

直流120kV同軸CV海底ケーブルおよび工場ジョイント

電源開発株式会社 山中鉄也・木村武生
電力技術開発センター 重年生雄^{*1}・渡辺和夫^{*2}
ネットワークソリューション事業部 吉田学^{*3}
株式会社ビスキャス 平澤隆行

DC 120kV Coaxial Type Extruded Insulation Cable and Factory Joint

T. Yamanaka, T. Kimura, I. Shigetoshi, K. Watanabe, M. Yoshida & T. Hirasawa

この論文は直流同軸CVケーブルと工場ジョイントの開発について述べている。同軸ケーブルは主導体と主絶縁体、帰路導体と帰路絶縁体で構成されており、同軸ケーブルの採用は、「帰路回路のためのケーブルまたは電極を省略できる」「地磁気偏差（コンパスエラー）を軽減できる」など環境的、経済的に大きな利点がある。

このため、長距離海底ケーブルへの適用を目指して直流同軸CVケーブルと工場ジョイントが開発された。

This paper describes the development of coaxial type DC extruded insulation cable and factory joint. Coaxial type cable consists of main conductor, main extruded insulation, return conductor and return extruded insulation. Adoption of the coaxial type cable has great advantages both environmentally and economically "to omit installation of a cable or electrodes for the return circuit" and "to decrease the earth magnetism deviation (compass errors)." Therefore coaxial type DC extruded insulation cable and factory joint have been developed for adopting into long distance submarine cables.

1. ま え が き

近年、電力系統の連系あるいは離島への送電の目的で長距離直流ケーブルを利用した送電システムが増加してきており、現在も長距離直流ケーブルを利用した送電プロジェクトが数多く計画されている。

直流ケーブルを採用した場合には帰路電流を帰すことが必要であり、そのための方法としては以下の方法がある。

両端に電極を設置し、大地あるいは海水を帰路導体として使用する方法

帰路電流を流すための帰路ケーブルを布設する方法
上記の内はコスト的には有利であるが、地下埋設物への影響、生物への影響等に配慮する必要がある。についてはコスト的には不利であるが、他の埋設物あるいは生物への影響に配慮する必要はない。

これらの課題を解決する方法としてわれわれは同軸タイプの直流ケーブルを考案した。ケーブル構造は少し複雑になるが、送電電流のための主導体と帰路電流のため

の帰路導体が1つのケーブル内に収まるため、帰路電流用の電極あるいは帰路ケーブルが不要であり、しかも同じケーブル内を方向の違う同じ大きさの電流が流れるため、従来の直流ケーブルで問題視されていた地磁気偏差（コンパスエラー）の問題もなくなる。

当初、さまざまな電圧クラスおよび送電容量でのケーブル構造を検討したが¹⁾、今回は直流120kV 200mm² (54MW)の直流同軸CV海底ケーブルおよび工場ジョイント(FJ)を検討した²⁾³⁾⁴⁾。機械試験・電気試験により直流同軸CV海底ケーブルおよびFJの性能を確認したので以下に報告する。

2. ケーブル構造

直流120kV同軸CV海底ケーブルの構造を表1に、ケーブルの外観および断面図を図1、図2に示す。

3. 初期電気特性

ケーブルの初期特性を確認するために帰路絶縁部の電気試験を実施した。試験条件および試験結果を表2に示す。電気特性として十分な性能があることが確認できた。

*1 電力技術開発グループ主席部員

*2 電力技術開発グループ部長

*3 システムソリューション部課長

4. FJの開発

FJの構造を図3に示す。また、FJの組立方法の概要を図4に示す。帰路導体の接続はTIG（アルゴンガス）溶接工

表1 直流120kV同軸CV海底ケーブルの構造
Construction of DC120kV coaxial type extruded insulation cable

項目	単位	寸法
主導体	断面積	mm ² 200
	外径	mm 17
主絶縁体厚	mm	9
帰路導体	線径	mm 2.1
	本数	本 50
帰路絶縁体厚	mm	4
鉛被厚	mm	2.6
防食層厚	mm	3.5
鉄線	線径	mm 6
	本数	本 41
外装厚	mm	4.5
仕上り外径	mm	98
概算重量	気中	kg/m 22.5
	水中	kg/m 15



図1 直流120kV同軸CV海底ケーブルの外観
External view of DC120kV coaxial type extruded insulation cable

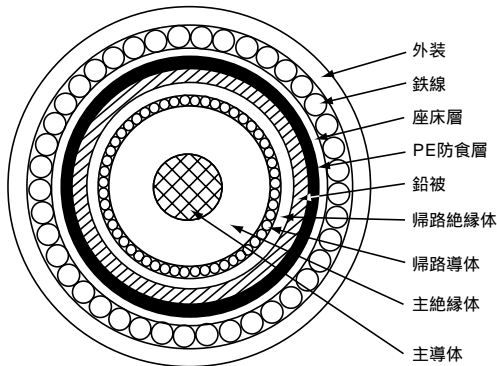


図2 直流120kV同軸CV海底ケーブルの断面図
Cross-section of DC120kV coaxial type extruded insulation cable

表2 帰路絶縁部の電気特性試験結果
Results of electrical characteristics test on return insulation part

項目	試験条件	試験結果
直流耐電圧試験	課電電圧：±35kV 課電時間：1h 帰路導体温度75 (導体通電+外部加熱)	良好
Imp耐電圧試験	課電電圧：±65kV 課電回数：3回 帰路導体温度75 (外部加熱)	良好
Imp破壊電圧試験	Imp耐電圧終了後 -20kV / 3回ステップで昇圧 帰路導体温度75 (外部加熱)	-265kV 1回目B.D

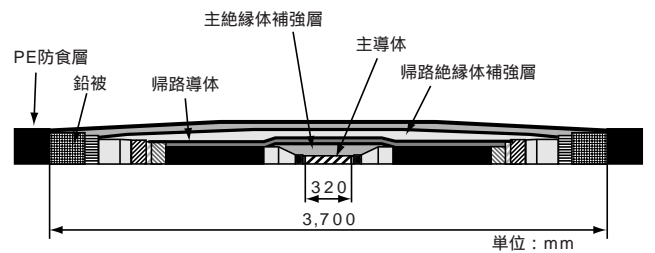


図3 直流120kV同軸CV海底ケーブルのFJ
Dimensions of factory joint for DC120kV coaxial type extruded insulation cable

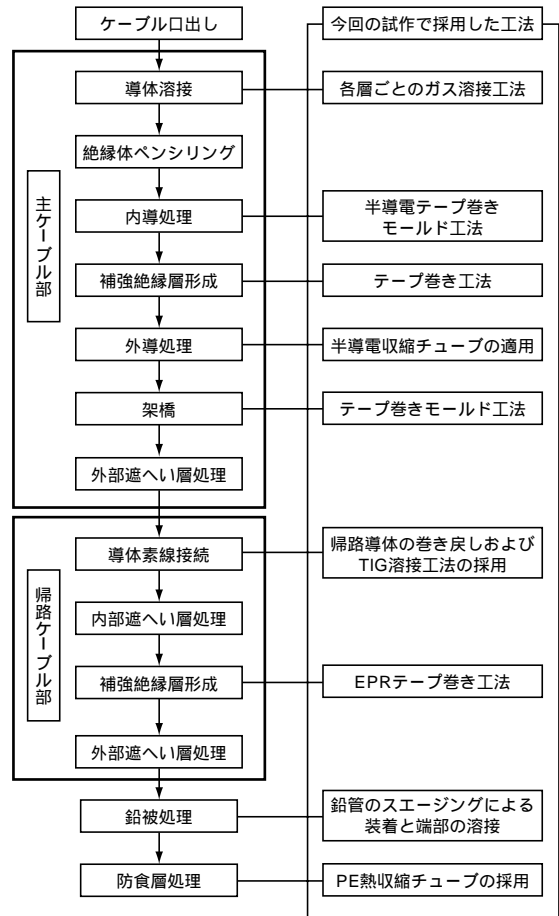


図4 FJの組立工法
Outline of the assembly method for FJ

法を採用し素線を突合せ溶接した。また、FJの組立て前に帰路導体を束ねてFJの外側へ折り返しておき、内部の主ケーブルジョイント終了後に元の位置に戻して接続する工法を採用することにより、接続箇所を1箇所とすることができ、時間短縮をはかることができた。帰路導体の溶接状況を図5に示す。

5. 機 械 試 験

5.1 引張り曲げ試験

前項で述べたFJを含む直流同軸ケーブルを使用して引張り曲げ試験を実施した。試験条件はCIGRE Recommendation (Electra No.171) に準じた。試験条件を表3、試験状況を図6に示す。試験結果はケーブル、FJとも大きな変形等もなく良好な結果であった。

5.2 耐外水圧試験

水深350mに布設されるケーブルを想定して耐外水圧試験を実施した。試験容器にFJ部とケーブル部を設置し3.43Mpa (35kg/cm²) の水圧をかけて表4に示すヒートサイクル条件に従って電流を流した。ケース1の場合のFJ部



図5 帰路導体溶接部
Welding portion of return conductor

表3 引張り曲げ試験条件
Conditions of tensile and bending test

項 目	試験条件
曲げ直径	5m
引張り張力	8ton (水深350mを想定)
引張り曲げ回数	シーブを3回通過



図6 引張り曲げ試験状況
Tensile and bending test

表4 ヒートサイクル条件
Heat-cycle sequences

ケースNo.	条 件	ヒートサイクルパターン
ケース1	計画運転(計画停止)を模擬した通電パターン	450A : 10h 0A : 14h
ケース2	年間負荷変動を模擬した通電パターン	450A : 10h 135A : 14h
ケース3	日間負荷変動を模擬した通電パターン	450A : 10h 180A : 14h

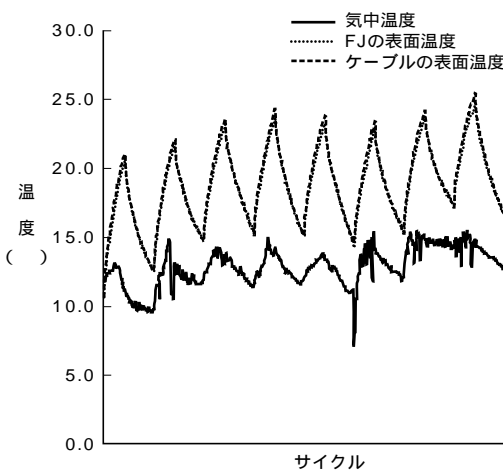


図7 ケーブルおよびFJの表面温度(ケース1)
Temperature of cable and FJ for case1

表5 帰路絶縁部の電気特性試験結果
Results of electrical characteristics tests on return insulation

項 目	試験条件	試験結果
直流耐電圧試験	課電電圧: ±35kV 課電時間: 1h 帰路導体温度75 (導体通電+外部加熱)	良 好
Imp耐電圧試験	課電電圧: ±65kV 課電回数: 3回 帰路導体温度75 (外部加熱)	良 好
直流耐電圧試験	課電電圧: ±65kV 課電時間: 1h 帰路導体温度75 (導体通電+外部加熱)	良 好
Imp破壊電圧試験	Imp耐電圧終了後 -20kV / 3回ステップで昇圧 帰路導体温度75 (外部加熱)	- 225kV 1回目破壊

表6 主絶縁部の電気特性試験結果
Results of electrical characteristics tests on main insulation

項 目	試験条件	試験結果
直流耐電圧試験	課電電圧: ±285kV 課電時間: 3h 主導体温度90 (導体通電+外部加熱)	良 好
Imp耐電圧試験	課電電圧: ±410kV 課電回数: 3回	良 好
Imp破壊電圧試験	Imp耐電圧終了後 -50kV / 3回ステップで昇圧	- 1,010kV 1回目破壊

およびケーブル部の温度を図7に示す。ヒートサイクル試験の後 CIGRE Recommendation に従い3.92Mpa (40kg/cm²) 48時間の耐外水圧試験を実施した。耐外水圧試験に対してはケーブル、FJとも、変形、損傷等は見られなかった。

6. 電気試験

機械試験後のケーブルおよびFJの電気性能を確認するため、主絶縁部、帰路絶縁部各々にわけて直流耐電圧 Imp耐電圧 Imp破壊電圧の順で電気試験を実施した。

主絶縁部および帰路絶縁部の電気試験結果を表5および表6に示す。

電気試験結果より直流同軸ケーブルについてはケーブル、FJともに要求性能に対して十分な性能を持っていることが確認できた。

7. む す び

従来の直流ケーブルシステムでは異なったルートとなっていた送電電流（主電流）と帰路電流を直流同軸ケー

ブルを使用して同一ケーブル内で流すことにより、コスト削減およびコンパエラーの回避等、大きな成果が期待できる。

以上述べてきたようにケーブルおよびFJの機械試験、電気試験を実施し、直流120kV同軸CV海底ケーブルが実使用に十分耐えることを確認した。

今後、さらに高電圧、大容量ケーブルへの適用を検討するとともに実線路への採用を実現させたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) 浅野ほか：直流同軸ケーブルの開発，電線ケーブル研究会 EC-00-21，2000
- 2) 山中ほか：直流120kV同軸CV海底ケーブルおよびFJ（その1），電気学会全国大会，2002
- 3) 山中ほか：直流120kV同軸CV海底ケーブルおよびFJ，電線ケーブル研究会 EC-02-20，2002
- 4) 山中ほか：直流120kV同軸CV海底ケーブルおよびFJ（その2），電気学会B部門大会，2002