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. 38　May 2023

巻頭言：機械安全の将来を見据えて

2023 年度（第 101 期）
産業・化学機械と安全部門長
千代田化工建設株式会社
技術本部　エンジニアリング・イノベーションチーム
シニアコンサルタント
上田　毅

2019 年 12 月に中国武漢市から始まった新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行は、未だ完全に収束状況に至ってはいないが、この 3 年余りの歳月で私たちが得た教訓も多くある。ワクチンの開発、接種も新型コロナ対応策の一つとして全世界的に行われてきたが、接種をした人はワクチン接種についてどう考えてこれを受け入れてきたであろうか。多くの人は医療関係者や政府・自治体から発せられた情報から、ワクチン接種を行うことにより副反応がおきるリスクより、感染リスクが低減し、感染したとしてもその症状が軽減されるということを期待してワクチン接種を受け入れたものと思慮する。すなわち、ワクチンによるマイナスの効果よりプラス効果が大きいと自身で判断した結果の行動と言える。今回の新型コロナウイルス感染症の流行により、多くの人々は感染リスクについて状況と対応策を個人レベルで判断し、対応を行うことをしてきたのではないだろうか。

このことを「機械安全」にあてはめるとどうであろうか。私たちが生活を便利に送るために利用している機械製品、もしくはその機械製品を作るための機械、設備における安全について考えてみよう。わが国の機械安全に関する企画としては、2001 年に国際的な安全規格である ISO 12100 の DIS（Draft International Standard/ 国際規格案）を参考に作成された「機械包括安全指針」がある。その後、2007 年の全面改正を経て現在に至っている。機械の製造者による危険性または有害性の調査・リスク低減の手順を記したもので、機械が持つリスクがどこにあるか、どんなことがリスクになるのか（リスクの同定）、そのリスクの大きさ・影響度はどの程度のものなのか（リスクの見積）といった内容を検討し、そのリスクを回避するための対応策を策定し、実施していくということを行っている。機械安全を専門とされている方には釈迦に説法になるが、安全設計の手順としては、まず本質安全設計方策（リスクのない機械設計）の検討、次に安全防護、付加保護方策の実施、そして消し去ることにできないリスクに対しては使用上の情報提供・明示というステップを踏むことになる。

ここで言えることとして、提供された機械は必ずしも 100% 安全な状態ではないということであり、ある範囲でのリスクは使用者も許容し、そのリスクが元で事故にならないように使用者が注意を払って使っているということである。もちろん機械設計、製作ミスが元で人命にかかわるような事故を起こしてはならず、そのような重大事故につながるリスクを回避する安全設計の手法は各所でおこなわれている。

機械設計者は安全第一の観点から常に上述のステップを踏んで機械設計をしていくのであるが、機械安全と一言で言っても機械の種類、使われ方、使う人、使う場所や環境など、機械設計者が意図していない状況や環境で使われることも多々あることを想定しておかなければならない。当部門のもうひとつの柱である産業機械、化学機械を含むあらゆる種類の機械に対する安全設計について、今後機械設計技術者がどう立ち向かっていくかを皆様と一緒に考えていきたい。

さらには、これまで安全設計というと、事故を起こしてはならないための設計、すなわちマイナスをゼロにするために必要な設計、極論すればそれ自体は利益を生み出さないものとしてネガティブなものと捉えられる傾向があった。しかし、近年安全設計が対象の機械を使う人すべてにプラスの喜びを与えるものとしてポジティブな設計として捉えていくという考え方が出てきている。私たちの部門においても、機械安全に対し前向きな取り組みで活動をしていきたいと考えている。機械設計に携わる皆様の積極的なご参加と、今後の機械安全のあり方について議論、意見交換、活動へのご協力をお願いしたい。

目次

巻頭言		千代田化工建設　上田　毅	1
解説	作業者（ヒト）側から機械安全／労働安全を考える	長岡技術科学大学　北條理恵子	2
	冷蔵庫及び空調機器冷媒の低 GWP 化－ 2050 年カーボンニュートラル達成に向けて－	公立諏訪東京理科大学　今村　友彦	5
リレー投稿	化学プラントにおける AI 活用と信頼性	東京農工大学大学院　山下　善之	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・安全工学シンポジウム・特別講演会　報告		9
会員の声			15
受賞者の声			17
会告一覧・部門賞・部門表彰および贈賞報告			18

解　説

作業者（ヒト）側から機械安全／労働安全を考える

長岡技術科学大学
北條理恵子

1. はじめに

私の学問的背景は、心理学の一学派である「行動分析学」である。一般に理解されている心理学とは考え方が大きく異なり、「ヒトの行動には明確な規則、原理が存在」し、「行動の予測と制御及び定量的かつ客観的な計測と評価が可能である」とする学問である[1)]。人の振る舞いの本質を理解すれば、人は決してブラックボックスではない。

ここ何年か専門家の方々のお話を伺い、機械安全の実務／専門家は、人に依存せずに機械で安全を担保することに粉骨砕身していること、「人の注意力に頼る安全」から、より確定性の高い「機械に任せる安全」にすることが効果的で確実としていることを理解・納得した。その背景には、人は「何をするかわからない」という考えがあるようだ。国際規格等に見られる機械安全[2)]についての体系の見事さを見るにつけ、機械安全こそ行動分析学と親和性が高く、「協調安全」あるいは働く人中心の安全管理について、協力して何か有益な方策・対策ができそうだと感じている。本稿では、機械安全・労働安全と行動分析学との融合効果の可能性についての根拠として、特に、働く人に着目した「産業安全行動分析学」についての概説と、機械安全・労働安全との融合による可能性について紹介する。なお、この記事の一部は、北條ら(2000)の安全安心社会研究からの引用である[3)]。

2. 行動分析学

ご存じのとおり「機械の包括的な安全基準に関する指針(平成 19 年 7 月 31 日改正)」[4)]、「機械譲渡者等による機械の危険性等の通知（平成 24 年 3 月 29 日：改正安衛法第 24 条 13 第 1 項）」[5)]、「機械譲渡者等が行う機械に関する危険性等の通知の促進に関する指針（平成 24 年厚生労働省告示第 132 号）」[6)] による機械の安全化の手順に従い、保護方策実施後の残留リスクについて、「残留リスク一覧」及び「残留リスクマップ」を「機械の制限仕様」と合わせて、機械危険情報としてユーザーに伝達することが求められている。この残留リスクについては、最終的に安全の一端が依然として人が担っている現状がある。また、ICT や IoT 機器といった新技術が産業現場に導入され、機械の情報を人が取得し、機械に合わせた作業を行っているだけではなく、機械側も人や環境側から発せられた情報を獲得し、人に合わせた振る舞いを可能にする作業形態が生まれつつある（図 1）。すなわち、共存・協調作業に対する真の安全管理がこれから必須となる。私は、ここに行動分析学と機械安全との融合の意味があると考えている。

行動分析学は、大きくは「行動科学」に属する。現在、日本で広く認知される心理学は、意識・無意識から起こる欲求や、性格あるいは気質や感情等を行動の原因とするもの、心を脳という情報処理装置として解釈するものが多くを占める。一方、行動分析学は、人・動物などの「行動」を対象として分析する。すなわち、人及び動物の行動を刺激―反応の図式で明らかにし、個体を取り巻く過去及びその時の外的環境に行動の原因を求め、行動を「定量的に測定可能」なものとして取り扱う自然科学である。行動分析学は、実験室等の厳密に制御された環境で、環境要因を直接操作して行動を変容させることで両者の因果関係を明らかにする実験的行動分析学と、実験的行動分析学により蓄積されたデータを基盤に、人の行動問題の分析と修正を目的として発展した応用行動分析学に大別される。こうして構築された行動の理論及び手技等は、人の様々な社会生活における行動改善に適用されている。応用行動分析が最も活用される分野は、発達障害や挑戦的行動、特に自閉症スペクトラム障害を持つ教育・医療分野[7)]であるが、ほかにも、ビジネス、スポーツ等多岐にわたる。アップルの Macintosh のユーザインタフェース開発にも応用行動分析が活用された。産業安全[8)]分野では、「産業安全行動分析学（Behavior-Based Safety、BBS）」として、応用行動分析学に属し、機械安全及び建設安全研究領域等で展開している。

行動分析学が見据えるゴールは、行動の①予測と制御、②分析と定量評価、そして③問題の解決である。重要なことは、ゴールが、「人」ではなく「行動」である点であり、人間性や精神性には言及しない。つまり、「性格傾向」や「性格」、「気分」や、「やる気」、「熱意」、「自覚」等は、行動を変容

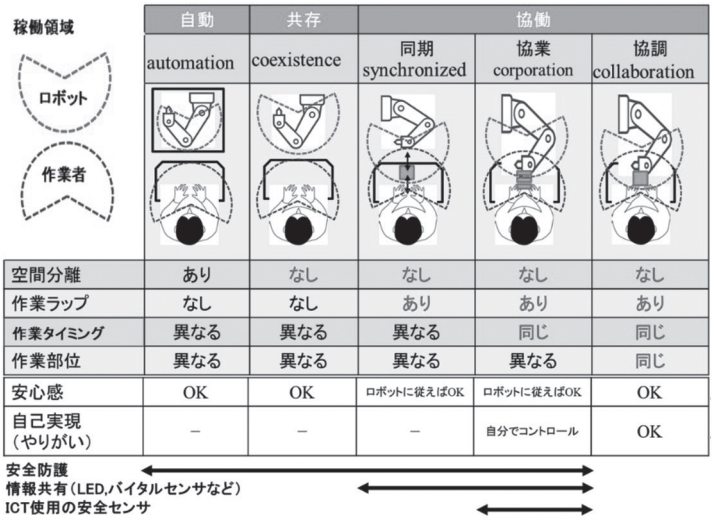


図 1. 人 - 産業用ロボットの生産スタイル（フラウンホーファーの図を一部改変）

する要因ではないため取り扱わない。何らかの直接的な働きかけにより行動そのものを変化・修正するというよりも、独立変数（環境）を操作することにより従属変数（行動）を変容させることに主眼を置く。通常、我々が「その行動をする理由」を語るとき、行動をする前の事象に焦点を充てがちである。例えば、「映画を見にいくのは映画が好きだから」などである。しかしながら、行動分析学では、行動の“後”に生じた環境の変化により、当該行動が将来的に維持・増強されるとする。これが行動随伴性の概念となる。行動随伴性とは、行動の生起をA:先行刺激(Antecedent)、B:行動(Behavior)、C：結果（Consequence）で説明するものであり、行動分析学の中心概念である（図2）。例えば、作業現場で行う「機械を掃除する」行動の例を行動分析学で説明すると、A：作業現場において、B：機械を掃除する、と結果としてC：上司や同僚に「ありがとう！」や「（掃除などしていないで、本来の）仕事をしろ！」と言われる。このような「先行刺激（環境）⇒行動⇒変化」が行動随伴性である。行動の前に存在する先行刺激（A）は、いわゆる合図でしかなく、行動を直接増減する要素ではない。機械を掃除する行動は、機械の掃除をするのが「好きだから」という、事象の前に因果関係を求めるものではなく、あくまで事象後、つまり結果によるものである。行動分析学には、①行動の発生確率は「結果」に依存する、②結果で行動が変容する、③結果の出方で行動が変わる、④行動の定量的な評価が可能である、の4つの原理がある。①は前述のとおりであるが、②の結果で行動が変容する、とは、前述のように上司または同僚などに「ありがとう！」という「良い結果」が生じた場合は、その後の機械を掃除するという行動が、将来的に維持または増加することになる。しかしながら、同じ作業現場で同じ機械を掃除する行動であっても、Cの結果が、「仕事しろ！」という叱責、すなわち「悪い結果」が生じた場合には、その作業員が将来機械を掃除する行動は減少または消滅する。同様に、行動したことにより良い環境が消失(機械操作中にかかってきた電話に応答したら怪我)した時にはその行動は減弱・減少し、悪い環境が消失（頭痛で薬を飲んだ）した時には増加する。すなわち、前述の「ありがとう！」「仕事しろ！」はいずれもよい結果や悪い結果が「出現」したことで、将来の当該行動の出現確率が変化する例である。一方、機械を調子よく操作していた時に、電話応答したという行動で、機械の調子よい操作がなくなってしまった、また、頭痛という悪い状況が、頭痛薬を飲むという行動で頭痛がなくなった、という、行動したことで何かが「消失」したことでも行動の出現確率は変化する。行動が増加することを「強化」、減少することを「弱化」と呼び、行動を強化する要素は「報酬」であり、弱化する要素は「罰」と言われる。通常で言うご褒美という意味での報酬と、お仕置きという文脈で使用する罰とは異なることに注意されたい。行動分析学で使用される報酬と罰はあくまで行動を増減するものとして使用する。また、報酬というと、すぐに思い浮かべるのが金品であるが、人に対しての報酬とは、相槌や頷き、言語的賞賛、あるいは自分の成績を可視化すること（graph feedback）などがあげられる。同様に、罰にも本来の罰といった文脈での身体的拘束や過剰な寒暖等の感覚的不快感のほか、叱責や無視といったものも含まれる。しかしながら、万人に共通の報酬や罰があるわけではなく、個人により報酬的・罰的に働く要素はそれぞれ異なる。例えば、好きな人にとってアルコールは報酬として作用するが、下戸であったりアレルギーがあれば罰的に作用する。行動分析学的介入により行動変容を試みる場合には、その個人にとっての報酬と罰を見極めることが重要になる。これらの結果（環境の変化）が、どのような頻度あるいはタイミングでもたらされたかにより、行動の出方が変化する。これが③の行動の原理となる。結果の出方にはさまざまあるが、代表的な例として、「反応回数」と「間隔」に付随する場合があげられる。さらに、それぞれに結果の出方が「規則的」か「不規則」に分けられる（図3）。行動した回数が規則的に強化される現象は、歩合制の仕事、ラインで部品を検品した個数に従って給料の額が変化するような作業形態に見られる（図3A）。初めはそれほどではなくても、徐々に行動が加速して行く傾向がみとめられる。行動した回数に結果が不規則に提示される例として、抜打ちの安全衛生巡視がこれに当たる（図3B）。反応しなければ結果は出ないが、いつ結果が出るのかはわからない、という状況であり、高率の反応が長く出現するという特徴がある。抜打ちの安全巡視はいつやってくるかわからないため、現場は絶えず5Sに心を砕く結果となる。間隔に付随する場合は、反応に関係なく時間で結果が出現するため、前述の2つの例ほど高率な反応を喚起しない。一定の間隔で出現する結果に対しては、低率の反応が出現する（図3C）。同じ巡視であっても、月ごとに巡視日が定められている場合には、5S活動は巡視日の直前に高率となるが、ほかの日にはあまり力を入れない状況が発生する。反応に関係なく、不規則な間隔で結果が提示される事態の例はそれほど多くないが、やはり低率で単調な行動が出現するという特徴がある（図3D）。例えば、電気の供給が不安定な地域(国)では、不規則に生産ラインがストップしてしまうこともあるだろう。初めは、ライン上に何か不具合があるかもしれないと頻繁に点検・チェックを行うかもしれないが、何をしてもラインが停止するとすれば、いずれ点検・

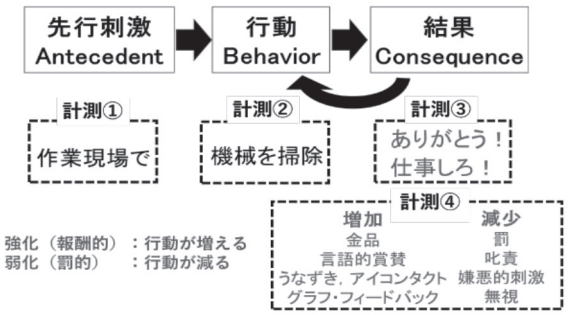


図2. 行動分析学のABCモデル（行動随伴性）

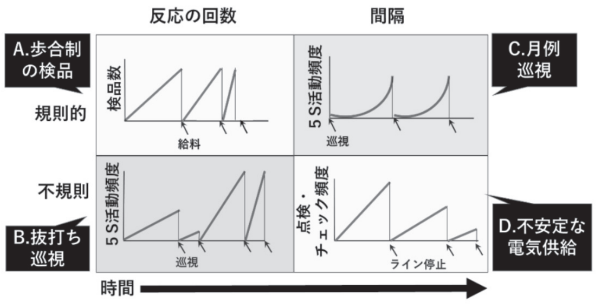


図3. 結果の出方による行動の出現の違い

チェック作業の頻度は減少してしまう。いずれの反応も結果が提示されなくなれば、消失する。しかしながら、はじめに毎回あるいは短い間隔で結果（主に報酬的）が提示され、その後徐々に要求の反応回数を増加あるいは間隔を延長して行き、非常に大きい回数あるいは非常に長い間隔のあとに結果が提示された場合には、当該行動が消失しにくくなる。例えば、毎回あいさつに応じてくれた人が、その後突如として挨拶を二度と返してくれなくなった場合、その人に対する挨拶行動は消失する可能性が大きい。一方、挨拶への応答を２回に１回、５回に１回、10 回に１回と段階的に減少させると、その後に 20 回応答しなくなったとしても挨拶はし続けるようになる。この例からも、行動は結果により維持されていることがわかる。これら３つの原理により、④行動の定量的な評価が可能となる。

3. 機械安全／労働安全と産業行動分析学との融合と課題

機械安全領域の専門家と研究を進めるうちに、産業現場にも行動分析学の活用の可能性は大いにあると考え、「産業安全行動分析学」を構築した。産業安全行動分析学の目標は、行動随伴性の概念を活用して、作業者の安全を実現することにほかならない。日本以外にも産業現場での安全についての研究領域は存在し、Behavior-Based Safety（BBS）として専門家が産業安全に行動分析学を応用している。しかしながら、行動分析学を機械安全の領域に応用するにあたっては、いくつかの問題も明らかになってきた。機械安全や建設安全領域においては、行動分析学という学問が存在し、それが非常に有効なツールであることがまだ十分に知れ渡っていないことは当然であり、これから徐々に活動の場を広げていくつもりである。問題は、行動分析学側にある。機械安全や建設安全側にはルールが存在しており、すべての安全活動はこのルールに則って行われる。機械系及び電気系の安全規格として、それぞれ国際標準化機構（ISO）と国際電気標準会議（IEC）があり、機械安全は、とりわけこの両機関により共同開発された、安全の側面／規格への導入指針である ISO/IEC ガイド 51 に沿って活動している。これらなくして機械安全は語れないといっても過言ではない。ほかにも JIS あるいは労働安全衛生法等の様々な規格や法規の上に機械安全が成り立っている。産業安全行動分析学、国際的には BBS 領域の専門家のうち、これらを熟知している者はごく一部である。もちろん、中には十分な知識を持って実践している者もいるのであろうが、専門家のほとんどがコンサルティング会社を自営するか企業に所属しており、知識・手技が同じ専門家である我々に届くことはほぼ皆無と言える。また、たとえ活動内容が公開されるとしても、それは心理学・行動分析学関連のアカデミックな場に留まり、実際の現場に還元される機会は極めて少ないのが現状である。規格・法規に精通した機械安全の専門家と手を携えて、現場に沿った活動が今後必要と思われる。

現状では、失敗行動や不安全行動の原因を、「作業者」の「心」に起因することが多い。例えば、事故は、「注意力がない」「だらしない」ことが原因で発生したとの考え方が主流を占める。この例には、二つの問題がある。一つには、事故の原因を作業者に帰している点である。本来、作業者の不安全行動とは、作業者の責任ではなく、不安全行動を許容している環境に起因するものである。すなわち、不安全行動を維持・増強しているのは環境であり、それを提供する現場側、事業側に責任があることを作業者側と雇い主側双方で認識する必要がある。作業者が被災した場合、事業主側関係者が事故再発予防として被災者に事故発生の状況を聞き取ることがある。その時に「起きてしまったことは仕方がないから、本当のことを話してほしい」と言う。意図的な悪意を持って不安全行動をした場合は別として、不安全行動は、少なくとも全面的に作業者の責任となることには不合理さを感じる。むしろ、事故を起こす余地のある危険な環境を提供した事業主側が作業者に謝罪し、責任を明確にしたうえで、環境改善に努めるべきではないだろうか。

二つ目の問題は、事故の原因が心にあるとする考え方である。これは評価にこそなりえても、問題解決につながらない。現在広く行われている安全行動励行のためのキャンペーン、「気を付けましょう」等の言語による注意喚起、あるいは「気合を入れる」等の精神論の類も、その効果を定量的に評価していない以上、行動変容に関与しない。安全な行動は努力によって形成される行動であるので、その行動に対し何らかの報酬を提示する場が必要である。その点で言えば、まずは作業者が行動随伴性を用いて、自己管理を行い、管理者は作業者の自己管理結果を収集して定量的に分析する必要がある。そして、経営側は作業者の安全行動にこそ報酬という結果を提示する安全文化の構築が必要である。

4. まとめ

以上、産業現場における行動分析学の応用の可能性を記述してきたが、安全文化を正しく構築するには、ここからの出発が重要であると考える。その認識にこそ、今後の真の安全文化の萌芽が存在する。

5. 参考文献

1) 小野浩一（2016）行動の基礎―豊かな人間理解のために. 培風館.

2) 宮崎浩一、向殿政男（2007）1.安全設計の基本概念、ISO/IEC Guide51(JIS Z 8051)、ISO 12100(JIS B 9700) (安全の国際規格). 日本規格協会.

3) 北條理恵子、梅崎重夫、池田博康、清水尚憲（2020）人の行動を客観的・定量的に測定する方法：産業安全行動分析 (Behavior-Based Safety). 安全安心社会研究、8、Pp. 20-35.

4) 厚生労働省（2007）「機械の包括的な安全基準に関する指針」

5) 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課（2010）「機械の包括的な安全基準に関する指針」の改正（平成 19 年）後の状況. 建設の施行企画, pp.9-12. https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei14/dl/120521.pdf

6) 中央労働災害防止協会（2015）, 機械安全規格を活用して災害防止を進めるためのガイドブック, 平成 26 年度厚生労働省委託機械のリスクアセスメント等の促進等事業

7)Dillen burger, K.; Keenan, M. (2009). “None of the As in ABA stand for autism: dispelling the myths”. J Intellect Dev Disabil 34 (2): 193–95. doi:10.1080/13668250902845244. PMID 19404840.

8)Komaki, J., Barwick, K. D., & Scott, L. R. (1978). A behavioral approach to occupational safety: Pinpointing and reinforcing safe performance in a food manufacturing plant. Journal of Applied Psychology, 63 (4), 434–445.

解　説

冷蔵庫及び空調機器冷媒の低 GWP 化
ー 2050 年カーボンニュートラル達成に向けてー

公立諏訪東京理科大学
今村　友彦

1. はじめに

2020 年 10 月に、政府は温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、いわゆるカーボンニュートラルを 2050 年までに達成する目標を掲げた[1)]。カーボンニュートラルとは、温室効果ガスの排出量を植林や森林管理、CO_2 固定化などによる吸収量で相殺した値をゼロにすることであり、温室効果ガスの排出そのものをゼロにするということを意味しているわけではないが、温室効果ガスの排出量の絶対値自体を低減させることが達成の上では必要不可欠である。本稿では温室効果ガスの排出量削減に資するための、家庭用空調機器（いわゆるルームエアコン）および業務用冷凍冷蔵機器（例えばコンビニエンスストアのビルトインショーケースなど）用の冷媒の低 GWP 化の経過について、冷媒転換の必要性や冷媒の燃焼性分類に関する解説を交えつつ紹介したい。なお、本稿はあくまで筆者の個人的見解に基づくものであり、関係団体や所属機関の公式見解を述べたものではない。

2. 冷媒転換の温室効果ガス削減への寄与

そもそも温室効果ガスとは、大気圏において地表から放射された赤外線の一部を吸収することにより、温室効果をもたらすガスのことである。温室効果ガスには様々な種類があるが、主なものに二酸化炭素（CO_2）・メタン（CH_4）・一酸化二窒素（N_2O）・ハイドロフルオロカーボン類（HFCs）・パーフルオロカーボン類（PFCs）・六フッ化硫黄（SF_6）・三フッ化窒素（NF_3）があげられる。国連気候変動枠組条約に基づき、我が国を含む先進国にはこれら 7 種のガスについては温室効果ガスインベントリを作成する義務がある。わが国の 2022 年度版温室効果ガスインベントリ報告書[2)]によると、温室効果ガス排出量のうち 90% 超を CO_2 が占めている。次に多いのが HFCs で、4.5% を占めている。上記 7 ガスのうち、HFCs のみが 1990 年度比で排出量が増加しており、しかもその増加率は 224.7% と破格である。これは 1990 年当時は HCFCs（ハイドロクロロフルオロカーボン類）が主力冷媒であったが、オゾン層破壊効果のために HFCs に転換されたことによる。HFCs 排出の内訳は冷蔵庫及び空調機器からの排出が 92% で最も多く、次いで発泡剤（6%）となっている。昨今の地球温暖化の進行や、発展途上国での需要増加を見込むと、このままでは HFCs の排出はさらに増加すると思われる。

ところで温室効果ガスの排出量の計算にあたっては、地球温暖化係数（GWP: Global Warming Potential）が用いられる。これは単位質量（例えば 1kg）の温室効果ガスが大気中に放出されたときに、一定時間内（例えば 100 年）に地球に与える放射エネルギーの積算値（すなわち温暖化への影響）を、CO_2 に対する比率として見積もったものである[3)]。従来の主力空調機冷媒であった R410A は GWP が 2090 であるので、仮に R410A が 1 kg 放出されると、CO_2 が 2.09 トン放出されたことに相当する。

以上のことから、冷蔵庫及び空調機器冷媒を低 GWP 化することは、温室効果ガスの削減に極めて有効である。

3. 微燃性冷媒の登場

この観点から、R410A 等から比較的 GWP が小さい R32（GWP: 675）、R1234yf（GWP:4）、R1234ze(E)（GWP:6）の 3 ガス（いわゆる“微燃性冷媒”）への転換が検討された。GWP が小さいということは分解しやすい（化学的に不安定）ということでもあるので、低 GWP の冷媒は燃焼性を有するものがほとんどである。例えば自動販売機の冷媒にはイソブタンが用いられているものが多いが、これは GWP が 4 以下である。とはいえ、ここに掲げた 3 種類の微燃性冷媒は、炭化水素に比べて燃焼速度や発熱量が小さく、着火エネルギーも大きいため、そもそも着火しにくく、着火したとしても炭化水素ほどの危害度は示さない。米国の規格（ASHRAE34）では、燃焼範囲に加えて燃焼速度及び発熱量も用いて冷媒をクラス分けしており、燃焼性の大小を分類に反映させている[4)]が、日本の法規制では燃焼範囲および冷媒名の掲名による分類が用いられているので、これらの 3 ガスを冷媒として使用するには規制の見直しが必要であった。そこで、2011 ～ 15 年度に NEDO（（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構）において“高効率ノンフロン型空調機器技術の開発”事業が行われ、これをふまえて（一社）日本冷凍空調工業会が主導して徹底したリスクアセスメントが行われた。筆者もこれに一部参画し、特に上記 3 ガスの実使用時に想定される着火源となりうる、市

販ライター、石油ファンヒーター、電気スパークによる着火性を評価し、さらにはカラオケルームを模擬した狭小空間に冷媒が漏洩した場合の実大着火実験を行って、換気の有無による着火性への寄与を明らかにした[5]。これらの成果により、2016年に高圧ガス保安法冷凍則が改正されて、上記3ガスは不活性ガスとして掲名された。

4. グリーン冷媒への転換

ところが、時を同じくして2016年10月に、ルワンダで行われたMOP28（第28回モントリオール議定書締約国会議）にて、モントリオール議定書の改正が採択された（キガリ改正）。そもそもモントリオール議定書はオゾン層破壊物質であるCFCs（クロロフルオロカーボン類）の排出を規制するものであったが、その後HCFCsも追加され、その代替としてHFCsが登場したはずであった。ところが、先述した地球温暖化抑制の観点から、HFCsも規制対象に加えるというものである。具体的にはHFCsの生産量と消費量（生産量＋輸入量－輸出量）の削減に関する取り決めで、わが国を含む先進国グループは、2011-13年度の平均数量を基準として、2019年から削減を開始し、2036年までに85%分を段階的に削減することを求められている[6]。現状のままの冷媒使用状況では、2029年ごろにはこの削減目標を達成できなくなると見込まれており、抜本的な対策はさらに低GWPな冷媒の開発となる。

このような観点から，自然冷媒（CO_2, NH_3, 炭化水素：プロパン）やHFO（ハイドロフルオロオレフィン）系冷媒及びそれらの混合冷媒（いわゆる“グリーン冷媒”）などについて、その性能や安全性の評価が現在急ピッチで進められている。筆者らは2018～22年度にNEDOが実施している“省エネ化・低温室効果を達成できる次世代冷媒・冷凍空調技術及び評価手法の開発”事業に参画し、特にプロパンを冷媒として使用する場合を想定した、実環境における着火源候補の着火性を評価した。主に家電製品の電気接点でのアーク放電による着火性、たばこやホットプレートなどの高温熱面に衝突したときの着火性、レーザーによる着火性などについて実験及び数値シミュレーションを駆使し、その臨界条件を示している[7]。

5. おわりに

地球温暖化抑止のための冷媒の低GWP化の必要性とその経過について概説した。冷媒の低GWP化は国際的な規制枠組みとのリンクが非常に強く、またその流れは非常に急速である。したがって常に世界情勢にアンテナを張りつつ、迅速な研究開発が望まれる。最後に述べたグリーン冷媒の実用化にはまだクリアすべき課題も残されているものの、例えば家庭用・業務用エアコンへの適用が期待できる低GWP冷媒の自己分解反応の抑制に成功した[8]など、今後の実用化に向けて着々と技術革新が進んでいる。特に新冷媒の国際標準化まで達成できればわが国の国際競争力獲得にもつながると期待される。わが国が有する高い安全性の保証を確保しつつ、実用化に耐えうる低GWP冷媒の開発が期待されるところであり、ここ10年あまり冷媒低GWP化に関係した研究を行ってきた筆者としても、これに貢献できるようさらなる研究努力を続けていきたいと考えている次第である。

参考文献

1) 環境省ホームページ：https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about （2023年2月19日閲覧）
2) 温室効果ガスインベントリオフィス編：日本国温室効果ガスインベントリ報告書，2022, https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm10000017uzyw-att/NIR-JPN-2022-v3.0_J_GIOweb.pdf
3) 全国地球温暖化防止活動推進センターホームページ：https://www.jccca.org/about （2023年2月19日閲覧）
4) ANSI-ASHRAE 34-2022, Designation and Safety Classification of Refrigerants, 2022.
5) （公社）日本冷凍空調学会：微燃性冷媒リスク評価研究会最終報告書　第3章　事故シナリオに基づく安全性評価，pp.55-99, 2016, https://www.jsrae.or.jp/committee/binensei/final_report_2016v1_jp.pdf
6) 産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループおよび中央環境審議会地球環境部会フロン類等対策小委員会：モントリオール議定書キガリ改正を踏まえた 今後のHFC規制のあり方について，2017, https://www.env.go.jp/content/900422743.pdf
7) （公社）日本冷凍空調学会：次世代冷媒・冷凍空調技術の基本性能・最適化・評価手法および安全性・リスク評価　第2部 次世代冷媒の安全性・リスク評価　最終報告書 , https://jsrae.or.jp/committee/jisedai_R/Final_Report-j.pdf（2023年4月27日閲覧）
8) NEDOニュースリリース(2022/5/13)：家庭用・業務用エアコンへの適用が期待できる低GWP(地球温暖化係数)冷媒の自己分解反応の抑制に成功，https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101539.html（2023年2月19日閲覧）

リレー投稿 63

化学プラントにおける AI 活用と信頼性

東京農工大学大学院 工学研究院
教授　山下善之

1. はじめに

化学プラントの運転・保守（O&M）は大きく変わろうとしています。その背景には、実にさまざまな要因があります。例えば、プラントの設備は建設後 50 年を超えるものも多く老朽化が進んでいます。また、人材の高齢化や慢性的な人手不足があります。さらにテロやパンデミック、軍事侵攻などさまざまなリスクにも直面しています。これらの課題に対応するために、人の作業を支援したり代替したりする技術の開発・導入や、安全性と生産性、さらにはレジリエンスを向上させるための技術の発展が強く望まれています。その実現のために、最も期待されている技術が AI や IoT に代表されるデジタル技術です。運転や設備の状態を常に把握・監視し、さまざまなデータを最大限に活用することによって、上述のような課題の柔軟な解決につながることが期待されています。

ものづくり白書 [1] では、不確実性の増すニューノーマル時代において製造業が生き残っていくためには、少なくとも「レジリエンス」、「グリーン」、「デジタル」の 3 つが不可欠であると述べられています。「グリーン」は、いうまでもなく 2050 年のカーボンニュートラル実現に向けた取組みです。「レジリエンス」は、サプライチェーン全体を強靭化するための多面的なリスク対応の取り組みです。不確実性の高い世界において、環境の急激な変化に迅速に対応するためには、ダイナミックケイパビリティの強化が重要です。そのためにも、デジタル技術の活用が有力なツールとなることは間違いありません。すでに多くのものづくり関連企業がデジタル・トランスフォーメーション（DX）に取り組んでいます。しかし、現在は、さまざまなデジタル化の事例を蓄積する段階にとどまっており、本当のトランスフォーメーションはこれからといったところかと思います [2]。

2. スマート保安

経済産業省を中心に「スマート保安」を推進する取り組みが進められています。石油・化学や電力・ガス等の産業・エネルギー関連のインフラ分野を主な対象としており、より具体的には、AI や IoT などの新技術の導入によって安全性と効率性を常に追求し、事業・現場における自主保安力の強化と生産性の向上を持続的に推進する取り組みです。これまで、保安規制の見直しを行うとともに、先行事例集の公開 [3,4]、アクションプランの策定、技術開発・実証事業の支援、日-タイ スマート保安協議会 [5] の設立、技術カタログの公開 [6] などさまざまな取り組みがなされてきました。

こうした活動もあって、日本国内におけるスマート保安に対する認知度は高くなってきており、化学プラントなどにおける導入が急速に進みつつあります。導入に当たっては、安全性の向上のみならず、生産性の向上、製品品質の向上、付加価値の向上や効率化、省力化、コスト削減などさまざまな効果が期待されています。したがって、AI や IoT に代表されるスマート化技術の適用範囲は、保安のみにとどまらず運転・保守 (O&M) の広い範囲に及んでいます。先行事例集においても、設備劣化診断や異常予兆検知・診断とともに運転最適化やリモート監視などに関する事例も多く紹介されています。デジタル技術を最大限に活用した化学プラントのスマート化を多面的に推進していく必要があります。

化学プラントに AI を導入する試みが進むにつれて、活用を推進するための共通する課題も明らかとなってきました。ここでは、代表的な3つの課題についてのみ触れることとします。第一の課題は、AI の導入・活用を推進することのできる人材が不足しているということです。プラントに AI を活用するためには、AI に対する知識だけではなく対象とするプラントに対する知識も不可欠ですが、両者に明るい人材が圧倒的に不足しているというのが現状です。第二の課題は、導入の費用対効果が説明しにくい場合が多いということです。短期的・局所的なメリットだけではなく、長期的・大局的な効果も考慮した意思決定が求められています。第三の課題は、AI を使ったシステムの信頼性をどのように取り扱うべきかが明らかではないという点です。AI を活用したシステムを設計するにあたり、高い信頼性を担保することばかりではなく、説明責任も果たせるようにしていくことが求められています。

3. AI の信頼性

厳格な安全性が求められる化学プラントでは、適切に AI の信頼性評価を行い安全に対する説明責任を果たす必要があります。しかし、そのための方法論が示されていませんでした。そこで、産総研が公開している機械学習の品質マネジメントガイドライン [7] の手法をベースにして、石油・化学プラント内で AI（機械学習）を活用したシステムの信頼性を適切に確保するためのガイドラインを取りまとめました [8]。このガイドラインでは、信頼性評価の構造を利用時品質、外部品質、内部品質の 3 階層に分けて AI の信頼性を管理する方法を示しています（図1）。「利用時品質」と「外部品質」は、安全性を追求するタイプの品質を扱う「リスク回避性」と、生産性や効率を追求するタイプの品質を扱う「パフォーマンス」の 2 つの軸に分けて設定します。「リスク回避性」は、AI の誤判断によって悪影響を及ぼすリスクを回避・低減することを目的としています。「パフォーマンス」は、プラントの運転・点検を効率的に行うことを目的としています。AI を活用する

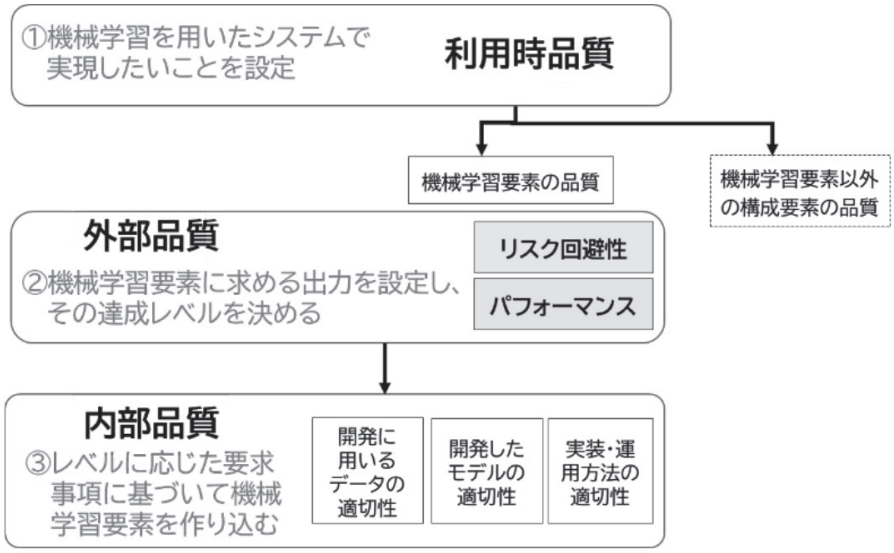


図１信頼性評価の構造と手順

システムの設計に当たっては、「利用時品質」と「外部品質」を設定した後、「外部品質」のレベルに応じて、要求される「内部品質」のレベルが決まることになります。「内部品質」には、データの適切性やモデルの適切性など８つの軸が設定されており、外部品質のレベルに応じて、各軸に設定されている要求事項に従って AI を作り込んでいくことになります。もちろん、システムには機械学習を使っていない従来からの要素も含まれていることが一般的で、この要素の品質も「利用時品質」を満たすために極めて重要な役割を果たすこととなります。

異常予兆の検知システムの場合を例とすると、リスク回避性の観点からの「利用時品質」はさまざまなプラントの条件下で将来の異常の発生を正しく検知するというもので、「外部品質」は異常予兆があるのに正常と判定する誤判定率を限りなく小さくするということになります。一方、パフォーマンスの観点からは、「利用時品質」は発報内容の確認に運転員や点検員の時間を多く割かなくてよい適度な発報頻度とするということになり、「外部品質」は誤検知の頻度を一定以下にすることとなります。

このガイドラインでは具体的な５つのユースケースに基づく信頼性評価について、具体的な適用方法や検討結果のフォーマットをそれ詳細に示しています。したがって、適用しようとする対象に近いユースケースの例示を参照することによって、ガイドラインに従った信頼性評価の実施内容やフォーマットの記載粒度などを参考に適切かつ容易に検討することができるようになっています。

このガイドラインを適用することによって、プラントオーナー企業においては、AI の高い信頼性を実現して保安力や生産性を向上できるばかりか、AI の信頼性について社内外へ説明責任を果たしやすくなります。また、ベンダー企業にとっては、信頼性を持つ AI の構築方法が明確となり、プラントオーナー企業に対して AI の信頼性を説明しやすくなります。また、このガイドラインはプラントオーナー企業とベンダー企業間の意思伝達・決定支援ツールとしても有用です。今後、このガイドラインも積極的に活用しながら、化学プラントのスマート化が推進されることを期待しています。

4. まとめ

化学プラントにおける AI 活用について、スマート保安と信頼性評価ガイドラインを中心に述べてきました。最近大きく注目されている生成系 AI のインパクトにも見るように、AI やスマート化の技術は今も急速に発展しつつあります。変化が激しく不確実性の高い状況の中、最先端の技術も積極的に活用することによって、化学プラントのスマート化が今後ますます推進されていくことは間違いないと確信しています。

次回のリレー投稿は、福岡大学の野田賢先生にお願いしました。

参考文献

1) 経済産業省、厚生労働省、文部科学省、2021 年版ものづくり白書、2021 年 5 月
2) IPA、DX 白書 2023、2023 年 2 月
3) 経済産業省　保安課、「スマート保安先行事例集」、2017 年 4 月
4) 経済産業省　産業保安グループ、「スマート保安先進事例集」、2022 年 4 月
5) https://www.tjsisc.com/
6) 経済産業省、Smart Industrial Safety Digital Catalog、2022 年
7) 産業技術総合研究所、「機械学習品質マネジメントガイドライン」、2020 年 6 月
8) 石油コンビナート等災害防止３省連絡会議、「プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン」第 2 版、2021 年 3 月

産業・化学機械と安全部門 2022 年度年次大会　報告

2022 年度年次大会は富山大学五福キャンパスにて 9 月 11 日（日）～ 14 日（水）に開催された。一部オンライン配信を併用しつつも、３年ぶりの現地での対面開催となった。当部門からは基調講演 1 件、口頭発表 15 件、およびポスター発表 5 件が行われ、発表者と聴講者の間で活発な議論がされていた。また、機械・インフラの保守・保全、信頼性強化をテーマにしたワークショップ、大型機械構造物の安全化と構造ヘルスモニタリングをテーマとした先端技術フォーラムが部門・学会連携企画として開催され、議論が深められた。以下にセッションと講演者を記す。

- 基調講演 -

[K171] 日本の安全衛生活動の歴史と今後のビジョン - well-being を取り入れたポジティブ安全学のすすめ

講師：清水尚憲（労働安全衛生総合研究所）

司会：高橋憲吾（長岡技術科学大学）

- 口頭発表 -

[S171]Man-machine 協調作業下における安全管理支援システムと作業者の Well-being の定量評価

司会：北條理恵子（長岡技術科学大学）

S171-1 ○清水尚憲 [1,4]、是村由佳 [2]、菅知絵美 [1]、北條理恵子 [3,1]（1: 労働安全衛生総合研究所、2: コレムラ技研、3: 長岡技術科学大学、4: ジー・オー・ピー株式会社）

S171-2 ○ Christoph Bödlein[1]（1:University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt）

S171-3 ○ Carolin Gläser[1]（1:University of Applied Sciences Würzburg-Schweinfurt）

S171-4 ○木村哲也 [1]、五十嵐広希 [2]（1：長岡技術科学大学、2: 東京大学）

S171-5 菅知絵美 [1]、○北條理恵子 [2]（1：労働安全衛生総合研究所、2：長岡技術科学大学）

S171-6 ○是村由佳 [1]、福井孝男 [2]、清水尚憲 [3,4]、菅知絵美 [3]、北條理恵子 [3,5]（1：コレムラ技研、2：IDEC 株式会社、3：労働安全衛生総合研究所、4：ジー・オー・ピー株式会社、5：長岡技術科学大学）

[S172] 機械・設備の安全化 I

座長：清水尚憲（労働安全衛生総合研究所）

S172-1 ○北條理恵子 [1,3]、是村由佳 [2]、菅知絵美 [3]、清水尚憲 [3,4]（1 長岡技術科学大学、2：コレムラ技研、3：労働安全衛生総合研究所、4：ジー・オー・ピー株式会社）

S172-2 ○芳司俊郎 [1]、入沢和 [2]、木村哲也 [3]、齋藤剛 [1]、池田博康 [1]（1: 労働安全衛生総合研究所、2：太陽誘電株式会社、3：長岡技術科学大学）

S172-3 ○中村瑞穂 [1]、蓮實雄大 [1]、清水尚憲 [2]、北條理恵子 [3]（1：職業能力開発総合大学校、2：労働安全衛生総合研究所、3：長岡技術科学大学）

S172-4 ○高橋憲吾 [1]、阿部雅二朗 [1]（1：長岡技術科学大学）

[S172] 機械・設備の安全化 II

座長：高橋憲吾（長岡技術科学大学）

S172-5 ○齋藤剛 [1]、池田博康 [1]、濱島京子 [1]（1:労働安全衛生総合研究所）

S172-6 ○藤崎渉 [1]（1：九州産業大学）

S172-7 ○楳田努 [1]、三輪雄基 [1]、三村耕司 [1]（1：大阪公立大学）

S172-8 ○安部亮輔 [1,2]、長房智之 [1]、藤原和人 [2]（1:三菱電機株式会社、2：熊本大学）

S172-9 ○笹倉康佑 [1]、中満達也 [1]、小松正佳 [1]（1:NTT ファシリティーズ）

- ポスター発表 -

[S172p] 機械・設備の安全化

S172p-1 ○武澤和真 [1]、高原淳三朗 [2]、荒井正行 [2]（1：東京理科大学大学院、2：東京理科大学）

S172p-2 ○森田智恵 [1]、蓮實雄大 [2]、是村由佳 [3]、菅知絵美 [4]、清水尚憲 [4,5]、中村瑞穂 [2]、北條理恵子 [1,5]、吉田瞬 [2]（1：長岡技術科学大学、2：職業能力開発総合大学校、3：コレムラ技研、4：労働安全衛生総合研究所、5：ジー・オー・ピー株式会社）

S172p-3 ○橋本直輝 [1]、菅田淳 [1]、曙紘之 [1]、荒川仁太 [2]、林美佑 [1]（1: 広島大学大学院、2：岡山大学大学院）

S172p-4 ○藤田直也 [1]、Mac Tung[1]、射場大輔 [1]、井上武琉 [1]、三浦奈々子 [1]、増田新 [1]、森脇一郎 [1]、木村大志 [2]（1:京都工芸繊維大学、2：椿本チエイン）

S172p-5 ○湯澤諒 [1]、岩崎篤 [1]、後藤春樹 [2]、金森康継 [2]、森林義隆 [2]（1：群馬大学、2：酒井重工株式会社）

- ワークショップ -

[W252] 機械・インフラの保守・保全、信頼性強化 ～ 部門連携・学会連携への期待 ～

(1) 堤一也（三菱重工業）、(2) 宮下幸雄（長岡技術科学大学）、(3) 浅野等（神戸大学）、(4) 井上剛志（名古屋大学）、(5) 大野和則（東北大学）、(6) 谷弘詞（関西大学）、(7) 樋野励（名古屋大学）、(8) 新井裕之（科学警察研究所）、(9) 中村光（名古屋大学）、(10) 井上裕嗣（東京工業大学）

- 先端技術フォーラム -

[F253] 大型機械構造物の安全化と構造ヘルスモニタリング

司会：小野　英雄（日本クレーン協会）、皆川佳祐（埼玉工業大学）

(1) 加藤千幸（東京大学）、(2) 森下信（横浜国立大学）、(3) 川合忠雄（大阪公立大学）、(4) 吉田健治（（株）三井Ｅ＆Ｓマシナリー）、(5) 坂野元哉（（株）アラキ製作所）、(6) 橋目佑太（東京製綱（株））、(7) 岡部洋二（東京大学）、(8) 高見芳夫（（株）島津製作所）、(9) 阿部雅二朗（長岡技術科学大学）

安全入門ゼミナール　報告

演　題： **安全入門ゼミナール 2022 年度　基礎編**
システム安全エンジニア資格認定制度の紹介とアソシエイト試験の解説

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

開催日： 2022 年 9 月 14 日（水曜日）15:00 ～ 17:00

会　場： WEB 会議システム　Zoom にて受講いただく

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いたしました。

参加者： 正員 49 名，学生員 2 名，正員学生 0 名，特別員 3 名，協賛団体会員 3 名，協賛団体学生 0 名，会員外 12 名，一般学生 7 名，計 76 名　※講師含む

主　旨：

狙い
- 工業高校、高専、理工系大学における安全基礎教育講座として。
- 新入社員への安全の基礎および技術者倫理の教育機会として。
- 中堅、シニア技術者の安全技術再確認および内省の機会として。

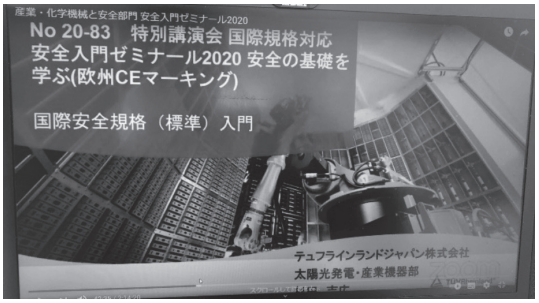
概要
- 安全入門：安全とリスク、ものづくりの定石（ビデオ）。約 20 分
- 安全規格：国際安全規格（標準）入門（ビデオ）。約 20 分
- 機械メーカにおける機械安全設計・法令等の基礎　45 分＋Q&A15 分

世界で活躍できる次世代エンジニアとして
- 安全の基礎を知り、事前リスクアセスメントの重要性が把握できる。
- 国際的な要求事項を学び、安全で付加価値の高い製品が作れる。
- 技術者倫理を再認識し、日本のものづくり復活の担い手になれる。

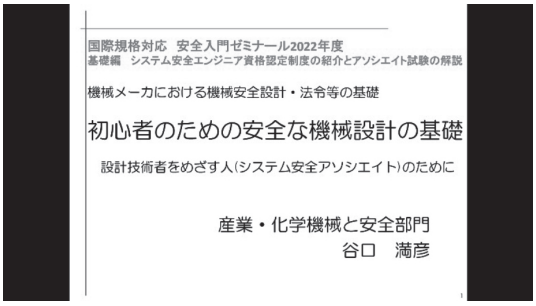
継続的な安全に関する最先端技術の情報収集、国際安全規格を策定しているエキスパート達とのネットワークづくりのため。

写真：

1）安全学入門



2）国際安全規格入門



3）機械メーカにおける機械安全設計・法令等の基礎

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、期待していた高専学生の参加が非常に少なく、今後の受講生拡大のための情報分析が必要である。満足度は高いので継続的に行ってきた甲斐はある。あとは、若い層へもっと日本機械学会への興味と熱意を持ってもらえるコンテンツを発掘したい。

演題詳細：

司会：テュフズードジャパン株式会社　IM グループ　機能安全部　淺井　由尚		
国際規格対応　安全入門ゼミナール 2022 年度 基礎編　システム安全エンジニア資格認定制度の紹介とアソシエイト試験の解説		
開演とご挨拶		15:00 ～ 15:05
1）安全学入門	メーカ代表として、「安全とは何か」について解説を行う	15:05 ～ 15:25 元富士電機 戸枝　毅
	質疑応答	13:25 ～ 13:35
2）国際安全規格入門	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を、国内の TC や WG で国際安全規格の委員を務めている杉田氏から解説を行う	15:25 ～ 15:45 テュフラインランド 杉田吉広
3）機械メーカにおける機械安全設計・法令等の基礎	初心者のための安全な機械設計の基礎。設計技術者をめざす人（システム安全アソシエイト）のために。	15:50 ～ 16:35 東レエンジニアリング 谷口満彦
	質疑応答	16:35 ～ 16:45 テュフズードジャパン 淺井　由尚

所　見： 今年の講習会もコロナ禍が未だ収まらない状況下での開催となった。昨年から引き続き WEB 開催であったが、経験を積み無事に終了できた。今回は、昨年度の学生参加の兆候をみて、学生参加率が上がるようにと高専高校の学生が受験する安全関連資格の内容を盛り込んだが、期待ほどは集客できなかった。しかしながら、講師の谷口様の大変なご準備と経験が最終的な大成功につながった。

トワイライトセミナー　報告

第 50 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：2022 年 4 月 5 日（火）17:00 ～ 18:30
会　　場：オンライン開催（WebEX）
参加者数：30 名

はじめに
第 50 回トワイライトセミナーは、今回も新型コロナウィルス感染症の影響が終息しきれていないことからオンライン形式で開催した。

内容
昨今の機械設計者には多様化する機械のトラブルやプラント設備に生じる様々な問題・トラブル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例年通りの本年 7 月 17 日（総合技術監理部門）、18 日（総合技術監理部門を除く全部門）に予定されており、受験申込期日も例年通り 4 月であることから、この時期の開催とした。なお、セミナーは今回もＷｅｂＥＸを使用してのオンライン開催となった。
開催案内はメールにより関東支部をはじめ広範な部門に配信し、今回のセミナーでは 34 名の参加応募があった。当日は 30 名の方々に参加いただくことができ、講演後の質疑応答も閉演時刻を大きく過ぎてしまうほど活発に行われた。
本セミナーは受験申込み期間に合わせ試験日の約 3 か月前に開講し、出願書記載時の留意点、出願後から試験当日までに確認すべきこと・勉強すべきこと、試験当日に心得ておくべきことなど受験者にとって一番知りたいことを習得できる有益な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説明があった後、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、選択科目の具体的な答案記載例を示しながら分かりやすく解説された。さらに、試験当日の心構え、当日に留意すべき事項まで説明があり、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 51 回　トワイライトセミナー（オンライン開催）
「スマート保安を実現する機械システムへの AI・異常検知技術の適用事例」
開 催 日：2023 年 1 月 20 日（金）17:00 ～ 18:30
会　　場：オンライン開催（Zoom）
参加者数：53 名（申込：61 名）

はじめに
第 51 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、NEC AI･アナリスティクス事業統括部 シニアデータサイエンティスト 相馬 知也氏を講演者にお招きし、先進技術を活用した保安（スマート保安）について講演いただいた。
近年、プラント等の機械システムの高経年化、システム稼働を支える人材の労働力不足等の理由により、スマート保安の実現が求められている。具体的には、人の経験や目視に頼ってきた運転を、ドローンやセンサデータを活用することにより代替・補助し、異常や事故の未然防止等が期待されている。本講演では、機械システムに AI・異常検知を導入した最新動向と具体的な導入事例が紹介された。
当日の講演内容に関して、まず産業インフラ設備の高経年化及び産業保安人材の不足、デジタル技術を活用する上での課題が概説された。次に、AI 活用への期待が高まっている中で、生産現場へ AI をうまく活用するための重要な要素として「精度」、「説明性」、「運用コストと継続性」の 3 点を挙げ、これまでの経験や知見に基づき、それらの理由が丁寧に説明された。続いて、インバリアント分析技術（複数のセンサの時系列データからインバリアント（不変関係）を自動的に抽出、監視モデルを作成し、時系列データから異常を検知する技術）が紹介された。当該技術を活用することで、複雑な監視設定や警報値などの設定が不要なため、運転監視の負担を軽減することができ、その汎用性から社会インフラや発電所、製造プラント等への活用実績が紹介された。当該技術の特徴は圧力や温度、流量、振動だけではなく、画像や音声にも応用可能な点であり、最後にロケットエンジンや音、振動、光ファイバーへの応用事例が具体例と共に説明された。
質疑応答に関して、30 分間の質疑応答の間に聴講者から途切れることなく質問をいただき、スマート保安技術への関心の高さが伺えた。
オンライン開催方式について、トラブル対応に備え、今回は講演主催者と講演者が同一の部屋にてオンライン会議を開催し、トラブル無く講演を無事に行うことができた。

第 52 回　トワイライトセミナー（対面＋オンライン開催）
「機械安全と Well Being – 安全の先にあるもの –」
開 催 日：2023 年 2 月 17 日（金）18:00 ～ 19:30
会　　場：長岡技術科学大学 東京サテライトキャンパス＋オンライン（Zoom）開催
参加者数：36 名

はじめに

第 52 回トワイライトセミナーは、新型コロナ感染症の拡大が落ち着いてきたことから、講演者と直接対話することができる会場での対面方式と、遠方からも参加可能なオンライン方式の両者を使ったハイブリッド形式で開催した。

内容

「ウェルビーイング（Well-Being）」[*1] という言葉を、企業経営を中心に新聞や雑誌紙上でよく見かけるようになってきた。では「ウェルビーイング」とは、どのような考え方なのだろうか。

働く人の安全、健康、ウェルビーイングの向上を目指すことは、これまでの主として怪我をしない、病気をしない等のネガティブ（マイナス）の面（領域）に目を向けていた労働安全衛生活動を、明るく前向きに安心して仕事をするといったポジティブ（プラス）の面（領域）に向かわせることになり、働く人の幸せ、すなわち生きがい、やりがいに結び付く。

今回のセミナーでは、機械安全で守ろうとしている働く人々のウェルビーイング、労働安全衛生におけるウェルビーイングの位置づけについて解説いただいた。次に機械安全において、また今後の労働安全衛生面から、極めて重要な指針となるであろう「安全、健康、ウェルビーイング」について紹介いただいた。

「心」を対象にしてきた従来のウェルビーイングと、これまでの労働安全衛生で取り組んできた「安全と健康」を融合し、さらに発展させた「広義のウェルビーイング」を目指すことは、機械安全を考えていくうえでも、これからの労働安全衛生の新たな目標となる重要な活動と言え、その道筋を考えていくきっかけとなった。

また、安全に対する向き合い方として、これまで負の領域（マイナス）からゼロにしていくという考え方から、より付加価値の高いプラスの領域に持って行くという考えを取り入れていくことにより、機械安全設計者自身にとっても、より前向きな姿勢で設計に取り組むことができると確信できた。

講座終了後の質疑応答の時間では、会場にいらした参加者から多くの質問と意見交換がなされ、向殿先生にはこれらの質問、意見に対し細かく丁寧にご対応いただいた。参加者にとって非常に有意義な講座であった。

（写真）長岡技術科学大学東京サテライトキャンパス会場でのセミナーの様子

（注記）
*1：「良い状態で存在する・生きること」、すなわち幸福で肉体的、精神的、社会的すべてにおいて良好な状態にあること。

2022 年度 市民フォーラム　報告

1. 実施概要
日　　時：2023 年 2 月 18 日 13：30~16：30
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 86 名）
概　　要：食の安全委員会では、機械装置の切り口から「食の安全」を確保するための取り組みを一般の方々に広く伝えることを目的に「市民フォーラム」の企画・開催に取り組んでいる。
本年度は『食品加工機械に関連する「食品の不具合」と改善提言』と題し、機械装置から見た、食品の不適合の原因になり得る構造、機能等のテーマを取り上げた。

2. 講演概要
講演 1.『食品加工機械に関連する衛生面の不具合について』
（大阪公立大学 食品安全科学研究センター 客員教授　日佐 和夫）〔13:35 ～ 14:25〕
2021 年に発生した富山市学校給食牛乳の食中毒事例を通じて、主に機械装置の保守管理の視点から食中毒原因の推定考察を行い、問題点と殺菌工程後の保守管理の重要性、見直しが必要となる工程の洗い出し、原因究明における比較調査研究の重要性を紹介した。
講演 2.『食品のプラスチック製容器包装の不良による自主回収の原因と対策を考える』
（元 生活協同組合連合会ユーコープ事業連合 藤平 幸男）〔13:35 ～ 14:25〕
シール温度、接着時間の不足などの目視では確認することができないシール不良の事例を通して、シール不良の原因と対策の一例を紹介した。
講演 3.『食品加工機械由来の異物混入をテーマにした不具合事例と改善提案』
（元 キユーピー株式会社 安全担当 野呂 武史）〔15:30 ～ 16:20〕
食品への異物混入、食中毒の発生につながる、食品加工機械の不適切な設計、材料選定、組付け不良などについて、改善事例を示すとともに、作業者の環境整備及び教育の重要性を紹介した。

産業・化学機械と安全部門
食の安全委員会
笹倉 健

安全工学シンポジウム 2022　報告

開催日：2022 年 6 月 29 日（水），30 日（木），7 月 1 日（金）
会　場：オンライン開催
当部門関連の OS 二件（6 月 30 日）
OS 13：「ものづくり・ひとづくり・ことづくりにおける安全教育の実践例」
司会　中村　瑞穂（職業能力開発総合大学校准教授）
OS 15：「機械安全・労働安全・国際標準化・規格化における世界の潮流」
司会　北條　理恵子（長岡技術科学大学准教授）

安全工学シンポジウムは、わが国における安全に関する学際的なシンポジウムとして日本学術会議主催で 40 年以上にわたり継続して実施されてきている。2022 年度は、第 52 回として土木学会が幹事学会となり企画・運営を行い、「気候変動を見据えた安全・安心･安定」のテーマのもと開催された。日本学術会議の HP では、「共催学会名にみられるように多分野の研究者の発表の場であり、意見交換の場ともなっている。異分野間での安全に対する取り組みの差異、あるいは共通する理念について有意義な意見交換が期待でき、日本学術会議総合工学委員会、安全・安心・リスク検討分科会で進めている「安全目標」、「安心感」、「自動運転」をはじめとする検討成果の広く一般への発表がなされ、多分野の専門家からの意見集約も期待できる」との紹介文がある。

当部門開催の OS13「ものづくり・ひとづくり・ことづくりにおける安全教育の実践例」では、“安全のための知見や技術・技能を教育に取り入れることの重要性は明白であるものの、多くは各分野特異的である”という現状に問題意識を持ち、開催された。すべての分野に共通する安全の要素は教育を介して体系化する仕組み作りが必要と考え、そのためには教育現場を有効活用し、安全のための知見・技術・技能を構築する必要があるとの提案を行った。「設計段階のリスクアセスメント教材活用の実践例－オンライン授業における活用の実践報告－」では、平成 26 年 4 月の厚生労働省の通達（基安発 0415 第 3 号）である「設計技術者、生産技術管理者に対する機械安全に係る教育について」及び同年の日本機械工業会連合会による「中小製造業向け機械安全教育プログラムの開発」に関する調査・研究報告書に基づいた発表がなされた。当通達と当報告書により、教育訓練機関および事業主により機械安全に関する教育訓練が展開されているが、前述の通達の教育プログラムの内容は職業訓練指導員にも必要であるとのことから、発表者が所属する職業能力開発総合大学校の総合課程において実践した教育プログラム実施内容についての報告があった。ほかにも、「これからの機械安全」のタイトルで、国際安全規格に基づくリスクアセスメントの現状と問題点についての解説、「人の行動の定量評価 - 協調安全のこれから」では、作業現場で働く人に特異的な Well-being の尺度の開発と定量評価のための方法論の必要性等についての発表があった。OS15 では、「現在、SDGs 等に見られるように、世界の潮流は「Beyond Safety」、いわゆる作業者の安全・健康・幸福の追求といった方向に動いている。マン―マシンにおける作業スタイルが一般化しつつある今、作業者の安全を、「Well-Being を見据えた価値あるもの」として、ポジティブに捉える必要があると思われる。そのためにも、安全に対する新たな知見が必要となる。そのためにも、人―環境―機械をホリスティックに議論する必要がある」として、人とマシンとの協調作業における安全管理についての発表及び討論がなされた。両セッションともに、急速に進展する新技術や外国人や高齢作業者に対応した次世代の様々な分野での安全・安心やヒューマンファクターの重要性についての最新の動向と貴重な将来展望が述べられた。今後の安全研究の重要な研究対象を拓く大変貴重な機会となった。参加者数は、OS － 13 においては 140 名、OS-15 は 122 名の参加者があり、盛況な OS となった。

ほかにも、一般セッションにおいては、7 月 1 日の GS-1「安全と人間性､社会特性･機械に関する安全性」（7 月 1 日）及び GS-3「安全制御技術」（7 月 1 日）で当部門から司会者 2 名が参加した。

北條理恵子

特別講演会　産業現場における安全行動の最適化のための多角的アプローチ - ウェルビーイング、行動分析、ネガティブ / ポジティブリスクの考え方　報告

令和 4 年 3 月 29 日（木）15:00 ～ 17:00、オンラインにて特別講演会として産業安全行動分析学研究会が開催されました。研究会タイトルは「産業現場における安全行動の最適化のための多角的アプローチ - ウェルビーイング、行動分析、ネガティブ / ポジティブリスクの考え方」でした。そのご報告をいたします。

当部門では多種多様な関連産業に共通する課題を見いだし、情報の共有化、情報の発信をしていくことを使命と考え、その一つとして「安全」を取り上げております。そのため、本研究会では今回、産業現場における作業者の安全行動を考えるために一貫してチームで行っているアプローチを紹介しました。

はじめに、当研究会の主催者である北條理恵子（長岡技術科学大学）から研究会開催の説明があったのち、以下のタイトルと講演者で発表が行われました。

1）Well-being － 社会心理学からの二つの見地　菅知絵美（労働安全衛生総合研究所）
2）Well-being 尺度を用いた作業現場での実証実験事例の紹介　北條理恵子
3）組織の Well-being を高める原理 - Thomas Gilbert の performance matrix の活用
是村由佳　(株）コレムラ技研バラスト事業部）
4）Well-being を取り入れた positive risk － これからの協調安全に関する一考
清水尚憲（労働安全衛生総合研究所）

我が国の職場には多様な作業スタイルが存在し、それに伴い作業内容や周辺環境とのかかわり方も変化しています。それに伴い、作業者側の精神的・身体的状態も変容することが予想されますが、今のところ作業者の WB、特にやりがい・生きがいに焦点をおいた研究はほとんど存在していない現状があります。すなわち、SDGs の活動が精力的に社会に取り込まれ、人々のＷＢの向上が叫ばれ始めている中、産業の現場での作業者のＷＢについての知見はあまり浸透しているとは言えない状況です。また、それを評価する手法も限られていいます。本講演では、心理学的な見地からのＷＢの概説と、我々が産業現場で行った作業スタイルとＷＢとの関係を示す実験結果を報告しました。

最初の講演では、昨今「持続可能な到達目標（SDGs）」で話題のウェルビーイング（WB）について解説がありました。WBとは、人々の感じる持続的な幸福感と一般的には言われてはいるものの、まだ漠然とした捉えどころのないものと感じている方々は多そうです。本講演では、WBとは何かを明らかにし、評価する尺度（主観的評価尺度）が紹介されました。

次に、客観的な安全行動への測定・評価・予測を行う行動分析学的測定手法の紹介と、とりわけ作業者のWBをより定量的に評価するための方法が紹介されました。

その際に必要な作業の行動の解析とトポグラフィー（行動の型）から機能分類を試みる方法の紹介が3番目の講演でした。

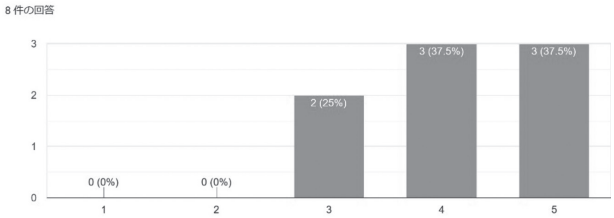
作業現場においては、安全と同様に生産性も重視されるのは言うまでもないことですが、職場においてはリスクの低減を目指しリスクアセスメントを実際には行っており、作業者の不安全行動の削減に腐心しています。しかしながら時には安全性と生産性が相反する事象のような受け止めをされる場合が少なくないこともあります。昨今の世界の潮流であるWBを考慮すると、「安全な職場」だけでは十分ではないかもしれません。つまり、作業者の作業現場でのWBが満たされれば、意図的な不安全行動がなくなり、生産性も向上するともいえるのではないでしょうか。今まで機械安全の中で語られてきたリスクを仮にネガティブリスクとするならば、作業者のWBを満たすためにはポジティブなリスクも必要との見解が4番目の講演で発表されました。

以上のWB、行動分析、そして機械安全の専門家チームで進めてきた産業現場で行った実験の結果と、それぞれの分野に特異的な安全行動に対する考え方を概説し、今後の展開の可能性について言及する場となりました。

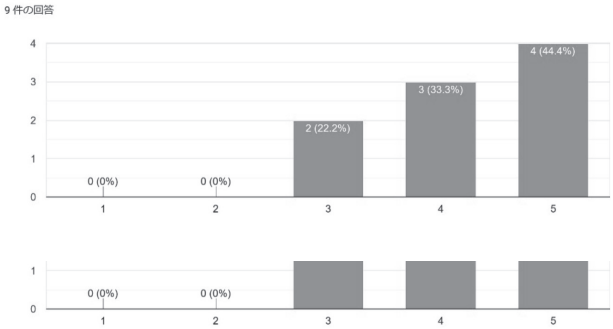
参加者は以下のとおりでした。

正員18名、学生員2名、正員学生0名、特別員1名、会員外6名、一般学生0名、計27名。

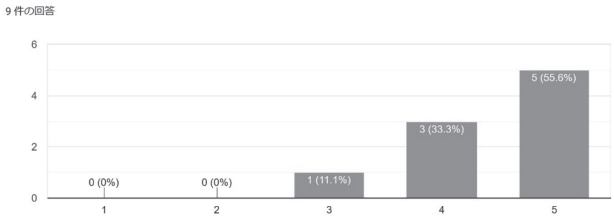
下記の図は、講演後に行ったアンケートの結果です（回収8－9名、5点満点で、5:大変満足、4:満足、3:どちらでもない、2:やや不満、1:大変不満）。文末には、自由記述の回答を掲載しています。



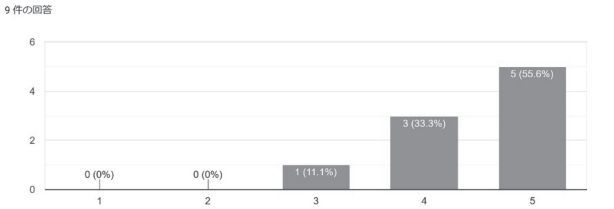
講演１の評価



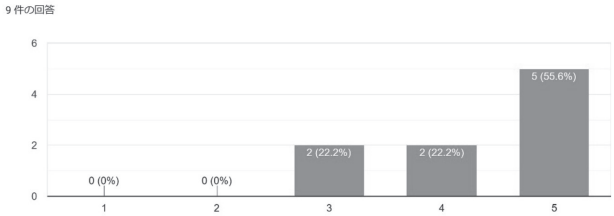
講演２の評価



講演３の評価



講演４の評価



全体の運営

- オンラインだったので参加できました。今後もオンラインもしくはハイブリッド開催を希望します。
- 全体的によく考えられた構成で良かったです。
- 16:15から別件が有り、16:08で退出しました。時間は延びないことを前提に計画しますので、この点はご考慮いただけるとよいと思います。
- 安全を新しい目で見ていくことが新鮮に感じました。本新しい見方を元に従来の安全への取り組みがさらに発展していければと思います。
- 食品工場の事故発生防止に取り組んでいます。 今回のお話はとても参考になりました。 ありがとうございました。
- その他のセミナーや講演会、資料等で同じ内容を聞かせて頂いておりましたので、復習も出来大変有意義でした。今後は、身近な実例等を多く紹介頂くと、その他の参加者の方からの意見も多く出て、聴講者も増えて来るかと思います。今後も研究会の定期的な開催を期待させて頂きます。
- 非常に考えさせられる内容でした。企業の競争力を持続させるためにもウェルビーイングの考え方は必要と思いました。引き続き情報収集したいと思います。ありがとうございました。
- 全体、ある程度の予備知識あるいは教材の予習を前提にしていたと思います。聞く方にとって基礎の基礎からスタートいただけると、もっと理解できたと思います。4講義ありましたが、2講義くらいの方が聞きやすかったかなと思いました。

北條理恵子

特別講演会　多彩な作業現場で活用するBBS－Well-being定量化に関する国際ワークショップ　報告

令和4年9月15日（木）13:00～17:00、日本機械学会において、来日外国関係者を招待し、特別講演会「多彩な作業現場で活用するBBS－Well-being定量化に関する国際ワークショップ」を開催いたしました。タイトルにあるBBSは、Behavior-Based Safetyの略語で、日本語では「産業安全行動分析学」と名付けられました。もともとは「行動分析学」という心理学の一学派を基盤としています。当部門では、ドイツのBBSの専門家らと4年余に亘る月一のWeb研究会を通じて親交を深め、来日及び今回の特別講演会開催の運びとなりました。当日はハイブリット開催で、23名の方々がご参加くださいました。

現在、我が国の職場には多様な作業スタイルが存在し、それに伴い作業内容や周辺環境とのかかわり方も変化しています。これまでに、日本とドイツにおける専門家がチームを成し、それぞれの専門分野の知見を活かし、国際研究プロジェクトを推進した成果を本講演で発表いたしました。当部門の招待講演者は、University of Applied Sciences Würzburg-SchweinfurtのCarolin Gläser講師で、「Psychological Risk Assessment in Germany-Legal framework, implementation and pros and cons（ドイツにおける心理的リスクアセスメントについて - 法的枠組み、実施、および長所と短所）」のタイトルで講演を行いました。ドイツにおける労働安全衛生、社会保険制度、傷害保険制度について概説したのち、リスクアセスメントについての法的な枠組みについての説明がありました。それによると、リスクは、1）ワークステーションおよび職場の設計および設定、2）物理的、化学的、生物学的な影響、3）作業装置、特に薬剤、機械、装置およびプラントの設計、選択および使用、ならびにそれらの取り扱い、4）作業・生産方法、作業工程、作業時間の設計とそれらの相互作用、5）労働者の資格および訓練の不足、6）職場での心理的ストレス等から生じるとのことでした。中でも、精神・行動障害は、年々増加の一途をたどり、大きな問題となっているようです。リスクアセスメントにおける安全対策は、第一に、リスクに対処するための技術的対策（例：保護シールドを備えた機械の設計）、次に、技術的な対策で事故を完全に防ぐことができない場合は組織的な対策（例：製造施設内の特定の部分への立ち入り制限など）、最後に個人的な対策（指示、保護具、作業者の個人的な行動など）の優先順位が明確に定められています。次に、講演は主題である心理的リスクアセスメント（RA）に移りました。心理的リスクアセスメントは、従業員の心理状態ではなく、職場の状況を評価する必要がありますが、その分離には難しさがあるとのことでした。心理的RAは、大きく4つのパート、仕事の組織、仕事におけるタスク（課題）、職場環境、社会的関係があり、これらの部分に潜在的な危険性を発見しなければならないこともまた難しさの一つのようです。その後、様々な「心理的ハザード」の例が挙げられましたが、法的枠組みは、評価がどのように行われるべきかについての詳細を与えていないため、今のところ、ワークショップ、アンケート調査、インタビューと観察による評価が主流であるそうです。以上を記録し、対策を講じなければならないとの説明がありました。心理的ストレスには、セクシャルハラスメントや差別が浮き彫りになる、より安全な企業への変革か行える、従業員のモチベーションが上がる、従業員を知ることができ、適切な指導ができるなどの長所がある一方で、心理的ハザードが客観的ではない（ある人には高負荷でも、別の人にとってその仕事は負荷を感じない）、シフト勤務などの一部のハザードは完全に排除することはできない、プライベートなストレスが仕事のパフォーマンスに影響を与える可能性がある（雇用主はそのことに責任を持たない）、対策の定義が難しく、すべての人に有効とは限らない、解決策が現実的ではない可能性がある（仕事量に対応するには、新しい従業員が必要であるが、会社に経済的余裕がない）、ストレス対処法や指導法に関するセミナーは、必ずしも長期的な効果をもたらすとは限らない、解決策の効果の測定法に時間がかかる、社外の状況による影響（コロナ、経済危機など）がある、等の短所もあるということで講演が締めくくられました。

心理的RAは、馴染みのないものでしたが、非常にきめ細かく作業者の心理的・行動的側面に寄り添う取り組みであると感じましたが、一方で、まだこれといった評価法が定まっていない中で行うことの困難さも実感しました。

次に、ドイツからの同行者である、同大学のクリストフ・ボードライン教授からは、「Behavior Based Safety With Rescue Assistant（救助隊員に対する産業安全行動分析学的介入）」のタイトルで、客観的・定量的に人の行動変容を評価するために行っているドイツ赤十字社での例が紹介されました。また、3番目の講演では、University of Wwuppertalで講師でもあり、労働安全衛生委員長も務めるMarina Bier氏とFlorian Hafner氏から、「Introduction of research activities from the chair of occupational health and safety（研究活動の紹介）」がありました。講演の中で、Hafner氏が開発した消防士のための安全チェックリストが紹介され、世界各国に向けた運用等が、Bier氏からは、災害ボランティアに対する安全管理の取り組みが説明されました。その後、主催者も交えたパネルディスカッションも行われました。2時間の長丁場での英語の公演にも関わらず、設定の時間を超過する盛況な講演会となりました。

北條理恵子

会員の声

「新しいことへ挑戦する・挑戦したい皆さまへ」

三浦工業株式会社　舶用技術統括部　真鍋敦行

“熱・水・環境の分野で環境に優しい社会、きれいで快適な生活の創造に貢献します”これは、当社の企業理念である。1959年の設立以来、当社はボイラの開発・製造で培ったノウハウを活かし、ボイラ事業を中心に多彩な事業を展開してきた。

約10の事業部門がある中で、私は、水処理事業部門を20年以上経験したのち、環境分析事業部門、現在は舶用事業部門を担当している。つまり、当社の企業理念である熱・水・環境の事業分野を経験したことになる。学生時代は化学を専攻し、水処理工学、機械設計を中心に産業用の水処理機器の開発・設計を長く経験した自分にとって、当時、舶用事業部門での挑戦は、色々な意味で不安と期待が複雑に絡み合っていたのを思い出す。舶用事業では国内の舶用補助ボイラ搭載数トップの蒸気ボイラをはじめとし、造水装置、焼却炉、排ガス熱利用機器、海外認証活動が佳境を迎

えていたバラスト水処理装置等、熱・水・環境に関係する機器があり、設計・開発においては複数の技術知識が必要であるとともに、複数事業部門（ボイラ熱機器・水処理等）が船舶という工場の中に集約された事業であることを強く感じた。また、工場では1000名以上の当社エンジニアがいつでも出向できる体制が整っているが、世界中を航海している船舶においては同様のサービスは難しいため、機器の信頼性・安全性・ライフサイクルへの考え、乗組員の方でも緊急対応できる設計配慮も必要である。

舶用業界においては、近年、急速に低炭素・脱炭素化やデジタル化が進んでおり、当社でも低炭素・脱炭素化に向けた商品開発、そして製品の安全性、品質、サービスの更なる進化に向けてデジタルを活用した取り組みを行っている。舶用事業を担当し4年が経過したが、経験、知識だけでなく人との繋がりや視座が高まったと自信を持って言える。今後も新しいことに挑戦し、持続可能な社会および産業・化学機械の発展のために取り組んでいきたい。

産業・化学機械と安全部門とは関係のない内容になってしまったが、これから新しい事業、プロジェクト等を経験する皆さま、挑戦したい皆さまにとっての後押しになることを願いたい。

「フラップゲート式津波防波堤」

日立造船株式会社　木村雄一郎

当社では、水素製造装置や洋上風力発電設備の支持構造物など、カーボンニュートラルの実現に貢献する製品の研究開発を継続しています。また、サステナブルで安全、安心な社会基盤の構築に寄与する製品の実用化にも注力しており、その一つが、フラップゲート式可動防波堤です。この施設は、国内で2例の施工実績があり、2011年に発生した東北地方太平洋沖地震津波以降に津波対策施設として製品化し、2020年度に岩手県大船渡漁港細浦地区、2021年度に兵庫県福良港にそれぞれ設置が完了しています。

フラップゲート式可動防波堤は、防波堤という名称がついていますが、水門に分類される施設と言え、可動式の扉体を備えています。この施設における扉体は、通常、海底に倒伏した状態で格納されており、津波の到来が懸念される際には、浮力を利用して扉体を旋回浮上させ、港の入口や河口など水域の開口部を短時間で閉鎖して津波の進入を抑制します。従来は、上方に備えられた扉体を鉛直に降下させ、開口部を閉鎖するローラーゲートという水門形式が一般的でした。この方式には、水門として多数の施工実績はあるものの、航路を確保するために扉体が水面よりかなり高い位置に備えられます。その結果、重心が高くなり地震の揺れの影響が大きく、加えて、景観を大きく阻害するといったデメリットがありました。一方で、フラップゲート式可動防波堤は、海底に設置されるため地震の揺れによる影響は小さく、景観を阻害することもありません。さらに、扉体が有する浮力を常時モニタリングすることで、健全な待機状態を常に確認し続けることができ、津波のように、発生の予測が困難な事象に対しても、確実な動作性を担保できます。また、浮力を利用して動作させるため大型の動力機械も必要なく、維持管理コストの低減にも寄与します。

津波防災施設としての信頼性を高めるこうした独自の機構は高く評価されており、2022年度には、その主要な構造の一つが、一般社団法人 大阪発明協会より大阪優秀発明大賞として表彰されました。

気候変動による水害の頻度や強度の高まりが懸念される一方で、少子高齢化による社会コストの負担増大も強く意識され、今後は、災害防護施設の整備や更新をさらに効果的、効率的に進めていくことが求められています。フラップゲート式可動防波堤を始めとする、安全、安心な社会基盤構築に貢献する製品の実用化、高度化を通して、わたしたちは、これからも豊かな社会の実現に貢献し続けます。

「地域を守るごみ処理施設」

株式会社タクマ　管理部　土肥弘敬

近年、地震、豪雨、大型台風など、日本各地で自然災害が多発しています。そのような状況の中、一般廃棄物処理施設は、災害発生時に防災拠点となる施設としての機能が求められています。ごみを適切に処理する機能に加え、施設自体の強靭さの確保と、停電してもごみによる発電が行えるように建設されています。

平成30年（2018）6月に閣議決定された「廃棄物処理施設整備計画」では、災害対策を強化するため、地域の核となる廃棄物処理施設においては、地震や水害等によって稼働不能とならないように、施設の耐震化、地盤改良、浸水対策等を推進し、廃棄物処理システムとしての強靱性を確保することが掲げられました。一般廃棄物処理施設は、地域の防災拠点として、特に焼却施設については、大規模災害時にも稼働を確保することにより、自立分散型の電力供給や熱供給等により地域を守る役割が期待されています。

当社では、廃棄物の安定・安全処理を有する施設、高効率なごみ発電を有する施設に加え、「フェーズフリー」という新たな概念を取り入れた施設をお客様に提供しています。「フェーズフリー」とは防災に関わる新たな概念であり、普段身のまわりにあるものやサービスを「日常時」と「非常時」というフェーズ（社会の状態）からフリーにして、「いつも」と「もしも」に関わらず生活の質を向上させ、私たちの生活や命を守ってくれるものにしようという新しい考え方です。

日常時は「地域のエネルギー拠点、地域交流を活性化する場」として、さらに、非常時（災害時）にはあらゆる住民が安全に安心して避難できる「地域を守る防災拠点」として、「いつも（日常時）」と「もしも（非常時）」の両方で、地域に貢献できる廃棄物処理施設を創出しています。

2022年度　若手優秀講演フェロー受賞者の声

この度は栄誉ある賞をいただき、大変光栄に思います。

今回のポスター発表では「未経験者による安全用製品の不安全行動と要因対策」と題し、未経験者による安全用製品の作業において、不安全行動を誘発した箇所に対し装置の設計変更を行い、実験協力者の行動に及ぼす影響を調べました。その結果、設計変更のみでは実験協力者の行動を変えることができず、目印などの視覚情報を追加する改善案を提案しました。本研究では、人も安全を構築するシステムの一部であり、周囲の環境を変化させることで、作業者の安全行動を強化し不安全行動を減らすという産業安全行動分析学の考え方を用いて行いました。これからもこの学問の普及に、産業・化学機械と安全分野のさらなる発展に寄与できるように努力してまいります。ご指導ご鞭撻のほど、どうぞよろしくお願いいたします。

長岡技術科学大学
森田智恵

2022年度　部門一般表彰（論文）受賞者の声

2022年度年次大会にて発表しました「ドローン用個人保護具の実験的評価とドローンOHSMSの考察」に対して、産業・化学機械と安全部門一般表彰（論文）を賜り、大変光栄なことと感謝申し上げます。現在、ドローン（小型無人航空機）は「目視外・第三者上空」を安全安心に飛行でき、多様な産業のイノベーションの基盤となるよう、官民を挙げた取り組みがなされています。一方、その利用の広がりにより人身事故の報告もされています。ドローンの安全安心な産業応用のためには、飛行体として航空安全の観点から十分な安全が担保されるべきですが、一方で労働安全の観点からの安全の検討も必須と考えます。

受賞論文では、ドローンの労働安全を検討する上で必須な個人保護具に関する著者らのこれまでの実験的評価を振り返り、既存の保護具の安全規格で考慮されていないドローンとの衝突時の課題を示しました。また、航空業界での安全マネジメントの基盤となるSafety Management System(SMS)と、JIS Q 45001(ISO 45001)に示される労働安全衛生マネジメントシステム(OHSMS)の比較を行い、概ね両者は整合しており、OHSMSを十分に実施する事でSMSにも対応できると考えられる事を示しました。今後は、ドローンに適した関連規格の制定を目指しより考察を深め、ドローン産業の安全安心な発展に寄与していきたいと考えています。

謝辞：2章の実験を行うにあたり、次の方の協力を得ました（順不同）。野明智也、The Duc Luong、宮原歩、大越聡太、芳司俊郎、Telmen Batkhishig、Uuganbayar Saikhanbayar。感謝申し上げます。また本論文は国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務(JPNP22002)の成果として得られたものです。

長岡技術科学大学
木村哲也
東京大学
五十嵐広希

この度は名誉ある賞をいただき、大変光栄に思っています。非常に多くのご指導を頂いた荒井正行教授、研究を手伝ってくれた当時東京理科大学学部4年生の高原君、そして選考に関わった先生方、発表を聞いてくださった方々に改めて感謝申し上げます。今回のポスター発表では「伝達マトリックス法による補修部を有した不静定構造物の数値解析」と題しまして、補修部を有する構造物を解析するために伝達マトリックス法を拡張し、拡張した伝達マトリックス法と有限要素法の比較を行った結果を発表しました。その結果、単純な不静定構造物については両者の結果が一致することがわかりました。今後は、より複雑な構造物に対して伝達マトリックス法を適用することを目指しています。最後になりますが、今回光栄な賞をいただき誠にありがとうございます。今後の日本機械学会産業・化学機械と安全部門の益々のご発展をお祈り申し上げます。

東京理科大学大学院
武澤和真

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22日（木）～6月23日（金）：安全工学シンポジウム2023（主催：日本学術会議　共催：日本人間工学会、日本機械学会ほか）
7月28日（金）：産業用ロボット設備に活用できる機能安全　講習会（会場：日本機械学会会議室）
9月3日（日）～6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）（会場：東京都立大学）

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

2023年度受賞候補者の原稿締切りは2024年1月19日（金）までとします。

2022年度
部門賞・部門表彰贈賞
部門一般表彰（論文表彰）：
　木村　哲也（長岡技術科学大学）
　武澤　和真（東京理科大学）

若手優秀講演フェロー賞：
　森田　智恵（長岡技術科学大学）

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 https://www.jsme.or.jp/icm/

発　行　日　2023年　5月　31日
発行責任者・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：事務局部門担当者　中嶋　y.nakajima@jsme.or.jp