

地層処分坑道モニタリング技術の開発

吉野 修* 石山 宏二** 引間 亮一***
Osamu Yoshino Kouji Ishiyama Ryoichi Hikima

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分は、廃棄物を地下深くに閉じ込め人間の生活環境から隔離することを基本とするシステムである。そのために、放射性廃棄物を安定な地下深部に埋設し、人工バリア（オーバーバックや緩衝材など）と天然バリア（岩盤）から構成される多重バリアシステムによって安全性を確保する¹⁾。天然バリアの安全機能として地質の長期的な変動からの防護、人の接近抑制、吸着による移行遅延、分散による移行率の低減を期待されており、天然バリアの長期健全性の維持が求められる。

当技術開発は、地層処分における坑道周辺の天然バリアである岩盤の健全性を評価するためモニタリング技術を確立するものである。この技術は、岩手県釜石鉱山坑道内で約20年以上の計測実績を有している。

2. モニタリング技術の開発

(1) 釜石鉱山における高精度弾性波計測

高精度弾性波計測システムは岩手県釜石鉱山坑道内において1995年11月から計測を開始しており、メンテナンスをしながら現在においても稼働している²⁾。計測は釜石鉱山の標高550m坑口から約2km、土被り約450mの地点において図-1に示すように測線長16~40mの4つの計測経路で実施されている。釜石鉱山で使用してい

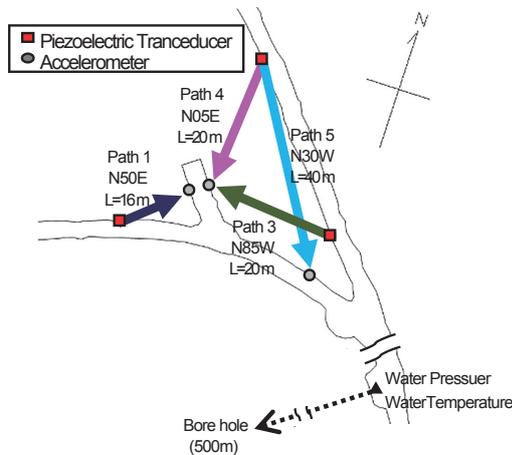


図-1 釜石鉱山坑道内における計測位置

* 技術研究所土木技術グループ
** 技術研究所
*** 技術研究所技術戦略グループ

る計測システムは、圧電素子を振動源として用いており、測線長約130mの測定実績がある³⁾。

釜石鉱山における計測では、日本で起こった主な地震や台風などの低気圧の影響により弾性波速度の変化を捉えることができています。

(2) 地層処分における高精度弾性波計測の検討

地層処分におけるトンネル群のサイズは約3km×約2kmとなることが検討されており、その規模を考慮した岩盤の健全性を計測・評価する必要がある。そのため測定システムの測線長は数百m以上必要となり釜石鉱山で用いた測定システムの更新および高度化が必要となった。主な改良点は以下のとおり。

- ・振動源を圧電素子から超磁歪素子に変更
- ・時刻同期方法の変更
- ・データ収集機器の更新

振動源は岩盤との距離が長くなるため弾性波が到達可能なものにする必要があり、従来の測定システムで使用した圧電素子では電圧に応じてミリ秒の速さで変形するため発生できる弾性波の周波数帯域が狭い。一方、超磁歪素子は磁界に応じてナノ秒~マイクロ秒の速さで変形するため発生できる弾性波の周波数を広く設定できるようになる。圧電素子と超磁歪素子の振動源についての比較を表-1に示す。

表-1 振動源の比較

	圧電素子	超磁歪素子
駆動電力	高電圧小電流	低電圧大電流
周波数帯域	狭い	広い、圧電素子より低周波まで対応
変位量	小さい	大きい
出力	小さい	大きい

時刻同期方法はこれまでは測線長が比較的短かったため有線接続で可能であったが、数百mの測線長では有線接続は難しくなるためGPSの信号で同期を図る計画をしている。

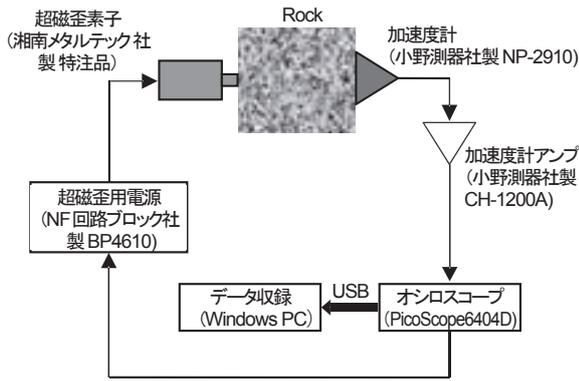
データ収集機器は、ここ20年で記録装置の小型化や高機能化が進んでいること、これまでの機器の入手性を考慮し、機器を更新することとした。

技術開発は、次に示すステップで進めており、これまで①、②を実施している。

- ①装置構成の検討および計測方法の検討（室内試験）
- ②高精度弾性波測定システムの構築および坑道周辺環境を対象とした適用試験
測定システムの動作確認と数m~数十mの距離において計測方法を検討し、その方法を確立する。
- ③結晶質岩部を対象とした適用試験
数百mスケールで計測および評価を実施する。地質は同一な岩盤内とする。
- ④地表から地下深部までの領域を対象とした適用試験
複数の地質を含む範囲で計測および評価を実施する。

(3) 高精度弾性波測定システムの構成と計測方法

新たに製作した高精度弾性波測定システムの機器構成を図一2に示す。オシロスコープは、PicoTech社製PicoScope 6404Dを用いた。オシロスコープは、加速度データ記録の他、波形発生機能も有している。弾性波の発振は、オシロスコープで発生させた電圧波形により、超磁歪素子用電源を介して、超磁歪素子（湘南メタルテック社製特注品）を振動させて行う。受振は岩盤に接着した加速度計（小野測器社製 NP-2910）とアンプ（小野測器社製 CH-1200 A）で行い、オシロスコープで記録する。



図一2 計測機器構成

(4) 高精度弾性波測定システムの動作確認と適用試験

日本原子力研究開発機構瑞浪超深地層研究所の地下500 m坑道において、高精度弾性波測定システムの検証および坑道周辺環境を対象とした適用試験を実施した。発振および受振機器は図一3に示す位置に坑道の覆工を削孔して土岐花崗岩の岩盤を露出させ設置した。設置状況を図一4に示す。試験は弾性波を発振して測線長を変えた3箇所を受振できるような仕様を設定し、発振する弾性波は10 kHzの正弦波、各受振点で取得したデータはランダムノイズの除去のため200回スタッキングして記録するものとした。

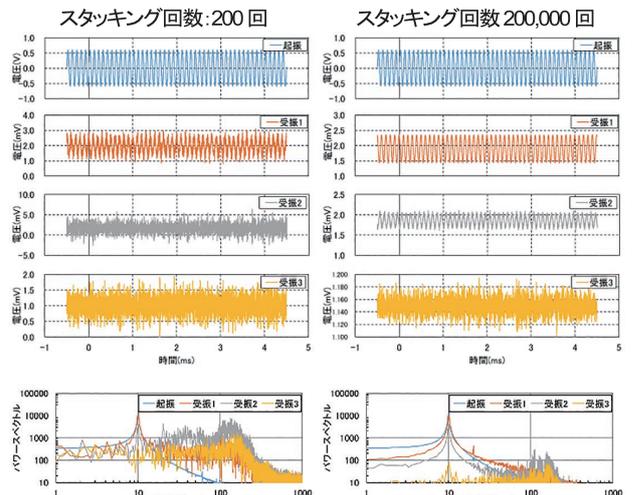
その結果を図一5に示す。波形に着目すると受振点1では発振波形を十分なレベルで取得できている。一方、受振点2および3では明確な波形を取得できていない。周波数解析すると受振点2に10 kHzのピークがあることが確認できる。取得したデータを更にそれを重ね合わせて処理をし20万回のスタッキングを行った。その結果、受振点1,2では発振波形を十分なレベルで取得できることが分かった。周波数解析においても各受振点で10 kHzの周波数の卓越していることが確認できた。



図一3 計測位置図



図一4 機器の設置状況



図一5 データ処理結果 (上段：波形，下段：周波数)

3. おわりに

高精度弾性波測定システムを地層処分分野へ適用することを考え、これまで釜石鉱山において計測しているシステムの更新および花崗岩を対象に性能確認を実施した。その結果、発振周波数10 kHzで波形のスタッキング数を増やすことにより測線長で27 m程度であれば波形を取得することができることを確認した。今後、測線長を100 m以上とする必要があるため、周波数の変更など発振側の工夫やスタッキング回数など受振側の工夫が更に必要と考える。

謝辞. 瑞浪超深地層研究所における計測は日本原子力研究開発機構との共同研究における成果の一部です。関係各位にご協力いただき、深く感謝、お礼申し上げます。

参考文献

- 1) 地層処分事業の安全確保 (2010年度版), 原子力発電環境整備機構, 2011.
- 2) 田中ら: 原位置における高精度弾性波測定システムを用いた岩盤モニタリング技術の開発, 土木学会論文集 No.561/III-38, pp. 185-192, 1997.
- 3) 諸岡ら: 100 m以上の測線での高精度弾性波速度測定技術, 土木学会第54回年次学術講演会 III-A355, pp. 710-711, 1999.