



Title	固体絶縁ケーブル用材料の劣化メカニズムと高性能化に関する研究
Author(s)	宮下, 芳次
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/46009">https://hdl.handle.net/11094/46009</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	宮下芳次
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第19666号
学位授与年月日	平成17年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	固体絶縁ケーブル用材料の劣化メカニズムと高性能化に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 吉野 勝美 (副査) 教授 八木 哲也 教授 尾浦憲治郎 教授 森田 清三 教授 栖原 敏明 助教授 尾崎 雅則

### 論文内容の要旨

本論文では、架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル(XLPEケーブル)の劣化メカニズムと高性能化に関し、主に材料科学的観点から多角的な研究を行った成果をまとめた。

第1章では、序章として本研究が対象とする固体絶縁電力ケーブルの構成、要求特性と本研究の目的を明らかにした。

第2章では、電気絶縁用架橋ポリエチレンの作製に関し、低密度ポリエチレンの架橋反応機構に着目した研究を行い、XLPEケーブルのモールド接続工程で問題となっていたミクロボイド発生の課題を解決することができた。また、架橋反応の基礎過程を研究することで、耐熱性に関わる架橋度の制御に対する多くの知見を得た。

第3章では、電力ケーブル絶縁体の典型的な複合劣化として知られる水トリー劣化現象に対し、電気化学的性質の異なる水以外の溶媒を用いることで、主要因である水の役割を明確にすることができた。水以外の溶媒でも電解質を容易に解離させる高誘電率溶媒であれば、水トリーと同様の劣化現象が生じること、さらにこの劣化反応についてはカチオンの影響が大きいことを明確にし、その抑制法を提案した。

第4章では、電力ケーブルにおける電界緩和層として用いられる導電性カーボンブラックを充填した半導電材料について、安定した導電性能を確保するための方法について、主に成型条件からの検討を行った。

第5章では、電力ケーブルのさらなる大容量、高耐熱化要求に応えるべく、現行架橋ポリエチレン絶縁体以上の耐衝撃電圧特性を与えるための材料検討を行った。

第6章では、メタロセン触媒を用いて新たに重合されたシンジオタクチックポリプロピレンが非架橋でも現行の架橋ポリエチレンよりも耐熱性、電気絶縁性に優れることを明らかにした。さらに、電力ケーブル絶縁体への適用を目的として、製造技術を確立し、実際に製作したケーブルについて長期試験も含めた電気性能評価を行い、現行架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブルと同等以上の性能を有することを見出し、リサイクル可能な新規ケーブルとして適用可能であることを提案した。

第7章では、固体絶縁ケーブル用の劣化メカニズムと高性能化に関する第2章から第6章までの研究成果を要約して記述した。

## 論文審査の結果の要旨

電力輸送用電線、ケーブルのさらなる信頼性向上、高性能化が強く求められているが、本論文では架橋ポリエチレン絶縁電力ケーブル (XLPE ケーブル) の劣化メカニズムと高性能化に関し、材料科学的観点から多角的な研究を行い、さらに高耐熱化を狙ってシンジオタクチックポリプロピレンのケーブルへの応用に関する研究を行っており、得られた主な成果を要約すると、以下の通りである。

- (1) 電気絶縁用架橋ポリエチレンの作製に関し、原材料である低密度ポリエチレン、架橋剤、酸化防止剤を取り上げ、それらの相互作用を明らかにしている。ポリエチレンの架橋に使用される有機過酸化物架橋剤 DCP (Dicumyl peroxide) は、単にポリエチレンと反応するだけではなく、酸化防止剤とも反応し、架橋効率に影響を与えることを見出している。さらに、XLPE ケーブルのモールド接続工程において問題となっていた絶縁体中のミクロボイド発生現象が、DCP と反応した酸化防止剤が DCP 分解残渣の一つであるクミルアルコールの脱水反応を促進した結果生じる水に起因することを反応機構の基礎から解明し、その対策法を確立している。
  - (2) 電力ケーブル絶縁体の典型的な複合劣化である水トリー劣化現象の反応過程における水の役割を明確にすべく、種々の溶媒を用いて、同様のトリー発生有無について検討し、水トリー劣化は水に限った反応ではなく、電解質を容易に解離させる高誘電率溶媒であれば、同様の劣化現象が生じ、イオン、特にカチオンの影響が大きいことを見出している。
  - (3) 電力ケーブル絶縁体と導体との電界緩和を目的として設けられている半導電層には、絶縁体と同類の高分子材料に導電性カーボンブラックが添加されたものが使われるが、その導電性は、単にカーボンブラック添加量だけではなく、ポリマーマトリクスの性質や成型温度・時間が影響することを明らかにしている。さらにこのような影響要因は、導電通路となるカーボンブラック二次ストラクチャーの発達性と相関することを見出している。
  - (4) 電力ケーブルのさらなる大容量、高耐熱化には、熱-機械特性に優れるポリプロピレンが有望であるが、この材料は剛直であるため、その可撓性の改良が必要であり、軟質材料とのポリマーブレンドが必要であること、さらに球晶等のモフォロジー的欠陥の制御が不可欠であることを示している。
  - (5) メタロセン触媒を用いて重合されたシンジオタクチックポリプロピレンは現行のXLPE よりも耐熱性、電気絶縁性に優れ、電力ケーブルの大容量化に有効であることを明らかにしている。またこの新規ポリプロピレンは、従来のアイソタクチックポリプロピレンで問題となっていた可撓性不足、球晶界面での物性・電気性能低下、銅との接触劣化の課題を解決できることを見出している。さらに、実際にこのシンジオタクチックポリプロピレンを絶縁体としたケーブルを作製し、その性能は現行XLPE ケーブル以上であることを確認している。
- 以上のように、本論文はXLPE の劣化メカニズムを解明し、その高性能化を実現し、さらにシンジオタクチックポリプロピレンを用いて新規高耐熱性ケーブルが作製できること、それが優れた特性を示すことを実証しており、電子工学に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。