

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 畑 良 輔

20世紀初頭に発明された油浸絶縁電力ケーブルは、21世紀に至っても地中および海底大容量電力送電の主流技術を担っている。本論文は、絶縁油や液体窒素などの液体を含浸させた電力ケーブルで用いられるポリプロピレンラミネート紙について、その電氣的、機械的基本特性の把握に始まり、最適な特性を得るための製造法を考案し、それを電力ケーブルへの適用し、世界初となるいくつかの大容量電力ケーブルとしてその有効性を実証する過程を詳細に述べたもので、「ポリプロピレンラミネート紙の絶縁特性向上と大容量電力ケーブルへの適用」と題し、14章から構成されている。

第1章「緒論」では、電力ケーブルの現状、ポリプロピレンラミネート紙（PPLP）が考案された背景、PPLP電力ケーブルに期待される特性について述べている。

第2章「ポリプロピレンラミネート紙（PPLP）の基礎特性」では、クラフト紙と組み合わせる高分子フィルム材料の中で、最終的にポリプロピレン（PP）が選択された理由、および、PPLPの厚さの中で、PPの占める割合の最適値が存在し、275kV級交流OFケーブル用としては $k \approx 43\%$ が最適であることを述べている。また、こうした最適値の裏付けとなる、油層とPPLPからなる複合誘電体のインパルスおよび交流絶縁破壊のメカニズムを明らかにしている。更に、PPLPをケーブル化する場合に必要な「機械特性」、「溶解特性」、「膨潤特性」、「接着強度」などについても、定量的な評価法を提案し、その結果に基づくケーブル化に際しての許容値を明らかにしている。以上のことから、PPLPの製造からケーブル化への基礎的な手法を確立している。

第3章「PPLP絶縁AC 275kV OFケーブル基礎特性の把握」では、PPLPを用いた275kV級OFケーブルの試作と、4年間の長期試験結果について述べている。試作ケーブルは、予想される基礎特性を十分有していることを実験的に示している。一方で、実用化に向けてPPの溶解、接着強度などで一層の改善が好ましいことを明らかにしている。

第4章「AC 275kV OFケーブル実用化に向けてのPPLPの特性改善と標準化」では、前章を受けて、PPおよびクラフト紙の双方を改良し、溶解および接着強度の十分なPPLPが開発できることを述べている。また、これらの技術革新を基に、PPLPの標準化の道筋が示されている。

第5章「PPLP絶縁AC 275kV OFケーブルの実用化」では、PPLP OFケーブルの設計から鉛工対策までを述べ、更に、長期信頼性を保証する実証試験法の提案や、低 $\tan \delta$ 特性を精度よく求めるための“熱流計法”の提案を行っている。最終的に、世界初の南大阪泉北線の建設に貢献をしている。

第6章「PPLPの高油圧化によるACおよびインパルス破壊特性の向上」では、PPLPの高油圧化によるAC及びインパルス特性改善効果を詳細に検討し、それを定量的に評価できる実験式を見出すことにより、電力ケーブルの更なる性能向上手法を明らかにしている。

第7章「500kV級及びUHV級PPLP絶縁AC OFケーブルの開発」では、500kV級以上のEHVからUHV級OFケーブルに必要な誘電特性を示し、それに適したPPLPを設計し、PP比率 $k \approx 60\%$ のPPLPが開発されたことが述べられている。それがカナダの800kV OFケーブルに応用され、その優れた性能が長期性能実証試験を通じて明らかにされている。なお、このケーブルにおいては、前章で確立された“PPLPの高油圧化”手法が有効に適用されている。

第8章「長距離 500kV 連系線用 PPLP 絶縁 AC 500kV OF ケーブルの開発と実用化」では、世界初となる長距離・大容量 PPLP 500kV OF ケーブル線路、“瀬戸大橋橋梁添架線”の設計から長期試験、線路建設までについて述べられており、それらを通して、PPLP の有用性が実証されている。

第9章「PPLP の直流 OF ケーブルへの適用」では、PPLP の直流特性と直流破壊のメカニズムを明らかにし、PPLP が直流において特に優れた耐圧特性を明らかにしている。その上で、長距離直流海底ケーブルへの PPLP 適用のメリットを明らかにしている。

第10章「光複合直流海底 OF ケーブルの開発」では、海底ケーブルの高機能化のために“光ファイバ複合技術”を開発し、性能を検証し、第2北海道～本州海底ケーブルに実用化されたことが述べられている。また、単芯海底 OF ケーブルと光ファイバを複合する際の最適構造が示されている。

第11章「PPLP 絶縁直流 500kV 海底ケーブルの開発と実用化」では、第9章、第10章で得られた知見を基に開発がなされた、世界最大の PPLP 直流 $\pm 500\text{kV}$ 、2.8GW 送電海底ケーブル“紀伊水道直流連系線(橘湾海底ケーブル)”について述べられている。

第12章「PPLP Solid DC 超長距離深海敷設大容量海底ケーブルの開発」では、非給油型の超長距離大容量直流海底ケーブルにおいては、高 PP 比率(高 k)の PPLP と中粘度絶縁油との組合せを行う、PPLP Solid DC ケーブルが有効であることを明らかにしている。

第13章「PPLP 絶縁高温超電導(HTS)ケーブルの開発」では、高温超電導ケーブルに必要な液体窒素中での PPLP 絶縁の基本特性を明らかにし、交流 66kV 高温超電導ケーブルに適用され、長期実証試験によってその有効性が示されたことが、述べられている。また、PPLP 絶縁高温超電導ケーブルとしては、交流使用より直流使用にあることが、提案されている。

第14章「結論」では、以上の成果をまとめ、内容を総括している。

以上これを要するに、液体含浸絶縁の重要構成要素であるポリプロピレンラミネート紙(PPLP)について、誘電絶縁特性、機械特性、膨潤特性など基本特性の詳細な実験的検討を通じて、最適な特性および構成を明らかにし、また、PPLP 絶縁ケーブルの設計手法を確立し、それらを 500kV 交流および直流電力ケーブルを始めとした大容量実送電線路へ応用することにより有用性を実証した点で、電気工学、特に高電圧、電力工学に貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。