

高専 (KOSEN) 発の小型水位計による水位観測システムの 大分県内の農業用ため池への試行

前 稔文¹・佐野 博昭²・吉田 晋³・田上 博彰⁴・大鶴 泰史⁵

¹都市・環境工学科, ²防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科,
³阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 情報コース, ⁴(株) サザンテック, ⁵(株) アイエステー

小型水位計を用いた大分県内の農業ため池の水位を観測するシステムの構築を目指し, 本研究では, 大久保ため池と香下ダムに小型水位計を設置した. 小型水位計は, センサ面から超音波を発生して水面までの距離を計測するものであり, そのデータは計測時刻や水位計により計測された気温, 日射量, および電池電圧と共にサーバに送られる.

気温や日射量, 並びに気象庁の観測データである降水量と併せて水位を確認したところ, 降水と共に水位は上昇し, 気温が高く全天日射量が多い晴天の日が続くと水位が下降していることが確認できた. このことから, 大分県内のため池を対象とした小型水位計の活用は十分に可能であるといえる.

キーワード : 高専 (KOSEN) 発, 小型水位計, 農業用ため池, 水位

1. まえがき

近年の大きな気象の変化により降雨は激甚化し, 河川および沿岸地域では大きな被害を受けている. それらの災害は河川や海岸だけでなく, 農業用ため池 (以下, ため池と称する) においても発生している.

ため池とは, 降水量が少なく, 流域の大きな河川に恵まれない地域などで, 農業用水を確保するために人工的に造成された池とされており, 令和2年3月の時点で, 全国に159,543箇所存在し, 大分県内でも2,134箇所のため池が存在している¹⁾.

ため池の多くは江戸時代以前に作られたものが多く, 老朽化したため池は, 豪雨による漏水や決壊が懸念されている. 最近では, 平成30年7月豪雨により, 全国で32箇所のため池の決壊による被害が発生し, 「水位計等の観測施設を備えたため池は限られているが, 全てのため池でこれを備えることは困難」と振り返られている²⁾. このように, ため池の災害対策のひとつとして, 水位計等による観測施設の設置は重要視されていることがわかる.

一般に, 水位計は数十万円から数百万円と高額であり, 維持管理も含めるとため池を管理する自治体にとって水位計の設置は経済的に大きな負担となる. それに対して, 高専 (KOSEN) 発の小型水位計^{3,4,5))}は, 通信機器が組み込まれているので設置以外の工事費は不要で, また水位計の製作費 (材料費) が1台あたり37,000円程度なので, 市

販の水位計に比べて非常に安価であることから, 経済的な負担は小さいと考えられる.

このような小型水位計をため池に設置できれば, 豪雨時であっても遠隔からリアルタイムで水位を知ることができる. さらには, 貯水および放流の計画や調整も可能となる.

なお, 開発された小型水位計は, これまでに徳島県内と長野県内の河川, 奈良県内のため池における性能評価試験では, その有効性は確認されている.

そこで, 本研究では, 小型水位計のさらなる性能評価試験として, 大分県内の大久保ため池 (大分県大分市大字松岡6350) と香下ダム (大分県宇佐市院内香下字妙見南平) に小型水位計を設置し, その計測結果について報告する.

2. 小型水位計の仕様

写真-1は, 小型水位計の外観を示す. 本体の上部に小型のソーラーパネルが取り付けられており, 太陽光を受けて蓄電する. その電力をもって, 小型水位計は稼働するが, 安定して稼働するには3.6V以上の電池電圧が必要な仕様となっている.

また, 本体の下方から10分毎に超音波を発生して, センサ位置から水面までの距離を測定している. 測定データは, 1時間に1回サーバに送られ, 送信した時刻, 水面距離(cm),

日射量(W/m²), 電池電圧(V), 温度(°C), および水位(cm)がスプレッドシートに書き込まれる。

なお, 10分前の測定値と比べて, 測定値に大きな上昇や下降が見られた場合は, その時刻や水面距離(cm)等の測定データがサーバに送られ, スプレッドシートに記録されるようになっている。その閾値は水位計ごとに設定できるが, 本研究では上昇時を8cm, 下降時を15cmとしている。

3. 小型水位計の設置状況

写真-2は, 大久保ため池における小型水位計の設置状況を示す。設置にあたっては, 保守・管理のための点検時に小型水位計の取り外しを容易にできるように専用の設置架台を作製した。また, ため池の擁壁を避けて水位を測定するために, 片持ち(張り出し長さ4.33m)でパイプを伸ばす必要がある。このとき, 風などの影響を受けて水位計が大きく揺れるのを防ぐためにワイヤが取り付けられている。

このように水位計を設置し, 2020年6月19日から大久保ため池の水位の計測を開始した。

一方, 写真-3は, 香下ダムにおける小型水位計の設置状況を示す。ダム堤体(ダム天端 EL 89.60m)に敷設されている取水設備操作室まわりの腰壁に小型水位計設置の架台が設置されている。この架台も同様に, 小型水位計の取り外しを容易にできるように専用の設置架台を作製した。

香下ダムの場合, 張出した取水設備操作室の腰壁から直下に塩ビパイプを伸ばし, その先端に小型水位計を設置している。その際, ダム完成後の最高水位(平成16年10月20日に86.51mを記録)は設計洪水水位HWL(87.80m)よりも低く, 設計洪水位まで水位が到達する可能性は低いと判断し, 小型水位計を設計洪水位HWLの高さに設置した。

このようにして, 2020年7月20日から香下ダムの水位計測を開始した。

4. 小型水位計を用いた測定結果

ここでは, 両小型水位計の測定結果について述べるが, 測定開始日が異なることと気象庁の観測データ等を月ごとに参照していることから, 大久保ため池については7月および8月のデータを, 香下ダムについては8月のデータを測定結果とする。

図-1は, 小型水位計により測定された大久保ため池における水位の推移を示す。水位計測の開始が梅雨の時期だったため, 7月の水位は常時満水位FWL(43.85m)付近を変動している。梅雨が明けて, 8月上旬から水位が下がっていることが確認できる。

図-2は, 気象庁による観測データである日降水量R_dを示

すが, 7月7日の降水量252.5mmをピークに降雨があった。それを受けて, 7月8日未明に急な水位上昇がみられ, 7月7日23:55の測定結果から7月8日0:27に10cm, さらに同日0:48に10cmの水位上昇がみられ, 測定水位は44.29mにまで達した。その後も降雨が確認できたが, それに合わせて水位も上昇していることが図-1からも確認できる。

図-3は, 大久保ため池における小型水位計設置位置の気温の推移と, 気象庁による最高, 最低および平均気温の観測データを示す。この期間の気温の推移をみると, 7月よりも8月の気温の方が全体的に高いことが明らかで, 気象庁の観測データを参照すれば, 7月の平均気温は25.1°C, 8月のそれは29.3°Cとなっており, 測定結果と同じ傾向を



写真-1 小型水位計の外観

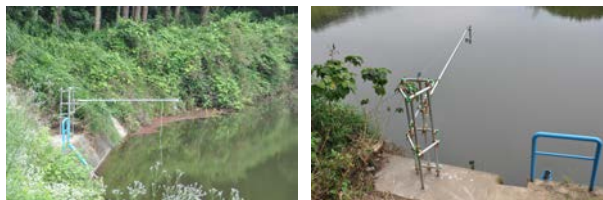


写真-2 小型水位計の設置状況 (大久保ため池)



(a) 小型水位計架台 (b) 塩ビパイプと小型水位計

写真-3 小型水位計の設置状況 (香下ダム)

示している。ただし、小型水位計は電池電圧の確保のため、日照に曝されて直射日光を受けていることから、小型水位計の測定による気温は40℃を超え、気象庁が観測した最高気温より高くなっている。

また、図-4は、その小型水位計により計測された全天日射量 S_R の推移を示す。この測定期間における全天日射量 S_R のピークは7月31日13:16に813W/m²が記録されており、晴天時は十分な日射量を確保できているといえる。一方、雨天の日においては、一日の全天日射量 S_R は、399W/m²しかない。当然のことながら、全天日射量 S_R は天候に大きく左右され、小型水位計の電池電圧 V_B の確保にも影響があると考えられる。

図-5は、その電池電圧 V_B の推移を示す。小型水位計が外部から電源供給されないため、安定稼働するためにも、電池電圧 V_B は常に把握しておく必要がある。なお、小型水位計は、電池電圧 V_B が3.5V以上であれば動作するが、電池電圧 V_B の定格が3.6Vとなっていることから、安定稼働するための電池電圧 V_B は3.6V以上と考える。

図より、電池電圧 V_B は常に4.0V以上で推移しており、日照量も十分に確保できていることから、大久保ため池に設置した小型水位計は、安定した稼働が可能な環境にあるといえる。

次に、香下ダムの測定結果について述べる。

図-6は、小型水位計により測定された水位の推移を示す。

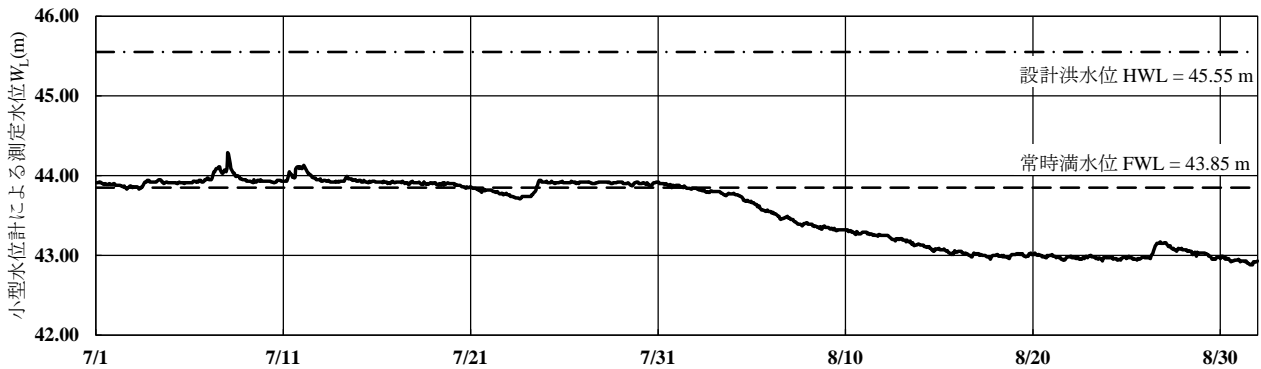


図-1 小型水位計により測定された大久保ため池の水位の推移

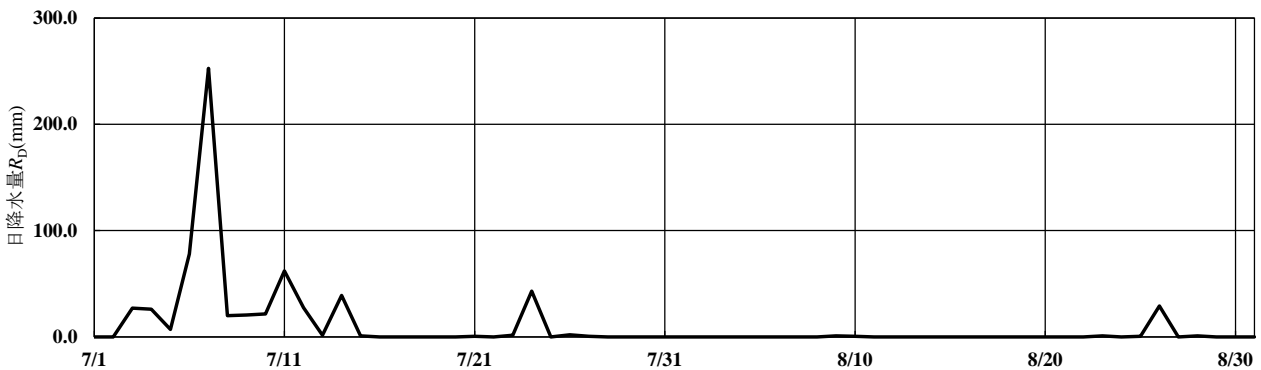


図-2 気象庁の観測による大分市における日降水量の推移⁶⁾

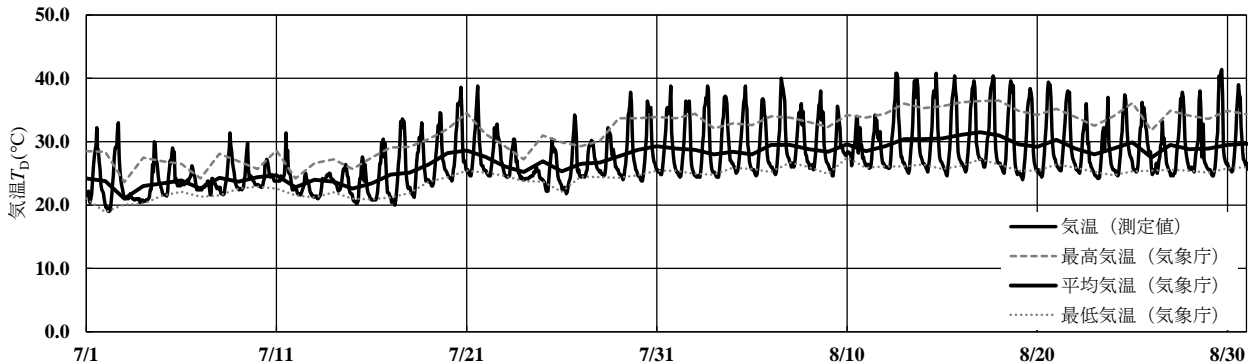


図-3 小型水位計により測定された大久保ため池における気温と気象庁の観測による大分市の気温⁶⁾の推移

8月上旬の水位は、85.72mと常時満水位FWL(85.60m)を超えていたが、梅雨が明けて猛暑が続いた8月は、徐々に水位が下降していることがわかる。

図-7は、気象庁による観測データである日降水量 R_D を示すが、8月に降水量を記録したのは僅か4日であり、ダムへの雨水等の流入はほとんどなかったといえる。

図-8は、香下ダムにおける小型水位計設置位置の気温の推移と、気象庁による気温の観測データを示す。この期間の気温は、電池電圧 V_B の確保のため直射日光を受けていることから大久保ため池と同様に日中の気温は高い。

図-9は、小型水位計により計測された全天日射量 S_R の推移を示し、図-10は、その電池電圧 V_B の推移を示す。香下ダムにおける全天日射量 S_R は、晴天時には $800\text{W}/\text{m}^2$ を超えている。また、降雨が確認された8月11日でさえも、一日の全天日射量 S_R は、 $1,551\text{W}/\text{m}^2$ に達していることから、8月は日射量を確保できているといえる。電池電圧 V_B は、常に 4.0V 以上で推移しており、日照量も十分に確保できていることから、香下ダムに設置した小型水位計は、大久保ため池と同様に、安定して稼働していたといえる。

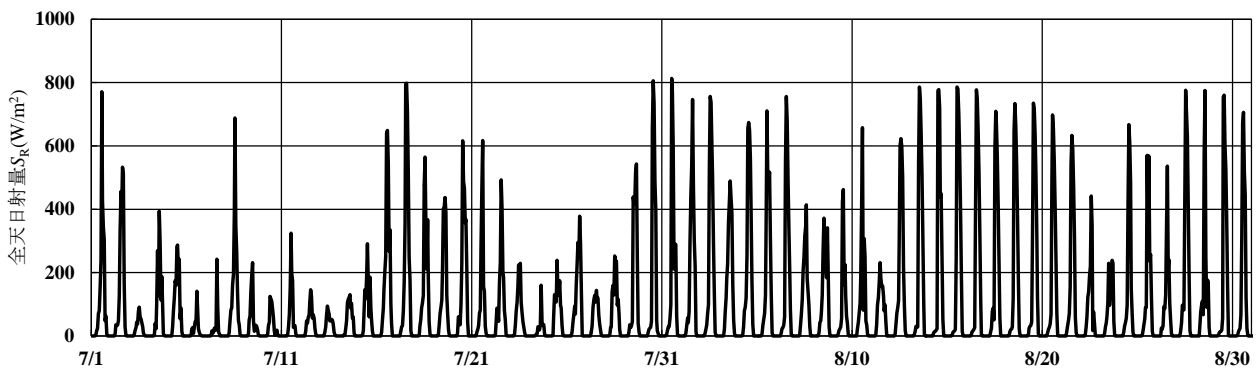


図-4 小型水位計により測定された大久保ため池における日射量の推移

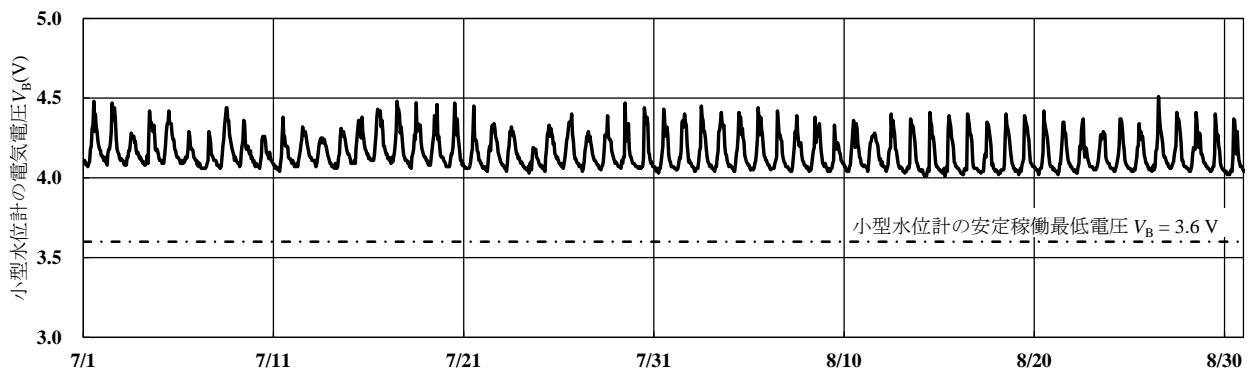


図-5 小型水位計により測定された大久保ため池における電池電圧の推移

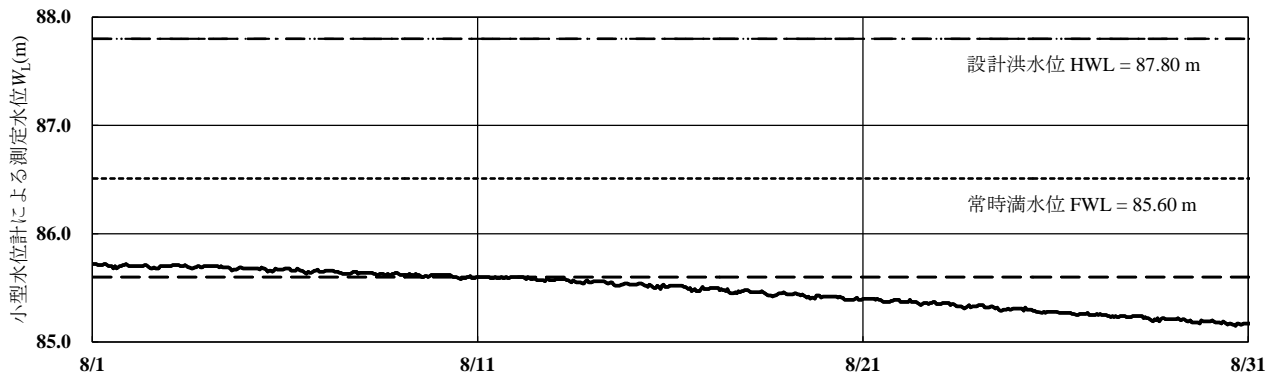


図-6 小型水位計により測定された香下ダムにおける水位の推移

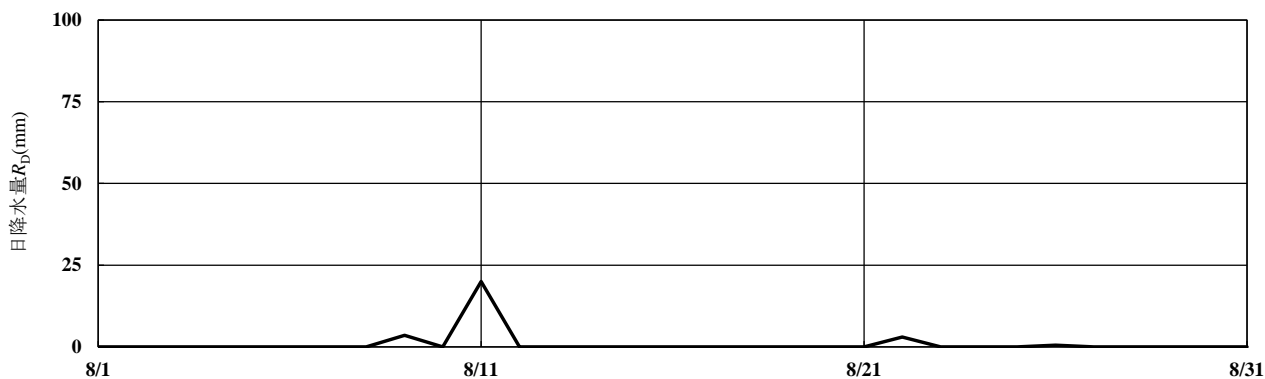


図-7 気象庁の観測による香下ダムにおける日降水量の推移⁶⁾

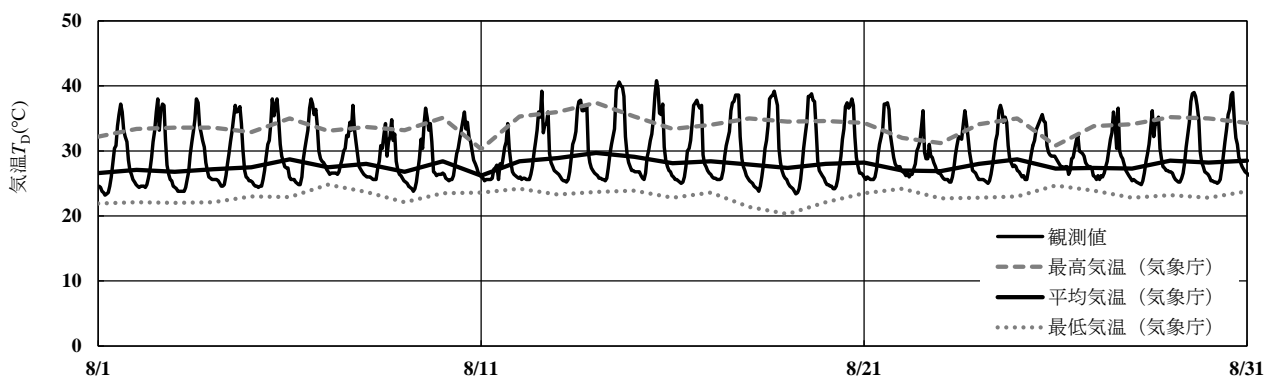


図-8 小型水位計により測定された香下ダムにおける気温と気象庁の観測による院内の気温⁶⁾の推移

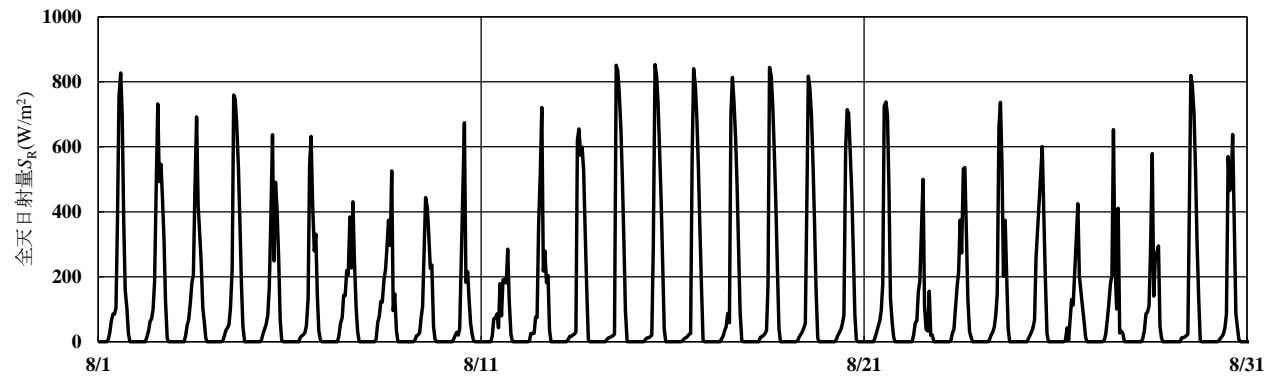


図-9 小型水位計により測定された香下ダムにおける日射量の推移

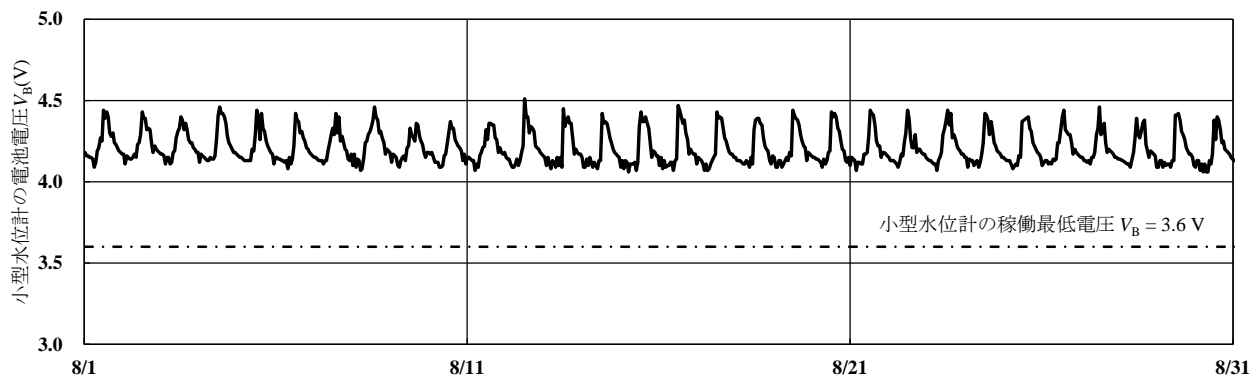


図-10 小型水位計により測定された香下ダムにおける電池電圧の推移

5. まとめと今後の課題

大久保ため池と香下ダムに小型水位計を設置し、水位の計測を行った。降水量や気温等のデータを背景とした水位の上昇や下降の変化を確認することができた。特に、急な水位上昇がみられた時の計測データがサーバに送られていることも確認できた。

また、計測期間は、それぞれ計測場所で夏季の2か月と1か月ほどではあるが、日照量や電池電圧が十分に確保されていることが確認できた。

小型水位計の実用化と長期的な運用を目指すには、今後も計測を継続し、水位の精度や小型水位計の耐久性について検証する必要がある。

水位の精度に関しては、現地での実測値と比較しながら向上を目指す。また、豪雨や強風に対する物理的な耐久性や、冬季の短い日照時間における電池電圧の確保についても確認する予定である。

謝辞: 本研究を遂行するにあたり、小型水位計の設置にあたって、大分県農林水産部農村基盤整備課、大分市農林水産部生産振興課、宇佐市経済部耕地課、駅館川(やっかんがわ)土地改良区連合、地元ため池管理者等の関係各位には貴重なご意見を賜った。ここに、深甚なる謝意を表す。

参考文献

- 1) ため池：農林水産省：
https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tam_eike/index.html (2020年9月16日参照)
- 2) 農林水産省：資料1:平成30年7月豪雨等を踏まえた今後のため池対策の進め方(概要),
https://www.maff.go.jp/j/press/nousin/bousai/attach/pdf/181113_9-2.pdf (2020年9月16日参照)
- 3) 小野瀬博貴, 吉田晋: ため池の水位監視システムの小型化・低価格化の検討, 平成30年度計測自動制御学会四国支部学術講演会, pp. 34-35, 2018
- 4) 福本小夏, 吉田晋, 福見淳二: 痕跡調査用超音波水位計における強風対策の検討, 令和元年度計測自動制御学会四国支部学術講演会, PS2-12, pp. 47-48, 2019
- 5) 狩野真毅, 吉田晋, 福見淳二: IoTプラットフォームを活用した水田用水位センサの開発, 2019農食施設CIGR, VI国際大会講演要旨, p.232, 2019
- 6) 気象庁|過去の気象データ・ダウンロード:
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2020年9月16日参照)

(2020.9.30受付)