

# 凍土方式遮水壁の光ファイバ式温度計による地中温度計測 凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業 (その6)

鹿島建設 正会員 ○永谷 英基, 山口 功, 正会員 吉田 輝

## 1. はじめに

凍土方式による遮水技術に関するフィージビリティ・スタディ事業において、光ファイバ式温度計による地中温度計測システムの開発を行った。

## 2. 光ファイバの計測器選定理由

今後予定されている大規模整備実証事業では、延長約 1.5 km にわたって深さ約 30m の凍土方式遮水壁が設置される。約 1 m ピッチの凍結管に対して、地中温度を計測する測温管 (図-1) は約 5m ピッチで配置されることから、その測温点数は膨大な数にのぼり、従来用いてきた白金温度計ではセンサケーブルの配線処理が困難であることが想定された。そこで、センサケーブル自体で測温する光ファイバ式温度計を採用することで計測設備の大幅な簡略化を図ることとした。また、2CH を使用してループを構成するループ測定方式を採用することで、シングルエンド測定方式 (1CH 使用) より測温精度を向上させるとともに、万一光ファイバが断線した場合でも自動的に両端からのシングルエンド方式で測定を継続実行出来るため、システムの冗長化が可能となることも光ファイバ式温度計を選定する理由となった (表-1)。

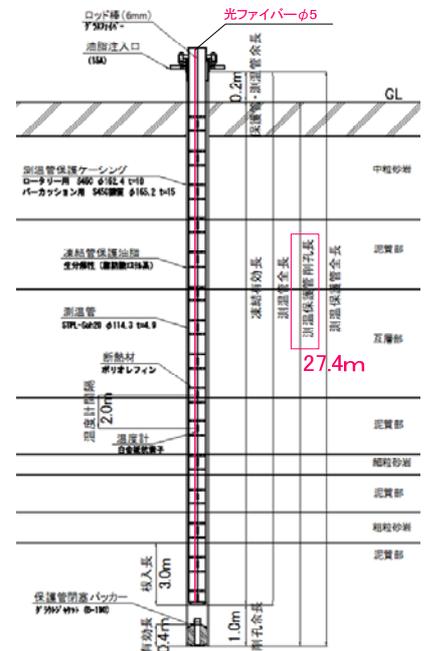


図-1.測温管構造(FS①)

## 3. 光ファイバケーブルの材料選定

光ファイバを敷設する凍土遮水壁周辺には海が近接しており、長期にわたって温度センサとして運用するにあたっては、耐環境性について十分に配慮しておく必要がある。そこで、光ファイバケーブルは海洋観測分野等にて実績のある OCC 社製 M-PAC ケーブルを採用した。M-PAC ケーブルは、光ファイバがステンレス管内に挿入されており、さらにプラスチック樹脂製シースで覆うことにより耐環境性 (塩水)、耐絶縁性 (電蝕等も含む) を高めた構造となっている。また、このステンレス管にはジェリーを封入することで、ファイバのずれを防ぐ工夫が施されている (表-2, 図-2)。

表-1.測定方式

	ループ方式	シングルエンド方式
温度分解能	全長で±0.5℃以内 (4km測定時)	遠方点ほど性能が低下
温度精度	光ファイバ全長で温度精度を保証	遠方点・特異点の温度を実測して補正
光ファイバ減衰	内部処理で変動の影響を除去	減衰率変動により温度指示に影響
断線対応	シングルエンド方式で自動継続	断線点以降測定不能

表-2.センサ諸元

項目	仕様	
使用温度	-40 ~ +60℃	
適用ファイバ	G1	
ファイバ心数(単心線)	2C	
標準外径	4mm	
概算重量	20kg/km (空中)	
	3kg/km (真水中)	
許容張力	150N	
許容曲げ半径	固定時	50mm
	延線時	80mm

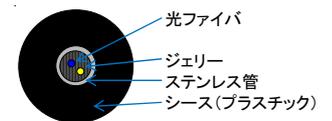


図-2.光ファイバケーブル構造

## 4. 耐放射線性能の評価

光ファイバを敷設する福島第一原子力発電所建屋周辺は、放射線被ばく環境下であることから、ガンマ線照射装置を用いて光ファイバの耐放射線性能試験を行った。

① 試験設備：セシウム 137 線源を使用した自己遮蔽型ガンマ線照射装置 (東京都立産業技術研究センター保有設備) を使用した。ガンマ線が上部の線源格納容器から下の円筒型照射室に向けて照射され、回転照射を行うことで均一な照射が可能である (図-3)。



図-3.ガンマ線照射装置

キーワード 福島第一原子力発電所, 凍土方式遮水壁, 光ファイバ, 測温管, 耐放射線  
連絡先 〒979-1111 福島県双葉郡富岡町大字小浜字中央 273 鹿島建設(株) TEL 0240-23-6700

- ② 試験方法：光ファイバと白金温度計を照射室内に一緒に入れ、ガンマ線照射とともに上昇する温度変化について、室内外で同時に計測することで両者の温度測定差について評価した（図-4）。
- ③ 試験条件：ガンマ線照射量を 2.4Gy/h に設定した。累積線量 30Gy（30Sv に相当）を照射した。光ファイバ敷設箇所の線量を仮に 0.5mSv/h（比較的高め部位）と想定すると、 $30\text{Sv} \times 1000 / 0.5\text{mSv} = 60,000$  時間となり、2,500日（約7年）間、上記被ばく環境下に敷設した場合と同等の環境を再現した。

以上、光ファイバについて、ガンマ線照射に伴う白金温度計との計測差異、並びに光ファイバの温度計測における分解能の変化について試験を行った結果、約 30Sv のガンマ線を照射しても光ファイバは白金温度計と遜色なく、温度計測を継続できることを確認した（図-5）。

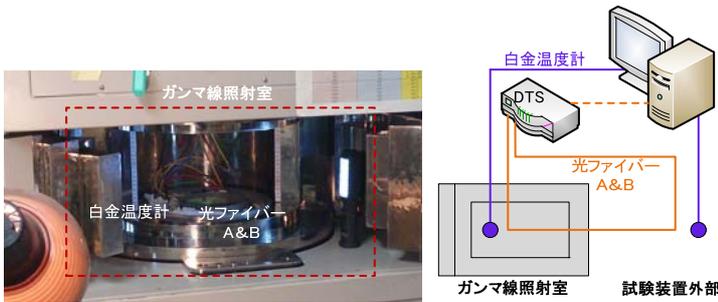


図-4.ガンマ線照射試験

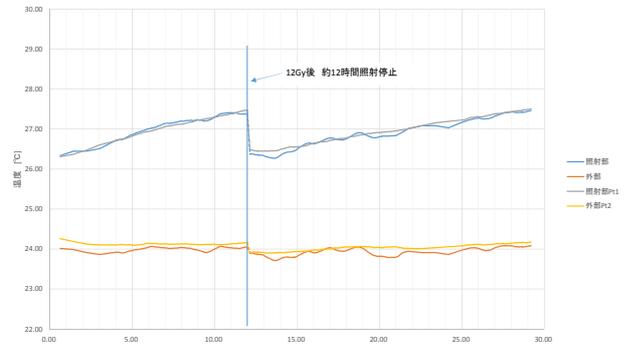


図-5.ガンマ線照射時温度変化

### 5. 測定精度の検証

従来凍結工法においては計測安定性の高い白金温度計を採用してきたことから光ファイバによる地中温度計測の信頼性について、FS①実証試験で凍結開始前の温度計測で測定時間 10 分での白金温度計に対する光ファイバの測定値のバラツキ具合について図-1 に示す測温管で検証した。その結果、ほぼ一定な白金温度計に対し、光ファイバは±0.15℃程度のバラツキが認められた（図-6）。また、白金温度計と光ファイバの測定誤差について、全ての深度で精査したが、最大±0.2 度程度の差であることがわかった（図-7）。以上から、凍土方式遮水壁の運用管理上、測温精度を±0.5℃としており、十分に小さい値であることから、測定時間 10 分が計測頻度と精度で良いバランスが得られることを確認した。

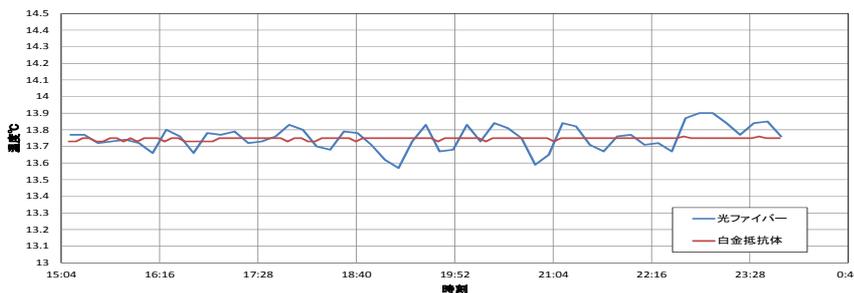


図-6.測定バラツキ比較

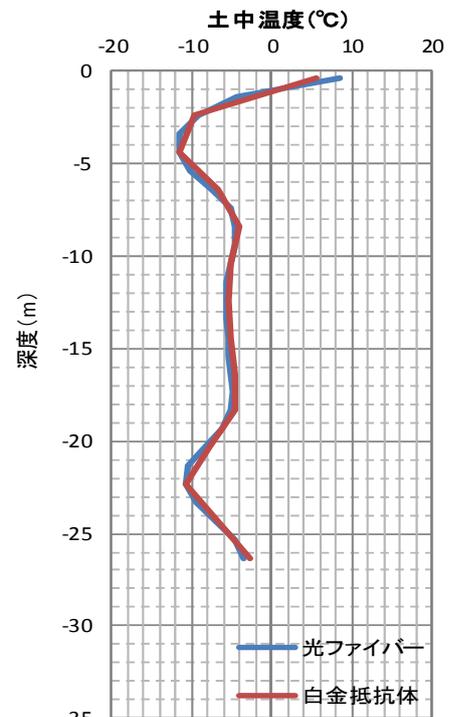


図-7.深度分布比較

### 6. まとめ

以上の結果を踏まえ、大規模整備実証事業において光ファイバ式温度計で地中温度計測が十分に可能であるとの結論に至り、現在施工を行っている（図-8）。本報文は、資源エネルギー庁「発電用原子炉等廃炉・安全技術基盤整備事業（地下水の流入抑制のための凍土方式による遮水技術に関するフェージビリティ・スタディ事業）」の一環で行いました。本事業の関係各位に深く感謝致します。



図-8.光ファイバ敷設状況