

Date of Submission:

平成 29年 8月 30日

Department: Department of Electrical and Electronic Information Engineering
---

Applicant's name 氏名	Tomohiro Kawashima
------------------------	--------------------

Contact faculty 紹介教員	Hirofumi Takikawa
----------------------------	-------------------

Abstract  
論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	固体高分子複合系の電気絶縁特性に及ぼす部分放電と帯電の影響 (Electrical Insulation Characteristics of Polymeric Insulating Composite System Influenced by Partial Discharge and Charging)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

<p>Since the Great East Japan Earthquake of March 11, 2011, the demands of high efficiency and low loss of electrical energy is more increasing. DC power transmission by cable or hybrid/electric vehicle is one of the candidates for solving these problems. The surface or inside of the insulation part in these electrical equipment is easily charged due to being driven by DC or high frequency. The electrical field is distorted by the surface or inside charge of the insulator and the field became higher than the designed field of these electrical equipment. Consequently, the partial discharge occur easily, and it may lead to dielectric degradation and finally breakdown of the insulation. In this study, it is clarified the influence of the charge behavior on the partial discharge for actual insulating systems.</p> <p>1. Influence of surface charge behavior on partial discharge in insulating paper-high viscosity insulating oil system</p> <p>The surface charge movement in the high viscosity insulating oil is more suppressed than that in low viscosity insulating oil. In general, the insulation performance with small number of polarity reverse or without polarity reverse is maintained because the field is relaxed by the surface charge. In addition, the insulation performance with polarity reverse is lower due to the field enhancement by the surface charge. The tests recommended by CIGRE or IEC does not contain the partial discharge measurement, but this result suggests that the partial discharge measurement plays an important role in diagnosing the condition of the DC power cable with high viscosity insulating oil.</p> <p>2. Influence of space charge behavior on breakdown strength in insulating paper-liquid nitrogen system</p> <p>When the insulating paper-liquid nitrogen system is applied to the insulation of DC high temperature superconducting cable, the insulation performance is decreased because of the charge injection into the insulating paper. It is clarified that the breakdown strength of the insulating paper became lower due to negative charge injection. By using the high density insulating paper, the decrease of the breakdown strength by negative charge injection is small. From the results, it is suggested that the reliability of the DC high temperature superconducting cable is improved by changing the insulating paper according to the mechanism of the charge injection.</p> <p>3. Influence of surface charge behavior on partial discharge inception voltage in insulating sheet-air gap system</p>
--

Polyimide is mainly used in the insulating material in motors of hybrid/electric vehicle. It is suggested that the measurement scatters of partial discharge inception voltage can be reduced by controlling the surface charge on the insulating sheet. In addition, it is clarified that the partial discharge inception voltage became higher or lower in accordance to the surface charge amount.

#### 4. Basic study of new method for onsite test in diagnosis of insulating degradation

In general, the radiation of electromagnetic waves generated from partial discharge source can detect by antennas. It is clarified that the partial discharge characteristics can also be investigated by the radiation of electromagnetic waves generated from the circuit current of the partial discharge. This new detection method can contribute to the diagnosis of the existing electrical equipment since it is not necessary to install antennas at the design stage of the electrical equipment. Furthermore, from the investigation of the relationship between the nonlinearity of dissipation current waveform and the space charge behavior, it is suggested that a small amount of space charge can be estimated by using the phase shift of the dissipation current waveform.

From above results, the degradation mechanism of insulation performance from the aspect of the charge behavior can contribute to the insulation design of actual equipment and diagnosis methods.

Department: 電気・電子情報工学専攻
----------------------------

Applicant's name 氏名	川島 朋裕
------------------------	-------

Contact faculty 紹介教員	滝川 浩史
----------------------------	-------

Abstract  
論文内容の要旨 (博士)

Title of Thesis 博士学位論文名	固体高分子複合系の電気絶縁特性に及ぼす部分放電と帯電の影響 (Electrical Insulation Characteristics of Polymeric Insulating Composite System Influenced by Partial Discharge and Charging)
----------------------------	--

(Approx. 800 words)

(要旨 1,200 字程度)

2011年の東日本大震災以降、電気エネルギーの送電の低損失化、またその利用の高効率化の要求は高まっている。送電の低損失化として電力ケーブルを用いた直流送電、利用の高効率化としてハイブリッド/電気自動車に広く用いられているモータの高効率化が解決策として注目されている。これらの電力機器は従来の交流電界と異なり直流電界もしくは高周波数で駆動する必要があるため、絶縁体表面もしくは内部帯電が残存しやすく、機器内部電界が設計電界よりも高電界化し、部分放電の発生が容易になる可能性がある。本研究では、電気エネルギーの送電、利用の高効率化に資するために電気絶縁の観点から問題となる部分放電と帯電が複合絶縁系に与える影響を明らかにした。

### 1. 高粘度絶縁油中における部分放電と表面帯電

従来の低粘度絶縁油に比べて高粘度絶縁油を用いた場合、帯電電荷の移動が抑制されることを明らかにした。電力潮流制御による電圧の極性反転が少ないもしくは無い場合においては、帯電電荷によって局所電界が緩和されるため部分放電が生じ難くなり絶縁性能が向上する可能性が示唆された。一方で極性反転がある場合においては、帯電電荷によって局所電界が強調されるため部分放電が生じ易くなり絶縁性能が低下する可能性が示唆された。CIGRE(国際大電力システム会議)や IEC(国際電気標準会議)においては直流電力ケーブルにおける部分放電測定の推奨はないが、本研究の成果は直流においても部分放電の測定が重要であることを示した。

### 2. 絶縁紙-液体窒素複合系の部分放電を介した絶縁破壊と内部帯電

直流超電導ケーブルの電気絶縁構成として絶縁紙-液体窒素複合系を用いた場合、絶縁紙内部へ部分放電によって負電荷が侵入し、絶縁破壊の強さを低下することを明らかにした。絶縁紙の密度を増加することによって絶縁紙内部への負電荷侵入の抑制が期待でき、従来の電圧階級に合わせて十分な絶縁破壊の強さを持つ絶縁紙を選定する方法ではなく、電荷侵入メカニズムを考慮して絶縁紙を選定・開発することによって超電導ケーブルの信頼性が更に向上するものと考えられる。

### 3. 絶縁体-空気ギャップ複合絶縁系における部分放電と表面電荷

ハイブリッド/電気自動車用モータ巻線の被覆に使用されるポリイミドの部分放電特性に与える帯電の影響を調査し、除電による部分放電開始電圧の測定ばらつきの低減と帯電によって部分放電開始電圧が増減することを明らかにした。帯電分布を加味すれば、表面電位を考慮した電位差のみで部分放電開始電圧が決定されることを明らかにした。

#### 4. 電力機器の新たなオンライン絶縁劣化診断手法の提案に向けた基礎検討

部分放電に伴って流れる回路電流からの放射電磁波を検出することで部分放電特性が検討できることを明らかにした。この方法はあらかじめアンテナを機器内部に設置する必要がないため既存の電力機器・ケーブルの診断にも貢献できる。また、交流損失電流波形の非線形性と位相差を用いて微小量の空間電荷侵入量を検討できることを明らかにした。

本論文で述べた帯電電荷挙動による絶縁性能低下メカニズムは、実機の絶縁設計と評価手法の改善・向上に貢献できると考える。