

電力・配電・送電・産業用電線ケーブル及び付属品

Underground Power Cable, Distribution Cable, Overhead Conductor, Industrial Cable and Their Accessories

古河電気工業(株) (株)ビスキャス (株)井上製作所 旭電機(株) 古河電工産業電線(株)

梅田 晋司^{*1)} 石井 登^{*1)} 堀口 規昭^{*1)} 前田 誠^{*1)} 山口 卓見^{*2)}
Shinji Umeda Noboru Ishii Noriaki Horiguchi Makoto Maeda Takumi Yamaguchi

田中 秀郎^{*3)} 新延 洋^{*3)} 水野 健彦^{*3)} 丸山 悟^{*3)} 岩崎 邦男^{*4)}
Hideo Tanaka Hiroshi Niinobe Takehiko Mizuno Satoru Maruyama Kunio Iwasaki

間島 博行^{*5)} 天沼 成一^{*6)} 神山 秀樹^{*7)} 西田 英司^{*8)} 大屋 紳午^{*9)}
Hiroyuki Majima Shigekazu Amanuma Hideki Kamiyama Eiji Nishida Shingo Oya

茂田 啓充^{*10)} 赤坂 広二^{*10)}
Hiromichi Shigeta Hiroji Akasaka

概要 近年、電力エネルギー分野における電力自由化の拡大、セキュリティへの関心の高まり、地球温暖化問題など、電力・産業界を取り巻く環境は大きく変化している。このため、古河電気工業(株)は技術開発を進める上で安全及び安心を前提とし、地球環境保全、コンパクトで低廉な製品の供給などに重点をおいて取り組んできた。本稿では近年の当社グループ(古河電気工業(株)、(株)ビスキャス、(株)井上製作所、旭電機(株)及び古河電工産業電線(株))の研究開発状況を技術分野ごとに紹介する。

1. 超高压電力ケーブル

66 kV以上の超高压電力ケーブルは、OFケーブル、POFケーブル及びCVケーブルに大別され、いずれも世界最高電圧である500 kV級の電力ケーブルを世界に先駆けて製品化してきた。特に現在主流となっているCVケーブルは実用化されて以来およそ50年になるが、この間のケーブルの材料及び構造及び製造技術や品質管理技術の進歩は目覚しく、図1に示すように絶縁厚低減(高ストレス化)によるコンパクト化がなされ、500 kV長尺CVケーブルや大サイズ長尺CVTケーブルなどを実用化してきた。

Voltage	History of the insulation thickness
500 kV	35→32→27 mm
275 kV	27→23 mm
220 kV	23→20 mm
154 kV	23→19→17 mm
77 kV	17→15→13→11 mm
66 kV	15→13→11→9 mm

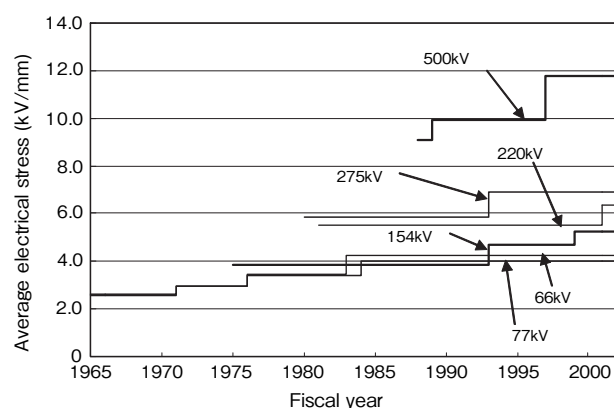


図1 高電圧化と高ストレス化の変遷
Trends in voltage upgrading and electrical stress increase in high-voltage power cables.

- * 1) (株)ビスキャス 電力技術部
- * 2) (株)ビスキャス 工事技術部
- * 3) (株)ビスキャス 研究開発部
- * 4) (株)ビスキャス 配電事業部
- * 5) (株)井上製作所 電力技術部
- * 6) (株)ビスキャス 技術本部送電開発部
- * 7) (株)ビスキャス 送電事業部送電エンジニアリング部
- * 8) 旭電機(株) 技術部
- * 9) 古河電工産業電線(株) 技術部
- * 10) 古河電気工業(株) エネルギー事業部技術部

1.1 500 kV CV ケーブル

500 kV CV ケーブルは、東京電力(株)殿向け新京葉豊洲線のような長距離地中送電線路(約39.8 km×2回線、中間接続部の総量:240相、最長スパン:1800 m)にて採用されているほか、発電所からの引き出し線として採用されるケースが多い。図2は、2003年に納入した東京電力(株)殿の神流川水力発電所向けケーブルの事例である。本ケーブルの単長は1800 mに及ぶ長尺品であり、通常輸送では対応できないことから、工場から日立港までを海上輸送し、港から発電所までは夜間走行に限定された特殊車両にて約7日間と、過去に実績のない長距離輸送となった。

また、機器との接続において倒立型のガス中終端接続部が必要となり、内部構造を見直した接続部を新規開発し、他メーカーに先駆けて納入した。

その後、国内でも複数の実績を積み、最近では、海外としては初適用となる500 kV CVを中国へ納入したことを足掛かりに、継続的な受注対応がなされている。



図2 特殊車両での長尺布設
Laying of long-length cable using special-purpose vehicle.

1.2 ケーブルのコンパクト化、大容量化

管路新設の土木関連費が高いことから、既設管路を有効利用しつつ大容量化(導体サイズUP)する方策として、図3に示す扇形形状のCVTケーブルを東京電力(株)殿と共同開発し、1998年以降多数の実線路に適用してきている。このケーブルの開発により、管路サイズの制約から325 mm²までしか適用できなかった線路に500 mm²が適用可能となり、大容量化が可能となった。

1.3 大サイズCVTケーブル(図4)

製造上の問題などから、CVTケーブルの導体サイズは



図3 扇形CVTケーブルの外観
Appearance of sector-conductor Triplex Type XLPE cable.

600 mm²までが上限であったが、技術的課題をクリアするとともに、大サイズ分割導体ケーブル撚り合わせによる特有の熱挙動特性を確認し、その結果を布設設計に反映することで、66 kVと154 kVについて、1000 mm²までのCVTケーブルが可能となった。この成果を踏まえた仕様は2005年以降標準的に実線路に採用されており、ケーブル収容スペースのコンパクト化、布設の効率化(短時間に3相を布設完了可能)、線路建設コストの低減、オフセット省略によるマンホールのコンパクト化などが可能となった。



図4 大サイズCVTケーブルの外観とその布設状況
Appearance of large-sized Triplex Type XLPE cable and cable laying.

1.4 直流CVケーブル

各種交流損失の発生がなく送電効率が高いことから、直流送電用のケーブルの市場ニーズは高い。最近まで、ケーブル線路両端に設置される交直変換器が高コストであることから、線路全体の建設コスト面で交流送電方式が選択されていたが、変換器の低コスト化とともに、その期待が高まっている。

しかし、直流CVケーブルの開発に当たっては、絶縁体中での空間電荷蓄積の問題から交流用絶縁材料(架橋ポリエチレン)をそのまま適用することができない問題があった。そこで、空間電荷蓄積を抑制した直流用絶縁材料を開発し、250 kV級及び500 kV級直流CVケーブルを試作して良好な初期特性及び長期特性を有していることを確認している(図5)。

また、最近では上記の直流CVケーブルの技術を応用し、本線直流ケーブルと帰線ケーブル(帰路導体)を1本のケーブルに統合した新しいタイプの帰路導体統合型直流XLPEケーブル(直流同軸ケーブル)の開発も250 kV級まで進めている(図6)。



図5 直流500 kV XLPEケーブル
500 kV DC XLPE cable.



図6 ±250 kV 直流同軸海底ケーブル
±250 kV DC coaxial submarine cable.

1.5 海底ケーブル

海底ケーブルは、国内外とも安定した需要がある。

2004年には、九州電力(株)向け松島奈良尾線(本土側の松島変電所～五島側の奈良尾変電所)用として、交流3芯CV海底ケーブルとしては世界最長クラスの約54 km(総質量約2,670 ton)に及ぶ66 kV光複合海底ケーブルを一連で納入した(図7)。

本線路は2条で構成されるが、古河電工・フジクラのグループで1条、住友電工・日立電線のグループで1条を製造し、布設は九州電力(株)の指導のもと、古河電工を幹事社とするこれら4社JVにて実施した。

ケーブル構造としては、既に実績のあるものであったが、経験のないレベルの長尺であることから電力ケーブルと光ユニットのFJ(工場ジョイント)が不可欠となり、CIGRE推奨案に規定された従来の試験項目に加え、工場での製造から最終の現地据付までにケーブルに対して想定される全ての印加履歴を洗い出し、これらを考慮した設計の妥当性を検証により確認するなど万全を期した。

4社JVで施工した今回の工事には、純国産技術で構築されたDPS布設船(dynamic positionig system)“天山”(図8)が活躍した。工事中、錨を一切使用しない完全なDPS方式で、1条あたり10日間(昼夜連続)で全長54 kmを走破し布設埋設した。

布設精度は直線部で±5 m以下、変曲部で±10 m以下の高精度布設を実現した。ケーブルは、投錨による損傷を避けるため約1.5 mの埋設とした。埋設工法は、布設船から繰り出したケーブルを布設船が牽引する埋設機で直ちに埋設する布設同時埋設工法を適用した(図9)。

本実績から、今後の長距離離島連係の需要が期待される。

2. 高電圧CVケーブル用接続部

66 kV以上CVケーブルは保守管理が容易であるとの特色から、1960年代に適用が始まると国内では急速に普及し、現在では国内66 kV以上電力ケーブルの大半を占めるに至っている。この間、CVケーブル用接続部である終端接続部及び中間接続部の開発が進められ、性能向上及び施工性の改善、更には接続部の縮小化などの目覚ましい技術進歩があった。

66 kV級に始まり154 kV級・275 kV級更には500 kV級への高電圧化に向けては、特に接続部の信頼性と施工管理に重点を置いた開発が進められてきた。この結果、世界的にもきわめて低い絶縁破壊発生率を維持してきている。更には、1990年代後半に500 kV用CVケーブルが実運転されてからは、接続部の施工性の簡素化やコンパクト化にも注目した検討が進められ、新しい絶縁構造や新しい材料を用いた接続部が開発され適用されてきている。

その1つに、施工性の簡素化を図ったゴムブロック式中間接続部(CSJ: cold shrinkable joint)がある。これは、予め工場にて成形したゴムブロック絶縁体(図10)を補強絶縁体としてケーブル接続部に装着する構造で、従来施工現場にて絶縁テープを巻き付けたテープ巻式中間接続部あるいは架橋ポリエチレンを加熱加圧によりケーブルと一体化したモールド式中間接続部と比較して、構造が簡単なことから施工時間の短縮や施工管理の大幅な簡素化を実現している。現在、国内においては154



図7 海底ケーブルの外観
Appearance of typical submarine cable.



図8 純国産技術で構築されたDPS機能付布設船“天山”
Cable-laying vessel with DPS function “Tenzan”, based on all-domestic technologies.

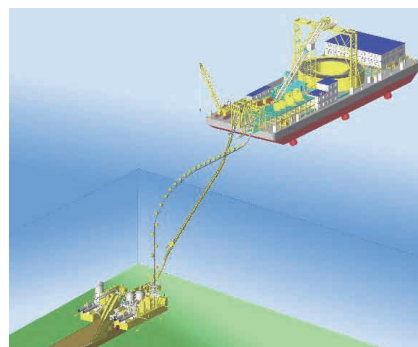


図9 DPS機能付布設船&同時埋設による布設方式
Cable-laying vessel with DPS function and conceptual image of simultaneous laying and burying.

kV級までの適用が、海外においては220 kV級までの適用が行われており、更に400 kVまで開発済みで、その適用範囲が拡大しつつある。また、ゴムブロック絶縁体を終端接続部に応用して、施工性の簡素化を図った気中終端接続部の開発も進められており、既に110 kV級を実用化し220 kV級を開発中である。



図10 220 kV用ゴムブロック絶縁体
220 kV rubber block insulator.

一方、新しい材料を用いた接続部としては、磁器碍子の代わりにFRP筒管とシリコンゴムの笠を組合わせた複合碍管を適用した気中終端接続部がある。複合碍管は磁器碍子と比較して軽量であることから、組立作業において重機を使用することなく安全にしかも短時間の作業が可能であるなど、これまでと比較して大きなメリットを有している。また、電気性能面においてもシリコンゴムが撥水性を有していることから、磁器碍子と同等以上の性能が検証されている。現在、154 kV級までの適用が進んでおり、今後高電圧領域での適用が進むものと予測している。

また、外被にシリコンゴムを用い、内部にエポキシ層を有する構造として、絶縁油を使用しない完全乾式型の77 kV級終端箱(図11)を開発済みである。その特長は、取り付け角度が自由で、油漏れなく(=環境に優しく)、ケーブルとの接続には前述したCSJ(コンパクト設計品)を用いていることから、施工時間が短いことである。高電圧階級への完全乾式型の導入は始まったところであり、今後、拡大適用されていくものと考えられる。



図11 77 kV用完全乾式気中終端接続部
77 kV all dry type outdoor termination.



図12 154 kV用コンパクト型Y分岐接続部
(接続部寸法: 300 mm × 600 mm × 1500 mm)
154 kV compact Y-branch joint.

更に、コンパクトな接続部では、CVケーブルとOFケーブルを接続するコンパクト型異種接続部や、三本のCVあるいはOFケーブルを接続するコンパクト型Y分岐接続部(図12)がある。これらは、材料及び施工管理の向上により得られた新たな設計定数をもとに、構造寸法の見直しを行って縮小化したもので、これまでの設計技術の積み重ねの成果である。

3. 配電用電線・ケーブル

3.1 配電用地中ケーブル

配電用地中ケーブルは、6.6 kVから33 kVまでの電圧クラスで、架橋ポリエチレンを絶縁体としたCVケーブルが、一般的に使われている。CVケーブルの歴史は、水トリーと呼ばれる、吸水による絶縁劣化対策の歴史でもある。水トリーは、電界の作用により絶縁体中に水が浸入し、樹枝状(トリー状)に並んだ水ボイド列を作り、絶縁性能を低下させる現象である。その対策として、絶縁体中の異物やボイドを小さくし、絶縁体界面の突起を減少させ、電界の局部集中を緩和させる手法がとられた。すなわち、ケーブルの製造方式として、水蒸気加圧を使わない乾式架橋化と、ケーブル構造として、内部半導電層及び外部半導電層を導電性テープから半導電性のプラスチック材料で構成し、絶縁体と同時に押出加工する、三層同時押出化である。この対策は、1980年代に順次行われ、以後、水トリー劣化の発生が、大幅に減少した。

また、22, 33 kVCVを中心に、更なる信頼性の向上を目指して、ケーブル内への水の浸入を完全に防止する遮水構造のCVケーブルが開発され、1980年代後半から適用されてきている。遮水層は、鉛箔とプラスチックテープを張り合わせた鉛ラミネートテープを用いることで、伸展性を改良し、ケーブルの熱膨張及び収縮に追従できるようにした。この鉛ラミネート層を、ケーブルシース内面に設け、遮水ケーブルとした。2000年代に入り、当社は、いち早く環境配慮型ケーブルを志向し、遮水ケーブルの脱鉛化を行った。遮水層の鉛をアルミニウムに置き換え、アルミニウム遮水ケーブルを完成させ、鉛遮水からの置き換えを進めてきている(図13)。



図13 アルミニウム遮水ケーブル
Power cable using aluminum water-impervious layer.

3.2 海底ケーブル

海底ケーブルは、一旦布設すると、その改修は容易ではないため、高い信頼性が要求される。そのため、ケーブルの外傷防止として、6 mm径、8 mm径などの太い鉄線を巻きつけ、鎧装を設けている。しかるに、この鉄線鎧装は、海流と地磁気による電食現象などで、長期使用中に損傷を受けるケースがあった。その改良として、腐食の心配のない、FRPロッドの適用を検討した。鉄線の強度とFRPロッドの耐腐食性という、それぞれの良さを併せ持つ、鉄線・FRP複合鎧装海底ケーブルを開発し、2002年沖縄の本島－伊是名島間に布設された(図14)。なお、布設に際し、自然環境を保護する観点から、両側渚部の珊瑚礁を破壊しない弧状水平ボーリング工法が採用された。このボーリング工法は、国内電力海底ケーブルへの初めて適用であった。

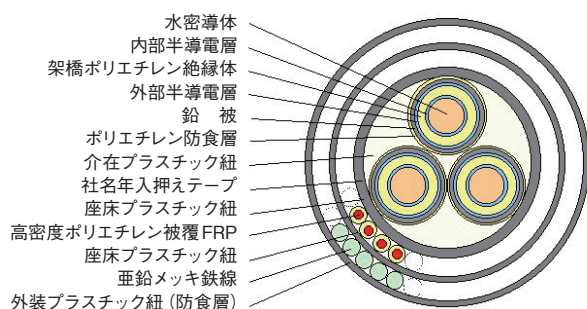


図14 複合鎧装海底ケーブル断面図
Cross section of armored composite submarine cable.

3.3 低風圧絶縁電線

電線の施設は、風を受けた状態の荷重を元に、電柱などの支持物強度が設計されている。この支持物の設計荷重低減による建設コストの削減を狙いとして、低風圧化の研究がなされてきた。この低風圧化は、従来、主に架空送電線で研究されてきた

が、近年OC電線、OE電線などの架空配電線への展開が進められ、被覆材での低風圧形状が確立され、採用されてきている。

電線の低風圧化の原理は、図15に示すように、流体中の円柱が受ける力(抗力)が、後流と呼ばれる圧力の低下した部分と風上の圧力との差で生じるため、後流を小さくすることで、抗力を減少させることにある。この後流の減少には、円柱の表面形状を凸凹にすることで、境界層の円柱からの剥離点をできるだけ後方に移動させることにより達成される。したがって、電線の低風圧化は、この抗力低減効果の大きい形状を見出すことにある。当社の低風圧形状は、断面形状が波型の山タイプと正多角形の多面体タイプの2種類があり、電線種、適用風速域などに応じて、最適低風圧設計ができるようにしている。

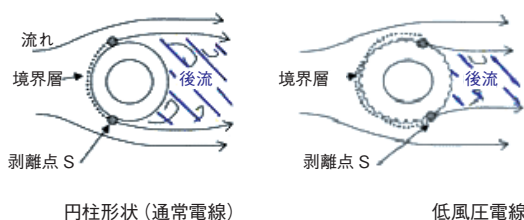


図15 抗力低減メカニズム
Mechanism of air-drag force reduction.

(1) 山タイプ

図16に示すような形状であり、30山タイプとしている。

比較的細い径を対象に開発したモデルであり、電線外径約10～25 mmまでの電線に対して実用化している。

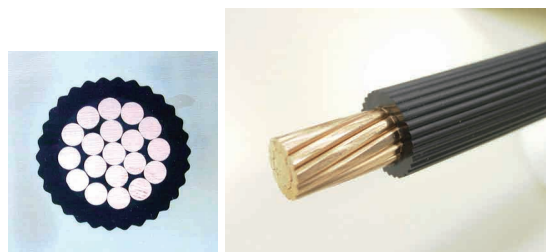


図16 低風圧電線30山タイプ
Low wind load wire with 30-groove cross section.

(2) 多面体タイプ

図17に示すような形状であり、19～20面体タイプとしている。電線外径18 mm以上の電線に対して実用化している。



図17 低風圧電線20面体タイプ
Low wind load wire with icosahedron cross section.

低風圧特性例を、図18に示す。低風圧効果は、従来の丸型電線に比べて、風圧荷重を30～50%程度低減できる。

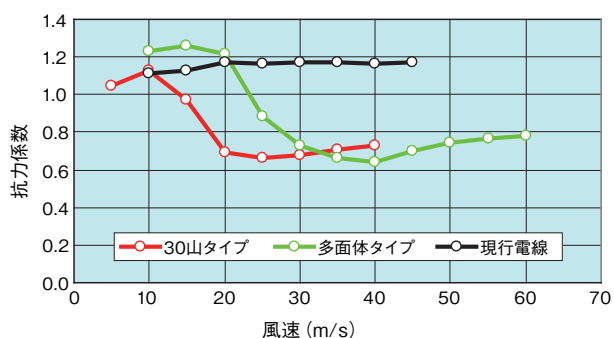


図18 低風圧特性の比較
Comparison of wind load characteristics.

3.4 電線被覆材のリサイクル

電線材料のうち、導体に使われている銅は、回収され電線へ再利用されるリサイクルシステムが確立されている。アルミニウムについても電線や他製品への適用が進められており、ほぼ100%リサイクルされている。当社では、更に、電線の被覆材までリサイクル化し、電線の100%リサイクルを目指し、東京電力㈱殿との共同研究により、開発を進めてきている。電線の被覆材として使われている主な種類は、ポリ塩化ビニル (PVC)、ポリエチレン (PE)、架橋ポリエチレン (XLPE) などである。

(1) PVCのリサイクル

OW, IV, DV, SVなどの撤去電線から、回収したPVCは、押出表面の荒れ、絶縁抵抗、脆化特性の低下、特性のばらつきなどがあり、その対策を行った上で、電線に適用する必要がある。そのため、回収したPVCは、安定剤及び可塑剤を加え、再度混練し、特性改善を行っている。しかし、それでも、再生材は、押出表面の状態は、新材に比べて劣ること、再生材に特定の着色を行うことが困難という弱点がある。その対策として、電線被覆への適用は、内層に再生材、表面層に新材の2層構造としている。表面層に新材を用いることで、電線着色による相識別が可能となり、外観も従来並にできる。PVC回収材の特性管理と再生混練技術の向上と2層構造の適用により、電線被覆への再利用を可能とした。PVCのリサイクルは、IV, DV, SVなどに適用している。

(2) PEのリサイクル

PEのリサイクルは、OE電線から回収したPEを、再生ペレット化し、再度OE電線に被覆に適用している。東京電力㈱殿から回収したPE被覆は、品質レベルが比較的安定で、色も元々耐候性カーボン入りの黒材であり、適用に当たっては、回収ロットの特性管理を行えば、電線被覆への適用は問題ないとの結果であった。試作したリサイクルOE電線の特性も、表面状態が若干荒れるものの、電線としての特性はすべて満足した。このリサイクルOE電線は、東京電力㈱殿の型式を取得し、納入を行っている。また、電線用のプラスチックドラムの材料にも適用し、用途の拡大を進めている。

(3) XLPEのリサイクル

XLPEは、耐熱性の向上のため、PEを架橋している。架橋構造は、材料の融点以上でも流動性が小さく、形状を保ち得る。そのため、回収したXLPEを押出などにより再加工しようとしても成型が困難であった。通常、回収材は、燃料としてのサーマルリサイクルか、産業廃棄物として破棄されていた。当社は、XLPEに適切な熱とせん断を加え、架橋構造を破壊し、低分子量化する技術(溶融せん断混練法)を開発した。これにより、回収XLPEを、通常押出成型で再加工できるようにした。再生XLPEは、強制的に低分子量化しているため、伸びなどの機械特性が大きく低下する。そのため、電線被覆への再利用としては、新材のPEと混合配合することで特性の改善を行った。再生材の配合率が25%以下であれば新材並みの特性が得られた。この再生材は、水蒸気架橋及びシラン架橋の両方で架橋可能であり、通常の製造方式でOC電線に適用できる。このリサイクルOC電線についても、東京電力㈱殿の型式を取得し、納入を行った(図19)。



図19 リサイクル材適用OC電線
Outdoor cross linked polyethylene insulated (OC) wire using recycled material.

4. 配電ケーブル用部品

4.1 6.6 kV CVケーブル用接続部

配電用地中ケーブル接続部は、常にその時代時代に使用されているケーブル構造に適合して移り変わってきた。特に1970年以降は、CVケーブルの発展 定着が進み、導体のはんだ接続が、火気不要、スキル不要の圧縮接続に変わるとともに、テープ巻きによる絶縁処理の不要なプレハブ化が図られた。6.6 kVにおいては、絶縁筒差込型直線接続部、ゴム筒管差込型終端接続部、及び碍子差込型耐塩終端接続部が実用化され幅広く使用されてきた。

2000年頃からは、図20及び図21に示すように予め工場にて拡張保持材の上に端末本体を拡張しておき、施工現場にてケーブルの段剥ぎを終了させた後、拡張保持材を解きほぐすことによりケーブル上に装着可能となる常温収縮式終端が使用されている。端末本体には、耐汚損性能及び機械特性・電気特性に優れたシリコンゴムを採用し、信頼性の向上や作業性向上が図られている。

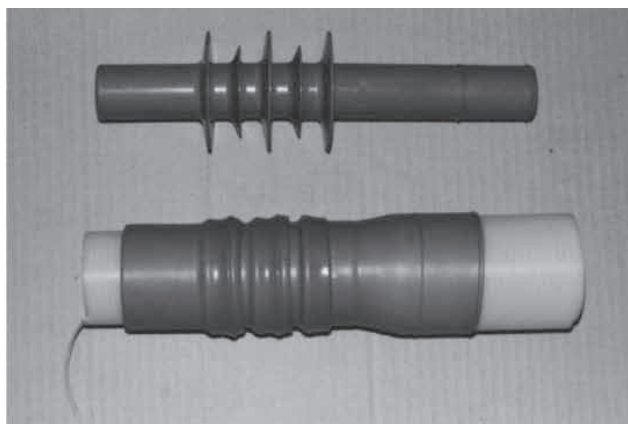


図20 6.6 kV 常温収縮式屋外終端 端末本体
6.6 kV cold shrinkable-type outdoor termination (Main body).

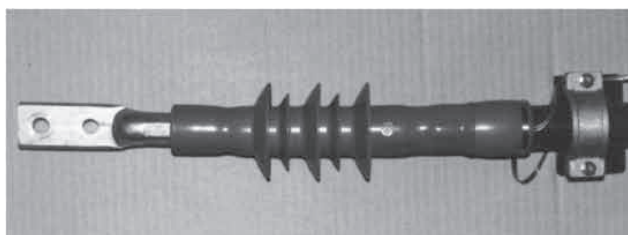


図21 6.6 kV 常温収縮式屋外終端接続部
6.6 kV cold shrinkable-type outdoor termination (Joint).

また直線接続部やY分岐接続部などの中間接続部にもシリコンゴムが採用され、常温収縮式接続部として実用化されており、部品点数削減・作業性向上などが図られている。

Y分岐接続部は、各線心に電界緩和機能を内蔵したスペーサを装着し、その上から常温収縮式の絶縁筒を収縮させる構造である。二口側のケーブル防水処理は、防水スペーサを装着することで1本にまとめてから一括で防水テープ処理を行なう。作業性の向上と接続部のコンパクト化を図っている。

Y分岐接続部はソフト地中化機材として現場適用されている。従来の配電線地中化では、地上に開閉器塔を設置して分岐する必要があったため、一定以上の歩道幅が必要であった。Y分岐接続部を適用することで歩道上に機器を設置することなく分岐が可能となった(図22)。

開閉器や変圧器などの機器類に直接CVケーブルを接続する機器直結終端接続部は、1980年代に入ってくるとエポキシなどで成形された機器側ブッシングに、プレモールドされたEPゴム製の絶縁筒を挿入し、ゴム弾性により絶縁性能を維持するプレハブ構造となってきた。1980年代前半に多回路直結端末及びモールドジスコン直結端末が東京電力(株)において規格化され、その後全国へ展開された。更に1990年代後半にはガス開閉器の普及に伴い、機器直結終端も小型化を図り、中部電力(株)を中心とする4電力仕様の機器直結T形終端が規格化され、広く採用されている。

4.2 22 kV CV ケーブル用接続部

22 kV クラスにおいても、1980年代になるとゴムモールド絶縁筒＋スペーサ(ストレスコーン)型の差込式直線接続部となり、導体接続も圧縮接続へと代わっていった。いわゆるプレハ

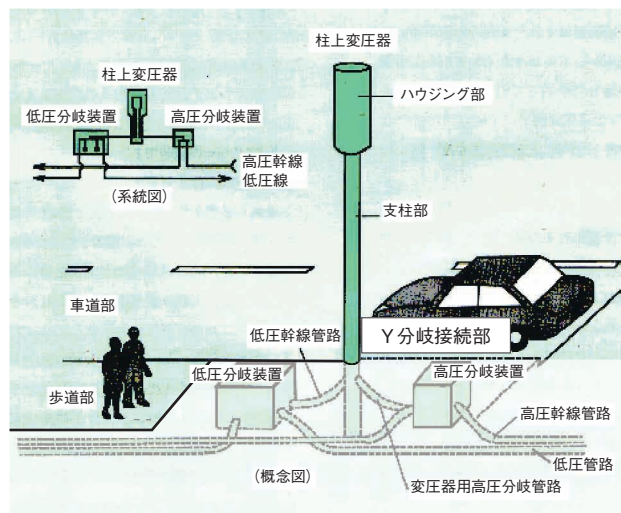
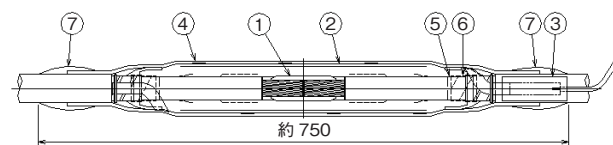


図22 Y分岐接続部 布設イメージ
Conceptual image for installation of Y-branch joint.

ブ式接続部は、その安定した性能から今日まで、幅広く使用されている。

東京電力(株)においては、1990年代前半から設備効率化による配電コスト低減を目指し、22 kV 系統による供給拡大が進められてきた。供給信頼度の維持とコスト抑制を図ったケーブル及び接続部が求められ、遮水層にアルミニウムラミネートテープを用いたケーブルとこれに対応した接続部が開発された。絶縁体厚さの低減のために接続部の外導端部処理を工夫することにより厚さを7 mmから4.5 mm(内導含む)まで低減可能になった。また、現場作業性改善を図るため常温収縮式直線接続部として実用化された。

新しい遮水構造として内部に金属箔を内蔵した熱収縮チューブを採用している。内蔵する金属箔は環境性を考慮してアルミニウムとし、収縮層であるポリオレフィン層内部に接着層を介して金属箔がサンドイッチされている構造である(図23)。



①	導体接続管	⑤	半導電性テープ
②	絶縁筒	⑥	ACPテープ
③	接地金具	⑦	防水テープ
④	遮水収縮チューブ		

図23 遮水層付常温収縮式直線接続部
Cold shrinkable-type straight joint with water-impervious layer.

4.3 架空電線プロテクタ

当社では、架空配電線路で樹木接触対策に使われる電線プロ

テクタを、従来品に代わって両端のカバーを灰色とした難燃性電線プロテクタを開発した。

架空配電線が樹木に接触して発火、炎上する可能性があることがこれまでに報告されている。そのため、電気設備技術基準では2層構造の電線プロテクタ、もしくは耐摩耗電線を使うことが規定されている。当初開発した電線プロテクタは難燃仕様でなかったこともあって電線プロテクタが炎上することが散見された。このようなことを防止するため、難燃性プロテクタの開発を指向した。

難燃化を達成するため、難燃性ポリエチレン材料の検討と従来品との識別を図るため両端のカバーを灰色とした(図24)。



図24 電線プロテクタ
Overhead line protector.

灰色のカバーを採用するに当たってはサンシャインウエザオ試験機による2000時間の試験とスーパーUVテストによる4000時間相当の耐候性試験を実施し、長期性能の確認を行った(図25)。

この結果では、2000時間を経過しても特性にほとんど低下は認められないと判断し、製品化した。この製品は東京電力㈱で順次導入されている(図26)。

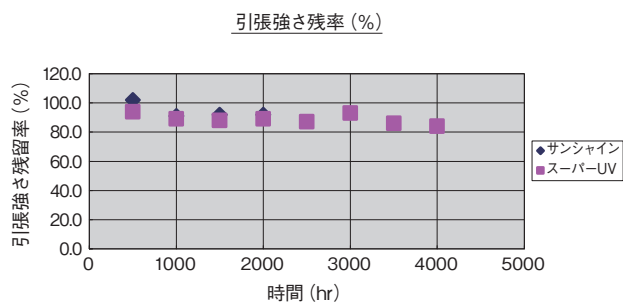


図25 耐候性試験結果
Results of weather resistance test.

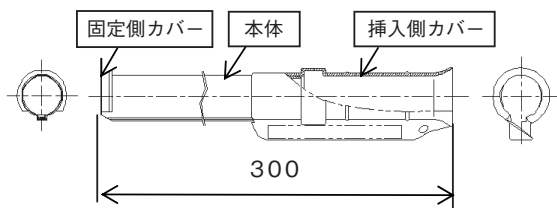


図26 電線プロテクタの構造
Structure of overhead line protector.

4.4 配電線路での撤去品のリサイクル

3.4項に電線被覆材料のリサイクルを報告したが、当社では、架空配電線路からの撤去品のリサイクル化の検討も行っている。

架空配電線路からの撤去品を消却する費用は莫大な金額に達する。この費用の削減の協力とリサイクル化の活用を目指し、撤去品の回収を開始した。工事会社殿での撤去品は磁器製品、金属製品、絶縁製品、梱包製品など多岐に渡っている。当社では、表1の製品に分別をお願いし、回収することにした。

表1 撤去品と材質

Material of products to be recovered for recycling.

種 別	材 質
絶縁カバー類	一般ポリエチレン
	難燃ポリエチレン
	塩化ビニル
	ゴム
電線プロテクタ	一般ポリエチレン
支線ガード	一般ポリエチレン
ケーブルシース	塩化ビニル
バインド線クズ	銅
	アルミニウム

分別に当たっては、工事会社殿の営業所に予めフレコンと呼ばれる大型の袋を配布し、溜まったところで回収を行っている。ただし、大型の製品は、形状をそのままに回収する。回収に当たっては、複数の事業所を回り回収効率を上げている(図27、表2)。

回収した製品は、更に分別を行い、粉碎して活用を図っている。現在では、配電製品の部品として活用する検討を行っており、一部の製品の試作を進めている。これにより多方面にも大きな効果が出てきており、今後は事業の一部として検討を行う。ただし、撤去品の活用には回収、分別、製品化などでコストが上がるのが懸念材料である。このようなことを踏まえた総合的な検討が必要になる。



図27 撤去された電線プロテクタの例
Recovered overhead line protector.

表2 リサイクルの効能
Effectiveness of recycling.

会 社	リサイクル品の活用での効能
工事会社殿	現場での分別の徹底
	撤去品の分別意識の高揚
古河電工	リサイクル製品の開発・研究の技術力アップ
	リサイクル材料での製品開発

5. 架空送電線

5.1 アルミニウム電線

架空送電用のアルミニウム電線は、当初は純アルミニウム (ECAL) を素材として、その母材となる荒引線を展延法・押出法によって製造していた。その後、アルミニウム電線の需要増加、生産性向上に対応すべくプロペルチ法などの連続鋳造圧延法が開発された。1960～1970年代には強度、耐熱性及び導電性の面からそれぞれ特長を有する各種の導電用アルミニウム合金を開発した。特に1960年代からの高度経済成長期の電力需要の急激な増大に対応するため、送電容量を高めた耐熱アルミニウム合金線 (TAL) を開発し、現在に至るまで大量に使用されている。更に、耐熱性を向上させた超耐熱アルミニウム合金線 (UTAL) を開発した。その後、電力需要が更に増大したことにより一層の耐熱性を向上させた特別耐熱アルミニウム合金線 (XTAL)、導電率と耐熱性の向上を実現した60%導電率超耐熱アルミニウム合金線 (ZTAL) も開発し、実用化されている。電力線には、これらのアルミニウム線を用途に応じて選定し、中心部に鋼線またはアルミニウム被覆鋼線を配した海岸部の腐食に強い撚り線として使用している。表3に各種耐熱系・高力系アルミニウム合金線の特性を示す。

5.2 OPGWとコンフォーム技術

OPGWに使用しているアルミニウム被覆鋼線は、コンフォーム押出機を使用して製造している。OPGWは送電線の避雷効果のために敷設されている架空地線である。その地線に光ファイバケーブルを複合化することにより、通信機能を持たせている。電磁界の影響を一切受けず、長距離・高品質データの送信が可能のため、映像の伝送も実現できる。無人発電所・変電所

の運転コントロール、発電所間の通信に利用されている。このコンフォーム技術により、アルミニウム被覆鋼線のアルミニウム厚さを自在に変えてさまざまな導電率のものを製造し、各お客様で仕様の異なるさまざまな仕様のOPGWを製品化し、供給している。

5.3 トロリ線

鉄道用の配線として電車へ電力を供給する電力線 (トロリ線)、き電線 (フィーダ) を製造している。トロリ線は電車などに電力を供給する電線で、通称電車の架線と呼ばれ、電車・電気機関車はパンタグラフをトロリ線に接触させて電力を取り入れる。一般の電気鉄道では架線する際にひっかけて吊り下げるために溝のついた溝付きトロリ線が使用されている。トロリ線の条件として導電率の良いことはもちろん、引張強さが大きく耐摩耗性の優れていることが要求され、特に電車が頻繁に通る区間ではそのことが重要である。当社ではこの耐摩耗性を更に高める研究も行っている。大容量の電気鉄道として耐熱性の良好な銀入りトロリ線が広く用いられている。トロリ線だけで電力を供給しようとするとトロリ線が太くなるため、別に電流容量の大きい電線を平行して架設し、適宜トロリ線に接続して給電する方法をとっている。これをき電線といい、硬銅撚り線が用いられてきたが、最近ではアルミニウム撚り線が多く用いられている。

5.4 架空送電線

架空送電線は、長距離化及び大容量化がなされ、500 kV送電線が相次いで建設され、更には1000 kV送電線が建設されるに至っている。鋼心アルミニウム撚り線 (ACSR)、鋼心耐熱アルミニウム合金撚り線 (TACSR) を始めとした各種アルミニウム電線を製造している。図28に大型撚り線機を示す。

これらの大容量送電線においては信頼性を確保するためにはギャロッピング振動、サブスパン振動などの多導体の特性解明が必須であり、実証を重ね、導体間隔、スパーサ間隔の最適化や大型付属品の検証、実用化などに寄与してきた。また、環境調和の観点から、電線が風を受けてカルマン渦が発生しその渦が電線から剥離する際に発生する風騒音を低減する研究を行っている。現在は電線に突起を設けてこの渦を乱して風騒音の発生を抑制できる低風音電線を開発し、実用化している。この低

表3 各種耐熱系・高力系アルミニウム合金線の特性
Property of various heat-resistant, high-strength aluminum alloy wires.

品種	引張強さ (MPa)	導電率 (% IACS)	使用温度		
			連続	短時間	瞬時
HAL	157～196	61	90	120	180
TAL	157～196	60	150	180	260
KAL	225～255	58	90	120	180
KTAL	225～255	55	150	180	260
UTAL	157～196	57	200	230	260
ZTAL	157～196	60	210	240	280
XTAL	157～196	58	230	310	360

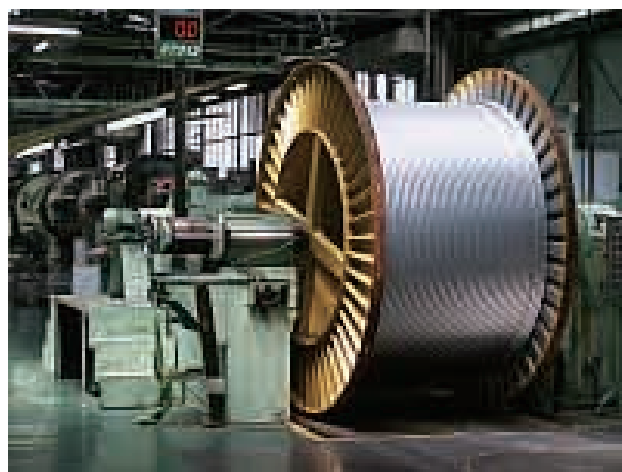


図28 大型撚り線機
Large stranding machine.

風音電線は、電圧が高い送電線で使用する際には、雨天時に突起部に付着した水滴によりコロナ放電が発生しやすくなるため、コロナ騒音を抑制するための技術も開発した。風音抑制のために最外層に設けた突起線の形状改良と電線表面の親水化処理によりコロナ騒音を低減できている。

電線への着雪を軽減する電線として、製造時に樹脂製リングを一定間隔で取り付け難着雪電線を製造している。この難着雪電線は既存電線に宙乗りして取り付ける難着雪リングに比べて、施工時の省力化のメリットがあるとともに、宙乗り作業ができない細径電線には不可欠な製品となっている。図29にSL (snow less) 電線とその製造設備を示す。

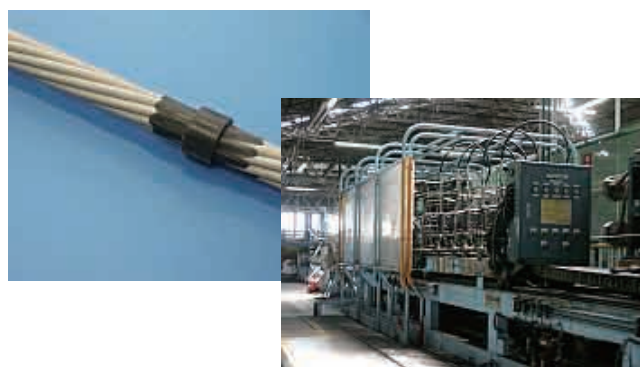


図29 SL電線と製造設備
Snow Less (SL) conductor and manufacturing facilities.

新設送電線では電線に光沢があり、環境面から目立ち過ぎないようにするために、サンドブラスト処理により光沢を抑えた低反射電線や送電線経過地の背景の明度に合わせた低明度電線を開発し、国立公園内などで使用されている。アルミニウム電線は増容量化に伴い、許容温度を上げて使用するので、電線の弛度が大きくなる。この弛度増加を抑制する目的で鋼心に線膨張係数の小さなインバ線を中心に配したインバ心超耐熱アルミニウム合金撚り線(ZTACIR)やアルミニウム被覆インバ線特別耐熱アルミニウム合金撚り線(XTACIR)を実用化し、鉄塔嵩上げ、鉄塔補強などを回避できるために、設備の小型化に貢献している。工事工法面では、工事省力化のために予め工場で規程の弛度となる長さの電線を1/10,000の精度で計尺し、マーキングし、ドラム場でクランプ圧縮作業を可能としたプレハブ架線工法を広く実施している。近年では、ドラムにクランプ収納部を設けて完全プレハブ工法も実用化されている。これは工場出荷前にクランプ圧縮しドラムに収納して出荷することができ、工事現場での延線時間を更に短縮できる工法である。

5.5 海外工事

海外において新設架空送電線のターンキープロジェクト及び既設送電線のOPGW活線張替えプロジェクトについて、プロジェクトの拡販・入札・受注活動及び受注件名の遂行を行なっている。新設送電線のターンキープロジェクトは、主として500 kV以上超高压送電線をターゲットに、世界各国の送電線プロジェクトの入札・受注対応を行なっている。

OPGW活線張替えプロジェクトとは、架空送電線を活線状

態のまま既設架空地線をOPGWに張替えるものである。従来行われてきた張替え工法は、2回線送電線の場合は1回線を停電させる片回線停電状態、1回線送電線の場合は全停電状態で張替え工事を行なう工法である。しかし、送電網が十分確立されていない海外の電力会社・電力庁では、送電を停止させることが非常に難しく、仮に送電停止を得られても停電時間が短いなど停電条件がかなり制限されることが多く、OPGWへ張替えることが容易ではない。

しかし当社は、送電を停電させることなく、活線状態のまま既設架空地線をOPGWへ張替える工法を有している。この工法により、インド、マレーシア、イラン、フィリピン、モロッコなどで計10,400 kmの活線張替えプロジェクトを遂行してきた。このOPGW活線張替え工法は、吊金車を使用して張替えを行なうため、延線張力が1,000 N以下と非常に小さく、大型架線機材を使用する必要がないため、使用機材を人力運搬することも可能である。このため送電線路までの搬入路がない場合、使用機材の搬入路の建設が不要であり、短期間で張替え工事を行なうことが可能である。活線張替え工事工法の特長を表4に示す。

現在、遂行しているプロジェクトを表5に、過去に実施した海外工事の状況を図30及び図31に示す。

世界初の1,700 kmのOPGW活線張替えプロジェクトは、1997年にインドの電力公社PGCILが計画した巻き付けOPGWとノンメタリック光ファイバーケーブルADSSの入札スペックである。開発したのOPGW活線工法をプレゼンテーションして追加することに成功し、1999年に国際競争入札に勝って受注したもので、2002年に無事完工してお客様の満足と信頼を勝ち取った。その後インドで4件のOPGW活線張替えプロジェクト(合計で7,000 km)を工期内に完成させ、インドと同じコンサルタントKEMAが入札書類を作ったフィリピンNPCのSCADAプロジェクト(OPGW 1,500 km含む)をABBスイスと組んで受注し完成させた。

その後、モロッコで2件2,000 kmのOPGW活線張替えプロ

表4 OPGW活線張替え工法
Outline of OPGW live-line installation.

区分	適用
架線張力	700 ~ 1,000 N
架線期間	2日/ドラム(3 ~ 5 km)
適用送電線路	66 ~ 500 kV

表5 現行プロジェクト
Projects underway.

国	電圧	線路長	工事概要
マレーシア	500 kV	150 km	新設送電線ターンキー
エジプト	500 kV	216 km	新設送電線ターンキー
南アフリカ	765 kV	250 km	新設送電線ターンキー
バングラデシュ	220/132 kV	2,500 km	OPGW活線張替え
スリランカ	132/ 66 kV	105 km	OPGW活線張替え
セネガル	220/ 90 kV	345 km	OPGW活線張替え



図30 イラン・テヘラン電力220 kV 活線張替え工事状況
OPGW live-line installation for 220 kV power transmission line in Teheran, Iran.



図31 マレーシア TNB275 kV 活線張替え工事状況
OPGW live-line installation for 275 kV power transmission line in TNB, Malaysia.

ジェクトを完成させ、現在はセネガルで活線張替えを施工するとともに、バングラデシュでは片回線停電でOPGW布設を行っている。現在迄のOPGW活線張替え市場におけるシェアは50%である。

今後は南アジア、中東、東欧、アフリカ市場などでの受注を目指し、拡販活動を行っていく予定である。

5.6 研究開発

日光開発センター（栃木県日光市）では、送電線に関係するさまざまな要求に応えられる製品の研究・開発を行っている。架空送電線は外的環境要因を克服するための技術力が不可欠であり、当研究所では、風音、風圧、コロナ、難着雪、ギャロッピング、コンパクト化、環境調和などについて研究・開発を行っている。

電線の風音及び風圧を測定するための低騒音風洞がある。この風洞は、当初は風音測定の目的で建設され、低風音電線を開発してきたが、その後、風圧測定ができるように改造し、低風圧電線を開発し、製品化している。低風圧電線は通常電線に比

べて30%低い抗力係数(Cd値)を有し、送電線建設コスト削減に貢献している。

送電線のコロナ放電対策として、低騒音電線、ジャンパ装置、スパーサなどを主としてUHV対応の課電設備とコロナケージ(図32)を用いてコロナ騒音及びコロナハム音の研究を行っている。UHV送電線建設時には、建設に先駆けて上記の設備を設置し、低騒音電線を始めとするUHV対応製品のコロナ特性説明・改善に寄与した。このUHV送電線には数多くの当社の新技術、新製品が採用された。



図32 UHV コロナケージ
UHV corona cage.

強風下で電線に着氷雪があると低周波・大振幅の自励振動(ギャロッピング)が発生し、相間短絡や支持物への損傷など大きな被害をもたらすことがある。この対策として、FRPロッドに外皮材として、シリコンゴムをモールドして軽量で可とう性に富むポリマ製相間スパーサ(SR相間スパーサ)を開発し、66～500 kVの送電線で使用され、効果を発揮している。この他の対策品として、ルーズスパーサがある。このルーズスパーサは、各素導体のねじれ剛性を異ならせることにより着雪時の着氷雪形状を不均一にし、風上側と風下側に作用する揚力を意図的にランダムなものとし、ギャロッピングを抑制するものである。構造は従来のボルトレススパーサとはほぼ同じ構造であり、従来のスパーサをルーズスパーサに交換することでギャロッピング対策ができる。こうした対策品の取り付け前後の効果を予測するシミュレーションの技術開発も行なっている。当社のUHV奥日光試験線では、送電線のギャロッピング振動観測を行ない、対策品の効果の実証確認とともに観測データとの対比によりシミュレーションの高精度化の改良を行なっている。当社では、シリコンモールド技術を用いた製品として、「SRホーン®」と称する送電用避雷装置も製品化している。電圧は33～500 kVに対応している。この製品は、酸化亜鉛素子にシリコンゴムを直接モールドすることで軽量コンパクト化を図っている。送電用避雷装置は、送電線の安定した電力供給の責務に応えるべく、ますますの需要増加への対応と高電圧化対応が求められており、更に研究開発を進めている。送電線への着雪は、支持物への影響、短絡・地絡、落雪などに影響を与える大きな問題であり、当社においては古くから着雪問題の研究を行なっている。その研究成果の1つとして、現在では一般

的な対策となっている「難着雪リング」及び「ねじれ防止ダンパ」がある。この方法は、簡便に難着雪効果が得られ、現在も大量に採用されている。リングの応用製品として、野鳥が送電線に衝突することを防ぐ目的で各種の標識リングを開発している。対策効果の検証を通して、更なる改良を進めている。落雪対策としては、融雪線材の研究も行なっている。Fe-Ni合金線を電力線に密に巻き付けて、自身の電流でこの巻き付けた線が発熱して着雪及び落雪を防ぐことができる。冬期の厳しい条件でも効果が得られるように磁性材料を改良して高発熱型も開発した。電線への融雪材の巻き量は電流、外気条件などによって異なるが約1 kg/m程度の質量増加を伴うので、径間内に部分的に巻き付けを行なう場合や荷重対策を実施する場合がある。融雪関連製品については、軽量型新製品の開発を目指している。電力会社では設備保守の一環でアルミニウム電線の劣化調査を進めている。当社では、撤去アルミニウム電線の劣化度合いを調査し判定するエンジニアリング業務を行なっている。

大型送電線建設は、現在計画中の案件がここ数年間で終了すると一段落するといわれている。今後は、現有設備のメンテナンス業務に傾注される見込みであり、より一層の省力化が望まれるため、当社では、そのニーズに対応できるメンテナンス関連製品の研究開発を行なっていく予定である。

6. 架空送電線用部品

6.1 振動解析技術

山形県東田川郡庄内町に『最上試験線』(図33)を建設し、ギャロッピングと呼ばれる振動現象の観測を行っている。ギャロッピングとは、冬期に見られる特異現象の1つで、具体的には電線に雪や氷が付着し、風向や風速など一定の条件を満たすと、電線が上下に大きく振動する現象をいう。

振幅幅が大きくなれば、電線同士が接触し短絡事故を引き起こすこともあるため、このメカニズムを解明し、事故防止を図ることは、電力設備の保守上、極めて重要な課題であるといっても過言ではなく、当社は1979年よりこの研究に取り組んできた。

この庄内町周辺は、『清川だし』と呼ばれる局地風がほぼ年間を通じて吹いており、ギャロッピングの発生しやすい条件を備えているが、先述のとおり、電線への着雪が発生の絶対条件であるため、雪が降らない時には、同等の効果が得られる『模擬着雪』を使用して、ギャロッピングを強制的に発生させるようにしている(図34)。

この試験線の特長は、独自に開発したシステムを用いて無人で観測を行っていることである。風向、風速、電線張力、電線変位などのデータは、このシステムを通じて長井市にある研究所へリアルタイムに転送されるようになっている。

得られたデータは、シミュレーションソフトにも入力し、実測値とシミュレーション値の差異を分析し、シミュレーション技術の向上を図る一方、対策製品の開発などにも活用されており、近年、電力各社から多くの引合いを受けた『ルーズスペーサ』はその代表例である(図35)。



図33 最上試験線全景
Panoramic view of Mogami test line.



図34 模擬着雪の取り付け状況
Installed wind-load fixture to simulate snow accretion.

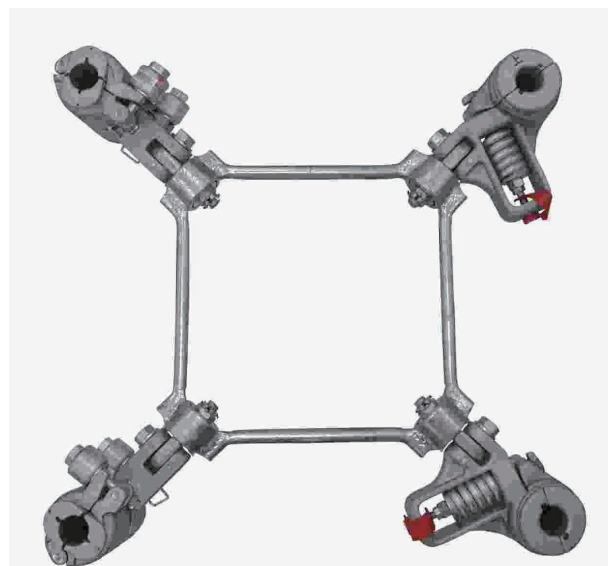


図35 4導体用ルーズスペーサ
Loose spacer for four-conductor overhead line.

6.2 劣化予測技術

電力設備の劣化には、大別すると2つの要因がある。1つは、振動などによる負荷によって引き起こされる機械的劣化であり、もう1つは、通電時に電氣的接続部で電氣抵抗が増大する電氣的劣化である。

当社は、そのいずれについても研究を行っているが、機械的劣化の取り組みは、前項6.1の内容と重複するところがあるので、ここでは電氣的劣化の予測技術について紹介する。

一般的に、アルミニウム電線用の圧縮接続管は、程度の差こそあれ、経年的な使用によりその電氣的接続部の電気抵抗が増大するという宿命的な問題を抱えている。電気抵抗の増大は、通電作用を妨げていることにほかならず、停滞した電気によって、その接続部は発熱を招くことになる。

電流が大きくなればなるほど発熱の具合は高くなり、最悪の場合、溶断に至ることも考えられる。そのため、電力各社では圧縮接続管の点検を極めて重要な保守管理業務であると位置付けている。

このような背景から、当社では古くからこの分野での研究を行ってきた。初期段階では、各社より可能な限り多くの撤去品の提供を受け、使用年数と抵抗値の相関など、基礎となるデータの収集に努めてきた。

中期段階で、そのデータを基に電氣的劣化のメカニズムの仮説を立て、加速劣化試験などを行うことでその立証に成功した。

現在では、その集大成として『劣化進行シミュレーションシステム』の開発に、一部の電力会社と共に取り組んでいる(図36)。具体的手法としては、送電線路からサンプルを選び、その初期抵抗値と、ある期間経過した後に行う点検時の抵抗値を比較し、劣化の進行具合などを把握したうえで、その後どのような抵抗変化を招くかをこれまでに蓄積した莫大なデータやノウハウによってシミュレーションするものである。

このシステムが完成すれば、溶断事故を防止するだけでなく、点検周期や改修時期など保守スケジュールを合理的に組み立てられるため、保守及び点検費用の削減という点でも貢献できると考える。

また、この研究過程で開発された製品として『バイパス装置』(図37)や『融着ジョイント』(図38)があり、共に多くの電力会社で採用されてきている。特に融着ジョイントについてはその発想力が高く評価され、平成16年には電気保安分野で高い業績を挙げた発明などに贈られる『澁澤賞』を電力会社と共同で受賞した。

6.3 鋳造技術

当社はアルミニウム鋳造の一部を自社製造しており、同業他社にはない独自の鋳造ノウハウを有している。

鋳造法は生型(砂型)と金型の重力鋳造である。生型については当社の関連会社をはじめとする社外で行っているが、金型鋳造はその大部分を社内で行っている。

取り扱う主な材質はAl-Mg系のAC7A、Al-Mg-Si系のAC4C-(H)、純アルミニウムなどである。材質ごとに特性があり、例えばAC7Aは、耐食性や機械的強度に優れている反面、鋳造性(作りやすさ)が悪いなどの欠点がある。

また、純アルミニウムは、鋳物のJIS規格に規定がなく、鋳物としては業界特有の極めて特殊な材質である。他の材質とは全く異なった凝固形態であり、独自の方案設計(型設計)を求められる。

どの材質を採用するかは、製品の特性に合わせて決定される。純アルミニウムで鋳造を行うものは、『圧縮引留クランプ』(図39)に代表されるように、例外なく圧縮接続管(電気を流す

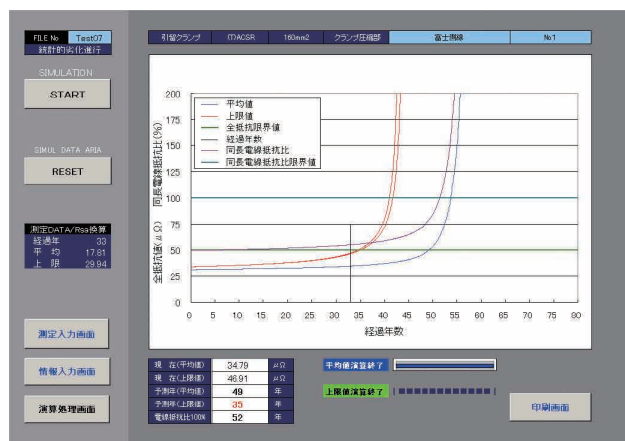


図36 開発中の『劣化進行シミュレーション』
Display in degradation simulation software under development.

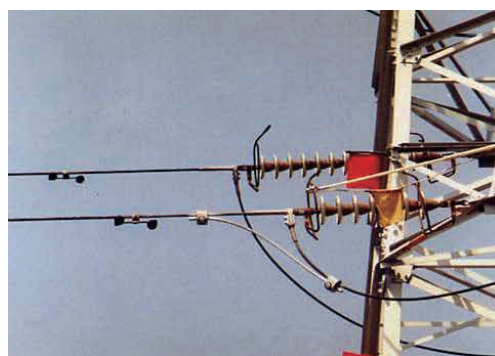


図37 バイパス装置(停滞電流をバイパス線に逃がす)
Bypassing apparatus for stagnant electric current.



図38 融着ジョイント(電線同士を溶接、電氣的接続部を作らない)
Fusion joint, where wires are jointed by welding.

目的の製品)であり、このような鋳造性が悪い材質の鋳造作業は特に注意が必要である。

また、世にいわゆる『団塊世代の大量退職』の影響をもっとも受けやすい分野でもあり、最近では、コンピュータなどハイテクを導入することで鋳造作業の標準化及び簡素化の動きが見られるが、それでもまだ経験豊かな作業者のノウハウに依存しなければならない部分が残っている。

当社においても、来るべきその時に備えて『ハイテク』と『経

験』を融合させた、新たな技能継承システムの構築に取り組んでいる。

当社の鋳造技術は、日本国内のみならず海外にも進出している。2004年には、当社の中国関連企業である『上海旭線路金具有限公司』が上海市の『東海大橋』に敷設される110 kV電力ケーブル用アルミニウムクリート(図40 材質AC7A)を一括受注したため、当社がその技術支援を行った。

この当時、アルミニウム合金鋳造としては最も難しいAC7Aの鋳造を行えるところは中国国内にはほとんどないと言われており、技術支援の範囲は工場レイアウト、設備選定、型の設計、鋳造～加工、組み立てなど検査や品質管理に至る全てについて及んでいる。現地作業者は真摯な姿勢で教わったことを忠実にこなしたこともあり、国内と同レベルの製品を作りあげることになった。

今では、中国国内だけでなく日本にも輸出を行うなど、高い品質を維持し続けている。

7. 産業用電線

産業用電線事業分野は、各種産業プラント、ビル及び一般住宅から、鉄道車両、船舶、産業用機械など幅広い用途があり、電線・ケーブルの種類も多いが、それぞれの使用環境・要求特性に対応した製品を開発し使用に供されている。またケーブル以外にも、ケーブル付属品や特殊機能製品などを開発し好評を得ている。

7.1 産業プラント及び建築設備用電線

地球環境問題への対応として、電線分野でも有害物質に関する規制強化の動きが加速している。従来から電線の被覆材として多く使用されているPVCには鉛系安定剤が一般的に使用さ



図39 純アルミニウムの代表製品『圧縮引留クランプ』
Compression hold clamp, a typical product of pure aluminum.



図40 アルミニウムクリート(中国製)
Aluminum cleat (made in China).

れていたが、当社では配電盤や機器用に使用されるIV・HIV電線などはもとより、CVやCVVといった汎用ケーブルについても非鉛化を図り有害物質の排除を積極的に進めている。

また、PVCに代えて耐燃性ポリエチレンを適用したことにより燃焼時に有害なハロゲン系ガスを発生せず煙も少ない「エコ電線」も官公庁を中心に広く普及してきている。当社では、従来のVVFに代わるEM EEF/Fケーブルには耐紫外線性や柔軟性に優れた材料を、電力用のEM CE/Fケーブルには機械強度に優れた材料を適用するなど、使用条件や要求特性に応じて最適な仕様のものを開発し、提供している(図41)。

更に、このエコ電線のクリーン化技術を推し進め、液晶や半導体などを扱うクリーンルーム用として、ケーブルから放出される有機ガス(アウトガス)を汎用エコ電線の1/10以下に低減した「低アウトガスケーブルc901」の開発に成功し納入実績を積んでいる。

7.2 車両用電線

鉄道車両の情報化推進の動きに対応して車両内に使われる電線の量も増加傾向にあり、配線スペースや車両の軽量化の面から電線の細径化及び軽量化の要求が強まっている。当社では従来の車両用電線(WL1など)に比べて絶縁体厚さを半分以下に低減した、いわゆる「軽量電線」を開発し、薄肉被覆でありながら耐摩耗性や耐カットスルー性といった機械的強度に優れ、かつ種々の環境下で長期の使用に耐える信頼性を有していることから多くのお客様に使用いただいている。

地下鉄車両の場合には、トンネル内での安全性確保の面から燃焼時に発生する有害ガス及び煙を極力小さく抑えるためにハロゲンフリーであることが要求され、これに対応した「低発煙性ノンハロゲン軽量電線」も開発し需要が拡大している。

7.3 船舶用電線

船舶は海上輸送の効率化のために大型化、高速化、自動化などが進み、船用電線に要求される性能が一段と高度なものとなっている。当社ではこれに対応して、信頼性の高い「高圧船用電線」や「ノンハロゲン高難燃船用電線」などの開発に取り組み、納入を始めた。また、最近では船用電線の軽量化を狙って従来からのアジロ鎧装をなくした「軽量型船用電線」の開発を行い、船舶の軽量化及び高速化に貢献している。

これら船用電線への要求が高度化してきていることを背景に船用電線のIEC規格が改訂され、当社ではそれに合わせたJIS

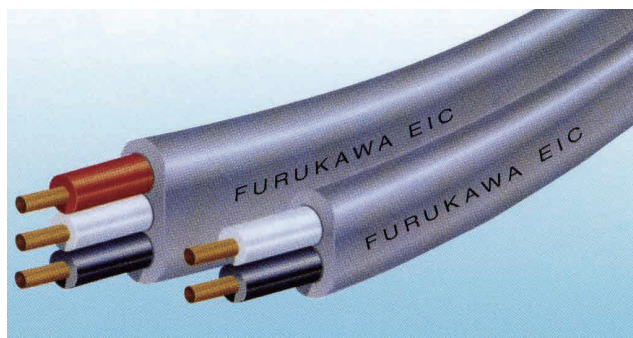


図41 耐紫外線性・柔軟性エコ電線 EM EEF/F
UV-resistant flexible ECO wire "EM EEF/F".

規格改正への対応準備を積極的に進めている。

7.4 キャブタイヤケーブル

港湾埠頭、製鉄所原料ヤードなどに設置されている屋外大型荷役運搬機械への低圧あるいは高圧電源供給や各種機器の制御用に移動用キャブタイヤケーブルの使用が普及している。移動機械に使われるケーブルは、苛酷な現場環境下で繰り返しの機械的ストレスを受けることから、優れた耐張力性、耐屈曲性、耐捻回性などが要求される。当社では構造面で種々の工夫を凝らし抜群の耐久性を有した移動機械用キャブタイヤケーブル「トラキャブ®」を開発し、用途に応じた最適仕様のものを提供しお客様から好評を得ている(図42)。

近年、電線路の高圧化が図られ、更にITV画像やデータ伝送用の光ファイバと複合化された「光複合トラキャブ」が多くのお客様で使用されている。光複合ケーブルの光線心を機上の光伝送装置と連結させるには、メタルケーブルのようなスリップリング方式では原理的に不可能であり、また光結合方式として知られている光ロータリージョイントは完全結合方式でないため、結合ロスやロス変動が大きくなるという問題点があった。これに対して、当社が開発した「SC-BOX」は光回転アキュムレータ方式であり、多心数(6～12心)の光テープファイバを中心固定軸に固定、これをゼンマイ状に巻き付け、他端をケーブルリールの回転に合わせて回転するという画期的な方式となっている。光ファイバの伝送信号を結合ロスの少ない完全結合状態で伝えることが可能であり、伝送の信頼性が高いことから多くの納入実績を積んでいる。

7.5 特別高圧ゴムケーブル

我が国では、高電圧以上の電力回路には、そのほとんどにCVケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ケーブル)が使用されているが、船の電源容量アップ、風力発電設備の容量アップ、船-陸間電源供給システムなど、狭いスペース部分への配線や、屈曲や振れを受けるという使用条件に対応して、CVよりも柔軟性に富んだ特別高圧ケーブルの要求が強まってきている。当社では従来の高圧キャブタイヤケーブルで培った技術及び経験を生かして各々の要求条件に応じた特別高圧EPゴム絶縁ケーブルの開発を行い、いずれも製品ラインナップ化を図り納入実績が拡大している。また、車両に搭載される特別高圧EPゴム絶



図42 キャブタイヤケーブル
Cabtyre cable.

縁電力ケーブルについても付属品と併せて研究・開発を進めており、特に端末接続材料に関しては、軽量化及び完全乾式化を図った仕様の検討を進め、開発の目処がたち最終評価を進めている。

7.6 TVカメラケーブルシステム

放送市場においてコンテンツの高精細度化(high definition化)が進んでいる。そのコンテンツ情報は従来の同軸ケーブルでは伝送不可能であり、そのため、光ファイバによる伝送方式へと急速に置き換わってきている。当社では、放送現場での運用に不可欠な高い耐久性・信頼性と扱い易さを両立させたタフでフレキシブルな光複合TVカメラケーブル及び光コネクタアセンブリを開発した。このケーブルシステムは日本のみならず海外のお客様からも高い評価を受けており、放送業界のデジタル化及びハイビジョン化に貢献している。また、各お客様の要望に合わせ日本標準あるいは欧米標準に準拠した高難燃性ケーブルや低発煙性ケーブルなども開発している(図43)。

7.7 低圧ケーブル用接続材料

建築現場でケーブルの分岐・接続を行う場合、これまでのテープ巻き方式では熟練した技能が必要で作業時間もかかるため、より簡便・確実な方式が望まれていた。当社の「エフタッチ®カバー」(図44)は、この要望を満足させるべく開発されたものであり、熟練技術を必要とせず、かつ短時間で確実に接続を行うことができるキットとなっている。導体接続後、その上に自己融着性のある絶縁パテシートを1層巻き付け、粘度細工の要領で絶縁層を形成した後、2ツ割りの保護カバーを接続部パテ上に被せ、付属のバンドでカバーを固定させて完成という非常に簡単な工法となっている。施工時間を大幅に短縮できることからお客様の好評を博し毎年実績を伸ばしつつある。

また、高い水密性と機械強度を有し、布設環境を選ぶことのない万能タイプの接続材として「セルパック®」(図45)を用意している。セルパックは、レジン注入形の接続キットで、2液



図43 光複合TVカメラケーブルシステム
Optical fiber-composite TV camera cable system.

硬化型の樹脂としては硬化温度が低く、収縮性の少ないレジンを使用しているという特長があり、低圧電力、制御、計装、通信、耐火、難燃などあらゆるケーブルの接続処理が可能である。従来のレジン注入方法はジョウゴによるものだけであったが、ケース開口部にレジンを直接注入できる「セルパックCC」もラインナップに加わった。セルパックはその簡便性及び高信頼性から世界各国で幅広く使用されており、累積400万キット以上の実績を有している。

7.8 特殊機能製品

当社ではケーブル以外にも特長ある機能を有した製品を開発し市場に提供している。

「ドライキーパー®」(図46)は、湿度調節機能をもった新しいタイプの吸湿材であり、高性能吸水ポリマと当社が独自にブレンドしたゴム材との複合素材でできている。高湿度時には吸湿し乾燥時には放湿するという可逆性により、湿度を一定に保つ調湿機能を長期に亘り持続できる。配電盤などの屋外設置の電気設備内部では、結露の発生による電気トラブルや発錆などが保守上の問題になっており、ドライキーパーはその調湿機能

により結露を長期間に亘り抑制することが可能となる。従来の塩化カルシウムやシリカゲルといった乾燥剤に比べ10倍以上、数年もの間機能を維持することができるためメンテナンスフリー化に大きく貢献している。

「街路灯配線用ジョイントユニット」(図47)は、街路灯のポール内に取り付ける配線器具として開発したユニット型のケーブル配線システムである。内部を樹脂でモールド成形した構造となっているため、ブレーカと配線部をポール内の湿気や結露から保護し、また電源と器具の接続をポール外で行うことができるため大幅な省力化が得られる。ジョイントユニットは、従来方式の長年の改善テーマであった「結露対策」と「作業性改善」を同時に解決した画期的な配線システムであり納入実績が拡大している。

8. おわりに

古河電工グループは電力・産業界において長年月に亘り電線・ケーブル及び付属品分野の技術開発を進めてきた。今後更に安全・環境・低廉化などの要求が強くなると考えられる。このため革新的な技術開発を推進し、古河電工グループの技術が社会に貢献していくことが古河電工グループの使命と考える。

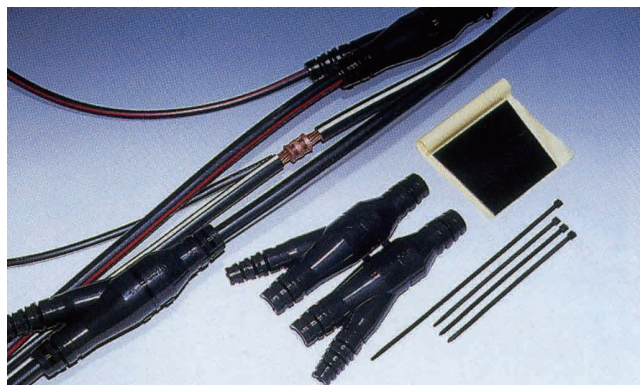


図44 エフタッチカバー
EfTouch cover.



図45 セルパック
CellPack.

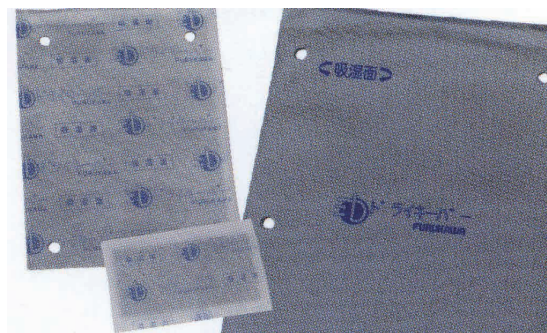


図46 ドライキーパー
DryKeeper.

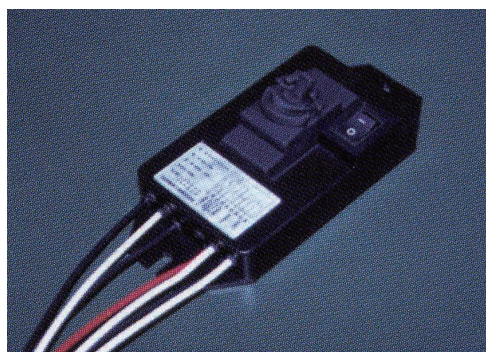


図47 街路灯配線用ジョイントユニット
Joint unit for street light wiring.