



66kV CVケーブル接続工事に於ける 自社技術確立と施工品質保証に向けた取り組み

Establishing In-House Technology and Ensuring Construction Quality for 66 kV CV Cable Connections

再生可能エネルギー関連の工事がピークを迎え、特別高圧ケーブル接続技能者(以下ジョインター)の需要も追従する形で高まるなかでケーブルメーカー所属のジョインターが超高圧(170kV超)対応へシフトすることと相まって、66kV～154kVクラスのジョインター不足が顕著化している。当社に於いては2019年度より某ケーブルメーカーと協業体制をとり、66kV CVケーブルジョインターの育成を推進して来た。66kVジョインター育成は通常5年を要するとも言われ、要求技術の高さがうかがえるが、今後の154kV以下の技術開放も想定した対応を図っている。

また、ジョインター育成と共に蓄積した技術を高圧・特別高圧ケーブル工事用の教育資料、施工品質管理用の帳票類に反映させ、社内全体での施工品質向上及びトラブルの未然防止施策強化に取り組んでいる。本稿では、ジョインター育成と自社技術確立を目指した取り組みについて紹介をする。

As renewable energy-related construction has reached its peak, demand for extra-high-voltage cable connection technicians (hereinafter, "jointers") has increased accordingly. Combined with cable manufacturer jointers shifting their focus to ultra-high-voltage (above 170 kV) applications, the shortage of jointers for the 66 kV to 154 kV class has become pronounced. Since fiscal year 2019, our company has collaborated with a cable manufacturer to promote training for 66 kV CV cable jointers. Training a 66 kV jointer typically takes five years, underscoring the high level of technical expertise required. We are also preparing for the anticipated future release of technologies for 154 kV and below.

Additionally, we are incorporating the technical knowledge accumulated through jointer training into educational materials for high-voltage and extra-high-voltage cable work, as well as into construction quality management forms. This supports company-wide improvements in construction quality and strengthens measures to prevent problems before they occur. This paper introduces our initiatives to support jointer training and establish proprietary technical capabilities.



平野 保行
HIRANO Yasuyuki
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ



須田 博之
SUDA Hiroyuki
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ



豊蔵 忠
TOYOKURA Tadashi
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ



駒 優一
KOMA Yuichi
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ



岩村 成道
IWAMURA Satoru
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ



稲波 匠平
INABA Shohei
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ



小澤 史和
OZAWA Fumikazu
電計事業本部
工事業部
電計プラント工事業部
地中線工事グループ

1 はじめに

当社は、製鉄所や各種プラント工事に於いて特高受配電・送電設備工事を数多く行っており、近年増加している再生可能エネルギー事業に於いても、培ってきた施工ノウハウと技術力を発揮し対応している。

太陽光発電所や風力発電所もこれに含まれる。発電所内の集電ケーブルの多くは33kV以下で、送電線との連系地点まで送電する自営線では、送電電圧を66kV以上とする案件が増えている。(図1)

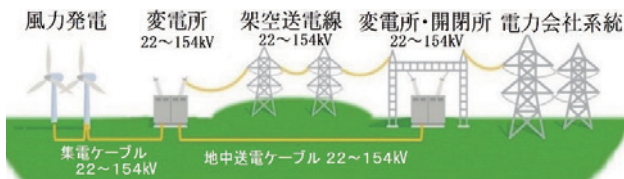


図1：自営線

また、超高圧送電については、エネルギー需要の増大や電力ネットワークの老朽化に伴う更新で増加している。地中送電ケーブルは大容量送電路へ多く採用され、長距離化・コンパクト化によるコストダウンを図る動きが進められ、超高圧送電への適用が進んでいる。

特に、直流送電(HVDC)技術は、長距離送電や周波数が異なり直接交流で接続が出来ない系統間の連系に適していることから再生可能エネルギーを導入するためにHVDC導入が本格化している。

このような状況により超高圧送電等の工事に対応可能な技術者が集中することで66kV～154kVクラスに対応する技術者や特に、直接ケーブルの接続を行う技能者であるジョインターの絶対数の不足状態が続いている。

2 特別高圧ケーブル接続技能者（ジョインター）とは

発電所で発電された電力を送電するために敷設されるケーブルは連系線の場合、一系統で十数km以上に及ぶこともあり、電力ケーブルの標準長は300mほどであることから、多くの本数を接続する必要がある。

通常、これらの送電系統はその重要性から2回線以上で敷設されるため更に多くの接続を行う事となる。

又、これらの電力ケーブルは非常に高い電圧に耐えられる様に設計されており、接続にはこれに特化した専門的な知識と技能が求められる。

この接続作業を担うのが、ジョインターと呼ばれる特別高圧以上のケーブル接続技能を持った作業者である。

特別高圧から超高圧とされる66～500kV用電力ケーブ

ルの接続では、作業に特化した知識と技能を有していることが求められる。

このため、ジョインターの育成には長期間を要し、その人数は国内でも数百名ほど(一説には200名)と言われている。

2.1 当社に於けるジョインター育成

当社は、2019年度より某ケーブルメーカーと協業体制をとり、66kV CVケーブルジョインターの育成を推進して来た。

施工訓練は、ケーブルの前処理作業に始まり、終端接続箱の組立、直線接続箱の組立と実際使用するケーブル及び付属品を用いてのトレーニングを6ヶ月以上行った後に、OJTに移行し、メーカー指導員の直接指導の下で実際の現場施工実績の積み上げを行った。

自社内での基本トレーニングの際にも実際の現場状況を想定した練習を重ねたが、実施工では様々な要因が複雑に影響することで、品質を確保することで精一杯の状況となり、施工時間を大幅に超過することも度々あった。

品質の確保が大前提であるのは勿論のこと、計画時間内で作業完了出来る施工力は施工班として必要条件である。如何なる状況下においても予定時間通りに作業を進行できる現場力こそがジョインターチームに求められる力であり、一人前の班を立ち上げるのには5年以上を要すると言われる由縁である。

2.1.1 ジョインターに求められる要素

ジョインターに要求される能力は単にケーブル接続のための処理技能や組立に関する知識のみではなく、あらゆる条件下で予定通りに施工完遂出来る現場力にあると考える。

主たるものを以下に挙げ解説する。

(1) チームワーク

個人的な技能もさることながら何よりも重要視されているのが施工班としてのチームワークである。

特高ケーブルの接続に於いて、33kV以下の接続作業であれば、一般的に2名で施工する事が可能とも言えるが66kVの接続対応を当社では5名で一班を編成し行っている。(作業条件により1名から2名の増員あり)

チームワークが重要視される理由として、第1に品質上の施工ミス防止と安全を含めたトラブルの抑制が挙げられる。

66kV以上の接続作業に於ける組立前のケーブルの前処理は、非常に繊細な作業であり精度についても厳格に管理されている。

処理寸法や作業要領等は、全て図面に記載され、その指示内容に従い処理を行うわけであるが各々が個別に作業を行った場合は図面の読み間違いなどの懸念がある。

これを払拭するために、図面に記載されている寸法等を

声に出して読み上げ、その他メンバーが復唱確認することを徹底している。

この声出しについては、マンホール内での作業中のちょっとした行動の際にも互いが接触したり、ケーブルを不用意に揺らすことでケーブルに致命的な損傷を与えたり、欠陥につながる状況を作らないためにも徹底して行われる。

更に互いの受け持ち作業の進捗状況を共有する為にも必要な行動となっている。

一例を挙げると、ケーブルの清掃作業を行っている隣で研磨作業を行っているのは、異物管理上好ましくない。

つまり、接続作業の手順自体が綿密に組み立てられている中、一部の作業のみが先行すると品質管理上の不具合が生じる要因となるとの考え方に基づいている。

第2に作業効率の確保である。公道上や、鉄道の軌条内、変電所や配電所、何れの場合でも時間的制約があり、非常にタイトなスケジュールとなることが常である。

加えて屋外での施工では天候も大きく影響するが停止計画や道路等使用許可の都合上、時間延長は認められない。

これら制約の多い状況下では一度混乱が生じてしまうと工事全体に波及してしまう事が多々あるため、見かけの効率より確実性を優先する必要がある。

元々作業効率を意識して施工計画を行っているため、各作業員が各々のパートをメンバーとの連携を意識して確実に消化して行くことが全体として作業効率を高める結果となる。

以上がチームワークを重要視する理由の概要である。

(2) 経験値と現場対応力

如何なる現場に於いても同様に施工を行う事を要求されるが、実際は非常に困難なことである。

トレーニングに於いても模擬的に現場に近い状況を再現して行う必要があり、当社ではトレーニング場の屋外に、GIS(ガス絶縁開閉装置)の接続部を模した架台(図2)と地下洞道及びマンホール内を想定したボックスカルバート(図3)を設置して接続訓練を実施している。



図2: 模擬GIS接続トレーニング架台



図3: 模擬洞道・マンホール

この様に規格化された場所については状況を再現することが可能であり、効果的なトレーニングに繋げる事が出来ている。

しかしながら周辺環境や天候、外気と施工場所との温度・湿度差やその変動まで詳細に再現することは困難であることから、現場経験値の蓄積がものを言う事となる。

これら実作業での経験は、事象と対処法について作業標準書の補足資料として明文化して保存することも忘れてはならない。

(3) ケーブル接続技能

ケーブルの接続工法は、ケーブルメーカー又は付属品メーカーにて開発され、確立されているものである。

ケーブルの前処理に於ける処理寸法、公差、形状や組立時の締付けトルク、方向に至るまでのすべてが、明確に規定されていると言って過言ではない。

加えて、その処理は繊細かつ正確さを要求されることから、その大半は現在でもジョインターの手作業によって行われる。

特に技能を必要とするのは、ケーブルの外部半導電層を削り取る作業である。33kV以下のケーブルではフリストタイプが一般的であるが66kV以上では絶縁体(架橋ポリエチレン)と一体化した状態にあり、これを取り除くためにフロートガラスを割ったもので削り取る作業が必要となる。専用工具を使用して剥ぎ取りを行う場合もあるが、仕上げまですべてに対応する事は無く、必然的にこの技能の習得が必須となる。

個人差はあるが、経験のない作業員の場合では一連の処理を約100本以上繰り返すトレーニングが必要と言われ、実施工を行っている作業者でさえ次施工まで期間が空く場合は感覚を維持するためのトレーニングを行うほどで、接続作業の要となる技能である。

その他の作業についても作業説明書を読んですぐに実行できるようなスキルレス作業はほぼ無いと言って良い。

2.1.2 ジョイントトレーニング

以下に、ジョイントトレーニングの一部(RBJ)を
図4～図13に示し概要説明とする。

(RBJ:ゴムブロック絶縁型直線接続箱のみ)



図4: 防食層剥ぎ取り



図5: 外部半導電層削り取り、ガラス仕上げ
・外導端部揃えと絶縁体ガラス掛けの仕上げ



図6: 絶縁体表面確認
・絶縁体表面仕上げ後の状態確認検査



図7: 絶縁体仕上がり径測定
絶縁仕上り後の外径測定・記録
・測定確度、測定位置を変えながら測定し規定値と比較し検査を実施



図8: RBJ 部品挿入
・挿入の前・中・後の各検査確認



図9: RBJ導体接続管圧縮
・圧縮・ダイス確認、ケーブル直線度確認、圧縮圧確認



図10: RBJゴムユニット挿入・位置確認
・挿入前点検(異物・ユニットの異常有無他etc)
・挿入位置確認



図11:遮蔽処理
・外部半導電層、金属遮蔽接続



図12:RBJ保護管組立(鉛管中央部半田付け接合)
・保護管(鉛管)の座屈防止、強度、ピンホール防止



図13:RBJ組立完了

以上、図8以降が組立作業となっている。トレーニングの割合としては、前項にて解説したようにケーブルの前処理の技能取得に圧倒的に多くの時間を費やしている。

また、これらの各接続工法は、製品の改良や付属材料の変更などにより、改訂されることがしばしば発生する。そのため、図面に記載される各処理寸法や注記等についてはあえて覚えることをせず、毎回図面にて確認することを基本としている。

3 修得技術の社内展開と品質保証に向けた取組み

ここまで紹介してきたように、ジョインター及び候補者に対しては、専門的教育を実施し、技能の向上と体制強化を図っている。この間に習得した知識と技能は部門内他のグループに於いても有益なものであり、共有すべき情報が多い。そこで、高圧・特別高圧ケーブル工事を行う上で必要となる基礎知識を編集し、動画及びPPTとしたものを社内教育に活用している。

3.1 ケーブル基礎講座(動画)

ケーブル工事に於いて品質管理意識を向上させることを目的とした内容で、ケーブルの構造から高圧ケーブルで発生しやすい事故、トラブルの原因と対処方法等について説明している約45分間の教育用動画である。(図14)

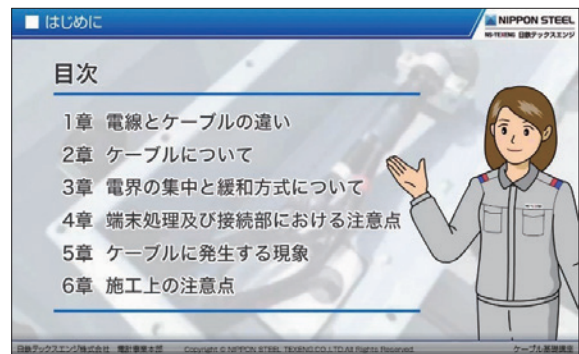


図14:ケーブル基礎講座(目次画面)

3.2 高圧・特別高圧CVケーブル基礎講座(PPT)

高圧ケーブル工事に携わる者を対象に基礎知識教育を実施することを前提として編集しており、構造編と施工編にて展開する。(図15～図20)

3.2.1 高圧・特別高圧CVケーブル基礎講座/構造編

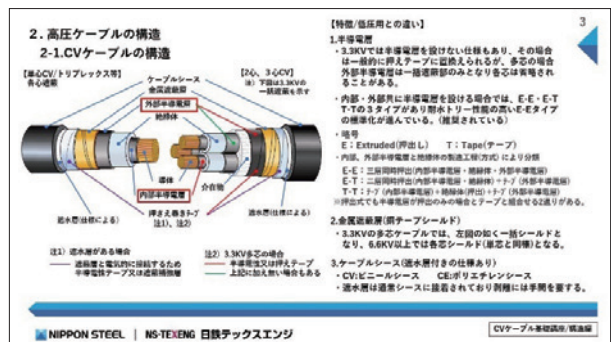


図15:高圧CVケーブルの構造

CVケーブルの基本構造と各部材の役割について解説している。低圧用と高圧用の違い、半導電層の仕様の違いやその効果等を解説する。

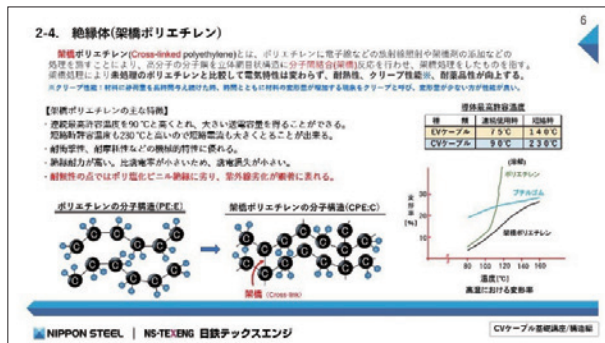


図16: 絶縁体(架橋ポリエチレン)

架橋ポリエチレンとはどのような物か特徴と取扱い上の注意点を解説

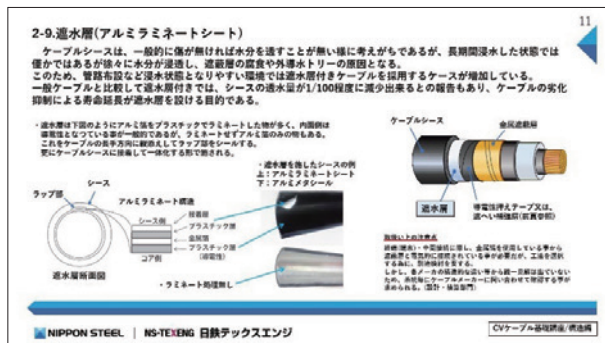


圖17:遮水層

遮水層付きケーブルの遮水層の構造と役割及び、取扱い上の注意ポイントを解説

3.2.2 高圧・特別高圧CVケーブル基礎講座/施工編

目次	2
1. はじめに	2
2. CVケーブル取扱い上の注意点	3
2-1. ケーブル(ドラム・タバ)の取扱いと保管	3
2-2. ケーブルの巻き付け距離と管理(巻戻・収納)	4
2-3. 引寄せ後半導体の管理の必要と理由	5
2-4. ケーブルの巻け半導体の測定	6
2-5. ケーブル引入れ時の許容張力(導体/シース)	7
2-6. ケーブル引入れ時の巻付例示(巻掛・仮置き)	8
2-7. ケーブル巻回計画	9
2-8. 引寄せケーブルドラムの購入と設置・巻戻	10
2-9. 貫通部までのケーブル入込時の巻回確認に於ける機軸	10
2-10. 貫通部のケーブル引入後、引寄せの巻回確認のポイント	11
2-11. 巻戻と取巻の巻回計画(巻下後、機軸の引寄せとオフセット調整)	13
2-12. 機軸と機軸、オフセット、起巻と作業スペース	14
2-13. 機軸に於ける品質管理(施工時のリスク管理)	15
2-14. 機軸調整の重要性(異物付着/温度・湿度管理)	15
2-15. 接続作業(状態、中間接続の仕様と適合確認)	16

圖18:施工編目次

施工編では、ケーブルの健全性の確保を目的とした取扱い上の禁制事項等に焦点をあてて、施工トラブルを予防するための知識習得と具体例を学ぶ。

※施工編は現在編集中

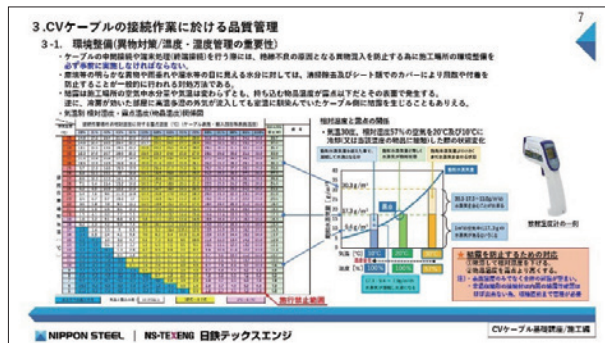


図19: ケーブル接続時に於ける品質管理(露点管理)

従来は、湿度の上限設定にて管理することが多かったが、ゴムユニットの内面での結露対策などを目的とし付属品の表面温度と外気温及び湿度の関係性を明確にし、露点での管理を行う事について標準化して行く方向で検討する。

以上抜粋ではあるが、品質管理意識向上を目的とした教育資料への情報展開について説明した。

3.3 品質管理帳票類の改訂による不具合の未然防止に向けた取り組み

当社では、高圧、特別高圧のケーブル接続(33kV以下)に際し、接続部品メーカー発行のチェックリストとは別に、品質管理シートと呼ぶ記録様式を採用している。基本的にキットに付属する作業手順書等の内容に準拠するものであり、実際の処理寸法や、現物との照合確認記録などを行う事で確認を要する工程の見落とし防止などの効果に期待するものである。

また、一般的な管理項目に加えて過去のトラブル事例の防止策や当該工法において、作業手順書等に具体的な解説がなされていない施工上の確認事項を注釈にて記載し、計画から施工中、施工後収納までを通して活用できる様式としている。

このような施工現場にて実施される確認・記録作業は、施工者の負荷が増加するとの懸念もあるが、特別高圧ケーブル接続作業に於ける施工トラブルは、工程内は正に留まらず影響が拡大し易いので、標準化による定着促進を図っている。(図20)

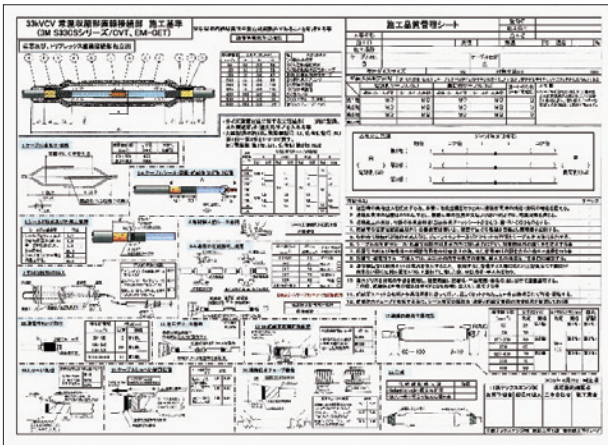


図20:品質管理シート

4 おわりに

本稿では、当社の66kVジョイント育成に於ける方向性と品質管理に向けた社内教育の一部を紹介した。

今後も継続的に活動を推進し、より高度な施工対応を行える体制を整えるべく、技術技能の蓄積に邁進して行く所存である。

お問い合わせ先

電計事業本部

more_information-denkei@texnipponsteel.com