

地下空洞型処分施設のモニタリングにおける光ファイバセンサーの耐久性評価 —地下空洞型処分施設機能確認試験（その13）—

鹿島建設(株) 正会員 ○今井道男 佐々木敏幸

(株)大林組 正会員 丹生屋純夫

東電設計(株) 正会員 伊藤喜広

原環センター 正会員 広中良和 藤原啓司 田中正人 寺田賢二

1. はじめに

筆者らは、地下空洞型処分施設における閉鎖後長期の管理に資するモニタリング技術の確立やその実証試験の必要性に鑑み、中深度処分施設の人工バリアや周辺岩盤の長期にわたる機能確認方法の確立を目的とした調査・検討を進めている¹⁾。これまでの検討を通じて得られた機能確認のポイントと計測項目から、モニタリング技術のひとつとして、光ファイバセンサーの有効性に着目し、小型軽量で設置が容易である点、ポイント計測ではなく分布計測ができる点、などの利点を有する同センサーの中深度処分施設における機能確認への適用性について検討している。また、長期耐久性の観点から、光ファイバセンサーの機械的・光学的な評価試験方法を立案、着手している²⁾。本稿では、その評価試験結果を報告する。

2. 光ファイバセンサーの耐久性評価

(1) 概要

光ファイバがセンサーとして長期的にその性能を保持するためには、機械的強度に大きな低下がない（断線しない）とともに、光学的特性が確保されている（光が通る）必要がある。本検討では、光ファイバのサンプルに劣化促進を与え、その前後で機械的・光学的な評価試験を行う。評価試験のフローを図-1に示す。

光ファイバの劣化因子には、通信分野における既往研究の多い温度・湿度（水分）・応力以外に、放射性廃棄物処分場における特有のものとしては塩水・高 pH・放射線が挙げられる。本検討では、これらを劣化因子として選択し、劣化水準を段階的に変化させて評価試験を行う。劣化因子はそれぞれ単独で与え、複合的な影響は本研究では対象としない。また、使用する光ファイバのサンプルはすべて一次被覆（外径 250 ミクロン）のみが施されたものであり、耐久性向上などを目的とした二次被覆を施さないことで、安全側の評価を行っている。

(2) 光ファイバのサンプル

劣化因子を考慮し、以下に示す三種類の光ファイバ（すべてシングルモード光ファイバ）のサンプルで耐久性評価を行った（図-2）。サンプルはボビン巻の状態で、劣化促進を与えた。塩水と高 pH での劣化促進は、既往研究などを参考に 60℃下で浸漬した（図-3）。

- No.1：汎用の光ファイバ
- No.2：クラッド外側にカーボンコートが施された耐水型
- No.3：コアとクラッドの材料を最適化（コアにフッ素をドーピング）した耐放射線型

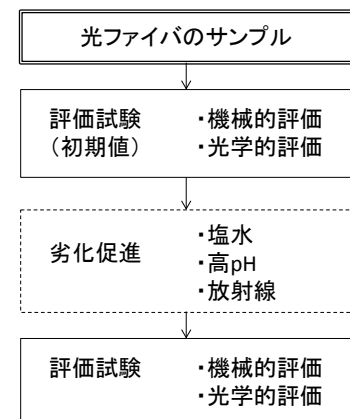


図-1 耐久性評価フロー

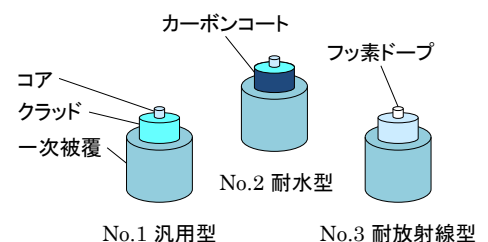


図-2 光ファイバサンプル



図-3 浸漬による劣化促進

キーワード 放射性廃棄物処分、モニタリング、光ファイバセンサー、耐久性評価、引張試験、光損失測定
連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株) 技術研究所 TEL042-489-6264

(3) 機械的評価

光ファイバは、応力が付加されているとガラス表面の微小な傷が拡大することで破断に至る。つまり、破断強度以下の応力でも、長期間継続して負荷させると傷が成長し、破断に至ることがある。これはガラスの疲労特性として知られる。動的疲労試験では、引張速度を変えながら破断強度を計測する。その結果、破断の原因となる表面の傷の成長度合いがわかり、寿命推定に必要なパラメータ（疲労定数 n ）を得ることができる。

塩水（海水の2倍の濃度）にサンプル No.1 を 60℃下で浸漬したときの、動的疲労試験結果を両対数グラフで図-4 に示す。浸漬期間の増加とともに破断強度の低下がみられるが、疲労定数（近似線の傾き $=1/(1+n)$ ）に大きな変化はみられなかった。

高アルカリ水（pH13）にサンプル No.2 を 60℃下で浸漬したときの、動的疲労試験結果を両対数グラフで図-5 に示す。初期の破断強度は、サンプル No.1 よりも低い、浸漬による破断強度や疲労定数の変化はみられなかった。化学的な侵食に対するサンプル No.2 の有効性が示された。

(4) 光学的評価

光ファイバを構成する石英ガラスは、放射線を照射すると透過率が低下することが知られている。放射線照射装置（図-6）内でサンプル No.1 と 3 に対して照射（線源セシウム 137, 200Gy/h）した際の計測結果（約 150m 長）を図-7 に示す。累積放射線量で約 20,000Gy の場合、サンプル No.1 では時間経過とともに約 23dB/km まで損失が増大しているのに対して、サンプル No.3 では 1dB/km 以下のわずかな損失増加に抑えられた。なお、放射線照射後のサンプル No.3 に対する動的疲労試験の結果（図-8）、破断強度や疲労係数の低下はみられなかった。

3. おわりに

放射性廃棄物処分場への適用を目指し、塩水・高 pH・放射線に対する光ファイバセンサーの耐久性評価に着手した。今後、これらバックデータをもとに、現地での使用環境に鑑みた寿命推定を行う予定である。その結果をもとに、二次被覆の設計や、冗長性を確保したシステム構成の検討などにフィードバックする。なお、本報告は経済産業省資源エネルギー庁からの委託による「低レベル放射性廃棄物の処分に関する技術開発事業 地下空洞型処分施設機能確認試験」の成果の一部である。

参考文献

- 1) 藤原ほか、地下空洞型処分施設機能確認試験の概要—地下空洞型処分施設機能確認試験（その1）, 土木学会第72回年次学術講演会講演梗概集, VII-028, 55-56, 2017.
- 2) 今井ほか、地下空洞型処分施設のモニタリングにおける光ファイバセンサー技術の適用性—地下空洞型処分施設機能確認試験（その5）, 土木学会第72回年次学術講演会講演梗概集, VII-032, 63-64, 2017.

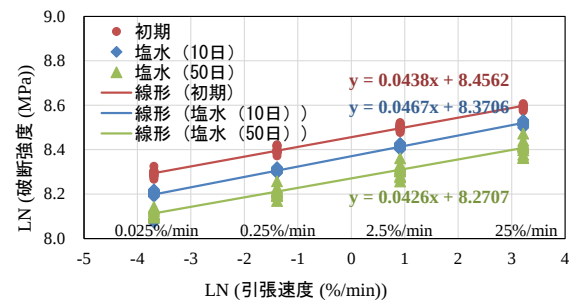


図-4 動的疲労試験結果 (No. 1, 塩水)

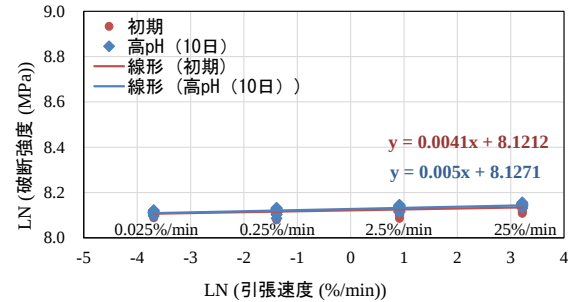


図-5 動的疲労試験結果 (No. 2, 高 pH)



図-6 放射線の照射

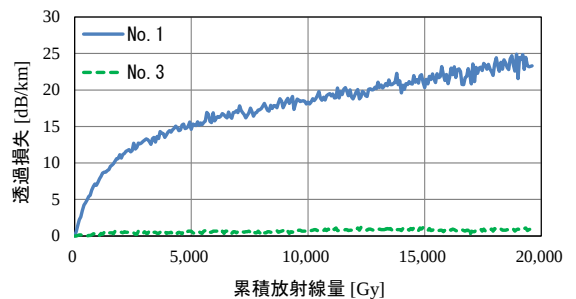


図-7 光損失測定結果 (No. 1&3, 放射線)

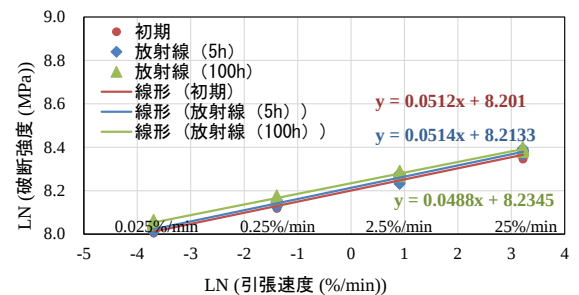


図-8 動的疲労試験結果 (No. 3, 放射線)