

ダイレクトモールド気中終端接続部

Direct-Molded Outdoor Termination

田渡 未沙
Misa TAWATARI

住本 勉
Tsutomu SUMIMOTO

今西 晋
Shin IMANISHI

林 克之
Katsuyuki HAYASHI

丸山 英之
Hideyuki MARUYAMA

ダイレクトモールド気中終端接続部は、主絶縁にエポキシ樹脂を使用してシリコンゴムの外被をかぶせた完全固体絶縁タイプの終端接続部である。従来の磁器がい管、絶縁油を使う気中終端接続部と比較して軽量・コンパクト化を実現化した。それにより耐震性や安全性にも優れている。さらにプラグイン構造を適用することで、現地接続作業が省略でき、工期短縮が可能となる。本論文にてダイレクトモールド気中終端接続部ラインナップを報告する。

Direct-molded outdoor termination is a completely solid insulator type product, which is achieved by the structure composed of epoxy resin as a main insulator and silicone rubber as an outer cover. We have achieved Direct-molded outdoor termination, a compact and light-weight product compared to conventional porcelain type. As a result, it has excellent earthquake resistance and safety. By applying the plug-in structure, on-site connection work can be omitted, and the construction period can be shortened. In this paper, we have reviewed Direct-molded products line-up.

1. はじめに

ダイレクトモールド気中終端接続部は主絶縁にエポキシ樹脂を使用し、シリコンゴムの外被をかぶせた完全固体絶縁タイプであり、絶縁油を使用しないことから軽量・コンパクトを実現した製品である。従来の気中終端接続部は、磁器がい管を使い、内部絶縁にはシリコン油などの絶縁油を注入していた。これらの部品組み立てを現地で行っていたため、工期短縮と工事の省力化が望まれていた。

当社では2000年代初頭より終端接続部の小型化・軽量化、接続作業の簡素化・短縮化を目標に、2016年までに66～154 kV級の製品を開発^{1) 2) 3)}した。

一方、2017年には、国内初のポリマーがい管の設計基準・試験法の標準化が発刊⁴⁾され、2019年に電気規格JEC-5202:2019 プッシングが改訂された。それに伴って2021年までに110～154 kV級の製品の所要漏れ距離が見直された。これにより本論文では、設計コンセプト、ラインナップレビューを行う。

2. ダイレクトモールド気中終端接続部の特長

ダイレクトモールド気中終端接続部は電界設計の最適化により従来製品と比較して小型化・軽量化を図っており、以下のような特長を有する。

2.1 ダイレクトモールド気中終端接続部の特長

①完全乾式化

エポキシ絶縁部の表面にシリコンゴムを直接モールドした固体絶縁構造の完全乾式の気中終端接続部である。

②軽量・コンパクト化

がい管部は磁器ではなく、ポリマー材料を適用し、軽量化することで、重機を使用せずに組み立てが可能となり、取り扱いが容易で作業性が大幅に向上する。

③プラグイン化

あらかじめ工場で組み立てた本体材料（がい管部）に接続材料を差し込むだけで接続できるプラグイン構造を採用したことから、信頼性が向上し、現地での組立工程が簡略化できる。

④汚損性能

平均直径を細くすることにより、コンパクト化しても電気協同研究第72巻第4号の154 kV以下の非有効接地系ポリマーがい管の汚損設計基準曲線⁴⁾を満たす汚損設計を有する。

⑤耐震性能

軽量・コンパクト化により、気中終端本体の固有振動数が地震の卓越振動数範囲（0.5～10 Hz）よりも高く耐震性に優れる。

2.2 キーテクノロジー

キーテクノロジーとして、電界設計の最適化とプラグイン構造の適用が挙げられる。

例として 154 kV ダイレクトモールド気中終端接続部の構造を図 1 に示す。主絶縁にエポキシ樹脂、外被にシリコンゴムを用いて完全固体絶縁構造としたこと、更に非線形材料—電圧・電流特性に非線形性を持つ材料—を電界緩和層として用いたことにより⁵⁾、従来の磁器がい管を使用した気中終端に比較して大幅な軽量・コンパクト化を実現した(表 1 参照)。

なお、汚損設計は、電気協同研究第 72 巻第 4 号⁴⁾の中で整理され、154 kV 以下の非有効接地系ポリマーがい管の汚損設計基準曲線が見直されているため、表面漏れ距離及び平均直径を一部再構成した。154 kV 級のダイレクトモールド製品では、気中部の全長等の大幅な変更を行わないために水切りかさを設けることで表面漏れ距離を確保した(図 1 参照)。

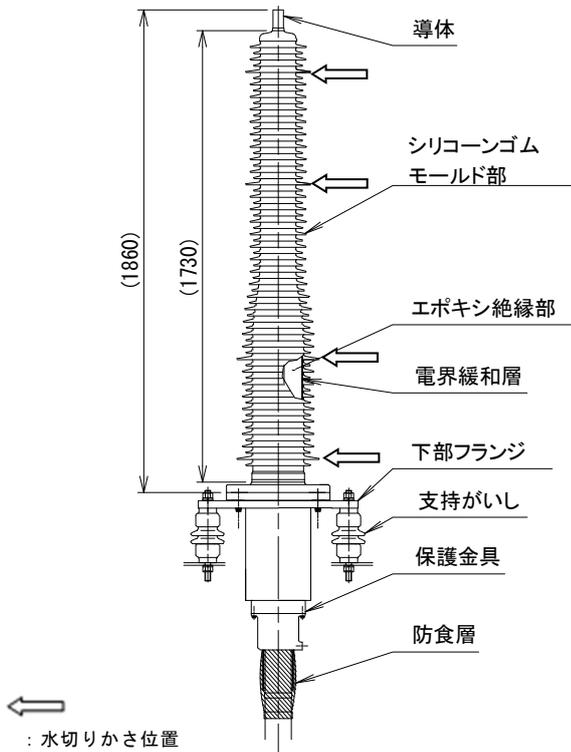


図 1 本製品の構造 (例：154 kV 級)

表 1 気中終端接続部の比較 (例：154 kV 級)

項目	磁器がい管品 PC-227FR (重汚損)	本製品 (重汚損)
質量 (本体)	約 520 kg	約 140 kg
全長	約 2650 mm	約 1860 mm

また、気中部下部のエポキシとシリコン外被の間には、非線形材料(酸化亜鉛)を用いた電界緩和層を設けている(図 1 参照)。電界緩和層の電界-電流特性(図 2)の通り、

設定電界以上になると電流が流れてその場所の電界を一定に保とうとする特性を持つ⁵⁾。このように電界緩和層は高電界の領域で電界抑制効果を持つ。過電圧時や雷サージ進入時などの異常時の過大な電圧が終端接続部に印加された場合には、気中部下部の高電界となる部分の電界を抑制するため、終端の気中部全長をコンパクト化できる。

電界緩和層の動作電界を超える電圧が印加された場合の等電位線分布を図 3 に示す。(1)は電界緩和層がない場合で、下部遮へい金具先端近傍の外被表面の等電位線が密になっている。これに対し、電界緩和層がある(2)では電界抑制効果により外被表面の等電位線が疎になっている。

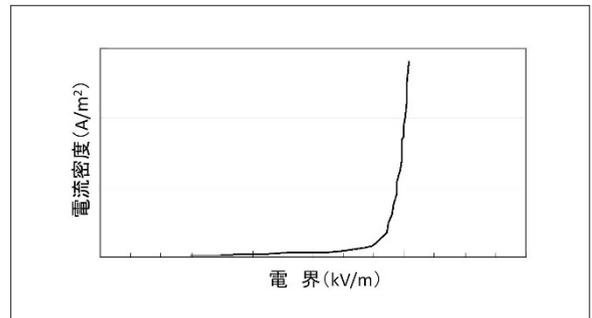
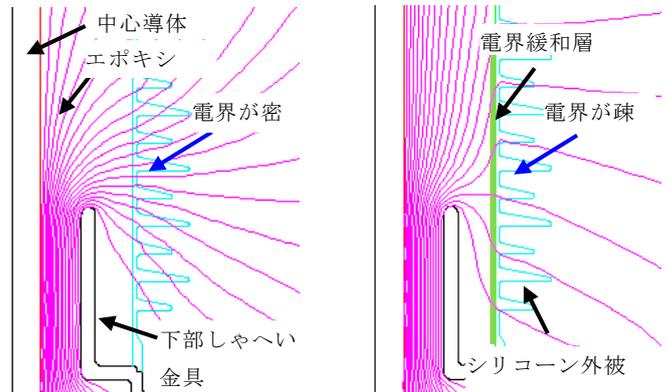


図 2 電界緩和層の非線形電界-電流特性 (例：154 kV 級)



(1) 電界緩和層なし (2) 電界緩和層あり
図 3 等電位分布図 (例：154 kV 級)

さらにケーブルの挿抜が容易なマルチラムバンド接触子を利用するプラグイン構造を採用した。通電部と固定部を分離することで組立工事の利便性を向上させた。マルチラムバンド接触子の適用により、大サイズケーブル導体を圧縮する時の曲がりを吸収することもでき、現地組立の信頼性も確保した。

2.3 施工面のメリット

軽量であるため、変電所内での低床架台であればクレーン等の重機を使用せず、小型ウインチを使用し本体の据付を行うことが可能である(図 4 参照)。また、従来の気中終端接続部と異なり、ケーブル処理長が約 300 mm と短く、プラグインで接続可能なため、がい管上部での作業が少なく足場組立の省力化ができる(図 4, 5 参照)。

そのため、塔上分岐接続部として採用され、高所での施工作业性の向上も可能となった（図5参照）。

施工でのメリットを以下に示す。

- ①ケーブル処理長が約 300 mm と短いことから、処理作業に要する時間が短縮でき、また挿入時の引き戻し作業性も良好である。
- ②従来品のようにケーブル処理後にがい管を上部から挿入する必要が無いことから、上部に充電部や他の腕金がある場合でもがい管据付スペースに余裕ができる。
- ③ケーブル処理をする際の足場や準備作業などが簡素化できる。
- ④プラグイン構造であり、接続作業も省スペースで済むことから、施工工程を簡略化できる。全体で約 35%の施工時間の短縮（当社比）を実現した。



図4 施工例1（低床架台）



図5 施工例2（塔上取付）

3. 製品ラインナップ

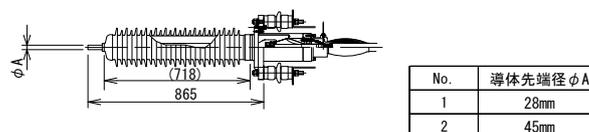
日本国内では対地 30 kV（22/33 kV 兼用）から 154 kV の電圧階級で、終端本体材料は7種類とした。本製品の概略図を図6に、本体材料の電圧階級・汚損区分適用範囲を表2に示す。

いずれの製品も従来製品に比較して小型化しており、これにより施工作业性の向上が可能となる。

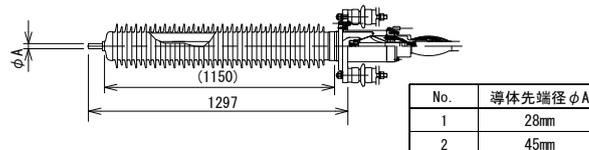
表3に国内向け製品の主要な電気特性を示す。製品は規

格 JEC-3408:2015（CV ケーブルおよび接続部）の各試験項目を満足している。

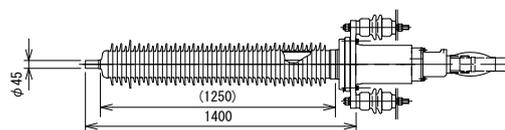
- ①対地 30 kV 超重汚損（22/33 kV 兼用）
：汚損区分 0.35 mg/cm²



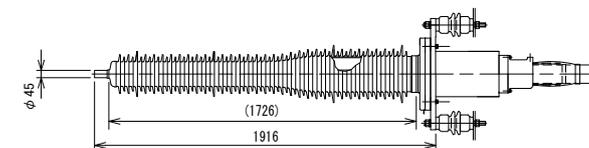
- ② 66/77 kV 超重汚損：汚損区分 0.35 mg/cm²



- ③ 110 kV 重汚損：汚損区分 0.12 mg/cm²



- ④ 110 kV 超重汚損：汚損区分 0.35 mg/cm²
および 154 kV 重汚損：汚損区分 0.12 mg/cm²



- ⑤ 154 kV 超重汚損：汚損区分 0.35 mg/cm²

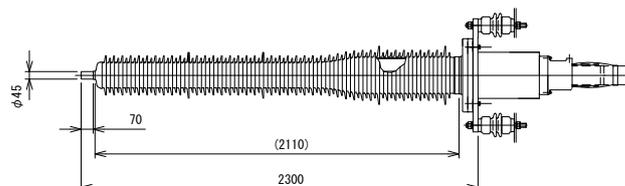


図6 概略図

表2 電圧階級・汚損区分適用範囲

電圧階級	対地30kV(22/33kV)			110kV		
	ケーブルサイズ(mm ²)	80-400	600	800-2000	200-600	800-2000
汚損区分 (mg/cm ²)	0.03	①-1	①-2	—	③	④
	0.06					
	0.12				④	
	0.35					
電圧階級	66/77kV			154kV		
ケーブルサイズ(mm ²)	80-400	600	800-2000	200-600	800-2000	
汚損区分 (mg/cm ²)	0.03	②-1	②-2	④	⑤	
	0.06					
	0.12					
	0.35					

表3 電気特性

項目	規格値 (参考規格: JEC-3408: 2015)					
	対地30kV	66kV	77kV	110kV		154kV
汚損区分	~0.35			~0.12	0.25~0.35	~0.12 0.25~0.35
AC耐電圧試験[kV]	130	130	150	210		295
雷Imp耐電圧試験[kV]	280	485	550	760		1035
長期課通電試験[kV]	45	65	75	105		145

注) 対地 30 kV は JEC-3408:2015 に該当しない。

4. ま と め

ダイレクトモールド気中終端接続部を適用することにより、組立時間の短縮、耐震性とメンテナンス性の向上が実現できる。またすでに電力会社で採用されている T 形終端接続部やスマートガス中終端接続部の接続材料等と完全互換性があるため、緊急時の部品供給も容易になっている。

さらに施工面のメリットとして、軽量であるため、従来の気中終端接続部と異なり、ケーブル処理長が短く、プラグインで接続可能なため、がい管上部での作業が少なく足場組立が省力化できる。そのため、塔上分岐接続部として採用され、高所での施工作業性の向上も可能となった。

参 考 文 献

- 戸谷 敦, 田中 敦, 他: 「66/77 kV ダイレクトモールド気中終端接続部の開発」, 平成 16 年電気学会全国大会, No.7-138 (2004)
- 新館 均, 足立 和久, 他: 「110/132 kV ダイレクトモールド気中終端接続部の開発」, 平成 18 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.127, pp.4-1-4-2 (2006)
- 李 鋒, 今西 晋, 他: 「154 kV ダイレクトモールド気中終端接続部の開発」, 平成 28 年電気学会電力・エネルギー部門大会, No.316 (2016)
- 「ポリマーがい管の設計基準・試験法の標準化」, 電気協同研究, 第 72 巻, 第 4 号 (2017)
- 箕輪 昌啓, 田中 忍, 他: 「酸化亜鉛 / エポキシ樹脂コンポジットの非線形特性を利用した電界緩和技術の開発」, 昭和電線レビュー, Vol.62-P.18 -24 (2016)

SWCC (株)

田渡 未沙 (たわたり みさ)

電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の研究・開発に従事

SWCC (株)

住本 勉 (すみもと つとむ)

電力システム部 電力機器技術課
博士 (工学)
電力機器製品の研究・開発に従事

SWCC (株)

今西 晋 (いまにし しん)

電力システム部 電力事業企画推進室 開発グループ
グループ長
電力機器製品の研究・開発に従事

SWCC (株)

林 克之 (はやし かつゆき)

電力システム部 電力機器技術課
電力機器製品の研究・開発に従事

SWCC (株)

丸山 英之 (まるやま ひでゆき)

電力システム部 電力機器技術課
課長
電力機器製品の設計・技術に従事