

2015（平成27）年度に実施した広帯域地震観測点 及び機動地震観測点の整備について

本多 亮^{*}・行竹洋平^{*}

Installation of broadband seismometers and temporal seismic station network in 2015

by

Ryou HONDA^{*} and Yohei YUKUTAKE^{*}

1. はじめに

神奈川県温泉地学研究所では、2014（平成26）年9月27日の御嶽山の噴火による火山災害の経験を踏まえ、2015（平成27）年度より「火山災害対策事業」として、水蒸気噴火の予兆をとらえることを目的とした、火山監視機能の強化を進めている。さらに、2015（平成27）年4月下旬より、箱根火山における火山活動が活発化し、同年5月6日に気象庁により箱根山の火山噴火警戒レベルが2に引き上げられたことに伴い、当時の火山活動の状況に合わせ、噴火の予兆をとらえるためのさらに詳細な観測体制の整備が緊急に必要となった。そこで、機動的な地震観測点及び熱赤外カメラ等の観測機器が、大涌谷を中心に緊急に整備されることになった。

本報告では、「火山災害対策事業」において2015（平成27）年10月現在で整備されたまたは予定の広帯域地震観測点、及び群発地震活動の活発化を受けて緊急に整備された機動的地震観測点の観測点位置の点の記及び観測点の仕様などについて記載をする。

2. 広帯域地震観測点

箱根では有史以来マグマの噴出を伴う噴火は認められていないが、一方で過去に大涌谷周辺で水蒸気噴火が起きた証拠が地質学的に認められている（小林ほか、2006）。さらに、2015（平成27）年4月末からの火山活動において、6月29日～7月1日にかけて大涌谷でごく小規模の水蒸気噴火が発生した。

水蒸気噴火に先行し、热水やマグマの移動による火山性微動や低周波地震などの現象が発生することが知られている。こうした現象では、通常の火山構造性地震よりも周期の長いゆっくりとした地震波が励起されることが知られている。こうした現象を正確に捉えるには、周期

の長い地震動まで高感度で計測可能な広帯域地震計を、噴火が予想される場所の近傍に設置することが重要となる。ところが、2015（平成27）年以前は箱根火山で設置されていた地震計のすべては、短周期型地震計で固有周期は1Hzであり、より長周期の地震動に対して高感度で観測することができないという状況であった。

そこで2015（平成27）年度は、大涌谷に近い下湯場（箱根温泉供給株式会社敷地内）及び湯の花沢噴気域に近い温泉地学研究所駒ヶ岳観測施設内に広帯域地震計を設置することとなった。2つの観測点の詳細位置情報等について図1及び表1に記載する。

2.1 駒ヶ岳観測点

既存の駒ヶ岳地震傾斜観測施設の敷地内において、広帯域観測点の設置を行った。広帯域地震計は周囲の温度の変化に影響を受けるため、温度の影響をできるだけ小さくするため、敷地内の150cm×150cmの空きスペースにおいて図2に示した深さ1.8m、直径1.5mのコンクリート製の穴を設置し、その中に地震計台及び広帯域地震計を設置した。また、温度変化の影響を減らすため、コンクリート坑の壁に厚さ25mmの断熱材をほどこした。地震計としてNanometrics社のTrillium Compact 120sを設置した。データ収録には、4ch低消費電力型ロガー（計測技研製、HKS-9700）を使用し、データは200Hzサンプルで収録し、NTT回線を通じリアルタイムで温泉地学研究所内のサーバーに送られる。

観測井設置工事写真を写真1～3に示す。観測井の設置にあたっては2.5tタイプの重機（パワーショベル）を観測施設前に搬入し（写真1）、約2mの穴を掘り（写真2）そこに図2に示した観測坑を設置した。設置された観測坑の脇にデータ収録用ロガー等を収納する観測筐体を設

* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田586

資料、神奈川県温泉地学研究所報告、第47巻、31-40、2015

表1 駒ヶ岳及び下湯場観測点の位置情報。

観測点名	緯度	経度	標高(m)	備考
駒ヶ岳	35.22013	139.03155	1055	既設の駒ヶ岳観測施設敷地内に設置
下湯場	35.25054	139.02668	794	箱根温泉供給株式会社敷地内に設置

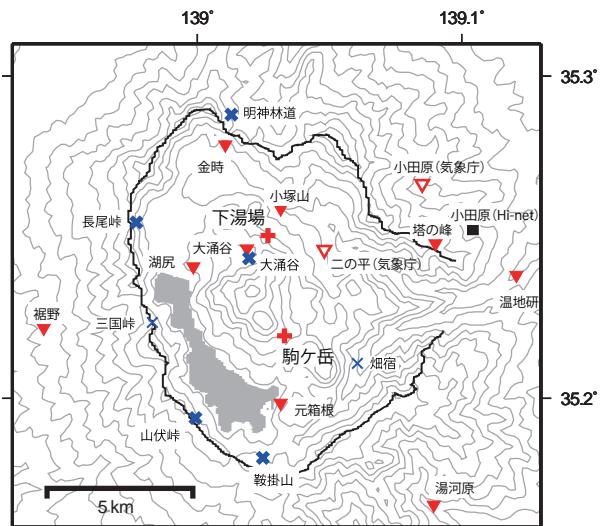


図1 箱根火山における地震観測施設。2015(平成27)

年度設置の広帯域地震観測点(駒ヶ岳・下湯場)の位置を+で示す。但し、駒ヶ岳観測点については、既設の地震傾斜観測施設敷地内に設置している。機動観測点の位置を×で示す。但し、三国峠と畠宿は大涌谷と長尾峠からの移設である。

置した(写真3)。2015年7月31日に観測施設が完成し(写真4)、同日地震波形データの収録及び送信を開始した。駒ヶ岳観測点の広帯域地震計で記録された地震波形例を図3に示す。ここに示したものは、2015(平成27)年8月30日17時0分から800秒間の上下成分の波形記録とそのランニングスペクトルである。この期間に、湖尻付近で活発な地震活動が発生し、その地震波形が明瞭に記録されている。こうした波形記録とランニングスペクトルは、リアルタイムで作成され所内ウェブ上での閲覧が可能となっている。

2.2 下湯場観測点

下湯場観測点(箱根温泉供給株式会社敷地内)の関連工事については7月1日より開始の予定であったが、6月30日に気象庁により箱根の火山噴火警戒レベルが3に引き上げられ予定地内への立ち入りが規制されたため、工事は延期された。その後9月11日に噴火警戒レベルが2に引き下げられ、本報告を執筆中の10月初旬

の段階で、10月中旬に工事着工し12月末に完成予定となっている。そのため、ここでは観測点の仕様について記載することにする。

下湯場観測点でも駒ヶ岳観測点と同様に、温度の影響を少なくするために、観測坑を設置しその間に広帯域地震計を設置する。この場所では、駒ヶ岳観測点より大きな観測坑を設置する予定であり、その仕様の詳細を図4に示す。ここでは、250cm×150cm×深さ2mのコンクリート製の半地下室を設置する予定である。駒ヶ岳観測点と比較し、観測機器の設置スペースが広いため、将来的には広帯域地震計に加え、バブル式傾斜計や強震計などの機器も設置し、火山監視機能のさらなる強化を図る予定である。

3. 機動的地震観測点

4月下旬以降に活発化した地震活動は、これまで最大であった2001年の群発地震活動をしのぐ勢いで地震数が増加し、5月3日ごろには大涌谷の蒸気井で暴噴が発生、5月6日には噴火警戒レベルが2に引き上げられた。そのような状況で、今後噴火にいたるのか、いたるとすればどこで、どの程度の規模のものになるのか、という点が重要な関心事であった。噴火に至る過程においては、震源の深部から浅部への移動や震源域の拡大などの現象が予想されるが、これらを監視するためには、空間的に高精度な震源決定をルーティン的に行う必要がある。そこで、緊急に地震観測点の増設を行い、震源決定の精度向上をはかった。

3.1 構成機器

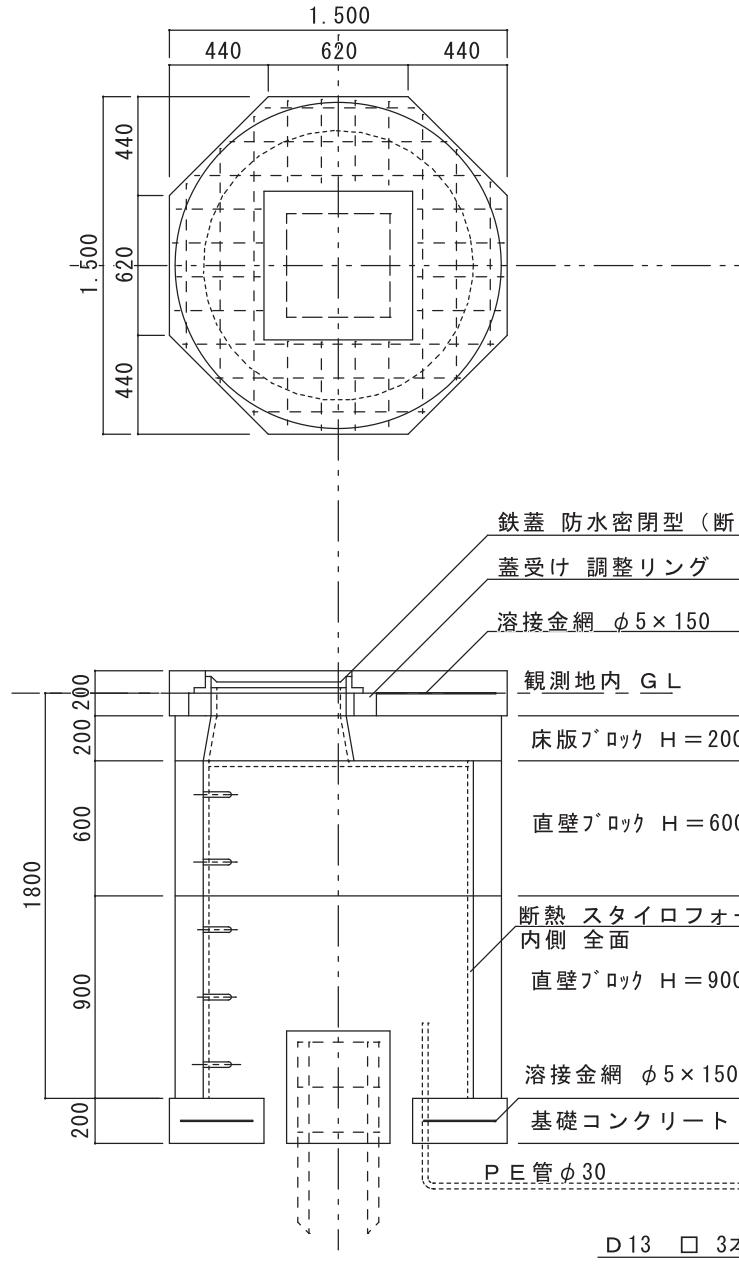
観測装置の増設に当たり考慮すべき条件としては、以下のようないものが挙げられた。

- ・オンラインでのデータの収集が可能であること。
- ・商用電源を必要とせず、かつ長期間にわたってバッテリ交換を必要としないこと。
- ・状況に応じて、観測点の位置を変更できること。
- ・短時間で設置できること。

上記の条件を踏まえて、地震計はこれまで臨時観測に使用しているものと同じ、固有周波数2Hzの3成分速度型地震計(CDJ-S2C-2)、ロガーは計測技研製HKS9700

観測井構造図

観測坑（M2人孔） 基礎図



観測坑 防護コンクリート

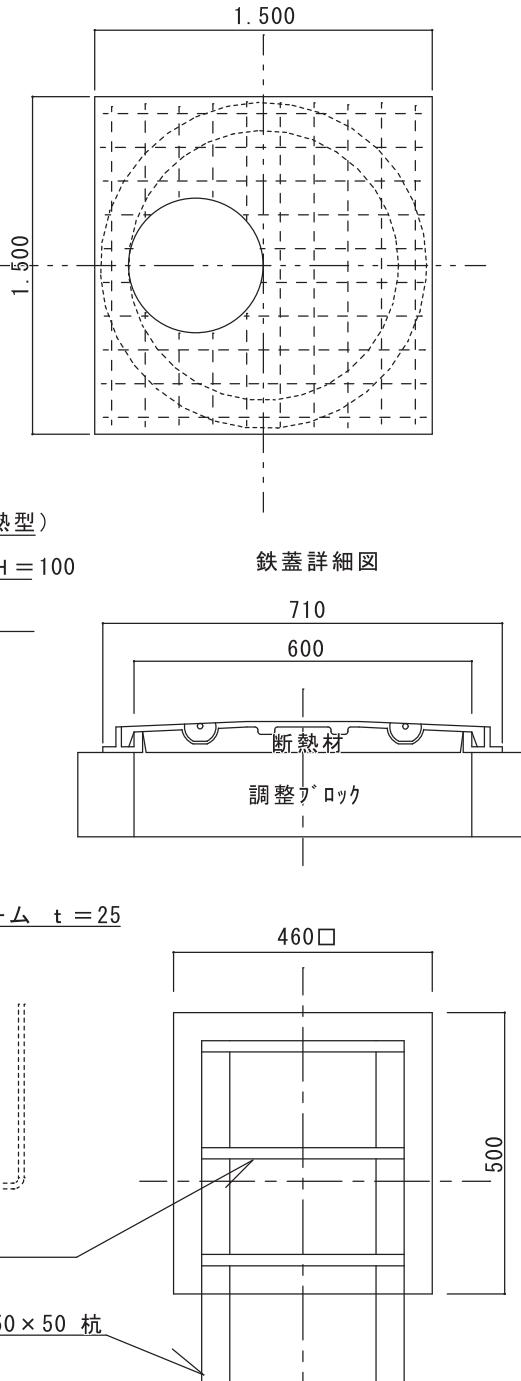


図2 駒ヶ岳観測点の広帯域地震計観測坑の仕様図。寸法の単位はmm。

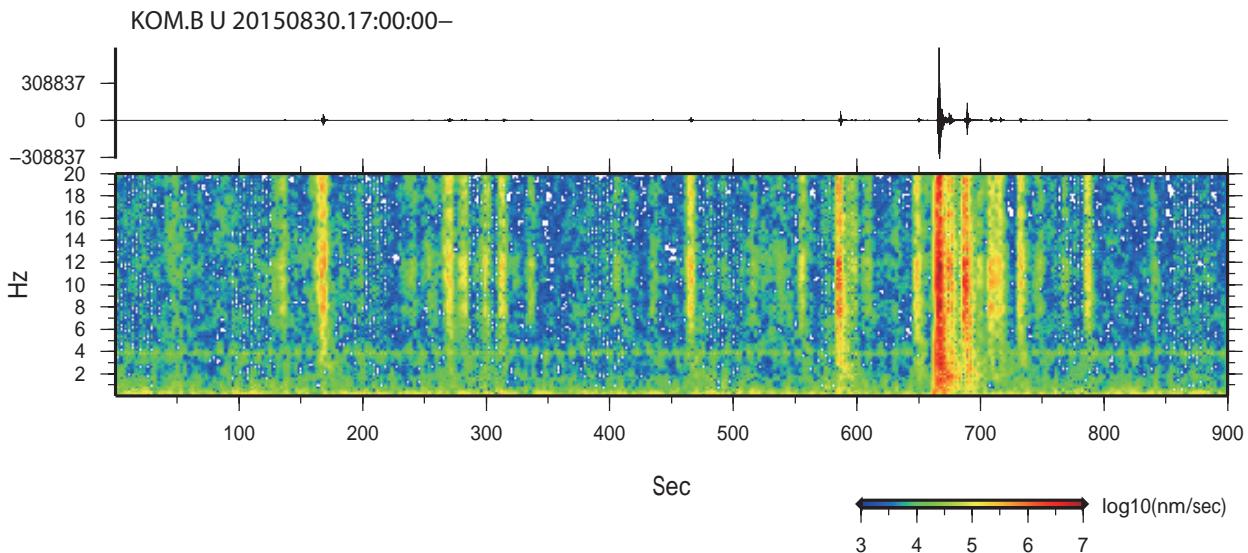


図3 駒ヶ岳観測点で記録された地震波形例（上段）及びそのランニングスペクトル。2015年8月30日17時から800秒間、上下成分。

にFOMAを利用してデータ送信を行うユビキタスモジュールを搭載したものを採用した。これらの観測機器を防水ケースに収納し、バッテリ及び太陽光パネルを接続して電力を供給することによって長期間の連続観測を可能とした。ただし、太陽光パネルの設置が困難な観測点については、バッテリを増設して観測期間を確保した。データはFOMA回線を通じてクラウドに送信・蓄積され、温地研からのコマンドによってクラウドからダウンロードして定常観測点のデータと統合される。データの送信間隔は電力節約のために1時間に1回とした。配線図を図5に示す。

3.2 観測点位置と設置状況

観測点候補は、大涌谷の極楽茶屋裏の駐車場（大涌谷）、明神林道（金時山）、長尾峠（仙石原）、山伏峠、鞍掛山（元箱根）の5か所である（図1）。このうち、山伏峠（写真5、6）、大涌谷、金時山はソーラーパネルを設置し、残りの2か所は日射条件が悪いためバッテリのみとした。基本的な設置図面を図6に示す。ソーラーパネルを取り付ける杭が埋設できない場所では、防水ケースの上に固定した。また、地震計が埋設できない場合には地表おきとした。当初は予定通り上記の5か所に観測点を設置したが、長尾峠と大涌谷については防災科学技術研究所と東京大学地震研究所が同様の観測機器をすでに設置しており、データも共有されていた。そのため、観測点の重複をさ

け機材を効率的に運用するために、2015年10月現在では、長尾峠と大涌谷の機材は三国峠および畠宿に移設して観測を継続している。

3.3 観測点のモニタリング

今回設置したユビキタスモジュールを搭載したロガーは、オンラインでステータスの確認が可能となっている。PCからウェブブラウザを用いてクラウドサーバーにアクセスすると、地図上に観測点の位置が表示され、観測点のマークをクリックすることで、現在のバッテリ電圧や電波強度などの情報が表示される（図7）。電圧やGPSの衛星数などは、これまでの履歴を時系列で確認することができる、バッテリの充電状況を見ながら、メンテナンスのスケジュールを立てることができる（図8）。また、メニューからデータ確認を選択すると収録された波形も確認でき、スマートフォンなどを用いれば設置後すぐに波形チェックが可能である（図9）。

謝辞

広帯域地震観測点の整備にあたり、箱根温泉供給株式会社に社有地の使用などに協力していただきました。機動観測点の設置にあたっては、箱根温泉供給株式会社・NTT東日本・芦ノ湖スカイライン株式会社に便宜を図っていただきました。国立研究開発法人防災科学技術研

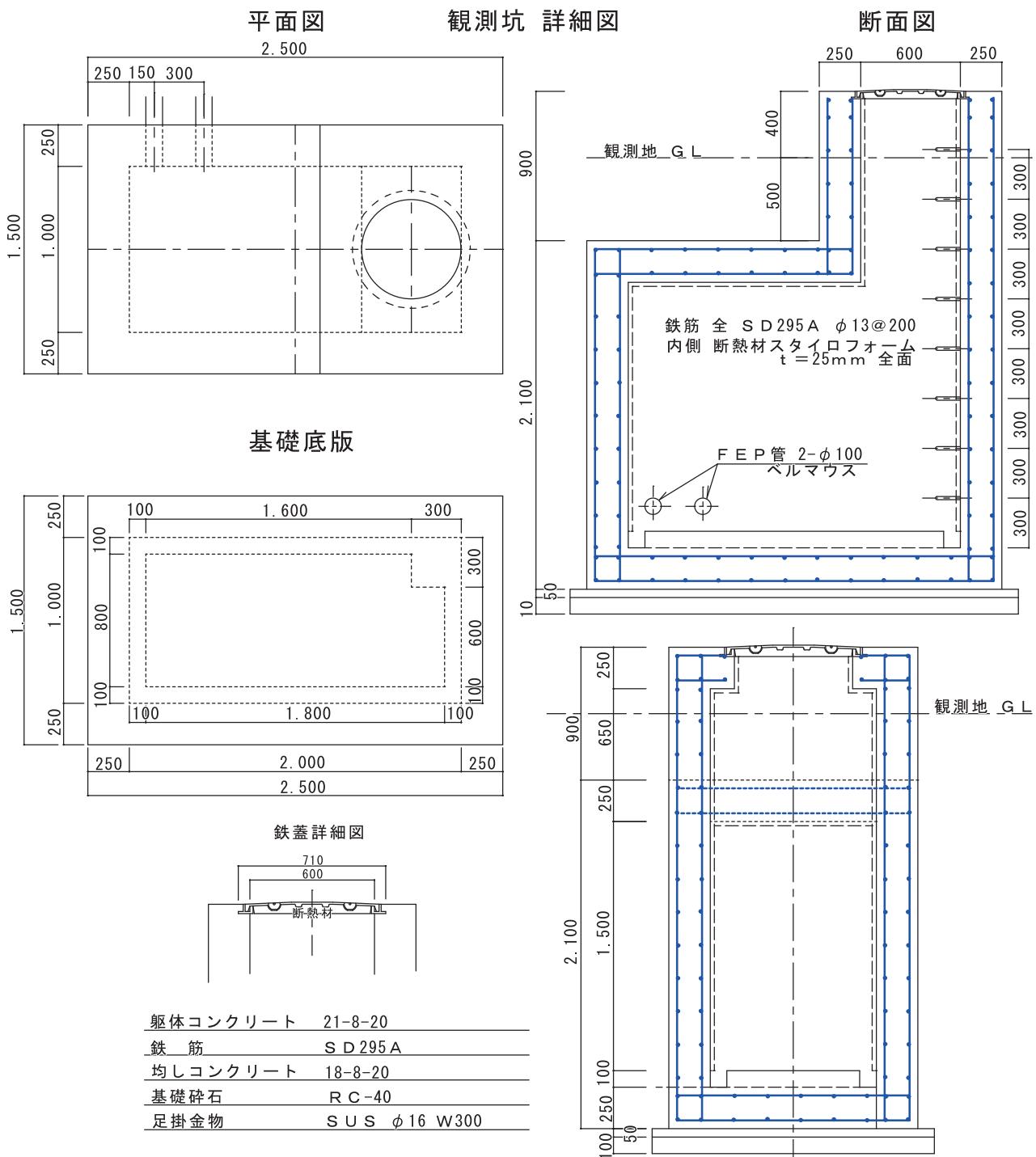
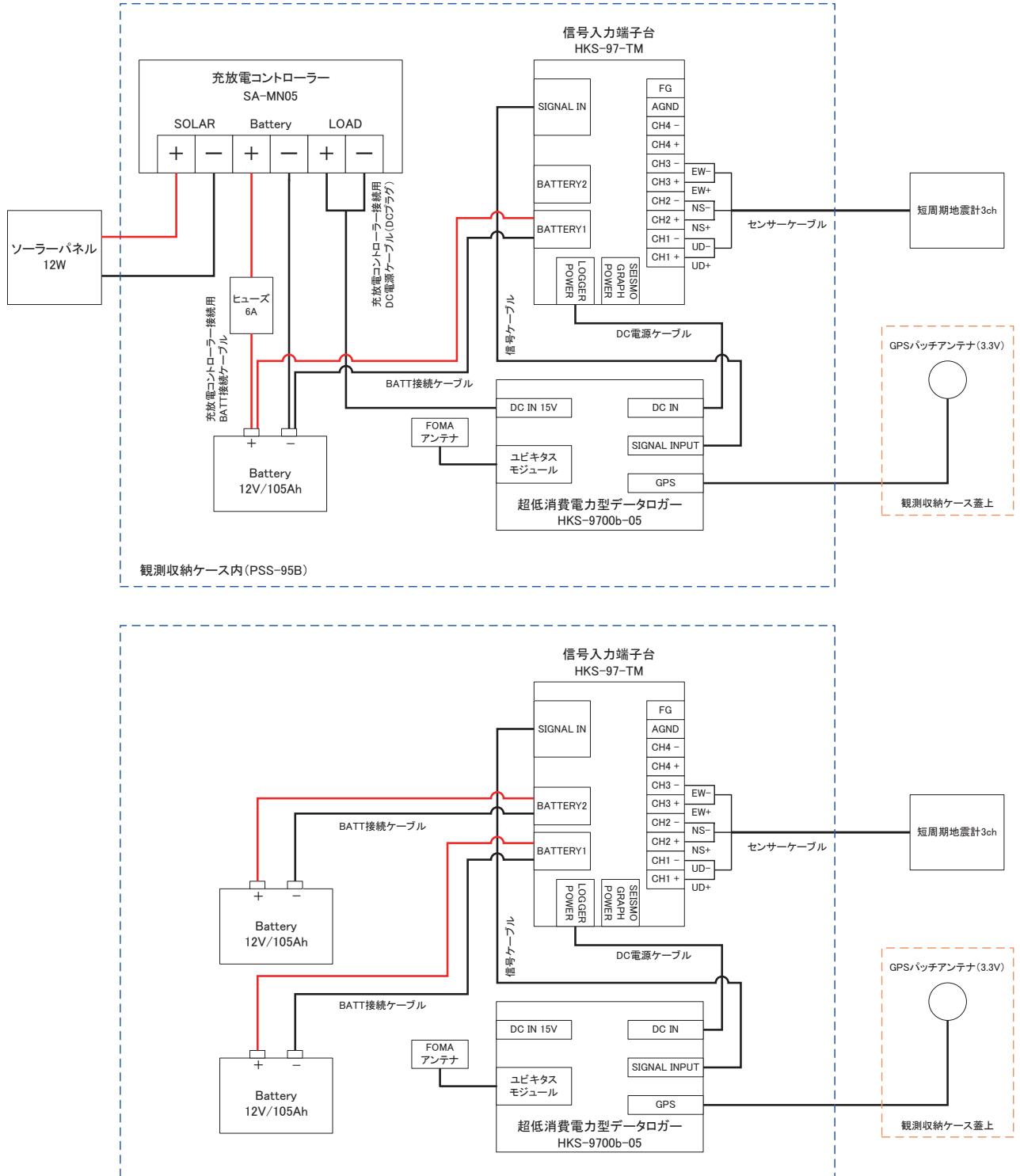


図4 下湯場観測点の広帯域地震計観測坑の仕様図。寸法の単位はmm。

究所の棚田俊收博士には、観測坑の設置にあたり様々な助言をして頂きました。記して感謝いたします。

参考文献

- 小林 淳・萬年一剛・奥野充・袴田和夫 (2006) 箱根火
山涌谷テフラ群—最新マグマ噴火後の水蒸気爆発体
積物、火山、51, 245-256.



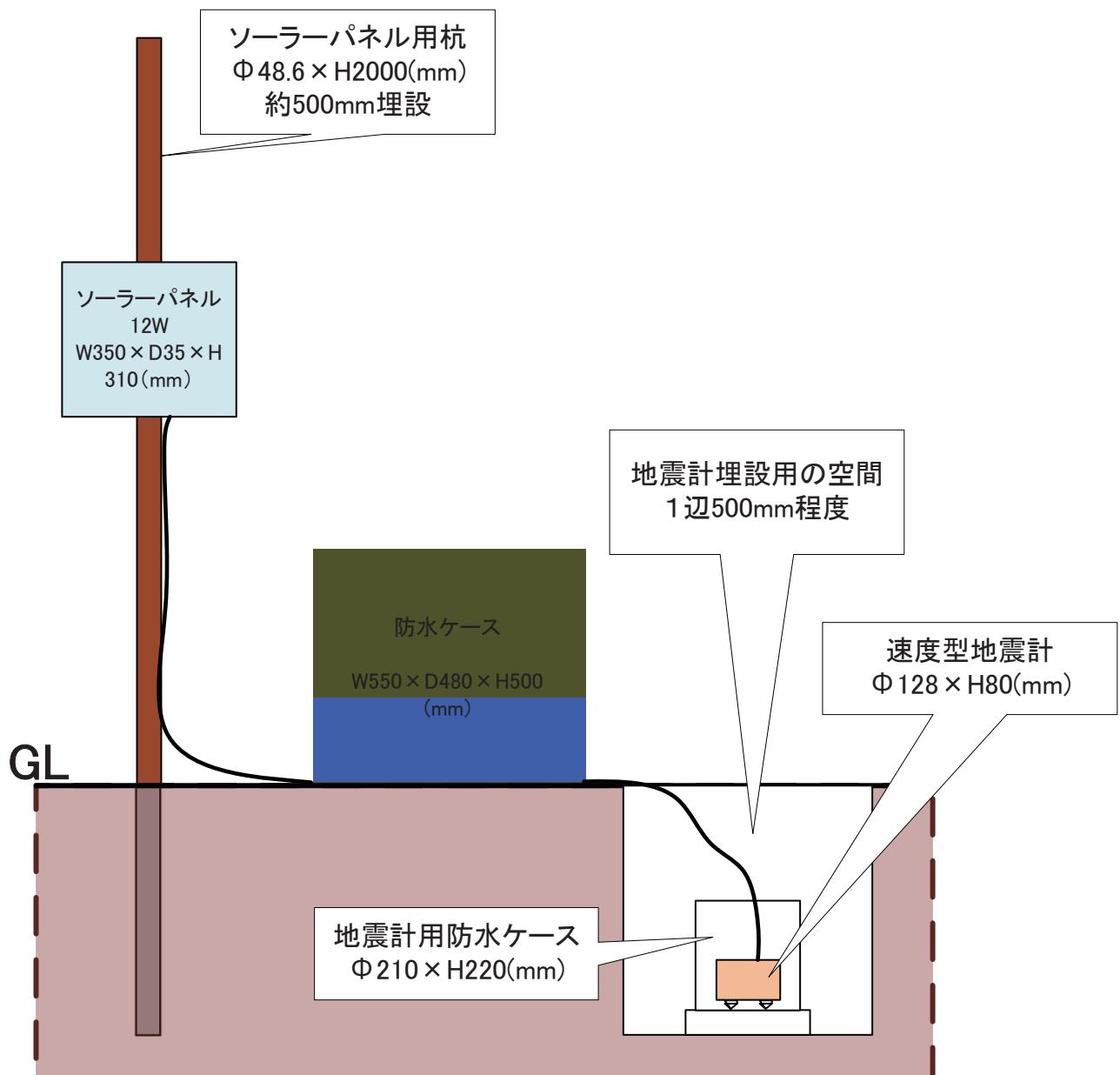


図6 機動観測点の構造図（ソーラーパネル設置・地震計埋設）。

神奈川県 温泉地学研究所



図7 観測点情報の表示例



図8 電圧などの時系列の表示例（左：1週間 右：1ヶ月）。

リモートモニタリング地震観測システム

3305010094

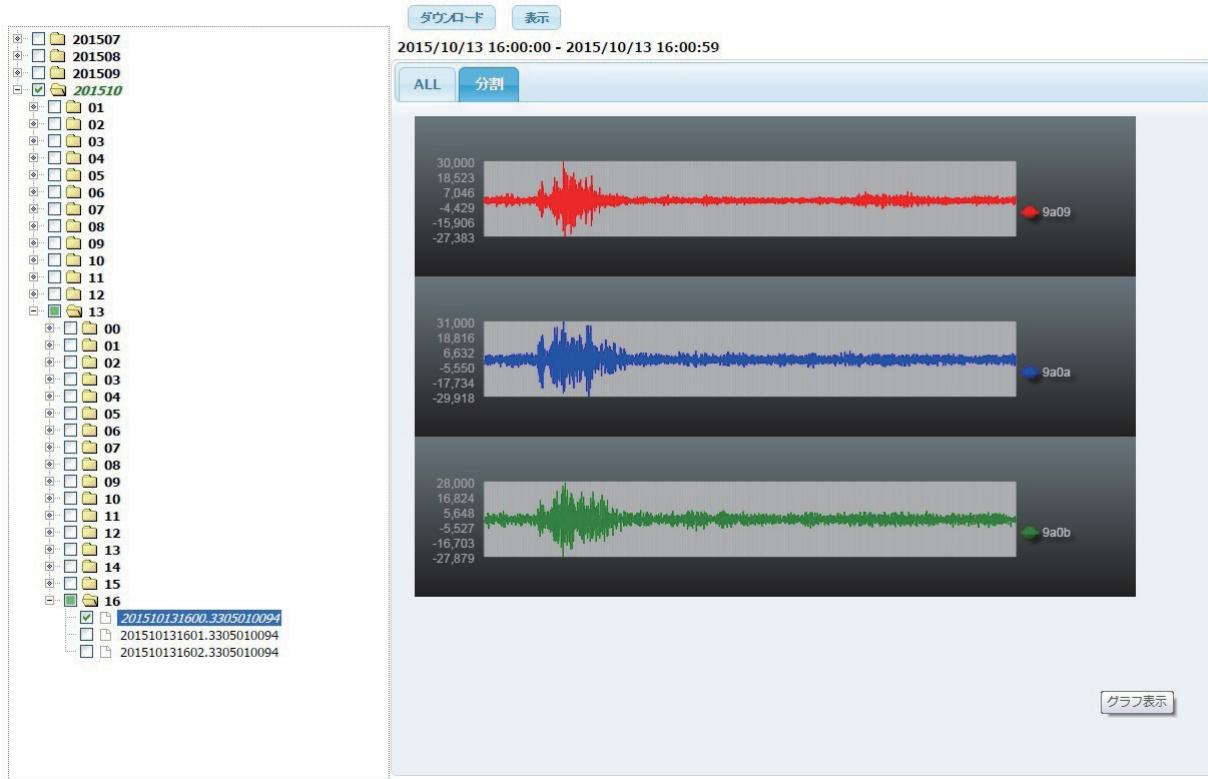


図9 波形の表示例



写真1 観測坑設置工事の様子（駒ヶ岳観測施設前）



写真2 観測坑設置用に掘られた穴（深さ約2m）



写真3 設置された観測坑と観測筐体



写真4 駒ヶ岳観測点の観測坑内に設置された広帯域地震計



写真5 機動観測点の設置例。埋設前の地震計（山伏峠）。
完成後。



写真6 機動観測点の設置例。完成後（山伏峠）