ISSN 2424-0222

INDUSTRIAL, CHEMICAL MACHINERY & SAFETY

産業・化学機械と安全部門ニュースレター　No. 37　May 2022

巻頭言：日々鍛錬

2022 年度（100 期）
産業・化学機械と安全部門長
科学警察研究所
新井　裕之

この稿をご覧になる方全員が、実感しておられ、改めて書き記すものでもありませんが、2021 年度は、2020 年度での予想をはるかに超える、混乱の増した 1 年でした。新型コロナウイルスの影響は 2 年に渡り、各種社会活動に制限が加わりました。世界的にも、コロナ禍以前から、物流や、その一環でもある半導体不足といった、経済に密接に関係する分野での問題が懸念されていたところに、コロナ禍で更に、産業界にインパクトを与えました。ワクチン接種が進み、ポストコロナへ舵を切り出した年明けの 2022 年 2 月には、ロシアによるウクライナ侵攻が起こり、エネルギー供給体制へのダメージや、経済制裁といった、地政学や安全保障の観点からの影響も、否応なく及ぼされることになり、不安定な状況が解消される目途は、当面付きそうにない状況です。

一方、我が国の昨年（令和 3 年）1 年間の労働災害の状況に目を向けてみますと、新型コロナウイルス感染症り患によるものを除いた件数（令和 4 年 1 月速報値）において、死亡者は、コロナ禍前の平成 29 年比で約 17% 減少しているものの、休業 4 日以上の死傷者数は、同年比で約 9% 増加しています[1)]。NHK の報道によると、「新型コロナの影響で出勤できない人が相次いだり、感染防止で少ない人数で業務を進めたりした結果、1 人当たりの業務量が増え労災事故が増加している可能性がある」との見解を厚生労働省が示しているとのことで[2)]、新型コロナウイルスは、労働安全にも直接、大きな影響を与えていることが、数字でも表れています。

ところで、2021 年度後半の NHK 連続テレビ小説「カムカムエヴリバディ」は、3 人のヒロインがバトンをつないで、大正から令和までの一世紀を描いたドラマでした。このドラマを見る中で、安全対策も同じように、大正時代から何代にも渡り、紡がれてきたことに気付きました。1900 年代初頭に US Steel で立ち上げられた安全運動のスローガンである "Safety First" の概念が、我が国でも大正初期に「安全専一」「安全第一」として導入され、以来 100 年以上、激動の時代も多くあった中、労働者、安全担当者、部署や企業を挙げて、または行政による各種規制等により、様々な安全対策がなされてきました。例えば今回のコロナ禍は、我が国でも急激な DX を強いられるなど、従来のやり方を変えざるを得ないものであり、安全に対しても、従来とは異なる観点によるアセスメントが要求されます。従来の対応を基本として行うのに加え、最新の考えやツールも導入することで、環境の変化に着実に対処できるようにしたいものです。

当部門では、年次大会、講習会、トワイライトセミナー等の各種企画を通じて、機械安全に関する情報を発信しています。ユニークな活動として、機械の衛生リスクをテーマにした市民フォーラムや、産業安全行動分析学に関する特別講演会なども行っています。これらの企画が、部門登録をしていただいている会員の皆様の、更なる安全対策の一助になるよう、今年度も部門の活動を展開していきたいと考えています。また、そのためにも、皆様の忌憚ないご意見をお待ちしております。

先に挙げたドラマの中で、後半のキーとなる脇役のセリフに、次のようなものがありました。「日々鍛錬し、いつ来るともわからぬ機会に備えよ。」「続けないと見えない景色がある。」まさに、安全対策そのものです。

1) 厚生労働省，労働災害発生状況，https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/rousai-hassei/，2022 年 4 月 11 日閲覧
2) NHK，https://www3.nhk.or.jp/news/html/20220215/k10013484041000.html，2022 年 4 月 11 日閲覧

目次

巻頭言		科学警察研究所　新井　裕之	1
解　説	プラント設計における設計安全	千代田化工建設　上田　毅	2
	水素インフラの安全性検討の動向	横浜国立大学　中山　穣	4
リレー投稿	安全技術者にとってのサイバーセキュリティ	名古屋工業大学 社会工学科　橋本　芳宏	5
	リスクベースの考え方の様々な分野の導入について	日本大学　生産工学部　三友　信夫	7
行事報告	年次大会・安全入門ゼミナール・トワイライトセミナー・市民フォーラム		9
会員の声			12
受賞者の声			14
会告一覧・部門賞・部門表彰および贈賞報告			15

解　説

プラント設計における設計安全

千代田化工建設
上田　毅

1. はじめに

LNG 生産設備、石油精製設備や化学工場、医薬品工場のようなプラントの建設では、その過程において様々な「安全」を考慮しなければならないことは周知の通りであり、また年々要求される内容は厳しく幅広いものになってきている。プラント建設において今や世界中のどの国においても、「安全」はどんなものよりも最優先されて扱われている。

ここでは、海外の大型プラント建設を例にとり、考慮すべき安全についてその全体像を見ていく。なお、それぞれの安全設計手法の詳細な解説については、多くの文献、参考書が出ているのでそちらを参照されたい。

2. プラントにおける安全とは

プラントを新規に建設する際に、安全面の切り口からどのようなことを考える必要があるだろうか。大きくは、プラント建設時の安全とプラント完成後の運転・保守時の安全に分けられる。前者の安全はいわゆる「工事安全」と呼ばれるものであり、プラントに限らず鉄道、道路や橋梁、トンネルなどの社会インフラ設備、ビル・家屋などの建築物の建設工事に共通した行動（アクション）に対する安全確保の手段を確立することである。一方、後者の安全は、完成したプラントを運転、保守・点検する際に考えるべきもので、いずれもプラント設計時に考慮すべき「設計安全」と言われるものである。本解説では「設計安全」について記載していく。

プラントの設計において安全設計を行う目的は、主に①人的被害、②環境被害、③経済的損失、④操業事業者の信用失墜の防止にある。設計安全はこれらの目的を達成するため、プラント完成前の設計段階、すなわち実際に運転する2～4年前に確立させることであり、いわば近未来の姿を予測したうえで設計していくものと言えるであろう。したがって、対象とするプラントの「未来の姿」を適確に洗い出すことが求められる。さらに、プラントそのものを事故なく運転することはもちろん、プラントを操業、保守・点検する人が死傷することなく安全に作業できる環境、プラント周辺で生活する人々がプラントからの悪影響（外部漏洩・火災・爆発など）を受けることなく健康に生活できる環境を整えることも含まれる。つまり、対象のプラントに関わるすべての人の将来を左右する大事な設計要素であると言える。

3. 設計安全で考えること

プラントの設計安全を考えるときの背景、条件としては以下のようなものがある。

①建設場所の地勢、気象状況、自然災害からの安全、②プロセス上の安全、③操業上（通常の運転、保守時の作業）の安全、そして最近話題となっている④外部の悪意あるものからの攻撃に対する安全（サイバー攻撃、物理的攻撃）などがあげられる。いずれの事象に対しても、プラント設計時に安全を考慮した設計を行うことが求められている。これらの安全について、その内容を少し見ていく。

①建設場所の地勢、気象状況、自然災害からの安全

プラント建設地は経済性の観点から必然的に資源が採取されるエリアの近くが選定されることが多い。その場所は寒冷地から熱帯まで、地球上のいたるところに点在する。地勢条件からはプラントの設計以前に建設地として相応しいかどうか、地盤や断層の有無、さらには建設後の物流動線なども考慮したうえで建設地の選定が行われる。気象条件からは寒冷地ではプラントのプロセス上、氷点下の環境で凍結しないような対応を行うが、その対応設備が故障した場合の設備・運転対策、設備を構築する材料面では低温脆性が起きない材料選定などが設計に反映させることになる。また、操業面ではプラントオペレータが低温下においても確実な操作をおこなうための配慮、積雪・落雪・落氷、スリップから身を守る設備などが考慮される。自然災害への対応としては、強風、降雨、地震などへの対策であるが、予めこれら自然災害として最大級の規模を数値化し設計に反映する。

②プロセス上の安全

プロセス設計においては、扱う流体（気体、液体、粉体）の特性に合わせたプラント材料選定、設備施工方法の選定が行われることは言うまでもないが、万が一流体が漏洩した場合の事態も考慮した安全設計が行われる。例えば、可燃性流体が漏れた場合、漏れた流体が着火して火災を引き起こす可能性がある。火炎からの輻射熱によって構造物が倒壊し、更なる可燃性流体の漏洩を引き起こすというプラントの２次的な被災を防ぐため、火災を想定して構造物に耐火被覆が施される。

また、プラントを構成する機器、配管、計装品、電気品など、本来の設計とは異なった動きをした場合や、故障・破損した場合を考慮し、これら異常動作、事象に対応できる設計を行う。

③操業上（通常の運転、保守時の作業）の安全

プラントオペレータの動線上に危険な状態がないよう、例えば頭上高、通路幅の確保や高所での手すり・転落防止柵の設置などを設計に組み込む。また、保守時には作業員が腰を痛めるような重量物の脱着・移動の必要がある場合は、予め吊上げ装置や搬送機が使える空間確保、設備の設置を設計に考慮する。

④外部からの悪意あるものからの攻撃に対する安全（サイバー攻撃、物理的攻撃）

サイバー攻撃は、昨今の大きな課題になっている。最近では 2021 年５月に起きた米国パイプラインへのランサムウェア被害（6 日間の操業停止）、2016 年 12 月のウクライナ発電所におけるマルウェア被害など多数発生している。これらのような外部からのサイバー攻撃からプラント内制御装置を守るべく様々な対応を施すよう設計される。

一方、軍事を伴った攻撃事例としては 2019 年９月に発生したサウジアラビア石油生産施設を標的として行われたドローン攻撃が記憶

に新しい。このような攻撃に対しては、なかなか民間レベルだけでの対応は難しく、国レベルでの対応、国と連携した防御設備などが必要になる。

4. 設計安全手法

3章で示した設計安全のうち、主にプラントにおけるプロセス上の安全設計手法について述べていく。

プロセス安全設計を行っていく手順としては次のようなステップとなる。

①危険源の特定（通常の運転時、運転モードが変更されるときなどの非定常の運転時、設備そのものの変更による運転の変更時）
②（特定した）危険事象の原因、影響・結果の分析・評価
③（特定した）危険事象の発生確率・頻度の推定
④（危険事象に対する）安全対策（追加安全策、多重化など）の立案

それぞれのステップにおいて、実際に取られている設計手法の例をいくつか紹介する。なお、それぞれ手法についての詳述は、個別の解説書を参照されたい。

①危険源の特定

・チェックリスト：法規・規格、各事業者が保有する設計・運転基準、トラブル事例集などがあり、既知の危険源と照合することで、新たに建設するプラントの危険源を特定することができる。ただし、過去にないプロセス、事業分野のプラントでは、危険源として網羅できないものが出てくる可能性があり、別の手法による危険源抽出が必要となる。
・What-if：「もし○○がおきたらどうなるか?」という問いを随所に行うことで、危険源を特定していく。質問から漏れると危険源を見落とすことになる。
・HAZID (Hazard Identification)：キーワードから危険源を特定していく。キーワードとしては、「危険物質」、「ユーティリティ（計装空気や冷却水、蒸気などプラントを動かすうえで必要な用役）の停止」、「停電」、「人的操作ミス」、「プロセス流体の漏洩」、「自然災害」、「機器・計器故障」など多岐にわたる。この手法でも、キーワードから漏れた危険源については見落とすことがありうる。
・HAZOP (Hazard and Operability Study)：設計・運転のシナリオからの「ずれ」に着目し、ずれた場合に何が起こりうるかをガイドワード（例えば流れが停止、減、増など）見ていくことで危険源を特定する。プラントすべてのプロセスを追っていく必要があり、多大な労力と時間を要する。

②危険事象の原因、影響・結果の分析・評価

・相対的危険度の評価：危険事象に対し、その影響度を相対的に点数付けする。例えば異常な発熱反応をおこす危険であれば、その反応の速さ、爆発性などから分類していく。
・フィジカルハザードの評価：外部漏洩・火災・爆発といったフィジカルハザードに対し、その影響の大きさを専用のツールで計算し評価する。外部漏洩であれば、漏洩箇所を中心とした可燃性流体・毒性流体の大気中濃度の範囲を、プール火災であれば、プールを中心とした輻射熱の大きさの範囲を、爆発であれば、着火場所を中心とした爆風圧の大きさの範囲をそれぞれ算出し、これらのフィジカルハザードの影響の大きさを評価する。
・ FTA (Fault Tree Analysis):頂上現象（起きうる最終危険現象）から、その原因を遡って検討していく手法である。ツリーには失敗時のみを表す。危険事象の多重原因を探るのに適している。
・ ETA (Event Tree Analysis)：初期原因から、影響・結果を時系列にそって分析する手法である。ツリーには成功、失敗の両者を表す。

③危険事象の発生確率・頻度の推定

上記②で紹介したFTAとETAにおいては、それぞれの事象に対する発生確率・頻度を用いて、頂上現象の発生確率・頻度、あるいは生じる影響・結果の発生確率・頻度を推定することが可能である。

④安全対策（追加安全策、多重化など）の立案

上記①，②，③の手法は、それぞれ一長一短があるため、これらを複数組み合わせることにより、実際のプラントに施す安全対策を計画していく。安全対策の適否は、危険事象の影響・結果と、危険事象の発生確率・頻度との組み合わせからリスクの大きさを算出し、安全対策によってそのリスクを低減する必要があるかどうかで判断されることが多い。実際の安全対策の適否は、プラントオーナーの考え・方針によるところも大きく、同様のプラントでも同じ対策が取られるわけではない。

5. おわりに

今回は海外の大型プラント建設における設計安全についてその全体像を見てきた。今やプラントに限らず、安全については多角的な視点から見ていく必要がある。そして安全を考慮すべき対象に対し、設計時点から完成後に使われるまでのすべての過程において危険源を特定し、その危険源が与える影響や危険事象の発生確率・頻度を想定し、影響度とその発生確率・頻度の組み合わせ、それぞれのリスクに応じた安全対策を講じていくというステップを踏んで設計を進めていくことが求められている。これらの過程において様々な手法が存在し、複数の手法を効果的に用いることで初めてより安全なプラントを建設、操業できると言える。プラントの機能を実現するために欠かせない機械・機器に対し、私たち機械エンジニアもより安全を意識した設計ができる能力が必要となる。

解　説

水素インフラの安全性検討の動向

横浜国立大学　先端科学高等研究院　特任教員（助教）
中山　穣

1. はじめに

日本は 2020 年 10 月に「2050 年カーボンニュートラル」を目指すことを宣言し、2030 年度の新たな温室効果ガス排出削減目標として、2013 年度から 46 % 削減することを目指し、さらに 50% 削減に向けた取り組みの方針を示した [1]。新たなエネルギー政策の中で、水素は重要なエネルギー源として期待され、2030 年には 300 万トンの水素導入量を目指し [2]、多くの研究開発やフィージビリティスタディ、そして社会実装が行われている。 その結果、ここ最近水素を身近に体感する機会が多くなってきているように感じる。例えば，燃料電池自動車や燃料電池バスが街中を走り、東京 2020 オリンピック・パラリンピックでは、選手村地区や聖火リレーのトーチに水素が利用されたことは記憶に新しく、今後益々水素が活用される時代が訪れるだろう。

筆者は、2014 年頃より水素ステーションを主とする水素インフラの安全性検討に携わっている。本稿では、水素インフラの安全性検討に関して、水素ステーションを事例として、その動向を簡単に記す。なお、本稿は個人的意見を記載したものであり、所属機関や学会の見解を記したものではない。

2. 水素インフラの特徴

水素の利用には、燃料電池の開発（詳細は機械学会特集号を参照されたい [3]）が重要であるが、水素を貯蔵・輸送するインフラの開発も不可欠である。

水素インフラは、水素エネルギーキャリアの性質に合わせて要求されるシステム仕様が異なる。水素を安全に利用する上での前提は、その燃焼性・爆発性、さらには金属材料の水素脆化を考慮することである。さらに、高圧水素を利用するためには 20 MPa ～ 100 MPa に耐えられる材料選定が必要であり、液化水素の場合には、約－253℃の水素を貯蔵・輸送する機器開発が必要である。この点、有機ハイドライド（日本ではトルエンとメチルシクロヘキサンの組合せ）は、常温常圧で使用でき、また既存の石油類インフラを転用できる点に優れているが、水素化・脱水素化のコスト、有機ハイドライドの燃焼性なども考慮する必要があり、水素活用の目的に合わせてエネルギーキャリアを選択・利用することが望まれる。さらに、水素インフラの機器１つ１つの安全性に加えて、インフラとして活用するためのシステム全体の安全性を評価し、リスクを許容レベルまで低減することが重要である。

3. 水素ステーションの安全性検討

水素ステーションは、水素を燃料電池自動車や燃料電池バスへ供給するインフラであり、2030 年に 1,000 箇所の設置を目指している [2]。水素ステーションは、圧縮機や蓄圧器、ブレークーラー、ディスペンサーが共通機器として設置されるものの、水素を高圧水素か液化水素、あるいは有機ハイドライドとして活用するのか、さらに水素ステーションを定置式か移動式にするかで、システムの構成機器が異なり、その仕様に応じた安全性検討が必要である。

水素ステーションの安全性検討は、高圧水素及び液化水素の燃焼性や爆発性の検討（実験やシミュレーション）と定性的・定量的リスク分析（HAZOP や FMEA、HAZID、ETA）が実施されている [4]。例えば、定性的リスク分析では、専門家によるブレインストーミングにより自然災害や機器の故障などが発生した場合の事象進展リスクを特定し、その影響と頻度を経験や類似事例に基づきリスクマトリクスとして整理し、リスクを定性的に評価している。この手法は、水素ステーションが運用された当初、あるいは新しい水素ステーションのリスクを分析・評価する際に、運用経験やデータが不足している段階でのリスク検討に有効な手法である。一方で、運用経験やデータが充実してきた段階では、より詳細な検討が可能となり、各機器からの水素漏洩頻度及び水素の燃焼・爆発シミュレーションの組み合わせにより、水素ステーション内外のリスクを定量的に分析し、リスクコンター（10^{-6} や 10^{-7} などの等リスク線）によるリスク評価が実施され、許容リスクレベルが水素ステーション内に留まることを検討している。最近では 1DCAE 技術を適用した定量リスク分析も実施されており [5]、これらの詳細は参考文献を参照されたい。安全性検討の結果、保安距離の設定やセルフ型水素ステーションの運用、安全対策の合理化などが可能となり、安全で利便性の高い水素ステーションの運用が可能となった。上述の検討は、水素ステーションを事例として紹介しているが、他の水素インフラ（タンクやパイプラインなど）も同様の検討が可能であり、安全な水素インフラの開発・運用が期待される。

4. おわりに

水素インフラの開発と社会実装は加速している。福島県浪江町は「なみえ水素タウン構想」を宣言し、浪江町全体が水素でつながることで水素利活用の飛躍的推進とゼロカーボンシティを実現することを目指している [6]。その活動の中では、福島水素エネルギー研究フィールド（FH2R）、水素吸蔵合金を活用した水素配送、水素柱上パイプラインなどの多様な検討が実施され、安全性の検討も現在進行形で実施されている [7]。筆者は浪江町の水素タウン構想事業に微力ながら携わっており、浪江町の発展及び水素社会の構築に貢献できることを大変嬉しく思う一方で、水素導入の勢いやスピードの速さに若干の戸惑いを隠しきれない。将来、水素の取扱い量が増えれば、水素貯蔵タンクなどの水素インフラは当然大きくなり、さらに厳しい条件下での水素利用も予想される。リスクは、ハザードの大きさに比例する傾向にあり、大量の水素を扱うことは必然的に大きなリスクを扱うことになる。その際、活躍が期待されるのが、安全の実務者や研究者であり、本部門の活動であると考える。人材育成や安全研究の進歩など課題は山積みであるが、より良い社会を未来に残すため、私もその一翼を担う存在になれるように邁進する所存である。

参考文献

1. 経済産業省 , 第 6 次エネルギー基本計画 , 2021 年 10 月
2. 内閣官房等、2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略、2021 年 6 月
3. 日本機械学会誌、特集：水素・燃料電池の基礎、研究開発、展望～機械工学～、124 (2021)
4. 中山穣、水素ステーションのフィジカルリスクアセスメント、火災、70(1), 18-23 (2020)
5. Tomoya Suzuki et al., Quantitative risk assessment of a hydrogen refueling station by using a dynamic physical model based on multi-physics system-level modelling, International Journal of Hydrogen Energy, 46(78), 38923-38933 (2021)
6. 福島県双葉郡浪江町，水素タウン構想について，https://www.town.namie.fukushima.jp/site/understand-namie/28034.html
7. Jo Nakayama et al., Qualitative risk analysis of the overhead hydrogen piping at the conceptual process design stage, International Journal of Hydrogen Energy, 47(22), 11725-11738 (2022)

リレー投稿 61

安全技術者にとってのサイバーセキュリティ

名古屋工業大学 社会工学科
橋本　芳宏

1．はじめに

リレー投稿として、静岡大学の武田先生からバトンを受けた。武田先生は PSM(Process Safety Management) という安全に関する広い視野での議論を特に PSI(Process Safety Information) という点に注目して展開されたが、私は安全をサイバーセキュリティの観点から議論したい。

プロセス安全の観点からみると、サイバー攻撃は、安全を破綻する危険源のひとつでしかない。サイバー攻撃を情報系からの攻撃と限るのであれば、サイバー攻撃とプラントのインターフェイスは、センサーとコントローラしかなく、センサー異常で人間が誤操作するか、コントローラで誤動作が発生するかであるので、安全解析ではすでに解析対象となっている誤動作・誤操作以上のことが発生しうるはずがない。ただ、安全解析により、発生する可能性は認識していて、対策をとったはずの危険が、サイバー攻撃では発生してしまう可能性があることは意識しなければならない。

SIL(Safety Integrity Level) では安全対策が故障することも考えて、二重化して故障確率を下げるという対策がとられるが、サイバー攻撃にはその二重化は無意味かもしれない。独立防護層 IPL(Independent Protection Layer)では、基本プロセス制御 (IPL2) が破られても、クリティカル・アラーム (IPL3) による人の介入があり、それでも危険な状態が進展したら、人に依存しない緊急遮断システム (IPL4) が働くとしている。そらに、事故が起こったことを場内 (IPL7) や社外 (IPL8) に通報し退避するという対策が多重に働くとしている。しかし、サイバー攻撃では、IPL2, 3, 4, 7, 8 を無効化しておいてから、異常を発生させることも可能であることを認識しておく必要がある。

本稿では、まず、自分の事業所のサイバー攻撃のリスクについて考えていただくための情報を示す。プラント計装がサイバー攻撃により無効化されうる状況であり、そのサイバー攻撃に気づくことができないし、現場検証できる記録を残すこともできない状況ではないであろうか。そして、重要インフラのセキュリティ向上のための基本的なアプローチを紹介する。さらに、具体的なインシデント例を示すことで、安全に関わる技術者が制御システムセキュリティにどのように貢献すべきかを検討するきっかけになることを期待する。

2．プロセス計装のサイバー攻撃に対するリスク

コントローラはそもそもうまく調整しないと動かないものであり、異常にする方法は多く存在する。PID 制御には正逆動作というフィードバックの符号をきめるパラメータが存在し、それを変更すればどんな制御でも破綻する。設定値などの変更を集中監視室から通信で行うことができるようになっており、その通信は、リモートに開放されている場合もある。スタートアップの時には、ヒーターを全開にすることもあれば、シャットダウンのときには、冷却水も停止させるので、安定操業時に実施されれば、危険な動作も禁止されているわけではない。コントローラが異常な動作をしていても、集中監視室では気づけない状態にするサイバー攻撃もいろいろと考えられる。コントローラに指示を送ることができる状況をサイバー攻撃者が確保できれば、気づかないうちに事態は進展し、気づけたときには、すでに手の打ちようがない状態になっているということは起こりうる。そのような攻撃が起こりうることを当研究室では 2013 年から示しており、そのデモをみられたほとんどの方は、こんなに簡単に発生できてしまうものなのかと驚かれている。

サイバー攻撃に対する防御として、新型コロナ対策と同様に、水際対策は必要であるが、水際をこえられたときの対策も重要である。制御システムネットワークには情報システムとのゲートウェイ以外にも、外部とのインターフェイスが存在する。

サプライチェーン・リスクといわれる関連企業からの侵入もその一つである。水飲み場攻撃といわれるものはベンダーのサイトにマルウェアを仕込んで、エンジニアリングをするベンダーが意識せずに、持ち込んでくる。悪意の作業員が一人作業の時間に仕込むというものもある。マルウェアは年間 1 億種類ほど発生しており、アンチウィルスソフトでは検知されないことを確認されてからリリースされているので、実は、アンチウィルスソフトの検知率は驚くべき程低くなっているということを考慮すると、現状の対策で、マルウェア感染を防ぎきれるとは考えられない。

また、コロナ禍で急速にリモート化が進展し、操業現場の検査やエンジニアリングの遠隔からの実施も広がっているし、IoT、DX の進行で、無線機器の設置、タブレットやスマホによるパトロール時の支援なども広がっている。臨時に外部とつながる接点が置かれることも増え、サイバー攻撃がプラントの制御システムネットワークにアクセスする侵入口は多数発生している。プラント計装までの被害は報告されていないが、コロナ禍で外部接続のインターフェイスである VPN から侵入され情報を搾取された被害は多く報告されている。

攻撃者は攻めやすい弱点を探し、そこから、確実に被害を発生させるように展開してくると考えられるが、その際にも、見つかると対策されてしまうので、せっかく開発した攻撃は検知されないように攻めたいし、逃げ切れるように攻撃したいと意識するはずである。

攻撃者にとって、攻撃しやすいものであるかという観点以外に、そのプラントを攻撃することが、どのような利益につながるかという観点での考察も必要であろう。攻撃者はプロ化しており、身代金を目当てとするランサムウェアに関しては、開発、配布、身代金回収を分業するビジネス体制がブラックマーケット内に確立されている。傭兵として攻撃を請け負う集団もあり、自分たちの能力を示すために、攻略しやすい対象で目立つ成果を狙うということも考えられ、悪意の対象ではなくても、攻略しやすさで、被害にあってしまう危険性もある。

表 1[1] に示す 2019 年に IPA から報告された調査結果によると、制御システムでもサイバーインシデントがすでにけっこう発生していることが理解できる。

3．セキュリティ対策の基本的なアプローチ NIST　CSF[2]

オバマ大統領の大統領令のもと、重要インフラのサイバーセキュリティを向上させるためフレームワークが米国国立標準技術研究所 NIST から提案された。2014 年に初版 2018 年に ver1.1 が提案されている。中核人材を中心として、経営層に対するサイクルと各実務のプロ集団に対するサイクルを廻すという体制を構築し、５つの Core(特定 Identify, 防御 Protect, 検知 Detect, 対応 Respond, 復旧 Recover) を視点として、４つの Tier で段階的に取り組むことが提案されている。

孫氏の兵法に、「彼を知り己を知れば百戦して殆うからず。彼を知

表 1 サイバー攻撃の現状調査結果 [1)]

No.	調査機関	調査対象	内容
1	シーメンスと Ponemon-Instituite	中東の石油・ガス事業者	担当 200 人 75% が過去 1 年間に、機密情報の搾取や制御システムの運用障害につながったインシデントが少なくとも 1 回あった
2	Corero-NetworkSecurity	英国の重要インフラ事業者 200 社	過去 2 年間に 70%がサービス障害を経験し、そのうち 35% がサイバー攻撃によるものと判明。(17.5%がサイバー攻撃で障害が発生)
3	Kaspersky-Lab 社と PAC 社	25 か国製造、工業、エネルギー、鉱業、運輸、物流の制御システムの CS 意思決定者 320 人	31%が過去 1 年間に 1 回以上制御システムのサイバーインシデントを経験。
4	Fortinet	SCADA/ICS を使用している組織	56% が過去 1 年間に SCADA/ICS に侵入されたことがある
5	Kaspersky-LabICS-CERT	同社のセキュリティソリューションが収集	41% の組織で制御システムが少なくとも 1 回攻撃を受けた。トップはインターネットで 2 位はリムーバブルメディア
6	Positive-Technologies	世界各地の石油ガス会社等	73% の事業者において IT ネットワークへの侵入が可能。 ITNW からは 82% の事業者で OT への侵入が可能だった。 (合わせると 60% がインターネットから OT へ)

らずして己を知れば一勝一負す。彼を知らず己を知らざれば戦う毎に必ず殆うし」という言葉があるが、自社の現状を特定すると、その最悪のパターンではないだろうか。中核人材は実務レベルに指示をするのではなく、実務レベルは各分野のプロ集団であるので、彼らに自らの課題を認識する機会を提供し、プロとして検討し実施した状況を共有し、全体のスパイラルアップをマネジメントする。己を知らなければならないのは、中核人材だけでなく、実務レベルのプロ集団も経営者もみんなである。現状を特定したうえで、防御を検討し実施するが、防御しきれないことを想定した検知が必要であり、検知できればどう対応するかを検討しておくことになるし、復旧も考えなければならない。

CSF はこうすればよいというものを示すものではなく、共通認識をもって、スパイラルアップしつづける体制をつくることが重要であることを示している。

4．安全に関係する技術者にとってのサイバーセキュリティ

安全に関係するプロ集団(本稿のタイトルでは安全技術者) も特定、防御、検知、対応、復旧に関するサイバーセキュリティ対策を検討する必要があるのだが、ここでは、課題を明確にするために、具体的なインシデントの状況を想定することにする。

(シナリオ例)

水飲み場攻撃でマルウェアが SCADA の保守業者が持ち込むデータに忍び込んでいたが、アンチウィルスソフトでは検知できなかった。SCADA に感染したのち、制御ネットワークを通じて、生産計画や設備保全等のサーバーにも感染を広げ、社内 LAN にも広がり、外部との通信経路も設置した。そのうえで複数の SCADA に、画面には現れず、コントローラを暴走させる攻撃ツールを仕込んだ。その後あるタイミングでそれらが一斉に発火し、複数のプラントが危険な状態に陥った。

さて、上記の場合、安全技術者は、どのように貢献できるのだろうか。マルウェアの持ち込み、ネットワーク内での拡散、攻撃ツール設置、発火、いずれも情報システムが担当の話で、安全に関係する技術者は無関係だろうか。一斉に攻撃が発火しても、アラームが鳴らないのでは、現場で火が吹いてからの消防しか関係できないのだろうか。現場で命の危険にさらされるのが運転などの安全に関係する技術者なのに。

まず、検知できないのであれば、どうしようもないが、通信を通じて拡散するとすれば、通信には何らかの変化は現れるはずである。また、攻撃を仕込む際には、後で消されてしまうかもしれないが、痕跡が全く残らないはずはない。SCADA が乗っ取られたら、危険な指示が送られても、通信経路は正規のものであるので、通常の通信監視では、異常を検知できない可能性がある。制御システムネットワーク内の監視の設置個所や監視内容等を検討するには、そのネットワークの構築担当者である計装システム担当と情報システム担当が、協力して検討しなければならない。

特に計装技術者は、中核人材のメンバーとして活躍することも期待され、積極的に情報セキュリティも担当内に取り入れるべきである。

検知システムを導入し、変化を検知できるようになっても、それがサイバー攻撃であると特定するのは容易ではない。特定できるまで手をこまねいていては取り返しがつかない事態に進展しまうかもしれない。特定できないうちに、通信を遮断して、装置を隔離して、被害を局在化することで復旧も早まると期待できる。しかし、その通信は生産計画や製品のトレーサビリティのための製造実績情報など、操業に必要なものであるから利用している。また、コントロールルームの SCADA を停止するということになれば、プラントを停止することにもつながる。本来、操業に必要なものを遮断や隔離しても、運転などの現場の技術者が体制を変化させて操業を維持できるように対応できるのであれば、早期に遮断等の対応が可能になると期待できる。

あるいは、SCADA が信用しきれない状況でも、いざとなったら、リレーで構成された緊急遮断システムがあるので、いかなるサイバー攻撃があっても安全を守ることはできるという拠り所があれば、疑わしい状況でも操業を継続できるかもしれない。

通信遮断は自分たちの担当ではなくても、そのための判断を早めるためには、貢献できることがあるかもしれないと安全に関わる技術者の皆様にも、自分たちの関わりをぜひ検討していただきたい。

5．おわりに

一部が攻略されると、正規のルートで正規のユーザーに成りすまして侵攻してくるため、2021 年にはバイデン大統領が、すべての通信に多要素認証をつけるゼロトラストの導入を大統領令で指示しているが、制御システムに導入されている例はほとんどなく、まだまだ課題は山積状態のはずである。

本稿の 2 ページでという量で、制御システムセキュリティの方法論まで解説するのは難しいが、サイバーセキュリティが USB 禁止とか指示されるものではなく、安全に関係する技術者も自分たちなりに課題を考え貢献するものであると認識していただき、常に新たな攻撃が現れ、きりがないという特性をもつサイバーセキュリティいう問題への取り組みを考えるきっかけにしていただければと期待している。

リレー投稿の次号は東京農工大学の山下善之先生にお願いしている。スマート保安や AI 信頼性評価ガイドラインなど AI, IoT 関連の多くのプロジェクトのリーダーで、最先端の話題も紹介していただけるのではと期待している。

参考文献

1)IPA: 制御システムの情報セキュリティ ～ 社会インフラや工場に対するサイバー攻撃の脅威と対策 (2019) https://www.ipa.go.jp/files/000073863.pdf

2)IPA: Framework for Improving Critical Infrastructure Cybersecurity ver.1.1 NIST (2018) https://www.ipa.go.jp/files/000071204.pdf.

リレー投稿 62

リスクベースの考え方の様々な分野の導入について

日本大学　生産工学部
三友　信夫

日本大学大学院生産工学研究科には、横断型プログラムというものがあり、その一つに「安全とリスクのマネジメントに関する研究」があります。私は、このプログラムにおいて、特に大規模システムの安全、リスク評価に関することを担当してます。今回は、SDG’ｓでも取り上げられている再生可能エネルギーの重要な候補の一つである、風力発電について、大規模システムとしてリスク評価した場合の例について紹介します。また、リスク評価を行う際などに必要なデータ（ベース）について、必要であると考えていることについて述べます。

1. 大規模システムの安全

化学プラント、原子力プラントに代表される大規模システムでは、ひとたび事故が起きてしまえばその被害は甚大なものとなり、当然のことですが事故は起こしてはならないものです。今回取り上げる風力発電は、発電インフラとして普及するために安定した電力の供給が必須であり、そのため運転の停止などは避けなければならないものであると考えられます。

リスク評価は、このような大規模システムの安全、安定した運転のために積極的に導入されています。このようなリスクベースの代表的な手法の一つとして、リスクベースメンテナンス (Risk-Based Maintenance, RBM) があります。RBM は、もともと海外の石油会社で推進された方法であり、現在では化学、石油化学、船舶など多くの産業分野で意思決定のツールとして導入されつつあります。RBM のメリット、デメリットは次のようなことが考えられます。メリットとしては

- プラント、設備の全体のリスクがある一定の値以下になることで、安全で効率的な運転が可能になる。
- 以上の結果、故障率の低減と計画外停止の減少による稼働率の向上等、プラントの安全性の向上、検査期間の延長、検査項目の軽減などによる検査コスト低減などが期待される。
- 従来の機器情報、検査記録、重要度分類など一連の保全データをリスク評価に活用するためデータベース化が可能である。
- ベテランの保全管理者と若手を組み合わせて RBM を実施することにより、技能伝承などにも呼応化が期待できある。

などがある。一方、デメリットとしては、

- RBM 導入のためのソフトの導入や、コンサルタント料、対応要員の確保など、ある程度のコストが必要となる。

しかしながら、RBM の導入によるプラント、設備への悪影響は無いと考えられます [1]。

この RBM を、再生可能エネルギーの有力な候補の一つである風力発電(洋上風力発電)に導入することを目的とした検討を行いました。RBM の手順 [1] として、リスクアセスメントが行われますが、ここで必要なリスクの抽出についてリスクマトリックスを用いて評価を行いました。

2. 風力発電のリスクマトリックスの作成

今回は、実際に風力発電で発生した事故データを用いて解析を行いました。このデータは、NEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）から公開されているものです（2008 年度～2018 年度）[2]。事故データの一例を Table1 に示します。なお、11 年間で発生した事故件数は 3139 件でした。これらの事故データを整理し、解析を行いました。

事故の発生頻度は、故障部位ごとに事故件数を整理し、次の式で算出しました。

$$\text{事故発生頻度}[\text{件}/(\text{基}\cdot\text{年})] = \frac{\text{発生した事故件数(件)}}{\text{2008 年度 ~2018 年度の調査協力基数の合計(基)}\times 11(\text{年})} \quad (1)$$

被害の大きさについては、事故データを用いて故障部位ごとに時間として風車停止時間を整理し、次の式で算出しました。

$$\text{被害の大きさ}[\text{時間}/\text{件}] = \frac{\text{事故によって風車が停止した時間の合計(時間)}}{\text{発生した事故件数(件)}} \quad (2)$$

(1)、(2) 式で得られる結果より、各事故においてリスクが求められます。得られたリスクの優先順位を決めるために、今回はリスクマトリックスを用いました。リスクマトリックスは、浮体式風力発電施設のリスク評価 [3] を参考に解析を行いました。リスクマトリックスの各軸におけるカテゴリーの指標についても同様に前述の報告書を参考にしました。被害の大きさのカテゴリーの指標については、特に、解析した事故データにおいて、事故が報告された段階で「復旧が未定」、「風車の撤去」、「風車の廃止」のデータ（未報告と記載されているデータを除く）については、被害が甚大なものと考え、被害の大きさを最も悪いカテゴリー 6 に該当することとしました。このようにして得られたリスクマトリックスが Fig.1 です。

このリスクマトリックスについて、さらに前述の報告書 [3] を参考として ALARP(As Low As Reasonably Practicable) 領域を設定しました。ALARP 領域とは、リスクの受容可能なレベルを設定する際に用いられる考え方です。本研究では、リスクマトリックスの許容基準値を経済的な損失で考慮し、最も大きな被害を浮体 1 基が完全に失われること考え、経済的な損失として、損傷発生前の状態に復旧するためのコストとしました。Fig.1 に ALARP 領域を適用したリスクマトリックスが、Fig.2 になります。緑色 (図中の薄い灰色部分) は許容可能な領域、赤色 (図中の濃い灰色部分) は許容できない領域、黄色 (図中の灰色部分) が ALARP 領域となります。マトリックスにおける数字は、各カテゴリーに該当するデータ数を示しています。図中許容できない領域のリスクについては、ALARP 領域に、ALARP 領域のリスクは、許容可能な領域に下げるよう対策を行います。許容できない領域には、やはり復旧が難しい等のデータが多く含まれていました。

3. データの収集、取り扱いについて

今回の解析においてもそうですが、リスク評価を行う際には、データの収集、取扱いには注意が必要です。データの信頼性は勿論ですが、アンケート等で収集されたデータの場合、例えば機器の故障や損傷に関する情報を収集した場合において、同じ部位、事象を意味していると思われるデータでも、表現が異なっている事例がよく見

Table1 事故データの内容[2)]

ID	1
真の故障・事故発生原因	自然現象（落雷）
故障・事故発生日時	平成 20 年 4 月
風車停止期間	13.0 日（302.0h）
運開から故障・事故発生までの期間	5 ～ 10 年
故障・事故発生時気象	曇時々雨、雷
故障・事故発生時風況（データ取得先）	10 分平均風速 17.9m/s（ナセル風速計）
場所	新潟県
地形区分	沿岸・島嶼（平坦地形）
風車規模 (kW)	301 ～ 600
故障・事故発生部位	制御装置
被害状況	落雷により、通信線のＮＴＴ保安器とキュービクル内の通信用機器（アレスタ）と転送遮断装置（アレスタ）が破損。風車本体内の PLC、ヒューズ、コンデンサが破損。
復旧処置対策	【処置】落雷による破損機器の点検・交換作業 【対策】光絶縁アレスタを設置し、異常電圧が流れないようにした
復旧に要した費用（万円）	—

事故発生頻度						
6	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	11	42
3	0	0	0	0	7	7
2	0	0	0	2	4	0
1	1	0	0	6	13	4
	1	2	3	4	5	6
	被害の大きさ(風車停止時間)					

Fig.1 得られたリスクマトリック

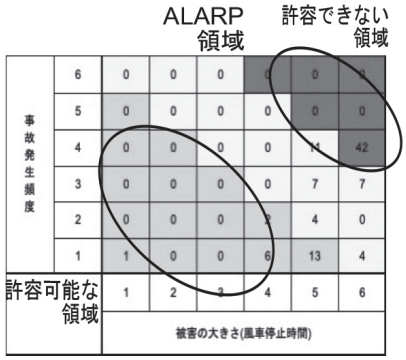


Fig.2 ALARP 領域を適用したリスクマトリックス

られます。今回使用したデータにおいても見られました。このような問題は、リスク評価以外においてもデータを取り扱う場合に考えられることです。例えば、最近話題になることの多い人工知能（artificial intelligence : AI）ですが、やはり人工知能の教師用データとしてデータが必要になります。今回紹介した RBM の研究の一環で、最近この分野に携わる機会がありました[4, 5)]。本稿でも述べましたが、RBM のデメリットで紹介した「RBM 導入のためのソフト…」の対策のために人工知能を導入する研究です。特に保全を目的とした観点から、材料の損傷機構を人工知能で推測しようというものです。この材料の損傷機構のデータベース、特にリスク評価などに用いようとすると適当なものは多くありませんでした。材料といっても、金属材料と非金属材料に分けて考えても、金属材料は古くからプラントをはじめ使用範囲は広く、それゆえ損傷事例なども多く報告されています。一方、私の担当した非金属材料の分野では、そのようなものは見当たらず、風力発電の場合と同様に、既存の損傷事例集から、人工知能の教師用データを作成することになりました。この損傷事例集においても、アンケート形式で収集されたデータと考えられ、前述のような問題が見られました。損傷事例集のデータから、対象となる材料の損傷だけでなく、材料の使用される環境などについても、同じ環境などを表していると考えられるものを整理し、データとして用いました。このようなことに対する対策は、データの収集者、回答者いずれの立場においても、すでに行われていると考えられますが、依然として何らかの工夫が必要な状況であろうと考えられます。特にデータの収集者の立場においては、基本的なことではありますが、データの収集前に収集するデータの使用方法、解析方法を検討し収集を行う必要があると考えられます。さらに、解析担当者は、解析のみでなくデータ収集のプロセスから関与すべきであると考えています。

余談にはなりますが、今回私が携わった人工知能の開発に関しては、人工知能の専門家と材料の専門家、二つの立場からのアプローチが考えられます。実際の研究は、既存の人工知能の手法に材料の損傷機構を適用するというアプローチで行いました。具体的には、公開された既存の損傷事例集から、人工知能に適したデータの形にし（データクレンジング）、機械学習の一つの手法である決定木分析を行いました。データ数が少ないこともあり、課題がまだ多く残っていますが、特定の損傷機構の抽出などは対応できるものができたと考えています[5)]。

前述のように、人工知能の専門家と材料の専門家、二つの立場からのアプローチが考えられましたが、この材料の損傷機構に関する人工知能の開発には、材料の専門家からの立場が良いのではないかと考えています。理由としては、材料に対する専門的な知識だけではなく、金属材料、非金属材料、ともに損傷機構は材料が置かれている環境が大きく作用し、それらを人工知能に利用するためのデータの作成（必要な情報の選択、抽出など）が大きく影響すると考えられるためです。

次回は、日本大学大学院　鳥居塚 崇教授にお願いいたしました。

参考文献

1) 日本学術振興会・産業連携第 180 委員会，リスクベースメンテナンス入門 -RBM-「リスクベース設備管理」テキスト編集分科会編，養賢堂 (2017), 2.
2) NEDO, 平成 20 年度成果報告書 次世代風力発電技術研究開発 (自然環境対応技術等 (故障・事故対策) 平成 20 年度 風力発電故障・事故調査結果など.
3) (社) 日本船舶海洋工学会，大規模海上浮体施設の構造信頼性および設計基準研究委員会 H21.10 最終報告書，67~70.
4) 松田宏康，宮澤正純，川村文夫，木原重光，三友信夫：材料と環境，掲載決定
5) 宮路瑠唯，三友信夫，松田宏康，久保内昌敏：材料と環境，掲載決定.

産業・化学機械と安全部門 2021 年度年次大会報告

2021 年度年次大会は千葉大学で予定され準備が進められていたが、昨年度に続き今年度もコロナ禍であることからオンラインシステムで 9 月 5 日 (日) から 9 月 8 日 (水) の 4 日間の期間で開催された。当部門における研究発表は計 15 件あり活発な議論が行われた。ワークショップでは SDGs をテーマに議論が深められた。また、公開先端技術フォーラムおよび公開ワークショップが部門横断型企画として開催され、今後更なる産業安全の取り組みが期待される。

開催日時 : 2021 年 9 月 7 日 (火)
会場 : Zoom 会議室 Room15

[S171] 人と機械が共存・協調する作業における新たな安全管理システムの必要性 - 福祉・幸福・健康な社会を目指して -
座長 / 司会 : 中村瑞穂 (職業能力開発総合大学校)
(1) 自走自律制御機械の安全確保に関するケーススタディー (AMR (Autonomous Mobile Robot) の設計から安全実証プロトコル作成まで) ／○福田隆文 (長岡技科大)、大西正紀 (S-Tech Lab)、橋本秀一 (デンソーウェーブ)、馬場勝彦 (SK ソリューション)、藤原清司 (産総研)
(2) 協調安全に必要とされるリスクアセスメント - 人の要素の重要性の考察／○清水尚憲 (労働安全衛生総合研究所)、中村瑞穂 (職業大)、蓮實雄大、吉田瞬、是村由佳 (コレムラ技研)、菅 智絵美 (労働安全衛生総合研究所)、森田知恵 (職業大)、北條理恵子 (労働安全衛生総合研究所)
(3) 機械設備のリスク低減プロセスと ICT/IoT ／○濱島京子 (労働安全衛生総合研究所)、齋藤 剛、北條理恵子、清水尚憲
(4) これからの協調安全に必要な人の定量的解析 -Well-being の実現を目指して／○北條理恵子 (労働安全衛生総合研究所)、是村由佳 (コレムラ技研)、菅 智絵美 (労働安全衛生総合研究所)、中村瑞穂 (職業大)、吉田瞬、蓮實雄大、森田智恵、清水尚憲 (労働安全衛生総合研究所)
(5) 打音検査用移動ロボットの開発／○北條翔馬 (宮崎大)、水口健史、李 根浩、李 春鶴
(6) ピエゾ接合センサのベース板厚の変化による変位とセンサ出力の比較計測／○下井信浩 (秋田県立大)、クアドラ カルロス、中正和久 (山口大)
(7) 小売業における自社調査による安全の取り組みを対象とした協働研究の紹介／○菅 知絵美 (労働安全衛生総合研究所)、北條理恵子、高木元也

[S172] 作業手順の最適化によるリスク低減策と定量的評価
座長 / 司会 : 中村瑞穂 (職業能力開発総合大学校)
(1) 分解作業時の教示方法が作業時間に及ぼす影響／○吉田 瞬 (職業能力開発総合大学校)、森田智恵、蓮實雄大、是村佳 (コレムラ技研)、菅 知絵美 (労働安全衛生総合研究所)、清水尚憲、北條理恵子、中村瑞穂 (職業大)
(2) 作業標準の客観的・定量的評価に基づく作業遂行行動の最適化／○北條理恵子 (労働安全衛生総合研究所)、森田智恵 (職業大)、吉田 瞬、是村由佳 (コレムラ技研)、中村瑞穂 (職業大)、蓮實雄大、菅 知絵美 (労働安全衛生総合研究所)、清水尚憲
(3) 作業標準の客観的・定量的最適化手法の機械安全への汎用・応用可能性について／○清水尚憲 (労働安全衛生総合研究所)、中村瑞穂 (職業大)、蓮實雄大、吉田 瞬、森田知恵、是村由佳 (コレムラ技研)、菅 知絵美 (労働安全衛生総合研究所)、北條理恵子
(4) FSIS-PD の ZMS による事故前停止の検討／○中村瑞穂 (職業大)、蓮實雄大
(5) 配管減肉進行のベイズ推定によるリスク評価への計測誤差傾向の影響／○髙橋弦太 (群馬大)、岩崎 篤
(6) 未経験者と作業経験者による作業遂行行動の定量的評価／○森田智恵 (職業大)、吉田 瞬、蓮實雄大、是村由佳 (コレムラ技研)、菅 知絵美 (労働安全衛生総合研究所)、清水尚憲、中村瑞穂 (職業大)、北條理恵子 (労働安全衛生総合研究所)
(7) W-SDS による機械加工作業の事故防止基準に関する検討／○宮崎大和 (北九州市立大)、中村瑞穂 (職業大)、杉本旭 (安全工学研究所)、清田高徳 (北九州市立大)
(8) 小型無人航空機の実証実験への安全確認の原理の適用に関する考察／○蓮實雄大 (職業大)、中村瑞穂、木村哲也 (長岡技科大)

ワークショップ
開催日時 9 月 6 日 (月)
会場 : Zoom 会議室 Room17

[W171] SDGs : アフターコロナにおける競争力の源泉 [産業・化学機械と安全部門企画]
司会者 : 淺井由尚 (テュフズードジャパン)
(1) SDGs 目標 3 : すべての人に健康と福祉を／○有山正彦 (セーフティグローバル推進機構)
(2) SDGs 目標 10 : 人や国の不平等をなくそう／○北條理恵子 (労働安全衛生総合研究所)
(3) SDGs 目標 8 : 働きがいも経済成長も Well-being と安全／○清水尚憲 (労働安全衛生総合研究所)
(4) 持続可能な開発とは／○杉田吉広(テュフラインランドジャパン)、○有山正彦 (セーフティグローバル推進機構)、○戸枝 毅 (富士電機)、○浅井由尚 (テュフズードジャパン)、○谷口満彦 (東レエンジニア)、○畑 幸男 (機械安全実践技術促進会)

公開先端技術フォーラム
開催日 : 9 月 8 日 (水)
会場 : Zoom 会議室 Room17
[F252] 大型機械構造物の安全化と自然災害への対応 [理事会 , クレーン協会]
司会 : 坪田 章 (日本クレーン協会)
(1) 日本機械学会会長挨拶／○佐田 豊 (東芝)
(2) 日本クレーン協会会長挨拶／○森下 信 (横浜国大)
(3)【基調講演】クレーンの耐震性能と限界状態 p 設計法／○小林信之 (青山学院大)
(4) 港湾クレーンにおける積層ゴム免震装置の非線形特性の影響評価／○古屋 治 (東京電機大)、○皆川佳祐 (埼玉工業大)
(5) 製鉄所におけるクレーンの強風対策／○石井弘幸 (日本製鉄)、○岩間 惇
(6) クレーンの風に対する安全管理／○香川英一 (日本クレーン協会)
(7) 複数のひずみセンサーによる疲労き裂検知／○宮崎信弥 (IHI)
(8) 鉄塔建設用組立工具について／○川崎伯晃 (三和テッキ)
(9) はじめての機能安全／○松尾智志 (テュフズードジャパン)

公開ワークショップ
開催日 : 9 月 6 日 (月)
会　場 : Zoom 会議室 Room22

[W253] 機械・インフラの保守・保全と信頼性強化～ DX 社会は機械学会に何を望む ～ [学会横断テーマ③機械・インフラの保守・保全と信頼性強化]
司会 : 有坂寿洋 (日立アカデミー)、冨澤 泰 (東芝)、モデレータ : 井上裕嗣 (東京工業大)
(1) 挨拶／○井原郁夫 (長岡技科大)
(2) DX 社会における人と機械の新たな関係、保守・保全に関わる事例を交えて／○野中洋一 (日立製作所)
(3) 民間航空機の型式認証と信頼性 ～ DX 化への課題／○森本哲也 (JAXA)
(4) 機械設備の生産性向上を目指した振動・音 / 電流 / 組立て精度等による総合診断技術の動き／○渡部幸夫 (日本精工)
(5) エネルギー・インフラ機器のデジタル保全・寿命診断技術／○中谷祐二郎 (東芝エネルギーシステムズ)
(6) 土木インフラのメンテナンスに関わる現状と課題／○岩波光保 (東京工業大)

安全入門ゼミナール　報告

演題：国際規格対応　安全入門ゼミナール 2021 年度
初級エンジニアのための機械・設備安全基礎講座
協賛：日本電機工業会、安全工学会、エンジニアリング協会、化学工学会、軟包装衛生協議会、日本機械工業連合会、日本鍛圧機械工業会、日本金属プレス工業協会、日本高圧力技術協会、日本工作機械工業会、日本食品機械工業会、日本信頼性学会、日本製パン製菓機械工業会、日本非破壊検査協会、日本プラントメンテナンス協会、日本包装技術協会、農業食料工学会、腐食防食学会

＜第 1 回＞2021 年 8 月 20 日 (金)
国内安全：労働安全衛生法の概要と現場安全
参加者：正員 72 名、学生員 1 名、特別員 6 名、協賛団体会員 9 名、会員外 74 名、一般学生 0 名、計 162 名

＜第 2 回＞2021 年 11 月 19 日 (金)
欧州安全：CE マーキングの概要と対応ノウハウ
参加者：正員 55 名、学生員 4 名、特別員 6 名、協賛団体会員 9 名、会員外 37 名、一般学生 9 名、計 120 名

＜第 3 回＞：2022 年 2 月 18 日（金）
北米安全：UL/CSA 認証の概要と対応ノウハウ
参加者：正員 58 名、学生員 3 名、特別員 12 名、協賛団体会員 15 名、会員外 15 名、一般学生 1 名、計 104 名

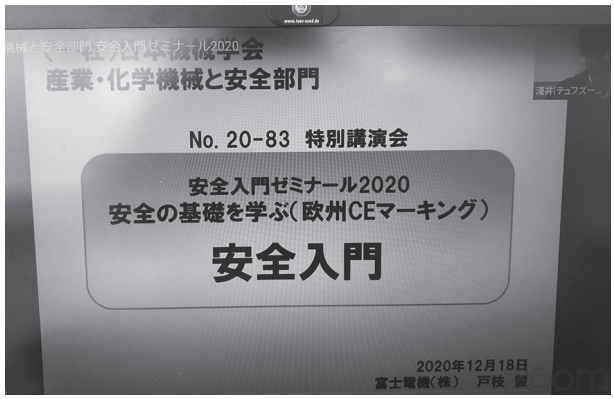
会場：WEB 会議システム（Zoom）
聴講料：この度のコロナ禍における実演講習会が実施できないこともあり、今回はオンライン開催とし聴講料は無償対応とした。

主旨：欧州では、機械安全の安全要求の標準化が ISO、IEC を中心に進められており、わが国でも日本工業規格 (JIS) として発行されている。
機械・機器メーカは仕向け地で使用されている、機械安全の標準に従って機械を設計する必要があるが、国際標準の内容の理解・解釈に時間を要している。また、仕向け地で受け入れられるのか心配であるなどの声が機械メーカから寄せられている。
当特別講演会では、機械安全設計を実施する際にまず初めに理解しておくべき点を、国際標準を用いた評価実務者により解説を行う。今回の安全入門ゼミナールは、これまで開催してきた冬季、夏季講習会よりもずっと導入時点で不安に思う部分や難しいところ、それに、知っておくと楽ができるところに重点を置いて解説している。よって、対象受講者は新担当や新しく入社されたばかりで国際標準対応 (機械、電気、制御) を新たに始められる方を対象としている。

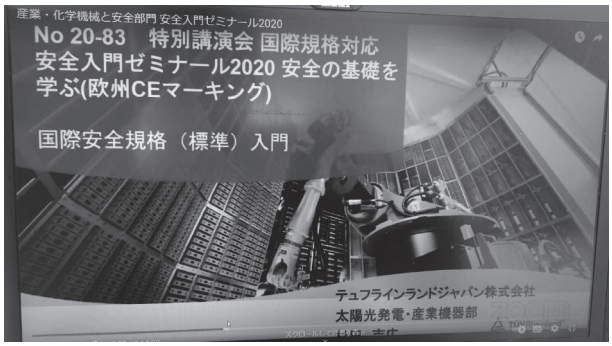
演題詳細：15：00 ～ 16：45

開演とご挨拶			ﾃｭﾌｽﾞｰﾄﾞｼﾞｬﾊﾟﾝ 淺井由尚
1)	安全入門	メーカ代表として、「安全とは何か」について解説を行う	富士電機 戸枝　毅
2)	安全規格入門	国際安全規格対応を考えて行く上で、新人や新担当者が直面する様々な問題点について解説を行う	ﾃｭﾌﾗｲﾝﾗﾝﾄﾞ 杉田　吉広
3)	1：国内安全	労働安全衛生法の概要と現場安全	東ﾚｴﾝｼﾞﾆｱﾘﾝｸﾞ 谷口　満彦
	2：欧州安全	CE マーキングの概要と対応ノウハウ	ﾃｭﾌﾗｲﾝﾗﾝﾄﾞ ﾌｪﾝﾃｽ ｱﾄﾞﾘｱﾝ
	3：北米安全	UL/cUL 認証の概要と対応ノウハウ	UL Japan 今村　康敬
質疑応答			ﾃｭﾌｽﾞｰﾄﾞｼﾞｬﾊﾟﾝ 淺井由尚

アンケート結果：
回答の大多数で満足を得ていただいたことが分かった。また、新規担当者の参加が非常に多く見受けられ、今後の会員獲得への期待が高いと考えられる。



1) 安全学入門



2) 国際安全規格入門

3) UL/cUL 認証の概要と対応ノウハウ

所見：今年の特別講演会はコロナ禍で全 3 回開催を計画し無事に 3 回すべて開催できた。昨年から引き続き WEB 開催であったが、経験を積みスムーズに進行ができ無事に終了できた。講師の皆様の大変なご準備と講演のご経験が、今回の開催の成功につながった。 感謝に堪えない。この 2 年の成功体験をもとに、2022 年度の安全講習会シリーズの成功につなげて行ければと切に願う。

トワイライトセミナー　報告

第 48 回　トワイライトセミナー（オンライン開催）
「技術士第二次試験－機械部門の受験対策講座」
開 催 日：2021 年 4 月 7 日（金）17:00 ～ 18:30
会　　場：オンライン開催（WebEX）
参加者数：27 名

はじめに
第 48 回トワイライトセミナーは、昨年度に引き続き新型コロナウィルス感染拡大防止の観点からオンライン形式で開催した。

内容
機械設計者として多様化する機械のトラブルやプラント設備の問題を解決する能力を高めることが求められているが、この能力を客観的に評価できるものの一つとして国家資格である「技術士」がある。この技術士資格取得促進を目的とし、今年度も技術士事務所（元千代田化工建設　主席技師長）の大原良友氏をお招きして「技術士第二次試験－機械部門の受験対策講座」を開催した。

今年度の技術士第二次試験は新型コロナウィルス感染拡大の影響が心配されるもの試験実施日は例年通りの本年 7 月 10、11 日に予定されており、受験申込期日も例年通りであることから、この時期での開催とした。なお、セミナーはＷｅｂＥＸを使用してのオンライン開催となった。

開催案内は通常のメールによる会告を関東支部をはじめ広範な部門に配信したが、昨年度の技術士試験受験者数が新型コロナウィルス感染症の影響を受け、前年度から 16% ほど減少したように、今回のセミナーも 29 名の参加応募にとどまった。しかしながら当日は応募者ほぼ全員に参加いただき、最後まで熱心に聴講いただいた。

本セミナーは受験申込に合わせ試験日の約 3 か月前に開講し、出願後から試験当日までに確認すべきこと、学んでおくこと、試験当日に留意すべきことに焦点を当てた内容のセミナーとなった。

講義では、技術士制度、技術士法目的の紹介、試験制度の概要について簡単に説明した後、技術士二次試験の機械部門における昨年度の試験概要を解説し、筆記試験と口頭試験に対する対処方法、筆記試験における答案の書き方等について、必須科目、選択科目での具体的な答案記載例を示しながら分かりやすく解説した。さらに、試験当日の心構え、当日に行うべきことまでも言及され、参加者も試験当日の具体的な行動イメージを思い浮かべながら熱心に聴講いただいている様子がオンラインの先からも感じ取ることができた。

講座終了後の質疑応答の時間では、オンラインでの対応であったが、多くの質問が出され、大原講師にはこれらの質問に対して細かく丁寧に対応いただき、参加者にとっては非常に有意義な講座となった。

第 49 回　トワイライトセミナー（オンライン開催）
「水素ステーションの規制適正化への取り組みから学ぶ水素安全の最前線」
開 催 日：2022 年 1 月 18 日（金）17:00 ～ 18:30
会　　場：オンライン開催（WebEX）
参加者数：37 名

はじめに
第 49 回トワイライトセミナーは、昨年度に引き続き新型コロナウィルス感染拡大防止の観点からオンライン形式で開催した。

内容
本講演では、一般財団法人石油エネルギー技術センター水素エネルギー部 二宮貴之氏を講演者にお招きし、水素インフラの中から燃料電池自動車や燃料電池バスに水素を充填する「水素ステーション」を取り上げ、水素ステーションの設備や水素の特性、水素ステーションに関わる高圧ガス保安法等の規制体系、最近の規制見直しの具体事例が紹介された。

講演内容について、まず社会的背景として、東京 2020 オリンピック・パラリンピックにおける水素の活用事例が紹介された。例えば、聖火の燃料は福島県で製造された再生可能エネルギー由来の水素が活用され、また選手村には水素パイプラインやエネファームが整備された。さらに、オリンピック･パラリンピック関係者は、燃料電池自動車や燃料電池バスを利用し、大会開催地を移動した。次に、水素ステーションの設備概要が説明された後、水素ステーションの特徴である (1) 水素を 82 MPa という超高圧で取り扱う点、(2) 水素は他の可燃性ガスと比べて燃焼しやすい点、(3) 従来、工場地域で使用されてきた水素が街中で利用される点が紹介された。また、水素ステーションの安全に関しては高圧ガス保安法等の法規、技術基準・規格及び自主ガイドラインに基づき検討され、水素ステーションの建設・運営が実施されていることが概説され、具体的な事例紹介として (1) 遠隔監視セルフ水素ステーション、(2) 保安監督者の複数ステーションの兼任、(3) リスクアセスメント再実施による水素ステーション設備検討が紹介された。それらの検討の結果、業界自主基準の作成や安全対策の合理化が言及され、水素ステーションが益々普及することが期待された。

当日の講演内容に関して、水素ステーションを社会実装するためのこれまでの経緯を丁寧且つわかりやすく知ることができ、大変有意義な結果となった。また、質疑応答に関しても聴講者から複数の質問があったことから、水素社会への聴講者の興味が伺えた。

一方で、講演主催者、講演者、聴講者ともにオンライン会議に慣れてきたと推察されるが、音声のハウリングが発生したことにより、聴講者が講演内容を落ち着いて聴講することが難しい時間が継続した。この点に関して、講演主催者は今回の教訓を活かして次回セミナーをより良い機会すべく事前の準備が必要である。

2021 年度 市民フォーラム　報告

1. 実施概要

日　時：2021 年 3 月 6 日 14：00 ～ 16：30
会　場：Zoom ミーティングによるオンライン講演会
参加者数：66 名（申し込み 92 名）
概　要：食の安全委員会では、毎年 9~11 月の土曜日午後に「市民フォーラム」を開催し、食品製造における労働安全、食品安全の確保に向けた講演を行っております。本年度は『HACCP システムと労働安全を考慮した機械設備』と題し、「衛生設計」と「労働安全設計」を併せて考慮する施策について 2 つの講演を行いました。
なお、新型コロナウイルス感染症対策として、初めて Zoom によるオンライン形式による開催とし、定員も例年の 40 名から 90 名としました。

2. プログラム

14:00 ～ 14:05 開会挨拶
（元 生活協同組合連合会ユーコープ事業連合 藤平 幸男
元 味の素株式会社 佐田 守弘）
14:06 ～ 15:12 講演 1「PRP としての食品機械 JIS」
（一般社団法人日本食品機械工業会 部長 大村 宏之）
15:13 ～ 15:20 休憩
15:21 ～ 16:27 講演 2「新規機械設備を導入する際に考慮する安全面と衛生面の考え方」
（キユーピー株式会社 安全担当 野呂 武史）
16:28 ～ 16:30 閉会挨拶

3. 講演内容

(1) 講演 1「PRP としての食品機械 JIS」

2020 年 6 月の食品衛生法改正にともない、日本においても HACCP システムに衛生管理が制度化された。しかし、同システムの前提条件プログラム（PRP）の 1 つである、「機械設備の衛生設計」の具体的条件はコーデックス委員会の「食品衛生一般原則」にも示されていない。一方、安全面に対して要求する包括指針は、「機械類の安全性」を定める JIS/ISO に基づくことを明示している。

これらの要求を満たす取り組みとして、食品機械 JIS は、国際規格に基づく、安全・衛生設計の主な手順［リスクアセスメント（以下、RA）］を定めている。今回、相反する衛生リスクと安全リスクへの保護方策について食品機械 JIS に基づき、ガードの事例を紹介した。

(2) 講演 2「新規機械設備を導入する際に考慮する安全面と衛生面の考え方」

全国に 8 つの本社工場と 66 のグループ関連工場を擁するキユーピー株式会社では、新規機械設備の導入に際して、発注時に機械の安全面の RA と衛生面の仕様（基本設計）依頼、導入時に作業の安全面の RA と衛生面の設備品質チェックを実施している。是正項目についてはリストアップを行い、監査で確認を行っている。

今回、新規設備を導入する際のプロセス、安全面の RA、衛生面の基本設計の具体的チェック項目、そして撹拌機の安全面と衛生面を改善した際の事例を紹介した。

笹倉　健

会員の声

「技能の伝承に想う」

村田機械株式会社　今枝　幸博

高度経済成長期を担った先輩方が定年時期を迎えるとともに、少子高齢化が懸念され定年年齢の引き上げが行われた。とはいえ、今や既に第一次ベビーブームで生まれた方々の年齢も 70 歳を超えてきた。

私は次の第二次ベビーブームとの中間の谷間世代になる。社会人になった時に社内の年齢構成を知り、従業員平均年齢の上昇問題と年の近い先輩の少ないことを通じて人口ピラミッドを意識した。既にこの時業務の世代継承が問題化しつつあった。とはいえ当時はまだ現役の先輩方が多く、比較的自由裁量が効き、教えを請いながら様々な事柄にチャレンジできたことで、広く知識や経験を積むことができた。

続くバブル経済期はとにかく長労働時間となり、好き勝手にしていた現場での作業からは遠ざけられてしまったが、それまでに経験したあまたの失敗経験がしばしば新たな失敗をするのを防いでくれた。バブルがはじけた頃から長時間労働で事務所に拘束された反動から、サービス部門からのヘルプコールに応え積極的に全国を行脚した。ここで不具合原因の解析、図面と実機の違い、様々な環境条件を知り、難問解決の達成感とともに、本来社外秘である客先設備の観察から多くの知見を深める機会を得た。休日対応で長距離移動を伴い身体的には非常に厳しかったが、達成感と共に貴重な体験を数多く得られた。

前述のように技能の伝承が叫ばれ、様々な取り組みや制度が取り入れられたが、その成果は得られただろうか。今や自分自身がこれまで得てきた技能や知識を伝承する側になり、それも終盤となってきた。改めて振り返れば、失敗をしてそれを取り返す過程で現物に触れ、自分でやってみたことが記憶に残り蓄積されたものだと思う。うまく行き、数をこなしたものはただそれだけの記憶で、その当時はなぜうまく行ったのかも把握していなかったことも多い。幾らかは、後の学びからなぜその時うまく行ったのかが分かった事例もある。

私の場合は、学びの期間が取れ、けがもなく好きにできたことが広範囲の知識や経験を得ることにつながった。さて、最近の新人はどうだろう。厳しい就職活動を経て、即戦力を期待され失敗が許されない様に見受けられる。もちろん設計の手法も大きく変化をした。現在はインターネットを通じての情報と CAD によるシミュレーションで評価を行うが、ここにも経験的なノウハウがあり、現場で起きうることが全てシミュレーションで網羅されている訳でもない。時にはネットで入手した情報の真贋の見分けも要する。

私にとって失敗とは、人に迷惑を掛けながらも集中力を高め、情報を集め分析し、修復することで自身の未熟さを修練する場であったのだ。この積み重ねを通じて図面を見た瞬間に全体のバランスや、かつての失敗が甦る。じっくり見て気が付くものもあるが、大部分は見て、聞いて間もなく違和感を覚えるものだ。

技能伝承につながる活動で各種の講習を担当するが、受講される方々には自らの失敗体験として捉えてもらえただろうか。語り部としての私の力量不足も大いにあるが、失敗当事者としての集中力もまた、講習会の場でのそれと比べることは難しい。

変革の時代で価値観の多様化、生産性の向上、短納期、独創性、環境負荷、安全性など社会からの要求課題は多い。今しばらく若手世代へ「失敗のシミュレーション」のお手伝いができればと思う。

「アプリを用いた実習による力学教育」

関西大学　社会安全学部　伊藤　大輔

私は所属している学部で「製品安全論」という講義を担当しています。本講義では、リスクアセスメント、安全規格、材料力学、信頼性工学などを取り上げながら、製品の安全設計につながるポイントを概説しています。そのうち、材料力学については、はりのたわみ、応力分布、応力集中などを説明しています。しかしながら、本学部が文理融合学部ということもあって高校、大学で理数系科目を十分履修していなかったり、そもそもの講義時間の制約などもあることから、理論式の紹介は最低限にとどめ、実際に応力分布等を計算するという体験ができていませんでした。

そこで、今年度MATLAB® Web App[1]を活用し、パラメータを変更した際にたわみ量や応力分布がどのように変化するかをシミュレーションする実習をおこないました。これは教員がMATLAB Webアプリを構築しサーバー上に設置しておくことで、学生はソースコードの入力やコンパイル等をしなくてもブラウザ上でパラメータを変更しながらシミュレーションを実行できる仕組みです。これであれば学生にプログラミングの説明をせずとも、円孔付き平板の応力分布に対する円孔の大きさの影響を体験してもらうことが可能です（図参照）。

実施後に学生に感想をアンケート調査したところ、6割程度の学生がコンピュータシミュレーションや応力分布への関心が高まったと回答し、否定的な意見は1割程度であったことから、概ね好評であったと考えています。また、自由記述欄には「スライドのみの講義よりも触ってみることで理解が深まった」、「力を付加する場所が変わると応力の分布が変化することが目に見えて面白かった」、「自分で試してみたい数値を入力すれば瞬時に結果が表示され、色々試してみようという探求心が芽生えた」などの好意的な意見がみられました。一方で、理解を高めるためには、実習の組み込みを前提とする講義設計やアプリ内での情報の提示方法など改善すべき課題点があることが分かりました。学生の学習意欲や理解の向上のために今後も検討を続けていければと考えています。

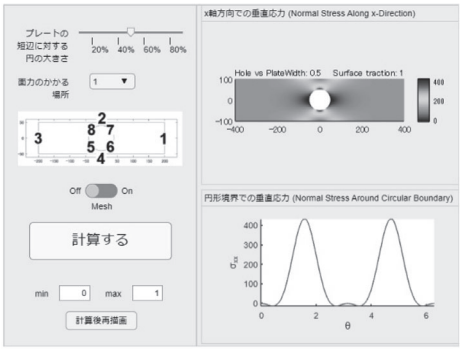


図　今回使用したWebアプリの例。円孔の大きさや負荷がかかる位置を変えた際の応力分布を求めることができる。スライダー、ボタン等各種パーツを配置し、MATLABプログラミングをすれば、より高度なシミュレーション環境を構築することもできる。

参考

(1) https://jp.mathworks.com/products/matlab-web-app-server.html

「災害時の安否確認ツール」

熊本大学　川島扶美子

「産業・化学機械と安全部門」のニュースレターなので、安全に関係する記事を書かねばならないだろう。そこで、災害時に学生の無事を確認する安否確認ツールについて、体験をもとに思いつくままに書きたい。

2016年4月14日の21時30分ごろ、熊本大学は震度5の地震に襲われた。熊本地震の前震である。屋外にいた私が研究室に戻ると、学生が言った。「研究室のメンバーは全員無事です！安否確認できなかったのは先生だけです！」学生たちはラインで一瞬にして互いの無事を確認したのだ。しっかり者の学生たちであった。折り畳み携帯を使用しラインが使えない私だけが取り残されてしまった。

熊本大学には安否確認システムがあり、災害時には学生全員にメールが届く。これに対応すれば無事だったとみなされる。しかし熊本地震時にはかなりの学生が、4月14日の前震後のメールには対応したものの、4月16日の本震後のメールには対応しなかった。2回も対応する必要があるとは思わなかったのだ。教員は返事のない学生にメールし電話し安否確認した。結局は人力頼りであった。

ところで熊本地震の本震で私の携帯電話は壊れた。新たに購入するまで、パソコンのメールと大学構内の公衆電話に助けられた。時世にもかかわらず公衆電話を撤去していなかったNTTに大いに感謝する。この公衆電話は国際通話可能であり、熊本地震当時は、私以外には留学生が使用していた。現在、電話ボックス内には日本語と英語で、災害時の通報先などが掲示されている。

さて話は変わって、2020年7月の熊本豪雨である。コロナのため、熊本大学はこの年の4月から遠隔授業を実施していた。このため、特に1年生には、大学周辺のアパートには住まず、実家でオンライン授業を受けている学生がいた。つまり学生の実際の所在地を、大学側は把握していなかった。大学周辺は無事だったが、被災地に学生がいるかもしれない。私の学科では、私も含む1年生の担任副担任が、オンライン授業を欠席した1年生にメールし電話して安否確認を行った。またもや人力頼りであった。なお熊本地震の場合と異なり、1年生同士は互いの無事をラインしなかったようである。入学時から遠隔授業のため、交流が薄かったのだろう。大学の安否確認システムも動いたが、我々がそれを知ったのは数日後であった。互いに情報共有できれば、もっと短時間で安否確認を済ませたと思う。

以上を書き連ねてみると、災害時に必ず役立つ安否確認ツールはないようだ。どのツールも壊れ得るし、思わぬ理由で役立たないことがある。様々なツールを準備しておき、災害後に無事だったツールを駆使して、最後は人間が手作業で学生の安否確認を行わなければならないようである。その時の労力と時間を最小最短にするためには、ツールを使う人間同士が意思疎通し連携することが第一であると思われる。

2020 年度部門一般表彰（論文）　受賞者の声

2020 年 9 月 14 日年次大会で発表しました「Society 5.0 における安全確保での注意点」に対して、2020 年度部門賞部門一般表彰（論文表彰）の栄に浴しました。たいへん光栄なことで、これは今後も発展させることを期待してのことと考えています。ですので、身が引き締まる思いです。

昨今、IT 技術のめざましい発展は誰でもが認めることであり、またその恩恵を受けています。この部門のニュースレターがインターネット上で見られることも、その一つです。今やテレビも AM/FM 変調した電波ではなく、デジタル信号を載せた電波として視聴者に届きます。その結果、映像・音声以外に様々な情報も併せて届けられています。

このように利便性は増してきています。人間を機械や固定物から識別して検出し、その人が危険な領域に近づいたら、機械を停止することも可能になってきていますから、安全に適用されることは間違いないでしょう。また、すでに適用が始まっています。

ただ、便利な機能は喪失して、残念な思いをすることがありますが、後で録画を探すなどができます。安全は、安全装置の不作動により、後遺症を残す災害を防げなかった場合には、残念だった、では済まされません。被災者の方は、そのことで一生不自由な生活を強いられてしまいます。まして、死亡災害では、いかなる取り返しの手段もありません。

受賞いたしました発表では、両者の区分が大切であるということを述べました。実は、この報告では、どのようにすればよいのかを具体的な提言を示している訳ではありません。ですので、今後も発展させることを期待して贈賞くださったと感じています。

今後も努力して、このご期待に応えるように努めたいと思っています。

長岡技術科学大学
福田 隆文
村田機械株式会社
今枝 幸博

2021 年度部門一般表彰（論文）　受賞者の声

この度は光栄な賞を頂きましてありがとうございます。私共の研究を高く評価頂き嬉しく思っております。数多くのご助言を頂きました共同研究者の皆様、そして選考委員の先生方、並びに発表を聞いてくださった皆様に改めて感謝申し上げます。今回の講演では「分解作業時の教示方法が作業時間に及ぼす影響」と題し、未経験者が作業を進めた場合に生じる不安全行動や作業停止あるいは誤動作等の不具合について、作業時間、手順の潤滑化、作業効率等を用いて評価した結果を発表いたしました。その結果、未経験者は同一の作業を繰り返し行うことによって、技能やコツ等を習得できましたが、不明確な作業標準の提示は不安全行動につながる可能性を実験により明らかにしました。将来的には、作業者の誤った行動を抑制し、未然に危険を回避できる保護方策を目指しております。今回の受賞を励みにして、今後もより一層精進していきたいと思います。誠にありがとうございました。

職業能力開発総合大学校
吉田　瞬

このたびは、栄誉ある産業・化学機械と安全部門一般表彰（論文）を賜り、身に余る光栄に存じております。日頃から御指導、御助言頂きました長岡技術科学大学の北條理恵子先生、労働安全衛生総合研究所の高木元也先生、清水尚憲先生、株式会社コレムラ技研バラスト事業部の是村由佳先生、職業能力開発総合大学校の中村瑞穂先生、貴重な労働災害に関する資料をご提供いただきました総合スーパーマーケット様をはじめ、研究に携わって頂きました皆々様、推薦及び選出して下さった皆々様、このコロナ禍のなか開催ならびに研鑽の場を設けていただいた運営事務局・審査員の皆々様に、この場をお借りして感謝申し上げます。

厚労省が取りまとめた労働災害の発生状況によると、小売業における労働災害は、ここ 15 年増加している現状があります。その中で、今回の研究は、労働災害防止活動を精力的に実施している総合スーパーマーケットを調査対象に取り上げたものです。当該総合スーパーマーケットにおける労働災害に関する経年変化をみると、厚労省の集計結果とは異なり、統計解析で有意な増加は認められておりません。この総合スーパーマーケットの労働安全の取り組みを詳細に調べたところ、例えば、耐滑性に優れた靴の会社支給や機械清掃による床ふき残しチェック等の効果が労働災害を防止していることが推測されました。小売業の労働災害に関して推測統計のような統計解析を用いた知見が少ないため、本研究で取り上げた好事例の紹介を参考に労働災害防止対策を実践し、労働災害の減少にするための一助となれば幸いです。今後とも、御指導、御鞭撻を頂けますよう、どうぞよろしくお願い致します。

労働安全衛生総合研究所
菅 知絵美

ポリシーステートメント（部門活動概要）

産業・化学機械と安全部門は、ものづくりの知識が集約する設計プロセスにおいて日本が持つ暗黙知を見える化・国際化し、日本発の「ものづくりイノベーション」として世界に発信して行くことに挑戦している。

日本機械学会において、当部門は「安全性の向上」、「高効率化」、「多機能化」、「長寿命化」など、産業・化学機械の基盤となる学術分野を担っている。「安全性の向上」に関しては、安全に関わるソフト面、すなわち、システム安全から労働安全衛生、標準化、第三者認証、等々、幅広い学術領域をカバーし得るように強化して、会員のニーズに沿ったサービスを提供している。

また、「高効率化」、「多機能化」、「長寿命化」といった技術的・学術的な課題に関しても、「安全性の向上」と同様に意見交換の場を設けて解決方法の研究や開発を促進し、その成果を積極的に発信している。

その他、活動状況の詳細については、ホームページおよびニュースレターを参照していただきたい。

会告一覧

当部門主催の企画を下記の通り予定していますのでお知らせいたします。なお、企画への参加申し込み、並びに、詳細内容については部門ホームページ（http://www.jsme.or.jp/icm/）をご覧下さい。年次大会関連の行事詳細は日本機械学会ホームページの年次大会欄をご覧下さい。

6月29日（水）～7月1日（金）：安全工学シンポジウム2022（主催：日本学術会議　総合工学委員会ほか　共催：土木学会、日本機械学会ほか）
9月11日（日）～14日（水）：日本機械学会年次大会（※現時点では対面での開催を予定しております）（開催：富山大学）

この他の新企画も進展に併せ逐次部門ホームページにてご案内いたします。当部門企画行事へのご参加をお待ちしております。

部門賞・部門表彰募集および贈賞報告

日本機械学会産業・化学機械と安全部門では、次の部門受賞者を募集しております。これらの賞は、当部門に対する功績やこの分野における業績に対して、部門として表彰を行うものです。多数のご推薦をお待ちしております。

募集する部門賞

1. 産業・化学機械と安全部門功績賞
   研究、教育、交流を通じて当部門の発展に顕著な業績をあげた者に対して贈与する。
2. 産業・化学機械と安全部門業績賞
   当部門の分野における顕著な研究業績を、技術開発、技術改良など工学上、並びに、工業上の発展に貢献した研究者もしくは技術者に贈与する。
3. 部門表彰
   当部門主催の講演会等の企画で業績をあげた者に贈与する。部門表彰には論文、技術、貢献表彰がある。

推薦の方法

推薦理由書に添えて下記の産業・化学機械と安全部門長宛てにお申し込みください。

送付先：
〒162-0814
東京都新宿区新小川町4番1号　KDX飯田橋スクエア2階
日本機械学会気付　産業・化学機械と安全部門長宛て

推薦の期限

2022年度受賞候補者の原稿締切りは2023年1月20日（金）までとします。

2021年度
部門賞・部門表彰贈賞
部門一般表彰（論文表彰）：
吉田 瞬（職業能力開発総合大学校）
菅 知絵美（労働安全衛生総合研究所）

若手優秀講演フェロー賞：
北條 翔馬（宮崎大学）

日本機械学会　産業・化学機械と安全部門
〒162-0814　東京都新宿区新小川町4番1号　KDX飯田橋スクエア2階
電話（03）4335-7610　FAX（03）4335-7618
部門ホームページ http://www.jsme.or.jp/icm/

発　行　日　2022年　5月　31日
発行責任者　淺井 由尚
編 集 委 員　新井 裕之

お知らせ：PDFファイルによるニュースレターの発行を開始しております。ご意見等お寄せください。
メール宛先：research-icm@jsme.or.jp