

第5章 化学プラントにおけるリスクアセスメントの好事例収集調査

A. 調査の目的

平成23年以降、大手化学工場を含む事業場において、爆発・火災発事故などが多発している。これらの事故の背景要因に係る共通点として、事前に事故発生防止対策を検討し、実施するためのリスクアセスメント等の実施が不十分であることなどが指摘されている。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、①リスクアセスメント（以下、「RA」）の内容・程度が不十分であること、②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、③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¹。

一方、平成28年6月1日より、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（平成29年3月1日現在、663種類）に対するリスクアセスメント等の実施が義務化された。

本調査では、化学プラントにおけるリスクアセスメントの実施やリスク低減措置に関する教育訓練に関して、海外における中小規模事業場等における実施状況や問題点などの情報交換を行うことにより、国内での改善策を検討するための情報を得る。

B. 調査対象

平成27年度は、化学安全の先進国として米国を選定した。そして当該国における化学プラントにおける労働安全衛生のためのリスクアセスメントの実施状況、問題点などを把握することを主眼として、まず政府組織及び化学系のエンジニアリング企業について面談を行った。

平成28年度は、安全先進国としての米国

における安全研究の拠点の一つであるテキサス A&M 大学の2組織、およびヨーロッパにおいては中規模事業所の1例を選定し、当該国における化学プラントにおけるリスクアセスメントの実施状況などを把握することを主眼として、調査を行なった。

平成29年度は、台湾新北市にある労働及職業安全衛生研究所を訪問し、台湾における労働災害発生状況の調査、及び労働安全衛生行政の実態や双方の研究所における研究活動・課題などについて情報交換を行った。

台湾における安全研究の拠点の一つである斗六市にある国立雲林科技大學を訪問し、双方の研究活動・課題などについて情報交換を行った。

C. 調査時期・場所

- (1) 平成28年3月4日：OSHA（ワシントンDC、米国）
- (2) 平成28年3月7日：Fauske & Associates, LLC（ブルリッジ、IL、米国）
- (3) 平成28年4月8日：Dottikon Exclusive Synthesis AG（ドッティコン、スイス）
- (4) 平成28年8月22日：Texas A&M Engineering Extension Service（TEEX）、Mary Kay O’connor Process Safety Center（MKOPSC）（カレッジステーション、TX、米国）
- (5) 平成30年1月18日：労働及職業安全衛生研究所（新北市、台湾）
- (6) 平成30年1月19日：国立雲林科技大學環境與安全衛生工程系製程安全與防災實驗室（斗六市、台湾）

D. 調査結果

(1) OSHA

1) 面談者

OSHA：

Lisa A. Long (Director, Office of Engineering Safety)

Dennis J Dudzinski (Directorate of Standards and Guidance)

David Chicca (Safety Engineer)

Shannon Lindey (Safety and Occupational Health Specialist)

¹ 第78回全国産業安全衛生大会の大会宣言より

DOL :

Christopher J. Watson (Sr. Advisor for Asia and the Pacific, Office of International Relations)

2) 組織概要

米国労働省(DOL)の一機関である労働安全衛生庁

3) 面談結果

a. 米国における労働災害対応の問題

●監督官の不足と対応策

米国でも監督官(Inspector)の数は不十分であり、以前は事故後に調査をするだけであり、企業の指導監督がごく限られたものにならざるを得ないという日本と同様の問題を抱えていた。対応策としては、以下のような取り組みを行っている。

・ National Emphasis Program¹⁾

このプログラムでは災害発生の有無に関わらず年間 200 カ所訪問、検査をする。結果として企業は事前に改善に努める。

・ 小規模事業用コンサルタントプログラム

州単位で実施されており、自由に相談できる(罰金がない)。ただし、法規制等で要求されている事項に対することについてのみ相談を受ける。レベルは州ごとに異なり、テキサスなど、大企業が多い州では、コンサルタントのレベルが高いが、その他の州ではレベルが低い。州レベルで満足できない場合には、OSHA が相談を受け付ける。また、本プログラムの認知度が低いことが問題と考えている(利用人数: FY2015-23,772, FY2014-23,131 FY2013-24,995)。担当コンサルタントが対応できない場合には、他に聞くことで対応する。

●他の省庁との協力

OSHA に関連する問題があれば、報告がある。自主的な努力としては、業界組織と協力し、会員企業にメッセージが届くようにしている。

昨年度より、National Working Group が組織され、4 半期に一度、情報交換の場を設け、お互いに理解を深め、齟齬がないようにしている。化学物質を対象とした WG は、テキサス州ウェストでの硝酸アンモニウムの爆発事故が切っ掛けとなり、大統領令により、化学物質のセキュリティと安全の改

善が指示された。

EPA (Environment Protection Agency) と協力してガイダンスを出版している。

b. PHA (Process Hazard Analysis) について

- ・ リスクアセスメントとはツールにすぎない。
- ・ PHA は何が危険であるかを判別することであり、評価(定性的)し、処置(対策)を検討するものである。
- ・ 高度な取り組みを実施している企業では、リスクアセスメントは PHA の取り組みの一環として実施している。
- ・ マネジメントシステムの一環として実施すべきことである。
- ・ 対象物が危険と判断した場合に、ツールとして適用する。

c. PSM の改訂に対して

改訂の目的は、件数は少なくとも受け入れ不可能な被害を及ぼす重大事故を防止するためである。改訂には平均 6-8 年掛かり、現状はまだ初期段階である。また、中小企業に対してレビューを行い、フィードバックを貰う。例えば、以下のような事項について検討する。

- ・ どのような影響があるか? どのような代替案があるか? (多くは出てこない)。
 - ・ Best Practice はどのようなものか? (中小企業にできるだけ負担をかけたくないため)
 - ・ その他に、ルールの中にも含めることができるものはないかを探る。
- (質問) CSB などから多くのコメントがあると聞いているが、PHA は厳しくなるのか?
- (回答) ステイクホルダーを考慮し、コストとベネフィットも考えるが、最終的には、PHA はもっと厳格になるだろう。

(2) FAI (Fauske & Associates, LLC)

1) 面談者

Jeff Griffin (Director of Sales and Business Development)

Kenneth N. Kurko (Director, Thermal Hazards Testing & Consulting)

R. Gabriel Wood (Senior Chemical Engineer)

2) 組織概要

化学系エンジニアリング・コンサルティング会社

3) 面談結果

a. FAI のモットー (H.Fauske (FAI の創立者) による)

- データの裏付けが無ければ、それは単なる意見でしかない。データで裏付けをとっていくことが重要である。

b. トレーニングコース

- 競合は2~3社ある
- 受講する企業規模は小規模から大規模までで、特に大企業に対しては、On-Site トレーニングを実施することもある。
- ERS (緊急放散システム) のコースへの参加者が主体となっている。年間200件程度の問い合わせがある。
- 過去には事故を起こした後で受講することが多かったが、最近は事前に受けに来る事業場が増えた。これは OSHA の監査 (NEP) による効果が大きいと考える。その他にも REACH の影響などがあると考える。
- OSHA の監査がいつ来るのかは、各企業には予想できない。

c. 依頼試験

- リスクアセスメントの実施に必要なデータであっても、試験頻度が少ない、あるいは危険性が高いことにより、個々の企業で個別に対応するには負担の大きい危険性評価試験 (大規模なあるいは反応危険性など専門性の高いもの) 等の試験依頼を受けている。
- 化学工場系と原子力発電系の依頼試験比率は1:1。
- 福島事故についても、事故直後からサポートをしている。
- 可燃物 (ガス蒸気粉じん) の燃焼性や爆発性の評価、反応熱など熱危険性の評価を行っている。
- 粉じん爆発試験装置は世界最大規模。
- 熱危険性評価装置としては、C80、DSC、TAM などがある。

(3) Dottikon Exclusive Synthesis AG

1) 面談者

Guenter Weingärtner (Dottikon Exclusive Synthesis AG, Head Process Safety & Technology)

Mike Mandlehr (SYSTAG, Managing Director)

2) 組織概要

Dottikon Exclusive Synthesis AG は、医薬品中間体、機能性化学品等の製造を行っている企業である。スイスのドッティコンに本社及び製造工場があり、米国に1つの営業所を有している。従業員は、全459名であり、その半分が製造を担当しており、108名が研究開発を担当しているとのことであった。調査時現在で、130反応を取り扱っているとのことであった。なお、当該企業では機密保持の観点から、写真撮影が禁止されていたため、調査時の写真は存在しない。

3) 面談結果

a. 化学物質及び反応の危険性評価

取り扱う化学物質及び化学反応の危険性については、スクリーニング手法としてよく用いられている熱分析だけでなく、熱損失がない状態での自己反応性物質の反応挙動を詳細に調査するための断熱熱量計や、実際の反応における反応挙動を調査するための反応熱量計を導入しており、詳細な危険性評価を行っていた。また、自己反応性物質の爆轟性、爆燃性の評価を行うための試験施設をサイト内に備えており、必要性に応じて評価試験を行っている。

b. 爆発火災防止のためのリスクアセスメント等

取り扱っているプロセス全てについて、「危険性評価試験 (上記) → リスクアセスメント → リスク低減措置検討・実装」の順番で検討を行っている。

リスクアセスメントにおいては、初めに文献調査、上記に触れた化学物質及び反応の危険性評価試験の結果、HAZOP (Hazard and Operability Analysis) 等の危険性評価手法などにより、危険源の同定を行う。その結果を踏まえて、まず最悪のシナリオ

(Worst Case Scenario) を検討し、そのシナリオの防止対策を検討する。その後、HAZOP 等により詳細なプロセス危険分析を行い、そのリスクを評価していくことのであった。また、リスクアセスメントに当たっては、プロセスに着目した危険分析 (HAZOP 等が中心) とプラントに着目した危険分析 (FMEA (Failure Modes and Effects Analysis) 等が中心) を行うとともに、スケールアップ因子 (熱伝達の変化、温度勾配の出現等) を考慮して、総合的な解析を行う。

リスク低減措置は、以下の観点で立案し、実装を行っている。

- ・危険源の除去
- ・事故への進展の防止
- ・異常発生時の対処
- ・緊急事態発生時の対処

まずプロセスを見直すことで、本質安全なプロセスを検討する。本質安全対策を講じることが難しい場合には、異常が生じたとしても、それが事故へ進展することを防止するとともに、万一事故が発生することを想定し、緊急事態時の対応を検討しておく。

以上のリスクアセスメント等の結果はすべて記録として残している。また、プロセスやプラントの変更があったときには、その変更に関する情報をすべて記録しており、かつ変更があった際には必ずその変更が安全性に与える影響を評価する仕組みとなっている。

c. 爆発火災防止対策の例

実装されている爆発火災防止対策の例として、以下のものが挙げられていた。

- ・被害を防止するため、大都市から離れたドットアイコンに工場を立地している。
- ・爆風等による被害を低減するために、工場の周辺を森林としている。
- ・危険性が高いニトロ化反応を行うプラントは、地下に設置している。
- ・自社で焼却炉を有しており、必要のないものはすぐに焼却処分し、無駄な貯蔵を行わないようにしている。

4) 考察

化学物質及び化学反応に関する危険性は、

それらによる爆発火災を防止するためには必要な情報であり、化学物質等の危険性に対するリスクアセスメント等にも入手すべき情報であるが、これらの情報を入手することは、決して簡単なことではない。当該企業は、その規模に比して極めて充実した評価体制を有しており、化学物質及び化学反応に関する危険性評価にかけるエフォートはかなり大きいものであった。

爆発火災防止のためのリスクアセスメント等についても、きわめて厳密に行われていた。スイスは EU 加盟国ではないが、EU においては特定の産業活動に従事する者及び一定量の危険物質を保管する者は、安全管理計画及び事故時計画を策定しなければならないことがセベソ指令で定められており²⁾、当該指令に準じた対応をしているものと思われる。また、変更管理についても確実に管理するための仕組みが整備されていた。変更管理は、適切に行われなければ事故発生に至る可能性が高くなるため、例えば米国 OSHA (Occupational Safety and Health Administration) のプロセス安全管理 (PSM, Process Safety Management)³⁾では、変更管理を一つの重要な要素と位置付けている。日本においても、論理的に整合の取れた変更管理の仕組み作りを目指した議論が行われてきている⁴⁾。大企業でなくとも、それらの管理が実装されている例として、本事業場での取り組みは注目すべきものである。

(4) TEEX 及び MKOPSC

1) 面談者

M. Sam Mannan (MKOPSC, Regents Professor & Executive Director)

Chad Mashuga (MKOPSC, Assistant Professor)

William J. Rogers (MKOPSC, Research Scientist)

Bin Zhang (MKOPSC, Research Associate)

Ulises Penalver (TEEX, Emergency Services Training Institute, International Project Specialist)

2) 組織概要

TEEX は、テキサス A&M 大学の関連機関の 1 つであり、保有訓練施設における訓練等の開催、講師や技術者の派遣、その他各種の技術的支援を提供する機関である。2015 年の実績では、米国全土及びその他 81 か国の約 17 万 3 千人に対して、それらのサービスを提供している。訓練施設としては、主に消防戦術に関する教育訓練を行う Brayton Fire Training Field と、様々な災害現場から被災者を救出するための教育訓練を行う Disaster City®, Rescue Campus 及び Emergency Operations Training Center から成る。図 1 に上記訓練施設の敷地図を示す。

MKOPSC は、同じくテキサス A&M 大学の関連機関である TEES (Texas A&M Engineering Experiment Station) を構成している研究所の 1 つであり、化学プロセス安全研究に特化した、世界にも類を見ない研究所である。化学プロセス安全に関する研究活動はもちろんのこと、学外のエンジニアを対象とした継続学習プログラムの運営、政府機関や中小事業場等を対象としたコンサルティングなどを行っている。なお、TEEX における教育訓練において、座学教育の支援も行っており、TEEX との関係は深い。



図 1 TEEX 訓練施設の敷地図 (TEEX ホームページより転載)

3) 面談結果

a. TEEX

化学物質等に関連する設備として、Disaster City®では、実物大の化学物質運搬用の貨物車両（図 2）や、それらが脱線したことを想定した訓練設備（図 3）が存在した。また、HazMat では、危険物が充てんされている貯槽が破損したことを想定した訓練施設（図 4）があった。座学でこれらの災害状況での対応方法の技術的な基礎を習得した後に、これらの訓練設備を用いて実技訓練を行い、実践的な災害対応技術を習得する。

消防戦術の教育訓練を行う Brayton Fire Training Field では、貯槽、配管等を組み合わせ、実際の化学プラントを模擬した訓練施設（図 5）、実規模のケミカルタンクを模擬した訓練施設（図 6）、倉庫での火災を想定した訓練施設（図 7）などが存在し、実際の状況に応じた消火訓練が行えるような施設となっていた。また、化学プラントではないが、火災災害が多い船での火災を想定し、船のデッキや室内での状況を模擬した訓練施設（図 8）があり、様々な状況に応じた消火訓練が行えるようになっていた。これらの施設は、常にテクニカルスタッフによって整備されているとのことであった。また、施設の陣容は常に見直しを図っており、必要に応じて施設の変更や新規施設の設置を行っている。

また、万一の訓練中の事故等を想定し、救急体制が整備されていた。図 9 に示すのは、施設内に設置されているメディカルステーションの一部である。



図 2 実物大の化学物質運搬用の貨物車両



図 3 貨物車両が脱線したことを想定した訓練設備



図 4 危険物が充てんされている貯槽が破損したことを想定した訓練施設



図 5 実際の化学プラントを模擬した訓練施設



図 6 実規模のケミカルタンクを模擬した訓練施設



図 9 施設内のメディカルステーション



図 7 倉庫での火災を想定した訓練施設



図 8 船のデッキや室内での状況を模擬した訓練施設

上記訓練施設の利点として、災害対応時における学術的な基盤知識を得るとともに、それを実規模での訓練を行うことによって、どう知識を生かすべきか、実規模特有の注意しなければいけない点は何かを教育し、総合的な災害対応に関する知見を得ることができるとの意見であった。なお、当該訓練施設は、日本にも利用している事業場がある。

b. MKOPSC

化学プロセス安全に関する研究活動については、大きく分けて、化学物質及び化学反応に関する危険性についての研究グループと、化学プロセスのリスクアセスメント等に関する研究を行なっているグループがある。これは、実験的な検討と理論的な検討、化学反応等の現象論とプロセスエンジニアリングというように、多面的な検討が、化学プロセスの安全には必要不可欠であるとの理念に基づく。危険性についての研究においては、各種実験装置を用いた実験的手法と、量子化学計算、熱流体計算等による理論計算的手法の双方が実施されていた。そして実験設備、計算機双方とも、その陣容は極めて充実していた。化学プロセスのリスクアセスメント等に関する研究では、化学プロセスの定性的・定量的リスク評価に関する研究はもちろんのこと、本質安全に関する研究、リスク・ベースド・アプローチに関する研究、ヒューマン・ファクターに関する研究、レジリエンス・エンジニアリングに関する研究、安全文化に関する研究など、近年注目されている観点での研究が行われている。

エンジニアを対象とした継続学習については、上記の研究テーマと同様に、化学物質等の危険性から化学プロセスのリスクアセスメント等の各種安全評価技術に関する講義が行われており、受講者には受講証明書と単位を発行している。

MKOPSC では、レスポンスブル・ケアの理念を達成するため、一般企業とのコンソーシアムを設立している。コンソーシアムの会員となると、上記継続学習等の割引や、データベース・ソフトウェアの利用など、各種の特典が供される。そのような意識付けを行うことで、現場のエンジニアに教育を施す機会をできるだけ増やして、化学プロセスの安全を担うエンジニアを育成していきたいとのことであった。

4) 考察

近年、日本でも化学プラントで発生し得る災害を想定した体感教育が注目されている。それは、現場のオペレータ等の危険に対する感度を高めることができる利点がある。しかし、それだけでは爆発火災災害を根絶するには至らないことは想像に難くない。

平成24年9月に兵庫県で発生したアクリル酸製造施設での爆発災害では、原因物質が貯蔵されていた貯槽を冷却するために集合した自衛消防団員及び所管の消防隊員が多数被災した。これは、貯槽内部で起こっていた原因物質の反応により貯槽が爆発することを予想できていなかったことによるものである。この災害を防止するには、貯槽が爆発することを予測し、その予測される影響の大きさに応じた対処法を立案することが必要である。すなわち、現場のオペレータ等の危険感度の向上だけでなく、プロセスのリスクアセスメント及び影響評価に基づく予測、及びその予測結果や現場の状況に応じた現実的な対処策の策定が、化学プラントスケールでの大規模の爆発火災による災害を防止するには重要である。このことは、アメリカ化学工学会の化学プロセス安全センター (CCPS/AICHe) から発行されている化学プラントでの非常事態 (爆発火災等) に対する計画に関するガイドライン⁹⁾でも強調されている。

今回訪問した TEEX 及び MKOPSC は、上

記で示したプロセスのリスクアセスメント及び影響評価に基づく予測、及びその結果及び現場の状況に応じた現実的な対処策の双方を具現化した形で教育及び訓練を実施している好例であると思われる。しかし残念ながら、日本国内ではこれだけ高レベルの内容を提供できる教育訓練機関は存在しない。これは、前述したように、日本国内からも TEEX の教育訓練プログラムへの参加実績があることからもうかがえる。

これだけの教育訓練機関を設立し、運営していくには一企業等の力では不可能であり、TEEX 及び MKOPSC のように、公的機関の支援が必要不可欠であると思われる。また、爆発火災災害は特定の企業でのみ発生するわけではなく、大企業から中小規模事業場まですべからず発生する可能性がある。したがって特に、中小規模事業場への支援という観点からも、公的機関が関わっていくことが妥当である。その手始めとしては、まず大規模の爆発火災による災害を防止するにはプロセスのリスクアセスメント及び影響評価に基づく予測、及びその結果及び現場の状況に応じた現実的な対処策の策定が重要であるというマインドをもって、各々の事業場への支援、監督を行っていくことが重要であると考ええる。

(5) 労働及職業安全衛生研究所

1) 面談者

曹常成 (職業安全研究組 研究員兼組長)
張承明 (職業安全研究組 副研究員)
張智奇 (労働市場研究組 副研究員)
呉幸娟 (勞工安全衛生展示館 副研究員)
他2名

2) 組織概要

1988年、勞工衛生安全研究所 (ISOH ; Institute of Occupational Safety and Health) として設立され、何度かの改組等を経て、2014年に現在の労働及職業安全衛生研究所 (Institute of labor, Occupational Safety and Health、以下、ILOSH) となる⁹⁾。研究組織は図10に示すとおりであり、5つの研究グループ (労働市場研究グループ、労働関係研究グループ、労働安全研究グループ、労働衛生研究グループ、労働危害評価研究グ

ループ)に分かれ、約 80 名の研究員により、労働安全衛生全般にわたる研究等を行っている他、敷地内にある勞工安全衛生展示館の運営(外部委託)、及び事務関係部署からなる。

3) 面談結果

a. 台湾における労働災害発生状況⁷⁾

台湾では、1 日以上休業災害についても報告義務がある。50 人以上事業場を対象とした統計であるが、災害の累計分析では、多い順番に、転倒、挟まれ・巻き込まれ、刺され・切れ・こすれ、激突され、不適切動作、交通事故、墜落・転落、高温・低温との接触の順番となっており、日本とほぼ同じ構成である(図 11)。一方、年千人率は中華民国 105 年(平成 26 年)時点で 2.93 となっており、日本での年千人率(平成 28 年度時点で 2.3)よりも高い状態となっている。労働者の通勤途中による自動車事故は含まれない。

b. 労働安全衛生法について

1974 年 4 月に労働安全衛生法が制定された。その後、何度かの改正を経て、2013 年 7 月には職業安全衛生法と改名されたが、ここで初めて、自営業も含むすべての労働者が対象となった。

c. リスクアセスメントに関する取り組み

職業安全衛生法第 5 条において、機械設備、原料、物質などに対するリスクアセスメントの実施が努力義務化されている。

職業安全衛生法第 10 条では、約 19,000 の化学物質に対して、GHS ラベルおよび SDS の表示を努力義務化している。

また 90 の物質については環境アセスメントを必要とし、491 種類については、PL 法の適用を受ける。そして残りの約 19,000 の物質についてもリスクアセスメントの実施を努力義務化している。

職業安全衛生法第 15 条では、石油精製及び石油化学工業事業所における PSM (Process Safety Management) の確立(リスクアセスメントの実施を含む)、PSM 文書の作成、必要な対策の実施を求めている。当該規定は、2013 年の法律改正時に組み込まれた。ただし、リスクアセスメントの実

施内容についてはまだ手探りの状況であり、検討を続けているのが現状である。

台湾では、リスクアセスメントが的確に実施されていることを確認するために、OHSAS18001 だけでなく、安全衛生に関する知見を持つ者による実施内容確認作業を行う仕組みがある。良好な事業場では、安全専任者の任命等の組織構築要求に対する免除などもある。

d. 企業における安全管理活動に対するインセンティブ

一定規模以上の企業(石油製油、石油化学工業)で、リスクアセスメントを実施していることが認められれば、国の認可が必要な業務を自社の判断で行うことが可能となる。

e. 勞工安全衛生展示館(図 12)運営^{8,9)}

2002 年に開館。運営は外部組織に委託している。研究所での研究により得られた成果の普及活動なども行っているほか、企業研修(教育・訓練)などにも利用されており、敷地内には宿泊施設もある。3D シアターによる労働災害の仮想体験や機械による挟まれ防止、建設現場における墜落防止、感電災害防止、防護装置、作業現場の騒音対策などが紹介されている。最近では、AR 技術を導入し、より分かりやすい展示環境となるよう努力されている。



図 12 勞工安全衛生展示館

f. 災害調査の実施について

行政からの要請及び研究員の自主的な研究促進を目的として災害調査を行っている

(安全に関する案件は年 10 件程度で、他に衛生に関する案件もあり)で、JNIOOSH とほぼ同じ)。最近の行政からの調査要請として、石油会社による爆発事故、造船業における感電事故などに対する災害調査を行っている。災害調査の結果は行政に報告し、案件によっては、裁判における証言などを求められる場合もある。調査結果の報告や裁判における証言等は、ILOSH の義務であることが法律に明記されている。

g. 研究課題の選定について

研究課題の選定については、JNIOOSH と同じ考え方で、研究員からの提案に基づく研究課題、行政からの要請に対応するための研究課題などが選定されている。

h. 労災保険について

台湾では 5 人以上の事業場では、保険を掛けることが義務化となっている。

i. 労働検査について

労働法令を順守していることを証明するために「労働検査」を実施している¹⁰⁾。国の労働検査の業務は二つに分けられる。概ね、中央政府(国)は安全衛生を担当し、地方(政府)は労働条件を担当する。その中で、「安全衛生検査」は、作業者の安全、職場での危険暴露管理および労働者の精神健康の保護などに関係し、電気・機械・化学・土木・工業安全管理および医学関連の知識を有する検査員が実施する。また、「労働条件検査」は、労働法令および労使(労資)関係などに詳しい専門家が検査員として実施し、実際の現場のニーズに応じ、検査の有効性を発揮する。

4) 考察

台湾における労働災害発生状況は、災害発生件数及び被災者数の比率は日本より高いが、事故の型による分類では、日本と同じような比率となっており、各業種においても同様の課題を抱えている。化学物質のリスクアセスメントについても、一部の物質については義務化とされているが、実態としてはほとんど実施されておらず、ILOSH においても、リスクアセスメント手法・ツールの提供と研修会の開催等を通し

た理解と普及に務めている。

c.で記載したとおり、ILOSH では現在、リスクアセスメントの具体的な実施手順をまとめ、リスクアセスメントの実施を指導するための教材を作成しようとしており、今回の訪問に際して紹介した JNIOOSH で提案しているリスクアセスメントの進め方(JNIOOSH-TD-No.5)に強い興味を持ち、具体的な実施手順の参考にしたいとの意見が示された。また是非、JNIOOSH で提案しているリスクアセスメントの進め方について講義をして欲しいと依頼された。

(6) 国立雲林科技大學訪問

1) 面談者

徐啟銘(国立雲林科技大學教授)

他 学生多数

2) 組織概要

国立雲林科技大學は、台湾雲林縣斗六市にある国立の科学技術大学であり、大きく分けて、工程學院(工学系(機械、電気、化学、建設、情報、環境・安全衛生等))、管理學院(工業管理、企業管理、金融、会計等の学部)、設計學院(建築設計、工業設計等)及び人文與科學學院(外国語、技術教育、科学技術系法律、文化遺産保護等)の 4 学院から成っている。他にも、多数の研究センターを設立し、活発な研究活動を行っている。

訪問した徐教授は、工程學院の環境・安全衛生系の学科において、製程安全與防災實驗室を主宰している。また徐教授は、消防署(日本での消防庁に相当)、環境保護署(同じく環境省に相当)、教育部(同じく文部科学省に相当)等の各種委員を歴任している。

3) 面談結果

a. 研究内容等について

研究室では、可燃性物質や不安定物質、反応暴走の危険性、定量的リスク解析、リスクベースドインスペクション(RBI)等、化学物質及び化学プロセスの危険性評価、及び安全管理に関する研究を幅広く行っている。上記の研究内容を系統的に行っている研究室は、世界的に見ても数は多くなく、

卒業・修了生は、国内外の化学会社等の研究者・技術者として活躍しているとのことであった。なお、上記 ILOSH にも研究者を輩出しているとのことである。

当所の化学安全研究グループ及びリスク管理研究センターで行っている研究と近いこと、かつレベルの高い研究を行っていることから、今後とも情報交換を行い、できれば共通の研究課題で共同して研究を行っていききたい旨を依頼された。

b. 実験室見学

情報交換の後、研究室所有の実験室の見学を行った。可燃性物質についての実験装置には、引火点試験機、20L 球形爆発試験装置(2台)、最小着火エネルギー測定装置、最小着火温度試験装置等があった。特に、可燃性粉じんに注力して試験装置が整備されていた。なお、20L 球形爆発試験装置の内の1つは、可燃性ガス専用にしており、外気との熱のやり取りを極力除くために断熱材でおおわれている状態であった(図13)。正確なデータを取得するための創意工夫が垣間見えた。

反応性物質についての実験装置には、示差熱天秤(TG-DTA)、示差走査熱量計(DSC)

(2台)といった一般的な熱分析装置の他に、大容量の断熱熱量計である VSP (Vent Sizing Package) (図14、3台)、超高感度熱量計である TAM (Thermal Activity Monitor)

(2台)等の熱量計、熱天秤/赤外吸光度計(TG/FT-IR)、熱天秤/質量分析計(TG/MS)、ガスクロマトグラフィ/質量分析計(GC/MS)、イオンクロマトグラフィ(IC)等の化学分析装置があった。VSPは、化学物質を貯蔵・取り扱いしている槽内で発熱反応が生じることにより圧力が上昇した際の脱圧装置の口径を設計するために開発された断熱熱量計であり、海外では活発に利用されている。しかし、日本国内では高压ガス保安法による制約により、使用することが極めて困難であり、それに伴って適正な脱圧装置への意識も低くなりがちである。

また、現在はリチウムイオン電池の危険性に注目した研究が重点的に行われており、研究者の創意工夫によって電池の分析が行えるように装置が改造されているものもあった。図15に電池分析用に改良されたVSP

用の試料容器の外観を示す。



図13 20L 球形爆発試験装置



図14 断熱熱量計 VSP



図15 電池分析用に改良された VSP 用試料容器

E. まとめ

米国においても、数年に一度の割合で、化学物質による大規模な火災・爆発が発生しており、OSHA/PSMをベースとして規制の強化に努めている。また、PSMの一要素であるPHAの実施を強く要求している。一方、中小規模事業場では、行政の取り締まりが及ばない面も多くあり、州行政と協力した取り組みを行っている。

また、FAIにおける調査において、OSHAによる監査の効果によって、事故を起こす前にトレーニングコースを受講する企業が増加していることが分かった。このことから、的確な監査は企業の自発的な災害防止への取り組みを促すと考えられる。

米国における安全研究の拠点の一つであるテキサス A&M 大学の 2 組織、及びヨーロッパにおいては中規模事業所の 1 例を選定し、当該国における化学プラントにおけるリスクアセスメントの実施状況などを把握することを主眼として、調査を行なった。

その結果、ヨーロッパで調査した中規模事業場における化学物質及び化学反応に関する危険性評価及び爆発火災防止のためのリスクアセスメント等へのエフォートはかなり大きかった。また、プロセスの変更管理への取り組みは、好事例として注目すべきものであった。

米国での調査に関しては、大規模の爆発火災による災害を防止するにはプロセスのリスクアセスメント及び影響評価に基づく予測、及びその結果及び現場の状況に応じた現実的な対処策の策定が重要であり、それらを支援していくための教育訓練機関の設立が望ましい。しかしながら、日本でのそのような体制の構築には時間が必要なことから、まずは公的機関がそのようなマインドを持って、事業場が爆発火災防止対策をとっていく支援を行っていく必要がある。

台湾 ILOSH での取り組みは労働安全衛生総合研究所の取り組みと概ね同じであり、今後も情報交換・相互交流を続けていくことで、双方の取り組みの向上が期待される。

国立雲林科技大學での化学物質の危険性や化学プロセスの安全性に関する研究の方向性は、当所の化学安全研究グループ及びリスク管理研究センターで行っている研究

と近しく、今後も情報交換・相互交流を続けていくことで、双方の研究レベルのさらなる向上が期待できる。

F. 参考資料

- 1) Instruction of National Emphasis Program (OSHA)
- 2) Directive 2012/18/EU of the European Parliament and of the Council of 4 July 2012 on the control of major-accident hazards involving dangerous substances, amending and subsequently repealing Council Directive 96/82/EC
- 3) OSHA Regulations 29 CFR 1910.119, Process safety management of highly hazardous chemicals.
- 4) 島田行恭, 齊藤日出雄, 化学プロセス産業における変更管理のあり方, 労働安全衛生研究, Vol. 7, No. 2, pp. 89-99 (2014).
- 5) CCPS/AIChE, Guidelines for Technical Planning for On-Site Emergencies, AIChE, New York (1995).
- 6) 労働及職業安全衛生研究所 簡介 (研究所紹介用リーフレット)
- 7) 中華民國 105 年 勞動檢查年報, 労働部職業安全衛生署 (中華民國 106 年 7 月)
- 8) 勞工安全衛生展示館リーフレット
- 9) A Brief Introduction to the Exhibition Hall (英語リーフレット)
- 10) 労働検査の簡単な紹介, <https://www.osha.gov.tw/1106/1164/1165/1166/17671/>

第6章 アーク溶接作業における感電災害防止の好事例等及びアンケート調査

A. 研究目的

労働災害統計に基づき感電災害の現状を分析するとともに、感電災害の主因の一つである交流アーク溶接作業での感電災害防止の取り組み状況について好事例を調査する。また、始動感度を取り入れた構造規格に準拠した自動電撃防止装置の特性を把握するとともに、海外の規制について調査する。さらに、改正された構造規格、指針の認識度についても調査する。

B. 研究方法

厚生労働省の職場の安全サイトに掲載された死亡災害データベースに基づき感電災害の発生状況を分析する。また、交流アーク溶接機を多く使用している大規模な建設業・造船業を中心に感電災害防止等の取組みの好事例を現場訪問によって収集するとともに、構造規格に準拠した始動感度の自動電撃防止装置の始動感度、遅動時間、安全電圧を測定する。さらに、韓国での交流アーク溶接作業での感電防止のための規制、改正された構造規格及び指針の認識度をアンケートによって現状調査を行う。

(倫理面への配慮)

生体への影響に関わる実験ではないので特段倫理面への配慮は不要である。

C. 研究結果

(1) 感電死亡災害の分析結果

厚生労働省の職場の安全サイトに掲載された死亡災害データベースに基づき最近10年間(平成15～24年)¹⁾における173件の感電死亡災害の分析結果した。

1) 業種別

大分類における業種別では建設業が感電死亡者数102人と第1位、次いで製造業の47人であり、合計で149人と全体の86.1%を占めている。建設業を中分類で見ると、その他の建設業の感電死亡者数が71人、建築工事業が27人、土木工事業が4人の順であった。その他の建設業を小分類で見ると、電気通信工事業の感電死亡者数が49人と最も多く、次いでその他の建設業—その他の13人、機械器具設置工事業の9人となっている。建築工事業を小分類で見ると、その他の建築工事業の12人、鉄骨・鉄筋コンクリート造家屋建築工事業の11人、建築設備工事業の3人、木造家屋建築工事業の1人となっている。

中分類における製造業の内訳では、輸送用機

械等製造業における感電死亡者数が9人と第1位であり、次いで金属製品製造業の6人、鉄鋼業の6人となっている。

2) 規模別

規模別では、事業場の労働者数が9人以下の感電死亡者数が最も多く79人、次いで労働者数が10～29人での死亡者44人であり、第3位には労働者数が30～49人での死亡者15人、第4位には労働者数が100～299人での死亡者14人、第5位には労働者数が50～99人での死亡者10人となっている。このように労働者数が29人以下の小規模事業場での感電死亡者が123人と全体の71%を占めていることがわかった。

3) 電圧別

交流600V以下の低圧での感電死亡者が105人と全体の60.7%を占め、600Vを超える高圧(特別高圧を含む)での死亡者が56人と32.4%を占めていた。電圧別の傾向としては、高圧に比較して低圧の方が感電による死亡者が多い状況にある。

4) 起因物別

起因別では送配電線等による感電死亡者数が73人(全体の42.2%)と最も多く、次いで電力設備の31人(17.9%)、アーク溶接機の14人(8.1%)、その他の電気設備の13人(7.5%)となっている(図1)。送配電線等での災害が多いのは、クレーンを用いた作業において送配電線等に接触しての災害、活線近接作業で誤って送配電線に接触することが一因と考えられる。電力設備での感電災害では、受変電設備の点検作業において、誤って充電部に接触することが一つの要因と考えられる。交流アーク溶接機では、誤って溶接棒などの充電部に接触する場合や、自動電撃防止装置が取り付けられていない交流アーク溶接機をしていたり、必要な特別教育を受講していない事例もみられた。

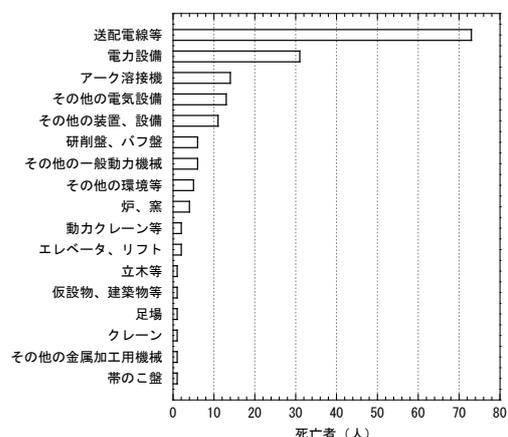


図1 起因物別の感電死亡者数

5) 月別

低圧による感電死亡者数 105 人のうち 7、8 月ではおのおの 26 人、37 人が死亡し、6、7、8、9 月の合計では 91 人（全体の 86.7%）と大部分を占めている。これは夏場の高温環境下での作業のために作業者が発汗して人体の抵抗が低下すること、薄着になるために肌を露出する機会や必要な絶縁用保護具の着用を怠る可能性が高まること、作業中の注意力が低下することなどが要因と考えられている。高圧は月に対する依存性は見られないが、高電圧が使用される受変電設備、送配電線などでは感電防止対策が遵守されていることが要因と考えられる。

6) 原因別

データベースに記載された災害発生状況の概要に基づき大まかに分類した結果では、最近では漏電や絶縁不良といった電気機器に起因するハード的な要因は 9.2% と少ない。一方、安全管理体制の不備や絶縁用保護具・防具の不適切な使用、作業者のエラーなど電気機器以外のソフト的な要因が 85.5% と大半を占めていることがわかった。

(2) 大規模事業場での安全管理

先述の分析結果より事業場の労働者が多い大規模な事業場では感電災害発生件数の少ないことから、大規模の事業場における感電災害防止を主眼とした安全管理について実態調査を行った。

1) 建設業

事業場の安全担当者からヒアリングを行った結果、工所用電気設備の安全巡視、電気保安教育、機器（アーク溶接機）の始業前点検、年次点検を実施していた。

また感電災害防止のための安全な作業計画書が策定されていた。たとえば、送配電線近接作業での計画書には、安全対策、安全管理体制、日常管理、作業点検記録、送電線所有者との打ち合わせ記録などが記載されている。その中では、送電線の電圧、最下電線の地上高、離隔距離、使用する建設機械の名称、送電線の注意看板・注意旗の設置、ブームが倒れても送電線に接触しない方向に車体に向かせる、専任監視員を配置することなどが記述されている。安全管理体制では、統括安全衛生責任者、元方安全衛生管理者とともに、監視責任者、送電線管理者への立ち会い要請連絡者、事故時の送電線管理者への連絡者を配置している。

電気保安教育については、オンラインでも自習が可能なようにしている。具体的には、工所用電気機器の名称と用途、関連法規、人体に流れる電流の生体への影響、日常運用管理（検査・点検、漏電遮断器、アース、電動工具、溶接機、

移動用発電機、本設電源利用時、送配電線・活線近接作業）、事故事例などが説明されている。同様な内容の安全に関わる冊子が作成され、担当者に配布されている。

2) 建設現場

元請けと下請けの事業場が複数混在している建設現場について、現場調査を行った結果、以下のような状況を確認できた。

電気機器は使用前の点検を確実に実施していた。交流アーク溶接機を現場に持ち込む際には、点検整備されたものであることを確認し、適合したものにはステッカーを貼付していた（図 2）。アーク溶接作業には、アーク溶接等の業務に関わる特別教育の修了者を配置している。溶接棒ホルダー、アースクランプ、溶接用ケーブル等には損傷のないものを使用していた。交流アーク溶接機の帰線は溶接箇所近くの被溶接材に確実に取り付けていた。アーク溶接作業開始前には、溶接棒ホルダーや帰線の状態を確認してから交流アーク溶接機の電源を投入していた。アーク溶接作業の休止中や終了時には溶接棒ホルダーから溶接棒を必ず取り外し、交流アーク溶接機の電源をオフとしていた。また、必要に応じて自動電撃防止装置の始動感度の点検を実施していた。

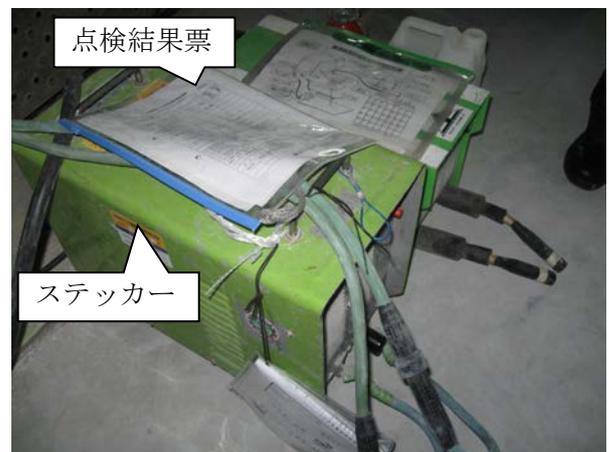


図 2 建設現場に持ち込まれた点検済みの交流アーク溶接機（点検結果票とステッカーが貼付されている）

3) 造船業（1）

造船所の安全担当者からのヒアリングと現地調査を行った。アーク溶接機については、アーク溶接機器点検基準書を作成し、日常、月例、6ヶ月点検、年次点検の要領を規定している。

日常点検としては、交流アーク溶接機について、テストボタンによる自動電撃防止装置の動作確認、溶接機用キャブタイヤケーブル、溶接棒ホルダーの点検、遮光保護具・溶接用保護面等の保護具点検を実施していた。

月例点検については、分電盤、交流アーク溶

接機、自動電撃防止装置、溶接用ケーブルについて、点検リストを作成して実施している。同様に点検リストに基づき、分電盤、交流アーク溶接機、自動電撃防止装置の6ヶ月点検及び年次点検を実施している。

新たな電気作業が発生した場合にはリスクアセスメントを実施して、必要な対策を講じて、感電災害等の発生しない環境を整備している。

また、造船作業現場の実地調査を行った結果、次のような状況であった。

配線、ケーブルを床に設置する場合には、配線用の溝あるいは鉄板によってケーブルの損傷防止のための養生をしていた。通路をまたぐように配線等を設置する場合には、門形の部材に沿って配線していた。配線等は定期的な保守点検によって、損傷のないものが使用されていた。

溶接作業にはCO₂溶接機を主として使用しており、交流アーク溶接機を用いた溶接作業は、狭い場所などCO₂溶接機を使用しにくい限られた箇所だけに使用していた。

事業場には修理部門が併設され、必要に応じて円滑な交流アーク溶接機の保守点検及び修理が可能な体制が構築されていた。

なお、一般的な状況として4S（整理、整頓、清潔、清掃）が行き届いており、KY活動も取り入れられていた。

4) 造船業（2）

造船所の安全担当者からのヒアリングと現地調査を行った。

造船所は、技能訓練のための専用の施設を持ち、教官も配置していた。まず毎年4月から6月に行われる溶接技能訓練を見学した。この技能訓練は4月からの新入社員が受講し、技能習得の後に現場に配属される。訓練の具体的な目的は、溶接技能者資格の取得である。同時に、溶接に伴う労働災害の危険性（主に感電災害、アーク光による目の障害、ヒュームによる障害）の知識習得と、危険性に対する対策の重要性（しゃ光ガラス付き溶接用保護面、保護めがね、防塵マスク、アーク溶接用手袋、前掛け、腕カバー、足カバー、安全靴等の装備品の使用訓練を含む）を学ぶ。また、様々なミスの原因となる溶接器具の整理整頓の重要性を教育、ルールの教育・徹底を指導していた。

次にアーク溶接機の整備工場を見学した。整備工場では様々な設備の修理を行うが、交流アーク溶接機の修理・調整、また自動電撃防止装置の動作確認を行っている。自動電撃防止装置の動作確認は「自動電撃防止装置チェッカおよび自動電撃防止装置チェッカ用抵抗ユニット」を使って行われていた。この動作確認用計測機器は構造規格に始動感度の規定が設けられる以前に製造されたものであり、多くの事業場、製

造現場で使用されている平成23年以前の構造規格に基づく交流アーク溶接機の動作確認には有効である。

構造規格改正に伴って新たに規定された始動感度に基づく自動電撃防止装置を内蔵する交流アーク溶接機は数台が導入されていた。しかし、構造規格改正による始動感度を測定可能な計測機器は市販されていないため、自動電撃防止装置の動作確認はメーカーによるメンテナンスに依存していた。

始動感度が規定された構造規格に基づく自動電撃防止装置を内蔵した交流アーク溶接機が数台導入されていたので、その使用感について調査した。その結果、現場へのヒアリングと溶接試験を実施し、現場作業者に確認したところ、これまでと全く変わりがないとのことであった。しかし、交流アーク溶接機を使用するのは艀装（装備を取り付ける工程）の取付職であるため、溶接職がするような連続溶接やアークを発生させたり、止めたりする断続的な溶接作業はしていない。特に断続的な溶接では始動感度の上限值が260Ωとなったことでアークが発生しにくくなる可能性があるため、試験を実施したが、アークが発生しにくくなるようなことはなかった。したがって、全く従来型と変わりなく、作業を行うことができるとのことだった。

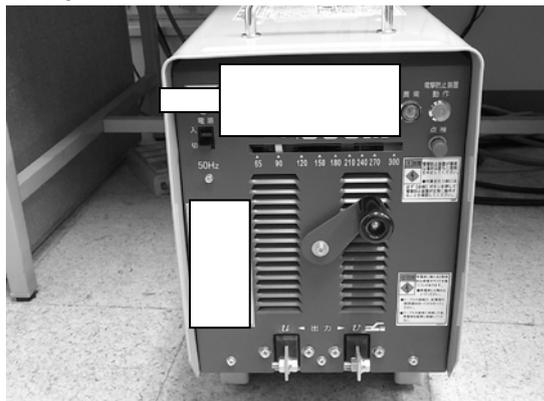
同所では、感電を体感し教育する施設を有し、安全教育が机上の空論にとどまらず、作業にとって新鮮に感じられるような工夫をしていた。これは業界団体による安全衛生対策の推進の一環である。その活動として作成された安全体感マニュアル集（疑似体験 再現朝礼 体感施設）では、感電、墜落転落など11種の災害が掲載されていた。感電では、溶接用フォルダーの漏電実験、電路の短絡実験、また、微弱電流による感電体験などが掲載されていた。

（3）配線用遮断器、漏電遮断器等の製造・販売会社の調査

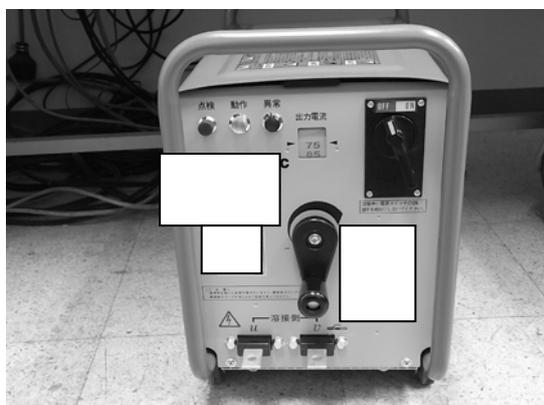
調査した会社では、以前には自動電撃防止装置の始動感度、安全電圧、遅動時間等の点検装置を製造・販売していた。交流アーク溶接機のユーザーからは、定期点検の際に自動電撃防止装置の始動感度を測定できる点検装置の市販の要望があった。現状では、点検は、交流アーク溶接機のメーカーや機器レンタル会社等で行っている。今回調査した会社では、販売の採算があえば、製造販売ができるが、需要からすると価格が高くなる事情があるため、一般ユーザー向けの商品よりも、過去に特注によって点検装置を製造販売した方法での対応が今後も続くものと思われた。

漏電遮断器については、事業所用配電盤での

普及は常識となりつつあるが、家庭用配電盤でも標準となっている。したがって、固定配線における漏電防止はかなり進んでいると考えられる。一方、例えば建設業などでの仮設配線や移動配線では漏電遮断器を設置しにくい状況もあり得る。この場合、コンセントとプラグとの間に挿入可能な漏電遮断器が開発されており、普及も進んでいくと思われる。よりコンパクトで使い勝手の良い製品が開発されており、現在では高圧あるいは特別高圧よりも死亡災害件数の多い低圧に起因する感電災害の防止効果が期待できる。



(a) A (内蔵)



(b) C (内蔵)

図3 試験に使用した自動電撃防止装置内蔵の交流アーク溶接機

(4) 自動電撃防止装置の特性調査

平成 23 年には構造規格に始動感度が取り入れられたことから、当該構造規格に基づき製造された外付け及び内蔵の自動電撃防止装置について始動感度を中心として特性を確認した。調査したのは図 3、表 1 に示す内蔵型 2 機種と外付け型（出力側遮断）1 機種の合計 3 機種である。安全電圧の確認には、デジタルマルチメータ（YOKOGAWA、753704）を用いて実効値で測定した結果、安全電圧の仕様では 18~22V であるが、測定値では 19~21V であった。これらは構造規格の第 12 条で定められた実効値で

30V 以下をいずれも満足しているものであった。

始動感度は、交流アーク溶接機の二次側にすべり抵抗器を接続して、抵抗値を 500Ω から徐々に小さくして、自動電撃防止装置の電磁接触器が作動したときの抵抗値をデジタルマルチメータ（YOKOGAWA、753704）で測定した。交流アーク溶接機に内蔵あるいは外付けされる自動電撃防止装置の始動感度の仕様では 120~180Ω であるが、測定値では 120~159Ω であった。これらは構造規格の第 13 条の 2 で定められた 260Ω 以下をいずれも満足するものであった。

自動電撃防止装置（A（内蔵））のテストボタンを押したときの交流アーク溶接機の二次側の電圧変化を図 4 に示す。安全電圧から溶接機無負荷電圧になり、0.8 秒後に再び安全電圧となっていることがわかる。

表 1 自動電撃防止装置の始動感度

	A (内蔵)		B (外付け) 出力側遮断		C (内蔵)	
	仕様	測定値	仕様	測定値	仕様	測定値
安全電圧 (V)	22	21	22	19	18	19
標準始動感度 (Ω)	180	151	180	120	120	159
遅動時間 (s)	約 1	0.8	約 1	—	約 1	1.16

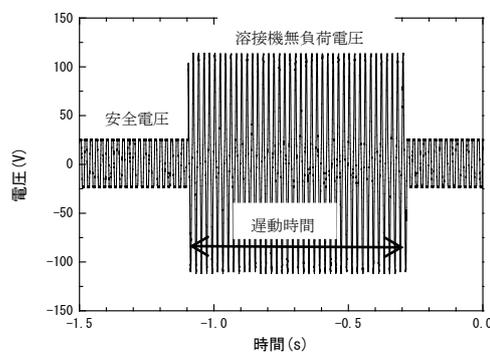


図 4 自動電撃防止装置（A（内蔵））の場合の溶接機の二次側出力電圧変化（テストボタンによる）

(5) 韓国の規制・規格

アーク溶接作業は感電災害の危険性が高いことから、リスクアセスメントや保護具の着用、危険低減装置の使用などの対策が採られている。今回は、韓国について調査した。

1) 韓国の場合

韓国では我が国の交流アーク溶接作業による感電防止と類似した規則を導入している。産業安全保健基準に関する規則(労働安全衛生規則)第306条(交流アーク溶接機など)においては、感電危険性の高い次の場合には自動電撃防止装置を設置することが義務づけられている。また「アーク溶接装置の設置及び仕様に関する技術指針」(KOSHA GUIDE E-76-2013、韓国産業安全健康公団)においても同様の規定がなされている。

1. 船舶の二重船体内部、若しくは Ballast タンク、若しくはボイラー内部等導電体に囲まれた場所
2. 墜落する危険性がある高さ 2m以上の場所で鉄骨等導電性の高い接地物に労働者が接触するおそれがある場所
3. 作業員が水、発汗などで導電性が高く湿気の多い状態で作業する場所

上記の 1、2 は我が国の労働安全衛生規則第332条と同じであるが、3に挙げられた「作業員が水、発汗などで導電性が高く湿気の多い状態で作業する場所」は我が国の労働安全衛生規則には定めがない。

(6) 感電災害防止取り組みのアンケート調査

アンケート対象事業場は、表2に示すようにアーク溶接作業がある可能性のある建築工事業、金属工作機械製造、ボイラー製造、船体ブロック製造の4業種の合計で676社とした。本報告の付録で示したアンケート用紙は平成29年9月に送付し、10月末までに回答のあった事業場は167社であり、その内交流アーク溶接機を使用している事業場は57社であった。また、事

表2 アンケート対象事業場と回答状況

業種名	対象数 (社)	回収 数 (社)	(交流アーク溶 接機使用) (社)
建築工事業	303	85	12
金属工作機械製 造	190	50	22
ボイラー製造	69	17	11
船体ブロック製 造	114	15	12
合計	676	167	57

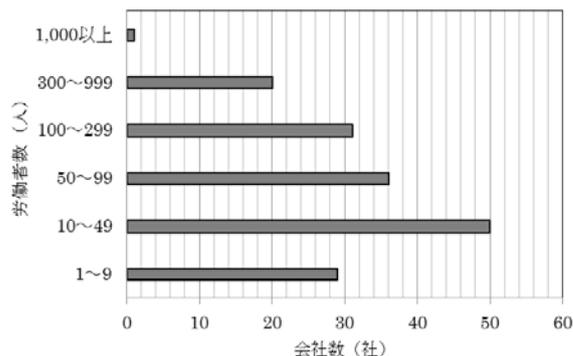


図5 労働者規模別の回答状況

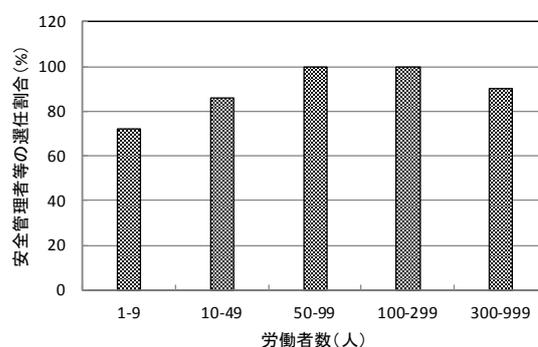


図6 安全管理者等の選任状況

業場の労働者数による規模(以下、「労働者規模」という。)別の回答状況は図5のとおりであり、労働者数が10~49人の事業場が最も回答が多く50社であった。

1) 安全衛生管理体制等

(ア) 安全衛生管理体制

安全管理体制については、安全衛生管理者等の選任状況、事業場に設置された安全衛生に関わる委員会、労働安全衛生マネジメントシステム(OSHMS)の導入状況、停電作業等に関わる作業指揮者の選任、感電危険性のある作業に関わる作業手順書とチェックリストの作成状況について調査した。

図6は安全管理者等の選任状況を示す。大多数の事業場で安全衛生に関わる管理者等が選任されていたが、労働者規模が1~9人の事業場では8社(約28%)、10~49人では7社(14%)、300~999人以上では2社(10%)が安全衛生に関わる管理者等の選任がなされていないとの回答であった。労働者規模が1~9人の事業場での安全衛生に関わる管理者等の選任の割合が他の労働者規模に比較して低い状況であった。労働者規模が1~9人の事業場では、労働安全衛生法で安全衛生に関わる管理者等を選任する義務が無い

ことから、事業主が安全衛生の管理を行っている場合が多いと考えられる。

安全衛生委員会等の設置状況については、図7に示すように労働者規模が100～299人から1～9人と規模が小さくなると、安全衛生委員会等の設置割合が低くなる傾向であった。労働者規模が50人未満の事業場では労働安全衛生法において安全衛生委員会等の設置が義務づけられていないこともあり、安全衛生委員会等の設置割合は、労働者規模が1～9人では45%、労働者規模が10～49人では70%の状況である一方、50人以上では90%以上であった。

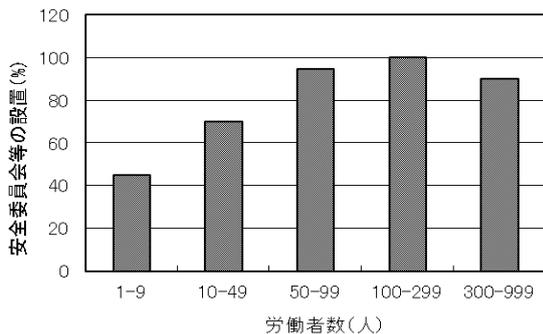


図7 安全衛生委員会等の設置状況

労働安全衛生マネジメントシステムの導入とリスクアセスメントの推進については、図れているが48社(29%)、図れていないが56社(34%)、導入の必要性を感じないが61社(37%)であった。図れていない、導入の必要性を感じないを合計すると71%であるが、労働安全衛生マネジメントシステムは労働災害防止に寄与する有効なシステムであることから、今後とも労働安全衛生マネジメントシステムの導入の推進が必要な状況にあることがわかった。労働者規模が大きくなると労働安全衛生マネジメントシステムの導入とリスクアセスメントの推進(以下、「マネジメント推進等」という。)が図れている割合は、高くなる傾向にあった。具体的には、マネジメント推進等が図れていた割合は、労働者規模が1～9人では7%、10～49人では29%の状況であり、300～999人では50%の状況であった(図8)。

(イ) 感電災害防止の取り組み状況

労働安全衛生規則で義務づけられている停電作業、高圧活線作業、高圧活線近接作業、特別高圧活線作業、特別高圧活線近接作業での作業指揮者の選任については、該当作業を有する事業場の43%で選任がされていた。労働者規模に対する選任の割合では、労働者規模が大きいほど選任の割合が高くなる傾向であった。具体的には労働者規模が1～9人での選任の割合は10%

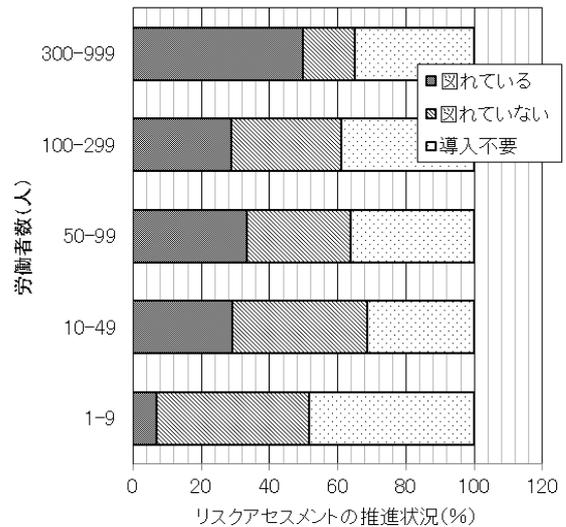


図8 労働安全衛生マネジメントシステムの導入とリスクアセスメントの推進状況

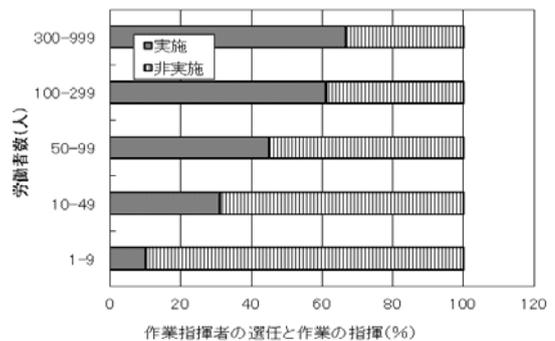


図9 作業指揮者の選任と作業の指揮の状況

であったが、300～999人では67%であった(図9)。

感電の危険性のある作業毎の作業手順書の作成状況については、該当作業がある159社に対して、57社(36%)が作業手順書を作成している状況にあった。労働者規模に対する作業手順書の作成の割合では、労働者規模が大きくなると作成割合も高くなる傾向であった。具体的には労働者規模が1～9人での作業手順書の作成の割合は25%であったが、300～999人では45%であった(図10)。過去の感電による災害事例をみると感電災害防止のための作業手順書を作成していない際に感電による労働災害の発生している場合がみられたことから、一層作業手順書の作成が促進されるような方策が必要と考えられる。

感電の危険性のある機器のチェックリストの作成状況については、該当機器を使用していると回答した56社の内46社(82%)がチェックリストを作成し、チェックリストの作成状況は比較的良好であった(図11)。過去の感電による

労働災害事例には、使用していた機器が漏電していたために感電した事例がみられたことから、一層チェックリストの作成事業場が増加するように進めることが必要と考えられる。

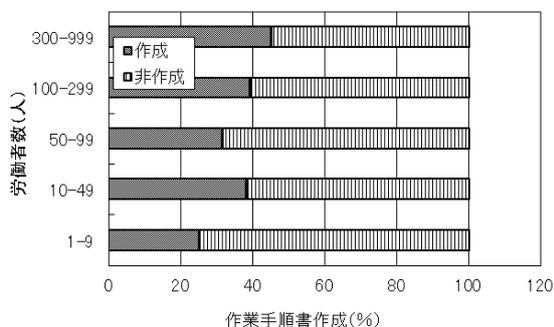


図 10 作業手順書の作成状況

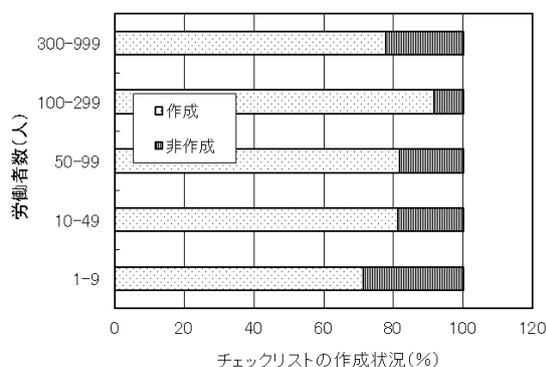


図 11 機器のチェックリストの作成状況

2) アーク溶接作業

交流アーク溶接機を使用していると回答した事業場は 57 社であった。以下に結果を示す。

(ア)アーク溶接等の作業に従事する労働者に対する特別教育の受講状況

アーク溶接等の作業に従事する労働者に義務づけられている特別教育については、45 社 (80%) で受講させていたが、11 社 (20%) では受講させていなかった。過去の感電による労働災害事例でもアーク溶接等の作業に関わる特別教育を受講していない労働者の感電死亡が発生していることから、アーク溶接等の作業に従事する労働者に対する特別教育の徹底が必要である。

(イ)自動電撃防止装置の取り付け状況

交流アーク溶接機に自動電撃防止装置が取り付けられていた事業場は、回答のあった 53 社の内 42 社 (79%) であり、3 社では高抵抗始動型又は低抵抗始動型のいずれかが取り付けられ、24 社は高抵抗始動型の自動電撃防止装置が取り付けられ、15 社では低抵抗型の自動電撃防止装置が取り付けられていた。また、自動電撃防止装置の内蔵、外付けの別では、内蔵との回答

が 21 社、外付けとの回答が 9 社であり、内蔵が主流となっていることが確認できた。

始動感度の回答では、構造規格の始動感度の規制値に準拠しない値である 300 Ω が 3 社、2~500 Ω が 1 社であり、構造規格の始動感度の規制値である 260 Ω 以下であったのは 8 社 (除く低抵抗始動型) であった。その 8 社の始動感度は 12 Ω (2 社)、120 Ω (4 社)、180 Ω (1 社)、12~180 Ω (1 社) であった。

(ウ)構造規格に始動感度が取り入れられたことへの認識状況等

構造規格に平成 23 年に始動感度が取り入れられたことへの認識度については、回答のあった 56 社のうち、17 社 (30%) が知っている、39 社 (70%) が知らないとの回答であった。

また、指針の改正が平成 23 年にあったことについては、回答のあった 55 社のうち 18 社 (33%) が知っている、37 社 (67%) が知らないとの回答であった。これらの結果から、交流アーク溶接作業の感電災害防止に寄与する始動感度が構造規格に取り入れられたことが、改正されてから 6 年を経過した平成 29 年 9 月時点においても、未だ認識度が低い実態が明らかとなったことから、今後一層周知を図る必要がある。同様に指針が改正され始動感度の測定が取り入れられたことについても認識度が低い実態が明らかとなった。

(エ)構造規格に規定された始動感度に基づく自動電撃防止装置の使用状況

構造規格に基づく始動感度が取り入れられた自動電撃防止装置については、回答のあった 49 社中 25 社 (51%) が使用し、24 社 (49%) は使用していない状況であった。平成 29 年 9 月現在でも始動感度の基準が構造規格に取り入れられていない時期に導入された自動電撃防止装置が多く使用されている現状にあることが確認できた。

使用感については、回答のあった 23 社のうち、変わらないが 16 社 (70%)、悪くなったが 5 社 (22%)、良くなったが 2 社 (8%) との回答であり、全般的には変わらないとの結果であった。悪くなったとの回答の理由については、5 社がアークの発生がしにくくなったとの回答であったことから、始動感度が作業性に及ぼす影響については、今後さらなる検証が必要と思われる。

(オ)始動感度測定器の必要性等

平成 29 年 9 月現在、構造規格に規定された自動電撃防止装置の始動感度を測定可能な測定器が市販されていない状況にあることから、その必要性を尋ねたところ、回答のあった 39 社中、9 社 (23%) は必要と回答し、30 社 (77%) は必要性を感じないとの回答であった。始動感度の確認

は交流アーク溶接作業に伴う感電災害防止の観点から重要であり、指針では、使用状況に応じて1年に1度の測定を求めている状況においても、測定器の必要性を感じない事業場が77%である実態からすると、指針の普及が不十分であることが一つ考えられる。

そこで始動感度測定の実施状況を尋ねたところ、回答のあった38社中、測定を実施しているのが7社(18%)、測定を実施していないのが31社(82%)であった。具体的な測定方法については、始動感度が構造規格に取り入れられる以前に市販されていた測定器を使用していたのは1社、自社で抵抗ユニットなどを組み合わせて測定していたのが2社、メーカーに依頼が4社であった。

このように構造規格の始動感度基準に基づいた始動感度の測定を行っていない事業場が大半であることから、始動感度の測定器の必要性を感じない事業場が多い現状が把握できた。

(カ) 自動電撃防止装置の点検状況

① 使用前点検

使用前点検は57社の中で35社(61%)で行っているとの回答であった。具体的には異音・異臭発生の有無、電磁接触器の作動状態、配線及びこれに附属する被覆又は外装の損傷、装置の外箱のふたの状態、外箱の接地状態のいずれかの項目を点検しているが、主な点検項目は異音・異臭発生の有無、電磁接触器の作動状態、配線及びこれに附属する被覆又は外装の損傷、電磁接触器の作動状態であった(図12)。

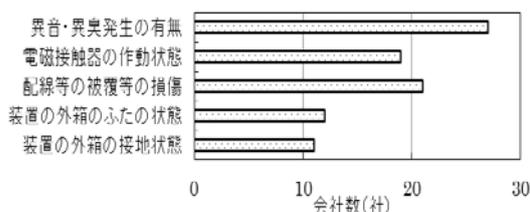


図12 使用前点検の状況

② 6ヶ月点検

回答のあった39社の中、6ヶ月点検を実施していたのは22社(56%)であった。

具体的には自動電撃防止装置の溶接機の外箱への取り付け状態、自動電撃防止装置と溶接機との配線の状態、外箱の変形、破損及びふたの開閉の状態並びにガスケットの劣化の状態、表示燈の破損の有無、ヒューズの異常の有無、電磁接触器の主接点及びその他の補助接点の消耗の状態、点検用スイッチの作動及び破損の有無、異音・異臭の発生の有無のいずれかの項目を行っていたが、電磁接触器の主接点及びその他の補助接点の消耗の状態については6社(15%)で

点検を行っていた(図13)。過去には主接点が溶着したと推定される感電災害が発生していることから、主接点の点検状況が低調なことは、今後主接点の点検の必要性のより一層の周知が必要と考えられる。

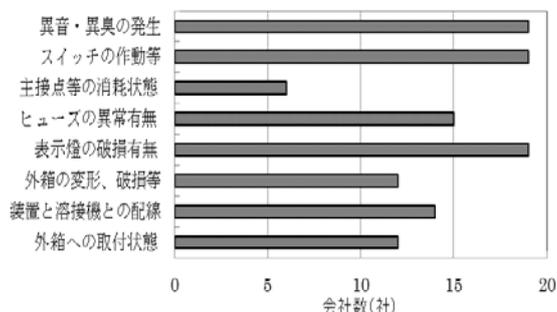


図13 6ヶ月点検の状況

③ 1年点検

回答のあった40社の中、1年点検を実施していたのは15社(38%)であった。

具体的な点検項目は絶縁抵抗、電磁接触器の作動及び表示燈の明暗、始動感度、自動電撃防止装置の電源電圧、電撃防止装置の出力側無負荷電圧、遅動時間のいずれかを行っていたが、始動感度の測定は5社(13%)であり、遅動時間の測定は2社、電撃防止装置の出力側無負荷電圧の測定は3社、自動電撃防止装置の電源電圧の測定は5社が実施していた(図14)。以上のように、点検を実施している事業場においても、始動感度の測定は低調な状況であった。

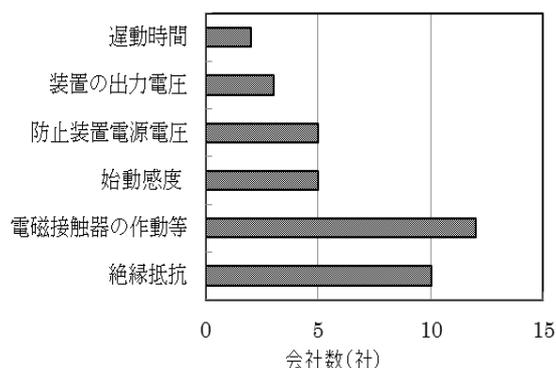


図14 1年点検の実施状況

(キ) 溶接時の感電事例の有無

感電事例の有無を平成29年9月からの過去5年間について調査したところ、4社で事例の報告があった。

感電の発生場所は、一つの事例に対して7つの選択肢から複数の回答があった結果、狭い場所2社、湿潤な場所2社、導体で囲まれた場所1社、高所1社、広い場所1社であった。周囲環境についても、一つの事例に対して3つの選

肘から複数の回答があった結果、雨が3社、湿潤が2社、乾燥が1社であった。その際の作業は溶接棒の交換作業が3社、溶接作業中が1社であり、労働者の発汗については、3社で発汗し、1社では発汗していなかった。

導体で囲まれた場所、湿潤な場所や労働者が発汗している条件下では、過去の災害事例でも感電による死亡災害が発生している。導体で囲まれた場所では人体が導体と接触するときに、手や足以外の部位が導体と接触するために、手から足の間の人体抵抗よりも低下する。また皮膚が乾燥しているときの人体抵抗と比較して、雨で人体が濡れていたり、湿潤な環境での作業あるいは労働者が発汗している条件下では、人体抵抗が小さくなる。人体抵抗が小さくなると人体に流れる電流が大きくなることから、感電による危険性が增大することとなる。

D. 考察

労働者規模別の感電災害を分析した結果では、30人未満での感電災害が他の労働者規模の事業場に比較して多い状況にあった¹⁾。この要因をアンケート結果から考察する。労働者規模が10人未満では安全管理者等の選任が労働安全衛生法で義務づけられていないことから、10人未満の事業場での安全管理者等の選任状況は低いものであった。同様に安全衛生委員会等の設置についても労働者規模が50人未満では安全衛生委員会等の設置が義務づけられていないことから、安全衛生委員会等の設置割合は低いものであった。安全衛生委員会等が義務づけられていないと、安全衛生委員会等の設置は事業場の自主性に依存することから、設置割合が低下する状況にあったと考えられる。これらのことは安全管理体制が不十分になりやすく、労働災害が発生する可能性が高くなる一つの要因と考えられる。

労働安全衛生マネジメントシステムの導入とリスクアセスメントの推進については、労働者規模が小さくなると、推進が図れていない事業場数が多くなる傾向にあった。また、停電作業、高圧活線作業、高圧活線近接作業、特別高圧活線作業、特別高圧活線近接作業における作業指揮者の選任状況についても、労働者規模が小さくなると作業指揮者の選任の割合が低下する傾向にあった。これらの結果も、労働者規模が小さくなると、安全衛生マネジメントなど安全管理が不十分となる傾向を示していると考えられる。

平成23年に改正された構造規格と指針の認識度については、70%程度の事業場で認識されていない状況にあった。これは構造規格や指針

の改正に関わる広報活動など周知徹底の施策がいまだ浸透していない状況を示しており、今後とも周知のための活動が必要である。また、指針への対応は事業場の自主性に任されていることもあって、始動感度の測定についても測定を実施していないのが80%に達していた。そのため、始動感度測定器が不要とした回答が約80%となった結果に結びついていると考えられる。今後とも指針内容が実際に履行されるように、始動感度の測定の重要性を周知することが必要と考えられる。

始動感度が構造規格で規定される以前の自動電撃防止装置の取り付けられた割合が、回答のあった49社の内25社(51%)の状況であった。構造規格に始動感度を規定する改正前に自動電撃防止装置の労働安全衛生法に基づく検定の更新を行えば、その後メーカーは更新後3年間は以前の構造規格に基づいて自動電撃防止装置を製造が可能であった。従って、実際に平成23年に構造規格に定められた始動感度を満足する自動電撃防止装置が本格的に製造され始めたのは平成26年以降となる。

構造規格の始動感度の上限値である260Ω以下の自動電撃防止装置が本格的に製造される時期が平成26年からであることと、自動電撃防止装置の耐用年数も長いことから、現状では構造規格に規定された始動感度を満足する自動電撃防止装置の普及が進んでいないものと考えられる。

過去の感電災害では正常な機能の自動電撃防止装置が取り付けられていたにも関わらず、感電死亡事故が発生している。構造規格に始動感度が定められる以前に製造された高抵抗始動型であって、始動感度が327Ωであったことと雨で濡れて人体抵抗が低下していたことが相まって、自動電撃防止装置の主接点が作動して80Vの溶接機無負荷電圧が人体に印加されたことが原因となった結果、感電死亡事故が発生している²⁾。始動感度が構造規格に取り入れられた趣旨の理解度を向上させることによって、構造規格に準拠した自動電撃防止装置のさらなる普及が望まれると考えられる。

E. 結論

感電死亡災害の現状を厚生労働省の死亡災害データベースに基づき分析した。その結果、事業規模が30人未満の事業場で、建設業、製造業において災害が多発している状況が確認できた。災害発生の原因は漏電、絶縁不良などの機械的な原因よりも、作業者のエラーや安全管理体制などに課題のあることが確認できた。

感電に起因する労働災害の分析結果を踏まえ

て、感電災害の発生件数が少ない大規模な事業場（建設業及び造船業）における安全管理体制の調査を行った。その結果、安全管理体制が確立されており、安全教育や作業に必要な特別教育が実施されていた。また、作業計画書が策定され、交流アーク溶接機など感電災害の危険がある電気機器については、点検方法や必要な対策方法が定められ、災害防止が図られていた。

造船所においては、交流アーク溶接機を用いた溶接作業は、CO₂溶接機が使用できない狭隘な場所などに限定され、交流アーク溶接機による溶接作業をできるだけ少なくするように配慮がなされていた。

造船所で使用している交流アーク溶接機の間で、構造規格に準拠した始動感度の自動電撃防止装置を取り付けた交流アーク溶接機の使用感は、上限値が定められていなかった従来の自動電撃防止装置と変わらないこと、自動電撃防止装置の始動感度などを試験する装置が市販されていない現状を確認した。

市販されている構造規格に準拠した自動電撃防止装置の始動感度を測定した結果、構造規格に定められた上限値を満足していることを確認した。

海外におけるアーク溶接作業に伴う感電防止に関わる規則として、韓国の規則を調査した結果、日本と類似していることがわかったが、水、発汗などで導電性が高く湿気の多い状態で作業する場所で自動電撃防止装置の使用が義務づけられている点が相違していた。

最後にアーク溶接作業に関わる感電災害防止の取り組み状況をアンケート調査した。その結果、安全管理者等の選任、安全衛生委員会等の設置割合は、事業場の労働者数が 50 人未満では、50 人以上と比較して低いものであった。

また労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）の導入とリスクアセスメントの推進については、事業場の労働者数が少なくなると、推進が図れていない事業場数が多くなる傾向にあった。同様に、停電作業等における作業指揮者の選任状況についても、事業場の労働者数が少なくなると作業指揮者の選任の割合が低下する傾向にあった。これらの結果は、労働者数が 30 人未満の事業場で感電死亡災害が多く発生している要因 ①となっている可能性を示唆している。

構造規格と指針の認識度は、改正後 6 年経過しても 30%程度に止まっていること、指針に盛り込まれた自動電撃防止装置の始動感度測定も 20%程度に止まっていることが把握できた。

参 考 文 献

- 1) 富田一、濱島京子、三浦崇：“最近の感電死亡災害の分析と大規模事業場の安全管理”、第 48 回安全工学研究発表会 2015、pp.149-152.
- 2) 労働災害事例(雨の中でアーク溶接作業をしていて感電する)：
http://anzenninfo.mhlw.go.jp/enzen_pg/SAI_DET.aspx

F. 健康危険情報
特段なし。

G. 研究発表

1. 論文発表

- ①富田一(2015)最近の感電死亡災害の分析，安全工学，Vol.54，No.3，pp.207-210.
- ②富田一(2016)静電誘導等が原因で発生する感電災害，安全と健康，Vol.67，No.7，pp.28-29.
- ③三浦崇(2016)統計でみる感電災害の現状，北海道のでんき，Vol.724，pp.4-13，2016.
- ④三浦崇(2016)夏の感電死亡リスクと年齢別感電災害発生率，クレーン，Vol.54，No.628，pp.37-41.
- ⑤三浦崇(2016)年齢ごとの災害発生件数（1），建設の安全，No.526，pp.8-11.
- ⑥三浦崇(2016)年齢ごとの労働災害発生率（2），建設の安全，No.527，pp.3-7.
- ⑦三浦崇，高橋明子(2017)労働災害発生率と年齢との関係，労働安全衛生研究，Vol.10，No.1，pp.33-43.
- ⑧三浦崇(2017)統計でみる感電災害の現状，北海道のでんき，Vol.730，pp.4-12，2017.

2. 学会発表

- ①富田一，濱島京子，三浦崇(2015)最近の感電死亡災害の分析と大規模事業場の安全衛生管理，第 48 回安全工学研究発表会，講演予稿集，pp.149-152.
- ②富田一，三浦崇，濱島京子，遠藤雄大(2018)アーク溶接作業を中心とした感電災害防止に関わるアンケート調査.2018年電子情報通信学会総合大会，CD-ROM.

H. 知的財産権の出願・登録状況
なし。

電災害防止に関する企業の取組実態調査のアンケート用紙（付録）

問 1. 貴社の事業場において、安全衛生管理組織として選任者を設置している者について、次の中からお選びください。※同義であれば名称は完全一致でなくても構いません[○はいくつでも]

1. 安全衛生管理者	4. 安全衛生推進者	7. 元方安全衛生管理者
2. 安全管理者	5. 衛生推進者	8. 安全衛生責任者
3. 衛生管理者	6. 統括安全衛生責任者	9. 店社安全衛生管理者

問 2. 事業場に設置されている安全衛生に係る委員会についてお答えください。※同義であれば名称は完全一致でなくても構いません[○はいくつでも]

1. 安全委員会	2. 衛生委員会	3. 安全衛生委員会
----------	----------	------------

問 3. 「労働安全衛生マネジメントに関する指針」（平成 18 年 3 月 10 日付け厚生労働省告示第 113 号）が公表されています。労働安全衛生マネジメントシステム（OSHMS）の導入とリスクアセスメントの推進は図れていますか。[○は 1 つ]

1. 図れている	2. 図れていない	3. 導入の必要性を感じない
----------	-----------	----------------

問 4. 停電作業、高圧活線作業、高圧活線近接作業、特別高圧活線作業、特別高圧活線近接作業においては、作業指揮者を定め、作業の指揮を行わせていますか。[○は 1 つ]

1. 行わせている	2. 行わせていない	3. 該当作業がない
-----------	------------	------------

問 5. 感電災害防止のためにアーク溶接作業、電動工具を使用した作業など感電の可能性のある作業ごとに作業手順書を作成していますか。[○は 1 つ]

1. 作成している	2. 作成していない	3. 該当作業がない
-----------	------------	------------

問 6. 交流アーク溶接機を含めた感電危険性の高い機器の安全点検のためのチェックリストを作成していますか。[○は 1 つ]

1. 作成している	2. 作成していない	3. 該当機器がない
-----------	------------	------------

問 7. アーク溶接に関わる設問にお答えください。

問 7-1. 交流アーク溶接機は使用されていますか。[○は 1 つ]

1. 使用している	2. 使用していない
⇒問 7-2 へお進みください	⇒以降は回答せずにアンケート返送をお願いします

問 7-2. 溶接作業に従事する作業者には「溶接作業等にかかる特別教育」を受講させていますか。

※インストラクターの資格を持った社員による社内研修も含む[○は 1 つ]

1. 受講させている	2. 受講させていない
------------	-------------

問 7-10. 自動電撃防止装置の始動感度、遅動時間、安全電圧などを測定できる測定装置が以前は市販されていましたが、現在市販されていません。必要性を感じますか。
[○は1つ]

- | | |
|-----------|------------|
| 1. 必要と感じる | 2. 必要と感じない |
|-----------|------------|

(使用前点検について)

問 7-11. 自動電撃防止装置が取り付けられた交流アーク溶接機の使用前に実施したことがある点検項目を全て教えてください(定期点検は除く)。
[○はいくつでも]

- | |
|---|
| 1. 自動電撃防止装置の外箱の接地の状態
2. 自動電撃防止装置の外箱のふたの状態
3. 自動電撃防止装置と溶接機との配線及びこれに附属する接続器具の被覆又は外装の損傷の有無
4. 電磁接触器の作動状態
5. 異音・異臭発生の有無 |
|---|

(定期の検査等について)

問 7-12. 自動電撃防止装置の使用頻度、設置場所その他の使用条件に応じて、6ヶ月以内ごとに1回は、次のa~hの事項を検査し、その結果を記録していますか。
[○はいくつでも]

- | |
|--|
| 1. はい →点検している項目について、全て○印をつけてください
a. 自動電撃防止装置の溶接機の外箱への取り付け状態
b. 自動電撃防止装置と溶接機との配線の状態
c. 外箱の変形、破損及びふたの開閉の状態並びにガスケットの劣化の状態
d. 表示燈の破損の有無
e. ヒューズの異常の有無
f. 電磁接触器の主接点及びその他の補助接点の消耗の状態
g. 点検用スイッチの作動及び破損の有無
h. 異音・異臭の発生の有無
2. いいえ |
|--|

問 7-13. 自動電撃防止装置の使用頻度、設置場所その他の使用条件に応じて、1年以内ごとに1回は、次のa~fの事項を検査し、その結果を記録していますか。
[○は1つ]

- | |
|--|
| 1. はい →点検している項目について、全て○印をつけてください
a. 絶縁抵抗 b. 電磁接触器の作動及び表示燈の明暗 c. 始動感度
d. 自動電撃防止装置の電源電圧 e. 電撃防止装置の出力側無負荷電圧
f. 遅動時間
2. いいえ |
|--|

問 8. アーク溶接作業時の感電の過去5年間における事例についてお答えください。

問 8-1. アーク溶接作業時に作業者が感電したことがありますか。[○は1つ]

1. 感電したことがある ⇒問 8-2 へお進みください	2. 感電したことはない ⇒問 9 へお進みください
---------------------------------	-------------------------------

問 8-2. 感電した時の状況について以下の内容を教えてください。

問 8-2-1. 接触した充電部について教えてください。[○はいくつでも]

1. 溶接機の一次側配線	4. 溶接ケーブル	7. 被溶接材
2. 溶接機の外箱	5. 溶接棒ホルダー	8. その他
3. 溶接機の二次側端子 (溶接ケーブル、帰線ケーブルの接続端子)	6. 溶接棒	()

問 8-2-2. 自動電撃防止装置の有無について教えてください。[○は1つ]

1. 有り	2. 無し
-------	-------

問 8-2-3. 感電した場所について教えてください。[○はいくつでも]

1. 狭い場所	4. 高所	7. その他
2. 広い場所	5. 足場の不完全な場所	()
3. 導体で囲まれた場所	6. 湿潤な場所	

問 8-2-4. 感電した際の周囲の環境条件について教えてください[○はいくつでも]

1. 雨	2. 湿潤	3. 乾燥
------	-------	-------

問 8-2-5. 感電した際の作業内容について教えてください。[○はいくつでも]

1. 溶接棒交換	2. 移動中	3. 溶接作業中	4. その他
()			

問 8-2-6. 感電した際の発汗状況について教えてください。[○は1つ]

1. 発汗していた (作業服、手袋、靴)	2. 発汗していなかった
----------------------	--------------

問 9. 交流アーク溶接機用自動電撃防止装置の構造規格、JIS 等に関してご意見等がございましたら、ご記入ください。

第7章 陸上貨物運送事業における好事例の収集と安全意識や安全対策の変化の調査

A. 研究目的

陸上貨物運送事業における労働災害では、荷役作業中の墜落・転落災害が死傷災害の約3割を占め、その大半は、トラックの荷台等で発生している。これらの墜落・転落災害の防止を図る上での大きな課題の一つとして、トラック等へ墜落・転落防止設備の設置が技術的に整備されておらず、効果的・根本的な対策の確立が強く求められていた。

このような背景のもと、平成20年および平成21年¹⁾および平成22年²⁾に実施された厚生労働省委託事業では、トラック等に安全帯を取り付けるための設備等や、荷役作業時における墜落・転落災害を防止するための安全作業方法等について、検討を行い、安全マニュアルを作成するとともに、実行可能な墜落防止設備として、4種類の工法の開発を行った。本研究では、厚生労働省より公表された安全マニュアル³⁾、⁴⁾およびそれら工法の普及状況について検討を行う。

B. 研究方法

トラックの荷台からの墜落災害の典型例としては、図1に示す①荷の積み卸し作業中の災害、図2に示す②荷の締め作業中の災害、図3に示す③荷のシート掛け作業などが挙げられる。そのため、これらの典型事例に対する基本的な安全対策として、それぞれ図4、図5、図6の対策として取りまとめ、安全マニュアルに盛り込んだものである。

また当研究所で考案した4種類の工法を図7（トラック積載型の墜落防止設備：あおりの上に作業床を取り付けるタイプ）、図8（トラック積載型の墜落防止設備：安全帯取付設備を取り付けるタイプ）、図9（荷主庭先据置型：あおりの上に作業床を取り付けるタイプ）、図10（荷主庭先据置型の墜落防止設備：荷の横に墜落防止策を取り付けるタイプ）に示す。

図7、図8に示す工法は、トラックの荷台に墜落防止設備を常時積み込んでおき、任意の箇所での安全対策において利用でき

る点に特徴がある。図7の工法では荷台に荷が多く詰まった状況において、作業床が確保できる利点がある。図8の工法では、安全帯取付設備を確保することで、荷台から墜落・転落の防止が期待できる。一方、図9、図10に示す工法は、墜落の危険自体を防止できる点で有効な対策と考えられる。ただし荷主庭先での作業に対策が限定されてしまう点に制約がある。

ガイドラインが制定されてから数年が経過したが、今回の調査の結果、当研究所で考案した工法に類似した製品が開発され、市場に供給されているとの情報を得たので当該製品の使用状況やその普及状況について調査を行った。また諸外国での取組みについても併せて調査を行った。

C. 研究結果

1. 当研究所考案工法の類似製品の概要

図11に製品化されたトラック積載型の墜落防止設備の概要を示す。図11に示した墜落防止設備は、図7で示したトラック積載型の墜落防止設備に類似したものであり、かつ地上から荷台までの昇降設備を備えたものとなっている。

その基本構造は、荷台と地上との高さを調節する機能を有する土台となるステップを2台設け、それらの天板に足場板を設置することで、トラックの荷台側面に作業床を設置することが可能なものであり、同時に昇降設備が確保された構造となっている。このステップは、あおりの部分を挟み込むことで安定性を図る機能が付与されている。また、土台となる機材のステップには手すりが設置されており、その高さは、荷台の高さより上方まで突き出す形で確保され、荷台作業時またはステップから荷台へ乗り移る時の手がかり等として、身体バランスを崩すリスクの低減が図られている。

図12に示した墜落防止設備は、荷主庭先据置型の墜落防止設備に類似したものである。本設備は、あおりの上に作業床を設置するタイプと荷の横に墜落防止策を取り付けるタイプを組み合わせる方式となっており、作業床に取り付けられた4つの車輪により、容易に移動・位置調整を行うことが可能である。地上から荷台までの昇降設備を備え、荷台の反対側および妻側には、



図1. 荷の積み卸し作業における災害事例

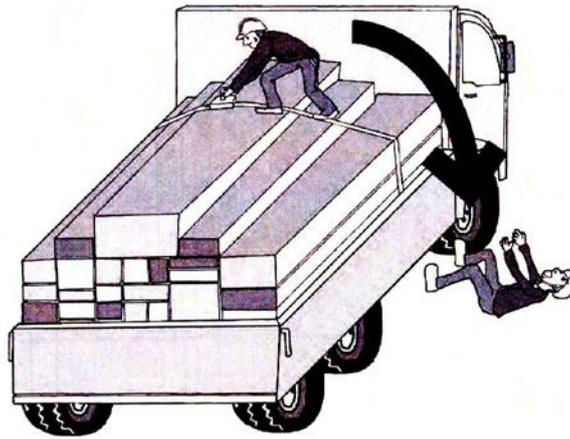


図2. 荷の締め作業における災害事例



図3. 荷のシート掛け作業における災害事例

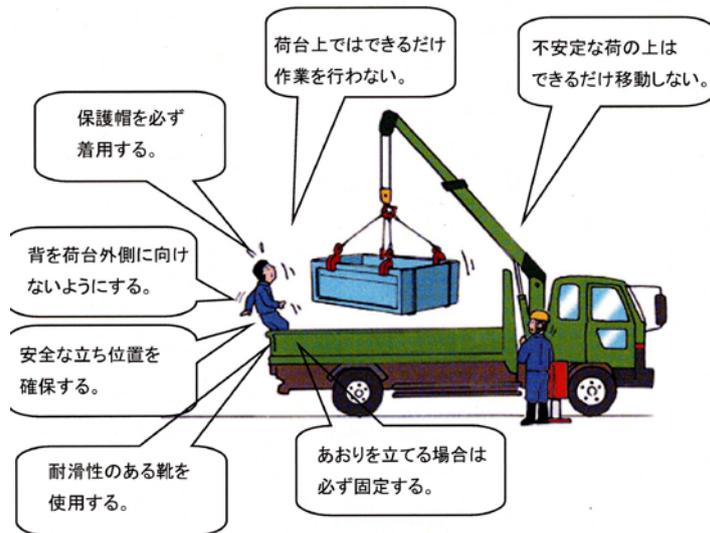


図4. 荷の積み卸し作業における基本対策

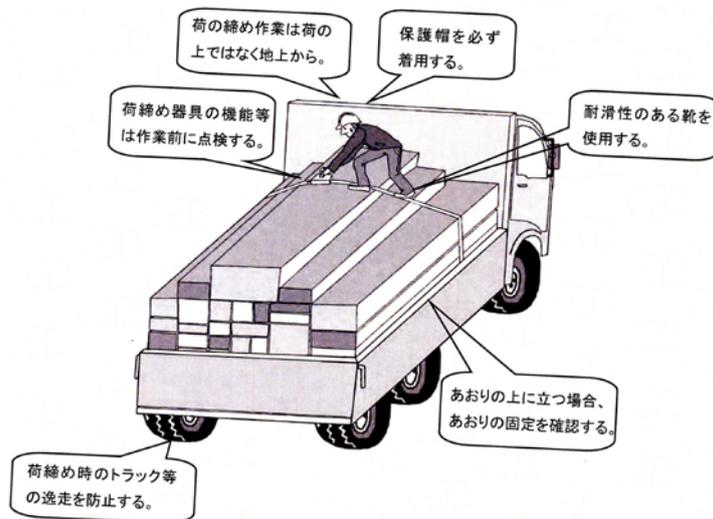


図5. 荷の締め作業における基本対策



図6. 荷のシート掛け作業における基本対策



トラック積載型の作業床をあおりに取り付けた状態

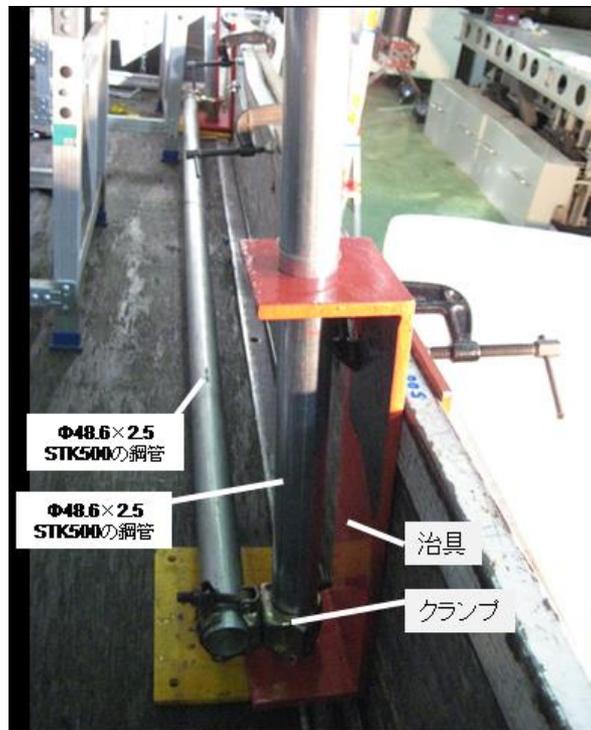


トラック積載型の作業床を収納した状態

図7. トラック積載型の墜落防止設備（あおりの上に作業床を取り付けるタイプ）



トラック積載型の安全带取付設備に安全带をかけた状態



支柱を接続した鋼管

図8. トラック積載型の墜落防止設備（安全带取付設備を取り付けるタイプ）



荷主庭先据置型の作業床をあおりに取り付ける前の状態



荷主庭先据置型の作業床をあおりに取り付けた状態

図9. 荷主庭先据置型（あおりの上に作業床を取り付けるタイプ）

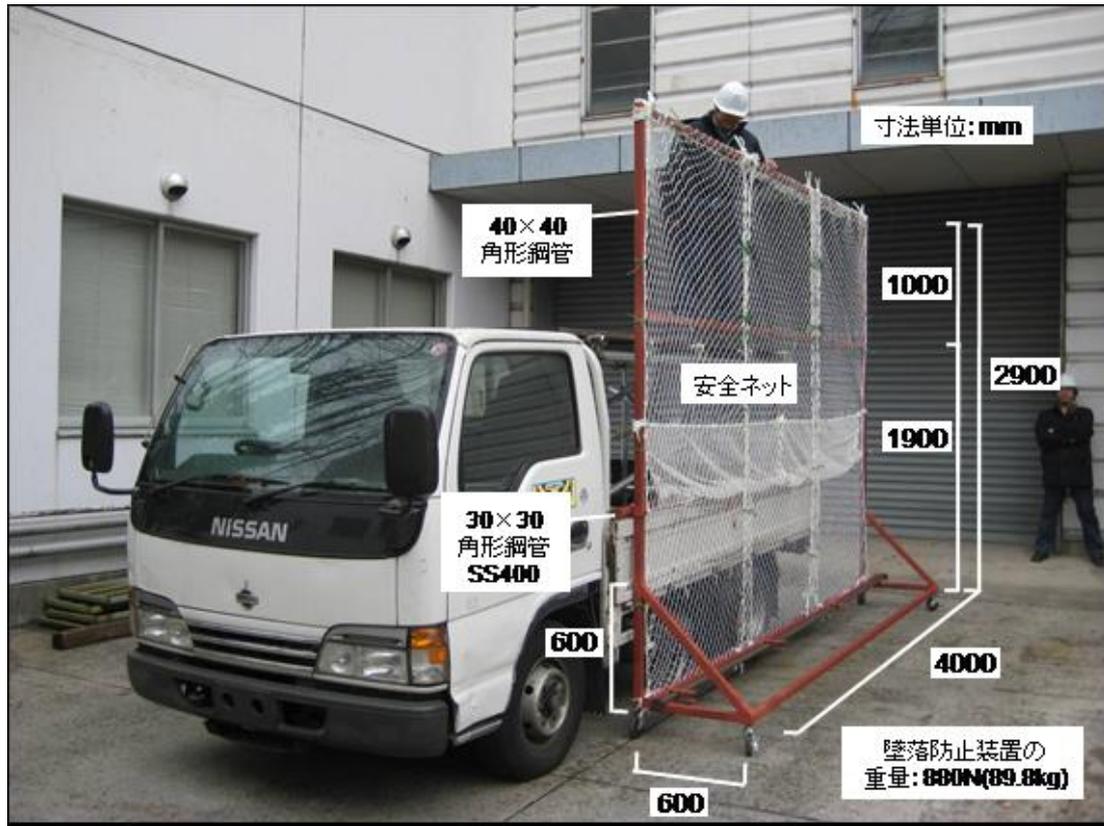


図 1 0 . 荷主庭先据置型の墜落防止設備（荷の横に墜落防止策を取り付けるタイプ）



土台となるステップ2台を設置し足場板を設置した状態



正面から見た状況



あおりとステップの固定状況

図1 1. 製品化されたトラック積載型の墜落防止設備の概要
(あおりの上に作業床を取り付けるタイプ)



設備の概要



作業状況の例

図12. 製品化された荷主庭先据置型の墜落防止設備の概要

手すり・中さん・つま先板を供えている。荷積み・荷卸し作業では、その手すり部分に安全带を取り付け、荷台に上がって作業を行うこととなる。なお、車体が長い場合には、本装置を縦に2台設置し妻側の部分で連結させることも可能となっている。

2. 陸上貨物運送事業における好事例の収集調査

トラックの荷台に資材を積み込む作業場において、調査した結果を以下に示す。図13に示した墜落防止設備は、図9で示した荷主庭先据置型の墜落防止設備に類似したものである。本設備は、あおりの上に作業床を設置するタイプと荷の横に墜落防止策を取り付けるタイプを組み合わせた方式となっている。図14(a)に示すとおり、作業床に取り付けられた4つの車輪により、容易に移動・位置調整を行うことが可能であることが分かる。地上から荷台までの昇降設備を備え、荷台の反対側および妻側には、手すり・中さん・つま先板を供えている。荷積み・荷卸し作業では、その手すり部分に安全带を取り付け、荷台に上がって、車体が長い場合などでは、本装置を縦に2

台設置し妻側の部分で連結させることも可能となっている。現場では、複数の荷主庭先据置型の墜落防止設備を用いて対策を講じていた。作業者にコメントを求めたところ、設置が容易で作業がしやすいとの事であった。ただし課題として、トラックの荷台の高さがトラックの種類によって異なるため、当該設備と荷台の高さが合わない場合があることが挙げられる、とのことであった。様々な種類のトラックに対応可能な製品が期待される。

3. 米国市場の状況調査

図15に示したのは米国における安全大会にて展示されていたトラックからの墜落防止設備である。米国においてもトラックの荷台からの墜落災害が発生しており、その防止対策が必要とされているとのことであった。図16に示すように、これらの機材は荷台からの墜落防止のみならず様々な用途でも利用されているようである。

4. 日本市場における状況調査

日本市場においても、トラックの荷台からの墜落防止対策のための製品が少しずつ充実してきている。図17に示したものは、



図 1 3. 現場で使用されていた荷台から墜落防止対策



(a) 荷主庭先据置型の墜落防止設備を設置している状況

(b) 荷締め作業の状況

図 1 4. 現場での作業状況



図 1 5. 米国におけるトラック積載型の墜落防止設備



図 1 6. 当該設備は様々な用途として使用



図 17. 日本における製品の動向

トラック積載型の墜落防止設備として日本で製品化されたものである。図 17 の左にみられるような手すり付きの製品や同図中央のようなシンプルな構造のものが製品化されている。なおこの中央の写真で示した製品のあおり部分を撮影したのが同図右の写真である。上端部にスプリング状のバネがついており、トラックの荷台の高さに応じて、昇降設備の長さを変えることができるようになってきている。

D. 考察

製品化されたトラック積載型の墜落防止設備は、その土台となる部分が軽量化されており、また昇降設備を備えていることから、実用的なものとなっている。また製品が少しずつ充実してきていること、またトラックの荷台の高さに応じて昇降設備の高さを調整できるものへと改良が加えられている点で進歩が見られている。

製品化された荷主庭先据置型の墜落防止設備については、完成度が高く、その普及が望まれる。当該製品の課題としては、作業床の高さとトラックの荷台の高さの調整を簡易に行う方法を整備することと思われる。

E. 結論

これまでの調査により、荷役作業の安全対策ガイドラインの解説等で示された工法のうち、トラック積載型および荷主庭先据え置き型の両タイプの墜落防止機材が実用化されていることが分かった。また現場においても少しずつ普及が進んでいる様子が見えてきた。なお、トラックからの墜落防止対策は、米国においても重要な課題の一つとされており、様々な機材が製品化されていることが分かった。

参考文献

- 1) 荷役作業時における墜落等災害防止対策の開発及び普及事業 報告書, 平成 21 年 3 月, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所
- 2) 荷役作業時における墜落等災害防止対策の開発及び普及事業 報告書, 平成 22 年 3 月, 独立行政法人労働安全衛生総合研究所
- 3) 陸上貨物運送事業における荷役作業の安全対策ガイドライン, 2013 年 8 月, 厚生労働省
- 4) 荷役作業安全ガイドラインの解説, 厚生労働省 HP <http://www.mhlw.go.jp>

F. 研究発表

1. 論文発表

特になし。

2. 口頭発表

特になし。

G. 知的財産権の出願・登録状況

特になし。

