# 77kV OF-CVケーブル用 Y分岐の開発

# Development of Prefabricated Type Y Splices for 77kV OF and CV Cables

77kV送電主系統からの電力線の分岐を経済的にコンパクトに行なう油入り(OF) 対架橋ポリエチレン(CV)ケーブル用プレハブ形Y分岐接続箱を開発した。

開発されたY分岐接続箱はYユニットと接続ユニットを分離した新しい構造のものであり、組立作業性に優れている。このY分岐接続箱は、関西電力株式会社総合技術研究所実負荷試験場で、1年間にわたる長期課電通電試験が実施された。その結果、長期信頼性に優れていることが実証され、実線路の使用に問題ないことが分かった。

栗原啓之\* Kurihara Hiroshi
中川信一\* Nakagawa Shinichi
藤森明治\*\* Fujimori Akiharu
山口正幸\*\*\* Yamaguchi Masayuki
榎並俊一\*\*\*\* Enami Toshikazu
井出成夫\*\*\*\* Ide Shigeo
池田忠禧\*\*\*\*\* Ikeda Chûki

## □ 緒 言

77kV地中送電系統において、線路途中のマンホール内でY 分岐接続箱により分岐する方式を採用すれば、分岐ケーブル に必要なケーブル サイズを低減できるとともに、管路延長や 管路孔数の節減が可能となる場合がある。また、変電所、開 閉所における終端接続箱の設置数が減少でき、用地効率が高 められる効果も期待できる。

しかし、従来のY分岐接続箱は極めて大形で、一般のマンホールには収容できない。また、これらは油あるいはガスを充填する構造のため、保守が困難である。このような理由から適用場所が制約され、実施例も極めて少ない。そこで、今回、工事の簡便さと小形化を目標として従来のY分岐に代わる新形のY分岐接続箱を開発した。

今回開発したY分岐接続箱には、従来のプレハブ接続部の技術<sup>1),2)</sup>を全面的に適用するとともに、施工工事の簡易化を達成させるためY分岐素子をYユニットと接続ユニットに分け、しかも各ユニットは油入り(以下、OFと略す)ケーブル、架橋ポリエチレン絶縁(以下、CVと略す)ケーブルに共用の構造とした。

本稿は、以上のような特長をもつ77kV OF-CVケーブル 用プレハブ形Y分岐の開発経過及び約1年間の長期課電通電

表 I Y分岐接続箱の具備すべき条件 与えられた具備条件を基に、狭い場所での組立作業性などから、分岐ユニットと接続ユニットを分離して新たな設計方針によるプレハブ構造とした。

項			目			具 備 条 件				
				む ひょ	/Bil	端	I,000~2,000mm²			
使用ケーブル 導体サイズ			主系統側		他端	600~2,000mm²				
				分 岐		側	250~ 400mm²			
接		続		方		式	各相分離接続方式			
基		本		構		造	全組立式,組立解体は容易な構造			
Υ	分	岐	^	Ø	変	換	ケーブル導体が重ならない構造とし、直線 接続からY分岐への変換を容易とする。			
異		種		接		続	OFケーブル、CVケーブルとも接続可能な構造で、任意の組合せで使用できること。			

試験の結果について述べる。

### 2 具備条件と基本構造

Y分岐接続箱が具備すべき条件を表1に示す。この条件を満たすため基本構造はプレハブ形とし、図1に示すように主絶縁体であるエポキシ ユニットをYユニットと接続ユニットに分離し、その接合面にはコーン状のゴムモールド スペーサ(以下、単にスペーサと呼ぶ)を適用した。すなわち、Yユニット1個に対し接続ユニット3個で一組みとなる。この構造は接続部の小形化と作業の簡易化を実現可能にするものである。また、接続ユニットはOFケーブル、CVケーブル共用にし、しかも250~2,000mm²の広範囲の導体サイズのケーブルに適用できる構造とした。

# 3 モデル接続部による検討

具体的な構造設計に先立ってモデル接続部を用いて絶縁性能の検討を行なった。Y分岐接続箱の構造上の特長はYユニットと接続ユニットの接合面にスペーサを用い、スプリング

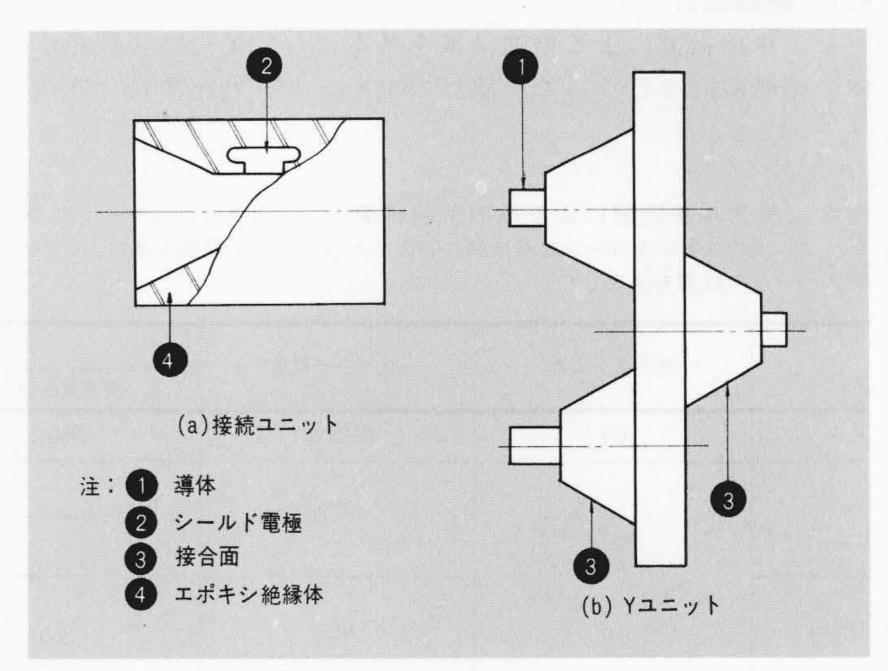


図 | Y分岐接続箱の基本構成 中央にYユニットを,両側に接続ユニットを配置して構成し,小形化と作業性の向上を図った。

<sup>\*</sup> 関西電力株式会社総合技術研究所 \*\* 関西電力株式会社工務部送電工事課 \*\*\* 日立電線株式会社研究所 \*\*\*\* 日立電線株式会社日高工場 \*\*\*\*\* 日立電線株式会社日高工場 工学博士

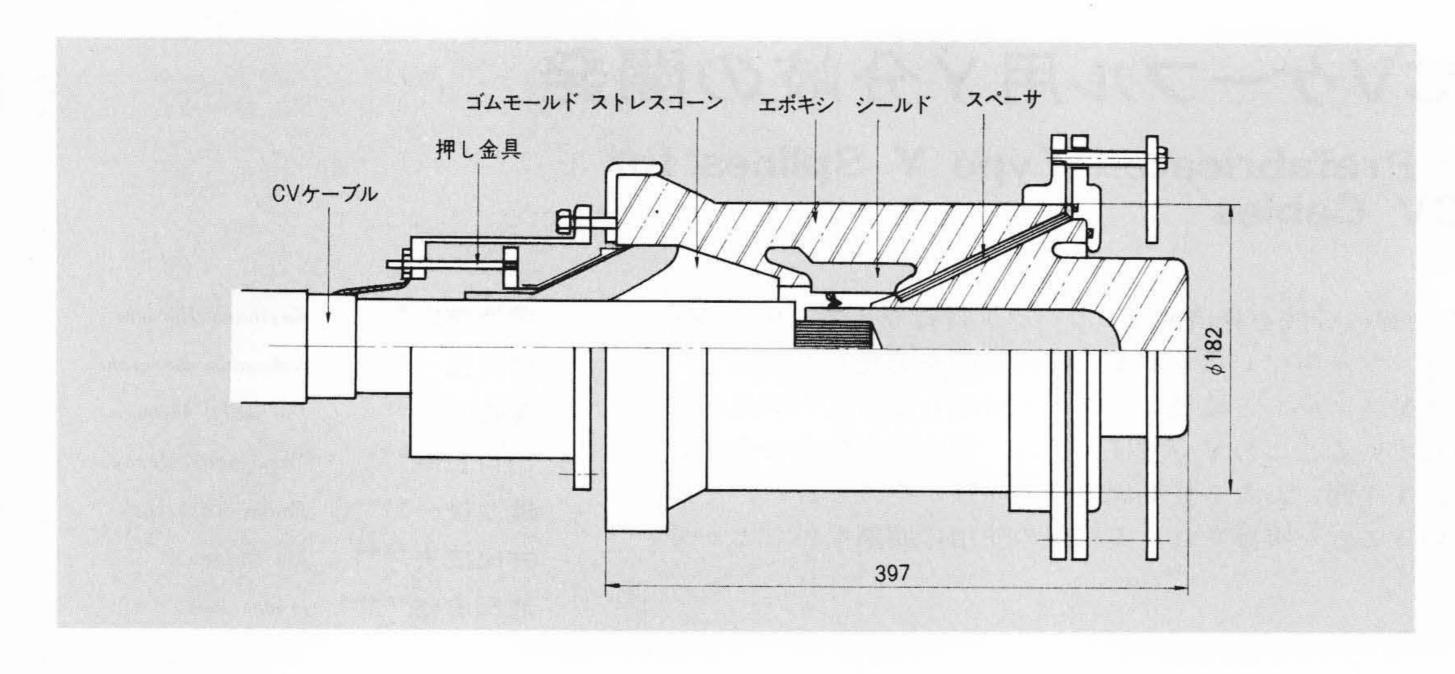


図2 モデル接続部の構造 このモデル接続部でCVケーブル 接続側、OFケーブル接続側の検 討を行ない、各々に適した絶縁方 式と界面絶縁用コーン状ゴムモー ルド スペーサの材質を決定した。

で加圧して絶縁性能の向上を図っていることにある。この界面絶縁方式は、プレハブ形接続箱などに通常用いられているゴムモールドストレスコーンによる圧着方式と若干異なる構成であるため、モデル接続部により電気性能の検討を行なった。モデル接続部の絶縁方式はCVケーブル(66kV 600mm²)側をエチレンプロピレン ゴム(以下、EPゴムと略す)モールドストレスコーン圧着方式、OFケーブル(275kV 400mm²)側を油浸エポキシベルマウス絶縁方式とした。二つのユニット接合面のスペーサの材質を決定するため、EPゴム及びアクリルニトリル・ブタジエンゴム(以下、NBRと略す)とで作製したスペーサを適用して絶縁特性を調べた。

図2が検討に用いたモデル接続部(CVケーブル側)である。 表2はこのモデル接続部による電気試験の結果である。

この結果から明らかなとおり、CVケーブル接続時にはEP ゴム スペーサが、また、OFケーブル接続時には端面処理 EPゴム(EPゴムの端面をNBRで処理したもの)スペーサ を採用することにより、いずれも目標性能(AC240kV)以上の 絶縁性能が得られることが確かめられた。

#### 4 絶縁設計と初期絶縁性能

#### 4.1 絶縁設計

モデル接続部による検討結果を基本にしてY分岐接続箱本体の絶縁設計を行なった。設計のポイントを列記すれば次の

とおりとなる。

(1)Y分岐接続箱の導体サイズは主系統側を2,000mm², 分岐側を400mm²とする。(2)導体接続は圧縮接続方式とする。(3)CVケーブル接続側はゴムモールド ストレスコーンを用いた圧着絶縁方式とし、接続ユニットとYユニット接合界面にはEPゴム製スペーサを用いる。(4)OFケーブル接続側は油浸エポキシベルマウス絶縁方式とし、モデル接続部による検討結果を参照して、スペーサには絶縁特性と耐油性を考慮し端面処理EPゴム スペーサを用いる。

図3がY分岐接続箱本体の構造設計図である。この構造決定上、特に留意した点は、絶縁体内部の電位分布及びエポキシ絶縁体表面の電界分布である。図4はCVケーブル接続側の等電位線分布とエポキシ絶縁体界面上の電界強度を示したものである。これから明らかなように、エポキシ絶縁体界面には特に電界集中の著しい部分はなく、シールド電極の位置や形状が適切であることが分かる。同図より界面での最大電界強度(耐電圧値AC240kVでの電界強度)は3.4kV/mm(ゴムモールドストレスコーン側)及び3.6kV/mm(スペーサ側)であることが分かる。

一方, OFケーブル接続側は66~77kV OFケーブル用油止接続箱の実績値を考慮して,油浸紙絶縁体の長手方向の設計電界強度(運転電圧77kV/√3 での電界強度)が0.15kV/mm,エポキシ ベルマウス挿入部の半径方向の設計電界強度が2

表 2 モデル接続部による電気試験結果 試番 3 はゴムモールド スペーサの貫通破壊, 試番 4 は OF ケーブル上のストレスコーン油浸紙部の破壊であった。この結果を基に, CVケーブル接続側, OFケーブル接続側スペーサの材質を決定した。

試 番	使用ケーブル	スペーサ材質	破壊試			験	結	果
	区 カ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ フ		交流電圧(kV)	衝撃電圧	E(kV)			破壊経路
1	CV	EPゴム	350<					<del></del>
2		OF油		$\Theta$	550		<u>Z</u>	
3	OF	NBR	200				<u></u>	
4		端面処理EPゴム	280	$\Theta$	300<		-2-3	

注:EPゴム=エチレンプロピレン ゴム

NBR=アクリルニトリル・ブタジエン ゴム

図 3 77kV OF-CVケーブル用 Y分岐接続箱の構造 これはCV、OFケーブル組合せの一例で、任意に接続可能である。直線接続箱としても利用できる。すなわち、同一構造で Y分岐接続箱へ容易に変換することができる。

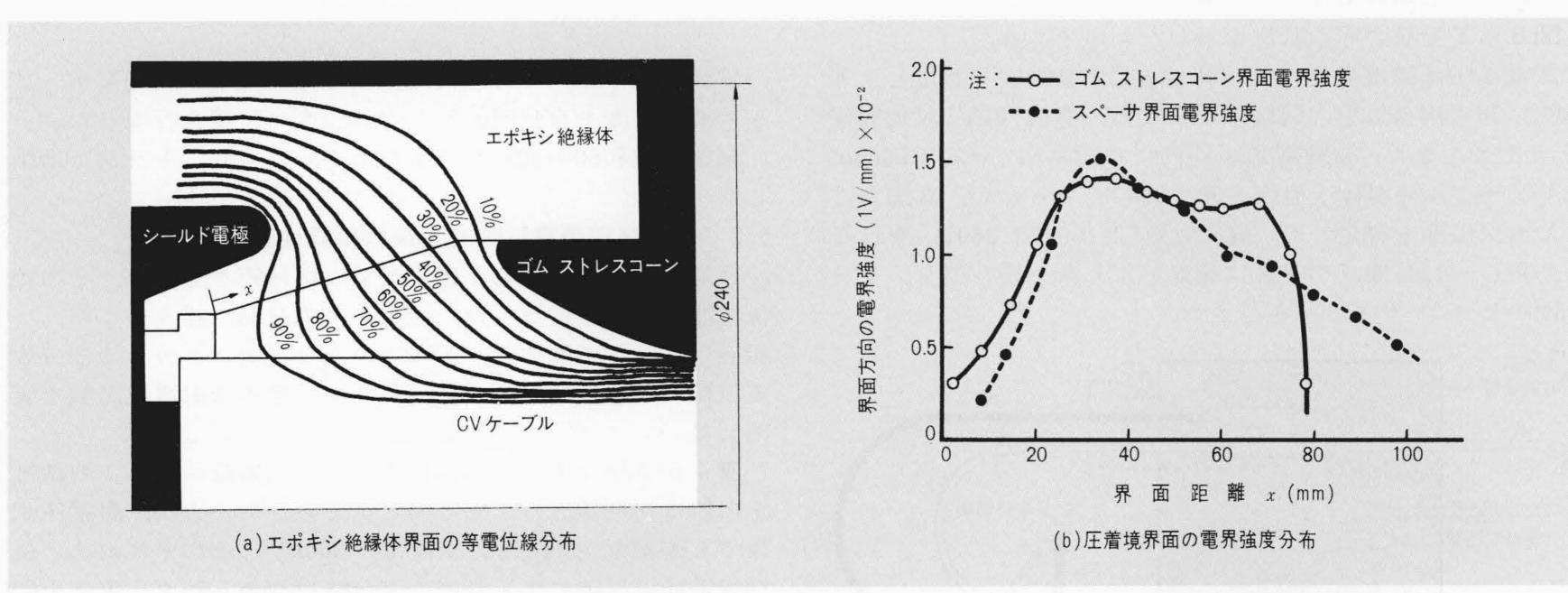


図 4 CVケーブル接続側のエポキシ絶縁体境界面の等電位分布と電界強度分布 エポキシ絶縁体界面の等電位線は、ほぼ平均に分布しており、シールド電極の位置や形状が適切であることを示している。エポキシ絶縁体界面の電界強度は、スペーサ側が若干高くなっている。

kV/mm以下となるように各部の寸法を決定した。これにより、組立後の寸法は全長2,087mm、高さ340mm、幅680mmとなる(図3参照)。

#### 4.2 絶縁性能

今回製作したY分岐の絶縁性能を調べるため、主系統側に $2,000 \,\mathrm{mm}^2 \,\mathrm{C} \,\mathrm{V}$ ケーブル及び $2,000 \,\mathrm{mm}^2 \,\mathrm{O} \,\mathrm{F}$ ケーブルを、分岐側に $400 \,\mathrm{mm}^2 \,\mathrm{C} \,\mathrm{V}$ ケーブルを接続し、初期及び通電ヒートサイクル(通電電流 $2,000 \,\mathrm{A}$ , 8時間 $\,\mathrm{ON}$ , 16時間 $\,\mathrm{OFF}$  のヒートサイクルを $\,\mathrm{300}$ 回賦課)後の絶縁性能を調べた。

目標性能とともに結果を**表3**に示す。同表から明らかなように、交流破壊試験、衝撃破壊試験のいずれも良好な結果が得られ、77kV級として十分な性能であることが確認できた。

本接続箱は組立時に個々の作業を確認しながら行なえるため、組立作業性は極めて良好で、特に、狭いマンホール内などでの作業を容易にしている。 CVケーブル接続側では導体圧縮(仕上げ不要)後、接続ユニット、ゴムモールド ストレスコーン、押し圧用スプリング ユニットを順次に取り付けるだけで組立てを完了でき、ケーブルは接続位置が決まれば全く移動する必要がないので、大サイズ ケーブルをでの接続も容易である。また、OFケーブル接続側も接続ユ

表 3 Y分岐接続箱の初期絶縁性能 Y分岐の初期電気性能は、いずれも良好である。Yユニット、接続ユニットの部分放電特性、冷熱特性とも良好であることを確認した。

-#	-	目標	性 能	5+ FA ++ FB	
項	目	CV接続側	OF接続側	試 験 結 果	
交 流 長	初 期			*300kV/ I 分<	
時間試験	通電ヒート サイクル後	240kV/ 6 時間	200kV/ 6 時間	240kV/ I 時間<	
	初 期		⊝550kV/ 3 回	⊝820kV/ I 回	
衝撃破壊試験	通電ヒート サイクル後	⊝650kV/ 3 回		⊝700kV/ I 回	
直流耐電	電 圧 試 験	177k\	177kV/10分<		
部 分 放	電試験	80.5kV/	良 好		
=	OF接続側	IIkg/cm	"		
気密試験	CV接続側	l kg/cm	"		
エポキシ絶縁	Yユニット	高温 100±5° 低温 10±5°	"		
体冷熱試験	接続ユニット	_ 低温 10±5°C 2時間 を 1 サイクルとして10サイクル 繰り返す。		"	
油流抵	抗 試 験	77kV単心OFケー 相当のこと。	,,		

注:\*気中終端箱外閃

ニットと接地電極を併用することにより、エポキシ ベルマウス下の油浸紙巻作業の能率化を図っている。

これらにより、組立時間(準備、真空注油の時間を除く)は、CVケーブル側が約3時間、OFケーブル側が4時間となり、比較的短時間で組立を終えることができる。

#### 5 長期信頼性に対する実証試験

#### 5.1 長期課電通電試験の概要

本 Y 分岐の長期信頼性を確認するため、昭和49年10月より 関西電力株式会社総合技術研究所実負荷試験場で1年間にわ たる長期課電通電試験を実施した。図 5 は試験線路のレイア ウトである。同図中、A 線路が日立電線株式会社の供試試料 である。ケーブルはいずれも屋外地上布設であるが、主要 部である Y 分岐はマンホール内での布設を模擬して屋内で 組立てを行なった。供試ケーブルには、主系統線路用として 2,000mm² C V ケーブル及び 2,000mm² O F ケーブルを、分岐線 路用として 400mm² C V ケーブルを用いた。

図6はY分岐の布設状況を示したものである。

課電電圧は課電劣化のV-t特性として9乗則を想定し,等価的に30年相当以上の試験とするため,連続70kV(対地間電圧)とした。また,通電電流は屋内に布設されている2,000mm² CVケーブルの導体上温度を $80\sim90$ °Cとするため,3箇月ごとに大気温度を推定して,電流変更 $(2,160\sim2,380\,A)$ を行ない,更に,12時間ずつ交互に通電としゃ断を繰り返し,1日1回のヒート サイクルを与えた。

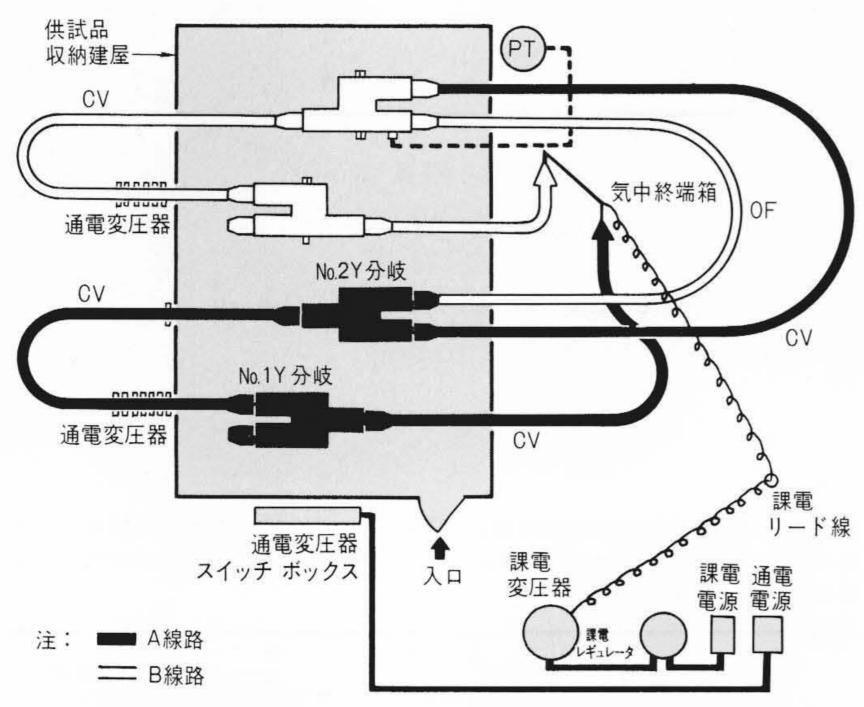


図 5 長期課電通電試験線路のレイアウト 供試Y分岐接続箱は屋内布設,供試ケーブルは屋外地上布設されている。課電は1,000kVA課電変圧器により70kV連続,通電は10kVA貫通形変圧器14台により行なった。

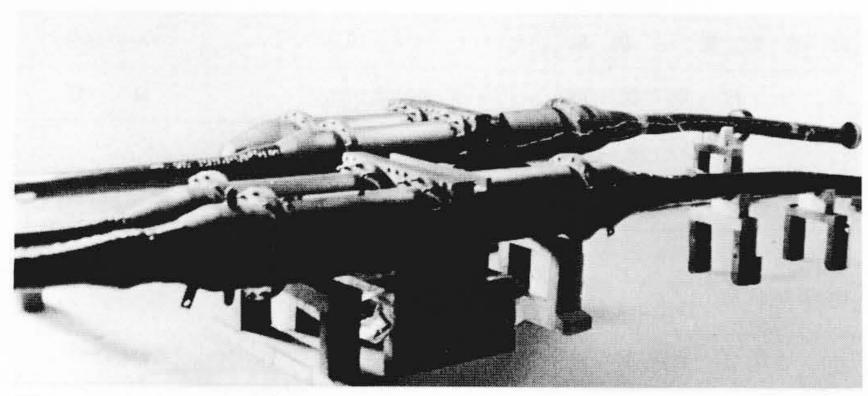


図6 Y分岐接続箱の布設状況 手前はY分岐No. 2,後方がY分岐No. 1である。

表 4 供試Y分岐接続箱の撤去後の絶縁性能 長期課電通電試験後の Y分岐接続箱の絶縁性能は、問題のないことを確認した。Yユニットの初期誘 電正接は60kVで0.13%、接続ユニットのそれは0.40%である。

項		目	試験条件	試験結果	
No. I	衝撃耐	電圧試験	⊖440kV/ 3 回	良 好	
Y 分 岐	交 流 矿	坡 壊 試 験	180kV/60分耐圧後, 15kV/60分昇圧破壊	*360kV/ I 分	
	解 体	調査		各ユニット, ケ ーブル異常なし	
	部分放電 試 験	Y ユニット	CHAVIE - ONE	良 好	
No. 2 Y 分 岐		接続ユニット	61kV/5pC以下	"	
	誘電正接	Y ユニット	室温で35kV, 50kV,	0.12%(at 60kV)	
	动电止按	接続ユニット	60kVでそれぞれ測定 する。	0.46%(at 60kV)	

注:\*はCVケーブル破壊

試験期間中は、Y分岐接続箱本体及び2,000mm<sup>2</sup>CVケーブルの表面温度を自動記録し、導体温度の監視を行なった。

試験は昭和50年12月に終了したが、この間、トラブルは生じなかった。

#### 5.2 長期課電通電試験終了後の絶縁性能

長期課電通電試験終了後, Y分岐接続箱を撤去し, その絶縁性能の検討を行なった。撤去した供試品二組みのうち, 一組みは工場内で解体し, Yユニットと接続ユニットの部分放電試験, 誘電正接の測定を, 残りの一組みは耐電圧試験を実施した。

表4が試験結果である。Yユニット、接続ユニットの誘電正接値は初期値とほとんど同じ値であった。また、耐電圧試験でも衝撃電圧440kV、交流電圧360kVにそれぞれ耐え、長期課電通電試験による性能低下は特に認められず、実用上問題のないことを確認した。

#### 6 結 言

今回,筆者らが開発した77kV OF-CVケーブル用プレハブ形Y分岐接続箱は、Yユニットと接続ユニットを分離した新しい設計構造により、小形化と作業性、及び信頼性の向上を図ったものである。このY分岐接続箱について、ほぼ1年間にわたる長期課電通電試験を実施したが、試験期間中、特にトラブルもなく、その信頼性が確認され、十分実用に耐えることが立証された。

なお、今回の開発研究は、関西電力株式会社、住友電工株式会社と日立電線株式会社とが共同で行なったものであるが、この研究の一環として実施した長期課電通電試験に対し、御協力いただいた関西電力株式会社総合技術研究所、住友電工株式会社及び日立電線株式会社日高工場、研究所の関係各位に謝意を表わす次第である。

#### 参考文献

- 1) 佐藤ほか: 「66kV級ゴム, プラスチック絶縁ケーブル用プレハ ブ式付属品」, 日立評論, **53**, 154 (昭46-2)
- 2) 坂場ほか:「154kV架橋ポリエチレンケーブル用付属品の開発」, 日立評論, 55, 377 (昭48-4)