

PSB (Process Safety Beacon) 2023年7月号 の内容に対応	SCE・Net の 安全談話室 (No.205) https://sce-net.jp/main/group/anzen/	化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 山本一己)
バッテリー駆動の工具や機器は着火源になり得る		
(PSB 翻訳担当: 塩谷 寛)		
司会 : 今月号の Beacon は、バッテリー駆動の工具や機器は着火源になり得るので、防爆エリアなどの危険な場所への持ち込みや使用に関して、特段の注意が必要と言っています。また、これが原因の重大事故はまだ報告はされていないが、発生するのは時間の問題だとも言っています。これらについて、ご意見やご感想を伺いたいと思います。 山本 : 化学工場での事故事例がなく、知見やデータが、まだ充分整っていないのが原因かどうか分かりませんが、説明を加えないと理解できない部分がありますね。例えば、「バッテリーはエネルギーを安全に開放できない動力源である」と訳しましたが、使い古しのリチウムイオンバッテリーは変形や衝撃などによりショートして、火災を発生する問題がありますが、そんな意味でしょうか。また、「化学工場において、非認定の機器が火災や爆発の着火源となるのは時間の問題である」とありますが、今後、厳しく管理しないと、化学工場の現場にバッテリー駆動の機器が持ち込まれるケースが増えて、そのうち事故が多発するという意味でしょうか。もう少し説明を加えてもらえたらと思いました。ところで、本文ではバッテリー駆動の工具とタブレットやスマートフォンを一緒にして議論していますが、バッテリー駆動の工具はモーターを内蔵しており、危険のレベルが異なると思います。今回のテーマのようにバッテリーも危険と思いますが、工具はモーターのブラシで火花が激しく発生しており、もっと危険です。従来から化学工場では工具の現場への持ち込みを厳しく規制しているのではないかと思います。	司会 : そうですね。それでは、タブレットやスマートフォンなどの機器と、バッテリー駆動や電動工具に分けて、コメントを頂きたいと思います。まず、タブレットやスマートフォンなどの機器についてコメントはありませんか。 牛山 : 最近の状況はよくわかりませんが、私がいた頃は、バッテリー駆動の工具か機器かは別として、本質安全防爆構造(文末脚注1)のもの以外は持ち込みができないことになっていたと思います。そういう意味で、最近、タブレットが現場に持ち込みできるという話がありましたけれど、本質安全防爆構造になっているのでしょうかね？ 木村 : 防爆仕様であるかどうかというところは気をつけているのではないのでしょうか。 山本 : 危険区域の機器では、耐圧防爆構造や安全増防爆構造(文末脚注1)の機器を使用していましたが、計器では本質安全防爆構造を使用するのですね。 牛山 : ただ、タブレットでも接続できる部分がありますよね。Beaconにもあったようですが、イヤホンなんかとの接続のところが、防爆仕様になっているのかわかるかな。そこらへんが気になっているところです。 竹内 : 以前、産総研のプロジェクトで、現場で役立つチェックリストを作成した時に、産総研がタブレットを現場に持ち込んで、チェックリストをその場で使えるようにしたいということで、ソフトウェアで開発しました。ところが、防爆仕様のタブレットが80万円とか90万円とか高額で、これでは使い物にならないという話になった覚えがあります。 木村 : ドローンに関しては、2019年3月にプラント内等でプラント事業者がドローンを安全に活用・運用するための留意事項を整理したガイドラインの初版 ¹⁾ を策定し、2020年3月に塔槽類や配管、タンク等の設備の内部での活用を想定した同ガイドライン Ver2.0 ²⁾ を策定しました。さらに、2021年3月に防爆ドローンの要件に関するガイドライン ³⁾ を策定しましたが、ドローンに係る近年の他分野の動向、プラントにおけるその活用への期待と、普及が進んでいない現状を踏まえ、防爆対応のドローンを実現するに当たっての課題点を洗い出し、明確な指針を示す等により、防爆ドローンの開発・実装に繋げることにとどまりました。しかしながら、プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン ⁴⁾ が制定されたことにより、通常のドローンを活用できるエリアについてはより合理的な判断ができるようになっていきます。	今出 : 工場エリアや建屋全体を防爆エリアとしているところが多いと思いますが、実際の可燃ガスなどの存在状態で、より限定して危険場所を分類するようになってきていますね。 牛山 : 実際問題として、その運転員が非防爆エリアだけを歩いて行くというケースは非常に稀ですね。プラントの巡回なんかする時には、必ずその防爆エリアも巡回して回るわけですね。だから、そういう非防爆の場所だけは持ち込んで

いいよということになると、防爆エリア入るときにどうするのか。そこが非常に問題になると思いますね。だから、昔は、非防爆のものは現場には持ち込まないということに、私のところはしていました。

山本 : 今でもそうでしょうか。

牛山 : まあ、基本的には変わってないと思います。ある所までは確かに持ち込めますけど、それ以外のところに、持ち込まないかどうかは分からないですからね。

木村 : ところで、リチウムイオンバッテリーが純正か非純正の問題ですが、この前なんか自転車がバッテリー駆動のもので、非純正のものを使って火災が発生しました。子供が乗る予定でしたが、そのときは乗ってなくて良かったということが、NHK ニュースでも大変話題になりました。そのようなことも、ちょっと注意が必要かなということを感じています。

竹内 : ある知っている工場ですが、トランシーバーに新しい防爆仕様のもので出てきており、今まで使っていたトランシーバーが防爆仕様じゃなかったと気づき、慌てて買いましたという話を聞いたことがあります。

山本 : 基本的には、化学工場には防爆仕様の物しか持ち込めないということでしょうね。

竹内 : そうですね。まあ、だからこそ、化学工場での事故っていうのはそう起きてはいないということなんでしょうけど。

澁谷 : 今の現場へはもう20年以上行っていませんが、通信機器がこう発達してきて、自分の体の一部みたいになっているかと思います。会社で危険物を扱うところの作業の人たちなんかは、工場に入ったらみんなスマートフォンはどっかにしまっておかせるとか、なんらかの対策をしているのですかね。ポケットに入れて、休憩時間にちょっと見るからとか、連絡があるかもしれないからなんて、作業中にポケットに入れられたらわからないし、その人が現場パトロールに行く時に、危険エリアだから置いて行こうということが徹底できる状況じゃないだろうと思いますけど、どうでしょうかね。どの程度徹底して現場管理しているのでしょうか。

山本 : 基本的には個人的なスマートフォンの持ち込みは禁止ですけど、タブレットなど、どうしてもデータ取りや製品管理に必要なので、持ち込みエリアを限定しています。工場の中の、このエリアはいいとか、だめとか、経済産業省から出ているガイドライン⁴⁾を参考にして、そういうエリアを決めて運用しています。

澁谷 : そのようなガイドラインがあるのですか？

山本 : ありますね。ただし、ガイドラインでは第2等級の放出源(文末脚注2)が存在するゾーン2(文末脚注3)の危険区域を対象としています。第2等級の放出源というのは、通常運転では可燃性物質の放出が発生しない、または低濃度で短時間だけ放出の可能性のある回転機器のシール部やフランジ接続部などのことで、これらが存在する場所がゾーン2です。ガイドラインには、ゾーン2の中で非防爆機器が使用可能な「非危険区域」を判定する方法が解説されています。

ここで、ガイドラインにある判定方法を簡単に説明しますと、まず、可燃性物質のシール部の開口部面積をガイドラインの推奨値から評価します。次に、この開口部面積を用いて、可燃性物質の圧力や分子量などから放出特性をガイドラインにある式から計算します。次に、放出される場所の換気度(文末脚注4)や換気の有効度などから危険度区域の判定をします。換気が有効にできていれば、その区域全体が非危険区域となりますが、有効でなければ、放出特性から放出源からの危険距離を算出して、その範囲内だけがゾーン2の危険区域のままとなります。

会社ではガイドラインに従って規制しています。タブレットとかスマートフォンを現場に持ち込む場合は、この範囲内のみで、その範囲外の場所に行く場合は、決められた場所に置いて行くとか、ルール化をしています。運用が複雑で難しいところですね。だから、防爆のタブレットだったら良いのでしょうか、まだ防爆タブレットは高いようです。

木村 : 飛行機に搭乗する場合も、タブレットとかスマートフォンを荷物の中に入れてくださいというアナウンスがあります。本当に入ってないかどうかは不確かな部分がありますが、一応、アナウンスは明確にされていますよね。

澁谷 : 管理者のアリバイ作りみたいなもので、徹底するのは本当に難しいですよ。みんな身体検査して、機器を持ってないかチェックできるわけじゃないし、難しい世の中になっていますよね。

司会 : 「あなたにできること」に作業エリアの防爆(危険場所)の分類を知っておくこととあります。皆様の会社では防爆(危険場所)の分類はどのようにされていたか教えてください。

竹内 : 私のいたプラントは外資系だったので、NFPA(全米防火協会)に準拠して危険場所を決めていました。危険場所はゾーン0からゾーン2まで、図面に色分けして表示していました。設計段階では、照明のスイッチの位置などに気を使っていた覚えがあります。ところで、防爆エリアの考え方が数年前に変わりましたね。以前は、建物の中のエリア

は全体が防爆になっていたという感じですが、危険な物質を扱っている機器の周辺に円を描くような形になっていて、屋内であっても、全部を防爆エリアにしなくても良いように変わったと記憶しています。

司会 : 現場でタブレットを使用したデータ収集や IoT 機器を活用してプラント内のビッグデータを収集・分析・活用など電子機器を使用する機会が増え、それに伴い、先ほどの危険エリアの見直しなどのガイドラインが経済産業省から出されています。皆様の会社でのこういった電子機器を現場で使用するときの規制などはどうでしたか。また、参考になる知見などありましたらお願いします。

竹内 : 例えば、危険物倉庫の中は防爆エリアですので、携帯電話などを持ち込まないように、入り口付近にボックスが設置されていて、そこに入れるルールになっていました。

塩谷 : 私が現役のころは防爆エリアで気軽に使用できるタブレット類はなく、電子機器類を活用して現場データを収集することは実施していませんでした。しかし、重要な現場指示型の計器は、できる限り DCS に取り込み可能な計器に変更して DCS システム内にデータ収集を行い運転管理に活用していました。またこれによって、現場パトロール時のデータ収集の比重は小さくなり、異音や異臭をチェックする異常状態の有無の把握を中心に行うようになりました。

司会 : 「知っていますか」に、バッテリーが 12V(ボルト)より高いときは、火花を発生する可能性がある、というようなことが記述されていますが、12V の根拠はあるのでしょうか。

今出 : 乗用車のバッテリーは 12V ですが、接続する時や短絡させたら火花が出ますね。

木村 : たまたま先日、私のポケットにスマートフォンを入れていて、メモリーの部分だけを取り除こうかと思って線を引っ張ったら、火花が出ました。使っているスマートフォンでも、ちょっと、そういう操作をすると火花が出るという経験をしました。

山本 : タブレットやスマホの電源の電圧は、12V よりもかなり低くて 4V ぐらいですが、火花が出ることがあるのですね。タブレットを落としたりすると危ないですね。Beacon では、人が感じることのできる静電気のエネルギーの話しをしたりして、肝心のタブレットやスマートフォンについてのエネルギーの説明がないので、あるといいですね。

竹内 : 人間に帯電する静電気の電圧は結構高いですね。ガソリンスタンドで給油中に、いったん運転席に戻ってまた出てきた人が給油ノズルのところに、ちょっと触れたらパアッと火を吹いたというビデオを見たことがあります。だから、給油するときに「静電気除電シートを触って、帯電を除電してから給油をしてください」と言うメッセージは大切です。十分に火がつくだけのエネルギーを持っているということです。

山本 : 一般的によく知られた計算ですが、人体が帯電したときの電圧は約 3kV(3,000V)です。帯電が放電したときのエネルギーですが、人体の静電容量が約 100pF($C=100 \times 10^{-12}F$)ですので、 $E=1/2 \cdot C \cdot V^2=4.5 \times 10^{-4}J=0.45mJ$ とされています。Beacon に最小着火エネルギーの値が表になっていますが、この 0.45mJ はいずれの物質の値よりも大きな値になっており、人が感じなくても人間の放電エネルギーは十分に可燃性ガスを発火させます。

司会 : バッテリー駆動の工具を含め、電動工具が着火源となり、ヒヤリハットやニアミス、事故に至った経験や事故事例をご存じなら、コメントをお願いします。また、その他の思いがけないものが着火源となり、同じくトラブルに至った経験や事例をご存じならお願いします。

竹内 : バッテリー駆動の工具で事故やヒヤリハットなどは経験していませんが、建設工事では頻繁に使用されるものですので、これらの工具類の持ち込みには気を付けていました。電動工具は感電の危険性が懸念されていて、持ち込み時に漏電検査などをしていましたが、バッテリー駆動のものでは、充電器が要注意でした。バッテリーの充電は安全な場所で行う様に指示していました。

山本 : 調理用の電気ミキサーやハンドブレンダー、フードプロセッサーは安価で容易に手に入るので研究用の実験用器具として使用している人がいるかもしれませんが、それは絶対にしてはいけません。以前、モーターブラシが見えるように分解して動かしてみましたが、モーターブラシで火花が激しく発生していました。引火性液体や可燃性粉体に対して、それらを使用して混合や粉碎すると極めて危険です。

竹内 : 今この話を伺って、ちょっと気になったのは、最近ではコロナの影響もあって、結構、家のなかでアルコールのスプレーなどが使われています。最近では、調理学校でバーベキューの最中にアルコールを放り込んで、学生が死亡したというニュースがありました。調理器具が着火源だという認識なしにアルコールスプレーを使うと、家庭でも火災の元

になる可能性はあります。

山本 : 潤滑剤のスプレー缶で火災が起こった話を聞いたことがあります。家屋の屋外から屋内に通じる隙間にスプレー缶の細長いノズルを差し込み、潤滑剤をさしたところ、たまたま屋内に火のついたコンロがあり、潤滑剤が一気に燃え上がり火災になりました。可燃性物質が入ったスプレー缶の放出口は気を付けないと、文字通り、火に油を注ぐようなこととなります。

今出 : 話は少し変わりますが、鉛バッテリー式のフォークリフトの充電時には水素を発生するので、着火源があると爆発する可能性があります。室内でのバッテリー充電は避け、屋外の軒下などを充電場所としていました。また、バッテリーのカバーを開け換気をよくしていました。

上田 : 文末の参考資料のように、フォークリフトのバッテリーが原因と思われる事故⁵⁾が発生しており、定期点検や充電方法の確認⁶⁾が必要です。

司会 : 「知っていますか」にバッテリー駆動の工具が、保全技術者、請負業者などによって防爆エリアに持ち込まれる可能性があると言っています。コード式の電動工具でも結構ですが、皆様の会社で、それを防ぐための教育や対策はどうされていたかをお願いします。

竹内 : 電動工具は全て検査をして合格品にシールを貼って、区別していました。そのため、電動工具を使用することが予想される工事業者の方達には、着工前に検査をして合格した電動工具しか持ち込めないことを連絡していました。それ以外のは持ち込みを禁止するっていう形ですね。現場をパトロールする時には、電動工具が置いてあると、ちゃんと合格したシールが貼ってあるかどうか、気をつけて見るようにはしていました。

山本 : 大きな工場だと、初めて入構するときに、工事業者に向けて、半日ぐらいかけて安全教育とかされますよね。その時に、工場内で守るべきルールを教育されると思います。私もエンジの仕事をしていた時に、お客さんの工場に初めて入構するときは、安全教育をうけて、教育済みのシールをヘルメットに貼っていました。

林 : 電気機器の使用ルールを入構教育で実施しており、使用電気機器の自主検査を協力会社に課しています。定期自主検査を6ヶ月に1回行い、所定の報告書に結果を記入して協力会社で1年間保管とし、自主検査で合格した電気機器には、安全衛生協議会で有効期限をくり抜いたワッペンを購入し、次回点検時期が分かるように使用中貼付けて掲示しておきます。また100V以上の器具には漏電遮断機を電路に設置を義務付けています。作業の分類としては火気作業として一般火気と称して裸火作業と区分けしていました。

竹内 : プロジェクト工事などで、大きな会社が元請になっていて、下請けで小さな会社がいっぱい入って来ることがあります。そういう人たちが自前の電動工具を持ってくるので、事前にキチンと連絡しておく必要があります。また、不合格になる可能性のある物としては電動工具のケーブルがあります。そのケーブルが傷んだ工具を持ち込む業者さんがたまにいて、そういう工具を見つけると、シールを貼れないケースも、ときたまありました。

司会 : Beacon に、化学工場ではバッテリー駆動の機器の使用による重大事故はまだ報告されていないとありますが、関連した事故などご存じでしたらお願いします。

竹内 : 携帯電話が着火源になったというビデオがありますので、それを一寸再生します。

(<https://www.firerescue1.com> “Cell phone causes massive fire” のビデオをメンバーで視聴)

今出 : これはいつ頃に起きた事故ですか。

竹内 : この映像は2013年10月7日になっています。このビデオの説明をみると、ガソリンのタンクローリーの上で作業していた人の携帯に電話がかかって来ました。ポケットから携帯電話を取り出して応答ボタンを押したら、それが着火源となり、爆発を起こしたものです。本人は、火だるまになってタンクローリーから転げ落ちていました。

山本 : こういったビデオは、携帯電話が十分に着火源になることを理解するための資料として、説得力がありますよね。

今出 : 仮に危険場所が全体としてゾーン2とされていても、携帯電話の使用場所が局所的にゾーン0になっていたら爆発する可能性があるということですね。

塩谷 : 今のビデオだと確かにゾーン1とかゾーン0になるのですかね。ゾーン2よりもかなり危険な雰囲気かなという気がしますね。

山本 : ゾーン0は極めて危険なので、換気にもよりますが、作業エリア全体をゾーン0にすべきだと思いますが。

竹内 : その瞬間は、そこが充分着火する可能性がある状態だったということでしょう。多分、ローリーの上に登って、引火

性液体が入ったローリーの蓋を開けた状態だったのではないのでしょうか。

司会 : バッテリー駆動の機器、特にタブレットやスマートフォンを対象にした Beacon は今回が初めてですが、手軽に便利に使用できる、そのような電子機器が危険ゾーンに持ち込まれる機会が増えている中で、今後しっかりと管理していく必要があることを皆さんの議論から強く思いました。今日は皆さんの経験からの貴重なご意見や知見を頂きありがとうございました。

<脚注>

1) 防爆構造の種類(よく使用される防爆構造を示す)

○**本質安全防爆構造(記号 i)**: 正常状態および特定の故障状態において、電気回路に発生する電気火花および高温部が規定された試験条件で所定の試験ガスに発火しないようにした防爆構造。特別危険箇所(ゾーン0)に設置することができ、他の防爆構造に比べて軽量・小型である。

○**耐圧防爆構造(記号 d)**: 容器が、その内部に侵入した可燃性ガス蒸気による内部爆発にたいして損傷を受けることなく耐え、かつ、容器のすべての接合部又は構造上の開口部を通して外部の対象とする可燃性ガス蒸気の発火を生じさせることのない電気機器の防爆構造。第1種危険場所および第2種危険場所に使用できる。(例) d2G4

○**安全増防爆構造(記号 e)**: 正常な使用中にはアーク又は火花を発生することのない電気機器に適用する防爆構造であって、過大な温度上昇のおそれ、並びにアーク及び火花の発生のおそれに対して安全性を増加し、これらの発生を阻止する手段が講じられた電気機器の防爆構造。第2種危険場所に使用できる。(例) eG3

(例)の G3、G4 は使用できる可燃性雰囲気発火度の限度を示す。発火点に応じて G1 から G5 まで分類されている。

2) 放出源の等級(放出等級)

○**連続等級**: 連続的な放出又は高頻度若しくは長期にわたって発生すると予測できる放出。

(常設の大気開放ベントを持つ固定屋根式タンクの可燃性液体の表面など)

○**第1等級**: 通常運転中に周期的又はときどき発生すると予測できる放出。

(可燃性液体の排出部やサンプル抽出部など、通常運転中に可燃性物質を大気中に放出することが予測できる部分)

○**第2等級**: 通常運転中には発生しない又は低濃度で短時間だけと予測できる放出。

(フランジ・継手部やポンプ・コンプレッサなどのシール部分で、通常運転中に大気中に放出すると予測できない部分)

3) 危険区域の分類

○**特別危険箇所(0種場所、ゾーン0)**: ガス、蒸気又はミスト状の可燃性物質と空気との混合物質で構成する爆発性雰囲気が連続的に、長時間又は頻繁に存在する区域。

○**第1類危険箇所(1種場所、ゾーン1)**: ガス、蒸気又はミスト状の可燃性物質と空気との混合物質で構成する爆発性雰囲気が通常運転中でもときどき生成する可能性がある区域。

○**第2類危険箇所(2種場所、ゾーン2)**: ガス、蒸気又はミスト状の可燃性物質と空気との混合物質で構成する爆発性雰囲気が通常運転中に生成する可能性がなく、生成しても短時間しか持続しない区域。

4) 換気度

○**高換気度**: ガスまたは蒸気の放出源において、その濃度を瞬時に低下させ、爆発下限界未満に抑えることができる換気能力。

○**中換気度**: ガスまたは蒸気の放出が継続する場合であっても、その濃度の上昇を抑制し、または低減することができる換気能力。

○**低換気度**: ガスまたは蒸気の放出が継続する場合、その濃度の上昇を抑制し、もしくは低減することができず、またはガスもしくは蒸気の放出が停止した後も爆発性雰囲気が長時間継続することを防止できない能力。

<参考資料>

1)「プラントにおけるドローンの安全な運転方法に関するガイドライン」, 総務省消防庁 厚生労働省 経済産業省, 2014.3

2)「同上 Ver2.0」, 経済産業省, 2020.3(最新版は「同上 Ver3.0」, 経済産業省, 2022.4)

3)「令和2年度補正産業保安高度化推進事業 防爆ドローンの要件に関するガイドライン」, 経済産業省, 2021.3,

4)「プラント内における危険区域の精緻な設定方法に関するガイドライン」, 経済産業省, 2020.1

5)「バッテリー式フォークリフトのバッテリーが破壊」, 熊本労働局・労働基準監督署(社)建設荷役車両安全技術協会熊本県支部

6)「バッテリー充電作業中の爆発を防止するために!」, (社)電池工業会, 2014.3

キーワード: 着火源、バッテリー駆動、防爆エリア、リチウムイオンバッテリー、タブレット、スマートフォン、本質安全防爆、DCS、最小着火エネルギー、漏電検査、鉛バッテリー、フォークリフト、バッテリー充電、入構教育

【談話室メンバー】

今出善久、上田 健夫、牛山 啓、木村雄二、塩谷 寛、澁谷 徹、竹内 亮、
永嶋良一、春山 豊、林 和弘、松井悦郎、三平忠宏、山岡龍介、山本一己、頼 昭一郎