PVCの空間電荷形成と漏れ電流特性に及ぼす安定剤の影響

学生員 村上 貴昭 非会員 柴 隆一
非会員 高井 裕司

Effect of Stabilizer on Space Charge Accumulation and Characteristic of Leakage Current Density in PVC

Takaaki Murakami, Ryuichi Shiba, Hiroshi Takai, Member (Tokyo Denki University)

キーワード：空間電荷, 漏れ電流, ポリ塩化ビニル, 安定剤

従来、我々は高分子材料の電気的特性を解明するため、直流電圧印加時に形成される空間電荷分布と漏れ電流特性を測定し検討してきた。本研究では、電線や電気コードの絶縁体に用いられているポリ塩化ビニル(PVC)の空間電荷分布と漏れ電流特性を測定し、その電気的特性を検討した。PVCは加工時や使用環境下での温度、光、酸素などの外的要因により脱塩化水素反応を主体とする分解反応が起こると言われている⁽¹⁾。また脱塩化水素は分解反応を促進させる働きがあるため、PVCには熱的安定化が必要となる。本研究では、PVCの安定化に用いられる安定剤や脱離した塩化水素が電気的特性に及ぼす影響を考察した。

実験に用いた材料は、安定剤無添加の軟質PVC(重合度1050, 可塑剤 DOP: ジ-2-エチルヘキシルフタレート50重量部, 厚さ0.5mm)と安定化軟質PVC(重合度1050, DOP50重量部, 安定剤 St-Pb: ステアリン酸鉛 1重量部 またはSt-Ca: ステアリン酸カルシウム 1重量部, 厚さ0.5mm)の3種類である。以下、それぞれPVC(無添加)、PVC(St-Pb)、PVC(St-Ca)と表記する。なお、PVC(無添加)は安定剤を添加せずに加工・成形しているので熱的作用により試料内部で分解反応が起こり、脱塩化水素を多く含んでいると思われる。

各PVCに6kV/mm, 10kV/mm, 14kV/mmの電界を30分間印加し、高分解能パルス静電応力法⁽²⁾を用いて空間電荷分布を測定した。漏れ電流測定においては、ガード電極で表面漏れ電流を除いてデジタル電流計にて体積漏れ電流のみを測定している。また、脱塩化水素の挙動を調べるため、可塑剤であるDOPと塩酸(10^{-2} mol/l)を添加したDOP (DOP+HClと略す)の空間電荷分布を測定した。このときの印加電界は、2.5 kV/mm, 5kV/mm, 7.5kV/mm, 10kV/mmとし、印加時間はそれぞれ1分間とした。

ただし、PVCやDOPの試料内部では、弾性波の減衰が大きいため圧電素子と反対の電極界面付近の空間電荷分布が正確に確認されない。そのため、圧電素子側の電極界面付近の空間電荷挙動だけを注目し、正負各極性の電圧を印加した測定結果を同じ図中に示した。

図1に各PVCの空間電荷分布の測定結果を示す。PVC(無添加)では、陽極界面においてヘテロ空間電荷が形成され、電界強度に比例して増加傾向を示す。また陰極界面ではほと

図1 PVC内の空間電荷分布

Fig.1. The Space Charge Distribution in PVC

んど空間電荷は形成されない。PVC(St-Ca)では両極界面でホモ空間電荷が蓄積され、電界強度に比例して増加する。陽極界面から約10 μ mの試料内部ではヘテロ空間電荷量が電界強度の増加とともに増えることがわかる。PVC(St-Pb)においても電界強度に比例して両極界面に蓄積するホモ空間電荷量が増加し、陽極界面から約10 μ mの試料内部ではヘテロ空間電荷が形成される。陽極界面のヘテロ空間電荷量はPVC(St-Ca)とほとんど等しく、PVC(無添加)よりも少ない。また形成されるホモ空間電荷量はPVC(St-Ca)よりも多く、形成領域も広いことがわかる。

図2 PVCの漏れ電流密度

Fig. 2. The Leakage Current Density of PVC

(a) DOP

(b) DOP+HCl

図3 DOPの空間電荷分布

Fig. 3. The Space Charge Distribution in DOP

図2に漏れ電流測定結果を示す。ここでは漏れ電流値が平衡となる印加30分後の測定値と電界強度特性を示している。また同様な漏れ電流実験を数回行った結果、数%の誤差はあるもののほとんど一定であった。この結果より安定化PVCは、PVC(無添加)の漏れ電流値よりも小さいことが確認できる。また安定化PVCにおいても電界強度に依存せず、PVC(St-Ca)のほうがPVC(St-Pb)よりも漏れ電流値は約1.2倍大きいことがわかる。14kV/mm印加時の漏れ電流値はPVC(無添加)が124(pA/mm²)、PVC(St-Ca)が86(pA/mm²)、PVC(St-Pb)が72(pA/mm²)となり、PVC(無添加)はPVC(St-Ca)とPVC(St-Pb)のそれぞれ1.44倍、1.72倍となる。

図3にDOPとDOP+HClの空間電荷分布を示す。両者とも、両電極界面ではヘテロ空間電荷が形成される。また陰極界

面よりも陽極界面に形成されるヘテロ空間電荷が大きいことがわかる。これより、各PVCにおいて陽極界面に形成されたヘテロ空間電荷は、DOPの影響であると考えられる。DOP+HClはDOPよりもヘテロ空間電荷量が多く、印加電界に比例して増加することがわかる。

以上の結果よりPVCの安定剤は、ヘテロ空間電荷を抑制するとともに導電率を減少させ、ホモ空間電荷形成を促すことがわかった。また安定剤の種類による効果の違いも確認できた。可塑剤はヘテロ空間電荷形成の要因となることがわかった。分解劣化が起きていると思われるPVC(無添加)では、陽極界面にヘテロ空間電荷が多く蓄積し、安定化PVCよりも漏れ電流が大きいことがわかった。このヘテロ電荷形成は、PVC(無添加)と安定化PVCのDOP量が同じであることを考慮すると、DOPのみの影響だとは考えにくい。DOP+HClの結果からもわかるように、分解劣化による脱塩化水素がヘテロ空間電荷の形成や導電率の増加の一つの要因であると判断できる。以上のように空間電荷や漏れ電流測定がPVCなどの劣化判断の示唆とすることができると思われる。

最後に、実験に協力してくれた本学の鈴木佐江子さんに感謝します。測定法に関するご指示を頂いた郵政省通信総合研究所の前野恭氏、福永香氏に誠意を表します。

(平成8年度11月25日受付、平成9年度1月27日再受付)

文 献

- (1) ポリ塩化ビニル、4章(昭64)日刊工業新聞社
- (2) T.Maeno,T.Futami,H.kushibe and T.Takada:IEEE Trans. Elect. Insul., 23, No.3, 433-439,1988

村上 貴昭 (学生員) 1971年5月1日生まれ。95年3月東京電機大学電気工学科卒業。97年3月同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月(株)東芝入社。現在に至る

柴 隆一 (非会員) 1942年2月28日生まれ。東京電機大学工学部物質工学科教授。専門：高分子合成、物性。現在、機能性高分子材料、特に生分解性高分子の研究に従事。工学博士。

高井 裕司 (非会員) 1955年1月24日生まれ。77年3月早稲田大学理工学部電子通信学科卒業。84年同大学大学院博士課程修了。85年4月東京電機大学工学部電気工学科助手、96年10月同教授。現在に至る。主に電気電子材料および薄膜半導体材料の研究に従事。工学博士。