

現地における各電氣的接続部の 施工性について

平成26年4月25日

日本太陽エネルギー学会
太陽光発電部会 第9回セミナー
株式会社 島電気商会
北川 孝太郎

太陽光発電システムにおける直流側電気接続部の施工性について

1. 太陽電池モジュールの裏側～接続について
2. 太陽電池モジュールから接続箱へ配線、接続について
3. 住宅用昇圧器の設置例～接続について
4. 住宅用パワーコンディショナーの設置例～誤接続事故について

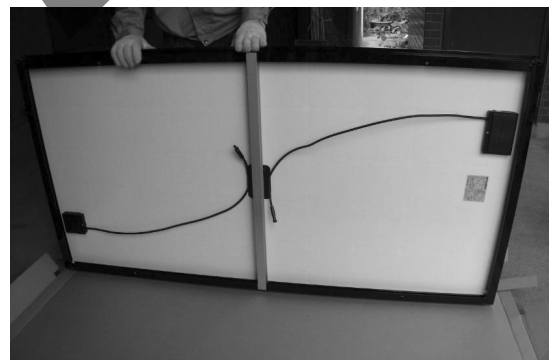
※主に住宅用の直流側接続部分となっています。

1

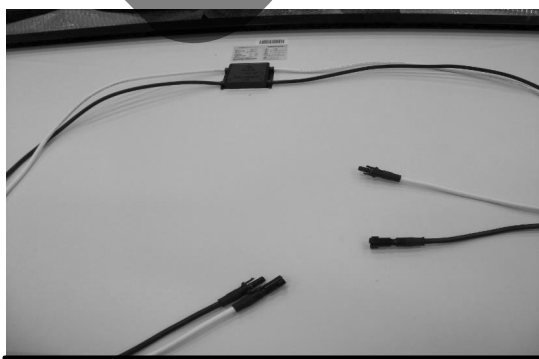
1. 太陽光発電モジュールの裏側



結晶系太陽電池(片側端子箱)



結晶系太陽電池(両側端子箱)



薄膜型太陽電池(並列接続用)



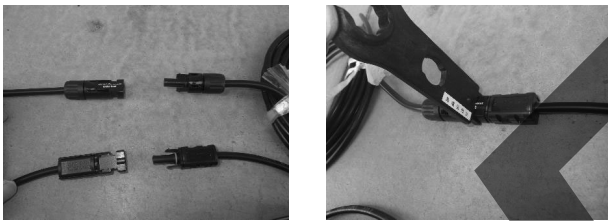
薄膜型太陽電池(屋根材一体型)

2

コネクタについて

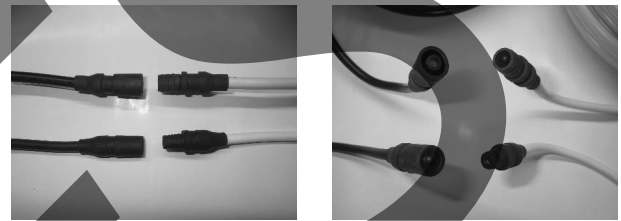
- コネクタの種類は各社太陽電池モジュールによって違い、統一されていない。
- 国内太陽電池メーカーは、コネクタの種類が統一されておらず、互換性がないものが多い。(海外製の多くは、マルチコンタクト社のMC4)
- 国内太陽電池メーカーでも年式、種類によってコネクタの種類が違うことがある。
- 複数メーカーを扱う施工者は、多品種の予備材料を持ち合わせなければならず、管理、在庫管理のコストが増大する。
- コネクタの種類は主に樹脂製ロック付、ゴム製ロックなしの2種類ある。

樹脂製ロック付(一部ゴム製もある)



上: MC4、マルチコンタクト社製
下: MC4互換タイプ、PV-03、SMK社製
ロック取り外しには、専用工具が必要である。

ゴム製ロックなし

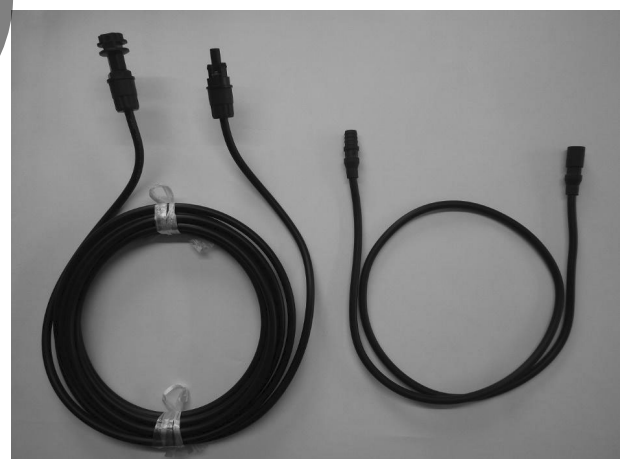


上: KTN-PVC1P、木谷電器社製
下: MC3、マルチコンタクト社製
上下コネクタは、似た形状だが互換性はない。

3

太陽電池モジュール間、接続方法

- 太陽電池モジュール間の接続は、裏面の端子箱より出たリード線の先端に装着されたコネクタで行われる。
- リード線の長さは+-各1m程度で、隣接した太陽電池モジュールとコネクタにより接続する。
- 接続する太陽電池モジュールが離れている場合は、両端にコネクタが取り付けられた、渡り延長ケーブル(主に5、10m)を手配する必要がある。(オプション扱い)
- しかし、渡り延長ケーブルの手配忘れによって、施工者が現地で対応することが多い。



渡り延長ケーブル
右: ロックなしコネクタ 1m(特注品)
左: ロック付コネクタ 5M

4

コネクタ接続例

ロック付コネクタ



MC4タイプコネクタ
新設施工時撮影
コネクタ左側: マルチコンタクト社製
コネクタ右側: アンフェノール社製
※互換性があるか、確認すること。

ロックなしコネクタ



国内メーカー製
設置後10年屋根改修撤去時撮影
コネクタ部分にビニルテープが巻いてあり、新品同様であった。
現在もロックなしコネクタはテープ巻きを実施している。(当社住宅用)

コネクタ接続、施工状況



屋根置き傾斜設置型(折半屋根)



屋根置き設置型(傾斜瓦屋根)



屋根置き平面設置型(折半屋根)

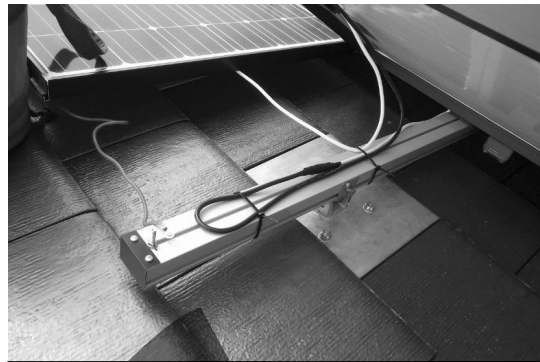


屋根置き設置型(傾斜板金屋根)

コネクタ接続、固定状況



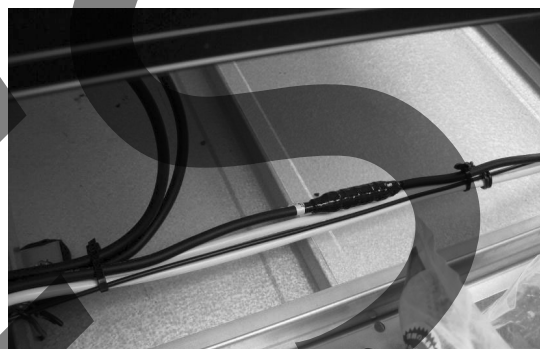
屋根置き傾斜設置型(折半屋根)



屋根置き設置型(傾斜瓦屋根)



屋根置き平面設置型(折半屋根)



屋根置き設置型(傾斜板金屋根)

コネクタ接続時の注意事項

不良品コネクタ(+側)

正常コネクタ(+側)



— 施工中にコネクタ接続時、発見した事例 —
コネクタ内部、ピンコンタクト先端の短絡、感電防止絶縁キャップが外れかかっており触れると外れたため、この太陽電池モジュールは取り付けず、後日交換品の太陽電池モジュールを設置した。
コネクタ接続時は、コネクタ内部を確認してから差し込むようにする。
不良品以外に異物混入も多い。

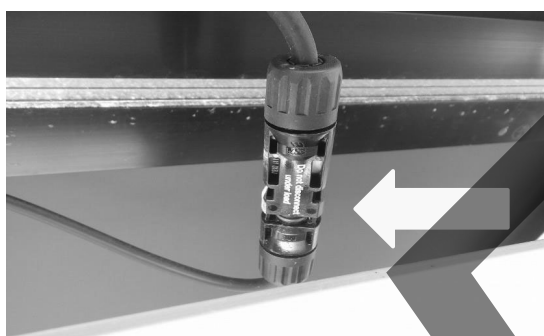
コネクタ接続、施工時注意点



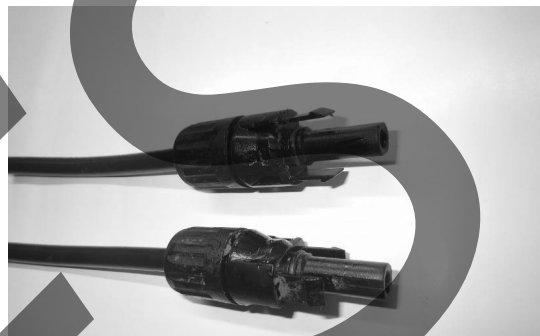
コネクタ踏みつけ破損の危険性



コネクタ内部にコーキング混入



コネクタ差し込み不足(黄色←)



地上設置で泥が混入したコネクタ

渡り延長ケーブルがない場合の 対応例

— 施工者がコネクタ組み立て工具を所有する場合 —

- 太陽電池モジュールのコネクタが施工者の所有する組み立て工具と互換性がある場合は、現地にて予備ケーブルを必要な長さで切り、渡り延長ケーブルを組み立て、接続する。
- 太陽電池モジュールのコネクタが互換性がない場合は、太陽電池モジュールのコネクタを切断し、施工者所有する組み立て工具でコネクタを組み立て、渡り延長ケーブルと接続する。



MC4コネクタ
組み立て工具
マルチコンタクト社製

渡り延長ケーブルがない場合の 対応例

－施工者がコネクタ組み立て工具を所有しない場合－

- 太陽電池モジュールのコネクタを切り落とし、端子箱から出たリード線と予備の延長ケーブルを接続をする。(直接接続方法)
- 接続方法について注意すること
- 「接続部分に、電気抵抗を増加させない」、「引張強度を20%以上減少させない」、「接続管その他の器具を使用し、又はロウ付けすること」、「接続部分の絶縁電線と同等以上の絶縁効力のあるもので十分被覆すること」
- ジョイントボックスなどの接続箱内部にてリングスリーブ等接続器にて行う



↑直接接続方法用、工具例
第2種電気工事士試験使用工具

電気技術基準、省令第7条、56条
解釈12条、内線規程3165-5
引用、参照

11

実際に現場で直接接続方法は・・・

- しかし、現場でジョイントBOXを使用した事例をほとんど見たことがない。
- 施工者は、他言しない場合が多く、資料、写真も非常に少ない。
- 法令順守、太陽電池メーカーの設置、取扱いの禁止事項(出力ケーブルやコネクタを加工しない)に該当するので口外しないと考えられる。



直接接続しているがジョイントBOXがない

これらの基準は使用者および第三者を感電、火災の被害に巻き込まないために決められていることであり、その重要性の認識を持たなければいけない。

12

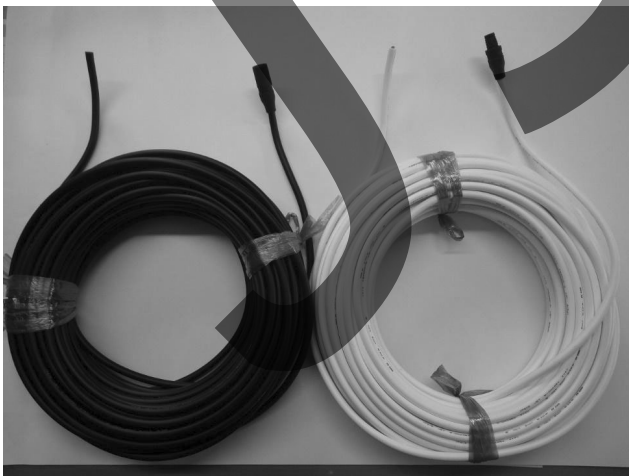
2. 太陽電池モジュールから接続箱へ 配線、接続について

- 太陽電池モジュールの各ストリング(太陽電池を直列接続したもの)の+、-ケーブル(ストリングケーブル)を接続箱まで配線する。
- ストリングケーブルの片側は+、-のコネクタが取り付けられ、もう片側は切断面で、接続箱内の開閉器に圧着端子で接続をする。
- 長さは、20mを標準設定している太陽電池メーカーが多い。
- 太陽電池アレイから接続箱までの長さが20mで不足する場合は、30、40m等の変更、または接続箱をケーブルが届く位置に移動する必要がある。
- しかし太陽電池メーカーによっては、電氣的損失を考慮して20mの設定だけの場合もあり、渡り延長ケーブルの使用や、接続箱をアレイ付近に移動して対応することもある。
- メーカー販売以外のケーブルを準備をして延長することもある。
- ただし、メーカー指定品以外のコネクタやケーブルを使用するとシステム保証や製品保証が受けられないと言われる場合もある。

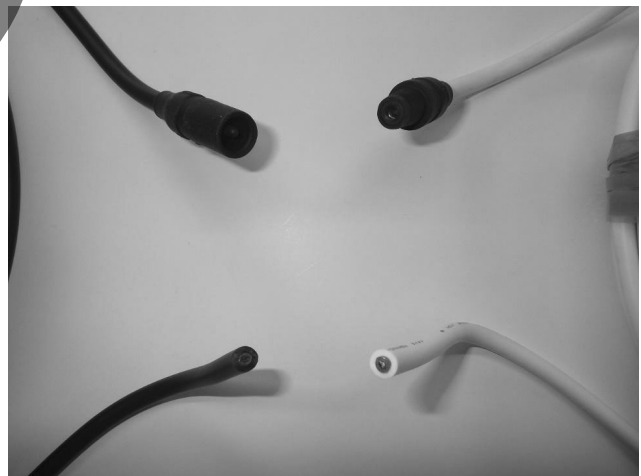
13

ストリングケーブルの例

＋、－ケーブル



ケーブル端部



ストリングケーブルのケーブル種類は、主にCV、HCV、太さは2sq、3.5sq。
太陽電池側のケーブルにコネクタが取り付けられている。
接続箱側は、圧着端子で開閉器などに接続するため切断面となっている。
※施工時には、切断面にビニールテープや絶縁キャップなどで短絡防止をする。

14

太陽電池ストリング露出配管、配線について

露出配管



既設住宅や壁に凹凸がある場合の施工に向く。
美観重視には難あり。
施工性は、良い。

露出配線ダクト(保護管)



新築住宅や壁がフラットの場合の施工に向く。
美観もほどほど良い。
施工性は、良くない。

15

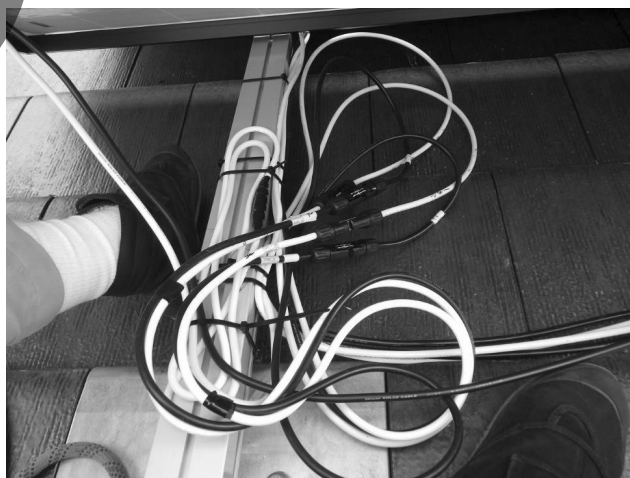
太陽電池ストリング配線の延長について

ジョイントBOX使用例



接続箱までの配管途中にジョイントBOXを設置して電線を接続、延長する。
BOXの蓋に名称、行先表示を記入すると点検時に役立つ。

コネクタ使用例

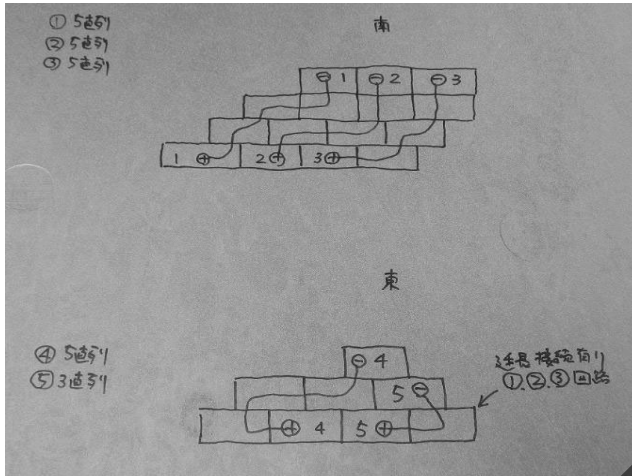


太陽電池モジュールの下でコネクタを組み立て電線を接続、延長をする。
接続した付近の架台や接続箱等にストリング番号を記入すると点検時に役立つ。

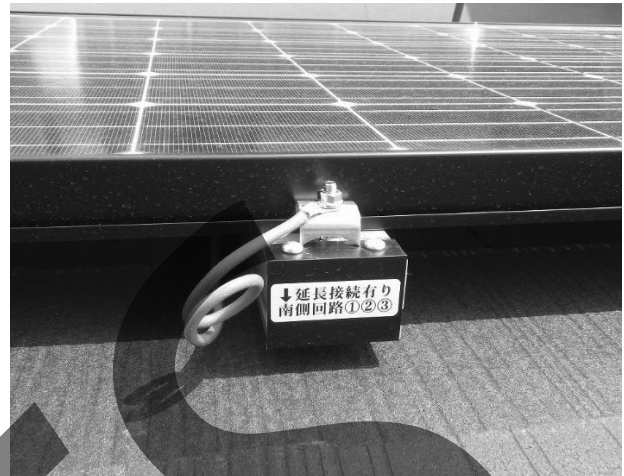
16

太陽電池ストリング配線の延長表示例

BOX蓋、裏側に表示



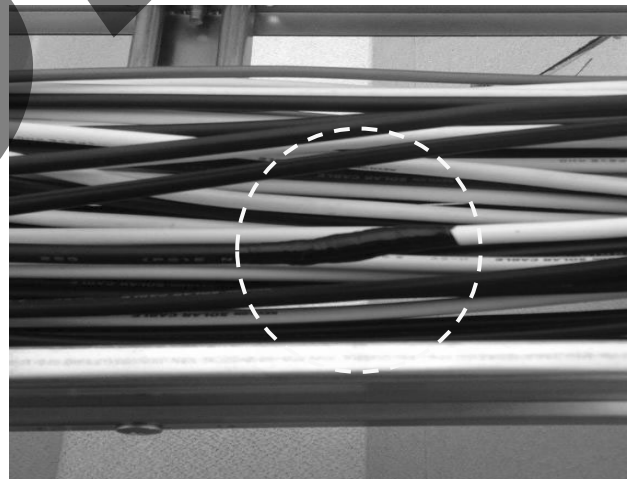
架台端部に表示



屋外用パワーコンディショナー（接続箱機能付）の蓋裏側に書かれたストリング構成図。
その他、太陽電池情報、ストリング情報、連系開始日等記載。

太陽電池モジュールの下でコネクタを組み立てケーブルを接続。
架台端部に「延長接続有り」を表示。
使用したテープが耐候性ではないので点検時に張替が必要。

太陽電池ストリング配線の延長について

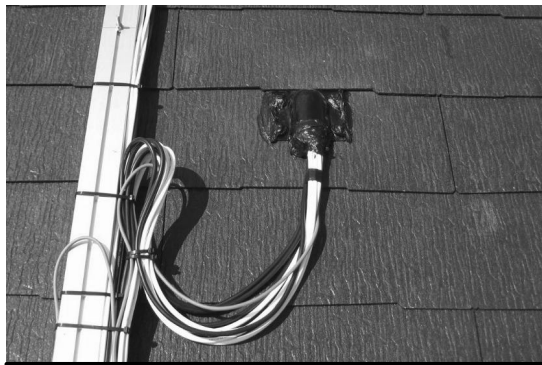


民間物件でよく見かける接続例

屋根上のケーブルラック（フタなし仕様）配線されたケーブルにテープが巻き付いていたため剥がしてみると接続点が出てきた例。

電線の引張強度、絶縁性能不足（テープ巻き不足）、接続器（コネクタ）未使用または接続箱（ジョイントBOX）未使用で安全性に問題がある。

太陽電池ストリング配線の配線瓦使った場合の 屋内隠蔽配線(美観が良いので新築に多く採用されている)



屋根上、カラーベスト用配線瓦



屋根上、平板瓦用配線瓦



天井内、保護管なし、貫通部分



天井内、自己消火性配管使用例

※主に対応屋根材は、瓦とカラーベスト。

19

接続箱の屋外設置場所

点検が容易な設置場所



屋根1面に太陽電池が設置され延長ケーブルの長さ20m届く場所に接続箱を設置した例(赤点線内)
点検時は、6尺脚立のみで良い。

点検が困難な設置方法



屋根3面に太陽電池が設置され延長ケーブルの長さ20mが届く場所に接続箱を設置した例(赤点線内)
点検時に長梯子+屋根上作業が必要となる。

20

接続箱の屋内設置場所

点検が容易な設置方法



分電盤横に設置された接続箱
見やすい場所にあり開閉器の入切も
容易にできる。
ただし、ストリング配線の配線ルートは
不明である。

点検が困難な設置方法



屋根裏に設置された接続箱
見えにくい場所にあり足場も不安定で
開閉器の入切も困難である。
※雷被害のため交換中に撮影。真夏
で長時間の作業が不可能であった。

21

住宅用接続箱の例

金属製



樹脂製(内蓋あり)



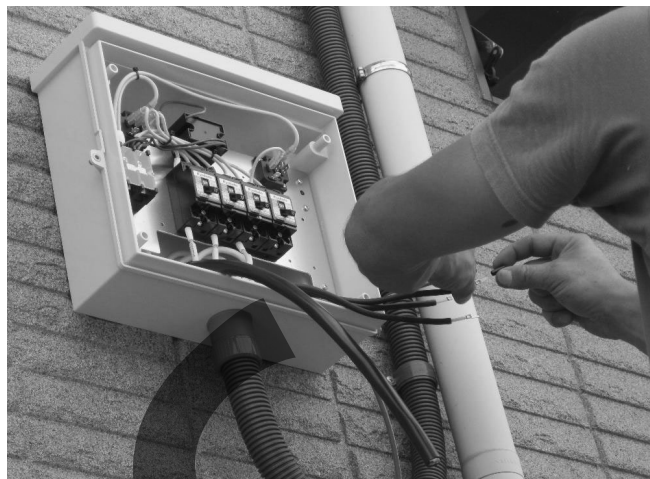
- 施工者から聞き取りをした住宅用接続箱の金属製と樹脂製の違いは
金属製、利点:「高級感がある」「安全そうに見える」、欠点:「重い」「加工が困難」「錆びる」
樹脂製、利点:「軽い」「加工が容易」、欠点:「破損しやすい」「安っぽい」
- 接続における施工性について

左側: ガタースペースは余裕があるが、開閉器が盤の奥に設置されているので、電線差し込み口に電線を接続するときに差し込み深さが十分であるか確認をする必要がある。

右側: 開閉器が底上げされているので接続性は良い。底上げ部分がガタースペースとなっており最大7回路分のケーブルも収容することができる。

22

接続箱内のケーブル接続施工例



ー 太陽電池モジュール設置、ストリングケーブル接続後の施工例ー

太陽電池に遮光シートは掛けておらず、発電中のためストリングケーブルにはDC100~300Vが印加されており感電の危険性がある。

両者とも絶縁手袋等の保護具は未使用である。しかも写真右側は作業服が半袖で肌の露出面積が多く危険である。

理由は、絶縁手袋を使用して作業をすると圧着端子やキャップ、工具を落下させ紛失、破損につながる可能性があり、安全性より作業効率を重視している。(半袖は無関係である)

※右側の写真では、初めに全回路の一侧ケーブルを開閉器に接続、その後+側のケーブルを接続する作業手順を採用しており、ケーブル先端での短絡事故対策は考慮している。

23

絶縁手袋の施工性について(参考)

太い電線の場合(一般的な使用例)



電力量計で絶縁手袋を使用した例
絶縁手袋の上に皮手袋を着用し滑りにくい。

CVT14sq(外径9.5mm)R型端子(長さ32mm、幅16mm)

細い電線の場合(接続箱を想定した机上実験)



ストリングケーブルの端子組み立て
絶縁手袋のみで何とか端子取り付けが可能であるが、数回落とした。

(皮手袋を着用すると作業不可能のため絶縁手袋のみ)
CV2sq(外径6.5mm)ブレード型端子(長さ13.3mm、幅4.2mm、接続箱同梱品)

※実験者の指は短く太いため、絶縁手袋の指先に空間ができ上手く端子取り付けができなかった。
また、手先の器用、不器用の個人差も含むため参考とする。

24

どのようにすれば安全に接続ができるのか？

- 太陽電池メーカーの施工説明書には、「太陽電池モジュールの受光面全体に日射を遮蔽するシートを布設するか、絶縁手袋を使用する様十分に注して作業を行ってください」と書かれている。(引用、パナソニック取扱説明書、HIT太陽電池モジュール、PV017-1113-0)

①物によって対策する方法

- 遮光シートを各ストリングごとに準備すると、費用と労力が増加し導入が難しい。
- 絶縁手袋は、費用も少なく済むが作業効率が良くないので所有はしているが使用していない施工者が多い。→小さな端子、キャップ、ネジを扱える絶縁手袋があると良い

②作業手順によって対策する方法

- 太陽電池モジュールを接続する前にケーブル接続をする。→天候、工期、によって難しい場合がある。
- 陸屋根型架台は、接続箱でのケーブル接続後にストリングケーブルのコネクタ接続を実施する。(太陽電池設置後、架台下で作業ができる環境があること)
- 夜間に接続する。→電圧確認、運転確認は、後日となり費用、日数が増加して採用は難しい。

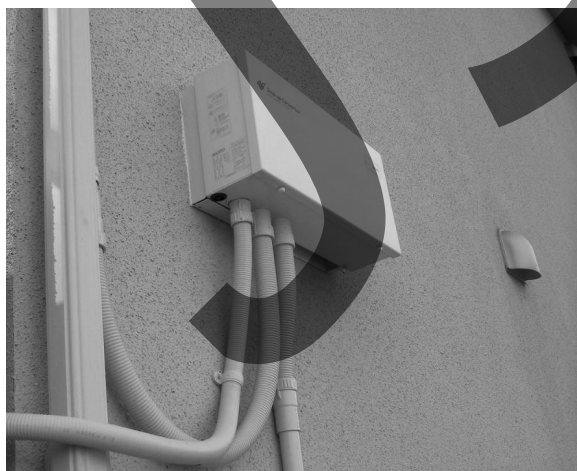
→①の絶縁手袋と②の作業手順の組み合わせによる対策が有効と考える。

誰か、細かい作業が可能な絶縁手袋を作ってくれませんか？
良いのが出来たら一緒に拡販します。よろしくお願いします。

25

3. 住宅用昇圧器の設置例

昇圧器、接続箱、一体型



一体型は、スペースと取り付け手間が少ないが重量が重く(~13kg)壁面の構造の確認と強度確認が必要である。
単体型は、機器の配置に自由度はあるが広いスペースと取り付け手間が多くなる。

昇圧器、接続箱、単体型



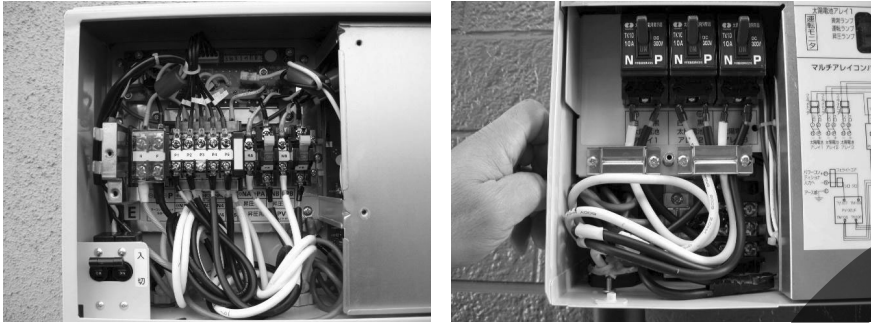
昇圧器
←

←
接続箱

26

昇圧器の施工性について

昇圧器、接続箱、一体型の例(2メーカーの製品)



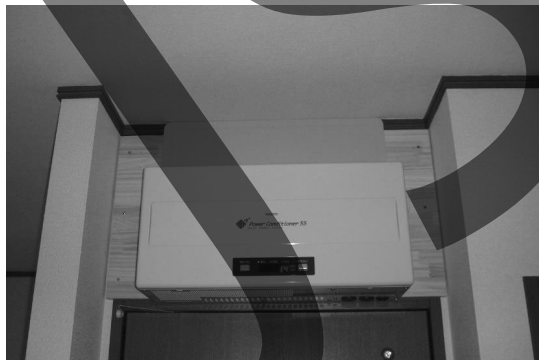
昇圧回路が本体の2/3を占める。残りの1/3は、端子台が中央に配置されており、ガタースペースは意外と少ない。写真左側の端子台は一部上下多段構成となっておりネジの締め付け、緩み確認、電圧絶縁点検が困難である。写真右側は、ストリングケーブル奥に出力端子台が設置されている。(ケーブルで見えないが存在する) 左の写真と同様に、出力端子のネジ締め付け、緩み確認、電圧絶縁点検が困難である。
機器設置条件によって、ネジの締め付け不良、確認不足が発生する可能性が高く、注意が必要である。

単体型の例(旧製品)



ガタースペースが少なく余長が全く取れない。(失敗が許されない) 端子台は横方向に並んでいて施工性は良い

4. 住宅用パワーコンディショナーの設置例



屋内用、屋内設置



屋外用、外壁面設置例



屋内用、屋外収納盤使用例



屋外用、架台下設置例

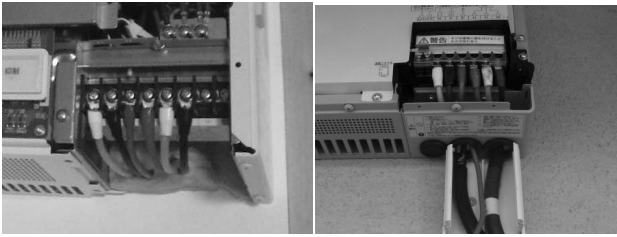
※住宅用の屋内用は接続箱機能なし、屋外用は接続箱機能付き

住宅用パワーコンディショナーの配線接続例

端子台が手前にある場合

隠蔽配線

露出配線



隠蔽配線時壁内の深さがある場合は、余分の電線
を押し込むことができるので施工性は良いが、壁
面深さが浅い場合はガタースペースは少ないため
電線の収納が困難である。
露出配線も隠蔽配線と同様である。
端子台が手前に配置されているため工具を選ばず
、ネジ締め付け、緩み確認、電気計測器で点検時
も作業性が良い。

端子台が奥にある場合

隠蔽配線

露出配線



隠蔽配線時壁内の深さが浅い場合でもガタースペ
ース大きい場合電線の収納が容易である。
露出配線は端子台が配線口の真上にあり施工が
困難である。
端子台が機器の最奥に配置され、ネジ芯が機器
壁面に接近しているため長い工具を使用して施工
しないとネジを破損する可能性がある。
露出配線時、端子部カバーが取り外せないため
点検時に端子部分の目視確認が困難である。配線
口をコの字開口に改造する必要がある。
電気計測器で点検する場合、テストリードを奥の
端子台まで差し込む必要があり、短絡、感電の注
意が必要である。

パワーコンディショナーにおける 直交流誤接続事故について

3、増えている太陽光発電の接続ミス

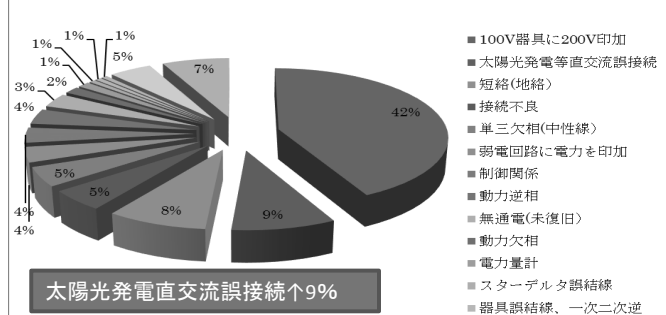
- また報告書では近年増えている太陽光発電など直流配線との事故も多くなっている。今後蓄電池や電気自動車、屋内直流配線など直流工事が増えていくことが予想されるため、対策が必要になる。しかも、機器の金額が高く、影響を与える範囲も広いため、賠償金額も高い。
- しかし既存書籍ではこれらの事故事例について、誤接続関連ではほとんど扱っていないのが無い。新たに作成する必要がある。

引用文献：全日本電気工業組合連合会発行、電気と工事編集部の分析結果より、2014年「保険会社で集計した、電気工事会社に関する保険支払い対象の事故事例の報告書の分析」

直流、交流誤接続による機器破損事故 について

対象機器は直流配線を宅内に引き込む
「屋内型パワーコンディショナー」と考えら
れる。

誤接続事故の割合



事故の原因と対策について

原因について

- 直流、交流誤接続による機器破損事は同一種類のケーブルを使用し、先行表示の未記入、誤記入、不注意による誤接続と考えられる。
- 同一種類のケーブルを使用する理由は材料の統一による管理コスト、現場に持ち込む材料種類の低減である。
- 未記入の理由はCVケーブルを使用することが多く、黒い外装被覆に黒マジックで記入ができないためである。
- 誤接続を起こしやすい例(写真1)
- 使用電線: 1種類
CV8sq-3芯のみ
- 直流、接地(E)側にCV8sq-3芯を使用
P(+)
相→黒、N(-)
相→白、接地E側→赤
- 交流側にCV8sq-3芯を使用
U相→赤、O相→白、W相→黒



写真1

対策方法

- 交流側が屋内配線の場合、交流側のみ使用電線をVVRケーブル(灰色の外装)とする。(写真2)
- 使用する電線種類を直流、交流、接地の3種類とする。(写真3)
- 使用電線: 3種類
CV8sq-2芯
緑色IV電線
CV8sq-3芯
- 直流側にCV8sq-2芯ケーブルを使用
P(+)
相→黒、N(-)
相→白
- 接地(E)側→緑色IV電線
- 交流側にCV8sq-3芯を使用
U相→赤、O相→白、W相→黒

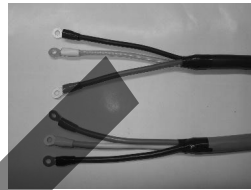


写真2

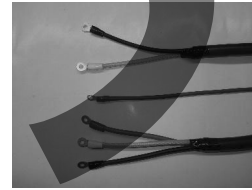


写真3

31

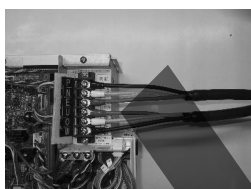


写真1
利点: 電線が1種類で済む
欠点: 誤結線する可能性が高い

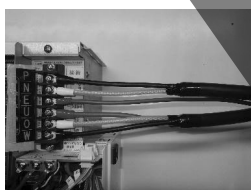


写真2
利点: 誤結線する可能性が低い
欠点: 電線が3種類必要

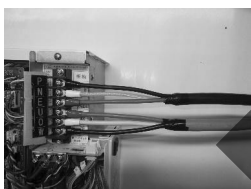


写真3
利点: 誤結線する可能性が低い
欠点: 交流側が屋内配線に限られる

端子ネジの締め付けについて

圧着端子の加工不良や締め付け不足により焼損事故が多い部分のため可変型トルクドライバーで締め付けること。(住宅用はM4, 5, 6ネジが多い)



開閉器部分
主にM4ネジで締め過ぎによるモールド破損が多い。
電線差込口が目視確認が難しいため、差込深さに注意すること。



出力端子部分
M5, 6が多いため、開閉器より締め付けトルクを強くすること。
可変型トルクドライバーの数値を調整、確認すること。

ご清聴ありがとうございました



(株)島電気商会
代表取締役 北川孝太郎
岐阜県岐阜市池ノ上町2-2

Tel/Fax:058-231-1985/231-1980
Mobile:090-8422-6644
Mail: shima@mars.sannet.ne.jp

32