

マイクロ波誘電吸収法による高分子材料の経年劣化評価

Evaluation of Polymeric Materials Aged Deterioration by Microwave-Dielectric Absorption Technique

福井工業大学大学院
福井工業大学工学部

田中健司 Takeshi Tanaka Student
小林茂樹 Shigeki Kobayashi Student
林 賢太 Kennta Hayashi Student
廣本和也 Kazuya Hiromoto Student
砂川武義 Takeyoshi Sunagawa Associate professor

福井工業大学大学院

New technique has been examined for polyethylene rod. This technique has been observed microwave dielectric absorption in polymeric material. The resonance frequency has a peak at about 200kGy at 300K

Keywords: Microwave Technique, Polymeric Materials, Aged Deterioration

1. 緒言

軽量であり錆びない等有益な機能を持つ高分子材料は、多くの工業製品に使用されている。特に我々が住む福井県は、関西圏へ電力を供給する主要都市であり、その主たる原子力産業においても高分子ケーブル等多量の高分子材料が使用されている。これらの産業において使用される高分子材料は、高温、放射線照射下において長期間の使用が求められており、過酷な条件下においていかに安全性を高め信頼性を維持していくかが問題となっている。近年、高分子材料の劣化を高精度で尚且つ容易に測定する手法の開発が国及び産業界から求められている。

本研究は高分子材料が熱、放射線により、酸化、架橋もしくは解離反応を引起し、それに伴い分子構造が大きく変化し、機械的特性を変化させるような劣化過程に対し、本研究室で開発したマイクロ波誘電吸収法^{1,2}を適用することにより、分子構造の変化に相当する誘電率変化の測定結果から、高分子材料の劣化箇所を速やかに見つけ出すことを可能とする経年劣化測定技術の評価手法開発を行うことを目的とする。

2. 経年劣化評価

2.1 測定原理³

物質の電磁波に対する誘電特性は式(1)で表わさ

れるように、複素数で表わされる。

$$\varepsilon = \varepsilon' - i\varepsilon'' \quad (1)$$

ここで、 ε' は誘電率の実数部、 ε'' は誘電率の虚数部、 $i^2 = -1$ である。

対象とする高分子材料の分子構造に変化が起これば ε' や ε'' が変化するため、本測定法では式(2)に示すように、 ε' の変化量に比例するマイクロ波空洞共振器の共振周波数変化量 ΔB を測定することにより高分子材料内の分子構造変化の情報を得ることを可能としている。

$$\Delta B = \frac{f - f'}{f} \propto \varepsilon' \quad (2)$$

ここで、 f は基準物質を挿入した時のマイクロ波共振周波数、 f' は高分子材料を挿入した時のマイクロ波共振周波数、 ΔB は共振周波数の変化量である。

2.2 劣化試料作製

試料に関しては原子燃料工業株式会社 (NFI 照射サービス) における電子線照射サービスを利用しポリエチレンロッドを 10 MeV 電子線照射を行ったものをサンプルとして用いた。吸収線量は 30kGy~300kGy の領域で 30kGy 間隔おこなった。尚、温度及び雰囲気は室温、空気中で行った。

連絡先: 砂川武義、〒910-0026 福井県福井市学園
3-6-1、福井工業大学 工学部、電話: 0776-29-2576、
e-mail: sunagawa@fukui-ut.ac.jp

2.3 測定方法

図2に本測定で使用したXバンドマイクロ波回路図を示す。Gunn 発振器より生じた 9GHz マイクロ波を Circulator によりマイクロ波空洞共振器(Cavity)へ導き反射波を増幅し、周波数カウンター及びダイオードで検波した。ここで、マイクロ波空洞共振器は TE_{102} , $Q=8000$, 共振周波数 $f=9.3\text{GHz}$ を使用した。

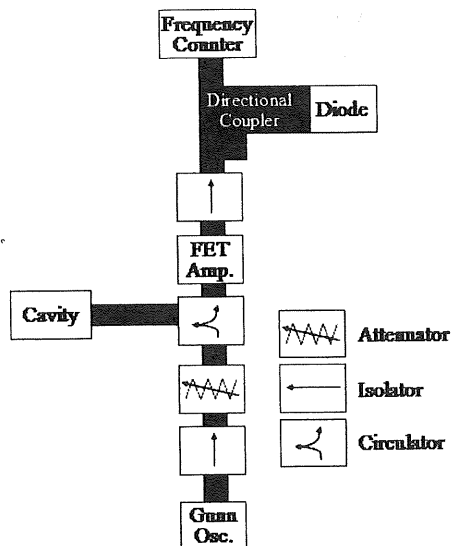


図2 Xバンドマイクロ波回路図

2.4 結果

図3に、ポリエチレンロッドを対象とした吸収線量に対する共振周波数の結果を示す。吸収線量の増大と共に共振周波数は増大し、約 200kGy 付近に極大を示す。ここで、分子構造の変化において分子の双極子モーメントが増大した場合、共振周波数は減少傾向を示す。このことから、吸収線量が 30 kGy~200kGy の領域において分子内の架橋が進み、双極子モーメントが減少し、200kGy 以上の吸収線量においては、空気中の酸素による酸化の影響による双極子モーメントが増大したと予想される。

3. 結言

マイクロ波誘電吸収法は、マイクロ波空洞共振器を使用することにより高感度に分子の経年劣化過程を測定することが可能である。本測定結果より、ポリエチレンにおいて、放射線照射による、架橋や酸化による分子構造の変化に相当する結果が得られたと考える。本測定手法は、原子力発電所における実際のケーブルの絶縁材料の高経年劣化測定に対しても適用可能であ

ると考える。

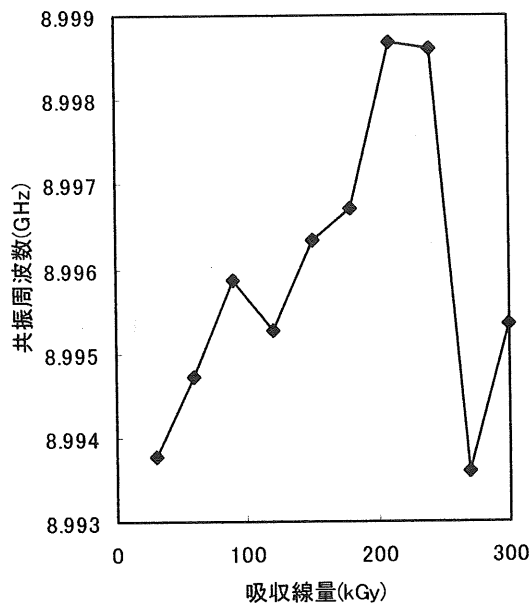


図3 ポリエチレン共振周波数

謝辞

本研究成果は経済産業省 原子力安全保安院 「高経年化対策強化基盤整備事業」における原子力安全システム研究所よりの再委託に基づくものである。本研究に関して多くの助言をいただいた日本原子力研究開発機構 先端基礎研究センター長 旗野嘉彦氏、大阪大学産業科学研究所 田川精一氏、佐伯昭紀氏、大阪大学工学部 関 修一氏、原子力安全システム研究所 黒黒住保夫氏、松波 潮氏、原子力安全基盤機構 山本歳雄氏、マイクロ電子株式会社 大友志郎氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] 「光照射による分子挙動の観測方法、および同法に用いるクロスパイプ型マイクロ波空洞共振器」特許出願 2003-201538、特許公開 2005-43142 発明者：砂川武義
- [2] H.Shimamori, PROGRESS IN PHOTOCHEMISTRY AND PHOTOPHYSICS, Vol.VI, CRC Press, Boca Raton, FL, Chapter 2, 43-77 (1992)
- [3] 「誘電体論」 現代工学社 著者 岡 小天 (1954年)