

(5) 中性子照射高分子材料の高電界電気特性に関する研究

豊田工業高等専門学校	光本 真一
松江工業高等専門学校	福間 眞澄
大島商船高等専門学校	藤井 雅之
名古屋大学大学院工学研究科	栗本 宗明
近畿大学原子力研究所	芳原 新也

1. はじめに

現在、電力ケーブルの電気絶縁材料としてポリエチレンが広く用いられている。送電時におけるエネルギー損失を減らすための方法として、直流送電が検討されている。しかしながら、直流電界下ではポリエチレン中に蓄積する空間電荷が局部電界を強調する事によって、ポリエチレンの本質的な絶縁破壊の強さよりも低い値で絶縁破壊が発生することが報告されている⁽¹⁾。また、近年の電気絶縁技術は電極突起、ボイド、異物等の除去技術の進歩にともない向上し、絶縁材料の設計電界の高電界化に対する要求も年々増加する傾向にある。そのため、直流高電界領域におけるポリエチレンの空間電荷特性を調べることは重要であるため、多くの研究結果が報告されている⁽²⁻³⁾。一方、原子力発電所や宇宙において使用される制御系電気ケーブルに、ポリエチレン材料が使用される場合、放射線がポリエチレンに絶えず照射されるため、放射線照射とポリエチレンの電気特性の関係についても多くの研究結果が報告されている⁽⁴⁻⁵⁾。

ポリエチレンの電気特性に対するガンマ線照射の影響や電子線照射の影響に関する研究は多く存在するが、原子力発電所や宇宙空間で発生する中性子線照射とポリエチレンの電気特性、特に空間電荷特性の関連について調べた報告例は、見当たらない。

そのため本研究グループでは、中性子照射高分子材料の高電界電気特性に関する研究として、中性子線が照射されたポリエチレンの空間電荷測定を行っている。

2. 試料および中性子照射方法

中性子照射源として、近畿大学原子力研究所所有を用いた。試料は、0.914、0.918、0.921、0.924 g/cm³の4種類の密度の低密度ポリエチレン (LDPE) を使用した。この試料に Pu-Be を用いて中性子線およびガンマ線を照射した。試料へ照射された中性子線フルエンスは 7.3×10^7 n/cm² でありガンマ線照射線量は 1.6×10^{-6} Gy である。

3. 空間電荷測定方法

電流積分電荷法⁽⁶⁾を用いてポリエチレン試料に所定の電圧を60秒間印加し測定を行った。電圧は、印加電界が10、30、50 kV/mmとなるように調整し、積分コンデンサは、10 μ Fの容量を用いた。電流積分電荷法による電荷測定において電圧除去後に過渡的減衰を経て安定に残留する電荷量は、電極からの注入電荷量に関係していると考えられることから、電圧除去60秒後にコンデンサに蓄積された電荷量 Q を算出した。なお Q の算出は、10 μ Fのコンデンサ電圧 V とコンデンサ容量の積によって求めた。すべての実験は室温で行った。

4. 実験結果および考察

図1-4に、LDPE試料における蓄積電荷 Q の測定結果を示す。10、30、50 kV/mmの印加電界においては、未照射試料および照射試料における蓄積電荷 Q の時間依存性に違いは全く認められなかった。そのため、図5において、印加電圧が一定である60秒間前後の電荷量 $Q_{(1)}$ 、 $Q_{(60)}$ を用いて $I = (Q_{(60)} - Q_{(1)}) / 60$ から電流値を計算したものを図5に示す。この図より、10 kV/mm印加時は、すべての試料において電流値の変化は見られないが、30、50 kV/mm印加時には、密度が低い試料ほど電流値が大きくなることがわかる。さらに、電圧除去後に残留する電荷量を各試料に対して求めた場合に、30、50 kV/mm印加時の残留電荷量の存在が認められた。電圧除去後に残留する電荷量の一部は、注入電荷量に関係していると考えられるので、今回用いた試料においては30 kV/mm以上の電界領域では電荷注入が生じている可能性も考えられる。

今後はさらに未照射LDPE試料および照射試料における実験条件を変化させていく予定である。

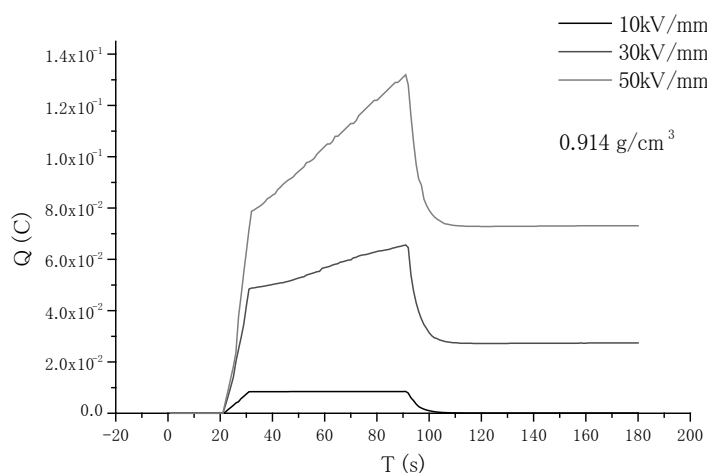


図1. 電流積分計の時間依存性 (密度 0.914 g/cm³)

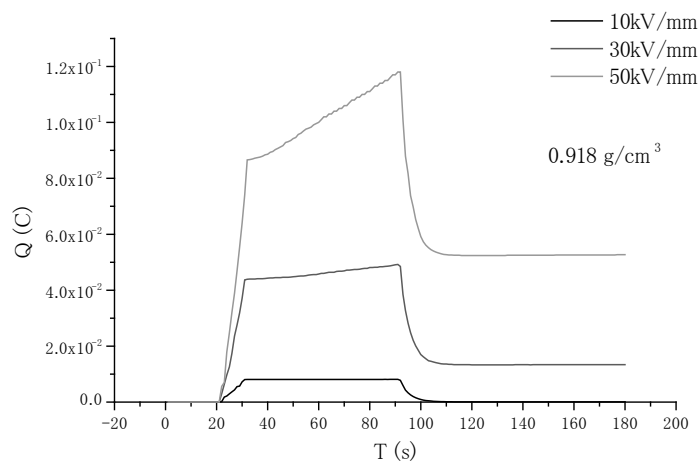


図 2. 電流積分計の時間依存性 (密度 0.918 g/cm^3)

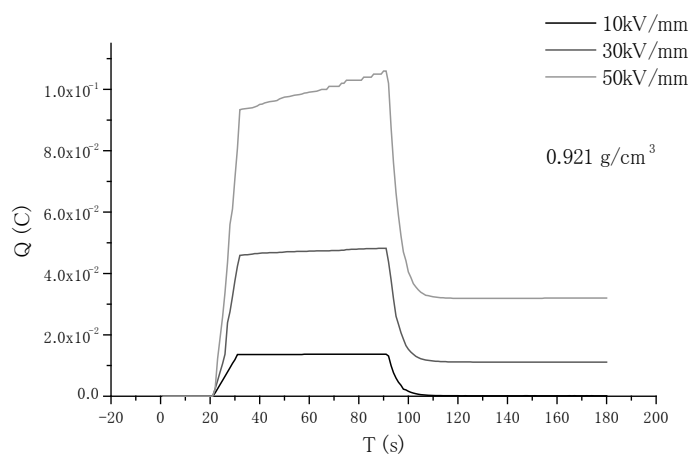


図 3. 電流積分計の時間依存性 (密度 0.924 g/cm^3)

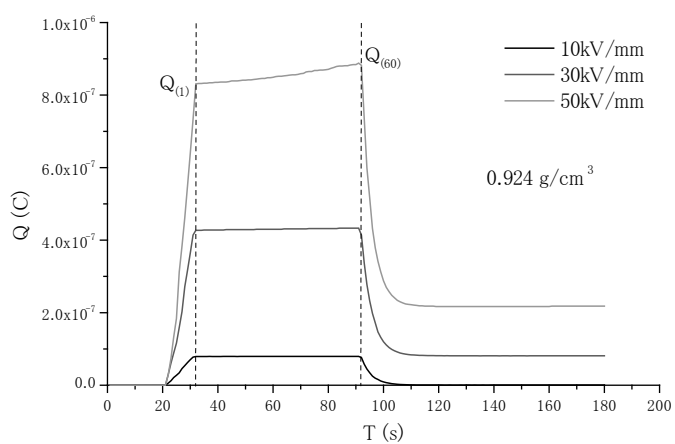


図 4. 電流積分計の時間依存性 (密度 0.924 g/cm^3)

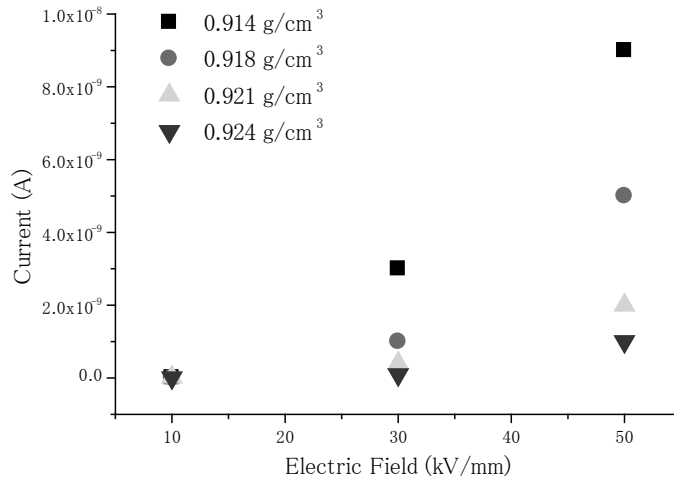


図 5. LDPE の電流値における電界依存性

5.まとめ

本報告では、中性子照射高分子材料の高電界電気特性に関する研究として、電流積分電荷法を利用して、中性子照射されたポリエチレンの電荷測定を行った。以下に得られた結果を示す。

- (1) 10、30、50 kV/mm の印加電界においては、未照射試料および照射試料における蓄積電荷 Q の違いは認められなかった。
- (2) 今回用いた試料においては 30 kV/mm 以上の電界領域では電荷注入が生じている可能性があることが考えられた。

参考文献

- (1) 金古：「極性反転時破壊特性に及ぼす空間電荷の効果」, 電学論 A, 60-A67 (1985)
- (2) 大林他：「XLPE 中のヘテロ空間電荷形成に及ぼす水分の影響」, 電学論 A, Vol. 122, pp.171-177 (2002)
- (3) 平井他：「ポリエチレン中の空間電荷分布形成に与える架橋剤分解残渣の影響」, 電学論 A, Vol. 122, pp. 308-314 (2002)
- (4) 山中他：「耐放射線高分子絶縁材料の残留電圧による放射線劣化診断」, 電学論 A, Vol. 110, pp. 781-788 (1990)
- (5) 杜他：「ポリエチレンの耐トラッキング性に及ぼす γ 線照射及び気圧の影響」, 電学論 A, Vol. 116, pp. 170-176 (1996)
- (6) 藤富寿之, 森琢磨, 岩田知之, 小野泰貴, 三宅弘晃, 田中康寛, 高田達雄：ガンマ線照射電線ケーブルの絶縁劣化特性の高電圧側・電流積分電荷量による評価. 電気学会全国大会, 2-57 p.69 (2016)