

労働者の化学物質取扱い時のヒューマンエラー防止に関する検討†

高橋 明子*1 島田 行恭*1 佐藤 嘉彦*2

本報は、プロジェクト研究「化学物質リスクアセスメント等実施支援策に関する研究」で行った研究のうち、労働者の化学物質取扱い時のヒューマンエラー防止に関する 2 つの調査研究について概要を報告する。1 つ目の「火災・爆発防止のための化学物質リスクアセスメントにおけるヒューマンエラーの考え方と評価手順の提案」では、労働安全衛生総合研究所が 2016 年に提案したプロセス災害（火災・爆発等）を防止するためのリスクアセスメント手法にヒューマンエラーの評価方法を組み込み、引き金事象としてのヒューマンエラーの分類方法や、ヒューマンエラーを「うっかりミス」と「意図的なルール違反」に分けて対策を検討する方法を提案した。また、2 つ目の「現場作業者の GHS 絵表示の理解度と文字情報の確認行動」では、化学物質を取り扱う現場作業者を対象に Web 調査を行い、法令で義務化された化学物質の表示ラベル（GHS ラベル）に含まれる絵表示の理解度と併記される文字情報の確認行動の実態調査を行った。本報では、この調査のうち、現場作業者の絵表示の危険有害性の理解度についての結果と、絵表示の理解度と想像しやすさの評価の関係についての結果を述べ、実施可能な安全対策を提案した。

キーワード: 化学物質リスクアセスメント, ヒューマンエラー, うっかりミス, 意図的なルール違反, GHS 絵表示の理解度

1. はじめに

本報は、プロジェクト研究「化学物質リスクアセスメント等実施支援策に関する研究」で行った研究のうち、化学物質を取り扱う労働者のヒューマンエラー防止に関する 2 つの調査研究「火災・爆発防止のための化学物質リスクアセスメントにおけるヒューマンエラーの考え方と評価手順の提案」¹⁾ と、「現場作業者の GHS 絵表示の理解度と文字情報の確認行動」^{2) 3)}の一部について概要を報告する。

2. 火災・爆発防止のための化学物質リスクアセスメントにおけるヒューマンエラーの考え方と評価手順の提案

2.1. 目的

化学物質を扱う産業分野において、ヒューマンエラーによる災害が発生していることが指摘されている。2 つの化学事故事例データベース（オランダ応用科学研究機構の FACTS と英国化学工学者協会の The Accident Database, 以下 TAD）を分析した研究⁴⁾において、FACTS では事故の発生原因としてヒューマンファクターが 47%を占めること、TAD では事故原因としてヒューマンエラーの占める割合は 11%だったが、他の分類にもヒューマンエラーとして分類すべき事例が含まれていることが指摘された。

事業者には、一定の危険性・有害性が確認されている化学物質を対象としたリスクアセスメントの実施が法令により義務化されているが、ヒューマンエラーの観点は、リスクアセスメントの実施方法にあまり反映されておらず、十分に検討されているとは言えない。一方で、産業現場においては、ヒューマンエラーを考慮したリスクアセスメントに関する先行研究が散見され、ヒューマンエラーをリスクアセスメントで検討する重要性が認識されている。森山・大谷 (2009)⁵⁾ は、被災者が個人で、事故の影響が個人レベルで収まる労働災害を対象とし、Performance Shaping Factor（以下、PSF）を用いてヒューマンエラーのリスク評価を従来のリスクアセスメントと同時に挙げる手法を提案した。この手法は、10 項目からなる人的要因の評価項目を用い PSF レベルを評価するものであったが、人的要因の評価項目の項目数や内容が妥当かどうか疑問が残った。また、向殿・早木 (2020)⁶⁾ は、意図的なルール違反をリスクアセスメントへ反映させるため、リスクアセスメントの「危険性又は有害性ごとのリスクの見積もり」において 33 種類の意図的なルール違反の可能性を評価し、その結果によって危険源の危害に至る可能性の評価を引き上げる方法を提案した。しかし、これによりリスク高の案件が大幅に増加し、現場に混乱が生じたという報告がなされた。岡田 (2004)⁷⁾ は、実際の作業から、将来のヒューマンエラーの要因となりえる PSF を抽出し、それらをもとに、作業におけるヒューマンエラー発生可能性を評価して、エラー対策の指針とする方法を提案した。これはヒューマンエラーの未然防止に特化した分析方法であり、ヒューマンエラーが引き金となる事故や災害のリスクレベルの検討はされていなかった。以上のように、ヒューマンエラーを考慮したリスクアセスメントに関する先行研究での手法を化学物質リスクアセスメントに適用する場合、ヒューマンエラーの特定方法やリスクの評価方法の妥当性、事故や災害のリスクレベル検討までの拡張方

† 本報の一部は、労働安全衛生研究, 第 14 巻 2 号, pp. 169-176, 2021, 労働科学, 95 巻, 第 3 号, pp. 77-90, 2019, 日本人間工学会第 59 回大会 (2018), 2F5-1 の記述の一部を加筆修正し、まとめ直したものである。

*1 労働安全衛生総合研究所リスク管理研究グループ

*2 労働安全衛生総合研究所化学安全研究グループ

連絡先: 〒204-0024 東京都清瀬市梅園 1-4-6

労働安全衛生総合研究所リスク管理研究グループ 高橋明子

E-mail: takahashi-akiko@s.jniosh.johas.go.jp

法など様々な点で検討の余地があった。

そこで、労働安全衛生研究所では、2016年に提案したプロセス災害（火災・爆発等）防止のためのリスクアセスメント手法（以下、安衛研手法）^{8) 9)}を基に、ヒューマンエラーを考慮した火災・爆発防止のための化学物質リスクアセスメント手法を検討することとした。

2.2. 安衛研手法の概要^{8) 9)}

労働安全衛生総合研究所では、プロセス災害（火災・爆発等）を防止するためのリスクアセスメント等の進め方と実施上重要なポイント、参考情報をまとめている。図1左部に実施手順を示し、以下に実施手順の概要を示す。

(1) STEP1：取り扱い物質及びプロセスに係る危険源の把握

STEP1では、物質危険特性、起こりうるプロセス災害、リスクアセスメントでの留意点を確認するため、取り扱っている化学物質やプロセスについて、潜在する危険と過去に発生した事故を把握する。

(2) STEP2：リスクアセスメント等の実施（リスクアセスメントとリスク低減措置の検討）

STEP2では、STEP1で把握した情報を基に、①から③の順でリスクアセスメントを実施する。

①引き金事象の特定とシナリオの同定

潜在的な危険を顕在化させる引き金事象を特定し、引き金事象の発生から火災・爆発などのプロセス災害に至る過程をシナリオとして同定する。

②シナリオに対するリスクの見積りとリスク評価

既存のリスク低減措置を把握するため、それが機能しなかった場合と機能した場合に分けて、リスク（重篤度と頻度）の見積りと、リスクの見積りの結果を基としたリスクレベルの評価を行う。また、既存のリスク低減措置がない場合も、リスクの見積りとリスクレベルの評価を行う。さらに、既存のリスク低減措置について目標と

なるリスクレベルに達成できているかを確認し、達成できていない場合は、後述の③で追加のリスク低減措置を検討する。

③シナリオに対するリスク低減措置の検討（追加のリスク低減措置の立案）

STEP②で目標とするリスクレベルに達していない場合は、追加のリスク低減措置を検討し、それを実施した場合のリスクの評価と実装可能性を確認する。

④上記①～③の繰り返しによるリスクアセスメント等の実施

リスクアセスメントの対象とした作業について、①～③を繰り返し実施する。

(3) STEP3：リスク低減措置の決定

STEP2で作成したシナリオごとのシートを基に、リスクアセスメント等実施結果シートにリスクレベルの高い順、あるいは、重篤度の高い順にシナリオを並べる。リスクレベルの高いシナリオから、リスク低減措置を決定する。

2.3. ヒューマンエラーの評価を含めた安衛研手法の考え方と評価手順

(1) ヒューマンエラーの定義とリスクアセスメント上での考え方

人間工学の分野では、人間をシステムの一部ととらえ、ヒューマンエラーを「効率や安全、システムパフォーマンスを阻害する、または、阻害する可能性のある不適切な、または、望ましくない人間の決定や行動」¹⁰⁾と定義している。したがって、不具合や事故につながる人間の行動がヒューマンエラーだと考えられており、意図しないうっかりミスも意図的なルール違反もヒューマンエラーに含まれる。その一方、意図しないうっかりミスや、意図せずに悪い結果を招いてしまった判断・決定は、意図的な違反や不安全行動とは心理的要因やプロセスが大きく異なり、対策も異なることが指摘されている¹¹⁾。そ

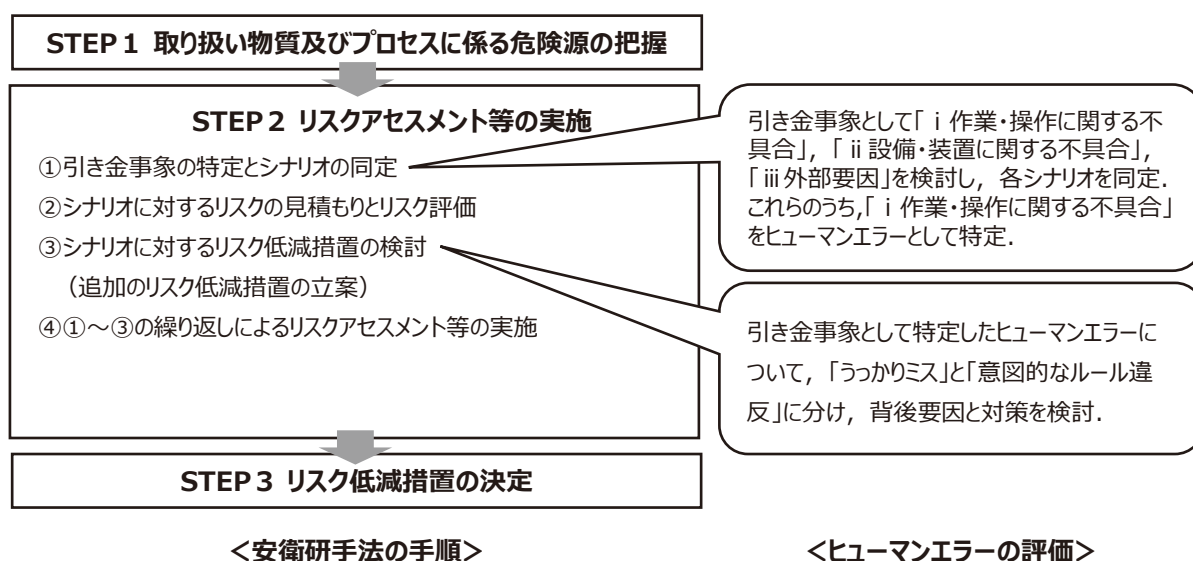


図1 ヒューマンエラーの評価を含めた安衛研手法の実施手順

のため、起こりうる引き金事象は同様の結果であっても、対策を検討する際に、それがうっかりミスによるものなのか、意図的な違反によるものなのかを分けて検討する必要がある。

以上を踏まえ、本研究では、安衛研手法のSTEP2①においてヒューマンエラーに関する引き金事象を特定する際、うっかりミスと意図的なルール違反を分けずに、人間の行動の結果をヒューマンエラーとして特定する。その後、STEP2③にてヒューマンエラーのリスク低減措置（対策）を考える際に、うっかりミスと意図的な違反を分け、それぞれへの対策を考えることとした。なお、本研究で想定されるヒューマンエラーは、「当該作業に関わる作業者が当該作業において手順書はあるが、そのとおりに実施していない」場合とする。

(2) ヒューマンエラーの評価を含めた安衛研手法の手順

ヒューマンエラーの評価を含めた安衛研手法を図1右部に示す。STEP2①では、作業ごとに引き金事象としてヒューマンエラーを特定する。安衛研手法は、引き金事象を「i 作業・操作に関する不具合」、「ii 設備・装置に関する不具合」、「iii 外部要因」の3種類に分けて検討するが、このうち、不適切な作業・操作を意味する「i 作業・操作に関する不具合」は人間の行動の結果を表すため、ヒューマンエラーに関する引き金事象と考える。7種類の「i 作業・操作に関する不具合」（ヒューマンエラー）の分類¹²⁾（表1）に従い、ヒューマンエラーを特

表1 作業・操作に関する不具合（ヒューマンエラー）の分類

種類	説明
① Omission Error やり飛ばし、やり忘れ	必要な作業を実施しなかった。 例)局所排気装置を稼働させなかった
Commission Error やり間違い	作業は実施したが、異なることを実施した。
② Selection Error 選択エラー	間違えた道具を選択した。作業する箇所を間違えた。 間違えた命令または情報を出した(設定ミス)。 例)異なるバルブAを開いた 例)原料投入量の設定値を間違えた/設定温度が高かった
③ Sequential Error 手順エラー	作業の手順を間違えた。 例)バルブBを開く前にバルブCを開いた
④ Time Error タイミングエラー	作業のタイミングが適切でなかった(早すぎた、遅すぎた)。 例)局所排気装置の稼働が遅れた
⑤ Qualitative Error 質的エラー	作業の強度(質)が定められた基準・標準と異なる。 例)バルブの開閉速度が速い/遅い 例)洗浄作業が不十分だった 例)蓋がきちんと閉められていなかった 例)攪拌が不十分だった(作業継続時間は設定通りだが均一に攪拌されていない)
⑥ Quantitative Error 量的エラー	作業量(充填量や作業継続時間など)が定められた基準・標準と異なる。 例)充填量を間違えた(その結果、原料充填量が多すぎ/少なすぎ) 例)昇温時間を間違えた(その結果、加熱しすぎ/加熱不足)
⑦ Other Error その他のエラー	その他、上記に分類されないもの。 例)道具を落とす、塗料をこぼす 例)接地していたアースを外してしまう(着火源発現防止対策の無効化)

定し、シナリオを同定する。その後STEP2②は従来通り実施する。

STEP2③では、引き金事象として特定されたヒューマンエラーの対策を検討する。STEP2②において、シナリオのリスクレベルが目標のリスクレベルに達していない場合は、この段階でうっかりミスと意図的なルール違反を分けて、背後要因と対策を考えていく。

(i) 「うっかりミス」の背後要因と対策の検討方法

まず作業手順書通りに実施しようとして失敗してしまう「うっかりミス」を想定する。「うっかりミス」をおかすのは、背後に「うっかりミス」を引き起こす要因があると考え、それらを抽出し排除・緩和する対策を考える。このとき、4M4E分析を用いてうっかりミスの背後要因と対策を考える。

4M4E分析の4Mはヒューマンエラーの背後要因となる可能性のあるもの、すなわち、人(Man)、もの(Machine)、環境(Media)、管理(Management)の要因であり、4Eはヒューマンエラーの背後要因への対策となるもの、すなわち、教育訓練(Education)、技術的対策(Engineering)、規程化・徹底(Enforcement)、事例紹介(Example)である。4M4Eを抽出しやすくするため、楠神(2006)¹³⁾を参考に4M4E表を作成した(表2)。

表2は塗装業での作業を想定し、「i 作業・操作に関する不具合」の「Omission error (やりとばし、やり忘れ)」として特定された「静電気帯電防止作業服・静電気帯電防止作業靴を着用しない」を例として示す。

まず、4M4E表の上部に特定した引き金事象1つを記述する。ここでは「静電気帯電防止作業服・静電気帯電防止作業靴を着用しない」の要因と対策を考えることとする(表2 [1])。

次に、この引き金事象を引き起こす背後要因を4Mをガイドにして抽出し、4M4E表へ記述する。また、複数の背後要因が抽出されるが、どの背後要因の対策を優先させるかを検討するため、対象作業に詳しい作業員や管理者の話し合いにより「その背後要因による引き金事象(うっかりミス)の発生しやすさ(うっかりミスの誘発性)」を3段階(大・中・小)で評価する。表2の例では、全部で5項目の背後要因(2項目が誘発性「大」、2項目が誘発性「中」、1項目が誘発性「小」)が抽出された(表2 [2])。

最後に、誘発性の大きい背後要因から順番に、4Eをガイドにして、すべての背後要因について対策を考える。このとき、リスク低減措置の種類(A~D)と目的(a~d)の組み合わせを各対策の末尾に記載する(例: B-a)。リスク低減措置の種類にはA)本質的対策、B)工学的対策、C)管理的対策、D)保護具の着用が含まれ、リスク低減措置の目的には、a)異常発生防止対策、b)異常発生検知手段、c)事故発生防止対策、d)被害の極限化対策が含まれる。リスク低減措置の種類と目的を意識することにより、どの観点での検討が不足しているかについて気づきやすくなる。4Mの各Mで背後要因が複数抽出された場合は背後要因と対策に①、②のように数字を

振ると対応関係がわかりやすくなる。

次に、提案された対策を実施する際の負担（経済的負担、時間的負担、労力的負担等）を考え、実施可能かどうかを確認する。うっかりミス誘発性の評価を参考に、実施可能な対策を実施し、実施不可能な対策を実施しなかった場合の全体的なリスクの見積りを行う。

(ii) 「意図的なルール違反」の背後要因と対策の検討方法

作業者が意図的に作業手順書を守らない「意図的なルール違反」を想定する。作業者が意図的なルール違反をおかす場合、ルールは合理的でも人手不足等で守れない、ルール違反を注意されない雰囲気があるなど、複数の要因（理由）を考えることができる。そのため、ここでは、作業者が意図的なルール違反をする要因（理由）を整理し、それらへの対策をまとめた上で、リスクアセスメントでの考え方と適用方法について述べる。

作業者が意図的なルール違反をおかす際、図2に示すように、①ルールについての知識・理解不足、②ルールの故意の不遵守、③職場風土の要因の3つの要因（理由）が挙げられる。さらに、これらのルール違反の要因（理由）を引き起こす背景には、様々な背後要因が考えられ、それぞれ異なるルール違反防止対策を挙げられる。

まず、「①ルールについての知識・理解不足」は、作業者が「ルールを正確に理解していない」場合^{11) 14)}である。これらのルール違反は、作業者の知識不足がルール違反の原因となるため、徹底したノウ・ホワイ教育(know why 教育)¹⁴⁾やノウ・ホワット教育(know what 教育)、

すなわち、なぜそのルールが必要なのか、ルールを守らなかつたらどのような結果となるかについて教え、作業者のルールの正確な理解とルールを守る大切さの理解をさせるのが有効であろう（図2、対策a）。また、ルールは質問や異議がないかを確認し、“それを守る”という言葉を取るということがよいと言われている（図2、対策a）¹⁵⁾。さらに、作業者がルールを学習したら、ルールが現場の実情に合っているかどうかを確認する。ルールが現場の実情に合わない場合は、作業者に遠慮せずに改善案を提案させ、それを真摯に検討する必要がある（図2、対策b）¹⁵⁾。

「②ルールの故意の不遵守」は、作業者が「ルールを理解しても守らない場合¹⁴⁾」である。背後要因としては、ルール自体の要因、状況の要因、個人の要因のいずれかが影響すると考えられる。

ルール自体の要因は、先述のように、ルールが現場の実情に合っておらず作業者がルールに納得していない状況である（図2、対策b）¹⁵⁾。

状況の要因は、ルールは合理的であるが常態的に時間・人手等のリソースが不足し、作業者がルールを守れない状況である。対策としては、配置する人数や使用する道具・装置等を再検討し作業計画を改善することが重要となる。加えて、守りづらいルールが不要になるような本質的な改善を検討することも有効である（図2、対策c）。

個人の要因は、ルールは合理的であるが作業者が不従

表2 うっかりミスの要因と対策の分析例（4M4E分析の例）

[1] 想定された引き金事象（うっかりミス）		静電気帯電防止作業服・静電気帯電防止作業靴を着用しない							
[2] 背後要因とうっかりミスの誘発性*		人 (Man)		もの (Machine)		環境 (Media)		管理 (Management)	
		(例) 知識/経験/技量の不足 危険感受性や警戒感の不足 体調不良/生理現象など		(例) 作業/設備/機器のわりにくさ 作業/機器操作の難しさ 表示のわりにくさなど		(例) 作業空間の狭さ 照明/騒音などの作業環境の悪さ 悪天候など		(例) 指示/合図の不十分 組織/職場間の協力体制の不良 作業マニュアルの不十分・不適切 作業時間/人員の不適切など	
		背後要因	誘発性 (大中小)	背後要因	誘発性 (大中小)	背後要因	誘発性 (大中小)	背後要因	誘発性 (大中小)
*うっかりミスの誘発性：「その背後要因があると、どのくらい引き金事象（うっかりミス）が起きやすくなるか」を表します。		①静電気による爆発・火災の危険性や防止対策に関する知識が不十分	大	①静電気帯電防止作業服・静電気帯電防止作業靴が必要なエリアの表示がない	大	①静電気帯電防止作業靴を置く下駄箱が不便なところにある	中	①作業者どうしの服装チェックの仕組みがない	小
		②急いでいる	中						
リスクアセスメントの対象となった作業場所・作業内容・作業手順等を想定してうっかりミスの誘発性を評価してください。									
[3] 防止対策	教育訓練 (Education)	(例) 作業標準など手順の教育 技能習熟のための教育訓練 危険感受性/安全意識の高揚など	①静電気による爆発・火災の危険性や防止対策に関する教育をする(C-a)						
	技術的対策 (Engineering)	(例) 車両/設備/機器の機能改善 ヒューマンマシン・インターフェイスの改善 治工具の改善など		①静電気帯電防止作業服・静電気帯電防止作業靴が必要なエリアを色分け等をして明示する(B-a)	①下駄箱の場所を見直す(B-a)		①更衣室のドアに鏡を設置する(B-a)		
	規程化・徹底 (Enforcement)	(例) 作業体制/分担の見直し 作業手順/方法の見直し 帳票/マニュアル類の見直しなど	②遅れても服装のチェックを優先させるルールを作る(C-a)			①下駄箱から作業場所までのルートを決める(C-a)		①作業開始前に、作業者どうしで服装のチェックをするルールを作る(C-a) ①服装チェックのリストを作る(C-a)	
	事例紹介 (Example)	(例) 事故事例の提示 良好事例の提示	①静電気による爆発・火災事故事例を掲示して周知徹底する(C-a)					①服装の好事例（写真）を更衣室に掲示する(C-a)	

順であるためにルールを守らない状況である。対策としては、個人の安全態度・価値観に対する働きかけが必要となる（図2、対策d）。例えば、褒める制度のように作業者の安全へのモチベーションを高めるような施策・教育、会社への愛着・コミットメントを高める施策が有効である。また、作業者にルールの必要性や違反によるリスクを説明して納得させることも重要である。

また、個人の心理は集団の心理から大きな影響を受けることが知られている。後述する③のような職場風土があると、それに影響されて個人のコンプライアンス意識も低下するため、後述する対策eのアプローチも併せてとる必要がある。

最後に、「③職場風土の要因」とは、「みんなも守っていない、守らなくても注意を受けたり罰せられたりしない」¹¹⁾ というように、職場全体にルール違反を容認する雰囲気がある場合である。この背後要因には、個人の利益追求のために作業者が意図的に組織の生産や所有を逸脱する行動を容認する場合と、組織や職場の利益を上げるために違反を組織ぐるみで容認する場合があることが指摘されているが¹⁶⁾、共通の対策が有効である。

まず、違反が起こりにくい職場風土を作るため、管理者が作業者の業務や現場が適正であるかを監督管理する内部監査や安全パトロールの実施や、現場において職制に関係なく安全に関する指摘をし合う相互注意の実施が挙げられる（図2、対策e）。また、作業者が職場内で違反を見つけたとき、違反を告発しやすくする仕組みを整備することも有効である（対策e）。これらを有効に機能さ

せるためには、作業者と管理者、作業者どうし、管理者どうしが積極的にコミュニケーションを取れる職場風土を形成することが前提となる（図2、対策e）。

リスクアセスメントにおいて各作業の意図的なルール違反を想定する場合、作業者の意図は様々であり、すべての要因（理由）を想定できるため、意図的なルール違反に関するすべての対策が実施できているかどうかについて検討する必要がある。すなわち、リスクアセスメントの対象となった引き金事象について、図3の「a.知識教育を中心とした安全教育」から「e.監督管理とコミュニケーション」のすべての対策の実施状況について、表3を用いて確認する。表3の上部に対象となった引き金事象（意図的なルール違反）を記述し、リスクアセスメントの対象作業において、チェックリストにある防止対策が十分に実施されているかどうかを関係者全員で検討し、十分に実施できていない項目を抽出する。

これらのチェックリストを満たすことを対象となった引き金事象（意図的なルール違反）の対策と考え、すべて満たした場合のリスクの見積りをする。

以上がSTEP2③のヒューマンエラーの考え方と評価手順である。STEP2①～③を繰り返し、リスクアセスメントを実施したのち、STEP3にて実施するリスク低減措置を決定する。

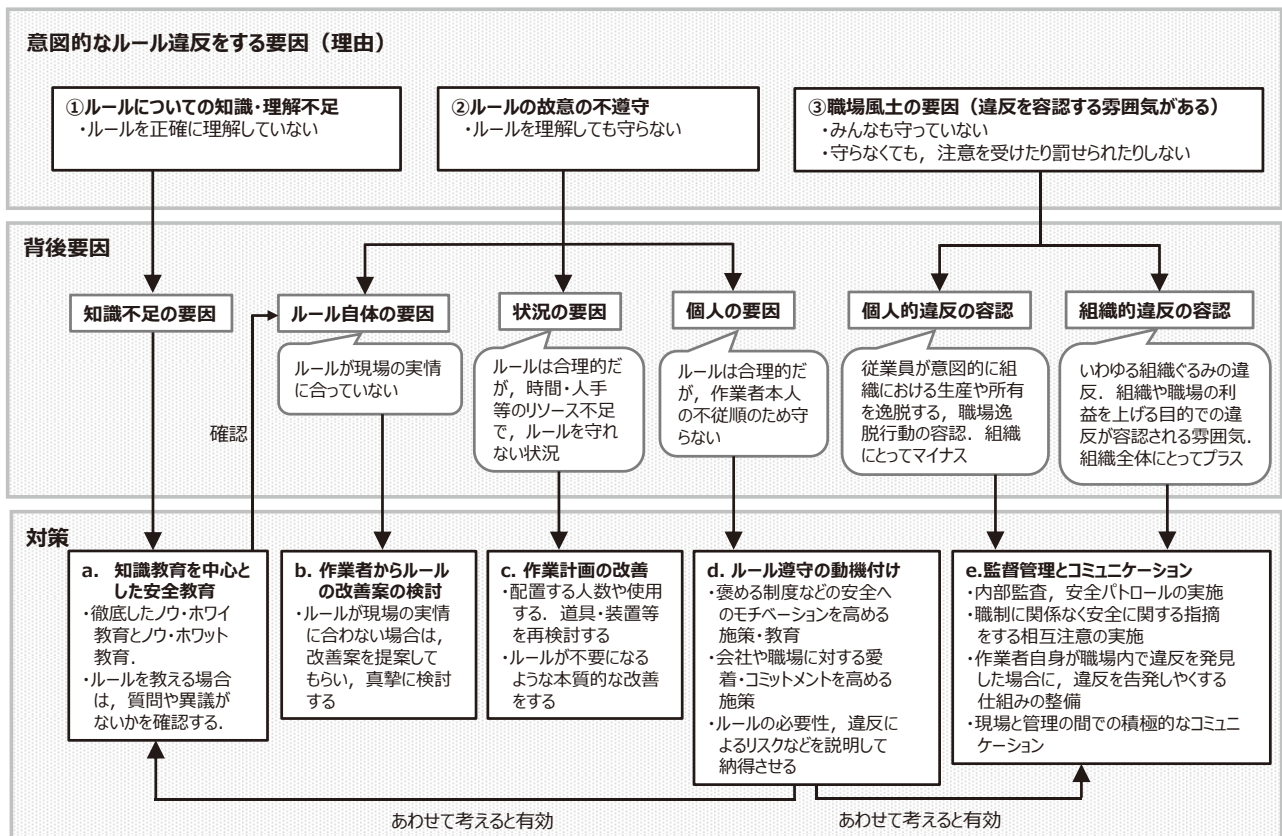


図2 意図的なルール違反の要因と対策

表3 意図的なルール違反防止のチェックリスト

<p>想定された引き金事象 (意図的なルール違反)</p> <p>例：静電気帯電防止作業服・静電気帯電防止作業靴を着用しない</p>	<p>リスクアセスメントの対象となった作業場所、作業内容、作業手順等を想定してチェックする。</p>
<p>◎上記の作業手順・内容について、下記の項目が実施できているかどうかを関係者全員でチェックしてください。</p>	
<p>a.知識教育を中心とした安全教育は十分ですか？</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者は、ルールについて正しい知識を持っていますか。</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者は、なぜそのルールが必要なのか (know why) , ルールを守らなかったらどのような結果となってしまうか (know what) について理解していますか。</p>	
<p>b.ルールは現場の実情に合っていますか？</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者と管理者で、ルールが現場の実情に合っているか確認していますか。</p> <p><input type="checkbox"/> 現場の実情に合っていない場合、作業者に改善案を提案してもらい作業者と管理者と一緒に検討していますか。</p>	
<p>c.作業計画は適正ですか？</p> <p><input type="checkbox"/> 配置される人数や使用される道具・装置等は十分検討され、適正ですか。</p> <p><input type="checkbox"/> 守りづらいルールがある場合、そのルールが不要になるような作業計画の改善は検討されていますか。</p>	
<p>d.ルールを守る動機づけを高める教育や施策を検討していますか？</p> <p><input type="checkbox"/> 安全へのモチベーションを高める施策・教育は実施していますか (例：褒める制度等) 。</p> <p><input type="checkbox"/> 会社や職場に対する愛着・コミットメントを高める施策は実施していますか (例：企業理念やミッションの共有、適切な人事評価とフィードバック等) 。</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者に、ルールの必要性、違反によるリスクなどを説明して納得してもらっていますか。</p>	
<p>e.業務や現場の監督管理とコミュニケーションは十分に行われていますか？</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者の業務や現場が適正かどうかを監督管理する仕組みがありますか (例：内部監査、安全パトロール等) 。</p> <p><input type="checkbox"/> 現場において、職制に関係なく安全に関する指摘をし合う仕組みがありますか (例：相互注意等) 。</p> <p><input type="checkbox"/> 作業者が職場内で違反を発見した場合に、違反を告発しやすい環境になっていますか (例：告発した作業者が保護される仕組みや告発のサポート制度等) 。</p> <p><input type="checkbox"/> 管理者どうし、作業者どうし、作業者と管理者の間で積極的なコミュニケーションは取られていますか。</p>	



図3 GHS 絵表示

て化学物質を取り扱う現場作業員へ直接的に注意を促し、化学物質の取り扱いによる事故リスクや疾病リスクの低減効果が期待されている。

ラベルに含まれる絵表示 (図3) は、危険性・有害性の種類とその程度が一目で分かるように工夫されたものであり¹⁸⁾ 労働者にとって理解しやすいものであることが望ましい。しかし、GHSでは、種類や程度を含めると約80種類もある危険有害性を9つの絵表示を用いて表すこととなっているため、労働者が絵表示からすべての危険有害性を正確に読み取るのは難しいと予想される。また、労働者が絵表示から危険有害性を想像できたと感じて実際に絵表示が示す危険有害性と合致しないものも含まれると予想される。

化学物質のGHS絵表示の理解度は国内外で調査されている^{19) 20) 21)}。これらの調査では各絵表示の示す危険有害性の大意あるいは部分的な内容の理解度を測定しているが、性質や程度を考慮した危険有害性の項目ごとの理解度は調査されていない。また、国内においては職場で化学物質を取り扱う現場作業員を対象に理解度を測定した調査も見当たらない。

以上から、本研究では、Web調査によって職場において化学物質を取り扱う現場作業員を対象に、GHS絵表示の示す危険有害性の項目ごとの理解度とGHS絵表示に関する印象を検討する。それらによって、GHS絵表示の理解度の実態と問題点を明らかにし、今後の対策を検討することとした。

3.2. 方法

(1) 調査対象者

株式会社マクロミルにてWeb調査を行った。回答者を化学物質を取り扱う可能性の高い現場作業員に絞り込むため、事前調査により、業種は「製造業」、職種は「研究/開発」、「生産/製造」、「生産技術/生産計画」、「品質管理/検査」、職位は「一般社員」でスクリーニングした後、本調査を実施した。調査は電子メールへの配信、あるいは、専用サイトによって回答された。本調査では現場作業員729名 (化学系製造業299名、その他の製造業430名；男性600名、女性129名；平均年齢44.7歳、標準偏差9.7歳) から回答を得た。

本研究は、文部科学省・厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に準拠し、調査対象者には調査への回答前に文章にて調査者、データの利用目

3. 現場作業員の GHS 絵表示の理解度と想像しやすさの評価

3.1. 目的

労働安全衛生法により一定の危険有害性のある化学物質の譲渡提供時には、容器などへ危険有害性を表すラベルを表示することが義務づけられている。このラベルの表示は国際的な取り扱いと整合させるため、化学品の分類および表示に関する世界調和システム (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals, 以下、GHS)¹⁷⁾ に準拠している。これによつ

的と利用方法、調査項目、データの利用範囲と管理等についての説明を表示し、同意した場合のみ調査の回答をするように教示した。

(2) 調査項目










調査項目は、①回答者のプロフィール（性別、年齢、経験年数、業種、従業員数）と職場での化学物質の取扱い頻度（3段階：「いつも扱っている」～「まったく扱わない」）を訊いた。また、9つの絵表示をそれぞれ108ピクセル×108ピクセルで提示した上で、絵表示に関する知識の有無（3択：「見たこともあるし、意味も知っている」、「見たことはあるが、意味は知らない」、「見たことがない」）、研修等による絵表示の学習頻度（4段階：「定期的に学んでいる」～「学んだことがない」）を訊いた。

また、②絵表示が示す危険有害性の理解度を調べる項目を作成した（表4）。危険性を表す絵表示4種類（炎、ガスボンベ、円上の炎、爆弾の爆発）と有害性を表す絵表示5種類（腐食性、健康有害性、環境、どくろ、感嘆符）に分けた。105ピクセル×105ピクセルで作成した各絵表示をランダムな順序で提示し、有害性を表す絵表示については有害性に共通の選択肢から、危険性を表す絵表示については危険性を表す共通の選択肢から該当すると思われる選択肢をすべて選択する複数選択式で回答を求めた。なお、「腐食性」は危険性と有害性の両方の性質をもつ絵表示であるが、ここでは有害性のグループに含めた。

各危険有害性の正解の選択肢は、化学物質の専門家1名を含む研究者3名が、GHS¹⁷⁾で規定される危険有害性の性質に着目し、絵表示ごとに1～5項目を作成した（危険性8項目、有害性15項目、表4）。また、選択肢が回答のヒントとなる可能性を低減させるため、大学生、大学院生や一般社会人を対象とした予備調査をもとにダミー項目を作成した。予備調査の回答の中から、先の研究者3名がGHS¹⁷⁾で規定されていないことを条件に、絵表示1つにつき1、2項目のダミー項目を選択し、11項目（危険性6項目、有害性5項目、表4）を作成した。さらに、その他を表す選択肢として「上記以外の内容をも」表している」を含め、危険性については15項目の選択肢、有害性については21項目の選択肢を作成した。

加えて、印象を調べる項目として、絵表示のある化学物質を使用する場合の③文字情報の確認可能性（5段階：「まったく読まないと思う」～「必ず読むと思う」）、④危険有害性の想像しやすさ（5段階：「全く想像できない」～「非常に想像できる」）、⑤自分の安全や健康への影響の大きさ（5段階：「まったく影響はない」～「非常に影響がある」）の3項目を設定した。105ピクセル×105ピクセルで作成した各絵表示をランダムな順序で提示し、各項目について回答を求めた。危険有害性の想像しやすさを調べる項目を設定したのは、回答者が絵表示を見て危険有害性を想像できたと感じていても実際には理解できていない場合があることが予測され、絵表示の理解度と絵表示が示す危険有害性の想像しやすさとの関連を

表4 GHS絵表示が示す危険有害性の選択肢

項目の区分	選択肢	
危険性 (8項目)	 炎（4項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃性または引火性がある ・空気に触れると自然発火するおそれがある ・水に触れると可燃性または引火性ガスを発生する ・自己発熱による火災のおそれがある
	 ガスボンベ（2項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・高圧ガスで、熱すると爆発のおそれがある ・深冷液化ガスで、凍傷や傷害のおそれがある
	 円上の炎（1項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・酸性物質で、火災を助長するおそれがある
	 爆弾の爆発（1項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・爆発物で、爆発、火災等の危険性がある
ダミー項目と その他（7項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・やけどの危険性がある ・傾けると危険がある ・割れやすい ・有毒ガスを発生させる ・物質の表面が燃えるおそれがある ・核爆発のおそれがある ・上記以外の内容をも）表している 	
有害性 (15項目)	 腐食性（3項目）※	<ul style="list-style-type: none"> ・金属が腐食するおそれがある ・皮膚の薬傷が生じる ・眼を損傷する
	 どくろ（1項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・飲み込む・接触する・吸入すると生命に危険あるいは有毒である
	 健康有害性（5項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・吸入するとアレルギー、喘息または呼吸困難を起こすおそれがある ・遺伝性疾患のおそれがある ・発がんのおそれがある ・生殖能または胎児への悪影響のおそれがある ・臓器の障害を起こす
	 環境（1項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・水生生物に毒性がある
	 感嘆符（5項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・飲み込む・接触する・吸入すると有害である ・アレルギー性皮膚反応を起こすおそれがある ・呼吸器への刺激のおそれがある ・眼の刺激がある ・オゾン層を破壊し、健康および環境に有害である
ダミー項目と その他（6項目）	<ul style="list-style-type: none"> ・静電気が発生する ・危険区域となる ・被ばくのおそれがある ・急激に乾燥する ・取り扱いに注意する ・上記以外の内容をも）表している 	

※腐食性は危険性と有害性両方の内容があるが、ここでは有害性に含めた。

検討することで、理解しづらい絵表示の特徴を考察できると考えたからである。

なお、本報では、GHS絵表示の示す危険有害性の理解度の結果と、GHS絵表示の示す危険有害性の理解度と想像しやすさの関係の結果について述べることとする。③文字情報の確認可能性と⑤自分の安全や健康への影響の大きさに関する結果の説明は省略する。

3.3. 結果と考察

(1) 分析対象者

職場で化学物質を「いつも扱っている」、「ときどき扱う」と回答した353名（調査対象者の48.4%）を分析対

象とした。分析対象とした調査回答者のプロフィールを表5に示す。なお、学習頻度は「定期的に学んでいる」、「何度か学んでいる」、「一度だけ学んだ」の各割合が小さかったことから、これらを「学んだことがある」にまとめて、学習経験の有無（「学んだことがある」、「学んだことない」として算出した。表5の(g)(h)を見ると、職場で化学物質を取り扱う現場作業者であっても、絵表示の知識についていずれかの絵表示の意味も知らない割合（「見たことはあるが、意味は知らない」、「見たことがない」の割合）が48.7%とほぼ半数を占め、学習経験については学んだことがない割合が66.6%と大きな割合を占めた。

表5 回答者のプロフィール (n=353)

項目		人数 (名)	割合 (%)
(a)性別	男性	292	82.7
	女性	61	17.3
(b)年齢	20代	29	8.2
	30代	82	23.2
	40代	148	41.9
	50代	82	23.2
	60代	12	3.4
(c)経験年数	1年未満	18	5.1
	1年以上3年未満	35	9.9
	3年以上10年未満	114	32.3
	10年以上20年未満	110	31.2
	20年以上	76	21.5
(d)業種	化学系製造業	186	52.7
	その他製造業	167	47.3
(e)従業員数	20人未満	34	9.6
	20人以上50人未満	46	13.0
	50人以上100人未満	46	13.0
	100人以上300人未満	68	19.3
	300人以上1000人未満	72	20.4
	1000人以上	87	24.6
(f)職場での 化学物質 の取り扱い	いつも扱っている	163	46.2
	ときどき扱う	190	53.8
	まったく扱わない	0	0
(g)絵表示の 知識	見たこともあるし、意味も 知っている	181	51.3
	見たことはあるが、意味は 知らない	141	39.9
	見たことがない	31	8.8
(h)研修等 での絵表示 の学習経験 の有無	学んだことがある	118	33.4
	学んだことがない	235	66.6

(2) GHS 絵表示の示す危険有害性の理解度

GHS 絵表示が示す危険有害性の理解度について表6へ示す。最も正解率の高かった項目は「炎」の「可燃性または引火性がある」の75.6%であった。アメリカ規格協会の安全記号基準²²⁾では、自由記述式による理解度テストで、85%以上の回答者が正解できることが安全記号がメッセージを明瞭に伝えているかどうかの基準だとされている。回答形式が異なるため単純に比較はできないが、この基準を満たした項目はなかった。また、この

基準の半分にも満たないクラスター項目が17項目（全項目の73.9%）あり、化学物質を取り扱う現場作業者であってもGHS 絵表示が示す危険有害性をあまり理解していないことが明らかとなった。

(3) GHS 絵表示の示す危険有害性の理解度と想像しやすさの評価

各GHS 絵表示が示す危険有害性の理解度と想像しやすさの関係を検討するため、正解項目の選択率（正解率）と想像しやすさの評価の平均値を標準化し、ward法を用いたクラスター分析により分布の特徴を調べた（図4）。その結果、「正解率も想像しやすさの評価も高いグループ」、「正解率も想像しやすさの評価も低いグループ」、「正解率は低いが想像しやすさの評価が高いグループ」の3つに分類された。

まず「正解率も想像しやすさの評価も高いグループ」には、正解項目が一つであった「環境（73.1%）」、「爆弾の爆発（60.9%）」、「どくろ（47.6%）」が入り、比較的理解度と想像しやすいという印象が一致していた。「環境」の「水生生物に毒性がある」は魚が横たわっている様子を表すシンボルであり、水生生物に毒性があるという性質を表していることが危険有害性の理解度と想像しやすさにつながったと考えられる。「爆発物の爆発」の「爆発物で、爆発、火災等の危険性がある」の正解率も想像しやすさも相対的にやや高かったが、想像しやすさはこのグループの中で低めに評価された。北神（2003）²³⁾は、ピクトグラムの事物を単純化させることでイメージとして頭の中に取り込みやすくなることを指摘している。「爆発物の爆発」のシンボルは爆発の様子が描かれ性質を表していたが、シンボルが詳細な表現となっていたために、このグループの中で想像しやすさが相対的に低めとなった可能性がある。「どくろ」は9つの絵表示の中で想像しやすさの評価が最も高く、回答者に明確なイメージを持たれていた可能性があった。正解率を見ると、「どくろ」の正解項目である「飲み込む・接触する・吸入すると生命に危険あるいは有毒である」は47.6%で相対的に高いグループに入った一方で、ダミー項目「取扱いに注意する」の選択率も30%見られた。「どくろ」のシンボルは、一般的に、正解項目の「飲み込む・接触する・吸入すると生命に危険あるいは有毒である」と近いイメージが持たれていると言えるが、「取扱いに注意する」というイメージが持たれている場合もあると考えられ、正解項目が1項目であった絵表示の中では、正解率が低めであった。以上から、正解が1項目のこれらの絵表示は、シンボルが起りうる現象を表していることにより相対的に危険有害性を想像しやすかったと考えられるが、一般的なイメージと混同する場合は理解度が低めになることも認められた。

また、「炎」、「健康有害性」、「腐食性」は正解項目が複数であったが、正解項目のうち1項目の正解率が相対的に高く、かつ、想像しやすいと評価された。「炎」は、「可燃性または引火性がある」の正解率が相対的に高く、想像しやすさも高かったが、これは「炎」のシンボルが炎

表 6 GHS 絵表示が示す危険有害性の理解度

絵表示	項目（正解項目と30%以上の選択率のあった不正解項目）	正解数 または 選択数	割合 (%)
 炎	・ 可燃性または引火性がある	267	75.6
	・ 自己発熱による火災のおそれがある	74	21.0
	・ 空気に触れると自然発火するおそれがある	68	19.3
	・ 水に触れると可燃性または引火性ガスを発生する	9	2.5
 ガスボンベ	・ 高圧ガスで、熱すると爆発のおそれがある	41	11.6
	・ 深冷液化ガスで、凍傷や傷害のおそれがある	11	3.1
	・ 【誤：ダミー】傾けると危険がある	114	32.3
 円上の炎	・ 酸化性物質で、火災を助長するおそれがある	125	35.4
	・ 【誤：炎】可燃性または引火性がある	152	43.1
 爆弾の爆発	・ 爆発物で、爆発、火災等の危険性がある	215	60.9
 腐食性	・ 皮膚の薬傷が生じる	188	53.3
	・ 金属が腐食するおそれがある	61	17.3
	・ 眼を損傷する	14	4.0
	・ 【誤：ダミー】取り扱いに注意する	130	36.8
 どくろ	・ 飲み込む・接触する・吸入すると生命に危険あるいは有毒である	168	47.6
	・ 【誤：ダミー】取り扱いに注意する	106	30.0
 健康有害性	・ 臓器の障害を起こす	197	55.8
	・ 吸入するとアレルギー、喘息または呼吸困難を起こすおそれがある	118	33.4
	・ 発がんのおそれがある	49	13.9
	・ 生殖能または胎児への悪影響のおそれがある	27	7.6
	・ 遺伝性疾患のおそれがある	15	4.2
	・ 【誤：どくろ】飲み込む・接触する・吸入すると生命に危険あるいは有毒である	158	44.8
	・ 【誤：感嘆符】飲み込む・接触する・吸入すると有害である	137	38.8
	・ 【誤：感嘆符】呼吸器への刺激のおそれがある	130	36.8
 環境	・ 水生生物に毒性がある	258	73.1
 感嘆符	・ 飲み込む・接触する・吸入すると有害である	16	4.5
	・ 眼の刺激がある	15	4.2
	・ オゾン層を破壊し、健康および環境に有害である	14	4.0
	・ 呼吸器への刺激のおそれがある	11	3.1
	・ アレルギー性皮膚反応を起こすおそれがある	6	1.7
	・ 【誤：ダミー】取り扱いに注意する	208	58.9

の燃えている様子を表しており、可燃性や引火性という性質を表していたからだと考えられる。「健康有害性」は、「臓器の障害を起こす」の正解率が相対的にやや高く、想像しやすさもやや高かったため、シンボルがこの性質を表していると言える。「腐食性」は「皮膚の薬傷が生じる」の正解率と想像しやすさがやや高かったが、このグループの中で想像しやすさの評価は相対的に低めであった。このシンボルは危険有害性の性質を表しているが、「爆発物の爆発」と同様に詳細な表現がなされているた

めに、想像しやすさが相対的に低めとなった可能性がある。

反対に、「正解率も想像しやすさの評価も低いグループ」には、「ガスボンベ」、「感嘆符」が入った。これらは正解項目を複数有していたが、すべての正解項目の正解率も想像しやすさの評価も相対的に低かった。これらのシンボルは性質を表現しておらず、危険有害性が伝わらなかったからだと考えられる。特に感嘆符は一般的に警告などの意味で使用されている。表 6 を見ると、ダミー

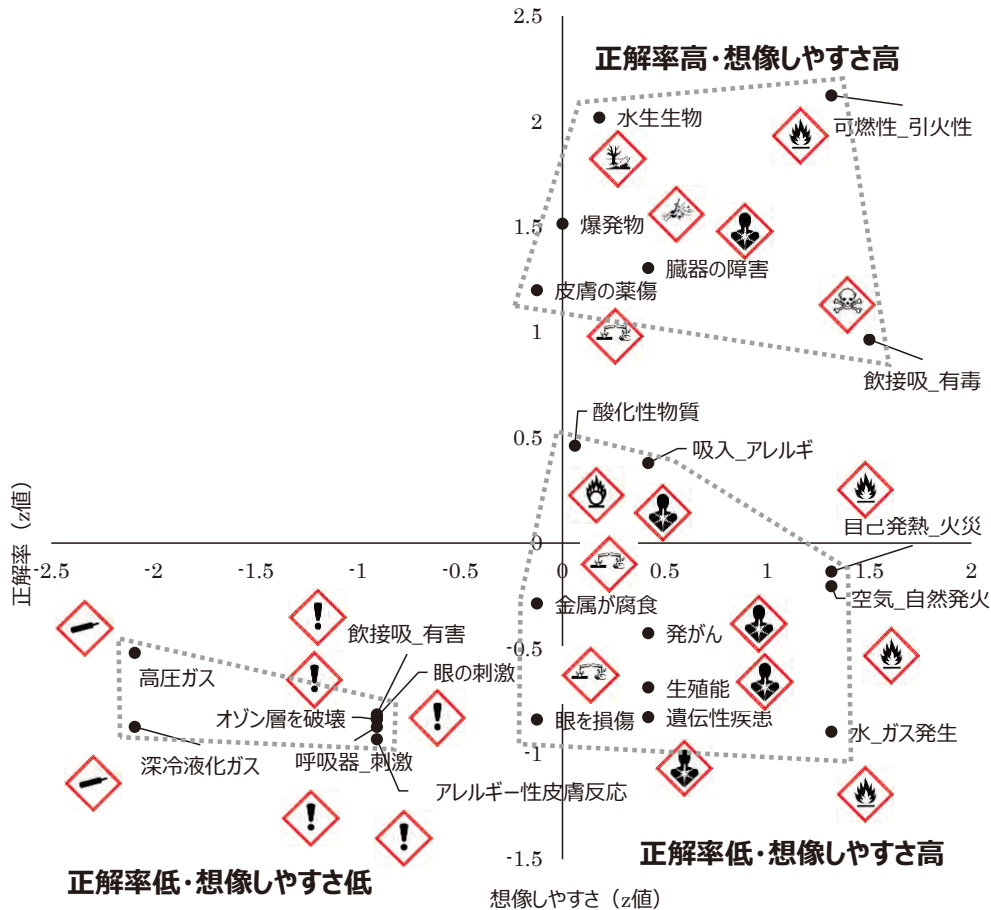


図4 GHS 絵表示が示す危険有害性の正解率と想像しやすさの評価

項目「取扱いに注意する」の選択率が 58.9%であり、一般的な意味と混同されたと考えられる。

「正解率は低いが想像しやすさの評価が高いグループ」には、「炎」、「健康有害性」、「腐食性」の残りの正解項目が入った。「炎」は「自己発熱による火災」、「空気に触れると自然発火」、「水に触れるとガス発生」という特殊な性質が入ったが、これは「炎」のシンボルがこれらの性質を表していなかったことが原因だと考えられる。また、「健康有害性」の「吸入するとアレルギー」、「発がん」、「生殖能への悪影響」、「遺伝性疾患」も正解率が低かった。さらに、表 6 を見ると、「飲み込む・接触する・吸入すると」、「呼吸器への刺激」のように呼吸器や吸入に関する「どくろ」、「感嘆符」の正解項目が誤って 30% 以上の回答者に選ばれていた。「健康有害性」は肺の位置に星形六角形のような図形をもつシンボルであったことから、回答者に呼吸器や吸入に関する問題を想起させたと考えられる。また、「腐食性」の性質（金属が腐食、「目を損傷」）も正解率が低かったが、これもシンボルがこれらの性質を表していないからだと考えられる。このように、「炎」、「健康有害性」、「腐食性」は複数の正解項目を有しておりそれぞれ 1 項目の正解率が高かったが、他の正解項目は正解率が低く、1 つの絵表示から複数の危険有害性を読み取るのが難しいことを示している。

以上から、正解項目が 1 項目でありシンボルが単純で

危険有害性の性質を表す絵表示と、正解項目が複数であっても、シンボルが 1 つの正解項目の危険有害性を表す絵表示は相対的に正解率も想像しやすさも高いこと、反対に、シンボルが危険有害性を表していない絵表示は正解率も想像しやすさの評価も低いことがわかった。加えて、1 つの絵表示から複数の危険有害性を読み取ることが非常に困難であることも明らかとなった。

(4) GHS 絵表示の示す危険有害性の理解度を高める対策

GHS 絵表示は国際的に定められたものであり、デザインの変更などの本質的な対策を実施できないため、現状で実施可能な対策について検討する。

まず GHS でもその重要性が記載されているが¹⁷⁾、教育訓練をすることが有効だと考えられる。先行研究では、絵表示とともに絵表示が使用される環境²⁴⁾が提示されるとメッセージの理解に効果があることが示されている。GHS 絵表示においても絵表示とともにその化学物質を使用する環境を示せば、作業者の理解度が高まり、記憶に残りやすくなる可能性がある。また、警告を示す絵表示と事故シナリオ（事故やヒヤリハット、ハザードの性質、推奨される行動、行動できなかった場合に起こりうる結果）を併せて提示する訓練は、絵表示とその意味を表すラベルを併せて提示する訓練よりも正答率と回答の自信度が上がり、回答の反応時間の短縮効果が持続することが報告されている²⁵⁾。GHS 絵表示も化学物質によ

る事故シナリオと併せて学習することで、その化学物質の扱い方 (know-how) や化学物質を適切に取り扱わなければならない理由 (know-why) まで理解でき、記憶や危険感受性が高まる可能性がある。

また、ラベルのデザイン (各情報のレイアウト、サイズ、補助情報の追加など) の改良も有効だと考えられる。現状の GHS ラベルは、複数の GHS 絵表示がまとめて表示され、別の箇所に対応する複数の危険有害性の文字情報がまとめて表示される。しかし、GHS 絵表示の示す危険有害性の理解度の低さを考慮すると、GHS 絵表示と文字情報を 1 対 1 で対応させる配置にすることが重要だと言える。また、機器の取扱説明書を用いた実験において、サイズを大きくし着色して目立たせた文字と絵表示を併用することで、言葉による警告メッセージの理解度と記憶の成績が他の条件 (地味な文字や、絵表示の不使用) よりも高くなることが示されている²⁶⁾。GHS 絵表示に対応する危険有害性情報や注意書きの文字を目立たせる工夫をすることも GHS ラベルの示すメッセージの理解度を高め、記憶に残りやすくさせる可能性がある。

4. おわりに

本報では、労働者の化学物質取扱い時のヒューマンエラー防止に関する 2 つの調査研究の概要を報告した。労働者が化学物質を適切に取り扱わないことが事故リスクや疾病リスクを高めるため、化学物質取扱い時のヒューマンエラー防止対策を検討することは労働現場での重要な課題である。本報で示した化学物質リスクアセスメントでのヒューマンエラーの評価方法の提案と、GHS 絵表示の理解度の調査結果や対策の提案が労働現場にて有効に活用され、化学物質取扱い時のヒューマンエラー防止の意識が高まることを期待したい。

参 考 文 献

- 高橋 明子, 島田 行恭, 佐藤 嘉彦. 火災・爆発防止のための化学物質リスクアセスメントにおけるヒューマンエラーの考え方と評価手順の提案. 労働安全衛生研究. 2021; 14 2: 169-176.
- 高橋 明子, 島田 行恭, 佐藤 嘉彦. 現場作業者の GHS 絵表示の理解度と文字情報の確認行動. 労働科学. 2019; 95 3: 77-90.
- 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦. 化学物質ラベルの絵表示に関する理解度と印象の分析. 人間工学. 2018; 54 Supplement: 2F5-1.
- 若倉正英. 事故データベースからみたヒューマンファクター事故の発生傾向. 安全工学. 2000; 39 1: 29-32.
- 森山哲, 大谷英雄. ヒューマンエラーを考察したリスクアセスメント手法の研究. ヒューマンファクターズ. 2009; 13 2: 118-133.
- 向殿政男, 早木武夫. 製造現場の意図的なルール違反とリスクアセスメント反映手法. 安全工学. 2020; 59 1: 2-7.
- 岡田有策. ヒューマンエラー未然防止への展開—ヒューマンエラー・シーズの分析とヒューマンエラー可能性評価—. 安全工学. 2004; 43 3: 146-153.
- 独立行政法人労働安全衛生総合研究所. 労働安全衛生総合研究所技術資料 プロセスプラントのプロセス災害防止のためのリスクアセスメント等の進め方, JNIOOSH-TD-No.5. 2016.
- 島田行恭, 佐藤嘉彦, 板垣晴彦. 火災・爆発防止のためのリスクアセスメント等の進め方. 安全衛生コンサルタント. 2016; 36 118: 15-23.
- Sanders, M. S. & McCormick, E. J.. Part 6 Human Factors Applications. Human Factors in Engineering and Design. 1993; 653-756.
- 芳賀繁. なぜ事故が起きるのか, 事故がなくなる理由 安全対策の落とし穴. PHP 研究所. 2012; 89-110.
- Swain, A. D. & Guttman, H. E.. Some Performance Shaping Factors Affecting Human Reliability . Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications Final Report, NUREG/CR-1278. 1983.
- 楠神健. 鉄道分野におけるヒューマンエラー分析法の導入・展開. 計測と制御. 2006; 45 8: 706-712.
- 岡部康成. 事故や災害を防止するために—感情的側面への教育的配慮—. 岡本浩一, 今野裕之編著, リスクマネジメントの心理学 事故・事件から学ぶ. 新曜社. 2003; 245-270.
- 小松原明哲. マニュアルの制定と徹底. 安全人間工学の理論と技術 ヒューマンエラーの防止と現場力の向上. 丸善出版. 2016; 51-64.
- 鎌田晶子, 上瀬由美子, 宮本聡介, 今野裕之, 岡本浩一. 組織風土による違反防止—『属人思考』の概念の有効性と活用—. 社会技術研究論文集. 2003; 1: 239-247.
- GHS 関係省庁連絡会議訳. 化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) 改訂 6 版. 化学工業日報社 (東京). 2015.
- 城内博. 理解していますか? 適切な GHS ラベル表示, SDS 通知 4 GHS のラベル. 安全と健康. 2017; 18 4: 58-61.
- Ta, G.C., Mokhtar, M.B., Mohd Mokhtar, H.A., Ismail, A.B., ABU and Yazid, M.F. Analysis of the comprehensibility of chemical hazard communication tools at the industrial workplace. Industrial Health. 2010; 48: 835-844.
- 環境省環境安全課. 化学品の有害性表示等に関するアンケート調査結果. 2004. <http://www.env.go.jp/press/files/jp/5536.pdf> (最終アクセス日 2019 年 6 月 11 日)
- Hara, K., Mori, M., Ishitake, T., Kitajima H., Sakai, K., Nakaaki, K., et al. Results of recognition tests on Japanese subjects of the labels presently used in Japan and UN-GHS labels. Journal of Occupational Health. 2007; 49: 260-267.
- American National Standard Institute (ANSI). Annexes B General Procedure for Evaluating Candidate Safety

Symbols. Criteria for Safety Symbols (Z535.3). Rosslyn, National Electrical Manufacturers Association. 2011.

- 23) 北神慎司. 第3章 視覚シンボルの利用の現状と展望. 清水寛之編. 視覚シンボルの心理学. プレーン出版(東京). 2003; 47-63.
- 24) Wolff, J.S., Wogalter, M.S. Comprehension of pictorial symbols: Effects of context and test method. *Human Factors*. 1998; 40 2: 173-186.
- 25) Lesch, M. F. A comparison of two training methods for improving warning symbol comprehension. *Applied Ergonomics*. 2008; 39: 135-143.
- 26) Young, S. L., Wogalter, M. S. Comprehension and memory of instruction manual warnings: Conspicuous print and pictorial icons. *Human Factors*. 1990; 32 6: 637-649.