

(4) 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	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

試料は、 0.921g/cm^3 の密度の低密度ポリエチレン (LDPE) を使用した。この試料に近畿大学原子力研究所が所有する原子炉(UTR-KINDAI)を用いて中性子線およびガンマ線を照射した。この試料に中性子を照射させるための場所を次の三か所に設定した。

一つ目は炉心中央 (Field A)、二つ目は炉心上部 (Field B)、三つ目は炉心上部のさらに上部に設置された中性子ラジオグラフィ設備内部 (Field C) (図 1)である。原子炉 1W 出力運転時における照射時間 3 時間とした各場所の中性子束および

ガンマ線照射線量は以下の通りである。Field A では 1.2×10^7 [$\text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]、 1.2 [Gy]、Field B では 1.5×10^6 [$\text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]、 9×10^{-2} [Gy]、Field C では 1.0×10^4 [$\text{n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$]、 1.5×10^{-3} [Gy]である。



図 1. 原子炉設備における試料照射場所
Filed A、Filed B、Filed C

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対して電流積分計を用いて、所定の電圧を 300 秒間印加し測定を行った。電圧は、印加電界が 5, 7, 10 kV/mm となるように調整し、積分コンデンサは、 $1 \mu\text{F}$ の容量を用いた。すべての実験は照射 6 日後に室温 (27°C) で行った。

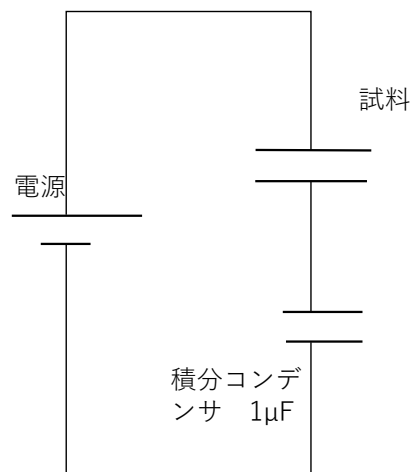


図 2. 電流積分電荷法の実験回路

4.実験結果および考察

図 3 に、未照射および照射 LDPE の積分電荷-電界特性を示す。この図 3 における積分電荷値は、印加電界が一定となった直後の積分電荷量 Q であるため、試料のコンデンサ部に充電された充電電荷量とほぼ等しいと考えられる。図の各点は、3 個の試料の平均値を示し、横棒は標準偏差を示す。この図 3 において、各電界領域では、充電電荷量の平均値は Field C, Field B, Field A の順に大きくなっていることがわかる。なお未照射試料と Field C の充電電荷量の平均値の差は、ほとんど見られなかった。この図 3 において、未照射試料と Field A のみをプロットしたものが図 4 である。図 4 から、未照射試料よりも Field A の値が、大きくなっていることがわかる。また未照射、Field A, Field B, Field C で照射された試料に対して、5~10 kV/mm の電界を 5 分間印加した場合の空間電荷を観測したが、試料内部に顕著な空間電荷蓄積は観測できなかった。これらのことから、今回照射した条件のもとで、Field B, Field C の照射時に、空間電荷測定装置では検出できない程度の僅かな電離電荷が生じ、電圧印加時に充電電荷量の増加に寄与した可能性も考えられる。

さらに調査を進めていく予定である。

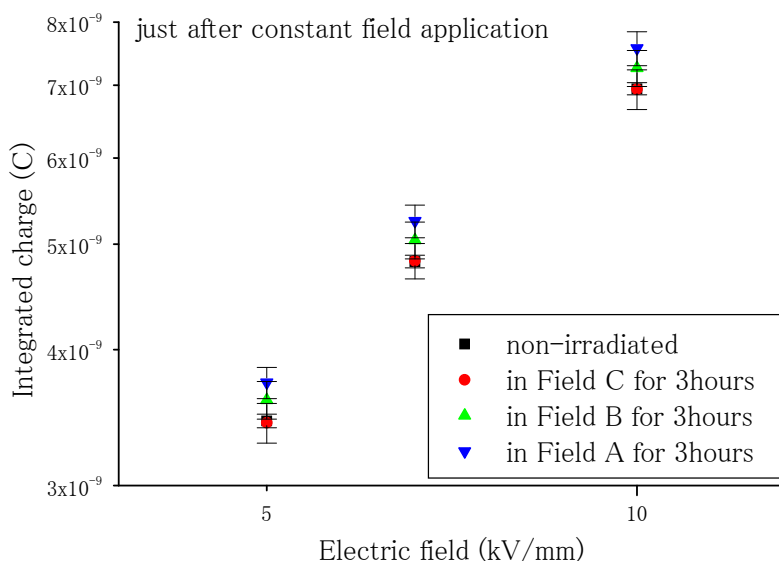


図 3. 未照射および照射 LDPE の積分電荷-電界特性

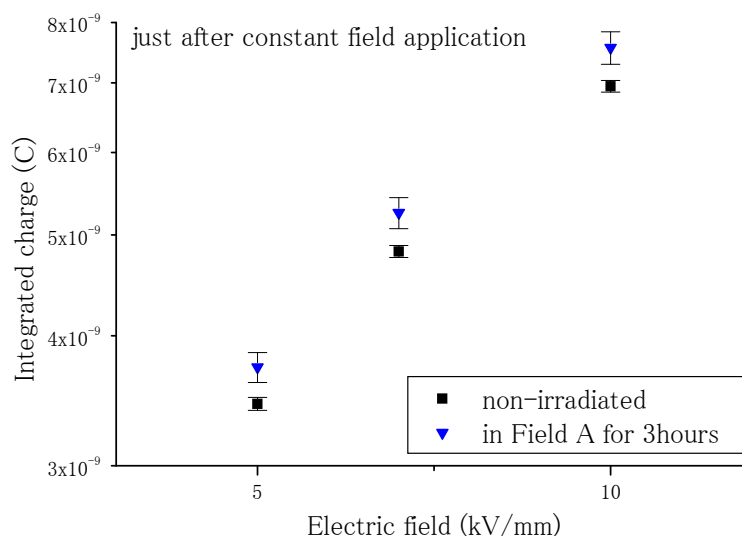


図 4. 未照射および照射 LDPE (Field A) の積分電荷-電界特性

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)