OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ポリエチレンの電気伝導と絶縁破壊に関する研究
Author(s)	天川, 清士
Citation	大阪大学, 1973, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/1961
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【22】

氏名・(本籍)	天川清士（あまかわきよし）
学位の種類	工学博士
学位記番号	第2854号
学位授与の日付	昭和48年5月25日
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当
学位論文題目	**ポリエチレンの電気伝導と絶縁破壊に関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 犬石嘉雄
	(副査) 教授 西村正太郎　教授 山中千代衛　教授 川辺和夫
	教授 鈴木胖　教授 三川礼

論文内容の要旨

本論文は著者が昭和36年度および昭和46年度に大阪大学工学部に内地留学中において、ポリエチレンの電気伝導と絶縁破壊に関して行なった研究成果、および姫路工業大学において進めてきた研究成果の一部をまとめたものである。

論文は5章および謝辞から成っている。以下各章ごとに順を追ってその内容の梗概を述べる。

第1章　序　論

本章では主として高分子物質の電気絶縁材料として占める地位およびその重要性について述べた。さらに高分子物質が電気工学にあるいは物性解明の理論面において有する諸問題について概観し、その問題点の解明がいかに重要であるかを述べることによって、本論文の目的と意義を明らかにした。

第2章　ポリエチレンの電気伝導

本章では高分子絶縁材料の比較的高電界における電気伝導の機構を明らかにする目的で、ポリエチレンを用いて、電子線照射および酸化と電気伝導との関係を調べた。

一般にポリエチレンの電流対印加電圧特性は低い印加電圧から、オーム則領域空間電荷制限電流領域、および電流急増領域に分けられる。電子線照射によって比較的深いトラップが主として結晶領域中に導入され導電率は低下する。酸化によってポリエチレンに比較的浅いトラップが導入される。片面酸化ポリエチレンの電流対電圧特性に明らかな極性効果が認められ、このことから酸化によって導入されたトラップは電子トラップであると結論された。

高電界における電流急増領域はPoole-Frenkel型電子伝導が行なわれる領域であると結論された。

第3章　酸化および未酸化ポリエチレンの熱刺激電流

直流高電圧で荷電された酸化および未酸化ポリエチレンの熱刺激電流を120°Kから300°Kの温度領域において観測した。この熱刺激電流はポリエチレン中の不純物イオンあるいは双極子に起因するも

のではなく、100KV/cm以上の高電界において電極から電子が注入されトラップに捕えられたこの注入電子に起因するものであることを明らかにした。酸化によって熱刺激電流は増大しトラップが導入されることが確認された。ポリエチレンの熱刺激電流の解析の結果4種のトラップの存在を明らかにした。各トラップの伝導帯からのエネルギー深さは、高密度ポリエチレンに対して、0.09、0.17、0.35および0.62eV；低密度ポリエチレンに対して、0.11、0.3および0.75eVと求められた。

酸化ポリエチレンの熱刺激電流の全電荷量すなわちトラップ濃度とカルボニル基濃度およびニトロ基濃度との関係を調べ、酸化によって導入されたカルボニル基およびニトロ基がそれぞれ電子トラップの一つとして作用することを推論した。

第4章　ポリエチレンの絶縁破壊

ポリエチレンの方形波パルス電圧による絶縁破壊の特性は、著者らの実験結果から、−200℃から−65℃までの破壊強度の温度依存性がない領域、−65℃から軟化温度までの破壊強度が温度上昇とともにゆっくり減少する領域、および融点付近の破壊強度が急減する領域に分けることができる。直流破壊の場合には、さらに−20℃付近における破壊強度急減領域が付加される。

低温領域では、破壊強度の試料厚さ依存性が認められないこと、および電子トラップの導入されたポリエチレンの破壊強度が増加することなどから真性絶縁破壊が生じていると結論した。直流破壊強度はパルス破壊強度にくらべて結晶化度の小さいもの、欠陥の多いものほど大きい。これは注入電子がトラップに捕えられトラップの多いものほどより大きな負性空間電荷が陰極近傍に形成されるためと考えられる。この空間電荷の形成に必要な時間は約50μsecと求められた。

高温領域においては、電子熱破壊が起ると考えられる。こゝではポリエチレンの高電界伝導電流の急増が破壊強度の低下になんらかの形で関係していることが予想され、Frohlich氏流の電子熱破壊理論を変容して、破壊機構の説明を与えた。

第5章　結　論

第2章から第4章までの著者による研究結果および今後に残された問題点を総括することによって本論文の結論とした。

論文の審査結果の要旨

最近電力施設の高電圧化にともなって絶縁材料の絶縁破壊耐力、漏洩電流などの向上が重要な課題になっている。

本論文は高分子絶縁材料としてよく使用されるポリエチレンの絶縁破壊と電気伝導の基礎機構を物性工学的な立場にたって検討したものであり、幾多の新知見を得ている。例えば

（Ⅰ）　まず低電界から高電界までの電気伝導を求め、それが空間電荷制限電流であり、高電界では不純物準位からPoole-Frenkel型の放出が起ることを明らかにしている。

（Ⅱ）　熱刺激電流の測定からトラップ準位の深さとトラップ密度を求めそれが酸化によって増大することからカルボニル基がトラップとして重要な役割をしていることを推測している。

(Ⅲ) 結晶化度の異ったポリエチレンの絶縁破壊電界を酸化度、温度、電圧、波形、材料厚さなどの関数として測定し、低温域では酸化、放射線照射、結晶度の低下などによる極性基やトラップの導入で空間電荷効果で直流破壊電界が著しく増大すること、破壊電界が高分子の構造と転移点に関連していることを見出している。

(Ⅳ) 高温域では逆に酸化等によるトラップの導入が破壊電界の低下をもたらすことを見出しこれをFrohlichの電子熱破壊とホッピング伝導の立場から検討している。

以上のように本論文は電気絶縁工学上に重要な貢献をするものであり、博士論文として価値あるものと認める。