

太陽光発電設備の保安点検に係る 電気作業安全について

Missing Risks on Photovoltaic Power System: Electrical Safety Issues of its
Operation and Maintenance for Workers

北川孝太郎*

1. はじめに

2017年4月に改正FIT法が施行され、住宅用をはじめ産業用など、全ての太陽光発電設備（PVS：Photovoltaic Power Generation System）において保安点検及び維持管理が義務化された。また2019年1月28日に消費者安全調査委員会が住宅用太陽光発電システムから発生した火災事故に係る事故等の再発防止について消費者安全法に基づいて意見を提出するなど、保安点検の必要性が広く認識されつつあることから、今後はPVSの保安点検が一般化していくと予想される。

筆者は、自社で住宅、産業用、独立型PVSの設計施工、保安点検に関する事業を行うとともに、PVResQ!の一員として住宅用及び産業用PVSの検査手法の研究を行っている。

PVSの点検に使用する検査機器は種類が豊富で、検査方法についての情報も多い。他方で、実際に現場の点検作業者の安全を確保するための道具の種類や安全な検査方法についての情報は少ないのが実情である。

そこで本稿では、現場作業員、監督者の観点から、作業員の命を守るための保護具の種類とその適切な使用方法を紹介する。

2. PVS保安点検中の事故の種類

PVS保安点検中に発生する事故は大きく2種類に分けられる。一つ目は、点検作業を実施している屋根の上や架台などの高所から墜落する事故、二つ目は接続箱、パワーコンディショナー（PCS）、ケーブル、連系盤等の電気設備から感電する事故である。

ここで、労働災害の発生状況を産業別や発生 type に比較してみる。表1は、厚生労働省が発表した

2012年及び2017年の労働災害発生状況をまとめたものである⁽¹⁾。2017年の全産業の労働災害の type で死亡事故が最も多いのは墜落・転落事故で、26%を占めている。電気工事業が含まれる建設業では、墜落・転落の占める割合が4割を超えている。「その他」に含まれる感電死亡事故は9人と総死亡者数の約1%にすぎないが、休業4日以上死傷者数に対する死亡災害者数の比率は約11%（＝9/81）となり、全 type 別死傷者数（120,460人）に占める死亡者数（978人）の比率である0.8%と比べると非常に高い。このように、墜落・転落は発生頻度が高いこと、感電は死亡率が高いことから、PVSの保安点検の必要性と合わせて、この2種類の労働災害の発生を防止する対策も普及させていくことが急務である。

3. 墜落・転落事故対策

3.1 労働安全衛生規則

2m以上の高さのある場所で作業を行う場合の安全措置については、労働安全衛生規則で次のように定められている。

○労働安全衛生規則（省令）

第五百十八条（作業床の設置等）

1) 事業者は、高さが2メートル以上の箇所（作業床の端、開口部を除く）で作業を行う場合において墜落により労働者に危険を及ぼす恐れのある時は、足場を組み立てる等の方法により作業床を設けなければならない。

2) 事業者は前項の規定により作業床を設けること

* 株式会社島電気商会 代表取締役／技術／PVResQ! 岐阜支部
（〒502-0906 岐阜県岐阜市池ノ上町2-2）
e-mail: shima@mars.sannet.ne.jp

表1 労働災害の発生件数⁽¹⁾ (2017年, 単位: 人)

	死亡災害			死傷災害 (休業4日以上 の死傷者数)		
	全体			全体		
		感電	墜落・転落		感電	墜落・転落
全産業	978	9(0.9%)	258(26%)	120,460	81(0.1%)	20,374(17%)
製造業	160	3(1.9%)	28(18%)	26,674	28(0.1%)	2,842(11%)
建設業	323	5(1.5%)	135(42%)	15,129	27(0.2%)	5,163(34%)

出所: 労働災害報告 (厚生労働省)

が困難な時は、防網をはり、労働者に要求性能墜落制止用器具を使用させる等、墜落による労働者の危険を防止するための措置を講じなければならない。

(筆者注:「防網を張り、労働者に要求性能墜落制止用器具を使用させる」とはどちらかを選択できるという意味)

また、労働安全衛生法では作業床、防網の設置、墜落制止用器具 (旧安全带) の使用に関する義務・罰則を事業者 (雇用主) と労働者の双方に定めている。

3.2 墜落・転落防止対策が必要な作業

住宅用 PVS の太陽電池アレイは、陸屋根の住宅を除けば、そのほとんどが傾斜のついた屋根設置されている。また、産業用 PVS の中でも、工場などの施設の屋上に設置されているものがある。住宅の平屋屋根で約 3～5m、2 階建屋根で約 6～8m、工場等の屋上ではさらに高い場合もある。このような高所に設置された太陽電池アレイを点検する場合には、労働安全衛生規則に定められた墜落・転落防止措置をとる必要がある。

また、電気点検であっても設備状況によっては 2m 以上の高所作業が発生し、作業員の墜落・転落

の可能性があることも覚えておく必要がある。

写真 1 は、住宅用 PVS の接続箱が 2 階外壁上部に設置されており、1 階屋根に上らないと点検できない事例である。面積が大きい屋根あるいは複数面の屋根に PVS が設置する際、メーカーから購入した延長ケーブルが 20m と短かったため、ケーブルの届く範囲で設置した結果

である。

写真 2 の産業用 PVS は、接続箱が内蔵された PCS が高さ 4m の外壁面に設置されており、作業床を設けなければ点検できない。

このほか、地絡時に遮光シートを張る際も屋根上での作業となり墜落・転落防止対策が必要となる。

3.3 墜落・転落防止措置の現状とその背景

PVS 設置工事では足場などの作業床が設置される事例も多いが、保安点検では労働安全衛生規則に定められた墜落防止措置をしないまま屋根上の太陽電池アレイの点検作業を行っている例が多くみられる (写真 3)。



写真1 住宅用 PVS (点検箱が接続箱)



写真2 産業用 PVS (点検箱が接続箱内蔵型 PCS)



写真3 墜落防止措置をしていない屋根上の PVS 点検業者

設置工事では、高所での作業量が多く時間も長い
ため、作業床を設置して作業効率を上げることが結
果として工事費用の抑制につながるが多い。し
かし点検作業は、設置工事に比べて作業量が少なく
短時間で済むため、作業床の設置による効率の向上
効果よりも経費の負担の方が大きい。墜落制止用器
具の使用は、作業床設置に比べれば経費負担は少な
いが、作業効率の低下は避けられない。

発電事業者や PVS 所有者は、利益確保のため経
費負担を軽くすることを重視し、結果として作業員
の安全確保を軽視した点検作業を要求している。ま
た、点検を実施する業者・作業員には、墜落・転落
事故の多さとそれを防止するために定められている
労働安全衛生規則に対する認識不足がある。さらに、
高所作業で安全を確保するための方法や機材につい
ての十分な情報がないため、安全な保安点検作業の
提案ができず、危険な状態で作業を行っている場合
も多い。行政、PV メーカー、点検事業者は、PVS
所有者に対して、点検の必要性とともに作業員の安
全対策とそれに伴う費用負担の必要性も広く伝える
必要がある。また点検事業者側も、PVS 点検作業
に係る安全確保対策の情報を収集し、PVS 所有者
への説明と安全な点検作業の実施に努めなければなら
ない。

3.4 点検事業者・作業員が実施する墜落・転落 防止策

3.4.1 点検方法の選択

屋根上の太陽電池アレイを点検する主な方法には
以下の 4 種類がある。

- ①高所作業車による目視点検
- ②高所カメラによる目視点検
- ③ドローンに取り付けたカメラによる目視点検
- ④屋根に作業員が上り目視、指触点検（写真 4）

このうち①②③は、太陽電池アレイ表面の見える



写真 4 屋根上の作業員による点検

範囲のみを目視点検する方法で、作業員が屋根に上
がることはないため、墜落・転落の危険性は低い。
他方、④は作業員が屋根に上がるため墜落・転落の
危険性はあるが、太陽電池の側面、裏面の目視点検
や、ネジの緩みなど部材の指触点検、加えて不具合
部分の補修も可能となる。前回の点検からの経過年
月、点検内容、点検費用等の条件を考慮して点検方
法を決めるが、①②③の方法で点検ができるように
機材等を整えておくことで、保安点検における墜落・
転落の危険性を減らすことができる。

3.4.2 フルハーネス型安全帯と腰ベルト型安全 帯

2019 年 2 月 1 日に労働安全衛生規則が改正され、
2m 以上の箇所で行う際の安全確保措置は、それま
での「安全帯の使用」から「墜落制止用器具の使用」
に変更された。これにより、建設業では作業員の作
業場所が 5m 以上の場合「新規規格フルハーネス
型」、5m 以下では「新規規格胴ベルト型」の墜落制
止用器具を使用する（他業種は 6.75m）ことになる。
完全施行日は 2022 年 1 月 2 日で、それまでは旧規
格品安全帯を使用できる。

図 1 は、フルハーネス型安全帯と従来型の胴ベル
ト型安全帯の違いを示している。フルハーネス型は
複数のベルトで体を支持し、落下時に体にかかる衝
撃を分散、緩和する。従来型の胴ベルト型は、胴ベル
ト 1 点だけで支持するため、落下時にかかる衝撃が
腹部に集中し、内臓損傷、胸部圧迫等による重症化
の可能性が高いため変更された。

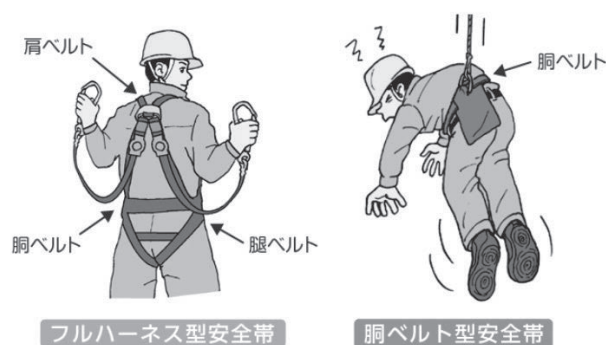


図 1 フルハーネス型と胴ベルト型の違い ⁽²⁾

3.4.3 機材について

図 2 は屋根作業における墜落・転落防止に特化し
てキット化された製品の例である ⁽³⁾。軒下に置か
れたウエイトバケット（アンカー）にロープを張り、
そのロープによって身体確保する。現地の状況によ
りウエイトバケット設置ができない、または不足す

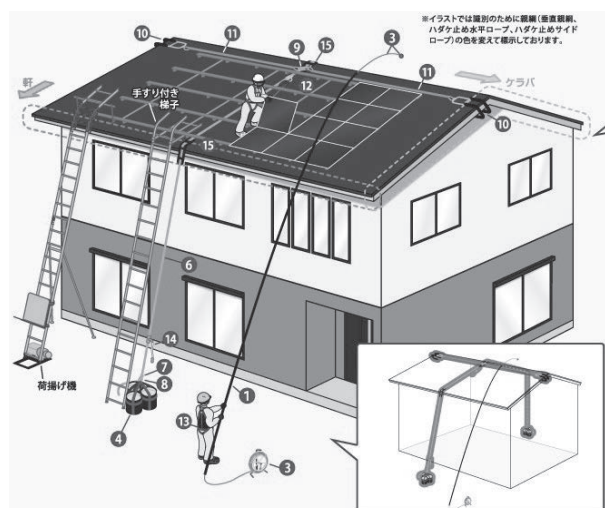
図2 太陽電池パネル取付け工事安全対策システム⁽³⁾

写真5 ウェイトバケット以外のアンカー

る場合は、写真5のように別のもので代用することができる。ただし、事前に強度の確認や、代用品の所有者の了承を得る必要がある。建物形状、周辺状況により身体確保用ロープのアンカー、張り方は異なるため状況に合わせた選定が必要である。

写真6は、屋根上における作業者の身体確保の例である。写真上部のリール巻き取り式安全帯は、移動が容易である。ロープによる身体確保は身体を固定でき急傾斜の歩行、作業に適している。作業内容により使い分け、または併用をすると安全である。写真下部はロープと安全帯をつなぐ身体確保器具で、金属製グリップとロープのプルージックノットの2種類がある。金属製グリップは重く硬いため屋根材や太陽電池を破損する恐れがあることから、筆者はロープのプルージックノットを多用している。

ロープ作業は建物状況により機材を組み合わせるため作業者は日常から機材知識の習得、取扱訓練が必要である。また、ロープによる高所作業

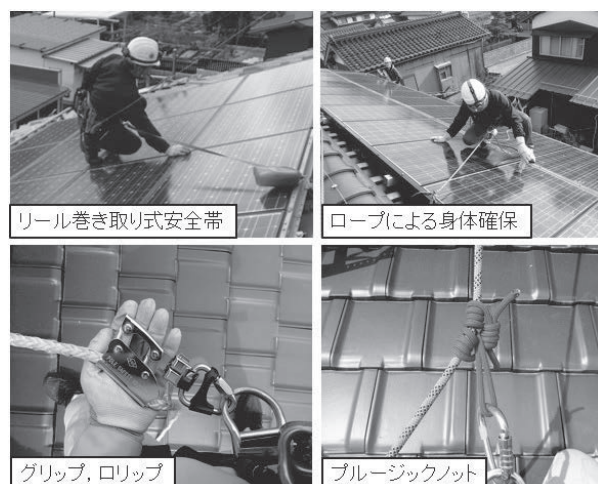


写真6 屋根上の身体確保の例

者は、「ロープ高所作業」、「フルハーネス型墜落制止器具」の特別教育を受講し、機材の取り扱い、技術の習得に努める必要がある。

また使用前、使用後に機材の破損の有無を点検し、重大な損傷がある場合は廃棄、交換を実施する。

具体的には、ロープの切り傷、著しい摩耗、薬品・塗料の付着、金具の変形、機能不全、著しい摩耗等が見られた場合である。

4. 感電事故対策

4.1 電圧区分と感電事故の発生状況

点検作業者の雇用主は開閉器等の操作を行わせるため労働安全衛生法第59条「低圧・高圧電気取扱に係る特別教育」を受講させ知識、実技を習得させる必要がある。この電圧の区分は電気設備技術基準、労働安全衛生法で、低圧は直流750V以下、交流600V以下。高圧は直流750Vをこえ7000V以下、交流600Vをこえ7000V以下。特別高圧は直流、交流共に7000Vをこえるもの、と定められている。

低圧電気取扱特別教育テキスト⁽⁴⁾によれば「平成8年から27年までの感電死亡災害の統計データによると感電死亡災害件数の約半分は低圧による事故であり、高圧による事故より高い割合を示す年もあります」とある。これは低圧電気設備の件数や取り扱う作業者の人数が高圧より多いという事情もあるが、低圧での感電に対する作業者の意識の低さが主な要因であると考えられる。

独立行政法人製品評価技術基盤機構の報告⁽⁵⁾によると、感電部位（流入）は手（55%）が1/2を超えており他の箇所は最大でも6%である。他方、感電部位（流出）は手（27%）が最も多いが流入に比べて下半身（20%）も多い。アーク事故時の受傷部

位は顔（34%）、手（32%）が体全体の 2/3 を占める。

このような事故状況から手、顔、下半身（足元）の順番で感電防止対策は必要である。

4.2 感電事故防止対策が必要な作業

PVS の電気点検は、一般に地上からアクセスしやすい場所に設置されている接続箱や PCS が一番初めに行われることが多い。

電力会社から受電している交流は引込柱遮断器、屋外開閉器、分電盤等を OFF にすると無電圧となるが、PVS は PCS 遮断器、接続箱開閉器を OFF にしても昼間、日射があれば太陽電池が発電して接続箱等に直流電圧を印加し続ける。PVS 電気点検の大半は太陽電池側で発電状態の直流を測定するため常に感電や短絡等アークによる熱傷の可能性があり対策が必要である。

4.3 点検事業者・作業者が実施する感電防止策

4.3.1 絶縁保護具の種類と規格

写真 7 は高圧 PVS 電気保安点検で使用する絶縁保護具の一例である。低圧の場合は、絶縁手袋、絶

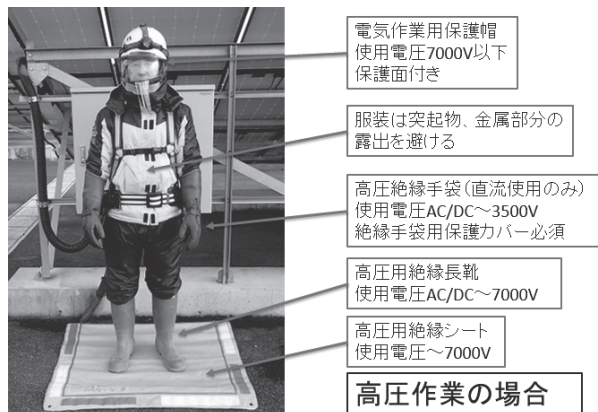


写真 7 絶縁保護具着用状況

表 2 太陽光発電設備の電圧区分

設備出力	直流	交流
10kW 未満	450V 以下: 低圧	100V, 200V: 低圧
10kW 以上 50kW 未満	750V 以下: 低圧	
50kW 以上 2,000kW 未満	750 以下: 低圧	
2,000kW 以上	750V を超え 1,500V 以下: 高圧	2 次側 100~440V: 低圧 1 次側 7,000 以下: 高圧
		2 次側 100~440V: 低圧 1 次側 7,000 を超える: 特別高圧

縁長靴、絶縁シートが低圧用となる。

最も多くの感電部位（流入）となる手の保護のための絶縁手袋の着用は特に重要である。絶縁手袋には J00, J0, J01, J14 クラスがあり、PVS の電圧によって選択する。表 2 および表 3 は PVS における電圧と電気絶縁手袋（絶縁手袋）の規格の一部を示したものである。PVS の電圧区分と絶縁手袋の規格が対応していない部分もあるため、手袋の選択には注意が必要である。

電気用保護帽は絶縁性能を有した保護帽であり、写真 8 のように内側に厚生労働省の労・検、規格認証シールが貼られ「電気用 7000V 以下」と記入されていることを確認する。また目視、指触で帽体、ベルト等の破損が無い外観検査を実施し、破損があれば交換をする。着用時は、頭部に合わせ顎ひもをしめる。保護面には部品の爆発、アーク発生時に顔面を保護する機能があり、活線作業が多い PVS 電気点検において使用すればより安全に作業ができる。

4.3.2 使用前の点検と着用、使用方法について

絶縁保護具は、使用前に必ず使用者自ら点検、試験を実施しなければならない。写真 9 は絶縁手袋、絶縁長靴の使用前目視による外観点検と空気漏れ試験の様子である。足元の絶縁シートも目視で外観点

表 3 電気絶縁手袋の国内規格⁽⁶⁾

クラス	最大使用電圧	試験電圧	材料	充電電流値	厚さ (mm)	物性/サイズ
J00	交流又は直流 300V	AC 1,000V 1分間	加硫ゴム、 エラストマー、 プラスチック	5mA 以下	0.2~2.0	有り
J0	交流 600V又は直流 750V	AC 3,000V 1分間		5mA 以下	0.4~2.0	
J01	交流又は直流 3,500V	AC 12,000V 1分間		8~12mA 以下	1.0~1.9	
J1	交流又は直流 7,000V	AC 20,000V 1分間		14~18mA 以下	1.1~2.7	



写真 8 電気用保護帽（顔面保護用面付き）

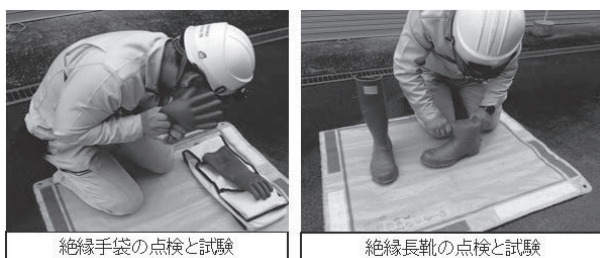


写真9 絶縁保護具の使用前点検



写真10 超薄型絶縁手袋とその着用状況

検を実施する。

現場では作業員が素手や作業用手袋のみで作業をする例を多く見かける。理由は①細かい部品が多いため厚い絶縁手袋では細かい手先作業ができない、②作業が容易にできる絶縁手袋が販売されていない等が考えられる。

そこで、筆者は絶縁手袋製造者に相談し細かい作業に適したPVS電気作業向け超薄型絶縁手袋を開発していただいた(写真10)。この絶縁手袋は超薄型であり作業性が大きく向上した。筆者は肌の上から「綿手袋→絶縁手袋→作業用手袋」の3枚重ねを推奨している。綿手袋は、短絡アーク発生時、アーク熱により溶けた絶縁手袋が肌に密着しておこる熱傷を軽減する。作業用手袋は、破損しやすい指先の

保護と滑りにくくすることで部品の落下を防止する目的がある。薄手のゴム付き手袋や薄手の革手袋を使用すると作業性が向上する。

絶縁シートは、足元の凹凸が大きい場合は直接敷くと穴が開いたり破れたりして破損しやすいので、保護マットやシートの上に絶縁シートを敷くようにするとよい。

4.3.3 絶縁保護具の点検と保管について

絶縁保護具は使用前、使用後の日常点検と6か月毎に定期自主検査(労働安全衛生法第351条、交流300Vを超える場合に対応する製品)を行わなければならない。

写真11の上は絶縁保護具の破損状況である。電気用保護帽は6か月毎の定期自主検査、耐圧試験により破損し不合格となった。おそらく現場で構造物にぶつけて傷が出来ていたと考えられる。絶縁手袋の指先は工具箱に保管した後、取り出す際に工具に引っ掛けて破損した。写真11の下は絶縁保護具の保管方法である。絶縁シートは折りたたむと折りグセが付く、破れやすくなるため巻いて保管すると良い。また柔らかいシートは筒などに入れて保管する。絶縁手袋は専用の収納袋や箱を用いて保管し、保管時の破損を防止する。

4.3.4 検電器の使用前点検と使用方法

PVS保安点検の作業前は、感電防止のため検電(PV検電)が必要である。検電器の使用前点検について写真12に示す。直流検電器は接地線、接地極が必要である。

使用前点検の順序は以下のとおりである。

- ①接地線が断線していないかテスターで導通確認を実施する。



写真11 絶縁保護具の破損と保管

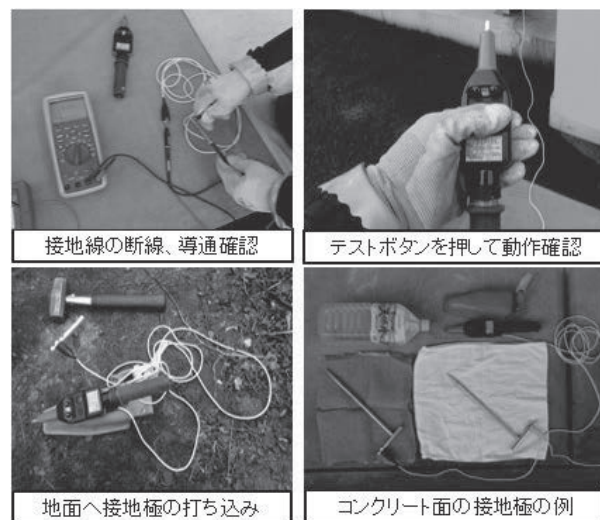


写真12 検電器の使用前点検

②検電器本体の外観目視点検，テストボタンを押しランプ点灯とブザー音が鳴ることを確認する。

③地面に接地極を打ち込み接地線を接続する。コンクリートで接地極が打てない場合は，接地網，濡れた布で代用する。

検電対象は接続箱，PCS，集電盤，架台，太陽電池モジュール，ケーブル，その他付帯する金属である。

交流の検電は停電作業時に無電圧の確認のために実施する。しかし PV 検電は太陽電池から直流電圧が印加状態で検電するため直流検電器は接地線を接続して検電する。

PVS の太陽電池が地絡していても接地線が未施工，施工不良，災害による破損等で接地が無い状態で PV 検電を実施しても，地絡を検出しない場合がある。このとき人が素手や濡れた状態で触れると，感電の可能性がある。そのため PV 検電時に検電器が電圧を検出しなくても，接地が正常に施工されているか確認できるまでは絶縁保護具を着用して点検作業を実施しなければならない。

4.3.5 テストリードと絶縁ドライバー

写真 13 はテストリードの先端を示しており，上側は短絡防止のキャップが取り付けられているのに対して，下側は短絡防止キャップが取り外され狭い場所の測定に適しているが先端金属ピンの露出が大きく短絡の可能性が高くなる。

PVS の電気測定では発電，活線状態の作業が多いので可能な限り短絡防止キャップが取り付けられたテストリードを使用する。また，狭い場所での測定は先端の細い短絡防止テストリードも販売されているので現場に複数持ち合わせていると有用である。ただし先端の細いテストリードには許容電流が低い製品もあるため電流が流れる測定の際は確認して使用する。

絶縁ドライバーは施工時のネジ締め，点検時のネジ緩み確認に必要な工具である。写真 14 左側の絶縁ドライバーは絶縁工具に関する国際規格



写真 14 各種絶縁ドライバー

IEC60900 に適合し，耐電圧は交流 1000V/ 直流 1500V で国内すべての PVS の直流部分に対応している。中央の絶縁ドライバーは，ホームセンター等で購入できる製品で，上記規格には対応していないが自社基準で絶縁性能を規定している。耐電圧は 1000V，交流直流の種別は不明である。右側の絶縁トルクドライバーも中央の製品と同様，自社基準で絶縁性能を規定している。耐電圧は 600V であり交流直流の種別は不明である。

基本的には IEC 規格に適合した絶縁ドライバーを使用することが望ましいが，入手困難な場合もあるため IEC 規格外の絶縁ドライバー使用の可否は現場責任者が現場状況，絶縁ドライバーの性能を確認し検討する。

5. おわりに

PVS の保安点検作業者の生命に係わる墜落・転落防止対策と感電防止対策について述べた。これまでの防止対策は，建設工事，電気設備工事，点検で用いる従来の機材や方法を組み合わせて対応してきたが，PVS 制度の改正，設置条件の多様化，高電圧化等により点検方法も変化し，十分な対策が出来ない場合もでてきている。

今後も PVS の保安点検に適した機材，対処方法の研究・開発に取り組んで行きたいと考える。

謝辞

本稿作成にあたり，ミドリ安全（株）様，三恵工業（株）様，（有）広瀬電気工事様，（有）アクア，岩佐様から情報および資料の提供を頂きました。心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 厚生労働省：HP，労働災害報告より参照



写真 13 テストリード先端

<https://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzenisei1/rousai-hassei/>

- 2) 建設業労働災害防止協会:発行パンフレット「正しく使おうフルハーネス」より抜粋 https://www.kensaibou.or.jp/seminar/about_full_harness.html
- 3) ミドリ安全株式会社:HP「ラクボシステム」より抜粋 https://midori-sh.jp/mh_002/
- 4) 一般社団法人日本電気協会:低圧電気取扱特別教育テキスト, 第6版, 講習用テキスト, P5 (2018), オーム社, 東京
- 5) 独立行政法人製品評価技術基盤機構:平成29年度に発生した事故詳報に関する報告「死傷事

故分析」より参照

- 6) 三恵工業株式会社:HP「関連法規」より抜粋 <http://www.3k-glove.com/>

著者略歴



北川孝太郎 (きたがわ こうたろう)
(株) 島電気商会 代表・技術／
PVResQ! 岐阜支部
住宅, 産業用, 独立型 PVS 設計施工,
不具合調査, 安全対策研究, ポリテク
センター他各種団体で PVS, 電気技術者教育の講
師活動に従事.