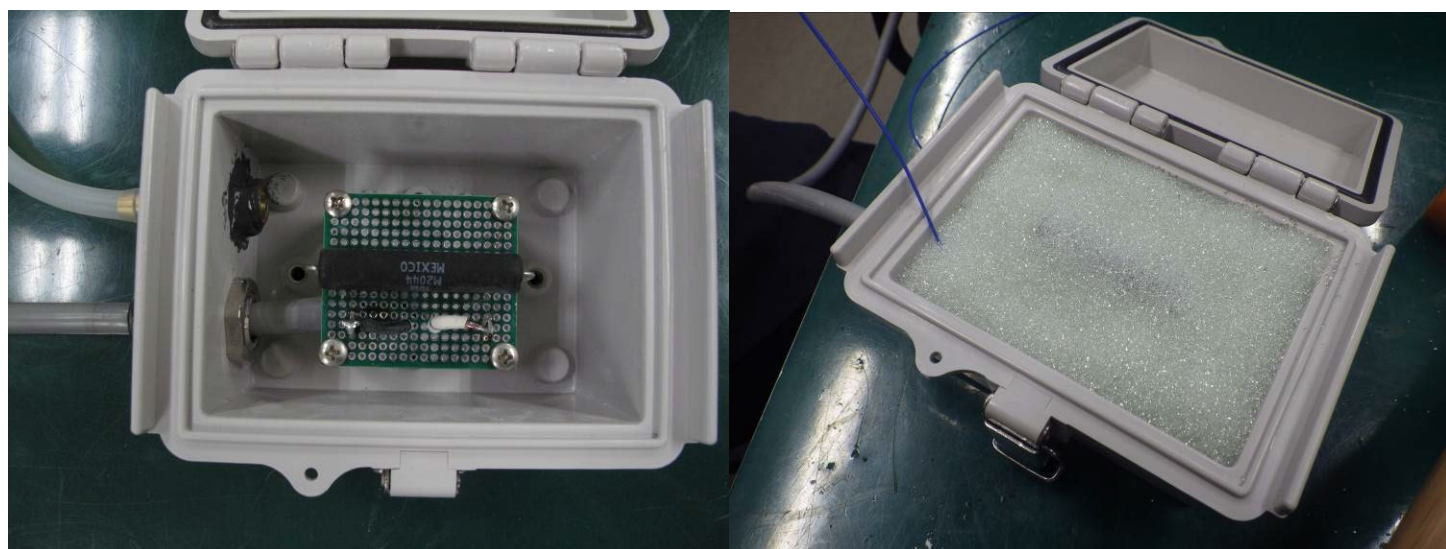
スペーサー	-	-	3×6×15	8個
600V ビニルキャブタイヤケーブル	三ツ星	VCT 2C×0.75SQ	導体公称断面積 0.75mm ² 、2C、全長 10m、1巻	
ケーブルグラウンド	AVC	FBA17-10	ネジ外径 C1 16.6Φmm	
タケノコ	アソー	HN-1208	黄銅製, ホース側 φ8mm, ネジ PT1/4	1ヶ IP用
電極	東洋真空工業	試験用治具		
ふるい	東京スクリーン	JTS-200-45-29	目開き 1mm、JIS Z 8801 準拠	
ふるい	東京スクリーン	JTS-200-45-33	目開き 0.5mm、JIS Z 8801 準拠	
ガストロノームコンテナ	ブウジャ	8-0126-0308	寸法 176×162, 深さ 100, PP製、容量 1.5 リットル	

1.2 サンプルの構成



1.3 外部接続回路





2. 試験項目

IEC 60079-5 に従い、1つのサンプルに対して以下の型式試験を実施した。

箇条 5.1.1 コンテナの圧力試験...Pressure type test of container (空コンテナで実施)

箇条 5.1.2 容器の保護等級...Verification of the degree of protection of the enclosure (充填物なしで実施)

箇条 5.1.3 充填物の耐電圧試験...Dielectric strength test of the filling material

箇条 5.1.4 最高温度...Maximum temperatures

補足：規格では、IEC 60079-0 に規定する（該当する）容器の試験にかけられたサンプルに対して上記試験を実施することが要求されるが、本委託試験においては、IEC 60079-0 の試験は行わない。

3. 型式試験

3.1 準備

試験で使用する充填物の粒径をふるいにより確認。

－ISO 3310-1又はISO 3310-2に従った公称目開き1mm

－ISO 3310-1に従った公称目開き 500 μm



3.2 コンテナの圧力試験

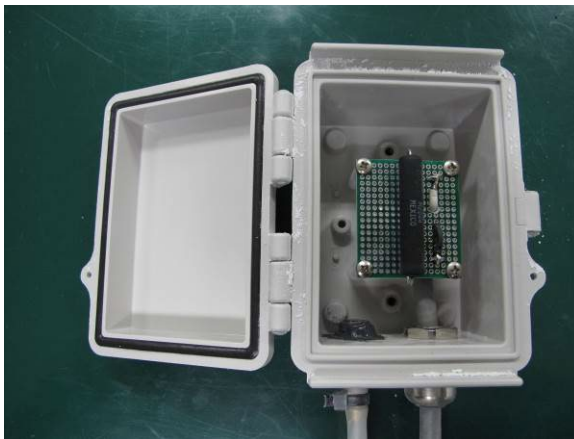
- 1) 試験実施日: 2021-10-22 to 2021-10-22
- 2) 試験場所: 爆発試験操作室
- 3) 装置・測定器: データロガー (2E-ER-49), ひずみゲージ式圧力センサ (2M-MPE-180), ストップウォッチ (1E-SW-04)
- 4) 試験手順: IEC 60079-5:2015, 簡条 5.1.1 による
- 5) 試験条件:
 - － 環境温湿度: 22.1 °C, 39.8 %RH
 - － 印加圧力: 50 KPa
 - － 試験時間: 13 s
 - － 媒体: 空気
- 5) 試験結果 容器の恒久変形は確認されなかった ...Pass



3.3 容器の保護等級

3.3.1 IP5X

- 1) 試験実施日: 2021-10-27 to 2021-10-29
- 2) 試験場所: 粉じん試験室
- 3) 装置・測定器: 粉じん試験装置 (2T-TT-20), マノメータ (2E-EP-64),
湿式ガス流量計 (2M-MS-73), ストップウォッチ (2E-SW-76)
- 4) 試験手順: IEC 60529:2013, 箇条 13 (IP5X) による
- 5) 試験条件:
 - 周囲温湿度: (19.4 ~ 20.7) °C, (54.1 ~ 62.6) %RH
 - 減圧 - 2 kPa
 - 試験時間: 8 h (試験終了時の吸引総量: 7.7 l < 80 容積)
- 6) 試験結果 容器内への粉じんの侵入は確認されなかった ...Pass

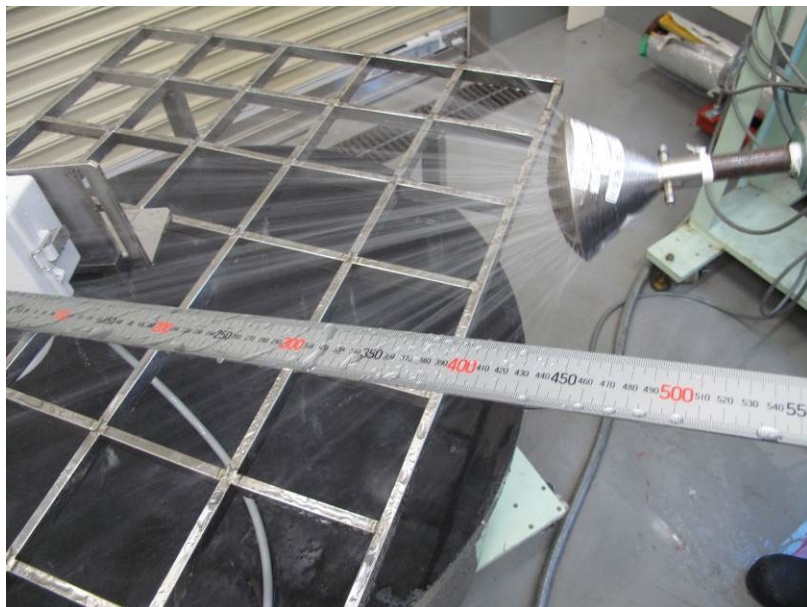
**3.3.2 IPX4**

- 1) 試験実施日: 2021-10-29
- 2) 試験場所: 散水試験室
- 3) 装置・測定器: Spray nozzle (2T-TX-52), メスシリンダ (2M-MX-132),
直尺 (2M-ML-126), ストップウォッチ (1E-SW-04), 温湿度計 (2E-ET-83)
- 4) 試験手順: IEC 60529:2013, 箇条 14 (IPX4, Spray nozzle を使用する手順) による
- 5) 試験条件:
 - 周囲温湿度: 19.3 °C, 46.3 %RH

- 容器表面温度 20.4 °C
- 水温 19.86 °C
- 流量： 10 ± 0.5 l/min
- 試験時間： 5 min

6) 試験結果

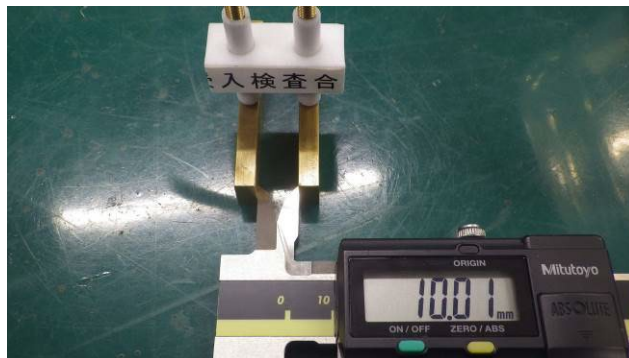
容器内への水の侵入は確認されなかった ...Pass



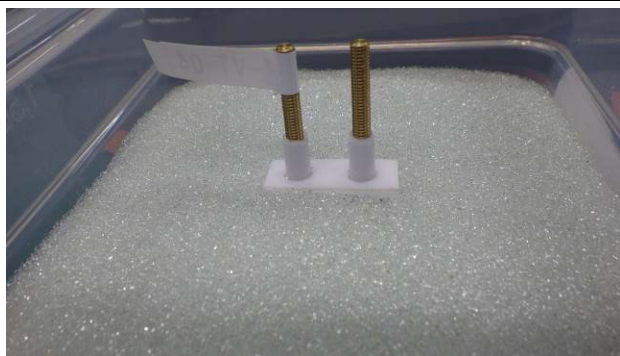
3.4 充填物の耐電圧試験

- 1) 試験実施日: 2021-10-27
- 2) 試験場所: 本安試験室
- 3) 装置・測定器: 恒温恒湿槽 (1T-TB-01), データロガー (1E-ML-02), 熱電対 (1E-NK-305)
耐電圧試験装置 (1T-VT-01), デジタルマルチメータ (1E-DM-25),
ストップウォッチ (1E-SW-04)
- 4) 試験手順 IEC 60079-5:2015, 箇条 5.1.3 による

① 耐電圧試験用電極について、IEC 60079-5:2015 の図 2 で指定される電極間距離の範囲内に調整。

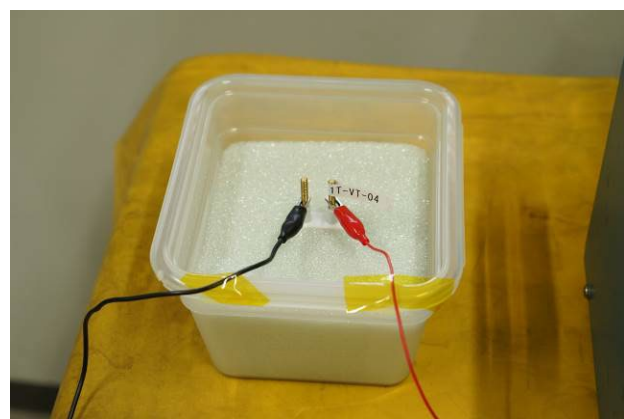
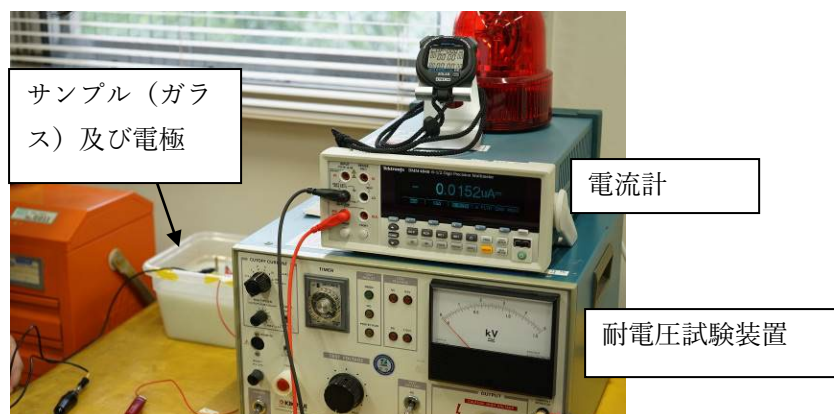


② 電極の周囲に 10mm 以上のガラスを配置。



③ 前処理として、 23 ± 2 °C, 45~55 %RH で 24 h 以上放置。

④ DC 1000 V を印加。（試験系は以下のとおり）



5) 試験条件

- 前処理: 24 h 以上 @ 23.0 °C, and 55 %RH
- 試験環境: 21.1 °C, 53.9 %RH
- 印加電圧: DC 1000 V

6) 試験結果 漏れ電流は 1 μ A 未満であった ...Pass

3.5 最高温度

- 1) 試験実施日: 2021-11-19
- 2) 試験場所: 本安試験室

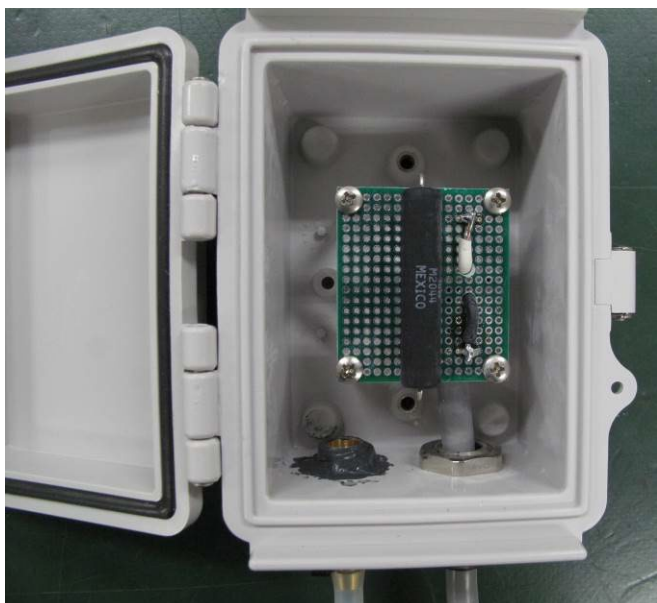
3) 装置・測定器: データロガー (1E-ML-02), 熱電対 (サンプル: 1E-NK-305, 周囲温度: 1E-NK-304)
デジタルマルチメータ (1E-DM-22, 24), DC 電源 (1T-DS-16)

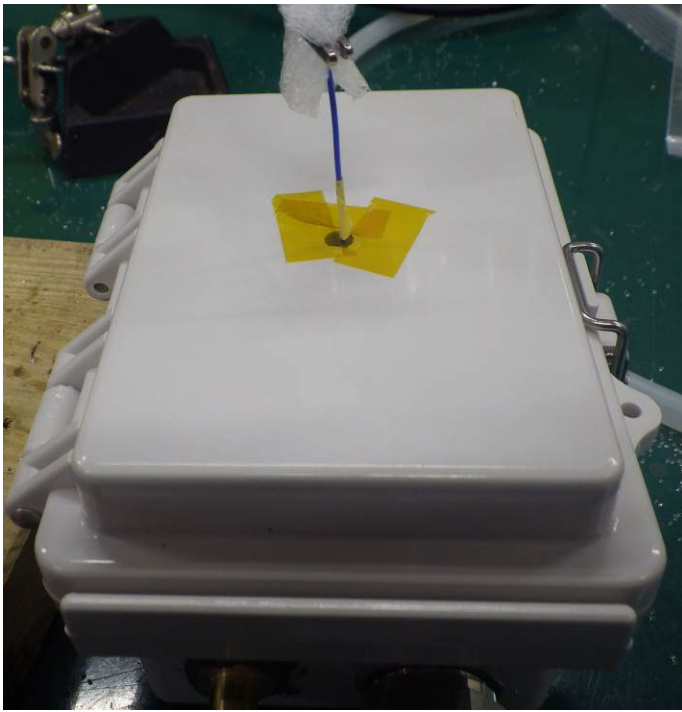
4) 試験手順 IEC 60079-5:2015, 箇条 5.1.4 による

- ① 容器壁に、熱電対を通す穴を加工。
- ② 熱電対を抵抗器中央の直上 (部品自体には触れない) かつ、容器の壁から 5mm 以上の箇所に熱電対を固定。
- ③ 容器内に個体ガラスの粒体を充填。
- ④ この状態でサンプルに 3.65W を印加。
- ⑤ 温度上昇率が 2 K/h 以下になったら、最終温度に到達したとみなす。

5) 試験条件

- 試験環境: 23.2 °C, 39.6 %RH
- 印加電圧: DC 9 V
- 試験電流: ヒューズ電流 $\times 1.7 = 0.25 \text{ A} \times 1.7 = 0.425 \text{ A}$
- 消費電力: $0.425 \text{ A}^2 \times (20 \Omega + 1 \%) = 3.65 \text{ W}$
- 温度測定位置: 容器内の抵抗器中央の直上 (部品自体には触れない) かつ、容器の壁から 5mm 以上。





5) 試験結果

温度上昇 = 49.43 K (@ 3.730 W)

であり、周囲温度最高時に換算すると、

最高表面温度 = 周囲温度最高値 + 温度上昇

$$= 40 \text{ }^{\circ}\text{C} + 49.43 \text{ K} = 89.43 \text{ }^{\circ}\text{C} < 135 \text{ }^{\circ}\text{C} - 5\text{K} = 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

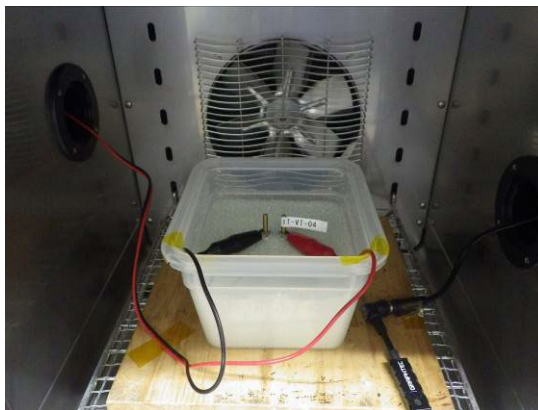
決定した最高表面温度は、温度等級 T4 の許容値を超えない。...Pass

3.6 充填物の耐電圧試験 (追加分)

- 1) 試験実施日: 2022-02-10, 15
- 2) 試験場所: 本安試験室
- 3) 装置・測定器: 恒温恒湿槽 (1T-TB-01), 温湿度ロガー (1T-TR-06),
耐電圧試験装置 (1T-VT-01), デジタルマルチメータ (1E-DM-25),
ストップウォッチ (1E-SW-04)
- 4) 試験手順 IEC 60079-5:2015, 箇条 5.1.3 による。ただし、前処理及び試験環境のみを
 - a) +23°C, 70%rh
 - b) +40°C, 70%rh
 に読み替えて適用する。

①電極配置は 3.4 参照

② 電極の周囲に 10mm 以上のガラスを配置。

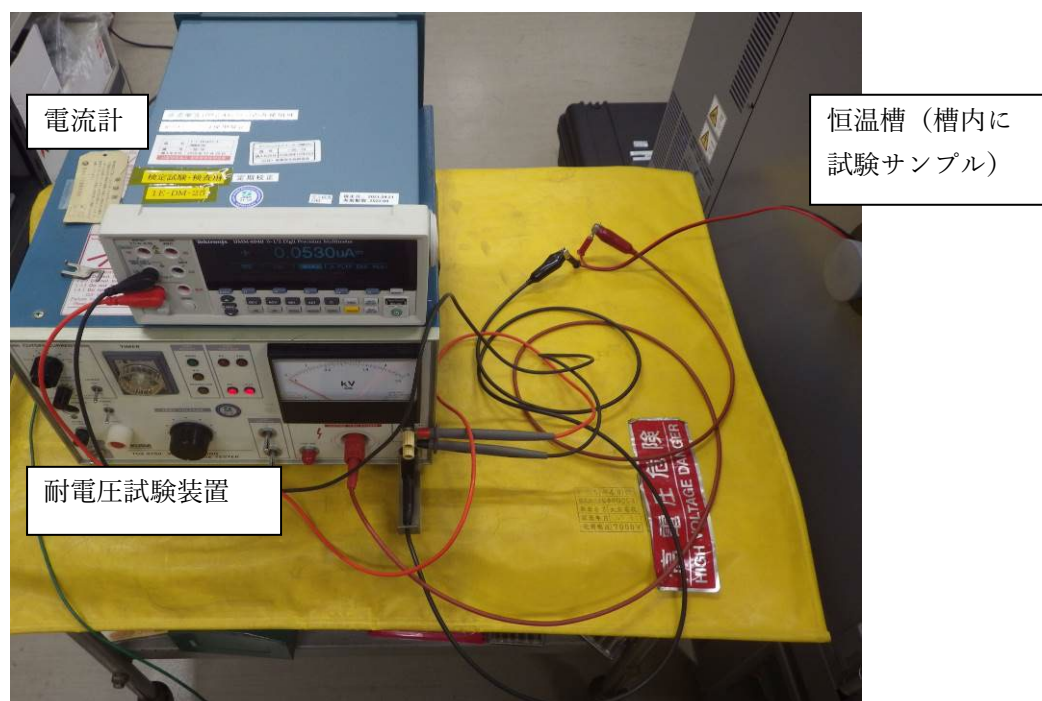


③ 前処理として、

a) $23 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $70 \pm 5 \text{ \%RH}$ で 24 h 以上放置。

b) $40 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$, $70 \pm 5 \text{ \%RH}$ で 24 h 以上放置。

④ DC 1000 V を印加。(試験系は以下のとおり)



5) 試験条件

- 前処理: 24 h 以上
 - a) $22.98 \sim 23.14 \text{ }^\circ\text{C}$, $67.6 \sim 71.7 \text{ \%RH}$ (24 時間中)
 - b) $39.64 \sim 40.22 \text{ }^\circ\text{C}$, $68.1 \sim 72.2 \text{ \%RH}$ (24 時間中)
- 試験環境: サンプルは前処理の恒温槽運転条件のまま試験を実施。試験室は、
 - a) $23.9 \text{ }^\circ\text{C}$, 23.9 \%RH
 - b) $25.2 \text{ }^\circ\text{C}$, 27.3 \%RH
- 印加電圧: DC 1000 V

6) 試験結果 漏れ電流はいずれも $1 \mu\text{A}$ 未満であった ...Pass

