

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 2 日現在

機関番号：82629

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K01316

研究課題名（和文）化学物質による事故・災害防止のための教育・訓練支援システム開発に関する学際的研究

研究課題名（英文）Interdisciplinary research on development of education and training support system for chemical accident prevention

研究代表者

島田 行恭（SHIMADA, Yukiyasu）

独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所・リスク管理研究センター・センター長

研究者番号：10253006

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：化学物質による火災・爆発等（プロセス災害）発生を防止するために、化学物質の特性、設備仕様、作業環境など、様々な観点からの安全設計が行われている。一方、作業員には、これらの安全設計の目的と内容を理解した上で、安全に作業を行うことが求められる。本研究では、リスクアセスメント等の実施により得られるプロセス安全情報の活用、プロセス概念設計で得られるプロセス安全設計根拠情報の明示化、化学物質の特性を示したGHS絵表示の理解度などについて、工学的アプローチと心理学的アプローチの両面から検討し、それぞれの提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

化学物質取扱作業に対する作業員教育・訓練の内容と方法について、工学的アプローチと心理学的アプローチの両面から検討した。化学物質リスクアセスメント等実施により得られるプロセス安全情報の整理や安全設計論理情報の明示化、化学物質の特性を示すGHS絵表示の理解度に関する調査と対策（提案）などについて検討した。作業員教育では、なぜその作業を行うのかといった根拠情報を理解することが求められる。一方、訓練では、教育により取得した知識を作業の中で確実に実施するための能力を向上させるための工夫が必要となる。研究成果は化学物質取扱作業以外にも含めた様々な業種においても検討すべき事項として提案することができる。

研究成果の概要（英文）：In order to prevent fires and explosions caused by chemical substances, safety design is performed from various viewpoints such as characteristics of chemical substances, equipment specifications, working conditions, etc. On the other hand, workers are required to work safely after understanding the purpose or intents and the contents of these safety designs. In this research, we examined the contents and methods of education and training for workers from both engineering and psychological approaches. Specifically, we considered the utilization of process safety information obtained by conducting risk assessment, clarified process safety design rationale information obtained in process conceptual design, investigated the understanding of GHS pictograms showing characteristics of chemical substances, etc.

研究分野：プロセス安全管理

キーワード：作業員教育・訓練 プロセス安全管理 プロセス災害防止 プロセス安全情報 リスクアセスメント  
プロセス概念設計 GHS絵表示

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

## 1. 研究開始当初の背景

平成 26 年 5 月に取りまとめられた「石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議報告書」では、重大事故の原因・背景に係る共通点として、リスクアセスメント(RA; Risk Assessment)の内容・程度が不十分であること、人材育成・技術伝承が不十分で危険予知能力(リスク感性)が低下していること、安全に関する Know-Why 情報の共有・伝達不足と安全への取組の形骸化、それらによる現場力の低下などが指摘されている。また、厚生労働省でも、安全衛生教育、RA、危険予知活動などの安全衛生活動の低下を指摘している。

## 2. 研究の目的

化学物質を取り扱う事業場を対象として、作業員による誤判断や操作ミスなどのヒューマンエラーによる事故・災害を防止するための作業員安全教育・訓練の内容と方法について、工学的アプローチと心理学的アプローチからの学際的研究により検討する。工学的アプローチとして、プロセス・プラントの安全設計を通して得られるプロセス安全情報(PSI; Process Safety Information)を教育・訓練の内容として活用することを検討する。心理学的アプローチとして、化学物質の特性を示す GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) 絵表示の理解度に関する調査を行い、リスク感性を高めるために教育・訓練すべき内容と方法を検討する。これらの検討結果を基に、現場作業員にとって論理的で意味のある安全教育・訓練内容を、より効果のある形で実施するための方法について検討する。

## 3. 研究の方法

研究目的を達成するために、以下の手順で検討する。実務への適用を念頭に置いた検討を行う。

- (1) 事故事例を分析するとともに、事業場や防災団体での作業員安全教育・訓練の実状調査を行う。
- (2) リスク概念に従って論理的に実施される化学物質の RA 等の実施結果とプロセス概念設計結果として得られる PSI を作業員安全教育・訓練の内容として活用する方法を検討する。
- (3) プロセス安全管理(PSM; Process Safety Management)システムにおける教育・訓練要素の位置付けを再確認することにより、それぞれの目的を明確にする。
- (4) 化学物質の危険性・有害性への気付きを促すことを目的としている GHS 絵表示の理解度に関する調査を行い、リスク感性を高めるために教育・訓練すべき内容や方法を検討する。

## 4. 研究成果

### (1) 作業員教育に関する現状の調査【H29 年度】

安全教育訓練の現状調査として、大手化学企業及び電気工事業者などが所有する安全教育・訓練施設を見学した。これらの施設では、爆発、火災などのプロセス災害の模擬体験のほか、機械による挟まれ・巻き込まれや、高所からの墜落・転落など、様々な体感教育が行われているが、教育・訓練内容の多くは過去に発生した事故や労働災害に基づくものとなっている。

教育方法に関する先行事例の調査として、建設作業を対象とした危険予知テストのための CG 動画活用について考察した。建設作業のリスクは作業員と環境が複雑に影響し合っており変化するため、CG動画による危険な状態やそれ以外の背景の再現の程度が教育対象者の注意や危険な状態の発見(気付き)に大きく影響する。

### (2) リスクアセスメント等実施結果として得られるプロセス安全情報の活用【H29-30 年度】

平成 28 年 6 月より、労働安全衛生法第 57 条第 1 項の政令で定める物及び通知対象物に対する RA 等の実施が義務化された。本研究では、プロセス安全に関する Know-Why 情報の共有を目的とし、これまでに経験したことがない異常事態や事故に対応するための教育・訓練内容を検討するために、化学物質 RA 等実施結果を活用することについて考察した(5. 発表論文〔学会発表〕の )。

表 1 に化学物質の危険性に対する RA 等の進め方と、各ステップで検討されるプロセス安全に関する事項(プロセス安全情報; PSI)を示す。ステップ 1、2 では、化学物質に潜在する危険性を顕在化させる様々な事象(作業ミスや装置の不具合などを含む)からプロセス災害発生に至るシナリオを同定し、リスクの見積り及びリスクの評価を行う。ステップ 3、4 では、シナリオ発生を防止するためのリスク低減措置を検討し、実装する。ステップ 5 では、ステップ 1~4 の RA 等実施結果を作業員に周知する。労働安全衛生法ではステップ 1~3 及び 5 が義務とされている。

作業員は表 1 の右欄に示すプロセス安全に関して検討された結果(RA 等実施シートに記載された結果)だけでなく、検討プロセス(各ステップでどのような検討を行い、結果を導いたか?)を含めて理解する必要がある。これにより、実際に行う作業に対する Know-Why 情報を知ることができる。例えば、リスク低減措置として、「作業手順書を作成し、順守すること」という管理的対策を実装した場合、それぞれの作業を手順通りに実施することの意図や、手順通りに実施しなかった場合にはどんなハザードが顕在化することになるのか?などが RA 等の実施段階で検討されている。これらの検討プロセスを理解することは安全な作業の遂行だけでなく、危険な行動の回避にもつながる。また、リスク低減措置として検討されていても、実装されていない場合もある。これについては、なぜ実装されなかったのか?という理由を理解しておくことで、現状の対策で安全が担保されているとしていることの根拠、あるいは実際に作業を行う際に気を付け

なければならない残留リスクの存在などについて把握することができる。これらのことは、将来、現場判断で勝手に設備や操作などを変更し、事故を起こしてしまうことの防止にもつながる。

一方、現状の RA 等の実施結果には、具体的な検討結果及び検討プロセスは記録されていない場合が多い。ステップ 5 の作業員への周知等は義務となっているが、プロセス災害及び労働災害発生を防止するために、現場の作業員は何を知っておくべきなのかを明示的に伝えておくことがその目的である。RA 等実施時にはこれらの情報をより具体的に、また後で読む人も理解できるように記録しておくことが重要となる。

表 1 化学物質の危険性に対する RA 等で検討されるプロセス安全情報

ステップ	検討内容	各ステップで検討されるプロセス安全に関する事項
1	化学物質などによる危険性 または有害性の特定 (シナリオの同定を含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業員が犯すミスなど(誤操作、誤判断など)の特定</li> <li>設備・装置の不具合(故障、誤動作、作動不全など)の特定</li> <li>危険源発生からプロセス災害発生に至るシナリオの同定</li> </ul>
2	リスクの見積り	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険性がどの程度の頻度で発生し、どの程度の影響(被害等)を与えるかの推定</li> </ul>
3	リスク低減措置の検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロセス災害発生防止のためのリスク低減措置の提案</li> </ul>
4	リスク低減措置の実装	<ul style="list-style-type: none"> <li>実装するリスク低減措置の決定</li> <li>実装されているリスク低減措置を機能させるために、作業員が対応すべきこと(平常作業時に発現し得るリスクへの対応と緊急時を想定したリスク低減措置の実施)の確認</li> </ul>
5	作業員への周知等	<ul style="list-style-type: none"> <li>リスク低減措置を機能させるために作業員に要求される作業等の記録</li> <li>潜在する危険源の有無の確認</li> </ul>

### (3) プロセス概念設計時に得られるプロセス安全情報の活用【H30～31年度】

化学プラントの運転員や保全員は、対象とするプラント操業に関する PSI を理解しておく必要があるが、プロセス・プラントがなぜそのような設計されているのかという設計根拠情報は明示的にされていない場合が多い。このため、プロセス・プラント設計に関する Know-why 情報を知らず、安易に変更を行ったり(変更管理の不備)異常事象が発生した際に適切に対応できなかったために、火災や爆発等のプロセス災害に至った例も多い。本研究では、プロセス・プラントの設計図面である BFD (Block Flow Diagram) と PFD (Process Flow Diagram) を最初に検討することになるプロセス概念設計に係る業務プロセスモデルを構築し、その検討内容と検討に用いられる情報などの関連性を整理することで、従来、暗黙知とされてきたプロセス安全設計根拠情報を明示的にする方法を提案した(図 1)。これより、作業員が知っておくべきプロセス概念設計に関する Know-why 情報を記録しておき、これを対応する作業員に教育・訓練することで、より安全なプラント操業を行うことができるようになる(5. 発表論文[学会発表]の )。

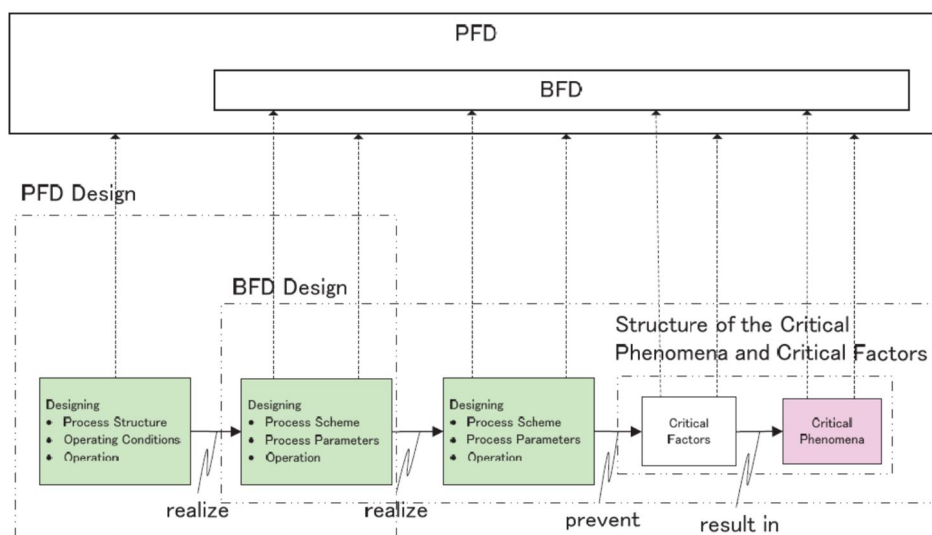


図 1 プロセス概念設計の業務プロセスモデルと BFD、PDF の関連付け

#### (4) プロセス安全管理システムにおける教育の位置付けと教育すべき内容【H31 年度】

PSM システムで求められている教育・訓練の要件について整理した。米国 CCPS\* がガイドラインとして出版している RBPS (Risk Based Process Safety) では、教育・訓練に関する要素として次の 3 つが関わる。(1) プロセス安全能力、(2) プロセス知識管理、(3) 訓練と能力保証。(2) プロセス知識管理では、OSHA\*\*/PSM が求める PSI 関連書類を整備 (保管) するだけでなく、作業者がその内容を理解することが求められる。(3) 訓練と能力保証では、作業者に要求される最低限のこととして、[知識、技能、能力] の 3 つの側面から能力を保證できるような訓練が必要とされている。このように教育と訓練はそれぞれの目的が異なり、教育は安全を担保するために検討された内容 (Know-how と Know-Why) を理解し、訓練はそれらを知識として備えた上で、安全を維持するための業務への対応能力を信頼できるレベルに向上させることを目的として実施する必要がある。

\* Center for Chemical Process Safety

\*\* Occupational Safety and Health Administration

#### (5) 現場作業者の GHS 絵表示の理解度と文字情報の確認行動【H29-31 年度】

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 (労働安全衛生法第 57 条第 1 項の政令で定める物及び通知対象物) 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扱いとの整合性に留意し、化学品の分類および表示に関する世界調和システム (GHS) に準拠している。本研究では、Web 調査を用いて化学物質を取り扱う職場で働く現場作業者 353 名を対象に、GHS 絵表示 (図 2) の示す詳細な危険有害性の理解度と文字情報の確認行動を促進する要因を検討した。その結果、GHS 絵表示の理解度や文字情報の確認行動についての実態と問題点を明らかにし、今後の対策を検討した (5. 発表論文 [雑誌論文] の )。



図 2 GHS で用いられる絵表示とその名称

#### 調査項目と調査結果のまとめ

表 2 に調査項目を示す。まず回答者の GHS 絵表示の理解度について検討した。次に、回答者の文字情報の確認可能性に対する態度と文字情報の確認可能性を高める要因 (プロフィール、絵表示に対する印象など) を検討した。調査結果は次の 5 点についてまとめている。

- 分析対象とした調査回答者のプロフィール
- 絵表示の示す危険有害性の理解度
- 絵表示の示す危険有害性の想像しやすさの評価
- 文字情報の確認行動
- 文字情報の確認行動に影響を及ぼす要因

#### 考察

##### 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

シンボルが単純で危険有害性の性質を表す絵表示は理解度が高かったが、全体的に理解度は非常に低く、他の絵表示と混同されるものや一般的なイメージと一致せず理解度の低いものも見られた。また、複数の危険有害性を表す絵表示については、それらを読み取ることが非常に困難であることが示された。

##### 絵表示の示す危険有害性の理解度を高める対策

一つの対策として、教育訓練が挙げられるが、絵表示のデザインは十分な意味明瞭性を有していないため、絵表示の付いた化学物質を使用する環境などの文脈や事故シナリオを訓練に取り入れることで理解度やリスク認知を高める効果が期待できる。もう一つの対策として、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) の改良が挙げられる。絵表示に対応する文字を目立たせる工夫も現場作業者の注意が絵表示と文字情報へ向きやすくなり、理解や記憶を高めるのに有効だと考えられる。

##### 文字情報の確認行動を促進する要因と対策

絵表示に関する知識、学習経験、GHS 絵表示の付いた化学物質のリスク認知、絵表示の示す危険有害性の想像しやすさが文字情報の確認行動へ影響した。文字情報の確認行動を促進させる対策として、教育訓練において GHS 絵表示の付いた化学物質は一定の危険有害性を有していることを強調するとともに、具体的な事故リスクや疾病リスクの情報を提示することにより、現場作業者の絵表示に関するリスク認知を高めることが有効だと考えられる。

表2 調査項目

---

調査項目
調査回答者プロフィール
(a) 性別
(b) 年齢
(c) 経験年数
(d) 業種
(e) 所属する会社の従業員数
(f) 職場での化学物質の取り扱い頻度 「いつも扱っている」、「ときどき扱う」、「まったく扱わない」の3件法
(g) いずれかの絵表示に関する知識の有無 「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」の3択
(h) 研修等による絵表示の学習頻度 「定期的に学んでいる」、「何度か学んでいる」、「一度だけ学んだ」、「学んだことがない」の4件法
絵表示のある化学物質を使用する場合の文字情報の確認可能性 「まったく読まないと思う」～「必ず読むと思う」の5件法
絵表示の示す危険有害性の想像しやすさ 「まったく想像できない」～「非常に想像できる」の5件法
絵表示のある化学物質を使用する場合の自分の健康や安全に対する影響の大きさ 「まったく影響はない」～「非常に影響がある」の5件法
絵表示が示す危険有害性の理解度 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

---

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yukiyasu SHIMADA, Yoshihiko SATO, Haruhiko ITAGAKI, and Tetsuo FUCHINO	4. 巻 77
2. 論文標題 Risk Assessment for Process Accident Prevention Using Screening Questionnaire	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Chemical Engineering Transactions	6. 最初と最後の頁 469-474
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18943/safety.57.3_196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 高橋明子、島田行恭、佐藤嘉彦	4. 巻 95-3
2. 論文標題 現場作業者のGHS絵表示の理解度と文字情報の確認行動	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 労働科学	6. 最初と最後の頁 77-90
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 島田行恭	4. 巻 57
2. 論文標題 化学物質のリスクアセスメント義務化への対応状況と課題に関する考察	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 安全工学	6. 最初と最後の頁 196-205
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.18943/safety.57.3_196">https://doi.org/10.18943/safety.57.3_196</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Yukiyasu SHIMADA, Yoshihiko SATO, Haruhiko ITAGAKI, and Tetsuo FUCHINO
2. 発表標題 Risk Assessment for Process Accident Prevention Using Screening Questionnaire
3. 学会等名 Loss Prevention Symposium 2019（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子
2. 発表標題 化学物質の危険性に対するリスクアセスメント手法・ツールに関する考察
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akiko TAKAHASHI, Yukiyasu SHIMADA, and Yoshihiko SATO
2. 発表標題 Workers' comprehensibility of pictograms on chemical labels
3. 学会等名 50th Nordic Ergonomics and Human Factors Society Conference 2019, NES2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 島田行恭、佐藤嘉彦、高橋明子
2. 発表標題 化学物質の危険性リスクアセスメント等実施のための引き金事象チェックシートの提案
3. 学会等名 第52回安全工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦
2. 発表標題 化学物質ラベルの絵表示に関する理解度と印象の分析
3. 学会等名 人間工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高橋明子, 島田行恭, 佐藤嘉彦
2. 発表標題 GHSの絵表示に関する教育と理解度の実態
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 島田行恭
2. 発表標題 作業教育・訓練のための化学物質リスクアセスメント等実施結果の活用に関する考察
3. 学会等名 安全工学シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuo Fuchino, Teiji Kitajima, Yukiyasu Shimada
2. 発表標題 Representation of Process Design Rationale for Change Management
3. 学会等名 14th International Probabilistic Safety Assessment and Management Conference, PSAM14 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	淵野 哲郎  (FUCHINO Tetsuo)  (30219076)	東京工業大学・物質理工学院・准教授   (12608)	



## 6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	高橋 明子 (TAKAHASHI Akiko)  (80511542)	独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生研究所・リスク管理研究センター・主任研究員  (82629)	