

太陽電池を利用したゼロエネルギー水位計

依田 淳 境 周一郎

近年、「記録的」、「50年に一度」と形容される大規模で突発的、局地的な豪雨が増加し異常気象が日常化している。従来の想定を超えた危険な災害がどこでも発生する可能性があり、特に水位計の設置率が低い中小河川の増水による市街地の水害が増加している。従来水位計は一級河川の一部に設置されてきたが、現在は中小河川に多くの水位計を設置し、きめ細やかで包括的な水位情報をタイムリーに把握可能である、素早い判断と行動を促す監視システムの必要性が高まっている。

OKIは、持続可能な開発目標(SDGs)の中で防災分野に注力している。

静岡OKIは河川監視で多くの納入実績がある高精度計測可能な防災分野で使用する「超音波式水位計」をベースに、920MHz帯マルチホップ無線「SmartHop[®]*1)」と太陽電池を組み合わせ、小型・軽量・一体型の「ゼロエネルギー水位計」を開発製品化したので紹介する。

超音波式水位計の計測原理

人間の耳には聞こえない高い周波数の音を超音波という。超音波は、音速が異なる媒体間の境界面で反射する性質がある。この性質を利用して超音波式水位計は非接触で距離を計測する。

計測原理は以下による。

図1に示すように対象水面の直上に設置した送受波器からパルス状の超音波を発射すると、対象水面で反射し送受波器に戻ってくる。超音波の発射から受信までの時間と音速により、送受波器から対象水面までの距離を算出している。

対象水面までの距離L[m]は、音速をC[m/s]、発射から受信までの時間をt[s]とした場合

$$L=C \times t / 2$$

で距離が求まる。

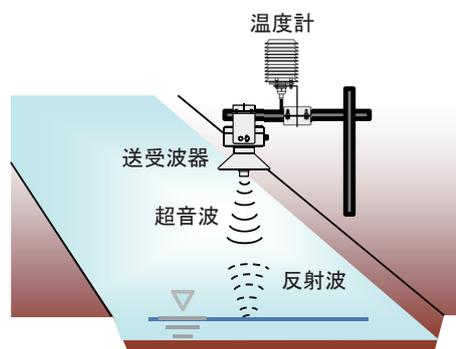


図1 超音波式水位計概要

音速C[m/s]は、図2に示すように気温により変化する。気温が高いほど音速が速くなる特性があり、気温をT[°C]とした場合、音速C[m/s]は近似的に次の式で算出される。

$$C=331.5+0.6 \times T$$

音速C[m/s]は気温1°C当たり0.6m/s変化し、気温変化分が距離計測の誤差となる。精度良く水位を計測するために、気温を計測し音速を補正する。

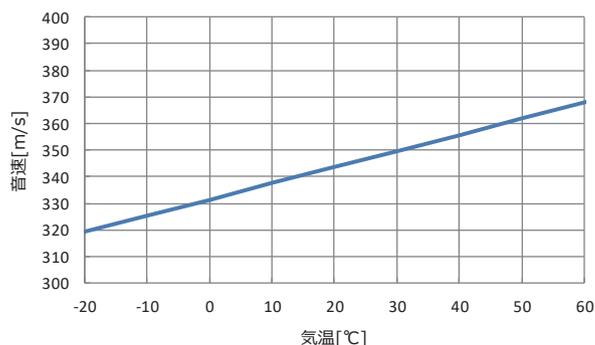


図2 気温による音速変化

ゼロエネルギー水位計

(1) 開発コンセプト

従来の超音波式水位計は、図3に示す商用電源及び送受波器と処理器間の配線工事が必要であり、また、水位観測所ごとに、処理器を設置する局舎が必要になり、施工にかかる工事費用に課題があった。

*1) SmartHopは、沖電気工業株式会社の登録商標です。

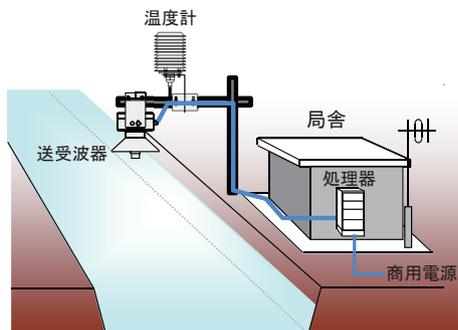


図3 従来の超音波式水位計

ゼロエネルギー水位計は、図4に示すとおり送受波器と処理器及び温度計を一体化した。さらに920MHz帯マルチホップ無線と太陽電池を活用することで配線工事が不要となり、また局舎の建設も不要なため、課題の工事費用を大幅に削減(当社比1/5以下)可能とした。

また、他社との明確な差別化を図るために、「一体化」、「小型化」をコンセプトにゼロエネルギー水位計を開発した。

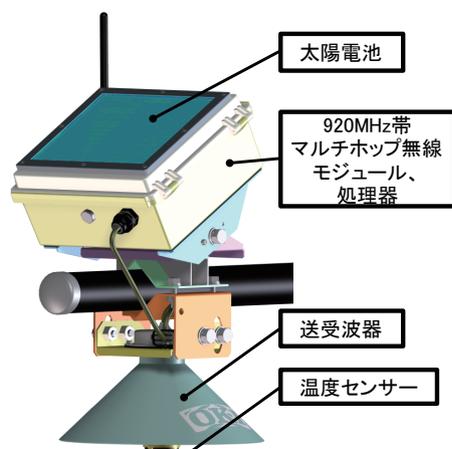


図4 ゼロエネルギー水位計

(2) 運用イメージ

図5に示すようにゼロエネルギー水位計を河川に複数設置することにより、マルチホップ無線ネットワークが構築され、各所の水位データは水位計をホッピングしながらゲートウェイに集約される。集約された水位データは、携帯電話網(3G、LTE回線など)からクラウド上のサーバーに送られ収集蓄積される。サーバーに収集蓄積された水位データをリアルタイムで入手することにより、水害の恐れのある地区及び状況を把握し、地域住民への迅速な情報配信が、避難誘導や減災活動に有効となる。

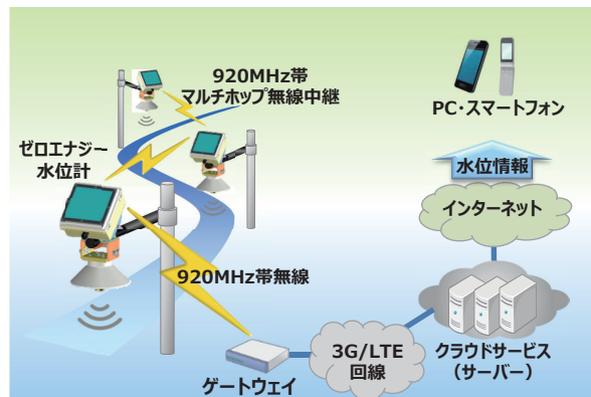


図5 運用イメージ

(3) 構成

ゼロエネルギー水位計は図6に示すとおり、太陽電池、高効率充電部、水位計測処理マイコン、無線モジュール、送受信部、送受波器、温度センサーで構成される。

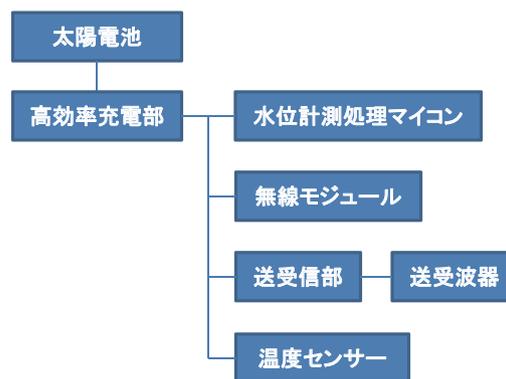


図6 ゼロエネルギー水位計の構成ブロック

各構成ブロックの詳細は以下のとおりである。

- **太陽電池**
アモルファス型の小型太陽電池(5.5V/113mA @ 50kLx SS)を採用。
- **高効率充電部**
高効率充電技術を採用し、低発電量時でも高発電量時でも、太陽光エネルギーを効率的に充電する制御を実現。
- **水位計測処理マイコン**
送受波器から発射するパルス信号の遅延時間から算出した水位を、無線モジュールで定期的送信。
- **無線モジュール**
計測した水位データの無線伝送装置として、低消費電力で電池駆動が可能、かつマルチホップ中継が可能なスリープルーター機能を搭載したOKIの920MHz帯マルチホップ無線を採用。

- ・ 送受信部
送受波器から発射するパルス信号の生成と、水面からの反射波を受信し、増幅再生。
- ・ 送受波器
水面に向けて超音波を発射し、水面からの反射波を受信。
- ・ 温度センサー
従来の超音波式水位計は温度計が別体であったが、基板に温度センサーを搭載し一体化することで小型化を実現。また、処理器と温度計の配線工事も不要。

(4) 仕様・性能

ゼロエネルギー水位計の計測精度は±1cmであり、従来の超音波式水位計と同じ精度をもち、高精度で水位計測が可能である。

また、最短計測周期(1分間隔)で連続動作可能な無日照日数は14日を担保し、日本の無日照連続日数は通年で最大9日¹⁾のため、日本国内へ設置する場合は停止することなく常時観測可能である。

ゼロエネルギー水位計の仕様を表1に示す。

表1 ゼロエネルギー水位計 仕様

項目	仕様
計測方式	超音波反射式
計測項目	水位
計測範囲	1~10m(センサーから対象面までの距離)
計測分解能	1cm
計測間隔	1分以上の任意間隔
インターフェース	920MHz 帯マルチホップ無線ネットワーク
電源	太陽電池及びバッテリー搭載
無日照連続動作日数	14日間(計測周期1分)
寸法	φ240mm×420mm
質量	6kg

ゼロエネルギー水位計の小型化技術

(1) 太陽光エネルギーの高効率充電技術

機器のサイズが大きいと、複数人の設置作業になり工事費用が増えるが、1人で設置可能な小型サイズ(φ240mm×420mm)とし、工事費用の抑制を実現した。

小型化には、サイズで支配的な割合を占める太陽電池を小さくする必要があるが、小型化により発電量が不足して十分な電力を確保できない課題があった。本課題は、OKIが開発した、小型の太陽電池でも十分充電可能な高効率充電技術²⁾を採用することで解決した。

本技術は、二種類の蓄電池(キャパシターと二次電池)を

搭載することで、発電量が少ない曇天時や雨天時でも効率的な充電を実現している。高効率充電部の機能ブロックを図7に示す。

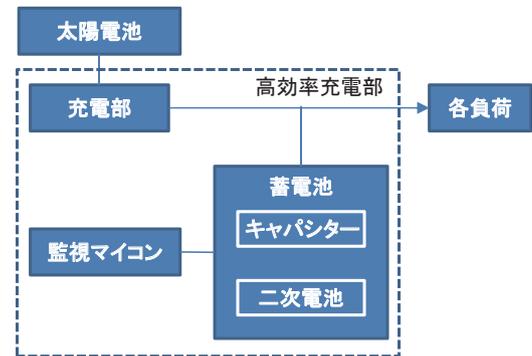


図7 高効率充電部の機能ブロック

高効率充電部は、太陽電池の電力を最大限に引き出す最大点追従制御(Maximum Power Point Tracking: MPPT)機能を搭載した充電部、発電量が少なくても充電可能なキャパシターと二次電池を組み合わせた蓄電池、発電量と充電量を監視し蓄電池の充放電を制御する監視マイコンから構成される。

また、蓄電池の過放電による劣化を防止するために、監視マイコンは各蓄電池の電圧を監視し、放電経路の切替え及び放電のオン/オフを制御している。

さらに、太陽電池及び蓄電池の異常監視も実現している。

(2) 低消費電力化

機器の小型化には高効率充電技術が必要であるが、従来の商用電源駆動から電池駆動とするには、低消費電力化も重要課題である。

下記3項目の施策を実施し、従来の超音波式水位計と比べ1/1000以下に超低消費電力化し、太陽電池及び蓄電池のみの動作を可能とした。

- ・ 受信回路を多段増幅器構成から単増幅器構成に変更
- ・ 送信部の増幅器を削減
- ・ マイコン制御によるセンサー類の間欠動作

今後の展望

ゼロエネルギー水位計の無線伝送部分をLTE Cat.1としたものを製品化し、国土交通省が整備している危機管理型水位計として、全国約300箇所で稼働している。

現在、低消費電力で長距離伝送可能なLPWA仕様や、

「河川監視システム」全体の無電源化を実現するために、現状電源供給が必要なゲートウェイを、太陽電池と蓄電池で動作可能とする「ゼロエナジーゲートウェイ」の開発に取り組んでいる。

引き続き、OKIグループが一丸となり、顧客ニーズに適合する防災システムの実現を推進していきたい。 ◆◆

■参考文献

- 1) 国土交通省:第3回 危機管理に対応した水位観測検討会 配布資料の資料2 観測機器・設備、P2、平成29年12月20日
- 2) 特開2018-57091、電源装置、通信装置、及び電源装置の制御方法、平成30年4月5日

●筆者紹介

依田淳:Atsushi Yoda. 静岡沖電気株式会社 技術部
境周一郎:Shuichiro Sakai. 静岡沖電気株式会社 技術部

TiPo 【基本用語解説】

SDGs(Sustainable Development Goals)

SDGsは2015年9月の国連サミットで採択されたもので、国連加盟193か国が2016年から2030年の15年間で達成するために掲げた目標。

アモルファス型

太陽電池モジュールに使われるシリコンの結晶構造の種類の一つ。

不規則な原子配列になっていることで光を多く吸収でき薄い膜厚でも発電可能。

結晶型と比較し変換効率が劣る。

LPWA(Low Power Wide Area)

低消費電力で長距離通信が可能な無線通信技術の総称。

LPWAは通信速度が遅いが、低消費電力で長距離通信が可能というメリットがある。