

通信が成功した地点では環境ノイズに対する信号強度 (S/N) が 30 以上で、一般的に安定した通信が可能な $S/N \geq 20$ を十分満たしていた。

観測やぐらが設置されている三又ダム法尻は、三方を囲まれた窪地であり、地点①～③や Eltres 基地局がある平野部よりも高い標高にある。国土地理院地図から取得した通信経路の標高と起伏を図 1.6.22～1.6.24 に示す。

このような環境では、LPWA のなかで長距離通信向けとされる機種でも通信が成功しなかった。

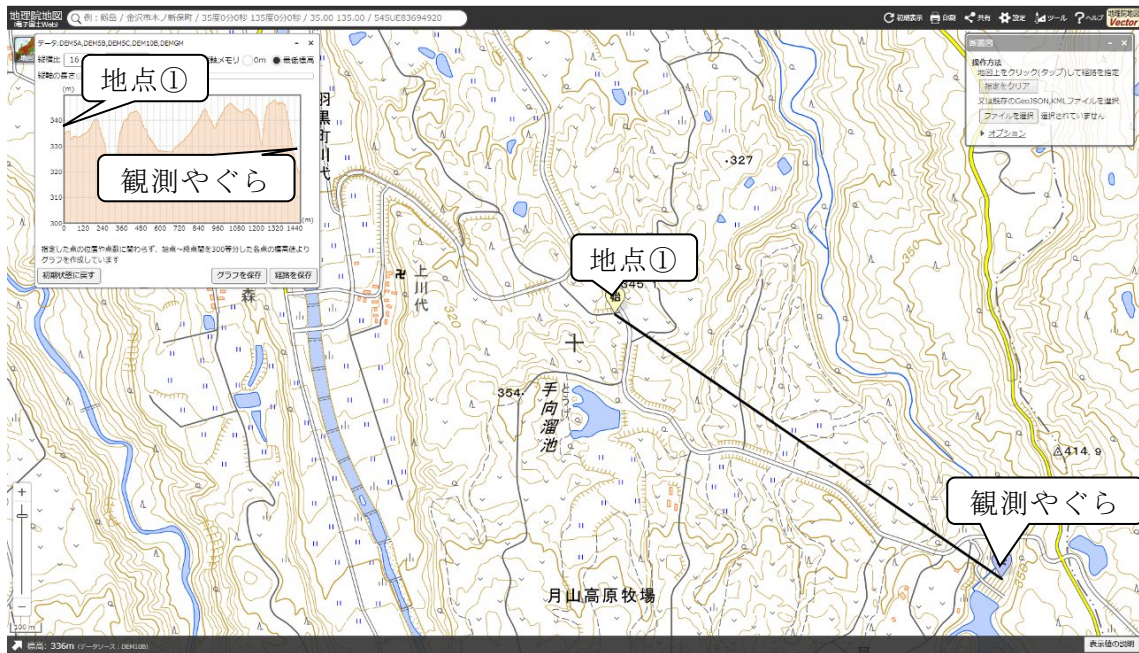


図 1.6.22 地点①－観測ヤグラ間の起伏

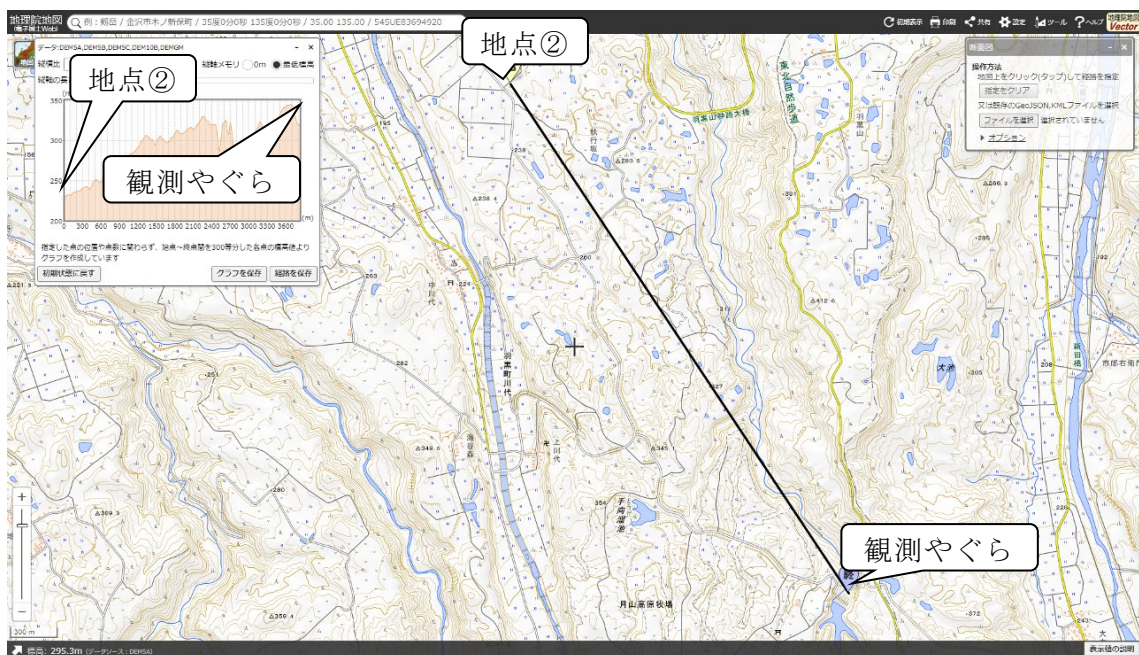


図 1.6.23 地点②－観測ヤグラ間の起伏

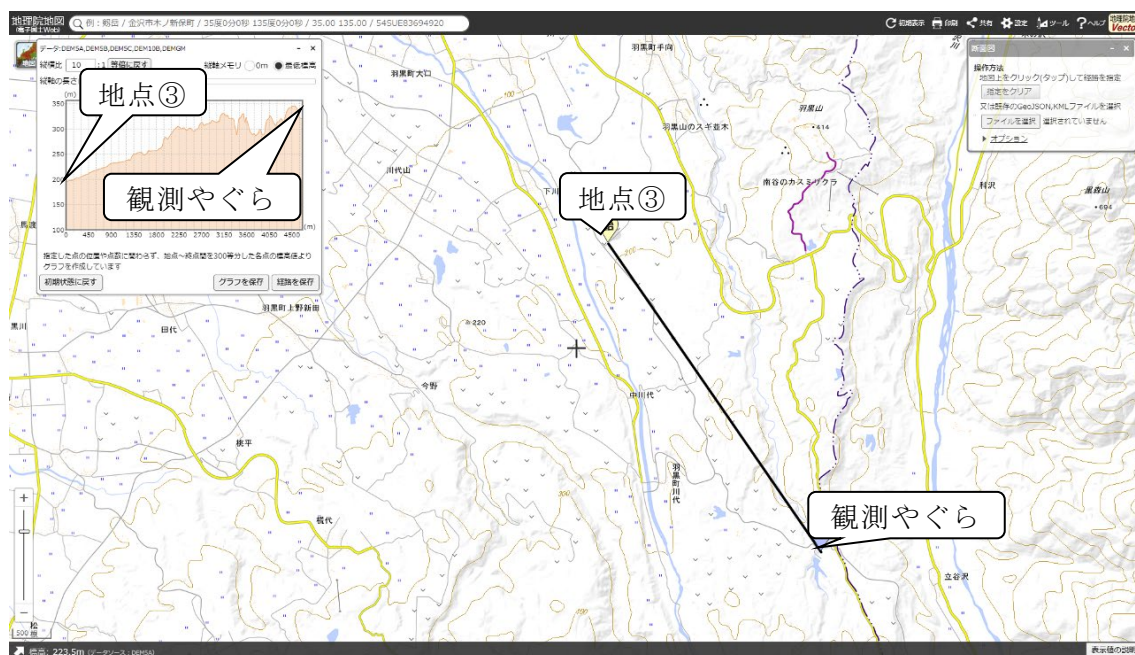


図 1.6.24 地点③ー観測ヤグラ間の起伏

基地局からの距離にも依存するが、観測やぐら設置個所のように局所的に 10m 程度窪んだ場所は長距離無線通信ができないという前提でのシステム構築が必要と考えられる。

天端からは通信可能な地点があり、適用可能な LPWA が存在することが分かった。従ってある程度周囲が開けている地点まで観測データを移動できれば LPWA は適用可能である。以上のことから、中山間部のアースダムやため池から無線通信を行う場合は、周囲が開けた場所など LPWA 無線局が運用可能な地点を選定して、そこを起点に水位観測システムを構築することが望ましい。

また、ゲートの制御設備などを有するダムでは管理事務所にネットワーク回線が引かれている場合が多く、ダム堤体から管理事務所まで LPWA 通信でデータ伝送し、管理事務所内のネットワーク回線を利用してクラウドへ伝送する手法も有効と思われる。

1. 7 実証試験（現場適用）の概要、結果、課題等

山形県三又ダムで現行掘削装置での試掘ならびに、孔内水位観測システムを構築した。

構築目的はダム堤体の水位低下効果に関してなるべく長期間の観測データを取得するとともに、山間部に位置するダムにおいて、観測データの実用的な回収方法を確立することである。

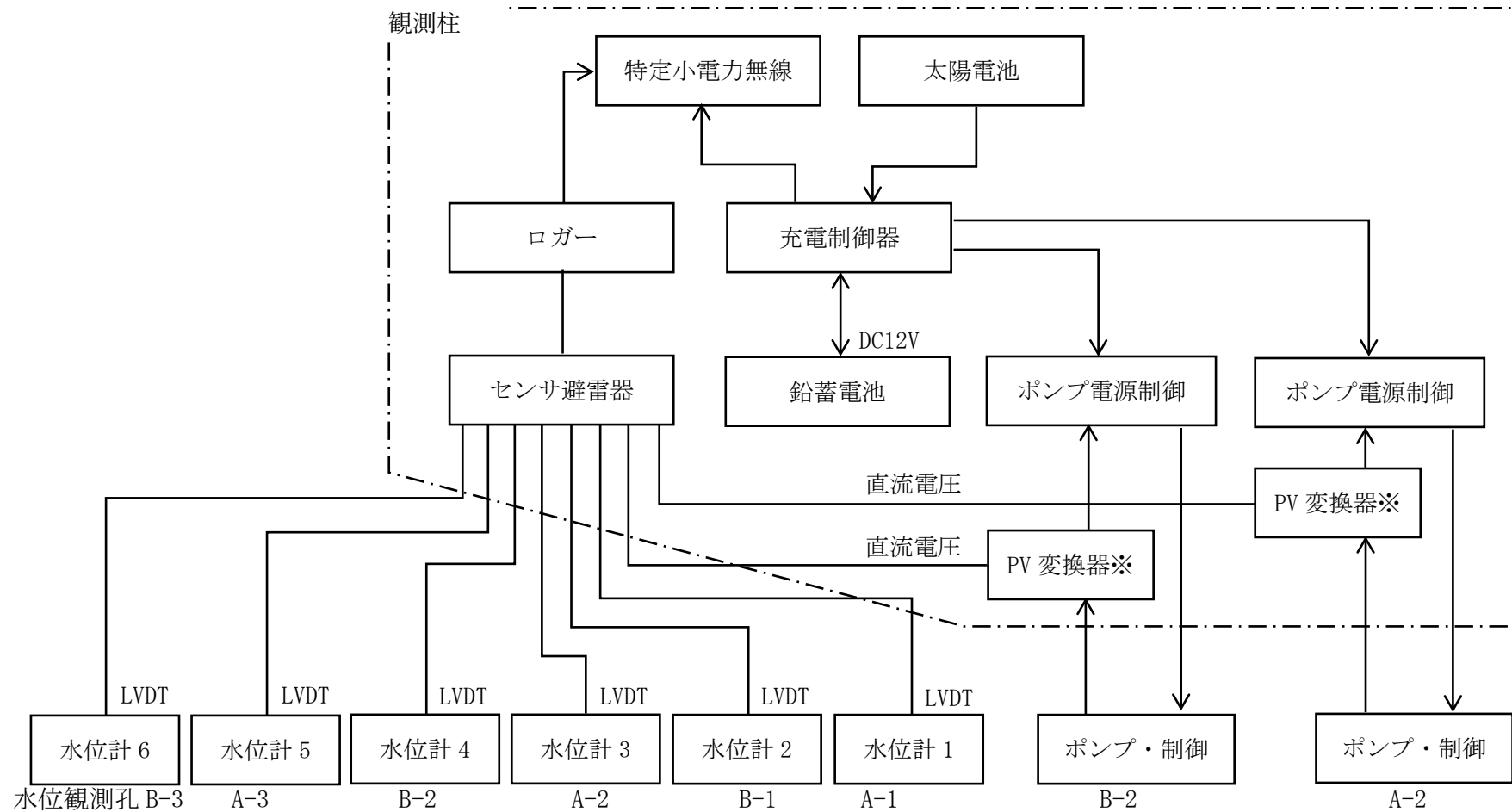


図 1.7.1 実証試験地

工事は 2021 年 5 月 10 日から 5 月 21 日に掛けておこなった。

システム構成を図 1.7.2 に、施工平面図を図 1.7.3 に、施工断面図を図 1.7.4 ～1.7.6 に示す。

本工事では特定小電力無線装置を設けることで、ダム堤体に立ち入らずに近くの橋からデータ回収可能なシステムとした（後述のとおり実証試験では LPWA 通信装置に置換えた）。



※PV 変換器：孔内水位が上限に達すると「ポンプ・制御」から出力されるパルスをカウントし、カウントに応じた電圧に変換する機器

図 1.7.2 システム構成図

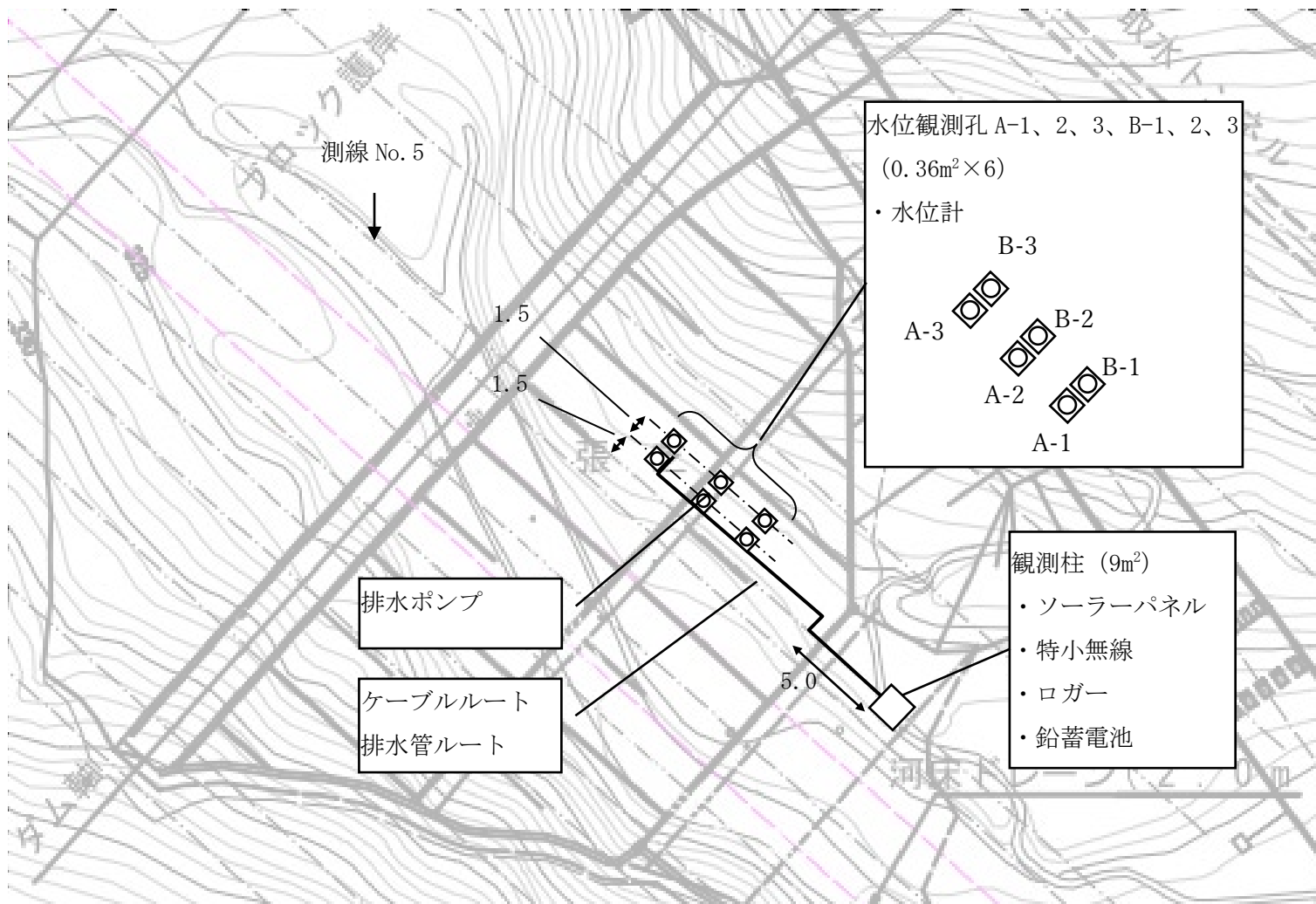


図 1.7.3 施工平面図

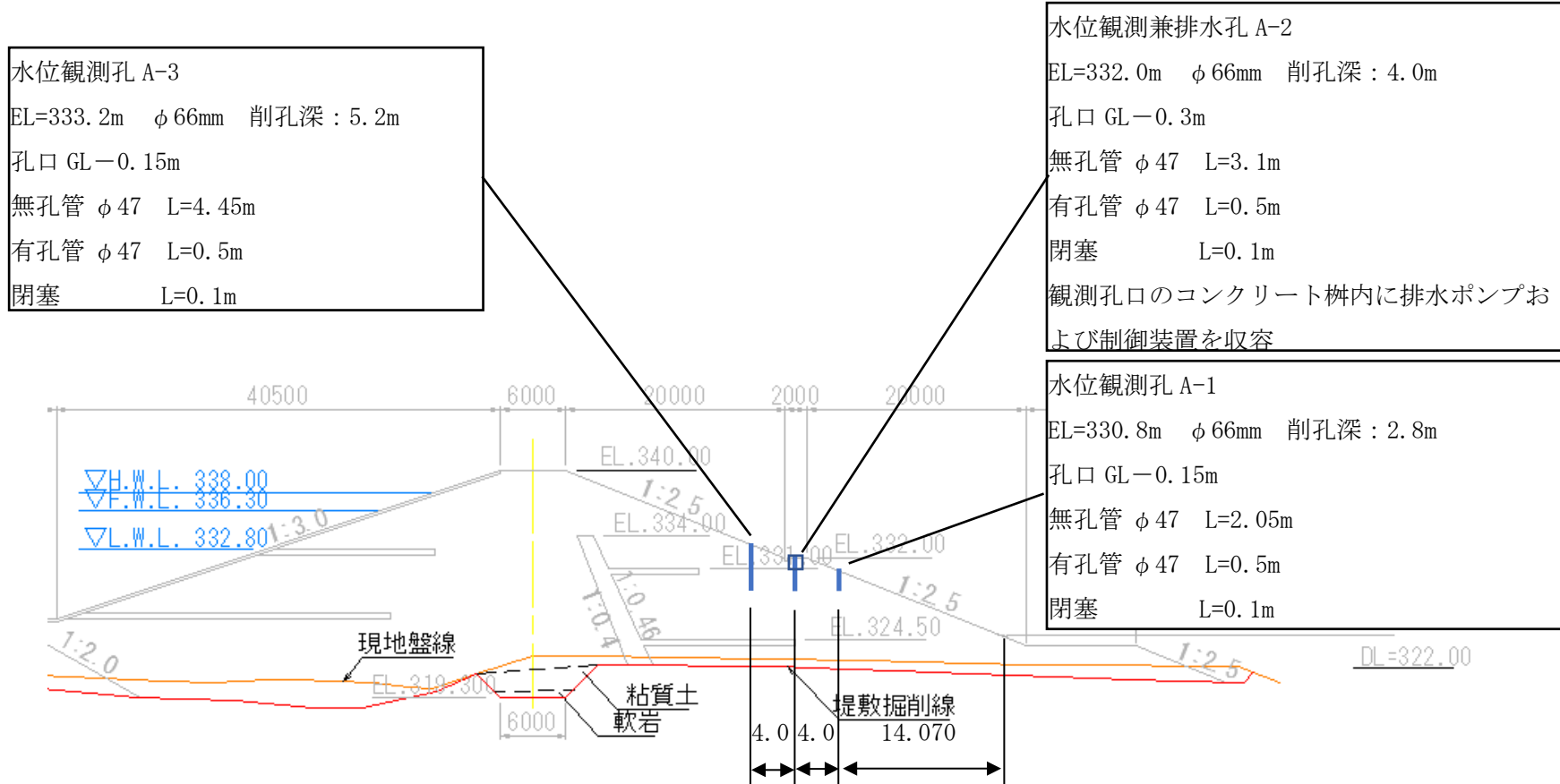
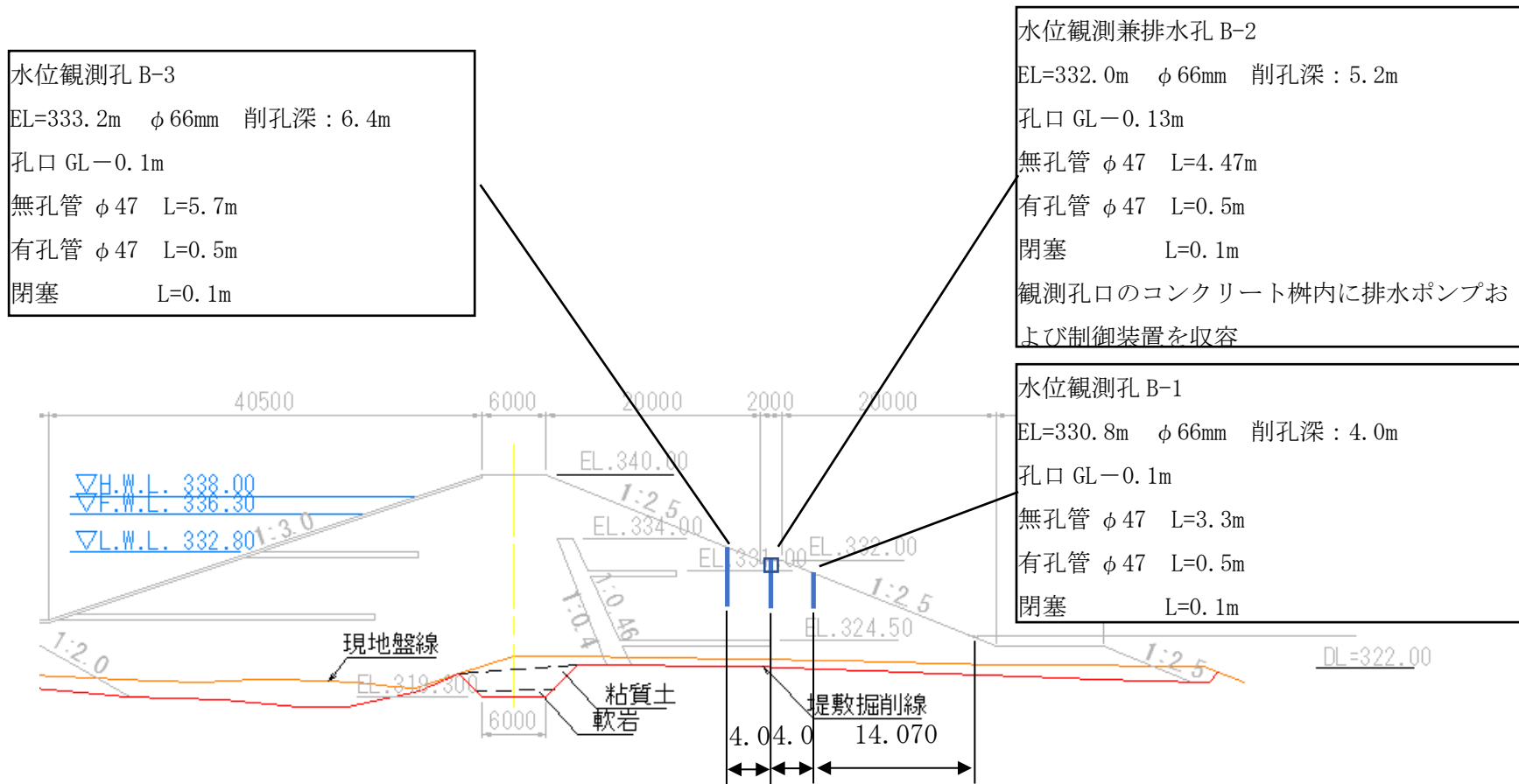


図 1.7.4 施工断面図 (旧測線 No. 5-1.5m)



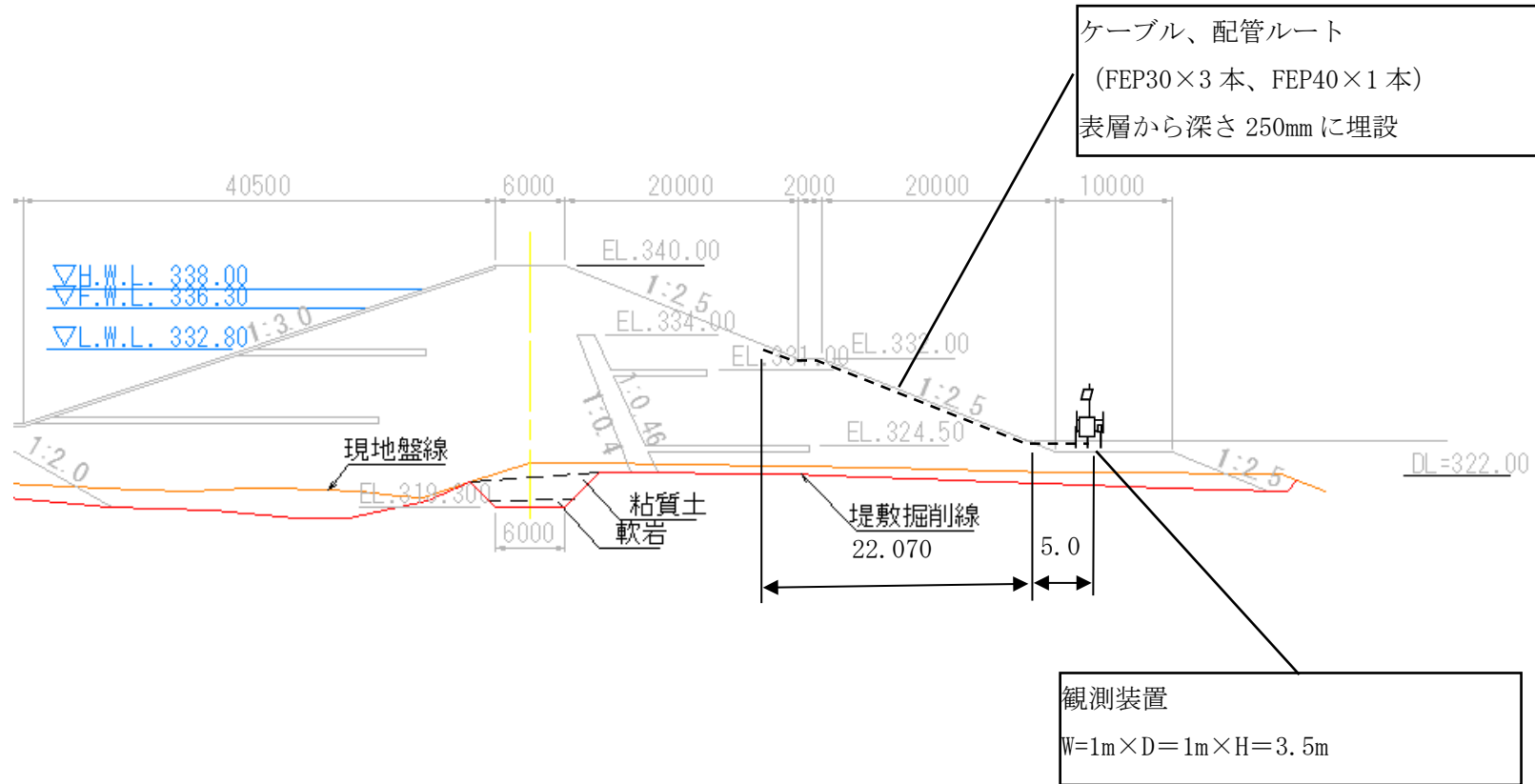


図 1.7.6 施工断面図 (旧測線 No. 5)

観測孔 A-1～3、B-1～3 には水圧式水位計を設置し、観測装置に収容したデータロガーで定期的に測定して、そのデータを保存する仕組みである。本現場は携帯電話圏外であったため、LPWA 装置導入までの期間のデータ回収は手動で実施している。

なお、A-2、B-2 にはドレーンの模擬として排水ポンプを据え付けて、孔内水位が所定の水位に達したらポンプが作動することで、小段より下流の堤体内水位が一定に保たれることを期待した。

また、このときの水位挙動から堤体内浸潤状況を推定することが可能であると考えた。

各観測孔内の設置図を図 1.7.7～1.7.8 に、観測装置の設置図を図 1.7.9 に示す。

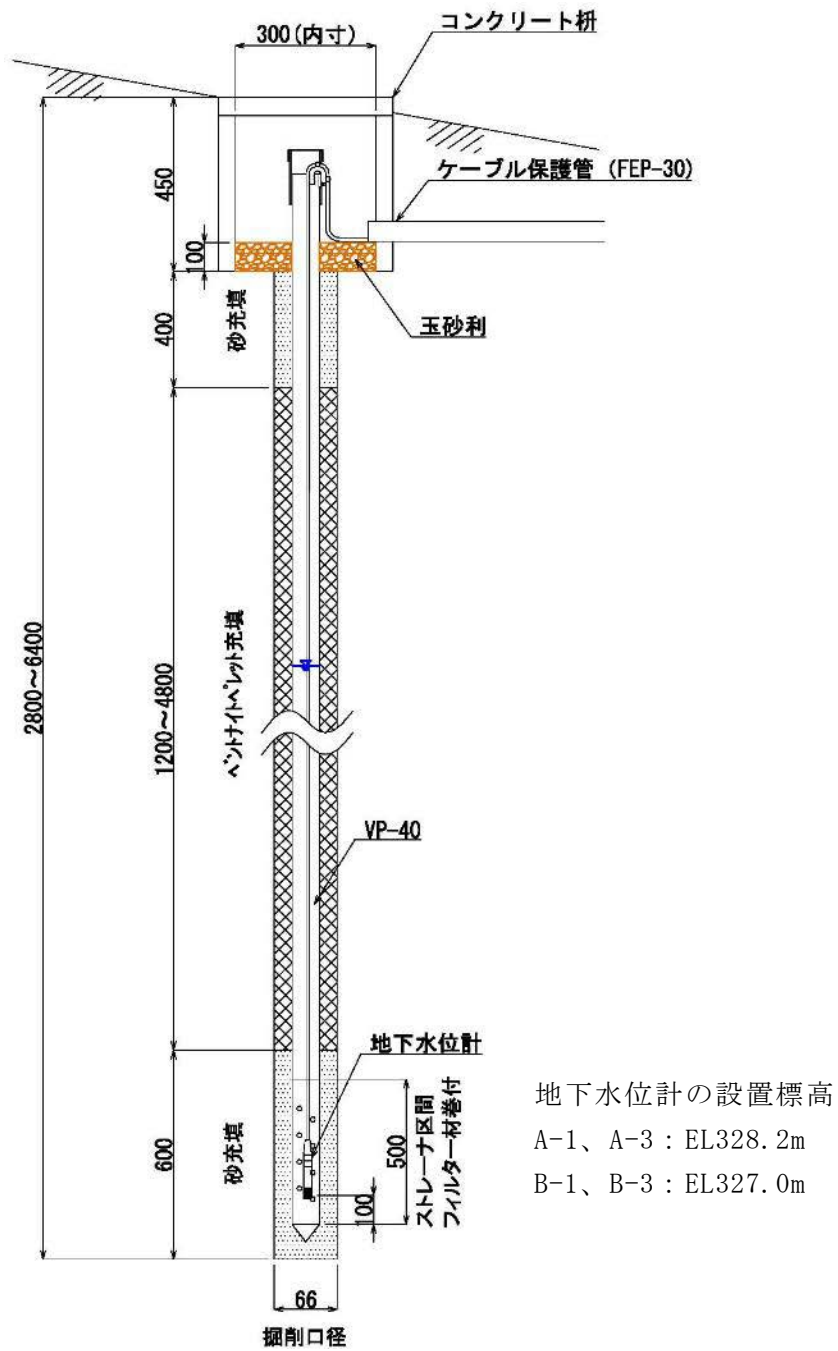


図 1.7.7 観測孔 (A-1、B-1、A-3、B-3) 内の設置図

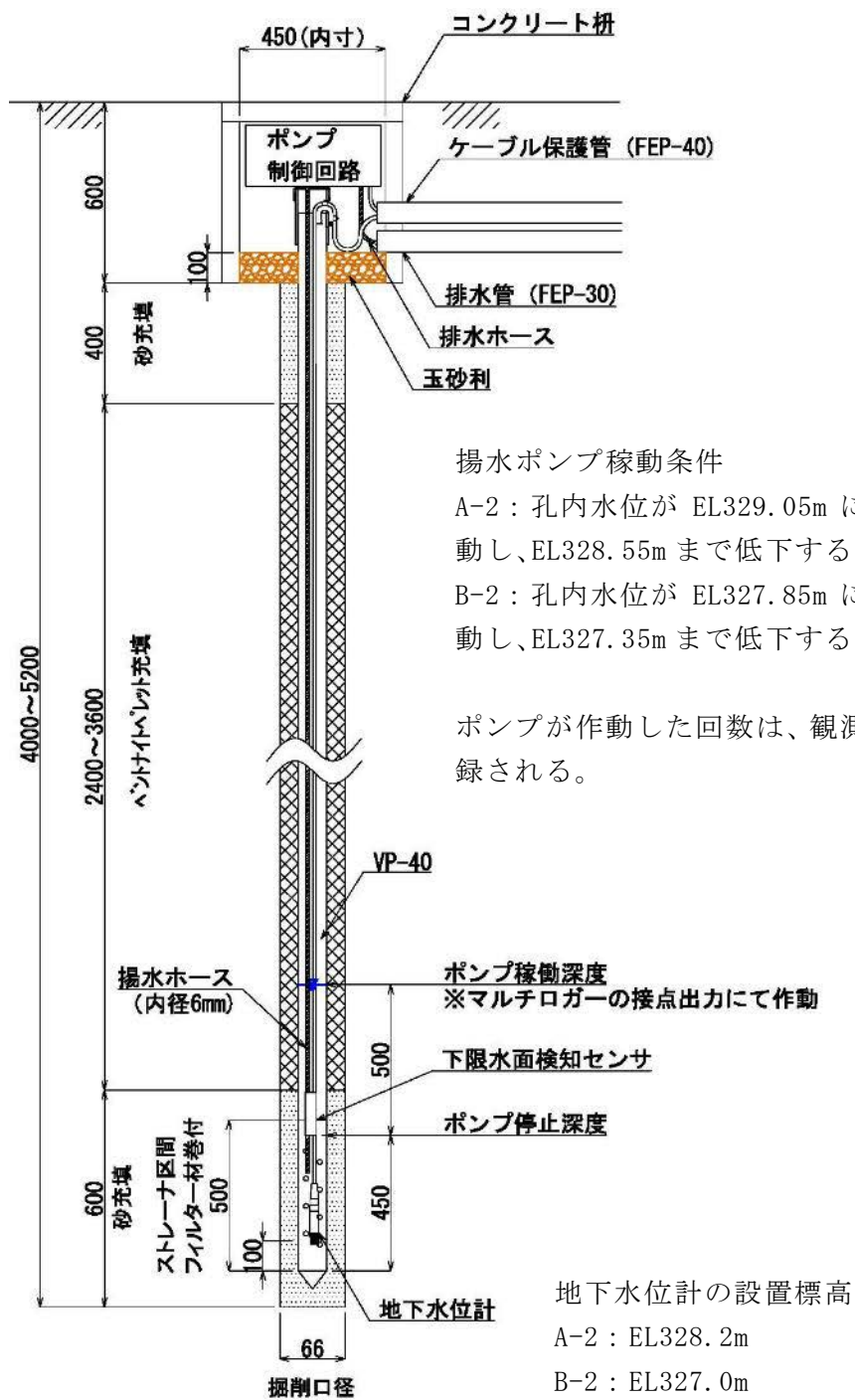


図 1.7.8 観測孔 (A-2、B-2) 内の設置図

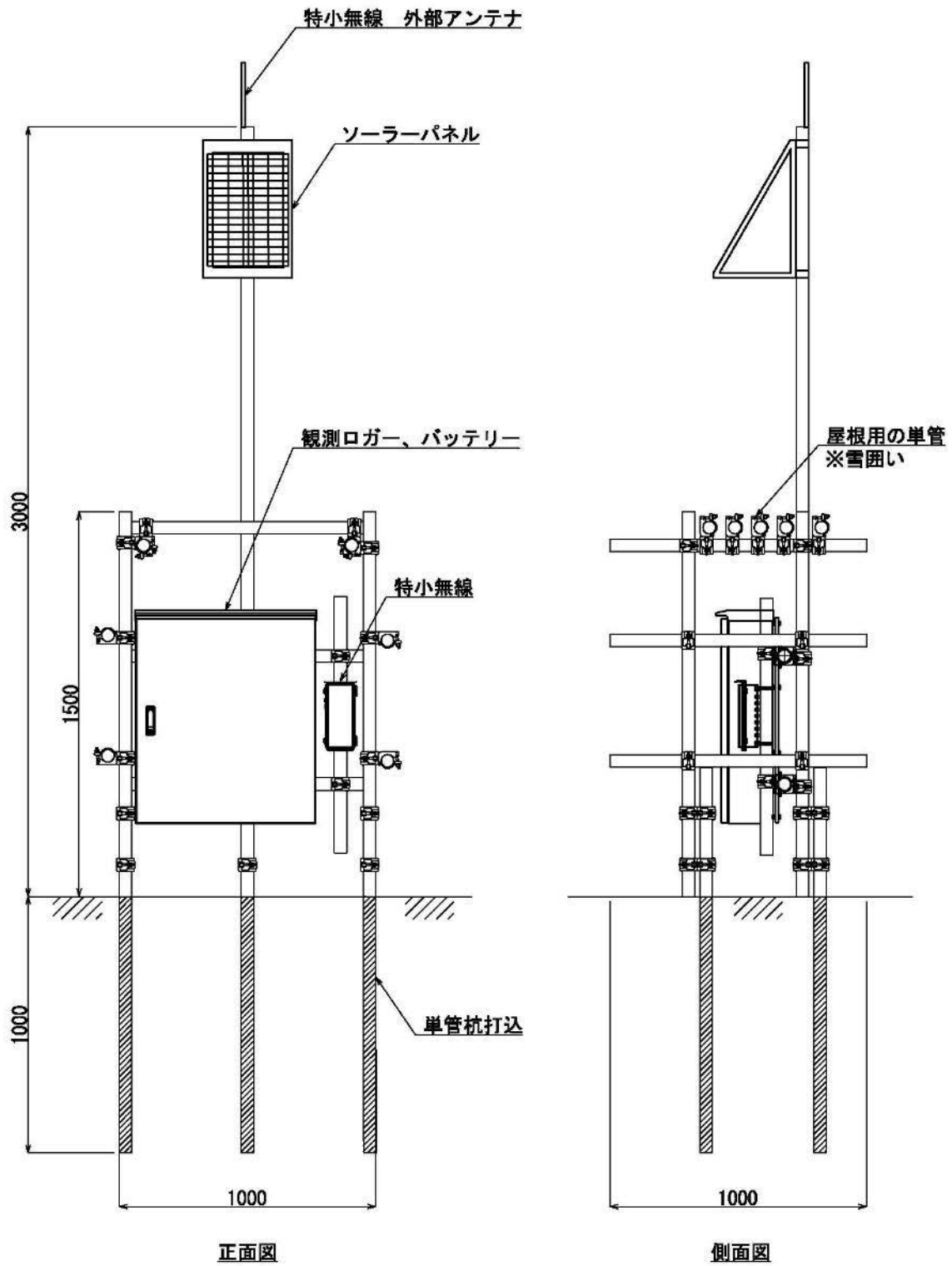


図 1.7.9 観測装置の設置図

2020 年 5 月 20 日～2024 年 3 月 27 日までの観測データを図 1.7.10 に示す。

A-2、B-2 孔の排水ポンプは、凍結故障を防止するため冬季は停止させている。

B 測線では、ポンプアップにより下流側観測孔（B-1）の水位が低下したことから上下流方向に卓越した浸透水があると考えられる。一方 A 測線では、ポンプアップの影響がみられなかったことから、上下流方向以外の水の流れが支配的であると考えられる。

両者から、全ての締固め層境界で水平方向に卓越した浸透水の流れが生じているわけではないと考えられる。

B 測線下流側観測孔（B-1）の水位がポンプアップにより低下したことは、上流からの浸透量を抑制する効果があったと考えられるが、他の観測孔ではそれは認められず、いずれの観測孔も水位が高かったことから、浸潤線の推定は困難であると判断した。

また、他の検証手法（電磁気を用いた探査など）による浸潤線の推定も困難と判断した。

なお、既設の水位観測孔においてポンプアップ開始前後を比較した場合、季節変化にともなう水位への影響はみられなかったことから、ポンプアップの影響範囲は限定的なものであったと考えられる。



図 1.7.10 A、B 測線の観測データ

リアルタイムでデータ確認可能な通信手段の実証試験として、LPWA 通信装置の 1 つである SpreadRouter による通信システムを、R3 年 5 月に構築した孔内水位観測システムに追加した。採用理由は以下の通りである。

三又ダムでの実証試験に適用する場合、Eltres は観測やぐらから天端あるいは同様に周囲が開けた場所まで有線または他の無線通信手段でデータを伝送し、そこから長距離無線通信システムを構築する必要があることが分かった。

また SpreadRouter は天端からデータ伝送をおこなったとしても、地点①（図 1.6.9 参照）までが通信可能距離であり、この地点の LTE 電波は弱く安定していなかった。

加えて、地点①は民地であった。

天端への設備構築は堤体の安全面など考慮が必要であることから、観測やぐらからダム管理事務所まで SpreadRouter で伝送し、ダム管理棟内のインターネット回線を利用することで、遠隔監視システムの実証試験とした。

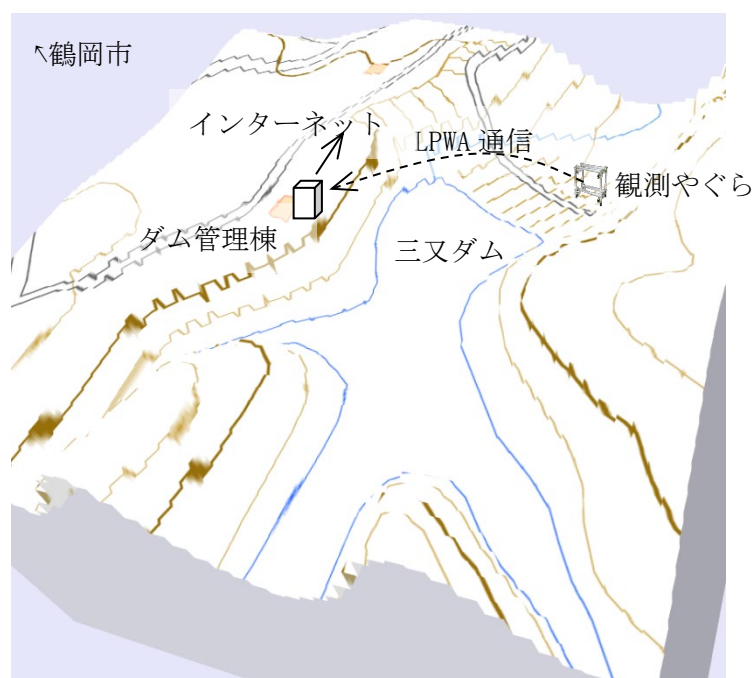


図 1.7.11 LPWA 実証試験の通信経路概要

追加したシステム構成を図 1.7.12 に、施工平面図（ダム管理事務所側）を図 1.7.13 に、施工図（観測やぐら側）を図 1.7.14 に示す。

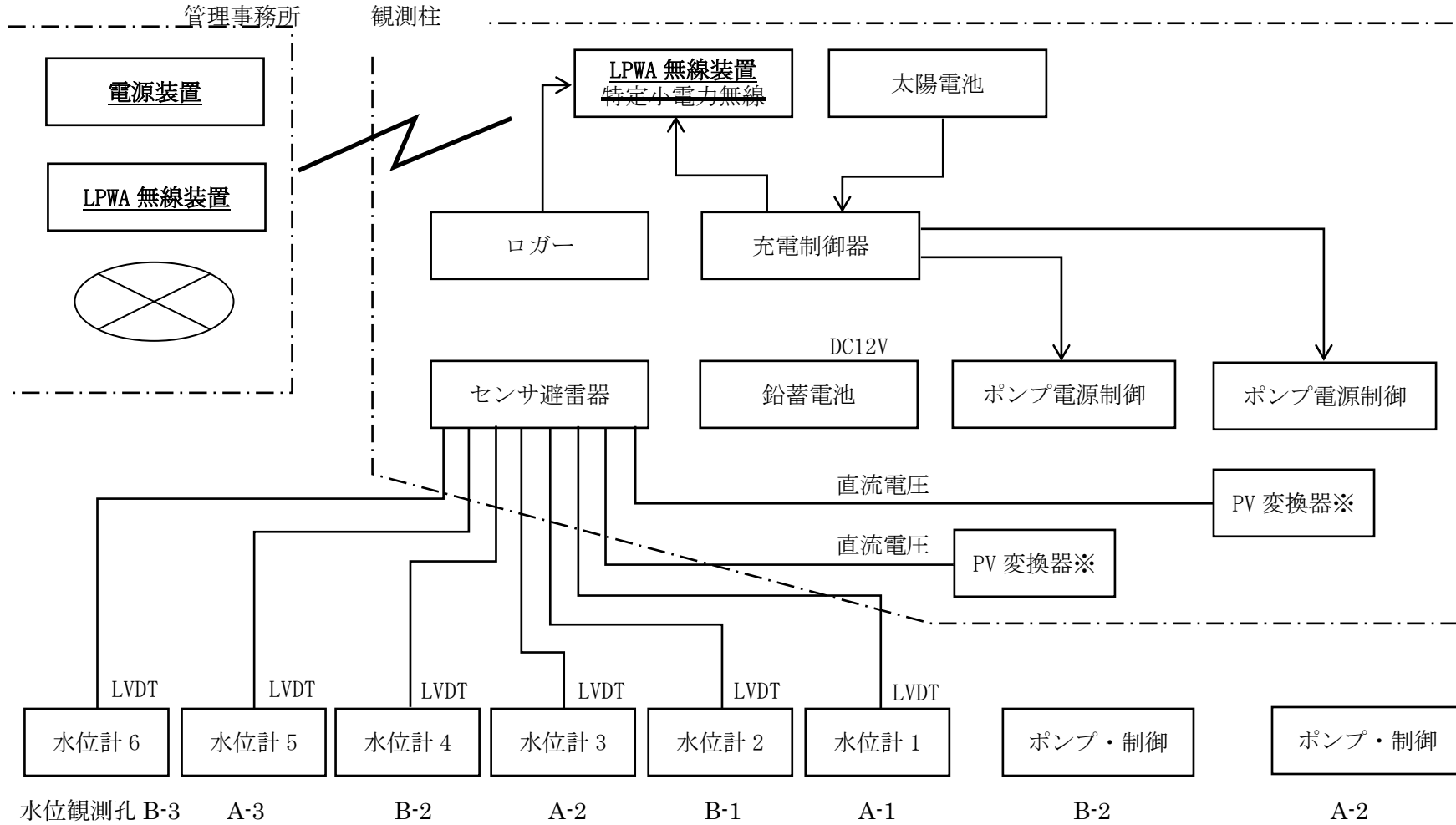


図 1.7.12 三又ダム 排水監視システム LPWA 追加構成図

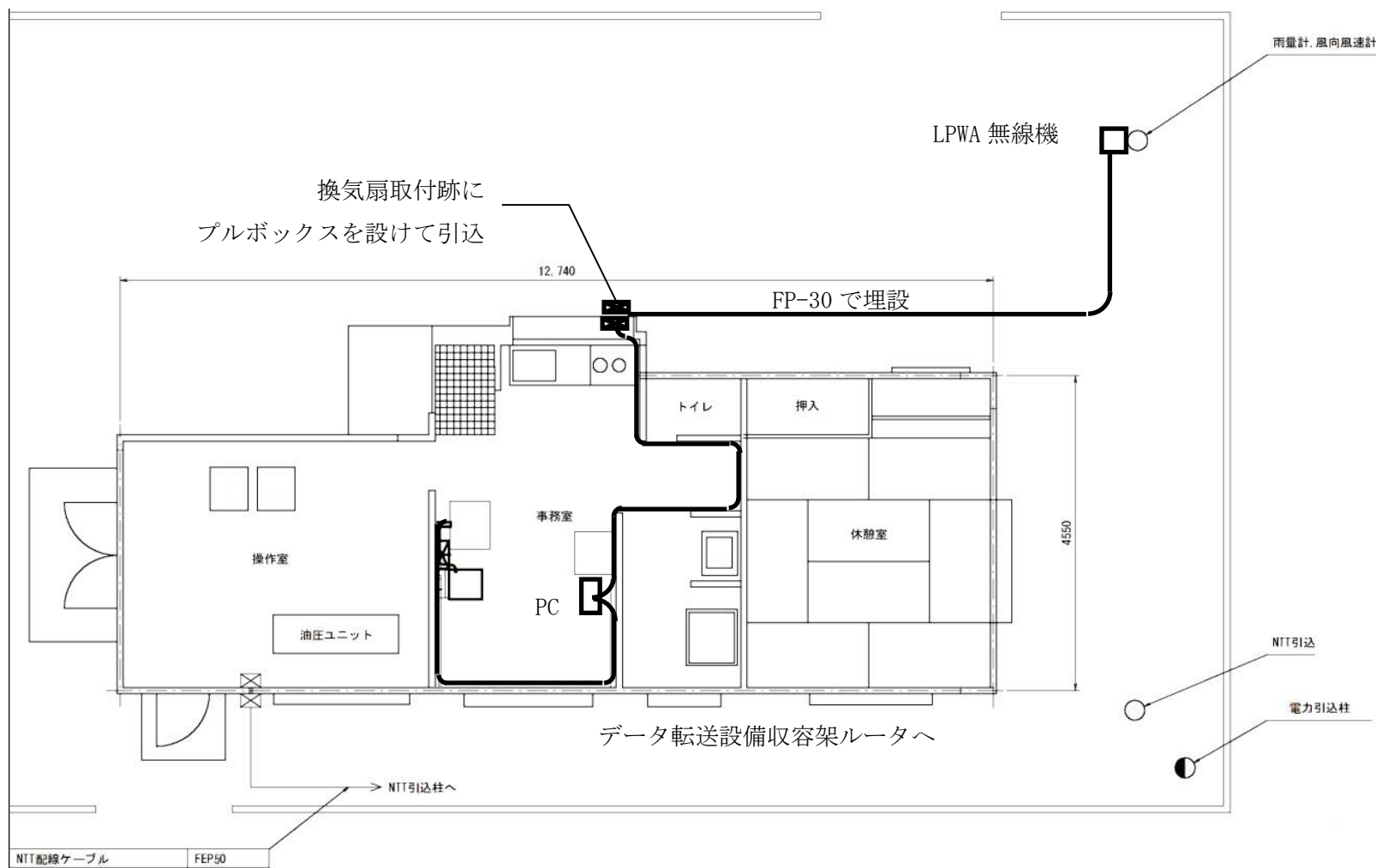


図 1.7.13 施工平面図 (ダム管理事務所)