



INDUSTRIAL, CHEMICAL MACHINERY & SAFETY

産業・化学機械と安全部門ニュースレター No. 39

May 2024

巻頭言：機械と人の安全の融合を目指して

最近、労働安全と「機械安全」の関係についてよく考える。ここ何年か機械安全の実務／専門家の方々と仕事をして、「人の注意に頼る安全」から、より確定性の高い「機械で安全を担保すること」への移行の効果がより確実であることを理解し、納得した。また、国際規格等における機械安全についての体系の見事さを見るにつけ、機械安全が労働安全の根本であるという思いが強くなっていく。私の専門分野である「行動分析学」では、人の「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。そのゴールは、行動の①予測と制御、②分析と定量評価、③問題の解決である。加えて、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。また、意思や動機付けといった行動の前の事象を変えるのではなく、行動“後”の環境の変化でその行動が将来的に維持・増強されるとする。心理学の一派ではあるが、行動分析学は主観に依らない客観性を重んじることから、機械安全との親和性が非常に高いと考えている。しかしながら、機械安全の体系を知るごとに、機械安全の考え方なくして行動分析学の活用はないことに気が付く。その最たる例がリスクアセスメント（RA）である。最近の私の関心は専らユーザが行う RA の啓蒙にあるが、RA 及びリスク低減方策を正しく理解し実施することを最優先で行なわなければ、その後の「職場のカイゼン」は見込めず、働く人々が自身を守ることができないと考えている。

現在、我々の研究チームでは、職場の働く人の Well-being の定量化を行っている。Well-being (WB) は、「持続的な幸福感」を指す概念であり、様々な要因の集合体である。我々は、職場が「安全・安心」であることで感じる主観的 WB と、「生きがい・働きの



2024 年度（第 102 期）

産業・化学機械と安全部門長
国立大学法人 長岡技術科学大学
技学研究院 システム安全系 システム
安全工学専攻産業安全行動分析学
研究室

北條理恵子

い」の心理的 WB に大別している。残念ながら評価は今のところアンケートによる主観評価であるが、実験デザインを工夫することで、定量化がある程度実現している。定量化により職場のその時点での「見える化」を行い、行動分析学により職場の WB の最適化、すなわちカイゼンを行っている。今後は WB も行動レベルで測定し、RA と類似の評価方法を構築している最中である。機械安全と行動分析学の融合こそが、真の意味での労働安全になることを期待し、職場の快適性や働く人の WB の向上に少しでも寄与することが研究のゴールでもある。

私のような心理学領域出身者が、産業・化学機械と安全部門の長となることに、はじめは気後れを感じていたが、機械安全の実務／専門家の方々と手を携えて安全を考えていくことで、私ならではの寄与の仕方があるのではないかと考えるようになった。また、安全については、誰もが関連のある分野でもあるため、当部門を通じて様々な分野の専門家の方たちとも異文化交流を行い、様々な安全の考え方を広めていくことが可能である。その意味でも、今後の活動の場は広範であり、その意義も大きいものとなることが期待される。日本機械学会においても、他部門の方々との交流を広く深く行う所存である。

目次

| | | |
|----------------------|--------------------------------------|----|
| 巻頭言 | 長岡技術科学大学 北條理恵子 | 1 |
| 解説 | 自分事考える第 14 次労働災害防止計画 ～高年齢労働者の増加に向けて～ | |
| | 村田機械 今枝 幸博 | 2 |
| | 大型荷役機械の風に対する安全性向上に向けて | |
| | 長岡技術科学大学 高橋 憲吾 | 4 |
| リレー投稿 | 化学プラントの安定操業のためのアラームマネジメント | |
| | 福岡大学 野田 賢 | 6 |
| 行事報告 | 年次大会・トワイライトセミナー・講習会・市民フォーラム・ | |
| | 安全工学シンポジウム・産業安全行動分析学研究会 報告 | 8 |
| 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

自分事で考える第14次労働災害防止計画 ～高齢労働者の増加に向けて～



村田機械株式会社
研究開発本部 開発推進室
今枝 幸博

1. はじめに

第14次労働災害防止計画¹⁾が公表されてすでに1年が経過する。近年漸減傾向にあるが重篤な労働災害の更なる防止に向けた指標が掲げられている。指針全体に関しては既に多くの解説も発表されているので、まもなく前期高齢者となる自分の日常を振り返りながら高齢労働者の労働災害防止のヒントを考えてみたい。

2. 日常におけるヒヤリ・ハット

個人差が大きいところではあるが、自身の日常の行動スタイルは10年単位で見ても大きくは変わっていない一方、実感として体力が衰えている。特に下肢の筋力が衰えている。休日に屋外作業を行った場合に、足元が平滑でない場合に例えば棒状のものを踏んだ場合に足首で踏ん張ることができず、転倒しやすくなった。より危険な場面は、同様な地面で後退する場合で、引掛かりを認識すると同時に後ろへ転倒している。また、妻からの指摘で、歩行時にかなり摺り足に近い動作で歩いていると言われる。このことは、少しの段差でも対応できず、躓いて転倒する可能性が高いことを示している。次に、視力の変化と衰えについて振り返ってみる。一つ目は老眼である。私は若いころから近視で眼鏡を使用しているが、後ろが読めた狭い場所で銘板の文字が読めないことから老眼が進んでいる事を自覚した。眼鏡をかけていることで手元がかえって見辛くなっていたのだ。以来デスクワークの中近距離用と運転時の遠中距離用を使い分けている。最近では外を出歩く場合はデスクワーク用のままである。高齢作業者の被災事例でしばしば発生する事故に、はしごや脚立から降りる際に転倒する事例がある。共通しているのは、吉田兼好が説く「高名の木登り」の教訓で、高いところから落下するのは稀で、最後の一段で転落している。これは地面までの目測を誤り、届くと思っていた足が着かずにはバランスを崩す事に起因している。目測を誤る原因を更に検討してみると、前述の眼鏡による視力補正も一因と考える。補正が連続可変になっていて、眼鏡を真直ぐに見ている場合は近視補正で、下方を向いている場合にはほぼ裸眼になっている。つまり視線によって対象物の大きさも変わる。次に、暗い場所では視力が落ちる事である。日中は瞳孔の絞りが閉じていることで良く見えているが、日が陰るとピントが甘くなるため途端にボケてくる。これで目測を誤ってしまう。もっと厄介なのは「思い込み」で、まだ一段残っているのに次は地面と思い、足を伸ばしてしまう事がある。総務系の業務で天井の照明ランプを交換する際に転倒落下する事例はまさにこの様なことが原因になっていると感じている。

次に、これも比較的最近に実体験をしたことであるが、階段を降りる際に上着のファスナーを閉じながら降りていた。少

し結合に癖があり、そちらに気を取られた際に階段を踏み外し、落ち掛けた。幸いにも手摺にしがみつき、少々痛い目はしたが、大事には至らなかった。早い話が不器用になり、並行作業はできなくなっているのだ。正しくは並行作業をせず、事前に上着のファスナーを閉じ、階段を視認し、手摺を使いながら降りる事である。

3. 事例

これまで上げた事例で、更に過去に起きた災害報告を振り返ってみると、高齢の社員が通路で躓き転倒した事例があった。改めて、実際に起きた場所を確認してみた。スマホで簡易的に計測してみると、全体には3度ほど下がった土間勾配になっている。現在はアスファルト舗装となっているが、当時はコンクリートで刷毛引き仕上げの様であった。

写真1の左手奥から歩いてきて建物沿いに左折し、写真2の駐車ラインの向う端付近から手前右方向に、道路の斜め向かいにある食堂棟へ向かって歩き転倒した。なお、転倒位置は大型車の駐車スペースであるが、昼食時間中は歩行者専用エリアになっている。

この事例では災害発生当時の状態でもなだらかな傾斜面で、有効な改善方策が思いつかない。身体に障がいがあれば、杖などの補助器具を使用することも考えられる。障がいが無ければ背筋を伸ばして視点を高くし、足元ばかりではなく、前方を見ることによりフィードフォワード情報を併用することで、前後バランスも安定し予測が可能になる。高齢者になると、階段等での昇降は運動可能であっても心理的に難しく感じて、下を向き自らの足運びを視認することで補っている様だ²⁾。

ところで、写真1の場所をもう少し観察すると、歩道と車道の間には6から10cm程度の縁石段差がある。こちらは停止線までの手前およそ2m範囲で勾配の変化があり、最大では8度の勾配がある。路面の変化を事前に予測していれば何ら問題はないが、他に意識を取られている場合には転倒のきっかけになり得る。

もう一つ別の事例を紹介したい。写真3は車道脇に別途歩道を設置した場所である。撮影は冬季で、両脇は芝が枯れた色をしているが、春以降は緑となる。赤色で舗装をしたことは四季を通じて視認性の向上面で好ましい。この歩道は植木の間を通してあるが、中間地点に既存の防火水槽があるため右に迂回している。写真4は水槽の側面から撮影しているが、犬走りと縁石で鋭角に挟まれた地点では地面が露出しており、コンクリートの縁と地面で段差がある。写真では分かり難いが踏み跡がけもの道のように残っている。一部の歩行者は最小抵抗経路を取り、歩幅が合わない地面を歩いていると考えられる。ここも4から5cmの段差になっている



写真 1

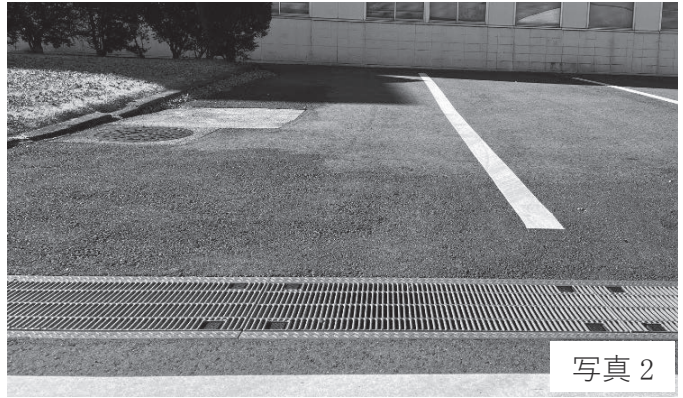


写真 2



写真 3

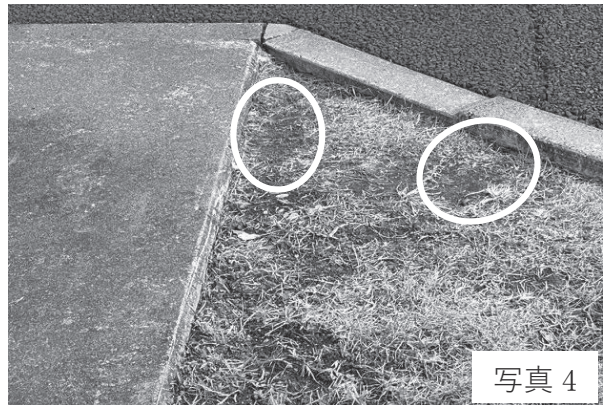


写真 4

ることから、躓きや踏み外してバランスを崩す可能性がある。職人は図面通りにきれいな角を付けておられるが、この三角部は初期の計画時点で、水槽のラインに沿ってコンクリートにて同レベルに埋めることを考えたい。高年齢層は勿論であるが、若年層に多い「歩きスマホ」による路面変化への認識不足も考えられる。このような場所での「歩きスマホ」による転倒は、水槽の角部への衝突により重大事故に繋がるおそれがある。勿論「歩きスマホ」は禁止行為であるが、この様なリスクをも負っていることを行為者は認識しているだろうか。

4. まとめ

日常生活において、歩行による移動距離などでの大きな変化は無いものの、視力、バランス能力や複合動作では適応能力が衰え変化していることが自覚できた。また、身近な行動範囲において、うっかりすると転倒する様な場所があることも確認できた。若年層では問題にならない事柄が高年齢層

では転倒に繋がる。また、機械作業におけるとっさの動作での遅れは、はさまれ・巻き込まれになる。高年齢雇用では、これまで以上に段差や隙間を無くす、機械のガードを適切なものにすることが必要であることを自分の変化を通して認識できた。

一方で、少なくとも現状を維持するためには日常の歩行だけではなく、筋力維持のための適度な運動プログラムも必要であることも再認識した。

参考文献

- 1) 厚生労働省「第14次労働災害防止計画」令和5年3月、2023.
- 2) 伊藤納奈、福田忠彦「歩行時の下方視覚情報への依存における加齢効果：眼球運動の時系列的变化」、人間工学 Vol.40, No.5, 2004.

大型荷役機械の風に対する安全性向上に向けて

長岡技術科学大学
高橋 憲吾

1. はじめに

島国日本では、原材料や衣食住を支える様々な物資を輸入するとともに、加工製品の多くを輸出している。これらの輸出入の約99.6%（重量ベース）は海上輸送により行われており⁽¹⁾、海上輸送は日本の産業、生活のために必要不可欠である。近年、船舶の大型化に伴い貨物の取扱量は増加傾向にあり、また船舶における荷役時間の短縮の要請から、船舶や港湾で活用される荷役機械類には、より一層の効率化と安全化が求められている。

ガントリークレーン（以降、クレーンと称する。）は、港湾コンテナターミナルの岸壁に設置され、コンテナ船と岸壁間のコンテナの運搬に用いられる大型荷役機械である（図1）。クレーンは岸壁に敷設されるレール上を走行装置に備わる車輪により走行する。海-陸方向の桁（ブームおよびガーダ）に沿って運転室と一体となったトロリが横行し、スプレッタと称するコンテナの吊上げ装置の昇降によりコンテナの運搬を行う。

クレーンはレール方向に垂直な面の面積が大きく、風を遮る構造物が少ない屋外岸壁に設置されるため、風の影響を大きく受ける。時より強風により、使用者の意図に反する走行（逸走）を生じることがある。例えば、クレーンが強風のために荷役作業を中止し、クレーンを固定するための係留位置に移動するため、レールクランプと称する逸走防止装置の作動を解除していたところ風速が強まり逸走を開始してしまい、クレーンのブームが停泊中のコンテナ船のブリッジに衝突した事例⁽²⁾などがある。

レールクランプはレールの頭頂部側面を挟む機構により機体の静止状態を保持することを目的としており、上述の事故事例のように逸走を開始したクレーンを減速停止させることが難しい。そこで近年、レールブレーキと称する油圧やばねにより、ブレーキパッドをレール頭頂部上面に押付けてすべりによる動摩擦抵抗力によりクレーンを減速停止させる逸走防止装置が開発されている⁽³⁾。

レールブレーキにより急に大きな動摩擦抵抗力を作用させるとクレーンは大きく揺動し、クレーンの構造部分の損傷や、運転室に搭乗するオペレータに身体的、精神的負荷が生じる可能性がある。クレーンおよび人の両方にとって安全なレールブレーキとするためには、クレーンの動特性を踏まえたレールブレーキの適切な作動特性の設計や運用方法の立案が重要である。そこで著者らは、レールブレーキの作動がクレーンの動特性に及ぼす影響、および運転室に搭乗するオペレータに及ぼす身体的・精神的負荷の影響の解明に向けて研究に取り組んでいる。

2. レールブレーキ作動時のクレーン挙動に関するシミュレーション解析

クレーンの風による逸走開始時、およびレールブレーキ作動時の動特性を動的にシミュレーション解析できる方法を開発した⁽⁴⁾。本シミュレーション解析では、クレーンを有限要素法の三次元はり要素の連結によりモデル化する。逸走に対する抵抗力を規定する、車輪とレール間の接触部における相互作用力のほか、クレーンの静止状態を保持するために用いられるレールクランプとレールの接触部における相互作用力、およびレールブレーキにおけるブレーキパッドとレールの接触部における相互作用力をモデル化する。クレーンが逸走を開始しやすい突風における風速の時間変化特性を、風速の増加比と時間変化率によりモデル化し、それによりクレーンが受ける風荷重を計算する。この解析方法を用いて、強風下でクレーンが逸走開始した後にレールブレーキを作動させて逸走が止まるまでを対象にシミュレーション解析を実施した⁽⁵⁾。図2は、レールブレーキの作動によりクレーンが減速

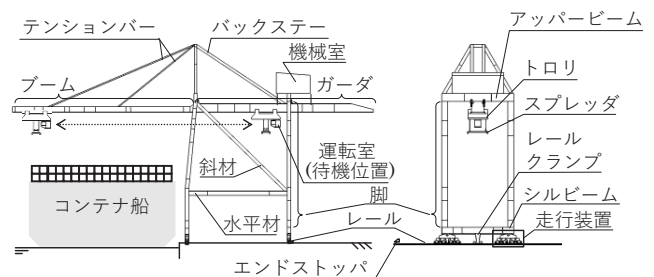
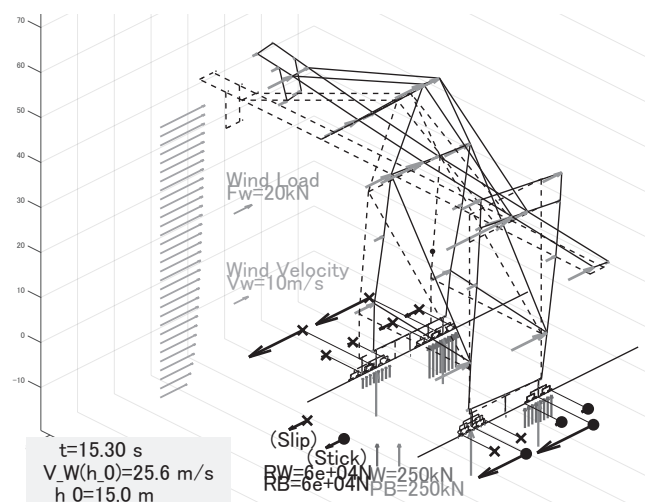


図1 ガントリークレーン

図2 レールブレーキ作動時クレーン挙動の一例
(変形拡大表示)

停止する際の挙動の一例を示す。運転室がブームの海側先端に位置する場合、クレーンが減速停止した際の残留振動により、運転室がレール方向に大きく揺動する。このためオペレータが暴露される揺動の変位および加速度が大きくなるため、レールブレーキの使用が想定される状況では、運転室を陸側待機位置に戻すことが望ましい。なお本シミュレーション解析では、ブレーキパッドの押付力の時間増加率、最大押付力および作動開始タイミングより規定されるレールブレーキの作動特性を変えることができ、クレーンの構造安全性、およびオペレータへの身体的・精神的負荷の観点から最適な作動特性を検討することが可能である。

3. クレーン運転室シミュレータの開発

レールブレーキの制動によるクレーン運転室の揺動が、オペレータに及ぼす身体的および精神的負荷を解析するため、搭乗型の運転室シミュレータの開発に取り組んでいる⁶⁾。図3は、本研究で開発中のクレーン運転室シミュレータの構想を示す。運転室シミュレータは、オペレータが搭乗する運転室と、レールブレーキの制動による揺動を模擬するための揺動装置によって構成される。揺動装置には、クレーンの挙動を計算するバーチャルシミュレータ用PCが制御装置を介して接続される。

図4は、バーチャルシミュレータにおけるクレーンモデルを示す。オペレータが操作盤のレバーによりバーチャルシミュレータ上のクレーンを操作すると、バーチャルシミュレータ上のクレーンモデルが動き、その際のクレーンモデルの運転室挙動を揺動装置により模擬する。また、図5は、運転席に着座したオペレータの(a) 正面および(b) 正面下向きの視界を示す。これらの映像が運転室内のディスプレイに映し出され、オペレータはクレーンの挙動を体感しながらクレーンを操作することができる。

4. おわりに

クレーンの風による逸走開始後にレールブレーキにより安全にクレーンを減速停止されるためには、クレーンの動特性を踏まえたレールブレーキの適切な作動特性の設計が重要である。本稿で述べたレールブレーキ作動時のクレーン挙動に関するシミュレーション解析や、運転室シミュレータを用いたオペレータへの負荷解析の実施、およびその考察により得られる科学的知見が、風に対するクレーンおよび関連するシステムの設計開発、現場での安全運用管理のより一層の進展、改善に寄与することを期待し、本稿を閉じる。

参考文献

- 1) 生田瑛穂, 港湾用語の基礎知識 - ドライバルク / リキッドバルク, available from https://www.phaj.or.jp/distribution/lib/basic_knowledge/kiso202111.pdf, (参照日: 2024年3月1日).
- 2) 御前崎港コンテナクレーン逸走事故調査委員会, 御前崎港コンテナクレーン逸走事故調査委員会調査報告書(2010), available from http://www.pref.shizuoka.jp/kensetsu/ke-410/documents/omaezaki_hokokusyo.pdf, (参照日 2020年5月14日).
- 3) 石野泰造, レール押付式の逸走防止装置, 産業機械, No.384 (2020), pp.6-9.

- 4) Takahashi, K., Abe, M. and Fujino, T., Runaway characteristics of gantry cranes for container handling by wind gust, Mechanical Engineering Journal, Vol.3, No.2 (2016), DOI: 10.1299/mej.15-00679.
- 5) Takahashi, K., Kimura, T. and Abe, M., Dynamic simulation analysis of effects of cabin position on behavior of gantry cranes by operation of rail brakes, Proceedings of SSRR2023, (2023).
- 6) 森本開, 高橋憲吾, 阿部雅二郎, 木村哲也, ガントリークレーンの非常制動時の運転室挙動に関するシミュレータの基盤開発, 第24回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会(SI2023) 予稿集, 発表番号 1C1-06, (2023).

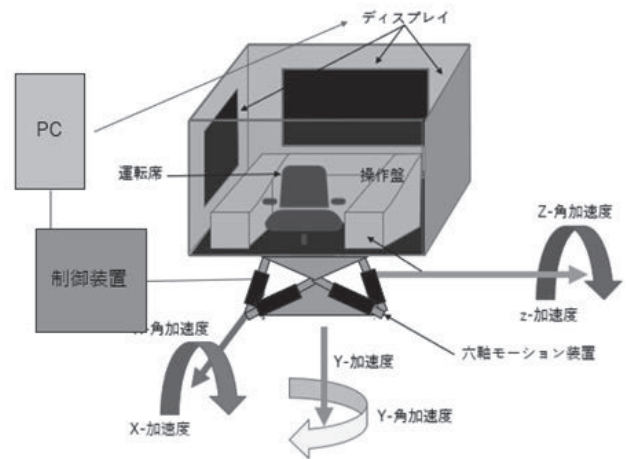


図3 クレーン運転室シミュレータの構想

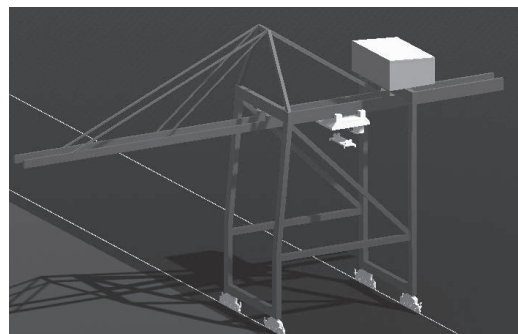
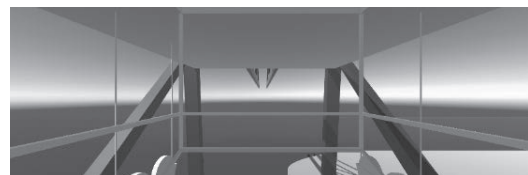
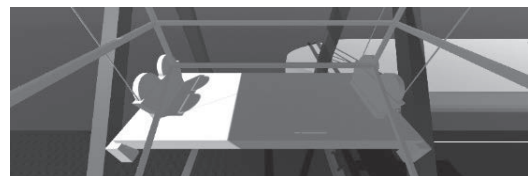


図4 バーチャルシミュレータにおけるクレーンモデル



(a) 正面



(b) 正面下方向

図5 運転室内の映像

化学プラントの安定操業のためのアラームマネジメント



福岡大学
野田 賢

1. はじめに

デジタルトランスフォーメーションの波がプラントオペレーションの現場にも急速に及んでいる。ソフトセンサによる品質制御やドローンによるフィールド巡回は、すでに化学プラントの安定操業のための基盤技術となっている。一方で、アラームシステムを用いたプラントの異常検知や異常診断は、経験や知識などに基づく人間の高度な認識やリアルタイムな判断が求められる業務として、プラントオペレータに依然として大きく依存している。

アラームシステムは、プラントの状態が正常範囲から逸脱したとき、アラームランプや警報音などによりオペレータにプラント異常の発生を早期に通知し、プラントを正常状態に戻すための適切な対応操作を要求する。近年のプラント監視制御システムの急速な高性能化は、多数の監視変数に低コストでアラームを設定できる環境を運転現場にもたらした。しかし、個々のアラームの必要性や管理範囲の妥当性が十分精査されないままアラームシステムが設計されている運転現場も多く、単一のプラント異常から複数のアラームが短時間に連鎖的に発生する連鎖アラームやアラームが発報と復帰を繰り返すチャタリングアラームなどの有害アラームが増加している。有害アラームは、オペレータの重要アラームの見落としや異常診断ミスなどを招き、ヒューマンエラーによるプラント事故の主要な原因となる。

このような問題に対して、アラームとオペレータ対応操作の標準化と適正化を目的としたアラームマネジメントが、国内外の化学プラントで急速に普及している。本稿では、化学プラントの安定操業のためのアラームマネジメントの現状と課題について解説する。

2. アラームマネジメントの現状と課題

1970～1980年代にアラームシステムの不備によるプラント事故が多発した結果、安全管理に関する法規制や規格が定められ、化学プラントの設計段階から運転、保全に至るプラントライフサイクルのすべての段階において厳密なリスクアセスメントが求められるようになった。米国の Occupational Safety & Health Administration は、Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals (29 CFR 1910.119) の中で、プロセスハザード解析に基づくアラームシステムの設計やオペレータの教育訓練などをプロセス産業に求めた。これらの法規制を契機に、欧米を中心にアラームマネジメントに関する研究が急速に進んだ。1999年には、英国の Engineering Equipment & Materials Users' Association (EEMUA) が、アラームマネジメントのガイドブック Alarm systems - A guide to design, management and procurement Publication No. 191 (EEMUA191) を発行し、

以後アラームマネジメントのバイブルとなっている。2009年には、米国の International Society of Automation (ISA) が、Management of Alarm Systems for the Process Industries (ANSI/ISA-18.2-2009) を発行し、ANSI/ISA-18.2-2009 は 2014 年に発行されるアラームマネジメントの国際標準 IEC62682 (Management of alarm systems for the process industries) のベースとなった。IEC62682 は 2023 年に改定され、現在、プロセス産業におけるアラームマネジメントの基盤となっている。

IEC62682 や EEMUA191 に共通する考え方は、アラームが本来持つべき機能や目的を明確にし、標準化された設計方法や管理方法を通じて、オペレータに何ら有意な情報をもたらさないアラームを徹底的に合理化するという点にある。欧米の化学プラントにおいてこのような標準化をベースとしたトップダウン的なアプローチが取られる要因として、オペレータが様々な文化的、宗教的背景を持つこと、頻繁な転職により豊富な知識や経験を持つオペレータの確保が難しいことなどが挙げられる。また、安全計装システムにおけるリスクマネジメントの考え方が、そのままアラームマネジメントに取り入れられたと考えることもできる。一方、マネジメントという観点が強く指向されるあまり、機器の調子が悪い、PID チューニングが悪いといった有害アラームの発生の根本原因の解決にあまり熱心でないという問題点が指摘されている。また、標準化された設計方法や管理方法は理想的ではあるが、それらを厳密に実行するためには膨大な作業が必要となり、マネジメントの継続性に疑問が残る。

標準化を中心とした欧米流のアラームマネジメントとは対照的に、日本企業は現場での TPM 活動を中心に、プロセス改良、運転法の見直し、制御系の改善など日々の地道な改善の積み重ねを通じてアラーム発生数の削減を進めてきた。その結果、EEMUA191 のベンチマークをはるかに超える超安定プラントが登場している。しかし、その目的の多くは有害アラームの数を削減するというアラームシステムの量的適正化であり、いざプラント異常が発生したときに、オペレータがアラームシステムによって異常を早期に検出し、正しく対応できるかというアラームシステムの本質的な評価に基づく質的適正化になっていないという指摘がある。また、個々の改善において得られた知見の多くは標準化、文書化されておらず、技術伝承を困難なものにしている。

3. アラームマネジメントの標準化とガイドライン

アラームマネジメントの国際標準 IEC62682 は、アラームシステムをオペレータによるプラントの異常対応を支援するためにアラームを発報し、アラームをハンドリングするためのシステムと定義し、標準的なアラームマネジメントのライフサイク

ルを定めた。ライフサイクルは、アラームシステムの理念設計、必要なアラームの同定、アラームおよびアラームシステムの適正化、アラームシステムの詳細設計、アラームシステムの実装、アラームシステムの運用、保守、性能評価、変更管理、監査から構成される。

EEMUA191は、アラームシステムの理念開発や性能評価などのガイドラインを与える。理念開発とは、アラームシステムの役割はあるべき姿、管理方法、評価方法はなどを定義、文書化することである。さらに、適切なアラームシステムが持つべき要件として、オペレーションに不要なアラームでないこと、同じ意味のアラームが複数発報しないこと、アラームの発報の時期が対応操作に対して遅すぎたり早すぎたりしないこと、アラームの優先度が明確であること、アラーム発報の意味が明確であること、アラームにより原因の特定が可能であること、アラームが発報したときの対応操作が明示されていること、最も重要な事柄にオペレータの注意を引くことができることを挙げている。

アラームシステムは、あくまでオペレータのプラント異常対応を支援するためのシステムであるため、その設計においては人間の情報処理能力を考慮することが求められる。IEC62862は、人間工学の観点からアラームシステムの評価指標とベンチマークを示している。具体的には、定常運転時のオペレータコンソールあたりのアラーム発報数1回/10分以下、プラント異常発生時の最大アラーム発報数10回/10分以下、全運転時間に対するアラーム洪水発生時間の割合1%以下、オペレータに対応されず放置されたままのアラーム数5個以下/日、短時間で発報と復帰を繰り返すチャタリングアラームおよび発報後短時間で復帰するフリーティングアラームは発生しないことなどが、評価指標とベンチマークの例として示されている。

4. アラームマネジメントの要素技術

EEMUA 191は、様々なアラームシステムの評価指標を提示しているが、これらによりアラームシステムのマクロなパフォーマンスを評価することはできるが、アラームシステムの何処に問題があるのかのミクロな評価結果が得られない。このような問題に対して、アラームシステムの問題点をミクロ解析するための様々なプラント運転データの解析法が提案されている。イベント相関解析法(Nishiguchi and Takai, 2010)は、アラーム発生系列間の類似度に基づき、類似するアラームと操作をグルーピングし、単一グループ内に複数のアラームが含まれるとき、それらのアラーム群は連鎖アラームであると判定する。王ら(2015)は、ドットマトリックス解析を用いたプラント運転データからの連鎖アラーム抽出法を提案した。ドットマトリックス解析とは、バイオインフォマティクス分野でDNAやタンパク質配列の配列アラインメント手法の一種である。提案手法では、まずプラント運転データに記録された発報アラームを、それらの発報順に並べたアラーム配列に変換し、ドットマトリックス解析により、アラーム配列中の発報パターンが一致する部分配列を特定し、それらを連鎖アラームとして抽出する。これらの方法はプラント情報が不要であるため、プラントの知識がないエンジニアにも使いやすく、異なるプラントにもそのまま適用できる。さまざまな化学プラントへの適用が進み、アラームシステムの適正化を通じたプラントオペレーションの改善に役立つことが期待される。

Huら(2018)は、データマイニング手法の一種である頻出

パターン発見アルゴリズムを用いて、アラーム洪水の中に頻出するアラームの発報パターンを特定する方法を提案した。この方法は、プラントオペレーションデータ中のアラーム洪水発生個所の特定、アラーム洪水発生時に頻出するアラーム発生パターンを特定、類似するアラーム発報パターンの集約ステップからなる。頻出するアラーム発報パターンを特定できれば、有害アラームの抑制やアラームの根本原因の解析に役立つ。

短時間に発報と復帰を繰り返すチャタリングアラームを抑制する方法として、デッドバンドが運転の現場で広く利用されている。デッドバンドは、ハイ(ロー)アラームの設定値の下(上)に一定幅のデッドバンドを設定し、発報したアラーム変数がデッドバンドの下限(上限)を上から下に(下から上に)横切るまで復帰させないことで、チャタリングアラームの発生を抑制する。Wangら(2023)は、プラント運転データから推測される正常運転時のアラームの誤報率が許容範囲内に収まるようデッドバンド幅を決定する方法を提案した。データに基づくデッドバンドの設計は、デッドバンドによる過剰なアラーム抑制や重要アラームの欠報を防止する有効な手段である。

5. おわりに

プラントオペレーションの分野にも人工知能やビッグデータなどのデジタルトランスフォーメーションの波が押し寄せている。しかし、発見や創造など高度でかつ柔軟な思考能力を有するヒューマンオペレータのプラントオペレーション業務における重要性は依然として変わらない。経験や知識などに基づく人間の高度な認識や判断に委ねられるプラントオペレータ業務を支えるアラームマネジメントの高度化が求められている。

【参考文献】

- 1) Engineering Equipment & Materials Users' Association (EEMUA), Alarm systems A guide to design, management, and procurement, EEMUA Publication 191 3rd edition, EEMUA, London (2013)
- 2) International Society of Automation (ISA), ANSI/ISA-18.2-2009 Management of Alarm Systems for the Process Industries, ISA, North Carolina (2009)
- 3) International Electrotechnical Commission (IEC), IEC 62682 Management of Alarm Systems for the Process Industries 2nd edition, IEC, Geneva (2023)
- 4) Nishiguchi, J. *et al.*, IPL2 and 3; Performance Improvement Method for Process Safety using Event Correlation Analysis, *Comp. and Chem. Eng.*, 34 (12), 2007-2013 (2010)
- 5) 王者興, 野田賢, ドットマトリックス解析によるプラント運転データからの連鎖アラーム抽出, *化学工学論文集*, 41(5), 333-339 (2015)
- 6) Hu, W. *et al.*, Detection of Frequent Alarm Patterns in Industrial Alarm Floods Using Itemset Mining Methods, *IEEE Trans. on Industrial Electronics*, 65(9), 7290-7300 (2018)
- 7) Wang, J. *et al.*, Alarm Deadband Design Based on Maximum Amplitude Deviations and Bayesian Estimation, *IEEE Trans. on Control Systems Technology*, 31 (4), 1941-1948 (2023)

産業・化学機械と安全部門 2023 年度年次大会 報告

2023 年度年次大会は東京都立大学（南大沢キャンパス）で 9 月 3 日（日）～ 6 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 9 件あり活発な議論が行われた。

開催日時：2023 年 9 月 4 日（月）10:45 ～ 14:00
会場：Room5（1 号館 105 室）

[S171] 機械・設備の安全化 (1)

座長 / 司会：中村瑞穂（職業能力開発総合大学校）、北條理恵子（長岡科学技術大学）

- (1) 水素発生点と応力発生点の分離による水素侵入の抑制 / ○大沼 空 1、齋藤 博之 1（東京電機大学）
- (2) ガントリークレーンの押付型制動装置のパッドとレール間の乾燥状態における摩擦特性に関する基礎実験解析 / 高橋 憲吾、阿部 雅二郎（長岡技科大）、○春日 泰雄、姚 志憲（長岡技科大大学院）、横田 和哉（長岡技科大）
- (3) SIF 法による支持異常検知における環境温度の検知精度への影響 / ○根津 詠一（群馬大）、遠藤 義英、辻本 圭亮、中野 主久、山岸 貴俊（能美防災）、岩崎 篤（群馬大）

- (4) CNN による橋梁の損傷状態同定手法における同定結果確信度評価手法の検討 / ○山田 涼太（群馬大）、井関 井関、遠藤 義英、中野 主久、山岸 貴俊、辻本 圭亮（能美防災）、岩崎 篤（群馬大）
- (5) S 曲げ疲労を受けたワイヤロープの残存強度と損傷度の関係 - IWRC 6 × F(29) の場合 - / ○山口 篤志、緒方 公俊、山際 謙太、佐々木 哲也（労働安全衛生総合研究所）

[S171] 機械・設備の安全化 (2)

座長：山口 篤志（労働安全衛生総合研究所）、高橋 憲吾（長岡技術科学大学）

- (1) 窓拭きゴンドラの巻上ドラムの主軸破損事故解析 / ○本田 尚、山口 篤志、山際 謙太、佐々木 哲也（労働安全衛生総合研究所）
- (2) 大型ベアリングに適用する周期推定法 ARS に基づく異常検知手法の提案 / ○水野 悠葉（愛知県立大学大学院）、神谷 幸宏（愛知県立大学）
- (3) 加速度計測による情報板疲労評価における構造形状の評価精度への影響 / ○上原 涼平、岩崎 篤（群馬大）、山岸 貴俊、中野 主久、中村 洋幸（能美防災）、山本 浩司、及川 敏（中日本高速道路）
- (4) 本質的安全設計を考慮した機械設備の基本設計の試行 / ○長野 整（SynCrea）、三好 孝典、木村 哲也（長岡技術科学大学）

トワイライトセミナー 報告

第 53 回 トワイライトセミナー（ハイブリッド開催）

「技術士第二次試験－機械部門の受験対策講座」

開催日：2023 年 4 月 5 日（水）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）

参加者数：53 名

はじめに

第 53 回トワイライトセミナーは、新型コロナウイルス感染症の影響が落ち着いてきたことから会場における対面方式を復活させる一方、遠方からでも気軽に参加できる環境を維持することを考慮しリモート方式も合わせて取り入れたハイブリッド方式で開催した。

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生産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」があげられる。機械系技術者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「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 16 日（総合技術監理部門）、17 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、セミナーは東京会場と Zoom を使用してのハイブリッド開催とした。

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 53 名の参加応募があった。当日は 5 名の会場参加と 48 名のリモート参加をいただくことができ、講演後の質疑応答も会場とリモートを通じて多く出され、閉演時刻を大きく過ぎてしまうほど活発なものとなった。

本セミナーは受験申込み期間に合わせて試験日の約 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である。

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された後、技術士二次試験の機械部門における昨年度の試験概要、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会場および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、会場での質問を皮切りにオンラインからも多くの質問が出された。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 54 回 トワイライトセミナー（ハイブリッド開催）

「航空機における機械安全を考える－御巣鷹山事故からの安全進化」

開催日：2023 年 11 月 21 日（火）18:00 ～ 19:30

講師：森本 則文 氏（元日本航空安全啓発センター シニアスタッフ）

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：60 名

はじめに

第 54 回トワイライトセミナーは、今回も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

航空機の安全を考えるうえで、日航ジャンボ機の御巣鷹の尾根への墜落事故抜きでは語ることができない。過去の事故を教訓に、今を生きる機械設計者や機械に携わるエンジニアが、事故を未然に防ぐためには何に着眼してどうしていくべきかを問い直すきっかけとして企画した。

1985 年 8 月 12 日に起きた JAL123 便羽田発大阪行 B-747 型機の御巣鷹の尾根への墜落事故では乗員乗客合わせて 520 名の尊い命が失われた。この事故の直接原因は、航空機の安定飛行に欠かせない垂直尾翼の制御が不能になったことによる。

今回のセミナーでは、この垂直尾翼を制御する 4 つの油圧系統がすべて使えなくなった背景に、過去に同機が起こした尻もち事故後の圧力隔壁修理内容の検証が不十分であったことを紹介いただいた。当時なぜこの修理内容の誤りに気づけなかったのか、そこにはそれぞれのアクションに介入する人間ならではの誤った判断、思い込みなどが見え隠れすることが改めて分かった。

この事故以降、JAL では人命を失う重大な航空機事故は起こしていない。この事故をきっかけに同社は安全に関してどのような対策をしてきたのかについて説明いただいた。そこには社会人として約 40 年働く場において、いかに安全に対する意識を持続、もしくは振り返り改めて考え直すことを行っていく教育を実践していく努力の積み重ねがあることを知ることができた。

安全設計に対して「想定外」はあってはならない、という森本講師の強いメッセージを受講者全員で享受することができたセミナーであった。

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のみならず、リモート参加者からも多くの質問と意見交換がなされ、森本講師にはこれらの質問、意見に対し細かく丁寧に答えいただいた。予定時刻を大幅に超える質疑応答があり、参加者にとって非常に有意義な講座となった。

第55回 トワイライトセミナー（ハイブリッド開催）

「ロボット安全装置の歴史探訪－ IDEC 社製 MK1234 の紹介」

開催日：2023年12月5日（火）18:00～19:30

講師：土肥 正男 氏（IDEC 株式会社 国際標準化・協調安全4次元推進部 部長）

吹田 和嗣 氏（川崎重工株式会社 ロボットディビジョン 技術総括部）

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：35名

はじめに

第55回トワイライトセミナーは、ロボット安全システムの先駆けとして誕生した、IDEC社のロボット安全制御装置（MK1234）とはどのような背景で開発された安全装置なのか、そして誕生後どのような進化をしてきたのかを知っていただく機会として企画した。

内容

最初に、ロボット安全制御装置（MK1234）が開発された1990年代後半のロボット安全に関する時代背景の説明からスタートした。当時、安全基準の高まりから信頼度の高い安全制御が産業用ロボットシステムに要求されていたが、それまでの機械式リレーを用いた仕組みでは安全性と信頼性・保天性、コストなどに課題があった。このような背景の中で、世界で初めてフェールセーフで安全確認型の動作原理を有し、ロボットの安全制御を統合的に行うロボット安全制御装置（MK1234）が2001年に実用化開発され、世に生みだされた。この開発時期の世界的な安全基準の状況と自動車製造に使われる生産ロボット用のMK1234開発に対し、目標とする安全基準について開発に直接携わった講師から解説いただいた。

次に、MK1234に導入された数々の新技術、その導入への道のりについても詳細で具体的な説明があり、特にティーチペンダントのイーネープル装置両手操作の安全制御装置は、作業者の負担感低減にも貢献し、画期的な製品として作られたことがわかった。これら安全の考え方は、産業用ロボットの国際標準であるISO 10218にも展開され、世界標準の拡大と労働者のウェルビーイング向上に貢献しているとのことで、まさに現在のロボット安全システムの礎であり、かつ国際規格の世界でも考え方の中心になっていることが理解できた。

このMK1234開発から四半世紀が経った今、ロボットは世界各国で生産されるようになり、利用領域も生産現場から一般社会、一般家庭へと広がりをみせている。このような利用環境でも安全を確保できる仕組み、基準はどうあるべきか、「想定外」はあってはならない機械安全の世界において、機械安全技術者は日々考えていくことが求められている。

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のみならず、リモート参加者からも多くの質問と意見交換がなされ、土肥講師、吹田講師にはこれらの質問、意見に対し細かく丁寧に、かつ実際に経験された中から具体的な話を交えてお答えいただいた。ロボット安全装置の誕生に遡るご講演で、参加者にとって非常に有意義なセミナーとなった。

第56回 トワイライトセミナー（ハイブリッド開催）

「建設現場における機械安全－トンネル建設現場での安全技術を見る」

開催日：2024年1月30日（火）18:00～19:30

講師：三原 泰司 氏（日本認証株式会社 第1事業企画部）

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：27名

はじめに

第56回トワイライトセミナーは、建設現場における安全技術として山岳トンネルの建設現場を例に挙げ、現在取り入れられている最新の安全確保技術にはどのようなものがあるのか、今後どのような技術開発が望まれるのか、あるいは期待・研究されているのかを探る機会として企画した。

内容

ここ最近、建設機械の高性能化、センサー技術の発達、通信環境の整備などにより建設業の生産性は大きく向上している。その一方で、建設業における労働災害は近年下げ止まり傾向にあるといわれ、今後無人作業や遠隔化作業も含め、作業システム全体の安全を向上させる必要性はさらに高まっていくと予想されている。今回は技術的な観点から、このような作業環境における安全性の向上を図るため、どのように取り組んだか、講師の実験をもとにした紹介があった。

最初に「作業エリアの管理とリスク情報伝達」として、安全管理手法を実証した山岳トンネルでの作業事例とした紹介があった。建設機械は、使用する機械のエネルギーが大きく、工事の規模にもよるが、同一作業空間でのヒトとの協働作業には作業の安全についても綿密な計画が必須であること、建設作業は屋外での一品生産であることから、作業空間を分割して管理することは現実的に困難であり、安全な作業空間を維持するためには、ヒト・機械・環境を一つのシステムとしてリアルタイムに管理する必要があることを実例を示して説明された。

次に「AIが装備された機器との協働作業の安全」として、監視業務においてAI搭載機器と協働作業を行うために必要な基礎検証（監視能力、ユーザストレス）の実証試験結果について紹介された。自然環境におけるリスクの高いエリアでの作業は監視作業を伴うことが多いが、近年のICTやAIの目覚ましい発展により、安全情報をリアルタイムに伝達することが可能となり、このようなコミュニケーションを活用した安心感のある作業安全の確保技術も実用化を目指して開発されていることの説明があった。

講座終了後の質疑応答の時間では、建設現場という自然環境下での建設工事に安全に関してどのような最新技術が取り入れられているのかという興味から、参加者から多くの質問と意見交換がなされ、三原講師との意見交換が行われた。標準化が難しい建設現場の最新技術を用いた安全技術のご講演で、参加者にとって得るものが多いセミナーとなった。

講習会 産業用ロボット設備に活用できる機能安全 報告

No.23-61

演 題：産業用ロボット設備に活用できる機能安全 講習会

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：2023年7月28日(金曜日) 10:00～17:00

会 場：日本機械学会事務局第1会議室

所在地：〒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

参加者：正員7名、学生員0名、特別員5名、協賛団体一般1名、会員外34名、一般学生1名、講師(司会含めて)の皆様6名、計54名

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

2023年は、機能安全に関わる2つの大きな規格の更新予定がある。一つは産業機械の安全回路設計の基礎となるISO 13849-1と二つ目は協働ロボットを含む産業ロボットを使用した設備の安全規格ISO 10218-2である。今年の安全講習会では、これらの二つの規格の更新について、それぞれの規格運営を行っている日本を代表する委員からその内容を解説頂く。また、同様に北米マーケットについても、産業機械やロボットについての機能安全の動向についても、業界を代表するエンジニアから解説を頂く。またISO 13849-1の運用に有用な無料ソフトSISTEMAの概要を紹介する。1日という限られた時間ではあるが、最先端の情報を持つエンジニアの方々からの解説を安全の啓蒙活動として提供したい。

演題詳細：

| |
|--|
| 司会：テフズードジャパン株式会社 |
| ビジネスデベロップメント・機能安全担当 浅井 |
| 産業用ロボット設備に活用できる機能安全 講習会 |
| 1. 挨拶 (10min)、司会 テフズード浅井 |
| 2. ISO 13849-1 概要 旧版ベース (80min Max)： テフズード 工藤 |
| 3. Lunch Break (60min) |
| 4. UL 機能安全 北米市場の機能安全 (50min)： UL 今村、竹市 |
| 5. SISTEMA ISO 13849-1 旧版ベース (90min)： デンソーウェーブ橋本 |
| 6. Break (10min) |
| 7. ISO 13849-1 改定の話 (50min)： テフラインランド杉田 |
| 8. Break (10min) |
| 9. ISO 10218 改定の話 (50min)：デンソーウェーブ橋本 |
| Over all Q&A (30min)： 全員 |

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。今回は、ロボット規格改定及び機能安全規格の改定という旬のタイミングのため、参加できない不満もあったかと思う。次回はより情報が見えてきた状態となるので、さらなる熱意を持ってもらえるコンテンツを提供したい。

写真：



1) ISO 13849-1 概要



2) 受講者の様子(前から)



3) 講師一同

所見：今年は、3年ぶりの対面でのセミナー開催となった。講師陣のおかげで予想通りの満員御礼となった。全体としては85%以上の満足を示しており、内容としては問題なく進めることができた。次回は年2回開催や2か所開催も視野に入れる。

2023年度市民フォーラム 報告

1. 実施概要

日時：2024年2月17日 13:30～16:15
 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84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『食品安全マネジメントシステムの要求事項となる「衛生設計」と題し、採用企業が最も多いFSSC22000 Ver.6の変更点を解説すると共に、規格に基づく衛生設計の考え方について取り上げた。

2. 講演概要

講演1.『FSSC 22000 Ver.6の変更点と衛生設計の要求』

（曾我 智浩氏 テュフラインランドジャパン株式会社
 システム事業部 審査員）
 [13:35～14:35]

食品安全を確保するための管理基準であるHACCPシステムを包含するマネジメントシステム（FSMS）を運用する食品メーカーは多い。代表的なFSMSの規格の一つにFSSC 22000があり、2023年の4月にスキームのVer6が公表された。

採用企業が最も多いFSSC22000 Ver.6の変更点を解説すると共に、食品衛生法の改正にともない、新たに導入された「ポジティブリスト制度」について紹介した。

講演2.『規格に基づく衛生設計の考え方』

（大村 宏之氏 （一社）日本食品機械工業会 博士（工学）
 /長岡技術科学大学 非常勤講師）
 [15:00～16:00]

食品機械に対する「衛生設計」の要求は、2020年にGFSIが発行した、衛生設計に関するベンチマーキングである、スコープJ1が影響した可能性が考えられ、将来的にはスコープJ1に関する認証規格が認証プログラムオーナーより公表されると想定される。

スコープJ1が定める、規格に基づく「衛生設計」の考え方について考察した。



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 2023 報告

開催日：2023年6月22日（木）、23日（金）

会場：ハイブリッド開催

当部門関連のOS一件（6月22日）

OS 9：「現場が望む、学生・技術者・技能者への安全衛生教育」
 司会 濱島 京子（労働安全衛生総合研究所）

安全工学シンポジウムは、我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。2023年度は、第53回として日本人間工学会が幹事学会となり企画・運営を行い、「VUCAの時代の安全工学」のテーマのもと開催された。日本学術会議のHPには、「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組の差異、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、総合工学委員会・機械工学委員会合同工学システムに関する安全・安心・リスク検討分科会で進めている「カーボンニュートラルリスクフレーム構築」「安全目標」「安心感」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OS 9「現場が望む、学生・技術者・技能者への安全衛生教育」は、「リスクベースドアプローチを用いる労働安全衛生業務は、理工系大学等で安全工学を修得した人材を必要としている」という現状を背景に開催された。ここでの人材には、労働現場に残留リスク情報を渡す立場である技術者（設計者等）も含まれる。労働安全衛生とは社会全体で実施する大規模なリスクマネジメントであり、「技術者はマネジメントを担う一員である」ことへの理解を、学生等に促す必要があるという認識から、以下の発表が行われた。各発表の概要を紹介する。

1) 第14次労働災害防止計画（2023年度～2027年度）の概要説明

安全衛生を取り巻く現状と、8つの重点事項における具体的取組内容が紹介された。

2) 大学における安全衛生教育の必要性と技術者倫理教育への貢献性

上述の第14次労働災害防止計画では「大学等で働く労働者の安全衛生管理を実施する上で、その一環として、学生に対しても安

全衛生教育を促進し、労働安全衛生に対するリテラシーを育むことで、学生は、卒業後、事業場における自発的な安全衛生対策の推進に貢献することが期待される」としている。これを受け、大学等で広く講義されている技術者倫理科目において、労働災害事例や労働災害防止対策の解説が「社会的責任と法的規制への理解」に寄与することが、具体的事例を交えて説明された。

3) 安全衛生に係る大学でのリカレント教育について

社会人に対しても、安全衛生教育を受講できる機会の確保が重要である。厚労省・経産省・文科省のリカレント教育の取り組みを紹介し、長岡技術科学大学大学院での安全衛生に係るリカレント・リスク教育への取り組みが概説された。

4) 国際規格に準拠した機械安全の設計・運用を行うための要員力量認証制度の紹介

厚生労働省「機械の包括的な安全基準に関する指針」は、ISO/IEC等の国際規格の概念に則って機械のリスクアセスメント実施を求めており、機械の設計・製造および輸出業者だけでなく、使用者も機械のリスクアセスメントと安全対策を実施しなければならない。それにはJIS B 9700 (ISO12100) 機械類の安全性-設計のための一般原則、をはじめとする多くの国際規格を理解した人材が必要である。この国際規格に準拠した機械安全の設計・運用を行うための要員力量認証制度セーフティアセッサ制度が紹介された。

5) テクノインストラクターに対する安全衛生教育の実践事例

職業訓練指導員の養成における「安全教育の理念」が「安全確認の原理」を用いて説明された。指導員は「安全確認型インタロックシステム」における「安全確認」を担う。このため、安全確認の原理を理解した上で、法令遵守による再発防止や国際規格によるリスク低減の考え方を説明できるよう指導員の養成訓練カリキュラムが構成されている。

参加者数は、オンライン47名、現地13名の計50名の参加者があった。質疑応答では、リスクアセスメントをグループ単位で実施する際のノウハウに関する質問や、安全衛生を教える者（教育者）のネットワークづくりの必要性などについて提案があり、活発な意見交換がなされた。

産業安全行動分析学研究会 報告

日独の事例から学ぶ産業現場における

Behavior – Based Safety (BBS) の活用法 -

「産業・化学機械と安全部門」は、多種多様な関連産業に共通する安全の課題を見だし、情報の共有化、情報の発信をしていくことを使命と考えている。そのアプローチ法の一つとして「産業安全行動分析学」、英語では Behavior-Based Safety (BBS) がある。BBS は、心理学の一派である行動分析学を産業分野に応用したもので、行動分析学の原理を活用し、安全行動の強化と不安全行動の削減を目指している。当部門では、産業安全行動分析学研究会を立ち上げ、研究発表会を開催している。

今回は9月12 - 17日にBBSの専門家である Christoph Bordlein 教授をドイツから招き、9月15日に、初の試みとして作業現場におけるBBS介入に関する情報交換会の形式で研究会を行った。内容は、1) ドイツにおけるBBSの介入法を学ぶための講演、2) 日本のBBS介入事例の発表、3) BBS介入におけるアドバイスやドイツでの取り組みとの共通点や違いについての討論、4) 日独共同でBBSの紹介を行う文献を発行するための打ち合わせであった。BBS介入に関しては、多数の企業を対象としており、秘密保持契約等を結んでいるため、日独合わせて7名のBBS関係者のみのクローズド会議とした。

Bördlein 教授からは、製造業において安全作業を推進するために行っている行動分析学的な介入と、それに対する有効性評価についての手順を紹介していただいた。ドイツでは組合の力が強く、有効な介入であったとしても承認を得なければ職場での活用が不可能であることや、介入後も厳しい成果を求められることなどの

事情が説明された。そのため、現場での介入事例を集めることは非常に困難であるとのことであった。現在、Bördlein 教授の現場での行動分析学的アプローチにより、複数の企業において労災の減少がみとめられ、安全推進への理解が得られているため、現場でのBBSの有効性は高い評価を得ているとのことであった。日本側からは、長岡技術科学大学の北條理恵子准教授が、大手ゼネコン (K社、東京) でのBBS介入検証実験、及びジー・オー・ピー株式会社安全・安心技術研究センターの清水尚憲所長からは、建築業界で使用される可搬式作業台をで行ったウェルビーイング及びダイナミックリスクアセスメント (DRA) の実験について発表を行った。Bördlein 教授からは、アンケート調査に加えて、行動面からもウェルビーイング測定を試みた方がよいとのアドバイスを頂いた。また、ウェルビーイングを医学的・主観的・心理的の三軸で捉える考え方と、DRAは、作業台の機能が構造・作業者の身体及び精神面から多面的に評価されているのは素晴らしいとの感想を得た。

最後に、共通の課題として、今後のBBSの現場での展開を加速させるにはどうすればよいのか、が最後に話題として挙げた。まずは、現場の管理者の方々にBBSの有効性を広めることに価値があるのではないかと結論付けられ、日独共同してBBSの書籍を発行することが決まった。以前にBördlein 教授が執筆したBBSの教科書を基盤として、日本語のBBSマニュアル本の発行が合意され、2023年10月から着手し、2024年度中の発刊を目指しているところである。

会員の声

「アンモニア燃焼研究における安全対策」

東北大学 流体科学研究所 早川晃弘

2050年カーボンニュートラル実現に向けてアンモニアの燃料利用が期待されている。当研究室では燃料アンモニアの社会実装に向けて、アンモニアの燃焼実験を行っている。アンモニアは毒物及び劇物取締法において劇物として分類されているため [1]、取り扱いには十分注意しなければならない。また当研究室では高圧燃焼実験も行っており、更なる安全管理の徹底を要する。本稿では、当研究室でアンモニア燃焼実験を行う際に取り組んでいる安全対策の例を紹介する。

アンモニアを使った実験を安全に行うためには、アンモニアの漏洩対応が不可欠である。アンモニアは強い刺激臭を有するため、万が一吸引してしまうと極めて危険である (一方、かなりの低濃度でも臭いがするため、無臭の気体よりも漏洩に気が付きやすいとも考えることができる)。燃焼すると臭いはほとんどしないが、実験条件によっては消炎する事もあるので、防毒マスクは必須である。また、実験室の出入り口付近には顔の全面を覆う防毒マスクを準備している。さらに、万が一に備えて洗眼用の水道蛇口も取り付けた。実験室内にはアンモニア検知器を設置し、漏洩を検知した際には自動で排気ファンが駆動する設備を整えている。実験時は、ポータブル型のアンモニア検知器を近くに置いて作業する事としており、すぐに漏洩に気が付く体制をとっている。

また実験系を構築する際には、実験装置、配管や使用する機器の耐食性も考慮しなければならない。接ガス部の金属素材やOリングなどの樹脂素材等が、アンモニア耐性を有していることが不可欠である。そのため、機器選定時にはカタログ等を確認し、接ガス部の材質を確認したうえで、必要に応じて適切な材質の部材に交換するなどの対応が必要になる。

実験室外の対策も必要となる。我々の実験室は東北大学片平キャンパスにあり、住宅地に隣接している。実験装置から排出された未燃のアンモニアは、処理装置によって適切に処理したうえで環境に排出する対応を講じている。

さらに近年は、アンモニアガスタービンでの利用を目的とした液体アンモニア噴霧燃焼に関する研究にも取り組んでる。液体アンモニアは高圧ガスに分類されるため、場合によっては高圧ガス保安法に準じた装置の導入を要する場合もある。

本稿では当研究室で取り組んでいるアンモニア燃焼実験における安全対策の例を紹介した。通常の燃焼実験実施の際に考慮すべき安全対策に加えて、アンモニアを扱うための対策も必要となる。研究室内の安全教育の実施などを通して、安全を第一に、燃料アンモニアの社会実装に向けた研究を推進したい。

参考文献

[1]Je-GOV 法令検索、<https://elaws.e-gov.go.jp/document?lawid=325AC0000000303>

「挑戦し続けるための技術（分かるという喜び）」

大同メタル工業株式会社 環境安全・カーボンニュートラル
推進センター 緒方禎郎

私の周囲を含め、先達に素晴らしい諸先輩方が見える中、私のような若輩者が皆様方に倣そうに物申すようなことはありませんが、今回、このような素晴らしい機会を頂きましたので、私のこれまでの経験を踏まえて、今思うことを感じたままに書きたいと思えます。

私の行動原理として、“困っていることを解決したい・困っている人を助けたい”があり、その結果得られることに対しての“喜び”を感じるがあります。その喜びは、物理的なものではなく、相手からの感謝の言葉や周囲からの評価等がありますが、最も大きな喜びは、探求した結果の“分かる”という自己満足であることが多くを占めているように思えます。そのためか、仕事のみならず普段の生活の中でも様々な問題を発見し、その都度、原因や対策を考えることが習慣になっているようですが、これを口に出して人に話をしてしまうため、周囲の方には結構な迷惑をかけているようです。

私の所属している会社には素晴らしい企業理念があり、その中の一部を紹介すると、「会社の途（みち）：創造と革新につとめ、夢に挑戦する」「会社の志（こころざし）：世界のトライボロジーリーダーを目指し、技術を磨く」があります。私はこれを自分自身に当てはめ、“挑戦するために技術を磨く”と解釈し、“常に技術を磨く”ことを日頃から考え実践しています。その中で気が付いたこととして、技術と言っても様々な技術があり、安全技術一つ取っても機械安全、制御安全、電気安全、それらに関連する技術が数多くあります。また、それを推進するための技術として、組織運営技術、マネジメント技術、コミュニケーション技術、言語技術、さらには、人の歩行技術や呼吸の仕方等多岐に渡ります。これらの技術を全て知っておかなければならないということではなく、何か一つを捉えても、それらは多くの技術の上に成り立っているのだと言えるかと思えます。

これらを頭の中に置いて、常日頃から学習し、それを身体に染み込ませておくと、何か問題が発生した時に、上辺の事象だけを見た原因や対策ではなく、原理原則に基づき、本質的な原因を探求した結果の本質的対策を導けるようになります。その結果、自分自身には“分かるという喜び”が得られ、周囲には“根本的問題の解決”と言う喜ばしい結果が得られるようになります。

昨今、リカレント教育、STEAM教育などと様々なことが言われていますが、私自身は、何か問題を見つけた時に、さまざまな技術を探求して行くことで、これらは自然と身に付くものだと思います。私自身は、これからも「安全」を柱として、1つの専門分野だけではなく、様々な分野の知識を総合し、俯瞰的な視点を持った技術者でありたいと思います。「安全技術で世界を豊かにする」と言う、現時点では分不相応な夢に向かって、“分かるという喜び”を推進材料として、多くの人と協調し自分自身の技術を磨き挑戦し続けることで、世の中の発展に少しでも貢献できるように、これからも挑戦し続けて行く所存です。

長々となり又、最後は私自身の決意表明となりましたが、皆さんも“分かるという喜び”を得るために、技術を磨き続け、その結果として、機械学会を含め世の中に貢献できるよう頑張っ頂きたいと思えます。

「専門とする技術を磨いて社会に貢献する」

大原技術士事務所 大原良友

産業・化学機械と安全部門に登録されている会員の皆さまは、さまざまな種類の機械、装置あるいはそれらの構成部品を設計したり製造する分野に携わっていることと思えます。

私が専門とする技術は、圧力容器の設計です。定年退職するまでの長年プラント建設を生業とするエンジニアリング会社に勤務していて、圧力容器を専門に設計する部署で業務を遂行していました。圧力容器とは、塔、槽、反応器、熱交換器などの総称ですが、プラントを構成する機器としてはメジャー的な存在であると言えます。最近では、化学工場（プラント）の夜景を鑑賞したり、写真を撮影するのが人気になっているようですが、あの工場で背丈が高く目立つ機械が圧力容器の塔です。

圧力容器は、内部に高温・高圧の化学物質や可燃性流体（気体及び液体）を保有していることから、火災や爆発事故が発生する可能性があり、万一事故が発生すれば従業員のみならず周辺住民にも重大な影響を与えます。特に、大規模地震などの自然災害時にも安全に運転できるように設計することが求められています。参考までに申し述べますが、東日本大震災に見舞われた仙台製油所では、津波による被害は発生したものの、地震による圧力容器の転倒や破壊などの被害は一切発生しませんでした。これは、阪神淡路大震災の教訓により、その後高圧ガス設備に対する耐震設計手法の見直し・改正が行われて、その新基準により耐震性能を確認したためと考えています。

そのため、安全・安心に圧力容器が運転できるように各種の法的規制や規格では、強度設計の方法、使用する材料や試験・検査などの基準が設けられています。

定年退職後は、個人事業主として事務所を開設して、圧力容器コンサルタント、執筆業と技術士受験指導を主体に行動しています。圧力容器関係では、現役時代の会社に加えて今までお付き合いが無かった会社からも業務委託案件をいただいております。また、学術団体では日本溶接協会の規格委員会で圧力容器の専門委員として参画しています。この団体からは、圧力容器の専門家として認められて委員会のメンバーになれた、ということです。

それでは、専門家として認定されるには、どうしたら良いのでしょうか。私は、技術者が特定の技術に対する専門家として認められるためには技術士第二次試験に合格することであると日頃から思っています。その理由は、技術士の受験申込書には「専門とする事項」を記載する必要がある、合格すればその技術の専門家であることを文部科学省（国）が認めた、ということになるためです。皆さまもぜひ技術士試験の合格を目指して、自分の専門とする技術を磨いていただきたいと思います。

人生100歳時代と言われていますが、技術者は定年退職で終わるのではなく、専門とする技術を活用して安心・安全な社会づくりに貢献して行きたいと考えています。

2023年度 若手優秀講演フェロー受賞者の声

この度、産業・化学機械と安全部門若手優秀講演フェロー賞を頂き、ありがとうございます。

2023年9月4日の年次大会で「加速度計測による情報板疲労評価における構造形状の評価精度への影響」について発表いたしました。現在、高速道路に設置されている照明設備や情報板設備などの高速道路付帯施設は省令により5年に1度の目視点検を行っています。しかし、個々の支柱の設置条件、風雨や交通振動によって疲労進行にばらつきがあります。疲労進行の遅い構造物においては点検の検査間隔や検査回数を変更

することでコストカットでき、そのコストを疲労進行が早くより危険な構造物に回し重点的に検査することで、疲労リスクに見合った点検を行うことが可能となります。

最後になりますが、今回受賞出来たことをとても光栄に思います。今後も産業・化学機械と安全部門に寄与していくとともに、部門の益々のご発展をお祈り申し上げます。

群馬大学大学院
上原涼平

2023年度 部門一般表彰（論文）受賞者の声

このたびは、日本機械学会 2023年度年次大会にて発表しました「S曲げ疲労を受けたワイヤロープの残存強度と損傷度の関係 (IWRC 6 × Fi (29) の場合)」に対して、産業・化学機械と安全部門一般表彰（論文）を賜り、大変うれしく、また光栄に存じます。受賞対象となった論文は、クレーン等で多用されるワイヤロープの廃棄基準について検討したもので、目視点検はもちろん大事ですが、ワイヤロープの負荷履歴を把握したうえで廃棄することは、ワイヤロープの破断に起因する災害の低減に寄与できると考えるものです。一方で、ワイヤロープの素線断線を検知できる漏洩磁束法を利用した非破壊試験方法があります。これは、負荷履歴に関係なくワイヤロープの廃棄を検討で

きるものですが、断線数を定量的に評価することが困難であることから、早期の廃棄となる場合があります。したがって、非破壊試験による断線の有無とワイヤロープの負荷履歴を管理していくことは、経済的な面と安全面の両立ができるものと考えます。現在も建設業や製造業では、クレーン用ワイヤロープや玉掛け用ワイヤロープの破断により被災する労働者がいます。ワイヤロープの破断に起因する災害が減少し、労働者の安全が確保される一助となるよう、今後も試験や研究を実施することはもちろん、得られた成果の公表に努めて参る所存です。

(独) 労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所
山口篤志

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26日(水)～6月28日(金)：安全工学シンポジウム2024(主催:日本学術会議 総合工学委員会ほか 共催:安全工学会、日本機械学会ほか)
9月8日(日)～11日(水)：日本機械学会年次大会(開催:愛媛大学 城北キャンパス)

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

- 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。
- 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。
- 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

2024年度受賞候補者の原稿締切りは2025年1月17日(金)までとします。

2023年度

若手優秀講演フェロー賞：

上原 涼平(群馬大学)

部門賞・部門表彰贈賞

部門一般表彰(論文表彰)：

山口 篤志((独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所)

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 2024年5月31日
発行責任者 上田 毅
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 野口 noguchi@jsme.or.jp