感電による労働災害の現状と海外の 交流アーク溶接機用安全装置との比較調査

富田 一^{*1}, 崔 光石^{*2}

休業4日以上有感電に起因する労働災害を厚生労働省の労働災害（死亡・休業4日以上）データベースを用いて平成18～27年の10年間を分析した結果、定性的な状況は平成10年以前と感電災害の多く発生している業種、発生月、感電災害を誘引した起因物などに変化の無いことを明らかにした。

感電災害の起因物として上位を占めるアーク溶接機について、感電災害防止対策用の安全装置である交流アーク溶接機用自動電撃防止装置と同様の機能を有する安全装置を韓国、オーストラリアと比較した。その結果、始動感度、遅動時間、安全電圧の仕様には大きな差の無いことを明らかにした。

キーワード：感電、労働災害データベース、交流アーク溶接機、交流アーク溶接機用自動電撃防止装置、危険低減装置、韓国とオーストラリア

1 はじめに

事故の型別にみた休業4日以上労働災害では、感電に起因する労働災害の発生件数は労働災害全体の中では下位に位置するが、災害発生件数に占める死亡災害の発生件数では上位に位置している。すなわち感電災害は一度災害が発生すると死亡に至る可能性が高い特徴を有している。

本稿では厚生労働省の労働災害データベースを用いて平成18年から10年間の感電に起因する休業4以上の死傷災害を、業種、起因物、労働者の規模、発生月、被災者の年齢によって分析した。その結果、平成10年以前と比較して発生件数は減少したものの、定性的な状況は基本的には変化の無いことを明らかにした。

また、起因物として上位を占めるアーク溶接機に使用される交流アーク溶接機用自動電撃防止装置（以下、「電撃防止装置」という。）について、韓国、オーストラリアとの比較を行った。その結果、日本の電撃防止装置と韓国、オーストラリアのアーク溶接機用の感電防止安全装置とは大きな差の無いことを明らかにした。

2 感電による労働災害の統計結果

厚生労働省の運営する職場の安全サイト¹⁾にある労働災害（死亡・休業4日以上）データベースにおいて、平成18年から平成27年までの10年間に発生した休業4以上の労働災害のうち、災害発生年ごとにおよそ1/4を無作為に抽出した個別事例を用いて、感電（含む落雷）によって死傷した286人の労働災害を分析した。

図1に示すように286人の感電死傷者数の内、建設業では123人（43%）、製造業では82人（29%）となり、これらが全体の72%と大半を占めていた。その他の業

種としては、合計81人で、鉱業（1人）、運輸交通業（9人）、農林業（2人）、畜産・水産業（3人）、商業（13人）、通信業（1人）、教育・研究業（12人）、保健・衛生業（7人）、接客娯楽業（10人）、清掃・と畜業（16人）、その他の事業（18人）であった。

図2に示すように、労働者数で規模を見ると、1～9人の規模で94人（33%）、10～29人の規模で71人（25%）、30～49人の規模で37人（13%）、50～99人の規模で34人（12%）、100～299人の規模で31人（11%）であった。このように1～9人、10～29人の規模で58%と過半数を占めている状況であった。

図1 業種別の感電死傷者の割合

図2 規模別の感電死傷者数

原稿受付 2018年9月26日 (Received date: September 26, 2018)

原稿受理 2018年11月28日 (Accepted date: November 28, 2018)

J-STAGE Advance published date: January 16, 2019

^{*1} 労働安全衛生総合研究所研究推進・国際センター

^{*2} 労働安全衛生総合研究所電気安全研究グループ

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研究推進・国際センター 富田 一

E-mail: tomita@s.jniosh.johas.go.jp

doi: 10.2486/josh.JOSH-2018-0011-CHO

図3のように感電災害の起因物としては、電力設備（死傷者数：85人）、送配電線等（72人）、その他の電気設備（30人）、その他の装置、設備（22人）、アーク溶接機（17人）の順となっている。電力設備、送配電線等は従来より起因物の多くを占めているが、アーク溶接機も第5位と上位となっている。これらを合わせた死傷者数は226人と79%を占めていることが分かる。

月別の感電死傷者数を図4に示す。8月が60人と最多で、次いで9月の39人、7月の36人、6月の34人と続いている。6～9月の合計で169人と全体の59%を占めており、夏季に集中していることが確認できた。夏季に感電災害が多発する要因としては、発汗に伴って人体抵抗が低下すること、肌を露出する可能性が高まること、高温のために集中力が低下することが挙げられている。

図5には年齢別の感電死傷者数を示す。36才が13人、次いで37及び63才の12人、30才の11人と続いている。30代後半からは概略減少の傾向であったが、63才で12人と突出している状況であった。今後36、37、63才での感電災害が特別の要因か否かを検討する必要があると考えられるが、現時点では要因は不明である。

図3 起因別の感電死傷者数

3 アーク溶接機用安全装置の国際比較

前章での感電災害の統計結果の通り、アーク溶接機を起因物とする感電災害は全体の第5位に位置している。アーク溶接機による感電災害防止には、安全装置である電撃防止装置が労働安全衛生法第20条を根拠とした労働安全衛生規則第332条に基づき使用されている。電撃防止装置は、労働安全衛生法第42条を根拠として厚生労働大臣が定める規格を具備しなければ設置等ができないものであり、具備すべき規格は、交流アーク溶接機用自動電撃防止装置構造規格（以下、「構造規格」という。）に定められている。電撃防止装置の感電災害防止の一層の向上を目的として、平成23年には始動感度が構造規格に取り入れられた。

電撃防止装置はアーク溶接作業での感電災害防止に寄与しているが、日本以外でのアーク溶接作業での感電防止のための対策技術について、韓国、オーストラリアを対象とし、電撃防止装置の安全性に関わる項目を中心として比較調査した。

図4 月別の感電死傷者数

図5 年齢別の感電死傷者数

1) 韓国の場合

韓国労働省の労働安全衛生法第23条の（安全対策）において、事業主は業務上の電気、熱、その他のエネルギーに起因する危険を防止するために必要な対策を講ずることが求められている。

労働安全衛生法第23条に基づき「労働安全衛生基準に関する規則」第306条（交流アーク溶接機など）においては、事業者は、次の各号に掲げる場所で交流アーク溶接機（自動溶接を除く）を使用する場合には、交流アーク溶接機に電撃防止装置を設置しなければならないとされている。

- (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)は日本の労働安全衛生規則第332条と同様であるが、(3)は日本では特段定められていない。なお、労働安全衛生総合研究所の技術指針と類似した位置づけにある「アーク溶接機の設置及び使用に関する技術指針（KOSHA GUIDE E-76-2013、韓国産業安全保健公団、2013年11月改訂）」においても、電撃防止装置の必要な場所が同様に定められている。

電撃防止装置の構造については、保護装置自立安全基準公示（韓国労働部公示第2015-94号：2015.12.24一部改訂）の第3章 交流アーク溶接機 電撃防止装置 第2節 性能基準及び試験方法 第5条において「電撃防

止装置の性能基準および試験方法」として定められ、具体的には[別表2]電撃防止装置の性能基準（第5条関連）及び[別表2-2]電撃防止装置の試験方法（第5条関連）で規定している。

電撃防止装置の安全に関わる項目には安全電圧、遅動時間、始動感度、耐衝撃性、絶縁抵抗がある。表1の比較表に示すように、多少の差があるものの大差はみられない。具体的には、日本、韓国において、安全電圧はそれぞれ30V以下、25V以下（接点方式）、始動感度はそれぞれ260Ω以下、200Ω以下、遅動時間はそれぞれ1.5秒以内、1.0秒以内となっている。ただし、韓国では電磁ノイズに対する試験として、Tig 高圧発生装置をノイズ試験として取り入れ、5kVの高圧パルスを1秒間隔で10回の印加方法が取り入れられているが、日本では電磁ノイズに対する試験は特段定められていない。

2) オーストラリアの場合

オーストラリアの労働安全衛生の法律には、Work Health and Safety Act（労働安全衛生法）（WHS Act）2011があり、その中のDivision 2—Codes of practice（実施指針）では、274 Approved codes of practice（公認の実施指針）として、次のように記述されている。

(1) The Minister may approve a code of practice for the purposes of this Act and may vary or revoke an approved code of practice.

（大臣はこの法律の目的のために実施指針を承認し、また承認された実施指針を改訂あるいは廃止することがある）

(1) では大臣はこの法律のために実施指針を認可し、当該指針を改訂、あるは廃止する、とされている。

この法律に基づき、Welding processes Code of Practice（溶接作業の実施指針）がSafe Work Australiaより発行されている。Safe Work Australiaは2009年に設立されたオーストラリア政府の法的な代理権を有する機関である。Safe Work Australiaは州、地域からのメンバー、労使代表者を含んでいる。この指針の序文には次のように記述されている。

This Code of Practice on how to manage the risks associated with welding processes in the workplace is an approved code of practice under section 274 of the Work Health and Safety Act (WHS Act).

（作業現場での溶接作業に付随したリスクをいかに扱うかに関わるこの実施指針は労働安全衛生法第 274 に基づいて承認されたものである）

Welding processes Code of Practice の 3.3.Electrical risks（電氣的なリスク）では、感電防止のための対策が記述され、この指針以外のガイドとして、次が紹介されている。

- Code of Practice: Managing electrical risks in the workplace
- Welding Electrical Safety, WTIA Technical Note No. 22, published by the Welding Technology Institute of Australia

表1 日本、韓国、オーストラリアのアーカ溶接機用感電防止安全装置の比較

	日本	韓国	オーストラリア
安全電圧	30V以下	25V以下（接点方式）、15V以下（無接点方式）	直流ピーク値 35Vp, または交流ピーク値 35Vp, 実効値 25Vrms（監視人なし）
始動感度	260Ω以下	200Ω以下	200Ω以下
遅動時間	1.5秒以内	1.0秒以内	2.0秒以内
耐衝撃性	外付け形：装置単体で突起物のない面を下にして高さ30cmの位置から落下 内蔵形：交流アーカ溶接機に組み込んだ状態での質量が25kg以下のものは高さ25cm、25kgを超えるものは高さ10cm位置から落下	電撃防止装置に通電しない状態で30cmの高さから衝撃の緩衝が起きないように、突起物がない面を下にしてコンクリートまたは強固な鋼板上に3回落下させる	・25kg以下の装置は25cmの落下に耐える。 ・25kgを超える装置は10cmの落下に耐える。
絶縁抵抗	2MΩ以上	1MΩ以上	1MΩ以上
耐電圧	定格入力電圧において装置の各充電部分と外箱との間に加わる電圧の実効値の2倍の電圧に1,000Vを加えて得た電圧（当該加えて得た電圧が1,500Vに満たない場合にあっては、1,500V）	各充電部と外箱の間で1分間。但し、最低値は1,500Vとする。 2E+1,000V E: 通常の使用状態における被試験回路に加わる最高電圧 また、電撃防止装置の電源を1次側からとるものに対しては、その入力側と出力側との間も同様	最大定格電圧: 220Vの場合 1,100V（溶接回路と入力回路を除く全ての回路との間） 2,200V（溶接回路と入力回路との間）
ノイズ試験	なし	Tig 高圧発生装置を基準にし、5kVの高圧パルスを1秒間隔で10回	なし

- AS 1674.2-2007: Safety in welding and allied processes – Electrical.
- AS 60974.1-2006: Arc welding equipment – Welding power sources (Section 11 and 13 for hazard reducing devices) .

AS 1674.2-2007: Safety in welding and allied processes Part 2:Electrical は、the Standards Australia Committee EL-019によって策定されている。

AS 1674.2-2007においては、溶接環境をCategory A, B, Cの3つに分けている。

① Category A

溶接作業や他の作業者と被溶接部材との絶縁対策が必要とされる環境、たとえば溶接部材が小さく溶接作業者が溶接回路の一部となるリスクが小さいベンチトップ溶接のような場合、あるいは溶接作業や補助者が導体と接触しないように配慮されている場合である。繰り返し作業においては、そのような環境は通常適切に設計されたワークステーション、溶接教育及び溶接作業資格試験場に限定される。

② Category B

一般の製造現場、大型の被溶接部材、ビルの鉄骨、压力容器内部、プロセスタンク、貯蔵タンク、導電体で囲まれた空間と船の上が該当する。

③ Category C

防水堰、堀、地下鉱山、雨中、一部冠水した場所が含まれるが、これらに限定されない。

このようなカテゴリーの中で、Category Bにはビルの鉄骨、压力容器内部、プロセスタンク、貯蔵タンク、導電体で囲まれた空間が含まれていることから、日本で電撃防止装置を取り付けることが義務づけられている場所と類似している。当該場所では下記のような対策を必要とする。

- 可能ならばCategory Aとするような措置を講ずる。
 - 溶接機の出力側無負荷電圧は直流ピーク値で113 Vp、または交流ピーク値で68 Vp、交流実効値で48 Vrmsを超えてはならない。必要に応じて危険低減装置を取り付ける必要がある。
 - 溶接作業が監視人なしで溶接作業を行うときには、溶接機の出力側無負荷電圧は、直流ピーク値で35 Vp、または交流ピーク値で35 Vp、交流実効値で25 Vrmsを超えてはならない。この場合には危険低減装置が必要となることがある。
 - 溶接環境が閉鎖空間である場合には、AS/NZS 2865も適用され、その空間へのアクセスに必要な要件として、緊急の場合にその空間からの避難、窒息・踏き防止についての規定が適用される。
- またCategory Cにおいては、つぎの対策が必要となる。
- 雨、水はね、一部冠水や外部からの要因で、溶接作業や溶接機が濡れると判断される場合には、溶接作業開始前に十分な対策が必要となる。
 - 発汗をできるだけ抑制する環境とするあらゆる対策を講ずる必要がある。
 - 溶接作業の監視人を指名しなければならない。監視人や溶接作業の近くの作業者は救護や緊急対応の訓練を受けていなければならない。監視人は、可能ならば一人以上の溶接作業者を同時に監視しても良い。
 - 溶接機の保守点検をこの環境で行ってはならない。
 - アークが発生していないときの溶接棒ホルダーと被溶接部材の電圧は、直流ピーク値で35 Vp、または交流ピーク値で35 Vp、交流実効値で25 Vrmsを超えてはならない。

注：水への曝露を防止する覆い（例：雨や雨滴用屋根）、エアコン、頻繁の着替え（特に綿手袋のライナ）

- ガスメタルアーク溶接：GMAW（Gas metal-arc welding）、フラックスコアードアーク：FCAW（Flux-cored arc welding）、ガスタングステンアーク溶接：

GTAW（Gas tungsten-arc welding）用の多くの機器は、電流がトリガススイッチとともに流れるため、この規格を満足する必要がある。

- 被覆アーク溶接：MMAW（Manual metal-arc welding）や類似の作業、例えばカーボンアークガウジングでは、電源は追加の危険低減装置が必要となることがある。
- より詳細なアドバイスはWTIS Tech. Notes 7 and 22より得られる。

上記の危険低減装置については、別表1の電圧値を超えてはならず、AS 60974.1の関係規定の要求事項を満足する必要がある。

危険低減装置の一つである電圧低減装置は、AS 60974.1に定める要求事項を満足する必要がある。電圧低減装置には、動作状態を示す表示機構を備えることが必要で、ランプが使用される場合には、電圧が低下したときにはランプが点灯する必要がある。AS 60974.1はIEC60974.1, Ed.2.2(2000) Arc welding equipment（アーク溶接装置）— Part 1: Welding power sources（溶接電源）を一部修正したものである。AS 60974.1では電圧低減装置は、外部溶接回路の抵抗が200 Ωを超えたとき、自動的に定格出力側無負荷電圧をCategory Bで示す値を超えない電圧に低減する。動作時間は別表2の通りに定められている。日本の交流アーク溶接機の出力側無負荷電圧は実効値で80 Vrms程度であることから、その場合の電圧低減装置の動作時間は2秒と日本の遅動時間である1.5秒と同程度と考えられる。始動感度も200 Ωで、日本の260 Ωと大きな差は無いと考えられる。

以上を踏まえて日本の電撃防止装置とオーストラリアの危険低減装置の一つである電圧低減装置（Category B、溶接作業が監視人なしで単独作業を行う場合*）について、安全に関わる仕様を比較すると表1となる。安全電圧、遅動時間、耐衝撃性、絶縁抵抗、耐電圧について大きな差異は見られない。

なお手元トリガススイッチを危険低減装置として使用するときには、次の要求を満足する必要がある。

- (a) 制御回路の電圧は直流ピーク値35 Vpあるいは交流実効値25 Vrmsを超えてはならない。
- (b) スイッチング機構は次を満足しなければならない。

- 溶接作業がスイッチから手を離すと、速やかに

* Welding processes Code of Practice では、溶接作業には適切な危険低減装置の使用が求められている。AS 1674.2-2007では、監視人あり、監視人なしでの最大出力側無負荷電圧は、別表1に示すように、それぞれCategory Bの値、Category Cと同一の値となり、監視人がない場合の最大出力側無負荷電圧は監視人がある場合に比較して、より低い最大出力側無負荷電圧が求められている。

OFFの位置に戻る。

- ・スイッチを閉の位置で容易に保持でき、溶接作業者が筋力を使わなくとも通常の溶接作業が行える。
- ・MMAWとカーボンアークガウジングでは、スイッチがONとなるためには2段階の操作が必要となる。そのため溶接棒を交換するなどの危険作業中に不用意にスイッチがONとなる可能性が低くなる。
- ・溶接作業者がスイッチから手を離すと自動的にスイッチがOFFの位置で停止する。

4 むすび

感電に起因する休業4日以上、死亡の死傷労働災害を厚生労働省の労働災害（死亡・休業4日以上）データベースを用いて分析した。その結果、従来と同様に業種別では建設業、製造業が大半を占め、月別では夏季に多発し、労働者規模が30人未満で多く発生し、設備別では電力設備、送配電線、その他の電気設備、アーク溶接機が上位を占めていることが確認できた。労働者の年齢では30代後半、60代前半の作業者の感電災害が多発していた。

交流アーク溶接機の安全装置には電撃防止装置が使用されているが、韓国、オーストラリアとの比較を行った。韓国は日本の電撃防止装置と類似した機構の安全装置を使用しているが、オーストラリアはIECの規格を基本とした危険低減装置が使用されていた。我が国の電撃防止装置と韓国、オーストラリアのアーク溶接機の安全装置とに感電災害防止に関わる仕様において大きな差異が無いことが確認された。

文 献

- 1) 職場のあんぜんサイト：労働災害（死亡・休業4日以上）データベース

http://anzeninfo.mhlw.go.jp/anzen_pgm/SHISYO_FND.aspx

aspx（平成30年8月27日確認）

- 2) 保護装置自立安全基準公示(韓国労働部公示第2015-94号：2015.12.24一部改訂)[別表2]電撃防止装置の性能基準(第5条関連)及び[別表2-2]電撃防止装置の試験方法
- 3) AS1674.2-2007: Safety in welding and allied processes Part 2: Electrical

参考資料

別表1 最大出力側無負荷電圧

作業環境	出力側無負荷電圧
Category A	直流ピーク値 113 Vp, または交流ピーク値 113 Vp, 実効値 80 Vrms
Category B (監視人あり)	直流ピーク値 113 Vp, または交流ピーク値 68 Vp, 実効値 48 Vrms
Category B (監視人なし)	直流ピーク値 35 Vp, または交流ピーク値 35 Vp, 実効値 25 Vrms
Category C	直流ピーク値 35 Vp, または交流ピーク値 35 Vp, 実効値 25 Vrms
操作者のための強化された防護を有する機械的に保持されるトーチ	直流ピーク値 141 Vp, または交流ピーク値 141 Vp, 実効値 100 Vrms
プラズマ切断	直流ピーク値 500 Vp

別表2 電圧低減装置要求

低減していない出力側無負荷電圧	低減出力側無負荷電圧	動作時間(sec)
操作者のための強化された防護を有する機械的に保持されるトーチでの許容電圧とCategory Aでの許容電圧との間	Category Bの許容電圧	0.3
Category AとCategory Bとの間	Category Bの許容電圧	2

注記 直流溶接電源で113 Vを超える場合は、0.3 sの動作時間が必要

Investigation on present labour accidents due to electric shock and comparison of safety devices for preventing electric shock accidents used for arc welding equipment in foreign countries

by

Hajime TOMITA*¹ and Kwangseok CHOI*²

Labour accidents caused by electric shock which are absent from their work for four days or more were analyzed based on data base disclosed by Ministry of Health, Labour and Welfare between 2006 to 2015. As a result, the condition of labour accidents caused by electric shock in the qualitative expression was not very much change compared to that before 1998, and arc welders were one of the main causes of electric shock accidents.

Safety devices in South Korea and Australia, which are similar to automatic electric shock preventive device for AC arc welding equipment in Japan, were compared with those in Japan. As a result, the specifications on starting sensitivity, delay time and safety voltage for AC arc welding equipment in South Korea and Australia did not differ much from those in Japan.

Key Words: electric shock, labour accident data base, AC arc welding equipment, automatic electric shock preventive device for AC arc welding equipment , hazard-reducing device, South Korea and Australia

*1 Center of Research Promotion and International Affairs, National Institute of Occupational Safety and Health

*2 Electrical Safety Research Group, National Institute of Occupational Safety and Health