Japan Society of Engineering Geology

P2. 長期モニタリング無人計測システムの開発

- モニタリング技術の体系化を目指して -

Development on automatic measurement system for long-term monitoring

- Targeting systematization of monitoring technology -

○司代明，木方建造（電力中央研究所），松村修治（熊谷組），村田学（東電設計）

Akira Shidai, Kenzo Kiho, Shuji Matsumura and Manabu Murata

1. はじめに

2000 年から着手した掘削方向を制御することが可能でコア掘削のできるコントロールボーリング技術の開発が概ね 2013 年に終了し、2014 年からコントロールボーリング孔内の間隙水圧のモニタリングを開始した。無人計測を基本とし、3～4 カ月ごとに現地でデータ回収とバッテリー交換を行っている。高レベル放射性廃棄物の地層処分における処分地選定の概要調査段階では、電源や通信等のインフラがない地域を含む広大な調査エリア内において、複数の測定ポイントで長期間のモニタリングを行うケースが想定される。このため、経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業である「ボーリング技術高度化開発」及び「岩盤中地下水移行評価確証技術開発」の一環として、長期にわたり遠隔でモニタリングとデータ収集を行い、かつ外部からデータに直接アクセスできる無人計測システムについて検討した。

2. モニタリングの概要

モニタリングは、ボーリング孔内にスタンドパイプ式の間隙水圧計を設置して長期間の間隙水圧の変化を地上の観測局で連続観測するものである（図－1）。計測項目は間隙水圧のほか、観測区間のパッカー圧力、大気圧、気温等である。

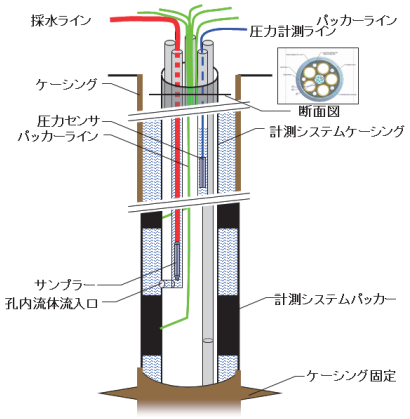


図-1　ボーリング孔内モニタリング概要図

3. 長期モニタリング無人計測システムの概要

電源、通信のインフラがない箇所、寒冷地で日照の少ない過酷な条件においても電源と通信を確保した低エネルギー消費の長期モニタリング無人計測システムの概念図を図-2 に示す。このシステムは電源装置（太陽光/風力発電とバッテリーの組合せ）、通信装置（公衆回線または衛星回線）ならびにデータ入出力装置で構成され、遠隔でデータ管理することができる。

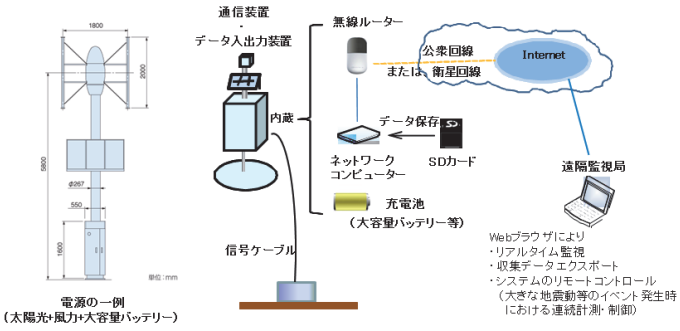


図-2　長期モニタリング無人計測システムの概念図

4. システムの消費電力

モニタリング計測の要求仕様を満たす市販の圧力センサおよびその他のセンサ、データロガー、通信手段の各コンポーネントの消費電力を調査し、システム全体の消費電力を算出した。システム動作条件には以下を設定した。

・通信手段として、衛星回線と 3G/4G 回線の 2 パターン

・運転モードとして、連続運転と間欠運転（通信間隔：10 分、センサからのデータ取得を 1 分周期、通信を 10 分周期で行う）の 2 パターン

システム動作条件 4 ケース(2 パターン×2 パターン)における消費電力算出結果は下記のとおりであった。

・衛星回線・連続運転のケース　：　28.11 W

・衛星回線・間欠運転のケース　：　2.81 W

・3G／4G 回線・連側運転のケース　：　20.01 W

・3G／4G 回線・間欠運転のケース　：　2.00 W

衛星回線機器は、他のコンポーネント比で消費電力が 1 桁大きく、システム全体の消費電力に大きく影響する。しかしながら間欠運転することで全体の消費電力を 1/10 に大きく引き下げられることが分かった。無人計測システムの電源を自然エネルギーから得る場合、システム全体の消費電力を低く抑えられる間欠運転のパターンで運用することが合理的である。

NII-Electronic Library Service

5. 地域別賦存エネルギーに応じた電源構成

風力や太陽光などの自然エネルギーの分布は場所ごとに異なる。システムの設置場所による電源構成の変化を調べるため、国内の特徴的な気象条件を有する 8 地点の気象庁データから、その地点における風力発電および太陽光発電で得られる賦存エネルギーを算定した。単位面積当たり、単位時間当たりの賦存エネルギーを図-3 に示す。この図から設置地点の電源（太陽光/風力)およびバッテリー容量の大小に関する概略の組合せを推定することができる。

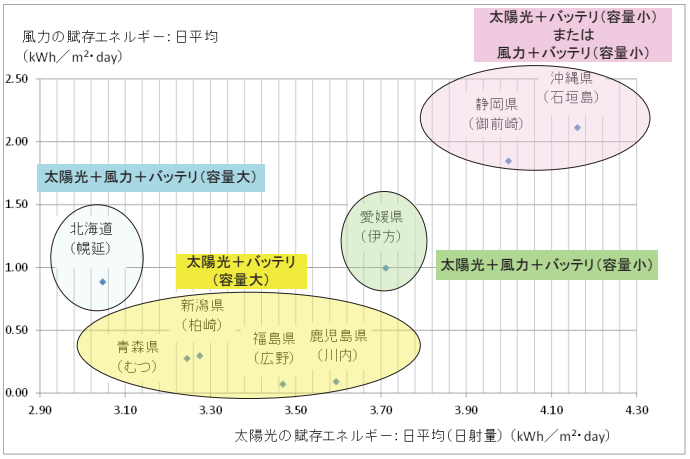
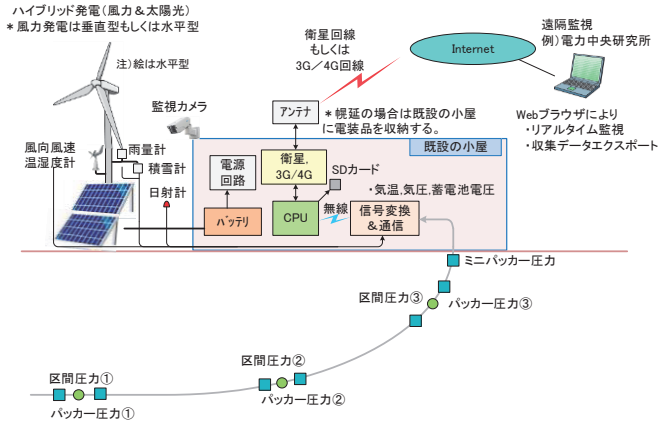


図-3　地域別の電源（太陽光/風力）設備の構成

北海道（幌延）は太陽光、風力ともに少ないながらも発電可能な賦存エネルギーを有しており、適用する発電設備としては“太陽光＋風力のハイブリッド” に加えて大容量のバッテリーを組み合わせる必要があることが推定できる。青森県（むつ)、新潟県（柏崎)、福島県（広野）および鹿児島県（川内）では風力の賦存エネルギーが低く風力発電では実用的な発電量が得られない可能性が高く、発電設備としては“太陽光＋大容量バッテリー“の組合せが望ましいと推定できる。一方、静岡県（御前崎）と沖縄県（石垣島）では太陽光・風力共に賦存エネルギーが多いことから発電設備としては“太陽光＋小容量バッテリー”または“風力＋小容量バッテリー”で十分な電力が得られるものと推定できる。

6. 北海道（幌延）向けのシステム構成

経済産業省資源エネルギー庁からの委託事業の一環として北海道幌延町のボーリング孔において日本原子力研究開発機構と共同で行ってきたモニタリングの計測項目は区間圧力(3 区間)、パッカー圧力(3 区間)、ミニパッカー圧力、大気圧、気温の 5 項目である。このボーリング孔にモニタリング無人計測システムを設置した場合の基本構成は図－4 に示すとおりである。このシステムは風向・風速、日射量、降雨量、積雪量などの環境情報および蓄電池電圧、設備の周囲画像などの設備監視情報も計測対象としている。



図－4　幌延試験孔向けシステム構成図

7. 複数の測定ポイントに対応したシステム構成

幌延のボーリング孔におけるシステムは標準スタンドアローンシステムである。概要調査段階において複数の調査孔を同時に測定する必要がある場合、下記の要件を満たす観測局（測定ポイント）を追加することで現場でのケーブル工事が不要な柔軟に対応可能なシステムにすることができる。

- 各測定ポイントを同一設計とし、各装置に発電装置、データロガーなど自局機能の他に他局とのルーティング機能を有し、自らが信号中継器を兼ねる機能を持たせること
- 測定ポイント間は無線通信で接続すること
- 中継局が停止した場合でも他に通信可能なルートを探し自動的にルーティングし直す機能をもたせること

複数の測定ポイントに対応したシステム構成を図-5 に示す。

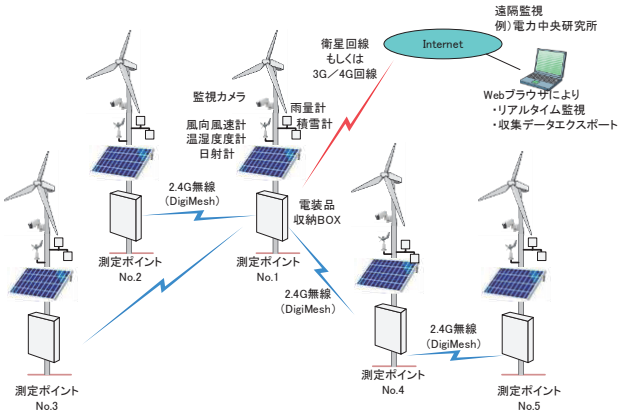


図-5　複数測定ポイントのシステム構成図

8. おわりに

今回の検討に基づき、2015 年 9 月に幌延のボーリング孔向けシステムを現地に設置し、システムを運用するとともにその信頼性を評価していく計画である。

NII-Electronic Library Service