



Title	極低温に於ける液体ヘリウムおよび高分子の電気絶縁破壊に関する研究
Author(s)	金, 相賢
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/35160
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、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏名・（本籍）	きん	さん	ひよん
学 位 の 種 類	金	相	賢
学 位 記 番 号	工	学	博 士
学位授与の日付	第	7 2 6 4	号
学位授与の要件	昭和 61 年 3 月 25 日		
	工学研究科 電気工学専攻		
	学位規則第 5 条第 1 項該当		
学位論文題目	極低温に於ける液体ヘリウムおよび高分子の電気絶縁破壊に関する研究		
論文審査委員	(主査) 教 授 藤 井 克彦		
	教 授 山中千代衛	教 授 平木 昭夫	教 授 鈴木 胖
	教 授 加藤 義章	教 授 望月 孝晏	教 授 黒田 英三

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は液体ヘリウムを中心とする極低温液体および極低温における高分子材料の電気絶縁破壊現象と機構について調べた結果をまとめたものであり、8章から構成されている。

第1章では極低温研究の持つ社会的、学術的意義ならびに極低温電気絶縁の研究の重要性と問題点について述べ、本論文の目的と意義を明らかにしている。

第2章では、現在までに報告されている液体および固体誘電体の破壊現象に関する多くの理論を総括して一般的に考察している。

第3章では、超流動および常流動ヘリウムの絶縁破壊において、陰極からの電子注入が重要な役割を演じていることを明らかにしている。また、特異的なコンディショニング効果があることを見出し、これが放電により陰極面の荒れの進行が電子注入に影響を与えるためとして説明できることを明らかにしている。更に、電子注入を抑制する陰極面のコーティングは陽極面のコーティングより絶縁破壊抑制の面で効果的であること、また不完全な陽極コーティングは著しい破壊電圧の低下をもたらすことを明らかにしている。

第4章では、絶縁性高分子および金属性バリアーを不平等電界中に挿入してヘリウムの直流絶縁破壊特性を調べた結果、バリアーの位置により著しく破壊電圧が変化することを明らかにし、これをコロナ放電による電荷供給でバリアーが平板電極化するという効果で説明している。さらに、発光及び気泡発生とその放射という特異な絶縁破壊前駆現象を見出ししている。

第5章では、同じ希ガス液体でありながら電子移動度が液体ヘリウムに比べて桁違いに大きい液体アルゴン、クリプトンの破壊電圧の極性効果、純度の影響等を調べ、これらの液体では電子なだれ等の電

子的過程が重要な役割を演じていることを明らかにしている。

第6章では、極低温特に液体ヘリウム中における高分子の絶縁破壊は媒質効果が著しく、それを除去すれば液体窒素温度（77 K）以下の低温領域の破壊電界は殆ど温度に依存しないこと、またこの結果は電子なだれ破壊理論により説明されることを明らかにしている。広い温度範囲で絶縁破壊電界を調べると、ある臨界温度 T_c 以上では破壊電界は低下し、これが熱的破壊により説明されることを明らかにしている。

第7章では、極低温における高分子の機械的ストレス効果と、ストレス下の電気的性質として $\tan \delta$ および絶縁破壊特性について調べ、ストレスの増加につれて破壊電界は次第に減少し、特に、破断直前での低下が顕著であることを明らかにしている。その原因をストレスによる高分子構造内部のマイクロクラックの発生と関連して考察している。

第8章では、本研究の結果を総括し、本論文の結論を述べている。

論文の審査結果の要旨

省エネルギー技術の新しい動向として超電導現象の応用すなわち、エネルギー貯蔵用超電導コイル、超電導ケーブル、各種超電導機器の研究、開発が進められているが、これら超電導機器は極低温で動作するため、これらの機器の安全性、信頼性等を確保する上で、さらに最適設計を行う上で、極低温電気絶縁技術を確立することは重要な問題の一つである。しかしながら極低温における絶縁材料の特性、特に高電界現象、破壊等についてはほとんど明らかになっていないのが実状である。

本論文は、超電導機器の冷媒として、また絶縁材料として使用される液体ヘリウム及び固体絶縁材料としての高分子の極低温での絶縁破壊特性と、その基礎的な機構を実験的に調べた結果をまとめたものである。得られた成果の主なものをあげると次の通りである。

- (1) 液体ヘリウムの絶縁破壊では超流動、常流動いずれの状態においても陰極からの電子注入が重要な役割を演じていること、熱的效果も考慮に入れると極低温媒体として超流動ヘリウムが優れていることを明らかにしている。
- (2) 液体ヘリウムの絶縁破壊におけるコンディショニング効果、電極コーティング効果を調べ、ヘリウムのみに存在する特異現象を発見している。これを基本的には陰極からの電子注入におよぼす電極面の状態と空間電荷の影響で説明しているが、この効果は実用機器においても重要な問題である。
- (3) 液体ヘリウム絶縁におけるバリアー効果、すなわち電極間にバリアーを挿入すると破壊電圧が著しく変化する現象を初めて明らかにしている。これをコロナ放電による電荷供給のためバリアーが平板電極化するという効果で説明しているが、これは実際の超電導機器の絶縁構成を考える上でも極めて重要な知見である。
- (4) 液体ヘリウム中での高分子の絶縁破壊強度は媒質効果が著しいが、これを除去すれば破壊電界は上昇し、しかも低温域ではほとんど温度に依存しないこと、しかしある臨界温度以上になると著しく低

下することを見い出している。これらの現象を考察した結果、高分子の絶縁破壊は低温域では電子なだれ理論により、高温域では熱的破壊機構により説明されることを明らかにしている。

- (5) 極低温における高分子の絶縁破壊電界は機械ストレスと共に次第に低下し、特に破断直前での低下が顕著であることを見出し、ストレスによる高分子内部でのマイクロクラックの発生と関連づけて説明している。実用機器では課電中に種々の原因で機械ストレスが重畳するので、ここで得られた知見は極めて重要であるといえる。

以上述べた様に本論文は極低温電気絶縁に関する多くの重要な新知見を含み電気工学に寄与する所が大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。