

## ケーブル絶縁材の健全性診断技術開発 (4) 実機取替ケーブルを用いた検討

Development of nondestructive inspection system for diagnosis of cable insulation material

(4) Study for replacement cables used in the nuclear power plant

\*藤吉 宏彰<sup>1</sup>, 石井 元武<sup>1</sup>, 磯部 仁博<sup>1</sup>, 川島 崇利<sup>2</sup>, 鈎 忠志<sup>3</sup>, 池田 隆<sup>3</sup>, 富宅 ゆかり<sup>3</sup>, 大本 正人<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>原子燃料工業株式会社, <sup>2</sup>関西電子ビーム株式会社, <sup>3</sup>関西電力株式会社

ケーブル絶縁材の照射劣化に対する健全性診断技術開発を目的として、電子線照射されたケーブル試験体への AE (Acoustic Emission) センサを用いた打音検査 (以下、「AE 打音検査」) の適用性を検討してきた。本報では実機プラントで約 30 年間供用されたケーブルに電子線照射し、AE 打音検査で得られる評価ピーク周波数 (以下、「周波数」) が絶縁材の引張試験で得られる破断伸びの関係を統計検定により評価した。

**キーワード:** ケーブル絶縁材、照射劣化、非破壊検査、AE センサ、打音検査

### 1. 緒言

原子力発電所で使用されるケーブル絶縁材の多くは、高い電気絶縁性をもつ高分子材料が利用されており、それらは熱や放射線により次第に絶縁性能が低下する<sup>[1]</sup>。筆者らはケーブル試験体への AE 打音検査により、絶縁材の劣化度 (ここでは機械的特性の低下度合い) の検出を非破壊的に試みている<sup>[2]</sup>。

### 2. 試験体への電子線照射

ケーブル試験体一覧を表 1 に示す。試験体長さはいずれも 300mm とした。なお、C-6 および C-7 はタービン建屋で約 30 年供用されたケーブルである。表 1 のケーブル試験体に対し、最大 2,000kGy まで段階的に電子線を照射した。

### 3. AE 打音検査および引張試験

ケーブル試験体に対し、電子線照射前後において図 2 のとおり 3 か所×4 方向 (0°, 90°, 180°, 270°) を AE 打音検査し、得られた周波数の平均値をとった。また、AE 打音検査後 (照射後)、1 試験体あたり 3 本の絶縁材を取り出して引張試験し、破断伸びの平均値をとった。

### 4. ケーブル絶縁材の劣化評価

AE 打音検査で得られた周波数と、引張試験で得られた破断伸びの関係を図 3 に示す。未照射試験体において、実機取替ケーブルの破断伸びは新品の類似ケーブルと同等か上回る結果となった。破断伸びを目的変数、周波数を説明変数として回帰分析し、帰無仮説を「回帰係数は 0」として t 検定した。その確率 p は  $p_{C-6}=0.015$ 、 $p_{C-7}=0.0096$ 、 $p_{C-8}=0.00043$  でいずれも有意水準 0.05 (5%) より小さく、帰無仮説は棄却される。従って、破断伸びは周波数で説明できることを確認した。電気学会通則<sup>[3]</sup>で定める終点基準 (破断伸び 50%) を健全基準値に設定し、計測値 (周波数) のばらつきを保守的に考慮すると、暫定的な健全基準値はそれぞれ C-6 =839.3Hz、C-7 =801.5Hz、C-8 =817.8Hz と設定できる。

### 5. 結論

実機で約 30 年供用されたケーブルに電子線照射し、AE 打音検査した後、絶縁材を引張試験した。その結果、AE 打音検査によってケーブル取替時期を適切に推測し得る見通しを得た。

#### 参考文献

- [1] JAEA-Review 2012-027 “ケーブル絶縁材料の経年劣化研究”  
 [2] 石井ら “ケーブル絶縁材の健全性診断技術開発 (3)” 日本原子力学会 2019 年秋の大会  
 [3] “電気絶縁材料の対放射線性試験方法通則 JEC-6152-1996” 電気学会 電気規格調査会標準規格

\*Hiroaki FUJIYOSHI<sup>1</sup>, Motomu ISHII<sup>1</sup>, Yoshihiro ISOBE<sup>1</sup>, Takatoshi KAWASHIMA<sup>2</sup>, Tadashi MAGARI<sup>3</sup>, Takashi IKEDA<sup>3</sup>, Yukari FUKU<sup>3</sup>, Masato OMOTO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nuclear Fuel Industries, Ltd., <sup>2</sup>Kansai Electron Beam Co., Ltd. <sup>3</sup>Kansai Electric Power Co., Inc.

表 1 ケーブル試験体一覧

サンプル名	名称	絶縁材	使用プラント (敷設時期)	外径 (mm)	断面図
C-6	FR-PSHV	難燃性エチレンプロピレンゴム絶縁	大飯3号機 (1990年)	約30	
C-7				約20	
C-8	BR-MCT	エチレンプロピレンゴム絶縁、耐熱ビニルシース	なし (新品)	約20	

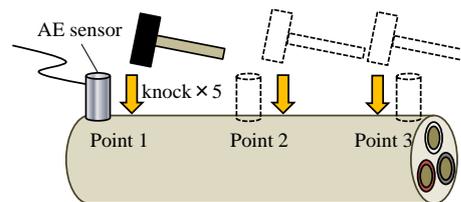


図 2 AE 打音検査要領

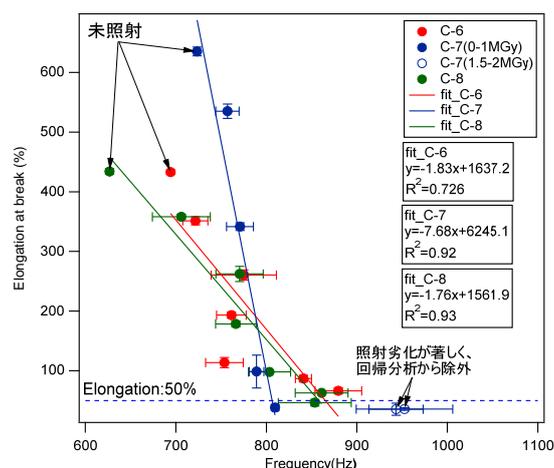


図 3 周波数と破断伸びの関係